Archive of SID

مدل‌سازی زهکشی خشک برای بررسی حرکت آب و املاح در یک خاک لوم تحت کشت جو

شهاب انصاری[۱]، جهانگیر عابدی کوپایی*[۲]، بهروز مصطفی زاده فرد[۳]، محمد شایان‌نژاد[۴]، محمدرضا مصدقی[۵]

تاریخ ارسال:۱۳۹۶/۰۷/۲۱
تاریخ پذیرش:۱۳۹۷/۰۴/۳۰

مقاله برگرفته از رساله دکتری

چکیده

در سال‌های اخیر پژوهشگران روش‌های نوینی همچون زهکشی خشک را به دلیل عدم نیاز به آب زیاد و هزینه گزاف به منظور کنترل شوری و رطوبت خاک مناطق تحت کشت اراضی واقع شده در نواحی خشک و نیمه خشک مورد توجه قرار داده‌اند. بررسی چگونگی حرکت آب و املاح به منظور اطلاع از نحوه عملکرد این سیستم‌ها ضروری است. در این پژوهش اثر زهکشی خشک بر تغییرات رطوبت، شوری، غلظت یون نیترات و کلر در یک خاک لوم با استفاده از مدلی فیزیکی تحت کاشت گیاه جو بررسی شده است. براساس نتایج، زهکشی خشک علاوه بر کنترل رطوبت خاک منطقه آبیاری، بخش قابل توجهی از املاح وارد شده به این منطقه را نیز به منطقه آیش انتقال داده که به ویژه در سطح خاک آن تجمع یافته‌اند. مطابق نتایج در انتهای دوره آزمایش، حداکثر افزایش شوری، نیترات و کلر در سطح خاک منطقه آبیاری به ترتیب ۱۴۵، ۳۸۴ و ۱۳۵ درصد و در سطح خاک منطقه آیش به ترتیب برابر ۲۷۰، ۱۰۷۰ و ۱۶۰ درصد مقدار اولیه در شروع آزمایش بود. بنابراین، سیستم زهکشی خشک قادر به کنترل شوری خاک منطقه آبیاری و انتقال املاح به منطقه آیش به منظور رشد مناسب گیاه جو بوده است.

واژه‌های کلیدی: حرکت آب، شوری، کلر، مدل فیزیکی، نیترات.

[۱] دانشجوی دکتری گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران، ۰۹۱۳۹۷۸۰۹۹۱.
Ansari.sh65@yahoo.com
[۲] استاد گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران، ۰۳۱۳۳۹۱۳۴۳۳. koupai@cc.iut.ac.ir (نویسنده مسئول)
[۳] استاد بازنشسته گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران، ۰۳۱۳۳۹۱۳۴۳۰۳. behrouz@cc.iut.ac.ir
[۴] دانشیار گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران، ۰۳۱۳۳۹۱۳۴۵۶. shayannejad@cc.iut.ac.ir
[۵] استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران، ۰۳۱۳۳۹۱۳۴۷۸. mosaddeghi@cc.iut.ac.ir

www.SID.ir

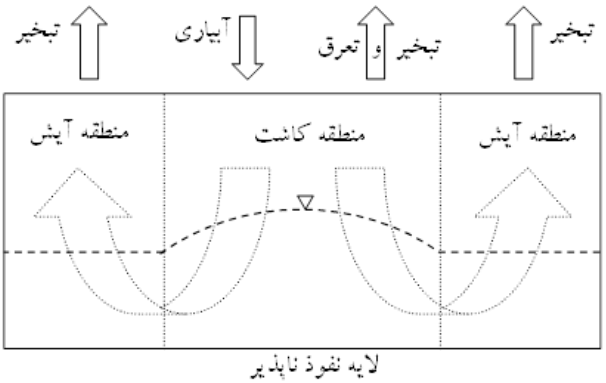
Archive of SID

مقدمه

بشر همواره بخش عمده غذای خویش را از طریق کشاورزی تأمین کرده است. البته با گذشت زمان و افزایش جمعیت، نیاز به غذا و به دنبال آن اراضی زیر کشت نیز افزایش یافته و در پی آن کشاورزی مورد توجه ویژه قرار گرفته است. در چنین شرایطی با توجه به محدود بودن اراضی قابل کاشت، لزوم توجه به کشاورزی پایدار برمبنای دو رکن اساسی آبیاری و زهکشی به شدت احساس می‌شود (بای بوردی، ۱۳۸۷). از دیرباز به زهکشی کمتر از آبیاری توجه شده است. بر مبنای پژوهش‌های صورت گرفته در بین النهرین، کم توجهی به زهکشی سبب از بین رفتن کیفیت و حاصلخیزی خاک و به دنبال آن نابودی تمدن آن مناطق شده است (عباسی، ۱۳۹۲ و حاج عباسی، ۱۳۸۶). شور شدن و کاهش کیفیت خاک به دلیل عدم رعایت اصول علمی کشاورزی در بسیاری از مناطق دنیا معضل بزرگی شناخته شده است. چرا که این مسئله نه تنها باعث آلودگی منابع آب و خاک می‌شود بلکه، باعث کاهش تولید محصول نیز می‌گردد (مصطفی زاده، ۱۳۸۶). براساس مطالعات انجام گرفته در آسیا، ایران پس از چین، پاکستان و هندوستان چهارمین کشور دارای اراضی شور می‌باشد (عباسی، ۱۳۹۲). زهکشی اراضی به شیوه مصنوعی مستلزم تأمین آب زیاد برای آبشویی املاح است. از سوی دیگر احداث و نگهداری این سیستم‌ها بسیار پرهزینه می‌باشد. این هزینه‌ها با ازدیاد شوری خاک افزایش می‌یابد. بنابراین در بسیاری از مناطق هزینه‌های یاد شده از ارزش زمین و محصولات کشاورزی تولیدی در آن‌ها بیشتر است. به همین دلیل اغلب کشاورزان تمایل کمی به اجرای سیستم‌های مذکور در اراضی خود دارند (Konukcu et al., 2006; Wichelns and Oster., 2006). یکی از روش‌های دفع زه‌آب که در اغلب مناطق استفاده می‌شود، تخلیه زه‌آب به منابع آب سطحی و یا برکه‌های تبخیری است. هر چند این روش‌ها در کوتاه مدت ممکن است موفقیت آمیز به نظر برسند اما، در بلند مدت خسارت‌های جبران ناپذیری به اکوسیستم محیط وارد می‌آورند. در ایران سالانه ۲۶/۸ میلیارد متر مکعب زه‌آب کشاورزی تولید می‌شود که ۵۵ درصد آن مربوط به سیستم‌های زهکشی زیرزمینی و بقیه سطحی است. با توجه به مسائل و مشکلات بیان شده و همچنین کمبود منابع آب در سال‌های اخیر، تلاش برای کاهش حجم زه‌آب از یک سو و فعالیت در راستای تصفیه و کاربرد مجدد آن از سوی دیگر در دستور کار سازمان‌ها و کارشناسان متولی امر واقع شده است (نشریه شماره ۵۳۵ معاونت نظارت راهبردی رئیس جمهوری، ۱۳۸۹). به تازگی، زهکشی خشک به عنوان یک روش نوین برای کاربرد در اراضی مواجه با کم‌آبی مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. علت این امر این است که در این شیوه به علت عدم تولید زه‌آب، به برنامه‌ریزی و هزینه برای جمع‌آوری، ذخیره و تصفیه زه‌آب نیازی نیست. لذا این روش مناسب نواحی کم آب و خشک بوده که اغلب تامین هزینه‌ها نیز در آن‌جا معضل مهمی می‌باشد (Konukcu et al., 2006; Khouri, 1998; Wichelns and Oster., 2006). روش زهکشی خشک اولین بار توسط گووینگ و ویزر در سال ۱۹۹۲ پیشنهاد گردید (Gowing and Wyseure, 1992). این شیوه به مفهوم استفاده مفید از تبخیر سطحی خاک منطقه آیش برای کنترل نمک وارد شده به منطقه کاشت در اثر آبیاری است. در زهکشی اراضی به روش خشک، زمین به نوارهایی تقسیم می‌شود که برخی از آن‌ها به منظور خروج آب و نمک اضافی در نظر گرفته می‌شوند و به صورت آیش رها می‌گردند. این در حالی است که در بقیه قسمت‌های زمین کشت گیاه و آبیاری انجام می‌شود. در چنین سیستمی، تبخیر از سطح خاک منطقه آیش باعث تغییر در مسیر حرکت آب در خاک شده (شکل ۱) و سبب انتقال آب و املاح اضافی از منطقه کاشت (آبیاری) به منطقه آیش می‌شود. بر اثر وجود این سیستم با گذر زمان نمک‌هایی که توسط آب آبیاری به منطقه کاشت وارد شده‌اند، در سطح خاک منطقه آیش تجمع می‌یابند (Khouri, 1998).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۱): شرایط حاکم بر مسیر حرکت آب و املاح در اثر زهکشی خشک

