نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۳، مرداد – شهریور ۱۳۹۷، ص. ۴۸۷-۴۷۵

Journal of Water and Soil
Vol. 32, No. 3, Jul.-Agu. 2018, p. 475-487

بررسی تغییرات شوری پروفیل خاک چهار محصول زراعی دشت قزوین تحت آبیاری تیپ با مدل AquaCrop

هادی رمضانی اعتدالی[۱]- مریم پاشازاده[۲*]- بیژن نظری[۳]- عباس ستوده‌نیا[۴]- عباس کاویانی[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۱۳

چکیده

به‌منظور بررسی تغییرات شوری پروفیل خاک ۴ محصول زراعی گندم، ذرت، جو و گوجه‌فرنگی کشت شده در اراضی دشت قزوین با شوری اولیه ۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر و با اقلیم گرم و خشک، تحت آبیاری تیپ (قطره‌ای نواری) و طی ۲۰ سال زراعی، ابتدا توزیع شوری با مدل AquaCrop شبیه سازی شده، سپس توسط نرم‌افزارهای Minitab 17 و Excel 2007 مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد، در محصولات ذرت و گوجه‌فرنگی، آبیاری تیپ با شوری آب آبیاری ۱ دسی‌زیمنس بر متر، منجر به افزایش قابل توجه شوری متوسط خاک ناحیه توسعه ریشه از ۱/۵ به‌ترتیب به ۴ و ۴/۳ دسی-زیمنس بر متر می‌گردد (معنی‌داری روند در سطح ۵ درصد)، حال آنکه افزایش شوری متوسط ناحیه توسعه ریشه در محصولات گندم و جو در همان حالت، از ۱/۵ به‌ترتیب به ۲/۰۳ و ۲/۰۲ دسی‌زیمنس بر متر رسیده که در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیست. علت را می‌توان به نیاز آبی پایین و فیزیولوژی جو و گندم در جذب نمک، نسبت به ذرت و گوجه‌فرنگی نسبت داد که در نتیجه آن آب کمتری وارد خاک شده و در نتیجه شوری کمتری در نتیجه تبخیر آب در زمین تجمع می‌یابد، همچنین وجود بارش در فصل کشت گندم و جو منجر به شستشوی نمک از ناحیه ریشه می‌شود. درستی این فرض از طریق معنی‌داری همبستگی بین بارش و شوری خاک در سطح ۵ درصد آزمون و ثابت گردید. لذا پیشنهاد می‌گردد گندم و جو با مقاومت بالا نسبت به شوری، در اولویت کشت آبیاری موضعی برای نواحی خشک با بارش‌های ناچیز و منابع آبی محدود، قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: آبیاری تیپ، توزیع شوری، پایداری خاک، محصول زراعی، AquaCrop

مقدمه

با توجه به نرخ رشد جمعیت و چالش‌های خشکسالی در حال و آینده و رقابت تمام بخش‌ها برای منابع آب، کاربرد سامانه‌های آبیاری با کارآیی مصرف آب بالاتر از راهکارهای مؤثر در جهت پایداری توسعه در بخش کشاورزی می‌باشد. در همین راستا در سال‌های اخیر بحث استفاده از روش آبیاری قطره‌ای در گیاهان زراعی در سطح کشور مدنظر قرار گرفته اما استفاده از این سیستم در صورتی با موفقیت همراه خواهد بود که به ارزیابی عملکرد سیستم از نظر پایداری منابع خاک، قبل از اجرا و رفع مشکلات آن پرداخت (۱). روزبه‌روز آگاهی ما در مورد محدودیت زمین‌های قابل کشت دنیا، مشکل فراگیر تخریب خاک، کاهش سریع کیفیت محیط زیست، اثرات گلخانه‌ای، وابستگی شدید به منابع غیرقابل تجدید و نیاز به حفظ منابع خاک برای استفاده دراز مدت در مقابل بهره‌کشی از خاک برای منفعت کوتاه مدت، بیشتر می‌شود. لذا نیاز به حفظ کیفیت خاک و جلوگیری از تخریب اراضی یا به عبارتی "کشاورزی پایدار"، بیشتر معنی و مفهوم پیدا می‌کند. مدیریت موفق منابع برای رفع نیازهای در حال تغییر بشر همراه با حفظ کیفیت محیط زیست و ذخیره این منابع برای نسل‌های آینده را می‌توان توصیفی از کشاورزی پایدار دانست (۲). از مشکلات بر سر راه کشاورزی پایدار، شور شدن منابع خاک است. شور شدن خاک، فرآیند زمانی و مکانی تخریب خاک است که وسعت و تولید اراضی کشاورزی را کاهش می‌دهد که ناشی از تجمع و رسوب نمک‌های محلول در آب از قبیل کلریدها، سولفات‌ها و کربنات‌های سدیم، منیزیم و یا کلسیم در سطح خاک و آب زیرزمینی می‌باشد (۲). از مشکلات آبیاری تیپ، افزایش شوری خاک است که به مرور زمان و استمرار به‌کارگیری این روش در اراضی تحت کشت زراعی، بخصوص در نواحی گرم و خشک به‌علت گرمایش جهانی، تغییر اقلیم و کاهش نزولات جوی، رخ می‌دهد. در این حالت مدیریت

۱، ۲، ۳، ۴ و ۵- به‌ترتیب استادیار، دانشجوی دکتری، استادیار، دانشیار و استادیار دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، قزوین
(*- نویسنده مسئول: Email: Pashazade1387@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jsw.v32i3.70175

پایدار اراضی کشاورزی زیر سؤال رفته و علی‌رغم صرفه‌جویی در مصرف منابع آب، عملاً استفاده مجدد از اراضی زراعی به‌علت شور شدن خاک سطحی امکان‌پذیر نیست مگر آبشویی اراضی در دستور کار قرار گیرد (۶). از تحقیقات انجام شده در این زمینه می‌توان به نتایج زیر اشاره نمود:

نتایج تحقیقات اورون و همکاران (۱۹) و فنه و همکاران (۲۰) نشان داد که در آبیاری قطره‌ای سطحی نمک‌هایی که در نزدیکی سطح خاک جمع می‌شوند، می‌توانند روبه 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 تأثیر بگذارد. یازار و همکاران (۳۰) بیان کردند با افزایش شوری آب آبیاری تجمع نمک در نیمرخ خاک افزایش یافته و توزیع نمک در نیمرخ خاک در آبیاری قطره‌ای از پیاز رطوبتی پیروی می‌کند و حداکثر شوری در سطح خاک رخ می دهد. وان و همکاران (۲۹) طی سه سال آزمایش به مطالعه‌ی اثر آبیاری قطره‌ای با آب شور بر عملکرد محصول و مصرف آب گوجه فرنگی در منطقه‌ی نیمه‌مرطوب شمال دشت چین پرداختند. نتایج نشان داد که شوری آب آبیاری ۱/۱ تا ۴/۹ دسی‌زیمنس بر متر اثرات کمی بر عملکرد گوجه‌فرنگی دارد. اما با افزایش شوری آب آبیاری، مصرف آب گوجه‌فرنگی در طول فصل کاهش یافت و کارآیی آب آبیاری مصرفی افزایش یافت. به‌علاوه بعد از سه سال آبیاری با آب شور، شوری خاک در عمق صفر تا ۹۰ سانتی‌متری افزایش نیافت. چن و همکاران (۴) به‌منظور بررسی اثرات و راهکارهای آبیاری قطره ای با آب شور برای گیاه آفتابگردان روغنی، آزمایشات مزرعه‌ای دوساله‌ای را در کشور چین انجام دادند. شوری خاک با افزایش شوری آب آبیاری در آغاز افزایش یافت اما شوری خاک در عمق صفر تا ۱۲۰ سانتی‌متر می‌تواند در سال آبیاری بعدی با اعمال آب شور در سطح ثابت نگه داشته شود. عنابی میلانی و همکاران (۳) نشان دادند که آبیاری با آب غیرشور (۰/۴-۲) دسی‌زیمنس بر متر، به‌طور قابل‌توجهی شوری نیمرخ خاک را کاهش می‌دهد و آبیاری با آب شور (۱۱/۳-۱۰/۱) دسی‌زیمنس بر متر باعث افزایش شوری در نیمرخ سطحی خاک می‌شود و نیز تأثیر آبیاری با آب لب‌شور (۴/۷-۴/۲) دسی زیمنس بر متر در تغییر شوری نیمرخ خاک به‌دلیل اعمال نیاز آبشویی محسوس نبود. نتایج تحقیق حسن‌لی (۸) نشان داده، استفاده از آب شیرین در سیستم نواری قطره‌ای به‌منظور آبیاری گیاه ذرت، تغییری چشم‌گیر در مقدار شوری خاک در مدت دو سال زراعی ایجاد نمی‌کند. در حالی‌که آبیاری با آب شور باعث افزایش شوری خاک بخصوص در لایه سطحی، در نتیجه تبخیر آب و تجمع املاح در خاک می‌گردد. در مجموع با توجه به نتایج تحقیقات انجام شده می‌توان گفت که شوری آب آبیاری باعث کاهش در عملکرد محصول و تجمع نمک در نیمرخ خاک خواهد شد (۹).

