نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال نهم، شماره دوم، زمستان ۱۳۹۸

ISSN 2251-7480

تأثیر شستشوی حوضچه‌های پرورش ماهی قزل آلا بر کیفیت پساب و عمل‌کرد سیستم کنترل مرکزی آبیاری قطره‌ای

ارسلان فاریابی[1*]، عیسی معروف‌پور[2]، بهزاد قربانی[3] و برزان بهرامی کمانگر[4]

۱*) استادیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران

* نویسنده مسئول مکاتبات: faryabi.arsalan@ujiroft.ac.ir

۲) دانشیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

۳) دانشیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

٤) دانشیار، گروه مهندسی شیلات، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۹/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۰۱

چکیده

عملیات شستشوی حوضچه‌های پرورش ماهی به‌دلیل بالا بردن بار مواد معلق و مواد آلی در پساب، احتمال خطر گرفتگی قطره‌چکان‌ها در آبیاری قطره‌ای را درصورت استفاده از این پساب‌ها بالا می‌برد. در پژوهش حاضر سه تیمار آبیاری قطره‌ای اجرا گردید. در هر تیمار از قطره‌چکان‌های نتافیم و میکروفلاپر با دبی‌های ۴، ۸ و ۱۲ لیتر بر ساعت استفاده شد. طی یک فصل، ۴۲ نوبت آبیاری با آب متعارف (به‌عنوان شاهد) و پساب پرورش ماهی (با تخلیه و بدون تخلیه انتهایی لوله‌ها) صورت گرفت. از پساب مزرعه پرورش ماهی، در حالت معمول و در حالت شستشوی حوضچه‌های پرورش ماهی در سه تکرار نمونه‌هایی تهیه شد. ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی کلیه نمونه‌ها اندازه‌گیری شد و مقایسه گردید. مواد فیلتر شده توسط فیلترهای شنی و توری سیستم شاهد و پساب نیز توسط دستگاه مستر سایزر مورد آنالیز قرار گرفت. نتایج نشان داد که شستشو تأثیر معنی‌داری بر غلظت مواد جامد معلق ($P<1\%$) و غلظت مواد آلی پساب ($P<5\%$) می‌گذارد. اما تأثیر شستشوی حوضچه‌ها بر غلظت نیترات و تعداد باکتری‌های موجود در پساب، اندک و قابل چشم‌پوشی است. نتایج همچنین نشان داد که دبی قطره‌چکان‌های میکروفلاپر با دبی اسمی ۸ لیتر بر ساعت در هر دو تیمار پساب همبستگی معنی‌داری ($P<1\%$) با شستشوی حوضچه‌ها دارد و دبی خروجی از قطره‌چکان‌های میکروفلاپر نسبت به قطره‌چکان‌های نتافیم، همبستگی بیش‌تری را با عملیات شستشوی استخرها از خود نشان دادند. نتایج همچنین نشان داد که هنگام استفاده از پساب پرورش ماهی، کارآیی و راندمان تصفیه فیلترهای توری بیش‌تر از فیلترهای شنی است و وجود این فیلترها ضروری‌تر می‌باشد.

کلید واژه‌ها: آب نامتعارف؛ آبیاری قطره‌ای؛ گرفتگی قطره‌چکان؛ ماهی قزل‌آلای رنگین کمان

مقدمه

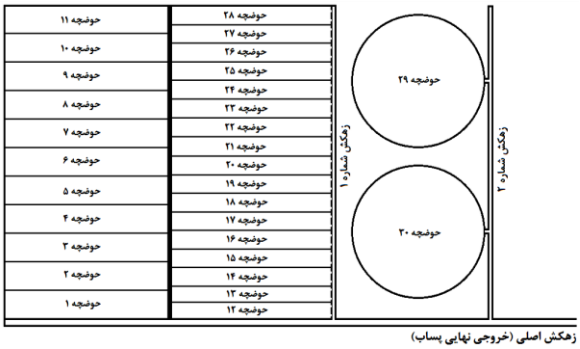
کمبود آب یک مشکل جدی برای تولیدات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک جهان است. علاوه بر این، توسعه منابع آب جدید در این مناطق بسیار هزینه بر است (Talebnejad and Sepaskhah. 2015). در حال حاضر پساب‌های تصفیه‌شده به‌طور رایج به‌عنوان یک منبع آب آبیاری جایگزین، برای بقای منابع آب شیرین استفاده می‌شوند (Nadav et al., 2013). یکی از مغذی‌ترین پساب‌ها برای درختان و گیاهان، پساب مزارع پرورش ماهی است که مقادیر قابل قبولی فسفر و ازت در آن وجود دارد. متاسفانه در صنعت آبزی‌پروری، معمولاً پساب مزارع پرورش ماهی به رودخانه‌ها تخلیه می‌شود که هم یک چالش زیست‌محیطی و هم یک فرصت کشاورزی است. تلفیق آبزی‌پروری با سیستم‌های کشاورزی به‌عنوان روشی برای افزایش تولید غذا، محافظت از محیط زیست و بالا بردن امنیت غذایی شناخته شده است که این تلفیق، هم‌کوشی بین مؤلفه‌های مزرعه‌ای را افزایش می‌دهد (Zajdband, 2011). این هم‌کوشی زمانی اتفاق می‌افتد که در یک سیستم ترکیبی مزرعه‌ای، خروجی یک زیرسیستم که ممکن است به صورت تلفات باشد به عنوان ورودی در یک زیرسیستم دیگر مورد استفاده قرار گیرد و منجر به راندمان بیشتر خروجی تولیدات مربوط به زمین/ آب نواحی تحت کنترل کشاورزی گردد (Edwards, 1998). سیستم‌های تلفیقی کشاورزی–شیلات در بسیاری از نقاط دنیا نظیر مکزیک (Smardon, 2006)، آمریکای لاتین (Pilarski *et al.*, 2004; Zajdband, 2009)، و آفریقا (Brummett, 1999) وجود دارد اما در آسیا چندان توسعه پیدا نکرده است، اگرچه این شیوه اخیراً در کشورهایی مانند چین، هند، بنگلادش، اندونزی، مالزی، تایلند و ویتنام تا حدی مورد استفاده قرار گرفته است (Phong, 2007). سیستم آبیاری قطره‌ای به دلیل عدم پخش پاتوژن‌ها در هوا، عدم وجود رواناب و امکان کنترل نفوذ عمقی، مناسب‌ترین و مطمئن‌ترین سیستم برای کاربرد پساب است. با این وجود، گرفتگی قطره‌چکان‌ها اصلی‌ترین مشکل هنگام کاربرد پساب در این سیستم‌ها است (Li *et al.*, 2015). استفاده از پساب‌ها و از جمله پساب مزارع پرورش ماهی اگر چه دارای مزایای متعددی است ولی دارای محدودیت‌هایی نیز می‌باشد. در چنین مواردی به دلیل وجود مواد جامد معلق، باکتری‌ها و یا سایر عوامل موجود در پساب مزارع پرورش ماهی امکان گرفتگی قطره‌چکان-ها وجود خواهد داشت که لازم است تمهیدات خاصی در نظر گرفته شود تا خطر گرفتگی در آن‌ها حداقل باشد. شناسایی عوامل تأثیر گذار بر گرفتگی قطره‌چکان‌ها و ارائه راهکارهای مناسب برای مقابله با آن و یا معرفی قطره‌چکان‌های مناسب امری اجتناب ناپذیر است.

در ایران نیز همانند سایر مناطق خشک و نیمه خشک جهان، بحران آب یکی از مسایل بزرگ و اساسی است و بسیاری از بخش‌های کشور از مسئله کمبود آب رنج می‌برند (Mokari Ghahroodi *et al.*, 2015). این وضعیت در سال‌های اخیر به دلیل وقوع پدیده خشکسالی حادتر شده است. از طرفی تولیدات آبزی پروری در سطح جهان با رشد چشمگیری در حال افزایش است و کشور ما نیز از این قاعده مستثنی نبوده است. پرورش ماهیان سردآبی از شتاب و روند رو به رشدی در کشور برخوردار بوده و هنوز هم تقاضا برای احداث مزارع پرورش ماهیان سردآبی وجود دارد. در چندین استان کشور با توجه به وجود منابع آب جاری و شرایط آب و هوایی مناسب، پتانسیل زیادی در پرورش ماهیان سردآبی وجود دارد. در حال حاضر تنها بخش محدودی از این توان مورد استفاده قرار می‌گیرد که به طور عمده صرف تولید ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان می‌گردد. به عنوان نمونه در استان کردستان، طرح آبیاری باغ‌های منطقه سیروان با هدف امکان استفاده از پساب مجتمع پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان

دیوزناو ارائه شده‌است. در این طرح امکان استفاده از ۱۵۰۰ لیتر در ثانیه پساب مجتمع پرورش ماهی برای استفاده در سیستم آبیاری قطره‌ای موضعی برای باغات منطقه سیروان در نظر گرفته شده است. در گزارش‌های پیشین به بررسی جنبه‌های مختلف استفاده از پساب آبزی پروری در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای پرداخته شد (فاریابی و همکاران، ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶). یکی از مسائل مهم در این رابطه، بررسی تأثیر عملیات شستشوی حوضچه های پرورش ماهی بر کیفیت پساب و عمل کرد سیستم آبیاری قطره‌ای است که تا کنون پژوهشی بطور اختصاصی به این موضوع نپرداخته است. اطلاع از میزان کارایی هیدروسیکلون، تانک شن و فیلترهای توری رایج در استفاده از پساب مذکور، در طراحی و ضرورت بازنگری آنها برای داشتن راندمان فیلتراسیون لازم در استفاده از پساب پرورش ماهی لازم و ضروری است. پساب ماهی قزل‌آلای رنگین کمان حاوی مواد آلی و مغذی فراوانی است. در فاصله بین آبیاری‌ها که سیستم کنترل مرکزی به مدت چندین روز خاموش است، وجود چنین پسابی در داخل تانک‌های شن و فیلترهای توری، شرایط مساعدی را برای انجام انواع واکنش‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی فراهم می‌کند که در طولانی مدت ممکن است مشکلاتی را در پی داشته باشد که هزینه‌های گزافی را به سیستم تحمیل نماید. در این میان، شستشوی حوضچه‌های پرورش ماهی نیز به واسطه بالا بردن بار مواد آلی موجود در پساب، می‌تواند تاثیرات منفی راندمان فیلتراسیون را تشدید کند. از این رو بررسی و واکاوی مسایل مذکور از جمله اهداف اصلی پژوهش حاضر در بخش سیستم کنترل مرکزی می‌باشد که به طور کامل به ابعاد مختلف این موضوع پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در ماه‌های اردیبهشت تا آبان سال ۱۳۹۳ در مزرعه پرورش ماهی آبیدر واقع در ۳ کیلومتری شهر سنندج انجام شد. نوع ماهی پرورشی در این مزرعه، قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchusmykiss*) و آب ورودی به آن، از دریاچه سد قشلاق تأمین می‌گردید. شکل ۱ نمایی شماتیک از مزرعه پرورش ماهی آبیدر، و شکل ۲ تصاویر متفاوتی از حوضچه‌های پرورش ماهی این مزرعه را نشان می‌دهد.



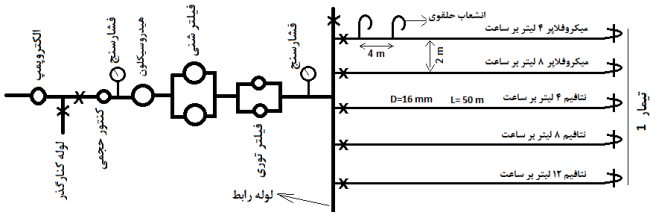
شکل ۱. نمای شماتیک مزرعه پرورش ماهی آبیدر

شکل ۲. تصاویری از حوضچه‌های مزرعه پرورش ماهی آبیدر

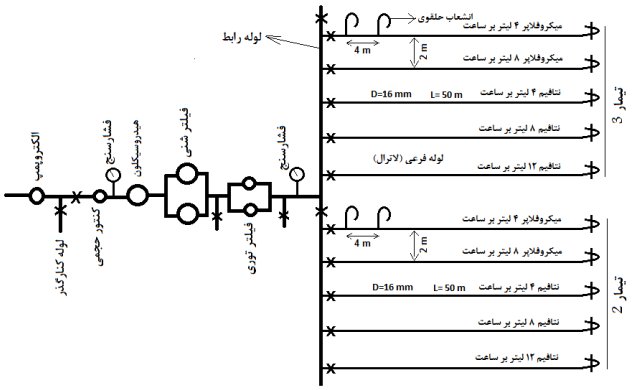
در مزرعه پرورش ماهی آبیدر، در هر استخر (حوضچه)، ماهیانی با اندازه مشخص پرورش می‌یافت، که در نهایت پساب خروجی تمامی استخرها توسط یک کانال زهکشی اصلی جمع آوری شده و از مزرعه خارج می‌گردید (شکل ۳-۲). نحوه غذادهی به ماهی‌ها نیز در این مزرعه ۲ بار در شبانه روز و در ساعت‌های ۸ صبح و ۳ بعد از ظهر بود (قابل ذکر است که در تمام دوره

آزمایش، بچه ماهیان انگشت قد و ماهی‌های بزرگ به‌طور همزمان در مزرعه وجود داشت).

به‌منظور انجام پژوهش حاضر، سه تیمار اجرا گردید (شکل‌های ۳ و ٤). در تیمار ۱ از آب متعارف ورودی به مزرعه پرورش ماهی به‌عنوان شاهد و در تیمارهای۲ و ۳ که دقیقاً مشابه با تیمار اول هستند از پساب موجود مزرعه پرورش ماهی استفاده شد. با این تفاوت که در تیمار ۳، پس از هر نوبت آبیاری با پساب، انتهای لوله‌های فرعی و نیمه‌اصلی باز شده و لوله‌ها تخلیه می‌شدند اما در تیمار ۲، این عمل مدیریتی انجام نشد. در هرکدام از تیمارها، آب پس از پمپاژ، به یک سیستم کنترل مرکزی وارد می‌شد (انتخاب سیستم کنترل مرکزی با توجه به آزمایش‌های اولیه کیفیت آب و پساب صورت گرفت) و سپس از طریق یک لوله رابط پلی‌اتیلن به قطر ۵۰ میلی‌متر وارد پنج لوله فرعی پلی‌اتیلن به قطرهای ١٦ میلی‌متر می‌گردید. طول هرکدام از لوله‌های فرعی ۵۰ متر بود که در فواصل ٤ متری دارای انشعاب‌های حلقوی بودند. از آنجا که قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار نسبت به سایر قطره‌چکان‌ها در مناطق شیب‌دار و با توپوگرافی نامناسب برتری دارند (عابدی کوپایی و بختیاری فر، ۱۳۸۳)، از قطره‌چکان‌های نتافیم با دبی‌های ٤، ۸ و ۱۲ لیتر بر ساعت و از قطره‌چکان میکروفلاپر با دبی‌های ٤ و ۸ لیتر بر ساعت در تیمارهای نام‌برده استفاده شد (جمعاً ۷۲۰ قطره‌چکان) (جدول ۱). هرکدام از پنج لوله فرعی موجود در هر تیمار، دارای تنها یک نوع از قطره‌چکان‌های نام برده در جدول ۱ بود و دبی تمامی انشعاب‌های حلقوی یکسان و ٢٤ l/h در نظر گرفته شد که مضرب صحیحی از دبی قطره‌چکان‌های موجود باشد. فشار کار سیستم‌ها در کل دوره آزمایش ثابت و برابر با ۱/۵ اتمسفر بود. تنظیم فشار به‌وسیله لوله کنارگذر انشعاب گرفته از لوله اصلی انجام می‌شد. فشار در نقاط مختلف سیستم‌ها و انتهای لوله‌های فرعی در هر آبیاری اندازه‌گیری می‌شد. افت فشار هیچ‌گاه به کمتر از حداقل فشار کاری مورد نیاز قطره‌چکان‌ها نمی‌رسید. از آنجا که دبی تمام انشعاب‌های حلقوی ثابت و قطر تمامی لوله‌های فرعی یکسان (١٦ میلی‌متر) بود، سرعت جریان آب در نقاط مختلف تمامی لوله‌های فرعی در ابتدای آزمایش‌ها نظیر به نظیر یکسان بود. طراحی خطوط لوله و سیستم‌های کنترل مرکزی بر اساس استانداردهای ضوابط و معیارهای فنی آبیاری تحت‌فشار (بی‌نام، ۱۳۸۳) صورت گرفت. در جدول ۲ نیز مشخصات سیستم‌های کنترل مرکزی مورد استفاده ارائه شده است.