براساس اطلاعات انتشار یافته، کشاورزان در دره فِرگانا (Fergana) با رها کردن ۳۰ تا ۳۵ درصد زمین-های خویش به عنوان آیش زهکشی خشک را اجرا و شوری خاک مناطق کاشت را کنترل نموده‌اند (Kovda, 1971). نتایج بررسی‌ها در حوضه رودخانه یرکیانگ (Basin Yerqiang River) نیز نشان داد زمین‌های پست در کنار مناطق کاشت، وابسته به شرایط ۲۸ تا ۴۴ درصد نمک تحمیلی توسط آب آبیاری را در خود جای داده‌اند (Shimojima et al., 1996). همچنین سامانه زهکشی خشک از سوی اتحادیه توسعه برنج در غرب افریقا (WARDA) روش مناسبی برای کنترل شوری اراضی آن مناطق اعلام شده است (WARDA, 1997). در ایران نیز، در جنوب دشت گرمسار، کشاورزان به طور تجربی اقدام به اجرای زهکشی خشک نموده‌اند. در این منطقه، نسبت عرض نوارهای کاشت به آیش وابسته به محل و آب و هوا از ۱/۵ تا ۸ برابر اعلام شده است (آذری، ۱۳۸۳). پژوهش-های انجام شده حاکی از این است که عمق کم آب زیرزمینی، تبخیر زیاد و بارش کم از عامل‌های افزایش اثربخشی زهشکی خشک می‌باشند. این چنین شرایطی از خصوصیات مناطق خشک و نیمه خشک است (Khouri, 1998). مطالعاتی که در کرانه رودخانه سِند در پاکستان انجام گرفته است نشان داده که زهکشی خشک از نظر اقتصادی و زیست‌محیطی یک راهکار جایگزین برای زهکشی سنتی در مناطق کم آب و با مشکلات مالی است. همچنین، مشخص شد که با توجه به شرایط، حتی اگر مساحت قسمت کاشت و آیش با هم مساوی و عمق سطح ایستابی تا ۱/۵ متر نیز باشد باز هم زهکشی خشک نتیجه مطلوبی خواهد داشت (Konukcu et al., 2006). مطالعات قبلی بهترین روش مدیریتی برای کاهش خطر انتقال املاح به منابع آب در شرایط کم آبی و تبخیر زیاد را زهکشی خشک معرفی نموده‌اند (Jia et al., 2006). همچنین براساس مدل‌سازی‌های انجام گرفته مشخص شده که در سیستم زهکشی خشک هدایت هیدرولیکی خاک اثری بر شوری خاک منطقه آبیاری نداشته و عمق لایه نفوذناپذیر اثری بر اُفت سطح ایستابی ندارد (Akram et al., 2008). پژوهش‌های صورت گرفته در منطقه هیتااو در شمال چین، که مشکلات مالی مهمی در آنجا وجود داشته است، نشان داده که زهکشی خشک در کاهش شوری بسیار موفق عمل کرده است. بر مبنای مطالعه مذکور، آب و نمک اضافی منتقل شده به منطقه آیش، ۴ و ۷ برابر مقداری است که توسط زهکش‌های مصنوعی آن منطقه انتقال یافته است (Wu et al., 2009). البته لازم به یادآوری است که تداوم سیستم زهکشی خشک وابسته به مدیریت صحیح منطقه آیش می‌باشد (دوستی و همکاران، ۱۳۹۳). سلطانی و همکاران در طی تحقیقات خود بر روی زهکشی خشک اعلام داشتند که هر چند در مطالعات قبلی نسبت عرض نوارهای کاشت به آیش یک به یک توصیه شده بود اما افزایش این نسبت به دو برابر نیز امکان پذیر بوده و شوری منطقه ریشه همچنان حفظ می‌شود لیکن به دلیل تجمع بیشتر

