شبیه‌سازی توازن رطوبت و نمک‌های محلول در روش کم‌آبیاری برای برخی گیاهان زراعی

شبنم علی نژاد [۱*] و فریدون کاوه [۲]

۱*) دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، گروه مهندسی آب، تهران، ایران

نویسنده مسئول مکاتبات: Shabnam82ir@yahoo.com

۲) دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، گروه مهندسی آب، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۸/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۳/۱۰

چکیده

یکی از راه‌های حفاظت از منابع آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک، کم آبیاری است. کم آبیاری با کم کردن دفعات آبیاری و یا کاهش درصدی از آب آبیاری در هر نوبت باعث کاهش عملکرد محصول می شود. این امر منجر به تنش ناشی از شوری و هم چنین تنش آب می شود، زیرا کم کردن میزان آب مصرفی گیاه علاوه بر اینکه به طور مستقیم، عملکرد را کاهش می دهد به لحاظ فقدان آبشویی کافی نمک‌ها در محیط ریشه گیاه، باعث کاهش بیشتر عملکرد خواهد شد. یکی از راههای مقابله با افزایش نمک‌های محلول در ناحیه ریشه گیاهان عملیات آبشویی و زهکشی آب اضافی است که موجب شستشوی مقادیر قابل توجهی نمک‌های محلول خاک ناحیه ریشه می شود. در این تحقیق با استفاده از روشهای محاسباتی معمول و مدل مدیریتیSaltMod کوشش شده تا برای چهار گیاه زراعی مقاوم و حساس به شوری اثرات توام ناشی از تنش آب (به لحاظ کم آبیاری) و تنش ناشی از شوری را در طولانی مدت (۲۰ سال) مطالعه و این اثرات را به صورت افزایش نمک‌های محلول در خاک، آب زهکشی و کاهش عملکرد بدست آورد. نتیجه این تحقیق نشان می دهد که در یک خاک معرف منطقه ای خشک (ناحیه خوزستان مرکزی) که مقدار نمک نیمرخ خاک بسیار زیاد است، پس از احداث زهکش‌های زیرزمینی و اعمال آبشویی لازم برای کاهش شوری خاک به حدود نرمال ($ECe < 4\ dS/m$)، شانس خوبی وجود دارد تا در دراز مدت بتوان گندم و چغندرقند را با کم آبیاری نرمال (حدود ۲۰ درصد) بدون کاهش قابل توجه عملکرد کشت کرد. به هر حال در مورد ذرت دانه‌ای و نیشکر، انجام کم آبیاری نرمال در طولانی مدت امکان‌پذیر نبود و فقط پس از چند سالی عملکرد هر دو محصول به نزدیک صفر درصد رسید. افزایش شوری ناحیه ریشه به خوبی مطالب فوق را نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: آبشویی؛ تنش شوری؛ کم آبیاری؛ SaltMod

مقدمه

کم آبیاری منجر به تنش ناشی از شوری و همچنین تنش ناشی از آب می شود. بطوریکه تنش شوری و کم آبیاری هر دو اگر از حد معینی بیشتر باشد سبب کاهش محصول می گردد. با توجه به مقدار ضریب حساسیت گیاه، می توان به دوره حساس گیاه به آب آبیاری و دوره غیر حساس و مناسب گیاه برای اعمال کم آبیاری پی برد.گندم، جو،

ذرت، چغندرقند، نیشکر و یونجه گیاهان بسیار مهم استراتژیکی در کشور می باشد که همگی برای عملکرد مطلوب نیاز به چندین بار آبیاری طی فصل رویش خود دارند. تقریبا ۴۵ درصد از ۶/۲ میلیون هکتار سطح زیر کشت محصولات سالانه آبی کشور، به کشت چهار گیاه مهم گندم، ذرت، چغندرقند و نیشکر اختصاص داده شده است(www.agri-jahad.ir) که از بین آنها گندم و چغندرقند به لحاظ ضریب حساسیت گیاه نسبت به کم آبی پائین، قابلیت خوبی را برای کم آبیاری و صرفه جویی در میزان آب آبیاری ارائه می دهند.

Zhang and Oweis (1999)، طی تحقیقی روی گندم گزارش کردند که کاهش ۷۰-۴۰ درصد آب مصرفی نسبت به آبیاری کامل، فقط ۱۳ درصد کاهش عملکرد به همراه دارد.

English and Raja (1996)، طی تحقیقی در ایالت اورگان روی گندم، گزارش کردند که با ۳۹ درصد آب مصرفی، گندم علاوه بر اینکه بیشترین میزان سودخالص به ازای واحد آب مصرفی را به همراه داشته، سود خالص به میزان ۴۹ درصد بیش از آبیاری کامل بوده است. English and Raja (1996) طی تحقیقی در زیمبابوه به روی ذرت، نشان دادند که با ۵۹ درصد کاهش آب مصرفی ذرت، کل تولید در حالت افزایش سطح زیر کشت ۶۸ درصد بیش از آبیاری کامل بوده است.

Trimmer (1990)، طی تحقیقی نشان داد که در کشور پاکستان به طور گسترده از کم آبیاری استفاده می گردد، به نحوی که کل آب مصرفی حدود ۳۵ درصد کمتر از نیاز آبی کامل محصولات است.

Howell et al., (1987)، طی مطالعاتی در کالیفرنیا به روی چغندرقند و در خاکهایی عمیق، گزارش کردند که قطع آبیاری به مدت ۳ تا ۵ و یا ۷ هفته قبل از برداشت با اینکه موجب ۵۰ درصدی تبخیر- تعرق آخر فصل شده و کل تبخیر- تعرق فصل رشد را نیز حدود ۱۵ درصد کاهش داده، لیکن باعث کاهش عیار قند چغندرقند نشده است.

توکلی(۱۳۷۹) و توکلی (۱۳۷۵)، با تحلیل نتایج صحرایی تحقیق جانباز (۱۳۷۵)، در مدل بهینه‌سازی سود خالص، نشان داد که کاهش ۴۵ درصد آب مصرفی گندم نسبت به آبیاری کامل، علاوه بر اینکه حداکثر درآمد خالص نسبت به واحد آب مصرفی را به دنبال داشته، حدود ۳۶ درصد سود خالص بیشتر نسبت به آبیاری کامل در حالت محدودیت آب کسب کرده است.

Hillel (2000) ، می گوید زمینهای کشاورزی آبیاری شده بیشتر از ۳۰ درصد کل تولیدات کشاورزی را به خود اختصاص داده اند. Rengasamy (2006)، انواع مختلف شوری خاک که بر روی محصولات کشاورزی تاثیر می گذارد، برای مثال شوری که بر اثر آبیاری ایجاد شده است و شوری زمینهای خشک غیر ماندگار با تاکید بر زمینهای استرالیا، را گزارش نمودند.Rhoades (2007) ، برای جلوگیری از ذخیره نمک‌های محلول اضافی در خاکهای آبیاری شده، آب بیشتری از آنچه که برای تبخیر- تعرق مورد نیاز است برای احتیاجات محصولات به دلیل آبشویی نمک‌های محلول اضافی باید از ناحیه ریشه عبور کند. این آب آبیاری اضافی به عنوان نیاز آبشویی (LR) نشان داده شده است.

