

تأثیر ترکیبات شیمیایی مختلف آب آبیاری بر گرفتگی قطره چکانها در آبیاری قطره‌ای

بهروز مصطفی زاده و علی حسین معیدی نیا

به ترتیب دانشیار و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه آبیاری دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ پذیرش مقاله ۷۹/۱/۳۱

خلاصه

به منظور مطالعه تأثیر ترکیبات شیمیایی مختلف آب آبیاری بر گرفتگی قطره‌چکانها یک سیستم آبیاری قطره‌ای با استفاده از چهار کیفیت آب آبیاری که از نظر غلظت املاح و پ-هاش با یکدیگر متفاوت بودند در محل گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان مورد آزمایش قرار گرفت. چون حساسیت قطره‌چکانهای مختلف در برابر گرفتگی شیمیایی متفاوت می‌باشد، از چهار نوع قطره‌چکان متداول که عبارت بودند از قطره‌چکانهای طولانی مسیر داخل خط، تنظیم‌کننده فشار، تنگی و لوله‌های دو محفظه‌ای روزنه‌دار استفاده گردید. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت املاح و پ-هاش آب آبیاری میزان گرفتگی شیمیایی قطره‌چکانها افزایش می‌یابد. گرفتگی قطره‌چکانها دبی، یکنواختی بخش، یکنواختی بخش مطلق و ضریب یکنواختی کریستیانسن قطره‌چکانها را کاهش داد. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت املاح و پ-هاش آب آبیاری ضریب تغییرات دبی قطره‌چکانها افزایش می‌یابد. این تغییرات برای هر چهار نوع قطره‌چکان متفاوت بود. با افزایش غلظت یونهای کلسیم و بی‌کربنات شاخص اشباع لائزیر، اعداد مثبت تری را نشان دادند که بیانگر افزایش پتانسیل رسوبگذاری و در نتیجه گرفتگی می‌باشد. کاهش اسیدیته آب آبیاری بوسیله تزریق اسید سولفوریک به درون مخزن آب آبیاری بطور چشمگیری گرفتگی قطره‌چکانها را کاهش داد. نتایج نشان داد که قطره‌چکانهای طولانی مسیر داخل خط کمترین حساسیت به گرفتگی را دارند. بطور کلی حساسیت به گرفتگی شیمیایی به ترتیب برای لوله‌های دو محفظه‌ای روزنه‌دار، تنگی، تنظیم‌کننده فشار و طولانی مسیر داخل خط روند کاهشی داشت.

واژه‌های کلیدی: آبیاری قطره‌ای، گرفتگی شیمیایی، یکنواختی

مقدمه

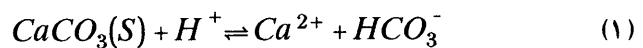
عوامل متعددی نظیر گرفتگی، فشار، دمای آب آبیاری و ضریب تغییرات ساخت، دبی قطره‌چکانها را تحت تأثیر قرار می‌دهند که در بیشتر موارد اساسی‌ترین مشکل سیستم آبیاری قطره‌ای، گرفتگی قطره‌چکانهاست. بطور کلی گرفتگی قطره‌چکانها سه نوع می‌باشد که شامل گرفتگی فیزیکی که توسط مواد فیزیکی معلق موجود در آب نظیر ذرات شن، سیلت و رس ایجاد می‌گردد،

گرفتگی شیمیایی که ناشی از کربنات کلسیم و منیزیم، سولفات، کلسیم، هیدراکسید فلزات سنگین، کربناتها، سیلیکاتها، سولفیدها، روغن و مواد مشابه، کودهای فسفاته، آمونیاکی، آهن، مس، روی و منگنز می‌باشد و گرفتگی بیولوژیکی که توسط فیلامانها، لجنها، نهشته‌های میکروبی و باکتریها صورت می‌گیرد (۱، ۲ و ۱۵). برای جلوگیری از وقوع هر یک از انواع گرفتگی‌ها باید تدابیر خاص و مدیریت‌های لازم اعمال گردد. برای جلوگیری از گرفتگی فیزیکی از

دبی، احتمالاً یک رابطه غیرخطی است. مطالعات انجام شده بر روی یک لوله جانبی همراه با قطره‌چکانهای با روزنه ۰/۴ میلی‌متر در فواصل ۴۶ سانتی متری نشان داد که کاهش شدت دبی قطره‌چکانها یک تابع غیرخطی از میزان گرفتگی قطره‌چکانهاست و ۱۰ درصد گرفتگی قطره‌چکان، ۲۰ درصد کاهش دبی و ۵۰ درصد گرفتگی قطره‌چکان، ۷۵ درصد کاهش دبی را دنبال دارد (۹). مواد محلول آبهای زیرزمینی بخصوص ترکیبات آهن (Fe^{3+}) و کلسیم (Ca^{2+}) نیز می‌توانند خطر بالقوه‌ای برای سیستمهای قطره‌ای باشند. هنگامی که این آبها در معرض هوای آزاد قرار می‌گیرند، نمکها از حالت محلول خارج و ته‌نشین می‌گردند. فرآیندهای اکسایشی ترکیبات آهن در آب آبیاری یکی از مشکلات جدی در سیستمهای قطره‌ای است. نتیجه نهایی این فرآیندها، زنگ آهن است که اگر این آلودگی در ابتدای ورود به سیستم اتفاق افتد جداسازی آن بسیار مشکل خواهد بود. از عوامل دیگری که موجب گرفتگی شیمیایی قطره‌چکانها می‌گردد کودهای فسفاته و نیتروژن می‌باشد که به همراه آب آبیاری در سیستمهای قطره‌ای تزریق می‌گردد. اگر آب آبیاری دارای کلسیم کافی باشد فسفر موجود در کود فسفات آمونیم به شکل فسفات دو کلسیم در لوله‌ها و قطره‌چکانها رسوب می‌کند و باعث تنگ کردن مسیر جریان آب می‌گردد (۱، ۱۱ و ۱۲). یکی دیگر از عوامل گرفتگی کودهای آمونیاک می‌باشد. یکی از اثرات کود آمونیاک آن است که غلظت یون OH^- را در آب بالا می‌برد. با حل کود آمونیاک pH آب زیاد شده و در نتیجه کلسیم و منیزیم در آب رسوب می‌کنند. این عمل باعث ایجاد یک لایه رسوب در داخل لوله‌ها و گرفتگی قطره‌چکانها می‌گردد. البته این مسئله را می‌توان با ریختن کلگان^۱ قبل از تزریق گاز آمونیاک برطرف کرد. خاصیت کلگان آن است که منیزیم و کلسیم را بصورت کمپلکس در می‌آورد (۱). پیش‌بینی رسوب کربنات کلسیم که متداولترین رسوب در آبهای آبیاری است معمولاً با استفاده از شاخص اشباع لانژیلر (LSI)^۲ انجام می‌گیرد. این شاخص حلالیت کربنات کلسیم را برای یک درجه حرارت خاص، غلظت یونها و pH بیان می‌کند (۲، ۷ و ۹). با توجه به این که آب مورد استفاده برای آبیاری قطره‌ای در بعضی از مزارع ایران محتوی املاح بیش از حد استاندارد می‌باشد که خود موجب گرفتگی قطره‌چکانها، کاهش راندمان یکنواختی و عدم آبیاری کامل

حوضچه‌های آramش، جداکننده‌های دورانی شن، صافیهای شنی و صافیهای توری استفاده می‌شود. برای جلوگیری از گرفتگی شیمیایی می‌توان از اسیدهای ارزان قیمت نظیر اسید کلریدریک و اسید سولفوریک رقیق بهره جست و برای جلوگیری از گرفتگی بیولوژیکی می‌توان از ترکیبات کلر استفاده نمود (۹ و ۱۳). معمولترین عوامل گرفتگی، ذرات ماسه، رویش مواد آلی، تجمع لای در محل عبور آب قطره‌چکانها یا رسوب مواد شیمیایی است (۸ و ۱۱). گرفتگی قطره‌چکانها باعث توزیع نامتناسب آب در طول لوله فرعی شده و در نتیجه یکنواختی کاربرد آب و همچنین تولید محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۶، ۹، ۱۳ و ۱۶).

گرفتگی شیمیایی توسط رسوبات نمک یکی از مکانیزمهای گرفتگی سخت شناخته شده است. توصیه عمومی جهت جلوگیری از گرفتگی شیمیایی پایین آوردن pH آب آبیاری به وسیله تزریق اسید در سیستمهای قطره‌ای است به طوری که باعث عدم رسوبگذاری گردد. عوامل اصلی رسوبگذاری شیمیایی عبارتند از غلظتهای بالای کلسیم، منیزیم، یونها بی‌کربنات و مقادیر نسبتاً بالای pH و دمای آب آبیاری. از آنجائیکه حلالیت رسوبات کربنات کلسیم با افزایش دمای آب کاهش پیدا می‌کند، دمای آب آبیاری از عوامل تأثیرگذار بر گرفتگی قطره‌چکانها می‌باشد (۹ و ۱۷). معادله واکنش شیمیایی که موجب رسوبگذاری کربنات کلسیم می‌گردد به قرار زیر می‌باشد:



غلظتهای بالای کلسیم و بی‌کربنات و مقادیر بالای pH یا دمای بالای آب سبب شیفت پیدا کردن معادله به سمت چپ می‌گردد.

