نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۴، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۶، ص. ۱۲-۱

Water Management in Agriculture
Vol. 4, No. 2, Autumn and Winter 2017, 1-12

آبشویی و اصلاح اراضی شور و سدیمی، بخش دوم: اثر عوامل محیطی و سیستمی بر روش‌های آبشویی اراضی

مجید شریفی‌پور[۱]، عبدعلی ناصری[۲]، عبدالرحیم هوشمند[۲]، علیرضا حسن‌اقلی[۳] و هادی معاضد[۲]

چکیده

سطح اراضی شورِ تحت آبیاری در ایران در حال گسترش است. در جنوب استان خوزستان و حتی در اراضی واقع در طرح‌های توسعه شبکه‌های آبیاری و زهکشی در نواحی مختلف کشور نیز چنین شرایطی به چشم می‌خورد. روش‌های معمول آبشویی خاک‌های شور در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان، روش‌های آبشویی متناوب و پیوسته با آبیاری سطحی است. با آبشویی متناوب، به صورتی که فرصت زهکشی نیمرخ خاک ایجاد شود، املاح می‌توانند به سطح خارجی خاکدانه ها پخشیده شوند. حتی اگر جریان در خلل و فرج درشت وجود نداشته باشد، طی دور بعدی آبشویی، این املاح به‌راحتی به جریان بین خاکدانه‌ای پخشیده شده و به سهولت آبشویی می‌گردند. آنچه در قسمت اول این مقاله ارائه شد[۴]، مروری بود بر مفاهیم نظری و ریاضی انتقال املاح در خاک. در این بخش، جنبه کاربردی آبشویی املاح، با توجه ویژه به اثر انقطاع جریان و کیفیت آب مورد بررسی قرار می‌گیرد. در استفاده از روش‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای برای آبشویی نمک‌ها، هرچند جریان غیراشباع در خاک ایجاد شده و هدر رفت آب از میان خلل و فرج درشت خاک به حداقل می‌رسد، لیکن آبشویی با آبیاری قطره‌ای به دلیل پخش موضعی آب در خاک، منجر به تشکیل پهنه‌های نامنظم شوری می‌شود. انباشتن آب بر سطح خاک با آبیاری سطحی، عملیات معمول در آبشویی خاک‌های شور است که بر اساس نتایج تحقیقات، با آبشویی متناوب می‌توان راندمان آن را افزایش داد. البته عوامل متفاوتی بر کارایی آبشویی متناوب در مقایسه با آبشویی پیوسته مؤثر است، ازجمله: تبخیر، هدایت هیدرولیکی و وجود گیاه بر سطح خاک که در مقاله به بررسی اثر این عوامل بر فرآیند آبشویی پرداخته خواهد شد. همچنین، مروری بر نتایج برخی پژوهش‌های انجام شده در جهان و ایران نیز ارائه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آبشویی متناوب، آبشویی پیوسته، هدایت هیدرولیکی، خاکدانه، زهاب.

مقدمه

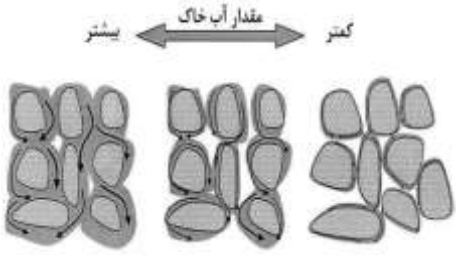
سطح اراضی کره زمین ۱۳/۲ میلیارد هکتار است که ۷/۰ میلیارد هکتار آن قابل کشت است، ولی تنها ۱/۵ میلیارد هکتار تحت کشت می‌باشد (Abrol et al., 1988). زابولکس گزارش کرد ۳۵۲ میلیون هکتار از اراضی تحت کشت جهان شور و ۵۸۱ میلیون هکتار سدیمی هستند. البته آمار و ارقام در مقیاس جهانی با تقریب زیادی توأم است (Szabolcs, 1989). ابرول و همکاران اراضی شور و سدیمی جهان را ۹۳۲ میلیون هکتار تخمین زده و مشعلی (۱۹۹۹) مقدار این اراضی را ۸۳۱ میلیون هکتار برآورد نموده است (Abrol et al., 1988; Mashali, 1999). گزارش جدیدتر سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO) در سال ۲۰۰۰ وسعت کل اراضی شور و سدیمی دنیا را ۸۳۱ میلیون هکتار برآورد کرده است (به نقل از برزگر، ۱۳۸۷).

دوان و فاموری وسعت اراضی شور ایران را ۱۵/۵ میلیون هکتار تخمین زدند (Dewan and Famouri, 1964). در سال‌های دهه ۱۹۸۰، مطابق برآورد مؤسسه تحقیقات خاک و آب ایران[۵]، ۱۸ میلیون هکتار از اراضی کشورمان تحت تأثیر سطوح مختلف شوری بودند. در دهه ۱۹۹۰، مقدار اراضی شور بین ۱۶ تا ۲۳ میلیون هکتار برآورد شد (Siadat et al., 1997). البته این برآوردها تمام اراضی، از بایر تا تحت کشاورزی را مشتمل بر ۷/۰ میلیون هکتار وسعت دشت‌های کویر و لوت، دربر می‌گرفت. مطالعات جدیدتر، وسعت اراضی شور و سدیمی ایران را ۲۵ میلیون هکتار اعلام کرده‌اند (Sayyari and Mahmoodi, 2002). بر اساس اطلاعات به‌دست‌آمده از نقشه خاک‌های ایران در سال تهیه آن‌ها، اراضی با شوری اندک و متوسط، وسعتی برابر ۲۵/۵ میلیون هکتار و اراضی با شوری شدید ۸/۵ میلیون هکتار وسعت داشتند (FAO, 2000). به‌هرحال این آمار و ارقام مؤید آن است که سطح اراضی شور ایران بسیار بیشتر از برآوردهای انجام‌شده در دهه ۱۹۶۰ است.

[۱] استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه لرستان (* نویسنده مسئول: sharifipour.majid@gmail.com)
[۲] اعضای هیئت علمی گروه آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز
[۳] دانشیار مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
[۴] مجله مدیریت آب در کشاورزی، جلد ۴ شماره ۱، سال ۱۳۹۶
تاریخ دریافت: ۹۶/۴/۲۴
تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۱/۲۵

[۵] Iranian Soil and Water Research Institute

آبشویی، روش معمول احیاء[۱] خاک‌های شور است. آبشویی شامل انحلال نمک‌های قابل حل شدن، گذراندن محلول حاصل از میان خاک و خارج کردن آن از ناحیه ریشه گیاه است. راندمان آبشویی[۲] را می‌توان مقدار املاح شسته شده در ازای واحد حجم آب به‌کاررفته تعریف کرد (Tanji, 1990). انباشت آب بر سطح خاک، سنتی‌ترین روش آبشویی است که به آن آبشویی پیوسته[۳] می‌گویند و نیازمند صرف مقادیر زیادی از آب است. در این روش، آب به‌طور یکنواخت از نیمرخ خاک عبور نمی‌کند، بلکه عمده آن به‌صورت ترجیحی از میان خلل و فرج درشت خاک عبور می‌نماید (Jury et al., 1991; Wallender, 2011). جریان ترجیحیِ ناشی از تمایل آب به عبور از محیط بین خاکدانه‌ای، بر راندمان آبشویی که فرآیند آن درون خاکدانه‌ها رخ می‌دهد، تأثیر منفی دارد (شکل ۱). دی‌اسمت و ویرنگا (۱۹۷۹) گزارش کردند هنگامی‌که رطوبت در ستونی از مهره‌های شیشه‌ای از ۰/۳۶۷ به ۰/۲۷۶ سانتیمتر مکعب بر سانتیمتر مکعب کاهش پیدا می‌کند، حدود ۱۶ درصد از کل آب موجود در ستون غیر متحرک می‌شود (De Smedt and Wierenga, 1979). این مطلب به‌خوبی نقش جریان غیراشباع را در به وجود آمدن پیوستاری دوگانه، حتی بدون وجود خاکدانه، نشان می‌دهد. نیلسون و بیگار (۱۹۶۱) نیز مشاهده کردند که در سرعت‌های یکسان جریان، با کاهش مقدار رطوبت، امتداد منحنی رخنه طولانی‌تر می‌شود (Nielsen and Biggar, 1961).