معمولاً مطالعات مزرعه‌ای هزینه‌بر و وقت‌گیر هستند. مدل‌های گیاهی راه‌کاری مفید برای مطالعات و ارزیابی‌های اولیه هستند. مدل های شبیه‌سازی که اثر آب و شوری و سایر پارامترها را روی عملکرد گیاه تخمین می‌زنند، ابزاری مناسب در مدیریت آبیاری می‌باشند. استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی، محدودیت‌های موجود در تحقیقات صحرایی را تا حد قابل‌ملاحظه کاهش داده و آنها را تبدیل به ابزاری توانا در بررسی و تحلیل سناریوهای مختلف و انتخاب مدیریت مناسب آب کرده‌است (۲۷). دقت نتایج حاصل از مدل‌های شبیه‌سازی به دقت داده‌های مورد نیاز بستگی داشته و در صورت دسترسی به این داده‌ها و واسنجی صحیح، این مدل‌ها می‌توانند بدون محدودیت‌های مکانی و زمانی موجود در تحقیقات صحرایی و صرف هزینه و زمان کمتر جهت ارزیابی مدیریت‌های مختلف آبیاری و اثرات درازمدت این مدیریت‌ها به‌کار گرفته‌شوند (۲۳). بنابراین این مدل‌ها توصیه‌های عملی را برای کشاورزان و کسانی‌که به‌صورت گسترده بر روی برنامه‌ریزی کم‌آبیاری و استفاده از آب شور تحت شرایط مختلف تأمین آب و شرایط مختلف مدیریت محصول کار می‌کنند، فراهم می نمایند (۱۴). درچند دهه گذشته مدل‌های زیادی برای مطالعه مدیریت آبیاری درسطح مزرعه معرفی و به‌کار برده شده‌اند از جمله می‌توان به مدل SWAP اشاره نمود که بر اساس معادلات جریان آب و املاح در خاک (معادله ریچاردز) عمل می‌کند و از مدل‌های کاربردی برای توازن آب و املاح در شرایط وجود پوشش گیاهی و همچنین برای مدیریت آبیاری می‌باشد (۱۳). مدل‌های زراعی مانند مدل SOYMOD (۱۶)، CERES (۱۱)، SOYGRO (۷) و APSIM (۱۵) و برخی دیگر از مدل‌ها مانند CropSyst هم وجود دارند که به‌صورت تک‌گیاهی عمل می‌کنند در این مدل‌ها یکی از معیارهای اصلی، مطالعه میزان شاخص سطح برگ (LAI) می‌باشد. این مدل‌ها به دلیل نیاز به واسنجی و اعتبارسنجی بسیار پیچیده، نیاز به داده‌های ورودی زیاد و تغییرپذیری زیاد داده‌های ورودی، دشوار می‌باشد. این مدل‌ها همچنین برای دامنه وسیعی از گونه‌های زراعی و گیاهی و مکان‌های مختلف دنیا غیرقابل دسترسی هستند (۲۶). AquaCrop یکی از مدل‌های زراعی کاربردی، می‌باشد که از اصلاح و بازنگری نشریه شماره ۳۳ فائو توسط متخصصان برجسته از سرتاسر جهان به‌دست آمده است. اصول اساسی مدل برای شبیه‌سازی فرآیندها توسط استدیوتو و همکاران (۲۴) و الگوریتم مورد استفاده در نرم‌افزار مدل و توصیف عملیات توسط رائس و همکاران (۲۱) ارائه شده است. این مدل دردامنه‌ای وسیع ازمحصولات زراعی شامل: علوفه‌ای، سبزیجات، غلات، میوه‌ها، دانه‌های روغنی و غده‌ای قابل استفاده است. AquaCrop مدلی قدرتمند و ارزشمند برای بهبود مدیریت آب در مزرعه و محاسبه بهره‌وری آب می‌باشد (۲۱). ساده بودن، نیاز به داده ورودی اندک و دقت قابل‌قبول مدل از مزایای استفاده از آن می‌باشد. محمدی و همکاران (۱۷) در تحقیقی نشان دادند نرم‌افزار AquaCrop قادر است مقادیر پروفیل رطوبتی و توزیع شوری را

به‌خوبی شبیه‌سازی کند، اما مقدار محتوای رطوبتی را با دقت بالاتری نسبت به توزیع شوری تخمین می‌زند.

از آنجا که اندازه‌گیری توزیع و تغییرات شوری در ناحیه توسعه ریشه ۴ محصول زراعی مهم مانند گندم، ذرت، جو و گوجه فرنگی کشت شده در اراضی تحت آبیاری تیپ، بطور مستقیم و طی چندین سال زراعی امری وقت‌گیر و هزینه‌بر و در عمل ناممکن است، بنابراین هدف از این مطالعه بهره‌گیری از نرم‌افزارهای شبیه‌سازی و مدیریتی نظیر AquaCrop، برای بررسی توزیع و تغییرات شوری در ناحیه توسعه ریشه ۴ محصول زراعی مهم مانند گندم، ذرت، جو و گوجه فرنگی است. در نهایت از نتایج عملی این تحقیق می‌توان در تصمیمات مدیریتی تعیین الگوی کشت و در موارد مشابه در مورد ارزیابی پایداری منابع آب و خاک در مزرعه بهره گرفت.

مواد و روش‌ها

معرفی مدل

در نرم‌افزار AquaCrop نسخه ۵، ورودی‌های مدل شامل چهار دسته داده‌های اقلیمی، گیاهی، خاک و مدیریت مزرعه است. داده‌های اقلیمی شامل بارندگی، دمای ماکزیمم و مینیمم، تبخیر و تعرق پتانسیل (ETo)، مدل توزیع جهانی گاز CO_2، است (۲۱). از آمار ایستگاه سینوپتیک قزوین برای محصولات زراعی استفاده شد. مقادیر عملکرد گیاه براساس اطلاعات مربوط به اقلیم، گیاه، خاک و روش مدیریتی که توسط کاربر به مدل داده می‌شود، تخمین زده می‌شود و از آنجا که شوری در این نسخه توسط نرم‌افزار در شبیه‌سازی لحاظ گردیده لذا دقت بالاتری در شبیه‌سازی عملکرد، توزیع شوری و محتوای رطوبتی خاک دارد (۲۲).

مدل AquaCrop برای محاسبه شوری خاک، نیمرخ خاک را به ۱۲ لایه و هر لایه را به ۲ تا ۱۱ سلول تقسیم‌بندی می‌کند. تعداد سلول‌ها بستگی به نوع خاک لایه‌های افقی دارد. از آنجایی که نمک ها شدیداً به ذرات رس می‌چسبند لایه‌ی افقی رسی سلول‌های بیشتری نسبت به لایه‌ی افقی شنی دارد. مدل با استفاده از روابط (۱) تا (۳) شوری اشباع خاک را در هر لایه محاسبه می‌کند (۲۱).

$$W_{cell}=1000\ \frac{\theta_{sat}}{n}\ \Delta Z \qquad (۱)$$

$$Salt_{cell} = 0.64\ W_{cell}\ EC_{cell} \qquad (۲)$$

$$EC_e = \frac{\sum_{j=1}^{n} Salt_{cell,j}}{0.64\ (1000\ \theta_{sat}\ \Delta Z)} \qquad (۳)$$

که در روابط بالا خواهیم داشت:

W_{cell} حجم سلول (میلی‌متر آب)، θ_{sat} رطوبت اشباع خاک (m^3/m^3)، ΔZ ضخامت لایه‌های خاک (m)، n تعداد سلول‌ها، Saltcell مقدار نمک سلول (gr/m^2)، EC_{cell} هدایت هیدرولیکی هر سلول (dS/m) و EC_e هدایت هیدرولیکی اشباع عمق مشخصی از خاک (dS/m) می‌باشند.

جمع‌آوری آمار و اطلاعات:

مشخصات مزرعه‌ای و خاک مورد مطالعه آن در جدول ۱ آمده است.

شوری اولیه خاک مزرعه در حدود ۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر و شوری آب آبیاری برابر با ۱ دسی‌زیمنس بر متر است. پس از انتخاب تاریخ کاشت موجود برای هر محصول از فایل داده‌های گیاهی واسنجی شده، به منظور تعیین زمان مناسب آبیاری در هر یک از تاریخ کاشت هر محصول در مزرعه، در بخش مدیریت آبیاری از گزینه برنامه آبیاری پیشنهادی مدل در شرایط روش آبیاری تیپ (قطره‌ای نواری) با درصد سطح خیس‌شدگی ۳۰ درصد استفاده شده است. تاریخ کشت محصولات مورد نظر و تاریخ شروع و پایان شبیه‌سازی توسط نرم‌افزار در جدول ۲ ذکر شده است.

