نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره ۳، جلد۴، زمستان ۱۳۸۹، ص. ۳۹۶-۳۸۷

Iranian Journal of Irrigation and drainage
No. 3, Vol. 4, Winter 2011, p. 387-396

بررسی حرکت نمک‌ها در یک خاک شور با استفاده از ردیاب برماید تحت سه مدیریت تلفیقی آبیاری

طاهره رئیسی[۱]، سید حسن طباطبائی[۲*] و حبیب‌اله بیگی‌هرچگانی[۳]

چکیده

حرکت نمک تحت شرایط آب و خاک شور بسیار مورد توجه است. در این پژوهش حرکت برماید به عنوان یک ردیاب و انباشت آن در نیمرخ یک خاک شور تحت سه مدیریت تلفیقی آبیاری با آب‌شور و غیرشور بررسی شد. بدین‌منظور سه تیمار مدیریت تلفیقی آبیاری (مخلوط، یک در میان و نیم در میان) با آب‌شور (۱۴ دسی‌زیمنس بر متر) و غیرشور (یک دسی‌زیمنس‌برمتر) در سه تکرار به صورت طرح به طور کامل تصادفی در نه لایسیمتر به ابعاد ۷۰× ۲۰۰ × ۱۰۰ سانتیمتر که از یک خاک شور (EC_e=۲۰dS/m) با بافت رسی از منطقه سگزی اصفهان پر شده بودند، اعمال گردید. برماید به شکل برماید پتاسیم به مقدار ۳۰ گرم در مترمربع برماید خالص در آب حل و بصورت یکنواخت به سطح لایسیمترها اضافه شد و با ۱/۵ سانتیمتر آبیاری وارد خاک گردید. هشت نوبت آبیاری انجام و نمونه‌های خاک از هفت عمق هر لایسیمتر برداشته شد. نتایج نشان می‌داد که در اغلب نوبت‌های نمونه برداری، غلظت برماید در لایه‌ی سطحی ۱۰-۰ سانتیمتری در تیمار یک در میان کمتر از دو تیمار اعمالی دیگر (نیم در میان و مخلوط) بود. از این رو تیمار یک در میان منجر به آبشویی بیشتر نمک‌ها از لایه سطحی و تجمع کمتر آنها درسطح خاک شد. بعد از تیمار یک‌درمیان، تیمار مخلوط غلظت کمتری از برماید را در عمق ۲۵-۰ سانتیمتری نشان داد. لیکن با بررسی سطح زیر منحنی برماید تحت سه تیمار دیده شدکه مقدار برماید باقیمانده در نیمرخ تحت تیمار مخلوط کمتر از مقدار برماید باقیمانده در نیمرخ خاک در مدیریت‌های یک‌درمیان و نیم‌در میان است. از این رو مدیریت آبیاری مخلوط منجر به آبشویی بیشتر برماید و به طور احتمالی نمک‌های دیگر از مرز زیرین نیمرخ خاک می‌شود.

واژه‌های کلیدی: مدیریت تلفیقی آبیاری، خاک شور، حرکت نمک‌ها، ردیاب برماید و لایسیمتر

مقدمه

آبیاری نقش کلیدی در تولید محصولات کشاورزی و تغذیه‌ی جمعیت رو به فزونی جهان دارد. با گسترش صنعت و شهرنشینی، مصرف آب‌های با کیفیت خوب و به طور نسبی خوب افزایش یافته و آب غیرشور کمتری برای کشاورزی اختصاص داده شده است (Tilmanet al. (2002)). انتظار می‌رود پدیده‌ی ذکر شده در کشورهایی که در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار گرفته، کمتر توسعه یافته و دارای نرخ افزایش جمعیت بالاتری هستند، گسترده‌تر و شدیدتر باشد (Qadir and Oster (2004)).

تأمین آب آبیاری با کیفیت خوب در بسیاری از مناطق به علت افزایش رقابت بین مصارف صنعتی، شهری و کشاورزی، کاهش یافته است. بنابراین، آب غیرشور موجود باید با درایت بیشتری مورد استفاده قرار گیرد. علاوه بر این، تکیه بر استفاده مجدد از آب‌های زهکشی شور و یا قلیایی که از زمین‌های تحت آبیاری خارج می‌شوند، برای آبیاری اجتناب ناپذیر است (Zarei (2007)). آب‌های زهکشی همواره حاوی مقادیر بالاتری از نمک‌ها نسبت به آب آبیاری هستند (Qadir and Oster (2004)). بنابراین، با توجه به محدودیت منابع آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک، استفاده از آب‌های کم‌کیفیت و شور امری لازم به نظر می‌رسد (Beltran (1999)؛ Bharat and Minhas (2005)؛ و Bowmanet al. (2006)). در عین حال، ضمن استفاده از منابع آبی با کیفیت پایین باید به آلودگی محیط‌زیست، حرکت نمک‌ها در خاک و مسئله‌ی شوری خاک نیز توجه شود (Beltran (1999)). این امر با اعمال مدیریت آبیاری صحیح امکان‌پذیر است.

در پژوهشی Bharat and Minhas (2005) به بررسی راه‌کارهای مدیریت آب‌های شور در تولیدات کشاورزی پایدار در جنوب

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد
۲- استادیارگروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد
(* - نویسنده‌ی مسئول: Email: stabaei@agr.sku.ac.ir)
۳- استادیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد

Archive of SID
www.SID.ir

قاره آسیا پرداختند. طبق گزارش آنها دو روش مهم برای بهبود و پایدارسازی تولید در محیط‌های شور وجود دارد که عبارتند از: تصحیح یا تغییر محیط برای به کارگیری گیاه و تصحیح یا تغییر گیاه برای به کارگیری محیط شور. گزینه‌های موجود تحت‌تأثیر مدیریت محصولات، آب آبیاری، اصلاح شیمیایی و بعضی از عملیات مدیریتی دیگر هستند. علاوه بر موارد بالا برخی پارامترهای مهمتر از قبیل انتخاب گونه‌های مناسب گیاهی و مخلوط کردن آب‌شور با آب غیرشور، برای اینکه شوری حاصله زیر مقدار واقعی آستانه شوری نگهداری شود، یا کاربرد متناوب آب آبیاری شور بوسیله‌ی زمان‌بندی آبیاری با آب‌شور در مراحلی که گیاه حساسیت کمتری به شوری دارد نیز حائز اهمیت هستند. در سامانه‌های کشاورزی تحت آبیاری، اختصاص آب به گیاهان زراعی با ارزش‌تر و محصولاتی که نیاز آبی کمتری دارند، تخصیص مجدد مکانی و انتقال آب و اتخاذ سیاست‌هایی که به توسعه‌ی شاخص‌های بهره‌برداری مناسب از آب‌های زیرزمینی توجه می‌کند، می‌تواند به بهبود تولیدات آبی در محیط‌های شور کمک کند.

