# کاربرد حوضچه رسوب‌گیر در بهبود کیفیت آب استخر و کاهش نیاز به فیلترهای شن در سامانه‌های نوین آبیاری

رضا پورواعظی*[1] ، کوروش قادری[2] ، مجید رحیم پور[2] ، نادر کوهی [3]

۱- دانشجوی دکتری سازه های آبی، محقق غیر هیئت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران

۲- دانشیار بخش مهندسی آب، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

۳- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران

*Email: Poorvaezi.66@gmail.com

**چکیده**

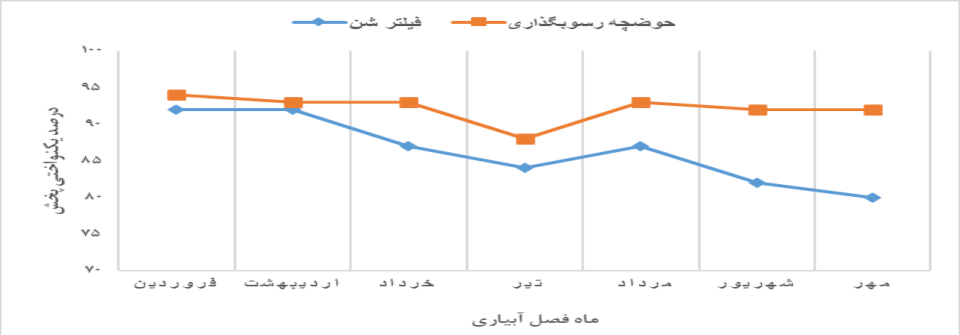
کیفیت آب ورودی به سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار نقش تعیین‌کننده‌ای در کاهش گرفتگی قطره‌چکان‌ها و حفظ یکنواختی توزیع آب دارد. استفاده از فیلترهای شنی تحت فشار اگرچه رایج است اما در بسیاری از موارد به دلیل افزایش فشار و شکسته شدن دانه‌های شن، خود به منبع ورود ذرات ریز به شبکه تبدیل شده و هزینه‌های تعمیرات را افزایش می‌دهد. در این پژوهش، کارایی حوضچه رسوب‌گیر به‌عنوان جایگزینی کم‌هزینه و پایدار بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد که طراحی و اجرای صحیح حوضچه رسوب‌گیر می‌تواند باعث عدم کاهش یکنواختی پخش در سیستم آبیاری گردد به‌طوری‌که در پایان فصل آبیاری میزان یکنواختی پخش در مزرعه‌ای که از فیلتر شن استفاده شده بود ۸۰ درصد و در مزرعه‌ای که از حوضچه آرامش به جای فیلتر شن استفاده گردیده بود ۹۲ درصد برآورد شد. همچنین تحلیل‌های اقتصادی نشان داد استفاده از این روش ضمن افزایش طول عمر تجهیزات، هزینه نگهداری سیستم را در طول فصل آبیاری کاهش می‌دهد. همچنین این جایگزینی موجب عدم کاهش فشار در سیستم آبیاری تحت فشار در اثر انسداد فیلترهای شن می‌گردد و باعث افزایش عملکرد سیستم‌های تصفیه ثانویه مانند فیلترهای دیسکی می‌گردد.

**واژه های کلیدی:** حوضچه رسوب‌گیر، فیلتر شن، کیفیت آب، یکنواختی پخش

**بیان مسئله**

- **روند تغییرات یکنواختی پخش قطره چکان ها در طول فصل آبیاری**

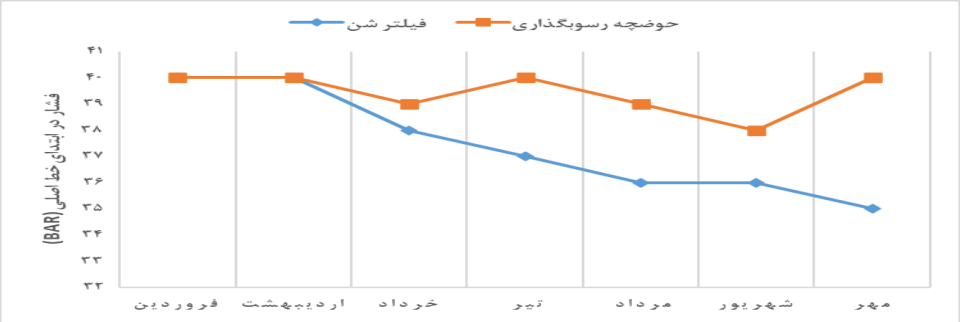
نمودار شکل ۱ میزان تغییرات یکنواختی پخش در قطره چکان های دو مزرعه مورد بررسی را نشان می دهد با توجه به اندازه گیری های ماهانه نشان داده شد که در طول فصل میزان یکنواختی پخش آب در مزرعه ای که از حوضچه رسوبگیر استفاده می‌کند بیشتر بوده و تغییرات آنها نیز در بازه کمتری اتفاق افتاد. در مزرعه ای که از فیلترهای شن جهت تصفیه اولیه آب استفاده شده بود، میزان یکنواختی پخش در طول فصل آبیاری به صورت نزولی بود . حتی استفاده از کودهای اسیدی در تیر ماه (اسید شویی) باعث افزایش قابل توجه این شاخص نگردید که می تواند نشان دهده گرفتگی فیزیکی با مواد معدنی باشد که ناشی از خرد شدن سیلیس‌های فیلتر شن و ورود آنها به قطره‌چکان باشد. نتایج این نمودار تأییدکننده نقش مؤثر حوضچه رسوب‌گیر در افزایش پایداری هیدرولیکی سیستم و جلوگیری از انسداد تدریجی قطره‌چکان‌ها می‌باشد.




