وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
معاونت ترویج

بهره برداری و نگهداری از تجهیزات
بخش کنترل مرکزی سامانه های آبیاری میکرو

نویسندگان:
مهدی اکبری، جواد باغانی و علیرضا کیانی
۱۳۹۷

سرشناسه	:	اکبری، مهدی، ۱۳۴۳ -
عنوان و نام پدیدآور	:	بهره برداری و نگهداری از تجهیزات بخش کنترل مرکزی سامانه های آبیاری میکرو/ نویسندگان مهدی اکبری، جواد باغانی، علیرضا کیانی.
مشخصات نشر	:	کرج: سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت ترویج، نشر آموزش کشاورزی، ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری	:	۱۰۸ص.: مصور، جدول ؛ ۹/۵ × ۱۹/۵ س م.
شابک	:	978-964-520-461-5
وضعیت فهرست نویسی	:	فیپا
موضوع	:	آبیاری قطره ای
موضوع	:	Microirrigation
موضوع	:	آبیاری قطره ای -- وسایل و تجهیزات
موضوع	:	Microirrigation -- Equipment and supplies
موضوع	:	آبیاری -- مهندسی
موضوع	:	Irrigation engineering
شناسه افزوده	:	باغانی، جواد، ۱۳۳۷ -
شناسه افزوده	:	کیانی، علیرضا، ۱۳۴۲ -
شناسه افزوده	:	سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. معاونت ترویج. نشر آموزش کشاورزی
رده بندی کنگره	:	۱۳۹۷ ۷الف۲آ S۶۱۹/
رده بندی دیویی	:	۶۳۱/۵۸۷
شماره کتابشناسی ملی	:	۵۴۰۷۰۳۲

ISBN:978-964-520-461-5

شابک: ۵-۴۶۱-۵۲۰-۹۶۴-۹۷۸

عنوان: بهره برداری و نگهداری از تجهیزات بخش کنترل مرکزی سامانه های آبیاری میکرو

نویسندگان: مهدی اکبری، جواد باغانی و علیرضا کیانی

ویراستاران ترویجی: فرانک صحرایی، حسام الدین غلامی

مدیر داخلی: شیوا پارسا نیک

ویراستاری ادبی: محسن ربیعی

سرویراستار: وجیهه سادات فاطمی

تهیه شده در: مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، دفتر شبکه دانش و رسانه های ترویجی

ناشر: نشر آموزش کشاورزی

شمارگان: ۲۵۰۰ جلد

نوبت چاپ: اول، ۱۳۹۷

قیمت: رایگان

مسئولیت صحت مطالب با نویسندگان است.

شماره ثبت در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع رسانی کشاورزی ۵۴۴۱۸ به تاریخ ۹۷/۸/۹ است.

نشانی: تهران- بزرگراه شهید چمران- خیابان یمن، پلاک ۱ و ۲، معاونت ترویج، ص. پ. ۱۱۱۳-۱۹۳۹۵

تلفکس: ۰۲۱-۲۲۴۱۳۹۲۳

فهرست

مقدمه ۷
روش آبیاری میکرو ۸
مزایا و محدودیت‌های آبیاری میکرو ۱۰
الف- مزیت های آبیاری میکرو ۱۰
ب- محدودیت های آبیاری میکرو ۱۳
تجهیزات بخش کنترل مرکزی ۱۷
پمپ و اجزای آن ۲۰
شیرفلکه‌ها ۵۳
تصفیه فیزیکی و شیمیایی آب ۵۵
کاربرد کود و سم در سامانه‌های آبیاری میکرو ۸۳
روش‌های تزریق کود و مواد شیمیایی ۹۵
سرویس‌های لازم در شروع فصل آبیاری ۹۹
سرویس‌های لازم در انتهای فصل آبیاری ۱۰۰
منابع ۱۰۲

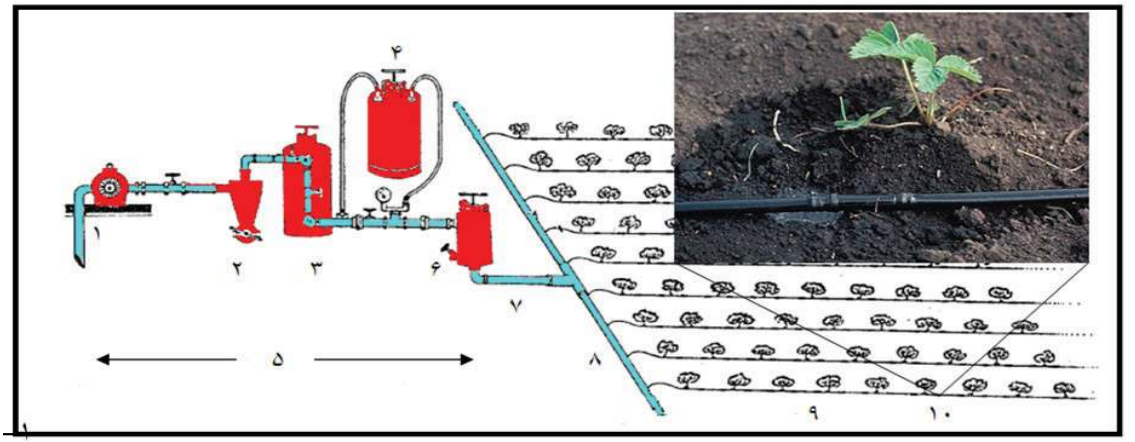
مقدمه

محدودیت منابع آب در سال‌های اخیر باعث شده روش‌های آبیاری تحت‌فشار جایگاه ویژه‌ای در کشاورزی پیدا کنند. در روش‌های آبیاری میکرو (خُردآبیاری یا آبیاری موضعی) آب فقط در نزدیکی ریشه گیاه جریان دارد و بخشی از زمین که فاقد گیاه است، آبیاری نمی‌شود. در این روش‌ها، آب توسط لوله‌هایی در مزرعه منتقل و توزیع می‌شود و از تلفات انتقال جلوگیری می‌شود. سامانه‌های آبیاری میکرو شامل انواع قطره‌چکان‌ها، فواره‌ها یا حباب‌سازها، لوله‌های نواری منفذدار، لوله‌های تراوا، خُردآبپاش‌ها، میکروجت‌ها و... هستند که بسته به وضعیت کمی و کیفی آب، نوع محصول، امکانات فنی موجود، نوع خاک، پستی و بلندی زمین و شرایط آب‌وهوایی به‌کار می‌روند. اگر سامانه‌های آبیاری میکرو در طراحی و اجرا از دقت لازم برخوردار باشند و تجهیزات و وسایل باکیفیت در آن‌ها به‌کار رود، اما سرویس و نگهداری و مراقبت‌های بهره‌برداری به‌درستی اجرا نشود، این سامانه‌ها در مدت کوتاهی پس از بهره‌برداری با مشکل جدی مواجه می‌شوند. بنابراین در این دستورالعمل سعی شده ضمن معرفی اجزا، به برخی

ملاحظـات ضـروری بهره‌بـرداری، سـرویس و نگهـداری تجهیـزات بخـش کنتـرل مرکـزی در سـامانه‌های آبیـاری میکـرو پرداختـه شـود.

روش آبیاری میکرو

در روش‌هـای آبیـاری میکـرو، آب از یـک منبـع مرکزی دریافـت می‌شـود و بـا دبـی و فشـار مناسـبی کـه توسـط پمـپ تأمیـن می‌شـود، در داخـل شـبکه‌ای از لوله‌هـای اصلـی، نیمه‌اصلـی، آبرسـان و آبـده جریـان می‌یابـد. لوله‌هـای آبـده کـه معمـولاً از کنـار ردیـف گیاهـان عبـور می‌کننـد، بـه قطره‌چکان‌هایـی مجهزنـد کـه جریـان آب توسـط آن‌هـا بـا فشـار کـم روی زمیـن پخـش می‌شـود (شـکل ۱). از وسـایل و تجهیـزات جانبـی مـورد اسـتفاده در ایـن سـامانه‌ها می‌تـوان بـه شـیرهای یک‌طرفـه قطـع و وصـل، اتصـالات و تجهیـزات تزریـق کـود و سـم و اسـید، و ادوات اندازه‌گیـری و تصفیـه آب اشـاره کـرد. عملکـرد صحیـح سـامانه‌های آبیـاری میکـرو بـه عوامـل مختلفـی از جملـه طراحـی و اجـرای صحیـح، اسـتفاده از تجهیـزات و وسـایل باکیفیـت، مدیریـت بهره‌بـرداری، سـرویس و نگهـداری مناسـب بسـتگی دارد.



۱- موتور پمپ ۲- سیکلون ۳- فیلتر شن ٤- تانک کود ٥- مرکز کنترل
٦- فیلتر توری ۷- لوله اصلی ۸- لوله آبرسان ۹- لوله آبده ۱۰- قطره‌چکان

شکل ۱- اجزای یک سامانه آبیاری قطره‌ای

مزایا و محدودیت‌های آبیاری میکرو

این روش آبیاری، مانند سایر روش‌های آبیاری، دارای ضعف‌ها و قوت‌هایی مرتبط با مسائل فنی، اقتصادی یا عوامل مربوط به آب و خاک و گیاه است. برای انتخاب سامانه آبیاری میکرو لازم است طرح از جنبه‌های مختلف ارزیابی شود، ضعف‌ها و قوت‌هایش تعیین شود و طرحی انتخاب شود که قوت‌هایش از ضعف‌هایش بیش‌تر باشد. در ادامه مزایا و معایب سامانه آبیاری میکرو بررسی می‌شود.

الف- مزیت‌های آبیاری میکرو

روش آبیاری میکرو در مقایسه با روش‌های آبیاری بارانی، کرتی یا جوی‌وپشته‌ای دارای مزایایی به شرح زیر است:

- صرفه‌جویی در مصرف آب: در آبیاری میکرو به‌دلیل خیس‌نشدن تمام سطح مزرعه، کاهش تبخیر از سطح خاک، فقدان رواناب و کنترل نفوذ عمقی، مقدار مصرف آب کم می‌شود. علاوه بر این، در آبیاری میکرو می‌توان از آب‌های با کیفیت پایین استفاده کرد. برای مثال، در تعدادی از کشورهای

جهـان از جملـه آمریـکا و کشـورهای حاشـیه خلیـج فـارس از پسـاب تصفیه‌شـده فاضلاب‌هـای خانگـی نیـز در آبیـاری میکـرو اسـتفاده می‌شـود.

- رشـد بهتـر گیـاه و افزایـش محصـول: چـون در ایـن روشِ آبیـاری نیـاز آبـی گیـاه تأمیـن می‌شـود، رطوبـت منطقـه ریشـه همیشـه در حـد مطلـوب باقـی می‌مانـد و گیـاه بـرای جـذب آب دچـار کمبـود نمی‌شـود؛ بنابرایـن کم‌تـر دچـار تنش‌هـای آبـی می‌شـود و مقـدار محصـول تولیـدی معمـولاً بیش‌تـر از سـایر روش‌هـا یـا حداقـل برابـر بـا آن‌هاسـت.

- کاهـش اثـرات مضـر شـوری بـر گیـاه: در روش آبیـاری میکـرو چـون همیشـه خـاک مرطـوب نگـه داشـته می‌شـود، غلظـت نمـک در محلـول خـاک کم‌تـر از سـایر روش‌هـای آبیـاری اسـت.

- امـکان کاربـرد کـود و سـم همـراه آبیـاری: در آبیـاری میکـرو ایـن امـکان هسـت کـه کودهای شـیمیایی محلـول را بتدریـج همـراه آب آبیـاری در کنـار بوتـه گیاه یا درخت و در عمق توسـعه ریشـه، با یکنواختی مناسـب وارد خـاک کـرد. عـلاوه بـر کودهـا، قارچ‌کش‌ها و حشـره‌کش‌ها و علف‌کش‌هـا را نیـز می‌تـوان همـراه بـا آب بـه خـاک داد.

- کاهش رویش علف‌های هرز: چون در روش آبیاری میکرو بذر علف‌های هرز توسط آب آبیاری منتقل نمی‌شود و تمام سطح مزرعه نیز خیس نمی‌شود، علف‌های هرز کم‌تر می‌رویند. چنانچه باغ یا مزرعه به‌طور مداوم توسط روش قطره‌ای آبیاری شود و با علف‌های هرز مبارزه شود، کل بذر علف‌های هرز در مزرعه کاهش چشمگیری می‌یابد.
- نیاز به نیروی انسانی کم‌تر: در صورت خودکارکردن سامانه، نیاز به کارگر به حداقل ممکن می‌رسد. علاوه بر آن، در زمان آبیاری نیز امکان تردد کارگران و ادوات در مزرعه وجود دارد.
- صرفه‌جویی در مصرف انرژی: فشار مورد نیاز سامانه‌های آبیاری قطره‌ای کم‌تر از سایر روش‌های آبیاری تحت فشار است.
- بالابودن بازدهی آبیاری: در مجموع بازدهی روش‌های آبیاری میکرو در دنیا حدود ۸۵ درصد برآورد شده است. این سامانه‌ها اگر به‌درستی طراحی و اجرا و بهره‌برداری شوند می‌توانند بالاترین بازدهی را در بین تمام سامانه‌های آبیاری داشته باشند.

ب- محدودیت‌های آبیاری میکرو

روش‌های آبیاری میکرو ضعف‌هایی نیز دارند که از جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- گرفتگی چکاننده ها: یکی از مسائل مهم سامانه آبیاری میکرو، گرفتگی چکاننده ها توسط ذرات خاک، مواد آلی، باکتری ها و جلبک هاست که ممکن است باعث شکست طرح شود. برای رفع این مشکل راهکارهای مختلفی ارائه شده است. از جمله این راهکارها می توان به استفاده از چکاننده هایی که در برابر گرفتگی مقاوم اند و همچنین تصفیه آب، اصلاح شیمیایی آن، شست‌وشوی لوله ها و چکاننده ها اشاره کرد.

- خسارت‌های ناشی از جوندگان: در بعضی مناطق ممکن است جوندگانی نظیر موش به لوله‌های پلی‌اتیلنی که قطرشان کم است، صدمه بزنند.

- تجمع نمک در سطح خاک: در مناطق خشک و نیمه‌خشک که معمولاً آبیاری با آب شور انجام می‌شود، در سطح خاک و حاشیه پیازِ رطوبتی املاح تجمع می‌کنند و درصورتی‌که بارندگی اتفاق بیفتد، چنانچه سامانه در حال کار نباشد، نمک‌هایی

کـه در اطـراف منطقـه مرطـوب خـاک تجمـع کرده‌انـد، به‌سـمت ریشـه هجـوم می‌آورنـد و بـه گیـاه خسـارت می‌زننـد. علاوه‌برایـن، اگـر آبشـویی لازم در طـول دوره داشـت یـا در پایـان آن انجـام نشـود، شـرایط بـرای رشـد گیـاه در سـال زراعـی بعـدی مناسـب نخواهـد بـود؛ مگـر اینکـه در آبیـاری پایـان فصـل، آبشـویی کافـی انجام شـود و نمک‌هایـی کـه در طـول فصـل رشـد در خـاک جمـع شـده اسـت، بـه خـارج از محـدوده ریشـه‌ها رانـده شـود و بـه عمـق پایین‌تـر از ریشـه هدایـت شـود. در مناطقـی کـه میـزان بارندگـی بیـش از ۴۵۰ میلی‌متـر باشـد، نمک‌هـا پیـش از آنکـه در منطقـه ریشـه تجمـع کننـد، شسـته می‌شـوند.

➢ حرکـت محـدود آب در خـاک و نبـودن امـکان توسـعه زیـاد ریشـه: در توزیـع آب در خـاک، عوامـل متعـددی نظیـر خـاک (بافـت و خصوصیـات نفـوذ)، گیـاه (جـذب آب و شـدت تعـرق)، مقـدار و فاصلـه آبیاری‌هـا، تعـداد قطره‌چکان‌هـا بـرای هـر گیـاه و دبـی آن‌هـا دخالـت دارد و چنانچـه بـه هـر علتـی محیـط توسـعه ریشـه محـدود شـود، رشـد گیـاه نیـز محـدود می‌شـود و گیـاه در مقابـل عوامـل خارجـی نظیـر بـاد، مقاومتـش را از دسـت می‌دهـد.

