آبیاری قطره‌ای با پساب برکه‌های تثبیت فاضلاب و حل مشکل گرفتگی قطره چکان*

ترجمه :

بهمن یارقلی* هانی هانی**

چکیده

برای بررسی علت گرفتگی قطره‌چکان‌هایی که طی استفاده از پساب برکه‌های تثبیت در آبیاری قطره‌ای محصولات مشاهده شده بود، یک طرح آبیاری در مقیاس پایلوت، در جنوب غربی پرتقال اجراء شد. در طول عملیات صحرایی در دوره‌ای بالغ بر دو فصل رشد، خصوصیات کاربری پنج نوع قطره چکان بررسی شد. میزان حساسیت آنها نسبت به گرفتگی مقایسه گردید و ماهیت ذرات عامل گرفتگی بررسی گردید. این قطره چکان‌ها به طور موفقیت‌آمیزی در یک مسیر طولانی آب، باعث کاهش میزان جریان در حد مورد نیاز شدند. مشخصات کاربری قطره چکان‌های با عملکرد مؤثر در این مقاله آورده شده است. ملاحظه شد، انسداد قطره چکان‌ها حاصل انباشتگی و بدام افتادن ذرات ماسه در مسیر قطره چکان بود و مواد آلی شامل جلبک‌های برکه‌ای در این فرایند نقش ثانویه داشته و نوع قطره چکان در مقایسه با کیفیت آب نقش مهمتری در ایجاد گرفتگی دارند. همچنین معلوم گردید، جلبک‌های ریز برکه‌های تثبیت فاضلاب به تنهایی خطر جدی برای گرفتگی تجهیزات آبیاری قطره‌ای محسوب نشده و پساب‌های خروجی از برکه‌های تثبیت فاضلاب را می‌توان با اطمینان جهت آبیاری قطره‌ای استفاده نمود، مشروط بر این که تدابیری جهت پیشگیری از آلودگی‌های لوله‌های فرعی شبکه به ذرات خاک و ماسه در نظر گرفته شود. پیشنهاداتی جهت پیشگیری از گرفتگی قطره چکان‌ها در طرح‌های آینده ارائه می‌گردد.

کلمات کلیدی : جلبک، گرفتگی، میزان جریان، قطره چکان، جریان، یکنواختی

مقدمه

با افزایش جمعیت جهان، تعداد کشورهایی که به آب کمتر از نیاز دسترسی دارند افزایش می‌یابد. به منظور حفاظت منابع ارزشمند آب‌های سطحی و زیرزمینی باید در جهت کاهش نیازها به منابع آب شرب تلاش کرد. از آنجایی که سه چهارم مصارف آبی جهان، شامل بخش کشاورزی است، تغییر روش‌های آبیاری می‌تواند نقش مهمی در پایین آوردن مصارف آب داشته باشد.

طی روش‌های آبیاری سنتی دو سوم آب مصرفی هدر می‌رفت، آبیاری قطره‌ای یک راه حل مهم کاهش آب مورد نیاز در طرح‌های آبیاری می‌باشد. استفاده از روش آبیاری قطره‌ای باعث افزایش میزان صرفه‌جویی آب از ۳۰درصد در آبیاری بارانی به ۵۰ درصد در آبیای قطره‌ای می‌گردد[۱].[1] این روش با وجودداشتن هزینه اولیه بالا، راهبری ساده و کم هزینه‌ای داشته و از مزایای مهم آن انعطاف‌پذیری در راهبری و مقررات انتقال آب می‌باشد.

[1] Hauseu et.al (1979) Hansen et. Al (1979)

*عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

** کارشناس آبیاری

راه دیگر مدیریت بهتر در تجدید منابع آب، استفاده مجدد از آن می‌باشد. استفاده مجدد از فاضلاب‌ها می‌تواند به عنوان گزینه‌ای مناسب باعث کاهش نیاز به منابع آب شرب گردد [۲].[1] در مناطقی که بدون استفاده مستقیم به وسیله رودخانه‌ها به بیرون از منطقه دفع شده و یا به طرق مختلف به جو منتقل می‌گردیدند، آبیاری با پساب‌های تصفیه شده، باعث افزایش منابع آب در دسترسی در این مناطق می‌گردد. صرف هزینه برای استفاده مجدد از فاضلاب در راستای افزایش منابع آب در نهایت منجر به کاهش هزینه جامعه می‌گردد [۳].[2]

ترکیبی از روش آبیاری قطره‌ای با استفاده مجدد از فاضلاب باعث تأمین آب با راندمان بهتر و مؤثرتر برای محصولات می‌گردد. ولی این روش خالی از اشکال نمی‌باشد، به طوری که میزان بالای ذرات معلق و محلول در پساب در مقایسه با آب‌های شرب، عامل افزایش میزان گرفتگی در شبکه‌های آبیاری می‌باشد. آبیاری قطره‌ای با توجه به مسیر باریک و طولانی جریان آب از میان قطره چکان به منظور کاهش و تنظیم جریان آب برای گیاه، حساسیت خاصی به گرفتگی مسیر و کاهش میزان جریان دارد [٤].[3]

