نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۹، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۴، ص. ۲۷۳-۲۶۳

Journal of Water and Soil
Vol. 29, No. 2, May.-Jun. 2015, p. 263-273

تأثیر کودآبیاری بر گرفتگی برخی قطره‌چکان‌ها در آبیاری قطره‌ای

شهرزاد قرچه[۱*]- معصومه دلبری[۲]- فاطمه گنجی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۵/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۲۴

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر کودآبیاری بر گرفتگی قطره‌چکان‌ها و عملکرد سیستم آبیاری قطره‌ای آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه زابل انجام گرفت. اثرات نوع کود شامل تیمار F0 (بدون کود)، F1 (کود اوره) و F2 (کود نیترات آمونیوم) به‌عنوان عامل اول و اثرات سه نوع قطره‌چکان (تنظیم شونده ۱ نازله روی خط (A)، تنظیم شونده ۶ نازله داخل خط (B)، تنظیم شونده ۸ نازله روی خط (C)) به‌عنوان عامل دوم در نظر گرفته شد. برای بررسی میزان گرفتگی قطره‌چکان‌ها درصد کاهش دبی، یکنواختی پخش، ضریب یکنواختی کریستیانسن و ضریب تغییرات دبی محاسبه گردید. نتایج نشان داد با تغییر کیفیت کودآبیاری به‌ترتیب از F0 تا F2 میزان گرفتگی قطره‌چکان‌ها روند افزایشی دارد. قطره‌چکان‌های B بیشترین گرفتگی و قطره‌چکان‌های A کمترین گرفتگی را به خود اختصاص دادند. درصد کاهش دبی برای تیمار F0 و قطره‌چکان‌های A، B و C به‌ترتیب معادل ۱۸، ۲۴ و ۲۲ درصد، برای تیمار F1 و قطره‌چکان‌های A، B و C به‌ترتیب معادل ۲۴، ۳۹ و ۳۰ و برای تیمار F2 و قطره‌چکان‌های A، B و C به‌ترتیب معادل ۳۴، ۴۴ و ۳۲ درصد، در اتمام دوره آزمایش به‌دست آمد. براساس نتایج حاصله نوع کود و نوع قطره‌چکان از نظر آماری ($p \leq ۰/۰۱$) اثر بسیار معنی‌داری روی ویژگی‌های بررسی شده داشتند.

واژه‌های کلیدی: ضریب تغییرات دبی، قطره‌چکان، کودآبیاری قطره‌ای، گرفتگی، یکنواختی پخش

مقدمه

آب یکی از عوامل اصلی محدود کننده در مسیر توسعه و فعالیت‌های کشاورزی به‌خصوص در مناطق گرم و خشک می‌باشد. با توجه به محدودیت آب شیرین و افزایش روز افزون جمعیت، مدیریت صحیح منابع آبی ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است. جهت رسیدن به این هدف، انتخاب روش‌های مناسب آبیاری از اهمیت خاصی برخوردار است. یکی از روش‌های آبیاری که به کمک آن می‌توان صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در مصرف آب، کود و هزینه‌های کارگر داشته و کنترل علف‌های هرز راحت‌تر صورت می‌گیرد، روش قطره‌ای می‌باشد. عوامل متعددی نظیر گرفتگی قطره‌چکان، افزایش ضریب تغییرات ساخت و تغییرات دما و فشار آب، دبی قطره‌چکان‌ها و در نتیجه یکنواختی پخش آب را تحت تأثیر قرار می‌دهند (۹، ۱۸، ۲۳ و ۲۵). اما در این بین عاملی اصلی که می‌تواند مانع از کارکرد مناسب خروجی قطره‌چکان‌ها می‌شود، گرفتگی است (۵ و ۱۶). آبیاری قطره‌ای روش گران و پر هزینه‌ای است؛ بنابراین طول عمر این سیستم می‌بایست هرچه بیشتر باشد تا منافع حاصله از آن جبران هزینه را بنماید. یکی از یکی از مزیت‌های بالقوه آبیاری قطره‌ای کودآبیاری است. کاهش مصرف کود، توزیع یکنواخت در منطقه ریشه‌ی گیاه و عدم شستشوی کود به اعماق خاک از جمله دلایل افزایش کارایی مصرف کود هستند (۳). مطالعه آبیاری قطره‌ای نشان می‌دهد که با کاهش کیفیت آب بر میزان گرفتگی افزوده می‌شود (۱۱). بنابراین لازم است تا عوامل تأثیر گذار بر گرفتگی قطره‌چکان‌ها و راهکارهای مناسب برای مقابله با آن شناسایی شوند.

طاهرپور کلانتری (۲۶)، مصطفی‌زاده و معیدی‌نیا (۲۰) و نادری (۲۲) با بررسی علل گرفتگی خروجی‌ها در آبیاری قطره‌ای و ارتباط آن با کیفیت آب بیان داشتند شدت گرفتگی قطره‌چکان‌ها با بدتر شدن کیفیت آب و ایجاد رسوب مواد شیمیایی افزایش می‌یابد. با افزایش میزان گرفتگی شیمیایی قطره‌چکان‌ها دبی، یکنواختی پخش، یکنواختی پخش مطلق و ضریب یکنواختی کریستیانسن قطره‌چکان‌ها کاهش و ضریب تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها افزایش می‌یابد (۴، ۱۵، ۱۷، ۲۰ و ۲۲). همچنین حسن‌لی (۱۶) عوامل گوناگون گرفتگی قطره‌چکان‌ها و راه‌های مقابله با آن را مورد بررسی قرار داد. بررسی‌های انجام شده نشان از گرفتگی شدید قطره‌چکان‌ها و پایین بودن یکنواختی پخش آب داشت. عامل اصلی گرفتگی قطره‌چکان‌ها

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی‌ارشد، استادیار و مربی آبیاری و زهکشی، گروه آب و خاک، دانشگاه زابل
(*-نویسنده مسئول: Email: sh.gharcheh@gmail.com)

در این سیستم ترکیبی از عوامل فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی بوده که عامل فیزیکی غالب بود. محققین مختلفی در رابطه با تأثیر پساب بر خصوصیات هیدرولیکی انواع قطره‌چکان‌ها تحقیق نموده‌اند (۵، ۱۰، ۱۲، ۱۷ و ۲۴). بختیاری‌فر و عابدی‌کوپایی (۵) و هایجون و گان‌ها (۱۷) به بررسی گرفتگی چند نوع قطره‌چکان در شرایط استفاده از آب تازه و پساب تصفیه شده پرداختند. با اندازه‌گیری دبی، کاهش دبی، ضریب تغییرات دبی، یکنواختی پخش، ضریب یکنواختی کریستیانسن و درصد گرفتگی قطره‌چکان‌ها، عملکرد قطره‌چکان‌ها ارزیابی شد. نتایج نشان داد که تمام شاخص‌های گفته شده تحت تأثیر کیفیت آب و نوع قطره‌چکان قرار دارند. همچنین ابراهیمی و همکاران (۱۲) در تحقیق خود، اثر تیمار پساب را بر گرفتگی قطره‌چکان‌ها نسبت به تیمار آب خالص (شاهد) بررسی کردند. نتایج نشان داد که استفاده از پساب و تعداد دفعات آبیاری بر گرفتگی قطره‌چکان‌ها موثر است.