Beltran (1999) به بررسی فواید و زیان‌های زیست محیطی آبیاری با آب‌شور پرداخته است. نامبرده گزارش کرد: استفاده از این آب‌ها به عنوان آب آبیاری نیازمند کنترل شوری خاک به‌وسیله آبشویی و زهکشی آب و نمک‌های اضافی است. آبشویی نمک‌ها و مواد شیمیایی کشاورزی می‌تواند کیفیت آب‌های زهکشی را کاهش دهد و نفوذ عمقی این آب‌ها می‌تواند منجر به آلودگی آب‌های زیرزمینی گردد. بنابراین اثرات آبیاری با آب‌شور ممکن است حتی فراتر از منطقه‌ای که آب‌شور در آن بکار رفته است، مشاهده شود.

علاوه بر این، بررسی حرکت نمک‌ها درخاک از لحاظ اقتصادی، اکولوژیکی و بهداشتی مطلوب است. به همین دلیل، در چند دهه‌ی اخیر تعداد زیادی پژوهش درمقیاس ستون‌های خاکی آزمایشگاهی، در مقیاس لایسیمتر و در مقیاس وسیعتر مزرعه روی حرکت نمک‌ها انجام شده است (Brown et al. (1995)؛ Liaghat and Esmaili (2003) Moradi (2003)؛ Kolahchi and Jalali. (2006) و Bowman et al. (2006)).

در بیشتر مطالعات انجام شده درمورد حرکت نمک‌ها و شبیه‌سازی آن با استفاده از مدل، به عناصر سنگین از قبیل کادمیم و سرب و حرکت آفتکش‌ها و علفکش‌ها درخاک پرداخته شده است (Pang and Letey (1999)؛ Moradi(2003)؛ Roulier and Jarvis (2003)و Sayyadet al. (2007)). در خاک، این ترکیبات درمعرض فرایندهای تولید و تخریب، رسوب و جذب سطحی کلوئیدها قرار می‌گیرند. در مطالعات دیگر به بررسی حرکت آنیون‌ها درخاک به ویژه کلرید و برماید پرداخته شده است (Gish and Coffaman (1987)؛ Brown et al. (1995)؛ Bronswijk et al. (1995)؛ Shabanpour et al. (2003)؛ Naghavi et al. (2005) و Merdan and Quisenberry (2005)). آنیون‌های مذکور کمتر در معرض پدیده‌های تولید و تخریب درخاک قرار داشته و سریعتر همراه آب در خاک حرکت می‌کنند. از برماید به دلیل اینکه ۱) مقدار موجودی آن در خاک کم است، ۲) در خاک غیر فعال است و ۳) تعیین غلظت آن در خاک به سادگی امکان‌پذیر است، بیشتر استفاده می‌شود.

استفاده ناگزیرانه از آب‌های شور برای اهداف کشاورزی، منجر به تجمع نمک در ناحیه ریشه و به دنبال آن کاهش تولید و درجه حاصلخیزی خاک می‌گردد (Tedeschi and Dell'Aquila (2005)) و مدیریت آبیاری یکی از راه‌کارهای مقابله با تجمع نمک‌ها در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک است (Barzegar (2001) و Bharat and Minhas (2005)). همچنین، بخش‌های عمده‌ای از پهنه‌ی کشور ایران در مناطق جغرافیایی خشک و نیمه‌خشک واقع شده و از طرفی، توزیع ناموزون زمانی و مکانی بارندگی‌ها باعث می‌شود این مناطق در معرض خطرات کم آبی و شوری قرار گیرند. از این نظر مدیریت منابع آب جهت ادامه‌ی کشاورزی و نیز دستیابی به توسعه پایدار امری اجتناب‌ناپذیر است.

اهداف تحقیق حاضر، بررسی نحوه‌ی حرکت آنیون برماید و میزان انباشته شدن آن در خاک تحت سه مدیریت آبیاری، مقایسه نیمرخ برماید و نیمرخ رطوبت، مقایسه آماری غلظت برماید در سه تیمار مدیریت تلفیقی در هر عمق در چند نوبت آبیاری، و در نهایت مقایسه آبشویی برماید از کل نیمرخ خاک در سه مدیریت تلفیقی آبیاری (مخلوط، یک در میان و نیم در میان) با آب‌شور (۱۴ دسی-زیمنس بر متر) و غیرشور (یک دسی‌زیمنس‌برمتر) است.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد (طول جغرافیایی ´۴۵ °۵۰ شرقی و عرض جغرافیایی ´۲۰ °۳۲ شمالی) انجام شد. اقلیم این منطقه خشک و نیمه‌خشک با متوسط بارندگی ۳۱۸ میلیمتر و متوسط دمای ۱۱/۳ درجه سانتی‌گراد است. آزمایش به صورت طرح به طور کامل تصادفی در نه لایسیمتر و تحت سه مدیریت تلفیقی آبیاری انجام شد.

تعداد نه لایسیمتر هر یک به طول ۲، عرض ۰/۷ و عمق ۱ متر و از جنس آجر و سیمان استفاده شد. به منظور جمع آوری زه‌آب، در کف هر لایسیمتر از سه طرف شیبی معادل چهار درصد به طرف مرکز داده شده و لوله‌هایی برای خروج زه‌آب تعبیه گردید و کل دیوارهای داخلی و بیرونی لایسیمترها با دو لایه قیر گونی آب بندی شد. در کف هر واحد لایسیمتر ۱۵ سانتیمتر فیلتر مطابق استاندارد USDA ریخته شد. فیلتر شامل سه

Archive of SID

www.SID.ir

گروه ذرات به قطرهای ۲، ۰/۵ و ۲-۱ سانتیمتر بود (Alizadeh(1991)).

خاک پس از انتقال به محل تحقیق از الک دو سانتیمتری عبور داده شد تا کلوخه‌های آن جدا شده و آماده ریختن درون لایسیمتر شود. سپس، به منظور رسیدن به وزن مخصوص اولیه در محل مبدأ ($1/46 Mg\ m^{-3}$)، خاک بر اساس ابعاد هر لایسیمتر و رطوبت وزنی اولیه خاک (۴/۵٪)، وزن شده و به صورت لایه‌های ۱۰ سانتی متری درون لایسیمتر ریخته و کوبیده شد تا به تراکم مورد نظر برسد. در ادامه به منظور یکسان شدن شرایط خاک از لحاظ شوری و رطوبت و همچنین ایجاد نشست اولیه دو آبیاری با عمق مشخص با توجه به رطوبت اولیه و رطوبت در شرایط ظرفیت زراعی خاک روی سطح خاک انجام شد. سپس برای تعیین شرایط اولیه، نمونه‌برداری از خاک صورت گرفت و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

خاک مورد آزمایش، یک خاک شور گچی و حاوی ۲۰٪ کربنات کلسیم معادل بود که از منطقه سگزی اصفهان به محل مطالعه انتقال یافته بود. بافت خاک رسی و در صورت خشکیدن خاک سله‌هایی در سطح آن مشاهده می‌شد. این خاک فاقد ساختمان بود.