**شکل ۱ – درصد تغییرات یکنواختی پخش**

- **مقایسه تغییرات فشار در ابتدای خط اصلی سیستم آبیاری تحت فشار**

با توجه به ورود ذرات مواد آلی و کلوییدی به فیلتر شن و خاصیت چسبندگی که بین این مواد و ذرات سیلیس موجود در فیلتر شن ایجاد می شود به مرور ظرفیت عبوری آب از فیلتر شن کاهش می‌یابد که این امر موجب افزایش فشار قبل از سیستم و کاهش فشار بعد از سیستم فیلتر شن می‌شود که با استفاده از شست‌وشوی معکوس می‌توان این اختلاف را کم کرد. ولی معمولا بعد از گذشت زمان و نفوذ این مواد به لایه‌های پایین‌تر فیلتر شن امکان خارج کردن آنها از فیلتر شن با استفاده از شست و شوی معکوس وجود ندارد همانطور که در نمودار شکل ۲ مشاهده می شود فشار در ابتدای سیستم در مزرعه ای که از فیلتر شن استفاده می کند به مرور تا انتهای فصل کاهش می یابد که یکی از علل آن را می‌توان گرفتگی فیلترهای شن و کاهش عملکرد آنها دانست. ولی در سیستم هایی که از فیلتر شن استفاده نمی‌شود تغییرات فشار تقریبا روند ثابتی دارد و کاهش نقطه‌ای در برخی زمان‌ها به علت گرفتگی جزئی در فیلترهای ثانویه بوده که پس از شستشوی این فیلترها، فشار به حالت نرمال اولیه باز می‌گردد.



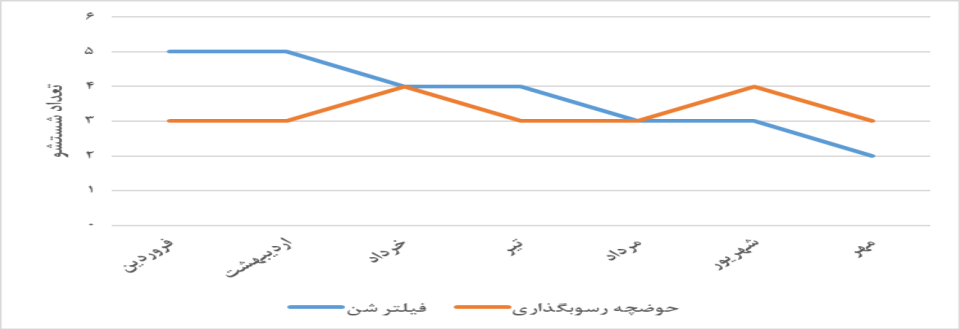

**شکل ۲- نمودار تغییرات فشار در ابتدای خط اصلی سیستم آبیاری تحت فشار**

- **مقایسه هزینه کل سیستم آبیاری در دو سناریو**

در سیستم دارای فیلتر شنی، هزینه‌ها شامل شست‌وشوی مکرر فیلتر، تعویض بستر شنی، مصرف انرژی بیشتر، تعمیرات ناشی از گرفتگی قطره‌چکان‌ها و توقف‌های ناخواسته در آبیاری است. در مقابل، استفاده از حوضچه رسوب‌گیر هزینه کل کاهش داده است؛ زیرا رسوب‌زدایی عمدتاً به صورت طبیعی انجام می‌شود، نیاز به شست‌وشوی پرفشار حذف می‌گردد و خسارت‌های ناشی از گرفتگی قطره‌چکان‌ها به حداقل می‌رسد. این کاهش هزینه‌ها اهمیت اقتصادی به‌کارگیری حوضچه رسوب‌گیر را نسبت به فیلترهای شنی پرهزینه نشان می‌دهد.

- **تعداد شست‌وشو در فیلتر ثانویه**

فیلتر های ثانویه معمولا وظیفه آب عبوری از فیلترهای شن را بر عهده دارند و در واقع ذرات عبوری از فیلترهای شن را از آب آبیاری جدا می‌کنند. همان طور که گفته شد سیلیس‌های موجود در فیلتر شن در اثر فشار آب و سایش با یکدیگر خرد شده و از فیلترشن به سمت فیلترهای ثانویه (در اینجا فیلترهای دیسکی) حرکت می‌کنند. معمولا ذرات درشت‌تر خرده‌های سیلیس در بین صفحات دیسک فیلترهای دیسکی به دام افتاده و در برخی موارد به دلیل فشار صفحات امکان شست و شوی این ذرات از بین فیلترهای دیسکی وجود ندارد و در واقع بین دو صفحه دیسک فاصله ایجاد شده که باعث می شود علاوه بر عبور ذرات کوچکتر به داخل خطوط آبیاری و در نهایت گرفتگی قطره چکان‌ها، کارایی فیلترهای دیسکی نیز کاهش می‌یابد (شکل ۳). معمولا در این مواقع با توجه به باز شدن مسیر آب در اثر فاصله افتادن بین دیسک‌های فیلتر ثانویه اختلاف فشار در دو طرف فیلتر ثانویه کاهش یافته و با اینکه فیلتر ممکن است حاوی ذرات جامد زیادی باشد ولی اختلاف فشار دو طرف فیلتراسیون به دلیل عبور آب از منافذ ایجاد شده بسیار کم نشان داده می شود . و در واقع مطابق شکل ۳ تعداد دفعات شست‌وشوی فیلترهای ثانویه کاهش پیدا کرده که باعث عبور ذرات از این فیلترها و در نهایت گرفتگی قطره‌چکان‌ها می‌شود. با توجه به نمودار شکل ۳ در مزرعه‌ای که از حوضچه رسوبگیر به جای فیلتر شن استفاده گردید تعداد شست‌وشوها در هر مرحله آبیاری تقریبا ثابت بود ولی در مزرعه ای که از فیلتر شن استفاده شد در طول فصل آبیاری در هر بار آبیاری نیاز به شست‌وشو در فیلترهای ثانویه روند کاهشی داشته است




