مفاهیم
زهکشی و شوری آب و خاک

ترجمه و تدوین :

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

شماره ۲۲ ، ۱۳۷۷

مفـاهیم
زهکشی و شـوری آب و خـاک

(آمـوزشـی - تـرویجـی)

ترجمه و تدوین :

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

دکتر مجید احتشامی دکتر حسین اشک تراب

مهندس محمدکاظم سیاهی

بسم الله الرحمن الرحيم

بسمه تعالی

وزارت نیـــرو

کمیته ملـی آبیـاری و زهکشـی ایـران

نام کتاب :مفاهیم زهکشی و شوری آب و خاک

ناشر :کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

تیـراژ : ۱۰۰۰ نسخه

چاپ اول بهار ۱۳۷۸

حروفچینی :کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

حق چاپ برای کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران محفوظ است.

سرآغاز

درجهان امروزی، تامین غذا برای جمعیتی بالغ بر شش میلیارد نفر، بدون کشاورزی فاریاب قابل تصور نیست. از طرف دیگر محدودیت آب و خاک مناسب برای کشاورزی و کاهش بازدهی درصد قابل توجهی از اراضی، علیرغم پیشرفت فن‌آوری‌های مربوطه، همواره نگرانی‌هایی را ایجاد می‌نماید.

شوری آب و خاک از مهمترین عوامل کاهش کیفیت اراضی زراعی است. اندکی تأمل در میزان اراضی دارای محدودیت شوری یا قلیایی و آبهای سطحی یا زیرزمینی شور و لب شور، که ریشه در عوامل زمین‌شناسی، جغرافیایی و اقلیمی دارد، اهمیت چنین موضوعی را کاملاً روشن می‌سازد. استفاده از آب با کیفیت پایین و آبیاری بی‌رویه به عنوان مهمترین عوامل تشدید کننده شوری خاک، باید همواره در طرح‌های کشاورزی و آبیاری مد نظر قرار گیرند. زهکشی و آبشویی مناسب، کارآمدترین روشی است که در شرایط کنونی می‌تواند برای جلوگیری از روند شور شدن اراضی به کار برده شود.

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران در راستای اهداف و وظایف خود انتشار کتب و نشریات مرتبط با مسایل و مشکلات معتنابه کشور را جزو برنامه‌های خود قرار داده است. لذا با توجه به اهمیت مسئله شوری و زهکشی درکشور، خوشحال هستیم ازاین که توانسته‌ایم بیست‌ودومین نشریه خود را به این موضوع اختصاص دهیم. در اینجا لازم است ضمن تشکر از همکاران عزیزی که ترجمه این کتاب را بر عهده داشته‌اند، از آقای مهندس مهرزاد احسانی و آقای مهندس محمدرضا آل یاسین و آقای مهندس امیر حسین ایزد دوست‌دار که در ویرایش نهایی کتاب سهم بسزایی داشتند تقدیر و تشکر بعمل آید و همچنین از گروه تایپ سرکار خانم‌ها مریم محسن زاده و ناهید بیک محمدی که با صبر و حوصله در حروفچینی کتاب همت گماردند تشکرگردد. امید است که این نشریه بتواند پاسخگوی بخشی از نیاز متخصصین به مقوله مورد نظر باشد. نقطه نظرات و ارشادات تمامی عزیزان، اساتید، متخصصان و دانشجویان راهنمای خوبی برای فعالیتهای آینده این کمیته خواهد بود.

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

پیشگفتار

شوری آب و خاک یکی از ویژگیهای زمینهای کشاورزی ایران است که همواره مسایل و مشکلاتی را در بهره‌برداری از این منابع ایجاد کرده و زهکشی نیز همواره به عنوان درمان، پیشنهاد و اجرا شده است. چنین پنداری سبب شده تا در بیست‌وپنج سال اخیر، تقریباً کلیه کتب زهکشی شناخته شده جهان از زبان انگلیسی به فارسی، ترجمه و تدوین گردند و آگاهی کارشناسان ایران را افزایش دهند. متأسفانه پهنه اراضی زهکشی شده کشور و یا پژوهشهای آن متناسب با تعداد کتب منتشر شده در این زمینه نیست و این کتب نیز در کلیه موارد برای تربیت کارشناسان آبیاری و زهکشی به کار گرفته شده و کاردانان و تکنسین‌های آبیاری و زهکشی از مفاد آن محروم مانده‌اند.

خوشبختانه کتاب حاضر که به همت آقایان دکتر مجید احتشامی، دکتر حسین اشک‌تراب و مهندس محمدکاظم سیاهی از متن انگلیسی ترجمه شده، این کمبود را نیز برطرف ساخته و متن مناسبی را برای استفاده کاردانان، تکنسینها و دانش‌آموختگان سایر رشته‌ها عرضه می‌دارد که مبتنی بر پنجاه سال تجربه علمی و ترویجی استادان دانشگاه کالیفرنیا بوده و از جهاتی بر کتب درسی دانشگاهی نیز برتری دارد. فصول مختلف این کتاب به همان اندازه که جنبه کاربردی دارد، از محتوی علمی برخوردار است.

مترجمان محترم کوشیده‌اند تا ضمن حفظ اصالت متن انگلیسی ترجمه روانی را همراه با جداول کاربردی گوناگون، به ویژه اسامی گیاهان شورپسند و شور گریز به خواننده عرضه دارند که بایستی به این حسن انتخاب کتاب و کوشش در ترجمه، به مترجمان فاضل آن که از اساتید این رشته هستند، تبریک گفت و برایشان آرزوی کامیابی بیشتر در تکاثر و گسترش اطلاعات آبیاری و زهکشی، مسئلت داشت.

محمد بای‌بوردی

فهرست مطالب **صفحه**

مقدمه ۱

بخش اول: گیاه، آب و شوری

۱-ترکیب آب آبیاری و شوری خاک ۳
۲-واکنش گیاه به شوری ۶
۳-تحمل شوری گیاهان زراعی ۱۰
۴-مسمومیت سدیم و آنیون کلرور در گیاهان ۲۳
۵-تجمع نمک در برگها ۲۸
۶-مسمومیت بُر و تحمل گیاهان ۳۱

بخش دوم: خاک و شوری

۷-هدایت الکتریکی ۳۴
۸-عوامل تبدیلی: یک قسمت در یک میلیون و میلی اکی‌والان در لیتر ۳۶
۹-نسبت جذب سدیم (SAR) ۳۷
۱۰- کیفیت آب و نفوذپذیری ۴۱
۱۱- ارزیابی مشکلات بالقوه کیفیت آب ۴۳
۱۲- ارزیابی کیفیت آب آبیاری ۴۶
۱۳- ارزیابی شوری خاک ۵۱

بخش سوم: توزیع شوری خاک در ارتباط با آبیاری

۱۴- حرکت و توزیع شوری در خاک ۵۵
۱۵- توزیع شوری در شرایط آبیاری قطره‌ای ۶۳
۱۶- توزیع شوری در شرایط آبیاری نشتی ۶۹
۱۷- توزیع شوری در شرایط آبیاری بارانی ۷۴
۱۸- جریان رو به بالای آب‌های کم عمق زیر زمینی شور ۷۶

بخش چهارم: مدیریت شوری و اصلاح خاک‌های شور

۱۹- عملکرد محصول زراعی به آبشویی و توزیع شوری ۸۳
۲۰- آبشویی ۸۹
۲۱- آبشویی در سفره‌های کم عمق شور ۹۴
۲۲- درصد آبشویی قابل حصول ۹۷
۲۳- اصلاح خاک‌های شور ۹۹
۲۴- افزودنی‌ها برای اصلاح خاک‌های قلیایی و شور ۱۰۴
۲۵- اصلاح خاک‌های تحت تأثیر بُر ۱۱۳
۲۶- آبیاری با آب شور ۱۱۶
۲۷- تناوب آبیاری و شوری ۱۲۱

بخش پنجم: زهکشی زیرزمینی

۲۸- زهکشی زیرزمینی ۱۲۵
۲۹- معیار عمق آب زیرزمینی برای طراحی زهکشی ۱۲۷
۳۰- طراحی سیستم‌های زهکشی زیرزمینی ۱۳۳
۳۱- زهکش‌های حائل ۱۳۶
۳۲- اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی به روش چاهک ۱۳۸
۳۳- چاهک‌های مشاهده‌ای و پیزومترها ۱۴۵
۳۴- کاهش زهکشی به وسیله بهبود آبیاری ۱۴۷
۳۵- استفاده از برکه‌های تبخیر برای دفع زه‌آب ۱۵۱

بخش ششم: ضمیمه‌ها

ضمیمه الف: راهنمای ارزیابی آب آبیاری ۱۵۶
ضمیمه ب: راهنمای ارزیابی شوری خاک ۱۵۸

فهرست جداول **صفحه**

۱-تحمل شوری گیاهان زراعی علفی (گیاهان لیفی - دانه‌ای و گیاهان زراعی خاص) ۱۲
۲-تحمل شوری گیاهان زراعی علفی (باریک برگها و گیاهان زراعی علوفه‌ای) ۱۴
۳-تحمل شوری گیاهان علفی - سبزیها و میوه‌ها ۱۷
۴-تحمل شوری درختان میوه ۱۹
۵-تحمل شوری درختان و درختچه‌های زینتی و پوششهای گیاهی ۲۱
۶-حدود تحمل به آنیون کلرور برخی از ارقام درختان میوه و ۲۶
۷-حساسیت نسبی برخی ازمحصولات به‌آسیب دیدگی‌ناشی‌ازشوری در برگ درختان ۲۹
۸-تحمل به بُر در محصولات کشاورزی ۳۲
۹-تحمل به بُر در گیاهان زینتی ۳۳
۱۰- فاکتورهای تبدیلی: قسمت در میلیون و ملی الی والان در لیتر ۳۶
۱۱- مواد شیمیایی تشکیل دهنده آب‌ها ۳۹
۱۲- غلظت سدیم (Ca_x) در رطوبت خاک پس از آبیاری با آب دارای شوری EC_i و نسبت Hco_3/ca معین ۴۰
۱۳- راهنمای کیفیت آب برای محصولات زراعی ۵۰
۱۴- اثر شوری آب آبیاری و شوری در ناحیه ریشه و اثر آن بر میزان محصول ۸۷
۱۵- متوسط نیاز آبشویی لازم جهت حفظ حداقل ۵ درصد آبشویی در مزرعه ... ۹۶
۱۶- تبدیل از میلی‌اکلی والان کلسیم در ۱۰۰ گرم به تن در اکر در فوت خاک ... ۱۰۶
۱۷- تبدیل‌میلی‌اکی والان درلیترکلسیم به پوندافزودنی دراکر - فوت آب به

