تخمین شوری خاک منطقه ریشه نیشکر در شرایط مختلف مدیریت آبیاری و زهکشی
در کشت و صنعت امام خمینی با استفاده از مدل SaltMod

آرش محجوبی

چکیده:

نیشکر جزو گیاهانی است که در ناحیه گرم خوزستان آب مصرفی بسیار بالائی دارد و استفاده بهینه از آب برای کشت پایدار نیشکر از اهمیت خاصی برخوردار است. بررسی های متعددی که درباره مصرف آب در نیشکر انجام شده است نشان می دهد که در برخی از کشت و صنعت های نیشکر، مصرف آب بیش از نیاز واقعی گیاه است. این تحقیق به منظور پیش بینی آثار بلند مدت مدیریت مختلف آبیاری و زهکشی بر شوری خاک، عمق زهاب، عمق سطح ایستابی، کفایت و راندمان آبیاری توسط مدل SaltMod در کشت و صنعت امام خمینی انجام شد. بدین منظور، چندین حالت مختلف از جمله کاهش عمق آب آبیاری، کاربرد عامل فرضی کنترل زهکشی، کاهش عمق نصب زهکش زیرزمینی و کیفیت آب آبیاری، فرض و توسط مدل اجرا گردید. مدل با استفاده از داده های جمع آوری شده در مزرعه واسنجی و درستی آزمائی شد. بر اساس پیش بینی مدل، استفاده از عامل کنترل زهکشی بیشتر از ۰/۲۵، بدون کاهش در مصرف آب آبیاری سبب بالا آمدن سطح ایستابی به محدوده ریشه خواهد شد. اما با کاهش ۲۰ درصد مصرف آب آبیاری، کاربرد عامل کنترل زهکشی تا ۰/۵، هیچگونه محدودیتی را در شوری خاک و عمق سطح ایستابی پیش نخواهد آورد. علاوه بر این عمق زهاب از حدود ۲/۰۷ متر در فصل آبیاری به ۱/۲۶ متر کاهش خواهد یافت. پیش بینی مدل SaltMod نشان داد که افزایش عمق نصب زهکش های زیرزمینی بیش از ۱/۵ متر فایده ای نداشته و تغییری در کاهش شوری خاک بوجود نخواهد آمد. در صورت استفاده از آب آبیاری با شوری بیشتر از ۱/۷ دسی زیمنس بر متر، شوری خاک منطقه ریشه از ۳ دسی زیمنس بر متر بیشتر خواهد شد.

واژه های کلیدی

نیشکر، خوزستان، عامل کنترل زهکشی، شوری منطقه ریشه، عمق زهاب، SaltMod

مقدمه:

در مناطق خشک و نیمه خشک، مدیریت آبیاری و زهکشی از عوامل اساسی موثر بر جریانات سطحی و درون خاک است. در مدیریت آبیاری، زمان آبیاری و زمان مصرف کود و سم، عامل اساسی جهت کنترل عناصر قابل حلی است که به زیر منطقه ریشه شسته شده و وارد لوله های زهکش می شوند. زمان آبیاری همچنین بر صعود شعریه در منطقه ریشه تاثیر می گذارد. در گذشته طراحی عمق و فاصله زهکش ها با هدف به حداقل رساندن خیز موئینگی از سفره آب زیرزمینی به منطقه ریشه تعیین می شد. لیکن امروز، اثر متقابل مدیریت آبیاری و سهم آب زیرزمینی که می تواند توسط گیاه مصرف شود، در طراحی آبیاری و مدیریت فعال سیستم های زهکشی مورد مطالعه قرار می گیرد.

زهکشی زیرزمینی کنترل شده یکی از روشهای کاهش حجم زهاب به شمار می رود. بالا آوردن خروجی زهکش باعث نگهداری سطح ایستابی در عمق کم می شود. خیز موئینگی سبب می گردد تا گیاه قسمتی از نیاز تبخیر و تعرق خود را مستقیما از رطوبت خاک دریافت کند. در واقع آب زیرزمینی کم عمق بجای اینکه توسط سیستم زهکشی تخلیه شود،

جایگزین آبیاری می شود. در اراضی که سطح ایستابی کم عمق توسط زهکش کنترل می شود، میـزان زهـاب و نمـک خـارج شده کاهش می یابد. زهکش کنترل شده همچنین از خارج شدن عناصر غذائی و دیگرآلاینده های موجود در زهاب جلـوگیری می کند (اکرم و همکاران، ۱۳۸۶).

اگرچه ممکن است به نظر آید که نگهداری سطح ایستابی در عمق کم و در نتیجه خیزش موئینگی به ناحیه ریشه مخالف هدف زهکشی در مناطق خشک و نیمه خشک باشد ولی نتایج مطالعات انجام شده در برخی از مناطق خشک و نیمه خشک نشان می دهد که امکان استفاده از آب زیرزمینی کم عمق به منظور تامین بخشی از نیاز آبی گیاه وجود داشته و املاح انباشته شده در ناحیه ریشه نیز تا قبل از فصل کشت بعدی به راحتی با آبیاری اضافی و یا بارندگی قابل شستشو خواهد بود (اکرم و همکاران، ۱۳۸۶).

بر اساس نظر کریستین و آیارز (۲۰۰۱) طراحی زهکش های زیرزمینی در مناطق تحت آبیاری باید به گونه ای باشد که علاوه بر کنترل نمک، سبب بهبود راندمان آبیاری و صرفه جوئی در مصرف آب شود.

بر اساس نتایج هارست و همکاران (Hurst *et al*., 2004)، هنگامی که سطح ایستابی از ۱/۵ متری سطح خاک پایین تر نباشد، گیاه نیشکر قادر به استفاده از منابع آب زیرزمینی خواهد بود. بررسی میزان جریان رو به بالا از سطح ایستابی پایین تر از ۱/۵ متر و مقدار مشارکت در تأمین نیازهای آبی گیاه، نیازمند تحقیقات دقیق تر و کامل تری است.

در خصوص مشارکت سطح ایستابی در تأمین تبخیر و تعرق نیشکر نیز مطالعات محدودی انجام شده است. در هند در یک خاک لوم شنی، وجود سطح ایستابی در عمق یک متری سبب تامین ۶۵ درصد از تبخیر و تعرق نیشکر شده است (Hunsigi & Srivastava, 1977).

نتایج تحقیقی دیگر در خصوص امکان استفاده گیاه نیشکر از آب زیرزمینی کم عمق و با کیفیت مناسب در استرالیا نشان می دهد در مناطقی که سطح آب زیرزمینی حدود یک متری سطح زمین قرار دارد نیازی به آبیاری تکمیلی نیشکر نیست. همچنین پتانسیل مناسبی جهت کاهش میزان آبیاری و افزایش راندمان کاربرد آب در حضور آب زیرزمینی کم عمق با کیفیت مناسب وجود دارد (Hurst *et al*., 2004) .

وهبا و همکاران (Wahba *et al*., 2005) با بکارگرفتن مدل Drainmod-S زهکشی کنترل شده را در دلتای غربی مصر به اجراء درآوردند. نتایج این تحقیق نشان داد که با استفاده از روش زهکشی کنترل شده به جای روش رایج زهکشی زیرزمینی، راندمان آبیاری در وضع موجود بدون کاهش عملکرد گیاه ۱۵ تا ۲۰ درصد افزایش می یابد.