**شکل ۳- تعداد شست‌وشو در فیلتر ثانویه**

**معرفی دستاورد**

کیفیت منابع آب یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده در عملکرد و ماندگاری سامانه‌های آبیاری تحت فشار است زیرا وجود ذرات معلق، مواد آلی، رسوبات معدنی و ناخالصی‌های فیزیکی می‌تواند موجب کاهش دبی، افت فشار و در نهایت گرفتگی اجزای حساس شبکه مانند قطره‌چکان‌ها و نازل‌ها شود. این سامانه‌ها به دلیل قطر کم مجاری و حساسیت بالا به تغییرات کیفیت آب، نیازمند تأمین آبی نسبتاً عاری از رسوبات هستند تا کارایی توزیع آب، یکنواختی آبیاری و طول عمر تجهیزات حفظ شود. ازاین‌رو هرگونه افزایش بار رسوبی، ورود ذرات ریز یا اعمال فشارهای غیرمتعارف بر تجهیزات تصفیه می‌تواند باعث افزایش هزینه‌های نگهداری، کاهش کارایی و در برخی موارد اختلال کامل در سامانه گردد. بنابراین مدیریت پیشگیرانه کیفیت آب در مرحله آبگیر(حذف اولیه ذرات درشت و معلق) یکی از ضرورت‌های حیاتی برای پایداری و بهره‌وری سامانه‌های آبیاری تحت فشار محسوب می‌شود (۱). یکی از چالش‌های مهم در بسیاری از سامانه‌های آبیاری، عملکرد ناپایدار فیلترهای شنی به‌ویژه تحت فشارهای بالااست. هنگامی که فشار ورودی بیش‌ازحد استاندارد افزایش می‌یابد، ذرات شن درون فیلتر دچار سایش و خردشدگی می‌شوند و همین مسأله باعث تولید ذرات بسیار ریز سیلیسی می‌گردد که برخلاف هدف اولیه فیلتر، نه‌تنها حذف نمی‌شوند بلکه وارد شبکه آبیاری شده و سبب گرفتگی قطره‌چکان‌ها و کاهش یکنواختی آبیاری می‌شوند. علاوه بر این، فیلترهای شنی نیازمند شست‌وشوی معکوس دوره‌ای، نگهداری مستمر و صرف هزینه قابل‌توجه برای تعویض بستر شن هستند؛ موضوعی که برای بسیاری از بهره‌برداران، به‌ویژه در واحدهای کوچک، چالش‌برانگیز و هزینه‌زا است (۲).

در چنین شرایطی، استفاده از روش‌های ساده، کم‌هزینه و نیاز اندک به نگهداری برای حذف ذرات معلق قبل از ورود آب به سیستم آبیاری اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند. یکی از موثرترین این روش‌ها، استقرار یک حوضچه رسوب‌گیر در مسیر آبگیر استخر یا در محل ورود آب از قنات، چاه یا کانال است. حوضچه رسوب‌گیر با کاهش سرعت جریان و ایجاد محیطی آرام، امکان ته‌نشینی طبیعی ذرات درشت و متوسط را فراهم می‌کند و به‌عنوان یک مرحله پیش‌تصفیه عمل می‌نماید. این سازه ساده علاوه بر کاهش بار مواد معلق ورودی به استخر، از وارد شدن رسوبات به فیلترها جلوگیری کرده و در بسیاری موارد نیاز به استفاده از فیلتر شنی را به‌طور کامل حذف یا بسیار محدود می‌کند. کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری، افزایش عمر تجهیزات آبیاری، بهبود یکنواختی آبیاری و کاهش خطر گرفتگی قطره‌چکان‌ها از مهم‌ترین مزایای عمومی حوضچه رسوب‌گیر محسوب