عوامل اصلی گرفتگی قطره چکان‌ها را می‌توان به سه گروه عمده فیزیکی (ذرات معلق) – شیمیایی (ته‌نشینی و رسوب) – بیولوژیکی (باکتری و جلبک) تقسیم‌بندی نمود. با این وجود در گرفتگی قطره چکان‌ها به ندرت عامل فیزیکی یا شیمیایی و بیولوژیکی به تنهایی عامل گرفتگی می‌باشند. معمولاً" گرفتگی حاصل مشارکت دو یا چند عامل به صورت توأم می‌باشد[۵].[4]

در بسیاری از مناطق خشک و نیمه خشک کشورهای در حال توسعه سیستم تصفیه فاضلاب مناسب، برکه‌های تثبیت می‌باشد (wsp). این سیستم تصفیه ارزان قیمت بوده و در بیشتر موارد تنها منبع انرژی مورد نیاز آن نور خورشید می‌باشد، این سیستم باعث کاهش عوامل بیماری‌زا به حدی است که استانداردهای توصیه شده سازمان بهداشت جهانی برای آبیاری نامحدود را برآورد می‌کند. با توجه به کاربری موفقیت‌آمیز برکه‌های تثبیت در کشورهای با آب و هوای گرم، که با کمبود آب آبیاری مواجه هستند، استفاده از پساب برکه‌های تثبیت فاضلاب در آبیاری قطره‌ای با حل شده برکه‌های اختیاری بودند.

مواد و روش‌ها

یک سیستم آبیاری تحقیقی در مقیاس کوچک برای استفاده از پساب خروجی از سیستم تصفیه فیلترهای چکنده در اورو پرتقال و یک شبکه آبیاری قطره‌ای در مقیاس پایلوت جهت استفاده از پساب خروجی یک برکه تثبیت دو مرحله‌ای در منطقه حفاظت شده سانتوآندره در ساحل غربی پرتقال ایجاد شد.

مجموعه برکه‌های تثبیت فاضلاب (wsp) شامل دو برکه متصل به هم به صورت سری بود، برکه اول دارای مساحتی برابر ۱۰۷۰۰ مترمربع، عمق ۳ متر و زمان ماند تئوریکی ٤٦ روز بود. این برکه با توجه به ارجحیت برکه‌های هوادهی نسبت به برکه‌های تثبیت معمولی طراحی شده بود. برکه به وسیله ٤ هواده شناور مکانیکی هوادهی می‌شد، جهت کاهش هزینه انرژی، هواده‌ها فقط در طی دوره شبانه‌روز ، به مدت ۲ تا ٤ ساعت در شب به کار گرفته می‌شدند. برکه دوم به صورت یک برکه اختیاری (هوازی – بی‌هوازی) عمل می‌کرد و دارای سطحی معادل ۲٤۰۰۰ مترمربع، عمقی برابر ۱/۸ متر و زمان ماند تئوریکی معادل ٦۲ روز بوده که نهایتا" زمان ماند کل سیستم برابر ۱۰۸ روز می‌گردید.

در زمین‌های مجاور برکه‌های تثبیت، یک سیستم آبیاری قطره‌ای طراحی و اجرا شد. پساب از یک انبار ذخیره کوچک به محل آبیاری هدایت شده و مازاد آن شبانه در مسافتی حدود ۵۰۰ متر برای تغذیه آب‌های زیرزمینی پمپ می‌شد.

پمپ آبیاری، مانومترها و تجهیزات فیلتراسیون در یک موتورخانه نصب شده بود. ورودی پمپ آبیاری در عمق متوسط نیم متری شناور بوده و به وسیله یک شبکه توری نایلونی با منافذ بزرگ از ورود ذرات معلق بزرگ محافظت می‌شد. خروجی به وسیله یک صافی با ۱۲۰ منفذ (سایز منافذ ۸۰μm) از جنس نایلون پوشیده بود که بعد از هر دوره آبیاری روزانه تمیز می‌گردید. خط

[1] Papedo Poulos (1992)
[2] Bargess (1981)
[3] Buck et.al (1979) Burges (1981)
[4] Nakayam et.al (1978)

اصلی آب از موتورخانه تغذیه می‌شد. طرح تحقیقی هر صبح در یک دوره یک ساعته با فشار آب ۱/۵ کیلوگرم در مترمربع برای کل ۷۰ روز، در طول اولین فصل رشد و به مدت ۹۰ روز در طول دومین فصل رشد، آبیاری می‌شد. در طی دومین فصل، دبی قطره چکان‌ها بعد از ۵۰، ۷۰ و ۹۰ ساعت، کار اندازه‌گیری می‌شد.

