



کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵

11270-NWWCE

بررسی نحوه دفع پساب حاصل از سیستم‌های نمک‌زدایی در گلخانه‌های استان قزوین و البرز و میزان شوری و واکنش آن

علیرضا حسن اقلی^{۱*}، قاسم زارعی^۲

۱ و ۲- اعضاء هیئت علمی (دانشیاران)، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

arho49@yahoo.com

خلاصه

استفاده از سیستم‌های نمک‌زدایی از آب، به‌ویژه در محیط‌های کنترل‌شده کشت و گلخانه‌های کشور، در نتیجه افت کیفیت منابع آبی در حال بدل شدن به امری رایج و چه بسا ضروری است. هم‌اکنون این مهم بدون هرگونه ضابطه و نظارتی توسط گلخانه‌داران در دست انجام بوده و طبیعی است که چنین رویکردی ممکن است مشکلاتی را موجب شود. در واقع نگرانی اصلی مربوط به تخلیه پساب شور تغلیظ شده و حاوی آلاینده‌های مختلف در محیط زیست است. لذا در این تحقیق به بررسی وضعیت از منظر فوق پرداخته شد و ضمن بازدید از گلخانه‌هایی در استان‌های قزوین و البرز که در حال استفاده از سیستم نمک‌زدایی از آب می‌باشند، اقدام به نمونه‌برداری از آب چاه و پساب تولیدی ادوات نمک‌زدایی و بررسی نحوه دفع پساب در محل گردید. نتایج نشان داد که گزینه اصلی دفع پساب در اکثر گلخانه‌ها، تخلیه بدون ضابطه به محیط زیست بوده و تنها در یک مورد، از پساب سیستم نمک‌زدایی برای تولید بیخ صنعتی استفاده می‌شد. شوری آب چاه در این گلخانه‌ها بین $0/67 \text{ dS/m}$ تا $3/59 \text{ dS/m}$ و شوری پساب خروجی سیستم نمک‌زدایی از $1/12 \text{ dS/m}$ تا $5/72 \text{ dS/m}$ تغییر می‌کرد. میزان SAR پساب نیز از $0/51$ تا $6/52$ در نوسان بود. همچنین آموزش بهره‌برداران سیستم‌های نمک‌زدایی بسیار مختصر و در حد کلیات بود و دیدگاه خاصی در ارتباط با رعایت ضوابط زیست‌محیطی مشاهده نشد. چنین به نظر می‌رسد که در صورت توسعه بدون ضابطه کاربرد سیستم‌های نمک‌زدایی آب در گلخانه‌های کشور و عدم رعایت ملاحظات زیست‌محیطی در تخلیه پساب آن‌ها، وقوع مشکلات جدی از نظر آلودگی آب‌های زیرزمینی، تخریب خاک و افزایش تجمع املاح در اراضی قابل پیش‌بینی است.

کلمات کلیدی: آلودگی آب، دفع پساب، کیفیت آب، گلخانه، محیط زیست.

۱. مقدمه

منابع آبی محدود و ارزشمند کشور، امروزه با چالش‌هایی جدی، چه از نظر کمیت و کیفیت و چه به لحاظ سهولت در دسترسی مواجه شده است. با نگاهی به ترازنامه آب کشور مشاهده می‌شود که بخش کشاورزی به عنوان عمده‌ترین مصرف‌کننده آب در ایران به شمار می‌آید. این در حالی است که افزایش رقابت بر سر تخصیص آب مابین بخش‌های مختلف مصرف‌کننده، به‌ویژه شرب و بهداشت، صنعت و محیط زیست با یکدیگر و با بخش کشاورزی، در عمل کاهش میزان تخصیص آب کشاورزی را موجب شده است. در چنین وضعیتی، ضرورت تأمین مواد غذایی موردنیاز جمعیت رو به تزاید کشور و نیاز به افزایش تولید و سطح زیر کشت محصولات استراتژیک، در کنار نیاز به ارتقاء میزان تولید در واحد سطح، شرایط ویژه‌ای را رقم زده است. لازم به یادآوری است که پتانسیل منابع آب تجدیدپذیر کشور با کاهش مواجه شده و بر این اساس، برآورد میزان متوسط منابع آب تجدیدشونده سطحی و زیرزمینی بلند مدت کشور در دوره ۱۰ ساله منتهی به سال آبی ۹۰-۸۹، از ۱۲۲ میلیارد مترمکعب به ۱۱۵ میلیارد مترمکعب کاهش یافته است. همچنین، برآورد متوسط ۵ ساله منابع آب تجدیدشونده، کاهش مقدار آن را به ۱۰۴ میلیارد متر مکعب نشان می‌دهد [۱]. هم‌اکنون برآوردهای جدید حکایت از آن دارد که این مقدار به زیر ۱۰۰ میلیارد متر مکعب تقلیل یافته است. بر اساس آمار موجود، حدود ۲۰ استان کشور در