گنجی (۱۵) و انصاری‌سامانی و برومندنسب (۴) به بررسی اثر کودآبیاری بر گرفتگی قطره‌چکان‌ها و عملکرد سیستم آبیاری‌قطره‌ای پرداختند. نتایج نشان داد افزایش غلظت کودآبیاری باعث افزایش گرفتگی قطره‌چکان‌ها شده و اثر قابل توجهی بر تغییرات دبی دارد. گرفتگی قطره‌چکان‌ها باعث کاهش دبی، یکنواختی پخش و ضریب یکنواختی کریستیانسن قطره‌چکان‌ها و افزایش ضریب تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها شد. این تغییرات برای قطره‌چکان‌های مختلف متفاوت بود. طبق بررسی بازکارت و ازکیسی (۶) تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها به درجه گرفتگی قطره‌چکان‌ها وابسته است. فرزام‌نیا و حقایقی‌مقدم (۱۴) تأثیر آب شور بر گرفتگی قطره‌چکان‌های داخل خط، میکرو فلاپر، توربو، روی خط و چکاننده‌های نوار تیپ را بررسی کردند. مدت استفاده از خروجی‌ها تأثیر مثبتی بر افزایش میزان گرفتگی قطره‌چکان‌ها می‌گذارد (۴، ۱۰، ۱۵، ۲۱ و ۲۶). تاکنون مدل‌های مختلفی در زمینه عوامل موثر بر دبی و یکنواختی پخش قطره‌چکان‌ها ارائه شده است (۲، ۷ و ۸). در مدل رووان و همکاران (۲۴)، گرفتگی چهار نوع قطره‌چکان از سه کارخانه سازنده با استفاده از توزیع فاضلاب با کیفیت‌های مختلف (سپتیک تانک و بیورآکتور شنی) مورد بررسی قرار گرفت. در اغلب قطره‌چکان‌هایی که فاضلاب سپتیک تانک را توزیع می‌کردند، دبی کاهش یافته و بیش از ۸۰ درصد قطره‌چکان‌ها دچار گرفتگی شدند. تأثیر پساب بر عملکرد هیدرولیکی قطره‌چکان‌های مختلف، توسط چنینی و همکاران (۱۰) مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که قطره‌چکان‌های آبفشان پایه‌دار و جبران کننده فشار، بسیار به گرفتگی حساس هستند. تروین و همکاران (۲۷) با بررسی عملکرد پنج نوع قطره‌چکان با دبی‌های مختلف که طی دو فصل زراعی ۱۹۹۸ و ۱۹۹۹ با آب حوضچه‌های تثبیت فاضلاب کار می‌کردند، گزارش کردند دو قطره‌چکانی که کمترین دبی را داشتند، دچار گرفتگی شدند. ولی گرفتگی در سه نوع دیگر ناچیز بود و میزان کاهش دبی در آن‌ها در طی دو فصل ۴ درصد و یا کمتر بوده است.

ایل‌گندی و همکاران (۱۳) نیز در پژوهش خود اثر انواع انژکتور و تیمار ازت را در گرفتگی قطره‌چکان‌ها مورد مطالعه قرار دادند. گرفتگی قطره‌چکان با افزایش نیتروژن افزایش و دبی آن‌ها کاهش یافت. در مجموع تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که عمده‌ترین دلیل کاهش دبی و عدم یکنواختی پخش آب در آبیاری قطره‌ای، انسداد و گرفتگی قطره‌چکان‌ها است. از طرفی کودآبیاری اگرچه یک مزیت در آبیاری قطره‌ای محسوب می‌گردد، در گرفتگی قطره‌چکان‌ها نقش عمده‌ای دارد. بنابراین مقابله با گرفتگی قطره‌چکان‌ها و بهبود عملکرد آبیاری قطره‌ای بخصوص در مناطق خشک و نیمه خشک که منابع آبی محدود است، توجه ویژه‌ای را می‌طلبد. در ایران علی‌رغم تنوع کیفیت منابع آب و منابع کودی، مطالعات زیادی در مورد گرفتگی قطره‌چکان‌های متداول ساخت داخل صورت نگرفته است. لذا این تحقیق با هدف بررسی تأثیر کودهای ازته اوره و آمونیوم نیترات از طریق کودآبیاری قطره‌ای بر گرفتگی چند نوع قطره‌چکان متداول در ایران صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر به منظور بررسی تأثیر کودآبیاری بر گرفتگی چند نوع قطره‌چکان موجود در بازار ایران صورت گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار در آزمایشگاه هیدرولیک گروه آب دانشگاه زابل انجام شد. عامل اول شامل سه تیمار کودآبیاری و عامل دوم شامل سه نوع قطره‌چکان می‌باشد. تیمارهای کودآبیاری شامل تیمار شاهد یا بدون استفاده از کود (F0)، تیمار کود اوره با غلظت ۰/۰۸ گرم در لیتر (F1) و تیمار کود نیترات‌آمونیوم با غلظت ۰/۰۸ گرم در لیتر (F2) می‌باشند. سه نوع قطره‌چکان‌های مورد استفاده شامل قطره‌چکان تنظیم شونده ۱ نازله روی خط (A)، قطره‌چکان تنظیم شونده ۶ نازله داخل خط (B) و قطره‌چکان تنظیم شونده ۸ نازله روی خط (C) می‌باشد. برای هر سه نوع قطره‌چکان فشار اسمی ۲۰- ۱۰ متر و دبی اسمی ۱۰۰-۲ لیتر در ساعت بود. اجزای سیستم در جدول ۱ ارائه شده است.

ساعات کارکرد سیستم ۱۲ ساعت در روز و مدت آزمایش طی سه دوره ۶۰ روزه در نظر گرفته شده است. دبی قطره‌چکان‌ها هر سه روز و در آخرین ساعات کار سیستم در سه لاترال و در سه زمان ۱۰ دقیقه‌ای اندازه‌گیری شد. با استفاده از زمان‌سنج مدت زمان هر آزمایش تعیین و میزان دبی هر قطره‌چکان توسط استوانه‌های مدرج اندازه‌گیری گردید.

برای تهیه غلظت‌های کودی مورد آزمایش از اطلاعات مصرف کود اوره و آمونیوم‌نیترات در مزارع منطقه (چاه نیمه)، طبق گزارش پژوهشکده کشاورزی و داده‌های مزرعه‌ای استفاده گردید. پیاز گیاهی است که نیاز کودی بالایی داشته و رقم تگزاس آن در منطقه سیستان

کشت می‌شود.