شکل ۱- تشکیل غشاء آب بر دیواره خلل و فرج خاک در رطوبت غیراشباع

آبشویی یکنواخت و با راندمان بالا هنگامی اتفاق می‌افتد که خاک در شرایط غیراشباع آبشویی شود. البته این روش طولانی‌تر است و اجرای آن نیاز به مدیریت بهتری دارد. در عمل هم احتیاج به سیستم آبیاری بارانی دارد که در مناطق خشک و نیمه‌خشک که مستعد به وجود آمدن خاک‌های شور است، چندان معمول نیست. روش‌های رایج آبشویی خاک‌های شور در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان، روش‌های آبشویی متناوب و پیوسته با آبیاری سطحی است. با اجرای آبشویی متناوب[۴] به صورتی که فرصت زهکشی نیمرخ خاک ایجاد شود، املاح می‌توانند به سطح خارجی خاکدانه‌ها پخشیده شوند. حتی اگر جریان در خلل و فرج درشت وجود نداشته باشد، طی دور بعدی آبشویی، این املاح به‌راحتی به جریان بین خاکدانه‌ای پخشیده می‌شوند و به سهولت آبشویی می‌گردند. به‌بیان‌دیگر، این روش سبب می‌شود تا املاح از حفره‌هایی که آب در آن تحرک ندارد یا تحرک کمی دارد، به منطقه متحرک پخشیده شوند (Cote et al., 2000; Elgabaly, 1971). به عبارتی با آبشویی متناوب، هدر رفت آب از میان منافذ درشت خاک به حداقل می‌رسد.

آنچه در قسمت اول این مقاله ارائه شد مروری بود بر مفاهیم نظری و ریاضی انتقال املاح در خاک. در این قسمت، جنبه‌های کاربردی آبشویی املاح با توجه ویژه به اثر انقطاع و کیفیت آب مورد بررسی قرار می‌گیرد.

اثر روش‌های آبیاری بر آبشویی

برای آبشویی نمک‌های اراضی، روش‌های مختلفی به کار گرفته می‌شود. در جدول ۱ کارآیی روش‌های متداول آبیاری در آبشویی املاح درج شده است. بیگار و نیلسون (۱۹۸۰) پیشنهاد نمودند برای بالا بودن راندمان آبشویی، بهتر است رطوبت خاک کمتر از رطوبت اشباع باشد. بنابراین چنانچه روش آبیاری منجر به ایجاد ناحیه غیراشباع در نیمرخ خاک شود، تأثیر بیشتری در آبشویی املاح خواهد داشت (Biggar and Nielsen, 1980).

در روش‌های خرد آبیاری، املاح از نزدیکی هر قطره‌چکان دور شده و در خارج از پیاز رطوبتی تجمع پیدا می‌کنند. استفاده طولانی مدت از این روش‌ها می‌تواند ایجاد نواحی نامنظمی از تجمع نمک در زمین را در پی داشته باشد که شاید استفاده از زمین را دچار مشکل کند (Tanji, 1990). به همین دلیل توصیه می‌شود که در هنگام بارندگی، آبیاری با این روش‌ها قطع نشود تا هم از برگشت نمک به درون پیاز رطوبتی جلوگیری کند و هم حجم آب زیادتر، نمک‌ها را هر چه بیشتر از ناحیه ریشه دور گرداند (علیزاده، ۱۳۸۶).

آبیاری بارانی این مزیت را دارد که آب را به‌صورت یکنواخت بر سطح خاک پخش می‌کند. همچنین با استفاده از این روش می‌توان جریان‌های غیراشباع در خاک ایجاد کرد. همان‌طور که قبلاً بحث شد در این جریان‌ها، نسبت ناحیه آب متحرک کاهش پیدا می‌کند و به همین دلیل، راندمان آبشویی املاح در مقایسه با سایر روش‌ها بالاتر است. آبیاری بارانی

[۱] Reclamation
[۲] Leaching efficiency
[۳] Continuous leaching
[۴] Intermittent leaching

معمولاً در شرایط آب و هوایی که تبخیر در آن بالا است (نظیر استان خوزستان) به‌کاربرده نمی‌شود.

انباشتن آب روی سطح مزرعه، روش سنتی آبشویی املاح است و به‌صورت گسترده‌ای در سامانه‌های آبیاری سطحی استفاده می‌شود. این روش از دیگر روش‌ها ارزان‌تر است، ولی کارایی کمتری دارد. تحقیقات متعدد نشان داده‌اند که با آبشویی متناوب می‌توان کارایی این روش را افزایش داد (Dahiya et al., 1981; Meiri and Plaut, 1985; Oster et al., 1972).

جدول ۱- کارایی روش‌های مختلف آبیاری در آبشویی املاح (Tanji, 1990)

روش آبیاری	کاربرد	الگوی تجمع املاح	کارایی آبشویی املاح	ملاحظات ویژه
جویچه‌ای	گیاهان ردیفی، خاک‌هایی با نفوذپذیری پایین تا متوسط	روی پشته‌ها و چنانچه یکنواختی آبیاری پایین باشد، در امتداد شیب	نمک از خاک به درون جوی شسته شده و روی پشته‌ها باقی می‌ماند. نسبت به روش‌های سبک‌تر آبیاری، آب بیشتری نیاز دارد	ندارد
نواری	کشت‌های متراکم	روی پشته بین نوارها	مشابه آبیاری جویچه‌ای	ندارد
کرتی	کشت‌های متراکم	روی پشته‌هایی که کرت‌ها را جدا می‌کنند	مشابه آبیاری جویچه‌ای	ندارد
بارانی ثابت	بیشتر گیاهان، در خاک‌های با بافت ریز محدودیت دارد	اگر سامانه آبیاری به‌خوبی طراحی و مدیریت شود، هیچ تجمعی از نمک در ناحیه ریشه باقی نمی‌ماند	آبشویی یکنواخت، می‌تواند برای آبشویی املاح به‌جامانده از کاربرد سایر روش‌ها به کار گرفته شود	می‌تواند باعث گسترش بیماری در گیاهان حساس شود (مثل لوبیا). آب آبیاری شور می‌تواند بقایای مضری روی گیاه به جا گذارد
بارانی متحرک	بیشتر گیاهان به‌جز درختان و تاکستان‌ها، قابل کاربرد در زمین‌های ناهموار	مشابه آبیاری بارانی ثابت	مشابه آبیاری بارانی ثابت	مشابه آبیاری بارانی ثابت
روش‌های خرد آبیاری (قطره‌ای، موضعی، زیرزمینی)	به دلیل هزینه‌های سرمایه‌ای بالا، بیشتر برای کشت‌های باارزش‌تر و یا کشت‌های با هزینه بالای نیروی کار	خارج از پیاز رطوبتی قطره‌چکان‌ها	پیاز رطوبتی به‌خوبی آبشویی می‌شود، ولی آبشویی تمام سطح مزرعه تا عمق ریشه بسیار مشکل است.	