به منظور مقایسه اثر مدیریت تلفیقی آب‌شور بر حرکت برماید در این خاک شور سه تیمار با سه تکرار در نظر گرفته شد:

تیمار T0 (تیمار مخلوط): سه لایسیمتر مربوط به این تیمار در هر نوبت آبیاری با مخلوطی از آب چاه و آب شور (EC_w =۷/۵ dS/m) آبیاری شدند.

تیمار T1 (تیمار یک در میان): سه لایسیمتر مربوط به این تیمار به طور متناوب، یک نوبت با استفاده از آب شور (dS/m ۱۴=EC_w) و نوبت بعدی با آب غیرشور (dS/m ۱=EC_w) آبیاری شدند.

تیمار T2 (تیمار نیم در میان): در هر نوبت آبیاری، به سه لایسیمتر مربوط به این تیمار ابتدا نیمی از حجم کل آبیاری از آب‌شور (dS/m ۱۴ =EC_w) و بلافاصله پس از نفوذ آب شور، باقیمانده آبیاری از آب غیرشور (dS/m ۱=EC_w) اضافه شد.

به منظور فراهم نمودن آب‌هایی با شوری ۱/۰، ۷/۵ و ۱۴/۰ دسی‌زیمنس بر متر، یک منبع آب معمولی (آب‌چاه دانشگاه شهرکرد با هدایت الکتریکی dS/m ۰/۳۸۵) و یک منبع آب شور (از منطقه‌ی سگزی اصفهان با هدایت الکتریکی dS/m ۱۹/۶) با نسبت‌های مشخص مخلوط شدند. برخی از ویژگی‌های شیمیایی دو منبع آب مورد استفاده در جدول ۲ آورده شده است.

در هر یک از مدیریت های گفته شده نه نوبت آبیاری و هشت نوبت نمونه‌برداری از خاک صورت گرفت. آبیاری‌ها بر مبنای ۴۰٪ تخلیه مجاز رطوبتی و بر اساس تبخیر از سطح تشتک کلاس (A) انجام شد. همان طور که قبلاً ذکر شد در شروع آزمایش به منظور رسانیدن خاک به یک شرایط پایدار، دو نوبت آبیاری با در نظر گرفتن میزان رطوبت اولیه خاک و رسانیدن رطوبت خاک به شرایط ظرفیت زراعی بر روی لایسیمترها اعمال شد.

جدول۱- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیای نیمرخ خاک مورد مطالعه در شروع آزمایش.

شن	رس	سیلت	هدایت الکتریکی دسی‌زیمنس‌برمتر	پ‌اچ	کربنات کلسیم معادل (درصد)	ماده آلی (درصد)	بیکربنات	سدیم	کلسیم و منیزیم	نسبت جذب سدیم
							میلی‌اکی‌والان بر لیتر			
۳۶	۴۸	۱۶	۲۰	۷/۹	۲۰	۰/۲۷	۳/۵۸	۱۰/۳۹	۵۳	۲/۰۲

جدول ۲- ویژگی‌های شیمیایی آب‌های مورد استفاده در این تحقیق.

نوع آب	هدایت الکتریکی	پ‌اچ	بیکربنات	سدیم	کلسیم و منیزیم	نسبت جذب سدیم
	دسی‌زیمنس‌برمتر		میلی‌اکی‌والان بر لیتر			
آب چاه دانشگاه	۰/۳۸۵	۷/۸۲	۳/۵۸	۰/۱۵	۰/۹۴	۰/۲۲
آب منطقه سگزی	۱۹/۶۰۰	۶/۶۶	۱/۳۰	۴۹/۰۹	۳۳/۸۵	۱۱/۹۴
آب‌شور	۱۴/۰۰۰	۷/۰۰	۱/۹۶	۳۴/۹۰	۲۴/۳۰	۱۰/۰۱
آب غیرشور	۱/۰۰۰	۷/۷۷	۳/۵۱	۱/۸۱	۲/۰۶	۱/۷۸
آب‌مخلوط	۷/۵۰۰	۷/۳۸	۲/۷۳	۱۸/۳۶	۱۳/۱۸	۷/۱۶

Archive of SID

www.SID.ir

به منظور تعیین غلظت اولیه برماید در خاک، یک روز قبل از افزودن برماید در تاریخ ۲۰ مرداد سال ۱۳۸۶از پنج عمق متوالی (۲۰-۰، ۴۰-۲۰، ۶۰-۴۰، ۸۰-۶۰ و ۱۰۰- ۸۰ سانتیمتر) نمونه‌برداری انجام و بدین ترتیب غلظت پایه برماید در نیمرخ مورد مطالعه، تعیین شد. سپس، یک روز بعد از اولین نمونه‌برداری، هنگامی که خاک به طور تقریبی در حد ظرفیت زراعی بود ۳۰ گرم برماید خالص (به شکل برماید پتاسیم) به هر متر مربع سطح خاک افزوده شد. برای این منظور، ابتدا، میزان برمایدی که می‌بایست به هریک از لایسیمترها افزوده شود محاسبه و به درون یک سمپاش حاوی آب افزوده و به خوبی تکان داده شد. سپس، محتوای سمپاش به طور یکنواخت بر روی هر لایسیمتر پاشیده شد ((Shabanpour-Shahrestani et al. 2003)). بلافاصله بعداز افزودن برماید به هر لایسیمتر، آبیاری با ۱/۵ سانتیمتر آب صورت گرفت تا از ورود برماید به خاک و نبودآن در سطح اطمینان حاصل گردد. در نوبت‌های بعدی آبیاری، پس از هر نوبت آبیاری و هنگامی که رطوبت خاک در حدود ظرفیت زراعی بود، نمونه خاک‌های دست خورده از خاک هر لایسیمتر به کمک مته آگر به قطر ۵ سانتیمتر و ارتفاع ۱۰ سانتیمتر از اعماق ۱۰-۰، ۲۵-۱۰، ۴۰-۲۵، ۵۵-۴۰، ۷۰-۵۵، ۸۵- ۷۰ و ۱۰۰-۸۵ سانتیمتری در تاریخ‌های ۵/۲۶، ۶/۱۱، ۶/۱۷، ۶/۲۵، ۷/۷، ۷/۲۲، ۸/۱۰ و ۸/۳۰ سال ۱۳۸۶ برداشت شد و نمونه‌ها بلافاصله به آزمایشگاه منتقل و رطوبت آنها اندازه گیری شد. سپس نمونه‌ها خشک شده و از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند. سپس، به ۱۰ گرم خاک خشک ۵۰ میلی-لیتر آب مقطر افزوده شد. به منظور تثبیت قدرت یونی محلول، یک میلی‌لیتر نیترات پتاسیم ۵ مولار به هر یک از نمونه‌ها افزوده شد. سوسپانسیون حاصل به مدت نیم ساعت روی شیکر صفحه‌ای به هم زده شد. بعداز ۲۴ ساعت غلظت برماید در محلول صاف رویی اندازه-گیری شد. برای قرائت برماید در محلول‌های خاک، ابتدا لازم است الکترود انتخابگر برماید با استفاده از محلول‌های استاندارد واسنجی گردد تا . شیب دستگاه (Slope Electrode) بالای ۸۰٪ قرارگیرد و سپس غلظت برماید در نمونه‌ها قرائت شود.