www.SID.ir

Archive of SID

نمک در منطقه آیش، اثربخشی آن وابسته به بهبود مدیریت پایش نمک و برداشت آن از سطح خاک منطقه مذکور است (سلطانی و همکاران، ۱۳۹۶). سلطانی و همکاران همچنین زهکشی خشک را با استفاده از مدل HYDRUS شبیه‌سازی و نتایج را مناسب ارزیابی کردند اما بیان داشتند که دقت مدل در برآورد رطوبت خاک بهتر از شوری آن بوده است (Soltani et al., 2018). با توجه به مطالعات قبلی، اگر افزایش شوری خاک در قسمتی از اراضی قابل قبول و یا قابل کنترل باشد، می‌توان از تبخیر صورت گرفته از سطح ایستابی در راستای اهداف زهکشی بهره برد. این روش حتی ممکن است نیازهای زهکشی از طریق شبکه زیرزمینی را برطرف کند. در مناطق خشک و کم آب، میزان آب از زمین قابل کاشت بسیار کمتر می‌باشد. در این شرایط، آبیاری مناطق فاریاب به طور طبیعی باعث افزایش شوری مناطق آیش مجاور می‌شود. اگر افزایش شوری صورت گرفته در مناطق مذکور کنترل نشود، علاوه بر مناطق آیش، مناطق آبیاری نیز پس از مدتی دچار شوری بیش از حد شده و امکان کشاورزی در آن‌ها از بین خواهد رفت. بنابراین اگر بتوان به طور علمی از این پدیده برای رسیدن به اهداف زهکشی بهره برد، گام مهمی در کنترل شوری خاک و کاهش هزینه‌ها برداشته خواهد شد. پتانسیل اجرای چنین طرح‌هایی در نواحی گرم و خشک که از دمای زیاد هوا، شوری و عمق نسبتاً کم آب زیرزمینی رنج می‌برند وجود دارد. در ایران، چنین مناطقی در حاشیه کویر نمک و کویر لوت و یا نواحی جنوب رشته کوه البرز مانند گرمسار وجود دارند. قابل ذکر است روش زهکشی خشک به تازگی مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته و نتایج انتشار یافته از تحقیقات مرتبط با آن نسبت به سایر روش‌های زهکشی بسیار اندک می‌باشد. در برخی از مطالعات مذکور در منطقه آبیاری گیاه کشت نشده و تنها به آبیاری اکتفا شده و یا گیاه کشت شده از نوع گیاهانی که کشت آن‌ها به صورت رایج در مزارع اراضی خشک و نیمه خشک صورت می‌گیرد، نبوده است. همچنین، در همین انتشارات مختصر نیز حرکت املاح مهم به طور ویژه مورد بررسی قرار نگرفته است. اطلاع از نوع، میزان و نحوه انتقال املاح تحت این سیستم برای ارزیابی پیش از اجرای پروژه‌های تصفیه و بازیافت نمک جمع‌آوری شده از سطح خاک منطقه آیش به منظور پایداری این سیستم و افزایش بهره‌وری اقتصادی طرح‌های زهکشی خشک، ضرورتی انکارناپذیر دارد. چرا که هر چند آبشویی املاح از جمله اهداف اصلی احداث سیستم‌های زهکشی می‌باشد اما، از دست دادن برخی نمک‌ها نظیر کودها، سموم و آفت‌کش‌ها یکی از بزرگ‌ترین عیوب آن‌ها است. از سوی دیگر، با توجه به واکنش‌های متفاوت گیاهان مختلف نسبت به غلظت‌های متفاوت یون‌های گوناگون انجام چنین مطالعاتی مقدمه‌ای برای ارزیابی تناسب کشت گیاهان مختلف تحت این سیستم خواهد بود. نیترات و کلر از جمله مهمترین آنیون‌های عامل آلودگی و شوری خاک هستند. این مسئله طی تحقیقات قبلی به اثبات رسیده و خصوصاً در مورد آلودگی نیتراتی منابع آب یک نگرانی بین‌المللی وجود دارد (Karr et al., 2001; Jalali., 2005; Song et al., 2009). پیش‌بینی می‌شود سیستم زهکشی خشک علاوه بر حرکت آب، بر حرکت یون‌های مختلف نیز اثر گذار بوده و موجب انتقال آن‌ها از منطقه آبیاری به منطقه آیش شود. در همین راستا این مطالعه با هدف بررسی نحوه و میزان حرکت آب و املاح در خاک تحت سیستم زهکشی خشک در شرایط کاشت گیاه جو با استفاده از یک مدل فیزیکی انجام شده است. در این طرح، بررسی وضعیت تغییرات حرکت املاح هم به صورت پایش چگونگی تغییرات شوری (EC) و هم به صورت بررسی چگونگی تغییرات غلظت یون نیترات و کلر انجام گرفته است.

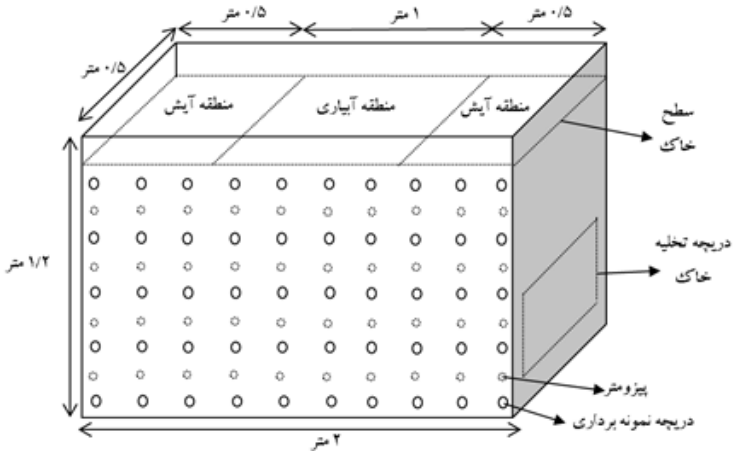
مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر با استفاده از یک مدل فیزیکی در دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام گرفته است (شکل ۲). با توجه به کاربرد مدل در فضای آزاد، اطراف مدل بوسیله پشم و شیشه عایق‌بندی شد تا خاک داخل آن فقط از سطح با محیط اطراف تبادل دما داشته باشد. در یک وجه از مدل، شبکه‌ای از پیزومترها به قطر ۱۰ میلی‌متر و درپوش‌ها به قطر ۲۰ میلی‌متر

www.SID.ir

Archive of SID

نصب شد و در وجه دیگر مدل، دریچه‌ای برای تخلیه خاک در نظر گرفته شد (شکل ۳). از پیزومترها به منظور قرائت سطح ایستابی و از درپوش‌ها برای نمونه-برداری از خاک استفاده گردید. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک لوم مورد استفاده در این مطالعه که از منطقه علویجه اصفهان تهیه شده بود، به ترتیب در جداول ۱ و ۲ بیان شده است.



شکل (۲): شماتیک مدل فیزیکی زهکشی خشک

شکل (۳): نحوه اتصال پیزومترها و درپوش‌های روی سطح جانبی مدل

جدول (۱): خصوصیات فیزیکی خاک مورد آزمایش

پارامتر	وزن مخصوص ظاهری (gr/m^3)	رس	سیلت (%)	شن
مقدار	۱/۶	۲۰	۲۸	۵۲

www.SID.ir

Archive of SID

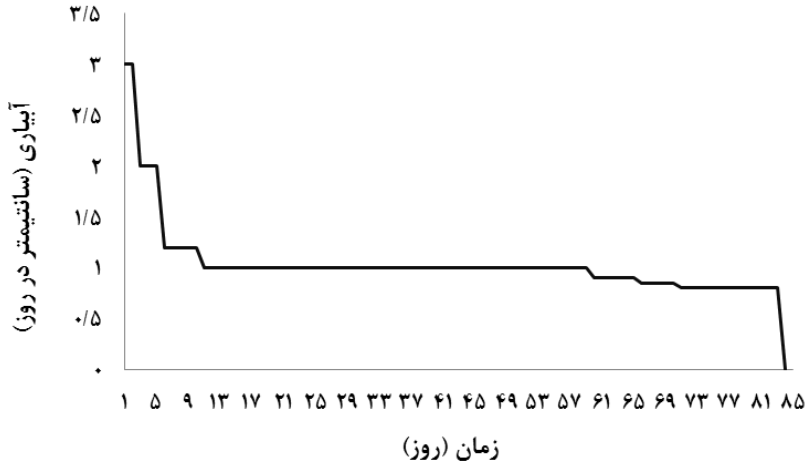
جدول (۲): خصوصیات شیمیایی خاک مورد آزمایش

پارامتر	pH	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl^-	NO_3^-	شوری
				meq/l			mg/l	(dS/m)
مقدار	۸/۰۰	۵/۱۰	۳/۲۵	۹/۵۰	۱۰/۷۰	۵/۱۰	۶/۲۵	۳/۰۰