جدول ۱- مشخصات اجزای سیستم

Table 1- Characteristics of the system components

اجزا (Components)	اندازه و تعداد (Size and Number)
تعداد لوله فرعی (The number of laterals)	۹ عدد (9 pcs)
قطر لوله فرعی (Lateral diameter)	۱۶ میلی متر (16 mm)
طول لوله فرعی (Length of the lateral)	۳ متر (3 m)
تعداد قطره‌چکان‌ها روی هر لوله فرعی (The number of emitters on each lateral)	۱۸ عدد (18 pcs)
فاصله قطره‌چکان‌ها (Emitters spacing)	۱۵ سانتی‌متر (15 cm)
فاصله لوله فرعی (Lateral spacing)	۲۰ سانتی‌متر (20 cm)
فشار کارکرد سیستم (Operating System Pressure)	۱۰ متر ($10m\ H_2O$)

بر این اساس برای گیاه پیاز مقدار کود اوره و آمونیوم‌نیترات مورد نیاز ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است که مقدار دو سوم در مرحله کاشت و یک سوم آن در مرحله داشت به زمین اضافه می‌گردد. در مرحله کاشت آب مورد نیاز گیاه ۲۵۰ لیتر در متر مربع و در مرحله داشت ۲۲۵۰ لیتر در متر مربع بوده است. محلول کود و آب با غلظت معلوم ۰/۰۸ گرم در لیتر از تانک پلاستیکی (فشار مورد نیاز توسط پمپ تأمین می‌گردید) وارد لوله اصلی و سپس وارد سیستم شد. سطل‌های پلاستیکی با حجم تقریبی دو لیتر در زیر قطره‌چکان‌ها جهت جمع‌آوری آب خروجی قرار گرفت. مخزن پلاستیکی با نایلون ضخیم پوشانده شد تا از تبخیر آب و در نتیجه تغییر غلظت محلول آب و کود هر چند به مقدار ناچیز جلوگیری گردد.

خصوصیات کیفی آب مورد استفاده

در این تحقیق از آب لوله‌کشی شهری برای انجام آزمایشات استفاده شد. برخی خصوصیات کیفی آب مورد استفاده در جدول ۲ ارائه گردیده است.

پیش‌بینی رسوب کربنات‌کلسیم که متداول‌ترین رسوب شیمیایی در آب‌های آبیاری است معمولاً با استفاده از شاخص لانژلیر[1] (*LSI*) به شرح زیر انجام می‌گیرد:

$$LSI=pH_m-pH_c \quad (۱)$$

$$pH_c=p(Ca+Mg+Na+K)+p(Ca+Mg)+p(CO_3+HCO_3) \quad (۲)$$

در معادلات فوق، pH_m اسیدیته آب آبیاری، pH_c اسیدیته محاسبه شده، $p(Ca+Mg+Na+K)$ نمایه کاتیون‌های آب و وابسته به مجموع غلظت کاتیون‌های موجود در آب و $p(Ca+Mg)$ نمایه کلسیم و منیزیم و وابسته به مجموع غلظت کلسیم و منیزیم آب می‌باشد و $p(CO_3+HCO_3)$ نمایه کربنات و بی‌کربنات است و مقدار آن بر اساس مجموع غلظت کربنات و بی‌کربنات موجود در آب بدست می‌آید. برای راحتی کار، جدول تهیه شده توسط ویلکاکس در پیدا کردن این اعداد استفاده می‌شود. برای بکار بردن این معادلات و استفاده از جدول ویلکاکس، تمامی غلظت‌ها باید بر حسب میلی‌اکی والانت در لیتر باشند. مقادیر عددی مثبت *LSI* بیانگر آن است که امکان رسوب کربنات‌کلسیم در آب آبیاری وجود دارد (۱۹).

برای بررسی امکان رسوب سولفات‌کلسیم، از ثابت حاصل ضرب حلالیت که حاصل‌ضرب غلظت یون‌های ناشی از حل شدن می‌باشد، استفاده گردید. مقدار ثابت حاصل ضرب حلالیت برای سولفات‌کلسیم در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، $۲/۴ \times ۱۰^{-۵}$ ($mol^2.L^{-2}$) می‌باشد (۱۴). حال چنان‌چه حاصل ضرب غلظت یون‌های کلسیم و سولفات اندازه‌گیری شده در آب آبیاری مورد استفاده (بر حسب $mol^2.L^{-2}$) از مقدار ثابت حاصل ضرب حلالیت بیشتر باشد، امکان رسوب سولفات‌کلسیم وجود دارد. براین اساس همان‌طوری‌که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، امکان رسوب کربنات کلسیم وجود نداشته و یا اندک است اما امکان رسوب سولفات کلسیم در آب مورد استفاده وجود دارد.

فاکتورهای هیدرولیکی قطره‌چکان

به‌منظور بررسی روند تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها تحت تأثیر کودآبیاری، برای هر یک از تیمارهای مورد مطالعه، دبی هر یک از قطره‌چکان‌ها از طریق تقسیم حجم آب جمع شده در ظروف زیر قطره‌چکان‌ها به زمان تعیین گردید. سپس درصد کاهش دبی (Q_t)، ضریب یکنواختی کریستیانسن (CU)، یکنواختی پخش آب (DU) و ضریب تغییرات دبی (V_m) قطره‌چکان‌ها به‌ترتیب با استفاده از معادلات ۳، ۴، ۵ و ۶ به شرح زیر محاسبه گردید:

$$Q_t = \left(\frac{q_m - q_t}{q_m}\right) \times 100 \quad (۳)$$

$$CU = 100 * \left[1 - \left(\frac{1}{n q_a}\right) \sum_{i=1}^{n} |q_i - q_a|\right] \quad (۴)$$

$$DU = 100 - 1.59(100 - CU) \quad (۵)$$

$$V_m = \frac{S_m}{q_a} \quad (۶)$$

که در آن‌ها، q_i دبی هر قطره‌چکان (لیتر در ساعت)، q_a متوسط دبی قطره‌چکان‌ها (لیتر در ساعت)، S_m انحراف معیار دبی قطره‌چکان‌ها، q_m دبی اولیه، q_t دبی ثانویه و n تعداد مشاهدات می‌باشد.

1- Langelier Saturation Index

جدول ۲- برخی خصوصیات کیفی آب مورد استفاده در تحقیق

Table 2- Some quality parameters of applied water

کاتیون‌ها (meq/L) Cations				آنیون‌ها Anions (meq/L)				EC (dS/m)	pH
Na^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl^-		
0.173	0.0025	1.66	2.6	3.54	0	1.57	4.67	1.215	6.64

جدول ۳- امکان رسوب کربنات‌کلسیم و سولفات‌کلسیم آب مورد استفاده در تحقیق

Table 3- The possibility of precipitation of calcium carbonate and calcium sulfate in applied water

pH_m	pH_C	LSI	SO_4^{2-} (mol/l)*10^{-3}	Ca^{2+} (mol/l)*10^{-3}	$[Ca^{2+}][SO_4^{2-}]$ (mol^2/l^2)*10^{-5}	امکان رسوب Possibility of precipitation	
						کربنات کلسیم Calcium carbonate	سولفات کلسیم Calcium sulfate
6.64	7.68	-1.05	7.68	5.2	3.99	منفی Negative	مثبت Positive

در این تحقیق، نمودارها توسط نرم‌افزار Excel رسم و نتایج به دست آمده توسط برنامه آماری SAS و MSTAT-C مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مقایسه میانگین تیمارها با آزمون حداقل دامنه معنی‌داری دانکن (LSR) در سطح معنی‌داری ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