دهه گذشته از حداکثر ظرفیت سفره‌های آب زیرزمینی خود استفاده کرده‌اند. خشکسالی‌های سال‌های اخیر حتی موجب اضافه برداشت از منابع آب زیرزمینی شده که این امر، افت بیشتر سطح آب زیرزمینی و پیشروی جبهه آب شور در بعضی از دشت‌ها را موجب شده است، به طوری که ۱۵۳ دشت از حدود ۷۰۰ دشت کشور به عنوان مناطق ممنوعه و بحرانی از نظر برداشت آب زیرزمینی معرفی شده‌اند. عمده این دشت‌ها در نواحی مرکزی و شرق ایران قرار داشته و نیز در نتیجه همین امر، حدود ۳۷۳۱ چشمه و ۲۵۰۰ رشته قنات در سراسر کشور خشک شده است [۲]. امروزه، مشکل اساسی ناشی از اضافه برداشت از منابع آب زیرزمینی در دشت‌های کشور، وقوع نشست‌های عظیم زمین در دشت‌های بحرانی (با بیلان منفی لایه آبدار) است. مثال‌های متعددی از چنین پدیده مهلکی را می‌توان در دشت‌های همدان، ورامین و حتی در دشت تهران ملاحظه نمود. در نتیجه افت شدید سطح ایستابی در سفره‌ها و فراهم نشدن فرصت لازم جهت جبران آب برداشت شده و جایگزینی آن در فضاهای خالی از آب ایجاد شده، محیط متخلخل توان حفظ وضعیت سابق خود را نداشته و با درهم شکستن آن، نشست خاک ایجاد می‌شود. با توجه به برگشت ناپذیر بودن این پدیده، اگر در چنین دشت‌هایی چاره اندیشی عاجل انجام نپذیرد، علاوه بر تخریب لایه آبدار، کاهش دائمی آبدهی چاه‌ها و نیز تخریب سازه‌های عمرانی در مناطق مواجه با چنین وضعیتی، امری قریب الوقوع خواهد بود. لذا با ارتقاء راندمان کاربرد آب در سطح مزارع، استفاده از سامانه‌های نوین آبیاری، نظام‌مند نمودن میزان برداشت آب از چاه‌ها و... می‌توان به کاهش مصرف آب و کمتر شدن ریسک وقوع چنین خطراتی امیدوار بود.

نکته‌ای که توجه به آن ضروری است، وجود منابع آب شور و لب‌شور و در کنار آن، نزول کیفیت منابع آب در دسترس و به‌ویژه منابع آب زیرزمینی، توأم با افت سطح ایستابی می‌باشد. افت کیفیت منابع آب، فعالیت‌های کشاورزی در مناطق مختلف را تحت تأثیر قرار داده که اثرات آن به صورت افت تولید در واحد سطح و برهم خوردن شرایط کیفی اراضی زراعی قابل مشاهده است. چنین شرایطی حتی در اجرای کشت‌های گلخانه‌ای و توسعه آن‌ها نیز مشکلاتی را به وجود آورده است، زیرا از آنجا که گیاهان کشت شده در گلخانه‌ها عمدتاً دارای آستانه تحمل پایین و حساس به شوری آب و خاک می‌باشند، با اندک افزایشی در میزان شوری آب آبیاری، به شدت از خود واکنش منفی نشان می‌دهند. این واکنش ممکن است به صورت افت قابل توجه میزان و کیفیت محصول و یا حتی عدم تولید محصول و توقف رشد گیاهی بروز نماید. در چنین شرایطی، چاره‌ای جز روی آوردن به استفاده از سامانه‌های نمک‌زدایی از آب یا به اصطلاح آب شیرین کن باقی نمی‌ماند. در حال حاضر، توسعه کاربرد سیستم‌های نمک‌زدایی از آب در گلخانه‌ها، علیرغم هزینه‌های نسبتاً بالای ادوات و نهاده‌ها (به‌ویژه برق مصرفی و مواد افزودنی مورد نیاز سیستم) در حال گسترش بوده و چون بدون برنامه و نظارت دستگاه‌های متولی و توسط گلخانه‌داران در دست انجام است، می‌تواند تبعاتی را به دنبال داشته باشد.