لازم به ذکر است که در نوبت‌های نمونه‌برداری هفتم و هشتم به علت پایین بودن غلظت برماید در خاک، اندازه‌گیری آن توسط الکترود انتخابگر برماید با خطا همراه بود، از این نظر از آوردن نتایج مربوط به این نوبت‌های نمونه‌برداری صرف‌نظر شده است.

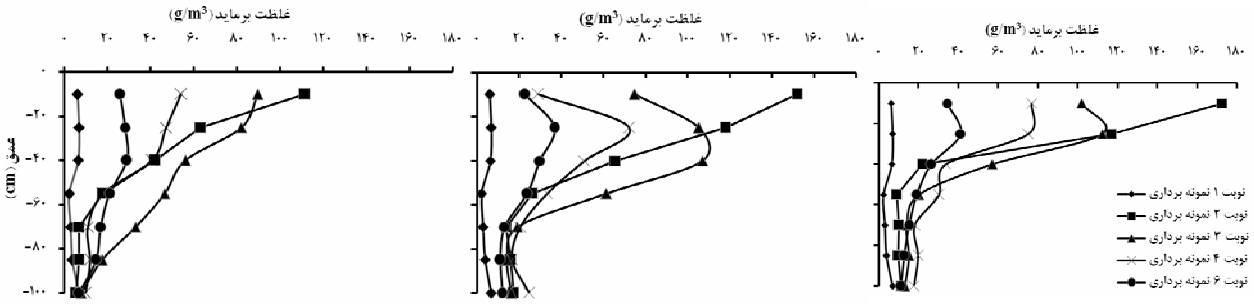
شکل‌ها با کمک برنامه Excel ترسیم گردیدند و مقایسه میانگین‌ها با کمک آزمون دانکن و با استفاده از نرم‌افزارStatistica ویرایش ۸/۰ انجام شد.

نتایج و بحث

بررسی غلظت برماید در تیمارهای آزمایش

شکل ۱ نیمرخ حرکت برماید را در سه تیمار (مخلوط، یک در میان و نیم در میان) طی پنج مرحله نمونه‌برداری نشان می‌دهد. آنچه در شکل ۱ به عنوان غلظت برماید در نوبت اول نمونه‌برداری آمده، غلظت اولیه برماید در خاک است. در شکل ۱ حرکت رو به پایین برماید به خوبی دیده می‌شود: به طور کلی در تمامی نمودارها، غلظت برماید پس از آبیاری در سطح کاهش (به طور تقریبی تا عمق ۴۰ سانتیمتری) و در اعماق خاک افزایش می‌یابد.

نکته قابل توجه این است که در تیمار یک در میان، مقدار کاهش غلظت برماید در سطح بیشتر بوده و منجر به حرکت و انباشتگی برماید در لایه‌های میانی خاک شده است. نتایج نشان می‌دهد که بعد از هر دور آبیاری، برماید به طرف اعماق پایین‌تر حرکت کرده است. در واقع می‌توان گفت مقدار کل برمایدی که از خاکرخ خارج شده افزایش می‌یابد.



تیمار نیم در میان (T2) تیمار یک در میان (T1) تیمار مخلوط (T0)

شکل ۱- نیمرخ غلظت برماید در پنج نوبت نمونه‌برداری در تیمار مدیریت تلفیقی آبیاری.
هر نقطه از میانگین سه تکرار تشکیل شده است

Archive of SID

www.SID.ir

Pang and Letey (1999) نیز گزارش کردند که تداوم آبیاری و افزایش حجم آب بکار گرفته شده، منجر به افزایش آبشویی آفتکش‌ها می‌شود. Roulier and Jarvis (2003) نیز در مورد آبشویی عنصر سرب نتیجه مشابهی را گزارش کرده‌اند.

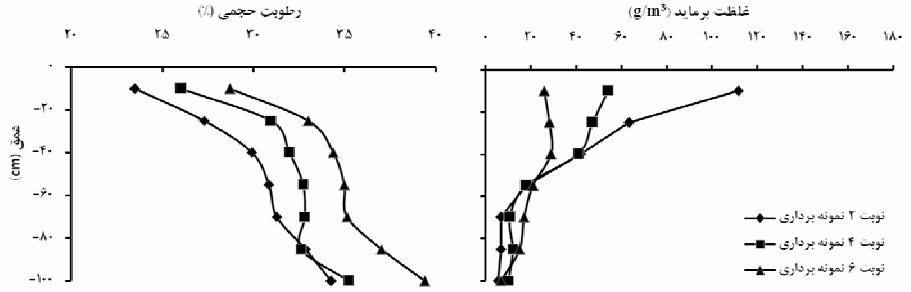
حرکت نمک‌ها در خاک از طریق سه جریان پخشیدگی، جریان روان نمک‌ها (توده‌ای) و انتشار آبی صورت می‌گیرد. بنابراین با توجه به اینکه فرایند پخشیدگی سهم اندکی در جریان نمک‌ها در خاک دارد و فقط در مسیرهای کوتاه مورد توجه است (Bybordi (2006) و Barzegar (2001)) می‌توان گفت: جریان توده‌ای نقش مهمی در حرکت برماید داشته و این یون توانسته در هر نوبت آبیاری به همراه جریان آب به اعماق زیرین خاک حرکت نماید. Naghavi et al. (2005) در پژوهشی پیرامون تأثیر کاربرد کود گاوی بر مرکز جرم برماید نتیجه گرفتند که حرکت برماید به سمت پایین در نوبت‌های بعدی آبیاری نسبت به نوبت اول نشان دهنده‌ی نقش جریان توده‌ای در حرکت یون برماید در خاک مورد مطالعه است.