کار رفته ۱۱۰
۱۸- مقادیر افزودنی‌های رایج مورد نیاز برای تامین مقدار معادل کلسیم ۱۱۱
۱۹- حداکثر غلظت مجاز بر در آب آبیاری ۱۱۲
۲۰- ترازهای آب فصلی پیشنهادی برای جلوگیری از آب گرفتگی ۱۲۷
۲۱- تراز آب پیشنهادی برای به حداکثر رساندن استفاده گیاه زراعی از آب زیرزمینی کم عمق ۱۳۰
۲۲- مقادیر C ۱۳۹
۲۳- اطلاعات آزمایشی به روش چاهک ۱۴۲
۲۴- مقایسه نرخ نشت با درصد رسی موجود ۱۵۳

فهرست اشکال

صفحه

۱-عکس العمل پنبه و گوجه‌فرنگی به شوری خاک ۱۲
۲-رابطه شوری، نسبت جذب سدیم و نفوذپذیری..... ۴۲
۳-میزان نسبی نفوذ آب تحت تأثیر شوری و نسبت جذب سدیم (اقتباس از نشریه شماره FAO۲۹)..... ۴۴
۴-مقایسه توزیع نمک در دو حالت آبشویی و بدون آبشویی ۵۴
۵-حرکت نمک در خاک سیلتی لوم..... ۵۶
۶-توزیع کلر در اعماق مختلف پس از آبشویی با ۲۲/۵ سانتیمتر آب..... ۵۷
۷-توزیع نمک ۵۸
۸-توزیع نمک برای نسبت‌های آبشویی ۷ تا ۲۴ درصد و شوری آب آبیاری ۲ds/m ۵۹
۹-توزیع نمک برای نسبت‌های ثابت آبشویی و آب آبیاری با شوری ۲ds/m و ۴ds/m ۵۹
۱۰- توزیع نمک در مکانی که شوری خاک در نزدیکی سطح بیشترین مقدار باشد و با افزایش عمق کاهش یافته یا ثابت بماند ۶۰
۱۱- توزیع نمک در بالای تراز آب در خاک‌های شنی لومی و رسی لوی ۶۱
۱۲- الگوهای شوری در شرایط آبیاری قطره‌ای..... ۶۴
۱۳- توزیع شوری خاک و تراکم ریشه‌ها..... ۶۵
۱۴- مقدار رطوبت خاک در آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرزمینی..... ۶۶
۱۵- جبهه‌های نمک درطول نشت در شرایط روشهای آبیاری‌نشتی ونشتی یک در میان..... ۶۹
۱۶- الگوی شوری پس از نشت..... ۷۰
۱۷- حالات مقدار رطوبت خاک در شرایط شوری ۷۱
۱۸- حالات مقدار رطوبت خاک در شرایط عدم شوری ۷۲
۱۹- حالات غلظت شوری برای اشکال مختلف بستر..... ۷۳

۲۰- الگوهای شوری در شرایط آبیاری بارانی ۷۵
۲۱- میزان جریان رو به بالا آب زیرزمینی کم عمق در یک خاک رسی لومی ۷۸
۲۲- شوری خاک در عمق ۳۰ سانتیمتری در ترازهای مختلف شوری آب زیرزمینی ۸۰
۲۳- نیاز آبشویی و عملکرد یونجه ۸۵
۲۴- توزیع نمک در دو تراز شوری آب آبیاری و نیاز آبشویی ۸۷
۲۵- منحنی‌های نیاز آبشویی ۹۳
۲۶- اثر پیش آبیاری بر شوری خاک ۹۶
۲۷- اثر عدم پیش آبیاری بر شوری خاک ۹۶
۲۸- منحنی‌های تعدیل شده جهت اطلاع خاک‌های شور با استفاده از روش غرقاب دائمی ۱۰۰
۲۹- منحنی‌های تعدیل شده برای اصلاح خاک‌های شور بااستفاده‌ازروش غرقابی منقطع و آبیاری بارانی ۱۰۱
۳۰- تأثیر شوری و نسبت جذب سدیم و میزان نفوذپذیری نسبی خاک - منبع نشریه FAO۲۹ ..... ۱۱۰
۳۱- عمق آب مورد نیاز در ۳۰ سانتیمتری از خاک بریا شستشوی بُر ۱۱۳
۳۲- رابطه بین بازده نسبی، تناوب آبیاری و شوری آب آبیاری ۱۲۱
۳۳- رابطه بین بازده‌نسبی، تخلیه رطوبیت خاک درهنگام‌آبیاری‌وشوری‌آب‌آبیاری ۱۲۱
۳۴- رابطه بین نرخ تبخیر و عمق آب زیرزمینی ۱۲۸
۳۵- فاصله زهکشها ۱۳۴
۳۶- زهکشهای حائل ۱۳۵
۳۷- زهکشهای حائل ۱۳۵
۳۸- زهکشهای حائل ۱۳۶
۳۹- زهکشهای حائل ۱۳۶
۴۰- آزمایش روش چاهک ۱۴۰

مقدمه

از شروع تمدن کشاورزی، شوری در اراضی تحت پوشش کشاورزی یک عامل بازدارنده رشد گیاهان بوده است. این حالت خصوصاً در نواحی خشک و نیمه خشک که تبخیر و تعرق و تبخیر آب از خاک به همراه تعریق آب از گیاهان، بیش از بارندگی سالیانه است رایج می‌باشد. بنابراین در این مناطق آبیاری برای تأمین نیاز آبی گیاهان لازم است.

برخی از زمین‌های زراعی در دنیا یا در حال حاضر تحت تاثیر شوری هستند و یا شور شده‌اند. زمانی که غلظت نمک‌های محلول در ناحیه ریشه به نرازی می‌رسد که رشد مطلوب گیاه را مختل می‌کند شوری خاک یک مسئله است. غالباً شور شدن خاک‌ها در این مناطق ناشی از حضور آب زیرزمینی کم عمق است اما شوری خاک می‌تواند ناشی از آبیاری با آب شور به همراه مدیریت ضعیف آبیاری نیز باشد.

از سال ۱۹۵۴، زمانی که وزارت کشاورزی امریکا کتاب مرجع خود را تحت عنوان، تشخیص و اصلاح خاکهای شور و قلیایی (راهنمای شماره ۶۰ کشاورزی) منتشر نمود، در مورد اثرات شوری بر گیاهان و خاکها و چگونگی تشخیص و مدیریت شوری بیشتر نوشته و آموزش داده شد. آخرین کتاب در این مورد، ارزیابی شوری کشاورزی و مدیریت است که در سال ۱۹۹۰ توسط K.K.Tangi تالیف و توسط انجمن مهندسین عمران امریکا چاپ شده، که یک مرجع مفید و پیشرفته برای کارشناسان کشاورزی و مهندسین است. نشریه شماره ۲۹ سازمان خواربار و کشاورزی تحت عنوان، کیفیت آب زراعی، که توسط R.S.Ayers و D.W.Westcot ارائه شد حاوی اطلاعاتی در زمینه مدیریت شوری برای افرادی است که در مزرعه شاغل بوده و فاقد تحصیلات دانشگاهی هستند.

کتاب حاضر تحت عنوان زهکشی و شوری آب و خاک، برای برقراری ارتباطی بین متون پیشرفته فنی شوری و اطلاعاتی که در زمینه شوری برای افراد غیرمتخصص وجود دارد تبیین شده است. به این صورت که، مطالب این کتاب راهنما از کنار هم گذاشتن تجارب میدانی و مطالبی که در رابطه با شوری منتشر شده است، فراهم آمده‌است. به این معنی که این کتاب یک منبع ساده و قابل دسترس برای مشاورین کشاورزی و کارکنان منطقه‌ای، ایالتی، دفتر خدمات مدیریت کشاورزی و منابع آب است. سه چهارم این کتاب

شامل بخش‌های کوچکی است که طیف وسیعی از مطالب شوری و زهکشی را پوشش می‌دهد و به شکلی نوشته شده که به راحتی برای هر کسی که زمینه عمومی از کشاورزی داشته باشد قابل فهم است. ضمیمه‌های الف و ب نیز به شکل راهنمای‌های سریعی جهت ارزیابی شوری خاک و تعیین مناسبت آب آبیاری ارائه شده‌است. باید توجه داشت برای آنکه این کتاب به راحتی قابل استفاده باشد نویسندگان در برخی موارد، با موضوع به شکلی ساده برخورد کرده تا مفاهیم فنی را گویاتر ارائه نمایند.

ترکیب آب آبیاری و شوری خاک[۱]

همه آب‌های آبیاری حاوی نمکهای معدنی محلول هستند، اما غلظت و ترکیب نمکهای حل شده بسته به منبع آب و نیز زمان و دوره مختلف فصل رشد تفاوت دارد. از آنجائیکه نمکها می‌توانند موجب اختلال در رشد گیاه گردند، شناخت غلظت و ترکیب املاح آب آبیاری در زمانهای مختلف سال برای مدیران آب[۲] ضروری است.

نمک‌های محلول اصلی آب آبیاری شامل :

I- کاتیونها (یونهای مثبت) : سدیم (Na^{+})، کلسیم (Ca^{2+})، منیزیم (Mg^{2+}).

II- آنیونها (یونهای منفی) : آنیون کلرور (Cl^{-})، سولفات (So_4^{2-}) و بی‌کربنات (HCo_3^{-}). پتاسیم (K^{+}) نیز در آب آبیاری وجود دارد اما غلظت آن بواسطه جذب این عنصر توسط ذرات خاک (مخصوصاً رسهای معدنی) در حد پائینی نگهداشته می‌شود. کربنات (Co_3^{2-}) عموماً یک ماده محلول اصلی آب آبیاری نیست مگر اینکه اسیدیته خاک از ۸ تجاوز کند. بُر (Br) نیز در آب وجود دارد و ممکن است در غلظتهای بالا در آب زیرزمینی موجود باشد اگرچه بندرت در منابع آب سطحی موجود است. بُر یک عنصر کم‌مصرف[۳] برای گیاهان است، اما در غلظتهای کمی بیش از حد موردنیاز رشد بهینه گیاه می‌تواند برای محصولات حساس، سّمی و مضر باشد.