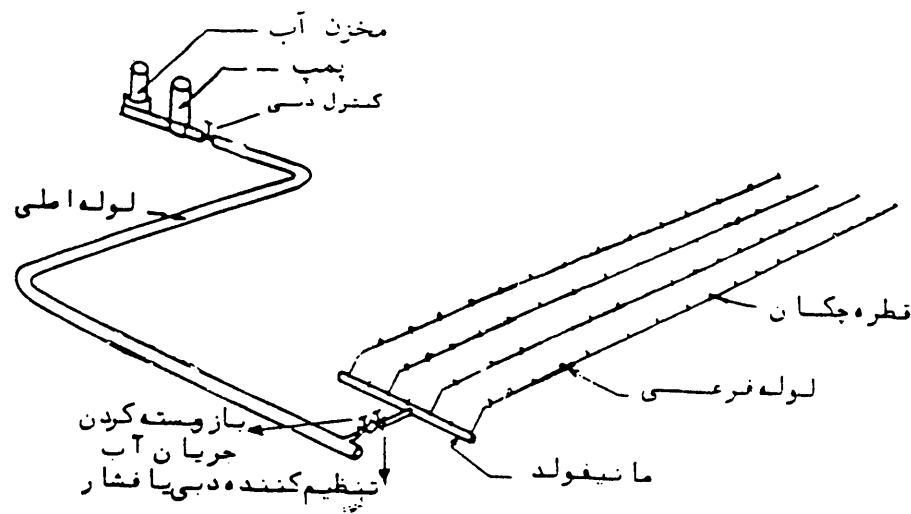
هیلز و همکاران (۹) در زمینه تأثیر گرفتگی شیمیایی قطره‌چکانها بر یکنواختی پخش مطالعاتی انجام دادند. آنها اثرات چهار ترکیب مختلف آب آبیاری را بر گرفتگی شیمیایی قطره‌چکانها مورد ارزیابی قرار دادند و ملاحظه کردند که با افزایش یونها کلسیم، منیزیم، بی‌کربنات و pH در آب آبیاری، رسوبات کربنات کلسیم و منیزیم بیشتر شده که در نتیجه منجر به افزایش گرفتگی قطره‌چکانها و کاهش دبی آنها گردیده است. بیشترین گرفتگی مربوط به آب دارای بیشترین مقدار نمک و کمترین گرفتگی مربوط به آب دارای کمترین مقدار pH بوده است (۹). رابطه بین گرفتگی قطره‌چکانها و کاهش

لیتر در ساعت، تفنگی^۲ با دبی ۳/۵ لیتر در ساعت، لوله‌های دو محفظه‌ای^۳ روزنه‌دار با دبی ۱/۵ لیتر در ساعت و تنظیم‌کننده فشار یا جریان‌کننده فشار^۴ با دبی ۳ لیتر در ساعت استفاده گردید. سه نوع اول قطره‌چکانهای فوق غیر قابل تنظیم بوده و دبی آنها بدون تغییر فشار کاربردی سیستم قابل تغییر نمی‌باشد. اما قطره‌چکانهای نوع تنظیم‌کننده فشار قابل تنظیم بوده و دبی آنها را می‌توان بطور دلخواه تغییر داد. تمامی قطره‌چکانهای نوع تنظیم‌کننده فشار برای فشار آب کاربردی سیستم برای دبی ۳/۲ لیتر در ساعت تنظیم و ثابت گردید و از باز و بسته شدن آنها تا آخرین روز دوره آزمایش خودداری گردید. فشار کاربردی سیستم معادل یک اتمسفر یا ارتفاع معادل فشار ۱۰ متر آب انتخاب گردید. طول دوره آزمایش برای هر کدام از سیستمها ۶۵ روز و زمان کار روزانه سیستم ۸ ساعت در نظر گرفته شد. تعداد ۱۶ عدد از هر کدام از قطره‌چکانهای مورد آزمایش روی هر یک از لوله‌های فرعی اول، دوم و سوم در فواصل ۳۰ سانتیمتری نصب گردید. همچنین فواصل روزنه‌ها بر روی لوله فرعی چهارم برابر ۲۰ سانتیمتر و از روزنه اول تا شانزدهم از ابتدای لوله فرعی جهت برداشت داده‌های خام استفاده گردید. جهت بررسی تأثیر ترکیبات شیمیایی مختلف آب آبیاری بر گرفتگی قطره‌چکانها از ۴ ترکیب مختلف استفاده گردید. از آنجا که مهمترین عوامل گرفتگی شیمیایی قطره‌چکانها شامل کاتیونهای کلسیم و منیزیم و آنیون بی‌کربنات و همچنین اسیدیته آب آبیاری می‌باشد انتخاب ترکیبات

مزرعه و بطور کلی عدم موفقیت سیستم می‌گردد ضرورت مطالعه گرفتگی شیمیایی در این سیستم اجتناب‌ناپذیر است. لذا مطالعه حاضر به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف ترکیبات شیمیایی آب آبیاری بر گرفتگی چهار نوع قطره‌چکان متداول ساخت داخل در سیستمهای آبیاری قطره‌ای از نظر روند گرفتگی شیمیایی، کاهش دبی، کاهش ضریب یکنواختی، یکنواختی توزیع و یکنواختی پخش مطلق انجام گرفته است.

مواد و روشها

جهت دستیابی به اهداف تحقیق، یک سیستم آبیاری قطره‌ای آزمایشگاهی در محل گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان طرح، نصب و راه‌اندازی گردید. سیستم دارای چهار قسمت بود و هر قسمت همانگونه که در شکل ۱ نشان داده شده است شامل یک مخزن آب به ظرفیت ۱/۲ متر مکعب، یک پمپ، یک لوله اصلی و مانیفولد از جنس پلی‌اتیلن و به قطر ۲۰ میلیمتر و سه لوله فرعی از جنس پلی‌اتیلن و هر کدام به قطر ۱۶ میلیمتر و یک لوله روزنه‌دار که به عنوان لوله فرعی چهارم محسوب می‌شد، بود. لوله‌های فرعی در فواصل ۲۰ سانتیمتری یکدیگر بوسیله بست‌های ابتدایی به لوله نیمه اصلی متصل شده بودند. برای ارزیابی و مقایسه چند نوع قطره‌چکان متداول مورد استفاده در سیستمهای آبیاری قطره‌ای از چهار نوع قطره‌چکان طولانی مسیر داخل خط^۱ با دبی ۴



شکل ۱ - شمای ترسیمی سیستم آبیاری قطره‌ای مورد مطالعه

یکی از مدیریت‌های کارا جهت جلوگیری از رسوب کربنات کلسیم در محلول آب آبیاری کاهش اسیدیته آن بوسیله تزریق اسید می‌باشد، اسیدیته ترکیب چهارم آب آبیاری بوسیله تزریق اسید سولفوریک ۹۸ درصد با غلظت ۳ میلی اکی والان در لیتر (۹۶ سانتیمتر مکعب اسید برای ۱۲۰۰ لیتر حجم آب کاربردی روزانه) تا میزان ۶/۵ کاهش داده شد (جدول ۲). پس از تهیه ترکیبات مورد نظر، از محلولها نمونه‌گیری و خصوصیات شیمیایی آنها اندازه‌گیری شد که نتایج حاصله در جدول ۲ ارائه شده است. هدایت الکتریکی آب آبیاری با استفاده از دستگاه هدایت سنج، اسیدیته بوسیله دستگاه پ-هاش متر، کاتیونهای کلسیم، منیزیم و سدیم موجود در محلول با استفاده از دستگاه جذب اتمی، کربنات و بی‌کربنات به روش تیتراسیون با اسید سولفوریک، کلر به روش تیتراسیون با نیترات نقره در حضور کرومات پتاسیم و سولفات به روش کدورت‌سنجی اندازه‌گیری شد (۴).

به منظور مطالعه روند تغییرات دبی قطره چکانها تحت تأثیر ترکیبات شیمیایی مختلف آب آبیاری، برای هر یک از تیمارهای مورد مطالعه، دبی هر یک از قطره‌چکانها از طریق تقسیم حجم آب جمع شده در ظروف زیر قطره‌چکانها و تقسیم آن به زمان تعیین گردید. سپس با استفاده از معادله (۲) راندمان یکنواختی پخش^۳، با استفاده از معادله (۳) راندمان یکنواختی پخش مطلق^۴، با استفاده از معادله (۴) ضریب یکنواختی کریستیانسن^۵ و با استفاده از معادله (۵) ضریب تغییرات دبی قطره‌چکانها^۱ محاسبه گردید (۱، ۴، ۵، ۱۰، ۲ و ۱۴).

$$Eu = 100 \frac{q_n}{q_a} \quad (2)$$

که در آن:

آب آبیاری براساس ۴ سطح مختلف کلسیم، منیزیم، بی‌کربنات و pH صورت گرفت. برای تهیه ترکیبات مورد نظر از میانگین غلظت املاح آب رودخانه زاینده‌رود در طی هشت نوبت اندازه‌گیری در فصول بهار، تابستان و پاییز برای سه سال مختلف در مقاطع پل زیار (ترکیب ۱)، شاه‌کرم (ترکیب ۲)، شریف‌آباد (ترکیب ۳) و پل اژیبه (ترکیب ۴) استفاده گردید (۳). مبنای کار جهت تهیه ترکیبات مورد نظر، آب شرب دانشگاه صنعتی اصفهان بود. بدین منظور به مدت ۱۰ روز در ساعت ۷/۵ صبح که زمان پر کردن مخازن سیستم از آب شرب دانشگاه و تهیه ترکیبات آب آبیاری مورد آزمایش بود از آب شرب دانشگاه نمونه‌برداری و خصوصیات شیمیایی آن شامل املاح کلسیم، منیزیم، سدیم، کربنات، بی‌کربنات، کلر، سولفات، اسیدیته و شوری اندازه‌گیری که نتایج حاصله در جدول ۱ ارائه شده است.