در تیمار مخلوط، برماید از عمق ۱۰۰ سانتیمتری نیز پائین‌تر رفته زیرا در این عمق غلظت برماید به طور تقریبی با غلظت اولیه یکسان بود و با توجه به بیلان برماید می‌توان نتیجه گرفت که مابقی به اعماق پائین‌تر آبشوئی شده است. شکل ۱ نشان می‌دهد که تغییرات غلظت برماید در عمق ۱۰۰ سانتیمتری در تیمار مخلوط در نوبت‌های آبیاری مختلف بسیار اندک است و این نتیجه را تأیید می‌کند.

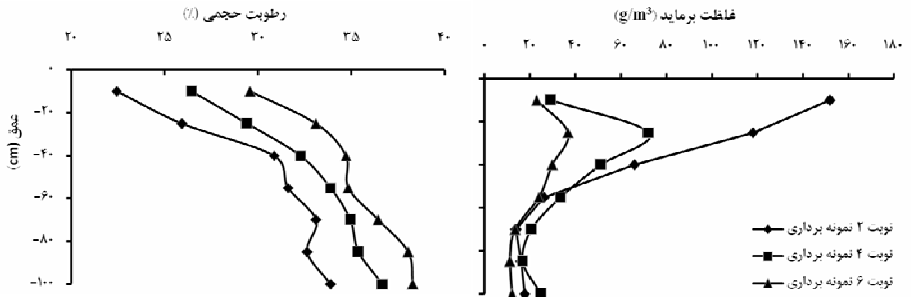
در دو تیمار دیگر به ویژه تیمار یک در میان، تجمع برماید در عمق ۱۰۰ سانتیمتری خاک بیشتر از تیمار مخلوط بوده است زیرا بر خلاف تیمار مخلوط، در این دو تیمار غلظت برماید در عمق ۱۰۰ سانتیمتری بیشتر از مقدار اولیه است. با توجه به یکسان بودن تمامی شرایط به نظر می‌رسد که به طور احتمالی تنها مدیریت آبیاری عامل این اختلاف بوده است.

مقایسه نیمرخ غلظت برماید و نیمرخ رطوبتی خاک

همان طور که در شکل‌های ۲ تا ۴ دیده می‌شود، با نزدیک شدن به نوبت‌های انتهایی نمونه‌برداری، به طور مرتب از غلظت برماید در لایه‌های سطحی خاک (به طور تقریبی عمق ۰-۴۰ سانتیمتری) کاسته می‌شود. از طرف دیگر تفاوت غلظت معنی‌داری در انتهای نیمرخ خاک بین سه تیمار مشاهده نمی‌شود (نتایج آورده نشده است). به عبارت دیگر آبشویی برماید از نیمرخ خاک افزایش یافته است. در سمت چپ شکل‌های ۲ تا ۴ نیمرخ رطوبتی متناظر غلظت آورده شده است. به گونه‌ای که در این شکل‌ها دیده می‌شود هر چه رطوبت نیمرخ خاک بیشتر باشد آب بیشتری در خاک نفوذ یافته و آبشویی برماید نیز بیشتر می‌شود.

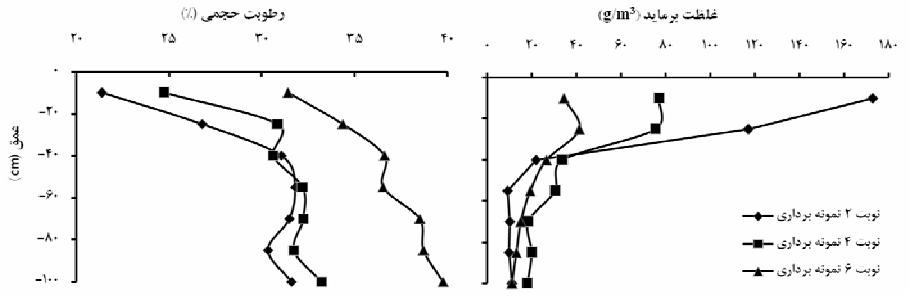


شکل ۲- نیمرخ غلظت برماید و نیمرخ رطوبت حجمی در تیمار مخلوط در نوبت دوم، چهارم و ششم نمونه‌برداری.



شکل ۳- نیمرخ غلظت برماید و نیمرخ رطوبت حجمی در تیمار یک در میان در نوبت دوم، چهارم و ششم نمونه‌برداری.

www.SID.ir



شکل ٤- نیمرخ غلظت برماید و نیمرخ رطوبت حجمی در تیمار نیم در میان در نوبت دوم، چهارم و ششم نمونه‌برداری.

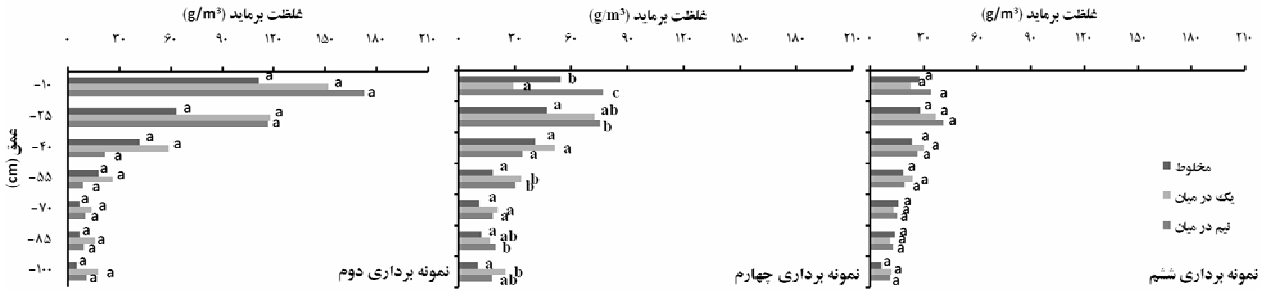
یکی از فرایندهایی که به انتقال نمک‌ها کمک می‌کند جریان توده‌ای است. در جریان توده‌ای، نمک‌ها همراه آب حرکت می‌کنند (Bybordi (2006)). پس مقدار آب خالص نافذ یکی از کمیت‌های مهم در انتقال نمک‌ها است (Pang and Letey (1999) ؛ Moradi (2003) و Bybordi (2006)). افزایش حرکت رو به پایین برماید و کاهش غلظت آن در نیمرخ خاک با افزایش در رطوبت حجمی خاک به همراه است. این امر نشان می‌دهد که افزایش رطوبت حجمی در سرتاسر نیمرخ خاک منجر به حرکت آب و برماید بیشتری در خاک می‌گردد، زیرا مقادیر کمتری از آب آبیاری در خاک ذخیره خواهد شد.