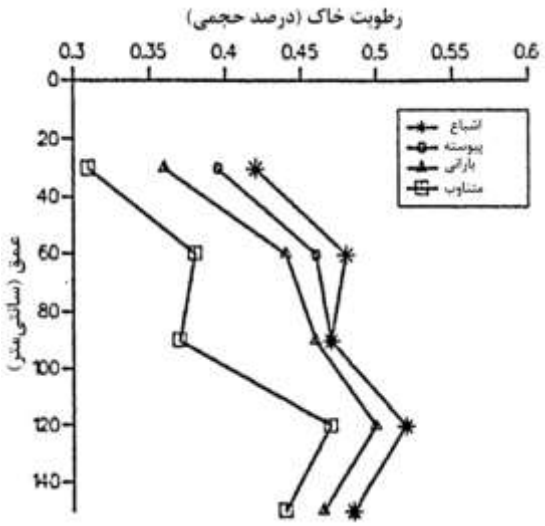
آبشویی متناوب و پیوسته

تاکنون در مطالعات متعددی، روش‌های متفاوت آبشویی را آزموده‌اند. یکی از اولین آزمایش‌ها توسط میلر و همکاران، برای مطالعه انتقال کلراید در یک خاک رسی-لومی انجام شد (Miller et al., 1965). این محققان از سه تیمار متفاوت در اعمال آب استفاده کردند؛ ۱- روی سطح خاک انباشت پیوسته‌ای از آب وجود داشت. ۲- آب به‌صورت انقطاعی (متناوب) و هر بار ۱۵ سانتی‌متر اعمال شد و ۳- آب به‌صورت متناوب و هر بار پنج سانتی‌متر اعمال شد. در آبشویی‌های متناوب، بعد از هر دور آبشویی و تا رسیدن مکش آب خاک به ۱۵۰- سانتی‌متر آب (در عمق ۳۰ سانتی‌متری) صبر می‌شد و سپس، دور بعدی اعمال می‌گشت. از بین این سه تیمار، آبشویی متناوب با دورهای پنج سانتی‌متری به‌طور محسوسی در شستن کلراید از نیمرخ خاک کاراتر بود، به صورتی که نتیجه اعمال ۵۰ سانتی‌متر آب با این روش، با ۹۰ سانتی‌متر آب به‌صورت پیوسته برابری می‌کرد. این یعنی صرفه‌جویی در مقدار قابل‌توجهی آب و رسیدن به آبشویی یکسان.

داهیا و همکاران اشاره کردند که آبشویی متناوب، زمان بیشتری را برای حرکت آب از میان خلل و فرج ریزتر فراهم کرده و بنابراین، راندمان آبشویی را بهبود می‌بخشد (Dahiya et al., 1981). همچنین فرصت بیشتری در اختیار املاح قرار می‌دهد تا از نواحی آب ساکن (کمتر متحرک) به نواحی آب متحرک پخشیده شوند. آن‌ها اضافه کردند که راندمان آبشویی با روش متناوب، به مقدار قابل‌توجهی از روش پیوسته بیشتر است. علاوه بر آن با کاهش مقدار رطوبت، نسبت آب عبوری از خلل و فرج درشت نیز کاهش می‌یابد. از سوی دیگر چون افزایش میزان جریان از میان منافذ درشت، کارایی شستشوی املاح را کاهش می‌دهد (Cote, 2000; Elgabaly, 1971; Hoffman, 1980; Oster et al., 1972) این عمل به افزایش راندمان آبشویی منجر خواهد شد.

آزمایش‌های آبشویی نیلسون و همکاران (۱۹۶۷) نشان داد که آبشویی متناوب منجر به مقادیر رطوبتی کمتری در خاک، نسبت به آبشویی پیوسته با روش آبیاری بارانی می‌شود (Nielsen et al., 1967). همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده‌شده، درحالی‌که آبشویی پیوسته، رطوبت خاک را تا حد اشباع بالا می‌برد، آبشویی با آبیاری بارانی به‌صورت مداوم، رطوبت خاک را بین یک تا سه درصد حجمی و آبشویی متناوب رطوبت خاک را تقریباً تا هفت درصد حجمی، نسبت به حالت

اشباع پایین‌تر آوردند. بنابراین آبشویی متناوب نه‌تنها زمان بیشتری برای پخشیدگی املاح به بیرون ناحیه آب ساکن در مدت بین دو آبشویی در اختیار می‌گذارد، بلکه سبب بهبود راندمان آبشویی با کاهش نسبت عبور جریان از خلل و فرج درشت می‌گردد. علاوه بر آن در این روش، یکنواختی بیشتری در آبشویی املاح از سطح مزرعه گزارش‌شده، چراکه در آبشویی پیوسته، املاح موجود در خاک مجاور زهکش‌ها بیشتر شسته می‌گردند تا خاک بین زهکش‌ها (Talsma, 1967; Van Hoorn and Van Alphen, 1994).



شکل ۲- مقادیر رطوبت خاک به‌دست‌آمده تحت سه روش آبشویی؛ پیوسته، بارانی مداوم و ۱۵۰ سانتی‌متر آبشویی متناوب، با تناوب‌های ۱۵ سانتی‌متری (Nielsen et al., 1967)

یکی دیگر از فواید آبشویی متناوب، مزیت آن در مدیریت راحت‌تر مزرعه است، زیرا برای اجرای آبشویی پیوسته نیاز به ایجاد پشته‌های بلند در اطراف مزرعه است، ولی کشاورزان می‌توانند آبشویی متناوب را بدون تغییر عمده‌ای در سیمای مزرعه انجام دهند.

از سوی دیگر، کامرون و وایلد گزارش کردند که تفاوت معنی‌داری بین یک آبیاری پیوسته ۸۰ میلی‌متری و ۷۱ میلی‌متر بارندگی خالص که به‌صورت متناوب رخ‌داده، در آبشویی املاح از خاک‌های لومی رسی وجود نداشته است (Cameron and Wild, 1982). ورما و گوپتا هم یافته‌های مشابهی داشته‌اند. آن‌ها خاطر نشان کردند که احتمالاً هدایت هیدرولیکی پایین خاک‌های رسی، فرصت زیادی برای پخشیدگی املاح تحت آبشویی پیوسته در اختیار قرار داده است (Verma and Gupta, 1989).

به‌هرحال همان‌طور که کوتیلک و نیلسون اشاره کرده‌اند، برای خاک‌ها، املاح و شرایط منطقه‌ای مختلف، نتایج متفاوتی را می‌توان انتظار داشت (Kutilek and Nielsen, 1994). بنابراین مشخص است که عوامل متعددی در این امر دخیل هستند و نیاز به بررسی دارند (Minhas and Khosla, 1986).

عوامل مؤثر بر کارایی آبشویی متناوب

با بررسی منابع می‌توان گفت که پنج عامل، اهمیت زیادی در آبشویی متناوب دارند که در ادامه موردبررسی قرار می‌گیرند.

اثر تبخیر

شاید بتوان گفت که اثر مثبت آبشویی متناوب بر کاهش مقدار آب لازم برای شستشوی املاح، محدود به شرایط اقلیمی با میزان تبخیر پایین است. زمانی که آبشویی در شرایط تبخیر بالا انجام شود، نمکی که به لایه‌های کم‌عمق خاک آبشویی شده، در زمان قطع جریان توسط تبخیر به سطح خاک برمی‌گردد. همچنین بخشی از آبی که در دور بعدی آبشویی اعمال می‌شود، در لایه‌های بالایی خاک به‌عنوان جایگزین آب تبخیر شده، نگه‌داشته می‌شوند و بنابراین مقدار آب باقی‌مانده برای شستشوی املاح لایه‌های پایین‌تر کاهش پیدا می‌کند.

مینهاس و خُسلا تفاوتی معنادار بین آبشویی کلراید با مقادیر یکسان آب، در روش‌های پیوسته و متناوب (با تناوب ۱۰ روزه بین دوره‌های آبشویی)، در شرایط تبخیر بالا (۷/۷۴ میلی‌متر در روز) و تبخیر متوسط (۴/۵۱ میلی‌متر در روز) مشاهده نکردند. زمانی که مقدار تبخیر پایین بود (۱/۵۲ میلی‌متر در روز)، آبشویی کلراید درروش متناوب به مقدار قابل‌توجهی مؤثرتر بود و نمک به عمق پایین‌تری از خاک (در مقایسه با آبشویی پیوسته) منتقل می‌شد (Minhas and Khosla, 1986).