می‌شود که آن را به گزینه‌ای اقتصادی و قابل‌اجرا برای اغلب مزارع تبدیل کرده است (۳). حوضچه رسوب‌گیر یکی از ساده‌ترین و درعین‌حال موثرترین سازه‌های پیش‌تصفیه آب در سامانه‌های آبیاری تحت فشار است که با هدف کاهش بار ذرات معلق قبل از ورود آب به استخر یا ایستگاه پمپاژ مورد استفاده قرار می‌گیرد. اساس عملکرد این حوضچه بر کاهش سرعت جریان و ایجاد زمان ماند کافی استوار است؛ شرایطی که امکان ته‌نشینی طبیعی رسوبات درشت و متوسط را فراهم می‌کند و از ورود آن‌ها به سیستم فیلتراسیون یا شبکه آبیاری جلوگیری می‌نماید. این سازه به دلیل هزینه ساخت پایین، نیاز اندک به نگهداری، سهولت لایروبی و عدم وابستگی به فشار و تجهیزات مکانیکی، یک گزینه به‌صرفه و قابل‌اجرا برای اغلب بهره‌برداران محسوب می‌شود. به‌کارگیری حوضچه رسوب‌گیر علاوه بر کاهش فشار وارد بر فیلترهای ثانویه، موجب بهبود کیفیت آب ورودی، افزایش عمر قطره‌چکان‌ها، کاهش وقوع گرفتگی و در نهایت ارتقای یکنواختی آبیاری در مزارع می‌گردد. این ویژگی‌ها سبب شده است که حوضچه‌های رسوب‌گیر در بسیاری از کشورها به‌عنوان مرحله‌ای ضروری در مدیریت ابتدایی کیفیت آب پیش از ورود به تجهیزات آبیاری شناخته شوند (٤).

در فیلترهای شنی، بستر شن به‌گونه‌ای طراحی شده است که جریان آب با سرعت و فشار کنترل‌شده از میان آن عبور کند تا ذرات معلق در آب امکان گیر افتادن و جداسازی را داشته باشند. هنگامی‌که فشار ورودی از حد استاندارد طراحی فراتر می‌رود، نیروی وارده بر بستر شن از محدوده تحمل دانه‌ها بیشتر شده و موجب افزایش تنش فشاری و برشی در میان ذرات می‌شود. این افزایش تنش، برخوردهای مکرر و شدید بین دانه‌ها را تقویت کرده و پدیده‌ای به نام سایش مکانیکی (Mechanical Abrasion)را به وجود می‌آورد. نتیجه این فرآیند، شکستگی، لب‌پریدگی و تولید ذرات ریز سیلیسی است که به‌راحتی از فیلتر عبور کرده و وارد شبکه آبیاری می‌شوند. فشار بیش‌ازحد همچنین باعث فشردگی بیش‌ازاندازه بستر و تغییر آرایش ذرات شده و افت کیفیت فیلتراسیون و افزایش فشار برگشتی را به همراه دارد. تداوم عملکرد فیلتر در این شرایط، نه‌تنها کارایی سیستم را کاهش می‌دهد بلکه با ورود ریزدانه‌ها به قطره‌چکان‌ها، احتمال گرفتگی، کاهش دبی، افزایش هزینه نگهداری و کاهش یکنواختی آبیاری را چند برابر می‌کند (٥).

ورود ذرات ریز معدنی یا آلی به شبکه آبیاری یکی از مهم‌ترین عوامل اختلال در عملکرد سامانه‌های قطره‌ای است زیرا قطره‌چکان‌ها دارای مجاری بسیار باریک، مسیرهای پیچ‌دار و کانال‌های جریان با سطح مقطع محدود هستند. این مجاری حساس حتی با حضور مقدار کمی از ذرات ریز دچار رسوب‌گذاری تدریجی، تجمع ذرات و در نهایت انسداد کامل می‌شوند. گرفتگی، ابتدا به‌صورت کاهش دبی و تغییر در الگوی توزیع آب ظاهر می‌شود و سپس یکنواختی آبیاری را به‌طور چشمگیری کاهش می‌دهد، به‌گونه‌ای که برخی نقاط مزرعه دچار تنش آبی شده و عملکرد محصول کاهش می‌یابد. از سوی دیگر، حضور ذرات ریز در طولانی‌مدت موجب افزایش فشار عملیاتی، افزایش دفعات شست‌وشوی شبکه، کاهش عمر قطره‌چکان‌ها و افزایش هزینه‌های نگهداری می‌شود. بنابراین هرگونه منبع تولید ذرات ریز (از جمله خردشدگی بستر فیلترهای شنی) می‌تواند به‌طور مستقیم کارایی کل سامانه آبیاری را تحت تأثیر قرار داده و پایداری آن را با چالش جدی مواجه کند. (٦). ورود ذرات ریز به سامانه‌های آبیاری تحت فشار نه‌تنها عملکرد هیدرولیکی شبکه را کاهش می‌دهد بلکه بار مالی قابل توجهی را نیز به بهره‌بردار

تحمیل می‌کند. تجمع تدریجی ذرات در قطره‌چکان‌ها و لوله‌ها موجب افزایش دفعات شست‌وشوی شبکه، نیاز به استفاده از مواد شیمیایی برای رفع گرفتگی و انجام عملیات پرهزینه پاک‌سازی دوره‌ای می‌شود. این فرآیند باعث بالا رفتن مصرف انرژی برای تأمین فشار موردنیاز، افزایش استهلاک پمپ‌ها و کاهش عمر مفید تجهیزات می‌گردد. علاوه بر این، گرفتگی گسترده یا مکرر قطره‌چکان‌ها بهره‌بردار را ناگزیر به تعویض بخش‌های آسیب‌دیده (قطره‌چکان‌ها، فیلترها و گاهی حتی لوله‌های فرعی) می‌کند که هزینه‌های جانبی قابل توجهی را به مزرعه تحمیل می‌نماید. از سوی دیگر، کاهش یکنواختی آبیاری ناشی از گرفتگی، افت عملکرد محصول و کاهش بهره‌وری آب را نیز در پی دارد که به‌عنوان هزینه پنهان اما بسیار مهم باید در نظر گرفته شود. در مجموع، ورود ذرات ریز به شبکه آبیاری یک عامل کلیدی در افزایش هزینه‌های مستقیم (تعمیر، تعویض و نگهداری) و غیرمستقیم (کاهش تولید و بهره‌وری) سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار است (۷).