برای استفاده از مدل نخست در کف مدل لایه‌ای از شن به ضخامت ۱۵ سانتیمتر قرار داده شد. سپس خاک به صورت لایه لایه و با ارتفاع کم در مدل ریخته شد و هر لایه تا رسیدن به وزن مخصوص ظاهری خاک مزرعه کوبیده شد. پس از اینکه مدل به طور کامل پر گردید، یک آبیاری سنگین (با همان آبی که برای آبیاری در طول دوره آزمایش استفاده می‌شد) به منظور جلوگیری از نشست احتمالی خاک در طول دوره آزمایش انجام گرفت. پس از آبیاری اولیه، آب زیرزمینی به صورت تغذیه از پایین (با استفاده از مجرای نصب شده در کف مدل) در عمق ۶۰ سانتی‌متری از سطح خاک تثبیت شد. تغذیه از پایین به منظور اشباع کامل بخش تحتانی خاک که به عنوان آبخوان در نظر گرفته شده بود، انجام گردید. بعد از آن گیاه جو (به دلیل مقاوم بودن در مقابل شوری و رایج بودن کشت آن در نواحی خشک) (دستورالعمل فنی زراعت جو- معاونت تولیدات گیاهی وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۲) در منطقه آبیاری درون مدل کاشته شد. کاشت گیاه جو در شبکه مربعی به فواصل ۵ سانتی‌متری و در عمق ۵ سانتی‌متر از سطح خاک صورت گرفت. در این پژوهش عرض نوار کاشت و آیش مساوی در نظر گرفته شد و آبیاری تنها در قسمت کاشت و به روشی مشابه سیستم آبیاری تیپ (به منظور آبیاری یکنواخت) انجام می‌گرفت. برای این منظور یک لوله آبیاری قطره‌ای به قطر ۱۶ میلی‌متر از دو سمت در طول به فواصل ۵ سانتی‌متر و قطر ۲ میلی‌متر سوراخ شد. سپس دو ردیف از این لوله به گونه‌ای در مدل قرار گرفت که سطح خاک منطقه آبیاری را به قسمت‌های مساوی تقسیم کند. در ادامه از یک سطل مدرج که خروجی آن به ورودی این شبکه لوله متصل و کمی بالاتر از سطح خاک منطقه آبیاری کنار مدل نصب بود برای آبیاری استفاده شد. آبیاری به صورت روزانه و هر بار به طور متوسط حدود ۵ لیتر برای ثابت نگهداشتن سطح آب زیرزمینی انجام می‌شد (شکل ۴). ویژگی‌های آب آبیاری که از رقیق سازی آب آلوده تهیه و مورد استفاده قرار می‌گرفت در جدول ۳ ارائه شده است. در طول دوره آزمایش نمونه‌گیری در زمان‌های مختلف شامل: قبل از کاشت، ۲۱، ۴۲، ۶۳ و ۸۴ روز پس از کاشت از تمام نقاط نمونه‌برداری مدل هم در منطقه آیش و هم در منطقه آبیاری از طریق درپوش‌های مخصوص مدل (و همچنین از سطح خاک این مناطق) انجام شد. در هر بار نمونه‌گیری از نقاط مختلف شبکه نمونه‌برداری مدل، رطوبت خاک و هدایت الکتریکی (شوری) تعیین شد. همچنین غلظت نیترات و غلظت کلر به عنوان دو آنیون مهم مورد نیز اندازه‌گیری شد. رطوبت خاک به روش وزنی، هدایت الکتریکی با استفاده از دستگاه شوری‌سنج JENWAY مدل ۴۰۲۰، غلظت نیترات با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر Biochrom مدل Libra S22 و غلظت کلر به روش تیتراسیون اندازه‌گیری شد. پس از اندازه‌گیری‌های مورد اشاره، میانگین رطوبت، شوری و غلظت هر یک از یون‌های نیترات و کلر در نقاط هم عمق در هر زمان برای هر یک از مناطق آبیاری و آیش محاسبه گردید. در نهایت از مقایسه میانگین‌های ذکر شده در هر عمق، هر زمان و در هر منطقه، تغییرات آن‌ها در اعماق و زمان‌های مختلف در هر منطقه مورد بررسی واقع شد. پس از اتمام مرحل آزمایش، به منظور آماده سازی مدل برای پژوهش‌های آینده، آب زیرزمینی با استفاده از شیر زهکش کف مدل تخلیه شده و سپس خاک از سطح و همچنین با استفاده دریچه تخلیه جانبی از مدل خارج گردید.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۴): میزان آبیاری منطقه کاشت در زمان‌های مختلف در طول فصل آبیاری

جدول (۳): خصوصیات آب آبیاری

پارامتر	pH	شوری (dS/m)	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+} (meq/L)	Na^+	Cl^-	NO_3^- (mg/L)
مقدار	۷/۵۰	۳/۰۰	۲/۹۴	۸/۱۴	۹/۱۵	۵/۹۹	۵/۹۹	۶/۱۰

نتایج و بحث

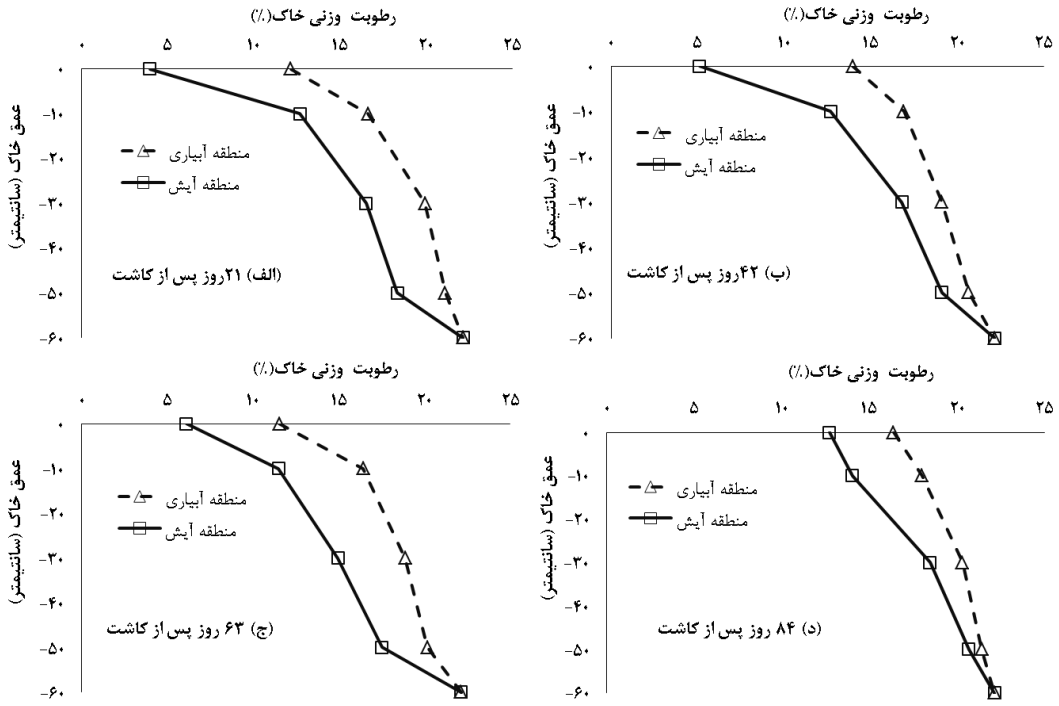
با توجه به مطالب بیان شده در قسمت‌های قبلی، در ادامه نتایج پایش تغییرات رطوبت، شوری و همچنین غلظت یون‌های نیترات و کلر در اعماق مختلف خاک مناطق آبیاری و آیش در زمان‌های متفاوت پس از کاشت در قسمت‌های جداگانه زیر بررسی شده است.