در سامانه‌های نمک‌زدایی مورد استفاده در گلخانه‌ها که بیشتر از فرآیند اسمز معکوس بهره می‌گیرند، دو نوع آب خروجی با دو کیفیت متفاوت از سیستم استحصال می‌گردد. نوع اول آب خروجی، آب نمک‌زدایی شده یا آب شیرین تولیدی (همان آب تصفیه شده یا خالص‌سازی شده) است که مورد استفاده قرار می‌گیرد. جریان دیگر، پساب تغلیظ شده ادوات یا آبی شورتر از آب ورودی به سیستم می‌باشد. این آب اگرچه حجم کمتری نسبت به آب ورودی اولیه دارد، لیکن به دلیل غلظت بسیار بالای املاح در آن، در صورت تخلیه غیر اصولی برای محیط زیست خطرناک است. لذا دفع بی‌ضابطه و تخلیه غیر اصولی پساب بسیار شور تولید شده از معضلات اساسی این سیستم‌ها می‌باشد که در صورت رعایت نکردن ملاحظات زیست‌محیطی، باعث تخریب زیست بوم‌های طبیعی شده و گسترش آلودگی و شوری در آب زیرزمینی و خاک منطقه را به دنبال دارد. در حال حاضر به دلیل تقلیل کیفیت آب آبیاری مورد استفاده در گلخانه‌های دایر در بخش‌هایی از نواحی غیر ساحلی داخلی (عمدتاً آب زیرزمینی) و بروز حساسیت محصولات کشاورزی به این وضعیت، جهت‌گیری اصلی به سمت استفاده از سامانه‌های نمک‌زدایی آب در گلخانه‌ها است. لذا بررسی جوانب این امر ضروری است تا با تعیین قابلیت‌ها و پتانسیل‌های موجود در مناطق کشاورزی بتوان تصمیمات درستی را در خصوص نحوه دفع یا استفاده مجدد از این قبیل پسابها اتخاذ نمود. بدیهی است که رهاسازی این قبیل آبهای شور و آلوده می‌تواند بسیار خطرناک باشد. لیکن در صورت انجام بررسی‌های منطقه-ای و با در نظر داشتن پتانسیل‌های موجود می‌توان ضمن چاره‌اندیشی در این خصوص، بر چنین مشکلی فائق آمد و از فواید اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی این راه حل‌ها نیز منتفع شد.

۲. مواد و روش‌ها

در این تحقیق برای پی‌بردن به ابعاد دقیق مسئله، لازم بود وضعیت کارکرد ادوات نمک‌زدایی، مسائل مبتلابه آن‌ها و چگونگی دفع پساب شور حاصل از این سیستم‌ها در تعدادی از گلخانه‌های دایر در مناطق تحت بررسی (استان‌های تهران، البرز و قزوین) به صورت عینی مورد بررسی قرار گیرد و سایر اطلاعات و نمونه‌های لازم در محل جمع‌آوری شود. به همین منظور اجرای بازدیدهایی از سیستم‌های نمک‌زدایی در دست بهره‌برداری در تولید

محصولات گلخانه‌ای این مناطق در دستور کار قرار گرفت. در مجموع و در این مرحله، تعداد ۲۰ گلخانه دارای سیستم نمک‌زدایی در مناطق ذکر شده شناسایی گردید، لیکن علیرغم پی‌گیری‌های به‌عمل آمده و به دلیل عدم همکاری متولیان آن‌ها، تنها اجازه بازدید از ۴ گلخانه صادر شد. جدول ۱ مشخصات عمومی این گلخانه‌ها را ارائه می‌دهد.

در هر بازدید، نمونه‌برداری از آب چاه به عنوان منبع تأمین آب آبیاری، آب نمک‌زدایی شده و پساب تغلیظ شده سیستم، جهت تجزیه عناصر موجود در آن‌ها به انجام رسید. همچنین جمع‌آوری سایر اطلاعات نظیر مشخصات سیستم نمک‌زدایی، شرایط عملیاتی استفاده از ادوات، نحوه دفع پساب در شرایط فعلی، استفاده احتمالی از پساب در محل و روش آن، وضعیت و میزان تولید محصول در قیل و بعد از اجرای سیستم نمک‌زدایی، مزایا و مشکلات استفاده از این قبیل سیستم‌ها و ... جهت آگاهی از مسایل و موارد مهم حول بهره‌برداری از ادوات مد نظر قرار داشت. نمونه‌های تهیه شده به آزمایشگاه تخصصی ستاد مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی در کرج منتقل شد و مورد تجزیه کامل قرار گرفت. همچنین فرم‌هایی نیز جهت جمع‌آوری اطلاعات تکمیلی تهیه شد که در مصاحبه با مسئول بهره‌برداری از سیستم نمک‌زدایی و مدیر گلخانه تکمیل می‌گردید. شکل‌های ۱ تا ۶ تصاویر نمونه‌ای از یکی از بازدیدها را ارائه می‌دهد.

جدول ۱- اطلاعاتی کلی از گلخانه‌های مورد بررسی

| شاخصه | گلخانه ۱ | گلخانه ۲ | گلخانه ۳ | گلخانه ۴ |
|------------------------------------|------------------------|--------------------|-------------|-------------------------------|
| تاریخ احداث گلخانه (هجری شمسی) | ۱۳۸۸ | - | ۱۳۸۸ | ۱۳۸۶ |
| شهرستان (و استان) محل احداث گلخانه | آبیک (قزوین) | احمدآباد (قزوین) | کرج (البرز) | تاکستان (قزوین) |
| مساحت گلخانه (متر مربع) | ۸۴۰۰ | - | ۵۰۰۰ | ۴۰۰۰ |
| محصول کشت شده | توت فرنگی و انواع نشاء | سبزیجات جهت صادرات | گل رز | توت فرنگی، گل رز و انواع نهال |