Merdan and Quisenberry (2005) در مطالعه‌ی شبیه‌سازی جریان آب و نمک‌ها در زمان‌های کوتاه نتایجی مشابه آنچه در بالا آمده است را گزارش کرده اند. می‌توان گفت در نوبت‌های پایانی آبیاری که در فصل پاییز انجام شده است، میزان تبخیر کاهش یافته و به طور احتمالی مقدار ضریب تبدیل تبخیر از سطح تشتک کلاس (A) به تبخیر از سطح خاک زیاد بوده و آب کمتری نسبت به نوبت‌های ابتدایی آبیاری، که در فصل تابستان انجام شده است، تبخیر گردیده است. رطوبت حجمی خاک مورد مطالعه در نوبت‌های پایانی آبیاری بیشتر شده و میزان آب خالص نافذ افزایش یافته است (شکل‌های ۲ تا ۴). بنابراین اگر ۱۰۰٪ آب آبیاری برای رساندن رطوبت خاک به حد ظرفیت زراعی جایگزین رطوبت اولیه خاک شود، در این صورت برماید در اعماق سطحی باقی خواهد ماند و در نیمرخ خاک توزیع نخواهد شد.

مقایسه آماری غلظت برماید در هر عمق در تیمارهای مدیریت تلفیقی در چند نوبت آبیاری

نتایج مقایسه آماری غلظت برماید باقیمانده در هفت عمق هر سه تیمار مدیریتی و سه نوبت نمونه‌برداری در شکل ۵ آورده شده است.

در مناطق خشک و نیمه‌خشک به دلیل کمبود آب با کیفیت مناسب، استفاده از آب‌های با کیفیت پایین‌تر مانند آب‌های شور زیرزمینی، پساب‌های مزارع، آب زهکشی و دیگر پساب‌های صنعتی و شهری معمول است (Beltran (1999)؛ Bharat and Minhas (2005)؛ Bowman et al. (2006) و Zarei (2007)). در مناطقی که منابع آبی با کیفیت پایین وجود دارد و منابع آبی با کیفیت مناسب محدود است، مدیریت‌های تلفیقی آبیاری می‌تواند یکی از راه‌کارهای مقابله با افزایش تجمع نمک‌ها به ویژه در ناحیه‌ی توسعه‌ی ریشه‌ی گیاه و در نتیجه کاهش تولید محصول باشد.



شکل ۵- تأثیر سه مدیریت تلفیقی آبیاری بر مقادیر غلظت باقیمانده برماید در سه نوبت نمونه برداری.
حروف غیر مشابه در هر شکل و هر عمق نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین سه نوع مدیریت آبیاری است ($P\leq ۰/۰۵$).

Archive of SID

www.SID.ir

همان طور که در شکل ۵ دیده می‌شود، بیشینه‌ی مقدار برماید در نوبت دوم نمونه‌برداری در هر سه تیمار مخلوط، یک درمیان و نیم درمیان در عمق ۱۰-۰ سانتیمتر مشاهده شده است. در نوبت دوم نمونه‌برداری، مقدار غلظت باقیمانده‌ی برماید در هر عمق در سه تیمار تفاوت معنی‌داری ندارند (P>۰/۰۵). به عبارت دیگر اعمال سه تیمار در نوبت‌های اولیه آبیاری که مقدار تجمعی آب بکار رفته کم می‌باشد تأثیر معنی‌داری بر حرکت برماید در نیمرخ خاک مورد مطالعه ایجاد نمی‌کند.

در چهارمین نمونه‌برداری بیشینه غلظت برماید در تیمارهای مخلوط، یک در میان و نیم در میان به ترتیب در اعماق ۱۰-۰، ۲۵-۱۰ و ۱۰-۰ سانتیمتر مشاهده شده است. مقایسه آماری نشان می‌دهد که در نوبت چهارم نمونه‌برداری در عمق ۱۰-۰ سانتیمتر، مقدار غلظت برماید باقیمانده تحت تیمار نیم در میان به طور معنی‌داری بیشتر از غلظت تحت تیمارهای مخلوط و یک در میان است. همچنین، مقدار غلظت برماید باقیمانده تحت تیمار یک در میان به طور معنی‌داری کمتر از غلظت تحت تیمار مخلوط است. شاید دلیل تفاوت‌ها این باشد که در نوبت چهارم نمونه‌برداری در تیمار یک در میان، آبیاری با آب غیرشور انجام شده است. از آنجائی که آب غیرشور توان بالایی برای شستشوی نمک‌ها دارد، غلظت برماید در لایه سطحی در تیمار یک در میان کمتر از دو تیمار دیگر شده است. بنابراین، به طور احتمالی انتظار می‌رود که عملکرد گیاه، به ویژه در مورد گیاهانی که دارای ریشه‌های سطحی هستند تحت کاربرد این تیمار به عنوان آب آبیاری بیشتر از دو تیمار دیگر باشد.

نتایج نشان می‌دهد که در نمونه‌برداری نوبت چهارم در عمق ۲۵- ۱۰ سانتیمتری، مقدار غلظت برماید باقیمانده تحت تیمار نیم در میان به طور معنی داری بیشتر از آن در تیمار مخلوط است، لیکن مقدار غلظت برماید باقیمانده تحت تیمار یک در میان تفاوت معنی-داری با غلظت برماید باقیمانده در عمق ۲۵-۱۰ سانتیمتر در تیمار نیم در میان ندارد. به طور کلی در نوبت چهارم نمونه‌برداری، بین غلظت باقیمانده برماید در اعماق مختلف نمونه‌برداری و به جز عمق ۱۰-۰ سانتیمتر، در دو تیمار نیم در میان و یک در میان تفاوت معنی‌داری وجود ندارد و این دو تیمار رفتار به طور تقریبی مشابهی را نشان می‌دهند.

Bowman et al. (2006) یک پژوهش لایسیمتری گلخانه‌ای برای تعیین اثر آبیاری با سه سطح شوری متوسط آب، روی آبشویی سه سطح مصرفی نیترات از لایسیمترهای کشت شده با گیاه برموداگراس انجام دادند. آنها نتیجه گرفتند که شستشوی نیترات تحت تأثیر سطح شوری نیست و آبشویی نیترات در شرایطی که آبیاری کافی از تجمع نمک اضافی در محیط رشد ریشه جلوگیری کند افزایش نمی‌یابد. این پژوهش نشان می‌دهد که وجود گیاه در مزرعه می‌تواند منجر به کاهش آبشویی نیترات گردد.