رطوبت

تغییرات رطوبت وزنی در اعماق مختلف خاک منطقه آبیاری و منطقه آیش در زمان‌های ۲۱، ۴۲، ۶۳ و ۸۴ روز پس از کاشت به ترتیب در قسمت‌های الف تا د شکل ۵ نشان داده شده است. براساس این شکل، درصد رطوبت وزنی خاک در هر دو منطقه با افزایش عمق به دلیل کاهش فاصله تا سطح ایستابی و صعود مویینگی افزایش یافته و به مقدار اشباع نزدیک شده است. از سوی دیگر تغییرات رطوبت وزنی نسبت به عمق در منطقه آبیاری در اعماق مختلف، به دلیل جذب آب توسط ریشه گیاه جو کمتر و در منطقه آیش، به‌ویژه در لایه‌های سطحی، به دلیل تبخیر از سطح خاک این منطقه، بیشتر بوده است. هر چند در طول دوره آزمایش رطوبت خاک در نقاط مختلف منطقه آبیاری و آیش متغیر بوده است اما، میزان رطوبت خاک منطقه آیش به دلیل وجود تبخیر و عدم آبیاری همواره کمتر از منطقه آبیاری بوده است. همچنین با وجود آبیاری روزانه رطوبت خاک منطقه آبیاری هیچ‌گاه دچار افزایش بی‌رویه (نزدیک شدن به رطوبت اشباع) نشده است. این مسئله نشانگر اثر سیستم زهکش خشک در طول زمان بر کنترل رطوبت خاک می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۵): نیمرخ تغییرات رطوبت خاک منطقه آبیاری و آیش در زمان‌های مختلف در طول فصل آبیاری

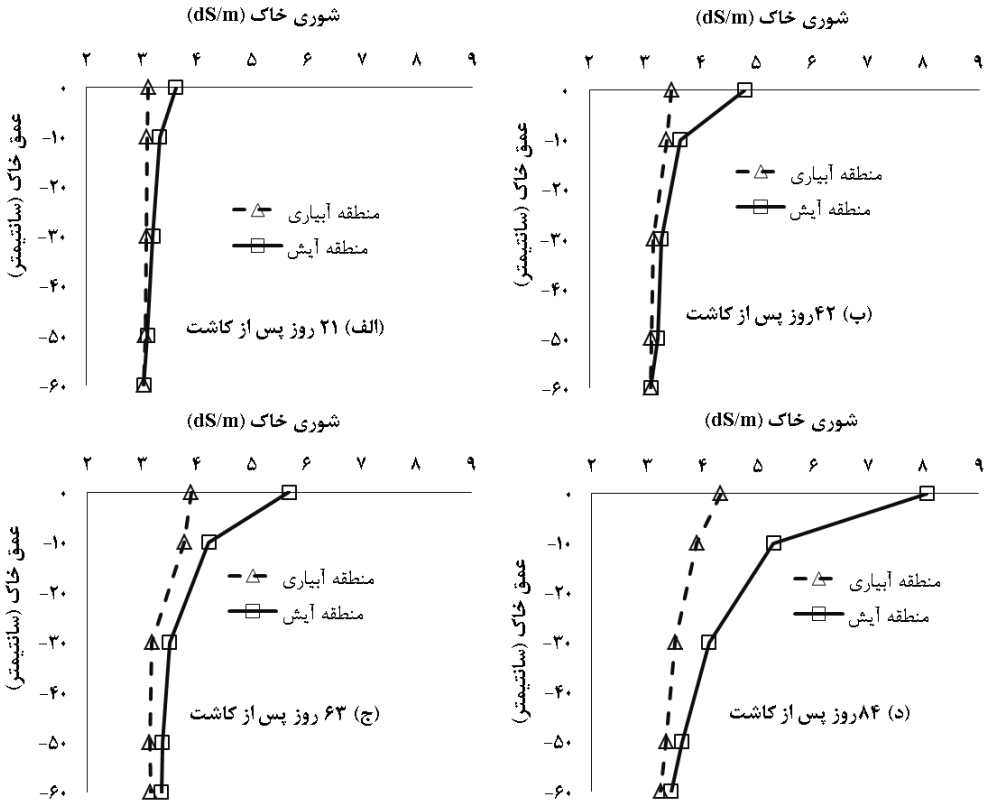
شوری

تغییرات شوری در اعماق مختلف خاک منطقه آبیاری و منطقه آیش در زمان‌های ۲۱، ۴۲، ۶۳ و ۸۴ روز پس از کاشت به ترتیب در قسمت‌های الف تا د شکل ۶ نشان داده شده است. براساس این شکل، میزان شوری در اعماق مختلف خاک هر دو منطقه از عمق به سطح افزایش یافته و بیشترین میزان آن در لایه‌های سطحی مشاهده است. روند تغییرات مذکور مشابه نتایج سلطانی و همکاران در سال ۱۳۹۶ و ۲۰۱۸ (سلطانی و همکاران، ۱۳۹۶؛ Soltani et al., 2018) و همچنین مبانی ارائه شده توسط گووینگ و ویزر در سال ۱۹۹۲ (Gowing and Wyseure, 1992) بود. البته میزان این افزایش در منطقه آیش به شدت بیشتر از منطقه آبیاری بوده به صورتی که ۸۴ روز پس از کاشت، شوری سطح خاک در منطقه آبیاری و آیش به ترتیب به ۴/۴ و ۸/۱ دسی زیمنس بر متر رسیده که به ترتیب معادل ۱۴۵ و ۲۷۰ درصد مقدار اولیه در زمان شروع آزمایش بوده است. سلطانی و همکاران در سال ۱۳۹۶ و ۲۰۱۸ با توجه به مطالعات خود در رابطه با زهکشی خشک، بیان داشتند که در شرایط برابر بودن عرض مناطق کاشت و آیش، در پایان دوره مطالعه، شوری خاک منطقه آبیاری چندان تغییری نداشته اما در منطقه آیش به ۱۶۴ درصد شوری اولیه خاک در شروع آزمایش رسیده است (سلطانی و همکاران، ۱۳۹۶؛ Soltani et al., 2018). از سوی دیگر، دو منحنی مربوط به تغییرات شوری مناطق مذکور با شروع آزمایش کم‌کم به هم نزدیک شده‌اند (اختلاف شوری بین منطقه آبیاری و منطقه آیش کم شده) ولی پس از خراش دادن نمک ۶۰ روز پس از کاشت از سطح خاک منطقه آیش (شکل ۶ قسمت ج و د) دو منحنی مذکور از هم فاصله گرفته‌اند. علت این پدیده این است که در اثر ایجاد شرایط زهکشی خشک، حرکت صعودی آب از سطح آب زیرزمینی به سمت بالا در منطقه آیش و همچنین حرکت افقی آب در هر لایه از خاک منطقه آبیاری به منطقه آیش سبب حرکت نمک از لایه‌های تحتانی به سمت لایه‌های فوقانی در منطقه آیش شده است. با تجمع نمک در سطح خاک منطقه آیش، بخشی از لوله-های مویین خاک دچار انسداد شده و شدت تبخیر از خاک این منطقه کاهش یافته است. لیکن پس از خراش نمک، به طور مجدد میزان تبخیر افزایش یافته و باعث افزایش شدت انتقال آب و در پی آن املاح به منطقه

www.SID.ir

Archive of SID

آیش شده و موجب افزایش شوری این منطقه نسبت به منطقه آبیاری شده است.



