

بررسی توزیع شوری در پروفیل خاک زراعی کشت شده تحت آبیاری قطره‌ای*

لیلا میرزایی الموتی^۱، بیژن نظری^{۲*}، عباس ستوده‌نیا^۲، هادی رضائی اعتدالی^۴

- (۱) دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.
 (۲*) استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.
 (۳) دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.
 (۴) دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.
 ** نویسنده مسئول مکاتبات: b.nazari@eng.ikiu.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۲۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۲۶

چکیده:

حفاظت از منابع آب و خاک در کشورهای مناطق خشک و نیمه‌خشک در گروه توجه جدی به مسئله‌ی شوری است. پژوهش حاضر در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی به منظور بررسی تجمع نمک در خاک تحت آبیاری قطره‌ای انجام شد. تیمارهای مورد آزمون شامل آبیاری با سیستم نوار پلاکدارسطحی، نوار پلاکدار نیمه زیرسطحی با عمق نصب ۱۰ سانتی‌متر از سطح خاک، نوار زیپدارسطحی، نوار زیپدار نیمه زیرسطحی با عمق نصب ۱۰ سانتی‌متری از سطح خاک و نوار زیپدارسطحی با مالچ بود. شوری آب آبیاری ۲ دسی‌زیمنس بر متر همراه با کشت گیاه ذرت علوفه‌ای صورت گرفت. نتایج بیانگر بیشترین تجمع نمک در عمق ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متری و در فاصله عرضی ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متری از گسیلنده‌ها بود. همچنین بین واریانس‌های شوری در فاصله صفر، ۱۵ و ۳۰ سانتی‌متری از گسیلنده‌ها و در عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری از سطح خاک در هر پنج تیمار در سطح ۰/۰۵ درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت ولی در بقیه اعماق که شامل ۲۰ تا ۴۰ و ۴۰ تا ۶۰ سانتی‌متری بود اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. طبق نتایج در سیستم آبیاری قطره‌ای نواری در بافت سیلت لوم، تجمع نمک عمدتاً در فاصله صفر تا ۱۵ سانتی‌متری نوارها و عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری از سطح خاک اتفاق می‌افتد و باید برای آبشویی آن اقدام نمود. در این تحقیق تیمار زیپدارسطحی با مالچ از نظر بالا بودن عملکرد محصول و مصرف آب کمتر نسبت به سایر تیمارها برتری داشت و به طور میانگین نسبت به سایر تیمارها ۱۰/۳۹ درصد مقدار تجمع نمک را کاهش داد.

کلید واژه‌ها: آبیاری نواری، ذرت علوفه‌ای، شوری، عملکرد محصول، مصرف آب

مقدمه

وجود دارند، بنابراین شیوه‌های مدیریت آب و خاک بایستی به کار گرفته شوند (Datta et al. 2017 and Zhai et al. 2015). از طرفی با افزایش پیوسته جمعیت کره زمین نیاز به آب برای کشاورزی و تولید غذا، مصارف خانگی و صنعتی افزایش می‌یابد. افزایش تقاضای آب در حالی که منابع آب محدود است، منجر به مدیریت و

یکی از مشکلات عمده آبیاری در سراسر جهان کاهش دسترسی به آب غیر شور است. در بیشتر کشورها، محدودیت آب غیر شور وجود دارد، اما منابع آب شور در دسترس، که برای آبیاری بعضی گیاهان مناسب است

* برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد

مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که از طریق کاهش پتانسیل اسمزی و اختلال در جذب برخی عناصر غذایی، رشد و عملکرد محصولات زراعی را محدود می‌کند. آبیاری قطره‌ای به خاطر آبدهی کم و متناوب در یک دوره زمانی می‌تواند پتانسیل ماتریک خاک را در ناحیه ریشه بالا نگه دارد و از این طریق کاهش پتانسیل اسمزی ناشی از آبیاری با آب شور را تا حدودی جبران نماید و در نهایت پتانسیل کل برای رشد گیاه مناسب باشد (Kang et al., 1998). بنابراین در منطقه توسعه ریشه، سطوح پایین-تری از شوری وجود خواهد داشت (Singh-Saggu and Kaushal, 1991).

Oron و همکاران (۱۹۹۰) و Phene و همکاران (۱۹۹۰) طی تحقیقی نشان دادند در آبیاری قطره‌ای سطحی، نمک‌هایی که در نزدیکی سطح خاک تجمع می‌یابند، می‌توانند رو به پایین حرکت نموده و به ناحیه ریشه برسند و این فرآیند ممکن است از مصرف آب و مواد غذایی جلوگیری کند و بر رشد محصول تاثیر بگذارد اما می‌توان با به کارگیری آب شور از طریق آبیاری قطره-ای زیرسطحی بر این مشکل غلبه کرد. پیش‌بینی شده است که با استفاده از روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، نمک تا حدی به اعماق پایین‌تر نیمرخ خاک و پیرامون ناحیه رشد ریشه رانده شده، بنابراین خطر خسارت رساندن به ریشه‌های اصلی گیاهان به حداقل می‌رسد. انتخاب شیوه مدیریتی و روش آبیاری مناسب می‌تواند اثر شوری را کاهش و راندمان کاربرد آب در آبیاری با آب شور و نامتعارف را افزایش داده و باعث کاهش نیاز به آب متعارف در مناطقی که با کمبود آن مواجه می‌باشند گردد (Murtaza et al., 2006). مهم‌ترین واکنش گیاه به شوری خاک، کاهش رشد است. با افزایش غلظت املاح به بیش از آستانه تحمل گیاه، هم‌آهنگ رشد کاهش می‌یابد و هم اندازه گیاه کوچک می‌شود (همایی، ۱۳۸۱). Takinel و همکاران (۲۰۰۲) در تحقیقی که به بررسی پتانسیل استفاده از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای در شرایط

نگهداری منابع آب، استفاده مجدد از آب و کاربرد آب شور شده است (عابدی کوپایی و ملکیان، ۱۳۸۴). شوری آب آبیاری از مهم‌ترین مسائلی است که امروزه کشورهای زیادی در جهان به ویژه مناطق خشک و نیمه‌خشک با آن مواجه هستند (زرین و همکاران، ۱۳۹۶). بر اساس برآوردهای انجام شده در زمینه اطلاعات شوری خاک کشور ایران در مقیاس سرزمین، اراضی دارای خاک‌های با درجات مختلف شوری مساحتی بالغ بر ۵۵/۶ میلیون هکتار یعنی ۳۴ درصد مساحت کل ایران را شامل می‌شوند (مومنی، ۱۳۸۹). بیش از دو سوم کشور در مناطق خشک و نیمه‌خشک واقع شده است که همواره با چالش کمبود آب روبه‌رو است این امر ضرورت توجه روش‌های کاهش مصرف آب و استفاده از آب‌های نامتعارف را نشان می‌دهد (کریم زاده و همکاران، ۱۳۹۵).

انتخاب، طراحی و اجرای صحیح روش‌های آبیاری نقش به‌سزایی در ارتقا بهره‌وری اراضی کشاورزی و کاربرد آب‌هایی با کیفیت پایین دارد. منبع اصلی املاح در خاک، مواد معدنی اولیه در پوسته زمین است. همچنین آبیاری با آب‌های شور و آب‌های زیرزمینی و حرکت املاح به سمت خاک توسط جریان مویینگی می‌تواند باعث تجمع املاح شود. املاح خاک به دلیل اهمیت آن‌ها از نظر شوری، حاصلخیزی و آلودگی آب‌های زیرزمینی، دارای اهمیت خاص است (Droogers et al., 2000). از آنجایی که کیفیت آب آبیاری در حال کاهش است، لذا استفاده از روش آبیاری قطره‌ای کنترل شده در این شرایط می‌تواند سودمند باشد (Meixian et al., 2013).