عمق خالص آبیاری نیز براساس عمق ریشه هر محصول در طول دوره رشد و به گونه‌ای تعریف شده که رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی باشد. به عبارت دیگر، عمق خالص آبیاری بر اساس کمبود رطوبتی خاک در ناحیه توسعه ریشه گیاه در زمان آبیاری بوده است.

در عمل اطلاعات مربوط به ۴ محصول زراعی گندم، ذرت، جو و گوجه‌فرنگی بر اساس اطلاعات واسنجی گیاهی و نتایج آنالیز حساسیت عملکرد محصول به پارامترهای گیاهی به‌نحوی صورت گرفته که در تاریخ کاشت موردنظر بین مقدار عملکرد مشاهده شده در مزرعه در طی یک سال (مقدار واقعی) و تخمین زده شده توسط مدل، کم‌ترین میزان خطا مشاهده گردد و سپس مدل با استفاده از داده‌های گیاهی واسنجی و کالیبره شده برای محصولات مورد نظر و منطقه موجود (۲۲)، برای یک سال اجرا گردید و از نتایج آن برای شبیه‌سازی سال‌های دلخواه با فرض پیوستگی شبیه‌سازی‌ها در مقدار محتوای رطوبتی خاک استفاده گردید و در نهایت مدل برای تعداد سال‌های مورد نظر (حدوداً ۲۰ سال)، به‌منظور توزیع شوری برای فصول قبل از کشت و بعد از کشت و برای تمام سال‌های تحت کشت محصولات مورد نظر، شبیه‌سازی گردید. با این کار تغییرات رطوبتی و شوری خاک قبل و بعد از کشت محصول با هم و به‌صورت پیوسته در نظر گرفته شد. خروجی مدل، توزیع شوری در پروفیل عمق ناحیه توسعه ریشه محصولات زراعی مورد نظر را برای ۲۰ سال نشان می‌دهد که به‌طور خلاصه هر ۶ سال یک بار و در انتهای هر سال میلادی، در شکل‌های (۱، ۲، ۳ و ۴) آورده شده است. البته از آنجایی که روز و فصل کشت این ۴ محصول دقیقاً بر هم منطبق نیست (جدول ۲)، به منظور امکان مقایسه بهتر نتایج خروجی توزیع شوری توسط مدل برای هر ۴ محصول مهم مورد نظر، ناگزیر به انتخاب تعداد سال‌های مشابه (از انتهای سال ۱۹۹۴ تا انتهای سال ۲۰۱۲ میلادی) که در هر ۴ محصول مشترک بوده و همپوشانی وجود دارد، برای انجام تحلیل مورد استفاده قرار گرفت.

جدول ۱- برخی از مشخصات مطالعات مزرعه‌ای (۲۲)

Table 1- Some characteristics of farm studies (22)

ECe (dS/m)	$\theta_{P.W.P}$ (%)	$\theta_{F.C}$ (%)	بافت خاک Soil texture	عرض جغرافیایی Latitude	طول جغرافیایی Longitude	محل انجام آزمایش Place of testing	گیاه Crop
1/5	12	24	لومی Loamy	N' 15° 36	E' 55° 49	مزرعه تحقیقاتی اسماعیل آباد جهاد کشاورزی استان قزوین Research Farm of Ismail Abad Jihad Agriculture of Qazvin Province	گندم، جو، ذرت، گوجه‌فرنگی Wheat, Barley, Maize, Tomato

جدول ۲- تاریخ کشت، تاریخ شروع و پایان شبیه سازی توسط AquaCrop

Table 2- Date of cultivation, date of the start and end of simulation by AquaCrop

محصول Crop	گندم Wheat	جو Barley	ذرت Maize	گوجه فرنگی Tomato
تاریخ کشت محصول Date of crop cultivation	۶ نوامبر ۱۹۹۳ 6 November 1993	۱ نوامبر ۱۹۹۳ 1 November 1993	۲۶ می ۱۹۹۴ 26 May 1994	۱۸ می ۱۹۹۴ 18 May 1994
تاریخ شروع شبیه‌سازی Simulation start date	۱ ژانویه ۱۹۹۳ 1 January 1993	۱ ژانویه ۱۹۹۳ 1 January 1993	۱ ژانویه ۱۹۹۴ 1 January 1993	۱ ژانویه ۱۹۹۴ 1 January 1993
تاریخ انتهای شبیه‌سازی Simulation end date	۱۷ ژوئن ۲۰۱۳ 17 June 2013	۲۳ ژوئن ۲۰۱۳ 23 June 2013	۴ اکتبر ۲۰۱۳ 4 October 2013	۴ اکتبر ۲۰۱۳ 4 October 2013

نتایج و بحث

همان‌طور که مشهود است در شکل ۱ و ۲ توزیع شوری در کل پروفیل ریشه به‌ترتیب گندم و جو در انتهای سال‌های ۱۹۹۴، ۲۰۰۰، ۲۰۰۶ و ۲۰۱۲ میلادی از مدل آکواکراپ به‌دست آمده و رسم شده است. مشاهده می‌شود با گذشت زمان، شوری در کل پروفیل افزایش یافته است. این در حالی است که مطالعات پیشین مانند چن و همکاران (۴) و عنابی میلانی و همکاران (۳) به‌دلیل عدم لحاظ مدت زمان طولانی آبیاری معتقد به ثابت نگه داشته شدن شوری خاک تحت آبیاری تیپ با آب لب‌شور و شیرین و یا حتی کاهش شوری در مدت زمان یک یا دوسال هستند. البته این امر در حالی است که مطابق رابطه ۴، با هر بار آبیاری به مقدار ۶۴۰ برابر هدایت الکتریکی آب آبیاری بر حسب دسی‌زیمنس‌بر متر، مقدارنمک بر حسب میلی‌گرم بر لیتر وارد خاک می‌گردد.

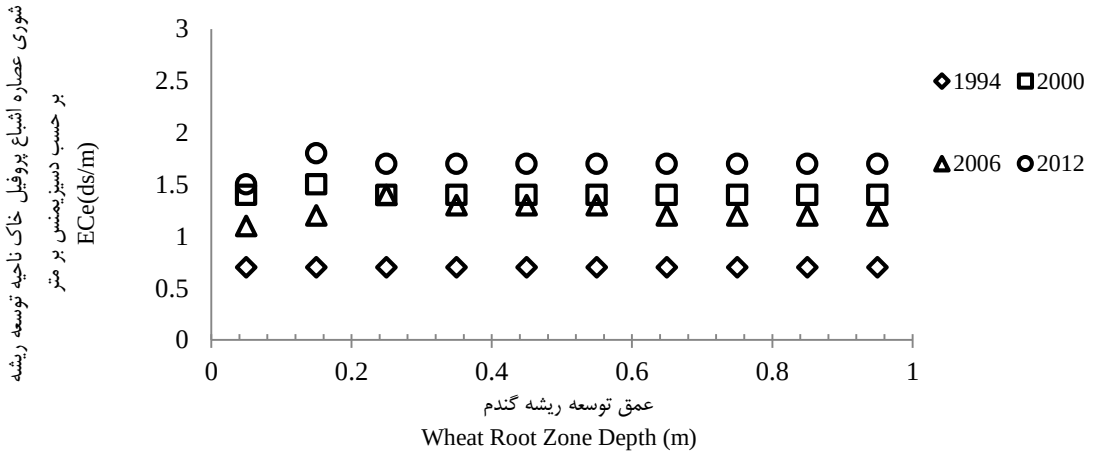
$$TDS\ (mg/lit) = 640\ EC(ds/m) \qquad (۴)$$

در شکل‌های ۳ و ۴، هم توزیع شوری در کل پروفیل ریشه ذرت و گوجه‌فرنگی در انتهای سال‌های ۱۹۹۴، ۲۰۰۰، ۲۰۰۶ و ۲۰۱۲ میلادی از مدل آکواکراپ به‌دست آمده و رسم شده است. مشاهده می‌شود با گذشت زمان، شوری در کل پروفیل افزایش یافته است. البته در تمامی شکل‌ها مشاهده می‌گردد که در سال‌های میانی بعلت توزیع مجدد املاح و نمک‌ها در خاک در اثر آبشویی حاصل از بارندگی، شاهد مقداری جابجایی در توزیع املاح در اعماق پایین‌تر خاک و کاهش شوری با گذشت زمان هستیم که مؤید حرکت شوری به اعماق پایین‌تر خاک و سطوح پایین‌تر ریشه است و تأیید کننده نتایج فنه و همکاران (۲۰) و اورون و همکاران (۱۹) می‌باشد.