مدل SaltMode یک برنامه رایانه ای پیش بینی شوری خاک، آب زیرزمینی، عمق زه آب خروجی و عمق سطح ایستابی در اراضی کشاورزی است که قادر به بررسی حالت های مختلف هیدرولوژیک وگزینه های مختلف مدیریت آبیاری و زهکشی در مزرعه می باشد.

کاربردهای متعددی از مدل SaltMod در سطح جهان گزارش شده است. اوستربان (۲۰۰۲) ضمن ارزیابی عمق زهکش های زیرزمینی و پیش بینی شوری بلند مدت با استفاده از مدل SaltMod در مصر نتیجه گرفت که مدل های شوری-کشاورزی- آبی(Hydro-agro-salinity) نظیر مدل SaltMod ابزارهایی مفید برای شناخت روابط پیچیده آب، خاک و گیاه می باشند.

سرینیواسولو و همکاران (Srinivasulu *et al*., 2004) با استفاده از این مدل، عمق و فاصله زهکش های زیرزمینی اجراء شده در مزرعه آزمایشی اراضی کونانکی هندوستان را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج مطالعات نشان داد که مدل SaltMod نرم افزار مفیدی برای پیش بینی شوری خاک منطقه ریشه، کمیت و کیفیت آب زهکشی و عمق سطح ایستابی در اراضی کشاورزی تحت مدیریت مختلف آبیاری و زهکشی به حساب می آید.

باچه چی و همکاران (*Bahceci et al*., 2006) با تعیین ضریب آبشویی، زهکشی طبیعی منطقه و استفاده از مدل SaltMod و اندازه گیری های مزرعه ای، اثرات دراز مدت زهکشی کنترل شده بر شوری خاک و راندمان آبیاری را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که در یک دوره ده ساله شبیه سازی شده چنانچه عامل فرضی کنترل زهکشی کمتر از ۰/۷۵ باشد تغییرات معنی داری در شوری ناحیه ریشه ایجاد نخواهد شد، اما زمانیکه ضریب کنترل زهکشی بزرگتر از ۰/۷۵ فرض

گردید، افزایش معنی داری در شوری محیط ریشه مشاهده خواهد گردید. بر اساس شبیه سازی مدل، استفاده از زهکشی کنترل شده، کارایی و کفایت مصرف آب را به ترتیب ۱۱و ۳۸/۵ درصد افزایش داد.

حق وردی و همکاران (*Haghverdi et al*., 2011) شوری نیمرخ خاک در شبکه آبیاری و زهکشی دشت تبریز را با استفاده از مدل SaltMod و شبکه های عصبی شبیه سازی کردند. در این مطالعه با استفاده از داده های استحصالی واقعی، مدل SaltMod در چهار گروه مختلف اراضی با توزیع متفاوت شوری واسنجی شد.

کاظمی زریون و همکاران (Kazemi zarivan *et al*., 2012) شبیه سازی زمانی و مکانی شوری خاک در اراضی پایاب سدحاجیلرچای آذربایجان شرقی را با استفاده از تلفیق زمین آمار و مدل SaltMod انجام دادند. در این تحقیق میزان شوری خاک در دوره های زمانی ۵ و ۱۰ ساله با استفاده از مدل SaltMod به خوبی پیش بینی گردید.

نیشکر جزو گیاهانی است که آب مصرفی بسیار بالائی دارد. دور آبیاری نیشکر در خوزستان در ماههای حداکثر مصرف (تیر و مرداد)، به فاصله ۵ روز هم می رسد و زهکش های زیرزمینی نیز آب را به طور دائمی تخلیه می کنند. تحقیقات انجام شده نشان می دهد با اصلاح مدیریت آبیاری و زهکشی، می توان میزان قابل توجهی در مصرف آب صرفه جوئی نمود و حجم زهاب را کاهش داد.

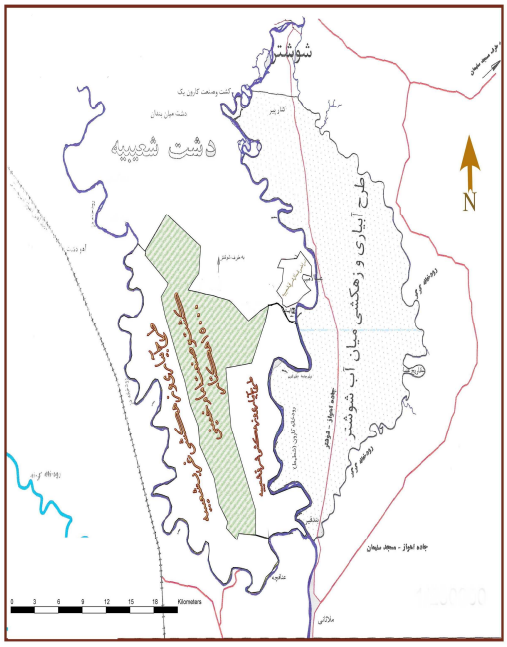
هدف از انجام این تحقیق پیش بینی بلند مدت اثر مدیریت های مختلف آبیاری و زهکشی بر شوری خاک منطقه ریشه، میزان زهاب خروجی و عمق سطح ایستابی در مزارع نیشکر کشت و صنعت امام خمینی است.

مواد و روش ها

ویژگی های محدوده مورد مطالعه

این تحقیق در واحد امام خمینی، یکی از واحد های ده گانهٔ کشت وصنعت نیشکر اجرا شد. منطقهٔ مورد مطالعه بخشی از دشت شعیبیه در خوزستان به مساحت ناخالص حدود ۱۵۰۰۰ هکتار است که در ۴۰ کیلومتری جنوب شهرستان شوشتر و ۵۰ کیلومتری شمال اهواز قرار دارد (شکل۱). اراضی این واحد به قطعات منظم ۲۰ و ۲۵ هکتاری (۸۰۰ *۲۵۰ متر) و (۱۰۰۰*۲۵۰متر) تقسیم شده است و مجموعا ۴۸۰ مزرعه دارد. این تحقیق در دو مزرعه به نام های B1-115 و B1-129 هر کدام به مساحت حدود ۲۰ هکتار اجرا شد.

این منطقه بر اساس روش اقلیمی دمارتن، جزء اقلیم خشک و نیمه خشک طبقه بندی می شود. با توجه به آمار ثبت شده (۱۳۷۶ تا ۱۳۸۹) ایستگاه هواشناسی واقع در این واحد، متوسط دمای سالیانه ۲۴/۳ درجه سانتی گراد، دمای حداقل و حداکثر مطلق به ترتیب ۷- و ۵۲/۵ درجه سانتی گراد است. میزان متوسط بارندگی سالیانه حدود ۲۶۶ و مقدار تبخیر سالیانه حدود ۲۷۸۸ میلی متراست. بافت خاک مزارع، سیلتی کلی لوم تا کلی لوم، میانگین هدایت هیدرولیکی ۱/۵ متر در روز، متوسط شوری آب آبیاری ۱/۴ و شوری آب زیرزمینی ۵ دسی زیمنس بر متر است.



شکل ۱- موقعیت اراضی کشت و صنعت امام خمینی در شعیبیه خوزستان.