سه شبکه آبیاری یکسان که هر کدام از منبع آب جداگانه‌ای تغذیه می‌شدند، کار گذاشته شد. این سه منبع شامل خط اصلی آب (آب شبکه شهری) بدون فیلتراسیون، پساب خروجی از برکه‌های اختیاری بدون فیلتراسیون و پساب فیلتر می‌باشد (همه مقادیر بر حسب mg/lit می‌باشد مگر این که توضیح داده شوند).

قبل از دومین فصل رشد یک صافی پارچه‌ای در خط اصلی تأمین آب نصب گردید. عملکرد همه قطره چکان‌ها با سه کیفیت آب مورد نیاز بررسی شد. تعداد ۶۰ قطره چکان از هر نوع برای سه خط فرعی سیستم آبیاری با پوشش پلی‌اتیلن سیاه (با قطر ۱۲mm) و ۲۰ قطره چکان در هر شاخه فرعی به فاصله ۵۰cm نصب شد.

پنج نوع قطره چکان به منظور تعیین اختلاف نتایج موجود بین شبکه آبیاری گلخانه‌ای و صحرایی به کار گرفته شد. در اینجا به منظور شرح تأثیر کیفیت آب، تنها خصوصیات کاربری مؤثرترین نوع قطره چکان (نوع A) بیان می‌شود. این قطره چکان به راحتی جهت آزمایشات میکروسکوپی در آزمایشگاه استفاده می‌شود.

قطره چکان A از نوع ضربه‌ای با دبی دو لیتر در ساعت، تحت فشار ۱ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع می‌باشد. این قطره چکان از یک مسیر باریک و طولانی برای تنظیم دبی استفاده کرده و ابعاد جریان در آن به شرح ذیل می‌باشد:

عمق ۰/۸۸۹ میلی‌متر – عرض ۰/۷۶۲ میلی‌متر – طول ۵۰/۸ میلی‌متر در این طرح برای پیشگیری از رشد جلبک‌ها نوعی از قطره چکان A با پوشش سیاه پلی‌اتیلن استفاده گردید که با علامت *A مشخص شده است. دبی قطره چکان‌ها با استفاده از یک ظرف آلومینیومی در زیر هر قطره چکان طی مدت ۱۰ دقیقه، توسط یک ظرف استوانه مندرج ۱ لیتری در طول هر دوره آبیاری بعد از این که فشار به حالت ثابتی می‌رسید، سنجیده می‌شد.

نمونه‌برداری تصادفی از آب آبیاری به صورت هفتگی با ظروف یک لیتری از نقاط تعیین شده در داخل شبکه (بین موتورخانه و قطره چکان‌ها) صورت می‌گرفت و طی یک ساعت جهت آنالیز کیفی به آزمایشگاه منتقل می‌شد. برای نمونه‌برداری‌های میکروبیولوژی از ظروف استریل استفاده می‌شد. آنالیز فیزیکوشیمیایی نمونه‌های آب آبیاری مطابق با دستورالعمل APHA-1985 انجام گرفت. آزمایشات میکروسکوپی و بررسی ذرات عامل گرفتگی قطره چکان‌ها، به وسیله یک میکروسکوپ نوری استرسکوپی که به وسیله یک عدسی چشمی کالیبره شده بود انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از اولین فصل رشد در سانتوآندره[1] قبلاً به طور خلاصه توسط تیلور و همکاران در سال ۱۹۸۹ ارائه شده است. در این مقاله به اثرات متقابل فیزیکی – شیمیایی و بیولوژیکی، در گرفتگی قطره چکان‌ها در طول دومین فصل رشد می‌پردازیم. پارامترهای کیفی مهم باکتریولوژی و فیزیکوشیمیایی، پساب صاف شده خروجی از برکه‌های تثبیت اختیاری به طور خلاصه توسط تیلور و همکاران در سال ۱۹۸۹ بیان گردیده بود. میانگین نتایج فیزیکوشیمیایی پساب خروجی صاف شده برکه‌های تثبیت اختیاری در طی دومین دوره رشد، که به طور هفتگی انجام گرفته به صورت ذیل مسائل مربوطه، گامی مهم در جهت حل مشکلات کم آبی بوده و برای کشورهای در حال توسعه افزایش تولیدات کشاورزی و توسعه اقتصادی را به همراه خواهد داشت.