Louis Karlberg (2005) ، به نقل از Khroda (1996) ، افزایش تقاضا برای آب و کاهش کیفیت آب در نواحی خشک و نیمه خشک جهان، مدیریت با دقت این منبع محدود را ناگزیر کرده است. به خاطر مقدار محدود آب مناسب که به طور خاصی برای مقاصد خانگی اختصاص یافته

است، آب مصرفی برای آبیاری اغلب با کیفیت پائینی است، برای مثال شور است. Allen et al., (1998)، نمک‌های محلول آب خاک قادرند تبخیر تعرق را که توسط آب خاک تامین می شود از نظر دسترسی برای رشد ریشه گیاه کاهش دهد.

مدل‌هایی که برای ارتباط بین فرایند جذب آب گیاه به سیستم خاک توسعه یافته‌اند عبارتند از : LEACHM (Wagenet and Hutson, 1992) و RZWQ (Great Plains System Research ، 1992) که شامل اثر شوری نیز است. Cardon and Letey (1992)، مدل Van Genuchten-Hanks (1978) را برای شبیه سازی عملکرد محصول تحت رژیم‌های مختلف مدیریت آبیاری شامل موقعیتهای شوری را اصلاح نمودند. از طرف دیگر یک مدل که تنش- عملکرد نامیده شد، توسط Ouda (2006) برای پیش بینی عملکرد گندم تحت تنش آب و شوری توسعه یافت. بر این اساس مدل تنش- عملکرد یک ارتباط خطی بین آب قابل دسترس و عملکرد فرض می کند که کاهش در آب قابل دسترس، تبخیر – تعرق را محدود می نماید و در نتیجه عملکرد را کاهش می دهد. این پیش بینی به وسیله پژوهشهای قبلی چندین محقق، تائید شده است (Shani and Childs ; de Wit, 1958 ; Bresler, 1987; Hanks,1975 and Dudley, 2001) . مدل‌هایی نیز جهت نیاز آبشویی جریان ماندگار و غیر ماندگار ارائه شده‌اند که می‌توان به مدل نیاز آبشویی کلاسیک، مدل WatSuit و مدل عملکرد – تولید- آب و همچنین TETrans و UNSATCHEM اشاره کرد، که این مدل‌ها توسط Rhoades et al., (2007) مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته‌اند. از جمله مدل‌های شوری خاک می‌توان به SWAP، Drain Mod-s ، UnSatchem اشاره کرد که بر پایه رابطه ریچاردز در ترکیب با یک رابطه دیفرانسیلی انتشار شوری هستند. مدل‌های ساده تر مانند SaltMod بر پایه آب فصلی و تعادل‌های خاک و یک تابع تجربی ارتفاع موئینگی، قابل دسترس هستند. همچنین مدل SahysMod که می‌تواند شوری آب زیرزمینی را شبیه‌سازی و پیش بینی نمای(Wikipedia, 2011). SaltMed یک مدل ریاضی است که تبخیر- تعرق را به صورت توام ، جذب آب گیاه و انتقال شوری ، عملکرد محصول و تولید عملکرد بیولوژیک را شرح می دهد (T. J. Flowers, 2005).

اهداف این تحقیق به شرح زیر خلاصه می شود:

۱) به کارگیری فرایند کم آبیاری در تعدادی از گیاهان زراعی به منظور صرفه جویی در آب آبیاری و افزایش سود خالص یک واحد آب مصرفی را به حداکثر ممکنه رساندن با توجه به میزان نمک‌های محلول خاک و مقاومت گیاهان نسبت به شوری

۲) شبیه‌سازی و پیش بینی تغییرات نمک‌های محلول در نیمرخ خاک منطقه ریشه تحت تاثیر آبیاری با مقادیر متفاوت آب و در نهایت تعیین این مهم که در طولانی مدت (دوره چند ساله) افزایش نمک در نیمرخ خاک و آب زه کشی شده چه مقدار می باشد و تحت این شرایط عملکرد محصولات چه مقدار کاهش می یابد.

۳) مطالعه و مقایسه کاهش محصول در دو حالت کم آبیاری و آبیاری کامل.

۴) بکارگیری مدل مدیریت نمک SaltMod در طولانی مدت با هدف پیش بینی تغییرات ایجاد شده نمک‌های محلول ناحیه ریشه، ناحیه انتقال و لایه آبدار در طولانی مدت تحت شرایط متفاوت کم آبیاری به منظور مطالعه اثرات توام تنش های آبی و شوری بر عملکرد محصول.

اهمیت و ضرورت تحقیق در آنست که کم آبیاری دچار یکسری کمبودها و اختلاف نظرهاست که باید با چنین تحقیقاتی این اختلاف نظرها و کمبود ها برطرف گردد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه شامل واحدهای کشت و صنعت امیر کبیر و میرزا کوچک خان به مساحت ۳۹۸۱۰ هکتار و اراضی خارج از طرح به مساحت ۱۴۶۹۰ هکتار در قسمت جنوبی شهرستان اهواز و در غرب رودخانه کارون در حد فاصل ۴۸ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۴۶ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. این اراضی از طرف شمال به حد دهستان‌های ملیحان و تختیه و از طرف شرق به رودخانه کارون و از طرف غرب به جاده آسفالته یا راه آهن اهواز- خرمشهر و از طرف جنوب به اراضی جنوبی دهستان سوئیچتی و جاده شهید رجایی محدود شده است. در این تحقیق مقایسه محاسبات معمول از نظر عملکرد و شوری برای چهار گیاه زراعی گندم، چغندرقند، نیشکر و ذرت دانه‌ای انجام شده است و همچنین از طریق مدل کامپیوتری SaltMod با توجه به خروجی‌های این مدل نتیجه‌گیری‌هایی انجام گرفته است. در این تحقیق ۱۰درصد کم آبیاری و ۴۰ درصد کم آبیاری و حالت بدون نفوذ عمقی و بدون کم آبیاری از نظر داده های خروجی SaltMod و محاسبات معمول عملکرد و شوری خاک ناحیه ریشه در سال اول محاسبه شده‌اند، که به صورت نمودارها و جداولی ارائه گردیده است. نمودارهای مهمی که در این تحقیق استفاده شده است عبارتست از : شوری ناحیه ریشه، آب خروجی از زهکش‌ها و راندمان و کفایت آبیاری زمین آبیاری شده که برای سه حالت ۱۰درصد کم آبیاری، ۴۰درصد کم آبیاری و بدون نفوذ عمقی و بدون کم آبیاری ارائه گردیده است. همچنین در جدولی شوری خاک ناحیه ریشه به همراه عملکرد به لحاظ کم آبیاری و شوری و حاصل‌ضرب عملکرد تنش شوری و تنش آبی آورده شده است. این جدول به خوبی مقادیر شوری را تحت سه حالت آبیاری در سال اول برای چهار گیاه زراعی نشان می دهد. همچنین عملکردها را در سه حالت آبیاری در سال اول برای چهار گیاه زراعی عنوان می کند. این تحقیق برای منطقه خوزستان انجام شده و خاک آن در حالت اشباع دارای ۵۰ درصد آب فرض شده است. بنابراین در حجم یک هکتار با عمق یک متر ۱۰۰۰۰ مترمکعب است که ۵۰ درصد آن می شود ۵۰۰۰ مترمکعب در حالت اشباع. درصورتیکه EC_e برابر با ۴ دسی‌زیمنس بر