- **معرفی حوضچه رسوبگیر**

حوضچه رسوب‌گیر یک سازه ساده اما کارآمد در مدیریت اولیه کیفیت آب آبیاری است که با هدف کاهش ذرات معلق پیش از ورود آب به استخر یا سامانه پمپاژ طراحی می‌شود. این حوضچه معمولاً شامل یک مخزن طویل و کم‌عمق است که به‌صورت روباز یا مسقف ساخته می‌شود و با کاهش سرعت جریان، امکان ته‌نشینی طبیعی ذرات معلق درشت و متوسط را فراهم می‌کند. ساختار حوضچه به‌گونه‌ای است که آب از طریق ورودی طراحی‌شده وارد شده، مسیر آرام و نسبتاً طولانی را طی کرده و در پایان از خروجی هدایت می‌شود؛ در این فاصله، انرژی جنبشی جریان کاهش یافته و ذرات سنگین‌تر تحت اثر نیروی گرانش در کف حوضچه رسوب می‌کنند. دیواره‌های هدایت‌کننده، حوضچه‌های چندمرحله‌ای و ناحیه لایروبی از اجزای معمول در طراحی این سازه‌ها به شمار می‌آیند. سادگی ساخت، نیاز کم به نگهداری و قابلیت دفع بخش قابل‌توجهی از بار رسوبی در مرحله پیش‌تصفیه، این سازه را به یکی از موثرترین و اقتصادی‌ترین روش‌های مدیریت رسوبات در سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار تبدیل کرده است (۱۲).

عملکرد حوضچه رسوب‌گیر بر پایه اصول هیدرولیک جریان آرام و مکانیزم ته‌نشینی ثقلی استوار است. هنگامی که آب حاوی ذرات معلق وارد حوضچه می‌شود، به‌واسطه افزایش سطح مقطع و کاهش سرعت جریان، انرژی جنبشی آب کاهش یافته و شرایط لازم برای ته‌نشینی ذرات ایجاد می‌گردد. سرعت ته‌نشینی هر ذره تابعی از چگالی، قطر، شکل ذره و ویسکوزیته آب است و مطابق قانون استوکس، ذرات درشت‌تر و متراکم‌تر با سرعت بیشتری به کف حوضچه منتقل می‌شوند. طراحی بهینه حوضچه (از جمله طول کافی برای ایجاد زمان ماند مناسب، عمق استاندارد و وجود مسیر جریان یکنواخت(به افزایش بازده رسوب‌گیری کمک می‌کند. علاوه بر این، جریان ورودی باید به‌گونه‌ای کنترل شود که از ایجاد تلاطم، بازآرایی رسوبات و حمل مجدد ذرات جلوگیری شود. در نتیجه، حوضچه‌های رسوب‌گیر با فراهم کردن محیطی پایدار و کم‌انرژی، نقش کلیدی در حذف بخش قابل توجهی از بار رسوبی و کاهش آسیب‌های ناشی از ورود ذرات به سامانه آبیاری ایفا می‌کنند (۸).

حوضچه‌های رسوب‌گیر بسته به نوع منبع آب، میزان بار رسوبی و شرایط بهره‌برداری به انواع مختلفی تقسیم می‌شوند که رایج‌ترین آن‌ها شامل حوضچه‌های تک‌مرحله‌ای، چندمرحله‌ای و آرام‌سازی طولی هستند. حوضچه‌های تک‌مرحله‌ای ساده‌ترین نوع بوده و برای منابع با بار رسوبی متوسط استفاده می‌شوند. در مقابل، حوضچه‌های چندمرحله‌ای با ایجاد سه یا چند حوضچه متوالی، بازده رسوب‌گیری را افزایش می‌دهند و برای منابع با رسوبات سنگین یا متغیر توصیه می‌شوند. نوع دیگری از این سازه‌ها، حوضچه‌های طولی یا کانال‌های آرامش هستند که با طول زیاد و عمق کم طراحی می‌شوند تا جریان به‌صورت یکنواخت و بدون تلاطم حرکت کند. علاوه بر این، برخی حوضچه‌ها دارای دیواره‌های شکاف‌دار، صفحات هدایت‌کننده یا زبانه‌های انحرافی هستند تا مسیر جریان اصلاح شده و کارایی ته‌نشینی افزایش یابد. انتخاب نوع مناسب، به شرایط هیدرولوژیکی، دبی ورودی، سطح مزرعه و اهداف تصفیه اولیه بستگی دارد و نقش تعیین‌کننده‌ای در کاهش هزینه‌های تعمیرات و نگهداری سامانه آبیاری دارد (۱۳).