شکل ۳. شمای کلی سامانه آبیاری قطره‌ای تیمار استفاده از آب متعارف (آب ورودی مزرعه پرورش ماهی)



شکل ٤. شمای کلی سامانه آبیاری قطره‌ای دو تیمار استفاده از پساب مزرعه پرورش ماهی (تیمار ۲، پساب بدون تخلیه انتهایی لوله‌های فرعی و تیمار ۳، پساب با تخلیه انتهایی لوله‌های فرعی)

جدول ۱. مشخصات قطره‌چکان‌های مورد استفاده در پژوهش

نام تجاری قطره‌چکان	نوع اتصال	دامنه کاری فشار (متر)	دبی اسمی (لیتر بر ساعت)	رنگ	سایر مشخصات
میکروفلاپر	روی خط	۳۵ – ۱۰	٤	سیاه	جبران کننده فشار و خود شوینده
میکروفلاپر	روی خط	۳۵ – ۱۰	۸	سبز	جبران کننده فشار و خود شوینده
نتافیم	روی خط	٤۰ – ۷	٤	خاکستری	جبران کننده فشار و خود شوینده
نتافیم	روی خط	٤۰ – ۷	۸	سبز	جبران کننده فشار و خود شوینده
نتافیم	روی خط	٤۰ – ۷	۱۲	صورتی	جبران کننده فشار و خود شوینده

جدول ۲. مشخصات سیستم‌های کنترل مرکزی مورد استفاده

نوع فیلتر و مدل	ابعاد (mm)		دبی عبوری (m^3/hr)	ورودی و خروجی (mm)		افت فشار (m)	سطح فیلتراسیون (cm^2)
	قطر	ارتفاع		قطر ورودی	قطر خروجی		
هیدروسیکلون ۸ اینچ	۲۱۰	–	۱۸ - ۱۰/۸	۵۰	۵۰	–	–
فیلتر شنی ۱٦ اینچ	٤۰۰	۱۰۰۰	۷/۲ - ۳/٦	۵۰	۵۰	۰/٤	۱۳۰۰
فیلتر توری ٦ in - ۷۵ cm	۱٦۵	۷۵۰	۱۲	۵۰	۵۰	۳	۱۵۷۰ – ۲۲۲۰

نتایج و بحث

در هر تیمار با نصب فشارسنج‌هایی در نقاط مختلف سیستم کنترل مرکزی، افت فشار در هرکدام از فیلترها مشاهده می‌گردید و در صورت بیشتر شدن افت فشار از حد مجاز، فیلترها شستشو می‌شد. در خاتمه هر آبیاری انتهای لوله‌های فرعی تیمار ۳، باز شده و تخلیه می‌گردید. پس از آن سیستم‌های آبیاری اجرا شده به مدت ۲ شبانه‌روز خاموش می‌شد (این برنامه آبیاری، بین کشاورزان استان کردستان برای سیستم‌های آبیاری قطره‌ای باغ‌ها مرسوم بوده و به همین دلیل در پژوهش حاضر نیز از آن استفاده شد.). سپس در روز بعد، سیستم‌ها مجددا روشن شده و این روند همچنان تا پایان فصل زراعی تکرار می‌شد. به این ترتیب ٤۲ نوبت آبیاری با دور سه روزه و دوره ۸ ساعته در سه تیمار موجود (آب متعارف، پساب و پساب با تخلیه انتهایی لوله‌ها) صورت گرفت. در هر نوبت آبیاری، سیستم‌ها ۸ ساعت روشن شده و در خاتمه، دبی خروجی هر یک از انشعاب‌های حلقوی، به روش حجمی اندازه‌گیری می‌شد. در نهایت، درصد گرفتگی قطره‌چکان‌ها به‌صورت زیر محاسبه می‌گردید:

$$\text{درصد گرفتگی} = \frac{\text{دبی موجود}-\text{دبی اولیه}}{\text{دبی اولیه}} \times 100 \qquad (۱)$$

در بعضی از آبیاری‌های انجام شده، عمل آبیاری هم‌زمان با شستشوی حوضچه‌های پرورش ماهی صورت می‌گرفت و در بعضی دیگر، آبیاری بدون انجام عملیات شستشوی حوضچه‌ها انجام می‌شد (طبق برنامه ریزی خود مزرعه پرورش ماهی). برای تعیین شناسنامه کیفی پساب موجود، در سه روز از کانال اصلی خروجی پساب

این مزرعه، نمونه‌های پساب تهیه شد و به آزمایشگاه منتقل گردید. همچنین از آنجا که هنگام شستشوی استخرهای پرورش ماهی توسط کارگران، بار مواد معلق فیزیکی و بیولوژیکی خروجی به حداکثر مقدار خود می‌رسد، نمونه‌گیری از پساب خروجی در این زمان نیز در سه تکرار انجام شد. هدایت الکتریکی، دما، اکسیژن محلول و اسیدیته نمونه‌های پساب توسط دستگاه‌های پرتابل مربوطه، در محل نمونه‌گیری اندازه‌گیری شد و در نهایت نمونه‌های پساب برای تعیین سایر ویژگی‌های شیمیایی و بیولوژیکی سریعاً به آزمایشگاه منتقل گردید و پارامترهای زیر به روش‌های استاندارد برای آزمون آب و پساب (Anonymous, 2005) اندازه‌گیری شد: کل مواد جامد معلق (TSS)، کل مواد جامد محلول (TDS)، کربن آلی (OC)، کلسیم (Ca^{2+})، منیزیم (Mg^{2+})، سدیم (Na^{+})، آهن (Fe^{2-})، منگنز (Mn^{2+})، کربنات (CO_3^{2-})، بی‌کربنات (HCO_3^{-})، سولفید هیدروژن (H_2S)، فسفات (PO_4^{3-})، نیترات (NO_3^{-})، آمونیاک (NH_3^{+}) و تعداد کل باکتری‌های هتروتروف. در نهایت از نرم‌افزار Excel نیز برای انجام محاسبات مورد نیاز و ترسیم نمودارها بهره گرفته‌شد. با استفاده از نرم افزار SPSS داده‌ها مورد مقایسه قرار گرفت.

جدول ۳ نتایج حاصل از آزمایش‌های ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی مربوط به نمونه‌های آب ورودی و پساب مزرعه پرورش ماهی مورد مطالعه را در حالت معمول و همچنین در حالت شستشوی حوضچه‌ها به همراه خطر گرفتگی این پارامترها نشان می‌دهد. با مقایسه نتایج کیفیت پساب در دو حالت بدون شستشو و با شستشوی حوضچه‌های پرورش ماهی در این جدول ملاحظه می‌شود هنگام شستشوی حوضچه‌ها، غلظت مواد جامد معلق، نیترات، مواد آلی و تعداد باکتری‌های موجود در پساب به شدت افزایش می‌یابد.

برای بررسی میزان تأثیر شستشوی حوضچه‌ها بر غلظت مواد جامد معلق، نیترات، مواد آلی و تعداد کل باکتری‌های هتروتروف موجود در پساب، از ضریب همبستگی مجذور اتا (η^2) استفاده شد. نتایج نشان داد که همبستگی مثبت و قوی بین شستشوی حوضچه‌های پرورش ماهی و غلظت مواد جامد معلق و همچنین غلظت مواد آلی وجود دارد. شستشو تأثیر معنی‌داری بر غلظت مواد جامد معلق (در سطح ۱ درصد) و غلظت مواد آلی پساب (در سطح ۵ درصد) می‌گذارد. اما تأثیر شستشوی حوضچه‌ها بر غلظت نیترات و تعداد باکتری‌های موجود در پساب، اندک و قابل چشم‌پوشی است (جدول ٤).

برای بررسی میزان تأثیر شستشوی حوضچه‌ها بر دبی خروجی از قطره‌چکان‌های دو تیمار پساب نیز از ضریب همبستگی $\eta 2$ استفاده شد. نتایج نشان داد که دبی قطره‌چکان‌های میکروفلاپر با دبی اسمی ۸ L/h در هر دو تیمار پساب همبستگی معنی‌داری (در سطح ۱ درصد) با شستشوی حوضچه‌ها داشته است (جدول ۵). به طور کلی، دبی خروجی از قطره‌چکان‌های میکروفلاپر نسبت به قطره‌چکان‌های نتافیم، همبستگی بیشتری را با عملیات شستشوی استخرها از خود نشان دادند. به عبارت دیگر، آبیاری با پساب پرورش ماهی هنگام شستشوی استخرها باعث می‌شود که دبی قطره‌چکان‌های میکروفلاپر به میزان بیشتری نسبت به قطره‌چکان‌های نتافیم کاهش یابد.