اندازه‌گیری درجه شوری

درجه شوری آب آبیاری غالباً از طریق هدایت الکتریکی آن بیان می‌شود اما برحسب روش و هدف اندازه‌گیری امکان دارد که از شیوه‌های دیگر نیز استفاده شود.

غلظت مواد تشکیل‌دهنده آب آبیاری که در بالا نامبرده شدند معمولاً برحسب

1- Irrigation Water Composition and Salinization

2- Water Managers

3- Micro nutrient

میلی‌اکی‌والان در لیتر (meq/l) یا میلی‌گرم در لیتر (mg/l) بیان می‌شود. مورد اخیر از نظر عددی معادل با یک قسمت در یک میلیون (ppm) است. کل مواد جامد محلول (TDS) معمولاً برحسب mg/l یا ppm بیان می‌شود. این اصطلاح هنوز بوسیله بسیاری از آزمایشگاههای غیردانشگاهی (تجارتی) مورد استفاده قرار می‌گیرد. و عبارتست از مجموع نمک برحسب میلی‌گرم که پس از تبخیر و خشک شدن یک لیتر آب بجا می‌ماند. گاهی ممکن است غلظت کلی کاتیونهای قابل حل (TSC) یا آنیونهای قابل حل (TSA) مورد استفاده قرارگیرد. این پارامترها اغلب بر حسب meq/l بیان می‌شوند و باید برابر یکدیگر باشند. اگرچه رابطه بین این پارامترها دقیق نیست اما می‌توان با استفاده از تبدیلهای معین، تخمینهایی را بدست آورد.

منابع نمک

وجود نمکها در آب آبیاری در مرتبه اول ناشی از هوازدگی و تاثیرات شیمیایی مواد معدنی زمین (خاکها و صخره‌ها) است. بسیاری از نمکهای موجود در تشکیلات زمین، طی میلیونها سال در آب حل شده و بطور طبیعی بوسیله آب جابجا شده‌اند. این نمکها به اقیانوسها یا حوضچه‌های مجاور رودخانه‌ها راه یافته و در اثر تبخیر غلظت آنها زیاد شده است. آب باقیمانده به زمین نفوذ کرده و نمکهای موجود در مواد معدنی زمین که با آنها تماس دارد را در خود حل می‌کند.

اگرچه نمک زیادی از تشکیلات زمین در این آب‌ها حل می‌شوند ولی مقداری از نمکهای باقیمانده در بافت زمین در شور نمودن رودخانه‌ها و آب زیرزمینی نقش دارند. سازندهای زمین‌شناسی که از سنگهای رسوبی با منشاء دریایی بوجود آمده‌اند از مهمترین مواد حاوی نمک می‌باشند. بنابراین نمکهایی که در ناحیه توسعه ریشه گیاه انباشته می‌شوند ممکن است از آب آبیاری یا از نواحی بخصوصی که در آنها آبیاری صورت گرفته‌است منتقل شده باشند. نمکهای موجود در آب آبیاری ممکن است نه تنها از منابع اولیه (حاصل از هوازدگی شیمیایی) بوجود آمده باشند بلکه همچنین از آب شور زهکشی شده و نفوذ آب دریا حاصل گردد. همچنین نمکهای موجود در محلهای آبیاری شده

ممکن است تنها از حل شدن نمکهای معدنی حاصل نشده باشند بلکه امکان دارد از آب زیرزمینی شور، کودها و اصلاح‌کننده‌های خاک (از قبیل گچ و آهک) حاصل شوند.

زمانیکه غلظت نمک در ناحیه اطراف ریشه به میزان خیلی بالاتر از حد بهینه برای رشد گیاه و تولید برسد، گفته می‌شود که خاک شور شده است. بنابراین عمل آبیاری باید بتواند تعادل بهینه نمک را در ناحیه ریشه گیاه، برقرار سازد. تعادل مطلوب، هنگامی پدید می‌آید که مقدار نمکهای خارج شده در ناحیه ریشه دست کم، معادل مقدار نمکهای وارد شده به ناحیه ریشه باشند. در صورت عدم برقراری یک تعادل نمکی مطلوب، خاک شور خواهد شد.

مراجع :

Tanji, K.K. 1990. "Nature and extent of agricultural salinity". Agricultural Salinity Assessment and Management, ed. K.K. Tanji. ASCE Manuals and Reprints on Engineering Practice No. 71. American Society of Civil Engineers.

واکنش گیاه به شوری[1]

اگرچه همه خاکهای کشاورزی و آب‌های آبیاری حاوی نمک هستند ولی مقدار و نوع نمکها بسته به نوع خاک و آب آبیاری متفاوت است. زمانیکه غلظت نمک در ناحیه ریشه به اندازه‌ای باشد که از رشد و تولید بهینه محصول جلوگیری کند خاک شور محسوب می‌شود. نمکهای حل شده در رطوبت خاک قادرند که رشد محصول و تولید را از دو طریق کاهش دهند:

۱) از طریق تأثیرات اسمزی ۲) از طریق مسمومیتهای یونی ویژه

تأثیرات اسمزی

تأثیرات اسمزی، معمولی‌ترین فرآیندهایی هستند که نمکها از طریق آنها رشد محصول و تولید را کاهش می‌دهند. غلظت مواد محلول در سلول ریشه بیشتر از غلظت آنها در محلول خاک است و این اختلاف به آب اجازه می‌دهد تا آزادانه به سمت گیاه حرکت کند. با افزایش شوری آب خاک، اختلاف غلظت بین مواد موجود در رطوبت خاک و مواد موجود در ریشه کم و در مرحله اولیه دسترسی گیاه به رطوبت خاک کاهش می‌یابد. برای جلوگیری از این کاهش سلول گیاهی باید بطور اسمزی شرایط را تنظیم نماید برای این منظور که یا باید نمکها را در خود جمع‌آوری و انباشته کنند و یا ترکیباتی آلی از قبیل قندها و اسیدهای آلی را سنتز نمایند. هر دوی این فرآیندها مستلزم صرف انرژی هستند، انرژی است که می‌تواند برای رشد گیاه زراعی مورد استفاده واقع شود. در غیراین صورت گیاه خوب رشد نمی‌کند و کوچک باقی می‌ماند در حالی که از جهات دیگر سالم به نظر می‌رسد. البته بعضی از گیاهان این تعدیل را با کارآیی بیشتری انجام می‌دهند و همین مسئله باعث مقاومت بیشتر آنها در برابر شوری می‌شود.

1- Plant Response to Salinity

مقاومت به نمک در گیاهان شورپسند

واکنشهای گیاهان به شوری خاک، بطور گسترده‌ای متفاوت است. بعضی از گیاهان شورپسند[1] نسبتاً تحت تأثیر شوری زیاد خاک واقع نمی‌شوند. این گیاهان، شوری زیاد رطوبت خاک را بصورت اسمزی و بیشتر از طریق جذب نمکهای خاک و انباشتن آنها، تعدیل می‌کنند. در پاسخ به شوری زیاد آب خاک، نمک در سلولهای ریشه انباشته می‌شوند و بنابراین باعث برقراری جریان آب از خاک به ریشه‌ها می‌گردند.

ویژگیهای خاص اندامهای این گیاهان به آنها اجازه ذخیره نمکها را در سلولهای گیاهی بدون واردآمدن آسیبی را می‌دهد.

مقاومت به نمک در گیاهان زراعی

بسیاری از گیاهان زراعی، به شوری خاک حساس هستند (یا به عبارت دیگر glycophytes هستند)، یعنی حتی تحت تأثیر مقدار لب شوری خاک واقع می‌شوند. اگرچه مقاومت به نمکها در این گروه بطور گسترده‌ای متغیر و نیز اکثر گلیکوفیتها، بصورت اسمزی شوری زیاد خاک را با فرآیندی متفاوت از آنچه که هالوفیتها انجام می‌دهند تعدیل می‌کنند. این گیاهان بجای ذخیره نمکها، بیشتر ترکیبات شیمیایی (قندها و اسیدهای آلی) را که برای افزایش غلظت مواد تشکیل‌دهنده سلول ریشه لازم است، تولید می‌کنند. این فرآیند، انرژی بیشتری نسبت به آنچه که برای هالوفیتها مورد نیاز است را می‌طلبد و بنابراین رشد گیاه زراعی و تولید آن بیشتر متوقف می‌شود.

1- Halophytes

تأثیرات یونی ویژه

شوری همچنین قادر به تحت تأثیر قراردادن رشد گیاه زراعی بعلت اثر یونهای آنیون کلرور، بر و سدیم بر روی گیاه، که تأثیرات یونی ویژه نامیده می‌شود، است. این پدیده زمانی اتفاق می‌افتد که املاح متشکله رطوبت خاک بوسیله ریشه‌ها جذب شده و در برگهای گیاه تجمع نمایند. اغلب وجود سدیم و آنیون کلرور با غلظتهای زیاد در خاک سبب شوری خاک می‌شود غلظتهای زیاد سدیم و آنیون کلرورها می‌تواند برای گیاهان چوبی از قبیل : انگور، آووکادو، مرکبات و میوه‌های هسته‌دار، سمی باشد.

بُر (Br) خاک برای بسیاری از گیاهان زراعی حتی در غلظتهای نسبتاً پائین ، سمی است. اغلب سوختگیهای برگ حاصل از مسمومیت یونی ویژه می‌باشد که بطور عمده در نوک و حاشیه برگهای مسن‌تر رخ می‌دهند. تأثیرات یونی ویژه همچنین می‌تواند مانع جذب عناصر غذایی در برخی از گیاهان شود. تحقیقات نشان داده است که نسبت افزایش یونهای سدیم و آنیون کلرور به سایر یونهای غذایی، می‌تواند موجب بروز کمبودهای غذایی شود. میزان غلظت این دو ماده که موجب بروز این مسئله در مزرعه می‌شود ناشناخته مانده است و به خاطر غلظت بالای نمک در شرایط شوری معمولاً اضافه کردن عناصری که کمبود آنها محرز شده است، (حتی در مقادیری بالاتر از آنچه برای خاکهای غیر شور سفارش شده است) کمبود غذایی را جبران نمی‌کند اگرچه اضافه کردن گچ به گیاهان زراعی در حال رشد در خاکهای قلیایی ممکن است جذب کلسیم را افزایش دهد. استفاده از آب شور یا آب با غلظت زیاد بُر، بوسیله آبیاری بارانی نیز می‌تواند به برگها آسیب وارد نماید. بُر مثل آنیون کلرورها و سدیم، قادر است که از طریق برگها جذب شده و در صورتیکه بیشتر از حد مورد نیاز جذب گردد موجب آسیب رساندن به گیاه می‌شود. حساسیت گیاهان زراعی بیشتر به سرعت جذب یونها توسط برگها و نیز سایر خصوصیات برگ گیاه، بستگی دارد تا به تحمل گیاه زراعی به شوری خاک.