متر در حالت اشباع باشد مقدار نمک برابر می شود با:

$$5000m^3 \times 4\,dS/m = 5000m^3 (4 \times 0.65\,kg/m^3)$$

در حقیقت این مقدار نمک در حجم خاکی برابر با یک هکتار و عمق یک متر می‌باشد. در این تحقیق از نرم افزار CROPWAT 8.0 برای بررسی نیاز آبی چهار گیاه زراعی گندم، ذرت دانه‌ای، چغندرقند و نیشکر در منطقه جنوب اهواز استفاده شده است. همچنین از این نرم افزار برای محاسبه تبخیر تعرق پتانسیل در منطقه جنوب اهواز استفاده شده است. همچنین این مقادیر با سند ملی آب و نشریه شماره FAO-33 مقایسه شده است که تقریبا برابر هستند. تاریخ کاشت و برداشت این گیاهان نیز مورد بررسی قرار گرفته است. فرض گردید که کلیه خاک‌ها اصلاح‌شده و دارای سیستم زهکشی زیرسطحی از نوع لوله‌ای هستند. هدایت الکتریکی کلیه خاک‌ها برابر با ۴ دسی‌زیمنس بر متر فرض گردیده است.

جدول۱- اطلاعات اولیه برای چهار گیاه زراعی

	گندم	ذرت دانه‌ای	چغندرقند	نیشکر
هدایت الکتریکی عصاره اشباع آستانه(dS/m)	۶	۱/۷	۷	۱/۷
هدایت الکتریکی عصاره اشباع عملکرد صفر درصد(dS/m)	۲۰	۱۰	۲۴	۱۹
مقدار آب آبیاری مورد نیاز سالانه (mm)	۳۵۰	۷۰۰	۶۵۰	۱۵۰۰

هدایت الکتریکی عصاره اشباع آستانه و عملکرد صفر درصد و مقدار آب آبیاری مورد نیاز سالانه در جدول (۱) برای چهار گیاه زراعی موردنظر عنوان شده است.آب آبیاری مورد استفاده از رودخانه کارون می‌باشد که هدایت الکتریکی آن ۲ دسی‌زیمنس بر متر در نظر گرفته شده است (مطالعات مرحله اول طرح توسعه نیشکر و صنایع جانبی واحد غزالی- مطالعات آبیاری). در داده های ورودی SaltMod مقادیری بر مبنای تعریف این مدل فرض گردیده است. تعداد فصول برای گیاهان زراعی بر حسب اینکه زمین تحت کشت آبیاری شود یا آبیاری نشود برای گندم ۲، ذرت دانه ای ۲، چغندرقند ۲ و نیشکر۱ در نظر گرفته شده است. به این ترتیب که برای گندم ۶ ماه آبیاری صورت می گیرد و محصول داریم و ۶ ماه محصول نداریم. برای ذرت دانه ای ۴ ماه آبیاری شده و محصول داریم و ۸ ماه محصول نداریم. برای چغندرقند ۹ ماه آبیاری انجام می گیرد و محصول داریم و ۳ ماه آبیاری نداریم و برای نیشکر که تمام سال آبیاری صورت می گیرد ۱۲ ماه آبیاری و محصول داریم.

فاکتور تناوب کشت برای گندم و ذرت دانه ای ۱ در نظر گرفته شده است و به این معنی است که هم تناوب وجود دارد و هم زمین آیش وجود دارد. برای چغندرقند فاکتور تناوب ۴ است، زیرا تناوب کامل در طی سال داریم. اگر این فاکتور را برای چغندرقند ۱ فرض نمائیم یعنی حالت آیش همیشگی داریم و نرم افزار آن را به ۴ تغییر می دهد. پس از ابتدا ۴ در نظر گرفته می شود. یعنی با تناوب کامل بین محصولات و آیش در طی سال.برای نیشکر این مقدار ۰ است زیرا نیشکر نمی‌تواند تحت تناوب کشت شود. فرض کرده‌ایم که این مدل برای ۲۰ سال آینده مطالعات را انجام دهد. نمک‌های خاک ناحیه ریشه با گذشت زمان افزایش می‌یابد و سطح زیر کشت مورد استفاده SaltMod در مدل از زمین کاهش می‌یابد و در نتیجه در آب آبیاری داده شده صرفه‌جویی می‌شود و آب آبیاری بیشتری برای سطح زیر کشت کمتر استفاده می‌گردد. که این مسئله به خوبی در نمودارها مشخص است.

نتایج و بحث

با توجه به گیاهان حساس به شوری و EC_w بالای آب آبیاری عملکرد محصول برای ۱۰٪ و ۴۰٪ کم آبیاری در جدول(۲) محاسبه شده است. همچنین عملکرد این مقادیر کم آبیاری به صورت معمول محاسبه شده و با حالت بدون نفوذ عمقی و بدون کم آبیاری مقایسه گردیده است. لازم به ذکر است که EC_e در ابتدای شروع ۴ دسی زیمنس بر متر بوده و این EC_e برای یک فصل آبیاری و سال اول بوده است. لازم به ذکر است که حالت بدون نفوذ عمقی و بدون کم آبیاری با راندمان آبیاری ۰/۶ محاسبه شده است که در جنوب خوزستان نیز راندمان آبیاری سطحی برای این گیاهان همین مقدار است.دلایل استفاده از این مدل بدین شرح است: این مدل ابزار کاربردی در مدیریت طولانی مدت تغییرات نمکهای محلول در عمق ریشه گیاه و آب خروجی از زه کش ها است. همچنین این نرم افزار برای شبیه سازی اثر نوبتی عاملهای مدیریت آب (برای مثال اعماق مختلف زهکش) در آبیاری، مقدار آب زهکشی، شوری خاک و آب ، عمق سطح ایستابی به کار برده می شود. به دلیل اینکه این نرم افزار عوامل توام هیدرولوژیکی، کشاورزی و داده های مربوط به خاک را در نظر می گیرد و در نهایت داده هایی مانند شوری، دبی زهکش، عمق سطح ایستابی، نفوذ از ناحیه ریشه، ارتفاع موئینگی به ناحیه ریشه، آب آبیاری مزرعه/کانال، کفایت و راندمان آبیاری، مقدار مساحت پوشیده شده توسط گیاه، تناوب و تغییرات شوری را نمایش می‌دهد.