در تحقیقی که به بررسی تاثیر آبیاری با آب شور روی تجمع نمک در خاک و عملکرد ذرت دانه‌ای در چین صورت گرفت، نتایج آن، بیانگر مناسب نبودن آبیاری با آب دارای ۶ و ۹ گرم در لیتر نمک در این منطقه بود، همچنین آبیاری با شوری ۳ گرم بر لیتر به شرط آبهویی قبل از کاشت در منطقه شمال غرب چین مناسب بود (Chengfu et al., 2018). تنش شوری به‌عنوان یکی از

توسط سطوح شوری و آبیاری تحت تاثیر قرار گرفت. شاخص سطح برگ، شاخص برداشت و عملکرد زمانی که آب شیرین و آب آبیاری کافی اعمال شد، بیشترین مقدار خود را داشت. در تحقیقی که در چین برای بررسی اثر مالچ بر روی آب و نمک خاک تحت آبیاری قطره‌ای انجام شد نتایج بیانگر کاهش آب مصرفی و نمک در سطح خاک بوده است (Zhang et al., 2019). مالچ حرکت روبه بالای نمک خاک را کاهش می‌دهد (Zhijuan et al., 2018).

وحیدی (۱۳۸۱) تأثیر شوری آب و دور آبیاری بر توزیع املاح خاک در آبیاری قطره‌ای مورد بررسی قرار داد و با مطالعه تغییرات زمانی شوری خاک در اطراف قطره‌چکان مشاهده کرد، تجمع املاح خاک در دور آبیاری ۱۲ روزه بیشتر از ۳، ۶ و ۹ روزه بود. املاح خاک در دور آبیاری ۱۲ روزه بیشتر در عمق ۶۰-۰ سانتیمتری از سطح خاک تجمع کرده‌اند. در تحقیق دیگری که در آن از نوارهای تیپ با فاصله روزانه ۲۰ سانتی‌متری استفاده شد و نمونه‌های خاک از فواصل روی پشته، ۱۰ و ۲۰ سانتیمتری قطره‌چکان‌ها برداشت شد نتایج نشان داد که بیشترین تجمع نمک مربوط به فاصله ۱۰ سانتی‌متری قطره‌چکان‌ها است و پس از آن با فاصله گرفتن از قطره‌چکان مقدار نمک کاهش می‌یابد، بنابراین توزیع نمک در فاصله نزدیک قطره‌چکان‌ها بیشتر است (تابعی و همکاران، ۱۳۹۴). با توجه به اثرات متفاوت شوری آب در شرایط مختلف و با توجه به تفاوت ناحیه جذب آب در سیستم ریشه گیاهان، باید مطالعات در هر منطقه و با توجه به کیفیت آب، خاک و خصوصیات گیاهی انجام شود (میرزایی الموتی و همکاران، ۱۳۹۷).

در بحث شوری خاک، با توجه به اینکه به نوع تیپ (نوارها) و نحوه استقرار آن‌ها در آبیاری قطره‌ای با آب شور پرداخته نشده بود، پژوهش حاضر به بررسی توزیع نمک در آبیاری قطره‌ای نواری به صورت سطحی و نیمه زیرسطحی در عمق ۱۰ سانتی‌متری از سطح خاک تحت

آب و خاک شور پرداخته شد، نتیجه گرفتند استفاده از آب شور تحت مدیریت آبیاری قطره‌ای با کاهش اثرات منفی تجمع نمک در نیمرخ خاک و تنش ماتریک در ناحیه ریشه باعث بهبود عملکرد محصول و وضعیت زیست‌محیطی برای کشاورزی پایدار می‌گردد. در تحقیقی در چین روی گیاه ذرت تحت چهار تیمار پتانسیل ماتریک، و از عمق ۴۰ تا ۱۰۰ سانتیمتری نمک خاک به سختی تحت تاثیر پتانسیل ماتریک قرار گرفت و تجمع نمک بیشتر در لایه صفر تا ۴۰ سانتی‌متری رخ داد (Jingang et al., 2018).

Xiuping و همکاران (۲۰۱۹) طی تحقیقی در چین نشان دادند آبسویی نمک با افزایش پتانسیل ماتریک افزایش می‌یابد و این موضوع در پتانسیل ماتریک ۵- کیلو پاسگال در عمق ۳۰ سانتی‌متری از سطح خاک و فاصله ۱۵ سانتیمتری از قطره‌چکان‌ها بیشتر مشهود است که با اعمال آبسویی EC_e از ۱۳/۸ به ۱/۵۲ کاهش یافت. در مطالعه‌ای با بررسی اثر آبیاری قطره‌ای با آب شور روی ذرت، با شوری‌های ۱/۷، ۴، ۶/۳، ۸/۶ و ۱۰/۹ امیزان کاهش محصول بعد از آستانه تحمل گیاه به شوری به ازای هر واحد افزایش شوری خاک ۲ درصد بیان شد شوری خاک نیز در عمق صفر تا ۱۲۰ سانتیمتری در آغاز آبیاری با آب شور افزایش یافت اما در سال بعد با مدیریت اتخاذ شده به حالت پایدار رسید (Kang et al., 2010).

تأثیر سطح شوری و آبیاری بر رشد و عملکرد ذرت در منطقه خشک مصر توسط Amer (۲۰۱۰) ارزیابی شد. سه سطح شوری ۰/۸۹، ۲/۸۱ و ۴/۷۳ دسی‌زیمنس بر متر و پنج سطح آبیاری (با نسبت‌های ۰/۶، ۰/۸، ۱، ۱/۲ و ۱/۴ از تبخیرتعلق گیاه) در نظر گرفته شد. تجمع نمک در خاک با افزایش شوری آب آبیاری یا کاهش عمق آب آبیاری به طور معنی‌داری افزایش یافت. نفوذپذیری خاک نیز با افزایش سطح شوری آب آبیاری کاهش یافت. دمای برگ، نرخ تعرق و مقاومت روزنه‌ای به طور معنی‌داری

سطح خاک (ZU) T_5 - نوار زیپدار سطحی همراه با مالچ (ZSM) استفاده شد. مالچ مورد استفاده در این تحقیق نوارهای پلاستیکی بود که روی نوارهای تیپ قرار گرفت. در ۱۵ کرت مورد نظر، این تیمارها با تعداد ۳ تکرار برای هر تیمار به طور تصادفی قرار داده شدند. سطح هر کرت آزمایشی ۹ مترمربع و شامل چهار ردیف سه متری با فاصله ردیف ۷۵ سانتیمتری کرت بندی بود (شکل ۱). به منظور اندازه‌گیری شوری، نمونه‌های خاک از فواصل عرضی شامل؛ صفر، ۱۵ و ۳۰ سانتیمتری و اعماق مختلف شامل؛ عمق‌های ۰-۲۰، ۲۰-۴۰ و ۴۰-۶۰ سانتیمتری محل گسیلنده‌ها برداشت و برای تهیه عصاره اشباع به آزمایشگاه منتقل شدند. طول دوره رشد گیاه ذرت علوفه-ای ۸۷ روز بود. محصول در اول مرداد ۱۳۹۷ کشت شد. برداشت نمونه‌های خاک برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی در سه نوبت؛ قبل از کشت، ۴۰ و ۶۰ روز بعد از کشت انجام گرفت که دو برداشت اخیر با اعمال نمک در آب آبیاری بوده و برداشت اول قبل از اعمال نمک بود (شکل ۲)، گل اشباع با روش ۵ به ۱ مخلوط آب مقطر و خاک درست شد و بعد از ۲۴ ساعت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک با دستگاه EC متر اندازه‌گیری شد. بافت خاک توسط دستگاه مسترسایز^۱ و روش الک اندازه‌گیری شد که در عمق صفر تا ۶۰ سانتیمتری از سطح خاک، سیلت لوم بود. رطوبت خاک تا عمق ۱ متری با دستگاه probe مدل pr2 اندازه‌گیری و بر اساس تحلیل

آبیاری با شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر پرداخت. بنابراین هدف از این تحقیق، بررسی تفاوت بین تجمع نمک در اعماق مختلف از سطح خاک و همچنین در فواصل متفاوت از گسیلنده‌ها در روش‌های آبیاری قطره‌ای تیپ پلاکدار و زیپدار در مزرعه دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) است.