گیاهانی که عمر برگهای آنها طولانی است برای مثال گیاهانی از قبیل : گیاهان درختی پیچکها ممکن است مقادیر زیادی از عناصر ویژه را حتی زمانیکه میزان جذب برگ پائین است، انباشته کنند.

اثرات شوری خاک در مراحل مختلف رشد گیاه

تأثیرات سوء شوری خاک در مراحلی از رشد گیاه مانند جوانه‌زدن بذر، رویش و دانه‌دهی اتفاق می‌افتد. ممکن است بسیاری از گیاهان زراعی مثل پنبه، گوجه‌فرنگی، ذرت، گندم و چغندرقند در طول دوره رشد اولیه به نمک حساس باشند اما این امکان نیز وجود دارد که در طول مراحل بعدی مقاومت آنها به نمک افزایش یابد. گیاهان دیگر ممکن است عکس‌العمل متضادی با این روند نشان دهند. تحقیقات معدودی روی این موضوع صورت پذیرفته لیکن اگر در طول جوانه‌زدن بذر و رشد اولیه، شوری خاک کمتر از سطح مورد نیاز باشد گیاه زراعی در مراحل بعدی رشد نسبت به شوری خاک مقاومت بیشتری نشان می‌دهد.

مراجع:

Lauchli, A. and E.Epstein. 1990. "Plant response to saline and sodic Condition." In Agricultural Salinity Assessment and Management, American Society of Civil Engineers Manual and Reports on Engineering Practice No. 71:113-37.

Maas, E.V. 1990. "Crop salt tolerance." In Agricultural Salinity Assessment and Management, American Society of Civil Engineers Mannual and Reports on Engineering Practice No. 71:263-304.

تحمل شوری گیاهان زراعی [۱]

تحمل شوری یک گیاه زراعی، توانایی آن گیاه از نظر تحمل اثرات نمک زیاد در ناحیه ریشه است. در واقع، تحمل به شوری یک گیاه یک مقدار دقیق نیست اما به بسیاری از عوامل از قبیل : نوع نمک، آب و هوا، شرایط خاک و سن گیاه بستگی دارد.

متخصصین کشاورزی، بطور اختصاصی‌تر شوری را به این صورت تعریف می‌کنند:

حد یا اندازه‌ای که در آن رشد نسبی یا محصول‌دهی یک گیاه زراعی وقتیکه در یک خاک شور پرورش داده می‌شود در مقایسه با رشد یا محصول‌دهی همان گیاه زراعی در خاکی که شور نیست کاهش می‌یابد.

تحمل در برابر نمک با بررسی نسبی گیاه زراعی در سطوح مختلف شوری خاک بهتر شرح داده می‌شود. بسیاری از گیاهان زراعی قادرند شوری خاک را بالاتر از یک آستانه داده شده (بالاترین سطح شوری که در آن محصول کاهش پیدا نمی‌کند) تحمل نمایند. بیشتر از حد آستانه، با افزایش شوری خاک محصول به شکل کمابیش خطی کاهش پیدا می‌کند. شکل ۱، واکنش پنبه و گوجه‌فرنگی در شرایط شوری را نشان می‌دهد. پنبه که نسبتاً مقاوم به نمک است حد آستانه‌اش ۷/۷ds/m است در حالیکه گوجه‌فرنگی که به نمک حساس‌تر است حد آستانه‌اش برابر با ۲/۵ds/m می‌باشد. با افزایش شوری بالاتر از حد آستانه در حالی که محصول پنبه تدریجاً کاهش می‌یابد محصول گوجه‌فرنگی با سرعتی بیشتر کاهش پیدا می‌کند. رابطه بین مقدار نسبی محصول و شوری خاک را معمولاً با معادله زیر نشان می‌دهند:

$$Y = ۱۰۰ - B\,(EC_e - A) \qquad (۱)$$

که در آن : Y = تولید نسبی (مقدار نسبی محصول) (برحسب درصد)، A = حد آستانه شوری (ds/m) یا حداکثر شوری ناحیه ریشه که در آن صددرصد تولید صورت می‌پذیرد. B = شیب خط (درصد کاهش نسبی تولید به ازای افزایش شوری خاک، ds/m) و

1- Crop Salt Tolerance

EC_e = متوسط شوری خاک در ناحیه ریشه (ds/m).

مقادیر A و B برای گیاهان زراعی گوناگون در جداول ۱ تا ۵ داده شده‌اند.

باید تأکید کرد که این مقادیر بیانگر واکنش گیاه زراعی تحت شرایط آزمایش است و EC_e متوسط شوری در ناحیه ریشه را که گیاه زراعی در غالب طول زمانی فصل، بعد از اینکه بخوبی تحت شرایط بدون شوری استقرار یافت، با آن مواجه می‌شود نشان می‌دهد.

این مقادیر برای گیاهان چوبی فقط تأثیرات اسمزی را نشان داده و قادر به ارایه مسمومیتهای یونی ویژه نمی‌باشد، در عین حال چون بعنوان یک راهنما تحمل نسبی گیاهان را نشان می‌دهد، می‌توانند مفید واقع شود.

مثال : تولید نسبی گوجه‌فرنگی برای شوری متوسط ناحیه ریشه برابر ۴ds/m را حساب کنید.

از جدول ۳ :مقادیر A = ۲/۵ و B = ۹/۹ ؛

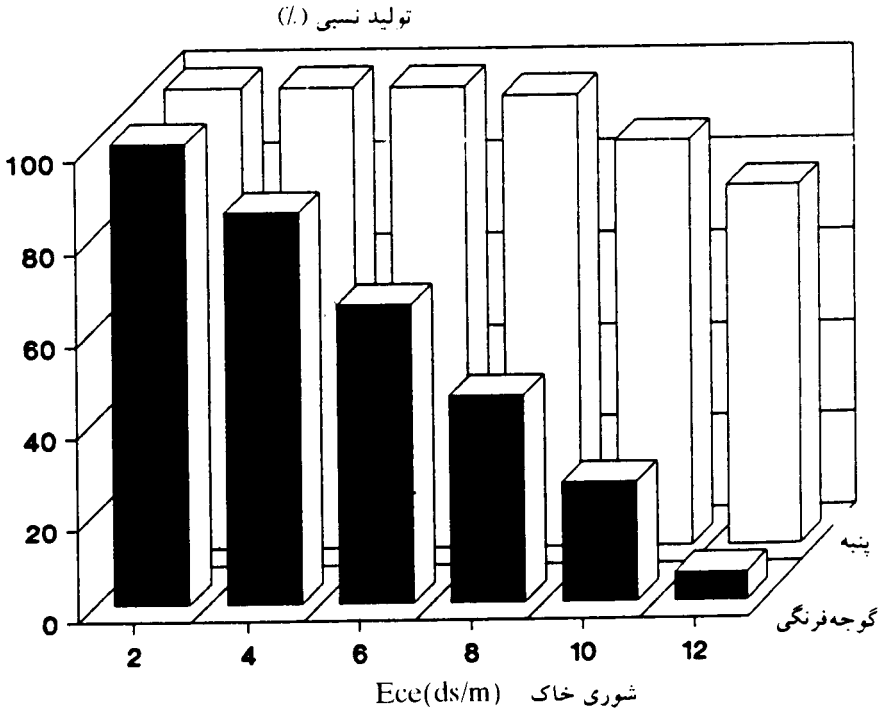
$$Y = ۱۰۰ - B\ (EC_e - A)$$

$$Y = ۱۰۰ - ۹/۹\ (۴ - ۲/۵) = ۸۵$$

تولید نسبی محصول گوجه‌فرنگی در حدود ۸۵ درصد برای شوری متوسط ناحیه ریشه معادل ۴ds/m است.

مراجع:

Ayers, R.S. 1977. "Quality of water for irrigation:" Journal of Irrigation and Drainage, American Society of Civil Engineers, Vol. 103 (IR2): 135 - 54. Mass, E.V. 1986. "Salt tolerance of plants." Applied Agricultural Research, Vol. 1:1226.



شکل ۱- عکس‌العمل پنبه و گوجه‌فرنگی به شوری خاک

جدول ۱- تحمل شوری گیاهان زراعی علفی
(گیاهان لیفی - دانه‌ای و گیاهان زراعی خاص)

گیاه زراعی	حد آستانه شوری (A)	شیب (B)	درجه مقاومت
جو	۸	۵	T(۱)
لوبیا	۱	۱۹	S(۲)
باقلا	۱/۶	۹/۶	MS(۳)

1- T= مقاوم
2- S= حساس
3- MS= حساسیت متوسط

ادامه جدول ۱- تحمل شوری گیاهان زراعی علفی

گیاه زراعی	حد آستانه شوری (A)	شیب (B)	درجه مقاومت
ذرت	۱/۷	۱۲	MS
پنبه	۷/۷	۵/۲	T
لوبیای چشم بلبلی	۴/۹	۱۲	MT[1]
کتان	۱/۷	۱۲	MS
گوار (یک نوع کود سبز)	۸/۸	۱۷	T
کنف			MT
گاورس، ارزنی / دم‌روباهی			MS
یولاف، جو دوسر			MT
بادام زمینی -پسته زمینی - پسته شام	۳/۲	۲۹	MS
برنج شالی‌زاری	۳	۱۲	S
چاودار	۱۱/۴	۱۰/۸	T
گلرنگ، کاجیره			MT
کنجد			S
جاروی رشتی	۶/۸	۱۶	MT
سویا	۵	۲۰	MT
چغندرقند	۷	۵/۹	T
نیشکر	۱/۷	۵/۹	MS
آفتابگردان			MS
Trical	۶/۱	۲/۵	T
گندم	۶	۷/۱	MT
گندم (نیمه پاکوتاه)	۸/۶	۳	T
گندم (گندم ماکارونی)	۵/۹	۳/۸	T