جدول ۳. کیفیت آب روردی و پساب مزرعه پرورش ماهی هنگام شستشوی حوضچه‌ها

عامل انسداد	آب ورودی به مزرعه	پساب مزرعه بدون شستشو	پساب هنگام شستشوی حوضچه‌ها			خطر گرفتگی		
			تکرار ۱	تکرار ۲	تکرار ۳	کم	متوسط	زیاد
فیزیکی								
مواد جامد معلق(mg/L)	۱٤٥	۱۹۳	۳۷۰	٤۰۰	٤٦۲	<٥۰	٥۰-۱۰۰	>۱۰۰
شیمیایی								
pH	۸/۰۳	۸/۰۰	۷/۹٤	۸/۰۲	۷/۹۰	<۷	۷-۸	>۸
کل مواد جامد محلول* (mg/L)	۲۰٥	۲۰۹	۲٥۱	۲٤٦	۲٥۳	<٥۰۰	۲۰۰۰-٥۰۰	>۲۰۰۰
منگنز (mg/L)	< ۰/۱	< ۰/۱	< ۰/۱	< ۰/۱	< ۰/۱	<۰/۲	۰/۱- ۱/٥	>۱/٥
آهن (mg/L)	۰/۰۰۸	۰/۰۱۲	۰/۰٥٥	۰/۰۷۳	۰/۰۲۰	<۰/۲	۰/۲- ۱/٥	>۱/٥
سولفیدهیدروژن(mg/L)	<۰/۲	<۰/۲	<۰/۲	<۰/۲	<۰/۲	<۰/۲	۰/۲-۲	>۲
سدیم(mg/L)	٤	٤	٤	٤	٤			
پتاسیم (mg/L)	۱/۷٤	۱/۸٥	۱/٦۹	۱/٥۳	۱/۸۰			
کلسیم (mg/L)	٤۹/۷	٤۹/۷	٤۸/۱۰	٥٦/۱۱	٥۲/۱۰			
منیزیم (mg/L)	۱۲/٦٤	۱۷/۰۲	۱۹/٤٥	۱۹/٤٥	۲۱/۸۸			
سختی کل (mg/L)	۱۷٦/۱	۱۹٤/۱٥	۲۰۰/۱٦	۲۲۰/۱۷٦	۲۲۰/۱۷٦			
کربنات(mg/L)	۰	۰	۰	۰	۰			
بی‌کربنات (mg/L)	۱٤۲/٦۰	۱۳۸/۳۰	۱٥۳/۷٦	۱٤۰/۳٤	۱٥۹/۸٦			
نیترات (mg/L)	۰/۳	۰/٤٤	۰/۹۰	۰/۷۷	۰/۸۸			
آمونیاک (mg/L)	۰	۰/۰۲۲	۰/۰۸٦	۰/۰۷۹	۰/۰۹۹			
فسفات (mg/L)	۰/۱۱	۳/۳٤	۰/۲۹	۰/۳۳	۰/۲۹			
مواد آلی (درصد)	۰/٥	۰/٥۹	۱/٥٦	۱/۲۳	۱/٥۱			
شوری (dS/m)	۰/۳۲۰	۰/۳۲٦	۰/۳۹۲	۰/۳۸٤	۰/۳۹٦			
نسبت جذبی‌سدیم $(meq/L)^{0.5}$	۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۲			
طبقه‌بندی ویلکاکس	C2S1	C2S1	C2S1	C2S1	C2S1			
بیولوژیکی								
باکتری‌های هتروتروف (MPN/100cc)	۱۱۱۱	۹۲۳۰- ۳۳۰۰	۱۳٦۰۰	۱۱۸٦۰	۱٤۲۰۰	<۱۰۰۰۰	۵۰۰۰۰-۱۰۰۰۰	>٥۰۰۰۰

* Total Dissolved Solids

جدول ٤. ضریب همبستگی η2 بین شستشوی استخرها با غلظت مواد جامد معلق، نیترات، مواد آلی و تعداد باکتری‌های هتروتروف پساب

	مواد جامد معلق	نیترات	مواد آلی	تعداد باکتری‌ها
شستشوی استخرها	۰/۸٥۱**	۰/۱٦۳	۰/۸۱٥*	۰/۱۹۲

* در سطح ۵ درصد و ** در سطح ۱ درصد معنی‌دار است (با استفاده از آزمون t مستقل).

جدول ۵. ضریب همبستگی $\eta 2$ بین شستشوی استخرها با دبی خروجی از لوپ‌ها در قطره‌چکان‌های مختلف تیمارهای پساب

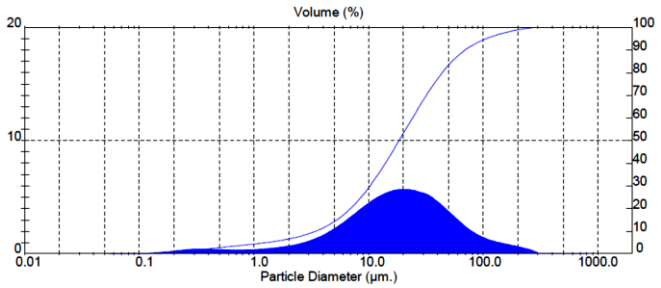
	دبی خروجی از انشعاب‌های حلقوی تیمار ۲ (پساب)					دبی خروجی از انشعاب‌های حلقوی تیمار ۳ (پساب با تخلیه انتهایی)				
	میکروفلاپر ٤L/h	نتافیم ٤ L/h	میکروفلاپر ٨ L/h	نتافیم ٨ L/h	نتافیم ١٢ L/h	میکروفلاپر ٤ L/h	نتافیم ٤ L/h	میکروفلاپر ٨L/h	نتافیم ٨ L/h	نتافیم ١٢L/h
شستشوی استخرها	۰/۲۱۱	۰/۲۸۵	۰/۳٤٦**	۰/۱۰۰	۰/۱	۰/۱۷٦	۰/۰۲۳	۰/٤۷۲**	۰/۰٦۸	۰/۰۹۰

** در سطح ۱ درصد معنی‌دار است (با استفاده از آزمون t مستقل).

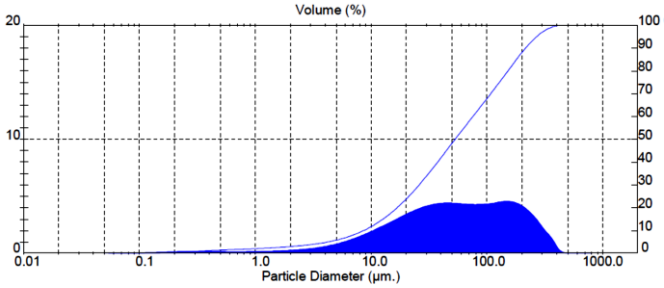
در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای، واحد تصفیه باید قادر باشد تا ذرات بزرگ‌تر از یک هشتم قطر روزنه قطره‌چکان را از آب خارج نماید (علیزاده، ۱۳۸۹). بنابراین رقم یک هشتم قطر روزنه به عنوان معیار انتخاب اندازه ذرات شن یا شماره استاندارد توری در صافی‌ها در نظر گرفته می‌شود. قطره‌چکان‌های تنظیم شونده فشار که در پژوهش حاضر مورد استفاده قرار گرفتند قطر روزنه‌ای حدود ۸۰۰ میکرون دارند. بنابراین واحد تصفیه در پژوهش حاضر باید بتواند ذرات بزرگتر از ۱۰۰ میکرون را از آب یا پساب جدا نماید. در این پژوهش به منظور تعیین دانه‌بندی و تشخیص اندازه ذرات موجود در پساب و مقایسه آنها با آب معمولی، مواد و ذرات فیلتر شده توسط فیلترهای شنی و توری سیستم‌های کنترل مرکزی جمع‌آوری شد و توسط دستگاه Master Sizer آنالیز گردید. در شکل‌های ۵ و ٦ منحنی درصد کوچکتر از هر اندازه تجمعی و منحنی فراوانی به ترتیب برای مواد فیلتر شده توسط فیلتر توری سیستم شاهد و فیلتر توری سیستم پساب نشان داده شده است. در این شکل‌ها، منحنی فراوانی با دیفرانسیل گرفتن از منحنی درصد کوچکتر از هر اندازه تجمعی به‌دست آمده و نقطه اوج این منحنی، اندازه ذره میانه را نشان می‌دهد. چنان که در این منحنی‌ها (و به‌طور تکمیلی در جدول‌های ٦ و ۷) ملاحظه می‌شود کوچکترین قطر ذرات فیلتر شده توسط فیلتر توری هم در سیستم شاهد و هم در سیستم پساب بین ۰/۰۷ – ۰/۰٦ میکرومتر است. در حالی که بزرگترین قطر ذرات فیلتر شده در سیستم شاهد ۳۳۰ میکرومتر (جدول ٦) و در سیستم پساب ٤۸۹ میکرومتر (جدول‌های ۷ و ۸) بوده است. همچنین در سیستم شاهد، ۵۰ درصد از ذرات، قطری کمتر از ۱۸ میکرومتر داشته‌اند؛ درحالی که در سیستم پساب این عدد ۵۳ میکرومتر است. توضیحات اخیر بیانگر این مطلب است که قطر ذرات فیلتر شده در سیستم شاهد به مراتب کوچکتر از ذرات فیلتر شده در سیستم پساب است. زبری کاملاً محسوس این ذرات هنگام شستن فیلتر توری سیستم شاهد، بیانگر آن بود که تقریباً تمامی این ذرات از اجزای معدنی تشکیل دهنده خاک می‌باشند. با توجه به طبقه‌بندی وزرات کشاورزی آمریکا (USDA) که تقریباً مورد قبول اکثر متخصصان فیزیک خاک می‌باشد (شکل ۷)، حدود ٦/۵ درصد از ذرات فیلتر شده در سیستم شاهد را رس، ۷۸/۵ درصد را سیلت و مابقی را شن ریز تا متوسط تشکیل داده است (شکل ۷ و جدول ٦). علاوه بر این، نزدیک بودن میانه (۱۸/٤۱ میکرومتر) و میانگین قطر ذرات (۳۰/۸۵ میکرومتر) فیلتر شده در سیستم شاهد نشان دهنده این است که توزیع ذرات فیلتر شده تا حد بسیار زیادی از توزیع نرمال تبعیت می‌کند که در منحنی فراوانی شکل ۵ قابل ملاحظه است. اما در سیستم پساب علاوه بر اینکه ذرات فیلتر شده قطر کاملاً بزرگ‌تری داشته‌اند، توزیع آنها نیز به سمت ذرات کوچک‌تر چولگی داشته است. درشت‌تر بودن این ذرات و همچنین نرمی و لزج بودن بسیار آنها هنگام شستشوی فیلتر توری پساب نشان داد که این ذرات برخلاف ذرات فیلتر شده در سیستم شاهد از اجزای معدنی خاک تشکیل نشده‌اند. با توجه به فرصت