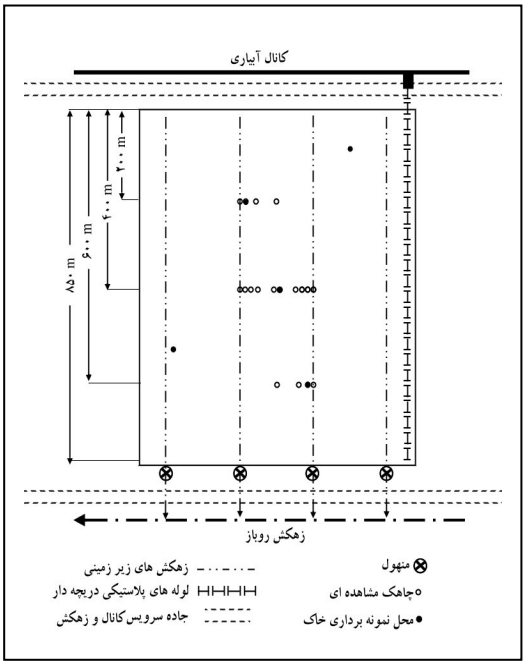
سیمای شبکهٔ آبیاری و زهکشی

آب اراضی مورد نظر از طریق ایستگاه پمپاژ احداث شده روی رودخانهٔ دز به کانال اصلی و از آنجا به کانال درجه ۲ و سپس به آبگیرهای مزارع انتقال داده می شود. در ابتدای هر مزرعه یک آبگیر وجود دارد که آب را از کانال درجه ۲ دریافت و از آنجا به لولهٔ پلاستیکی دریچه دار انتقال می دهد. لولهٔ پلاستیکی هر مزرعه در طول مزرعه قرار دارد و آب از دریچه های نصب شده روی لوله به داخل فاروها هدایت می شود. زهکش های زیرزمینی نیز در طول مزرعه و به موازات لوله های دریچه دار پلاستیکی نصب شده اند و زهاب را مستقیما به زهکش روباز جمع کننده واقع در پایین مزرعه تخلیه می کنند (شکل ۲). زهاب تولیدی را زهکش های جمع کننده مزارع، ابتدا به زهکش درجه یک، پس از آن به زهکش اصلی طرح و سپس از طریق ایستگاه پمپاژ به رودخانهٔ دز تخلیه می کنند.

فاصلهٔ زهکش های زیرزمینی در هر دو مزرعه ۷۰ متر، عمق نصب آنها به طور متوسط ۲ متر، قطر آنها از ۱۲۵ تا ۱۶۰ میلی متر، و شیب طولی آنها ۰/۰۰۰۷است. جنس لوله ها PVC موجدار و پوشش دور آنها از نوع شن و ماسه است.

چاهک های مشاهده ای

جهت اندازه گیری رقوم سطح ایستابی و بررسی نوسانات آن در طول دورهٔ تحقیق و نمونه برداری از آب زیرزمینی برای تعیین میزان شوری آن، ۱۵ حلقه چاهک مشاهده ای (سه ردیف) به فواصل ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ متر از کانال در طول مزرعه و نیز به صورت عرضی بین دو زهکش میانی، به ترتیب روی زهکش و در فواصل ۰/۸، ۲، ۵ و ۳۵ متری بین زهکش های زیرزمینی در هر مزرعه حفر شد. در شکل ۲، محل چاهک های مشاهده ای مشخص شده است.



شکل ۲- نقشه شماتیک از سیمای شبکه آبیاری و زهکشی

جمع آوری داده ها

سطح ایستابی در کلیهٔ چاهک های مشاهده ای در هر دو مزرعه روزانه اندازه گیری شد. میزان آب ورودی به مزرعه از روش حجمی و با استفاده از ظرف مدرج و زمان سنج انجام شد. روش اندازه گیری به این شکل بود که تعداد یک سوم از دریچه های لوله های پلاستیکی که جهت ورود آب به فاروها باز بودند انتخاب، میزان حجم آب خروجی از هر کدام از آنها اندازه گیری و در نهایت میزان خروجی کل دریچه ها به داخل مزرعه به دست آمد. میزان خروجی زهکش های زیرزمینی از کلیهٔ زهکش ها نیز با استفاده از روش حجمی و روزانه اندازه گیری گردید. از آب خروجی از زهکش های زیرزمینی دو نوبت در هفته نمونه گیری و نمونه ها جهت تعیین شوری به آزمایشگاه ارسال شد. همچنین جهت تعیین شوری خاک، در محل های تعیین شده به شکل (W) یک نوبت قبل از کاشت نیشکر و با شروع تحقیق، ماهانه از تا پایان فصل آبیاری و شروع فصل برداشت از خاک نمونه برداری شد. نمونه های خاک با تناوب های ۳۰ سانتی متری و تا عمق ۹۰ سانتی متری سطح خاک برداشت و شوری آنها به روش اندازه گیری عصارهٔ اشباع به دست آمد.

خصوصیات مدل SaltMod:

مدل SaltMod یک برنامه رایانه ای شبیه سازی شوری خاک و زهاب، عمق سطح ایستابی و عمق زهاب خروجی در اراضی کشاورزی تحت آبیاری با شرایط مختلف بیلان فصلی آبی و شرایط مختلف مدیریت آب و برنامه ریزی کشت های گوناگون است. حداکثر چهار فصل(دوره زمانی) می تواند در یک سال زراعی تعیین شود و تعداد ماه های هر فصل با توجه به نظر کاربر و شرایط منطقه ای معین می گردد. هر چه تعداد فصل ها بیش تر باشد به تعداد بیش تری داده ورودی نیاز می باشد. مدت هر فصل بر اساس تعداد ماه های آن در مدل مشخص می شود. تعداد ماه ها در کل فصول بایستی ۱۲ ماه یعنی معادل یک سال کامل باشد. خروجی های SaltMod برای هر فصل از سال و به تعداد سال هایی که عوامل ورودی آنها مشخص شده است به دست می آید. داده های خروجی شامل حالت های هیدرولوژیک و شوری می باشد. بیلان آب و نمک بر پایه بیلان آب و با استفاده از غلظت نمک در آب ورودی و خروجی برای نواحی مختلف در نیمرخ خاک تعیین می شود (اوستربان ۲۰۰۲).

به منظور استفاده از مدل SaltMod تعدادی از پارامترهای مورد نیاز ابتدا باید تعیین شوند. برخی از داده های ورودی، در محل، آزمایشگاه و یا از روش های همبستگی تعیین می گردد در حالیکه تعداد دیگری از داده ها توسط خود مدل محاسبه می شود (جدول۱).

واسنجی مدل

پارامترهائی نظیر راندمان آبشویی منطقه ریشه (F_{lr}) و میزان زهکشی طبیعی از طریق آبخوان (G_n) قابل اندازه گیری نیستند. بنابراین این پارامترها باید تعیین شوند. به این منظور، مدل با استفاده از مقادیر مختلف (F_{lr})، (F_{lx}) و (G_n) به دفعات مختلف اجرا می شود به گونه ای که شوری های به دست آمده برای منطقه ریشه، انتقال و عمق آب زیرزمینی بیشترین شباهت را با مقادیر اندازه گیری شده در مزرعه داشته باشند.

تعیین راندمان آبشوئی منطقه ریشه

ضریب راندمان آبشویی منطقه ریشه (Flr) به صورت نسبت غلظت نمک آب نفوذ یافته از منطقه ریشه یا انتقال به متوسط غلظت نمک آب خاک در حالت اشباع تعریف می شود (اوستربان، ۲۰۰۲).