بررسی اثر کودآبیاری بر گرفتگی قطره‌چکان‌ها با استفاده از آزمون آماری

برای بررسی اثرات کودآبیاری روی گرفتگی قطره‌چکان‌ها، از طریق آزمون آماری به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار، تأثیر سه تیمار کود (F0، F1 و F2) و سه نوع قطره‌چکان (A، B و C) روی کاهش دبی، کاهش ضریب یکنواختی کریستانسن، کاهش یکنواختی پخش و افزایش ضریب تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها بررسی شد. نتایج نشان داد که هر دو عامل کود و نوع قطره‌چکان اثر بسیار معنی‌داری روی کاهش دبی، کاهش یکنواختی پخش، کاهش ضریب کریستانسن و افزایش ضریب تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها داشتند. نتایج تجزیه واریانس ارزیابی اثرات کودآبیاری روی پارامترهای هیدرولیکی قطره‌چکان‌ها در جدول ۴ ارائه شده است. همچنین مقایسه میانگین کاهش دبی و افزایش ضریب تغییرات دبی تحت تأثیر دو عامل کود و قطره‌چکان در سطح معنی‌داری ۵ درصد در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ٤- تجزیه واریانس اثرات کودآبیاری بر کاهش دبی، کاهش یکنواختی پخش، کاهش ضریب کریستانسن و افزایش ضریب تغییرات دبی

Table 4- Analysis of variance results for the effects of fertigation on the discharge, distribution uniformity and Christiansen□s coefficient of uniformity reduction, and discharge' coefficient of variation increase.

منابع تغییر Sources of change	df	کاهش دبی discharge reduction	کاهش یکنواختی پخش Efficiency Distribution uniformity	کاهش ضریب کریستانسن Christiansen's uniformity coefficient	افزایش ضریب تغییرات دبی coefficient of variations of discharge
		میانگین مربعات Mean Squared			
قطره‌چکان (Emitter)	2	245.053**	249.927**	119.278**	865.012**
کود (Fertilizer)	2	536.439**	2304.585**	845.036**	1439.998**
قطره‌چکان×کود (Emitter× Fertilizer)	4	29.813**	5.538**	3.947**	118.817**
خطا (Error)	18	0.211	0.209	0.261	0.349
ضریب تغییرات Coefficient of Variation		1.54	1.209	2.265	1.805

** معنی‌دار بودن اثر پارامترهای اندازه‌گیری شده در سطح احتمال یک درصد

** Significant at 1% probability level

جدول ۵- مقایسه میانگین کاهش دبی و افزایش ضریب تغییرات دبی تحت تأثیر فاکتورهای قطره‌چکان و کود

Table 5- Means comparison of discharge reduction and discharge' coefficient of variation increase under either fertilizer or emitter treatments

تیمار Treatment	کاهش دبی Discharge reduction (%)	افزایش ضریب تغییرات دبی Discharge' coefficient of variations increase (%)	تیمار Treatment	کاهش دبی Discharge reduction (%)	افزایش ضریب تغییرات دبی Discharge' coefficient of variations increase (%)
قطره‌چکان A (Emitter A)	25.94c	27.14b	شاهد (Control)	21.50c	20.51c
قطره‌چکان B (Emitter B)	35.57a	44.07	نیترات‌آمونیوم (Ammonium nitrate)	30.94b	31.98b
قطره‌چکان C Emitter C	28.17b	27.04	اوره Urea	36.80a	45.77a
LSD %5	0.45	0.59	LSD %5	0.45	0.59

اعداد دارای حروف لاتین یکسان در هر ستون، فاقد اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد می‌باشند.

Numbers with the same letters in each column are not significantly different according to duncan's multiple range test at 5% level.

همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، سه نوع قطره‌چکان استفاده شده از نظر میانگین کاهش دبی اختلاف بسیار معنی‌داری ($p <$ ۰/۰۵) با یکدیگر دارند. از طرفی قطره‌چکان A با قطره‌چکان B و قطره‌چکان B با قطره‌چکان C از نظر افزایش ضریب تغییرات دبی دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد بودند. هرچند دو قطره‌چکان A و C دارای میانگین افزایش ضریب تغییرات دبی مشابهی بودند. همچنین جدول ۵ نشان می‌دهد درصد کاهش دبی و افزایش ضریب تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها در تیمارهای F1 و F2 نسبت به تیمار F0 (شاهد) بیشتر است و این اختلافات از نظر آماری ($p \leq$ ۰/۰۵) بسیار معنی‌دار است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که کودآبیاری گرفتگی شیمیایی در قطره‌چکان‌ها را تشدید کرده و باعث کاهش دبی و افزایش ضریب تغییرات دبی بیشتری شده است. علت آن این است که کود اوره و نیترات‌آمونیوم در آب هیدرولیز گشته و به نیترات تبدیل می‌شوند، نیترات تولید شده بوسیله جلبک‌ها و سایر میکرواورگانیسم‌ها به‌عنوان ماده غذایی اصلی مصرف شده و موجب رشد، تولید مثل و تکثیر آن‌ها می‌گردد. جلبک‌ها و سایر میکرواورگانیسم‌ها از خود لجن برجای می‌گذارند که باعث گرفتگی دهانه قطره‌چکان‌ها می‌شود. از طرفی همان‌طوری‌که در جدول ۵ مشاهده می‌گردد کود اوره نسبت به کود نیترات‌آمونیوم تأثیر بیشتری در گرفتگی قطره‌چکان‌ها داشته است؛ در این‌باره می‌توان گفت به‌دلیل تفاوت ذاتی کودها و تغییر فرایند تبدیل کود اوره و نیترات‌آمونیوم به نیترات، میزان نیترات تولید شده از کود اوره در آب در مقایسه با کود نیترات‌آمونیوم باعث گرفتگی بیشتر می‌شود. کود موجب افزایش و ترغیب گرفتگی شیمیایی (مربوط به کیفیت آب) شده و باکتری‌های موجود در داخل سیستم در طی فرآیند رشد خود از رسوب آهن یا سولفور تغذیه نموده و تبدیل به لجن‌های چسبناکی می‌شوند. جداول ۴ و ۵ نشان می‌دهند که میزان گرفتگی در قطره‌چکان‌های B (داخل خط) نسبت به قطره‌چکان‌های A و C (روی خط) بیشتر است. قطر مجرای عبور آب و سرعت جریان، دو معیار مربوط به حساسیت قطره‌چکان‌ها به گرفتگی است که در موقع انتخاب قطره‌چکان بسیار با اهمیت می‌باشد. تحقیقات اخیر نشان داده است که سرعت جریان آب به اندازه قطر مجرا اهمیت دارد. قطره‌چکان‌های A و C هر دو روی خط هستند اما A دارای یک روزنه و C دارای ۸ روزنه می‌باشد. دبی خروجی از هر دو قطره‌چکان برابر است پس در قطره‌چکان A این مقدار دبی از یک روزنه و قطره‌چکان C از ۸ روزنه خارج می‌شود. بنابراین خروجی قطره‌چکان A بزرگ‌تر از قطره‌چکان C است و در نتیجه امکان گرفتگی آن کمتر می‌باشد. میزان افت مربوط به اتصال در قطره‌چکان‌های A و C، به‌دلیل زائده کوچک کم بوده و افت کمتر از قطره‌چکان B داخل خط است. افت در قطره‌چکان B هم بدلیل اتصال و هم نحوه حرکت آب درون قطره‌چکان بیشتر است. عوامل موثر کودآبیاری بر گرفتگی نیز، باعث تحریک گرفتگی بیشتر قطره‌چکان‌ها می‌شود. بنابراین می‌توان گفت که گرفتگی قطره‌چکان‌ها به نوع قطره‌چکان‌ها نیز بستگی دارد.