1- MT= مقاومت متوسط

جدول ۲- تحمل شوری گیاهان زراعی علفی (باریک برگها و گیاهان زراعی علوفه‌ای)

گیاه زراعی	حد آستانه شوری (A)	شیب (B)	درجه مقاومت
یونجه	۲	۷/۳	MS
سیاه‌ناو (Atropis)			T
Alkali Sacaton			MT
جو علوفه‌ای	۶	۷/۱	MT
آروای معمولی علف‌نیزار-علف‌بوریا			MS
مَرغ	۶/۹	۶/۴	T
Bluestem, Angleton, Andropogon			MS
جارو علفی - کوهستانی			MT
علف پشمکی‌نرم یا جاروگندمی نرم			MS
Buffel grass			MS
توت روباهی			MS
دانه‌قناری‌کوهستانی - دانه‌قناری‌نی‌مانند			MT
شبدر دورگ	۱/۵	۱۲	MS
شبدر برسیم	۱/۵	۵/۷	MS
شبدر هوبام			MT
شبدر لادینو	۱/۵	۱۲	MS
شبدر قرمز	۱/۵	۱۲	MS
شبدر ایرانی	۱/۵	۱۲	MS
شبدر شیرین			MT
شبدر سفید - شبدرخزنده			MS
ذرت علوفه‌ای	۱/۸	۷/۴	MS
لوبیا چشم بلبلی علوفه‌ای	۲/۵	۱۱	MS

ادامه جدول ۲- تحمل شوری گیاهان زراعی علفی (باریک برگها و گیاهان زراعی علوفه‌ای)

گیاه زراعی	حد آستانه شوری (A)	شیب (B)	درجه مقاومت
Dallis grass ارزن باتلاقی - چمن پا پابی			MS
علف بره پابلند	۳/۹	۵/۳	MT
علف بره‌مرتعی(چمن‌زاری)			MT
دم روباهی (چمن‌زاری)	۱/۵	۹/۶	MS
Grama, blue			MS
دانه قناری	۴/۶	۷/۶	MT
Kallar grass			T
هومری - علف عشق	۲	۸/۴	MS
گون کتیرا - گون Milkvetch			MS
یولاف‌پوچ - جودوسرپوچ - گندم‌کاهو			MS
یولاف - جودوسر			MS
علف باغ	۱/۵	۶/۲	MS
ارزن (آبی)			MT
کلزا (از خانواده کلم)			MT
Rescue grass از خانواده جاروعلفی			MT
Rhodes grass			MT
چاودار علوفه‌ای			MS
چچم پرگل			MT
چچم پایدار (دائمی)	۵/۶	۷/۶	MT
salt grass, desert			MT
Sesbania سسبان - لوبیای درختی	۲/۳	۷	MS
Sirato			MS

ادامه جدول ۲- تحمل شوری گیاهان زراعی علفی (باریک برگها و گیاهان زراعی علوفه‌ای)

گیاه زراعی	حد آستانه شوری (A)	شیب (B)	درجه مقاومت
Sphaerophysa	۲/۲	۷	MS
چمن سودانی	۲/۸	۴/۳	MT
لوئیچه، دم گربه‌ای			MS
شبدر بزرگ	۲/۳	۱۹	MS
شبدر باریک‌برگ‌پاپرنده‌ای	۵/۰	۱۰	MT
شبدر پهن‌برگ پاپرنده‌ای			MT
ماشک معمولی - کرسنه	۳	۱۱	MS
گندم علوفه‌ای	۴/۵	۲/۶	MT
گندم ماکارونی علوفه‌ای	۲/۱	۲/۵	MT
چمن گندمی بیابانی	۳/۵	۴	MT
چمن گندمی، fair way			
چمن گندمی، تاج خروسی	۷/۵	۶/۹	T
چمن گندمی، میانی			MT
چمن گندمی، باریک			MT
چمن گندمی، بلند	۷/۵	۴/۲	T
چمن گندمی غربی			MT
چاودار وحشی Altai			T
چاودار وحشی Beard less	۲/۷	۶	MT
چاودار وحشی کانادایی			MT
چاودار وحشی روسی			T

جدول ۳- تحمل شوری گیاهان علفی - سبزیها و میوه‌ها

گیاه زراعی	حد آستانه شوری (A)	شیب (B)	درجه مقاومت
آرتیشو - کنگر فرنگی			MT
مارچوبه	۴/۱	۲.	T
لوبیا	۱	۱۹	S
چغندر قرمز	۴	۹	MT
گل‌کلم گرزنی (بروکلی)	۲/۸	۹/۲	MS
کلم فندقی - کلم (بروکسل)			MS
کلم معمولی	۱/۸	۹/۷	MS
هویج	۱	۱۴	S
کلم‌گل - کلم رومی			MS
کرفس	۱/۸	۶/۲	MS
ذرت شیرین	۱/۷	۱۲	MS
خیار	۲/۵	۱۳	MS
بادمجان	۱/۱	۶/۹	MS
سیر	۳	۱۷	S
کلم پیچ			MS
کلم قمری			MS
کاهو	۱/۳	۱۳	MS
خربزه - خربزه وحشی			MS
بامیه			S
پیاز	۱/۲	۱۶	S

ادامه جدول ۳- تحمل شوری گیاه علفی - سبزیها و میوه‌ها

گیاه زراعی	حد آستانه شوری (A)	شیب (B)	درجه مقاومت
جعفری فرنگی			S
نخودفرنگی			S
فلفل	۱/۵	۱۴	MS
سیب‌زمینی	۱/۷	۱۲	MS
کدو مسمایی			MS
تربچه، ترب	۱/۲	۱۳	MS
اسفناج	۲	۷/۶	MS
کدو (رقم اسکالوپ)	۳/۲	۱۶	MS
کدو (رقم زوچینی)	۴/۷	۹/۴	MT
توت‌فرنگی	۱	۳۳	S
سیب‌زمینی شیرین	۱/۵	۱۱	MS
گوجه‌فرنگی	۲/۵	۹/۹	MS
شلغم	۰/۹	۹	MS
هندوانه			MS

جدول ۴- تحمل شوری درختان میوه

گیاه زراعی	حد آستانه شوری (A)	شیب (B)	درجه مقاومت
بادام	۱/۵	۱۹	S
سیب			S
زردالو - قیسی	۱/۶	۲۴	S
آووکادو			S
تمشک	۱/۵	۲۲	S
بویزن بری Boysenberry	۱/۵	۲۲	S
کرچک			MS
شیرین بر			S
گیلاس Sweet آلوکک			S
گیلاس Sand			S
ریش بز			S
نخل خرما	۴	۳/۶	T
انجیر			MT
انگور فرنگی			S
انگور	۱/۵	۹/۶	MS
گریپ فروت	۱/۸	۱۶	S
قنطریون Guayule	۱۵	۱۳	T
Jojobaجوجوبا			T
Jujubeعناب، کنار			MT
لیمو شیرین			S
لیموترش - لیموعمانی			S

ادامه جدول ۴- تحمل شوری درختان میوه

گیاه زراعی	حد آستانه شوری (A)	شیب (B)	درجه مقاومت
ازگیل ژاپنی			S
انبه			S
زیتون			MT
پرتقال	۱/۷	۱۶	S
خربزه درختی			MT
گل ساعتی			S
هلو	۱/۷	۲۱	S
گلابی			S
خرمالو			S
آناناس			MT
آلو، گوجه	۱/۵	۱۸	S
انار			MT
(دارابی) - توسرخ			S
تمشک			S
جم - اوجن			S
نارنگی			S
sapot,whit			S

جدول ۵- تحمل شوری درختان و درختچه‌های زینتی و پوششهای گیاهی

نوع گیاه	حداکثر شوری[۱]	نوع گیاه	حداکثر شوری
گیاهان خیلی حساس		**گیاهان با حساسیت متوسط**	
یاسمن	۲-۱	سروخمره‌ای	۶-۴
شیرخشت پیرنه	۲-۱	پیراکانتا رقم : گرابوی	۶-۴
ماهونیا - زرشک درختی	۲-۱	**گیاهان با مقاومت متوسط**	
سه رنگ	۲-۱	شیشه شور مجنون	۸-۶
گیاهان حساس		خرزهره	۸-۶
آناناس کوآوا	۳-۲	نخل زینتی اروپایی	۸-۶
خاس رقم : بورفورد	۳-۲	دراسنای آبی	۸-۶
ورد (گل سرخ) رقم : گرینوبل	۳-۲	شمشاد رقم : گراندیفلورا	۸-۶
آبلیا	۳-۲	رومارن - رزماری	۸-۶
عشقه الجزایری	۴-۳	کاج جلب	۸-۶
ژدانه ژاپنی	۴-۳	عنبر سائل آمریکایی	۸-۶
خیزران	۴-۳	**گیاهان مقاوم**	
ختمی چینی	۴-۳	گیلاس وحشی	> ۸
درخت غار	۴-۳	Ceniza	> ۸
توت‌فرنگی درختی	۴-۳	آلو ناتل	> ۸
توری	۴-۳	نخود همیشه سبز	> ۸
گیاهان با حساسیت متوسط		گل کاغذی	> ۸
برگ نوی درخشان	۶-۴	کاج سنگی ایتالیایی - کاج چتری	> ۸
مریم‌گلی زرد	۶-۴	**گیاهان خیلی مقاوم**	
درخت بهیمه	۶-۴	گل نیمروز سفید	> ۱۰
ماگنولیای سفید یا تابستانی	۶-۴	گل نیمروز روسه‌آ	> ۱۰

۱ - شوری مازاد بر این مقدار موجب سوختن برگ و ریزش برگ می‌شود.