جدول ۱- تعدادی از عوامل ورودی مورد نیاز مدل SaltMod

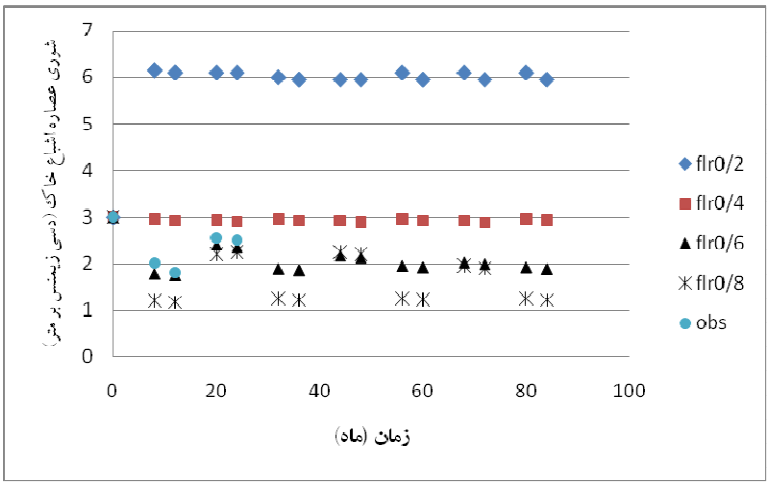
۱- تعداد فصل (ماه)	
فصل اول (فروردین تا آبان)	۸
فصل دوم (آذر تا اسفند)	۴
۲- مشخصات خاک	
راندمان ذخیره آبیاری یا بارندگی در منطقه ریشه	۰/۸
تخلخل کل منطقه ریشه (محاسبه شده)	۰/۵
تخلخل کل منطقه انتقالی (محاسبه شده)	۰/۴
تخلخل کل آبخوان (فرض شده)	۰/۴
تخلخل قابل زهکشی منطقه ریشه (در منطقه تعیین شده)	۰/۱۲
تخلخل قابل زهکشی منطقه انتقالی (در منطقه تعیین شده)	۰/۱
تخلخل قابل زهکشی آبخوان (فرض شده)	۰/۰۷
راندمان آبشوئی منطقه ریشه (واسنجی مدل)	۰/۷
راندمان آبشوئی منطقه انتقالی (فرض)	۰/۷
راندمان آبشوئی آبخوان (فرض شده)	۰/۸
۳- اجزای بیلان آب	
میزان آبیاری در فصل اول (متر)	۴
میزان آبیاری در فصل دوم (متر)	۰
میزان بارندگی در فصل اول (متر)	۰/۰۲۹
میزان بارندگی در فصل دوم (متر)	۰/۲۵
تبخیر و تعرق پتانسیل در فصل اول و دوم (متر)	۲/۲
میزان زهکشی طبیعی به سمت آبخوان(واسنجی مدل) (متر)	/۰۹
۴- معیارهای طراحی زهکشی زیرزمینی	
عمق ریشه (متر)	۰/۸
عمق نصب زهکش های زیرزمینی (متر)	۲

فاصله زهکش های زیرزمینی (متر)	۷۰
ضخامت منطقه انتقالی بین منطقه ریشه و آبخوان (فرض شده) (متر)	۶
ضخامت آبخوان (فرض شده) (متر)	۵۰
نسبت تخلیه زهکشها به ارتفاع سطح ایستابی بالای زهکشها QH1 (محاسبه شده) (متر بر روز بر متر)	۰/۰۰۱
نسبت تخلیه زهکشها به مجذور ارتفاع سطح ایستابی بالای زهکشها QH2 (محاسبه شده) (متر بر روز بر متر مربع)	۰/۰۰۸
۵- شرایط اولیه و مرزی مقادیر اندازه گیری شده	۲
عمق سطح ایستابی در شروع فصل اول (متر)	۶
*غلظت نمک اولیه خاک مرطوب در منطقه ریشه درحالت اشباع مزرعه (دسی زیمنس بر متر)	۶
*غلظت نمک اولیه خاک مرطوب در منطقه انتقالی درحالت اشباع مزرعه (دسی زیمنس بر متر)	۱/۳
میانگین غلظت نمک آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر)	

* در مدل پارامتر ورودی غلظت نمک در حالت اشباع مزرعه تقریبا نصف غلظت نمک در حالت اشباع کامل است (EC:ECe =2:1).

مقادیر دلخواه ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶و ۰/۸ برای راندمان آب شویی منطقه ریشه جهت اجرای مدل انتخاب شدند. مدل با استفاده از راندمان های آبشوئی مختلف اجراء شد و سطوح مختلف شوری در منطقه ریشه به دست آمد. نتایج پیش بینی مدل و نتایج حاصل از اندازه گیری مزرعه ای در شکل ۳ آورده شده است. بر اساس نتایج حاصله، ضریب راندمان آبشوئی ۰/۶ بیشترین مطابقت را با داده های مشاهده ای شوری خاک نشان داد.

اوستربان و ابوسنا (۱۹۹۰) ضریب راندمان آبشوئی را با استفاده از مدل SaltMod در دلتای نیل ۰/۸ به دست آوردند. سرینیواسولا و همکاران (۲۰۰۴) مقدار ۰/۶۵ را به عنوان ضریب آبشوئی در مزرعه ای در هند محاسبه کردند. باچه چی و همکاران این ضریب را با استفاده از مدل SaltMod در یک خاک رسی در مزرعه ای در ترکیه حدود ۰/۷ به دست آورد. حق وردی و همکاران (۱۳۹۰) ضریب راندمان آب شویی را با استفاده از همین مدل برای دو سری خاک حدود ۰/۷ و ۰/۸ تعیین کرد. کاظمی زریون و همکاران(۱۳۹۲) با استفاده از مدل SaltMod این ضریب راندمان را در دشت آذربایجان شرقی ۰/۴ محاسبه کرد.