- محدودیت‌های اقتصادی: روش‌های آبیاری میکرو نسبت به سایر روش‌های آبیاری هزینه بیش‌تری دارند و برای به‌کارگیری، علاوه بر مدیریت خاص در آبیاری، به نیروی فنی بیش‌تری نیاز دارند. هزینه سرمایه‌گذاری اولیه نیز در آبیاری میکرو بیش‌تر از سایر روش‌های آبیاری است. درحال‌حاضر هزینه سرمایه‌گذاری اولیه برای اجرای یک سامانه آبیاری میکرو شامل موتور پمپ، وسایل تصفیه، دستگاه تزریق کود و لوله‌ها در سطح بین‌المللی ۲۰۰۰ تا ۷۰۰۰ دلار برای هر هکتار است. البته هزینه واقعی سامانه بستگی به نوع دستگاه‌های تصفیه آب، وسایل کود و سم و تمهیدات خودکارسازی آن دارد. هزینه مورد نیاز برای احداث هر هکتار آبیاری میکرو در ایران بر اساس اطلاعات اداره کل توسعه روش‌های نوین برای سال ۱۳۹۶ تا ۱۵۰ میلیون ریال برآورد شده است. این سامانه بیش‌تر مناسب درختان و گیاهانی مانند صیفی‌جات است که با فاصله ردیف نسبتاً زیاد از یکدیگر کشت می‌شوند. ضمن اینکه برای گیاهان ردیفی مانند ذرت، گوجه‌فرنگی، بادنجان و... نیز کاربرد دارد. تقریباً در تمام کشورها گزارش شده است که هزینه سامانه‌های میکرو

و لوله‌های نواری منفذدار برای آبیاری سبزیجات و گلخانه به‌مراتب گران‌تر از سامانه‌های کلاسیک آبیاری است. هزینه‌های به‌کارگیری و بهره‌برداری از این سامانه در کشورهای مختلف بین ۱۰۰ تا ۸۰۰ دلار پیش‌بینی شده است که تا حد زیادی به نوع سامانه، نوع گیاه و شرایط مدیریتی مزرعه بستگی دارد. باتوجه‌به این هزینه‌ها و ازآنجایی‌که در سامانه میکرو همیشه خطرگرفتگی لوله‌ها یا توزیع نایکنواخت آب وجود دارد، باید در طراحی و اجرای آن دقت کافی به‌عمل آید. این کار را مهندسان خبره و مطلع انجام دهند تا جنبه‌های فنی و اقتصادی در آن رعایت شود. استفاده‌نکردن از مواد با کیفیت در ساخت لوله و اتصالات یکی از اشکال‌هایی است که زارعان در عمل با آن مواجه‌اند. مشکلاتی مانند ترک‌خوردگی و ایجاد شکاف در لوله به‌دلیل مقاومت نداشتن لوله‌ها در برابر تنش‌های وارده در محل اتصالات ناشی از ساخت لوله با مواد نامرغوب است. طراحی و اجرای سامانه‌های آبیاری میکرو توسط افراد غیرمتخصص مشکلات فراوانی در پی دارد که سرانجام به شکست سامانه منتهی می‌شود و این از جمله مواردی است که در هر طرح آبیاری میکرو،

هرچند کوچک، باید رعایت شود. بر اساس مطالعات کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی که عملکرد سامانه‌های آبیاری میکرو را از نظر مشکلات گرفتگی چکاننده‌ها و مدیریت امور مربوط به استفاده از آب شور بررسی می کند؛ در کشورهایی که زارع سامانه آبیاری میکرو را کنار گذاشته یا آن را با سامانه‌های دیگر آبیاری تعویض کرده است، طراحی سامانه آبیاری نیز ضعیف بوده است. اجزای مختلف سامانه آبیاری میکرو باید به‌لحاظ هیدرولیکی و فنی به‌طور صحیح و مناسب طراحی شوند. هر ضعفی در یکی از این بخش‌ها می‌تواند به شکست کل سامانه منتهی شود.

تجهیزات بخش کنترل مرکزی

برای اینکه سامانه آبیاری میکرو بتواند به‌طور صحیح کار کند، بایستی تعدادی وسایل جانبی را به مجموعه اضافه کرد؛ این مجموعه وسایل و دستگاه‌ها «سامانه کنترل مرکزی» را تشکیل می‌دهند. بسته به نوع منبع آب به‌لحاظ کیفیت یا نوع خروجی‌ها، تعداد و نوع دستگاه‌های مورد استفاده در کنترل مرکزی نیز تغییر می‌کند. این لوازم جانبی عبارت‌اند از:

- شیر یک‌طرفه: بلافاصله بعد از پمپ نصب می‌شود تا در صورت خاموش‌شدن موتور، از برگشت آب به داخل پمپ جلوگیری کند.
- جداکننده‌های شن یا سیکلون: در این دستگاه، در اثر چرخش آب در داخل آن و ایجاد نیروی گریز از مرکز، ذرات جامد و درشت و معلق آب از آن جدا می‌شوند.
- صافی‌های سنگریزه‌ای و شن دانه‌بندی: برای جداکردن مقادیر زیاد ذرات جامد ریز و مواد آلی از آب به‌کار می‌رود.
- دستگاه‌های تزریق کود و سم: این دستگاه ها به روش‌های مختلفی کود و سم را وارد جریان آب می‌کنند.
- صافی‌های توری یا دیسکی: برای جداکردن ذرات شن ریز به‌کار می‌رود.
- وسایل اندازه‌گیری آب: برای کنترل میزان آب مصرفی، از فشارسنج‌ها برای کنترل عملکرد سامانه و تجهیزات تصفیه آب و از شیرهای کنترل جریان و فشار به‌منظور ثابت نگه‌داشتن فشار پایین‌دست (مستقل از نوسانات در بالادست در شرایطی که فشار ورودی بیش‌تر از فشار تنظیمی تعریف شده است) استفاده می‌شود. در زیر تصاویر مربوط به تجهیزات سامانه کنترل مرکزی آبیاری میکرو آمده است (شکل ۲).

شکل ۲- نمونه‌ای از تجهیزات سامانه کنترل مرکزی آبیاری میکرو

پمپ و اجزای آن

پمپ‌ها ماشین‌های آبی هستند که برای انتقال، بالاکشیدن و حرکت‌دادن مایعات به‌کار برده می‌شوند. از نظر فیزیکی، کار پمپ عبارت است از تبدیل انرژی مکانیکیِ موتور به انرژی پتانسیل یا جنبشی مایعی که از آن عبور می‌کند؛ به عبارت دیگر، پمپ ماشینی است که آب یا یک مایع را از یک محل به ارتفاع بالاتری پمپاژ می‌کند. دامنه وسیع کاربرد پمپ‌ها در شاخه‌های مختلف صنعت و کشاورزی سبب شده‌است که انواع مختلفی از پمپ‌ها ساخته‌شوند که از نظر ساختمان و طرز کار با هم تفاوت زیادی دارند.

پمپ‌های سانتریفوژ از یک چرخ پره‌دار به‌نام پروانه تشکیل شده‌اند که درون یک پوشش یا محفظه احاطه‌کننده بسرعت می‌چرخد و نیروی گریز از مرکز آن افزایش می‌یابد. چرخ گردنده پمپ گریز از مرکز، توسط منبع قدرت خارجی چرخانده می‌شود. وقتی موتور خارجی پره‌ها را می‌چرخاند، حرکتی گردابی در مایع ایجاد می‌کند و بدین ترتیب ارتفاع بار مایع افزایش می‌یابد و در نتیجه آب،

محیط خارجی پره‌ها را با سرعت و فشار زیاد ترک می‌کند. چون آب به قسمت خارجی پروانه رانده می‌شود، یک خلاء نسبی در قسمت مرکز چرخ به‌وجود می‌آید و در نتیجه مایع توسط لوله مکش به درون قسمت مذکور راه می‌یابد و جریان مداوم در پمپ به‌وجود می‌آید. در حقیقت وقتی پروانه پمپ مایع را از محل تخلیه پمپ به درون لوله رانش می‌راند، انرژی جنبشی آن به انرژی پتانسیل تبدیل می‌شود. ارتفاع نیز مثل فشار در این نوع پمپ‌ها به نوع و شکل پره‌ها و قطر چرخ بستگی دارد. افت بار در این پمپ‌ها در برابر آب بسیار اندک و تقریباً صفر است. ارتفاع مکش برای این نوع پمپ در کنار دریا تا ۸ متر نیز می‌رسد، ولی در صورتی عمل مکش شروع می‌شود که مقداری آب در لوله مکش و محفظه پمپ موجود باشد. اگر پمپ بدون آب باشد، با شروع به کار پمپ، نیروی گریز از مرکز بسیار کم است (به‌علت سبکی وزن هوا) و عمل مکش آب از منبع به درون پمپ انجام نمی‌شود. برای این منظور، در پمپ‌ها عمل هواگیری یا آب خورانی[1] انجام می‌شود که این عمل به شیوه مخصوصی

۱ . در مرحلهٔ آبخورانی (Priming) معمولاً محفظه پمپ و لوله مکش را قبل از شروع به‌کارِ پمپ پر آب می‌کنند.

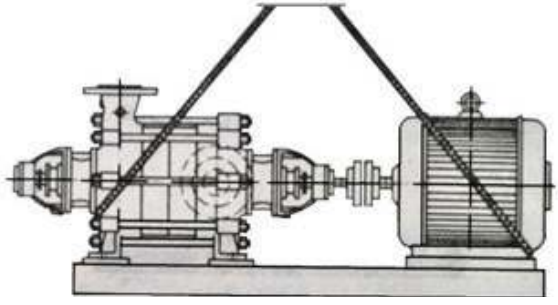
انجـام می‌شـود کـه در سـاختمان هـر پمـپ منظـور شده اسـت.

پمپ‌هـای سـانتریفوژ به‌علـت سـادگی سـاختمان، ارزانـی قیمـت و توانایـی کار در شـرایط گوناگـون، متداول‌تریـن انـواع پمپ‌هـا به‌شـمار می‌رونـد. ایـن پمپ‌هـا بـرای بالابـردن مایعـات مختلـف تـا ارتفـاع چندهـزار متـری و دمـای بـالا نیـز کاربـرد دارنـد. ایـن پمپ‌هـا دو مزیـت برجسـته دارنـد: اولاً جریـان سـیال یکنواخـت و پیوسـته اسـت؛ ثانیـاً اگـر لولـه تخلیـه پمـپ مسـدود یـا تنـگ شـود، فشـار زیـادی کـه بـرای سـاختمان پمـپ مضـر اسـت، تولیـد نمی‌شـود و بـار آن بـه انـدازه‌ای نمی‌رسـد کـه موتـور محرکـه خـود را از کار بینـدازد (شـکل ۳).

شکل ۳- تصویر یک پمپ گریز از مرکز

در زمان حمل یا نصب الکتروپمپ‌ها ممکن است رعایت‌نکردن بعضی نکات بسیار ساده، خساراتی به مجموعه وارد کند که رفع آن‌ها مستلزم صرف وقت و هزینه زیادی باشد. لذا نکات مهمی که لازم است برای انتقال و نصب دستگاه الکتروپمپ (مخصوصاً در قدرت‌های بالا) رعایت شود، به شرح زیر است:

الف - حمل: برای حمل مجموعه الکتروپمپ، از وصل‌کردن طناب به قلاب روی الکتروموتور جداً خودداری شود. طناب باید در زیر مجموعه موتور و پمپ قرار گیرد (شکل ۴).



شکل ۴- روش صحیح حمل الکتروپمپ

ب- نصب: مواردی که باید برای نصب الکتروپمپ‌ها رعایت شوند عبارت‌اند از:

* احداث محلی (فونداسیون) محکم برای نصب الکتروپمپ،

* نصب شاسی موتور پمپ روی ارتعاش‌گیر؛ نوارهای فلزی ارتعاش‌گیر در دو طرف و نزدیک پیچ‌های شاسی قرار می‌گیرند و اگر طول یا فاصله پیچ‌ها بیش‌تر از ۸۰ سانتی‌متر باشد، نوار دیگری نیز در وسط قرار گیرد،

* نصب لرزه‌گیر (ضربه‌گیر) بین خروجی و ورودی پمپ با لوله‌های رانش و مکش،

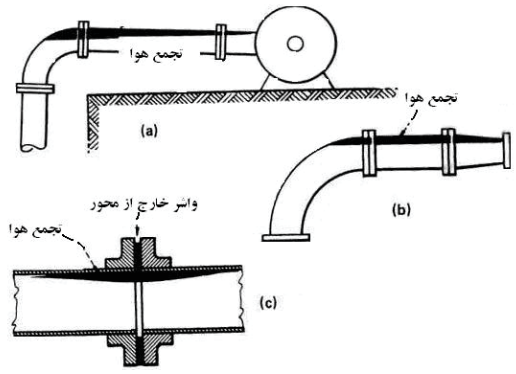
*ترازکردن الکتروموتور و پمپ (هم‌محورکردن دو سامانه گردنده) به‌وسیله فیلر یا میکرومتر.

پمپ عموماً یکی از اجزای اصلی سامانه آبیاری است. وجود هوا در پمپ می‌تواند مشکلاتی را برای پمپ به وجود آورد؛ به‌طوری‌که اگر در داخل پمپ هوای زیادی باشد، در شروعِ کار آبی پمپاژ نخواهد شد.

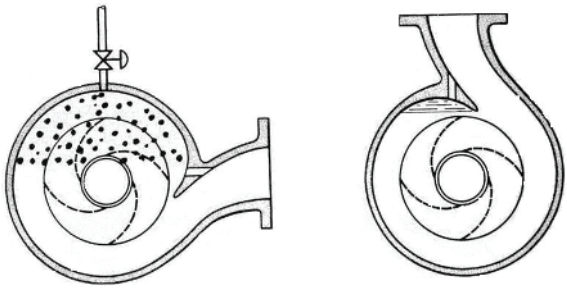
بعد از راه‌اندازی پمپ و برقرارشدن جریان آب، اگر مقدار هوای ورودی به پمپ زیاد باشد، گاهی ممکن است به

قطـع آبدهـی پمـپ منجـر شـود. بنابرایـن، بایـد تدابیـری به شـرح زیـر اتخاذ شـود تـا امکان ورود هـوا به پمـپِ درحال‌کار بـه حداقـل ممکن کاهـش یابد.

نصـب نادرسـت لولـه مکـش می‌تواند باعـث ورود هـوا به پمـپ شـود کـه بـه لـرزش و تولیـد صـدا در پمـپ و کاهش مقطـع جریـان آب منجـر می‌شـود. شـکل ۵ نصب نادرسـت لولـه مکـش را نشـان می‌دهـد. تـوده هـوا در محل‌هـای مشـخصی حبس شـده اسـت که در اثر نوسـاناتِ دبی جریان ممکـن اسـت هـوا به داخـل پمپ منتقل شـود و با کم‌شـدن سـطح مقطـع عبـور جریان، موجـب افزایـش افت فشـار و در بسـیاری مـوارد تولیـد ارتعـاش و صـدا در لوله‌هـا شـود. در حلزونـیِ پمپ نیز مسـیرهایی برای تخلیه هوا تعبیه می‌شـود کـه در شـکل ۶ نمونـه‌ای از آن نشـان داده شـده اسـت.



شکل ۵- نمونه‌هایی از نصب نادرست لوله مکش پمپ

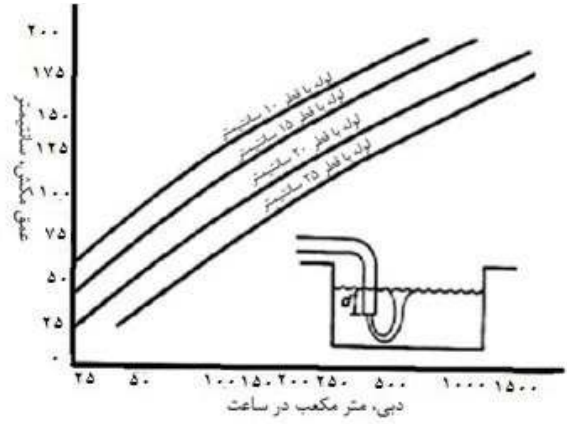


شکل ۶- نمونه‌ای از تجمع هوا در داخل پوسته پمپ و روش‌های تخلیه آن

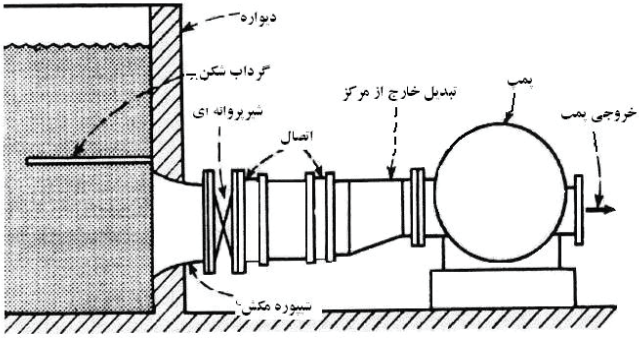
ورودی لوله مکش باید تا عمق مشخصی در آب داخل حوضچه مکش فرو رفته باشد؛ زیرا اگر مقدار عمق آبی که در روی ورودی لوله مکش پمپ قرار دارد به حد کافی نباشد، با شروع کارِ پمپ گردابی در اطراف لوله مکش ایجاد می‌شود و همراه جریان آب، هوا نیز به داخل پمپ وارد می‌شود. همان‌طور که در شکل ۷ می‌بینید، برای یک دبی مشخص، هرچه قطر لوله مکش کوچک‌تر باشد، بایستی فاصله دهانه ورودی لوله مکش از سطح آب بیش‌تر شود (شکل ۷).