ادامه جدول ۵- تحمل شوری درختان و درختچه‌های زینتی و پوششهای گیاهی

نوع گیاه	حداکثر شوری	نوع گیاه	حداکثر شوری
گیاهان با حساسیت متوسط		**گیاهان خیلی مقاوم**	
شمشاد ژاپنی	۶-۴	گل نیمروز ارغوانی	> ۱۰
xylosma	۶-۴	گل نیمروز کروسیوم	> ۱۰
کاج سیاه ژاپنی	۶-۴		
زالزالک هندی	۶-۴		
نانزک - Dodonaea	۶-۴		

مسمومیت سدیم و آنیون کلرور در گیاهان[1]

شوری می‌تواند با مجبور نمودن گیاه به فعالیت سخت‌تر جهت جذب آب از خاک، رشد گیاه را مختل نماید. سدیم و آنیون کلرور دو جزء اصلی خاک‌های شور می‌توانند در صورت تجمع در غلظت‌های سمی در برگ باعث صدمات بیشتر به گیاه شوند. این انباشت می‌تواند به دو صورت جذب سدیم و آنیون کلرور بوسیله ریشه و حرکت آنها به سوی برگها و یا جذب مستقیم این یونها توسط برگ به طور مستقیم در نتیجه آبیاری بارانی صورت پذیرد. سمیت یونهای سدیم و آنیون کلرور معمولاً به درختها و گیاهان جالیزی محدود می‌شود، به استثنای جاهائیکه شوری خاک بیش از حد بالاست یا وقتی که در آبیاری بارانی از آب شور استفاده شود البته در این شرایط، گیاهان یکساله غیرچوبی نیز ممکن است علائم آسیب‌دیدگی برگ را نشان دهند.

سدیم

در بسیاری از گیاهان زراعی، بیشتر سدیمی که بوسیله گیاه جذب می‌شود در ریشه‌ها و ساقه‌ها دور از برگها باقی می‌ماند. اما سدیم که یک عنصر غذایی کم‌مصرف بوده و آنچنان ضروری نیست، اگر در برگها به میزان سمی تجمع نماید، قادر است به گیاهان درختی (انگور - مرکبات - آووکادو - میوه‌های هسته‌دار) آسیب برساند. اثرات مستقیم سمیت شامل سوختگی برگ، سوختگی و بافت مردگی در طول حاشیه‌های خارجی برگها ممکن است، بعد از هفته‌ها، ماهها و در برخی موارد حتی سالها ظاهر بشوند. در شرایط آب و هوایی گرم و خشک، آسیب‌دیدگی ممکن است بلافاصله بعد از اینکه غلظتها به سطوح سمی می‌رسد، ظاهر شود.

1- Sodium ad Cloride Toxicity in Plants

علائم ابتدا در برگهای مسن‌تر مشهود می‌گردد که از نوک و حاشیه خارج آنها شروع شده و با پیشرفت آسیب‌دیدگی بطرف رگبرگ اصلی پیش می‌رود. آسیب‌دیدگی در آووکادو، مرکبات و میوه‌های هسته‌دار می‌تواند در غلظتهای پایین در خاک و آب معادل ۵ meq/lit بوقوع بپیوندد.

همچنین وقتی که سدیم بوسیله برگها در طول آبیاری بارانی جذب می‌شود آسیب دیدگی می‌تواند اتفاق بیفتد. سدیم همچنین قادر است که رشد گیاه زراعی را بطور غیرمستقیم با ایجاد عدم توازنهای غذایی و تخریب شرایط فیزیکی خاک، تحت تأثیر قرار دهد.

غلظت زیاد سدیم می‌تواند باعث کمبود کلسیم، پتاسیم و منیزیم شود و غلظت زیاد سدیم نسبت به کلسیم و منیزیم قادر است قدرت نفوذ آب به خاک را شدیداً کاهش داده و بواسطه بوجودآمدن شرایط ضعیف تهویه، می‌تواند روی گیاه تأثیر بگذارد. (رجوع شود به کیفیت آب و نفوذپذیری همین کتاب)

آنیون کلرور

آنیون کلرورها، یک ماده غذایی کم مصرف[1] است که برای اکثر گیاهان چوبی سمی نیست مگر اینکه غلظتهای بالایی از آن در برگ‌ها تجمع نماید. در حالیکه تعدادی از گیاهان چوبی به مسمومیت آنیون کلرور حساس می‌باشند، میزان تحمل در بین گونه‌ها و پایه‌ها متفاوت است. بسیاری از گیاهان حساس به آنیون کلرور، وقتی غلظت آنیون کلرور خاک از ۵ تا ۱۰ میلی‌اکی‌والان در لیتر تجاوز نماید آسیب می‌بینند، در حالیکه گیاهان غیرحساس می‌توانند غلظتهای بالای ۳۰ میلی‌اکی‌والان در لیتر را تحمل نمایند. جدول (۶) حداکثر غلظت مجاز آنیون کلرور عصاره اشباع خاک و آب آبیاری برای ارقام گوناگون میوه و پایه‌ها را برآورد کرده است. آنیون کلروری که به سهولت با رطوبت خاک حرکت می‌کند

1- Micronutrient

بوسیله ریشه‌های گیاه جذب شده به شاخسارها انتقال می‌یابد و در برگها ذخیره می‌گردد. صدمه آنیون کلرور معمولاً با زردی (کلروز) نوک و کناره‌های برگ شروع شده و با حادشدن این مسمومیت آسیب‌دیدگی به سوختگی برگ یا خشک شدن بافت می‌انجامد. آسیب‌دیدگی آنیون کلرور می‌تواند از جذب مستقیم برگ، در طول آبیاری بارانی نیز حاصل شود.

مراجع:

Ayers, R.S. and D.W. Westcot. 1985. "Water quality for agriculture." FAO Irrigation and Drainage Paper No. 29 (rev.1), Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Bresler, E.B., L. Meneal, and D.L. Cater. 1982. Saline and sodic soils: Principles - dynamics - modeling. Springer - Verlag.

Meas, E.V. 1990. "Crop salt tolerance." In : Agricultural Salinity Assessment and Management, American Society of Civil Engineers Manuals and Reports on Engineering Practices No. 71:262 - 326.

جدول ۶- حدود تحمل به آنیون کلرور برخی از ارقام درختان میوه و پایه‌ها

پایـــه	Cl_e meq/l(۱)	Cl_i meq/l(۲)
آووکادو		
هند غربی	۷/۵	۵
گواتمالایی	۶	۴
مکزیکی	۵	۳
مرکبات		
گریپ فروت سانکی ماندارین	۲۵	۱۷
گریپ فروت	۲۵	۱۷
کلئوپاتراماندارین	۲۵	۱۷
لیموی رانگپور	۲۵	۱۷
تانجلوی سامپسون	۱۵	۱۰
رافلمون	۱۵	۱۰
نارنج	۱۵	۱۰
پرنگان ماندرین	۱۵	۱۰
سیترومِلوی ۴۴۷۵	۱۰	۷
پرتقال سه برگ (پونسیروس)	۱۰	۷
طالبی کوبایی	۱۰	۷
کالاموندین	۱۰	۷
پرتقال	۱۰	۷
سیترانژ ساواج	۱۰	۷
سیترانژ روسک	۱۰	۷
سیترانژ ترویر	۱۰	۷

۱- غلظت کلراید در عصاره محلول اشباع خاک ۲ - غلظت کلراید در آب آبیاری

ادامه جدول ۶- حدود تحمل به آنیون کلرور برخی از ارقام درختان میوه و پایه‌ها

پایـــه	Cl_e meq/l(۱)	Cl_i meq/l(۲)
انگور		
سالت کریک	۴۰	۲۶
داگ ریج	۳۰	۲۰
میوه‌های هسته‌دار		
ماری یوانا	۲۵	۱۷
لوول	۱۰	۱۷
شلیل	۱۰	۱۷
یونان	۷/۵	۵
سته‌ها		
بویزن بری	۱۰	۷
زغال اخته	۱۰	۷
تمشک	۵	۳
انگور		
تامپسون بدون هسته	۲۰	۱۳
پرلت	۲۰	۱۳
کاردینال	۱۰	۷
بلاک‌روز	۱۰	۷
توت‌فرنگی		
لاسن	۷/۵	۵
شاستا	۵	۳

۱- غلظت کلراید در عصاره محلول اشباع خاک ۲ - غلظت کلراید در آب آبیاری

تجمع نمک در برگها [۱]

استفاده از آب شور در آبیاری بارانی می‌تواند مستقیماً موجب انباشت (تجمع) نمک از طریق برگها و باعث آسیب‌دیدگی گیاه شود. برگهای بسیاری از گیاهان، سدیم، آنیون کلرور و سایر یونهای موجود در آب آبیاری را جذب می‌کنند. اگر تجمع این عناصر در برگها خیلی زیاد شود، امکان آسیب‌دیدگی و کاهش رشد و تولید را بوجود می‌آورد.

حساسیت برگ درختان نسبت به جذب این مواد به خصوصیات برگ گیاه زراعی و سرعت جذب آنها توسط برگ بستگی دارد. هرچه غلظت سدیم یا آنیون کلرور در آبی که بر روی گیاه پاشیده می‌شود بیشتر باشد، سرعت جذب آنها بالاتر است. آبیاریهای مکرر، مدت زمان آب‌پاشی و دماهای بالا نیز سرعت جذب را افزایش می‌دهند. تحمل برگهای یک گیاه زراعی نسبت به آسیب‌دیدگی در اثر آب شور ممکن است متفاوت از تحمل آن برگها نسبت به خاک شور باشد. جدول (۷)، حساسیت محصولات گوناگون به آسیب‌دیدگی برگی را نشان می‌دهد.

بعضی از درختان میوه که سرعت جذب نمک بوسیله برگ در آنها پائین است، ممکن است با این وجود به آسیب‌دیدگی برگی حساس باشند. چرا که برگهای آنها در مقایسه با گیاهان زراعی ردیفی یکساله در معرض تعداد بیشتری آبیاری قرار می‌گیرد.

کاهش آسیب‌دیدگی ناشی از تجمع برگی نمک

دستورالعملهای زیر، می‌تواند باغداران و زارعین را در کاهش آسیب‌دیدگی ناشی از تجمع نمک در گیاه یاری دهد.

۱) انجام آبیاری در شب

۲) پرهیز از آبیاریهای مکرر (کم‌کردن فاصله زمانی بین دو آبیاری). در آبیاریهایی که کثرت تکرار آنها کم و طول دوره آنها زیادتر باشد آسیب‌دیدگی در اثر تجمع نمک

1- Foliar Salt Accumulation

در گیاه به نسبت کمتر می‌شود.