کافی برای ته نشینی ذرات معدنی شن، سیلت و رس در حوضچه‌های پرورش ماهی، این موضوع معقول و منطقی به نظر می‌رسد. بنابراین، ذرات فیلتر شده توسط فیلتر توری پساب، عمدتاً جلبک‌ها و لجن‌های موجود در حوضچه‌ها و بقایای مواد غذایی که به ماهی‌ها داده می‌شود می‌باشند. علاوه بر این، مدفوع ماهی‌ها و مواد مترشحه از بدن آنها نیز هم به‌صورت مستقیم و هم به صورت غیر مستقیم (چسباندن سایر ذرات به یکدیگر) می‌توانند از اجزای تشکیل دهنده مواد فیلتر شده باشند. در هر صورت با توجه به جدول‌های ٦ و ٧ و معیار ١٠٠ میکرومتر برای واحد تصفیه در پژوهش حاضر (یک هشتم قطر روزنه قطره‌چکان‌ها) ملاحظه می‌شود که سیستم تصفیه در این پژوهش راندمان بالایی داشته است.

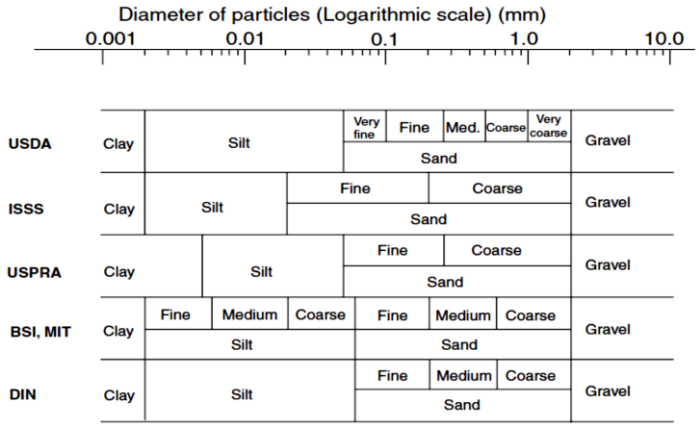
فیلترهای توری استفاده شده در این پژوهش، دارای شماره مش ١٢٠ و قطر منافذ ١٣٠ میکرون است. جداول موجود در جدول‌های ٦ و ٧ نشان می‌دهد که در سیستم شاهد و پساب به ترتیب، تنها ٣/٥ و ٢٥ درصد از ذرات فیلتر شده، اندازه‌ای بزرگتر از این قطر منافذ داشته‌اند. در اینجا می‌توان به این موضوع اشاره کرد که گاهی گیر افتادن مواد لابه لای مواد فیلتر شده توسط فیلتر توری و یا چسبیدن مواد به همدیگر (به‌ویژه در آب‌ها یا پساب‌هایی که حاوی تعداد باکتری زیادی می‌باشند) باعث می‌شود که دانه‌های درشت‌تری تشکیل گردد. همچنین تاثیر و بر هم کنش ناشی از حضور عناصر مغذی و میکروارگانیسم‌ها نیز می‌تواند باعث گرفتگی فیزیکی قطره‌چکان‌ها شود. بدین صورت که حضور عناصر مغذی باعث تشکیل لایه بیولوژیکی شده و این خود باعث تشدید گرفتگی قطره‌چکان‌ها ناشی از ذرات معلق (گرفتگی فیزیکی) می‌شود. در این خصوص لازم به ذکر است که دستگاه مستر سایزر مواد چسبیده شده به هم را از هم جدا می‌کند و سپس مورد آنالیز قرار می‌دهد. نتایج حاصل از آنالیز مواد توسط دستگاه مستر سایزر، سطح مخصوص ذرات فیلتر شده از فیلترهای توری شاهد و پساب را به ترتیب ٠/٥٠ و ٠/٢٨ متر مربع بر گرم نشان داد (جدول‌های ٦ و ٧). این مشخصه، از تقسیم نمودن مجموع سطح بیرونی کل ذرات بر جرم کل آنها به دست می‌آید. بنابراین با توجه به کوچکتر بودن اندازه ذرات فیلتر شده در سیستم شاهد، طبیعی است که سطح ویژه آنها بیشتر بوده و عدد مربوط به سطح ویژه بیشتر از عدد مربوط به سیستم پساب شده است.



شکل ٥. منحنی درصد کوچکتر از هر اندازه تجمعی و منحنی فراوانی برای مواد فیلتر شده توسط فیلتر توری شاهد



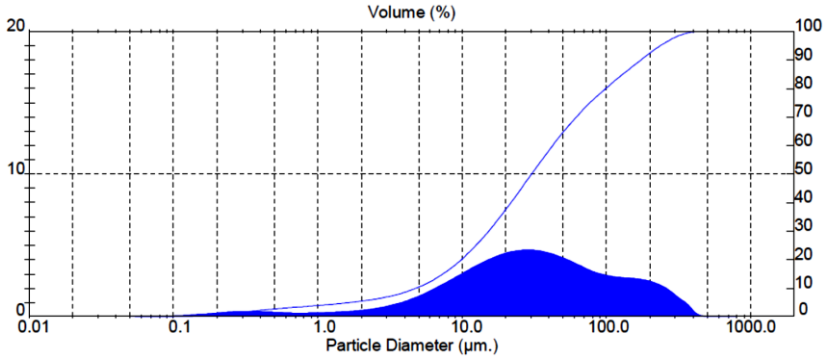
شکل ٦. منحنی درصد کوچکتر از هر اندازه تجمعی و منحنی فراوانی برای مواد فیلتر شده توسط فیلتر توری پساب



شکل ۷. شمای طبقه‌بندی ذرات خاک بر اساس قطر ذرات (به ترتیب وزرات کشاورزی آمریکا (USDA)، انجمن بین المللی خاکشناسی (ISSS)، سازمان بزرگراه‌های آمریکا (USPRA)، موسسه استانداردهای انگلیس (BSI)، دانشگاه صنعتی ماساچوست (MIT) و موسسه استاندارد آلمان (DIN).

جدول ٦. نتیجه آنالیز مواد فیلتر شده توسط فیلتر توری (سیستم شاهد) توسط دستگاه Master Sizer