با بررسی اثرات متقابل کاهش دبی تحت تأثیر فاکتور قطره‌چکان و کود (جدول ۶) کمترین میزان گرفتگی مربوط به قطره‌چکان A و تیمار کودی F0 با درصد کاهش دبی ۱۸/۳۴ و بیشترین میزان گرفتگی مربوط به قطره‌چکان B و تیمار کودی F2 با درصد کاهش دبی ۴۴/۰۴ می‌باشد.

نتایج به‌دست آمده از این تحقیق با نتایج بختیاری‌فر و عابدی‌کوپایی (۵) و ابراهیمی و همکاران (۱۲) مطابقت دارد. بازکارت و ازکیسی (۶) با بررسی اثر سه نوع تیمار کود بر قطره‌چکان‌های داخل خط نتیجه گرفتند که گرفتگی قطره‌چکان‌ها به نوع قطره‌چکان‌ها وابسته است.

جدول ٦- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای کودی × قطره‌چکان

Table 6- Means comparison of interaction between emitter × fertilizer treatments

	A-F0	A-F_1	A-F2	B-F0	B-F1	B-F2	C-F0	C-F1	C-F2
درصد کاهش دبی (Percent of discharge reduction)	18.34h	24.20f	33.94c	23.96f	38.71b	44.04a	22.20g	29.91e	32.42d

اعداد دارای حروف لاتین یکسان، فاقد اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد می‌باشند.

Numbers with the same letters are not significantly different, according to duncan's multiple range test at 5% level.

نوع کود اثر معنی‌داری بر گرفتگی قطره‌چکان‌ها داشت. کودهایی که هم شامل کلسیم و هم شامل سولفات بودند نسبت به بقیه تأثیر بیشتری روی گرفتگی قطره‌چکان‌ها گذاشته و باعث عملکرد ضعیف‌تر سیستم نسبت به سایر کودها شدند. در تأیید نتایج حاصل از این پژوهش، هایجون و گان‌ها (۱۷) نیز گزارش کردند که کاهش دبی، ضریب تغییرات دبی، یکنواختی پخش، ضریب یکنواختی کریستیانسن و درصد گرفتگی قطره‌چکان‌ها تحت تأثیر کیفیت آب مورد استفاده جهت آبیاری، نوع قطره‌چکان و زمان کارکرد سیستم قرار دارند. همچنین گنجی (۱۵) و انصاری‌سامانی و برومندنسب (۴) بیان کردند کودآبیاری اثر بسیار معنی‌داری روی درصد کاهش دبی و ضریب تغییرات دبی می‌گذارد.

نتایج حاصل از بررسی گرفتگی قطره‌چکان‌ها

نتایج تأثیر تیمارهای مختلف کودآبیاری با توجه به جدول ۷ نشان می‌دهد که در انتهای آزمایش دبی کاهش یافته و درصد کاهش دبی به طور تدریجی افزایش می‌یابد. همچنین مشاهده می‌گردد که با تغییر کیفیت کودآبیاری درصد کاهش دبی برای هر سه نوع قطره‌چکان افزایش می‌یابد. طاهرپور کلانتری (۲۶) به این نتیجه رسیدند که شدت گرفتگی خروجی‌ها با مدت استفاده از آن‌ها نیز رابطه مستقیم دارد. نتایج گنجی (۱۵) نشان داد با گذشت زمان و افزایش غلظت کود آبیاری (شاهد، اوره ۰/۰۵ گرم بر لیتر و اوره ۰/۰۸ گرم بر لیتر) میزان گرفتگی قطره چکان‌ها افزایش می‌یابد. انصاری‌سامانی و برومندنسب (۴) نیز بیان نمودند افزایش غلظت کودآبیاری (شاهد، آمونیوم فسفات پنج گرم در لیتر و آمونیوم فسفات هشت گرم در لیتر) باعث افزایش گرفتگی قطره‌چکان‌ها شده و اثر قابل توجهی بر تغییرات دبی داشته است. همچنین نتایج به‌دست آمده از این تحقیق با نتایج حسن‌لی (۱۶)، بختیاری‌فر و عابدی‌کوپایی (۵) و رووان و همکاران (۲۴) مطابقت دارد.

مقادیر ضریب یکنواختی کریستیانسن، یکنواختی پخش و ضریب تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها برای هر سه تیمار کودآبیاری و هر سه نوع قطره‌چکان محاسبه گردید که نتایج حاصله در شکل‌های ۱، ۲ و ۳ ارائه شده است. با توجه به این شکل‌ها می‌توان گفت که ضریب یکنواختی کریستیانسن، یکنواختی پخش و ضریب تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها تحت تأثیر دو فاکتور کیفیت آب آبیاری و نوع قطره‌چکان قرار دارد.

جدول ۷- مقادیر درصد کاهش دبی، یکنواختی پخش، ضریب کریستیانسن و درصد افزایش ضریب تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها برای تیمارهای کودآبیاری در انتهای آزمایش

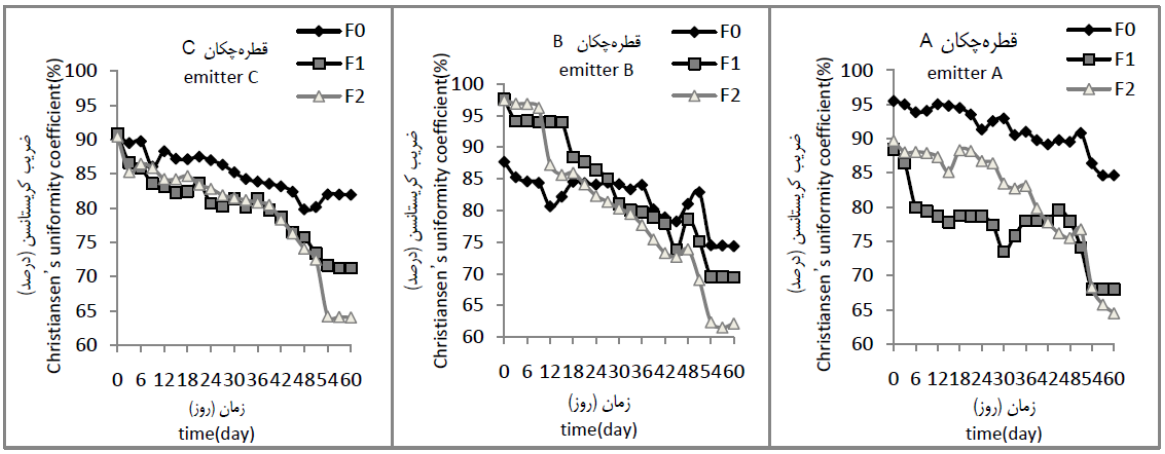
Table 7- The reduction percentages of discharge, distribution uniformity and Christiansen's coefficient of uniformity and increase percentage of discharge coefficient of variation for fertigation treatments at the end of the experiment