با در دست داشتن غلظت املاح کلسیم، منیزیم و بی‌کربنات آب شرب دانشگاه و به منظور رساندن غلظت املاح مذکور به میزانهای مورد نظر (غلظت آب رودخانه در فصول مختلف) و تهیه ترکیبات مختلف آب آبیاری از نمکهای کلرید کلسیم^۱ (CaCl₂)، کلرید منیزیم^۲ (MgCl₂)، بی‌کربنات سدیم (NaHCO₃) و اسید سولفوریک (H₂SO₄) استفاده گردید. مقادیر مورد استفاده کلرید کلسیم برای تهیه ترکیبات ۱، ۲، ۳ و ۴ آب آبیاری به ترتیب معادل ۰/۱۱، ۰/۰۶۲، ۰/۱۶ و ۰/۱۶، کلرید منیزیم به ترتیب معادل ۰/۰۰۵، ۰/۰۹۱، ۰/۱۸ و ۰/۱۸ و همچنین مقادیر مورد استفاده بی‌کربنات سدیم به ترتیب معادل ۰/۰۵، ۰/۱۳، ۰/۲۲ و ۰/۲۲ میلی‌اکی والان در لیتر محاسبه گردید. از آنجا که

جدول ۱ - میانگین خصوصیات شیمیایی آب شرب دانشگاه صنعتی اصفهان به عنوان مبنا

هدایت الکتریکی اسیدیته	کلسیم	منیزیم	سدیم	کربنات	بی‌سی	کلر	سولفات	نسبت جذب
(EC) دسی	(Ca)	(Mg)	(Na)	(CO ₃)	کربنات	(Cl)	(SO ₄)	سدیم
زیمنس بر				(HCO ₃)			(SAR)	
۰/۹	۷/۲	۳/۶	۲/۱	۳/۱	۰/۱	۳/۰۰	۱/۸	۱/۸۴

← میلی اکی والان در لیتر →

1. Calcium chloride

2. Magnesium chloride

3. Emission uniformity

4. Absolut emission uniformity

5. Christiansen uniformity coefficient

6. Coefficient of emitter discharge variations

نتایج و بحث

پیش‌بینی رسوب کربنات کلسیم که متداولترین رسوب شیمیایی در آبهای آبیاری است معمولاً با استفاده از شاخص اشباع لانژیلر (LSI) انجام می‌گیرد. این شاخص، حلالیت کربنات کلسیم را برای یک درجه حرارت خاص، غلظت یونها و اسیدیته آب آبیاری بیان می‌کند. مقادیر عددی مثبت برای LSI بیانگر آن است که امکان رسوب کربنات کلسیم در آب آبیاری وجود دارد. همچنین مقادیر منفی برای LSI نشان‌دهنده آن است که امکان رسوب کربنات کلسیم اندک است یا حتی آب قادر به حل رسوبهای موجود نیز خواهد بود. مقادیر شاخص اشباع لانژیلر برای هر چهار ترکیب آب آبیاری محاسبه گردید که نتایج حاصله در جدول ۳ ارائه گردیده است. برای نحوه محاسبه این شاخص به مرجع (۴) رجوع شود. جدول ۳ نشان می‌دهد که مقادیر عددی شاخص اشباع برای ترکیب یک آب آبیاری بجز چهار مورد اندازه‌گیری، همگی مثبت می‌باشند. علت منفی بودن این پارامتر را می‌توان پایین بودن اسیدیته اندازه‌گیری شده آب آبیاری دانست. برای ترکیب دوم آب آبیاری همانگونه که در جدول ۳ نشان داده شده است، جز یک مورد، سایر مقادیر محاسبه شده مثبت بودند. مقادیر عددی شاخص اشباع لانژیلر برای ترکیب سوم آب آبیاری که بیشترین غلظت املاح را در بر دارد در طی مدت آزمایش همیشه مثبت بود. اما برای ترکیب چهارم آب آبیاری همانگونه که در این جدول نشان داده شده است تمامی اعداد مربوط به شاخص اشباع لانژیلر منفی می‌باشند. علت این امر را باید به

$Eu =$ یکنواختی پخش قطره‌چکانها بر حسب درصد

$q_n =$ متوسط یک چهارم کمترین مقادیر دبی قطره‌چکانها بر حسب لیتر در ساعت

$q_a =$ متوسط دبی همه قطره‌چکانها بر حسب لیتر در ساعت

$$Eu_a = 100 \times \frac{1}{2} \left(\frac{q_n}{q_a} + \frac{q_a}{q_n} \right) \quad (3)$$

که در آن:

$Eu_a =$ یکنواختی پخش مطلق (درصد)

$q_x =$ متوسط یک هشتم بیشترین مقادیر دبی قطره‌چکانها بر حسب لیتر در ساعت

$$u_c = 1 - \left[\frac{1}{n q_{ave}} \right] \sum_{i=1}^n |q_i - q_{ave}| \quad (4)$$

$u_c =$ ضریب یکنواختی کریستیانسن بر حسب اعشار

$q_i =$ میزان پاشش اندازه‌گیری شده در هر نقطه از شبکه بر حسب لیتر در ساعت

$q_{ave} =$ میانگین تمامی دبی‌های اندازه‌گیری شده بر حسب لیتر در ساعت

$N =$ تعداد مشاهدات

$$V_m = \frac{S_m}{q_m} \quad (5)$$

که در آن:

$V_m =$ ضریب تغییرات دبی قطره‌چکانها

$S_m =$ انحراف معیار دبی قطره‌چکانها

$q_m =$ متوسط دبی قطره‌چکانها

جدول ۲ - متوسط خصوصیات شیمیایی ترکیبات مختلف آب آبیاری مورد استفاده

ترکیب	هدایت الکتریکی (EC)	اسیدیته (pH)	کلسیم (Ca)	مگنیزیم (Mg)	سدیم (Na)	کربنات (CO ₃)	بسی کلر (Cl)	سولفات (SO ₄)	نسبت جذب سدیم (SAR)
۱	۰/۹۸	۷/۶	۳/۸	۲/۲	۳/۷	۰/۱	۳/۶	۳/۲	۱/۷۹
۲	۱/۳	۷/۶۶	۴/۷	۴/۰	۴/۲	۰/۱	۴/۵	۶/۸	۲/۰۱
۳	۱/۸	۷/۷	۶/۵	۵/۸	۵/۳	۰/۱	۵/۶	۱۰/۴	۲/۱۴
۴	۱/۷	۶/۵	۶/۵	۵/۸	۵/۳	۰/۱	۵/۲	۱۰/۴	۲/۱۴

جدول ۳- شاخص اشباع لانژیلر برای ترکیبات آب آبیاری مورد استفاده

ترکیب ۱			ترکیب ۲			ترکیب ۳			ترکیب ۴		
روز	T	LSI	روز	T	LSI	روز	T	LSI	روز	T	LSI
۱	۱۷	-۰/۸۱	۱	۱۶	۰/۴۷	۱	۱۷	۱/۲۱	۱	۱۹	۰/۰۱
۶	۱۷	-۰/۵۱	۶	۱۷	۰/۵۴	۶	۱۹	۰/۱۶	۶	۲۰	۰/۰۳
۱۲	۱۶	-۰/۸۳	۱۲	۱۷	۰/۳۹	۱۲	۲۰	۰/۲۳	۱۲	۲۱	-۰/۰۴
۱۸	۱۷	-۰/۷۱	۱۸	۱۸	۰/۲۱	۱۸	۱۹	-۰/۱۴	۱۸	۱۹	-۰/۱۹
۲۴	۱۸	-۰/۵۹	۲۴	۱۷	۰/۱۹	۲۴	۱۸	۰/۲۴	۲۴	۱۸	۰/۰۴
۳۰	۱۸	-۰/۶۴	۳۰	۱۷	۰/۲۹	۳۰	۱۶	۰/۱۹	۳۰	۱۷	-۰/۰۳
۳۶	۱۶	-۰/۵۳	۳۶	۱۷	۰/۴۹	۳۶	۱۸	۰/۲۴	۳۶	۱۶	-۰/۰۱
۴۲	۱۸	-۰/۷۹	۴۲	۱۹	۰/۴۸	۴۲	۱۸	۰/۲۴	۴۲	۱۸	۰/۰۹
۴۸	۱۷	-۰/۶۱	۴۸	۱۹	۰/۴۳	۴۸	۲۰	۰/۱۸	۴۸	۲۱	۰/۰۹
۵۴	۱۷	-۰/۸۱	۵۴	۱۸	۰/۴۱	۵۴	۲۰	۰/۱۸	۵۴	۲۰	۰/۰۳
۶۰	۱۶	-۰/۸۳	۶۰	۱۷	۰/۳۹	۶۰	۱۸	۰/۱۹	۶۰	۱۹	۰/۰۱
۶۵	۱۷	-۰/۸۱	۶۵	۱۸	۰/۵۱	۶۵	۱۸	۰/۱۴	۶۵	۱۸	۰/۰۴

T = دمای آب آبیاری بر حسب درجه سانتیگراد

آبیاری و نوع قطره‌چکان دارد. درصد کاهش دبی قطره‌چکانها در طی مدت آزمایش برای هر چهار ترکیب آب آبیاری محاسبه گردید که نتایج آن در جداول ۴ تا ۷ ارائه گردیده است. همان‌گونه که از این جداول مشاهده می‌شود برای ترکیب اول آب آبیاری درصد کاهش دبی قطره‌چکانها که ناشی از گرفتگی جزئی یا کلی قطره‌چکانهاست برای قطره‌چکانهای نوع طولانی مسیر داخل خط، تنظیم‌کننده فشار، تفنگی و لوله‌های روزنه دار به ترتیب معادل ۷/۹۶، ۲۴/۸، ۲/۱۲ و ۱۴/۶۹ درصد در اتمام دوره آزمایش می‌باشد. برای ترکیب اول آب آبیاری، گرفتگی کامل قطره‌چکانها برای هیچکدام از نمونه‌ها مشاهده نشد و گرفتگی قطره‌چکانها تنها بدلیل گرفتگی جزئی بود. همان‌گونه که از جدول ۶ ملاحظه می‌گردد برای ترکیب سوم آب آبیاری که بیشترین غلظت املاح را بخود اختصاص داده است درصد کاهش دبی به مراتب بیشتر از سایر

پایین بودن میزان اسیدیته اندازه‌گیری شده آب آبیاری نسبت داد. بنابراین با مقایسه ارقام جداول ۲ و ۳ مشاهده می‌شود که چگونه افزایش غلظت یونهای خاص (کلسیم و بی‌کربنات) در محلول آب آبیاری تأثیر خود را بر شاخص اشباع لانژیلر و افزایش پتانسیل رسوب کربنات کلسیم بجا می‌گذارد.