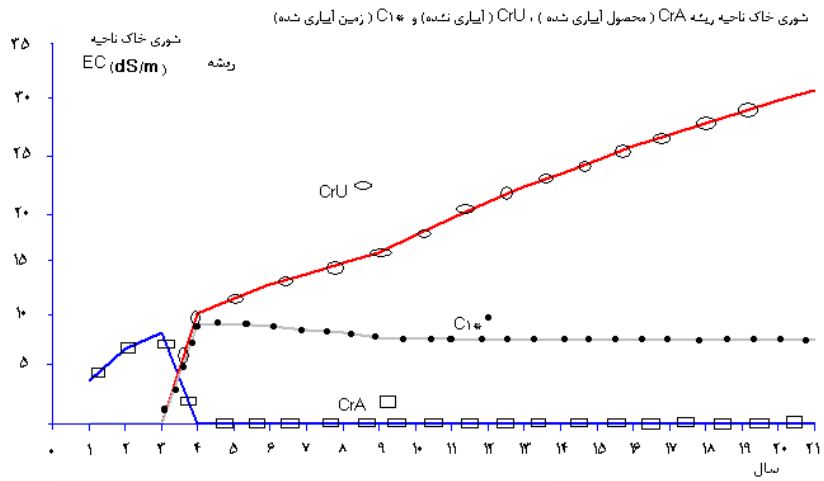
جدول ۲- مقایسه مقادیر چهار گیاه زراعی در مورد عملکرد به لحاظ شوری خاک ناحیه ریشه و عملکرد به لحاظ کم آبیاری

	شوری خاک ناحیه ریشه (dS/m)			عملکرد به لحاظ کم آبیاری (٪)			
	چغندرقند	ذرت دانه‌ای	گندم	چغندرقند	ذرت دانه‌ای	گندم	نیشکر
کم آبیاری و بدون نفوذ عمقی	۵/۲	۸/۶	۶/۳	-	-	-	۱۴
٪۱۰ کم آبیاری	۸/۷	۹/۱	۶/۷	۹۱	۸۷/۵	۹۰	۱۴/۴
٪۴۰ کم آبیاری	۱۱	۱۱/۳	۸/۹	۶۴	۵۰	۶۰	۱۶/۷

جدول ۳- مقایسه مقادیر چهار گیاه زراعی در مورد شوری، عملکرد به لحاظ شوری و حاصلضرب عملکرد تنش آب و تنش شوری

	عملکرد به لحاظ حاصلضرب تنش آب و تنش شوری(٪)			عملکرد به لحاظ شوری (٪)			
	چغندرقند	ذرت دانه‌ای	گندم	نیشکر	چغندرقند	ذرت دانه‌ای	گندم	نیشکر
کم آبیاری و بدون نفوذ عمقی	-	-	۶/۳	-	۱۰۰	۱۷	۹۷	-
۱۰٪ کم آبیاری	۸۱	۹	۶/۷	۲۲	۹۰	۱۱	۹۵	۸۸
۴۰٪ کم آبیاری	۴۸	۰	۸/۹	۶	۷۶	۰	۷۹	۵۲

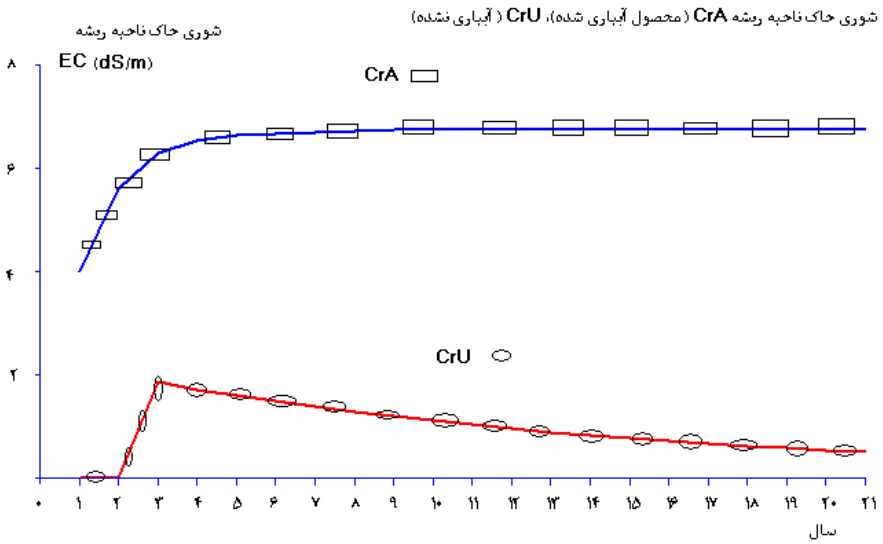
در سه نمودار زیر، CrU شوری ناحیه ریشه در زمین آبیاری نشده، Cr4 شوری ناحیه ریشه تحت تناوب کامل و *C1 شوری زمین آبیاری نشان داده شده است. در مورد گیاه نیشکر به جای Cr4 ، CrA دیده می شود، که نشانه شوری ناحیه ریشه در زمین آبیاری شده تحت زراعت است زیرا نیشکر تناوب ندارد به این صورت نشان داده شده است. شکل (۱) نشان میدهد که نیشکر یک گیاه حساس به شوری در منطقه جنوب اهواز است که نمودار CrA نشان می دهد که پس از سال چهارم به علت اینکه این گیاه توانایی تحمل شوری را ندارد و تناوب نیز برای آن در نظر گرفته نمی‌شود، نرم افزار مقداری برای آن در نظر نمی‌گیرد. منحنی CrU که به علت کاهش سطح آبیاری شده و زیر کشت پدید می آید نشان می دهد که با گذشت زمان و صرفه جویی در آب آبیاری و استفاده از آن در زمین تحت کشت شوری این ناحیه که آبیاری نمی‌شود افزایش می‌یابد. با توجه به اینکه نیشکر گیاه حساسی است شکل (۱) نشان می‌دهد که زمین آبیاری شده شوری کمتری خواهد داشت.



شکل ۱- مقدار شوری ناحیه ریشه در حالت بدون نفوذ عمقی و بدون کم آبیاری برای گیاه زراعی نیشکر

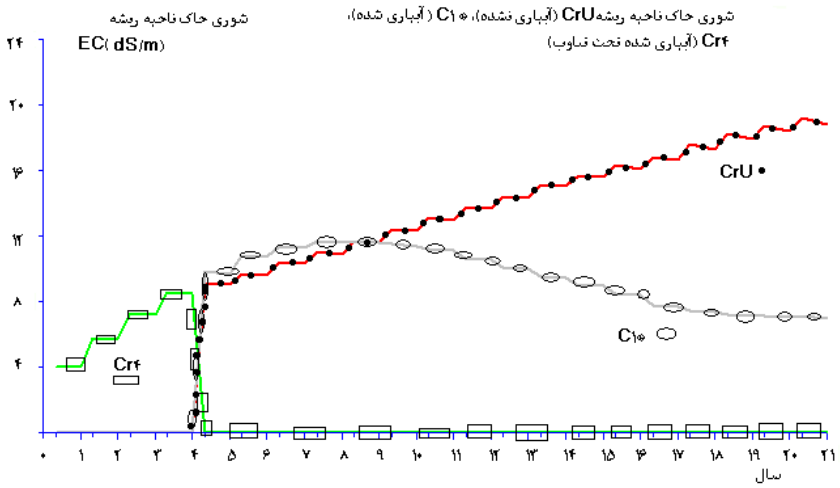
در شکل (۲) *C1 حذف شده است زیرا مقدار آب آبیاری برای نیشکر به طور قابل ملاحظه ای کم شده است و این تغییری است که در مدل مشاهده می‌گردد. همانطور که ملاحظه می‌شود CrA افزایش می یابد، زیرا

با کم شدن آب آبیاری و حساس بودن گیاه نیشکر به کم آبی، گیاه عکس‌العمل نشان می‌دهد. منحنی CrU که نشان دهنده شوری زمین آبیاری نشده است، با کاهش سطح آبیاری شده و افزایش سطح آبیاری نشده نرم افزار شوری را تعدیل مینماید و نشان می‌دهد که با کاهش آب آبیاری شوری ناحیه آبیاری نشده کاهش می‌یابد.