با کم کردن تبخیر از سطح خاک بین دوره‌های آبشویی با کاربرد خاک‌پوش (مالچ[1])، می‌توان کارایی آبشویی متناوب را افزایش داد. البته این روش معمولاً پرهزینه است (مگر با استفاده از تولیدات جانبی کارخانه‌ها که کاربرد اقتصادی ندارند) و پخش خاک‌پوش بر سطح اراضی زمان‌بر خواهد بود. کارتر و فانینگ اعلام کردند که استفاده از مالچ در آبشویی متناوب، تأثیر قابل‌توجهی در کارایی این روش در یک دوره پنج‌ماهه داشته است (Carter and Fanning, 1964). کرن و میاموتو[2] (۱۹۹۰) هم از روش مالچ پاشی برای بهبود آبشویی به روش متناوب بهره بردند (به نقل از El-Baroudy, 2000). می‌توان چنین نتیجه گرفت که برای حفظ تأثیر بهتر آبشویی متناوب در شوری‌زدایی خاک، باید آن را تحت شرایط کمترین مقدار ممکن

---

[1] Mulch

[2] Keren and Miyamoto

تبخیر (در فصل مناسب و یا با استفاده از مالچ) انجام داد تا آب ازدست‌رفته در دوره انقطاع و برگشت نمک حداقل باشند.

اثر ابعاد کرت و تسطیح

آزمایش‌های آبشویی خاک‌های مبتلا به شوری که توسط داهیا و همکاران در کرت‌هایی با ابعاد متفاوت صورت گرفت نشان داد که تسطیح ضعیف و به‌تبع آن، ناهمواری سطح کرت-های آزمایشی بزرگ (۶×۶ متر) منجر به ایجاد چالاب‌هایی در دوره انقطاع بین دو آبشویی می‌شود که در سطح کرت پراکنده-اند (Dahiya et al., 1985). در آبشویی پیوسته، به دلیل وجود دائم عمقی از آب روی سطح خاک، آب به‌صورت یکنواخت به خاک اعمال شده و بنابراین راندمان آبشویی در کرت‌های بزرگ، به روش پیوسته بهتر از متناوب بود، ولی در کرت‌های کوچک‌تر (۲×۲ متر) به دلیل تسطیح بهتر، راندمان آبشویی به روش متناوب به‌صورت معنی‌داری بالاتر از روش پیوسته بوده است.

اثر هدایت هیدرولیکی

در خاک‌هایی که هدایت هیدرولیکی کمی دارند، سرعت پایین آب در منافذ خاک، زمان زیادی برای پخشیدگی املاح درون خاکدانه‌ها فراهم می‌کند و غلظت محلول درون خاکدانه‌ها به آب درون خلل و فرج درشت نزدیک می‌گردد (حتی در آبشویی‌های پیوسته). یادآوری می‌شود این امر به‌جز به زمان، به ضریب پخشیدگی مؤثر و اندازه خاکدانه‌ها هم‌بستگی دارد. بنابراین در خاک‌های با هدایت هیدرولیکی پایین، مزیت‌های بزرگ آبشویی متناوب، یعنی عبور مقدار کمتر آب و زمان بیشتر برای پخشیدگی، در آبشویی پیوسته هم به وجود خواهد آمد. ورما و گوپتا تفاوت اندکی در شستشوی املاح در آبشویی متناوب، در مقایسه با آبشویی پیوسته گزارش کردند و آن را به هدایت هیدرولیکی پایین خاک رسی مورد مطالعه مرتبط دانستند (Verma and Gupta, 1989). داهیا و همکاران نیز استفاده از آبشویی متناوب را در خاک‌های تراواتر، مؤثرتر دانستند (Dahiya et al., 1981).

اثر وجود گیاهان

گیاهان می‌توانند سه نقش عمده ایفا کنند: تغییر نفوذپذیری سطح خاک؛ با توسعه ریشه، مجاری جدیدی در خاک ایجاد می‌شود که فرآیند خاکدانه‌سازی را بهبود می‌بخشد، بنابراین هدایت هیدرولیکی خاک را افزایش می‌دهد که این امر، مزایای استفاده از آبشویی متناوب را دوچندان می‌کند (Kovda et al., 1973). کانچاناسوت و اسکوتر در آبشویی برومید از سطح یک چراگاه[۱] به نتیجه مشابهی دست یافتند. آن‌ها دریافتند که باران، برومید را مؤثرتر از آب انباشته‌شده آبشویی می‌کند (Kanchanasut and Scotter, 1982).

کاهش تبخیر از سطح خاک؛ گیاهان با سایه‌ای که بر خاک می‌اندازند، مقدار تبخیر از سطح خاک را کاهش می‌دهند و علاوه بر جلوگیری از هدر رفتن آب، مانع از برگشت نمک می‌شوند (Kovda et al., 1973). البته باید در نظر داشت که مصرف آب توسط گیاهان (تعرق) موجب افزایش حرکت آب از پایین به سمت ناحیه ریشه می‌گردد.

از بین بردن بخشی از املاح؛ یکی دیگر از مزیت‌های آبشویی هنگام کشت این است که گیاهان، بخشی از املاح موجود را جذب می‌کنند (Minhas and Khosla, 1986). چاپمن گزارش کرد که در خاک‌های با شوری‌های متوسط، نمک حدود سه درصد از جرم ماده خشک تولیدشده در یونجه، ذرت و سورگوم را تشکیل می‌داد (Chapman, 1966).

اثر سدیمی بودن

آبشویی خاک‌های شدیداً شور و سدیمی۲ با قابلیت هدایت هیدرولیکی پایین را می‌توان با افزودن نمک‌های قابل انحلال کلسیم (مثلاً گچ) برای جایگزینی با سدیم قابل تبادل۳ خاک، به نحو مؤثرتری انجام داد. ابرول و بهومبلا دریافتند که در خاک‌های شور و سدیمی که سدیم در آن‌ها چیرگی دارد، آبشویی متناوب بدون افزودن گچ، مزیت چندانی بر آبشویی پیوسته نخواهد داشت. آن‌ها این امر را به هدایت هیدرولیکی پایین خاک‌های شور و سدیمی مربوط دانستند. هنگامی‌که گچ اضافه شود، راندمان آبشویی بهبود می‌یابد، ولی آبشویی متناوب مزیتی نداشت که این محققین آن را به دلیل محدود باقی ماندن نفوذپذیری در لایه سطحی خاک دانستند (Abrol and Bhumbla, 1973). طبق یافته‌های داهیا و همکاران، در خاک‌های شدیداً شور و سدیمی با تراوایی متوسط که در آن‌ها سدیم، کلسیم و منیزیم کاتیون‌های غالب هستند، نیازی به استفاده از ماده اصلاح‌کننده[۴] (مثلاً گچ) در خاک نبوده و راندمان آبشویی با روش متناوب، به مقدار قابل‌توجهی بالاتر از آبشویی پیوسته می‌باشد (Dahiya et al., 1981).

آبشویی با آب‌شور

تحقیقات در استفاده از منابع آب غیرمتعارف، غالباً برای بررسی اثر آن در آبیاری محصولات بوده است و تجاربی که استفاده از آن‌ها را برای آبشویی و اصلاح خاک‌های شور و سدیمی نشان دهد کم می‌باشد. در خصوص اصلاح خاک‌های

---

[۱] Pasture

[۲] Saline-sodic

[۳] Exchangeable sodium

[۴] Amendment

شور و سدیمی، پیشنهادهای متفاوتی ارائه گردیده است که در همهٔ آن‌ها حفظ ساختمان خاک، پایداری خاکدانه‌ها، افزایش منافذ خاک و اضافه کردن مواد آلی به خاک اهمیت ویژه‌ای دارند (Rhoades et al., 1992).

خاک‌های سدیمی را می‌توان به‌سرعت، از طریق آبشویی مقدماتی با آب بسیار شور حاوی مقادیر زیاد کلسیم و منیزیم بهسازی کرد و سپس با ادامه آبشویی با آب با شوری کمتر، فرآیند آبشویی را تکمیل نمود. این فرایند تحت عنوان روش رقیق کردن آب‌نمک معروف می‌باشد (برزگر، ۱۳۸۷).

آیرز و وسکات نیز معتقدند که بروز اثر تخریبی سدیم، بستگی به هر دو عامل شوری آب آبشویی (آبیاری) و نسبت جذب سدیم در آب دارد. هر چه شوری آب بیشتر باشد، احتمال متلاشی شدن ذرات خاک (و درنهایت، کاهش سرعت نفوذ آب در خاک) کاهش خواهد یافت (Ayers and Westcot, 1994).