نکته جالب توجه از شکل‌های (۱، ۲، ۳ و ۴) این است که در تمام تحقیقات انجام شده پیشین که به ارزیابی مقدار شوری در خاک در حضور آبیاری تیپ پرداخته بودند مانند یازار و همکاران (۳۰)، حسن‌لی (۸)، مقدار شوری تجمع یافته در اثر آبیاری تیپ در سطح خاک بیشتر است ولی در این تحقیق، به‌علت احتساب اثر زمان بر تجمع نمک در پروفیل خاک در ناحیه توسعه ریشه، دیده می‌شود، مقدار شوری تجمع یافته در اثر آبیاری تیپ در سطح خاک بیشتر است ولی در این تحقیق، به‌علت احتساب اثر زمان بر تجمع نمک در پروفیل خاک در ناحیه توسعه ریشه، دیده می‌شود که حداکثر تجمع نمک زیر سطح خاک و در عمق حدود (۰/۵، ۱/۵، ۰/۵ و ۰/۱۶) متر از کل عمق توسعه ریشه هر گیاه و به‌ترتیب برای گوجه‌فرنگی، ذرت، جو و گندم رخ داده است. می‌توان گفت با گذشت زمان، نمک تجمع یافته در سطح خاک در اثر تبخیر، با آبیاری دوباره حرکت کرده و در زیر پروفیل خاک توزیع مجدد گشته است. در تحقیقی نوشادی و شهرکی مجاهد (۱۸) که به بررسی توزیع شوری خاک تحت آبیاری سیستم قطره‌ای زیرسطحی با مدیریت یک در میان و نیم در میان آب شور و شیرین بعد از فصل کشت گیاه گوجه‌فرنگی در شیراز پرداخته

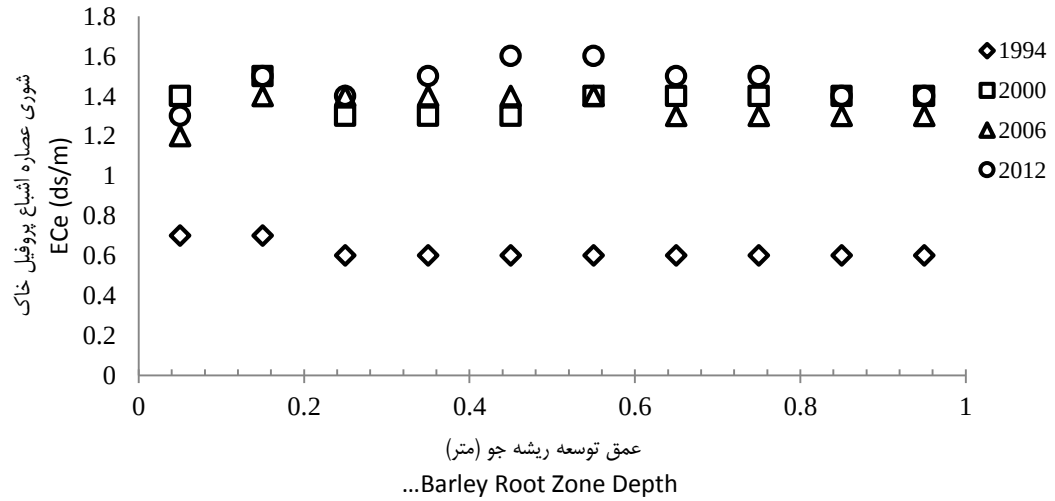
بودند، نشان داده شد که حداکثر شوری عصاره اشباع خاک در عمق حدود ۰/۴ متری زیر خاک و تقریباً برابر با ۳/۳۶ دسی‌زیمنس بر متر رخ می‌دهد که این امر در مدیریت نیم در میان رخ داده است. که تا حدودی مشابه نتایج این مطالعه می‌باشد.

در مقایسه این تحقیق با مطالعه کنونی که اثر آبیاری تیپ یا نواری قطره‌ای با آب نسبتاً شیرین با شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر بر شوری خاک تحت کشت گوجه‌فرنگی، ذرت، و گندم و جو طی ۲۰ سال را نشان داده است، می‌توان گفت که حداکثر شوری متوسط خاک برای گوجه‌فرنگی و ذرت، از ۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب به حدود ۴/۳ و ۴ دسی‌زیمنس بر متر رسیده است که علت را می‌توان به مقدار کم بارش‌های جوی در مدت کشت گوجه‌فرنگی و ذرت و عدم آبشویی طبیعی خاک نسبت داد. از بررسی نتایج مشاهده می‌گردد که شوری نهایی خاک در اثر کشت گندم و جو طی ۲۰ سال متوالی، از ۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب به حدود ۲/۰۳ و ۲/۰۲ دسی زیمنس بر متر رسیده است.



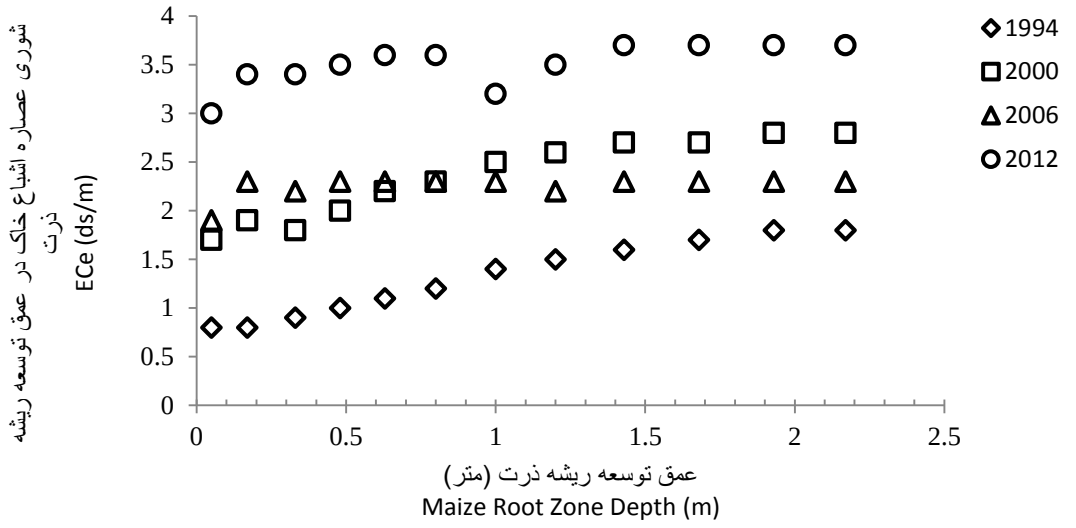
شکل ۱- تغییرات شوری در کل ناحیه توسعه ریشه گندم (در حدود ۲۰ سال)

Figure 1- Salinity changes in the total area of wheat root development (about 20 years)



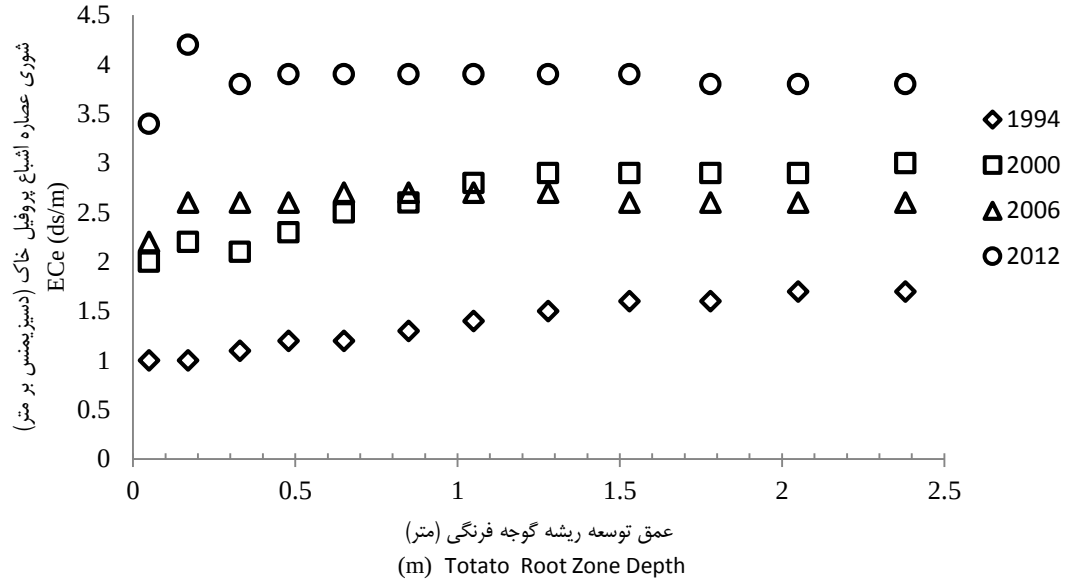
شکل ۲- تغییرات شوری در کل ناحیه توسعه ریشه جو (در حدود ۲۰ سال)

Figure 2- Salinity changes in the total area of barley root development (about 20 years)