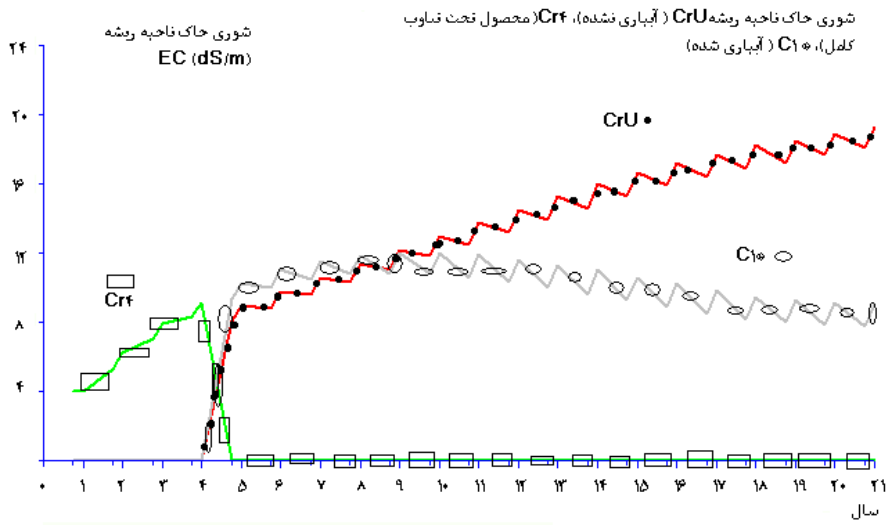


شکل۲- مقدار شوری ناحیه ریشه در حالت ۱۰درصد کم آبیاری برای گیاه زراعی نیشکر

در شکل (۳) تغییرات عمده در شکلهای چغندرقند و ذرت دانه‌ای دیده می‌شود. در چغندرقند و ذرت دانه‌ای در سال چهارم تا نهم میزان شوری زمین آبیاری شده بیشتر از زمین آبیاری نشده است و این به دلیل کم آبیاری بیش از اندازه و حساس بودن گیاهان می‌باشد. Cr4 که زمین آبیاری شده تحت تناوب کامل را نشان می دهد بیانگر این واقعیت است که پس از آبیاری در سال چهارم میزان شوری تعریف نمی‌شود، و این به دلیل کم آبیاری بیش از اندازه است.



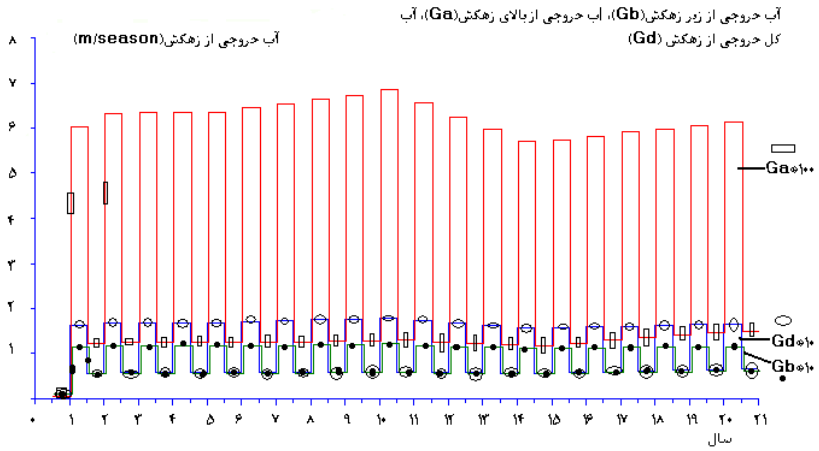
شکل ۳- مقدار شوری ناحیه ریشه در حالت ۴۰ درصد کم آبیاری برای ذرت دانه ای



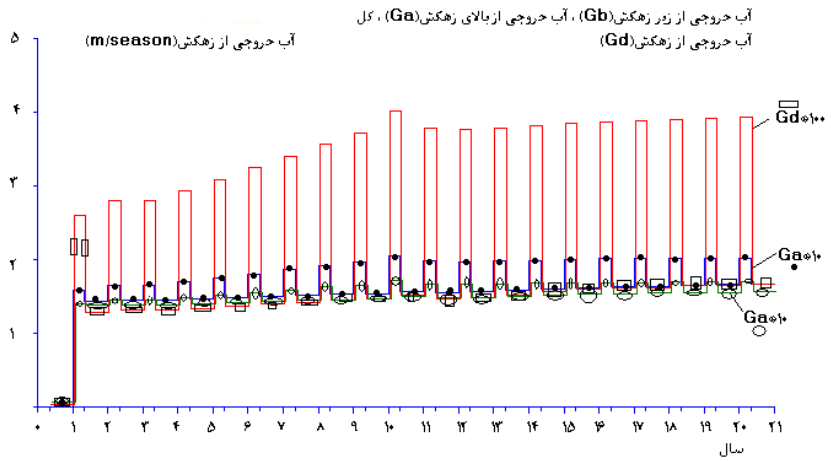
شکل۴ - مقدار شوری ناحیه ریشه در حالت ۴۰ درصد کم آبیاری برای چغندرقند

در شکل (۴) مشاهده می‌شود که مقدار آب خروجی از زهکش در طی ۲۰ سال برای گندم در سال اول ۰/۱۶۳متر و در سال دهم ۰/۱۷۹ متر و در سال بیستم ۰/۱۶۵ متر است که در ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد لیکن برای ذرت دانه ای در سال اول ۰/۱۵۸ متر و در سال دهم ۰/۲۰۵ متر و در سال بیستم ۰/۲۰۲ متر است و برای چغندرقند در سال اول ۰/۲۲۹ متر و در سال دهم ۰/۲۶۵ متر و در سال بیستم ۰/۲۸۳ متر است و برای نیشکر در سال اول ۰/۴۵۸ متر و در سال دهم ۰/۵۴۶ متر و در سال بیستم ۰/۵۶۱ متر است که در همه حالت‌ها رو به افزایش است. در حالت ۱۰درصد کم آبیاری همان روند بدون نفوذ عمقی و بدون کم آبیاری دیده می‌شود با این تفاوت که چون مقدار آب آبیاری داده شده کمتر می گردد، مقدار آب خروجی از زهکش نیز کمتر می‌شود.