Zarei (2007) به بررسی الگوی توزیع شوری در خاک تحت سه رژیم آبیاری (مخلوط، یک در میان و نیم در میان) پرداخت. طبق گزارش نامبرده میانگین شوری محلول خاک تا عمق ۳۰ سانتی‌متری در تیمارهای مخلوط، یک در میان و نیم در میان به ترتیب ۳۴/۳، ۳۳/۷، و ۲۴/۰ دسی‌زیمنس بر متر بود. از این رو، تیمار یک در میان در مقایسه با دو تیمار دیگر منجر به باقی ماندن کمتر نمک در لایه سطحی شده است. در اعماق پایین‌تر (۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر) تیمار مخلوط منجر به ایجاد شوری کمتر (۵۰ دسی‌زیمنس بر متر) نسبت به تیمار یک در میان (۶۰ دسی‌زیمنس بر متر) شد. این مطالعه نشان می‌دهد که اثر مدیریت تلفیقی آبیاری می‌تواند بسته به کمیت (هدایت الکتریکی یا غلظت یک یون خاص به عنوان ردیاب) اندازه‌گیری شده متفاوت باشد. از طرف دیگر، Liaghat and Esmaili (2003) در پژوهشی پیرامون تأثیر تلفیق آب‌شور و غیرشور روی عملکرد و غلظت نمک در منطقه توسعه ریشه ذرت به این نتیجه رسیدند که تیمار نیم در میان به عنوان یک روش مدیریتی جدید تلفیق آب‌شور و غیرشور در مقایسه با دو تیمار دیگر (مخلوط و متناوب یک در میان) به عملکرد بیشتری (از لحاظ وزن دانه و وزن کل ماده خشک) منجر می‌شود.

سه تیمار غلظت برماید در اعماق مختلف نیمرخ خاک در نوبت-های پایانی آبیاری تفاوت معنی‌داری نداشتند (P>۰/۰۵). پس می‌توان گفت با افزایش تعداد آبیاری و یا عمق آب آبیاری از اثر سه تیمار اعمال شده بر حرکت برماید کاسته شده است.

بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که ردیابی یک یون معین در خاک نمی‌تواند معیاری از هدایت الکتریکی کل محلول خاک باشد و بالعکس. همچنین، با به دست آوردن نیمرخ غلظت برماید تحت سه مدیریت آبیاری مطالعه شده نمی‌توان بهترین مدیریت را، ازلحاظ بازده‌ی محصول و از نظر نیمرخ هدایت الکتریکی (شوری) در یک خاک تعیین نمود.

مقایسه آبشویی برماید از کل نیمرخ خاک در سه مدیریت تلفیقی آبیاری

یکی از معیارهای مهم برای تعیین میزان آبشویی نمک‌ها تحت مدیریت‌های تلفیقی آبیاری، به دست آوردن سطح زیر منحنی نیمرخ آبشویی یون مورد نظر در خاک است. در واقع سطح زیر نیمرخ آبشویی یک یون در خاک تعیین کننده‌ی مقدار یونی است که پس از هر مرحله آبشویی در خاک باقیمانده است. نتایج مقایسه مقادیر برماید باقیمانده در کل نیمرخ خاک تحت سه مدیریت تلفیقی آبیاری در شکل ۶ آورده شده است.

همان طور که در شکل ۶ دیده می‌شود در نوبت دوم، سوم و

Archive of SID

www.SID.ir

ششم نمونه‌برداری، بیشترین آبشویی برماید از کل نیمرخ در تیمار تحت مدیریت مخلوط رخ داده است. به عبارت دیگر در نوبت دوم، سوم و ششم نمونه‌برداری، مقدار برماید باقیمانده تحت مدیریت مخلوط نسبت به دو تیمار دیگر کمترین است. لیکن مقادیر غلظت برماید باقیمانده در کل نیمرخ خاک تحت سه مدیریت آبیاری تفاوت معنی‌داری را در این سه نوبت نمونه‌برداری نشان نمی‌دهند. در نمونه‌برداری چهارم مقدار برماید باقیمانده در تیمار مخلوط به طور معنی‌داری کمتر از مقدار برماید باقیمانده در نیمرخ خاک تحت مدیریت یک در میان و نیم در میان است.

شکل ٦- غلظت برماید باقیمانده در کل حجم نیمرخ در چهار نوبت نمونه برداری در سه تیمار مدیریت تلفیقی آبیاری.

نکته قابل توجه در شکل ۶ این است که مقادیر برماید باقیمانده تحت سه تیمار آبیاری در نیمرخ خاک مورد مطالعه بیشتر از مقدار اولیه برماید افزوده شده به خاک (۲۰/۵۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) است. این تناقض در مقالات دیگر از جمله (Shabanpour-Shahrestani et al. (2003 و Naghavi et al. (2005) نیز مشاهده می‌شود. در بررسی مقاله Shabanpour-Shahrestani et al. (2003) دیده شد که مقدار برماید باقیمانده تحت تیمار گیاه ذرت در سال اول و در نمونه‌برداری چهارم، به طور تقریبی ۷۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک است. این در حالی است که، مقدار برماید افزوده شده به این خاک در نیمرخ خاک مورد مطالعه به طور تقریبی ۱۶/۶۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم است. همین طور در مقاله Naghavi et al. (2005) مقدار برماید باقیمانده در نیمرخ خاک مورد مطالعه تحت تیمار ۶۰ تن کود گاوی در هکتار در نمونه‌برداری اول، به طور تقریبی ۵۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک بوده است. این در حالی است که مقدار برمایدی که در ابتدا دوره به این خاک افزوده شده به طور تقریبی ۱۹/۳۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک بود. در تحقیق حاضر و مقالات ذکر شده از الکترود انتخابگر برای تعیین غلظت برماید در نمونه‌های خاک استفاده شده است و چون برماید و آنیون‌های دیگر نظیر کلرید و نیترات دارای برهم کنش‌هایی می‌باشند، به طور احتمالی خطاهای اضافی به دقت پایین الکترود انتخابگر مربوط می‌شود. برای رفع این اشکال می‌توان به همراه برماید، غلظت کلرید و نیترات را نیز در نمونه‌های آب و خاک تعیین نمود و شاید بهتر باشد که برای هر یک از تیمارهای اعمالی، یک نیمرخ خاک شاهد نیز در نظر گرفته شود به شرط آن که برماید به این نیمرخ خاک افزوده نشده باشد.