گرفتگی قطره‌چکانها از طریق مطالعه تأثیر عامل شیمیایی (رسوب کربنات کلسیم) بر کاهش دبی قطره‌چکانها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در طول آزمایش دبی هر یک از قطره‌چکانها در هر یک از تیمارهای مورد مطالعه تعیین گردید که نتایج میانگین دبی هر کدام از قطره‌چکانها در جداول ۴ تا ۷ ارائه شده است. همان‌گونه که در این جداول مشاهده می‌شود میانگین دبی قطره‌چکانها بستگی به دو فاکتور اصلی نوع ترکیب آب

جدول ۴ - روند کاهش دبی و راندمان یکپوشایی بخش قطره چکانها برای ترکیب ۱ آب آبیاری مورد استفاده

روز	طولانی مسیر داخل خط				تنظیم کننده فشار				ششگی				لوله‌های روزنه دار					
	دبی (لیتر/ساعت)	کاهش دبی (%)	یکپوشایی (%)	دبیسی (لیتر/ساعت)	کاهش دبی (%)	یکپوشایی (%)	دبی (لیتر/ساعت)	کاهش دبی (%)	یکپوشایی (%)	دبی (لیتر/ساعت)	کاهش دبی (%)	یکپوشایی (%)	دبی (لیتر/ساعت)	کاهش دبی (%)	یکپوشایی (%)	دبی (لیتر/ساعت)	کاهش دبی (%)	یکپوشایی (%)
۱	۴/۰۲	۰	۹۵/۰۹	۳/۵۲	۰	۹۱/۱۶	۲/۹۵	۰	۸۱/۱۵	۱/۴۳	۰	۸۲/۱۰	۱/۴۳	۰	۸۲/۱۰	۱/۴۳	۰	۸۲/۱۰
۴	۴/۰۲	۰	۹۴/۷۵	۳/۵۱	۰/۲۸	۸۹/۸۷	۲/۹۳	۰/۶۸	۷۹/۲۱	۱/۳۹	۲/۸	۷۹/۲۱	۱/۳۹	۲/۸	۷۹/۲۱	۱/۳۹	۲/۸	۷۹/۲۱
۸	۳/۹۹	۰/۷۵	۹۴/۹۶	۳/۴۹	۰/۸۵	۸۹/۶۷	۲/۹۰	۱/۶۹	۷۸/۳۴	۱/۳۶	۴/۹	۷۸/۰۱	۱/۳۶	۴/۹	۷۸/۰۱	۱/۳۶	۴/۹	۷۸/۰۱
۱۲	۳/۹۴	۱/۹۹	۹۳/۳۳	۳/۴۵	۱/۹۹	۸۸/۰۲	۲/۸۸	۲/۳۷	۷۷/۱۲	۱/۳۴	۶/۲۹	۷۴/۷۷	۱/۳۴	۶/۲۹	۷۴/۷۷	۱/۳۴	۶/۲۹	۷۴/۷۷
۱۶	۳/۹۲	۲/۴۹	۹۳/۰۸	۳/۴۳	۲/۵۶	۸۸/۱۰	۲/۸۷	۲/۷۱	۷۶/۴۱	۱/۳۲	۷/۶۹	۷۲/۵۵	۱/۳۲	۷/۶۹	۷۲/۵۵	۱/۳۲	۷/۶۹	۷۲/۵۵
۲۰	۳/۹۱	۲/۷۴	۹۳/۷۰	۳/۳۸	۳/۹۸	۸۷/۹۷	۲/۸۵	۲/۳۹	۷۵/۱۶	۱/۲۹	۹/۷۹	۶۶/۱۵	۱/۲۹	۹/۷۹	۶۶/۱۵	۱/۲۹	۹/۷۹	۶۶/۱۵
۲۴	۳/۹۰	۲/۹۹	۹۲/۶۸	۳/۳۷	۴/۲۶	۸۷/۸۴	۲/۸۳	۴/۰۷	۷۲/۲۰	۱/۲۸	۱۰/۴۹	۶۴/۵۲	۱/۲۸	۱۰/۴۹	۶۴/۵۲	۱/۲۸	۱۰/۴۹	۶۴/۵۲
۲۸	۳/۸۵	۴/۲۳	۹۲/۹۲	۳/۳۶	۴/۵۵	۸۷/۷۱	۲/۸۲	۴/۴۱	۷۱/۸۹	۱/۲۸	۱۰/۴۹	۶۶/۵۳	۱/۲۸	۱۰/۴۹	۶۶/۵۳	۱/۲۸	۱۰/۴۹	۶۶/۵۳
۳۲	۳/۸۳	۴/۷۳	۹۲/۲۰	۳/۳۴	۵/۱۱	۸۷/۱۳	۲/۷۷	۶/۱۰	۷۱/۰۷	۱/۲۶	۱۱/۸۹	۶۰/۲۰	۱/۲۶	۱۱/۸۹	۶۰/۲۰	۱/۲۶	۱۱/۸۹	۶۰/۲۰
۳۶	۳/۸۴	۴/۴۸	۹۲/۵۴	۳/۳۳	۵/۴۰	۸۶/۵۴	۲/۷۳	۷/۴۶	۶۹/۵۰	۱/۲۵	۱۲/۵۹	۵۷/۱۴	۱/۲۵	۱۲/۵۹	۵۷/۱۴	۱/۲۵	۱۲/۵۹	۵۷/۱۴
۴۰	۳/۷۷	۶/۲۲	۹۰/۹۷	۳/۳۱	۵/۹۷	۸۵/۴۸	۲/۷۱	۸/۱۴	۶۸/۹۱	۱/۲۵	۱۲/۵۹	۵۶/۸۰	۱/۲۵	۱۲/۵۹	۵۶/۸۰	۱/۲۵	۱۲/۵۹	۵۶/۸۰
۴۴	۳/۷۵	۶/۷۲	۹۱/۲۰	۳/۲۷	۷/۱۰	۸۵/۲۲	۲/۶۹	۸/۸۱	۶۸/۵۰	۱/۲۵	۱۲/۵۹	۵۶/۴۶	۱/۲۵	۱۲/۵۹	۵۶/۴۶	۱/۲۵	۱۲/۵۹	۵۶/۴۶
۴۸	۳/۷۵	۶/۷۲	۹۱/۴۴	۳/۲۷	۷/۱۰	۸۴/۹۳	۲/۶۸	۹/۱۵	۶۸/۰۳	۱/۲۴	۱۳/۲۹	۵۴/۷۳	۱/۲۴	۱۳/۲۹	۵۴/۷۳	۱/۲۴	۱۳/۲۹	۵۴/۷۳
۵۲	۳/۷۲	۷/۴۶	۹۰/۴۳	۳/۲۵	۷/۶۷	۸۴/۹۰	۲/۶۷	۹/۴۹	۶۸/۲۰	۱/۲۴	۱۳/۲۹	۵۳/۳۳	۱/۲۴	۱۳/۲۹	۵۳/۳۳	۱/۲۴	۱۳/۲۹	۵۳/۳۳
۵۶	۳/۷۲	۷/۴۶	۹۰/۷۱	۳/۲۴	۷/۹۵	۸۴/۹۳	۲/۶۵	۱۰/۱۷	۶۷/۲۰	۱/۲۴	۱۳/۲۹	۵۳/۳۸	۱/۲۴	۱۳/۲۹	۵۳/۳۸	۱/۲۴	۱۳/۲۹	۵۳/۳۸
۶۰	۳/۷۱	۷/۷۱	۹۱/۴۱	۳/۲۴	۷/۹۵	۸۴/۸۱	۲/۶۲	۱۱/۱۹	۶۶/۰۰	۱/۲۲	۱۴/۶۹	۴۸/۷۲	۱/۲۲	۱۴/۶۹	۴۸/۷۲	۱/۲۲	۱۴/۶۹	۴۸/۷۲
۶۵	۳/۷۰	۷/۹۶	۹۱/۸۶	۳/۲۳	۸/۲۴	۸۴/۳۷	۲/۵۹	۱۲/۲	۶۴/۳۹	۱/۲۲	۱۴/۶۹	۴۸/۰۰	۱/۲۲	۱۴/۶۹	۴۸/۰۰	۱/۲۲	۱۴/۶۹	۴۸/۰۰

جدول ۵- روند کاهش دبی و راندمان بکساختی قطره چکانها برای ترکیب ۲ آب آبیاری مورد استفاده