۳) حرکت‌دادن وسایل آبیاری در جهت پائین‌دست باد

۴) پرهیز از آبیاری در روزهای گرم و خشک همراه با باد

استفاده از آب زهکشی شده شور در آبیاری بارانی پنبه، هنگامیکه نمک از طریق برگها جذب می‌شود می‌تواند سبب کاهش محصول، گردد. یک مطالعه، مشخص کرد که استفاده از آب شور با : EC = ۴/۴ ds/m و SAR = ۱۷/۸ در آبیاری بارانی یکروزه پنبه، محصول را تا ۱۵ درصد در مقایسه با آبیاری نشتی کاهش می‌دهد. آبیاری بارانی با آب شور در طول شب تأثیری روی میزان محصول نداشت. بعلاوه، این مطالعات مشخص کرد که مقدار زیادی از نمک در طول چند دقیقه اول آبیاری بوسیله برگها جذب شده است. تغییر در آبیاری با کیفیت آب خوب نسبت به آب شور بعد از گذشت چند دقیقه اول آبیاری، اساساً جذب نمک و آسیب‌دیدگی برگی را کاهش می‌دهد. طریق دیگر، استفاده از آب با کیفیت خوب در طول چند دقیقه آخر آبیاری است که این امر موجب خروج آب شور از برگها می‌شود.

جدول ۷ - حساسیت نسبی برخی از محصولات به آسیب‌دیدگی ناشی از شوری در برگ درختان

غلظت سدیم یا آنیون کلرور (برحسب : meq/l)			
کمتر از ۵	۵ تا ۱۰	۱۰ تا ۲۰	بیشتر از ۲۰
بادام	انگور	یونجه	کلم‌گل معمولی (کلم‌رومی)
زردآلو	فلفل	جو	پنبه
مرکبات	سیب‌زمینی	ذرت	چغندرقند
آلو (گوجه درختی)	گوجه‌فرنگی	خیار	آفتابگردان
		گلرنگ	
		کنجد	
		جاروی‌رشتی	

مراجع:

Busch, C.D. and F. Turner, Jr. 1967. "Sprinkler irrigation with high salt content water." Transactions of the American Society of Agricultural Engineers. Vol. 10:494-9

Maas, E.V. 1985. "Crop tolerance to saline sprinkling water." Plant Soil. 89:273 - 84

1990." Crop salt tolerance." In Agriculture Salinity Assessment and Management. American Society of Civil Engineers Manuals and Reports on Engineering Practices No. 71: 262 - 326.

Maas, E.V., S.R. Grattan, and G.Ogata, 1982. "Foliar salt accumulation and injury in crops sprinkled with saline water. "Irrigation Science, Vol. 3:157 - 68.

مسمومیت بر و تحمل گیاهان[1]

بُر برای رشد و نمو گیاه ضروری است، اما در غلظتهای کمی بالاتر از میزان لازم برای رشد بهینه، برای گیاهان می‌تواند سمی باشد. تحمل به بُر بسته به آب و هوا، خاک و واریته گیاه متفاوت است. علائم اولیه ابتدا در برگهای مسن‌تر بصورت زردی و خشک شدن بافت برگ در نوک و حاشیه برگها ظهور می‌کند. خشک شدن به طرف مرکز برگ پیشروی می‌کند. درختان میوه‌ای که شدیداً تحت تأثیر قرار می‌گیرند، ممکن است علائم معمول روی برگهای آنها مشاهده نشود اما امکان دارد که روی تنه و شاخه‌های خود، صمغ ظاهر نمایند. جدول ۸ و ۹، تحمل نسبی محصولات کشاورزی و گیاهان زینتی را نسبت به بر موجود در آب آبیاری را نشان می‌دهد. این مقادیر بیانگر حداکثر غلظتهایی است که باعث کاهش محصول نمی‌شوند. برخی از محصولات ممکن است در غلظتهای پائین‌تر بر، بدون کاهش محصول، علائمی چون آسیب‌دیدگی برگی را ظاهر نمایند. در حالی که حساسیت بیشتر یونی در گونه‌ها، در درختان و محصولات جالیزی مشاهده می‌گردد. گیاهان زراعی از قبیل : پنبه، گوجه‌فرنگی، چغندرقند و یونجه مقاومترین گونه‌ها هستند.

1- Boron Toxicity and Tolerance of Crop

جدول ۸- تحمل به بُر در محصولات کشاورزی[۱]

محصولات خیلی‌حساس (کمتر از ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر)
لیموترش - زغال اخته
محصولات حساس (۰/۷۵ - ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر)
آووکادو - گریپ فروت - پرتقال - زردآلو - هلو - گیلاس - آلو - خرمالو - انجیر کادوتا - انگور - گردو (پایه گردوی سیاه نسبت به گردوی پارادوکس یا انگلیسی حساس تر است) - پی‌کان (گردوی گرمسیری) - لوبیای چشم بلبلی
محصولات حساس (۱-۰/۷۵ میلی‌گرم در لیتر)
سیب‌زمینی شیرین - گندم - آفتابگردان - نوعی لوبیا (مانگ) - کنجد - باقلای مصری - توت‌فرنگی - سیب‌زمینی ترشی - نوعی لوبیا (Kidney) - لوبیای آمریکایی - بادام‌زمینی - آرتیشو (کنگرفرنگی)
محصولات با حساسیت متوسط (۲-۱ میلی‌گرم در لیتر)
هویج - تربچه - سیب‌زمینی - خیار - فلفل قرمز - نخود
محصولات با تحمل متوسط (۴-۲ میلی‌گرم در لیتر)
سیر - کاهو - کلم‌پیچ - کرفس - شلغم - فریزکنتاکی - جو - یولاف - ذرت - آرتیشو - تنباکو - خردل - شبدرشیرین - کدو خورشتی - خربزه - کلم‌گل - پیاز
محصولات مقاوم (۶-۴ میلی‌گرم در لیتر)
گوجه‌فرنگی - یونجه - ماشک ارغوانی - جعفری - چغندرقرمز - چغندرقند
محصولات خیلی مقاوم (۱۵-۶ میلی‌گرم در لیتر)
جاروی رشتی - پنبه - مارچوبه

۱ - اقتباس از کتاب کیفیت آب کشاورزی، نشریه شماره ۲۹ سازمان خواروبار و کشاورزی جهانی - آبیاری و زهکشی - D.W. Westcot, R.S. Ayers, 1985

جدول ۹- تحمل به بُر در گیاهان زینتی

گیاهان خیلی‌حساس (کمتر از ۰/۵)
گالش انگورک - بدار - سنجد خاردار - درخت غار - برگ نوی (درخشان) آناناس کوآوا- شمشاد رسمی - ژدانه ژاپنی - حساس چینی - سرو کوهی - مریم گلی‌زرد - نارون آمریکایی
گیاهان حساس (۱-۰/۵)
آهار - بنفشه سه‌رنگ - بنفشه معطر - زبان درقفا - تاژک براق - نوش خاوری (شرقی) - شمعدانی
گیاهان با حساسیت متوسط (۲-۱)
گلایول - گل جعفری - شیر گیاژون - مینای چینی - افرنگیا - سرخدار غربی - گیلاس وحشی - شیان آبی - Ceniza
گیاهان با تحمل متوسط (۴-۲)
ژونمیله - لاله باغ - شمشاد ژاپنی - خرزهره - خطی چینی - نخودگل - میخک
گیاهان مقاوم (۸-۶)
پرژنه - ترشک - آلو ناتل

مراجع:

R.S. Ayers and D.W. Westcot 1985. Water quality for agriculture. United Nations. FAO Irrigation and Drainage Paper 29.

هدایت الکتریکی [1]

گیاهان به مجموع نمکهای محلول (TDS) در رطوبت خاک که در اثر آبیاری و املاح موجود در آن شکل می‌گیرد، واکنش نشان می‌دهند. تشخیص خطر شوری آب، احتیاج به برآورد TDS دارد. از آنجائیکه بدست‌آوردن TDS بوسیله اندازه‌گیریهای مستقیم عملی نیست یک راه معمول برای برآورد آن، اندازه‌گیری هدایت الکتریکی (EC) آب است.

چه عاملی موجب هدایت الکتریکی در آب می‌شود؟

وقتی که یک نمک در آب حل می‌شود، به ذرات بارداری که یون نامیده می‌شود تجزیه می‌گردد و وقتی الکترودهایی که به جریان الکتریسیته متصل می‌باشند در آب قرار گیرند یونهای مثبت بطرف الکترود منفی و یونهای منفی بطرف الکترود مثبت حرکت می‌کنند. این حرکت یونها باعث می‌شود که آب الکتریسیته را منتقل نماید این هدایت الکتریکی بسادگی توسط یک هدایت‌سنج اندازه‌گیری می‌شود.

اندازه‌گیری هدایت الکتریکی

هدایت الکتریکی معمولاً برحسب میلی مهوس بر سانتیمتر (mmhos/cm) یا دسی زیمنس بر متر (ds/m) بیان می‌شود. میلی مهوس یک واحد اندازه‌گیری قدیمی است که دسی‌زیمنس بر متر جانشین آن شده است، هر دو و واحد اندازه‌گیری از نظر عددی معادل می‌باشند. گاهی اوقات هدایت الکتریکی بصورت میکرو مهوس بر سانتیمتر (Mmhos/cm) بیان می‌شود. مقادیر هدایت الکتریکی (EC) بیان شده برحسب این واحد را می‌توان با ضرب mmhos/cm با ds/m در ۱۰۰۰ بدست آورد. چند عامل بر EC اثر دارد اول اینکه: برخی از یونها جریان الکتریسیته را راحت‌تر از یونهای دیگر هدایت می‌کنند. دوم اینکه : با افزایش غلظت نمکها، EC هم افزایش می‌یابد اما سرعت افزایش، با افزایش غلظت کاهش می‌یابد. بنابراین دو برابرکردن غلظت نمک الزاماً EC را دو برابر نمی‌کند چون با افزایش غلظت، ذرات خنثی که نمی‌توانند در EC نقش ایفا کنند بوجود

1- Electrical Conductivity

می‌آیند (با افزایش غلظت، درصد یونهای خنثی افزایش می‌یابد). توجه به این نکته در آزمایشگاه مخصوصاً در شرایطی که نمونه‌های خاکی محتوی نمک بالا قبل از قرائت EC، با آب مقطر رقیق می‌شوند حائز اهمیت است. رقیق‌کردن نمونه موجب آن می‌شود که ما شوری بیشتری را برای آن بدست بیاوریم.