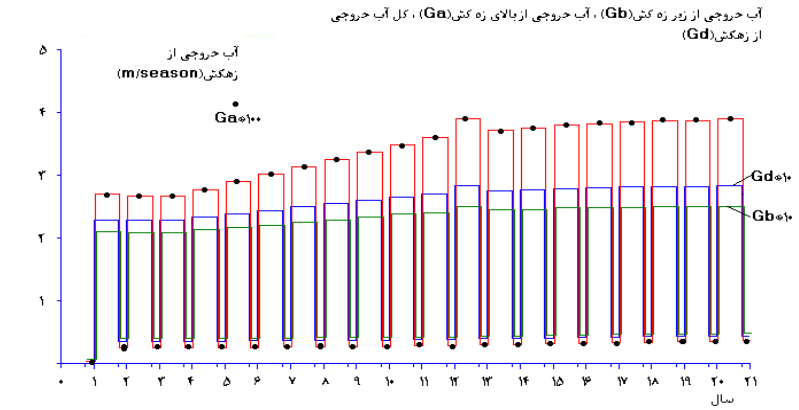
حالت ۴۰ درصد کم آبیاری بیانگر این موضوع است که مقدار خروجی از زهکش با روند افزایشی پیش می رود و این به دلیل کمبود آب شدید است که به علت شور شدن ، مقدار آب خروجی از زهکش نیز طی گذشت سال‌ها رو به افزایش است.



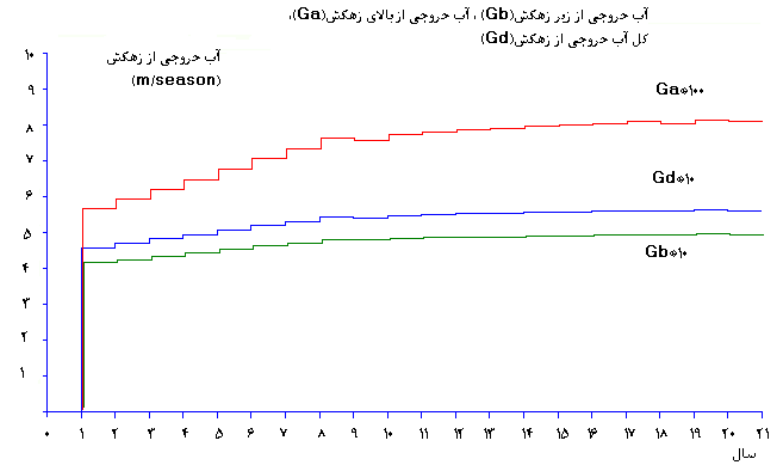
شکل ۵- مقدار آب خروجی از زهکش در حالت بدون نفوذ عمقی و بدون کم آبیاری برای گندم



شکل ۶- مقدار آب خروجی از زهکش در حالت بدون نفوذ عمقی و بدون کم آبیاری برای ذرت دانه ای



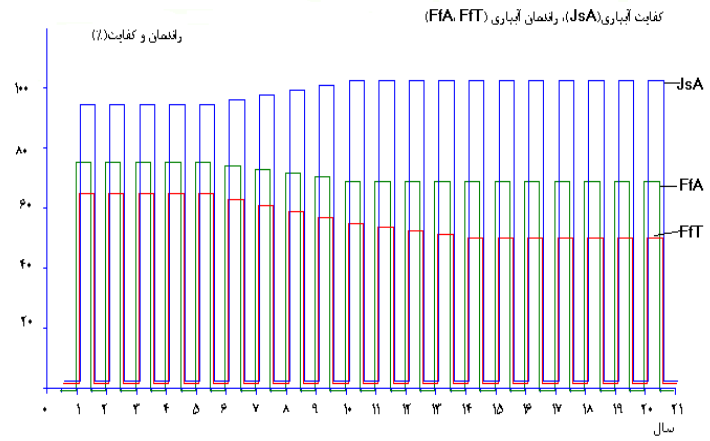
شکل ۷- مقدار آب خروجی از زهکش در حالت بدون نفوذ عمقی و بدون کم آبیاری برای چغندرقند



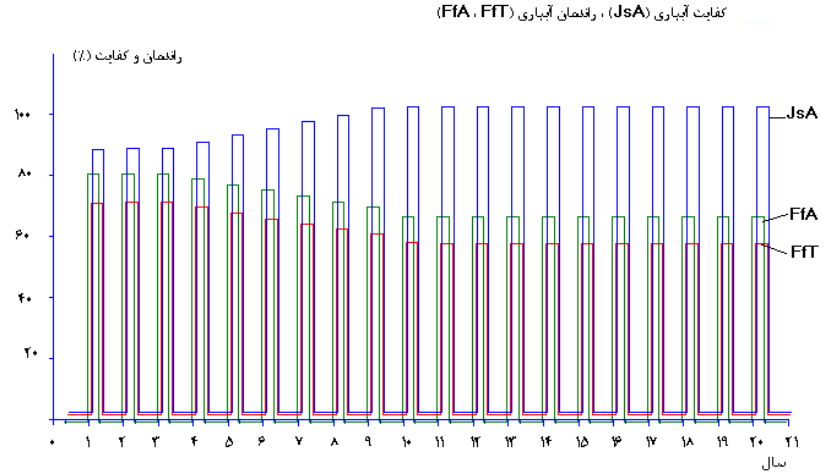
شکل ۸- مقدار آب خروجی از زهکش در حالت بدون نفوذ عمقی و بدون کم آبیاری برای نیشکر

همانطور که در نمودارهای(۵) مشاهده می شود است که در طی گذشت سالها کاهش می یابد ، راندمان آبیاری با منحنی FfT و FfA مشخص شده نمودار(۵) نشان می دهد که برای گندم در مورد

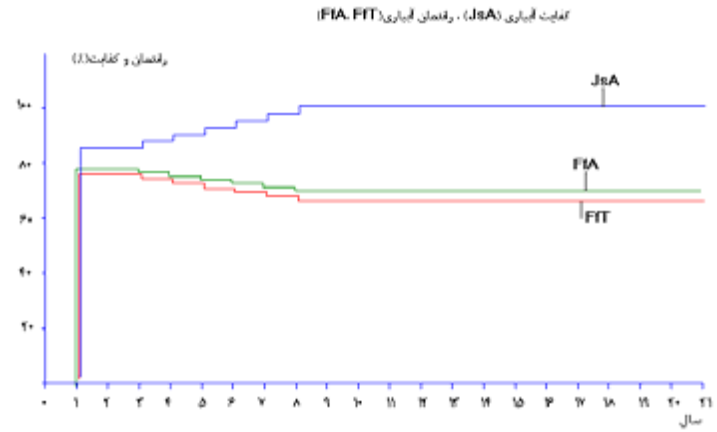
راندمان آبیاری در سال اول ۰/۷۶ و در سال دهم و بیستم ۰/۶۹۵ است و برای ذرت دانه ای در سال اول ۰/۸۱۱ و در سال دهم و بیستم ۰/۶۷۳ است و برای چغندرقند در سال اول ۰/۷۹۴ و در سال دهم ۰/۷۱۳ و در سال بیستم ۰/۶۷۶ است و برای نیشکر در سال اول ۰/۷۸۷ و در سال دهم و بیستم ۰/۷۰۷ است، زیرا کاهش سطح زیر کشت به علت شور شدن زمین سبب کاهش روند راندمان آبیاری می گردد. منحنی JsA که کفایت آبیاری را نشان می دهد با گذشت زمان رو به افزایش است زیرا مقدار آب آبیاری با گذشت زمان صرفه جویی شده و سطح زیر کشت کاهش می یابد . این حالتها برای حالت بدون نفوذ عمقی و بدون کم آبیاری برای گندم در سال اول ۰/۹۱۸ و در سال دهم و بیستم یک است و برای ذرت دانه ای در سال اول ۰/۸۵۹ و در سال دهم و بیستم یک است و برای چغندرقند در سال اول ۰/۸۲۵ و در سال دهم ۰/۹۷۲ و در سال بیستم یک است و برای نیشکر در سال اول ۰/۸۳۲ و در سال دهم و بیستم ۰/۹۸۴ است. در نمودارهای با ۱۰٪ و ۴۰٪ کم آبیاری روند تغییر همینطور است.