ناصری اعلام کرد آبشویی خاک‌های شدیداً شور و سدیمی با آبی که شوری پایینی داشته باشد، ممکن است باعث پراکندگی ذرات خاک شده و عمل آبشویی را محدود نماید. وی بیان کرد در اصلاح این خاک‌ها، چنانچه قابلیت هدایت الکتریکی آب آبشویی کمتر از دو دسی زیمنس بر متر باشد، موجب به هم ریختن ساختمان فیزیکی خاک شده، راندمان آبشویی را کاهش داده و حتی متوقف می‌کند (Naseri, 1998).

برزگر (۱۳۸۷) رقیق کردن مرحله‌ای آب بسیار شور حاوی کاتیون‌های دو ظرفیتی را به‌عنوان روشی مؤثر برای اصلاح خاک‌ها، بدون استفاده از مواد اصلاح‌کننده معرفی و تأکید می‌کند که در ابتدا آب شور باعث هم‌آوری ذرات خاک و تأمین کلسیم برای تبادل با سدیم می‌شود.

بومانز با ارائه رابطه (۱) گزارش کرد که کاهش شوری عصاره اشباع خاک به کمتر از درصدی از شوری آب آبشویی میسر نیست (Boumans, 1963). این درصد، نسبت رطوبت ظرفیت زراعی به رطوبت اشباع آن خاک است:

$$EC_s = \left(\frac{\theta_{FC}}{\theta_{SP}}\right) EC_W \qquad (۱)$$

در این رابطه؛ EC_S: شوری عصاره اشباع خاک، EC_W: شوری آب آبشویی، θ_{FC}: رطوبت ظرفیت زراعی و θ_{SP}: رطوبت اشباع خاک هستند.

برخی پژوهش‌های انجام‌شده در جهان و ایران

شاگزیانگ اصلاح خاک‌های شور و سدیمی را تحت آبشویی پیوسته و متناوب، با تحقیقات صحرایی و آزمایشگاهی بررسی و مقایسه کرد و نشان داد که با آبشویی متناوب، به‌طور متوسط می‌توان تا ۶۰ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی کرد. وی همچنین اثر بافت خاک را نیز در این زمینه مورد بررسی قرار داد و بیان کرد که در خاک‌های رسی–لومی، آبشویی متناوب، هم در شوری‌زدایی و هم در سدیم‌زدایی نسبت به آبشویی پیوسته راندمان بالاتری دارد، درحالی‌که در خاک‌های شنی–لومی، راندمان هر دو روش آبشویی در شوری‌زدایی یکسان بوده و فقط در سدیم‌زدایی آبشویی، روش متناوب راندمان بالاتری دارد (Shuxiang, 1998).

کوت و همکاران با زهکشیِ مجاری جریان ترجیحی، اثر انقطاع جریان را بر بهبود راندمان آبشویی بررسی کردند (Cote et al., 2000). آزمایش‌های آن‌ها در ستون‌هایی از خاک دست‌نخورده انجام شد که قبلاً با دو محلول برمید کلسیم ($CaBr_2$) و کلرید کلسیم ($CaCl_2$)، اولی به‌عنوان ردیاب و دومی برای شبیه‌سازی فرآیند آبشویی، اشباع‌شده بودند. سپس با استفاده از یک مکش ۳۰–۲۵ سانتی‌متری، مجاری درشت خلل و فرج نمونه‌ها تخلیه شد تا مانند دوره انقطاع آبشویی متناوب، فرصت توزیع مجدد املاح در خلل و فرج ریزتر فراهم آید. خاک‌های مورداستفاده در این آزمایش‌ها سبک بودند (شامل ۳۱ و ۴۶/۳ درصد ماسه) و آزمایش‌های آبشویی پیوسته نیز به‌عنوان شاهد انجام گرفتند. نتایج نشان داد که روش متناوب نسبت به روش پیوسته، ۲۰–۱۰ درصد آبشویی را بهبود بخشید.

عبدل‌دایم و همکاران آزمایش‌های صحرایی آبشویی متناوب و پیوسته را برای احیاء اراضی شمال دلتای رود نیل انجام دادند (Abdel-Dayem, 2000). بافت خاک این اراضی سنگین (بین ۵۰ تا ۵۵ درصد رس) و لایه سطحی آن شامل یک پوسته نمکی[۱] بود، به‌طوری‌که شوری خاک در لایه ۱۰–۰ سانتی‌متر ۳۵۴ دسی‌زیمنس بر متر اندازه‌گیری شد. آزمایش‌ها شامل سه تیمار بود که در سه تکرار انجام شدند؛ T_1– دوازده ماه استفاده از آب شور (۲۲ دسی‌زیمنس بر متر) و سپس نه ماه استفاده از آب آبیاری (۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر) به‌صورت پیوسته، T_2– دوازده ماه استفاده از آب شور و سپس نه ماه استفاده از آب آبیاری به‌صورت متناوب، با تناوب‌های ۱۵۰–۱۰۰ میلی‌متری و T_3– برداشتن لایه سطحی خاک تا عمق ۱۵ سانتی‌متر و سپس نه ماه استفاده از آب شور و پنج ماه استفاده از آب آبیاری به‌صورت تناوب‌های ۱۵۰–۱۰۰ میلی‌متری. نتایج نشان داد که در تیمارهای T_1 و T_2، پس از دوازده ماه استفاده از آب شور، شوری در قسمت بالایی نیمرخ خاک کاهش پیدا کرد، ولی در قسمت‌های پایین‌تر افزایش قابل‌توجهی داشته که به علت جایگزینی محلول حاصل از پوسته نمکی سطحی بوده است. بعد از آبشویی با آب آبیاری به مدت نه ماه، شوری عصاره

[۱] Salt crust

اشباع خاک در لایه ۲۵-۰ سانتیمتری در تیمارهای T_1، T_2 و T_3 به ترتیب به ۱۲/۳، ۱۲/۵ و ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر رسید. این نشان می‌دهد که آبشویی متناوب تأثیر چندانی بر بهبود روند آبشویی در خاک‌های سنگین این منطقه نداشته است. ولی این محققین اعلام کردند که چنین روش آبشویی، یکنواختی نفوذ را افزایش می‌دهد و همچنین خشک شدن خاک بین دوره‌های آبشویی متناوب، بر بهبود ساختمان خاک مؤثر است.

سوارز آزمایش‌های آبشویی را در مزرعه‌ای به وسعت ۴۰ هکتار در کالیفرنیای آمریکا انجام داد (Suarez, 2001). خاک این مزارع در لایه ۳۰-۰ سانتی‌متری لوم شنی خیلی ریز و یا لوم سیلتی بود و در لایه ۷۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متری، در کلاس لوم رسی سیلتی طبقه‌بندی می‌شد. شوری عصاره اشباع خاک از ۵۰ دسی‌زیمنس بر متر در لایه ۳۰-۰ سانتی‌متری تا ۱۲/۷ دسی‌زیمنس بر متر در لایه زیر ۹۰ سانتی‌متری متغیر بود. ۲۴ تن در هکتار گچ در سطح مزرعه پخش شد و با استفاده از دیسک در عمق ۱۵-۰ سانتی‌متری خاک مخلوط شد. ۱۱۴ سانتی‌متر آب به روش پیوسته، طی سه ماه بر خاک اعمال شد. طی مدت آزمایش ۴۱ سانتی‌متر تبخیر از سطح آزاد آب اندازه-گیری شد، بنابراین مقدار آب نفوذ یافته به خاک ۷۳ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. پس از آبشویی، شوری خاک در لایه ۳۰-۰ سانتیمتری به ۴/۷ دسی‌زیمنس بر متر رسید و در لایه پایین‌تر از ۹۰ سانتی‌متر، ۱۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر اندازه‌گیری شد. داده‌های صحرایی گویای ناهمگنی قابل‌توجهی در نتایج آبشویی بودند، به صورتی که هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در ۵۲ درصد از سطح مزرعه، در لایه ۳۰-۰ سانتی‌متری به کمتر از چهار دسی‌زیمنس بر متر رسیده بود، درحالی‌که در ۲۶ درصد از سطح مزرعه، بالای هشت دسی‌زیمنس بر متر بود. این محقق پیشنهاد داد که معادلات تعیین مقدار گچ موردنیاز برای آبشویی و اصلاح خاک‌های سدیمی که تنها سدیم موجود در خاک را در نظر می‌گیرند، باید بامنظور کردن مقدار کلسیم موجود در خود خاک اصلاح گردند.