شکل ۲- بسترهای کشت هوایی جهت پرورش توت‌فرنگی در سیستم هیدروپونیک



شکل ۱- نمایی از یک گلخانه مورد بازدید دارای سیستم نمک‌زدایی آب (استان قزوین)



شکل ۴- مسیر جریان آب در صافی‌های سیستم نمک‌زدایی نصب شده در محل گلخانه



شکل ۳- سیستم نمک‌زدایی از آب نصب شده در گلخانه (به روش اسمز معکوس)



شکل ۶- حوضچه جمع آوری آب مازاد بسترهای کشت، ناشی از آبیاری در داخل گلخانه



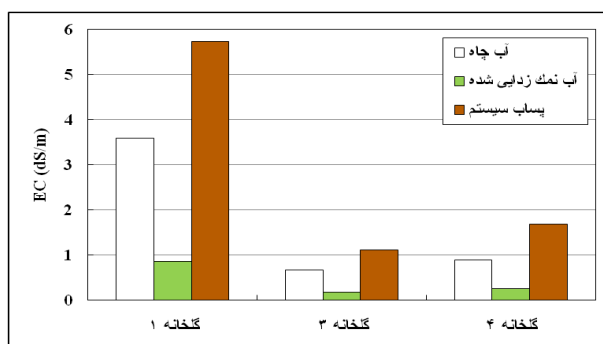
شکل ۵- محل تخلیه پساب شور خروجی از سیستم نمکزدایی از آب (تخلیه مستقیم در اراضی)

۳. نتایج و بحث

شاخص‌های مختلف کیفی در نمونه‌های آب جمع‌آوری شده، به همراه وضعیت و نحوه دفع پساب شور سیستم‌های نمک‌زدایی از آب مورد بررسی قرار گرفت که در ادامه، برخی از آن‌ها ارائه می‌گردد.

۱,۳. تغییرات شوری نمونه‌های آب و نحوه تخلیه پساب

از جمله پارامترهای مهم بررسی شده در تحقیق، میزان شوری نمونه‌های آب است که بر اساس هدایت الکتریکی آن (EC) بیان می‌گردد. بر اساس معیارهای طبقه‌بندی کیفیت آب آبیاری از نظر شوری (EC)، مقادیر بزرگتر از ۳ دسی‌زیمنس بر متر (ds/m) جزو آب‌های با خطر شوری شدید بوده و مقادیر کمتر از ۰/۷ ds/m به عنوان آب‌های بی‌خطر محسوب می‌گردند. شوری بین این دو مقدار بیانگر محدودیت متوسط در آبیاری و تخلیه می‌باشد. شکل ۷ مقادیر شوری اندازه‌گیری شده در آب چاه ورودی به گلخانه‌ها، آب نمک‌زدایی شده بلافاصله پس از خروج از سامانه نمک‌زدایی (قبل از مخازن کود) و پساب خروجی از ادوات نمک‌زدایی گلخانه‌ای در محل تخلیه را نشان می‌دهد. متأسفانه در زمان بازدیدها، مالک محترم گلخانه شماره ۲ اجازه نداد که نمونه برداری از آب ورودی و پساب خروجی سیستم نمک‌زدایی انجام شود و از همکاری در تکمیل فرم‌های طراحی شده نیز خودداری نمود.



شکل ۷- مقایسه مقادیر شوری آب اندازه‌گیری شده در سامانه نمک‌زدایی گلخانه‌های مورد بررسی

همانگونه که از نمودار فوق ملاحظه می‌شود، بیشترین مقدار شوری آب چاه در گلخانه ۱ (منطقه آبیگ) به میزان ۳/۶ ds/m و کمترین میزان در گلخانه ۳ (استان البرز) و برابر با ۰/۶۷ ds/m بود. شوری آب چاه در گلخانه‌های ۳ و ۴ در زمان اندازه‌گیری خیلی بالا نبود، لیکن نوسان آن‌ها در طول سال و



شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵



حساسیت کشت‌هایی از قبیل توت فرنگی به املاح موجود در آب، چه از نظر تأثیر بیولوژیکی بر رشد گیاه و چه از نظر تأثیر بر جذب عناصر مغذی (بروز مشکلات تغذیه‌ای) موجب شده است که گلخانه‌داران جهت نیل به حداکثر محصول ممکن، به استفاده از سامانه‌های نمک‌زدایی روی آورند. بررسی مقادیر شوری در پساب خروجی از ادوات نمک‌زدایی در گلخانه‌ها نشان داد که بیشترین مقدار آن در گلخانه ۱ و برابر با 5.72 ds/m و کمترین مقدار در گلخانه ۳ به میزان $1/1 \text{ ds/m}$ بود.