در برخی موارد در نزدیک دهانه لوله مکش، گرداب‌شکن نصب می‌کنند تا از چرخش آب قبل از ورود به داخل لوله مکش جلوگیری شود. در شکل ۸

تأسیسات مورد نیاز پمپ و یک گرداب‌شکن قبل از شیپوره افقی یک پمپ با محور افقیِ نصب نشان داده شده است.



شکل ۷- حداقل عمق لوله مکش برای جلوگیری از تشکیل گرداب و ورود هوا به داخل لوله مکش



شکل ۸- نمایش یک گرداب‌شکن نصب‌شده قبل از شیپوره پمپ

خصوصیات لوله مکش و رانش

لوله مکش تا حد امکان بایستی کوتاه باشد و برای داشتن کم‌ترین تلفات انرژی ناشی از اصطکاک، قطرش باید زیاد انتخاب شود. سرعت حرکت آب کم‌تر از ۰/۶ متر در ثانیه در لوله مکش مناسب است. تاحدامکان باید لوله مکش بدون خم و قوس باشد، چون وجود زانویی‌ها و خم‌ها در لوله مکش باعث نشت هوا می‌شود و در هواگیری پمپ اختلال ایجاد می‌کند و باعث کاهش ظرفیت پمپ می‌شود.

اگر ارتفاع بالابری پمپ کافی باشد، محدودیتی برای طول یا ارتفاع لوله رانش وجود ندارد و فقط کافی است که لوله به اندازه لازم در مقابل فشار مقاومت داشته باشد. سرعت‌های بین ۰/۸ تا ۱/۳ متر در ثانیه در لوله رانش به‌عنوان سرعت مطلوب پیشنهاد شده است، ولی در صورت لزوم می‌توان از سرعت‌های بالاتر نیز استفاده کرد.

نحوه اتصال لوله‌های رانش و مکش به پمپ

لوازم و اتصالاتی که روی لوله مکش پمپ‌ها نصب می‌شوند، بسته به اینکه سطح پمپ پایین‌تر از مخزن آب نصب شده باشد یا بالاتر از آن، تفاوت می‌کند؛ اما به‌طورکلی در اتصال لوله‌های مکش و رانش به پمپ بایستی نکات زیر رعایت شود:

- بین لوله مکش و فلنج مکش پمپ و بین لوله رانش و فلنجِ رانشِ پمپ ضربه‌گیر (لرزه‌گیر) نصب شود؛
- در خروجی پمپ (لوله رانش) شیرفلکه نصب شود؛
- زمانی که سطح آب در منبع، پایین‌تر از محور پمپ است، از نصب شیرفلکه در لوله مکش خودداری شود؛ ولی نصب شیر یک‌طرفه و توری الزامی است؛
- چنانچه سطح آب در منبع بالاتر از محور پمپ است، نیازی به نصب شیر یک‌طرفه نیست؛ ولی نصب شیرفلکه و توری لازم است؛
- از لوله‌های رانش و مکش هرگز به‌عنوان تکیه‌گاه پمپ استفاده نشود؛

- از ایجاد زوایای تند در لوله مکش پمپ خودداری شود؛
- حداکثر ارتفاع پمپ تا سطح آب رعایت شود.

نکات کاربردی در راه‌اندازی پمپ‌های سانتریفوژ

علاوه بر رعایت نکات درج‌شده در دفترچه راهنمای هر پمپ (بروشور)، قبل از راه‌اندازی باید به موارد زیر توجه شود:

- قسمت‌های گردنده موتور و پمپ بازرسی شود. پیچ و مهره‌های اتصالات و روغن‌کاری قسمت‌های روغن‌خور سفت باشد. وضعیت نوارهای آب‌بند یا کاسه‌نمدها درست باشد. در مواقعی که بلبرینگ‌ها با گریس روان‌کاری می‌شوند، گریس داخل آن‌ها به‌ازای هر سه هزار ساعت کار یا حداقل بعد از یک سال عوض شود (شکل ۹)؛
- بازرسی از سامانه کنترل (شامل فشارسنج، کنتور، شیرهای یک‌طرفه و...)؛
- هم‌راستابودن محور الکتروموتور و پمپ؛
- حرکت‌دادن محور پمپ به‌وسیله دست یا آچار و اطمینان از حرکت روان آن،

- اطمینان از درست‌بودن جهت گردش موتور محرکه (در زمان نصب و راه‌اندازی موتور)؛
- بازدید از لاستیک کوپلینگ محل اتصال محور پمپ و الکتروموتور و اطمینان از سلامت آن؛
- بازرسی و کنترل کلیه سرسیم‌های برق، ترمینال‌ها، سیم اتصال زمین و اطمینان از سفت‌بودن آن‌ها و سلامت کنتاکتورها (این بازرسی‌ها و تعمیرات بهتر است توسط متخصص برق انجام شود)؛
- تمیزبودن جعبه و تابلو برق؛
- حصول اطمینان از کافی‌بودن آب در مخزن؛
- بازبینی سوپاپ مکش و اطمینان از سلامت کار آن؛
- هواگیری کامل پمپ و اطمینان از اینکه لوله مکش پر از آب است؛
- روشن‌کردن موتور و بررسی و کنترل الکتروپمپ از لحاظ سروصدا، لرزش، نشت جریان آب از اتصالات، حرارت یاتاقان‌های پمپ و الکتروموتور، مقدار جریان آب برای خنک‌کردن محور، آبدهی و فشار خروجی پمپ به مدت حدود یک ساعت.

شکل ۹- نمای یک الکتروپمپ

۱- نکات کاربردی در روشن‌کردن پمپ‌های سانتریفیوژ

- شیرفلکه خروجی پمپ بسته شود و شیر فلکه‌های لوله مکش (در صورت وجود) کاملاً باز شوند؛
- در مواردی که پمپ بالاتر از سطح آب نصب شده است، ابتدا پمپ هواگیری شود. چنانچه اتصالات لوله مکش صحیح نصب شده باشد و سوپاپ یا شیر یک‌طرفه درست کار کند، تا پایان فصل بهره‌برداری نیازی به هواگیری مجدد نیست. اگر پس از هر بار خاموش‌کردن موتور، برای روشن‌کردن مجدد به هواگیری نیاز باشد، بایستی حتماً سوپاپ و کلیه اتصالات روی لوله مکش کنترل شوند؛

- موتور الکتریکی یا دیزلی روشن شود یا کلاچ درگیر شود؛
- بلافاصله پس از روشن‌کردن پمپ، شیر فلکه خروجی پمپ باز شود و ظرفیت آبدهی لازم تنظیم شود. توجه شود که شیر تنظیم نباید هرگز بیش از مدتی محدود (مثلاً بیش‌تر از ۲ دقیقه) بسته باقی بماند، زیرا این عمل باعث گرم‌شدن پمپ و صدمه‌دیدنش می‌شود. تأکید می‌شود هرگز نباید تنظیم ظرفیت آبدهی به‌وسیله شیرهای روی لوله مکش (در صورت وجود) انجام شود، زیرا کم‌کردن آبدهی پمپ به‌وسیله کم‌کردن شیر فلکه روی مکش آن، باعث ایجاد خلاء، تبخیر آب در ورودی پروانه پمپ و در نهایت صدمه‌دیدن پروانه و بروز ارتعاش در پمپ می‌شود؛
- در صورت بروز اشکال در کار موتور یا پمپ، بلافاصله دستگاه خاموش و رفع عیب شود.

۲- هواگیری پمپ‌های سانتریفیوژ

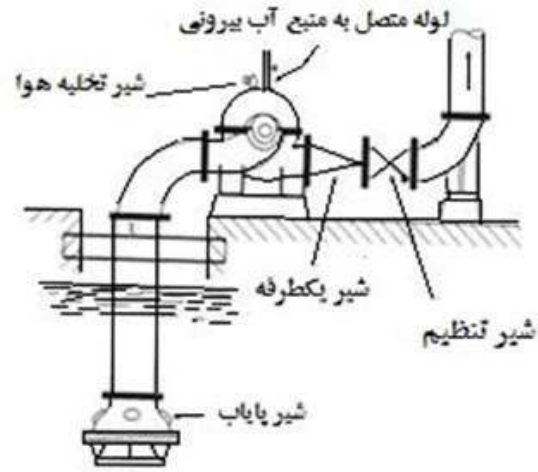
در پمپ‌هایی که بالاتر از سطح آب نصب شده‌اند، بالاآمدن آب در لوله مکش، نتیجه خلائی است که به‌علت گردش پروانه حاصل می‌شود. در صورتی این عمل انجام می‌شود که داخل لوله

مکش پمپ پر آب باشد، یعنی لازم است پمپ و لوله مکش قبل از شروع‌به‌کار، هواگیری یا آبخورانی شوند. آبخورانی ممکن است به روش‌های مختلفی انجام شود، از جمله به‌وسیله یک سوپاپ یک‌طرفه که روی قسمت انتهایی لوله مکش نصب می‌شود و مانع خروج و برگشت آب می‌شود. مایع به‌وسیله یک لوله که به قسمت فوقانی پمپ متصل است، وارد پمپ می‌شود و هوای داخل آن از شیر مخصوص هواگیری خارج می‌شود. به‌علاوه، هواگیری ممکن است با استفاده از دستگاه تخلیه هوا انجام شود.

هواگیری پمپ‌های گریز از مرکز که دارای لوله مکش هستند، معمولاً به یکی از روش‌های زیر انجام می‌شود:

الف- به‌وسیله لوله برگشتی به لوله مکش (یا پمپ) که پس از بازکردنش، آب به پمپ و لوله مکش جریان می‌یابد (شکل ۱۰).

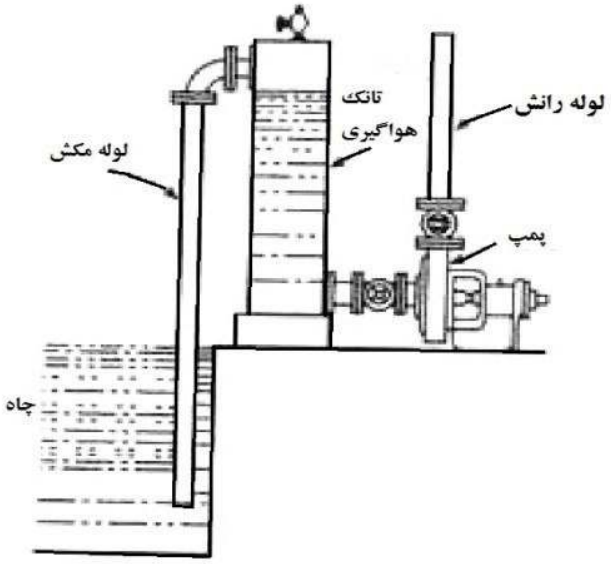
در این روش شیر یک‌طرفه پایاب از برگشت آب به منبع اصلی جلوگیری می‌کند.



شکل ۱۰- هواگیری به‌وسیله منبع آب بیرونی

ب- با واردکردن آب به‌وسیله سطل با دست از طریق قیف مخصوص روی پمپ.

ج- نصب یک تانک هواگیری قبل از پمپ. در این روش وقتی پمپ روشن می‌شود، ابتدا آب داخل تانک به داخل پمپ کشیده می‌شود و در آن خلاء ایجاد می‌کند. این کار باعث می‌شود آب از چاه یا منبع پایاب به داخل تانک کشیده شود. لازم است یادآوری کنیم که طول لوله مکش نباید بیش از اندازه مجاز باشد (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- هواگیری به‌وسیله تانک هواگیری

۳- خلاءزایی در پمپ‌ها

آب یا هر سیال دیگری در هر درجه حرارت، در فشار معینی شروع به جوشیدن می‌کند. این فرایند در پمپ‌ها تابع درجه حرارت آب ورودی به پمپ و فشار مطلق روی آب است. هرگاه در زمان عبور جریان آب در ورودی پمپ، فشار آب در نقطه‌ای از مسیر جریان از فشار تبخیر آب در درجه حرارت موجود آب کم‌تر شود، حباب‌های بخار به‌وجود

می‌آید (پدیده خلاءزایی[1] یا کاویتاسیون اتفاق می‌افتد) و این حباب‌ها همراه با آب به نقاط دیگر پمپ انتقال می‌یابند که فشار بالاتری دارند. با افزایش فشار، به‌طور ناگهانی تقطیر بخار آب موجود در داخل حباب‌ها اتفاق می‌افتد که با ضربه‌های فشاری بزرگی (حدود ۴۰۰ مگاپاسکال) همراه است. در حباب‌های نزدیک تیغه پروانه، جبهه موج با سطح دیواره برخورد می‌کند و باعث کنده‌شدن و خورده‌شدن تیغه می‌شود. این پدیده با صدای ممتدی همراه است که بسیار شبیه صدای برخورد شن‌ریزه در داخل یک قوطی در حال تکان است. این فرایند خلاءزایی یا کاویتاسیون نامیده می‌شود که باعث خوردگی پمپ می‌شود.

جنس تیغه از نظر مقاومت در برابر فرسایش ناشی از پدیده خلاءزایی اهمیت دارد. مواد شکل‌پذیر نسبت به مواد ترد و شکننده در مقابل فرسایش ناشی از خلاءزایی مقاومت بیش‌تری از خود نشان می‌دهند. خلاءزایی علاوه بر تخریب تیغه‌های پمپ، باعث می‌شود که:

1. Cavitation

- جرم مخصوص متوسط سیال میان تیغه‌ها کاهش یابد و به عبارت دیگر، آبدهی واقعی پمپ کم‌تر شود؛
- با کم‌شدن ارتباط میان سیال و سطح تیغه، میزان آب انتقالی کاهش می‌یابد و در نتیجه توان و بازدهی پمپ، حتی قبل از اینکه تیغه‌ها تخریب شوند، کاهش پیدا می‌کند؛
- صدای دائمی در پمپ ایجاد شود؛

شرکت‌های سازنده پمپ برای هر پمپی مشخصاتی ارائه کرده‌اند که با رعایت آن‌ها، این پدیده اتفاق نخواهد افتاد.

نکات کاربردی در بهره‌برداری و نگهداری از پمپ‌ها

برای عملکرد مطلوب و بازده مناسب در طول زمان بهره‌برداری و همچنین به‌منظور افزایش عمر مفید پمپ و موتور محرکه، رعایت نکات زیر ضروری است:

- بعد از نصب پمپ‌ها، برای ثبت امور انجام‌شده و اتفاقات احتمالی یک دفترچه در نظر گرفته شود و زمان بازرسی، نتایج و نوع تعمیرات در آن یادداشت شود.

- هر ماه، هم‌محوری پمپ و موتور محرکه بازدید و کنترل شود.
- لاستیک ضربه‌گیر بین کوپلینگ محور موتور و محور پمپ کنترل شود و در صورت خرابی تعویض شود.
- روغن یا گریس یاتاقان‌ها کنترل شود. به‌طورکلی هرگاه دمای یاتاقان‌ها از ۳۰ درجه سانتی‌گراد بالاتر رود، نشانگر کمبود یا خرابی روغن و گریس است که باید کمبودش تأمین شود یا تعویض شود. اگر برای روان‌کاری از روغن استفاده می‌شود، هر سه ماه یک بار باید کسری روغن تأمین شود یا تعویض شود و اگر از گریس استفاده می‌شود، هر سال تعویض شود.
- صدای پمپ هر روز کنترل شود و در صورت تغییر صدا که ممکن است ناشی از موارد متعددی نظیر ورود جسم خارجی به پمپ، خلاءزایی، مشکل یاتاقان‌ها و... باشد، نسبت به رفع آن اقدام شود.
- در طول زمان بهره‌برداری ارتعاش پمپ به‌طور مرتب کنترل شود. زیادشدن ارتعاش پمپ ممکن است به‌علت ناهم‌راستایی محور پمپ و

محـور موتـور، شـل‌بودن پیچ‌هـای نصـب موتـور و پمـپ، شـل‌بودن فونداسـیون یـا خـلاء نسـبی (کاویتاسـیون) در داخـل پمـپ اتفـاق بیفتـد. در صـورت زیادبـودن ارتعـاش پمـپ بایـد آن را خامـوش کنیـد و عیـب آن رفـع شـود.