مواد و روش‌ها

استان قزوین در حوزه مرکزی ایران با مساحتی معادل ۱۵۸۲۱ کیلومتر مربع بین ۴۸ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۵۰ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۳۷ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۵ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. ساختار توپوگرافیکی متفاوت، شرایط اقلیمی مختلفی را در پهنه جغرافیایی استان به وجود آورده است. آزمایش‌های مزرعه‌ای در سال ۱۳۹۷ در اواخر فصل بهار و در طول فصل تابستان در مزرعه گروه علوم و مهندسی آب دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) در قزوین انجام شد. نوع خاک منطقه مورد آزمایش سیلت لوم بود و نتایج تجزیه برخی خصوصیات فیزیکی-شیمیایی خاک قبل از کشت به ترتیب در جدول (۱) آورده شده است.

در این تحقیق از روش بلوک‌های کاملاً تصادفی با پنج تیمار شامل: T_1 - نوار پلاکدار با نصب نوار در سطح زمین (T_2 (PS) - نوار پلاکدار در عمق ۱۰ سانتی‌متری از سطح خاک (T_3 (PU) - نوار زیپدار با نصب نوار در سطح زمین (T_4 (ZS) - نوار زیپدار در عمق ۱۰ سانتی‌متری از

جدول ۱. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از کشت

رطوبت وزنی در حد PWP	رطوبت وزنی در حد FC	چگالی ظاهری ($g.cm^{-3}$)	بافت خاک	پتاسیم قابل جذب		فسفر قابل جذب		ازت کل (%)	کربن آلی (%)	* درصد مواد خشتی شونده (TNV)	عمق (cm)
				(p.p.m)	(p.p.m)	(p.p.m)	(p.p.m)				
۱۴	۲۳	۱/۳۳	سیلت لوم	۲۸۸	۴	۰/۰۶	۰/۰۶	۱۱/۵	۷/۴	۰-۳۰	
۱۳/۵	۲۲	۱/۳۳	سیلت لوم	۶۰	۱	۰/۱	۰/۰۹	۱۶	۷/۴۶	۳۰-۶۰	

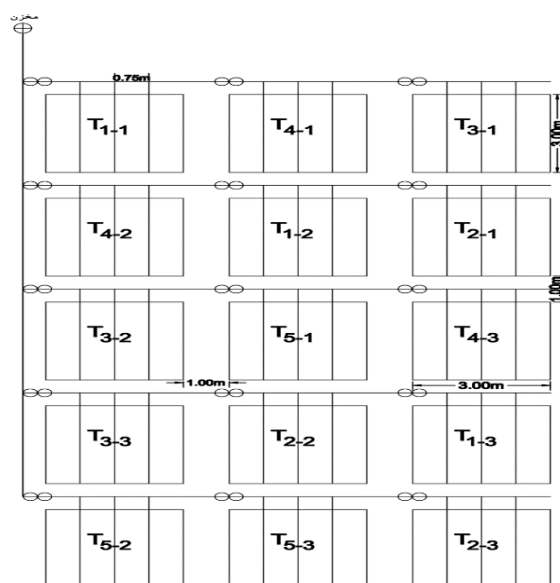
* مقدار کربنات کلسیم و کربنات منیزیم ارزش خشتی شده کل (TNV) را تعیین می‌کند.

^۱ Mastersizer model MSS

بعد) می‌باشد. شکل (۳) حجم آبیاری در هر نوبت در تیمارهای مورد مطالعه را نشان می‌دهد. سپس علف‌های هرز جمع‌آوری و سطح زمین صاف و آماده عملیات لوله-گذاری گردید. سیستم آبیاری قطره‌ای از نوع نوارهای تیپ زیپدار و پلاکدار انتخاب شد (جدول ۲)..

کمبود رطوبت، میزان آب آبیاری مورد نیاز، با رابطه (۱) محاسبه شد

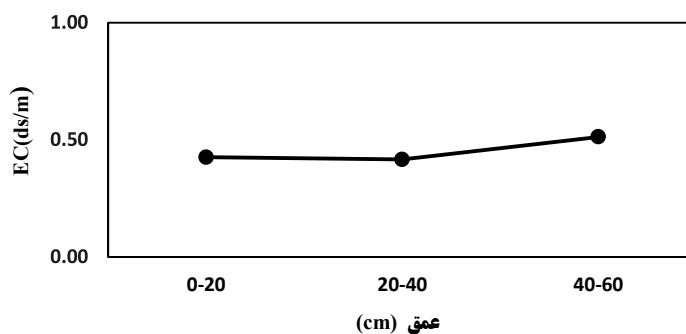
که در آن I_r نیاز آبیاری (m)، F_c و PWP به ترتیب رطوبت وزنی در نقطه ظرفیت زراعی و پژمردگی دائم (درصد)، p_b چگالی ظاهری خاک ($g.cm^{-3}$)، Drz عمق ریشه (m) و MAD ، نسبت تخلیه مجاز مدیریتی (بدون



شکل ۱. شماتیک تیمارهای اجرا شده (T_x-y : شماره تیمار، y شماره تکرار)

جدول ۲. مشخصات هیدرولیکی گسیلنده‌ها

نوع تیپ	فشارکارکرد ($m-H_2O$)	فاصله گسیلنده‌ها از یکدیگر (cm)	دبی هر گسیلنده (L/hr)	رنگ تیپ
پلاکدار	۴	۳۰	۱/۳۶	سفید
زیپدار	۴	۲۰	۱/۹۹	سیاه



شکل ۲. پروفیل شوری خاک قبل از زمان کشت

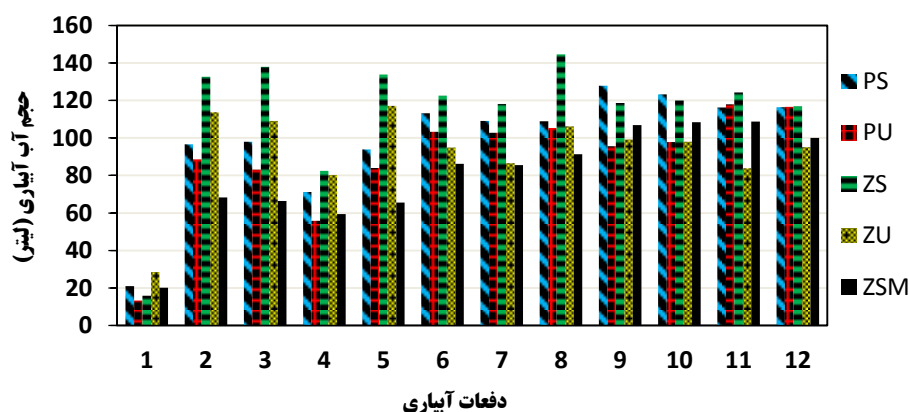
محصول در تاریخ ۱۳۹۷/۷/۲۵ انجام شد، قابل توجه است که زمان آبیاری با اندازه‌گیری رطوبت خاک توسط دستگاه prop محاسبه گردید بنابراین دور آبیاری از ۳ روز در تابستان تا ۸ روز در مهرماه متغیر بود.