بر اساس بررسی‌های به عمل آمده، از نظر دفع پساب سامانه‌های نمک‌زدایی در گلخانه‌های مورد بازدید، تمهید خاصی مدنظر نبود و دیدگاه گلخانه‌داران بیشتر به صورت نگاه به زمان حال بود و نه پیش‌گیری از مشکلات آتی (و اینکه اگر مشکلی در آینده پیش آید در همان زمان، چاره‌ای برای آن اندیشیده خواهد شد). با توجه به اینکه در گلخانه ۱ پساب سیستم نمک‌زدایی به صورت کنترل نشده به محیط تخلیه می‌شد، بالا بودن شوری در این شرایط می‌تواند خسارات قابل توجهی را به منابع خاک، آب زیرزمینی و محیط زیست وارد سازد (این امر به عینه در گلخانه مذکور مشاهده شد). علیرغم اینکه زمان کمی از دایر شدن سیستم نمک‌زدایی از آب در این گلخانه می‌گذشت، لیکن به اذعان مالک گلخانه، تمام نهال‌های کاشته شده در امتداد جوی محل تخلیه و انتقال پساب ادوات نمک‌زدایی آب سوخته و از بین رفته بود. پساب شور از طریق یک جوی خاکی به انتهای محدوده اراضی گلخانه و سپس به خارج از اراضی منتقل شده و با آب‌های مازاد حاصل از کشاورزی در منطقه مخلوط می‌گردید و به اراضی پایین دست انتقال می‌یافت. کیفیت این پساب پایین و دارای شوری و املاح قابل توجهی بود که در نتیجه آن، نهال‌های چنار کشت شده توسط مالک گلخانه در حاشیه جوی مذکور از بین رفته بود.

در گلخانه ۲ (در آبیگ) و به دلیل فعالیت‌های صادراتی گلخانه و نیاز به تولید برودت در زمان حمل محصول (سبزیجات)، از پساب شور سیستم برای تولید یخ برفکی (صنعتی) استفاده می‌شد و حتی مخزنی برای ذخیره پساب در زمان غیر فعال بودن کارخانه تولید یخ ایجاد شده بود. در واقع تخلیه پساب شور به محیط و در محل گلخانه انجام نمی‌شد. البته این امر به عنوان یک روش دفع پساب به حساب نمی‌آید و نایبستی این موضوع را نادیده گرفت که پس از انتقال محصول و در محل استفاده از سبزیجات یا بارگیری آن‌ها در فرودگاه جهت طی فرآیند صادرات، تخلیه یخ‌های شور باقی‌مانده و نیز شورابه حاصل از ذوب یخ شور به محیط می‌تواند مشکل ساز باشد و به نوعی، جابجایی مشکل از محلی به محل دیگر است. لیکن در صورت کنترل شرایط می‌توان از شدت اثرات جانی آن کاست.

در گلخانه ۳ نحوه دفع پساب حاصل از سیستم نمک‌زدایی آب بدین صورت بود که در طول روز، مقادیری از آن با یک سیستم مه‌پاشی جهت کنترل رطوبت و دمای محیطی گلخانه مورد استفاده قرار می‌گرفت. البته به دلیل وجود املاح در پساب، مشکلاتی از نظر افزایش احتمال گرفتگی مه‌پاش‌ها مشاهده شد. لیکن پساب تغلیظ شده اضافی به‌ویژه در شب که نیاز به خنک سازی محیط گلخانه نبود، بدون هیچ ضابطه‌ای به اراضی اطراف گلخانه تخلیه می‌شد. قابل ذکر است که به دلیل وجود املاح در پساب، احتمال گرفتگی مه‌پاش‌ها در این شرایط وجود دارد.

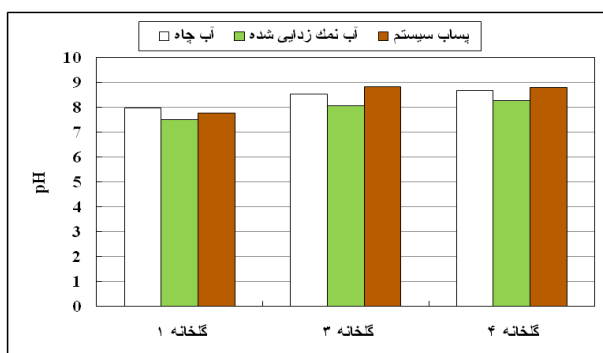
در گلخانه ۴ (در تاکستان) به دلیل پایین بودن نسبی شوری پساب سیستم، این آب در حوضچه‌ای با آب معمولی مخلوط شده و برای آبیاری محصولات کشت شده در خارج از گلخانه استفاده می‌شد. البته در خارج از فصل کشت، تخلیه پساب به محیط زیست صورت می‌گرفت. نسبت غلظت نهایی (شوری) پساب به آب خام ورودی در سامانه‌های نمک‌زدایی اسمز معکوس از آب لب‌شور معمولاً در محدوده $6/7 - 2/5$ می‌باشد [۲]. محاسبه این کمیت در گلخانه‌ها نشان داد که میزان آن به ترتیب در گلخانه ۱ برابر با $1/59$ ، در گلخانه ۳ برابر با $1/67$ و در گلخانه ۴ به میزان $1/89$ بود. این کمیت‌ها در تمامی گلخانه‌ها تا حدودی پایین‌تر از محدوده تعیین شده و نزدیک به حد پایین این محدوده بود و نشان می‌دهد که تنظیم ادوات به گونه‌ای است که مقدار حذف نمک و کاهش شوری توسط سیستم نمک‌زدایی خیلی بالا نیست.