مقادیر BOD_5، COD، NH_3، نیتروژن آلی و نیترات به ترتیب عبارتند از ۵۰، ۱۲۲،۳۰، ۸/۹۷ و ۰/۴۲می‌باشند. هدایت الکتریکی $1/51 ds/m^{-1}$ و مقادیر pHمتوسط و SAR به ترتیب ۸/۱ و ۳/۵ گزارش شدند. در مورد آب شرب مقادیر pH و SAR به ترتیب برابر بودند با ۷/۶

[1] Santo Andre

نوع قطره چکان	آب آبیاری	ساعت کارکرد		
		۵۰	۷۰	۹۰
قطره چکان	آب صاف شده	۳۰	۲۸	۳۰
	پساب صاف شده	۱۵	۱۵	۲۵
	پساب صاف نشده	۲۷	۲۸	۳۰
قطره چکان A	آب صاف شده	۱۷	۱۵	۲۰
	پساب صاف شده	۳۰	۳۵	۳۵
	پساب صاف نشده	۱۸	۲۸	۴۰

و ۲/۷. ضمناً هدایت الکتریکی $0/81 ds/m^{-1}$ و نیترات، ۰/۳۵ میلی‌گرم در لیتر گزارش شد.

در مقایسه با نتایج گرفته شده از ارزیابی قطره چکان‌ها در این تحقیق با نتایج تحقیقات دیگر، باید توجه داشت که هر تحقیقی، شرایط ویژه‌ای دارد. به طوری که در هیچ موردی دو منبع آب دارای کیفیت یکسانی نبوده و فاضلاب‌های تصفیه شده اختلاف زیادی به ویژه در خواص شیمیایی و میکروبیولوژی دارند. این تغییرات مربوط به ماهیت فاضلاب خام و روش و راندمان تصفیه آن می‌باشد.

در شروع اولین فصل آبیاری همه خطوط آبیاری طی شستشو توسط آب شبکه شهری به وسیله ذرات ماسه موجود در آب شرب آلوده شده بود. از آنجایی که آب شرب شهری به کار رفته جهت شستشوی ذرات قبل از آبیاری باعث آلودگی داخل شبکه به ذرات ماسه شد، تلاش‌های بعدی برای شستشوی ذرات ماسه کاملاً موفقیت آمیز نبود و این آلودگی داخلی شبکه در طی دو فصل رشد، برکارآیی قطره چکان‌ها اثرات سویی به همراه داشت.

طبق اظهارات تیلور[1] کارآیی قطره چکان‌ها، بیشتر به نوع قطره چکان وابسته است تا کیفیت آب مورد مصرف. در اغلب نمونه‌ها قطره چکان‌هایی که با آب شرب ارزیابی شده بودند در مقایسه با آنهایی که با پساب‌ها بررسی گردیده بودند، ازکارآیی بهتری برخوردارند اما این برتری معنی‌دار نبود. این اختلاف در طول سال اول تحقیق بر روی قطره چکان A که از پساب صاف نشده برکه‌های تثبیت استفاده می‌کرد محسوس‌تر بود و کمترین اختلاف مربوط به یک خط فرعی در فصل دوم سال دوم بود که با آب شرب آزمایش شده بود. نتایج حاصله می‌بایست با توجه به آلودگی درونی خطوط به وسیله ذرات ماسه در فصل اول تصحیح گردد. به طور کلی در تمام حالات توزیع یکنواختی تحت هر شرایط نامناسب بود، و حداقل مقادیر قابل قبول ۰/۹ پیشنهاد شده توسط هیلر و هاول در سال ۱۹۷۴ تنها به وسیله قطره چکان A حاصل گردید.

به منظور بررسی اثر کیفیت آب بر دبی قطره چکان از مدل حدی آنالیز واریانس با توجه به نتایج حاصله از قطره چکان A (نوع مورد تأیید) بعد از ۹۰ ساعت کاربری استفاده شد. فرض صفر (فرض مورد نظر ما) این است که کیفیت آب بر دبی قطره چکان اثری ندارد.

جدول ۲ آنالیز واریانس برای بررسی فرض صفر با استفاده از روش سوکل و رولف[2] می‌باشد. مقایسه نسبت واریانس‌های محاسبه شده (Fs) ۰/۴۳۷۴ برای سه نوع کیفیت آب و شصت نمونه در هر گروه، لحاظ مقادیر بحرانی توزیع F برای درجه آزادی $V_1=2$ و $V_2=120$، (کسب شده از جدول‌های آماری سوکل و رولف)، فرضیه صفر ما، (عدم تأثیر کیفیت آب بر دبی قطره چکان A) را تأیید می‌کند.