شکل ۳- تغییرات شوری در کل ناحیه توسعه ریشه ذرت و در حدود ۲۰ سال

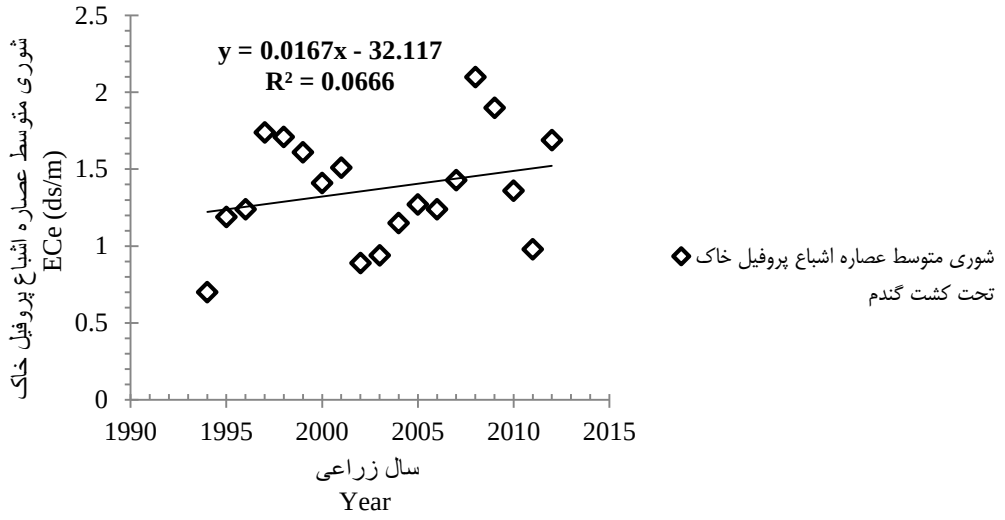
Figure 3- Salinity changes in the total area of maize root development and about 20 years



شکل ٤- تغییرات شوری در کل ناحیه توسعه ریشه گوجه‌فرنگی (در حدود ۲۰ سال)

Figure 4- Salinity changes in the total area of tomato root development (about 20 years)

همچنین نکته قابل ذکر در خصوص دقت نتایج توزیع شوری عصاره اشباع خاک توسط نرم‌افزار AquaCrop، این است که در اکثر تحقیقات انجام شده، محققان نشان داده‌اند که این نرم‌افزار مقدار شوری عصاره اشباع خاک را کمتر از مقدار داده‌های مشاهده‌ای (مزرعه‌ای) نشان می‌دهد و این کم‌برآوردی در تخمین شوری در بسیاری از تحقیقات مشاهده می‌گردد به‌گونه‌ای که حداکثر خطای در تخمین مقدار شوری در بعضی موارد نزدیک به ۳۰ درصد هم می‌رسد. با توجه به اینکه هنوز تحقیقی در زمینهٔ بررسی در پیش‌بینی شوری عصارهٔ اشباع AquaCrop کارایی مدل و بیلان املاح در خاک در مدت زمان طولانی صورت نگرفته است، امکان مقایسهٔ نتایج این تحقیق با سایر تحقیقات در زمینهٔ انتقال املاح در نیمرخ خاک، وجود ندارد. نتایج تحقیقات در مورد انتقال املاح توسط سایر مدل‌ها از جمله مدل SWAP، حاکی از این است که این مدل در پیش‌بینی شوری نیمرخ خاک، دقیق است (۲۸).



شکل ۵- تغییرات شوری متوسط خاک با زمان برای آبیاری تیپ گیاه گندم

Figure 5- Average soil salinity variation under wheat cultivation under tape irrigation with time

شکل ٦- تغییرات شوری متوسط خاک با زمان برای آبیاری تیپ گیاه جو

Figure 6- Average soil salinity variation under barely cultivation under tape irrigation with time

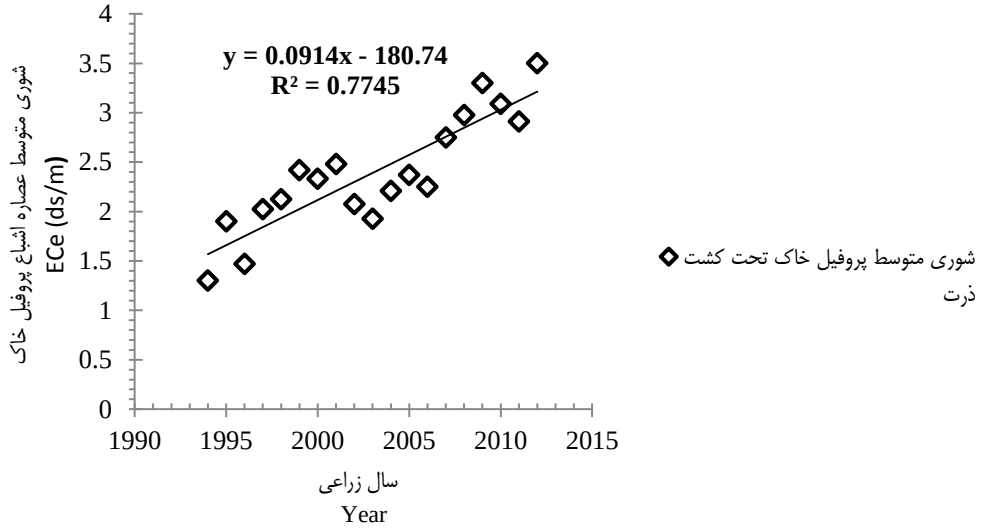
همچنین در تحقیقی که توسط حسن‌لی و همکاران (۱۰) صورت گرفت، نشان داده شد که متوسط قدر مطلق خطای نسبی تخمین شوری خاک توسط مدل AquaCrop، SALTMED و SWAP به‌ترتیب برابر با ۷/۲۴، ۱۷/۵ و ۱۲/۹ درصد می‌باشد.

یکی از دلایل نتیجه‌گیری غیر قوی از مدل AquaCrop در شبیه سازی شوری را می‌توان به معادلات حاکم بر پدیدهٔ انتقال املاح نسبت داد. عوامل مختلف بر انتقال املاح در نیمرخ خاک مؤثرند؛ از جمله انتقال توده‌ای املاح، پخشیدگی، انتشار آبی، جذب املاح، تخریب املاح، رسوب و ... که در AquaCrop تنها فرآیندهای انتقال توده‌ای و پخشیدگی در نظر گرفته شده است و بر اساس معادلهٔ CDE[1]، انتقال املاح بررسی می‌شود، درحالی‌که، املاح تحت تأثیر فرآیندهای دیگر نیز قرار دارند (۱۲). اما آنچه مسلم است این است که حتی اگر کم‌برآوردی در پیش‌بینی توزیع شوری عصاره اشباع خاک

1- CDE: Convection-Diffusion Equation

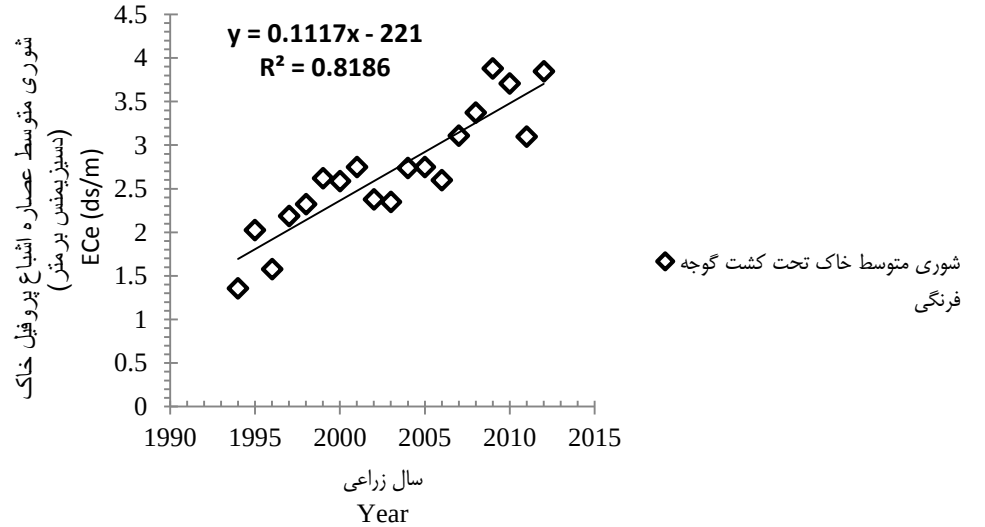
توسط مدل Aquacrop وجود داشته باشد، این کم‌برآوردی برای تخمین توزیع شوری عصاره اشباع هر ۴ محصول صورت گرفته است و نه یک محصول و آن هم به یک میزان، بنابراین باز هم می‌توان توزیع شوری خاک در طول مدت کشت این ۴ محصول را با دقت بالا و در طول زمان با هم مقایسه نمود و در تصمیمات مدیریتی، این نتایج را با قطعیت لحاظ نمود. چون در هر صورت این نرم‌افزار توزیع شوری را در خوش‌بینانه‌ترین حالت و حداکثر با ۳۰ درصد کم‌برآوردی به ما نشان داده است.