➤ بـرای آب‌بنـدی فضـای بیـن شـافت و پوسـته اکثـر پمپ‌هـا در ایسـتگاه‌های پمپـاژ از نوارهـای آب‌بنـد اسـتفاده می‌شـود. همچنیـن بـرای خنک‌کـردن و کاهـش اصطـکاک ناشـی از چرخـش شـافت پمـپ و نـوار آب‌بنـد از نشـت آب اسـتفاده می‌شـود. بنابرایـن، زیـاد سـفت‌کردن پیچ‌هـای کلاهـک آب‌بنـد از طرفـی باعـث کم‌شـدن نشـت جریـان آب می‌شـود و از طـرف دیگـر باعـث داغ‌شـدن و آسـیب‌دیدن نـوار آب‌بنـد می‌شـود و بـه خرابـی شـافت یـا داغ‌شـدن پمـپ منجـر می‌شـود. به‌منظـور جلوگیـری از داغ‌شـدن نـوار آب‌بنـد و خرابـی آن، همیشـه بایـد مقـداری آب از اطـراف آب‌بنـد نشـت کنـد کـه بـا شـل و سـفت‌کردن پیچ‌هـای کلاهـک، مقـدار نشـتی تنظیـم شـود.

➤ در صـورت آسـیب‌دیدن حلقه‌هـای سایشـی پروانـه، مقـدار نشـت از کنـار محـور پمـپ افزایـش می‌یابـد. بـرای کاهـش نشـت می‌تـوان مقـداری کلاهـک آب‌بنـد را سـفت کـرد یـا نوارهـای آب‌بنـد را تعویض کـرد.

اگـر بـا ایـن کار نشـت آب کـم نشـد، حلقه‌هـای سایشـی پروانـه تعویـض شـود.

- در زمـان شـروع‌به‌کار پمپ‌هـای متوسـط و بـزرگ، بـرای جلوگیـری از خسـارت احتمالـی ضربـات وارده بـه پمـپ و خـط لولـه بایسـتی شـیرِ روی لولـه رانـش بسـته شـود و سـپس موتـور روشـن شـود. پـس از رسـیدن چرخـش موتـور بـه دور نهایـی، شـیر به‌آرامـی بـاز شـود. دقـت کنیـد کـه شـیر بـرای مـدت طولانـی بسـته نمانـد، زیـرا گـردش پروانـه باعـث می‌شـود آب و محفظـه پمـپ گـرم شـود کـه بـه صدمه‌دیـدن اجـزای پمـپ منجـر می‌شـود.

نحوه خاموش‌کردن پمپ

در هنـگام خاموش‌کـردن الکتروپمپ‌هـای بـزرگ، بـرای جلوگیـری از واردشـدن صدمـه بـه پمـپ یـا شـبکه آبرسـانی رعایـت مـوارد زیـر توصیـه می‌شـود:

- قبـل از خاموش‌کـردن پمـپ، شـیرفلکه خروجـی (روی لولـه رانـش) به‌آرامـی بسـته شـود. بـا ایـن کار عمـلاً جلـوی ضربـات ناشـی از تغییـرات زیـاد شـدت جریـان گرفتـه می‌شـود و هـوا نیـز وارد پمـپ نمی‌شـود؛

- پس از بستن شیرفلکه خروجی پمپ، بلافاصله الکتروموتور خاموش شود؛
- برای خاموش‌کردن الکتروموتور لازم است دستورالعمل کارخانه سازنده نیز مطالعه شود.

مراقبت‌ها و تمهیدات لازم برای جلوگیری از ضربه قوچ

اگر با بستن شیرفلکه‌ای مسیر حرکت جریان آب در خط لوله مسدود شود، در پشت شیر فلکه تغییر فشار ایجاد خواهد شد که این تغییر فشار عامل ایجاد موج فشاری است؛ لذا شرایط ثابت جدیدی در پشت شیرفلکه ایجاد می‌شود که تا مدتی ماندگار است. موج ایجادشده در طول لوله منتشر می‌شود و به‌سمت مخزن حرکت می‌کند و در طول مسیر، قطر لوله را متناسب با افزایش فشار تغییر می‌دهد. در نهایت، موج به محل اتصال لوله به مخزن می‌رسد که در انتهای دیگر لوله قرار دارد و تا این زمان، لوله را تا این نقطه منبسط می‌کند. در نقطه اتصال لوله و مخزن، شرایط مخزن برقرار است و پس از گذشت تأثیر موج فشار رسیده به محل اتصال، این نقطه نمی‌تواند در وضعیت جدید باقی بماند و باید به شرایط قبلی خود برگردد، لذا موج جدیدی تولید و در لوله منتشر می‌شود.

موج جدید از طرف مخزن به سمت شیرفلکه حرکت می‌کند و افزایش قطر لوله متناسب با فشار منتشرشده از طرف مخزن پیدا می‌کند. موج ایجادشده به محل شیرفلکه اولیه (که بسته‌شدنش باعث شروع تغییر فشار شده بود) می‌رسد. تا زمانی که این افزایش فشار در اثر اصطکاک لوله‌ها و اتصالات مسیر از شیر فلکه تا مخزن از بین برود، پدیده به همین صورت بارها تکرار می‌شود.

این عمل در زمان خاموش‌شدن پمپ‌های دورانی یا خاموشی‌های پیش‌بینی‌نشده ناشی از قطع برق نیز اتفاق می‌افتد. با قطع برق الکتروموتور، نیروی دوران‌دهنده پره‌های پمپ ناگهان از بین می‌رود، ولی به‌علت ادامه جریان آب در پمپ و انرژی جنبشی آن، حالت فشار و مکش در پمپ تغییر می‌کند و در مدت زمان کوتاهی پمپ مانند توربین آبی عمل می‌کند. معمولاً جرم آبی که در زمان قطع برق به پمپ فشار می‌آورد ناچیز است و جرم آبی که از پمپ دور می‌شود و در پمپ ایجاد مکش می‌کند، بسیار زیاد است. اگر این کاهش فشار زیاد باشد، باعث تبخیر آب و قطع جریان در لوله پشت سر پمپ می‌شود. کاهش فشار بعد از پمپ، به‌صورت موجی با سرعت

ثابت به‌سمت منبعی که آب به آنجا پمپ می‌شود، حرکت می‌کند تا به منبع برسد. سپس این موج در منبع منعکس می‌شود و به‌صورت موج افزایش فشار دوباره به‌سوی پمپ برمی‌گردد و به آن ضربه می‌زند که به ضربه قوچ معروف است. پدیده ضربه قوچ در موقع روشن‌کردن پمپ نیز رخ می‌دهد، ولی معمولاً خطرش کم‌تر از زمان خاموش‌شدن پمپ است.

به‌طورکلی ممکن است ضربه قوچ در اثر یکی از عوامل زیر اتفاق بیفتد:

- بازکردن یا بستن سریع شیرفلکه‌ها؛
- روشن یا خاموش‌کردن پمپ؛
- عبور جریان آب از تبدیل‌ها؛
- حرکت هوای محبوس‌شده در طول لوله.

۱- روش مدیریتی کاهش ضربه قوچ

با راه‌اندازی صحیح شبکه آبیاری می‌توان از بروز ضربات ناشی از ضربه قوچ جلوگیری کرد. به‌طورکلی برای این منظور باید شبکه به‌آرامی پر آب شود یا از تغییر سرعت ناگهانی آب در داخل لوله‌ها جداً جلوگیری شود. برای دستیابی به این هدف:

- اگر شبکه به شیر تخلیه هوا مجهز نباشد، تمام شیرهای آبگیری آن باز شود؛
- قبل از راه‌اندازی پمپ، شیرفلکه اصلی ابتدای شبکه بسته شود؛
- اگر شبکه از یک منبع تحت فشار تغذیه می‌شود، بایستی شیرفلکه اصلی ورودی شبکه به‌آرامی باز شود. چنانچه فشار مورد نیاز توسط پمپ تأمین می‌شود، پس از روشن‌کردن الکتروپمپ باید شیر خروجی پمپ به‌آرامی باز شود. سرعت حرکت آب به داخل لوله‌ها بیش‌تر از ۰/۳ متر در ثانیه نباشد؛
- چنانچه در زمان پرکردن لوله‌ها به علل قطع جریان آب ضرورت پیدا کند، بایستی به‌آرامی شیرفلکه خروجی بسته شود و سپس الکتروپمپ خاموش شود. برای روشن‌کردن مجدد، چون قسمتی از شبکه دارای آب و هوا است، بایستی پس از روشن‌کردن الکتروپمپ، شیرفلکه اصلی آهسته‌تر از بار قبل باز شود (حداکثر سرعت آب در لوله ۰/۱۵ متر در ثانیه باشد)؛
- پس از خارج‌شدن آب از لوله‌های انتهایی شبکه و خالی‌شدن هوای حبس‌شده در آن، شیرفلکه‌ها

بتدریج و به‌آرامی از پایین‌دست بسته شوند تا فشار به حد مورد نظر برسد؛

- در صورت متوقف‌شدن انتقال آب در شبکه، برای راه‌اندازی مجدد باید موارد ذکرشده رعایت شود.

۲- روش‌های اجرایی برای جلوگیری از اثر ضربه قوچ

روش‌های گوناگونی برای کاهش اثرات ضربه قوچ وجود دارد که باتوجه‌به جنبه‌های اقتصادی و فنی، یکی از آن‌ها انتخاب می‌شود. از جمله این روش‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- افزایش قطر لوله: ساده‌ترین روش برای کاهش اثر ضربه قوچ است که همیشه باید جنبه اقتصادی کاربرد آن بررسی شود. این روش به کاهش سرعت آب در لوله منجر می‌شود؛

- قراردادن چرخ لنگر در محور پمپ: با این کار، مدت زمان ایستادن محور پمپ پس از خاموش‌کردن موتور طولانی‌تر می‌شود. در این روش باید جرم چرخ محاسبه شود. این روش برای پمپ‌هایی که به‌طور خودکار و به تعداد دفعات زیاد خاموش و روشن می‌شوند، مناسب نیست؛

- بستن آهسته شیرفلکه‌ها؛
- نصب شیرهای الکتریکی بعد از پمپ: با این کار می‌توان زمان بستن و بازکردن شیر را به‌دلخواه تنظیم کرد و تا پیش از روشن و خاموش‌کردن پمپ از آن استفاده کرد. این روش برای زمانی که پمپ به‌طور ناگهانی متوقف می‌شود (مانند قطع برق پیش‌بینی‌نشده)، مناسب نیست و کارآیی ندارد؛
- نصب خفه‌کننده‌هایی مانند منبع هوای فشرده و برج تعادل[1]: این دستگاه‌ها از کاهش سریع سرعت جریان در لوله‌ها جلوگیری می‌کنند. وقتی در داخل لوله کاهش فشار اتفاق می‌افتد، از منبع مذکور مقداری آب وارد لوله می‌شود و زمانی که افزایش فشار در لوله به‌وجود می‌آید، مقداری از آب لوله را در خود ذخیره می‌کند؛
- نصب دو لوله روی خط لوله اصلی خروجی پمپ که روی یک لوله شیر یک‌طرفه و روی لوله دوم، شیر فشارشکن قرار می‌گیرد و انتهای هر دو لوله داخل حوضچه مکش قرار می‌گیرد. در صورت خاموش‌شدن پمپ، مقداری کاهش فشار در لوله خروجی پمپ ایجاد می‌شود که از طریق

1. Surge tank

شـیر یک‌طرفه مقـداری آب از حوضچـه مکـش وارد لولـه خروجـی پمـپ می‌شـود. در زمـان بعـدی کـه برگشـت مـوج فشـاری (ضربـه قـوچ) بـه محـل پمـپ می‌رسـد و فشـار به‌طـور ناگهانـی افزایـش می‌یابـد، مقـداری آب از طریـق شـیر فشارشـکن خـارج می‌شـود و بـه حوضچـه پمپـاژ ریختـه می‌شـود؛

- انتخـاب جنـس لولـه (از نظـر مقاومـت بـه فشـار) متناسـب بـا مقـدار ضربـه قـوچ.

عیب‌ها و اشکالات پمپ و روش رفع آن‌ها

پمپ‌هـای آبیـاری ممکـن اسـت بـا اشـکالاتی در راه‌انـدازی یـا در حیـن کار مواجـه شـوند. مشـکل عمده‌ای کـه در زمـان کار پمپ‌هـا اتفـاق می‌افتـد، کم‌شـدن آبدهـی و فشـار اسـت. در این‌حالـت معمـولاً بیش‌تریـن مشـکل مربـوط بـه قسـمت مکـش پمـپ اسـت. بـرای مثـال، ممکـن اسـت به‌دلیلـی هـوا وارد پمـپ شـده باشـد کـه ایـن امـر نیـز ممکـن اسـت ناشـی از مـوارد زیر باشـد:

- دهانـه ورودی لولـه مکـش (دور تـوری مکـش) آشـغال گرفتـه باشـد؛
- در گلویـی مکشِ پمپ آشـغال یا مـواد خارجی گیر کرده باشد؛

- هواگیری اولیه کافی نبوده است؛
- از محل اتصالات لوله مکش هوا وارد شود؛
- دهانه لوله مکش به‌قدر کافی زیر آب نباشد. به‌علت سرعت زیاد جریان آب در اطراف لوله مکش و عمق کم آب روی دهانه آن، هوا وارد لوله مکش می‌شود؛
- به‌علت پایین رفتن سطح آب، فاصله محور پمپ تا سطح آب بیش‌تر از حد مجاز شده باشد؛
- به‌عللی سرعت پمپ کم شده باشد. این حالت بیش‌تر در پمپ‌هایی اتفاق می‌افتد که با نیرویی غیر از برق کار می‌کنند؛
- ممکن است صافی‌های مسیر لوله خروجی پمپ گرفته باشد. در این حالت، فشار در قبل از صافی افزایش و دبی خروجی کاهش می‌یابد؛
- ممکن است یاتاقان‌های پمپ خراب شده باشد و آب به قسمت مکش برگردد.

برای آشنایی با عیوبی که ممکن است برای پمپ به‌وجود آید و به‌منظور سهولت در امر رفع مشکلات، عیوب و چگونگی رفع آن‌ها در جدول ۱ خلاصه شده است.

جدول ۱- عیب‌یابی پمپ‌ها و روش رفع آن

عیب	روش رفع عیب
آبدهی پمپ کم است	- پمپ و لوله‌ها را هواگیری کنید. - شیرفلکه خروجی را بیش‌تر باز کنید تا پمپ راحت‌تر کار کند. - پروانه را بزرگ‌تر انتخاب کنید. - دور موتور را افزایش دهید. - اجسام خارجی را از داخل پمپ یا لوله مکش خارج کنید.
موتور روان کار نمی‌کند و بار زیادی را تحمل می‌کند	- با بستن شیرفلکه خروجی پمپ، فشار را زیاد کنید. - فیوزها را کنترل کنید و از وجود هر سه فاز برق مطمئن شوید. - دور را کم کنید (در موتورهایی که دور موتور را می توان تنظیم کرد). - تا رفع اشکال، الکتروموتور روشن نشود. - با دفتر فنی سازنده تماس بگیرید.
فشار خروجی پمپ زیاد است	- دور موتور بیش از اندازه است، دور را کم کنید (در موتورهایی که دور موتوررا می توان تنظیم کرد) یا با دفتر فنی سازنده تماس بگیرید.

ادامه جدول ۱- عیب‌یابی پمپ‌ها و روش رفع آن

عیب	روش رفع عیب
درجه حرارت بلبرینگ زیاد است	- وضعیت لوله‌ها را کنترل کنید و محل اتصال پمپ را محکم کنید. - کوپلینگ را کنترل کنید و در صورت لزوم مجددا تراز کنید. - سوراخ‌های بالانس پروانه را تمیز کنید. - رینگ‌های محفظه حلزونی را عوض کنید.
آب از پمپ نشت می‌کند.	- واشر بین درپوش و محفظه آب‌بندی را عوض کنید و پیچ‌ها را سفت کنید.
آب زیادی از رینگ آب‌بندی محور نشت می‌کند	- واشر بین درپوش و محفظه آب‌بندی را عوض کنید و پیچ‌ها را سفت کنید. - بوش محافظ محور را عوض کنید. - وضعیت مکش را تغییر دهید. پمپ را دوباره تراز کنید. روتور را بالانس دینامیکی کنید. - وضعیت لوله‌ها را کنترل کنید و محل اتصال پمپ را محکم کنید.