نتایج آماری							
نوع توزیع: حجمی		غلظت = ۰/۰۲۲٤ حجمی ٪		دانسیته = ۲/٦٥۰ g/cm^3		سطح ویژه مخصوص= ۰/٥۰۰٦ m^2/g	
قطر متوسط:		D[v,0.1]= ۳/٤٤ µm		D[v,0.5]= ۱۸/٤۱ µm		D[v,0.9]= ٦۹/٥٤ µm	
D[4,3]= ۳۰/۸٥ µm		D[3,2]= ٤/٥۲ µm		Span = 3.590E+00		یکنواختی = 1.203E+00	
Size (µm)	Volume Under %	Size (µm)	Volume Under %	Size (µm)	Volume Under %	Size (µm)	Volume Under %
۹۲/٦۳	۸٤/۱٥	۲۱/۱٥	۷/۳۱	۳/۳٥	۰/٦۳٥	۰/۰٥٥	۰/۰۰
۹۳/۷۲	۹۲/۷۹	۲۳/٤۳	۸/۰٦	۳/٥٦	۰/۷۰۰	۰/۰٦۱	۰/۰۰
۹٤/٦۷	۱۰۲/۳	۲٥/۹۳	۸/۸۹	۳/۷۷	۰/۷۷۲	۰/۰٦۷	۰/۰۱
۹٥/٥۰	۱۱۲/۸	۲۸/٦٤	۹/۸۰	۳/۹۸	۰/۸٥۱	۰/۰۷٤	۰/۰۱
۹٦/۲٥	۱۲٤/٤	۳۱/٥٤	۱۰/۸۱	٤/۲۱	۰/۹۳۸	۰/۰۸۲	۰/۰۲
۹٦/۹۱	۱۳۷/۲	۳٤/٦۳	۱۱/۹۱	٤/٤٤	۱/۰۳	۰/۰۹۰	۰/۰۳
۹۷/٥۱	۱٥۱/۳	۷۳/۸۹	۱۳/۱٤	٤/٦۹	۱/۱٤	۰/۰۹۰	۰/۰٥
۹۸/۰٦	۱٦٦/۸	٤۱/۲۸	۱٤/٤۹	٤/۹٦	۱/۲٦	۰/۱۰۹	۰/۰۷
۹۸/٥٥	۱۸۳/۹	٤٤/۷۸	۱٥/۹۷	٥/۲٥	۱/۳۹	۰/۱۲۱	۰/۱۰
۹۸/۹۸	۲۰۲/۸	٤۸/۳٦	۱۷/٦۲	٥/٥۷	۱/٥۳	۰/۱۳۳	۰/۱٥
۹۹/۳٥	۲۲۳/٦	٥۱/۹۸	۱۹/٤۲	٥/۹۳	۱/٦۹	۰/۱٤۷	۰/۲۱
۹۹/٦٤	۲٤٦/٦	٥٥/٦۲	۲۱/٤۲	٦/۳۱	۱/۸٦	۰/۱٦۲	۰/۲۹
۹۹/۸۷	۲۷۱/۹	٥۹/۲٤	۲۳/٦۲	٦/۷۳	۲/۰٥	۰/۱۷۸	۰/۳۹
۹۹/۹۸	۲۹۹/۸	٦۲/۸۲	۲٦/۰٤	۷/۲۰	۲/۲٦	۰/۱۹٦	۰/٥۲
۱۰۰/۰۰	۳۳۰/٦	٦٦/۳۱	۲۸/۷۲	۷/۷۳	۲/٤۹	۰/۲۱۷	۰/٦۸
۱۰۰/۰۰	۳٦٤/٦	٦۹/۷۳	۳۱/٦٦	۸/۳۳	۲/۷٥	۰/۲۳۹	۰/۸۸
۱۰۰/۰۰	٤۰۲/۰	۷۳/۰٥	۳٤/۹۲	۹/۰۰	۳/۰۳	۰/۲٦۳	۱/۱۰
۱۰۰/۰۰	٤٤۳/۳	۷٦/۱۷	۳۸/٥۰	۹/۷۷	۳/۳٤	۰/۲۹۰	۱/۳٥
۱۰۰/۰۰	٤۸۸/۸	۷۹/۰۸	٤۲/٤٥	۱۰/٦٤	۳/٦۹	۰/۳۲۰	۱/٦۲
۱۰۰/۰۰	٥۳۹/۰	۸۱/۷٥	٤٦/۸۱	۱۱/٦٤	٤/۰۷	۰/۳٥۳	۱/۸۹
۱۰۰/۰۰	٥۹٤/۳	۸٤/۱۷	٥۱/٦۲	۱۲/۷۹	٤/٤۸	۰/۳۸۹	۲/۱٥
۱۰۰/۰۰	٦٥٥/٤	۸٦/۳٤	٥٦/۹۲	۱٤/۰۸	٤/۹٤	۰/٤۲۹	۲/٤۱
۱۰۰/۰۰	۷۲۲/۷	۸۸/۲٥	٦۲/۷٦	۱٥/٥٦	٥/٤٥	۰/٤۷۳	۲/٦٦
۱۰۰/۰۰	۷۹٦/۹	۸۹/۹۲	٦۹/۲۱	۱۷/۲۲	٦/۰۱	۰/٥۲۲	۲/۹۰
۱۰۰/۰۰	۸۷۸/۷	۹۱/۳۸	۷٦/۳۲	۱۹/۰۸	٦/٦۳	۰/٥۷٦	۳/۱۳



شکل ۸. منحنی درصد کوچکتر از هر اندازه تجمعی و منحنی فراوانی برای مواد فیلتر شده توسط فیلتر شنی سیستم پساب

جدول ۷. نتیجه آنالیز مواد فیلتر شده توسط فیلتر توری (سیستم پساب) توسط دستگاه **Master Sizer**

نتایج آماری			
نوع توزیع: حجمی	غلظت = ۰/۰٤٦۳ حجمی ٪	دانسیته = ۲/٦٥۰ g/cm^3	سطح ویژه مخصوص= ۰/۲۷۸۱ m^2/g
قطر متوسط:	D[v,0.1]= ۸/٦۰ µm	D[v,0.5]= ٥۳/۰٦ µm	D[v,0.9]= ۲۱٥/۷۹ µm
D[4,3]= ۸٦/۰۰ µm	D[3,2]= ۸/۱٤ µm	Span = 3.905E+00	یکنواختی = 1.190E+00

Size (µm)	Volume Under %	Size (µm)	Volume Under %	Size (µm)	Volume Under %	Size (µm)	Volume Under %
۰/۰٥٥	۰/۰۰	۰/٦۳٥	۱/٦٦	۷/۳۱	۸/٤۳	۸٤/۱٥	٦۳/۰۰
۰/۰٦۱	۰/۰۱	۰/۷۰۰	۱/۷٤	۸/۰٦	۹/۳۳	۹۲/۷۹	٦٥/۷٥
۰/۰٦۷	۰/۰۲	۰/۷۷۲	۱/۸۳	۸/۸۹	۱۰/۳٥	۱۰۲/۳	٦۸/٥۰
۰/۰۷٤	۰/۰۳	۰/۸٥۱	۱/۹۲	۹/۸۰	۱۱/٤۸	۱۱۲/۸	۷۱/۲۸
۰/۰۸۲	۰/۰٤	۰/۹۳۸	۲/۰۱	۱۰/۸۱	۱۲/۷٤	۱۲٤/٤	۷٤/۱۰
۰/۰۹۰	۰/۰٦	۱/۰۳	۲/۱۱	۱۱/۹۱	۱٤/۱۲	۱۳۷/۲	۷٦/۹۸
۰/۰۹۰	۰/۰۹	۱/۱٤	۲/۲۱	۱۳/۱٤	۱٥/٦٤	۱٥۱/۳	۷۹/۸۹
۰/۱۰۹	۰/۱۲	۱/۲٦	۲/۳۳	۱٤/٤۹	۱۷/۲۹	۱٦٦/۸	۸۲/۷۹
۰/۱۲۱	۰/۱٦	۱/۳۹	۲/٤٥	۱٥/۹۷	۱۹/۰۹	۱۸۳/۹	۸٥/٦۳
۰/۱۳۳	۰/۲۰	۱/٥۳	۲/٥۸	۱۷/٦۲	۲۱/۰۲	۲۰۲/۸	۸۸/۳٦
۰/۱٤۷	۰/۲٦	۱/٦۹	۲/۷۲	۱۹/٤۲	۲۳/۱۰	۲۲۳/٦	۹۰/۹۱
۰/۱٦۲	۰/۳۲	۱/۸٦	۲/۸۷	۲۱/٤۲	۲٥/۳۰	۲٤٦/٦	۹۳/۲۱
۰/۱۷۸	۰/۳۹	۲/۰٥	۳/۰۳	۲۳/٦۲	۲۷/٦٤	۲۷۱/۹	۹٥/۲۲
۰/۱۹٦	۰/٤۷	۲/۲٦	۳/۲۱	۲٦/۰٤	۳۰/۰۹	۲۹۹/۸	۹٦/۹۰
۰/۲۱۷	۰/٥٦	۲/٤۹	۳/٤۱	۲۸/۷۲	۳۲/٦٥	۳۳۰/٦	۹۸/۲۰
۰/۲۳۹	۰/٦٦	۲/۷٥	۳/٦۳	۳۱/٦٦	۳٥/۳۰	۳٦٤/٦	۹۹/۲۰
۰/۲٦۳	۰/۷٦	۳/۰۳	۳/۸۸	۳٤/۹۲	۳۸/۰۲	٤۰۲/۰	۹۹/۸۱
۰/۲۹۰	۰/۸۷	۳/۳٤	٤/۱٦	۳۸/٥۰	٤۰/۷۹	٤٤۳/۳	۹۹/۹٦
۰/۳۲۰	۰/۹۷	۳/٦۹	٤/٤۹	٤۲/٤٥	٤۳/٥۹	٤۸۸/۸	۱۰۰/۰۰
۰/۳٥۳	۱/۰۸	٤/۰۷	٤/۸٥	٤٦/۸۱	٤٦/٤۰	٥۳۹/۰	۱۰۰/۰۰
۰/۳۸۹	۱/۱۹	٤/٤۸	٥/۲۷	٥۱/٦۲	٤۹/۲۱	٥۹٤/۳	۱۰۰/۰۰
۰/٤۲۹	۱/۲۹	٤/۹٤	٥/۷٥	٥٦/۹۲	٥۲/۰۰	٦٥٥/٤	۱۰۰/۰۰
۰/٤۷۳	۱/۳۹	٥/٤٥	٦/۲۹	٦۲/۷٦	٥٤/۷۸	۷۲۲/۷	۱۰۰/۰۰
۰/٥۲۲	۱/٤۸	٦/۰۱	٦/۹۲	٦۹/۲۱	٥۷/٥۳	۷۹٦/۹	۱۰۰/۰۰
۰/٥۷٦	۱/٥۷	٦/٦۳	۷/٦۳	۷٦/۳۲	٦۰/۲۷	۸۷۸/۷	۱۰۰/۰۰