[1] Taylor, 1992

[2] Sokal & Rohlf (1981)

جدول شماره ۲- آنالیز واریانس قطره چکان A بعد از ۹۰ ساعت کاربری

منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین	نسبت واریانس نمونه
کیفیتهای آب	۲	۰/۹۶۲۰	۰/٤۸۱۰	۰/٤۳۷٤
در مجموع کیفیتهای آب	۱۷۷	۱۹٤/٦٤	۱/۰۹۷۷	
کل	۱۷۹	۱۹۵/٦۰		
F۰/۰۵[۲،۱۲۰]=۳/۰۷		F۰/۰۱[۲،۱۲۰]=٤/۷۹		
F۰/۰۵[۲،∞]=۳		F۰/۰۱[۲،∞]=٤/٦۱		

جدول ۳- علل گرفتگی قطره چکان‌ها (مقادیر بر حسب درصد، نسبت به کل قطره چکان‌های گرفته شده برای هر کیفیت آب)

علت گرفتگی	پساب خروجی صاف شده برکه تثبیت	پساب خروجی صاف نشده برکه تثبیت	آب شرب صاف شده
فیزیکی			
ذرات ماسه	٦	٤	۷۹
ذرات پلاستیک	۰	۰	٤
ته‌نشینی	۰	۰	۰
اعضای بدن حیوانات و حشرات	۰	۰	۰
بیولوژیکی			
توده جلبک‌ها	۰	۰	۰
لایه‌های بیولوژیکی	۰	۰	۰
رسوب شیمیایی	۰	۰	۰
ترکیب عوامل			
بیولوژیکی / فیزیکی	٦۸	۸٦	۹
شیمیایی / فیزیکی	۰	۰	٦
بیولوژیکی / شیمیایی	۰	۰	۰
بیولوژیکی / شیمیایی / فیزیکی	۲۲	۱۰	۲
غیر قابل تشخیص	٤	۰	۰

پدیده گرفتگی قطره چکان به صورت کاهش شدید دبی خروجی در فاصله زمانی کوتاه ظاهر می‌شود. جمع‌بندی دبی این قطره چکان‌ها و مقایسه آن با دبی طرح قطره چکان (۲ لیتر در ساعت) در قالب نمودار توسط تیلور در سال ۱۹۹۲، نشان داد تعداد کمی ازقطره چکان‌ها در هر نوع و کیفیت آب، دارای میزان دبی، در محدوده متوسط ۱/۹۸ – ۰/۹٦ لیتر در ساعت می‌باشد.

با توجه به ظهور گرفتگی قطره چکان‌ها به صورت کاهش سریع دبی از بیش از ۱/۹۸ لیتر در ساعت به کمتر از۰/۹٦ لیتر در ساعت بدون مراحل میانی، به نظر می‌رسد اثر ذرات معلق به صورت به دام افتادن در مسیر طولانی و پیچیده قطره چکان و ایجاد گرفتگی، بیشتر از اثر رشد تدریجی میکروارگانیسم‌ها به صورت تشکیل توده‌های آلی و ایجاد گرفتگی باشد. مشاهدات کاهش اتفاقی در تعداد قطره چکان‌های گرفته شده، اعتقاد به خود شستشویی ذرات بدام افتاده درون قطره چکان‌ها شده است. مشاهده کاهش سرعت گرفتگی قطره چکان‌ها، بین ۵۰ تا ۹۰ ساعت بعد از شروع آبیاری با توجه به این که بیشترین میزان گرفتگی در ۵۰ ساعت اول بهره‌برداری اتفاق می‌افتد، این نظریه را تأیید می‌کند که ذرات جامد

نسبت به ذرات موجود در آب و پساب برکه‌های تثبیت طی فصل دوم داشته است. طی دومین فصل رشد، قطره چکان‌های گرفته شده، دسته‌بندی شده و جهت آزمایش به آزمایشگاه منتقل می‌شدند. نتایج آزمایشات نشان داد که ذرات ماسه علت اصلی گرفتگی با هر سه کیفیت آب بوده است. این ذرات احتمالاً" از آب شرب شهری در طی فصل اول رشد منشأ گرفته‌اند، چون زمان ماند هیدرولیکی طولانی برکه‌های تثبیت باعث حذف تمام ذرات قابل ته‌نشینی و همچون ماسه می‌گردد.

از آنجایی که تاکنون هیچ گرفتگی در قطره چکان‌ها بر اثر ذرات معلق موجود در پساب خروجی برکه‌ها (جلبک‌های ریز – باکتری‌ها و ذرات معلق کوچک)، گزارش نشده است. می‌توان نتیجه گرفت اگر آلودگی خطوط آب به وسیله ماسه و ذرات خاک رخ ندهد، گرفتگی قطره چکان‌ها نمی‌تواند به عنوان یک مشکل، طی استفاده از پساب‌های برکه‌های تثبیت در آبیاری قطره‌ای مطرح شود.

جدول ۳ خلاصه‌ای از عوامل گرفتگی در قطره چکان‌های A و *A و یک طرح اضافی داخل خط که به وسیله مشاهدات میکروسکوپی حاصل شده را نشان می‌دهد که ذرات با ماسه با قطر ۱۰۸۰-۳٦۰ میکرومتر علت اصلی گرفتگی در ۲۰۷ مورد از ۲۱۱ مورد قطره چکان مسدود مورد آزمایش بود. در ۷۹ درصد از قطره چکان‌های مسدود شده که از آب شرب فیلتر شده استفاده شده بود، ذرات ماسه، تنها عامل قابل رویت گرفتگی قطره چکان‌ها بود. در قطره چکان‌های باقی مانده رسوبات کربنات کلسیم، با چسباندن ذرات ماسه، باعث گرفتگی ٦ درصد از قطره چکان‌ها و ذرات بیولوژیکی چسبیده باعث کاهش جریان در ۸ درصد از قطره چکان‌ها شده بود. در یک قطره چکان Gomphonema sp و دیاتومه Epiphytic مرتبط با منابع آب غیر آلوده، در سطح ذرات ماسه منجر به گرفتگی مشاهده شد.