۲,۳. تغییرات اسیدیته در نمونه‌های آب

محدوده نرمال اسیدیته یا واکنش (pH) در آب آبیاری جهت کشاورزی بدون مشکل بین $6/5$ تا 8 بیان شده است، لیکن در کشت‌های حساس گلخانه-ای (به‌ویژه در توت فرنگی)، مقادیر نزدیک‌تر به حالت اسیدی و pH نزدیک‌تر به ۶ موجبات جذب بهتر عناصر غذایی همچون کلسیم را فراهم می‌آورد. به همین دلیل است که در این قبیل کشت‌های گلخانه‌ای، در مرحله آبیاری مقادیری از اسیدهای ضعیف را به آب اضافه نموده و بر اساس یک برنامه از پیش تعیین شده و جهت جلوگیری از اسیدی شدن بیش از حد، بسترهای کشت هیدروپونیک را در تناوب‌های مشخص (مثلاً هر هفته یکبار) آبیاری می‌نمایند [۳]. شکل ۸ مقادیر pH اندازه‌گیری شده در نمونه‌های آب چاه، سیستم نمک‌زدایی و پساب خروجی ادوات را نشان می‌دهد. همانگونه که از نمودار مشاهده می‌شود، تغییرات pH ناچیز بوده و در نتیجه عملیات نمک‌زدایی از آب آبیاری، میزان اسیدیته تا حدودی کاهش می‌یابد، لیکن در تمامی گلخانه‌ها مقدار pH آب نمک‌زدایی شده در محدوده $7/5 - 8/3$ قرار داشت. بنابراین تقلیل آن جهت جذب بهتر عناصر غذایی تا

حدودی ضرورت می‌یابد، زیرا در غیر این صورت افزودن کلسیم به صورت کود نیز تأثیر مفیدی بر جذب این عنصر توسط گیاه نخواهد داشت و تنها باعث هدر رفتن منابع خواهد شد.

مقادیر pH پساب شور ادوات نمک‌زدایی در محدوده ۸/۸ - ۷/۸ قرار داشت. بالاتر بودن pH از محدوده خنثی، در صورت تخلیه پساب به محیط زیست و به‌ویژه در شرایط وجود عناصر فلزی و کمیاب در خاک، موجبات جذب بیشتر و انباشت این عناصر را در گیاهان و محصولات سبزی و صیفی فراهم آورده و آبیاری با چنین آبی، امکان تشدید خطر در این شرایط را به دنبال دارد. لازم به یادآوری است که انباشت عناصر فلزی در بدن در نتیجه عدم دفع آن‌ها و ذخیره در اندام‌های حیاتی نظیر کبد و کلیه‌ها، در دراز مدت ممکن است منجر به بروز برخی از بیماری‌های صعب‌العلاج گردد.



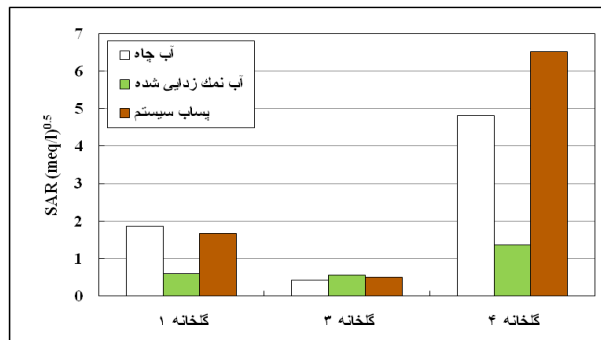
شکل ۸- مقایسه مقادیر pH اندازه‌گیری شده در نمونه آب بخش‌های مختلف سامانه نمک‌زدایی گلخانه‌های

۳,۳. نسبت جذب سدیم

نسبت جذب سدیم (SAR) از شاخص‌های مهمی است که می‌توان بر اساس آن تأثیر کیفیت آب آبیاری را بر وضعیت ساختمان و پایداری خاکدانه‌ها در اراضی تحت آبیاری بررسی نمود. سدیم از نظر اثر آن بر خاک، یکی از کاتیون‌های بسیار با اهمیت می‌باشد. هنگامی که سدیم به شکل تبادلی وجود داشته باشد، بر خصوصیات فیزیکی خاک و به خصوص ساختمان آن اثر منفی می‌گذارد. وجود مقدار زیاد سدیم تبادلی باعث افزایش SAR و در نتیجه، پراکنده شدن ذرات خاک از یکدیگر می‌شود که در نهایت، کاهش نفوذپذیری خاک را در پی دارد [۴]. افزایش SAR در آب آبیاری و یا پساب سیستم‌های نمک‌زدایی تخلیه شده به محیط زیست می‌تواند باعث افزایش کمیت سدیم قابل تبادل در خاک شده و موجبات تخریب و ازهم پاشی خاکدانه‌ها را فراهم آورد [۳ و ۴]. مقدار SAR از رابطه زیر قابل محاسبه است [۵]:

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}} \quad (1)$$

شکل ۹ مقادیر SAR محاسبه شده در آب چاه ورودی به گلخانه‌ها، آب نمک‌زدایی شده بلافاصله پس از خروج از سامانه (قبل از مخازن کود) و پساب خروجی از ادوات نمک‌زدایی گلخانه‌ای در محل تخلیه را نشان می‌دهد. از روی این نمودار ملاحظه می‌گردد که اختلاف قابل توجهی بین مقادیر SAR محاسبه شده در انواع آب در گلخانه ۴ با سایر گلخانه‌ها وجود دارد و این گلخانه بیشترین مقادیر و بدترین وضعیت را از نظر این شاخص (به‌ویژه در پساب خروجی) دارا می‌باشد. لازم به یادآوری است که میزان سدیم موجود در نمونه‌های آب، نقش قابل توجهی را در کمیت این شاخص برجای می‌گذارد. بررسی نتایج آنالیز شیمیایی نمونه‌های آب نشان داد که مقادیر سدیم در انواع نمونه‌های آب تهیه شده از گلخانه ۴ به نسبت بالا بود. مقدار سدیم در آب چاه برابر با ۶ میلی‌اکی‌والان بر لیتر (meq/l)، در آب نمک‌زدایی شده برابر با ۱/۱۵ meq/l و در پساب خروجی از سامانه نمک‌زدایی آب برابر با ۱۱/۱ meq/l اندازه‌گیری شد. تخلیه چنین پسابی به محیط زیست می‌تواند در میان مدت و بلند مدت اثرات نامناسبی را برجای گذارد. در کل، گلخانه ۳ بهترین وضعیت را از نظر SAR دارا بود.



شکل ۹- مقایسه مقادیر SAR در نمونه‌های آب حاصل از بخش‌های مختلف سامانه نمک‌زدایی گلخانه‌ها

اثر میزان سدیم و شوری در ناحیه رشد ریشه‌ها در خاک مستقل از یکدیگر نبوده و لازم است تا اثر آن‌ها به صورت توأم با یکدیگر مورد بررسی قرار گیرد. اثر سدیم بر پراکندگی ذرات خاک و تخریب خاکدانه‌ها (اثرات آن بر نفوذپذیری خاک) توسط غلظت‌های بالای نمک‌های محلول (الکترولیت-ها) خنثی می‌شود. بنابراین خطرات سدیم موجود در آب بدون در نظر گرفتن شوری آن قابل تفسیر نیست و ترکیبی از SAR و EC را بایستی در این خصوص در نظر گرفت. بر اساس راهنمایی‌های FAO، در مقادیر SAR بین صفر تا ۳، شوری بالاتر از ۰/۷ dS/m شرایط بدون محدودیت در آبیاری است. در SAR بین ۳ تا ۶، شوری بالاتر از ۱/۲ dS/m شرایط بدون محدودیت جهت آبیاری است. در SAR بین ۶ تا ۱۲ نیز شوری بالاتر از ۴ dS/m شرایطی است که از نظر آبیاری بدون محدودیت به جهت تأثیر بر نفوذپذیری خاک متصور است [۶]. ملاحظه می‌گردد که در گلخانه ۴ با شوری پساب تغلیظ شده برابر با ۶/۵۲ و شوری آب برابر با ۱/۶۸ dS/m، تأثیر منفی ناچیزی بر نفوذپذیری خاک و تخریب ساختمانی خاکدانه‌ها در نتیجه تخلیه مستقیم پساب به اراضی اطراف گلخانه متصور است، لیکن نایبستی این نکته را از نظر دور داشت که چنین وضعیتی، نافی تأثیر مستقیم شوری بر رشد گیاهان در اراضی محل تخلیه و احتمال انتقال شوری و آلاینده‌ها به آب‌های زیرزمینی منطقه نیست. در گلخانه ۱، SAR پساب برابر با ۱/۶۷ و شوری آن ۵/۷۲ dS/m می‌باشد. در این شوری حتی آب دارای SAR بین ۲۰ تا ۴۰ نیز بدون تأثیر مخرب بر ساختمان خاک قابل کاربرد در آبیاری اراضی است، لیکن شوری بالا تأثیر مخربی را بر رشد گیاهان برجای می‌گذارد. در گلخانه ۳، SAR پساب برابر با ۰/۵۱ و شوری آن ۱/۱۲ dS/m بود، لذا شرایط از نظر تأثیر بر تخریب ساختمان خاک قابل پذیرش است. لیکن به دلیل شوری نسبتاً بالای آب و اثرات ناخواسته زیست‌محیطی تخلیه مستقیم (به‌ویژه در بلند مدت)، این امر می‌تواند تا حدودی نگران کننده باشد.