تیمار کود آبیاری Fertigation treatment	نوع قطره‌چکان Type of emitter	درصد کاهش دبی Discharge reduction (%)	درصد کاهش یکنواختی پخش Reduction of distribution uniformity (%)	درصدکاهش ضریب یکنواختی کریستیانسن Reduction of Christiansen's coefficient of uniformity (%)	درصد افزایش ضریب تغییرات دبی Increase of discharge coefficient of variation (%)
F0	A	18.34	18.59	11.37	19.90
	B	23.96	26.41	15.23	24.60
	C	22.20	16.31	9.64	17.03
F1	A	24.20	39.85	23.13	20.46
	B	38.71	46.50	28.82	48.71
	C	29.91	36.46	21.57	26.78
F2	A	33.94	47.93	28.10	41.08
	B	44.04	58.54	36.25	58.92
	C	32.42	49.45	29.16	37.32

بدین معنی که با تغییر کیفیت کودآبیاری و با گذشت زمان ضریب یکنواختی کریستیانسن و یکنواختی پخش قطره‌چکان‌ها کاهش و ضریب تغییرات دبی افزایش می‌یابد. در طی کودآبیاری کود بکار برده شده موجب افزایش و ترغیب گرفتگی شیمیایی (مربوط به کیفیت آب) شده و باکتری‌های موجود در داخل سیستم در طی فرآیند رشد خود از رسوب آهن یا سولفور تغذیه نموده و به لجن‌های چسبناکی تبدیل می‌شوند. با گذشت زمان این فرایند گسترش یافته و با تجمع درون سیستم و قطره‌چکان‌ها باعث افزایش گرفتگی می‌گردند. در پی گرفتگی قطره‌چکان‌ها در نتیجه کم آبیاری و عدم یکنواختی پخش بوجود می‌آید. در نتیجه همانطور که در شکل‌های ۱ و ۲ دیده می‌شود شیب عمومی نمودارها نزولی شده؛ ضریب یکنواختی کریستیانسن و یکنواختی پخش کاهش پیدا کرده و در شکل ۳، شیب عمومی نمودارها عمدتاً صعودی و ضریب تغییرات دبی در حال افزایش می‌باشد. همچنین به ترتیب شیب خطوط مربوط به تیمارهای F0، F1، F2 افزایش می‌یابد که بیانگر این است که تغییرات پارامترهای هیدرولیکی محاسبه شده در آن‌ها بیشتر می‌باشد. زیرا همانطور که در بالا گفته شد F2 بیشترین تأثیر منفی را بر گرفتگی می‌گذارد و بعد از آن F1 موجب تشدید گرفتگی می‌شود.

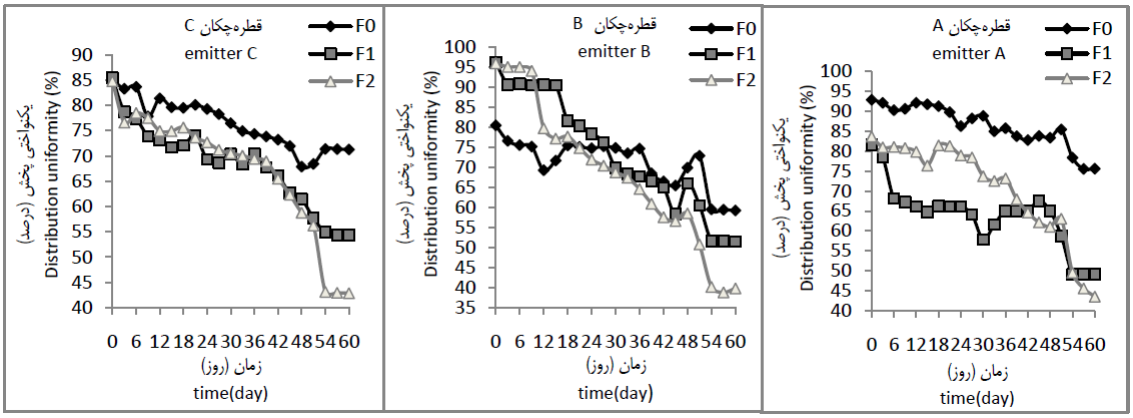
نتیجه به‌دست آمده در مورد ضریب یکنواختی کریستیانسن با نتایج معیدی‌نیا (۱۹)، فرزام‌نیا و حقایقی‌مقدم (۱۴)، نادری (۲۲)، گنجی (۱۵) و انصاری‌سامانی و برومندنسب (۴) سازگار می‌باشد.

نتیجه به‌دست آمده در مورد یکنواختی پخش با نتایج حسن‌لی (۱۶)، نادری (۲۲)، گنجی (۱۵)، بازکارت و ازکیسی (۶) و انصاری‌سامانی و برومندنسب (۴) سازگار می‌باشد.



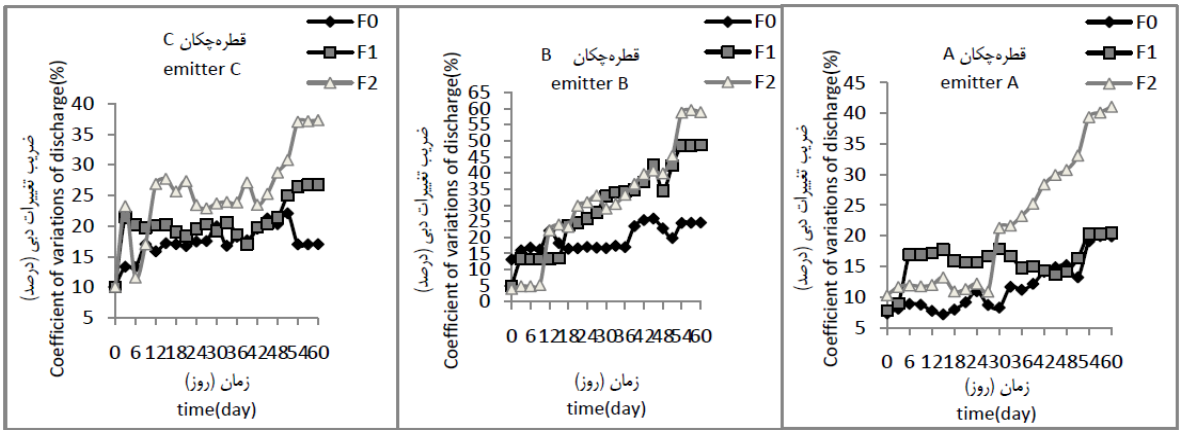
شکل ۱- تأثیر غلظت‌های مختلف کودآبیاری بر ضریب یکنواختی کریستیانسن قطره‌چکان‌های A ، B و C

Figure 1- The effect of different fertilizer treatments on Christiansen□s coefficient of uniformity for emitters A, B and C