کروین و همکاران مقایسه‌ای بین روش‌های مختلف تخمین نیاز آبشویی انجام دادند (Corwin et al., 2007). آن‌ها بیان کردند در محاسبه نیاز آبشویی با روش‌های قدیمی که جریان آب در خاک را ماندگار فرض کرده و همچنین رسوب نمک و تفاوت جریان آب و املاح در خلل و فرج کوچک و بزرگ خاک را نادیده می‌گیرند، مقدار آب آبشویی بیشتر از حد نیاز تخمین زده می‌شود. این امر علاوه بر اینکه باعث مصرف بیش‌ازاندازه آب می‌شود، مقدار زهاب خروجی را نیز افزایش می‌دهد که اثرات مخرب زیست‌محیطی دارد. بررسی‌ها نشان داد نیاز آبشویی با در نظر گرفتن شرایط غیر ماندگار (مثلاً با آبشویی متناوب)، ۳۸ درصد کمتر از مقدار محاسبه‌شده با شرایط ماندگار به دست می‌آید. همچنین از نتایج چنین برمی‌آید که محسوب کردن شرایط غیر ماندگار و جریان‌های ترجیحی، به‌اندازه محسوب کردن رسوب نمک‌ها در پایین آوردن تخمین نیاز آبشویی مؤثر نمی‌باشد.

بارنارد و همکاران آزمایش‌های آبشویی را برای حذف شوری ثانویه (در اثر آبیاری) دو نوع خاک شنی و لومی شنی، با استفاده از لایسیمتر انجام دادند (Barnard et al., 2010). در این لایسیمترها قبلاً ذرت با پنج کیفیت مختلف آب آبیاری، ۰/۱۵، ۱/۵، ۳/۰، ۴/۵ و ۶/۰ دسی‌زیمنس بر متر، آبیاری شده بود. آزمایش‌های آبشویی با آبی با هدایت الکتریکی ۰/۷۵ دسی‌زیمنس بر متر، تحت شرایط غیراشباع انجام شد. بعد از اعمال آب آبشویی معادل ۰/۹ حجم تخلخل خاک، شوری در نیمرخ خاک به تعادل رسیده و نزدیک به شوری آب آبشویی شد. برای خاک‌های شنی ۰/۲ و برای خاک‌های لومی شنی، به میزان ۰/۳ حجم تخلخل، آب مورد نیاز بود تا ۷۰ درصد نمک از نیمرخ خاک شسته شود. باقی آب (باقی ۰/۹ حجم تخلخل)، ۲۰ درصد دیگر از املاح نیمرخ خاک را آبشویی می‌نمود که به گفته این محققین، با توجه به مقدار آب لازم برای آبشویی، چندان کارا نبوده است. به‌عبارت‌دیگر، شیب کاهش شوری خطی نیست و با کاهش نمک‌های خاک، خارج کردن نمک‌های باقی‌مانده دشوارتر خواهد شد.

شریفی‌پور و همکاران (b و ۱۳۹۴a و ۱۳۹۳) باهدف بررسی توانایی کیفیت‌های متفاوت آب و تأثیر روش‌های آبشویی متناوب و پیوسته، بر شوری‌زدایی و سدیم‌زدایی خاک‌های رسی منطقه جنوب خوزستان، آزمایش‌های آبشویی را در کرت‌هایی محصور شده با ابعاد ۱/۵× ۱/۵ متر، در اراضی بایر کشت و صنعت نیشکر سلمان فارسی انجام دادند. هدف اصلی، بررسی امکان استفاده از زهاب در آبشویی اراضی شور آن منطقه بود. بافت خاک اراضی منطقه از نوع رسی و شوری اولیه عصاره اشباع خاک در لایه ۳۰-۰ سانتی‌متری ۱۸۵ دسی زیمنس بر متر بود. پیرامون کرت‌ها تا عمق ۳۰ سانتی‌متری، نسبت به نشت جانبی عایق‌سازی و برای جلوگیری از تبخیر، سطح آن‌ها با ورقه‌های نایلونی پوشانده شد. ترکیب سه کیفیت آب با هدایت‌های الکتریکی ۲/۶۱ (آب رودخانه کارون)، ۶/۰ و ۹/۰ دسی‌زیمنس بر متر (حاصل از اختلاط زهاب این کشت و صنعت با آب رودخانه کارون) و سه روش آبشویی مشتمل بر پیوسته (کاربرد ۱۲۰ سانتی‌متر آب)، متناوب با دو انقطاع (کاربرد دو دور ۶۰ سانتی‌متری آب با فواصل شش‌روزه) و متناوب با چهار انقطاع (کاربرد چهار دور ۳۰ سانتی‌متری آب با فواصل شش‌روزه)، به‌صورت ۱۱ تیمار با شش تکرار در این پژوهش

مورد استفاده قرار گرفت. تیمارها شامل؛ آبشویی با آب کارون به‌صورت پیوسته (F1) و متناوب با دو و چهار انقطاع (F2 و F4)، آبشویی با زهاب با شوری ۶/۰ دسی‌زیمنس بر متر به‌صورت پیوسته (M1) و متناوب با دو و چهار انقطاع (M2 و M4) و آبشویی با زهاب با شوری ۹/۰ دسی‌زیمنس بر متر به‌صورت پیوسته (D1) و متناوب با دو و چهار انقطاع (D2 و D4)، ۶۰ سانتی‌متر آبشویی با آب کارون و سپس ۶۰ سانتی‌متر آبشویی با زهاب با شوری ۹/۰ دسی‌زیمنس بر متر به‌صورت متناوب بافاصله شش روز (D1F1) و دو دور آبشویی با ۳۰ سانتی‌متر آب کارون و سپس دو دور آبشویی با ۳۰ سانتی‌متر زهاب با شوری ۹/۰ دسی‌زیمنس بر متر به‌صورت متناوب با فواصل شش روز (D2F2) بودند. نتایج نشان داد که به‌جز تیمار F4، در هیچ‌یک از تیمارها شوری عصاره اشباع خاک پس از آبشویی به کمتر از ۵/۰ دسی‌زیمنس بر متر نرسید. همچنین، صرفه‌جویی ناشی از مصرف ۱۲۰ سانتی‌متر زهاب با شوری‌های به ترتیب ۶/۰ و ۹/۰ دسی‌زیمنس بر متر، موجب کاهش مصرف آب کارون برای آبشویی به مقدار به ترتیب ۷۰ و ۵۳ درصد در آبشویی متناوب با چهار انقطاع گردید. ایجاد چهار انقطاع در روند آبشویی، در مقایسه با آبشویی پیوسته، در کاربرد آب کارون و زهاب‌های با شوری ۶/۰ و ۹/۰ دسی‌زیمنس بر متر به‌عنوان آب آبشویی، موجب صرفه‌جویی به ترتیب ۱۶، ۱۹ و ۲۳ درصد در مقدار آب آبشویی گردید که نشان می‌دهد افزایش تعداد انقطاع بر روند آبشویی مؤثر بوده و در کاربرد آب‌هایی با کیفیت‌های پایین‌تر، کارایی بیشتری دارد. استفاده نوبتی و یا ترتیبی آب‌هایی باکیفیت متفاوت، اثر بیشتری بر آبشویی املاح داشت تا اختلاط آن‌ها قبل از اعمال در آبشویی. تیمارهای F2 و F4 به ترتیب موجب بیشترین بهبود در وضعیت سدیمی خاک موردمطالعه شدند و تیمارهای D1، D2 و D4 به ترتیب کمترین تأثیر را بر کاهش نسبت جذب سدیم داشتند. با کاهش نسبت جذب سدیم از بیشتر از ۸۰ به کمتر از هشت در عمق قایق‌سازی شده، در تیمارهای F2، F4، M2، M4، D1F1 و D2F2، مشکل سدیمی در این شش تیمار کاملاً مرتفع شد. این محققین بیان کردند که مقدار آب موردنیاز آبشویی برای اصلاح مشکل سدیمی در خاک موردبررسی، کمتر از مقدار آب موردنیاز برای حل مشکل شوری بود و به‌عبارت‌دیگر، سدیم‌زدایی سریع‌تر از شوری‌زدایی انجام شد.