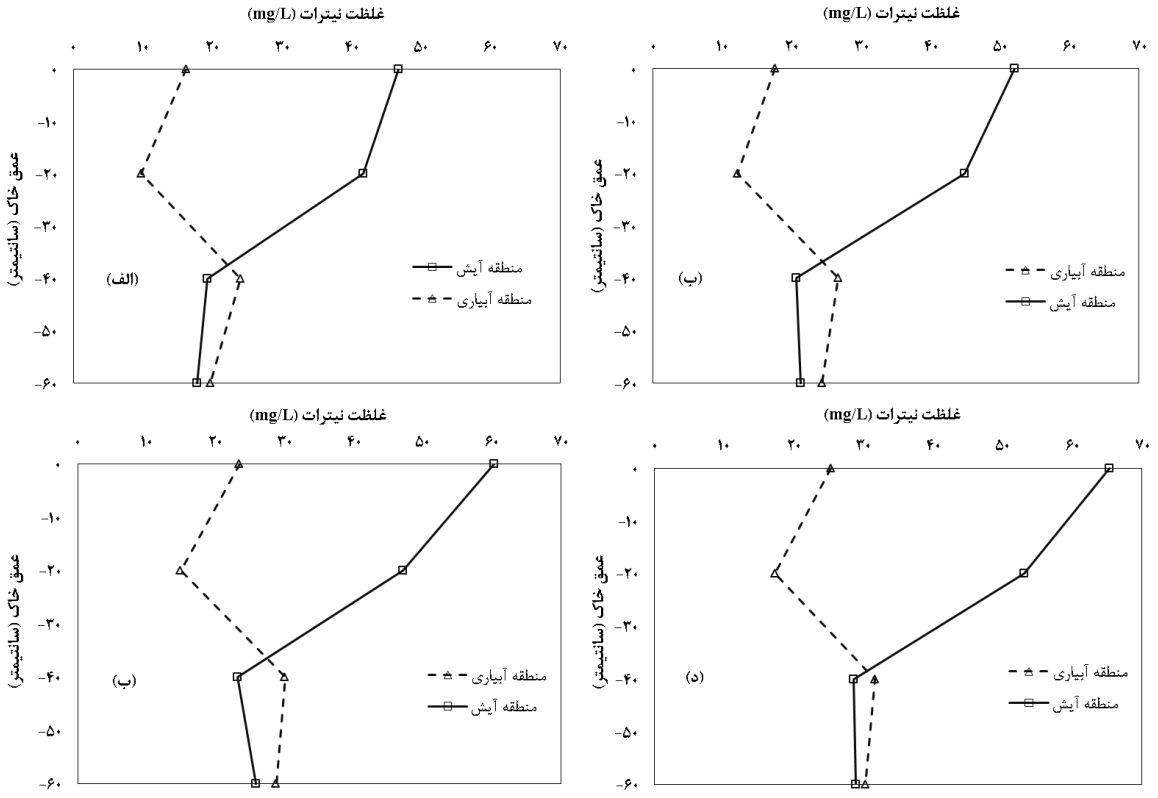
شکل (۶): نیمرخ تغییرات شوری خاک منطقه آبیاری و آیش در زمان‌های مختلف در طول فصل آبیاری

نیترات

تغییرات غلظت نیترات در اعماق مختلف خاک منطقه آبیاری و منطقه آیش در زمان‌های ۲۱، ۴۲، ۶۳ و ۸۴ روز پس از کاشت به ترتیب در قسمت‌های الف تا د شکل ۷ نشان داده شده است. براساس این شکل، غلظت نیترات خاک در منطقه آیش با کاهش عمق افزایش یافته و بیشترین تجمع نیترات در سطح خاک این منطقه رخ داده است. براساس نتایج، تجمع نیترات در سطح خاک منطقه آبیاری و آیش ۸۴ روز پس از کاشت به ترتیب به ۲۳/۴ و ۶۵/۳ میلی‌گرم در لیتر رسیده که به ترتیب معادل۳۸۴ و ۱۰۷۰ درصد مقدار اولیه در شروع آزمایش بوده است. این در حالی است که غلظت نیترات در منطقه آبیاری با افزایش عمق دچار افزایش نسبی شده و در عمق ۶۰ سانتیمتری ۸۴ روز پس از کاشت، به ۳۰/۵ میلی‌گرم در لیتر معادل ۵۰۰ درصد مقدار اولیه در شروع آزمایش بالغ گردیده است. از سوی دیگر اختلاف تغییرات غلظت نیترات بین دو منطقه آبیاری و آیش با کاهش عمق افزایش نشان داده است. این پدیده به علت اثر سیستم زهکشی خشک در انتقال آب و در پی آن املاح از ناحیه آبیاری به سطح خاک منطقه آیش بوده است. علاوه بر این قابلیت آبشویی زیاد نیترات به دلیل انحلال پذیری فراوان آن در آب نیز می‌تواند از دیگر عوامل مؤثر در این پدیده باشد که از دیرباز در نتایج مطالعات پژوهشگران به آن اشاره شده است (Chun et al., 2009).

www.SID.ir

Archive of SID



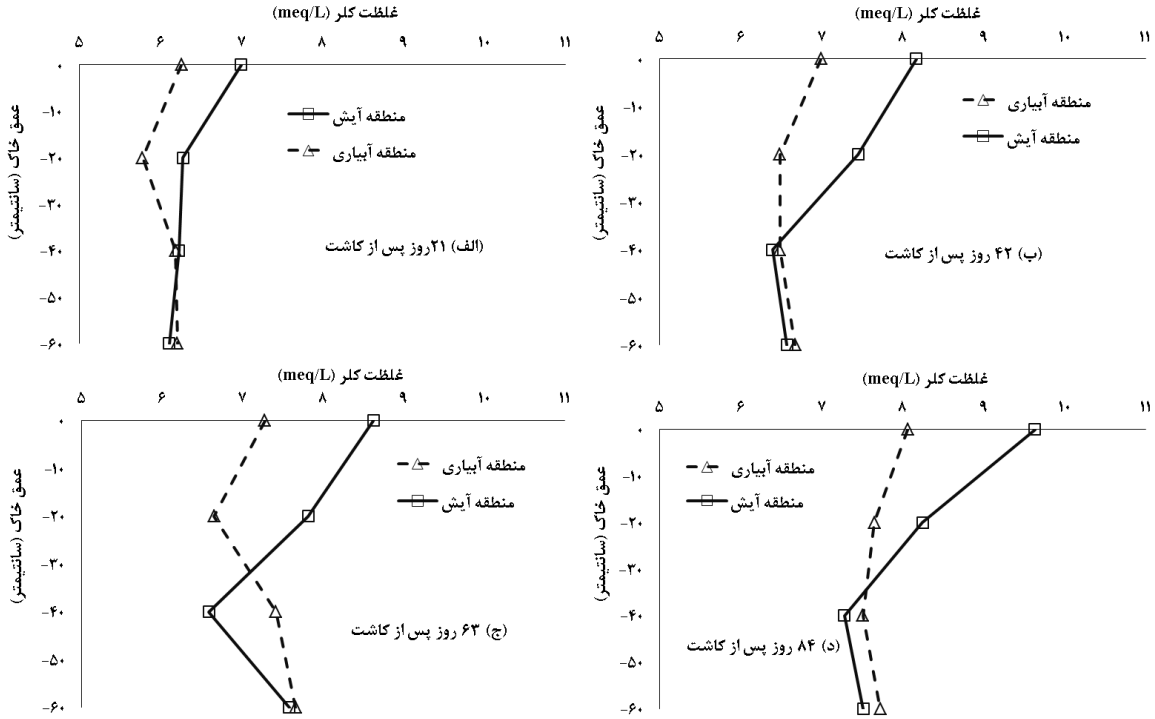
شکل (۷): نیمرخ تغییرات غلظت نیترات خاک منطقه آبیاری و آیش در زمان‌های مختلف در طول فصل آبیاری