شکل ۲- تأثیر غلظت‌های مختلف کود بر یکنواختی پخش قطره چکان های A، B و C

Figure 2- The effect of different fertilizer treatments on distribution uniformity for emitters A, B and C



شکل ۳- تأثیر غلظت‌های مختلف کودآبیاری بر ضریب تغییرات دبی قطره‌چکان‌های A ، B و C

Figure 3-The effect of different fertigation treatments on discharge ‘coefficient of variation for emitters A, B and C

نتیجه به‌دست آمده در مورد ضریب تغییرات دبی با نتایج اکبری و کوچک‌زاده (۱)، فرزام‌نیا و حقایقی‌مقدم (۱۴)، معیدی‌نیا (۱۹)، گنجی (۱۵) و انصاری‌سامانی و برومندنسب (۴) مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصله از این تحقیق نشان داد که درنتیجه گرفتگی قطره‌چکان‌ها علاوه بر دبی قطره‌چکان‌ها، راندمان یکنواختی پخش، ضریب یکنواختی کریستیانسن و ضریب تغییرات دبی نیز بطور قابل ملاحظه‌ای تحت تأثیر قرار گرفت. تیمار کودآبیاری و تیمار قطره‌چکان اثر بسیار معنی‌داری روی پارامترهای هیدرولیکی قطره‌چکان‌ها داشتند. کمترین میزان گرفتگی مربوط به قطره‌چکان A و تیمار کودی F0 با درصد کاهش دبی ۱۸/۳۴ و بیشترین میزان گرفتگی مربوط به قطره‌چکان B و تیمار کودی F2 با درصد کاهش دبی ۴۴/۰۴ می‌شود. به‌طور کلی می‌توان گفت تأثیر کودآبیاری روی دبی قطره چکان‌ها بستگی به تیمارهای کودی (نوع کود، غلظت کود و ...)، خصوصیات آب و نوع قطره‌چکان دارد و در قطره‌چکان‌های مختلف این تأثیر متفاوت است. از آنجا که مشکلات مرتبط به گرفتگی پذیرش و استقبال زارعین را از این‌گونه سیستم‌ها کاهش می‌دهد و سبب رو آوردن مجدد زارعین به سیستم‌های آبیاری سطحی می‌شود که این تغییر سیستم خود باعث افزایش مصرف و تلفات آب می‌گردد؛ از این رو لازم است تا در طراحی این سیستم‌ها این موضوع در نظر گرفته شود. تنها شرایط خاک و فعل و انفعالات مربوط به کودها در خاک و انتقال فعال و غیر فعال، اوریاز و سمی شدن مورد توجه قرار نگیرد بلکه تأثیر آن‌ها در سیستم آبیاری نیز دارای اهمیت باشد. نتایج تحقیق بیانگر این نکته است که کیفیت آب مورد استفاده خود گرفتگی ناشی از استعمال کودها را تشدید می‌کند، بنابراین باید با دقت هر چه تمام‌تر هرچند مدت یکبار خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب آبیاری اندازه‌گیری شده و بر اساس آن مدیریت‌های لازم اتخاذ شود و تمهیداتی اندیشه شود. از جمله این تمهیدات می‌توان استفاده از تزریق کلر یا اسید به آب، اکسیدهای آهن و منگنز، تزریق مداوم فسفات و تهویه آب در مخزن و خیلی موارد دیگر اشاره نمود که در نهایت منجر به افزایش عملکرد و کارائی مصرف آب خواهد شد. همچنین یکی از عواملی که باعث گرفتگی قطره‌چکان‌ها می‌شود، استفاده از کودهای ازته است که گرفتی بیولوژیکی را در بر دارد و بایستی در هنگام استفاده از این نوع کودها به نوع قطره‌چکان مورد استفاده دقت کرد. در پایان پیشنهاد می‌گردد که در مطالعات آتی تأثیر همزمان کودآبیاری و فشار، تأثیر همزمان کودآبیاری و کیفیت‌های مختلف آب، تأثیر کودآبیاری با به‌کارگیری مخلوط کودهای مختلف، تأثیر همزمان کودآبیاری و دما، تأثیر کلر زنی و کاربرد اسید بر بهبود گرفتگی مورد بررسی قرار گیرد.

منابع

1- Akbari M., and Kouchakzadeh M. 2000. A glance to pressurized irrigation systems in Isfahan province. Tenth Conference of the National Committee of Irrigation Drainage, Iran. 16: 11 p. (in Persian with English abstract)

2- Al-Azab T., and Abu Sirhan A. 2006. Drip irrigation system for steep slop land. Journal of Agriculture and Environment, 4(1): 301-303.

3- Alizadeh A. 2009. The principles and operation of Trickle irrigation .Astane Ghods Razavi Press. 493 p.

4- Ansari Samani F., and Boroomand Nasab S. 2012. Effect of Fertigation on Clogging of Three Types of Emitters in Iran. Nature and Science, 10(10): 21-25.

5- Bakhtiarifar A., and Abedikoupayi J. 2004. Investigated the impact of wastewater on hydraulic properties of emitters