مراجع

Alizadeh, A. (1991). Land drainage. 2th.edition. Ferdowsi Mashhad University Press. Pp:423

Barzegar, A. R. (2001). Advanced soil physics. First edition, Shahid Chamran University Press. pp: 332.

Bybordi, M. (2006). Soil physics. 8th. edition, University of Tehran Press. Pp:692.

Beltran, J. M. (1999). Irrigation with saline water: benefits and environmental impact. Agr. Water Manage. 40: 183-194.

Bharat, R. Sh., and Minhas, P.S. (2005). Strategies for managing saline/alkali waters for sustainable agricultural production in South Asia. Agr. Water Manage. 78: 136–151.

Bowman, D.C., Devitt, A.D., and Miller, W. (2006). The effect of moderate salinity on nitrate leaching from Bermuda grass turf: a lysimeter study. Water Air Soil Pollut. 175: 49–60.

Bronswijk, J. J. B., Hamminga, W., and Oostindie, K. (1995). Field-scale solute transport in a heavy clay soil. Water Resour. Res. 31(3): 517-526.

Brown, C.D., Rose, D.A., Syers, J.K., and Hodgkinson, A. B. (1995). Effects of preferential flow upon the movement of pesticides and a conservative tracer from a heavy clay soil. Pesticide Movement to Water, Proceedings of a Symposium. University of Warwick, Coventry, UK: 93-98.

Gish, T.J., and Coffman, C.B. (1987). Solute transport under no-till field corn. Trans. Am. Soc. Agric. Eng. 30(5): 1358-1363.

Kolahchi, Z., and Jalali, M. (2006). Simulating leaching of potassium in a sandy soil using simple and complex models. Agr. Water Manage. 85 (1-2): 85–94.

Liaghat, I., and Esmaili, Sh. (2003). The effect of fresh and saline water conjunction on corn yield and salt concentration in the root zone. J. Agri. Sci. Nature. Resour. 10(2): 159-170.

Merdun H., Quisenberry V.L. (2005). Evalution of macro model by short-time water and solute transport simulation in Maury silt loam soil. Plant Soil Environ. 51(3): 110-123.

Moradi, A. B. (2003). Modeling transport of cadmium, bromide and hydraulic properties of a soil under field condition. Soil Science Department, Isfahan University of Technology (IUT), Isfahan, Iran. Pp:134.

Archive of SID

www.SID.ir

Resour. 11(1): 55-67.
Shabanpour-Shahrestani, M., Afyuni, M.and., and Mousavi, S.F. (2003). Bromide transport in soils under different cultivated crops. J. Sci. and Technol. Agric. and Nat. Resour. 6(4): 79-88.
StatSoft, Inc. (2008). STATISTICA (data analysis software system), Version 8.0. www. Statsoft.com.
Tedeschi, A., and Dell'Aquila, R. (2005). Effects of irrigation with saline waters, at different concentrations, on soil physical and chemical characteristics. Agri. Water Manage. 77: 308–322.
Tilman, D., Cassman, K.G., Matson, P.A., Naylor, R., and Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. Nature. 418: 671–677.
Zarei, M. A. (2007). Evaluation of soil salinity distribution under three irrigation scenarios in basin irrigation system. M.Sc. thesis, Shahrekord University, Shahrekord, Iran. pp:86.
Naghavi, H., Hajabbasi, M.A., and Afyuni, M. (2005). Effect of manure on hydraulic characteristics and bromide movement in a sandy loam soil of Kerman. J. Sci. and Technol. Agric. and Nat. Resour. 9(3): 93-102.
Pang, X.P., and Letey, J. 1999. Pesticide leaching sensitivity to irrigation, salinity and N application: model simulations. Soil Science. 164(12):.922-929.
Qadir, M., and Oster, J.D. (2004). Crop and irrigation management strategies for saline-sodic soils and waters aimed at environmentally sustainable agriculture. Sci. Total Environ. 323(1-3): 1-19.
Roulier, S., and Jarvis, N. (2003). Modeling macropore flow effect on pesticide leaching: Inverse parameter estimation using microlysim-eters. J. Environ. Qual.. 32: 2341-2353.
Sayyad, Gh., Afyuni, M., and Mousavi, S.F. (2007). Effect of safflower and Cu, Cd, Zn and Pb application on the mobility of these four metals in a calcareous soil. J. Sci. and Technol. Agric. and Nat.

تاریخ دریافت: ۸۹/۴/۱۰
تاریخ پذیرش: ۸۹/۹/۱

Archive of SID

www.SID.ir

Iranian Journal of Irrigation and drainage
No. 3, Vol. 4, Winter 2011, p. 387-396

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره ۳، جلد۴، زمستان ۱۳۸۹، ص. ۳۹۶-۳۸۷

Solute Transport in a Saline Soil using Bromide Tracer under Three Conjunction Irrigation Schemes

T. Raiesi [1], S. H. Tabatabaei [2]* and H. Beigi-Harchegani [3]

Abstract

Solute transport under saline conditions is of great interest. In this research, bromide transport in a saline soil's profile under three conjunction irrigation schemes using fresh and/or saline water was analyzed. Nine 0.7 ×2×1 m lysimeters filled with a saline clay soil from Segzi region of Esfahan province were used. Three conjunction strategy of fresh (1 dS m^{-1}) and saline (14 dS m^{-1}) water namely: blending, one-alternate and half-alternate were applied in a completely randomized design with three replicates. An equivalent of 30 g pure potassium bromide per m^{-2} was disssoloved in water and was uniformly applied onto top of each lysimeter followed by an 1.5 cm irrigation with fresh water. On eight sampling dates, following eight irrigation events, each lysimeter's soil was sampled from seven depths. Results showed that, in most of the sampling dates, one-alternate treatment caused more bromide leaching from soil surface layer (0- 10 cm) than the other two treatments. Therefore, one-alternate strategy may wash more salts from soil surface. Blending caused less bromide concentration in 0-25 cm depth. However, examination of the area under bromide profile revealed that the total remained bromide under blending treatment was lower than those under the other two treatments. Thus, blending of fresh and saline waters may cause greater leaching of bromide and probably greater leaching of other solutes past the lower boundary of soil profile.

Keywords: Conjunction Irrigation Strategy, Solute transport, Saline conditions, Bromide tracer and Lysimeter.

Archive of SID

1- Former Graduate Student, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Shahrekord, Shahrekord, Iran
2- Assistant Prof., Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Shahrekord, Shahrekord, Iran. (Corresponding Author Email: stabaei@agr.sku.ac.ir)
3- Assistant Prof., Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Shahrekord, Shahrekord, Iran

www.SID.ir