در شکل‌های ۵ و ۶ برای درک بهتر موضوع، از کل شوری در پروفیل ناحیه توسعه ریشه به‌ترتیب گندم و جو، در انتهای هر سال متوسط‌گیری شده و در مقابل زمان رسم شده است. مشاهده می‌شود که ضریب تبیین (R^2) در مورد وجود رابطه خط رگرسیونی بین شوری متوسط و زمان در مورد گندم و جو بسیار کوچک می‌باشد که البته نتایج تحلیل آزمون معنی‌داری ضریب همبستگی بین شوری متوسط و زمان به روش پارامتری و ناپارامتری در Minitab 17 هم در سطح ۵ درصد معنی‌دار نشد و مؤید ضریب تبیین پایین به‌دست آمده گردید. این بدان معناست که افزایش شوری خاک تحت کشت گندم و جو بعد از گذشت ۲۰ سال از لحاظ آماری معنی‌دار نیست.



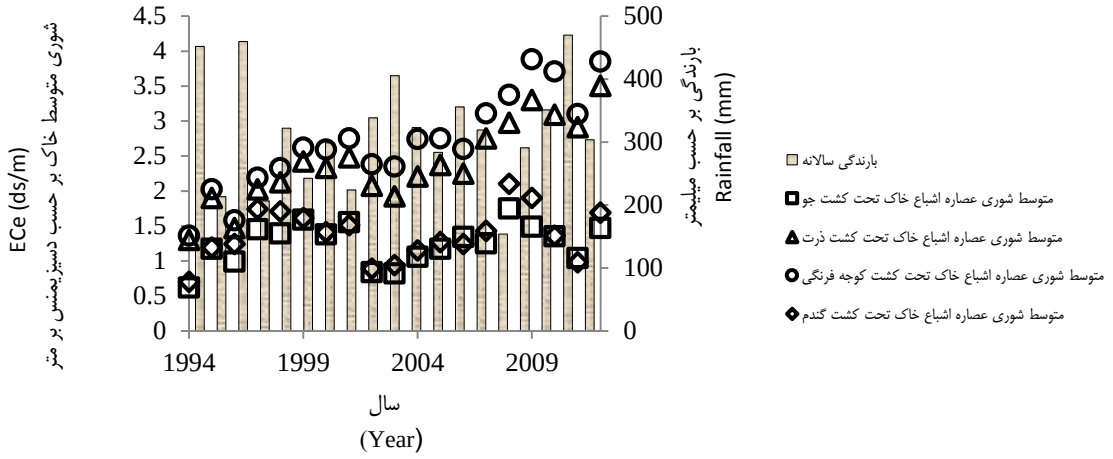
شکل ۷- تغییرات شوری متوسط خاک با زمان برای آبیاری تیپ گیاه ذرت

Figure 7- Average soil salinity variation under maize cultivation under tape irrigation with time



شکل ۸- تغییرات شوری متوسط خاک با زمان برای آبیاری تیپ گیاه گوجه‌فرنگی

Figure 8- Average soil salinity variation under tomato cultivation under tape irrigation with time



۹- مقایسه شوری متوسط خاک تحت کشت ٤ محصول گندم، جو، ذرت، گوجه فرنگی و بارش سالانه

Figure 9- Comparison of average salinity of soil under cultivation of 4 wheat, barley, maize, tomato and annual precipitation

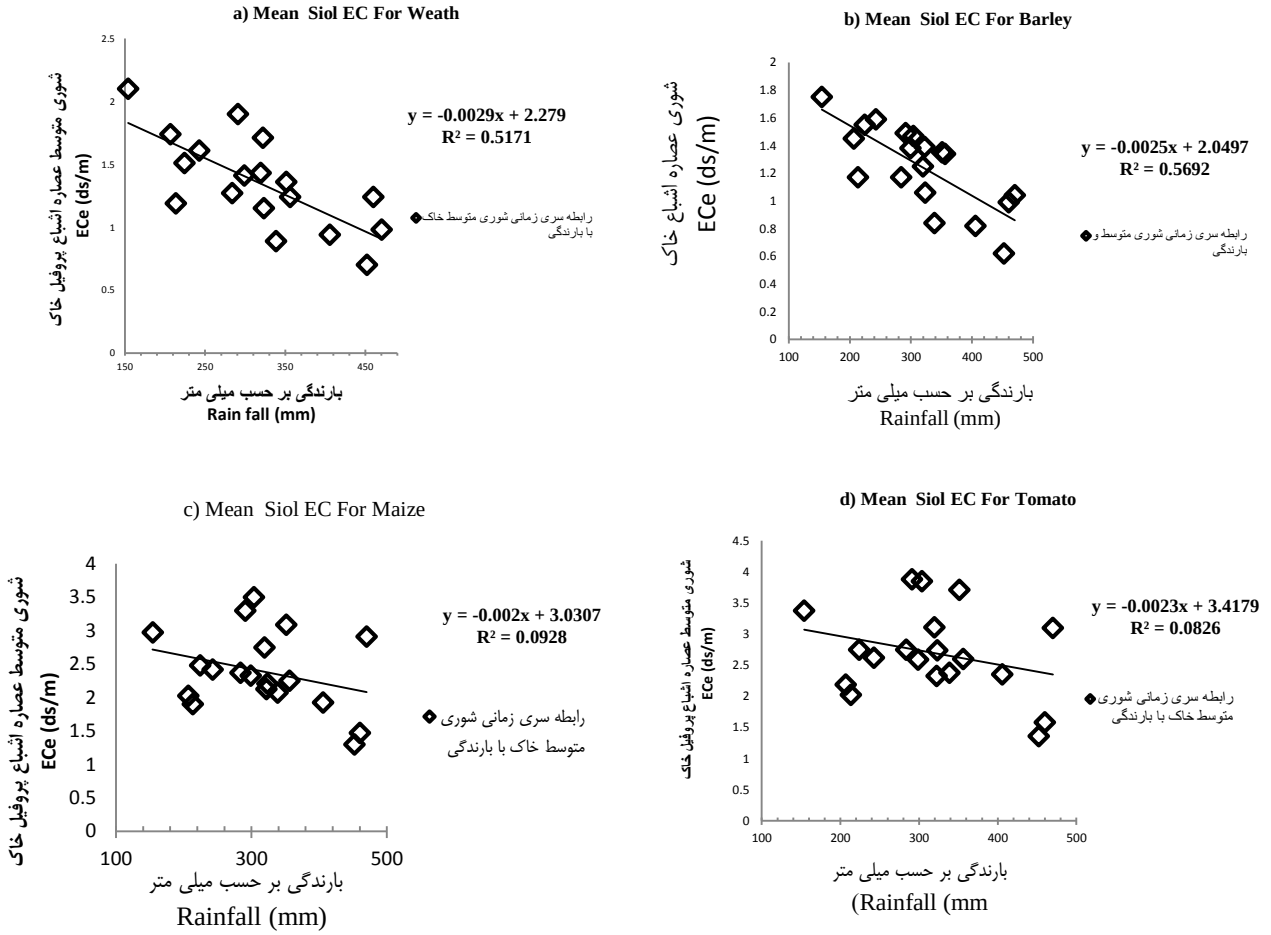
همچنین به‌طور مشابه در شکل‌های ۷ و ۸، از کل شوری در پروفیل ناحیه توسعه ریشه به‌ترتیب ذرت و گوجه‌فرنگی، در انتهای هر سال متوسط‌گیری شده و در مقابل زمان رسم شده است. مشاهده می‌شود که ضریب تبیین (R^2) در مورد وجود رابطه خط رگرسیونی بین شوری متوسط و زمان در مورد ذرت و گوجه‌فرنگی بزرگ می‌باشد که البته نتایج تحلیل آزمون معنی‌داری ضریب همبستگی بین شوری متوسط و زمان به روش پارامتری و ناپارامتری در Minitab 17 هم در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد و مؤید ضریب تبیین بالای به‌دست آمده گردید. این بدان معناست که افزایش شوری خاک تحت کشت ذرت و گوجه‌فرنگی بعد از گذشت ۲۰ سال از لحاظ آماری معنی‌دار بوده و قابل توجه است.