جدول ۸. نتیجه آنالیز مواد فیلتر شده توسط فیلتر شنی (سیستم پساب) توسط دستگاه Master Sizer

نتایج آماری							
نوع توزیع: حجمی		غلظت = ۰/۰۴۷۹ حجمی ٪		دانسیته = ۲/۶۵۰ g/cm^3		سطح ویژه مخصوص= ۰/۴۵۶۴ m^2/g	
قطر متوسط:		D[v,0.1]= ۴/۷۹ µm		D[v,0.5]= ۳۰/۳۲ µm		D[v,0.9]= ۱۷۳/۳۳ µm	
D[4,3]= ۶۱/۴۸ µm		D[3,2]= ۴/۹۶ µm		Span = 5.558E+00		یکنواختی = 1.593E+00	
Size (µm)	Volume Under %	Size (µm)	Volume Under %	Size (µm)	Volume Under %	Size (µm)	Volume Under %
۷۶/۸۱	۸۴/۱۵	۷/۳۱	۱۴/۹۰	۳/۱۹	۰/۶۳۵	۰/۰۰	۰/۰۵۵
۷۸/۷۴	۹۲/۷۹	۸/۰۶	۱۶/۴۰	۳/۳۶	۰/۷۰۰	۰/۰۱	۰/۰۶۱
۸۰/۶۰	۱۰۲/۳	۸/۸۹	۱۸/۰۶	۳/۵۲	۰/۷۷۲	۰/۰۲	۰/۰۶۷
۸۲/۴۱	۱۱۲/۸	۹/۸۰	۱۹/۸۸	۳/۶۸	۰/۸۵۱	۰/۰۳	۰/۰۷۴
۸۴/۱۸	۱۲۴/۴	۱۰/۸۱	۲۱/۸۵	۳/۸۴	۰/۹۳۸	۰/۰۵	۰/۰۸۲
۸۵/۹۲	۱۳۷/۲	۱۱/۹۱	۲۳/۹۷	۴/۰۱	۱/۰۳	۰/۰۷	۰/۰۹۰
۸۷/۶۴	۱۵۱/۳	۱۳/۱۴	۲۶/۲۴	۴/۱۹	۱/۱۴	۰/۱۰	۰/۰۹۰
۸۹/۳۴	۱۶۶/۸	۱۴/۴۹	۲۸/۶۶	۴/۳۷	۱/۲۶	۰/۱۴	۰/۱۰۹
۹۱/۰۱	۱۸۳/۹	۱۵/۹۷	۳۱/۲۰	۴/۵۷	۱/۳۹	۰/۱۹	۰/۱۲۱
۹۲/۶۲	۲۰۲/۸	۱۷/۶۲	۳۳/۸۶	۴/۷۹	۱/۵۳	۰/۲۶	۰/۱۳۳
۹۴/۱۵	۲۲۳/۶	۱۹/۴۲	۳۶/۶۳	۵/۰۲	۱/۶۹	۰/۳۴	۰/۱۴۷
۹۵/۵۷	۲۴۶/۶	۲۱/۴۲	۳۹/۴۸	۵/۲۷	۱/۸۶	۰/۴۴	۰/۱۶۲
۹۶/۸۴	۲۷۱/۹	۲۳/۶۲	۴۲/۳۹	۵/۵۵	۲/۰۵	۰/۵۷	۰/۱۷۸
۹۷/۹۲	۲۹۹/۸	۲۶/۰۴	۴۵/۳۵	۵/۸۵	۲/۲۶	۰/۷۱	۰/۱۹۶
۹۸/۷۸	۳۳۰/۶	۲۸/۷۲	۴۸/۳۴	۶/۱۹	۲/۴۹	۰/۸۸	۰/۲۱۷
۹۹/۴۴	۳۶۴/۶	۳۱/۶۶	۵۱/۳۲	۶/۵۷	۲/۷۵	۱/۰۷	۰/۲۳۹
۹۹/۸۵	۴۰۲/۰	۳۴/۹۲	۵۴/۲۷	۷/۰۰	۳/۰۳	۱/۲۹	۰/۲۶۳
۹۹/۹۶	۴۴۳/۳	۳۸/۵۰	۵۷/۱۸	۷/۵۰	۳/۳۴	۱/۵۱	۰/۲۹۰
۱۰۰/۰۰	۴۸۸/۸	۴۲/۴۵	۶۰/۰۲	۸/۰۶	۳/۶۹	۱/۷۵	۰/۳۲۰
۱۰۰/۰۰	۵۳۹/۰	۴۶/۸۱	۶۲/۷۸	۸/۷۰	۴/۰۷	۱/۹۸	۰/۳۵۳
۱۰۰/۰۰	۵۹۴/۳	۵۱/۶۲	۶۵/۴۳	۹/۴۴	۴/۴۸	۲/۲۱	۰/۳۸۹
۱۰۰/۰۰	۶۵۵/۴	۵۶/۹۲	۶۷/۹۶	۱۰/۲۸	۴/۹۴	۲/۴۳	۰/۴۲۹
۱۰۰/۰۰	۷۲۲/۷	۶۲/۷۶	۷۰/۳۷	۱۱/۲۴	۵/۴۵	۲/۶۴	۰/۴۷۳
۱۰۰/۰۰	۷۹۶/۹	۶۹/۲۱	۷۲/۶۴	۱۲/۳۲	۶/۰۱	۲/۸۳	۰/۵۲۲
۱۰۰/۰۰	۸۷۸/۷	۷۶/۳۲	۷۴/۷۹	۱۳/۵۴	۶/۶۳	۳/۰۲	۰/۵۷۶

مواد و ذرات حاصل از شستشوی معکوس فیلتر شنی پساب نیز با دستگاه مستر سایزر آنالیز گردید. در شکل ۸ منحنی درصد کوچکتر از هر اندازه تجمعی و منحنی فراوانی آنالیز مذکور نشان داده شده است. چنان که در این منحنی (و به‌طور تکمیلی در جدول ۸) ملاحظه می‌شود کوچکترین قطر ذرات فیلتر شده توسط فیلتر شنی در سیستم پساب ۰/۰۶ میکرومتر و بزرگترین آنها ۴۸۹ میکرومتر بوده که مشابه با مواد فیلتر شده توسط فیلتر توری پساب است (جدول‌های ۷ و ۸).

فیلترهای شنی مورد استفاده در این پژوهش دارای دو قطر ذرات کوچک‌تر (mm ۵–۳) و درشت‌تر(mm ۸–۵) بودند. با فرض اینکه قطر کوچک‌ترین ذرات به‌طور

متوسط ٤ میلی‌متر بوده باشد، فیلتر شنی می‌بایست ذراتی که قطرشان بزرگتر از ۳۳۳ میکرومتر یا همان یک دوازدهم متوسط دانه‌های شن بوده است را فیلتر نمایند. در حالی که با توجه به جدول موجود در جدول ۸، تنها یک درصد ذرات فیلتر شده توسط فیلتر شنی، قطری بیشتر از این مقدار داشته‌اند. یعنی در واقع، ذرات موجود در پساب مزرعه پرورش ماهی بسیار کوچکتر از این قطر می‌باشند. از طرفی، جدول موجود در جدول ۷، نشان می‌دهد که ۹۹ درصد ذراتی که توسط فیلتر توری پساب فیلتر شده‌اند (و در واقع از فیلتر شنی عبور کرده‌اند)، نیز قطرشان کمتر از ۳۳۳ میکرون بوده است. بنابراین می‌توان چنین نتیجه گرفت که بهتر است از شن‌هایی با اندازه کوچکتر برای استفاده در فیلتر شنی برای تصفیه پساب پرورش ماهی استفاده نمود.