روز	طولانی سیر داخل خط				تنظیم کننده فشار				فنگی				لوله های روزنه دار					
	دبی (لیتر/ساعت)	کاهش دبی (%)	بکساختی پخش (%)	کاهش دبی (لیتر/ساعت)	دبی (لیتر/ساعت)	کاهش دبی (%)	بکساختی پخش (%)	کاهش دبی (لیتر/ساعت)	دبی (لیتر/ساعت)	کاهش دبی (%)	بکساختی پخش (%)	کاهش دبی (لیتر/ساعت)	دبی (لیتر/ساعت)	کاهش دبی (%)	بکساختی پخش (%)	کاهش دبی (لیتر/ساعت)	دبی (لیتر/ساعت)	کاهش دبی (%)
۱	۴/۰۱	۰	۹۴/۱۸	۳/۵۲	۲/۹۱	۰	۹۰/۶۱	۲/۹۱	۱/۴۳	۰	۸۲/۷۷	۱/۴۳	۰	۸۱/۵۴				
۴	۳/۹۸	۰/۷۵	۹۱/۸۷	۳/۵۰	۲/۹۴	۰/۵۷	۸۹/۳۲	۲/۹۴	۱/۳۹	۰/۶۸	۷۹/۹۰	۱/۳۹	۲/۸	۷۹/۲۱				
۸	۳/۹۵	۱/۵۰	۹۱/۷۷	۳/۴۶	۲/۸۸	۱/۷۰	۸۷/۴۳	۲/۸۸	۱/۳۵	۲/۷	۷۶/۶۷	۱/۳۵	۵/۵۹	۷۶/۸۲				
۱۲	۳/۹۱	۲/۴۹	۹۱/۱۸	۳/۴۳	۲/۸۶	۲/۵۶	۸۵/۷۵	۲/۸۶	۱/۳۱	۳/۳۸	۷۵/۲۸	۱/۳۱	۸/۳۹	۷۷/۳۰				
۱۶	۳/۸۹	۲/۹۹	۹۰/۸۲	۳/۳۸	۲/۸۳	۳/۹۸	۸۳/۴۹	۲/۸۳	۱/۲۶	۴/۳۹	۷۲/۵۵	۱/۲۶	۱۱/۸۹	۵۸/۹۵				
۲۰	۳/۸۷	۳/۴۹	۹۰/۹۳	۳/۳۱	۲/۸۱	۵/۹۷	۸۱/۸۴	۲/۸۱	۱/۲۴	۵/۰۷	۶۹/۶۷	۱/۲۴	۱۳/۲۹	۵۲/۶۳				
۲۴	۳/۸۳	۴/۴۹	۸۷/۵۷	۳/۲۹	۲/۷۹	۶/۵۳	۷۹/۴۲	۲/۷۹	۱/۲۲	۵/۷۴	۶۷/۳۵	۱/۲۲	۱۴/۶۹	۴۷/۶۴				
۲۸	۳/۷۸	۵/۷۴	۸۷/۲۳	۳/۲۶	۲/۷۶	۷/۳۹	۷۸/۰۰	۲/۷۶	۱/۲۱	۶/۷۶	۶۴/۴۶	۱/۲۱	۱۵/۳۸	۴۳/۹۸				
۳۲	۳/۷۶	۶/۲۳	۸۶/۷۸	۳/۲۵	۲/۷۱	۷/۶۷	۷۷/۹۷	۲/۷۱	۱/۱۹	۸/۴۵	۶۴/۲۴	۱/۱۹	۱۶/۷۸	۳۹/۵۰				
۳۶	۳/۷۵	۶/۴۸	۸۵/۵۷	۳/۲۴	۲/۶۸	۷/۹۵	۷۷/۵۹	۲/۶۸	۱/۱۸	۹/۴۶	۶۲/۸۷	۱/۱۸	۱۷/۴۸	۳۶/۸۳				
۴۰	۳/۷۰	۷/۷۳	۸۵/۳۳	۳/۲۲	۲/۶۶	۸/۵۲	۷۶/۶۷	۲/۶۶	۱/۱۸	۱۰/۱۴	۶۲/۵۴	۱/۱۸	۱۷/۴۸	۳۵/۶۷				
۴۴	۳/۶۸	۸/۲۳	۸۵/۶۵	۳/۱۸	۲/۶۲	۹/۶۶	۷۶/۲۰	۲/۶۲	۱/۱۷	۱۱/۴۹	۶۰/۴۴	۱/۱۷	۱۸/۱۸	۳۴/۹۴				
۴۸	۳/۶۷	۸/۴۸	۸۴/۸۲	۳/۱۷	۲/۶۱	۹/۹۴	۷۵/۴۹	۲/۶۱	۱/۱۷	۱۱/۸۲	۵۸/۸۱	۱/۱۷	۱۸/۱۸	۳۲/۱۵				
۵۲	۳/۶۵	۸/۹۸	۸۴/۷۱	۳/۱۴	۲/۵۷	۱۰/۸۰	۷۴/۳۶	۲/۵۷	۱/۱۶	۱۳/۱۸	۵۵/۲۸	۱/۱۶	۱۸/۸۸	۳۰/۹۷				
۵۶	۳/۶۴	۹/۲۳	۸۴/۲۳	۳/۱۲	۲/۵۵	۱۱/۳۶	۷۲/۰۴	۲/۵۵	۱/۱۶	۱۳/۸۵	۵۴/۴۸	۱/۱۶	۱۸/۸۸	۳۱/۳۶				
۶۰	۳/۶۲	۹/۷۳	۸۳/۸۴	۳/۱۸	۲/۵۱	۹/۶۶	۷۱/۳۸	۲/۵۱	۱/۱۵	۱۵/۲۰	۵۱/۳۷	۱/۱۵	۱۹/۵۸	۲۶/۵۵				
۶۵	۳/۵۹	۱۰/۴۷	۸۲/۵۳	۳/۰۸	۲/۵۰	۱۲/۵۰	۶۹/۱۳	۲/۵۰	۱/۱۴	۱۵/۵۴	۵۱/۱۰	۱/۱۴	۲۰/۱۸	۲۲/۰۳				

جدول ۷- روند کاهش دبی و راندمان یکپوشائی بخش قطره چکانها برای ترکیب آب آبیاری مورد استفاده