در ایران، در بیشتر استان‌هایی که مسئله شوری خاک وجود دارد، آزمایش‌های آبشویی اجراشده است که در ادامه (به نقل از شریفی‌پور، ۱۳۹۳) به ذکر موارد پرداخته می‌شود. سپاسخواه و همکاران (۱۳۶۵) در اراضی دهکده سلامی واقع در شرق دشت شیراز، سپاسخواه و سرخوش (۱۳۶۸) در دشت شبانکاره و دشت رود حله در استان بوشهر، مهاجر میلانی و توسلی (۱۳۷۰) در سری خاک مسعود آباد در منطقه جنوب سمنان، یزدانی (۱۳۷۲) در منطقه رودشت اصفهان، نیکمرام و رضایی (۱۳۷۴) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی میاندوآب، مرادی و مهاجر میلانی (۱۳۷۴) در استان بوشهر، پذیرا (۱۳۷۹) در خوزستان، بهزاد و آخوندعلی (۱۳۸۱) در اراضی ملاثانی اهواز، رحیمی و احمدنژاد (۱۳۸۴) در اراضی کویر بجستان، محسنی‌فر و همکاران (۱۳۸۵) در جنوب‌شرقی خوزستان، خاکساری و همکاران (۱۳۸۵) در مرکز ملی تحقیقات شوری در منطقه چاه افضل یزد، برزگر و همکاران (۱۳۸۶) در مزارع نیشکر جنوب اهواز، رضایی صدر (۱۳۸۷) در کشت و صنعت نیشکر واحد سلمان فارسی، صراف و همکاران (۲۰۱۰) در قسمت مرکزی استان خوزستان و چند تن دیگر از محققان در سطح کشور اقدام به انجام آزمایش‌های اصلاح خاک‌های شور نموده‌اند. ولی این پژوهش‌ها بیشتر باهدف برآورد آب مورد نیاز آبشویی بوده که یا از طریق ترسیم منحنی‌های شوری‌زدایی و سدیم‌زدایی و یا از طریق واسنجی مدل‌های آبشویی انجام شده و یا این‌که آزمایش‌ها به‌صورت ساده و تا رسیدن به شوری مناسب ادامه پیدا کرده است. به‌عبارت‌دیگر هدف این پژوهش‌ها، مقایسه اثر شرایط متفاوت محیطی یا مدیریتی در فرآیند شستشوی املاح از خاک نبوده است (شریفی‌پور، ۱۳۹۳).

نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

آبشویی املاح با استفاده از روش‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی، منجر به ایجاد جریان غیراشباع در خاک می‌گردد و بدین ترتیب، هدر رفت آب را از میان خلل و فرج درشت خاک که تأثیری در فرآیند شستشوی املاح ندارد، به حداقل می‌رساند. لیکن روش آبیاری بارانی در شرایط آب و هوایی تبخیر بالا که معمولاً خاک‌های شور در آن به‌وجود می‌آیند، به‌کاربرده نمی‌شود و آبشویی با آبیاری قطره‌ای نیز به تشکیل پهنه‌های نامنظم شوری در سطح منتهی می‌گردد. انباشتن آب بر سطح خاک و روش‌های آبیاری سطحی، عملیات معمول در آبشویی خاک‌های شور هستند که با آبشویی متناوب می‌توان راندمان آن‌ها را در شستشوی املاح افزایش داد، چراکه هم شرایط ایجاد جریان غیراشباع فراهم می‌شود و هم املاح می‌توانند به سطح خارجی خاکدانه‌ها پخشیده شده و طی دور بعدی آبشویی، به‌آسانی از خاک خارج گردند. اما کارایی آبشویی متناوب از عواملی چند تأثیر می‌پذیرد:

- زمانی که آبشویی متناوب در شرایط تبخیر بالا انجام شود، ممکن است نمکی که به لایه‌های کم‌عمق خاک آبشویی شده، در زمان قطع جریان، توسط تبخیر به سطح خاک بر-گردد. تسطیح بهتر و نبود پستی‌وبلندی بر سطح خاک به راندمان این روش کمک می‌کند.

- استفاده از این روش در خاک‌های با هدایت هیدرولیکی بالاتر که پتانسیل جریان ترجیحی در آن‌ها قوی‌تر است، مؤثرتر خواهد بود.
- حضور گیاهان با کاهش تبخیر و توسعه نفوذپذیری سطحی، کارایی این روش را افزایش می‌دهد.

همچنین پژوهش‌های مختلف مرور شده، از قابلیت آب‌های شور در شستشوی املاح حکایت می‌کنند، به‌ویژه در آبشویی خاک‌های بسیار شور یا خاک‌های سدیمی، با زهاب‌هایی که حاوی کلسیم و منیزیم باشند. استفاده از زهاب‌ها در آبشویی، هم می‌تواند روشی بی‌خطر برای استفاده مجدد از آن‌ها باشد و هم از میزان آب تازه برای شستشوی املاح بکاهد و همچنین، به پایداری خاکدانه‌ها کمک نماید.

مراجع

برزگر، ع. ۱۳۸۷. خاک‌های شور و سدیمی: شناخت و بهره‌وری. ویرایش دوم. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز.

شریفی‌پور، م. ۱۳۹۳. بررسی اثر کیفیت، روش کاربرد و نحوه اختلاط آب آبیاری و زهاب بر آبشویی نمک‌ها از نیمرخ خاک‌های سنگین. پایان‌نامه دکتری آبیاری و زهکشی. دانشگاه شهید چمران اهواز.

شریفی‌پور، م.، ناصری، ع.، هوشمند، ع.، معاضد، ه. و حسن‌اقلی، ع.a ۱۳۹۴. اثر روش آبشویی و کیفیت آب بر شوری‌زدایی خاک‌های سنگین. مجله علوم و مهندسی آبیاری (دانشگاه شهید چمران اهواز)، ۳۸(۳): ۳۵-۲۳.

شریفی‌پور، م.، ناصری ع.، هوشمند، ع.، معاضد، ه. و حسن‌اقلی، ع.b ۱۳۹۴. بررسی اثر کیفیت آب بر سدیم‌زدایی خاک‌های سنگین با آبشویی پیوسته. مجله تحقیقات آب‌وخاک ایران (دانشگاه تهران)، ۴۶(۱): ۱۰۹-۱۱۹.

علیزاده، ا. ۱۳۸۶. طراحی سیستم‌های آبیاری- جلد دوم؛ طراحی سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار. دانشگاه امام رضا (ع).

Abdel-Dayem, S., Rycroft, D.W., Ramadan, F., El-Baroudy, I. and Tahoun, A. 2000. Reclamation of saline clay soils in the Tina plain. Egypt. ICDC Journal, 49(1): 17-28.

Abrol, I.P. and Bhumbla, D.R. 1973. Field studies on salt leaching in a highly saline sodic soil. Soil Science, 115(6): 429-433.

Abrol, I.P., Yadav, J.S.P. and Massoud, F.I. 1988. Salt-affected soils and their management (No. 39). Food & Agriculture Organization.

Ayers, R.S. and Westcot, D.W. 1994. Water quality for agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations (F.A.O.), Irrigation and Drainage Paper, Rome. Paper, (29).

Barnard, J.H., Van Rensburg, L.D. and Bennie, A.T.P. 2010. Leaching irrigated saline sandy to sandy loam Apedal soils with water of a constant salinity. Irrigation Science, 28(2): 191-201.

Biggar, J.W. and Nielsen, D.R. 1980. Mechanisms of chemical movement in soils. Agrochemicals in Soils. Pergamon, Oxford. UK, 213-227.

Boumans, J.H. 1963. Some principles governing the drainage and irrigation of saline soils. ILRI Pubin, 11.

Cameron, K.C. and Wild, A. 1982. Comparative rates of leaching of chloride, nitrate and tritiated water under field conditions. European Journal of Soil Science, 33(4): 649-657.