شکل ۳- واسنجی راندمان آبشویی منطقه ریشه

تعیین میزان زهکشی زیرزمینی طبیعی

در مدل، زهکشی طبیعی زیرزمینی ($G_n=G_0-G_i$) عبارت است از تفاضل بین آب خروجی زیرزمینی (G_0) و آب ورودی زیرزمینی (G_i) در طول فصل. جهت محاسبه مقدار این پارامتر، با قرار دادن G_i برابر با صفر و مقادیر مختلف زهکشی طبیعی خروجی (G_0)، عمق سطح ایستابی(Dw) و عمق زهاب خروجی (Gd)توسط خود مدل پیش بینی می گردد، سپس نتایج مدل با نتایج به دست آمده در مزرعه مقایسه و عددی که بیشترین شباهت را با سطح ایستابی واقعی و عمق زهاب داشته باشد به عنوان زهکشی طبیعی منطقه (G_n)انتخاب می گردد. با توجه به طولانی بودن فصل اول (۸ ماه) در مقایسه با فصل دوم (۴ماه)، مقادیر انتخابی G_{O1} و G_{O2} به صورت جفت های (۰ و ۰)، (۰/۰۶ و ۰/۰۳)، (۰/۰۸ و ۰/۰۴)، (۰/۱ و ۰/۰۵) و (۰/۱۲ و ۰/۰۶) متر انتخاب شدند. مدل برای مقادیر مختلف زهکشی طبیعی مربوط به هر فصل اجراء گردید. نتایج پیش بینی مدل برای این مقادیر مختلف فرضی در جدول۲درج گردیده است. مقادیر پیش بینی شده مدل با نتایج اندازه گیری شده واقعی عمق سطح ایستابی و عمق زهاب خروجی در مزرعه مقایسه گردید. بر اساس اندازه گیری های انجام شده میانگین عمق سطح ایستابی در فصل اول (اسفند تا مهرماه) بین ۱/۱ تا ۱/۱۳ و در فصل دوم (آبان تا بهمن)، حدود ۱/۸۸ متر از سطح زمین بود. در این مدت میزان عمق زهاب خروجی در فصل اول (۸ ماه) حدود ۲/۰۷ متر بود. مقایسه مقادیر مشاهده شده با مقادیر پیش بینی شده مدل در جدول ۲ نشان می دهد مقدار زهکشی طبیعی سالانه احتمالا بین ۰/۰۹ تا ۰/۱۲ است. گرچه این نتیجه خیلی دقیق نیست اما بیانگر وجود زهکشی طبیعی کم در منطقه است. بنابراین میزان زهکشی طبیعی سالانه حدود ۰/۰۹ (فصل اول و دوم به ترتیب ۰/۰۶ و ۰/۰۳) در منطقه به عنوان ورودی مدل فرض شد.

عبدالدایم و ریتزما (*Abdel-Dayem& Ritzema,1990*) میزان زهکشی طبیعی سالانه در دلتای نیل مصر را حدود ۰/۱۴ متر به دست آوردند. سرینیواسولا و همکاران (۲۰۰۴) ضمن تعیین بیلان آب و نمک توسط مدل، میزان زهکشی طبیعی در مزرعه آزمایشی در هند را حدود ۰/۰۵ به دست آورد. باچه چی و همکاران (۲۰۰۶)، میزان زهکشی طبیعی در یک مزرعه آبیاری در ترکیه را حدود ۰/۱۲ متر در سال برآورد کردند. کاظمی زریون و همکاران(۱۳۹۲) با استفاده از مدل میزان زهکشی طبیعی سالانه را در دشت آذربایجان شرقی ۰/۱۴ به دست آورد.

جدول ۲- مقادیر فرض شده خروجی زهکشی طبیعی سالانه به آب زیرزمینی (Gn متر در سال) و مقادیر پیش بینی مدل شامل میانگین عمق آب زیرزمینی (Dw متر) و عمق زهاب خروجی (Gd متر در فصل) برای سال اول

مقدار Gn سالیانه	*فصل اول*		*فصل دوم*	
	Dw	Gd	Dw	Gd
۰ = (۰ + ۰)	۱/۱	۲/۱۴	۱/۸۴	۰/۱۸
۰/۰۹ = (۰/۰۶ +۰/۰۳)	۱/۱۲	۲/۰۸	۱/۸۷	۰/۱۴
۰/۱۲ = (۰/۰۸ +۰/۰۴)	۱/۱۴	۲/۰۶	۱/۸۸	۰/۱۳
۰/۱۵ = (۰/۱ +۰/۰۵)	۱/۱۵	۲/۰۴	۱/۸۹	۰/۱۱
۰/۲۲ = (۰/۱۲+۰/۰۶)	۱/۱۴	۲/۰۲	۱/۹	۰/۱۰

نتایج و بحث:

اثرضریب کنترل زهکشی بر شوری خاک و عمق سطح ایستابی

عمق سطح ایستابی در شروع فصل آبیاری نیشکر (اواسط اسفندماه) در محدوه عمق نصب زهکش های زیرزمینی قرار دارد. با شروع آبیاری، سطح ایستابی در مزرعه بالا آمده و خروج زهاب از زهکشهای زیرزمینی آغاز می گردید و سطح ایستابی تا نوبت آبیاری بعدی به تدریج شروع به پائین رفتن می کند. سرعت افت سطح ایستابی و میزان نوسانات آن با توجه

به خصوصیات خاک هر مزرعه مانند بافت، ساختمان خاک، هدایت هیدرولیکی و نحوه قرارگیری لایه های خاک متغییر می باشد.

به منظور پیش بینی بلندمدت شوری خاک منطقه ریشه، عمق سطح ایستابی و میزان عمق زهاب خروجی، مدل با استفاده از مقادیر مختلف عامل فرضی کنترل زهکشی (F_{rd}) به دفعات مختلف اجراء شد (در مدل SaltMod ضریبی جهت مدیریت و کاهش عمق زهاب خروجی در نظر گرفته شده که بین صفر تا یک متغیر است و در صورت کاربرد سامانه های زهکشی کنترل شده می توان عمق سطح ایستابی، شوری خاک و عمق زهاب را برای مقادیر مختلف این ضرایب پیش بینی کرد).

مدل برای مقادیر مختلف عامل کنترل زهکشی ۰، ۰/۲۵، ۰/۵و ۰/۷۵ اجراء شد. فاکتور عکس العمل زهکشی (QH) با این ضرایب مختلف به ترتیب برابر با ۰/۰۰۸، ۰/۰۰۶، ۰/۰۰۴و ۰/۰۰۲ محاسبه گردید. خروجی شبیه سازی شده مدل برای هر دو فصل در جدول ۳ و ۴ نمایش داده شده است.

همانگونه که در جدول ۳ مشاهده می گردد چنانچه مقادیر مختلف عامل کنترل زهکشی از صفر (زهکشی آزاد) به ۰/۲۵، ۰/۵و ۰/۷۵ (زهکشی کنترل شده) افزایش می یابد، میانگین عمق سطح ایستابی از ۱/۱۲ متر به ۰/۸۸، ۰/۶ و ۰ کاهش می یابد. به عبارت دیگر استفاده از ضریب کنترل زهکشی بیشتر از ۰/۲۵ باعث بالا آمدن سطح ایستابی به محدوده ریشه خواهد شد. پیش بینی مدل نشان داد کاربرد حدود ۴متر آب در طول فصل آبیاری (مطابق با آنچه در واحدهای کشت و صنعت نیشکر متداول است)، استفاده از زهکشی کنترل شده را با محدودیت مواجه خواهد ساخت. بنابراین همزمان با کاربرد زهکشی کنترل شده، کاهش عمق آب آبیاری نیز می بایست انجام شود.