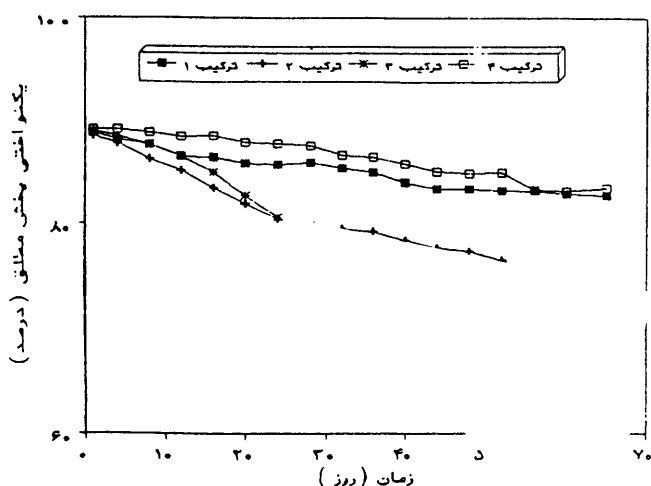
روز	طولانی مسیر داخل خط				تنظیم کننده فشار				فشگی				لوله‌های روزنه دار						
	دبی (لیترو ساعت)	کاهش دبی (%)	یکپوشائی (%)	کاهش دبی (%)	دبی (لیترو ساعت)	کاهش دبی (%)	یکپوشائی (%)	کاهش دبی (%)	دبی (لیترو ساعت)	کاهش دبی (%)	یکپوشائی (%)	کاهش دبی (%)	دبی (لیترو ساعت)	کاهش دبی (%)	یکپوشائی (%)	کاهش دبی (%)	دبی (لیترو ساعت)	کاهش دبی (%)	یکپوشائی (%)
۱	۴/۰۶	۰	۹۵/۲۶	۳/۵۳	۲/۹۸	۰	۹۱/۱۶	۲/۹۸	۱/۴۲	۰	۸۱/۴۲	۱/۴۲	۰	۸۱/۲۶	۰	۸۱/۲۶	۱/۴۲	۰	۸۱/۲۶
۴	۴/۰۴	۰/۴۹	۹۵/۲۰	۳/۵۲	۲/۹۶	۰/۲۸	۹۱/۵۲	۲/۹۶	۱/۴۰	۰/۶۷	۷۹/۶۲	۱/۴۰	۱/۴۱	۸۱/۲۲	۱/۴۱	۸۱/۲۲	۱/۴۰	۱/۴۱	۸۱/۲۲
۸	۴/۰۴	۰/۴۹	۹۵/۱۴	۳/۵۱	۲/۹۲	۰/۵۷	۹۱/۵۵	۲/۹۲	۱/۳۷	۲/۰۱	۷۷/۷۹	۱/۳۷	۳/۵۲	۷۹/۷۸	۳/۵۲	۷۹/۷۸	۱/۳۷	۳/۵۲	۷۹/۷۸
۱۲	۴/۰۲	۰/۹۹	۹۵/۰۵	۳/۴۹	۲/۹۱	۱/۱۳	۹۱/۰۴	۲/۹۱	۱/۳۵	۲/۳۵	۷۷/۸۲	۱/۳۵	۴/۹۳	۷۷/۷۸	۴/۹۳	۷۷/۷۸	۱/۳۵	۴/۹۳	۷۷/۷۸
۱۶	۳/۹۹	۱/۶۳	۹۴/۶۵	۳/۴۷	۲/۸۹	۱/۷۰	۹۱/۴۷	۲/۸۹	۱/۳۳	۳/۰۲	۷۶/۴۱	۱/۳۳	۶/۳۴	۷۵/۳۳	۶/۳۴	۷۵/۳۳	۱/۳۳	۶/۳۴	۷۵/۳۳
۲۰	۳/۹۹	۱/۶۹	۹۴/۳۳	۳/۴۱	۲/۸۹	۳/۴۰	۹۱/۱۷	۲/۸۹	۱/۳۱	۳/۰۲	۷۶/۷۲	۱/۳۱	۷/۷۵	۷۱/۲۶	۷/۷۵	۷۱/۲۶	۱/۳۱	۷/۷۵	۷۱/۲۶
۲۴	۲/۹۸	۱/۹۴	۹۴/۰۷	۳/۴۱	۲/۸۹	۳/۴۰	۹۰/۹۴	۲/۸۹	۱/۳۰	۳/۰۲	۷۶/۲۰	۱/۳۰	۸/۴۵	۷۰/۰۰	۸/۴۵	۷۰/۰۰	۱/۳۰	۸/۴۵	۷۰/۰۰
۲۸	۳/۹۶	۲/۴۳	۹۳/۱۵	۳/۳۹	۲/۸۸	۳/۴۰	۹۰/۳۷	۲/۸۸	۱/۳۰	۳/۳۶	۷۵/۶۲	۱/۳۰	۸/۴۵	۶۹/۰۵	۸/۴۵	۶۹/۰۵	۱/۳۰	۸/۴۵	۶۹/۰۵
۳۲	۳/۹۴	۲/۸۹	۹۳/۴۷	۳/۳۶	۲/۸۲	۴/۸۲	۸۹/۱۰	۲/۸۲	۱/۳۰	۵/۰۳	۷۵/۹۰	۱/۳۰	۸/۴۵	۷۰/۰۰	۸/۴۵	۷۰/۰۰	۱/۳۰	۸/۴۵	۷۰/۰۰
۳۶	۳/۹۳	۳/۲۰	۹۲/۴۹	۳/۳۶	۲/۸۱	۴/۸۲	۸۸/۸۷	۲/۸۱	۱/۳۱	۵/۷۰	۷۵/۸۷	۱/۳۱	۷/۷۵	۷۱/۲۶	۷/۷۵	۷۱/۲۶	۱/۳۱	۷/۷۵	۷۱/۲۶
۴۰	۳/۹۲	۳/۳۶	۹۲/۱۳	۳/۳۳	۲/۷۹	۵/۶۷	۸۸/۱۹	۲/۷۹	۱/۳۰	۶/۳۸	۷۶/۲۲	۱/۳۰	۸/۴۵	۷۰/۳۲	۸/۴۵	۷۰/۳۲	۱/۳۰	۸/۴۵	۷۰/۳۲
۴۴	۳/۹۱	۳/۶۳	۹۲/۲۷	۳/۳۰	۲/۷۶	۶/۵۲	۸۷/۷۳	۲/۷۶	۱/۳۰	۷/۳۸	۷۶/۳۳	۱/۳۰	۸/۴۵	۶۹/۶۸	۸/۴۵	۶۹/۶۸	۱/۳۰	۸/۴۵	۶۹/۶۸
۴۸	۳/۹۰	۳/۸۸	۹۲/۲۵	۳/۲۹	۲/۷۶	۶/۸۰	۸۷/۳۲	۲/۷۶	۱/۲۹	۷/۳۸	۷۶/۰۳	۱/۲۹	۹/۱۵	۶۸/۰۹	۹/۱۵	۶۸/۰۹	۱/۲۹	۹/۱۵	۶۸/۰۹
۵۲	۳/۸۹	۴/۲۵	۹۲/۰۹	۳/۲۷	۲/۷۵	۷/۳۷	۸۷/۵۵	۲/۷۵	۱/۲۹	۷/۷۲	۷۵/۳۴	۱/۲۹	۹/۱۵	۶۸/۰۹	۹/۱۵	۶۸/۰۹	۱/۲۹	۹/۱۵	۶۸/۰۹
۵۶	۳/۸۸	۴/۴۰	۹۲/۵۰	۳/۲۵	۲/۷۴	۷/۹۳	۸۵/۱۸	۲/۷۴	۱/۲۹	۸/۰۵	۷۵/۱۷	۱/۲۹	۹/۱۵	۶۷/۷۶	۹/۱۵	۶۷/۷۶	۱/۲۹	۹/۱۵	۶۷/۷۶
۶۰	۳/۸۴	۴/۴۵	۹۲/۶۱	۳/۲۵	۲/۷۲	۷/۹۳	۸۵/۳۰	۲/۷۲	۱/۲۹	۸/۷۲	۷۵/۴۴	۱/۲۹	۹/۱۵	۶۷/۴۴	۹/۱۵	۶۷/۴۴	۱/۲۹	۹/۱۵	۶۷/۴۴
۶۵	۳/۸۴	۵/۴۲	۹۲/۴۲	۳/۲۴	۲/۷۰	۸/۲۲	۸۵/۵۸	۲/۷۰	۱/۲۸	۹/۳۹	۷۴/۸۸	۱/۲۸	۹/۸۶	۶۵/۵۰	۹/۸۶	۶۵/۵۰	۱/۲۸	۹/۸۶	۶۵/۵۰

دوره تحقیق برآورد می‌گردد. در حالی که درصد کاهش راندمان یکنواختی پخش قطره‌چکانهای نوع تنظیم‌کننده فشار، تفنگی و لوله‌های روزنه‌دار در بحرانی‌ترین حالات خود به ترتیب برابر ۷/۴۵، ۲۰/۶۵ و ۴۱/۵۳ درصد برآورد گردید. با افزایش غلظت املاح آب آبیاری به عنوان مثال همانگونه که در جدول ۶ مشاهده می‌شود برای ترکیب سوم آب آبیاری درصد کاهش راندمان یکنواختی پخش برای قطره‌چکانهای نوع طولانی مسیر داخل خط، تنظیم‌کننده فشار، تفنگی و لوله‌های روزنه‌دار به ترتیب معادل ۲۶/۲۰، ۳۴/۹۳، ۵۸/۷۰ و ۷۸/۵۷ درصد برآورد می‌گردد. ملاحظه می‌گردد که گرفتگی شیمیایی قطره‌چکانها در اثر افزایش غلظت املاح آب، می‌تواند تا نزدیک به ۸۰ درصد پارامتر راندمان یکنواختی پخش را برای لوله‌های روزنه‌دار کاهش دهد. نکته جالب توجه آن است که برای ترکیب چهارم آب آبیاری که از نظر غلظت املاح با ترکیب سوم آب آبیاری برابری می‌کند با استفاده از مدیریت کاهش اسیدیته آب آبیاری بوسیله تزریق اسید به درون آب، بیشترین مقادیر راندمان یکنواختی پخش حاصل گردیده است. جدول ۷ نشان می‌دهد که این پارامتر برای قطره‌چکانهای نوع طولانی مسیر داخل خط، تنظیم‌کننده فشار، تفنگی و لوله‌های روزنه‌دار در بحرانی‌ترین حالات به ترتیب معادل ۳/۳۳، ۷/۰۱، ۸/۰۳ و ۱۹/۴ درصد می‌باشد که برتری محسوس پارامتر مذکور در ترکیب ۴ آب آبیاری در مقایسه با سایر ترکیبات را نشان می‌دهد.

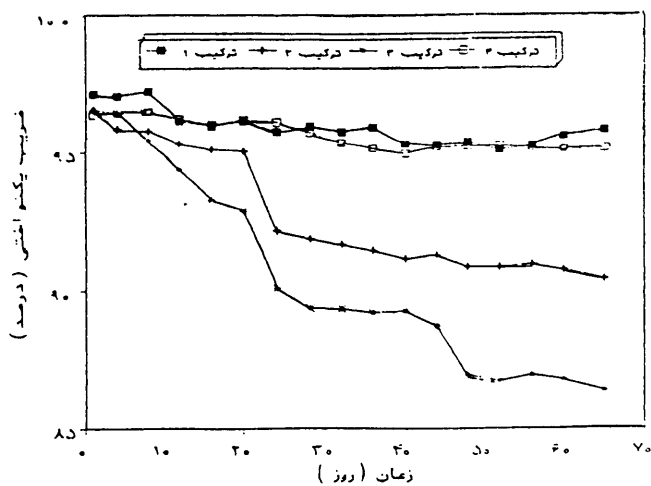
راندمان یکنواختی پخش مطلق قطره‌چکانها برای هر چهار ترکیب آب آبیاری و برای هر چهار نوع قطره‌چکان محاسبه گردید که نمونه‌ای از نتایج حاصله برای قطره‌چکانهای تنظیم‌کننده فشار در شکل ۲ نشان داده شده است. با بررسی این شکل مشاهده می‌شود که با افزایش غلظت املاح آب آبیاری، بر میزان گرفتگی جزئی و کلی قطره‌چکانها و در نتیجه تأثیر در کاهش راندمان یکنواختی پخش مطلق قطره‌چکانها افزوده می‌گردد. بهر حال اگر چه شیب نمودارهای ارائه شده در شکل ۲ روند خاصی را از نظر یکنواختی دنبال نمی‌کند اما دیده می‌شود که شیب عمومی نمودارها، نزولی و با گذشت زمان، راندمان یکنواختی پخش مطلق با افزایش غلظت املاح ترکیبات آب آبیاری کاهش پیدا می‌کند. نتایج مشابهی برای سایر قطره‌چکانهای مورد استفاده بدست آمد (۴). بالاترین مقادیر راندمان یکنواختی

ترکیبات آب آبیاری می‌باشد. برای قطره‌چکانهای نوع طولانی مسیر داخل خط، تنظیم‌کننده فشار، تفنگی و لوله‌های روزنه‌دار، حداکثر درصد کاهش دبی در طی دوره تحقیق به ترتیب برابر ۱۲/۴۷، ۱۵/۰۶، ۱۹/۸۷ و ۲۹/۵۰ درصد برآورد گردید (جدول ۶) که اختلاف این مقادیر با مقادیر درصد کاهش دبی برای ترکیب اول آب آبیاری کاملاً مشخص است. همچنین همانگونه که ارقام جدول ۷ نشان می‌دهد ملاحظه می‌گردد که برای ترکیب چهارم آب آبیاری که دارای کمترین میزان اسیدیته می‌باشد، میانگین شدت دبی قطره‌چکانها در طی دوره آزمایش برای تمامی تیمارهای قطره‌چکانهای مورد استفاده کاهش چندانی نسبت به سایر ترکیبات نداشته و کمترین مقادیر درصد کاهش دبی را به خود اختصاص می‌دهد. کاهش اسیدیته آب آبیاری بوسیله اسیدهای ارزان و رقیق مثل اسید سولفوریک و اسید کلریدریک موجب منفی شدن شاخص اشباع لانژیلر و نهایتاً "کاهش پتانسیل رسوب کربنات کلسیم در محلول آب آبیاری و عدم گرفتگی قطره‌چکانها می‌گردد. این نتایج با نتایج هیلز و همکاران (۹) مطابقت دارد. با مراجعه به جدول ۷ مشاهده می‌شود که حداکثر درصد کاهش دبی قطره‌چکانهای نوع طولانی مسیر داخل خط، تنظیم‌کننده فشار، تفنگی و لوله‌های روزنه‌دار به ترتیب معادل ۴۲/۵، ۲۲/۸، ۳۹/۹ و ۸۶/۹ درصد می‌باشد که اختلاف اعداد فوق با مقادیر درصد کاهش دبی برای سایر ترکیبات کاملاً روشن است.