ادامه جدول ۱- عیب‌یابی پمپ‌ها و روش رفع آن

عیب	روش رفع عیب
پمپ روان کار نمی‌کند	- پمپ و لوله‌ها را هواگیری کنید. - ارتفاع مکش را کم کنید. - شیرفلکه لوله مکش را کاملاً باز کنید. - با بستن شیرفلکه خروجی پمپ، فشار را زیاد کنید. - واشرهای آب‌بندی را عوض کنید و پیچ‌ها را سفت کنید.
درجه حرارت داخل پمپ بیش از اندازه زیاد شده است.	- پمپ و لوله‌ها را هواگیری کنید، شیرفلکه لوله مکش را کاملاً باز کنید. وضعیت صافی‌ها را در لوله مکش کنترل کنید. - کوپلینگ را کنترل کنید و در صورت لزوم مجدداً تراز کنید.

شیرفلکه‌ها

از شیرفلکه‌ها در اندازه‌ها و انواع مختلفی استفاده می‌شود که ممکن است در رو یا زیر سطح زمین نصب شوند. از آن‌ها برای اهدافی چون کنترل، جداسازی و عملیات شست‌وشو استفاده می‌شود. شیرفلکه‌های دستی معمولاً به تعمیرات زیادی نیاز ندارند، ولی برای جلوگیری از نشت آب و افزایش عمر شیرها لازم است نکاتی به شرح زیر رعایت شود:

- در صورت نشت آب از جدار شافت شیرفلکه‌ها، با سفت‌کردن درپوش محفظه آب‌بندی می‌توان از نشت آب جلوگیری کرد. اگر نشت آب قطع نشود، لازم است نوار آب‌بند تعویض شود. چنانچه باز هم جلوی نشت آب گرفته نشد، ممکن است شافت شیرفلکه خوردگی پیدا کرده باشد یا کج شده باشد؛ در این حالت باید شیر باز شود و شافت آن تعمیر یا تعویض شود؛
- اگر چرخش فلکه بیش‌ازحد سفت است، ممکن است پیچ‌های درپوش آب‌بندی زیاد سفت شده باشند که با کمی شل‌کردن آن‌ها مشکل برطرف می‌شود. اگر مشکل حل نشود، باید روی

شیرفلکه باز شود و داخل آن بازبینی و تعمیر یا تعویض شود؛

- بعضی مواقع ممکن است با سفت‌کردن شیرفلکه، جریان عبوری از لوله قطع نشود. در این حالت ممکن است مواد خارجی مانند شن در مسیر دریچه قرار گرفته باشد. در این صورت اگر با چندین بار باز و بسته‌کردن شیرفلکه مشکل حل نشد، بایستی روی شیرفلکه برداشته شود و مواد خارجی از مسیر دریچه پاکسازی شود. اگر مواد خارجی نباشد، مشکل مربوط به خوردگی دریچه یا نشیمنگاه آن در بدنه شیر است که باید تعمیر اساسی شود یا شیر تعویض شود؛

- شیرفلکه‌های دستی در اندازه‌های بزرگ معمولاً از جنس چدن هستند. اگر داخل این شیرفلکه‌ها آب باشد، نسبت به یخزدگی و تغییر حجم آب بسیار حساس‌اند و ترک می‌خورند. برای جلوگیری از ترکیدن شیرها لازم است قبل از فصل یخبندان آبِ داخل شبکه کاملاً خالی شود؛

- در مناطقی که سرمای زمستان زیاد است، لازم است که در فصل یخبندان روی شیر فلکه‌ها با

مـوادی ماننـد کاه و پوشـال پوشـانده شـود؛

- بـرای جلوگیـری از زنگ‌زدگـی شـیرها توصیـه می‌شـود زیـر شـیرفلکه‌های داخـل حوضچه‌هـا بسـتری از شـن درشـت ریختـه شـود تـا در صـورت نشـت آب، شـیرفلکه داخـل آب قـرار نگیـرد؛
- شـیرفلکه‌های پلاسـتیکی معمـولاً بیش‌تـر در تجهیـزات تزریـق مـواد شـیمیایی اسـتفاده می‌شـود. اجـزای پلاسـتیکی ایـن شـیرها ممکـن اسـت بـه ترک‌خوردگـی یـا خطـرات فیزیکـی دیگـر و بویـژه یخ‌زدگـی حسـاس باشـند. تمـام قسـمت‌های سـامانه بایـد قبـل از وقـوع درجـه حرارت‌هـای یخ‌زدگـی، بـرای جلوگیـری از خطـر ترکیـدن از آب تخلیـه شـود.

تصفیه فیزیکی و شیمیایی آب

تصفیـه فیزیکـی و اصـلاح شـیمیایی آب روشـی مؤثر در پیشـگیری از گرفتگـی قطره‌چکان‌هـا و لوله‌هـا، بویـژه در آبیـاری قطره‌ای اسـت. نتایج تحقیقات نشـان داده اسـت که بیـش از ۸۱ درصـد از دلایـل انسـداد چکاننده‌هـا را عوامـل فیزیکی (۵۵ درصد)، شـیمیایی (۱۴ درصـد) و بیولوژیک (۴ درصـد) تشـکیل می‌دهند. مواد معلـق درشـت‌دانه و ریزدانه در آب، لجن‌هـای باکتریایی، جلبک‌ها، رسـوب آهن سـولفور و کربنات‌هـا باعث این انسـداد می‌شـوند. روش‌ها و تجهیزات

آبیاری که برای رفع و جلوگیری از انسداد چکاننده‌ها و لوله‌های آبیاری به‌کار گرفته می‌شوند، تصفیه آب آبیاری نامیده می‌شود. بسته به عوامل گرفتگی، روش‌های تصفیه به سه نوع کلی تقسیم‌بندی می‌شوند: تصفیه فیزیکی، شیمیایی، و بیولوژیکی (جدول ۲).

جدول ۲- عوامل اصلی گرفتگی قطره‌چکان‌ها

فیزیکی (مواد جامد معلق)	شیمیایی (رسوب)	بیولوژیکی (باکتری‌ها و جلبک‌ها)
مواد غیرآلی:	کربنات کلسیم یا منیزیم	فیلامان‌ها
شن	سولفات کلسیم	لجن‌ها
رس	سولفید آهن و منگنز	نهشته‌های میکروبی:
پلاستیک	اکسید آهن و منگنز	آهن
مواد آلی	هیدرواکسیدهای فلزات سنگین	سولفور
گیاهان آبزی:	سیلیکات‌ها	منگنز
فیتوپلانکتون‌ها و جلبک‌ها	روغن و مواد مشابه	
جانوران آبزی:	کودها:	
ژئوپلانکتون‌ها و باکتری‌ها	فسفات، آمونیاک	
	آهن، مس، روی و منگنز	

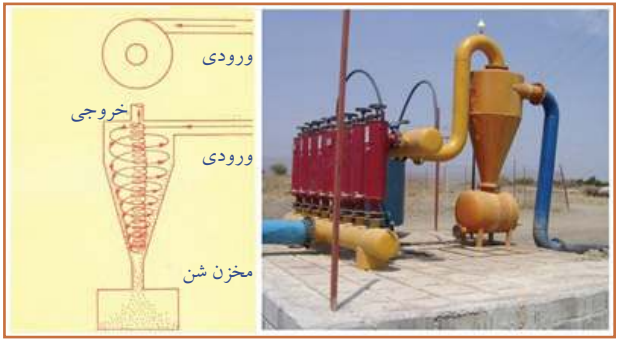
تصفیه فیزیکی آب

در تصفیه فیزیکی مواد درشتِ آلی و غیرآلی معلق در آب از آن جدا می‌شود. بدین منظور از تجهیزات مختلفی از جمله جداکننده‌ها یا سیکلون، صافی‌های شنی، صافی‌های توری یا دیسکی استفاده می‌شود.

۱- جداکننده یا سیکلون

سیکلون‌ها قادرند بخش عمده‌ای از ذرات شن و سیلت معلق در آب آبیاری را از آب جدا سازند. در اثر حرکت چرخشیِ آب، ذرات موجود در آب که جرم مخصوص آن‌ها از آب بیش‌تر است با دیواره سیکلون برخورد می‌کنند و به‌سمت پایین حرکت می‌کنند و از آب جدا می‌شوند. اما این دستگاه قادر به جداسازی ذرات ریز و ذراتی که جرم مخصوص آن‌ها از آب کم‌تر است، نیست. در زیر هر سیکلون محفظه‌ای برای تجمع ذرات جامد جداشده از آب تعبیه شده است (شکل ۱۲). بر اساس میزان مواد معلق موجود در آب ضروری است که روزانه یا هر چند روز یک بار دریچه این محفظه را باز کنید و مواد موجود در آن را تخلیه کنید تا مجدداً برای کار آماده شود. اگر محفظه مذکور پر باشد، سیکلون وظیفه خود را

(کـه همـان جداسـازی ذرات معلـق در آب اسـت) بخوبـی انجـام نمی‌دهـد و در نتیجـه کل ذرات موجـود در آب وارد صافی‌هـای شـنی می‌شـود.



شکل ۱۲- شمای کلی و روش جداسازی ذرات شن از آب در سیکلون

۲- صافی‌های شنی

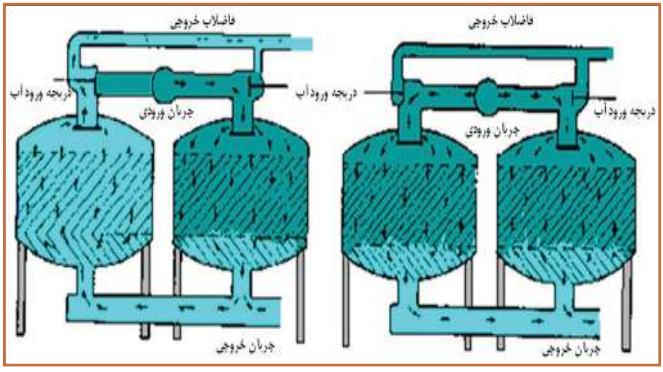
اساسـاً صافی‌هـای شـنی در مـواردی بـه‌کار می‌رونـد کـه آب آبیـاری حـاوی مقـدار زیـادی مـواد معلـق در آب یـا ذرات مـواد آلـی نظیـر جلبـک و خزه باشـد (شـکل ۱۳). ایـن صافی‌هـا در زمـان جداکـردن ذرات قادرنـد جریـان زیـادی را از خـود عبـور دهنـد.

شکل ۱۳- قسمت‌های مختلف صافی شنی

برای شست‌وشوی صافی‌های شنی معمولاً از جریان معکوس آب استفاده می‌شود که به شست‌وشوی معکوس (بک‌واش)[1] معروف است. طی این فرایند تمام ذراتی که در لابه‌لای ذرات شن محبوس شده‌اند به خارج رانده می‌شوند. جریان معکوس باید به اندازه‌ای باشد که ذرات معلق از آن خارج شود و دانه‌های اصلی صافی را جابه‌جا

1. backwash

نکنـد و از خـروج ذرات شـن جلوگیـری کنـد. آب ناشـی از شست‌وشـو از طریـق لوله‌هـای آبگیـر به‌صـورت فاضـلاب خـارج می‌شـود (شـکل ۱۴). صافی‌هـای شـنی بـرای جـذبِ مـواد آلـی بیش‌تریـن کارآیـی را دارنـد و قادرنـد مـواد آلوده‌کننـده را در عمـق بسـتر شـن جمـع‌آوری کننـد. هـرگاه مـواد آلوده‌کننـده بیش‌تـر از نـوع مـواد دراز و باریـک نظیـر جلبک‌هـا یـا دیاتومه‌هـا باشـند، احتمـال جـذب ایـن مـواد به‌وسـیله صافی‌هـای شـنی بـا چنـد بسـتر شـن بیش‌تـر اسـت.



(الف) هر دو صافی شنی در حال کار هستند (ب) صافی شنی سمت چپ در حال شست‌وشوی معکوس است

شکل ۱۴- طرز کار و شست‌وشوی صافی‌های شنی

برای عملکرد درست صافی‌های شنی و داشتن بازدهی مناسب در تصفیه فیزیکی آب، باید موارد زیر رعایت شوند:

- معمولاً حداکثر افت مجاز در صافی‌های شنی را حدود ۷ متر ستون آب (۰/۷ اتمسفر) در نظر می‌گیرند. بر اساس پژوهش‌ها هر زمان که اختلاف فشار بین ورودی و خروجی صافی‌های شنی حدود ۳ تا ۳/۵ متر ستون آب بیش‌تر از اختلاف فشار در حالت تمیزبودن آن‌ها باشد، شست‌وشوی صافی‌ها باید انجام شود. در این مورد، بروشور ارائه‌شده از سوی شرکت سازنده نیز می‌تواند ملاک عمل قرار گیرد؛
- شست‌وشوی صافی‌های شنی می‌تواند به‌صورت دستی یا خودکار انجام شود. ملاک زمان شست‌وشوی صافی، اختلاف فشار ورودی و خروجی صافی است؛
- دبی عبوری از صافی نقش مهمی در عملکرد درست آن دارد و باید محدوده دبی تعیین‌شده توسط کارخانه سازنده رعایت شود. بر اساس استاندارد انجمن مهندسی کشاورزی امریکا[1] (ASAE)، امروزه

1. American Society of Agricultural Engineers

قدرت اسمی عبور آب از صافی‌های با سرعت زیاد حدود ۱۴ لیتر در ثانیه به‌ازای هر مترمربع است که قادر به جداسازی ذراتی با قطر بین ۲۵ تا ۱۰۰ میکرون است؛

- در سامانه‌های آبیاری میکرو به‌دلیل امکان شست‌وشوی راحت‌تر و نیز ایمن‌تربودن سامانه تصفیه، استفاده از دو یا چند صافی شنی کوچک بهتر از یک صافی بزرگ است؛
- ضخامت لایه‌های سنگریزه و شن نباید از ۵۰ سانتی‌متر کم‌تر باشد؛
- در طول دوره بهره‌برداری، بازدید دوره‌ای از سطح، مقدار و شکل روی هم قرارگرفتن شن و سنگریزه‌های داخل مخازن امری ضروری است؛
- درصورتی‌که در زمان بهره‌برداری، سنگریزه‌های موجود در فیلترها همراه با آب از مخزن خارج شوند، ممکن است یک یا تعدادی از نازل‌های صافی‌ها (زیر لایه سنگریزه‌ها) از محل خود درآمده باشند یا صدمه دیده باشند. در این صورت با خارج‌کردن سنگریزه‌ها از دریچه تخلیه، امکان تعویض و نصب مجدد نازل‌ها میسر می‌شود؛

- جریان معکوس برای شست‌وشوی شن‌های داخل صافی‌ها نباید از حد مجاز قیدشده در بروشور شرکت سازنده صافی بیش‌تر شود و باید به اندازه‌ای باشد که ذرات معلق گرفته‌شده توسط شن‌ها، از آن خارج شود، ولی دانه‌های شن و سنگریزه را جابه جا نکند و موجب به‌هم‌خوردن دانه‌بندی و خروج سنگریزه‌ها در زمان شست‌وشوی معکوس نشود؛
- چنانچه تعداد دفعات شست‌وشوی صافی‌های شنی از دو بار در روز تجاوز کند، توصیه می‌شود از روش شست‌وشوی خودکار استفاده شود؛
- در پایان دوره بهره‌برداری بهتر است شیرهای تخلیه زیر مخازن و کلیه شیرهای ورودی و خروجی و مسیر شست‌وشوی معکوس فیلترها را باز کنید و آب داخل آن‌ها به‌طور کامل تخلیه شود.
- راهکارهای پیشنهادی برای رفع اشکال صافی‌های شنی، به‌صورت خلاصه در جدول ۳ ارائه شده است که می‌تواند به‌عنوان راهنما استفاده شود.