جدول۳- شوری خاک و عمق سطح ایستابی میانگین در فصل اول با مقادیر متفاوت ضریب کنترل زهکشی

F_{rd1} *(عامل کنترل زهکشی)*	$QH(m)$ *(عکس العمل زهکشی)*	*شوری عصاره اشباع خاک منطقه ریشه(dS/m)*	*عمق سطح ایستابی(m)*	*عمق زهاب*
۰	۰/۰۱	۲/۱	۱/۱۲	۲/۰۷
۰/۲۵	۰/۰۰۷۵	۲/۲	۰/۸۸	۲/۰۳
۰/۵	۰/۰۰۵	۲/۳	/۶۰	۱/۸۱
۰/۷	۰/۰۰۲۵	۵/۲۵	۰	۰/۸۴

جدول ۴- تخمین شوری خاک و عمق سطح ایستابی میانگین در فصل دوم با مقادیر متفاوت ضریب کنترل زهکشی

F_{rd1} *(عامل کنترل زهکشی)*	$QH(m)$ *(عکس العمل زهکشی)*	*شوری عصاره اشباع خاک منطقه ریشه (dS/m)*	*عمق سطح ایستابی(m)*	*عمق زهاب*
۰	۰/۰۱	۱/۸	۱/۸۷	۰/۱۵
۰/۲۵	۰/۰۰۷۵	۲	۱/۸۴	۰/۱۸
۰/۵	۰/۰۰۵	۲/۲	۱/۸۱	۰/۲۱
۰/۷	۰/۰۰۲۵	۴/۸۹	۱/۶۳	۰/۲۴

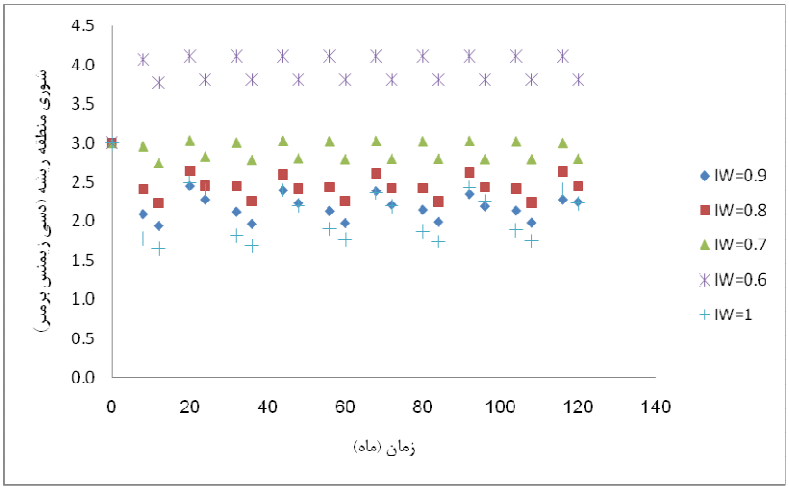
بررسی اثر کاهش آبیاری بر شوری خاک، عمق سطح ایستابی و عمق زهاب

بررسی هایی که درباره مصرف آب در کشت و صنعت های نیشکر خوزستان انجام شده است نشان می دهد که در تعدادی از واحدهای نیشکر، مصرف آب به مراتب بیش از نیاز واقعی است. به منظور بررسی اثر کاهش میزان آب آبیاری بر شوری خاک، مدل برای مقادیر عمق های مختلف آب آبیاری شامل ۲/۸، ۳/۲، ۳/۶ و ۴ متر به ترتیب ۹۰، ۸۰، ۷۰ و ۱۰۰ درصد عمق آب آبیاری (۰/۶، ۰/۷، ۰/۸، ۰/۹ و IW=۱) اجراء گردید. محجوبی و همکارن (۱۳۹۱) میزان کل آب مصرفی اندازه گیری شده (۸ ماه) در نیشکرکشت (پلانت) را در مزرعه با زهکشی آزاد ۴۰۱۴ میلیمتر و در مزرعه با زهکشی کنترل شده را حدود ۳۱۰۰ میلیمتر به دست آوردند.

همانطور که در شکل ۴ مشاهده می گردد با کاهش مصرف آب تا ۲۰ درصد (عمق آب آبیاری ۳/۲ متر)، افزایش قابل ملاحظه ای در شوری خاک مشاهده نشد و شوری خاک در محدوده ۲ تا ۲/۵ دسی زیمنس بر متر خواهد بود. با کاهش مصرف آب به میزان ۳۰ درصد (عمق آب آبیاری ۲/۸ متر) میانگین شوری خاک منطقه ریشه در فصل اول افزایش بیشتری نشان داد و به حدود ۳ دسی زیمنس بر متر رسید.

تحقیقات انجام شده توسط شینی دشتگل و الهامی فر (۱۳۸۵) در خصوص اثر شوری خاک بر عملکرد نیشکر در خوزستان نشان می دهد که تا شوری ۲ دسی زیمنس بر متر، کاهشی در رشد نیشکر اتفاق نمی افتد. اما در محدوده ۲ تا ۴ دسی زیمنس شوری خاک سبب کاهش عملکرد سبز گیاه (نی) شده و در شوری بیش از ۴ کاهش عملکرد نی شدید است. در شوری بیش از ۲ دسی زیمنس میزان کاهش عملکرد حدود ۱۷ درصد و در شوری ۴ دسی زیمنس بر متر کاهش عملکرد حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد است. همچنین به ازاء هر واحد شوری عصاره اشباع خاک (بر حسب دسی زیمنس بر متر)، در حدود ۰/۹۱ - ۰/۲۹ درصد شکر استحصالی کاهش خواهد یافت.

بر اساس تحقیق گلابی و همکاران (۱۳۸۶) در مرکز تحقیقات نیشکر، آستانه تحمل نیشکر ۲/۲ دسی زیمنس بر متر گزارش شد.



شکل۴ - تغییرات شوری خاک منطقه ریشه با مقادیر درصد های مختلف کاهش آب آبیاری نسبت به زمان

جدول ۵ نیز تاثیر کاهش مصرف آب بر عمق سطح ایستابی، عمق زهاب، راندمان و کفایت آبیاری را برای پنجمین سال سناریو های مختلف مصرف آب را در فصل آبیاری نشان می دهد. بر اساس نتایج پیش بینی مدل، با کاهش ۲۰ درصد در مصرف آب مقدار کفایت آبیاری کاهش نیافته و میزان راندمان آبیاری از ۴۴ درصد به ۶۴ درصد افزایش خواهد یافت و عمق زهاب نیز حدود ۴۰ درصد کاهش می یابد.

جدول ۵- تخمین شوری خاک و عمق سطح ایستابی با اعماق مختلف آب آبیاری

عمق آب آبیاری (متر)	شوری عصاره اشباع خاک منطقه ریشه(dS/m)	عمق سطح ایستابی(متر)	عمق زهاب (متر)	کفایت آبیاری	راندمان آبیاری
۴	۲/۱	۱/۱۲	۲/۰۷	۱	۰/۴۴
۳/۶	۲/۲	۱/۲۷	۱/۷	۱	۰/۵۶
۳/۲	۲/۴	۱/۴۲	۱/۳۲	۱	۰/۶۴
۲/۸	۳	۱/۵۸	۰/۹۵	۱	۰/۷۴

مطابق با پیش بینی مدل و نتایج مندرج در جدول ۵ امکان کاهش مصرف آب آبیاری بدون افزایش در شوری خاک و عملکرد محصول وجود دارد. در این شرایط جهت بررسی تاثیر فاکتور زهکشی کنترل شده بر شوری خاک، سطح ایستابی و عمق زهاب، مقادیر مختلف ضریب کنترل زهکشی نیز به مدل داده شد. نتایج پیش بینی مدل نشان می دهد با کاربرد آب حدود ۳/۲ متر و استفاده از ضریب کنترل زهکشی تا ۰/۵، افزایشی در شوری خاک منطقه ریشه بوجود نخواهد آمد. ضمنا عمق سطح ایستابی در عمق مناسبی از خاک قرار گرفته و علاوه بر اینکه محدودیتی را جهت رشد ریشه فراهم نخواهد کرد بلکه امکان استفاده از آب زیرزمینی برای گیاه نیز فراهم خواهد بود و میزان عمق زهاب خروجی از مزرعه نیز از ۱/۳۲ متر به ۱/۲۶ متر کاهش خواهد یافت.