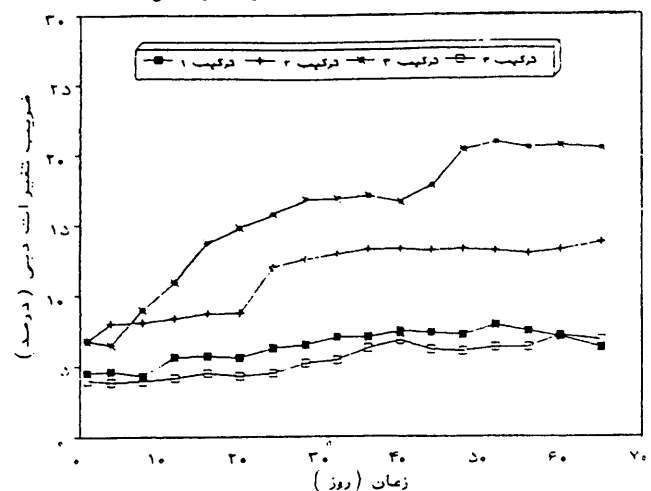
راندمان یکنواختی پخش قطره‌چکانها برای هر چهار تیمار آب آبیاری و هر چهار نوع قطره‌چکان محاسبه گردید که نتایج حاصله در جداول ۴ تا ۷ ارائه شده است. با مراجعه به این جداول می‌توان گفت که راندمان یکنواختی پخش قطره‌چکانها تحت تأثیر دو فاکتور ترکیب آب آبیاری و نوع قطره‌چکان قرار دارد. بدین معنی که با افزایش غلظت املاح آب آبیاری و با گذشت زمان از راندمان یکنواختی پخش قطره‌چکانها کاسته می‌گردد و همچنین برای هر ترکیب آب آبیاری مقادیر راندمان یکنواختی پخش برای هر چهار نوع قطره‌چکان متفاوت است. جدول ۴ نشان می‌دهد که مقادیر راندمان یکنواختی پخش برای قطره‌چکانهای نوع طولانی مسیر داخل خط برای ترکیب یک آب آبیاری از مقدار ۹۵/۰۹ در روز اول آزمایش برای حالتی که هیچ‌گونه گرفتگی قطره‌چکانها وجود ندارد تا میزان ۴۳/۹۰ تغییر می‌کند. بنابراین درصد کاهش راندمان یکنواختی پخش برای این قطره‌چکانها معادل ۴/۹ درصد در طی



شکل ۱- تاثیر ترکیبات مختلف آب آبیاری بر راندمان یکنواختی بخش مطلق قطره چکانهای تنظیم کننده فشار



شکل ۲- تاثیر ترکیبات مختلف آب آبیاری بر ضریب یکنواختی کریستیانسن قطره چکانهای طولانی مسیر داخل خط



شکل ۳- تاثیر ترکیبات مختلف آب آبیاری بر ضریب تغییرات دبی قطره چکانهای طولانی مسیر داخل خط

بخش مطلق مربوط به تیمار ۴ آب آبیاری بود که دارای کمترین اسیدیته می باشد. برای این تیمار، درصد کاهش راندمان پارامتر فوق برای قطره چکانهای نوع طولانی مسیر داخل خط، تنظیم کننده فشار، تفنگی، و لوله های روزنه دار به ترتیب معادل ۶/۶۴، ۲/۱۸، ۵/۹۶ و ۱۲/۴۸ درصد برآورد گردید (۴).

مقادیر ضریب یکنواختی کریستیانسن برای هر چهار ترکیب آب آبیاری و هر چهار نوع قطره چکان محاسبه گردید. نتایج نشان داد که با گذشت زمان و گرفتگی تدریجی قطره چکانها، ضریب یکنواختی کریستیانسن نیز تحت تأثیر قرار گرفته و از مقدار عددی آن کاسته می گردد. هر چه غلظت املاح زیادتر باشد بر میزان گرفتگی افزوده گشته و در نتیجه درصد کاهش ضریب یکنواختی افزایش می یابد که به طور مثال می توان به نمودارهای شکل ۳ که مربوط به قطره چکانهای طولانی مسیر داخل خط است اشاره نمود. درصد کاهش ضریب یکنواختی برای قطره چکانهای نوع طولانی مسیر داخل خط، تنظیم کننده فشار، تفنگی و لوله های روزنه دار برای ترکیب یک آب آبیاری در بحرانی ترین حالات به ترتیب برابر ۱۸/۱، ۸/۱۹، ۲/۵۷، ۲/۲۸ درصد بود. در حالی که درصد کاهش ضریب یکنواختی برای ترکیب سه آب آبیاری که یک ترکیب کاملاً سخت بشمار می رود برای قطره چکانهای نوع طولانی مسیر داخل خط، تنظیم کننده فشار، تفنگی و لوله های روزنه دار در بحرانی ترین حالات به ترتیب برابر ۱۰/۶، ۱۵/۳۹، ۲۵/۶۷ و ۴۰/۴ درصد محاسبه گردید. نتیجه دیگر اینکه ترکیب چهار آب آبیاری که دارای کمترین میزان اسیدیته می باشد دارای بیشترین مقادیر ضریب یکنواختی است. بطوری که درصد کاهش ضریب یکنواختی کریستیانسن برای قطره چکانهای نوع طولانی مسیر داخل خط، تنظیم کننده فشار، تفنگی و لوله های روزنه دار در بحرانی ترین شرایط به ترتیب معادل ۲/۶۲، ۱/۵۳، ۳/۳۴ و ۸/۴۸ درصد برآورد می گردد. برای توضیح بیشتر در مورد نتایج فوق و جداول و نمودارهای مربوطه به مرجع (۴) رجوع شود.

مقادیر ضریب تغییرات دبی قطره چکانها برای هر چهار ترکیب آب آبیاری و هر چهار قطره چکان محاسبه گردید که بطور مثال تأثیر ترکیبات مختلف آب آبیاری بر ضریب تغییرات دبی قطره چکانهای طولانی مسیر داخل خط در شکل ۴ نشان داده شده

می‌یابد. در نتیجه این گرفتگی شیمیایی، دبی قطره‌چکانها، راندمان یکنواختی پخش، راندمان یکنواختی پخش مطلق و ضریب یکنواختی کریستیانس قطره‌چکانها بطور قابل ملاحظه‌ای تحت تأثیر قرار می‌گیرد و از مقدار عددی آنها کاسته می‌شود. همچنین افزایش غلظت املاح آب آبیاری سبب افزایش ضریب تغییرات دبی قطره‌چکانها گردید. نتایج حاصله حاکی از آن بود که کاهش اسیدیته آب آبیاری به وسیله تریق اسید سولفوریک می‌تواند بطور قابل توجهی رسوبات شیمیایی را در خود حل نماید و از گرفتگی قطره‌چکانها جلوگیری کند. نتایج نشان داد که قطره‌چکانهای نوع طولانی مسیر داخل خط کمترین میزان حساسیت را از نظر گرفتگی در برابر رسوبات شیمیایی دارند. بطور کلی میزان حساسیت به گرفتگی شیمیایی قطره‌چکانهای مورد مطالعه به ترتیب برای لوله‌های روزنه‌دار، تفنگی، تنظیم‌کننده فشار و طولانی مسیر داخل خط روند کاهشی داشت. بنابراین از آنجا که گرفتگی قطره‌چکانها مهمترین و جدی‌ترین مسئله‌ای است که یک سیستم آبیاری قطره‌ای را تهدید می‌کند و علت آن کیفیت نامناسب آب آبیاری چه از نظر فیزیکی، شیمیایی یا بیولوژیکی می‌باشد از این رو لازم است تا در طراحی سیستمهای آبیاری قطره‌ای این موضوع در نظر گرفته شود و با دقت هر چه تمامتر هر چند مدت یکبار خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب آبیاری اندازه‌گیری و بر اساس آن مدیریتهای لازم را اتخاذ نمود. همچنین از آنجا که یکی از عوامل گرفتگی قطره‌چکانها عامل شیمیایی مربوط به بالا بودن میزان اسیدیته آب آبیاری مزارع و یا غلظت بالای املاح آن بخصوص یونهای کلسیم، منیزیم و بی‌کربنات و تشکیل رسوب کربنات کلسیم و در نتیجه انسداد روزنه قطره‌چکانها می‌باشد در صورت طراحی سیستمهای آبیاری قطره‌ای برای این گونه مزارع لازم است هر چند مدت یکبار اسیدیته آب آبیاری را با تریق اسیدهای ارزان و رقیق کاهش داد. این عمل موجب حل رسوبات کربنات کلسیم در روزنه قطره‌چکانها گردیده و گرفتگی آنها را از بین می‌برد.