جدول ۳- راهنمای رفع مشکلات صافی‌های شنی

عیب	علت ایجاد عیب	روش رفع عیب
تصفیه ضعیف است	ارتفاع فیلتر شنی کم است	شن تا سطح مورد نیاز افزایش یابد
	اختلاف فشار در دو طرف صافی (افت فشار) زیاد است	صافی شنی تعویض شود
تصفیه ضعیف است و پدیده قیف‌مانند در لایه‌های میانی صافی شن تشکیل شده است	دبی عبوری زیاد است	نیاز به شست‌وشوی معکوس است
	در تانک هوا وجود دارد	تعداد تانک‌ها افزایش و دبی عبوری کاهش داده شود

ادامه جدول ۳- راهنمای رفع مشکلات صافی‌های شنی

عیب	علت ایجاد عیب	روش رفع عیب
دفعات شست‌وشوی معکوس افزایش یافته است	ضخامت لایه شن کم است	تعداد صافی‌ها افزایش داده شود
	شست‌وشوی معکوس کافی نیست	شست‌وشو ادامه پیدا کند
شن وسنگریزه در آب آبیاری دیده می‌شود	میزان دبی عبوری زیاد است	عمق شن در داخل مخزن کم است؛ تا سطح مورد نیاز افزایش داده شود
		دبی کاهش داده شود
	انتخاب صافی نادرست بوده است	قطر ذرات شن فیلتر اصلاح شود
	شن در اثر وجود هوا در تانک پخش شده است	سامانه تخلیه هوا (خودکار یا دستی) نصب شود

۳- صافی‌های توری یا دیسکی

در داخل صافی توری، صفحات مشبک توری وجود دارد که معمولاً از جنس فولاد ضدزنگ یا پلاستیک هستند. در صورت استفاده بجا و درست، این صافی‌ها دارای بیش‌ترین بازده تصفیه هستند. این توری‌ها در داخل محفظه استوانه‌ای قرار می‌گیرند. اندازه سوراخ‌ها و همچنین کل سطح سوراخ‌ها، تعیین‌کننده کارآیی و محدودیت‌های کاربرد آن‌هاست. این صافی‌ها برای جداسازی شن‌های خیلی ریز و مقادیر کم جلبک کاربرد دارند و مقادیر متوسط جلبک‌ها می‌توانند به‌سرعت توری آن‌ها را مسدود کنند. برای تمیزکردن لازم است صافی باز شود و پس از بیرون‌آوردن، توری تمیز شود. در داخل صافی‌های دیسکی نیز دیسک‌های صافی وجود دارد که باید در هر نوبتِ آبیاری بازدید و تمیز شوند (شکل ۱۵).

شکل ۱۵- نمونه‌ای از صافی‌های توری و دیسکی

صافی‌هـــای تـــوری دست‌ســـاز کـــه در تعـــدادی از طرح‌هـــای آبیـــاری میکـــرو اســـتفاده شـــده‌اند، در تصفیـــه آب خـوب عمـل نمی‌کننـد و تقریبـاً اکثرشـان مقـداری از مـواد فیزیکـی موجـود در آب را از خـود عبـور می‌دهنـد و دارای اشـکالات اساسـی هسـتند. اشـکالات صافی‌هـای تـــوری دست‌ســـاز عبارت‌انـــد از:

- معمـولاً طـول ایـن توری‌هـا یکسـان نیسـت و از نظـر آب‌بنـدی در داخـل محفظـه فلـزی ایـراد دارنـد؛
- تـــراز و عمودنبـــودن برش‌هـــای بـــالا و پاییـــن لولـه حامـل تـوری باعـث می‌شـود بدرسـتی روی واشـر لاسـتیکی سـر و تـه محفظـه فلـزی صافـی قـرار نگیـرد و مقـداری از آب ورودی بـه صافـی بـدون عبـور از شـبکه تـوری مسـتقیماً بـه خـارج هدایـت شـود؛
- لهشـــدگی و دوپهن‌شـــدن ســـر لوله‌هـــا (تغییـــر مقطـع لولـه از دایـره‌ای بـه تقریبـاً بیضی‌شـکل) در اثـر اختـلاف فشـار دو طـرف تـوری، مخصوصـاً زمانـی کـه شست‌وشـوی صافـی بـه تعویـق می‌افتـد یـا دبـی اضافـی از صافـی عبـور می‌کنـد، باعـث می‌شـود صافـی از آب‌بنـدی خـارج شـود و مقـداری از جریـان آب بـدون تصفیه‌شـدن از بـالا و پاییـن لولـه حامـل تـوری عبـور می‌کنـد؛

- در هنگام درآوردن توری‌ها از داخل محفظه فلزی برای شست‌وشوی دستی، امکان باقی‌ماندن شن‌های درشت در کف صافی‌ها زیاد است. شن‌های باقی‌مانده معمولاً در زیر لوله حامل توری قرار می‌گیرند و بستن درِ محفظه توری با مشکل مواجه می‌شود. در صورت بسته‌شدن نیز آب از زیر توری عبور می‌کند و بدون تصفیه فیزیکی وارد سامانه آبیاری می‌شود؛
- تعداد سوراخ‌هایی که با دست روی لوله‌های توری‌ها ایجاد می‌شود، ممکن است کم باشد و سطح لازم برای عبور جریان را ایجاد نکند.

در مجموع، هرچند این توری‌ها در اغلب پروژه‌ها استفاده شده‌اند، ولی به‌علت دارابودن اشکالات ذکرشده، مورد تأیید استاندارد کشور قرار نگرفته‌اند.

۴- تمیز کردن صافی های توری و دیسکی

شست‌وشوی صافی‌های توری و دیسکی معمولاً زمانی انجام می‌شود که اختلاف فشار بین ورودی و خروجی صافی، بیش‌تر از حداکثر مقدار درج‌شده در

بروشـور شـرکت سـازنده (معمـولاً حـدود ۴ متـر) شـود. سـه روش بـرای شستوشـو و تمیزکـردن صافی‌هـا وجـود دارد.

الف- تمیزکردن دستی

در شستوشـوی دسـتی صافی‌هـای تـوری و دیسـکی، مـوارد زیـر بایـد رعایت شـود:

- شیرفلکه‌های ورودی و خروجی صافی بسته شوند؛
- شـیرتخلیه انتهـای صافـی را بـاز کنیـد تـا آب داخـل آن خـارج شـود و فشـار داخـل صافـی صفـر شـود. در غیـر ایـن صـورت، مخصوصـاً در صافی‌هـای دیسـکی، ممکـن اسـت درپـوش پـرت شـود و بـه کاربـر صدمـه بزند؛
- در صافـی را بـاز کنیـد، سـپس دو شـبکه تـوری را از داخـل محفظـه فلـزی بـدون اینکـه بـه آن‌هـا آسـیبی برسـد، بـا احتیـاط خـارج کنیـد و در محلـول آب و شـوینده در دمـای ۳۵ تـا ۴۰ درجـه سـانتی‌گراد بـه مـدت ۱۵ دقیقـه نگـه داریـد. سـپس سـطح توری‌هـا را بـا آب معمولـی و بـرس پلاسـتیکی تمیـز کنیـد. دقـت کنیـد کـه شـبکه‌های توری‌هـا پارگـی نداشـته باشـند و در صـورت مشـاهده پارگـی، تـوری تعویـض شـود؛

- قبل از اینکه توری‌های دست‌ساز را در محل محفظه فلزی خود قرار دهید، حتماً دقت کنید در زیر یا روی واشر لاستیکی کف استوانه، مواد خارجی مانند شن باقی نمانده نباشد؛
- در صورت نیاز به تعویض توری‌های لوله‌ای دست‌ساز (لوله پلی‌اتیلنی) داخل استوانه فیلتر، دقت کنید ارتفاع صافی‌های جدید متناسب با استوانه فلزی صافی باشد و پس از بستن در صافی، توری‌ها از بالا و پایین با واشرهای تخت آب‌بندی شوند؛
- دیر تمیزکردن توری‌ها، با ایجاد اختلاف فشار زیاد در دو طرف صافی، ممکن است به پارگی شبکه توری یا دوپهن‌شدن توری‌های لوله‌ای دست‌ساز منجر شود؛
- برای تمیزکردن صافی‌های دیسکی نیز دیسک‌ها را از داخل محفظه خارج کنید و پس از بازکردن پیچ نگهدارنده دیسک‌ها، همان‌طور که قبلاً نیز توضیح داده شد، آن ها را با کمک برس بشویید؛
- صافی‌های دیسکی به جلبک‌ها حساس‌اند و سریعاً مسدود می‌شوند؛ به همین علت در آب‌های حاوی جلبک باید شست‌وشوی آن‌ها زودتر انجام شود؛

- در چاه‌هایی که برای بالاکشیدن آب از شافت و غلاف استفاده شده است، روغن استفاده در روانکاری قطعات شافت و غلاف، همراه آب به سامانه فیلتراسیون وارد می‌شود و باعث گرفتگی سریع صافی‌های دیسکی می‌شود. صافی‌های توری حساسیت کم‌تری از صافی‌های دیسکی نسبت به گرفتگی با روغن موجود در آب دارند؛
- برای جلوگیری از ورود روغن به سامانه آبیاری توصیه می‌شود استخرِ ذخیره کم‌آب نشود و روغن‌های روی آب به‌گونه‌ای از استخر خارج شوند؛
- فاضلاب حاصل از شست‌وشوی صافی‌ها نباید وارد آب آبیاری شود.

ب- تمیزکردن خودکار صافی‌های توری یا دیسکی

- تمیزکردن و شست‌وشوی صافی‌ها به دو صورت پیوسته یا متناوب انجام می‌شود. برای این منظور ممکن است از دستگاه‌های تایمردار استفاده شود یا هنگامی که افت فشار بین دو یا سه صافی از حد معینی تجاوز کرد، عمل تمیزکردن به‌صورت خودکار انجام شود.

ج - شست‌وشوی نیمه‌خودکار صافی‌های توری یا دیسکی

➢ در این روش بدون خارج‌کردن صافی‌ها، ابتدا شیر ورودی جریان آب به صافی بسته می‌شود و سپس شیر خروجی فاضلاب که معمولاً قطر کمی دارد، باز می‌شود. جریان برعکس باعث می‌شود موادی که در توری یا دیسک صافی‌ها گیر کرده‌اند، خارج شوند. دقت کنید که با این عمل، عمداً شن و ماسه‌های گرفته‌شده توسط صافی‌ها از طریق فاضلاب خارج می‌شوند؛ اما اگر صافی‌ها با موادی مانند روغن گرفته شده باشند، حتماً باید صافی‌ها را خارج کنید و با روشی که قبلاً توضیح داده شد، بشویید و بقیه مراحل را انجام دهید.

تصفیه شیمیایی آب

کیفیت شیمیایی آب آبیاری نقشی مؤثر در انسداد خروجی‌ها دارد. مواد محلول در آب آبیاری در اثر تغییر اسیدیته و دما ممکن است به حالت نامحلول درآیند و رسوب کنند. مواد رسوبی همراه با آب آبیاری در داخل لوله‌ها و خروجی‌ها جریان می‌یابند و باعث گرفتگی جزئی و در نهایت انسداد کامل خروجی‌ها می‌شود. رسوب کربنات کلسیم و آهن، مشکل بالقوه

آب در اکثر چاه‌هاست و معمول‌ترین ماده‌ای است که در آب‌های کربناته و بی‌کربناته مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌وجود می‌آید. بررسی امکان رسوب کربنات کلسیم و منیزیم و رسوبات آهن از طریق تجزیه آب و محاسبه «شاخص اشباع لانژیلر» (LSI)[1] است. اگر مقدار عددی این شاخص مثبت باشد، نشان‌دهنده این است که آب، پتانسیل رسوب کربنات کلسیم را دارد. نتایج تحقیقات نشان داده است که مقدار بی‌کربنات بیش از ۲ میلی‌اکی‌والان در لیتر به همراه اسیدیته بیش‌تر از ۷/۵ می‌تواند مشکل گرفتگی ایجاد کند. چنانچه آب آبیاری محتوی ۵۰ میلی‌گرم در لیتر کلسیم یا منیزیم باشد و pH آب نیز از ۸ بیش‌تر باشد، آب ممکن است رسوبات کربنات کلسیم و منیزیم تشکیل دهد. معمول‌ترین روش برای کاهش تشکیل رسوب کربنات کلسیم افزودن اسید به آب آبیاری است. اسید با بی‌کربنات موجود در آب ترکیب می‌شود و غلظت بی‌کربنات و کربنات را کاهش می‌دهد. در غیاب بی‌کربنات، رسوب کربنات کلسیم و منیزیم بسهولت تشکیل نخواهد شد. متداول‌ترین اسیدهایی که برای این منظور

1. Langelier Saturation Index

بـه‌کار می‌رونـد، عبارت‌انـد از اسـید فسـفریک، اسـید سـولفوریک و اسـید نیتریـک. ایـن اسـیدها در کنتـرل pH مؤثرنـد. مقـدار اسـید مـورد نیـاز و حـد مطلـوب اسـیدیته، تابعـی از کیفیـت آب آبیـاری، وسـایل، دمـای آب، نـوع و غلظـت اسـید اسـت. نگهداشـتن اسـیدیته آب در حـد پاییـن (۵/۵ تـا ۷) در ازبین‌بـردن رسـوبات در آب‌هـای مشـکل‌دار مؤثـر اسـت. معمـولاً بـرای نگهـداری اسـیدیته آب در سـطح پاییـن، دبـی اسـید تزریقـی بایـد در حـدود ۰/۰۲ تـا ۰/۲ درصـد دبـی آب باشـد. تزریـق در پایـان هـر آبیـاری یـا تزریـق متنـاوب، برخـی اوقـات از نظـر اقتصادی بصرفـه اسـت. روش‌هـای دیگـری کـه بـرای غلظت‌هـای بیش‌تـر بی‌کربنـات توصیـه می‌شـود، هوادهـی آب و نگهـداری آن در یـک مخـزن ذخیـره تـا رسـیدن بـه تعـادل و ته‌نشـینی مـواد قابل‌رسـوب اسـت. بهتریـن راه بـرای تشـخیص مقـدار اسـیدی کـه بایـد اضافـه شـود، روش تیتراسـیون اسـت. به‌هرحـال، مقـدار اسـید مـورد اسـتفاده نبایـد باعـث کاهـش بیش‌ازحـد pH شـود؛ زیـرا pH کم‌تـر از ۵/۵ باعـث خوردگـی جـدار لولـه و اتصـالات فلـزی خواهـد شـد.

رسـوب آهـن نیـز در سـامانه آبیـاری میکـرو مسئله‌سـاز اسـت. بـر اسـاس اسـتاندارد آب سـازمان

بهداشت عمومی ایالات متحده آمریکا، حداکثر مقدار آهن ۰/۳ میلی‌گرم در لیتر است که همین مقدار جزئی نیز با گذشت زمان می‌تواند مشکلاتی را در آبیاری میکرو به‌وجود آورد.

با تزریق کلر به آب آبیاری می‌توان از اکسیدشدن آهن و تشکیل رسوب آهن جلوگیری کرد. برای جلوگیری از رسوب آهن درخروجی‌ها باید تصفیه مورد نیاز قبل از ورود به شبکه لوله‌ها انجام شود. می‌توان یک تزریق‌کننده مواد شیمیایی را در آنجا قرار داد تا مقدار محلول کلر لازم برای اکسیدکردن آهن (و سایر ترکیبات آلی موجود) را تزریق کند و کلر باقیمانده در آب آبیاری را در حد ۱ قسمت در میلیون نگه دارد. در مواردی که میزان کربنات کلسیم آب آبیاری بیش از ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر باشد، استفاده از هیپوکلریت سدیم بهتر از هیپوکلریت کلسیم است؛ زیرا هیپوکلریت کلسیم تمایل به رسوب‌دادن کلسیم دارد. هرگاه غلظت آهن در آب آبیاری بیش از ۱۰ میلی‌گرم در لیتر باشد، هوادهی مکانیکی و استفاده از مخزن برای رسوب عملی‌ترین راه‌حل است. با تزریق هوا توسط وسایل مکانیکی به داخل منبع آب و تصفیه فیزیکی بعد از آن می‌توان آهن را دفع کرد.

نتایج بررسی تأثیر کیفیت آب آبیاری بر گرفتگی خروجی‌ها و علائم ظاهری رسوبات مختلف به‌ترتیب در جدول ۴ و ۵ ارائه شده است که می‌تواند به‌عنوان راهنما استفاده شود.