الف

ب

**شکل ٤- الف) حوضچه آرامش تک‌مرحله‌ای ب) حوضچه آرامش چند مرحله‌ای .**

- **مقایسه حوضچه رسوب‌گیر با فیلتر شنی**

**-کاهش خردشدگی ذرات و تولید ریزدانه**

در فیلترهای شنی، فشارهای عملیاتی بالا موجب سایش و شکستگی دانه‌های شن می‌شود و ذرات ریز سیلیسی تولیدشده می‌توانند به‌راحتی وارد شبکه آبیاری شوند و گرفتگی قطره‌چکان‌ها را تشدید کنند. در مقابل، حوضچه رسوب‌گیر بدون اعمال فشار و بدون تماس مکانیکی بین مواد، هیچ‌گونه تولید ریزدانه ندارد و نقش آن تنها کاهش سرعت جریان و ته‌نشینی طبیعی رسوبات است. این ویژگی باعث می‌شود رسوب‌گیر نسبت به فیلتر شنی از نظر جلوگیری از تولید ذرات مضر، عملکرد پایدارتر و مطمئن‌تری داشته باشد (۹).

- **هزینه ساخت و نگهداری پایین‌تر**

فیلترهای شنی به دلیل نیاز به شست‌وشوی معکوس، تعویض دوره‌ای بستر شن و کنترل مداوم فشار، هزینه نگهداری نسبتاً بالایی دارند. در مقابل، حوضچه رسوب‌گیر یک سازه غیرفعال است که تنها نیازمند لایروبی دوره‌ای بوده و هزینه عملیاتی و مصرف انرژی آن تقریباً صفر است. این تفاوت باعث می‌شود استفاده از رسوب‌گیر به‌ویژه برای بهره‌برداران کوچک و متوسط بسیار اقتصادی‌تر باشد (۱۰).

- **افزایش عمر تجهیزات آبیاری**

به‌دلیل عدم تولید ذرات ریز و کاهش ورود مواد معلق به شبکه، حوضچه رسوب‌گیر موجب کاهش فشار انسدادی بر قطره‌چکان‌ها و لوله‌های فرعی می‌شود و در نتیجه عمر مفید آن‌هاافزایش می‌یابد. فیلترهای شنی به‌ویژه در شرایط فشار نامناسب یا بار رسوبی بالا، خود به منبع تولید ذرات تبدیل می‌شوند و عمر تجهیزات پایین‌دست را کاهش می‌دهند. بنابراین رسوب‌گیر نه‌تنها کیفیت آب بلکه دوام کل سامانه آبیاری را بهبود می‌بخشد (۱۱).

- **پایداری عملکرد در منابع با بار رسوبی بالا**

در منابعی که آب دارای بار رسوبی زیاد است، فیلترهای شنی به‌سرعت دچار افزایش افت فشار و کاهش توان تصفیه می‌شوند و نیاز به شست‌وشوی معکوس مکرر دارند. اما حوضچه رسوب‌گیر به دلیل ظرفیت بالای ته‌نشینی و عدم وابستگی به فشار یا زبری بستر، در مواجهه با تغییرات شدید رسوب عملکرد پایدار و قابل اتکایی دارد. این ویژگی آن را برای چاه‌های ماسه خیز، آب‌های سطحی و کانال‌های کشاورزی بسیار مناسب می‌سازد (۱۲).

- **کاهش فشار وارد بر فیلترهای ثانویه**

با حذف اولیه ذرات در حوضچه رسوب‌گیر، بار رسوبی ورودی به فیلترهای توری، دیسکی یا هیدروسیکلون‌ها کاهش می‌یابد و در نتیجه دفعات شست‌وشو و استهلاک این تجهیزات کمتر می‌شود. در فیلتر شنی، به‌خصوص در شرایط فشار بالا، اعتبار تصفیه اولیه کم شده و بار بیشتری به واحدهای پایین‌دست منتقل می‌شود. بنابراین رسوب‌گیر نقش موثری در افزایش کارایی کل مجموعه فیلتراسیون دارد (۱۳).

**شکل ۵- ورود ذرات شن به داخل فیلترهای ثانویه (دیسکی) قرارگرفته بعد از فیلتر شن**

- **محدودیت‌ها و نکات احتیاطی**
- **نیاز به فضای فیزیکی مناسب**

حوضچه‌های رسوب‌گیر با وجود کارایی بالا در حذف مواد معلق، به‌طور طبیعی نیازمند فضای فیزیکی کافی برای ایجاد زمان ماند مناسب و کاهش سرعت جریان هستند. این الزام فضایی ممکن است در مزارع کوچک، باغات فشرده یا سامانه‌هایی که محدودیت زمین دارند، یک چالش اجرایی مهم ایجاد کند. علاوه‌براین، رعایت فاصله ایمن از منابع آلودگی، جاده‌ها و سازه‌های مزرعه نیز ضروری است تا خطر نفوذ آلاینده‌ها یا فرسایش کناری کاهش یابد. بنابراین پیش از طراحی، ارزیابی دقیق توپوگرافی، محدودیت اراضی و حجم آب ورودی باید انجام شود تا عملکرد حوضچه با محدودیت‌های مکانی تطابق داشته باشد (۱۲).