در شکل ۹، به‌منظور مقایسه تأثیر آبیاری تیپ بر توزیع شوری خاک و رابطه آن با بارندگی، یک مقایسه بین تغییرات شوری متوسط ناحیه توسعه ریشه ۴ محصول مهم در طول ۲۰ سال کشت محصولات انجام شده است. مشاهده می‌گردد در محصولات ذرت و گوجه‌فرنگی، آبیاری تیپ منجر به افزایش قابل توجه شوری متوسط ناحیه توسعه ریشه با گذشت زمان می‌گردد. حال آنکه افزایش شوری متوسط ناحیه توسعه ریشه در محصولات گندم و جو در اثر آبیاری تیپ با گذشت زمان ناچیز و قابل صرف‌نظر کردن است. علت را می توان این‌گونه توجیه نمود که آغاز فصل کشت محصولاتی مانند گندم و جو از ماه نوامبر که مصادف با آبان ماه می‌باشد است، که در این فصل بر اثر بارش، نمک حاصل از تبخیر آب آبیاری از خاک شسته شده و در آن به‌مقدار ناچیزی تجمع می‌یابد. این در حالی است که آغاز فصل کشت محصولاتی چون ذرت و گوجه‌فرنگی از ماه می که مصادف با اردیبهشت ماه است بوده و در این زمان مقدار کمتری بارش تا اتمام فصل کشت وجود دارد و نمک تجمع یافته در اثر آبیاری، فرصتی برای شستشو نیافته و در نتیجه در مدت زمان طولانی استفاده از سیستم تیپ، در خاک انباشته شده و شوری آن را بالا می برد. از طرفی گندم و جو جزء محصولات مقاوم به شوری هستند که در مکانیسم جذب ریشه[1] خود قادر به جذب نمک‌های محلول بیشتری نسبت به دو محصول حساس گوجه‌فرنگی و ذرت نسبت به شوری هستند. به‌گونه‌ای که معمولاً پیشنهاد می‌گردد در زمین‌های با شوری بالا به‌خصوص در سال‌های ابتدایی کاشت از محصولات مقاوم به شوری و جذب بالای یون‌های شوری در خاک استفاده کرد تا از طرفی هم شوری خاک تعدیل گردد و هم بتوان به برداشت محصول با تناژ قابل قبول امیدوار بود. جهت اثبات درستی این ادعا، وجود رابطه همبستگی بین بارش سالیانه و شوری متوسط خاک در انتهای هر سال برای هر محصول در نرم‌افزار MINITAB 17 مورد آزمون پارامتری و ناپارامتری معنی‌داری ضریب همبستگی قرار گرفت. نتایج این آزمون نشان داد که ضریب همبستگی پیرسون (r= - 0/71) و اسپیرمن (r= - 0/691) بین بارش و شوری متوسط سالانه برای گندم در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (P_Value=0.001) و برای جو نیز نتایج مشابهی به‌دست آمد ($r_{Pierson}$= - 0/777), ($r_{Spirman}$= - 0/691), (P_Value=0.000).

و در نهایت در شکل‌های b و a شماره ۱۰، وجود این رابطه خطی معکوس برای جو و گندم به‌درستی در EXCEl2007 نشان داده شده است. همچنین از شکل d۱۰ و c۱۰ مشهود است که رابطه خطی بین بارش و شوری متوسط سالانه برای ذرت و گوجه‌فرنگی وجود ندارد. البته در تمامی نمودارهای زیر مشاهده می‌گردد که بارش منجر به کاهش شوری می‌گردد، ولی این کاهش در مورد دو محصول

1- Root Uptake

آخر از نظر آماری معنی‌دار نیست.



۱۰- رابطه همبستگی بین شوری متوسط خاک تحت کشت ٤ محصول ا) گندم، ب) جو، ث) ذرت، د) گوجه فرنگی و بارش سالانه

Figure 10- Correlation between average salinity of soil under cultivation of 4 products a) wheat, b) barley, c) maize, d) tomato and annual precipitation

نتیجه‌گیری

از نتایج بالا مشاهده گردید در محصولات ذرت و گوجه‌فرنگی، آبیاری تیپ با شوری آب آبیاری ۱ دسی‌زیمنس بر متر، منجر به افزایش قابل توجه شوری متوسط خاک ناحیه توسعه ریشه از۱/۵ به ترتیب به ۴ و ۴/۳ دسی‌زیمنس بر متر در طول ۲۰ سال می‌گردد (معنی‌داری روند در سطح ۵ درصد)، حال آنکه افزایش شوری متوسط ناحیه توسعه ریشه در محصولات گندم و جو در همان حالت، از ۱/۵ به‌ترتیب به ۲/۰۳ و ۲/۰۲ دسی‌زیمنس بر متر رسیده که در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیست. همچنین مشاهده گشت که بیشترین مقدار تجمع نمک در زیر سطح خاک و در عمق‌های (۰/۵، ۱/۵، ۵/۰و ۰/۱۶) متر از کل عمق توسعه ریشه هر گیاه و به‌ترتیب برای گوجه فرنگی، ذرت، جو و گندم رخ داده است، که این امر بعلت توزیع مجدد ذرات نمک در اثر باندگی و آبیاری و شستشوی املاح خاک صورت پذیرفته است. علت را می‌توان به نیاز آبی پایین و فیزیولوژی جو و گندم نسبت به ذرت و گوجه‌فرنگی نسبت داد که در نتیجه آن آب کمتری وارد خاک شده و در نتیجه شوری کمتری در زمین تجمع می‌یابد، همچنین وجود بارش در فصل کشت گندم و جو منجر به شستشوی نمک از ناحیه ریشه می‌شود. درستی این نظریه از طریق معنی‌داری همبستگی بین بارش و شوری خاک در سطح ۵ درصد آزمون و ثابت گردید. لذا پیشنهاد می‌گردد گندم و جو که جزو گیاهان با مقاومت و تحمل بالا در مقابل تنش شوری هستند، در اولویت کشت آبیاری موضعی در نواحی خشک با بارش‌های ناچیز و منابع آبی محدود، قرار گیرند.

به‌عبارت بهتر، کشت محصولاتی چون جو و گندم نسبت به ذرت

و گوجه‌فرنگی در مناطق با کمبود منابع آب و شوری خاک، مدیریت پایدار اراضی را تضمین می‌نماید. از آنجا که تاکنون تحقیقات جامع و عملی در مورد تغییرات شوری خاک در مدت زمان طولانی و استفاده از آبیاری تیپ، بعد از کشت محصولات مهمی چون گندم، جو، ذرت، گوجه فرنگی صورت نگرفته است نتایج این تحقیق می‌تواند در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی از نظر پایداری منابع آب و خاک، انتخاب و اولویت‌بندی الگوی کشت مناسب در مناطق گرم و خشک با نزولات جوی اندک، مفید فایده واقع گردد.

منابع

1- Akhavan K. 2015. The Application of Drip Irrigation System (Tape) in Wheat Cultivation. Extention Manuall. Technical Journal, 83: 19. (In Persian)

2- Alizadeh Z. 2012. Sample evaluation of EC, PH, SAR changes in surface depth of subsoil sprinklers (Case study: Sprinkler irrigation system of Lands of Hasanlu Dam). Master's thesis, Water engineering, Faculty of Agriculture, Urmia University. (In Persian)

3- Anabi Milani A., and Abedi M. S. 2012. Effect of irrigation water salinity on yield and water use efficiency of three wheat cultivars and salinity of soil profile. The 1th National Conference on Water Management on the Farm, Karaj, Iran. (In Persian)

4- Chen M., Kang Y., Wan S., and Liu S. 2009. Drip irrigation with saline water for oleic sunflower (*Helianthus annuus* L.): Agric. Water Manage, 96 (1766–1772).

5- Dehghan H., Alizadeh A., Ansari H., and Haghayeghi Moghaddam S. A. 2011. Study of Water Productivity Indices in Irrigated Fields of Wheat (Case Study: Neyshabour Plain). Irrigation and Drainage Journal of Iran, 2(5): 263-275. (In Persian with English abstract)

6- Ebrahimi M., Kashani S., and Rohi Moghadam AS. 2016. Effect of Land Use Change from Rangeland to Agricultural Land on Soil Fertility in Taftan Region. Water and Soil Knowledge, 26(1/2):31-44. (In Persian with English abstract)

7- Egli D.B., and Bruening W. 1992. Planting date and soybean yield: Evaluation of environmental effects with a crop simulation model: SOYGRO, Agricultural and Forest Meteorology Journal, 2:19-29.

8- Hassanli M. 2014. "Management of saline water use in drip irrigation in order to increase water use efficiency and land sustainability". thesis for obtaining a master's degree in agricultural engineering from irrigation and drainage, Agricultural Campus and Natural Resources University of Tehran, Karaj. (In Persian with English abstract)

9- Hassanli M., Afrasiab P., and Ebrahimiyan H. 2015. Evaluation of SALTMED and AquaCrop models in estimating yield of corn and soil salinity. Iran Water and Soil Researchs, 46(3):487-498. (In Persian)

10- Hassanli M., Ebrahimian H., Mohammadi E., Rahimi A., and Shokouhi A. 2016. Simulating maize yields when irrigating with saline water, using theAquaCrop, SALTMED, and SWAP models. J. Agric. Water Manage, 176 (91-99).