در جداول ٦ تا ۸، میزان یکنواختی ذرات فیلتر شده (Uniformity) گزارش شده است. این مشخصه بیانگر انحراف معیار مطلق از میانگین است که هرچه کمتر باشد، یکنواختی توزیع اندازه ذرات بیشتر است و معمولاً مقادیر کمتر از ۱/۵ بیانگر یکنواختی مطلوب می‌باشد. چنان که در جداول نام برده ملاحظه می‌شود مقادیر یکنواختی ذرات فیلتر شده در فیلترهای توری شاهد و پساب به ترتیب ۱/۲۰ و ۱/۱۹ و در فیلتر شنی پساب ۱/۵۹ بوده است. این موضوع نشان می‌دهد که ذرات فیلتر شده توسط فیلترهای توری، توزیع یکنواخت‌تری نسبت به فیلتر شنی داشته‌اند.

علاوه بر این، مشخصه پهنای توزیع ذرات (Span) در جدول‌های ٦ تا ۸ گزارش شده که از فرمول زیر محاسبه گردیده است.

$$Span = \frac{d_{0.9} - d_{0.1}}{d_{0.5}} \qquad (۲)$$

در این فرمول $d_{0.9}$، $d_{0.1}$ و $d_{0.5}$ اندازه ذراتی هستند که به ترتیب ۹۰، ۱۰ و ۵۰ درصد ذرات از آن‌ها کوچکتر می‌باشد. مشخصه پهنای توزیع ذرات نیز هرچه قدر کوچکتر باشد یکنواختی بیشتر است. جدول‌های ٦ تا ۸ نشان می‌دهد که مشخصه مذکور در فیلترهای توری شاهد و پساب به ترتیب ۳/۵۹ و ۳/۹۰ و در فیلتر شنی پساب ٥/٥٦ بوده است. در مجموع از مباحث اخیر می‌توان چنین نتیجه گرفت که هنگام استفاده از پساب پرورش ماهی، کارایی و راندمان تصفیه فیلترهای توری بیشتر از فیلترهای شنی است و وجود این فیلترها ضروری‌تر به نظر می‌رسد.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج پژوهش حاضر نشان داد که شستشوی حوضچه‌های پرورش ماهی تأثیر معنی‌داری بر غلظت مواد جامد معلق (در سطح ۱ درصد) و غلظت مواد آلی پساب (در سطح ۵ درصد) می‌گذارد. اما تأثیر شستشوی حوضچه‌ها بر غلظت نیترات و تعداد باکتری‌های موجود در پساب، اندک و قابل چشم‌پوشی است. نتایج همچنین نشان داد که دبی قطره‌چکان‌های میکروفلاپر با دبی اسمی ۸ L/h در هر دو تیمار پساب همبستگی معنی‌داری (در سطح ۱ درصد) با شستشوی حوضچه‌ها دارد و دبی خروجی از قطره‌چکان‌های میکروفلاپر نسبت به قطره‌چکان‌های نتافیم، همبستگی بیشتری را با عملیات شستشوی استخرها از خود نشان دادند. به عبارت دیگر، آبیاری با پساب پرورش ماهی هنگام شستشوی استخرها باعث می‌شود که دبی قطره‌چکان‌های میکروفلاپر به میزان بیشتری نسبت به قطره‌چکان‌های نتافیم کاهش یابد. نتایج همچنین نشان داد که هنگام استفاده از پساب پرورش ماهی، کارایی و راندمان تصفیه فیلترهای توری بیشتر از فیلترهای شنی است و وجود این فیلترها ضروری‌تر به نظر می‌رسد.

منابع مورد استفاده

بی‌نام. ۱۳۸۳. ضوابط و معیارهای فنی آبیاری تحت فشار. نشریه شماره ۲۸٦. انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.

فاریابی، ا.، قربانی، ب.، معروف‌پور، ع. و بهرامی کمانگر، ب. ۱۳۹۵. تاثیر کیفیت پساب مزارع پرورش ماهی بر عملکرد هیدرولیکی قطره‌چکان‌های تنظیم شونده نتافیم و میکروفلاپر. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ۳۰(۱): ۱۱۷-۱۰۳.

فاریابی، ا.، قربانی، ب.، معروف‌پور، ع. و بهرامی کمانگر، ب. ۱۳۹٦. بررسی انسداد نسبی قطره‌چکان‌ها در آبیاری قطره‌ای تحت شرایط استفاده از پساب حوضچه‌های پرورش ماهی. پژوهش آب ایران. ۱۱(٤): ۱۲-۱.

عابدی کوپایی، ج. و بختیاری‌فر، ع. ۱۳۸۳. تأثیر پساب تصفیه شده بر خصوصیات هیدرولیکی انواع قطره‌چکان‌ها در سیستم آبیاری قطره‌ای. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۸: ٤۲-۳۳.

علیزاده ا. ۱۳۸۹. اصول و عملیات آبیاری قطره‌ای. انتشارات آستان قدس رضوی. ٤۵۰ صفحه.

Anonymous, 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association. 21th Edition. American Public Health Association, New York.

Brummett, R.E. 1999. Integrated Aquaculture in Subsaharan Africa. Environment, Development and Sustainability. 1: 315-321.

Edwards, P. 1998. A systems approach for the promotion of integrated aquaculture. Aquaculture Economics and Management. 2: 1-12.

Li, Y., Song, P., Pei, Y., Feng, J. 2015. Effects of lateral flushing on emitter clogging and biofilm components in drip irrigation systems with reclaimed water. Irrigation Science. 33: 235-245.

Mokari Ghahroodi, E., H. Noory., A.M. Liaghat. 2015. Performance evaluation study and hydrologic and productive analysis of irrigation systems at the Qazvin irrigation network (Iran). Agricultural Water Management. 148: 189-195.

Nadav, I., Tarchitzky, J., Chen, Y. 2013. Induction of soil water repellency following irrigation with treated wastewater: effects of irrigation water quality and soil texture. Irrigation Science. 31: 385-394.

Phong, L.T. 2007. Integrated agriculture-aquaculture systems in the Mekong Delta, Vietnam: an analysis of recent trends. Asian Journal of Agriculture and Development. 4: 51-66.

Pilarski, F., Tomazelli Júnior, O., Casaca, J.d.M., Garcia, F.R.M., Tomazelli, I.B., Santos, I.R.D. 2004. Integrated fish/pig systems: environmental feature and fish quality. Revista Brasileira de Zootecnia. 33: 267-276.

Smardon, R.C. 2006. Heritage values and functions of wetlands in Southern Mexico. Landscape and Urban Planning. 74: 296-312.

Talebnejad, R., and A.R. Sepaskhah. 2015. Effect of different saline groundwater depths and irrigation water salinities on yield and water use of quinoa in lysimeter. Agricultural Water Management. 148: 177-188.

Zajdband, A.D. 2009. Integrando actividades en la Provincia de Misiones. Rev LEISA de Agroecol. 25: 31–33.

Zajdband, A.D. 2011. Integrated Agri-Aquaculture Systems. In: Lichtfouse E. 2011. Genetics, Biofuels and Local Farming Systems. Sustainable Agriculture Reviews 7. Springer Science. Business Media B.V.

ISSN 2251-7480

The effect of rainbow trout ponds washing on wastewater quality and performance of central control for drip irrigation system

Arsalan Faryabi[1*], Eisa Maroufpoor [2], Behzad Ghorbani[3], and Barzan Bahrami Kamangar[4]

1) Assistant professor in Department of Water Engineering, Department of Water Engineering, Jiroft University, Jiroft, Iran.
*Corresponding author email: faryabi.arsalan@ujiroft.ac.ir
2) Associate professor in Department of Water Engineering, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.
3) Associate professor in Department of Water Engineering, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.
4) Associate professor in Department of Fisheries Engineering, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.

Received: 12-12-2018 Accepted: 21-01-2020

Abstract

The operation of fish ponds washing increases the risk of using these wastewater in drip irrigation by raising the amount of suspended solids and organic matter in the wastewater. In this paper, three drip irrigation treatments were performed. For each treatment, Netafim and Microflapper emitters were used with 4, 8 and 12 l/h discharges. During a season, 42 irrigation events were conducted with conventional water (as control) and fish farming effluent (with depletion and without depletion of tubes). Several samples were collected from wastewater, in the usual mode and in washing the fish ponds, in three replicates. The physical, chemical and biological properties of all samples were measured and compared. The filtered materials by sand and grid filters of the control and wastewater systems were analyzed by Master Sizer device. The results showed that washing has a significant effect on the concentration of suspended solids (P<1%) and the concentration of organic matter (P<5%). But the effect of washing on the concentration of nitrate and the number of bacteria in the wastewater is small and negligible. The results also showed that the discharge of 8 L/h Microflopper emitters had a significant correlation (P<1%) with pond washing in both effluent treatments, and the discharge rate of Microflapper emitters was more correlated with the washing operations compared to the Netafim emitters. The results also showed that the efficiency of grid filters are more than sand filters when fish farm effluent is using, and the presence of these filters is more necessary.

Keywords: Drip irrigation; Emitter clogging; Oncorhynchus mykiss; Unconventional water