Types in trickle Irrigation systems. Journal of Agricultural Science and Natural Resources. 3. (in Persian)
6- Bozkurt S., and Ozekici B. 2006. The effects of fertigation managements on clogging of in-line emitters. J. A pplid Sciences, 6(15): 3026-3034.
7- Boman B.J. 1989. Emitter and spaghetti tubing effects on micosprinlkler flow uniformiy. ASAE 32(1): 168-172.
8- Bralts V.F., and Kesner C.D. 1983. Drip irrigation field uniformity estimation. Trans. ASAE 26(2): 1369-1374.
9- Bralts V.F., Wu I.P., and Gitlin H.M. 1981a. Manufacturing variation and drip irrigation uniformity. Tranc. ASAE 24(1):113-119.
10- Chenini F., Xanthoulis D., Rejeb S., Molle B., and Zayani K. 2001. Impact of using reclaimed wastewaters on trickle and furrow irrigated potatoes. Proc. of ICID International Workshop on Wastewater Reuse Management,174-186.
11- Dehghanisanij H., Yamatmoto 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. Trans of the ASAE, 48(2): 519-527.
12- Ebrahimi H., Golkarhamzee H., Tavasoli F., and Nazarjani M. 2012. Evaluation of Emitter Clogging in Trickle Irrigation with Wastewater. Journal of Basic and Applied Scientific Research, 2 (5): 5288-5291.
13- El-Gindy A.M., Tayel M.Y., El-Bagoury K.F., and Sabreen KH.A. 2009. Effect of injector types, irrigation and nitrogen treatments on emitters clogging. Misr Journal of Agricultural Engineering, 26(3): 1263- 1276.
14- Farzam niya M., and Haghayeghi Moghadam S. 2002. Evaluation of the effect of salt water on clogging of emitters that are used in iran. Journal of Irrigation Science and Engineering, 32: 15-25. (in Persian with English abstract)
15- Ganji F. 2011. The effects of fertigation on clogging of emitters in the drip irrigation systems. Master's thesis, irrigation and drainage. College of Water Sciences Engineering, university of Shahid Chamran, Ahvaz. (in Persian with English abstract)
16- Hasanli A. 2000. Emitters clogging in trickle irrigation and its ways of reduction. , Journal of Agriculture Science, 10(3): 49-59. (in Persian)
17- Haijun L., and Guanhua H. 2008. Laboratory experiment on drip emitter clogging with fresh water and treated sewage effluent. Agricultural Water Management. Pages, 745- 756.
18- Hills D.J., Nawar F.M., and Walar M.P. 1989. Effects of chemical clogging on drip-tape irrigation uniformity. Trans. ASAE, 32(4):1202-1206.
19- Moayyedi Nia A.H. 1998. The effect of different chemical components of irrigation water on emitter clogging in trickle Irrigation. Master's thesis. Isfahan University of Technology. (in Persian with English abstract).
20- Mostafazade B., and Moayyedi Nia A.H. 2000. The effect of different chemical components of irrigation water on emitter clogging in trickle Irrigation. Iranian Journal of Agriculture Science, 31(3): 497-511. (in Persian with English abstract)
21- Muharrem Y.Y., Kursad D., Okan E., Erdem B., and Merve D. 2010. Emitter clogging and effects on drip irrigation system performances. African journal of Agricultural Research, 5(7): 532-538.
22- Naderi N. 2008. Evaluation of the performance of emitter in front of water different quality in trickle Irrigation. Second National Conference on Irrigation and Drainage Networks. (in Persian).
23- Parachomchuk P. 1976. Temperature effects on emitter discharge rates. Trans. ASAE, 19(4):690-692.
24- Rowan M., Mancl K., and Tuovinen O.H. 2004. Clogging incidence of drip irrigation emitters distributing effluents of differing levels of treatment. Pp. March 2004 (sacramento, California USA), ASAE Publication Number 701P0104, ed. K. R. Mankin.
25- Solamon K.H. 1979. Manufacturing variation of trickle emitters. Trans. ASAE 22(5): 1034-1037.
26- Taherpour Kalantari M. 1997. The evaluation of the causes of clogging of emitter in drip irrigation and its relation to water quality in Jahrom and Rafsanjan. Master's thesis, Tarbiat Modarres University, Faculty of Agriculture, Department of Irrigation and Reclamation. (in Persian with English abstract)
27- Trooien T.P., Lamm F.R., Stone L.R., Alam M.,Clark G.A., Rogers D.H., and schlegel A.J. 2000. Subsurface drip irrigation using livestoke wastewater: Dripline flow rates. Applied Engineering in Agriculture, 16(5): 505-508.

Journal of Water and Soil
Vol. 29, No. 2, May.-Jun. 2015, p. 263-273

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۹، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۴، ص. ۲۷۳-۲۶۳

The Influence of Fertigation on Clogging of Some Emitters in Drip Irrigation

Sh. Gharcheh[1*]- M. Delbari[2]- F. Ganji[3]

Received: 28-07-2013
Accepted: 15-03-2015

Introduction: An appropriate water resources management and planning is necessary due to the scarcity of water resources and rapidly growing world population. In this regard, selecting appropriate methods for irrigation is one of the most important issues. Drip irrigation is a recent advanced irrigation method in which fertilizers can be efficiently applied along with irrigation water. Drip fertigation, however, can potentially cause clogging of emitters. Various factors such as clogging increase manufactures' coefficient of variation and water temperature and pressure changes could alter emitter discharge and water distribution uniformity. The aim of this study is to evaluate the effect of fertigation on clogging of emitters and the performance of drip irrigation systems.

Materials and Methods: This study was performed as a laboratory experiment at the University of Zabol. The experiment was done in the form of factorial in a completely randomized design with three replications in the hydraulics laboratory, the University of Zabol. The first factor was fertilizer type including: F0 (control), F1 (ammonium nitrate) and F2 (urea) and the second factor was the emitter types including one-nozzle on line (A), six-nozzles in line (B) and eight-nozzles on line (C). The tap water was used for irrigation. The system included 9 laterals, 3 m each with 18 emitters on each lateral. Fertilizer solution with known concentrations of 0.08 grams per liter was entered into the system from a plastic tank. Fertilizer tank was covered to avoid water evaporation even in a small amount. The experiment lasted for 60 days with 12 operating hours per day. The emitter discharge was measured every three days at the end of day. In order to evaluate the degree of emitter clogging, the percentages of discharge reduction (Qt), Christiansen's coefficient of uniformity (CU), distribution uniformity (DU) and discharge coefficient of variations (Vm) were calculated as follows:

$$Q_t = \left(\frac{q_m - q_t}{q_m}\right) \times 100 \quad (1)$$

$$CU = 100 * \left[1 - \left(\frac{1}{n q_a}\right) \sum_{i=1}^{n} |q_i - q_a|\right] \quad (2)$$

$$DU = 100 - 1.59(100 - CU) \quad (3)$$

$$V_m = \frac{S_m}{q_a} \quad (4)$$

where q_a, q_m and q_t are the average, primary and secondary emitter discharges (L/hrs), respectively, q_i is the individual emitter discharge (L/hrs), S_m is the standard deviation of discharge (L/hrs) and n is the number of measurements.

Results and Discussion: The results indicated that both fertilizer and emitter type have significant effect on reduction of emitter discharge and distribution uniformity as well as on increase of emitter coefficient of variation. The Duncan test for comparing means showed that the A type emitters had the highest clogging while the B type emitters had the lowest clogging. The percentages of discharge reduction for emitters A, B and C were about 18, 24 and 22, respectively, for treatment F0 (control); 24, 39 and 30 for treatment F1; and 34, 44 and 32 for treatment F2. The results indicated that the emitter clogging increases with altering fertilizer from F0 to F2. F2 (urea fertilizer) had the worse effect on emitter clogging than F1 (ammonium nitrate fertilizer) which could be due to more nitrate produced by urea fertilizer. Also, the results showed that the emitter clogging and discharge coefficient of variation are increased by increasing the elapsed time. Urea and ammonium nitrate fertilizers are hydrolyzed in water and partly converted to nitrate, which is consumed by algae and other microorganisms causing slime accumulation. Bacterial slimes can be a direct cause of clogging for emitters.

Conclusion: According to the results, both fertilizer and emitter types may significantly change the hydraulic properties of emitters. The smallest clogging belonged to emitter of type A when fertilizer F0 was applied as it results in discharge reduction of 18.44%. The largest clogging belonged to emitter of type B when fertilizer F2

1, 2, 3- MSc Student, Assistant Professor, Lecture Irrigation and Drainage, Department of Soil and Water, University of Zabol, Respectively
(*-Coressponding Author Email: sh.gharcheh@gmail.com)

was applied (discharge reduction was about 44%). In general, it could be said that fertigation may influence emitter discharge depending on fertilizer treatments (e.g. fertilizer type and concentration), water properties and emitter type. The clogging problems must be attended more specifically as it may reduce farmers' willingness for drip irrigation implementation and makes them do surface irrigation which may result in more water losses. This study showed that the quality of water used in drip fertigation increases the clogging made by fertilizer application. So, the quality of irrigation water should be investigated every few days. The use of nitrogen fertilizer may cause biological clogging of emitters, so when such fertilizer are used, the type of emitter should be considered.

Keywords: Clogging, Discharge coefficient of variation, Distribution uniformity, Drip fertigation, Emitter