در قطره چکان‌های مسدود شده خطوط آبیاری با پساب خروجی برکه‌های تثبیت علل گرفتگی به صورت ترکیبی از چند عامل بود. ذرات ماسه به تنهایی فقط در ٦ درصد از موارد باعث گرفتگی بوده و ۹۰ درصد از قطره چکان‌های مسدود شده لایه‌های بیولوژیکی و یا تبدیل شده به مواد آلی باکتری‌ها و در مواردی توده تجمع یافته گونه دافنیا در سطح ذرات ماسه انباشته شده بود. این لایه‌های بیولوژیکی باعث چسبیدن ذرات ماسه و دانه‌ها و بستن مسیر جریان شده‌اند. حضور رسوب کربنات کلسیم یا توده جلبک بر سطح بیرونی قطره چکان‌ها، دال بر شرکت آن در گرفتگی قطره چکان نمی‌باشد.

بحث

اگر بتوان مسائل گرفتگی را کاهش داد، آبیاری قطره‌ای با فاضلاب‌های تصفیه شده سرشار از عناصر مغذی، یک روش عملی مطمئن و مؤثر رساندن این عناصر مغذی به محصولات می‌باشد. مشاهدات ما نشان می‌دهد که فیتوپلانکتون‌های برکه‌های تثبیت خطر ایجاد گرفتگی کمتری در مقایسه با ذرات غیر آلی مانند ماسه و خاک در گرفتگی قطره چکان‌ها دارند. با این وجود اگر تدابیری جهت پیشگیری از آلودگی خطوط آبیاری به ذرات غیر آلی به عمل نیاید گرفتگی ممکن است تشدید شود.

منبع احتمالی دیگر، ذرات خاک می‌باشد. نوع خاک محل باعث ایجاد شبکه آبیاری از نوع رس ماسه‌ای بوده و یک کیلومتر از ساحل فاصله داشت. در مواقع قطع آبیاری، فشار منفی ایجاد شده در خطوط آبیاری، باعث برگشت آب از قطره چکان‌ها به داخل سیستم می‌گردید. طی این مرحله قطره چکان‌های در تماس با خاک می‌توانستند باعث راهیابی ذرات خاک به درون قطره چکان گردند. وضعیت ذرات ماسه درون قطره چکان‌های گرفته شده نشان می‌دهد که ذرات خاک و آب آلوده هر دو در گرفتگی قطره چکان‌ها مشارکت دارند.

ذرات ماسه که به صورت پراکنده در خطوط شبکه آبیاری انباشته شده و عامل اصلی گرفتگی قطره چکان‌ها محسوب می‌شود، تأثیر ضعیف کیفیت آب در گرفتگی قطره چکان‌ها را تأیید می‌کند. یک تحلیل آماری بر روی قطره چکان‌های با کارایی مؤثر با استفاده از آب شرب صاف شده، پساب صاف شده برکه‌های تثبیت و پساب صاف نشده برکه تثبیت، مشخص گردید کیفیت آب تأثیر قابل توجهی بر عملکرد قطره چکان‌ها ندارد. البته آلودگی زیاد تأسیسات استفاده مجدد از پساب برکه‌های تثبیت آلوده به ذرات ماسه، باعث افزایش میزان گرفتگی، نسبت به تأسیسات مشابه دیگر می‌شود.