۴. نتیجه‌گیری

با توجه به وجود منابع آب شور و لب‌شور در کشور و ضرورت بهره‌برداری از آن‌ها و نیز، افت کیفیت آب‌های زیرزمینی در مناطق مختلف و شورتر شدن آبها (به خصوص در اراضی داخلی و نواحی دور از سواحل) و عکس‌العمل منفی کشت‌های گلخانه‌ای به این وضعیت، گلخانه‌داران به استفاده از ادوات نمک‌زدایی از آب روی آورده‌اند. بهره‌گیری از این فناوری اگرچه منجر به رفع مشکل کیفیت آب می‌گردد، لیکن ممکن است تبعات محیطی دیگری را به دنبال داشته باشد. در واقع، تولید پسابی تغلیظ شده از ادوات نمک‌زدایی که دارای شوری و عوامل آلاینده است، الزاماتی را جهت دفع اصولی آن می‌طلبد. بررسی‌های منطقه‌ای به عمل آمده در قالب این تحقیق نشان داد که هم‌اکنون ملاحظاتی در خصوص تخلیه پساب شور ادوات نمک‌زدایی گلخانه‌ای مطرح نبوده و کاملاً به صورت سلیقه‌ای عمل می‌شود. پساب تولیدی از ادوات نمک‌زدایی در اکثر موارد، در تمامی طول سال یا در خارج از فصل زراعی (و در خارج از فضای گلخانه‌ها) بدون رعایت هر نوع ضابطه‌ای، مستقیماً به اراضی اطراف تخلیه می‌شود که این امر به‌ویژه در بلند مدت، خطرات عدیده‌ای را برای منابع آب و خاک به دنبال دارد. افزایش شوری و تخریب خاک و انتقال آلاینده‌ها به اراضی، منابع آب سطحی و زیرزمینی، مهم‌ترین موارد قابل تصور است. لذا ضرورت دارد که ضمن دخالت متولیان امر و با اجرای تحقیقات منطقه‌ای و لحاظ نمودن شرایط هر منطقه، ضوابط بهره‌برداری از سیستم‌های نمک‌زدایی گلخانه‌ای و نحوه دفع پساب تغلیظ شده آن‌ها تدوین و اجرایی گردد. همچنین با نظارت مؤثر و در راستای کمک به بهره‌برداران (و نه ایجاد مانع بر سر فعالیت آن‌ها) توسط معاونت‌های مرتبط وزارت جهاد کشاورزی و سازمان حفاظت از محیط زیست، گام‌های لازم در راستای استفاده اصولی از ادوات نمک‌زدایی در گلخانه‌ها و دفع پساب آن‌ها و نیز آموزش نظام‌مند بهره‌برداران گلخانه‌ها برداشته شود.



کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵



۵. قدردانی

بدین وسیله از همکاری صمیمانه جناب آقای مهندس پیله فروش (سازمان جهاد کشاورزی استان قزوین)، جناب آقای مهندس گمرکچی (بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین) و جناب آقای مهندس گرجی (از مدیران ارشد معاونت آب و خاک، وزارت جهاد کشاورزی)، همچنین مالکان و مدیران گلخانه‌های مورد بازدید و بررسی، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۶. مراجع

۱. وزارت نیرو (۱۳۹۳). گزارش مختصر بیلان منابع و مصارف آب کشور در قالب طرح جامع آب (متوسط ۴۰ ساله اخیر مختم به سال آبی ۸۵-۸۶ و شرایط ۵ و ۱۰ ساله مختم به سال ۹۰-۸۹). دفتر برنامه ریزی کلان آب و آبفا.
۲. رازقی، ن. منصور، ر. (۱۳۹۱). نمک‌زدایی از آب‌های شور و لب شور (علم و صنعت). ناشر: مهندسین مشاور نارون آرا.
۳. حسن‌اقلی، ع. (۱۳۹۳). بررسی روش‌های کاربردی دفع پساب حاصل از دستگاه‌های آب شیرین کن مورد استفاده در کشت‌های گلخانه‌ای. گزارش پژوهشی نهایی، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.
۴. حسن‌اقلی، ع. (۱۳۸۳). استفاده از فاضلابهای خانگی و پساب تصفیه خانه‌ها در آبیاری محصولات کشاورزی. گزارش پژوهشی نهایی، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.
۵. علیزاده، ا. (۱۳۷۷). کیفیت آب در آبیاری. چاپ پنجم با تجدید نظر کلی. انتشارات آستان قدس رضوی (شرکت به نشر). شماره ۹.
6. FAO. (1985). Water quality for agriculture. Irrigation and Drainage paper 29, Rev. 1. FAO. Rome.