کلر

تغییرات غلظت کلر در اعماق مختلف خاک منطقه آبیاری و منطقه آیش در زمان‌های ۲۱، ۴۲، ۶۳ و ۸۴ روز پس از کاشت به ترتیب در قسمت‌های الف تا د شکل ۸ نشان داده شده است. براساس این شکل، تغییرات غلظت کلر در منطقه آبیاری و آیش با افزایش عمق از سطح خاک تا عمق ۴۰ سانتی‌متری کاهش یافته و پس از آن اندکی افزایش نشان داده است. همچنین، مطابق شکل مذکور، با گذشت زمان، تغییرات غلظت کلر در هر دو منطقه آبیاری و آیش افزایشی بوده و به ویژه در سطح خاک منطقه آیش تجمع یافته است. براساس شکل ۸، حداکثر تغییرات غلظت کلر در سطح خاک منطقه آبیاری و آیش، ۸۴ روز پس از کاشت، به ترتیب به ۸/۱ و ۹/۶ میلی‌اکی‌والان در لیتر معادل ۱۳۵ و ۱۶۰ درصد مقدار اولیه هنگام شروع آزمایش اندازه-گیری شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، اختلاف غلظت کلر در دو منطقه از سطح خاک تا عمق ۴۰ سانتی‌متری زیاد بوده و پس از آن بسیار اندک می‌باشد. دلیل این امر نحوه حرکت آب در خاک در اثر سیستم زهکشی خشک و تجمع املاح در لایه‌های فوقانی خاک منطقه آیش می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۸): نیمرخ تغییرات غلظت کلر خاک منطقه آبیاری و آیش در زمان‌های مختلف در طول فصل آبیاری

مقایسه تغییرات غلظت یون نیترات با کلر

با توجه به شکل‌های ۶ تا ۸ می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات شوری، غلظت نیترات و کلر در عمق خاک هر دو منطقه آبیاری و آیش تحت اثر مسیر ویژه حرکت آب به دلیل عملکرد سیستم زهکشی خشک قرار گرفته است. این اثر به گونه‌ای بوده که شوری و یون کلر و به ویژه یون نیترات از منطقه آبیاری به منطقه آیش انتقال پیدا کرده‌اند. همچنین در منطقه آیش نیز به دلیل تبخیر از سطح خاک، تجمع شوری و یون‌های مذکور در لایه‌های فوقانی و به خصوص سطح خاک صورت گرفته است. از سوی دیگر اثر تجمع املاح در سطح خاک منطقه آیش و خراش این نمک‌ها به خوبی بر تغییرات غلظت یون‌های مذکور در طول زمان در اعماق مختلف خاک هر دو منطقه آبیاری و آیش قابل مشاهده است. مطابق شکل‌های ۶ تا ۸ با گذر زمان به دلیل تجمع املاح در سطح خاک منطقه آیش از میزان تبخیر از این منطقه کاسته شده و به دلیل کاهش انتقال آب و در پی آن کاهش انتقال املاح از منطقه آبیاری به منطقه آیش، تجمع املاح در منطقه آبیاری افزایش یافته و بنابراین سبب کاهش اختلاف شوری و یا کاهش اختلاف غلظت یون‌های مذکور در اعماق مختلف خاک بین دو منطقه آبیاری و آیش شده است. در حالی که با خراش دادن نمک، ۶۰ روز پس از کاشت، به طور مجدد میزان تبخیر از سطح خاک منطقه آیش و به دنبال آن حرکت آب و املاح به سمت این منطقه فزونی یافته و بنابراین اختلاف غلظت یون‌های تجمع یافته در دو منطقه افزایش یافته است.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، اثر زهکشی خشک بر چگونگی انتقال آب و املاح در یک خاک لوم در شرایط کاشت گیاه جو با استفاده از یک مدل فیزیکی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که ایجاد شرایط زهکشی خشک باعث تغییر در مسیر حرکت آب و املاح در خاک شده به گونه‌ای که به دلیل تبخیر از سطح خاک منطقه آیش و عدم آبیاری این منطقه، جریان آب و املاح از منطقه آبیاری به منطقه آیش برقرار شده و پس از تبخیر آب از این منطقه، املاح در سطح خاک آن تجمع یافته‌اند. به عبارت دیگر زهکشی خشک سبب جلوگیری از تجمع املاح در منطقه آبیاری شده و همچنین به دلیل

www.SID.ir

Archive of SID

عدم آبیاری منطقه آیش از میزان نفوذ عمقی املاح نیز کاسته شده است. این پدیده نه تنها موجب کنترل و بهبود شرایط برای رشد گیاه شده است بلکه از گسترش آلاینده‌ها نیز جلوگیری کرده و تجمع آن‌ها در خاک منطقه آیش سبب سهولت جمع‌آوری آن‌ها شده است. مطابق نتایج این مطالعه هرچند با گذر زمان میزان شوری و غلظت یون‌های نیترات و کلر در خاک هر دو منطقه افزایش یافته اما، میزان این افزایش در منطقه آیش بسیار بیشتر از منطقه آبیاری بود به طوری که در انتهای دوره آزمایش نسبت شوری، غلظت نیترات و کلر در سطح خاک منطقه آیش به سطح خاک منطقه آبیاری به ترتیب ۱/۸۶، ۲/۸ و ۱/۲۰ برابر بود. لذا زهکشی خشک توانسته است در انتقال املاح به منطقه آیش اثربخش باشد. البته تداوم این اثر وابسته به مدیریت صحیح منطقه آیش و جمع‌آوری نمک از سطح خاک آن باتوجه به پایش و کنترل مستمر وضعیت شوری خاک خواهد بود. لازم به ذکر است اگرچه نتایج این مطالعه نشان دهنده توانایی زهکشی خشک در انتقال املاح از منطقه آبیاری به منطقه آیش است اما با توجه به تعدد عوامل اثرگذار بر این پدیده، پژوهش‌های بیشتری برای مشخص شدن همه جنبه‌های مختلف در خصوص این روش نوین نیاز می‌باشد. به طور ویژه پیشنهاد می‌شود اثر تثبیت سطح آب زیرزمینی در اعماق مختلف، نسبت عرض کاشت به آیش متفاوت، اجرای سیستم در چند فصل کاشت متوالی و همچنین دورهای مختلف آبیاری با توجه به شوری‌های متفاوت آب آبیاری بررسی شود

منابع

آذری، ا. ۱۳۸۳. زهکشی از طریق جریان موئینه‌ای و تبخیر، سومین کارگاه فنی زهکشی. ص ۵۸-۴۹.