- **نیاز دوره‌ای به لایروبی و مدیریت رسوبات**

هرچند حوضچه‌های رسوب‌گیر از نظر بهره‌برداری ساده‌اند، اما انباشته‌شدن رسوبات در کف آن‌ها می‌تواند به کاهش حجم مؤثر، کاهش زمان ماند و کاهش راندمان جداسازی ذرات منجر شود. اگر لایروبی دوره‌ای انجام نشود، حوضچه ممکن است به‌جای یک پیش‌تصفیه مؤثر، خود تبدیل به منبع بازگشت رسوب به سیستم شود، به‌ویژه در جریان‌های پرنوسان. مطالعات نشان داده‌اند که فرکانس لایروبی باید بر اساس بار رسوبی، دبی ورودی و شکل هندسی حوضچه تعیین شود تا عملکرد پایدار حفظ گردد. مدیریت صحیح رسوبات خارج‌شده نیز ضروری است تا از انتشار ثانویه آن‌ها به محیط جلوگیری شود (۱۳).

- **حساسیت کارایی حوضچه به شرایط هیدرولیکی و طراحی نامناسب**

عملکرد مطلوب یک حوضچه رسوب‌گیر به‌طور مستقیم به طراحی صحیح هندسی آن—شامل طول، عمق، عرض، زمان ماند و آرام‌سازی جریان—وابسته است. طراحی نامناسب می‌تواند منجر به ایجاد جریان‌های میان‌بر(short-circuiting) ، تلاطم بیش از حد، یا ته‌نشینی ناکامل شود، که در نتیجه راندمان حذف ذرات را کاهش می‌دهد. پژوهش‌ها تأکید می‌کنند که شرایط هیدرولیکی ورودی مانند تغییرات دبی، وجود جریان‌های پرفشار یا ورود ناگهانی سیلاب‌های کوچک می‌تواند عملکرد رسوب‌گیری را مختل کند و نیاز به آرام‌سازها و دیواره‌های هدایت‌کننده را افزایش دهد. به همین دلیل پایش شرایط هیدرولیکی و اصلاح‌های دوره‌ای در سازه ضروری است.

- **مراحل اجرای حوضچه رسوب‌گیر**

اجرای حوضچه رسوب‌گیر بر اساس یک فرآیند مرحله‌ای شامل آماده‌سازی، ساخت سازه، کنترل کیفیت و راه‌اندازی انجام می‌شود. در گام نخست، محل اجرا با بررسی شیب زمین، قابلیت دسترسی برای لایروبی و فاصله از استخر یا سامانه پمپاژ انتخاب می‌شود. سپس با توجه به نقشه‌های طراحی، عملیات تسطیح، خاک‌برداری و آماده‌سازی بستر انجام می‌گیرد و کف حوضچه با شیب ملایم (معمولاً ۱ تا ۲ درصد) به سمت ناحیه لایروبی شکل داده می‌شود. در مرحله بعد، بدنه حوضچه با استفاده از مصالح مناسب مانند بتن مسلح، آجر با اندود آب‌بند، یا لاینینگ‌های پلیمری (HDPE) ساخته می‌شود تا از نفوذ و فرسایش جلوگیری گردد. اجرای ورودی و خروجی نقش تعیین‌کننده‌ای در عملکرد حوضچه دارد. ورودی باید به‌گونه‌ای سازه‌بندی شود که انرژی جریان را کاهش دهد؛ استفاده از صفحات پخش‌کننده، محفظه آرام‌ساز یا کانال انتقال با شکاف کنترل‌شده توصیه می‌شود. خروجی نیز باید به‌صورت سرریز یکنواخت یا اوریفیس کنترل‌شده طراحی گردد تا ارتفاع سطح آب و سرعت خروجی ثابت باقی بماند. نصب بفل‌ها، در صورت پیش‌بینی‌شدن در طراحی، در مرحله پس از بتن‌ریزی یا نصب لاینینگ انجام می‌شود تا جریان به‌صورت یکنواخت هدایت شود.

پس از تکمیل سازه، کنترل کیفیت و تست عملکرد انجام می‌شود. این مرحله شامل بررسی تراز کف، آب‌بندی دیواره‌ها، یکنواختی جریان، عدم وجود جریان‌های میان‌بر و آزمون دبی‌های مختلف ورودی است. در مرحله راه‌اندازی، میزان ته‌نشینی، عمق لجن و کیفیت آب خروجی باید به‌مدت چند روز یا چند هفته پایش شود تا در صورت نیاز اصلاحات اجرایی (افزودن بفل، تنظیم خروجی، اصلاح ورودی) انجام گردد. مرحله نهایی، تدوین برنامه لایروبی و نگهداری دوره‌ای است که شامل زمان‌بندی بازرسی (هفتگی)، نمونه‌برداری کیفیت آب خروجی (ماهانه)، و لایروبی (٦ تا ١٢ ماهه) است. ایجاد مسیر دسترسی برای ماشین‌آلات لایروبی و ناحیه تخلیه رسوبات بخش مهمی از برنامه بهره‌برداری محسوب می‌شود.

**توصیه ترویجی**

- **توصیه‌های کاربردی برای کشاورزان**

الف: اندازه پیشنهادی حوضچه رسوب‌گیر

برای به‌دست‌آوردن بیشترین کارایی، کشاورزان باید حوضچه‌ای انتخاب کنند که حجم آن با دبی آبگیری متناسب باشد. در شرایط معمول، حجم حوضچه باید به‌گونه‌ای باشد که زمان ماند آب بین ۳ تا ۱۰ دقیقه فراهم شود. به‌طور تجربی، برای هر ۳۰ لیتر بر ثانیه دبی ورودی، حداقل ۸ تا ۱۲ مترمکعب حجم مفید توصیه می‌شود. این حجم امکان ته‌نشینی ذرات ریز (۷۵–۱۵۰ میکرون) را فراهم کرده و از ورود آن‌ها به شبکه جلوگیری می‌کند.