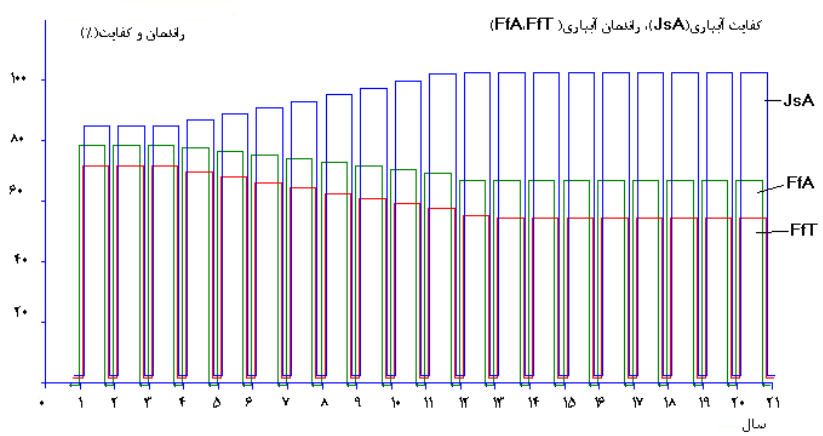
شکل ۹- مقدار کفایت و راندمان آبیاری زمین آبیاری شده برای حالت بدون نفوذ عمقی و بدون کم آبیاری برای گندم



شکل ۱۰- مقدار کفایت و راندمان آبیاری زمین آبیاری شده برای حالت بدون نفوذ عمقی و بدون کم آبیاری برای ذرت دانه ای



شکل ۱۱- مقدار کفایت و راندمان آبیاری زمین آبیاری شده برای حالت بدون نفوذ عمقی و بدون کم آبیاری برای نیشکر



شکل ۱۲- مقدار کفایت و راندمان آبیاری زمین آبیاری شده برای حالت بدون نفوذ عمقی و بدون کم آبیاری برای چغندرقند

استفاده از نرم افزار SaltMod در مورد کم آبیاری نشان می دهد که میزان شوری با گذشت زمان افزایش می یابد و این افزایش شوری در فصل دوم(براساس مدل مورد نظر دو فصل در نظر گرفته شده است که هر یک دارای ماه‌هایی می‌باشد) که آبیاری صورت نمی‌گیرد بیشتر است. مقدار آب خروجی از زهکش نیز با گذشت زمان رو به افزایش است و این به علت افزایش نمک‌های محلول در خاک می باشد که باید از طریق آبشویی با آب بیشتر خارج شود. مقدار آب آبیاری که تحت نفوذ عمقی می باشد نیز با گذشت زمان افزایش می یابد زیرا آب آبیاری صرفه جویی شده افزایش می‌یابد و زمین تحت کشت نیز کاهش می یابد و به دلیل شوری مقدار آب نفوذ یافته عمقی افزایش می‌یابد. همچنین مقایسه بین دو گروه گیاهان مقاوم و حساس به شوری، نشان می‌دهد که بهتر است در خوزستان به جای نیشکر که گیاه حساس به شوری است چغندرقند کشت گردد. عملکرد محصولات ذکر شده نشان می دهد که گندم و چغندرقند به راحتی در منطقه خوزستان قابل کشت بوده و می توان کم آبیاری را برای آنها لحاظ کرد.

گیاه ذرت دانه ای تحت ۴۰درصد کم آبیاری دچار تنش می‌شود و امکان این مقدار کم آبیاری برای آن وجود ندارد. زیرا گیاه حساس به کم آبیاری

می‌باشد. البته این حالت از نظر محاسبات معمول بدست آمده و برای حالت بدون زهکش است.

گیاهان گندم و چغندرقند ، حتی تحت ۴۰ درصد کم آبیاری نیز پاسخ مثبت از نظر عملکرد می دهند، البته با توجه به محاسبات معمول و در نظر گرفتن حالت بدون زهکش می‌باشد.

در مورد مقدار آب خروجی از زهکش باید گفت که اگر ذرت دانه ای را با گندم مقایسه نماییم می توان گفت که به علت اینکه شوری به زیر ۸ دسی‌زیمنس بر متر در سال ۱۱ام می رسد و افزایش آبیاری در این سال متوقف می گردد. زیرا مقدار آب زهکشی (Gd) ثابت است (در حدود ۰/۲). لیکن برای گندم کاهش مساحت آبیاری شده در سال ۶ ام شروع می شود، در حالیکه برای ذرت در سال ۴ ام شروع می گردد و در سال ۱۴ ام متوقف می شود. پس از سال ۱۱ام تا ۱۴ام مساحت آبیاری شده کاهش یافته است زیرا شوری هنوز بالای ۸ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد و آبیاری افزایش نیافته است و مقدار کل آب آبیاری کاربردی کاهش یافته است و بنابراین زهکشی کمتر می‌گردد. در سال بیستم مقادیر شوری متوسط ناحیه ریشه برای گندم ۷/۵۷، برای چغندرقند ۷/۳۴دسی‌زیمنس بر متر ، برای فصل آبیاری که هر دو مقاوم به شوری هستند و برای نیشکر ۷/۷۵ و برای ذرت دانه ای ۷/۱۷ دسی‌زیمنس بر متر برای فصل آبیاری که هر دو نسبت به شوری حساس هستند نتیجه می دهد. این مقادیر در حالت ظرفیت زراعی هستند و اگر نصف شوند حالت عصاره اشباع خاک را نشان می دهد که چون کمتر ۴ دسی‌زیمنس بر متر می باشد؛ بنابراین شوری در حد خاک نرمال می باشد. این امر بدان لحاظ به وقوع پیوسته که برنامه SaltMod طی سالهای مختلف به منظور مقابله با افزایش شوری خاک با کاهش سطح زیر کشت مقدار آب آبشویی را برای گیاهان حساس به شوری نظیر ذرت دانه ای افزایش می دهد. بنابراین ملاحظه می شود که در سال بیستم سطح زیر کشت محصولات گفته شده برای حالت بدون نفوذ عمقی و بدون کم آبیاری به ترتیب برابر است با گندم۶۳، چغندرقند۶۳، نیشکر ۷۳/۵ و ذرت دانه‌ای ۶۶/۳ درصد می باشد.

همچنین این تحقیق نشان می دهد که نرم افزار SaltMod به خوبی تفاوت‌ها را با توجه به موقعیت و خصوصیات محل نشان می دهد و می توان چنین مدلی را برای طولانی مدت انجام داده و نتایج مناسبی را در مورد کشت گیاهان مختلف در نواحی مختلف بدست آورد و بررسی در طول ۲۰ سال نشان می دهد که این نرم افزار قادر است مشکلات ایجاد شده توسط شوری آب آبیاری و نیمرخ خاک را تا حدودی کاهش دهد.