بای بوردی، م. ۱۳۸۷. اصول مهندسی زهکشی و بهسازی خاک. انتشارات دانشگاه تهران. ۶۴۱ صفحه.

حاج عباسی، م. ۱۳۸۶. خصوصیات فیزیکی خاک. انتشارات جهاد دانشگاهی صنعتی اصفهان. ۲۸۸ صفحه.

دستور العمل فنی زراعت جو. ۱۳۹۲. معاونت تولیدات گیاهی، وزارت جهاد کشاورزی، دفتر غلات، حبوبات و نباتات علوفه‌ای. ۳۷ صفحه.

دوستی، ا.، ا. ستوده‌نیا، ا. م. لیاقت، و پ. دانشکار آراسته. ۱۳۹۳. شبیه‌سازی زهکشی خشک به منظور تعیین نسبت عرض نکاشت به کاشت در کشت نواری، مجله تحقیقات آب و خاک ایران، شماره ۵۴، ص ۴۷ -۴۵.

سلطانی، م.، ع. رحیمی خوب، و ع. ستوده‌نیا. ۱۳۹۶. اثر نسبت عرض نوار کاشت به عرض نوار نکاشت بر شوری ناحیه ریشه در زهکشی خشک، مجله تحقیقات آب و خاک ایران، شماره ۳، ص ۵۶۳-۵۵۵.

ضوابط زیست محیطی استفاده مجدد از آب‌های برگشتی و پساب‌ها، نشریه شماره ۵۳۵. ۱۳۸۹. معاونت نظارت راهبردی ریاست جمهوری. ۱۵۵ صفحه.

عباسی، ف. ۱۳۹۲، فیزیک خاک پیشرفته، انتشارات دانشگاه تهران. ۳۲۰ صفحه.

مصطفی زاده فرد، ب. ۱۳۸۶، مهندسی زهکشی، انتشارات کنکاش. ۴۱۶ صفحه.

Akram, S., H. A. Kashkouli and M. Akram. 2008. Salinity and water table control in dry drainage. In: Preceding of 10th International Drainage Workshop of ICID Working Group on Drainage, 6-11 July, Helsinki, Tallinn. 385-386.

Chun, J.A., R.A. Cooke, J.W. Eheart, and M.S. Kang. 2009. Estimation of flow and transport parameters for woodchip based bioreactors, I. Laboratory scale bioreactor. Biosystems Engineering, 104: 384 -395.

Gowing, J. W and G. C. L. Wyseure. 1992. Dry- drainage a sustainable and cost-effective solution to waterlogging and salinization, In: Proceeding of 5th International Drainage Workshop, Vol. 3, ICID-CIID, Lahore, Pakistan, pp. 626-634.

Jia, Z., R. O. Evans and J. T. Smith. 2006. Effect of controlled drainage and vegetative buffers on drainage water quality from wastewater irrigation field. Journal of Irrigation and Drainage Engineering ASCE, 132(3):159-170.

www.SID.ir

Archive of SID

Jalali, M. 2005. Nitrate leaching from agricultural land in Hamadan western Iran. Agriculture Ecosystem Environment, 110: 210-218.

Karr, J.D., W. J. Showers, W. J. Gilliam and A.S. Andres. 2001. Tracing nitrate transport and environmental impact from intensive swine farming using delta Nitrogen. Journal of Environmental Quality, 30: 1163-1175.

Khouri, N. 1998. Potential of dry drainage for controlling soil salinity. Canadian Journal of Civil Engineering. 25:195-205.

Konukcu, F., J. W. Gowing and D. A. Rose. 2006. Dry drainage: A sustainable solution to waterlogging and salinity problems in irrigation areas. Agricultural Water Management, 83:1-12.

Kovda, V. A. 1971. Origin of saline soils and their regime. Jerusalem: Israel Program for Scientific Translations, 168-172.

Shimojima, E., R. Yoshioka and I. Tamagawa. 1996. Salinization owing to evaporation from bare-soil surfaces and its influences on the evaporation. Journal of Hydrology, 178(1-4), 109-136.

Soltani, M., A. Rahimikhoob, A. Sotoodehnia, G. Mendicin, M. Akram and A. Senatore. 2018. Numerical evaluation of the effects of increasing ration of cropped to uncropped width on dry drainage efficiency in salty soils. Irrigation and drainage (ICID), 67.91-100.

Song X. Z., C. X. Zhao, X. L. Wang and J. Li. 2009. Study of nitrate leaching and nitrogen fate under intensive vegetable production pattern in northern China. Comptes. Rendus. Biologies, 332: 385-392.

WARDA (West Africa Rice Development Association). 1997. Annual Report, 36-44.

Wichelns, D. and J. D. Oster. 2006. Sustainable irrigation is necessary and achievable, but direct costs and environmental impacts can be substantial. Agricultural Water Management, 86(1-2): 114-127.

Wu, J. W., L. R. Zhao, J. S. Huang, J. Z. Yang, B. Vincent, S. Bouarfa and A. Vidal. 2009. On the effectiveness of dry drainage in soil salinity control. Science in China Series E: Technological Sciences, 52:3328-3334.

www.SID.ir

Archive of SID

فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب
سال نهم شماره سی وچهارم زمستان ۱۳۹۷

Dry drainage modeling to study the water and solutes transport in a loamy soil under barley cultivation

Shahab Ansari[1], Jahangir Abedi-Koupai[*2], Behrouz Mostafazadeh-Fard[3], Mohammad Shayannejad[4], Mohammad Reza Mosaddeghi[5]

Abstract

In recent years, researchers have considered new methods such as dry drainage, to control the soil water and salinity of the irrigated area of the fields in the arid and semi-arid regions because traditional drainage methods are expensive and need more water. Investigation of water and salts transport in these systems is essential for studying their function. In this study, effect of dry drainage on the soil water content, salinity, nitrate and chloride ion concentrations in a loamy soil was investigated using a physical model under the barley cultivation. Based on the results, dry drainage led to transport a significant part of the salts entering in the irrigated area to the non-irrigated area that accumulated on its soil surface, in addition to controlling soil moisture in the irrigated area. Based on the results, at the end of the experiment, maximum increase of salinity, nitrate and chloride concentrations on the soil surface of the irrigated area were 145, 384 and 135%, respectively, and for the soil surface of the non- irrigated area were 270, 1070 and 160 %, more than of initial values at the start of the experiment. Therefore, dry drainage system was able to control the soil salinity of the irrigated area by transporting the salutes to the non-irrigated area for proper barley growth.

Keywords: Chloride, Nitrate, Physical Model, Salinity, Water movement.

[1] Ph.D. Student of Water Engineering, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. Ansari.sh65@yahoo.com

[2] Professor, Department of Water Engineering, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.*koupai@cc.iut.ac.ir

[3] Professor emeritus, Department of Water Engineering, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. behrouz@cc.iut.ac.ir

[4] Associate Professor, Water Engineering Department, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. shayannejad@cc.iut.ac.ir

[5] Professor, Department of Soil Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. mosaddeghi@cc.iut.ac.ir

www.SID.ir