نتایج و بحث

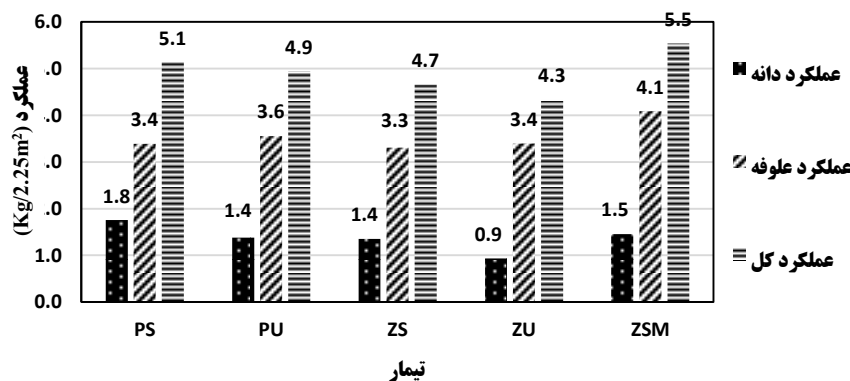
اندازه‌گیری وزن محصولات بعد از برداشت بیانگر این موضوع بودند که تیمار زیپدارسطحی با مالچ بهترین نوع سیستم در بین تیمارهای مورد بررسی بود زیرا کمترین مقدار آب مصرفی و بیشترین عملکرد را به خود اختصاص داد. قابل ذکر است هر کرت شامل چهار پشته بود که محصولات از دو پشته وسط در سطح ۲/۲۵ مترمربع برداشت گردید (شکل ۴).

شکل (۳) نشان می‌دهد که کمترین حجم آبیاری مربوط به تیمار زیپدارسطحی با مالچ است ولی در اواخر دوره به علت پوسیده شدن پلاستیک مقدار آب مصرفی کمی افزایش یافت. با توجه به متفاوت بودن نیاز آبی در طول دوره رشد، حجم آب آبیاری متفاوت است. در این پژوهش راندمان برای همه تیمارها ۹۵ درصد در نظر گرفته شده است.

از شروع تاریخ ۱۳۹۷/۵/۱ که زمان کشت بذرها بود تا پایان تاریخ ۱۳۹۷/۵/۱۲ که گیاه در مرحله چهار برگی قرار گرفت آبیاری با آب چاه دانشگاه قزوین بدون اعمال نمک در ۴ مرحله (بر اساس دور آبیاری ۳ روز) صورت گرفت بعد از آن در ۱۲ مرحله آبیاری با اعمال نمک و رساندن هدایت الکتریکی آب به ۲dS/m تا برداشت



شکل ۳. حجم آب آبیاری در هر نوبت در تیمارهای مورد مطالعه



شکل ۴. عملکرد ذرت علوفه‌ای در هر تیمار در سطح پلات با مساحت ۲/۲۵ مترمربع با فاصله کشت ۳۰ سانتی‌متر

با توجه به مقایسه میانگین‌ها در شکل (۶-الف)، مشاهده می‌شود که تیمار PU با سایر تیمارها در سطح ۰/۰۵ درصد اختلاف معنی‌دار دارد ولی سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری ندارند بنابراین پیشنهاد می‌شود در عمق و فاصله مورد نظر از تیمار PU استفاده شود زیرا کمترین تجمع نمک را داشته است. همچنین شکل (۶-ب)، بیان می‌کند میانگین شوری در تیمار PU با تیمار ZU در سطح ۰/۰۵ درصد اختلاف معنی‌دار دارد ولی سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری ندارند. نتایج مقایسه میانگین شوری در شکل (۷-الف)، بیان می‌کند که بین تیمارهای PU و ZU با تیمارهای PS، ZS و ZSM اختلاف آماری وجود دارد و کمترین تجمع نمک در این فاصله و عمق در تیمار PU رخ داده است. همچنین در شکل (۷-ب)، مشاهده می‌شود بین تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود ندارد بنابراین می‌توان نتیجه گرفت نوع سیستم آبیاری در فاصله و عمق مورد نظر بر تجمع نمک تاثیر نداشته است. در شکل (۷-پ)، در سطح آماری ۰/۰۵ درصد، تیمار ZS با تیمار ZSM دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ولی سایر تیمارها با هم اختلاف آماری ندارند. در عمق و سطح مورد بررسی تیمار ZSM کمترین مقدار نمک را دارا است، این تیمار به طور میانگین نسبت به سایر تیمارها ۱۰/۳۹ درصد مقدار تجمع نمک را کاهش داد.

برای مشاهده بهتر نتایج، داده‌ها به نرم‌افزار SURFER 10 داده شد تا شماتیکی از نحوه توزیع نمک در خاک را نشان دهد (شکل‌های ۸ تا ۱۰). مختصات (۰،۰) موقعیت قطره‌چکان را نشان می‌دهد که با علامت () در شکل‌ها نشان داده شده است.

از شکل ۸ که متعلق به تیمارهای پلاکدارسطحی و پلاکدار نیمه زیرسطحی است می‌توان نتیجه گرفت که بیشترین مقدار شوری در عمق ۱۵ سانتیمتری و در فاصله ۱۰ سانتیمتری از گسیلنده اتفاق افتاده است. تابعی و همکاران (۱۳۹۴) در تحقیق خود بیان کردند که بیشترین شوری مربوط به فاصله ۱۰ سانتیمتری قطره‌چکان‌ها است

قابل ذکر است که عملکرد ذرت علوفه‌ای در هکتار با شرایط این پژوهش برای تیمارهای زیپدار سطحی، زیپدار زیرسطحی، پلاکدارسطحی، پلاکدار زیرسطحی و زیپدار سطحی با مالچ به ترتیب برابر ۲۰، ۱۹، ۲۲، ۲۱ و ۲۵ تن محاسبه شد.

مقایسه واریانس، نتایج شوری در اعماق مختلف مورد آزمون، بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار شوری در سطح آماری ۰/۰۵ درصد در عمق ۰-۲۰ سانتیمتری از سطح خاک در همه تیمارها بود که در نمونه‌برداری سوم (۶۰ روز بعد از کشت) برداشت شدند (جدول ۳).

در جدول ذیل، $EC_e x (y-z)$ از چپ x بیانگر فاصله از گسیلنده، (y-z) بیانگر عمق مورد نظر از سطح خاک می‌باشند که واحد آن سانتی‌متر است.