جدول ۶- تخمین شوری خاک و عمق سطح ایستابی میانگین در فصل آبیاری (اول) با مقادیر متفاوت ضریب کنترل زهکشی

عمق آب آبیاری (متر)	F_{rd1}	$QH(m)$	شوری عصاره اشباع خاک منطقه ریشه(dS/m)	عمق سطح ایستابی(متر)	عمق زهاب (متر)
۳/۲	۰۰۰	۰/۰۱	۲/۴	۱/۴۲	۱/۳۲
۳/۲	۰/۲۵	۰/۰۰۷۵	۲/۴	۱/۲۶	۱/۳
۳/۲	۰/۵	۰/۰۰۵	۲/۵	۰/۹۵	۱/۲۶
۳/۲	۰/۷۵	۰/۰۰۲۵	۳	۰/۷۷	۰/۷۵

جعفری و همکاران (۱۳۸۵) میزان کل آب ورودی را در یک مزرعه که شامل پنج واریته مختلف بود، در کشت (پلنت) در آبیاری کنترل شده در حدود ۳۴۲۹۰ متر مکعب در هکتار گزارش نمودند.

بر اساس مطالعات صادقی عطار (۱۳۷۹)، میزان آب مصرفی در کشت و صنعت کارون در سطح ۹۰۰۰ هکتار، حدود ۵۹۰۰۰ متر مکعب در هکتار (معادل ۵۹۰۰ میلی متر) و در بلوک F این واحد در سطح ۳۰۰۰ هکتار، آب مصرفی حدود ۴۸۰۰۰ متر مکعب در هکتار اندازه گیری گردید (به نقل از جعفری و همکاران، ۱۳۸۵).

بر اساس تحقیقات جعفری و همکاران (۱۳۸۵)، مناسب ترین حجم آب مصرفی نیشکر در هر نوبت آبیاری بین ۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰ مترمکعب در هکتار می باشد در حالیکه اندازه گیری های انجام شده نشان داده که حجم آب مصرفی در بیش از ۹۵٪ مزارع در هر نوبت آبیاری بیش از ۱۵۰۰ مترمکعب در هکتار است. افزایش این حجم آب نسبت به مقدار توصیه شده از یک سو سبب مشکل ایجاد تهویه در خاک شده و از سوی دیگر باعث افزایش حجم زهاب خروجی از مزارع می گردد.

اثر عمق های مختلف زهکشی زیرزمینی بر شوری خاک منطقه ریشه

در گذشته عقیده بر این بود که در مناطق خشک و نیمه خشک، به علت خطر بازگشت شوری، عمق زهکش‌ها نباید از حدود دو متر کمتر باشد. اما خطر شوری هنگامی وجود دارد که جریان آب بر عکس شده و جریان غالب از پایین به بالا باشد. در خوزستان، چنانچه در تابستان آبیاری انجام شود، چنین اتفاقی را نمی‌توان انتظار داشت. در اراضی نیشکر خوزستان نیز که حدود هشت ماه از سال آبیاری می شوند، بازگشت شوری مشاهده نشده است.

کاهش عمق زه‌کش‌ها، موجب می‌شود که نمک کمتری از خاک خارج شده و به محیط زیست وارد گردد. این موضوع بسیار پر اهمیت است و نقش بسیار مهمی در خروج نمک‌هایی دارد که در نیمرخ خاک مدفون هستند و زیانی به محیط زیست وارد نمی‌کنند. به نظر می‌رسد به این دلیل زهاب خروجی از واحدهای نیشکر به نسبت شوری آب آبیاری خیلی شورتر است که در حقیقت علاوه بر آبشویی لایه بالای زه‌کش، شوری زیر این لایه نیز توسط زه‌کش های زیرزمینی خارج می‌شود.

جهت بررسی تاثیر عمق زهکش های زیرزمینی مدل برای اعماق محتلف ۱/۳، ۱/۵، ۱/۷ و ۲ متر اجراء گردید. همانطور که در جدول ۷ ملاحظه می گردد به جز عمق نصب ۱/۳ متر که عمق سطح ایستابی می تواند به عنوان یک محدودیت برای عملکرد نیشکر تصور شود در سایر عمق های نصب، شوری خاک منطقه ریشه و عمق سطح ایستابی محدودیتی برای گیاه نیشکر ایجاد نخواهد کرد. بدیهی است با توجه به فواید کاهش عمق نصب در کاهش عمق زهاب خروجی و کمک به مسائل زیست محیطی، عمق نصب ۱/۵ متر در این شرایط عمق مناسبتری خواهد بود.

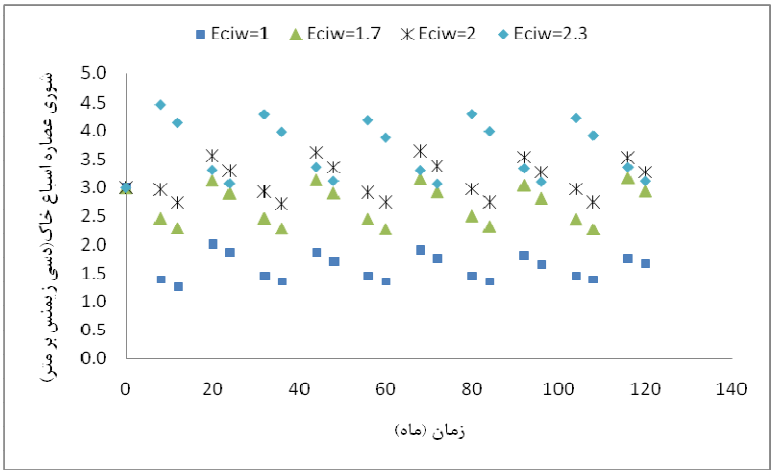
نظری و همکاران (۱۳۸۷) با استفاده از مدل Drainmod-s در کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر، شبیه سازی عملکرد سامانه زهکشی، عملکرد محصول (نیشکر) و بار نمک زهاب را با عمق های مختلف مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد جهت کاهش اثرات زیست محیطی و افزایش کارائی اقتصادی، باید عمق نصب زهکش ها از ۲ متر به ۱/۵ متر کاهش یابد.

جدول ۷- تخمین شوری خاک و عمق سطح ایستابی میانگین در فصل آبیاری (اول) با مقادیر متفاوت ضریب کنترل زهکشی

عمق آب آبیاری (متر)	*عمق زهکش (متر)*	*شوری عصاره اشباع خاک منطقه ریشه(dS/m)*	*عمق سطح ایستابی(m)*	*عمق زهاب (متر)*
۳/۲	۱/۳	۲/۴	۰/۷۳	۱/۲۱
۳/۲	۱/۵	۲/۴	۰/۹۳	۱/۲۵
۳/۲	۱/۷	۲/۴	۱/۱۵	۱/۲۷
۳/۲	۱/۸	۲/۴	۱/۲۲	۱/۲۸
۳/۲	۲	۲/۴	۱/۴۲	۱/۳۲

اثر شوری های متفاوت آب آبیاری بر شوری خاک منطقه ریشه

همانند اکثر محصولات کشاورزی، افزایش شوری آب آبیاری بیشتر از آستانه تحمل گیاه نیشکر، باعث کاهش عملکرد این محصول خواهد شد. به منظور پیش بینی اثر افزایش شوری آب آبیاری در سال های مختلف بر شوری خاک منطقه ریشه، مدل برای مقادیر مختلف شوری آب آبیاری (با عمق ۳/۲ متر در طول فصل آبیاری) اجراء گردید. سطح شوری های مختلف آب آبیاری شامل۱/۱، ۱/۶، ۲ و ۲/۳ دسی زیمنس بر متر بود. نتایج پیش بینی نشان می دهد که زمانی که شوری آب آبیاری بیش از ۱/۷ دسی زیمنس بر متر شود، میزان شوری خاک بیش از ۳ دسی زیمنس برمتر خواهد شد.