استفاده از قطره‌چکانهای نوع طولانی مسیر داخل خط به عنوان کاراترین نوع قطره‌چکان متداول، توصیه می‌گردد. حساسیت زیاد لوله‌های روزنه دار در برابر گرفتگی شیمیایی، کاهش شدید پارامترهای دبی، راندمان یکنواختی پخش و پخش مطلق، ضریب یکنواختی کریستیانسن و همچنین افزایش بیش از حد ضریب تغییرات

است. برای ترکیب یک آب آبیاری ضریب تغییرات دبی قطره‌چکانهای نوع طولانی مسیر داخل خط، تنظیم‌کننده فشار، تفنگی و لوله‌های روزنه‌دار به ترتیب از مقدار $۴/۵۵$ ، $۸/۰۲$ ، $۱۳/۶۴$ و $۱۲/۸۶$ درصد در اولین روز دوره تحقیق تا $۶/۲۸$ ، $۱۴/۴۸$ ، $۲۴/۹۵$ و $۳۴/۹۵$ درصد در آخرین روز دوره تحقیق افزایش نشان داد (۴). علت بالا بودن ضریب تغییرات دبی در لوله‌های روزنه‌دار را باید در اختلاف فاحش دبی قطره‌چکانها نسبت به یکدیگر دانست. بیشترین مقادیر ضریب تغییرات دبی مربوط به ترکیب سوم آب آبیاری بود. برای این ترکیب مقادیر این ضریب برای قطره‌چکانهای نوع طولانی مسیر داخل خط، تنظیم‌کننده فشار، تفنگی و لوله‌های روزنه‌دار به ترتیب از میزان $۶/۷۱$ ، $۷/۷۹$ ، $۱۱/۸۳$ و $۱۲/۶۵$ درصد در اولین روز دوره تحقیق تا میزان $۲۱/۵۱$ ، $۳۳/۲۹$ ، $۴۳/۳۴$ و $۵۳/۷۶$ درصد در آخرین روز دوره تحقیق افزایش نشان داد. بطور کلی شیب عمومی نمودارهای تأثیر ترکیبات مختلف آب آبیاری بر ضریب تغییرات دبی قطره‌چکانها برای تمامی قطره‌چکانها و ترکیبات آب آبیاری مورد استفاده صعودی بوده و با افزایش غلظت املاح آب آبیاری بر میزان آن افزوده می‌گردد. شیب نمودار مربوط به ترکیب چهارم آب آبیاری برای تمامی قطره‌چکانها، در مقایسه با سایر ترکیبات، کمتر بود که دلیل آن گرفتگی کمتر قطره‌چکانها در طول مدت آزمایش برای این ترکیب آب آبیاری می‌باشد. بیشترین شیب نمودار مربوط به ترکیب سوم آب آبیاری است که دارای بیشترین غلظت املاح و گرفتگی قطره‌چکانها می‌باشد. کمترین مقادیر ضریب تغییرات دبی مربوط به ترکیب چهارم آب آبیاری می‌باشد که مقادیر آن برای قطره‌چکانهای نوع طولانی مسیر داخل خط، تنظیم‌کننده فشار، تفنگی و لوله‌های روزنه‌دار به ترتیب از مقدار $۳/۹۶$ ، $۸/۰۷$ ، $۱۳/۲۱$ و $۱۲/۵۶$ درصد در اولین روز دوره تحقیق تا مقدار $۶/۸۵$ ، $۱۳/۲۴$ ، $۱۸/۰۲$ و $۲۱/۹۱$ درصد در آخرین روز دوره تحقیق افزایش یافت. برای توضیح بیشتر در مورد نتایج فوق و جداول و نمودارهای مربوط به مرجع (۴) رجوع شود.

خلاصه نتایج و پیشنهادات

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که با افزایش غلظت املاح آب آبیاری بخصوص یونهای کلسیم، منیزیم و بی‌کربنات و پ-هاش آب آبیاری، میزان گرفتگی شیمیایی قطره‌چکانها افزایش

تفنگی نیز برای استفاده در محلهایی که راندمان یکنواختی پخش چندان اهمیتی ندارد (مثل گلخانه‌ها) و صرفاً "تأمین آب مورد نیاز گیاه مورد نظر است پیشنهاد می‌شوند.

سپاسگزاری

در انجام این تحقیق از نظرات ارزشمند آقای دکتر شاپور حاج رسولیها استفاده گردید که بدینوسیله سپاسگزاری می‌شود.

دبی را در پی دارد که در نتیجه استفاده از این گونه لوله‌ها در سیستمهای آبیاری قطره‌ای با محدودیت مواجه می‌گردد. هر چند که قطره چکانهای نوع تنظیم‌کننده فشار کارایی قطره‌چکانهای نوع طولانی مسیر داخل خط را ندارند با این حال از آنجا که می‌توان دبی آنها را بطور دلخواه تغییر داد برای استفاده در مناطق شیبدار، دامنه‌ها و تپه‌ها که افت فشار بیش از حد موجب عدم یکنواختی پخش قطره‌چکانها می‌گردد، توصیه و پیشنهاد می‌گردند. قطره‌چکانهای نوع

مراجع مورد استفاده

REFERENCES

۱. تبار احمدی، م.خ.ض. ۱۳۷۱. آبیاری قطره‌ای. انتشارات دانشگاه مازنداران. ۳۹۹ صفحه.
۲. علیزاده، ا. ۱۳۷۲. اصول طراحی سیستمهای آبیاری. انتشارات آستان قدس رضوی. ۵۳۹ صفحه.
۳. کلباسی، م. ۱۳۷۳. تغییرات کیفی آب زاینده رود در طول مسیر. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۲۵، شماره ۴، ص ۲-۱۰.
۴. معیدی‌نیا، ع.ح. ۱۳۷۷. تأثیر ترکیبات شیمیایی مختلف آب آبیاری بر گرفتگی قطره‌چکانها در آبیاری قطره‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱۰۶ صفحه.
5. Braltz, V.F., I.P. Wu and H.M. Gitlin. 1981. a. Manufacturing variation and drip irrigation uniformity. Trans. ASAE, 24(1):113-119.
6. Clark, G.A. 1992. Drip irrigation management and scheduling for vegetable production. Irrigation. J. 42(6):14-21.
7. Christiansen, J.E., E.C. Olsen and L.S. Willardson. 1977. Irrigation water quality evaluation. J. Irrig. and Drain. Div. ASCE, 103(IR2):155-168.
8. Flatow, R.E., 1985. Iron bacteria - The invisible threat to drip irrigation systems. Irrigation. J. 35(3):30-32.
9. Hills, D.J., F.M. Nawar and P.M. Waller. 1989. Effects of chemical clogging on drip tape irrigation unifomity . Trans. ASAE, 32(4):1202-1206.
10. Keller, J. and D. Karmeli. 1974. Trickle irrigation design parameters. Trans. ASAE, 17(4):678-684.
11. Nakayama, F.S. and D.A. Bucks. 1981. Emitter clogging effects on trickle irrigation uniformity. Trans. ASAE, 24(1):77-80.
12. Nakayama, F.S., R.G. Gibert and D.A. Bucks. 1978. Water treatments in trickle irrigation systems. J. Irrig. and Drain. Div. ASCE, 104(IR1):23-34.
13. Oron, G., G. Shelef and B. Turzynski. 1979. Trickle irrigation using treated wastewaters. J. Irrig. and Drain. Div., ASCE 105(IR2):175-185.
14. Solomon, K.H. and J. Keller. 1978. Trickle irrigation uniformity and efficiency. J. Irrig. and Drain. Div. ASCE, 104(IR3):293-306.
15. Taylor, H.D., R.K.X. Bastos, H.W. Pearson and D.D. Mara. 1995. Drip irrigation with waste stabilisation pond effluents: solving the problem of emitter fouling. Wat. Sci. Tech., 31(12):417-424.
16. Wu, I.P. and H.M. Gitlin. 1983. Drip irrigation application efficiency and schedules. Trans. ASAE, 26(1):92-99.
17. Zur, B. and Tal. 1981. Emitter discharge sensitivity to pressure and temperature. J. Irrig. and Drain. Div., ASCE, 107(IR1):1-9.

The Effect of Different Chemical Components of Irrigation Water on Emitter Clogging in Trickle Irrigation

B. MOSTAFAZADEH AND A. H. MOAYYEDI NIA

Associate Professor and Former Graduate Student, Respectively,

College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Accepted April, 19, 2000

SUMMARY

In order to study the effects of different chemical components of irrigation water with different levels of salt concentration and pH on emitter clogging, a trickle irrigation system experiment was carried out in the greenhouse research center of the College of Agriculture, Isfahan University of Technology. Since the sensitivity of the emitters due to clogging are different, four different types of emitter, namely in-line long path, pressure regulator, gun emitters, and double chamber tube were used. The results showed that as the mineral concentration and pH of irrigation water increases, the clogging would increase. Emitter clogging reduced the discharge rate, distribution uniformity, absolute distribution and Christiansen uniformity coefficient of the emitters. The results showed that as the salt concentration and pH of irrigation water increase, the coefficient of variation of emitter discharge would increase significantly. These changes were different for each type of emitter. As the calcium and bicarbonate ions increased the LSI showed higher positive values which indicate potential for sedimentation and clogging. Decreasing the acidity of irrigation water by injection of sulfuric acid to reservoir decreases the emitter clogging significantly. The results showed that the in-line long path emitter has the least sensitivity to clogging. In general, the sensitivity to chemical clogging were reduced for double chamber tube, gun, pressure regulator and in-line long path emitters respectively.

Key words: Trickle irrigation, Chemical clogging , Uniformity.