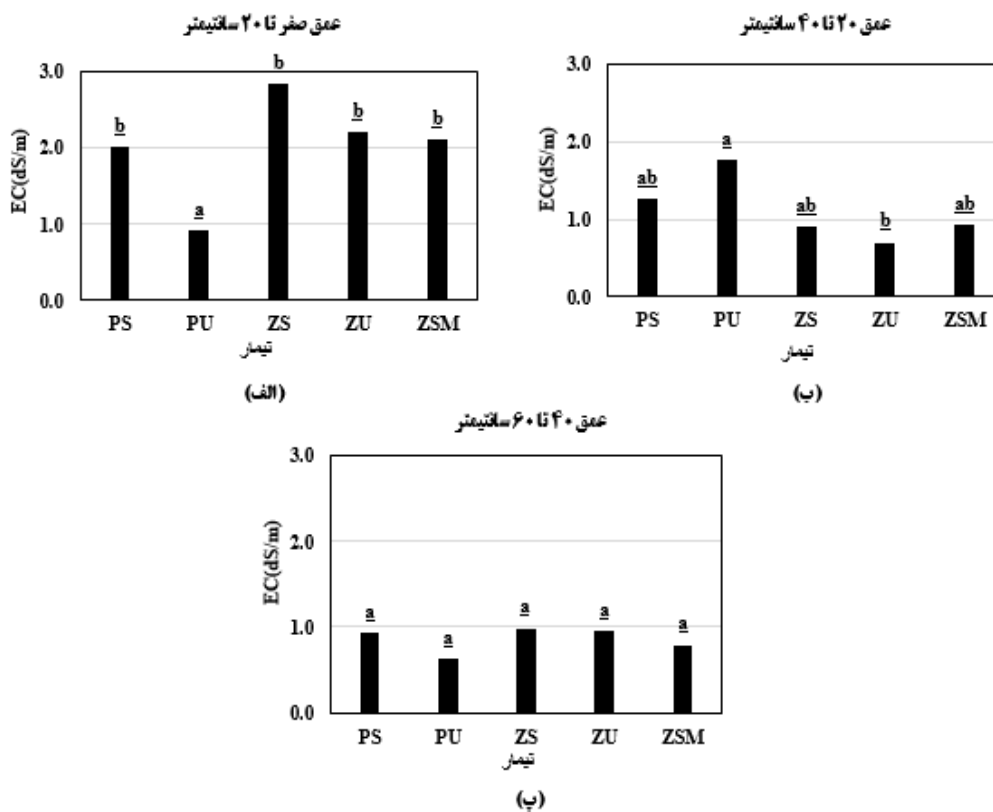
جدول ۳ معنی‌دار بودن در عمق صفر تا ۲۰ سانتیمتری در همه تیمارها و در هر سه فاصله ۰، ۱۵ و ۳۰ سانتیمتری از گسیلنده در سطح ۰/۰۵ درصد را نشان می‌دهد. بنابراین تجمع نمک فقط در عمق ۰-۲۰ سانتیمتری از گسیلنده‌ها با هم تفاوت دارند ($sig < 0.05$). که نتایج در شکل‌های ۵، ۶ و ۷ بیان شده است. تیمارها بر اساس میانگین شوری گروه-بندی شده و در گروه‌های a، b و ab قرار گرفتند (شکل ۵-الف) در عمق صفر تا ۲۰، (شکل ۵-ب) در عمق ۲۰ تا ۴۰ و (شکل ۵-پ) در عمق ۴۰ تا ۶۰ سانتیمتری بیان شده‌اند. نتایج آنالیز آماری به روش دانت در شکل (۵-الف)، بیان می‌کند در فاصله صفر سانتیمتری از گسیلنده و عمق صفر تا ۲۰ سانتیمتری از سطح خاک در سطح ۰/۰۵ درصد، تیمار PU با تیمار ZSM اختلاف معنی‌دار دارند و سایر تیمارها با هم اختلاف معنی‌داری ندارند. همچنین در شکل (۵-ب) مشاهده می‌شود در عمق ۲۰ تا ۴۰ سانتیمتری و در فاصله صفر سانتیمتری از گسیلنده‌ها تیمار ZU با سایر تیمارها در سطح ۰/۰۵ درصد از نظر میانگین شوری‌ها اختلاف معنی‌دار دارد ولی سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری ندارند شکل (۵-پ) نیز به علت دورتر شدن از گسیلنده تجمع نمک ناچیز بوده و تیمارها اختلاف ندارند.

سنگین ناهمگن در مرکز تحقیقات کشاورزی گیلان، بیان کردند که شوری در اطراف قطره‌چکان بیشتر از زیر قطره-چکان است. بنابراین نتایج تحقیق حاضر با نتایج کار سایر محققین از نظر تجمع نمک در اطراف گسیلنده‌ها و در عمق‌های نزدیک به سطح مغایرت ندارد.

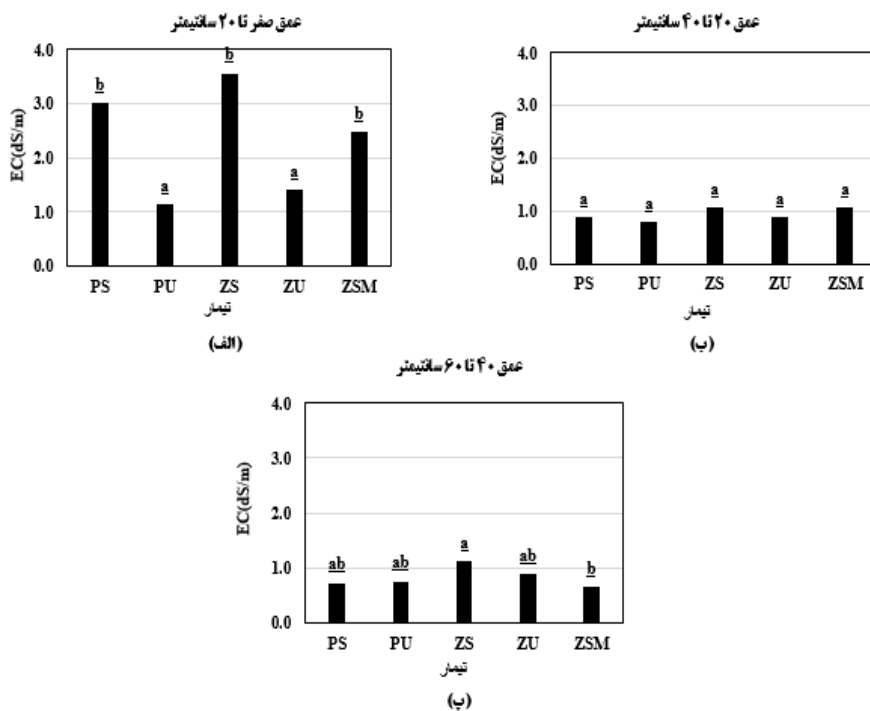
و پس از آن با فاصله گرفتن از قطره‌چکان مقدار شوری کاهش می‌یابد، همچنین جواد زاده شاخلی و همکاران (۱۳۹۴) در عملکرد مدل هایدروس دو بعدی در برآورد تجمع نمک تحت سامانه‌ی آبیاری قطره‌ای نواری در مقیاس مزرعه‌ای و حالت غیر ماندگار برای یک خاک