شکل۴ - تغییرات شوری خاک منطقه ریشه با مقادیر مختلف شوری آب آبیاری

نتیجه گیری

مدل SaltMod یک نرم افزار مفید جهت پیش بینی شوری خاک، عمق زهاب و عمق سطح ایستابی در اراضی کشاورزی تحت مدیریت های مختلف آبیاری و زهکشی است. نتایج مدل نشان داد که آب مصرفی در کشت و صنعت نیشکر امام خمینی بیش از حد نیاز گیاه بوده و سبب بیش زهکشی(over drainage)و افزایش عمق زهاب و نمک خروجی از مزارع خواهد شد. کاهش مصرف حدود ۲۰ درصدی مصرف آب آبیاری علاوه بر تامین نیاز آبی گیاه و آبشوئی خاک، هیچگونه محدودیتی را در شوری خاک و عملکرد گیاه به وجود نخواهد آورد. علاوه بر این، کاهش مصرف آب سبب افزایش راندمان آبیاری و کاهش عمق زهاب خروجی خواهد شد. در این حالت امکان استفاده از زهکشی کنترل شده نیز فراهم بوده و تا ضریب کاهش زهکشی برابر با ۰/۵ هیچگونه محدودیتی در عمق سطح ایستابی و افزایش شوری خاک بوجود نخواهد آمد. پیش بینی مدل نشان داد افزایش عمق نصب زهکش های زیرزمینی بیش از ۱/۵ متر سبب افزایش شوری خاک منطقه ریشه نخواهد شد.

منابع:

حق وردی، ا. محمدی.ک، موحد، ا. قهرمان، ب و محمد افشار. ۱۳۹۰. تخمین شوری پروفیل خاک در شبکه آبیاری و زهکشی دشت تبریز با استفاده از مدل SaltMod و مدل های شبکه عصبی. نشریه آب و خاک(علوم و صنایع کشاورزی).جلد ۲۵

جعفری، س. شینی دشتگل، ع. ناصری، ع. ع و ن. ا. بنی عباسی. ۱۳۸۵. بررسی میزان آب مصرفی و ارائه روش های جدید در استفاده بهینه از آب آبیاری به روش هیدروفلوم در مزارع کشت و صنعت نیشکر امیر کبیر. همایش ملی مدیریت آبیاری و زهکشی. دانشگاه شهید چمران اهواز.

جعفری، س. ناصری، ع. ع و ن. ا. بنی عباسی. ۱۳۸۵. بررسی اثرات آبیاری و زهکشی نامناسب بر کاهش رشد نیشکر. همایش ملی مدیریت آبیاری و زهکشی. دانشگاه شهید چمران اهواز.

کاظمی زریون، م. ناظمی، ا. اشرف صدرالدینی، ع و محمد علی قربانی. ۱۳۹۲. مدل سازی تغییرات زمانی و مکانی شوری خاک اراضی پایاب سد حاجیلرچای در استان آذربایجان شرقی با استفاده از تلفیق زمین آمار و مدل SaltMod

گلابی، م. ۱۳۸۸. مدل سازی ریاضی واکنش نیشکر به شوری آب آبیاری و کاربرد در مدل سالت مد برای مدیریت آبیاری نیشکردر مناطق گرم و خشک. پایان نامه دکتری، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.

محجوبی، آ.۱۳۹۱. بررسی اثرات زهکشی کنترل شده بر روی شوری خاک، مدیریت آبیاری و عملکرد نیشکر در کشت و صنعت امام خمینی. پایان نامه دکتری، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.

نظری، ب. لیاقت.، ع. پارسی نژاد، م و عبدعلی ناصری. ۱۳۸۷. بهینه سازی عمق نصب زهکش های زیرزمینی با ملاحظات اقتصادی و زیست محیطی. پنجمین کارگاه فنی زهکشی و محیط زیست

Abdel-Dayem MS, Ritzema HP. 1990. Using SALTMOD to predict and salinity in Nile Delta. In ILRI Annual Report 1989,Wageningen; 63–73.
Bahc¸eci I˙, Nacar AS. 2007. ESTIMATION OF ROOT ZONE SALINITY, USING SALTMOD, IN THE ARID REGION OF TURKEY. Irrig. and Drain. 56: 601–614
Bahceci I. Tari A. F. Dinc N. Agar A. and Sonmez B. 2006. Water and salt balance studies using SaltMod to improve subsurface drainage in the Konya-Gumra plain, Turkey. J. Agricultural Water managment. 85(6):261-271.
Christen, E. W., and D. Skehan. 2001. Design and management of subsurface horizontal drainage to reduce salt loads. J. Irrig. Drain. Eng. 127(3): 148-155.
Hurst, C. A., Thorburn, P. J., Lockington, D. and K. L. Bristowc. 2004. Sugarcane water use from shallow water tables: Implications for improving irrigation water use efficiency. Science direct. 1-19.
Hunsigi, G., and S. C. Srivastava. 1977. Modulation of ET (evapotranspiration) values of sugar cane because of high water table. In: Proceedings of the 16th ISSCT Congress, pp. 1557–1564.
Gupta, R., and R.L. Yadav. 1993. Ground water contribution to evapo-transpiration of sugarcane during summer. Cooperative Sugar 25, 113–115.
Hurst, C. A., Thorburn, P. J., Lockington, D. and K. L. Bristowc. 2004. Sugarcane water use from shallow water tables: Implications for improving irrigation water use efficiency. Science direct. 1-19.
Oosterbaan R. J. 2002. SaltMod: Description of principles, user manual, and examples of application, Wageningen, the Netherlands.
Oosterbaan RJ, Abu Senna M. 1990. Using SALTMOD to predict drainage for salinity control. Towards integration of irrigation and drainage management. Proceedings of the Jubilee Symposium at the Occasion of the 40th Anniversary of ILRI. Wageningen the Netherlands; 43–49.
Srinivasulu A, Sujani RC, Lakshmi GV, Satyanarayana TV, Boonstra J. 2004. Model studies on salt and water balances at Konanki Pilot Area, Andhra Pradesh, India. Irrigation and Drainage Systems February, 18(1): 1–17(17).

Estimation of Root Zone Salinity in Different Management of Irrigation and Drainage in the Imam Khomeini sugarcane agro- industry, Using Saltmod.

Sugarcane is one of the plants that has very water consumed in the arid region of Khouzestan thus using of optimum water to plant

نیشکر جزو گیاهانی است که در ناحیه گرم خوزستان آب مصرفی بسیار بالائی دارد و استفاده بهینه از آب برای کشت پایدار نیشکر از اهمیت خاصی برخوردار است.