Carter, D.L. and Fanning, C.D. 1964. Combining surface mulches and periodic water applications for reclaiming saline soils. Soil Science Society of America Journal, 28(4): 564-567.

Chapman, H.D. 1966. Diagnostic criteria for plants and soils. Division of Agricultural Science. University of California. Oakland. (No. 581.2 CHA. CIMMYT).

Corwin, D.L., Rhoades, J.D. and Šimůnek, J. 2007. Leaching requirement for soil salinity control: Steady-state versus transient models. Agricultural Water Management, 90(3): 165-180.

Cote, C.M., Bristow, K.L. and Ross, P.J. 2000. Increasing the efficiency of solute leaching: Impacts of flow interruption with drainage of the "preferential flow paths". Journal of Contaminant Hydrology, 43(3): 191-209.

Dahiya, I.S., Malik, R.S. and Singh, M. 1981. Field studies on leaching behavior of a highly saline-sodic soil under two modes of water application in the presence of crops. The Journal of Agricultural Science, 97(02): 383-389.

De Smedt, F. and Wierenga, P.J. 1979. Mass transfer in porous media with immobile water. Journal of Hydrology, 41(1-2): 59-67.

Dewan, M.L. and Famouri, J. 1964. The soils of Iran. Food and Agriculture Organization of the United Nations (F.A.O.), Rome.

El-Baroudy, I. 2000. Simulation of the leaching process of the heavy saline sodic clays of Tina plain. Master of Science Thesis. Cairo University, Giza, Egypt.

Elgabaly, M.M. 1971. Reclamation and management of salt affected soils. Salinity Seminar. Baghdad. F.A.O. Irrigation and Drainage Paper, 7: 50-79.

F.A.O. 2000. Global network on integrated soil management for sustainable use of salt affected soils. Consulted Report, 19-12.

Hoffman, G.J. 1980. Guidelines for reclamation of salt-affected soils. Proceedings of International American Salinity and Water Management, Technical Conference.

Iranian Soil and Water Research Institute. 1987. National soil policy and its technical and administrative organization in Iran. Soil and Water Research Institute Publication No. 725, Tehran.

Jury, W.M., Gardner, W.R. and Gardner, W.H. 1991. Soil physics. John Wiley & Sons. New York, USA.

Kanchanasut, P. and Scotter, D.R. 1982. Leaching patterns in soil under pasture and crop. Soil Research, 20(2): 193-202.

Keren, R. and Miyamoto, S. 1990. Reclamation of saline, sodic and boron-affected soils. ASCE, New York, NY, (USA), 1990, 410-431.

Kovda, V.A., Van den Berg, C. and Hagan, R.M. (Editors). 1973. Irrigation, drainage and salinity: an international source book. FAO/UNESCO, Hutchison and Co., London.

Kutílek, M. and Nielsen, D.R. 1994. Soil hydrology: textbook for students of soil science, agriculture, forestry, geoecology, hydrology, geomorphology and other related disciplines. Catena Verlag.

Mashali, M. 1999. Overview of F.A.O. global network on soil management for sustainable use of salt affected soils. In Proceedings of the International Workshop on Integrated Soil Management for Sustainable Use of Salt Affected Soils. Bureau of Soils and Water Management, 3: 1-36.

Meiri, A. and Plaut, Z. 1985. Crop production and management under saline conditions. In Biosalinity in Action: Bioproduction with Saline Water (pp. 253-271). Springer, Netherlands.

Miller, R.J., Biggar, J.W. and Nielsen, D.R. 1965. Chloride displacement in Panoche clay loam in relation to water movement and distribution. Water Resources Research, 1(1): 63-73.

Minhas, P.S. and Khosla, B.K. 1986. Solute displacement in a silt loam soil as affected by the method of water application under different evaporation rates. Agricultural Water Management, 12(1-2): 63-74.

Naseri, A.A. 1998. The hydraulic conductivity of aggregated clay soils under loading, leaching and reclamation. Doctoral Dissertation, University of Southampton.

Nielsen, D.R. and Biggar, J.W. 1961. Miscible displacement in soils: I. Experimental information. Soil Science Society of America Journal, 25(1): 1-5.

Nielsen, D.R., Biggar, J.W. and Miller, R.J. 1967. Field observations of infiltration and soil water redistribution. Transactions ASAE, 10: 382-387.

Oster, J.D., Willardson, L.S. and Hoffman, G.J. 1972. Sprinkling and ponding techniques for reclaiming saline soils. Transactions ASAE, 15(6): 1115-1117.

Rhoades, J.D., Kandiah, A. and Mashali, A.M. 1992. The use of saline waters for crop production (Vol. 48). Rome: F.A.O.

Sayyari, M.H. and Mahmoodi, S. 2002. Investigation on reason of soil salinity and alkalinity on some part of Khorasan province (Dizbad-e-Pain Region). In 17th World Congress of Soil Science, Bangkok (Thailand), 14-21 Aug 2002.

Shuxiang, W. 1998. Saline-sodic soil reclamation under continuous and intermittent ponding condition. Ph.D. Thesis. Subdivision of Water Resources, Division of Arid Land Environment, Japan.

Siadat, H., Bybordi, M. and Malakouti, M.J. 1997. Salt-affected soils of Iran: A country report. In International Symposium on Sustainable Management of Salt-affected Soils in the Arid Ecosystems, Cairo, Egypt.

Suarez, D.L. 2001. Sodic soil reclamation: Modelling and field study. Soil Research, 39(6): 1225-1246.

Szabolcs, I. 1989. Salt-affected soils. Boca Raton, Fl: CRC Press.

Talsma, T. 1967. Leaching of tile-drained saline soils. Soil Research, 5(1): 37-46.

Tanji, K.K. 1990. Agricultural salinity assessment and management. In American Society of Civil Engineers, 54: 413-415.

Van Hoorn, J.W. and Van Alphen, J.G. 1994. Salinity control. Drainage principles and applications. 16th ed. Wageningen: International Institute for Land Reclamation and Improvement.

Verma, S.K. and Gupta, R.K. 1989. Leaching of saline clay soil under two models of water application. Journal of Indian Society of Soil Science, 37: 803-808.

Wallender, W.W. and Tanji, K.K. (Eds). 2011. Agricultural salinity assessment and management. American Society of Civil Engineers (ASCE).

Water Management in Agriculture
Vol. 4, No. 2, Autumn and Winter 2017, 1-12

نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۴، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۶، ص . ۱۲-۱

Leaching and Reclamation of Saline and Sodic Soils, Part II: Effect of Environmental and Systematic Factors on Land Leaching Method

M. Sharifipour[۱]*, A.A. Naseri[۲], A.A. Hooshmand[2], A. Hassanoghli[۳] and H. Moazed[2]

Abstract

Saline irrigated lands are expanding in Iran. Developing irrigation and drainage networks in salt affected soils in south Khuzestan will increase the quantity of saline irrigated lands. Continues and intermittent leaching are the usual methods for reclamation of salt affected soils in arid and semi-arid areas. By intermittent leaching, salts could be diffuse to the outer side of the aggregates in the drainage period and will be leached in the next round of water application. The part one of these series of papers was about the reviewing theoretical and mathematical concepts of salt transports in soil. In this part, applied aspects of salt leaching, considering interruption and water quality will be investigated. Effectiveness of surface and pressurized irrigation methods on salt leaching and their salt distribution patterns, considerations of leaching with saline water, factors which affected intermittent and continues leaching (evaporation, hydraulic conductivity, existence of plants and sodification) and a view to the world and Iran literatures are the main subjects of the paper.

Keywords: Continues Leaching, Intermittent Leaching, Hydraulic Conductivity, Aggregate, Drainage Water.

[۱]Assistant Professor, Department of Water Engineering, Lorestan University, Khoramabad, Iran (*Corresponding Author, Email: sharifipour.majid@gmail.com).
[۲] Scientific Staff Members, Department of Irrigation and Drainage, Shahid Chamran University of Ahwaz, Iran.
[۳]Associate Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization. Karaj, Iran.
Received: 15 Jul, 2017
Accepted: 14 Feb, 2018