جدول ۳. نتایج آزمون برابری واریانس‌ها

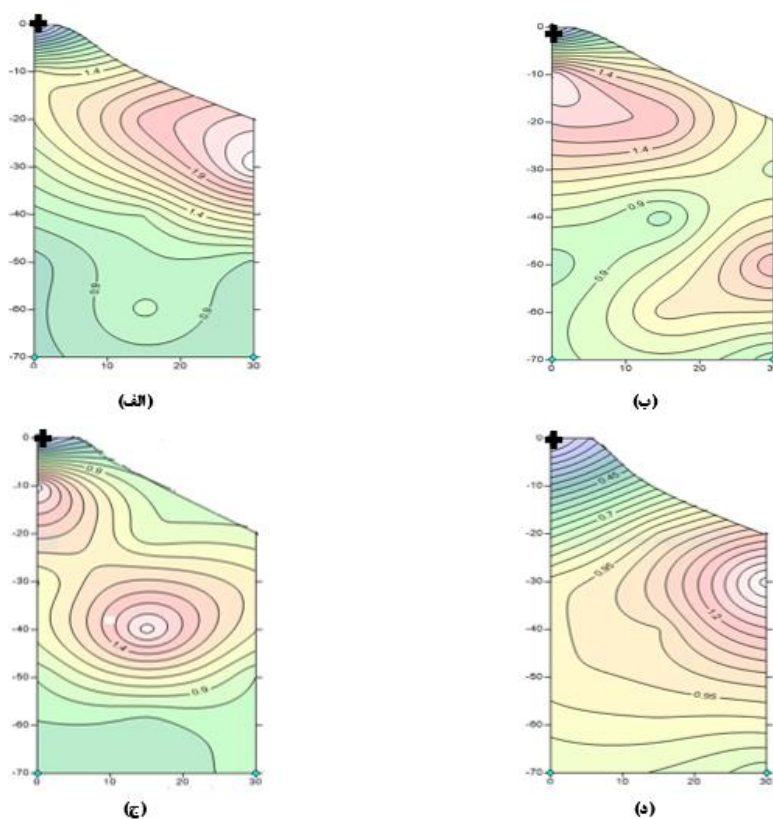
سطح آماری	درجه آزادی دوم	درجه آزادی اول	sig
۰ (۰-۲۰) EC _e	۵/۸۱۵	۴	۰/۰۱۱
۰ (۲۰-۴۰) EC _e	۰/۸۷۱	۴	۰/۵۱۴
۰ (۴۰-۶۰) EC _e	۰/۸۷۱	۴	۰/۵۱۴
۱۵ (۰-۲۰) EC _e	۳/۹۱۷	۴	۰/۰۳۶
۱۵ (۲۰-۴۰) EC _e	۲/۷۲۷	۴	۰/۰۹۰
۱۵ (۴۰-۶۰) EC _e	۱/۴۴۹	۴	۰/۲۸۸
۳۰ (۰-۲۰) EC _e	۷/۶۶۷	۴	۰/۰۰۴
۳۰ (۲۰-۴۰) EC _e	۲/۸۹۶	۴	۰/۰۷۹
۳۰ (۴۰-۶۰) EC _e	۱/۰۸۴	۴	۰/۴۱۵



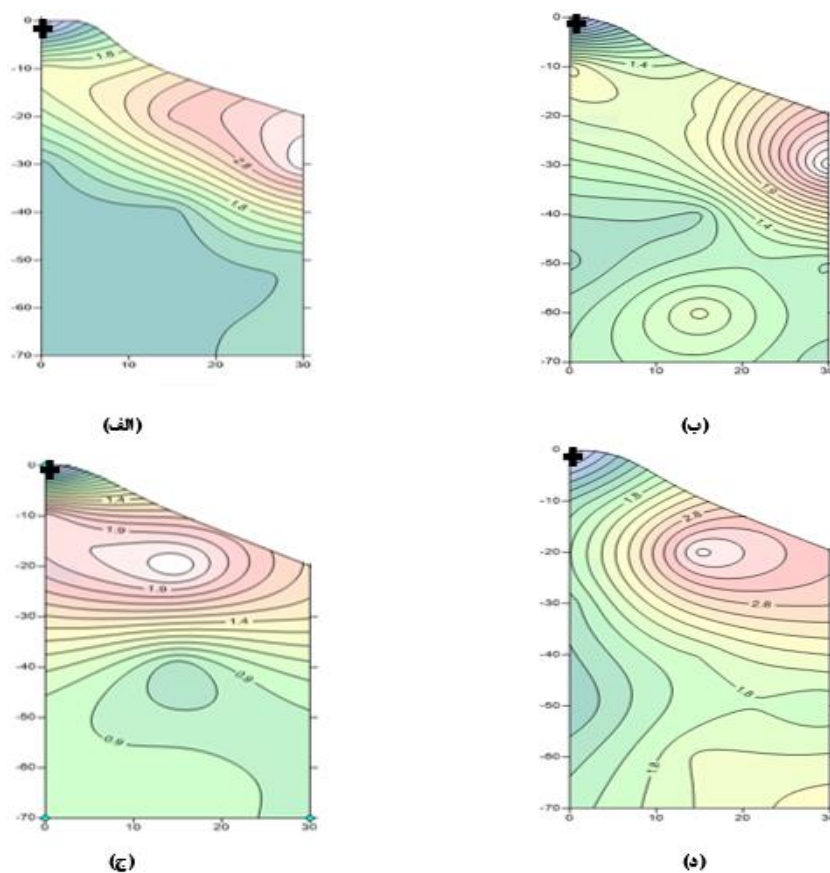
شکل ۶. مقایسه میانگین‌های شوری در هر پنج تیمار در اعماق ۲۰-۰ (الف)، ۴۰-۲۰ (ب) و ۶۰-۴۰ (پ) و در فاصله ۱۵ سانتی‌متر از گسیلنده



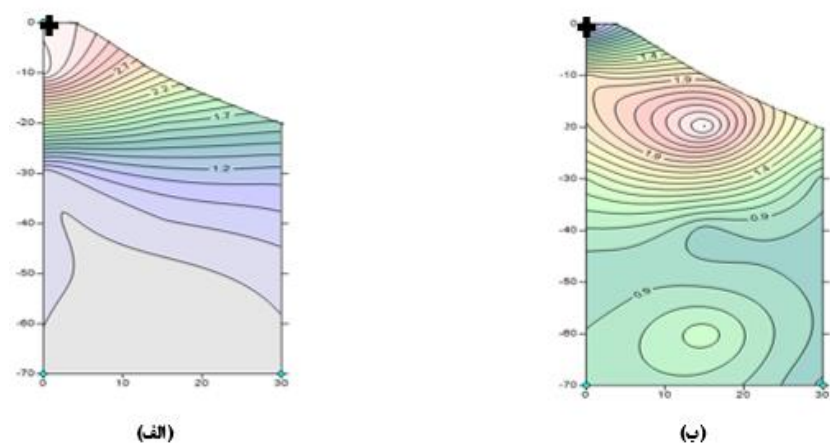
شکل ۷. مقایسه میانگین‌های شوری در هر پنج تیمار در اعماق ۰-۲۰ (الف)، ۲۰-۴۰ (ب) و ۴۰-۶۰ (پ) و در فاصله ۳۰ سانتیمتر از گسیلنده



شکل ۸. تغییرات شوری برای تیمار نوار پلاکدار سطحی (PS) و نوار پلاکدار نیمه زیرسطحی (PU) در عمق‌های مختلف. (الف): پلاکدار سطحی ۴۰ روز بعد از کشت. (ب): پلاکدار سطحی ۶۰ روز بعد از کشت. (ج): پلاکدار نیمه زیرسطحی ۴۰ روز بعد از کشت. (د): پلاکدار نیمه زیرسطحی ۶۰ روز بعد از کشت. محور افقی بیانگر فاصله از گسیلنده‌ها و محور عمودی بیانگر عمق از سطح خاک بر اساس سانتیمتر



شکل ۹. تغییرات شوری برای تیمار نوار زیپدارسطحی (ZS) و نوار زیپدار نیمه زیرسطحی (ZU) در عمق‌های مختلف. (الف): زیپدارسطحی ۴۰ روز بعد از کشت. (ب): زیپدارسطحی ۶۰ روز بعد از کشت. (ج): زیپدار زیرسطحی ۴۰ روز بعد از کشت. (د): زیپدار نیمه زیرسطحی ۶۰ روز بعد از کشت. محور افقی بیانگر فاصله از گسیلنده‌ها و محور عمودی بیانگر عمق از سطح خاک بر اساس سانتیمتر



شکل ۱۰. تغییرات شوری برای تیمار نوار زیپدارسطحی با مالچ (ZSM) در عمق‌های مختلف. (الف): ۴۰ روز بعد از کشت و (ب): ۶۰ روز بعد از کشت. محور افقی بیانگر فاصله از گسیلنده‌ها و محور عمودی بیانگر عمق از سطح خاک بر اساس سانتیمتر

۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متری از سطح و در فاصله ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متری از گسیلنده صورت گرفته است. العمران و همکاران در بررسی تغییرات شوری خاک طی دو سال

با توجه به شکل‌های ۸، ۹ و ۱۰ که متعلق به تیمارهای زیپدارسطحی، زیپدار نیمه زیرسطحی و زیپدارسطحی با مالچ است، مشاهده می‌شود بیشترین تجمع نمک در عمق

آبیاری با شوری ۳ گرم بر لیتر به شرط آیشوی قبل از کاشت در منطقه شمال غرب چین مناسب بود (Chengfu *et al.*, 2018). در پژوهش تابعی و همکاران که در آن از نوارهای تیپ با فاصله روزنه ۲۰ سانتیمتری استفاده شد و نمونه‌ها از فواصل روی پشته، ۱۰ و ۲۰ سانتیمتری قطره‌چکان‌ها برداشت شد، نتایج بیانگر بیشترین تجمع نمک در فاصله ۱۰ سانتی‌متری از گسیلنده‌ها بود و با فاصله گرفتن از گسیلنده‌ها تجمع نمک کاهش یافت (تابعی و همکاران، ۱۳۹۴). همچنین یتایو و رینولدز در ارزیابی حرکت آب و نمک از یک منبع نقطه‌ای به صورت مزرعه‌ای به این نتیجه رسیدند که توزیع نمک از یک منبع جریان آب نقطه‌ای در نقطه استقرار منبع بیشتر است و به طور شعاعی و نیز عمقی کاهش می‌یابد. دلیل آن تبخیر بیشتر (شدیدتر) و رسوب نمک زیادتر در آن نقطه است و در جریان‌های شدیدتر (دبی جریان زیادتر) این نمک به نقاط دورتر منتقل می‌شود (Yitayew and Reynolds, 1977). بنابراین با توجه به پژوهش پیشینان مشاهده شد که در آبیاری قطره‌ای نواری با آب شور بیشترین تجمع نمک در نزدیک قطره‌چکان‌ها صورت گرفت که این موضوع با نتایج تحقیق حاضر مطابقت داشت. بنابراین برای بهتر شدن نتایج در چنین پژوهشی پیشنهاد می‌شود نوار آبیاری در جوار خط کشت قرار داده شود، همچنین استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای نوار زپیدار نیمه زیرسطحی با مالچ می‌تواند در آبیاری با آب شور مورد توجه بیشتر قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند ایران، توجه به مسئله شوری از الزامات پایداری منابع آب و خاک است. نتایج پژوهش حاضر بیانگر تجمع نمک در عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری از سطح خاک است. همچنین در بافت خاک سیلت لوم بیشترین تجمع نمک در فاصله بین صفر تا ۱۵ سانتی‌متری از گسیلنده‌ها صورت

متوالی در سیستم آبیاری قطره‌ای روی گوجه‌فرنگی به این نتیجه رسیدند که در تمام فصول عمق ۳۰ تا ۴۵ سانتیمتری از سطح خاک دارای شوری کمتری نسبت به اعماق صفر تا ۳۰ سانتیمتری بود. بنابراین با توجه به نتیجه به دست آمده و با مقایسه این نتایج با سایر محققین می‌توان بیان کرد که بیشترین تجمع نمک در اطراف گسیلنده است زیرا به علت تبخیر از سطح خاک نمک به همراه آب به سطح خاک منتقل می‌شود و بعد از تبخیر آب، نمک در سطح باقی می‌ماند و هر اندازه که عمق افزایش یابد از مقدار نمک کاسته می‌شود (Al-Omran, 2008).

همچنین شکل‌های (۸-ب، ۹-ب و ۱۰-ب) که ۶۰ روز بعد از کشت برداشت شده است بیانگر این موضوع هستند که به دلیل تعداد دفعات بیشتر آبیاری تجمع نمک که در برداشت اول (۴۰ روز بعد از کشت) در فواصل ۰ تا ۱۵ سانتیمتری از گسیلنده‌ها قرار داشت به دلیل آیشوی بیشتر، از گسیلنده فاصله گرفته و در فاصله دورتر تجمع پیدا کرده که این فاصله در بافت خاک سیلت لوم ۱۵ تا ۳۰ سانتیمتری است ولی عمق تجمع نمک به صورت قابل ملاحظه‌ای تغییر نکرده بود. مکسینگ و همکاران در تحقیقی اثر رژیم سیستم قطره‌ای بر توزیع آب و نمک در گیاه پنبه را بررسی کردند که نتایج بیانگر این موضوع بودند که تعداد دفعات آبیاری و کیفیت آب تأثیر معناداری بر رطوبت خاک، شوری و میزان آب مصرفی گیاه داشت، در نتیجه با افزایش دفعات آبیاری، تجمع نمک از ناحیه نزدیک گسیلنده‌ها فاصله گرفته و در قسمت‌های دورتر تجمع یافته است (Meixian *et al.*, 2013). بنابراین نتایج به دست آمده از این پژوهش مشابه کار سایر محققین است.

در تحقیقی که به بررسی تأثیر آبیاری با آب شور روی تجمع نمک در خاک و عملکرد ذرت دانه‌ای در چین پرداخته شد، نتایج این تحقیق بیانگر مناسب نبودن آبیاری با شوری ۶ و ۹ گرم در لیتر در این منطقه بود، همچنین

قزوین، می‌توان تاریخ کشت را تا یک ماه به تعویق انداخت، زیرا با توجه به کاهش آب مصرفی بهره‌وری افزایش می‌یابد. با توجه به یافته‌های پژوهش، پیشنهاد می‌شود که در بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نواری، مسئله تجمع املاح حتما مورد توجه باشد و آبشویی فصلی برای جلوگیری از تخریب خاک در برنامه مدیریت آبیاری رعایت شود.

گرفت. در طول دوره رشد در اثر آبیاری با آب شور تجمع نمک در ناحیه ریشه صورت نگرفته بود و در گوشواره نمکی قرار گرفته بوده است. همچنین تیمار زیپدارسطحی با مالچ علاوه بر عملکرد بالا میزان آب مصرفی کمتری را دارا بود، بنابراین برای کشت ذرت علوفه‌ای با شرایط مزرعه‌ای مشابه این تحقیق، روش مناسبی است. علاوه بر این، در مناطقی با اقلیم مشابه