جدول ۴- خطر گرفتگی خروجی‌ها با آب‌هایی با کیفیت مختلف

آلودگی		خطر گرفتگی		
نوع	عامل	کم	متوسط	زیاد
فیزیکی	مواد جامد معلق (قسمت در میلیون)	کم‌تر از ۵۰	۵۰-۱۰۰	بیش‌تر از ۱۰۰
شیمیایی	pH	<۷	۷-۸	>۸
	مواد محلول (قسمت در میلیون)	<۵۰۰	۵۰۰-۲۰۰۰	>۲۰۰۰
	منگنز (قسمت در میلیون)	<۰/۱	۰/۱-۱/۵	>۱/۵
	آهن (قسمت در میلیون)	<۰/۱	۰/۱-۱/۵	>۱/۵
	سولفید هیدروژن (قسمت در میلیون)	<۰/۵	۰/۵-۲	>۲
بیولوژیکی	باکتری‌ها (حداکثر تعداد در میلی‌لیتر)	<۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰-۵۰۰۰۰	>۵۰۰۰۰

جدول ۵- علائم ظاهری رسوبات مختلف و روش‌های اصلاح آب برای مقابله با گرفتگی

نوع رسوب	علائم ظاهری	راهکار
رسوب کربنات	رسوب سفید	۱- تزریق پیوسته اسید: نگه‌داشتن pH بین ۵ تا ۷ ۲- تزریق متناوب اسید: نگه‌داشتن pH زیر ۴ برای ۳۰ تا ۶۰ دقیقه در روز
رسوب آهن	رسوب قرمز	۱- هوادهی ۲- کلرزنی (تزریق کلر برای رسوب آهن) ● استفاده از ۱ میلی‌گرم در لیتر کلر به‌ازای ۰/۷ میلی‌گرم در لیتر آهن ● تزریق قبل از فیلتر به‌طوری‌که رسوبات جدا شوند. ۳- کاهش pH به ۴ یا کم‌تر به‌مدت ۳۰ تا ۶۰ دقیقه روزانه
رسوب منگنز	رسوب سیاه	تزریق ۱ میلی‌گرم در لیتر کلر به‌ازای هر ۱/۳ میلی‌گرم در لیتر منگنز قبل از فیلتر
باکتری‌های آهن	لجن قرمز	تزریق کلر با غلظت ۱ میلی‌گرم در لیتر به‌طور پیوسته یا ۱۰ تا ۲۰ میلی‌گرم در لیتر به‌مدت ۳۰ تا ۶۰ دقیقه در هر روز (برای مؤثربودن این کار pH باید زیر ۷ باشد).
باکتری‌های سولفور	لجن نرم سفید	۱- تزریق پیوسته کلر با غلظت ۱ میلی‌گرم در لیتر به‌ازای هر ۴ تا ۸ میلی‌گرم در لیتر سولفید هیدروژن (pH بایستی زیر ۶ باشد). ۲- تزریق متناوب کلر با غلظت ۱ میلی‌گرم در لیتر برای ۳۰ تا ۶۰ دقیقه در روز (pH بایستی زیر ۶ باشد).
لجن باکتریایی و جلبک	لجن سبز	تزریق پیوسته کلر با غلظت ۰/۵ تا ۱ میلی‌گرم در لیتر یا با غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر به‌مدت ۲۰ دقیقه در آخر هر چرخهٔ آبیاری
سولفید آهن	سیاه شبیه موادآلی	حل‌کردن آهن به‌وسیله تزریق پیوسته اسید برای اینکه pH بین ۵ تا ۷ بماند.

تصفیه بیولوژیکی آب

رشد موجودات زنده در سامانه آبیاری میکرو موجب گرفتگی بیولوژیکی خروجی‌ها می‌شود. روش استاندارد برای کنترل رشد این موجودات عبارت است از تزریق یک ترکیب شیمیایی که سبب ازبین‌رفتن این موجودات یا مانع رشد و تکثیر آن‌ها شود. از معمول‌ترین ترکیباتی که در این خصوص استفاده می‌شود می‌توان به کلر، محلول هیپوکلریت، آکرولین و سولفات مس اشاره کرد. رشد جلبک‌ها یا دیگر گیاهان آبزی در اکثر منابع آب سطحی مشاهده می‌شود. برای کنترل رشد جلبک‌ها، بخصوص در مخازن روباز آب، می‌توان از کات کبود یا سولفات مس استفاده کرد. این ماده را می‌توان هم به‌صورت پودر در سطح مخزن پخش کرد و هم با کمک حلقه‌های مخصوص به‌صورت سنگ‌های آبی‌رنگ در نقاط مختلف مخزن به‌صورت شناور قرار داد. بسته به نوع جلبک، غلظت سولفات مس برای کنترل رشد جلبک‌ها از ۰/۵ تا ۲ میلی‌گرم در لیتر متفاوت است. البته جلبک‌های سبز فقط در روشنایی مناسب رشد می‌کنند و نمی‌توانند درون لوله‌های سیاه‌رنگ پلی‌اتیلن و خروجی‌ها رشد

کننـد. کلرزنـی روش ارزان، مؤثـر و مناسـب مبـارزه بـا ایـن مشـکلات اسـت. جلبک‌هـا ومـواد آلـی موجـود در سـامانه‌های آبیـاری میکـرو را می‌تـوان بـا تزریـق مـداوم کلـر بـا غلظـت ۱ میلی‌گـرم در لیتـر یـا بـا غلظـت ۱۰ تـا ۲۰ میلی‌گـرم در لیتـر حداقـل در مـدت ۲۰ دقیقـه آخـر هـر دور آبیـاری کنتـرل کـرد. غلظت‌هـای معمـول توصیه‌شـده کلـر بـه شـرح زیـر اسـت:

- بـرای جلبک‌هـا ۰/۵ تـا ۱ میلی‌گـرم در لیتـر به‌طـور مـداوم، یـا ۲۰ میلی‌گـرم در لیتـر بـرای ۲۰ دقیقـه آخـر آبیـاری؛
- بـرای سـولفید هیـدروژن ۳/۶ تـا ۸/۴ برابـر سـولفید هیـدروژن موجـود در آب آبیـاری؛
- بـرای باکتری‌هـای آهـن ۱ میلی‌گـرم در لیتـر بیـش از تعـداد میلی‌گـرم در لیتـر آهـن موجـود در آب؛
- بـرای رسـوب آهـن ۰/۶۴ ضـرب در مقـدار آهـن (بـر حسـب میلی‌گـرم در لیتـر) در آب آبیـاری؛
- بـرای رسـوب منگنـز ۱/۳ ضـرب در مقـدار منگنز (بـر حسـب میلی‌گـرم در لیتـر) در آب آبیـاری؛
- بـرای مـاده لعابـی بایـد کلـر باقی‌مانـده در انتهـای

لوله‌های آبده معادل یک میلی‌گرم در لیتر باشد.

معمولاً تزریق کلر و اسید به‌منظور مبارزه با باکتری‌ها و مواد رسوبی به دو صورت انجام می‌شود: با غلظت کم و به‌طور دائمی، یا با غلظت بالا و به‌صورت متناوب (غالباً در پایان هر آبیاری). برای کاهش خطرات گرفتگی باید مواد شیمیایی در بالادست صافی‌های توری یا دیسکیِ واقع در قسمت کنترل مرکزی تزریق شود. تزریق کلر موجب می‌شود موجودات زنده از بین بروند، اما آن‌ها را حل نمی‌کند. لذا لاشه آن‌ها باید با شست‌وشوی لوله‌های آبده از سامانه خارج شود.

برای اینکه کلرزنی به سامانه آبیاری با بازده بالاتری انجام شود، رعایت نکات زیر توصیه می‌شود:

- بازده کلرزنی به خاصیت اسیدی‌بودن آب بستگی دارد؛ لذا هر چه pH آب بیش‌تر باشد، مقدار کلر بیش‌تری برای تصفیه آب لازم است؛
- کلرزنی با غلظت کم‌تر در مدت طولانی‌تر تزریق، مناسب‌تر است؛ ولی افزایش زمان تزریق بیش از ۴ ساعت اثر زیادی در بهبود نتیجه ندارد؛
- غلظت کلر نباید بیش‌تر از ۴۰ میلی‌گرم

در لیتر باشد، زیرا غلظت‌های بالاتر خطر رسوب کربنات کلسیم و منیزیم را بیش‌تر می‌کند. اگر تزریق کلر با این غلظت در مدت زمان ۴ ساعت نیز تأثیری بر رفع گرفتگی قطره‌چکان‌ها نداشته باشد، باید گرفتگی قطره‌چکان‌ها یا با دست باز شود یا تعویض شوند؛

- در آب‌هایی که منگنز دارند، کلرزنی می‌تواند موجب تولید رسوب شود؛ بنابراین باید بتدریج انجام شود.
- در آب‌های اسیدی (pH<۷) کلرزنی تأثیر بیش‌تری دارد؛
- درصورتی‌که آب دارای کلسیم یا pH بالاتر از ۸ باشد، توصیه می‌شود به‌جای گاز کلر از هیپوکلریت کلسیم استفاده شود. در غیر این صورت رسوب کربنات کلسیم تشکیل می‌شود و لازم است اسیدشویی انجام گیرد؛
- برای سطوح کوچک، هیپوکلریت کلسیم و هیپوکلریت سدیم مناسب‌تر است و در سطوح بزرگ، گاز کلر مقرون‌بصرفه‌تر است؛
- بعد از تزریق کلر، میزان کلر آزاد را در نزدیک‌ترین قطره‌چکان اندازه‌گیری کنید و با مقدار مورد انتظار مقایسه کنید. در صورت وجود

اختلاف، مقدار کلر تزریقی تغییر داده شود. تفاوت مقدار کلر آزاد آب خروجی از نزدیک‌ترین و دورترین قطره چکان‌ها را با هم مقایسه کنید. چنانچه تفاوت این مقدار که نشان‌دهنده مقدار کلر جذب شده است، متناسب با مقدار مورد انتظار نباشد، باز هم می‌توان مقدار کلر تزریقی را تغییر داد.

کاربرد کود و سم در سامانه‌های آبیاری میکرو

در بیش‌تر روش‌های آبیاری میکرو اگر کود روی سطح خاک پاشیده شود، همراه با آب آبیاری به ناحیه ریشه نمی‌رسد. بنابراین لازم است قسمت اعظم کود مورد نیاز (بخصوص ازت) مستقیماً به آب آبیاری افزوده شود. از جمله مزایای بسیار مهم سامانه‌های آبیاری میکرو، توانایی توزیع همزمان کود و سموم از طریق آب آبیاری است. در این روش چون کود مستقیماً در اختیار هر گیاه قرار می‌گیرد، کارآیی مصرف افزایش می‌یابد. صرفه‌جویی در نیروی کارگر، ماشین‌آلات و هزینه‌های انرژی از مزایای دیگر آن است. اما در استفاده از کود و سم باید به نکات زیر توجه کرد تا از بروز هرگونه مشکلی جلوگیری شود.

- کودهای مورد استفاده بسرعت در آب حل شوند؛
- چنانچه دو یا چند ماده شیمیایی همراه با هم به سامانه تزریق می‌شوند، به تولید رسوب منجر نشود؛
- کود و سم تزریقی با مواد موجود در آب وارد کنش شیمیایی نشود؛
- کود و سم از نوع خورنده نباشند؛
- کود و سم همیشه قبل از واحد تصفیه وارد سامانه شوند.

بسیاری از کودهای تجاری را می‌توان در فصل رشد و بدون ایجاد هیچ‌گونه زیانی به سامانه آبیاری اضافه کرد و به این ترتیب میزان کود را در طول فصل رویش حتی در خاک‌های شنی در حد مطلوب نگه‌داشت. کودهایی را که عموماً در زراعت و باغبانی استفاده می‌شوند می‌توان به چهار گروه اصلی تقسیم کرد: کودهای حاوی ازت، فسفر، پتاسیم، و عناصر میکرو.

کودهای ازته عمدتاً به سه شکل کلی اوره، نیترات آمونیوم و سولفات آمونیوم موجود هستند.

به‌طور کلی توانایی حل نمک‌های ازت در آب زیاد است، اما استفاده از کودهای آمونیوم‌دار باعث بالارفتن pH آب آبیاری می‌شود. این امر موجب رسوب کلسیم و منیزیم موجود در آب آبیاری می‌شود و خطر انسداد چکاننده‌ها را در پی دارد. این نوع مشکلات را می‌توان با افزودن مواد سختی‌گیری مانند هگزامتافسفات سدیم (کالگون)[1] قبل از تشکیل گاز آمونیاک برطرف کرد. ماده کالگون، کلسیم و منیزیم را به‌صورت ترکیب درمی‌آورد و مشکل را برطرف می‌کند. اما باتوجه‌به قیمت میزان کالگون مصرفی، هزینه کوددهی به میزان هنگفتی افزایش می‌یابد. کودهای ازته به‌شکل نیترات یا اوره بخوبی حل می‌شوند و آن‌ها را بدون ترس از خطر رسوب و گرفتگی می‌توان استفاده کرد. اما کودهای ازته فسفردار به‌علت اثرات متقابل فسفر در آب و خاک نباید جز کودهای عمومی ازته در نظر گرفته شوند. سولفات آمونیم و نیترات آمونیم از جمله کودهای بسیار متداولی هستند که می‌توانند بسادگی در سامانه آبیاری تزریق شوند. اوره و ازت نیتراتی هر دو تمایل دارند که در خاک به‌صورت محلول باقی

1. Calgon

بمانند و بدین لحاظ در جهت حرکت رطوبت در خاک حرکت می‌کنند. بنابراین در صورت کاربرد آبِ اضافی بسادگی از دسترس گیاه خارج می‌شوند.

کودهای فسفره عمدتاً به دو شکل سوپر فسفات تریپل و انواع فسفات‌های آمونیوم در بازار موجود است. سوپر فسفات تریپل حلالیت کمی در آب دارد؛ بنابراین مناسب کودآبیاری نیست. از طرف دیگر، فسفات آمونیوم براحتی و بسرعت در آب حل می‌شود و به همین دلیل این نوع کودهای فسفره برای استفاده همراه با آب آبیاری بیش‌تر مورد توجه قرار می‌گیرند. اما اگر آب آبیاری حاوی مقدار زیادی کلسیم باشد، ممکن است فسفر به‌صورت فسفات دی‌کلسیم رسوب کند و موجب بسته‌شدن مسیر جریان آب و انسداد خروجی‌ها شود. چندین نوع از فسفات‌های آمونیوم در بازار موجود است و به‌طور معمول هم به‌عنوان کود ازته و هم کود فسفره استفاده می‌شود. این کودها عبارت‌اند از فسفات آمونیوم، منوفسفات آمونیوم و دی‌فسفات آمونیوم. کلیه این ترکیبات بخوبی در آب حل می‌شوند، بنابراین این نوع ترکیبات فسفره اکثراً مناسب سامانه آبیاری هستند.

اسید فسفریک بهترین ترکیب برای تزریق به داخل آب به فرم فسفات معدنی است و با تنظیم دقیق اسیدیته آب آبیاری می‌توان از رسوب آن جلوگیری کرد. برخی آب‌های اسیدی که کلسیم و منیزیم اندک دارند ممکن است مستعد گرفتگی ناشی از به‌کارگیری فسفات آلی باشند که با استفاده از اسید سولفوریک یا اسید هیدروکلریک بلافاصله پس از مصرف اسید فسفریک می‌توان مشکل گرفتگی احتمالی را برطرف کرد؛ زیرا این عمل باعث می‌شود که اسیدیته آب برای مدت زمانی که لازم است آب کاملاً از سامانه تخلیه شود، در حد اسیدی باقی بماند. ترکیبات فسفات آلی مثل اسید گلیسیروفسفریک برای تزریق به داخل سامانه‌های آبیاری قطره‌ای بدون ترس از رسوب در داخل سامانه مناسب هستند. ترکیبات آلی را می‌توان از نظر رابطه آن‌ها با خاک همانند اوره دانست، اما این ترکیبات از فرم‌های محلول فسفرهای معدنی گران‌ترند.

نکته مهم دیگر درباره فسفر، بی‌حرکتی آن در خاک است. بنابراین کودهای فسفاته که به آب آبیاری تزریق می‌شوند، به‌طور کلی در قسمت سطحی خاک جمع می‌شوند و در نتیجه در اختیار

گیاه قرار نمی‌گیرند؛ ولی در سال‌های بعد در صورت زیرورو‌شدن خاک در اثر شخم می‌توان از آن‌ها استفاده کرد. در آبیاری قطره‌ای فسفات اضافه‌شده به خاک بیش‌تر در نقطه‌ای که به خاک داده شده، جمع می‌شود. استفاده بیش‌تر فسفات در منطقه کوچک باعث می‌شود که خاصیت جذب خاک در آن نقطه اشباع شود و فسفر بتواند به حرکت درآید. معمولاً این مقدار حرکت به اندازه‌ای است که بتوان در آبیاری قطره‌ای فسفر را به ناحیه ریشه گیاه رساند.

پتاسیم عنصری است که به‌آسانی می‌تواند به داخل آب تزریق شود و مشکلی برای به‌کارگیری پتاسیم در آب آبیاری وجود ندارد. اکسید پتاسیم که معمول‌ترین منبع کود پتاسه است، بخوبی در آب حل می‌شود. کود پتاسه به‌آسانی در خاک حرکت می‌کند و مولکول‌های پتاسیم در ترکیب خاک مورد تبادل قرار می‌گیرند و بنابراین سریعاً از دسترس گیاه خارج نمی‌شوند.