11- Jones C.A., Kiniry J.R., and Dyke P.T. 1986. CERES-Maize: A simulation model of maize growth and development, User's guide of CERES-Maize. Texas University Press College Station (USA).

12- Khorsand A., Verdinejad V. R., and Shahidi A. 2014. Performance evaluation of AquaCrop model to predict yield production of wheat, soil water and solute transport under water and salinity stresses. Water and Irrigation Management, 4(1), 89-104 (In Persian).

13- Kroes J.G., and Van Dam J.C. 2008. Reference manual SWAP version 3.2., Alterra Green World Research, Wagenningen, Report 1649 (Available at: www.alterra.nl/models/swap).

14- Kuo S.F., Lin B.J., and Shieh H.J. 2006. Estimation irrigation water requirements with derived crop coefficients for upland and paddy crops in ChiaNan Irrigation Association, Taiwan. Agricultural Water Management, 82:433-451.

15- Marinov D., Querner E., and Roelsma J. 2005. Simulation of water flow and nitrogen transport for a Bulgarian experimental plot using SWAP and ANIMO models. Journal of Contaminant Hydrology, 77: 145-164.

16- Meyer G.E., Curry R.B., Streeter J.G., and Baker C.H. 1981. Simulation of reproductive processes and senescence in indeterminate soybeans. Transactions of the ASABE. 24 (2):421- 429.

17- Mohammadi M., Davari K., GHahreman B., Ansari H., and Haghverdi A. 2015. Calibration and validation of AquaCrop model for the simulation of spring wheat yield under simultaneous stress of salinity and drought. Journal of Water Research in Agriculture, B, 29(3): 277-295. (In Persian with English abstract)

18- Nowshadi M., and Shahraki Mojahed R. 2014. Effect of saline water management on soil and tomato yield in subsurface drip irrigation, Journal of Water Research in Agriculture. B, 28(2): 375-384. (In Persian with English abstract)

19- 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

20- Phene C. J., Davis K. R., Hutmacher R. B., Bar-Yosef B., and Meek D. W. 1990. Effect of high frequency surface and subsurface drip irrigation on root distribution of sweet corn. Irrigation Science, 12: 135-140.

21- Raes D., Steduto P., Hsiao T.C., and Fereres E. 2009. AquaCrop-the FAO crop model or predicting yield response to water: II. Main algorithms and software description. Agronomy Journal, 101:438–447.
22- Ramezani Etedali H., Liaghat A., Parsinezhad M., and Tavakoli A. 2016. Calibration and Validation of AquaCrop Model in Managing Important Cereals Irrigation. Irrigation and Drainage Journal of Iran, 3(10): 389-397. (In Persian with English abstract)
23- Singh R. 2004. Simulation on direct and cyclic use of saline waters for sustaining Cotton-Wheat in a semi-arid area of north-west India. Agricultural Water Management, 66: 153-162.
24- Steduto P., Hsiao T.C., Raes D., and Fereres E. 2007. On the conservative behavior of biomass water productivity. Irrigation Science, 25:189–207.
25- Steduto P., Hsiao T.C., Raes D., and Fereres E. 2009. AquaCrop-the FAO crop model to simulate yield response to water: I. concepts and underlying principles. Agronomy Journal, 101:426-437.
26- Todorovic M., Albrizio R., Zivotic L., Abi Saab M., Stöckle C., and Steduto P. 2009. Assessment of AquaCrop, CropSyst, and WOFOST models in the simulation of sunflower growth under different water regimes. Agronomy Journal, 101: 509– 521.
27- Van Dam J.C., Groenendijk P., Hendriks R.F.A., and Kroes J.G. 2008. Advances of modeling water flow in variably saturated soils with SWAP. Vadose Zone Journal, 7:640-653.
28- Verdinejad VR., Rezaie H., Ababaie B., Ahmadi H., and Behmanesh J. 2012. Application SWAP Agrohydrological Model to Predict Crop Yield, Soil Water and Solute Transport with shallow groundwater condition. 8th International Soil Science Congress Çeme- Izmir, Turkey.
29- Wan S., Kang Y., Wang D., Liu S., and Feng L. 2007. Effect of drip irrigation with saline water on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) yield and water use in semi-humid area: Agric. Water Manage. 90: 63–74.
30- Yazar A., Hamdy A., Gencel B., and Metin S. S. 2003. Sustainable use of highly saline water for irrigation of crops under arid and semi-arid conditions: new strategies Corn yield response to saline irrigation water applied with a trickle system under Mediterranean climatic conditions: In: Hamdy A. (ed.). Regional Action Programme (RAP): Water resources management and water saving in irrigated agriculture (WASIA PROJECT). Bari: CIHEAM, 113-121.

Journal of Water and Soil
Vol. 32, No. 3, Jul.-Agu. 2018, p. 475-487

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۳، مرداد – شهریور ۱۳۹۷، ص. ۴۸۷-۴۷۵

Study of Salinity Changes in Soil Profile of Four Agricultural Crops in *Qazvin* Plain under Drip-Tape Irrigation with *AquaCrop* Model

H. Ramezani Etedali[1]- M. Pashazadeh[*2]- B. Nazari[3]- A. Sotoudehnia[4]- A. Kaviani[5]

Received: 30-01-2018
Accepted: 03-06-2018

Introduction: Regarding population growth rate and drought challenges, one of the effective strategies for sustainable development in agricultural sector is irrigation. In this regard, in recent years, the use of tape irrigation method has been considered in crop plants, but the use of this system will be successful if it is to evaluate the system performance in terms of soil sustainability before it is implemented and its problems are solved. Problems in the field of sustainable agriculture are saltinification of soil resources that the tape irrigation over time and due to the continuity of its use in cultivated land, especially in warm and dry areas due to global warming, climate change and decline of the atmospheric precipitation leads to salinity accumulation in the soil.

Materials and Methods: In order to investigate the distribution and changes of salinity of soil profile in the root development zone of wheat, maize, barley and tomatoes grown in Qazvin Plain with initial salinity of 1/5 dS/m and salinity of irrigation water 1 dS/m In hot and dry climate, a type of irrigation was used (strip drip) and during the 20 years of cultivation, the AquaCrop version 5 was used. The results of simulation output were analyzed by Minitab 17 and Excel 2007 softwares.

Results and Discussion: The results showed that in all previous stuides, the amount of salinity accumulated through the tape irrigation in the soil surface is greater, but in this study, due to the time effect on salt accumulation in the soil profile in the root development area, The maximum salt accumulation below the soil surface and at depths (0/5, 1/5, 0/5 and 0/16) meter of the total root development depth of each plant, respectively, for tomato, maize, barley and Wheat has occurred. It can be said that over time, accumulated salt on the surface of the soil evaporated, re-moved with irrigation and redistributed under the soil profile. Simulation results were obtained after statistical analysis with Minitab 17 and Excel 2007 software showed that in tomato and corn products, tape irrigation with irrigation water salinity of 1 dS/m resulted in significant increase in average salinity of The root development zone from 1/5 is 4 and 4/4 dS/m over the course of 20 years (correlation significance at 5% level) and sustainable utilization of soil resources is questioned, While the increase in average salinity of root development zone in wheat and barley products due to tape irrigation over the course of 20 years has risen from 1.5 to 2/03 and 2/02 dS/m, which is not noticeable and at the level of 5% is not significance. This can be attributed to rainfall during the growing season of wheat and barley, which led to salt salting from the root zone. The correctness of this theory was tested by the significance of the correlation between rainfall and salinity in the 5% level and proved to be. Therefore, it is recommended to wheat and barley with the ability to tolerate high soil salinity are placed in the top priority for local irrigation in hot and dry areas with limited atmospheric rainfall and limited water resources.

Conclusions: From the above results, it was observed that, in products such as maize and tomatoes, tape irrigation resulted in a significant increase in the mean salinity of the root development zone over time. However, the increase in average salinity of root development in wheat and barley products due to the tape irrigation is negligible and canceled over time. In other words, the cultivation of crops such as barley and wheat in areas with scarcity of water resources and soil salinity ensures sustainable land management. These results, while using water with salinity of about 1 dS/m, and soil cultivation with an average salinity of 1/5 dS/m, have been taken. Since comprehensive and practical research has not been done on long-term salinity changes and the use of tape irrigation, after the cultivation of important crops such as wheat, barley, corn, tomato, the results of this research can be used in conducting managerial guidelines, The selection and prioritization of the appropriate cropping pattern in the warm and dry areas will be beneficial with few atmospheric precipitations.

Keywords: Agricultural crop, *AquaCrop*, Drip-tape irrigation, Salinity distribution, Soil stability

1, 2, 3, 4 and 5- Assistant Professor, Ph.D. Student, Assistant Professor, Associate Professor and Assistant Professor of Faculty of Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Respectively
(*- Corresponding Author Email: Pashazade1387@yahoo.com)