نتیجه‌گیری

تحقیق انجام شده در منطقه جنوب اهواز و به کمک برنامه مدل SaltMod برای تعیین توازن رطوبت و نمک‌های محلول در این منطقه صورت گرفته و به نتایج چشمگیری نیز دست یافته ایم. این نرم افزار با صرفه جویی در آب آبیاری و کم کردن سطح زیر کشت و تعدیل نمودن مقدار شوری خاک منطقه می تواند مدلی را به خوبی شبیه سازی نماید که کشت محصولات استراتژیک را در منطقه ای که دارای آب شور و هوای گرم و خشک است و نیاز به کم آبیاری احساس می شود را نشان دهد.

بررسی که Oosterbaan و Abu Senna در سال ۱۹۹۰ در کشور مصر انجام داده‌اند کنترل شوری خاک در سطح مشخصی در جلگه Nile را نشان میدهد که همچنین توسط Ayars و همکاران در سال ۱۹۹۹ نیز انجام شده است. Singh و همکاران در سال ۲۰۰۲ شبیه سازی توسط SaltMod از شوری خاک در ناحیه ریشه، کیفیت و

کمیت آب زهکشی و عمق سطح ایستابی انجام داده‌اند. Srinivasulu و همکاران در سال ۲۰۰۴ تعادل آب و نمک را به کمک SaltMod در Konanki ناحیه ای در هند بررسی کردند. Man Singh و همکاران در سال ۲۰۰۲ در یک محیط ساحلی هند به کمک نرم افزار SaltMod محلی را که دارای سیستم زهکشی زیر سطحی و دارای خاک رسی شور سدیمی بوده مورد بررسی قرار دادند.

محاسبات نشان می دهد که عملکرد ۴۰ درصد کم آبیاری برای گندم و چغندرقند قابل قبول لیکن برای ذرت دانه ای و نیشکر بسیار کم و غیر اقتصادی می‌باشد. محاسبه عملکرد تحت تاثیر تنش های رطوبت و شوری که از روش حاصل ضربی بدست آمد نشان می دهد با ۱۰درصد کم آبیاری در سال اول برای گندم ۸۵ درصد ، برای چغندرقند۸۱ درصد، برای ذرت دانه ای ۹درصد و برای نیشکر ۲۲درصد می‌باشد. در صورت ۴۰درصد کم آبیاری ارقام فوق برای چهار گیاه نامبرده عملکرد به ترتیب برابر است با ۴۷ ، ۴۸ ، صفر و ۶ درصد . بنابراین مقاوم بودن گیاه چغندرقند نسبت به کم آبیاری و شوری افزایش یافته در خاک کاملا مشهود است.

منابع مورد استفاده

۱) توکلی، ع. ۱۳۷۵. بهینه سازی کم آبیاری براساس توابع تولید و هزینه با هدف بهره برداری پایدار از منابع آب کشاورزی. کنفرانس منابع آب، تبریز، صفحات ۲۵۳-۲۶۵.

۲) توکلی،ع. ۱۳۷۹. به گزینی مدیریت کم‌آبیاری بر مبنای الگوی کشت در طرح توسعه منابع آب. اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با کم آبی و خشکسالی،کرمان، صفحات۲۰۵-۲۱۰.

۳) جانباز، ح. ۱۳۷۵. مطالعه اثر تنش آبی و دور آبیاری بر عملکرد محصول گندم در منطقه کرج. پایان نامه کارشناسی ارشد گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

۴) دهقان، ا.، نادری، ا. ۱۳۸۶. ارزیابی تحمل به شوری در سه رقم ذرت دانه ای. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی،۴۱ (۱۱): ۲۷۵ - ۲۸۳.

۵) سپاسخواه، ع.، توکلی، ع.، موسوی، ف. ۱۳۸۵. اصول و کاربرد کم آبیاری؛ کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران؛ تهران، ۲۸۸ صفحه.

۶) علی نژاد، ش.، کاوه، ف.، بابازاده، ح. ۱۳۹۰. شبیه‌سازی توازن رطوبت و املاح محلول در کم آبیاری تعدادی گیاه زراعی(مطالعه موردی منطقه جنوب اهواز)، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.

7) Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration. Irrigation and drainage paper, No.56, FAO, pp. 300.

8) Bahgeci, I., Ding, N. Fuat Tari, A. I., Agar, A., Sonmez, B. 2006. Water and salt balance studies, using SaltMod, to improve subsurface drainage design in the Konya-gumra plain, Turkey. Agricultural water management, 85 (6): 261-271.

9) EL-Mesiry, T., Abdallh, E. F., Gaballah, M. S., Ouda, S. A. 2007. Using Yield-stress Model in Irrigation Management for Wheat Grown under Saline Conditions ; Australian Journal of Basic and Applied Sciences , 1 (4): 600-609.

10) English, M. Raja, S. N. 1996. Perspectives on deficit irrigation. Agricultural Water Management, 32 (2): 1-14.

11) Flowers, T. J., Ragab, R., Malash, N., Abdel Gawad, G., Cuartero, J., Arslan, A. 2005. Sustainable strategies for irrigation in salt-prone Mediterranean: SALTMED. Agricultural Water Management, 78 (3): 1-14.

12) Hiler, E. A., and Clark, R. N. 1971.Stress day index to characterize

effects of water stress on crop yields. Trans. of the ASAE, 14 (1): 757-761.
13) Howell, T. A., Ziska, L. H., Mccormick, R. L., Burtch, L. M. and Fischer, B. B. 1987. Response of sugarbeet to irrigation frequency and cut-off on a clay loam soil. Irrigation Science, 8 (3): 1-11.
14) Lauchli, A., Grattan, S. R. 2007. Plant growth and development under salinity stress. Springer, pp. 32.
15) Karlberg, L., Ben-Gal, A., Jansson, P., Shani, U. 2005. Modeling transpiration and growth in salinity-stressed tomato under different climatic conditions. Elsevier, pp. 50.
16) Corwin, L., Roades D., Simunek, J. 2007. Leaching requirement for soil salinity control: Steady-state versus transient models, Agricultural water management, 90 (7): 165-180.
17) Nabwile Omami, E. 2005. Response of Amaranth to salinity stress, in the department of plant production and soil science Faculty of Natural and Agricultural Sciences University of Pretoria, pp. 195.
18) Shani, U., Dudley, L. M. 2001. Field studies of crop Response to water and salt stress, soil Sci. soc. Am. J. 65 (4): 1522-1528.
19) Singh, M., Bhattacharya, A. K., Singh, A. K., Singh, A. 2002. Application of SALTMOD in coastal clay soil in India. Water Technology Center, Indian Agricultural Research Institute, pp. 215-231.
20) Trimmer, W. L. 1990. Partial irrigation in Pakistan. ASCE, Irrigation and Drainage Engineering, 116 (3): 342-353.
21) Zhang, H., and Oweis, T. 1999. Water-yield relations and optimal irrigation scheduling of wheat in the Mediterranean region. Agricultural Water management, 38 (2): 195-211.