ب. دوره پیشنهادی تمیزکاری و لایروبی

فرکانس لایروبی به میزان رسوبات آب بستگی دارد، اما در اغلب منابع آب کشاورزی کشور، لایروبی هر ۱۵ تا ٤٥ روز برای حفظ کارایی توصیه می‌شود. در مواقع وقوع بارندگی‌های شدید، کدورت بالا، یا افزایش ناگهانی فشار سیستم، بهتر است لایروبی زودتر انجام شود. عدم لایروبی مناسب باعث کاهش راندمان ته‌نشینی و بازگشت رسوبات به شبکه می‌شود.

ج. هشدار درباره طراحی ناقص

طراحی نادرست، یکی از رایج‌ترین دلایل ناکارآمدی حوضچه‌های رسوب‌گیر است. اگر سرعت جریان در حوضچه بیش از حد بالا باشد، نه‌تنها ذرات ته‌نشین نمی‌شوند، بلکه رسوبات کف حوضچه دوباره وارد جریان شده و گرفتگی قطره‌چکان‌ها افزایش می‌یابد. همچنین کوچک بودن بیش از حد حوضچه، نبود خروجی مناسب برای لایروبی، و ورود مستقیم جریان پرسرعت به کف، از خطاهای رایج طراحی هستند که باید از آن‌ها پرهیز شود.

- **توصیه‌های تخصصی برای کارشناسان**

الف– نکات مهم در نظارت بر ساخت و اجرای حوضچه

کارشناسان باید در مرحله ساخت، رعایت تراز دقیق ورودی و خروجی، اجرای بافل برای کاهش سرعت جریان، آب‌بندی کامل دیواره‌ها، و ایجاد مسیر انحرافی را کنترل کنند. زاویه ورودی آب نباید باعث آشفتگی جریان (Turbulence) شود؛ بنابراین، استفاده از دیفیوزر یا حوضچه آرامش (stilling area) قبل از ورود به محفظه اصلی توصیه می‌شود. همچنین لازم است خروجی لایروبی در کف حوضچه، به اندازه کافی بزرگ و قابل دسترس طراحی گردد.

ب– توجه به شرایط خاک، منبع آب و عوامل محیطی

کیفیت منبع آب و میزان ذرات معلق باید پیش از طراحی بررسی شود. در منابع با رسوبات بسیار ریز (Silt & Clay) ، افزایش طول مسیر حوضچه یا افزودن حوضچه دوم می‌تواند راندمان را افزایش دهد. در مناطق با خاک‌های شور یا قلیایی،

توصیه می‌شود مصالح سازه‌ای حوضچه به‌گونه‌ای انتخاب شود که در برابر فرسایش و تخریب شیمیایی مقاومت داشته باشد. در منابع سطحی مانند رودخانه، تغییرات فصلی دبی و کدورت باید در طراحی لحاظ شود تا در دوره‌های بارندگی یا سیلاب، کارایی سیستم کاهش نیابد.

## فهرست منابع


1. FAO (Food and Agriculture Organization). (2011). Irrigation Water Quality Guidelines and Management. FAO Irrigation and Drainage Papers.
2. Burt, C., Clemmens, A., Bliesner, R., Merriam, J., & Hardy, L. (1997). Irrigation Performance Measures. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE.
3. Nakayama, F.S., & Bucks, D.A. (1991). Trickle Irrigation for Crop Production: Design, Operation and Management. Elsevier
4. Huang, C. & Linsley, R. (2013). Sedimentation Engineering—Processes, Measurements, Modeling, and Practice. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice.
5. Arbat, G., Puig-Bargués, J., Barragán, J., & Ramírez, J. (2017). Sand filter performance under different operating pressures in microirrigation systems. Agricultural Water Management, 180, 84–91.
6. Zhou, B., Niu, W., & Liao, R. (2017). Effects of particle size and concentration on clogging of drip emitters. Irrigation Science, 35, 265–276.
7. Lamm, F. R., & Ayars, J. E. (2015). Microirrigation for Crop Production: Design, Operation, and Management—Updated Review. Irrigation Science, 33(3), 207–225.
8. Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (2011). Applied Hydrology (updated edition). McGraw-Hill
9. Arbat, G., Lamm, F. R., Sourell, H., & Nelson, K. (2017). Effects of suspended solids on drip irrigation clogging and performance. Agricultural Water Management, 180, 129–136
10. Lamm, F. R., & Ayars, J. E. (2015). Microirrigation for crop production: Design, operation and management. Irrigation Science, 33(4), 399–415.
11. Zhou, B., Wu, P., & Zhao, X. (2017). Emitter clogging and its influence on the performance of drip irrigation systems: A review. Irrigation Science, 35(2), 85–96
12. Mays, L. W. (2011). Water Resources Engineering (2nd ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
13. ASCE. (2013). Sedimentation Engineering: Processes, Measurements, Modeling, and Practice. American Society of Civil Engineers, Reston, VAMorris, G. L., & Fan, J. (2010). Reservoir Sedimentation Handbook: Design and Management of Dams, Reservoirs, and Watersheds for Sustainable Use (updated edition). McGraw-Hill Professional.