نتایج حاصل از این تحقیق در باره تأثیر و نقش قطره چکان‌ها و جلبک‌های ریز در گرفتگی قطره چکان‌ها، باعث افزایش دانش ما در مورد گرفتگی قطره چکان‌ها، نگهداری بهتر و دستیابی به اصول تئوریکی برای اصلاح و طراحی بهینه شبکه‌های آبیاری قطره‌ای می‌گردد، به طوری که بر اساس آن می‌توان مسائل گرفتگی مرتبط با استفاده از پساب برکه‌های تثبیت را به حداقل رساند. با توجه به این که ذرات ماسه عامل اصلی گرفتگی در هر دو حالت استفاده از آب شرب و برکه‌های تثبیت بوده فرضیه ساک – آدین سال ۱۹۹۱ که معتقد بود ذرات غیر آلی در گرفتگی قطره چکان‌ها خطر جدی‌تری محسوب می‌شوند تا لایه‌های بیولوژیکی و رسوب‌های شیمیایی تأیید می‌شود. بر اساس مشاهدات صحرایی و بررسی‌های آزمایشگاهی این تحقیق و نتایج تحقیقات، می‌توان مدلی برای فرایند گرفتگی قطره چکان‌ها به شرح ذیل ارائه نمود. ذرات غیر آلی در اندازه ۱۰۸۰ – ۳۶۰ میکرومتر عامل اصلی گرفتگی قطره چکان بوده و حضور آنها در داخل شبکه آبیاری باعث به تله افتادن ذرات کوچکتر و تقویت گرفتگی قطره چکان‌ها می‌گردد. به تله افتادن ذرات غیر آلی به وسیله تجمع ذرات آلی تقویت و تشدید گردیده است، بنابراین مواد آلی نقش کمک کننده در گرفتگی قطره چکان‌ها داشته و به تنهایی در هیچکدام از قطره چکان‌ها عامل اصلی گرفتگی محسوب نشده‌اند. فیلتراسیون با صافی پارچه‌ای، تنها قادر به حذف ذرات جلبکی بوده و تأثیر قابل توجهی در حذف ذرات معلق پساب خروجی برکه‌های تثبیت ندارد.

جلبک‌های ریز به ویژه تک سلولی‌ها که در همه برکه‌های تثبیت تشکیل می‌شوند، قادر به عبور از صافی پارچه‌ای و قطره چکان‌ها بوده و توانایی بالایی در حاصلخیزی زمین دارند. استفاده از بسترهای (صافی شنی) برای صاف کردن پساب خروجی برکه‌های تثبیت می‌تواند به میزان قابل توجهی از غلظت ریز جلبک‌ها بکاهد، هر چند که با این عمل مشکل تجمع ذرات در خطوط آبیاری حل نخواهد شد.

در مجموع با توجه به مشاهدات صحرایی می‌توان نتیجه گرفت تجمع جلبک‌ها و ذرات آلی درون شبکه آبیاری، با استفاده از پساب برکه‌های تثبیت، باعث تشکیل و توسعه لایه‌های بیولوژیکی مرکب می‌گردد. تجزیه سلول‌های جلبکی داخل خطوط فرعی و قطره چکان‌ها باعث آزادسازی مواد آلی و تقویت رشد باکتری‌های هتروتروف می‌گردند. ضخامت این لایه‌های بیولوژیکی به وسیله معادلات دینامیکی رشد و سرعت جریان آب کنترل می‌شود. با افزایش ضخامت لایه بیولوژیکی، سلول‌های عمقی به غذا و اکسیژن کمتری دسترسی داشته و منجر به مرگ سلول‌های عمقی لایه بیولوژی شده و با مرگ و تجزیه سلول‌های خارجی (حد واسط لایه بیولوژی و لوله پلی‌اتیلن) قدرت چسبندگی و مقاومت چسبندگی و مقاومت لایه بیولوژی کم شده و تحت تأثیر نیروی هیدرولیکی طی آبیاری کنده شده و فضای جدیدی را برای تجمع مواد آلی تازه موجود در پساب و تشکیل توده جدید فراهم می‌کند. این تکه‌های بیولوژی کنده شده، احتمالاً نقش مهمی در تجمع ثانویه مواد آلی در داخل ذرات جمع شده غیر آلی درون قطره چکان‌های گرفته شده دارا می‌باشد. تجزیه مواد آلی درون قطره چکان‌ها و به دنبال آن تجدید رشد بیولوژیکی باعث گرفتگی بیشتر و مؤثرتر مسیر آب و قطره چکان‌ها می‌شود. فرضیه فوق با مشاهدات ذرات با اندازه بزرگتر از ۱۰ میلیمتر در خطوط آبیاری که از پساب صاف شده برکه‌های تثبیت استفاده می‌کنند تأیید می‌گردد.

شایان ذکر است که گسترش لایه‌های بیولوژیکی در قطره چکان‌هایی که از آب شرب شهری استفاده می‌کنند رخ نمی‌دهد، حذف ذرات جامد از پساب برکه‌های تثبیت فاضلاب به وسیله فیلتراسیون مؤثر، از گسترش این لایه‌های بیولوژی پیشگیری نمی‌کند. تشکیل لایه‌های بیولوژیکی تنها به وضعیت مواد مغذی محلول و حضور میکروارگانیسم‌هایی که قابلیت اکسیداسیون مواد مغذی را دارند وابسته است. بنابراین جهت پیشگیری از گرفتگی قطره چکان‌ها، تلاش‌ها بایستی بر مجموعی از مراحل فیلتراسیون، طرح قطره چکان، عملیات صحرایی تمرکز یابد.