عناصر میکرو مانند روی، بُر، آهن و مس را می‌توان در سیستم آبیاری قطره‌ای تزریق کرد، اما در عمل کاری دشوار است؛ زیرا این عناصر باید به مقدار خیلی کم به آب اضافه شوند. این

عناصر ممکن است با املاح موجود در آب واکنش بدهند. مقادیر بیش‌ازحد عناصر میکرو در گیاه ایجاد مسمومیت می‌کند. بنابراین برای انتخاب نوع کود مصرفی، اطلاع از املاح موجود در آب آبیاری ضروری است. پس از تجزیه آب باید ترکیبات کودی مناسب برای تزریق به داخل سامانه بدقت انتخاب شوند. تازمانی‌که جزئیات کامل تزریق عناصر میکرو به داخل آب آبیاری سامانه آبیاری میکرو در مزرعه عملاً کنترل نشده است، بهتر است از روش‌های متداول برای دادن این عناصر به گیاهان استفاده شود. این روش‌ها شامل پاشیدن مواد روی شاخ و برگ گیاهان (محلول‌پاشی) یا پخش مکانیکی و مخلوط‌کردن آن‌ها با خاک است. سازگاری و ناسازگاری کودهای مورد استفاده در کشاورزی در نمودار ۱ ارائه شده است که می‌تواند به‌عنوان راهنما مورد استفاده قرار گیرد.

نمودار ۱- سازگاری و ناسازگاری اختلاط کودهای مورد استفاده در سامانه آبیاری قطره‌ای

نوع کود مورد استفاده	اوره	نیترات آمونیوم	سولفات آمونیوم
اوره			
نیترات آمونیوم			
سولفات آمونیوم			
نیترات کلسیم			
نیترات پتاسیم			
کلراید پتاسیم			
سولفات پتاسیم			
فسفات آمونیم			
سولفات آهن، روی، مس و منگنز			
کلات آهن، روی، مس و منگنز			
سولفات منیزیم			
اسید فسفریک			
اسید سولفوریک			
اسید نیتریک			

ادامه نمودار ۱- سازگاری و ناسازگاری اختلاط کودهای مورد استفاده در سامانه آبیاری قطره‌ای

نوع کود مورد استفاده	نیترات کلسیم	نیترات پتاسیم	کلرایدپتاسیم
اوره			
نیترات آمونیوم			
سولفات آمونیوم			
نیترات کلسیم			
نیترات پتاسیم			
کلرایدپتاسیم			
سولفات پتاسیم			
فسفات آمونیم			
سولفات آهن، روی، مس و منگنز			
کلات آهن، روی، مس و منگنز			
سولفات منیزیم			
اسید فسفریک			
اسید سولفوریک			
اسید نیتریک			

ادامه نمودار ۱- سازگاری و ناسازگاری اختلاط کودهای مورد استفاده در سامانه آبیاری قطره‌ای

نوع کود مورد استفاده	سولفات پتاسیم	فسفات آمونیم	سولفات آهن، روی، مس و منگنز
اوره			
نیترات آمونیوم			
سولفات آمونیوم			
نیترات کلسیم			
نیترات پتاسیم			
کلراید پتاسیم			
سولفات پتاسیم			
فسفات آمونیم			
سولفات آهن، روی، مس و منگنز			
کلات آهن، روی، مس و منگنز			
سولفات منیزیم			
اسید فسفریک			
اسید سولفوریک			
اسید نیتریک			

ادامه نمودار ۱- سازگاری و ناسازگاری اختلاط کودهای مورد استفاده در سامانه آبیاری قطره‌ای

نوع کود مورد استفاده	کلات آهن، روی، مس و منگنز	سولفات منیزیم	اسید فسفریک
اوره			
نیترات آمونیوم			
سولفات آمونیوم			
نیترات کلسیم			
نیترات پتاسیم			
کلراید پتاسیم			
سولفات پتاسیم			
فسفات آمونیم			
سولفات آهن، روی، مس و منگنز			
کلات آهن، روی، مس و منگنز			
سولفات منیزیم			
اسید فسفریک			
اسید سولفوریک			
اسید نیتریک			

ادامه نمودار ۱- سازگاری و ناسازگاری اختلاط کودهای مورد استفاده در سامانه آبیاری قطره‌ای

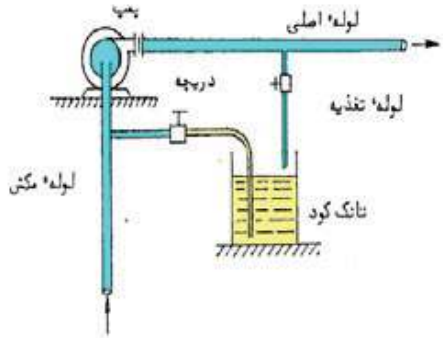
نوع کود مورد استفاده	اسید سولفوریک	اسید نیتریک	
اوره			ناسازگار
نیترات آمونیوم			
سولفات آمونیوم			
نیترات کلسیم			
نیترات پتاسیم			کاهش توانایی حل
کلراید پتاسیم			
سولفات پتاسیم			
فسفات آمونیم			
سولفات آهن، روی، مس و منگنز			
کلات آهن، روی، مس و منگنز			سازگار
سولفات منیزیم			
اسید فسفریک			
اسید سولفوریک			
اسید نیتریک			

روش‌های تزریق کود و مواد شیمیایی

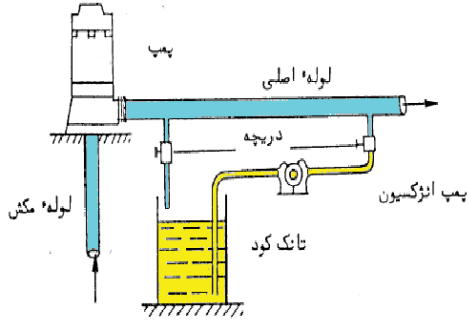
یکی از روش‌های متداول تزریق، مکش مواد شیمیایی از طریق قسمت مکنده پمپ است. در این روش دقت در میزان تزریق مواد شیمیایی بسیار مشکل است (شکل ۱۶). پمپ‌های پیستونی یا دیافراگمی مناسب‌ترین وسیله تزریق مواد شیمیایی به داخل سامانه آبیاری قطره‌ای هستند (شکل ۱۷). بعضی از پمپ‌های تزریق با استفاده از فشار آب کار می‌کنند و به‌عبارت دیگر، انرژی خود را از آب تحت فشار داخل لوله به‌دست می‌آورند. پمپ‌های پیستونی می‌توانند طوری طراحی و تنظیم شوند که مواد را به میزان کم یا زیاد به‌طور دقیق به سامانه تزریق کنند. پمپ‌هایی که با نیروی مکانیکی یا الکتریکی کار می‌کنند، نسبت به پمپ‌هایی که با نیروی آب کار می‌کنند کم‌هزینه‌ترند و هزینه نگهداری و تعمیرات آن‌ها نیز (به‌علت اینکه قطعات متحرک کم‌تری دارند) کم‌تر است.

اختلاف فشار نیز روشی برای تزریق مواد شیمیایی به داخل آب در سامانه تحت فشار است (شکل ۱۸). در روش اختلاف فشار، مخزن مواد شیمیایی تحتِ

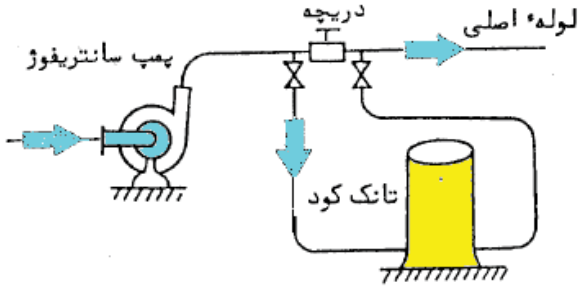
فشاری برابر فشار آب در لوله اصلی است. این روش ارزان‌تر از روش پمپاژ است. مهم‌ترین عیب روش تزریق با اختلاف فشار این است که غلظت محلول تزریقی با گذشت زمان کاهش می‌یابد و محلول شیمیایی باید در مخزنی با فشار مساوی فشار لوله اصلی قرار داده شود و نمی‌توان از مخازن روباز سبک وزن و نازکی که فشار در آن‌ها برابر فشار اتمسفر است، استفاده کرد. برای استفاده از این روش در قسمت کنترل مرکزی دو محل برای اتصال لوله‌های ورودی و خروجی تانک کود تعبیه شده است.



شکل ۱۶- تزریق مواد شیمیایی از طریق قسمت مکنده پمپ



شکل ۱۷-تزریق مواد شیمیایی با استفاده از طریق پمپ انژکسیون

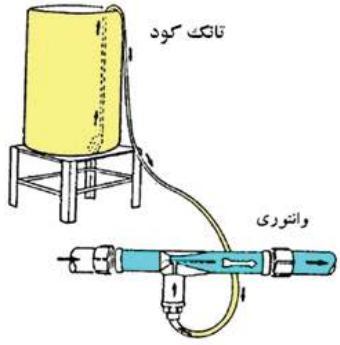


شکل ۱۸- سامانه تزریق مواد شیمیایی با ایجاد اختلاف فشار اندک

تانک کود به وسیله دو لوله پلاستیکی ورودی و خروجی به کنترل مرکزی متصل می‌شود. محلول کود را در داخل تانک کود بریزید و شیر فلکه بین لوله‌های ورودی و خروجی تانک کود را آن‌قدر ببندید

کـه اختـلاف فشـار بیـن دو نقطـه ورود و خـروج آب بـه داخـل تانـک بـه حـدود ۵ متر برسـد. بـرای کنتـرل تخلیه کـود می‌تـوان لولـه لاسـتیکی را در دسـت نگـه داشـت و بایـد عبـور جریـان آب از داخـل لولـه احسـاس شـود.

اسـتفاده از ونتـوری یکـی دیگـر از روش‌هایـی اسـت کـه بـه کمکـش می‌تـوان اختـلاف فشـار زیـادی را بیـن دو نقطـه از لولـه بـا افـت فشـار مختصـری ایجـاد کـرد (شـکل ۱۹). از ایـن روش تزریـق می‌تـوان به‌عنـوان یکـی از مؤثرتریـن شـیوه‌های تزریـق مـواد شـیمیایی بـه داخـل سـامانه آبیـاری تحـت فشـار نـام بـرد. در ایـن روش مـواد تزریقـی در مخزنـی ریختـه می‌شـود و از طریـق گلـوی ونتـوری بـه سـامانه تزریـق می‌شـود. داشـتن وسـایل دقیـق بـرای کنتـرل مقـدار کـود و مـواد شـیمیایی ورودی بـه سـامانه از اهمیـت خاصـی برخـوردار اسـت.



شکل ۱۹- سامانه تزریق مواد شیمیایی با استفاده از لوله ونتوری

سرویس‌های لازم در شروع فصل آبیاری

- قبل از شروع فصل آبیاری از تمام صافی‌ها بازدید کنید و در صورت وجود خرابی، آن‌ها را تعویض یا تعمیر کنید؛
- در ابتدای بهره‌برداری و قبل از روشن‌کردن پمپ، برای روان‌شدن حرکت پروانه پمپ حتماً محور پمپ با دست یا آچار چرخانده شود. محور پمپ به این علت باید حرکت داده شود که ممکن است در مدتی که پمپ متوقف بوده است، قسمت‌های مختلف پمپ چسبندگی پیدا کرده باشد یا شیئی خارجی وارد پمپ شده باشد. در این صورت ممکن است روشن‌کردن پمپ منجر شود به پمپ، الکتروموتور یا سایر اجزایش صدمه وارد شود؛
- پمپ (الکتروپمپ) را سرویس کامل کنید و قطعات خراب و معیوبش را تعویض کنید؛
- انتهای لوله‌ها و کلیه شیرفلکه‌ها را ببندید؛
- کلیه لوله‌ها را بازدید کنید و در صورت خرابی، آن‌ها را تعمیر یا تعویض کنید؛
- استخرهای ذخیره آب بخوبی نگهداری و در

شـــروع فصـــل زراعـــی لایروبـــی و شستوشـــو شـــوند و تاحدممکـن از رشـد جلبک‌هـا درون آن‌هـا جلوگیـری شـود.

سرویس‌های لازم در انتهای فصل آبیاری

✓ پـــس از آخریـــن بهره‌بـــرداری ســـالانه، بـــرای جلوگیـــری از صدمـــات احتمالـــی ناشـــی از یخبنـــدان بـــه قطعـــات، آب داخـــل تمـــام فیلترهـــا و شـــیرها و ســـایر تجهیـــزات موجـــود در ســـامانه کنتـــرل مرکـــزی، لوله‌هـــای پمـــپ و داخـــل محفظـــه پمـــپ تخلیـــه شـــود. معمـــولاً تخلیه محفظـــه پمـــپ توســـط بازکـــردن یـــک عـــدد پیـــچ کـــه در زیـــر حلزونـــی پمـــپ قـــرار دارد، انجـــام می‌شـــود؛

✓ بازکـردن یـا پوشـاندن فشارسـنج‌ها، شـیرفلکه‌ها، شـیرهای خـودکار و... در بخـش کنتـرل مرکزی؛

✓ بازکـردن شـیرهای تخلیـه آب و خارج‌کـردن آب داخـل سـامانه آبیـاری؛

✓ درصورتی‌کـه پمـپ و تجهیـزات فیلتراسـیون در فضـای بـاز نصـب شـده اسـت، بـرای حفاظـت پمـپ و تجهیـزات فیلتراسـیون در مقابـل بارش‌هـای جـوی، روی آن‌هـا بـا نایلـون یـا عایـق دیگـری پوشـانده شـود؛

✓ قسمت‌های گریس‌خور پمپ و الکتروموتور گریس‌کاری شود؛

✓ برای جلوگیری از زنگ‌زدگی، مقداری روغن روی قسمت‌های فلزی مالیده شود؛

✓ برای جلوگیری از چسبیدن لاستیک‌های آب‌بندی به جداره، شیرفلکه‌ها باز گذاشته شوند؛

✓ اگر پمپ‌ها متحرک‌اند، پس از فصل بهره‌برداری به انبار منتقل و نگهداری شوند. موقع نگهداری در انبار پروانه پمپ با دست چرخانده شود و مقداری روغن روی سطوح فلزی مالیده شود. برای جلوگیری از ورود گرد و غبار و آشغال، دهانه ورودی و خروجی پمپ پوشانده شود.

منابع

۱- اکبری، م. و دهقانی‌سانیج، ح. ۱۳۸۶. نقش تحقیقات در بهبود و توسعه روش‌های آبیاری میکرو. اولین سمینار طرح ملی آبیاری تحت فشار و توسعه پایدار، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، معاونت صنایع و امور زیربنایی وزارت کشاورزی.

۲- اکبری، م. و صدرقائن، ح. ۱۳۸۶. نقش ارزیابی و مدیریت بهره‌برداری و نگهداری در ترویج و توسعه سامانه‌های آبیاری تحت فشار. اولین سمینار طرح ملی آبیاری تحت‌فشار و توسعه پایدار، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، معاونت صنایع و امور زیربنایی وزارت کشاورزی.

۳- اکبری، م. و دهقانی، ح. ۱۳۸۶. اصول طراحی، برنامه‌ریزی و بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری میکرو در گیاهان گلخانه‌ای. اولین کارگاه فنی ارتقای کارآیی مصرف آب با کشت محصولات گلخانه‌ای، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، معاونت امور باغبانی وزارت

کشاورزی و انجمن آبیاری و زهکشی ایران.

۴- باغانی، ج. ۱۳۹۲. آبیاری قطره‌ای (آشنایی، راهبری و مدیریت)، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

۵- دهقانی، ح. و اکبری، م. بررسی نقش مدیریت آبیاری بر عملکرد سامانه‌های آبیاری قطره‌ای، ۱۳۸۵، دومین کارگاه فنی خردآبیاری، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، دفتر بهبود و توسعه روش‌های آبیاری معاونت آب و خاک و انجمن آبیاری و زهکشی ایران.

۶- فرزانه، ع. ۱۳۷۴. دستورالعمل بهره‌برداری و نگهداری از سامانه آبیاری میکرو: بخش اول فعل و انفعالات شیمیایی آب و معضل گرفتگی قطره‌چکان‌ها در سامانه آبیاری قطره‌ای.

۷- میرلطیفی، م.، تجریشی، م. و طاهرپور، م. ۱۳۷۷. بررسی علل گرفتگی خروجی‌ها در آبیاری قطره‌ای و ارتباط آن با کیفیت آب در مناطق رفسنجان و جهرم. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی.

1-Anon, 1994, Design and Installation of Micro-irrigation Systems, ASAE Standards, EP 405.1, DEC93.

2- Anon, 1995, Field Evaluation of Micro-irrigation Systems, ASAE Standards, EP458.

3- Anon, 2001, Safety Devices for Chemigation, ASAE Standards, EP409.1, 48th Ed, St. Joseph, Mi, USA.

4- Ayers, R. S., and Westcot, D. W., 1994, (Reprint) Water Quality for Agriculture, FAO, Irrigation and Drainage Paper, No. 29