منابع مورد استفاده

- تابعی، م. برومندنسب، س. سلطانی محمدی، آ و حیدرنصرالهی، ع. ۱۳۹۴. شبیه‌سازی توزیع شوری در خاک تحت آبیاری قطره‌ای تیپ با آب شور با استفاده از مدل Swap. نشریه آب و خاک، ۲۹(۳): ۶۰۳-۵۹۰.
- جواد زرین، ا. صبوری فرد، م. احمدی هلیلی، م. بنیادوندی، ا و قاسمی م. ۱۳۹۶. بررسی پراکنش مکانی شوری در اعماق مختلف پروفیل خاک با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS). سومین کنفرانس بین‌المللی توسعه پایدار، راهکارها و چالش‌ها با محوریت کشاورزی، منابع طبیعی، محیط زیست و گردشگری، تبریز، دبیرخانه دائمی کنفرانس.
- جواد زاده شاخلی، ف. خالدیان، م. نوایان، م و شاهین رخسار، پ. ۱۳۹۴. شبیه‌سازی شوری خاک تحت منبع خطی در یک خاک ناهمگن و در شرایط غیر ماندگار. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۲(۴): ۲۱۶-۲۰۳.
- کریم‌زاده، ح. رضایی، ر و مهرابی، ش. ۱۳۹۵. بررسی تاثیر خاک، پساب و لجن فاضلاب بر برخی ویژگی‌های رویش گیاه قره‌داغ. نشریه حفاظت منابع آب و خاک ۵ (۴): ۸۲-۹۴.
- عابدی کوپایی، ج و ملکیان، ر. ۱۳۸۴. مدیریت آب آبیاری با استفاده از مدل Saltmed. کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه. ۳۰۲-۳۱۸.
- مومنی، ع. ۱۳۸۹. پراکنش جغرافیایی و سطوح شوری منابع خاک ایران. مجله پژوهش‌های خاک، ۲۴(۳): ۲۱۵-۲۰۳.
- میرزایی الموتی، ل. نظری، ب. رضایی اعتدالی، ه و ستوده‌نیا، ع. ۱۳۹۷. بررسی توزیع نمک در آبیاری قطره‌ای نواری تیپ با استفاده از آب شور. نخستین همایش راهبردهای مدیریت منابع آب و چالش‌های زیست محیطی در دانشگاه ساری.
- وحیدی، ع. ۱۳۸۱. تاثیر شوری آب و دور آبیاری بر توزیع املاح خاک در آبیاری قطره‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- همایی، م، ۱۳۸۱. واکنش گیاهان به شوری. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، صفحه ۹۷.

- Al-Omran, A. 2008. Effect of saline water and drip irrigation on tomato yield in sandy calcareous soils amended with natural conditioners. International Salinity For.
- Amer, K.H. 2010. Corn crop response under managing different irrigation and salinity levels: Agricutur Water Manage. 97 (1553-1563). and furrow method. Journal of Tropical Agriculture. 9(3): 194-202.
- Chengfu, Y. Shaoyan, F' Juan, W. Zailin, H and Quanyi, J. 2018. Effects of irrigation water salinity on soil salt content distribution, soil physical properties and water use efficiency of maize for seed production in arid Northwest China. Int J Agric & Biol Eng, 2018; 11(3): 137-145.
- Datta, A. Ullah, H and Ferdous, Z. 2017. Water management in rice. In: BS Chauhan, K Jabran, G Mahajan (Eds.), Rice Production Worldwide. Springer.2017; 255-277.

- Droogers, P. Salemi, H.R and Mamanpoush, A. 2000. Exploring basin scale salinity irrigation system advantages, American Society of Agricultural Engineers, 50(4), doi.
- Jingang, L. Zhongyi, Q. Jin, Ch. Fan, W and Qiu, J. 2018. Effect of different thresholds of drip irrigation using saline water on soil salt transporation and maize yield. *water* 2018, 10, 1855.
- Kang, Y. Chen, M and Wan, S. 2010. Effects of drip irrigation with saline water on waxy maize (*Zea mays* L. var. *ceratina* Kulesh) in North China Plain: *Agric. Water Manage.* (97) 1303–1309.
- Kang, Y.H. 1998. Microirrigation for the development of sustainable agriculture. *CASE*, 14 (Suppl.), 251–255 (in Chinese with English abstract).
- Meixian, L. Jingsong, Y. Xiaoming, L. Guanming, L. Mei, Y and Wang, J. 2013. Distribution and dynamics of soil water and salt under different drip irrigation regimes in northwest china. *Irrig Sci.* 31:675-688.
- Murtaza, G. Ghafoor, A and Qadir, M. 2006. Irrigation and soil management strategies for using saline-sodic water in a cotton-wheat rotation. *Agricultural Water Management.* 81: 98-114.
- Oron, G. Demalach, Y. Hoffman, Z. Keren, Y. Hartmann, H and Plazner, N. 1990. Wastewater disposal by subsurface trickle irrigation. *Proceedings, Fifteenth Biennial Conference, IAWPRC, Kyoto, Japan, Jul 29-Aug. 3*, pp. 2149-2158.
- Phene, C.J. Davis, K.R; Hutmacher, R.B; Bar-Yosef, B and Meek, DW. 1990. Effect of high frequency surface and subsurface drip irrigation on root distribution of sweet corn. *Irrigation Science.* 12: 135-140.
- Singh-Saggu, S and Kaushal, M.P. 1991. Fresh and saline water irrigation through drip and furrow method. *Int. j. Top. Agric.* 9(3): 194-202.
- Takinel, O. Kanber, R. Diker, K. 2002. The Potential Use of Drip Irrigation Systems for unsaturated soil during unsteady absorbtion. *Soil Sci. Am. J.* 52(2): 340-345.
- Xiuping, W. Zhizhong, X. Xuelin, L. Yahui, L. Guangming, L and Zhe, W. 2019. Salt leaching of heavy coastal saline silty soil by controlling the soil matricpotential. *Soil and eater research.*(3): 132-137.
- Yitayew, M and Reynolds, C. 1977. The cost saving: The Low-Head gravity -flow bubbler irrigation system advantages, American Society of Agricultural Engineers, No. 972184: 3.
- Zhijuan, Q. Hao, F.Ying, Z. Aizheng, Yand Zhongxue, Z. 2018. Spatial distribution and simulation of soil moisture and salinity under mulched drip irrigation combined with tillage in an arid saline irrigation district, northwest China. *Agricultural Water Management.* Vol 201, P 219-231.
- Zhang, C. Jia, Lm; Shen, Y and Ma, C. 2019. The Influence of Straw Mulch on the Transport and Distribution of Water and Salt in Indirect Drip Irrigation with Saline Water. *Springer.* 227-239.
- Zhai, Y. Yang, Q and Hou, M. 2015. The effects of saline water drip irrigation on tomato yield, quality and blossom-end rot incidence --- A 3a Case Study in the South of China. *PLoS ONE.* 10 (11): e0142204. DOI: 10.1371/journal.pone.0142204.



Study of salinity distribution in cultivated soil profiles under drip irrigation

Leila Mirzaei alamuti¹, Bijan Nazari^{2*}, Abbas Sotoodehnia³ and Hadi Ramezani Etedali⁴

1) Msc Candidate of Irrigation and Drainage Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.

2*) Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.

3) Associate Prof., Dept. of Water Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.

4) Associate Prof., Dept. of Water Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.

*Corresponding author email: b.nazari@eng.ikiu.ac.ir

Received: 15-02-2020

Accepted: 16-02-2021

Abstract

Conservation of soil and water resources in arid and semi-arid countries is a serious concern for salinity. The present study was carried out in a completely randomized block design to investigate soil salt accumulation in tape irrigation. Treatments included: “surface plaque tape”, “semi-subsurface plaque tape in 10 cm depth of soil”, “surface tape”, “semi-subsurface tape in 10 cm depth of soil” and “surface tape with mulch”. Salinity of irrigation water was 2 ds/m with Forage Maize cultivation. The results of salinity analysis indicate that salt distribution in 15-20 cm depth soil and in 10-15 cm space from dripper had highest value. Also in confidence level of 95%, in all of treatment in 0, 15 and 30 cm space of dripper and 0-20 cm depth of soil level there were different in salt but in another depth (20-40 and 40-60 cm) there weren't any different also, in use of drip tape irrigation system in soil texture silt-loam discrete kind of tape and location of installation, mainly salt distribution happen between 0-15 cm space of dripper and 0-20 cm depth of soil level and we have to do leaching. In this research, surface tape with mulch treatment had the highest yield and lowest water use between studied treatments. This treatment reduced the amount of salt accumulation by 10.39% on average compared to other treatments.

Keywords: Crop yield, Drip irrigation, Salinity and Water consumption.