فیلتراسیون

نتایج تحقیقات صحرایی نشان می‌دهد که حذف فیتوپلانکتون‌ها از پساب خروجی برکه‌های تثبیت به منظور پیشگیری از گرفتگی قطره چکان‌ها ضرورتی نداشته و استفاده از صافی‌های ماسه‌ای باعث افزایش هزینه ساخت و راهبری شده و با حذف بخش مهمی از جلبک‌ها، ظرفیت باروری پساب خروجی را کاهش می‌دهد. ولی نصب فیلترهای پارچه‌ای جهت جلوگیری از نفوذ توده‌های جلبکی و ذرات ماسه به داخل شبکه آبیاری ضروری می‌باشد.

طرح قطره چکان

مکانیزمی که جهت کاهش و کنترل جریان در اغلب قطره چکان‌ها استفاده می‌شود با تأکید بر مسائل گرفتگی و انسداد آنها می‌باشد، به طوری که نوآوری‌های اخیر در زمینه قطره چکان‌ها، شامل طراحی قطره چکان‌های حبابی و خود شوینده بوده که مشکلات گرفتگی در آنها حداقل گردیده است.

عملیات صحرایی

طی طراحی و راه‌اندازی شبکه آبیاری قطره‌ای نیاز به مراقبت و دقت جهت پیشگیری از نفوذ ذرات به ویژه ذرات غیر آلی به داخل شبکه می‌باشد. نفوذ ذرات خاک طی نصب بخش‌های مختلف خط اصلی و لوله‌های فرعی، باعث خنثی شدن اثر فیلتراسیون ایجاد مشکلات گرفتگی می‌گردد که جهت رفع آن هزینه زیادی موردنیاز است. فیلتراسیون تمام آبهای ورودی از تمام منابع به شبکه آبیاری قطره‌ای جهت پیشگیری از آلودگی‌های اتفاقی درون شبکه اهمیت دارد. شستشوی خطوط قبل از هر دو دوره آبیاری، یک روش ساده برای حذف توده‌های حاصل از لایه‌های بیولوژی کنده شده در خطوط شبکه می‌باشد.

* Taylor, H.D., Bastos, R.K. X., Pearson, H.W. and D.D. Mara, (1995), " Drip Irrigation with Waste Stabilization Pond Effluents : Solving the Problem of Emitter Fouling ", Wat. Sci. Tech. Vol. 31, No. 12 pp. 417-424

منابع و مراجع

Adin, A. and Sacks, M. (1987). *"Water Quality and Emitter Clogging Relationship in Wastewater Irrigation* ". Annual Conference of the Israeli Society for Ecology and Environmental Quality Science, OHALO, June 1987.

APHA (1985). " *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* ". Fifteeth Edition. New York, Public Heath Association Inc.

Bucks. D. A., Nakayama, F.S. and Gilbert, R.G. (1979). " *Trickle Water Quality and Preventive Maintenace* ". Agricultural Water Management, 2, 149-162.

Burgess, M.D. (1991). " *Planning for Reuse* ". Developing a Strategy for the Northern Territory, Australia ". Water Science and Technology, 24(9), 31-34.

Gilbetrt, R.G. Nakayama, F.S., Bucks, D.A., French, O.F. and Adamson, K.C. (1981). " *Trickle Irrigation : Emitter Clogging and Flow Problems* ". Agricultural Water Management, 3, 159-178.

Hansen, V.E., Israelsen, O.W. and Stringham, G.E. (1979). " Irrigation Principles and Practices ". Fourth Edition. New York, Wiley.

Howell, T.A. and Hiller, E.A. (1974). " *Designing Trickle Irrigation Laterals for Uniformity* ". ASCE journal of the Irrigation and Drainage Division, 10 (IR4), 443-454.

Nakayama, F.S. Gilbert, R.G. and Bucks, D.A. (1978). " *Water Treatment in Trickle Irrigation Systems* ". ASCE Journal of the Irrigation and Drainage Division, 104(IR1), 23-24.

Apadopoulos, I. (1992). " *Use of Treated Effluents for Irrigation : 1. Wastewater Quality and Quality Guidelines* ". Regional Workshop on Wastewater Treatment and Reuse. 27 February – 2 March, Amman, Jordan.

Rohlf, F. J. and Sokal, R.R. (1981). " *The Statistical Tables* ". Second Edition, San Francisco, Freeman. Sokal, R.R. and Rohlf, F.J. (1981). " *Biometry* ", Second Edition. New York, Freeman.

Taylor (1992). " *Microbial Fouling of Drip Irrigation Equipment in Wastewater Reuse System* ", PhD Thesis. University of Liverpool, U.K.

Taylor. H.D. Pearson, H. W. and Mara. D.D. (1989). *"Microbial Clogging of Drip Irrigation Emitters in Effluent Reuse System. Irrigation. Theory and Parctice* ". Proceedings of the Interational Conference. Southampton University, U.K., 12-15 September 1989.

WHO (1989). " *Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture*", Technical Report Series 778. World Health Organization, Geneva, Switzerland.