EC تحت تاثیر دما تغییر می‌کند. برای مثال اگر EC در دمای ^{c}۲۵°، ۵ds/m باشد در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد برابر ۵/۵ds/m خواهد بود. دمای استاندارد برای اندازه‌گیری EC، ^{c}۲۵° است. اندازه‌گیریهای انجام شده در دماهای دیگر باید با حالت استاندارد تصحیح شود. بسیاری از هدایت‌سنجها بطور خودکار این تصحیح را انجام می‌دهند. مطابق معادله زیر نیز می‌توان این تصحیح را انجام داد.

$$EC_{۲۵} = EC_t - ۰/۰۲ (T - ۲۵) EC_t \quad (۲)$$

EC_t = EC در دمای t برحسب درجه سانتیگراد

$EC_{۲۵}$ = EC در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد

برخی از روابط معمول برای تخمین TDS از EC اندازه‌گیری شده عبارتند از:

$$TDS\ (ppm) = ۶۴۰ \times EC\ (ds/m) \quad (۳)$$: وقتی EC کوچکتر از ۵ باشد.

$$TDS\ (meq/l) = ۱۰ \times EC\ (ds/m) \quad (۴)$$

$$TDS = ۸۰۰ \times EC\ (ds/m) \quad (۵)$$: وقتی EC بیشتر از ۵ باشد.

اما برای زه‌آب‌های دره سن واکین روابط زیر مناسبتر است:

$$TDS\ (ppm) = ۷۴۰ \times EC\ (ds/m) \quad (۶)$$; ۵ ds/m کمتر از EC

$$TDS\ (ppm) = ۸۴۰ \times EC\ (ds/m) \quad (۷)$$; ۱۰ ds/m, ۵ ds/m بین EC

$$TDS\ (ppm) = ۹۲۰ \times EC\ (ds/m) \quad (۸)$$; ۱۰ ds/m بزرگتر از EC

توجه داشته باشید که : ۱ ds/m = ۱mmhos/cm , ۱ppm = ۱ mg/l

مراجع:

Hanson, B.R. 1979. "Electrical Conductivity." Soil and Water, Fall 1979, No. 42 Shainberg, I., and J.D. Oster. 1978. Quality of irrigation water. International Irrigation Information Center publication No.2.

عوامل تبدیلی : یک قسمت در یک میلیون و میلی‌اکی‌والان در لیتر [1]

تجزیه آب و خاک می‌تواند برحسب یک قسمت در یک میلیون (ppm)، میلی‌اکی‌والان در لیتر (meq/l)، و یا میلی‌گرم در لیتر گزارش شود. برای تمام اهداف عملی ppm و mg/l یکسان هستند برای تبدیل ppm به meq/l یا برعکس، مقادیر اولیه را در مقادیری که در زیر در جدول (۱۰) آمده است ضرب نمائید:

جدول ۱۰- فاکتورهای تبدیلی : قسمت در میلیون و میلی‌اکی والان در لیتر

ماده تشکیل دهنده	تبدیل ppm به meq/l	تبدیل meq/l به ppm
	ضرب‌کردن	
Na (سدیم)	۰/۰۴۳	۲۳
Ca (کلسیم)	۰/۰۵۰	۲۰
Mg (منیزیم)	۰/۰۸۳	۱۲
Cl (آنیون کلرور)	۰/۰۲۹	۳۵
SO_4 (سولفات)	۰/۰۲۱	۴۸
CO_4 (کربنات)	۰/۰۳۳	۳۰
HCO_3 (بی‌کربنات)	۰/۰۱۶	۶۱

مثالها

۱- تبدیل ۴۱۵ppm سدیم به meq/l : meq/l = ۰/۰۴۳ × ۴۱۵ppm = ۱۷/۸

۲- تبدیل ۱۰meq/l سولفات به ppm : ppm = ۴۸ × ۱۰ meq/l = ۴۸۰

1- Conversion Factors : Parts per million and milliequivalents per liter

نسبت جذب سدیم (SAR)[1]

کاتیونها (یونهای دارای بار مثبت) که به ذرات رس موجود در خاک متصل هستند کاتیونهای قابل تبادل نامیده می‌شوند، بدین معنی که یک نوع یون که جذب سطحی ذره رس شده‌است قادر است با یون دیگری جایگزین شود. کاتیونهایی که در شوری خاک نقش دارند: کلسیم (Ca)، سدیم (Na) و منیزیم (Mg) هستند.

اگر سدیم قابل تعویض بر سطوح رس نسبت به سایر کاتیونها غلبه کند مسئله ساز می‌گردد. با بالا رفتن مقدار سدیم، رس متورم شده و باعث کاهش نفوذپذیری خاک و جلوگیری از آبشویی نمک می‌گردد. تهویه و شرایط فیزیکی نامناسب می‌تواند موجب کاهش رشد محصولات گردد. بنابراین بدست آوردن مقدار پتانسیل آب آبیاری یا رطوبت خاک در جهت کاهش نفوذپذیری اهمیت دارد. متاسفانه اندازه‌گیری مستقیم یونهای قابل تعویض بر روی ذرات رس مشکل است اما رابطه محکمی بین درصد سدیم قابل تعویض درصد سطوح ذرات رس که توسط Na اشغال شده‌است و نسبت جذب سدیم (SAR) رطوبت خاک وجود دارد. بنابراین SAR بعنوان یک شاخص برای تعیین میزان خطر سدیم مورد استفاده قرار می‌گیرد.

نسبت جذب سدیم

نسبت جذب سطحی سدیم به این صورت تعریف می‌شود.

$$SAR = \frac{[Na]}{\sqrt{[Ca]+[Mg]/2}} \qquad (۹)$$

[Na], [Ca] و [Mg] به ترتیب غلظتهای سدیم، کلسیم و منیزیم هستند که برحسب meq/l بیان می‌شوند.

1- Sodium Adsoption Ratio (SAR)

نسبت جذب سدیم تعدیل شده

غلظت واقعی کلسیم در رطوبت خاک ممکن است بالاتر (در بیشتر مواقع) یا پائین‌تر از غلظت کلسیم در آب آبیاری باشد. تعادل غلظت کلسیم بخاطر کنترل میزان کلسیم از طریق حل شدن یا رسوب آهک ($CaCo_3$) در رطوبت خاک پیش می‌آید. اگر رسوب گذاری اتفاق بیفتد غلظت نهایی یونهای کلسیم در آب ممکن است کمتر از مقداری باشد که در نتیجهٔ تجزیهٔ شیمیایی آب آبیاری بدست می‌آید. این به‌نوبهٔ خود مقدار سدیم قابل تبادل را افزایش خواهد داد؛ به نحوی که برای انعکاس غلظت کلسیم تعادلی SAR باید تصحیح شود. SAR اصلاح شده با تخمین غلظت تعادلی کلسیم (Ca_x) و استفاده از مقدار آن بجای [Ca] در معادله ۹ تعیین می‌شود.

اطلاعات لازم برای تصحیح، غلظت کلسیم و بی‌کربنات برحسب meq/l و هدایت الکتریکی برحسب ds/m می‌باشند.

غلظت کلسیم تعادلی با استفاده از دستورالعملهای زیر تخمین زده می‌شود :

۱- نسبت $\frac{[HCO_3]}{[Ca]}$ را محاسبه نمائید. (غلظتها برحسب meq/l می‌باشند)

۲- در سمت چپ جدول ۱۲، نزدیکترین عدد به نسبت حساب شده را پیدا کنید. (ناحیهٔ سایه‌دار)

۳- در طول قسمت بالای جدول ۱۲ نزدیکترین EC به EC اندازه‌گیری شده را پیدا نمائید.

۴- در ستون اعداد مربوط به مقادیر EC بطرف پائین حرکت کنید تا به ردیف عدد مرتبط با نسبت برسید. محل تقاطع ستون و ردیف عدد غلظت تعادلی کلسیم می‌باشد.

۵- این مقدار غلظت تعادلی را برای محاسبه SAR تصحیح شده با استفاده از معادلهٔ ۹ بکار ببندید. SAR تصحیح شده معمولاً کمی بزرگتر از SAR خواهد بود.

مواد شیمیایی تشکیل دهندهٔ آب‌ها

جدول ۱۱- مواد شیمیایی تشکیل دهندهٔ آب‌ها*

	آب شمارهٔ ۱	آب شمارهٔ ۲
EC(ds/m)	۱/۸	۱/۹
PH	۶/۹	۹
Na	۶	۱۸/۱
Ca	۸/۶	۰/۴
Mg	۳/۳	۰/۴
Cl	۱/۱	۱/۴
CO_4	۱۴/۷	۷/۷
HCO_3	۲/۵	۹/۸

*غلظتها برحسب $\frac{meq}{l}$ بیان شده‌اند.

مثال : SAR و SAR تصحیح شده را با استفاده از تجزیه شیمیایی در جدول ۱۱ محاسبه نمائید:

آب شماره ۱ $SAR = ۶ \div ((۸/۶ + ۳/۳) \div ۲)^{۱/۲} = \frac{۶}{۲/۴} = ۲/۵$

۱- $\frac{[HCO_3]}{[Ca]} = \frac{۲/۵}{۸/۶} = ۰/۲۹$

۲- از جدول ۱۲ برای یک EC در حدود : $۲\frac{ds}{m}$ و یک نسبت : $\frac{[HCO_3]}{[Ca]}$ در حدود ۰/۳ غلظت کلسیم (تعادلی) $۴/۹\frac{meq}{L}$ خواهد بود.

۳- $SAR = ۶ \div ((۴/۹ + ۳/۳) \div ۲)^{۱/۲} = ۳$ اصلاح شده

آب شمارهٔ ۲ (الف $SAR = ۱۸/۱ \div ((۰/۴ + ۰/۴) \div ۲)^{۱/۲} = ۲۸/۶$

۱- $[HCO_3]/[Ca] = ۹/۸ \div ۰/۴ = ۲۴/۵$

۲- از جدول ۱۲ برای نسبت ۲۵ و EC معادل ۲، غلظت تعادلی کلسیم ۰/۲۷ است.

۳- اصلاح شدهٔ $SAR = ۱۸/۱ \div ((۰/۲۷ + ۰/۴) \div ۲)^{۱/۲} = ۳۱/۳$

جدول ۱۲- غلظت کلسیم (Ca_x) در رطوبت خاک پس از آبیاری با آب دارای شوری EC_i و نسبت $HCo_{3/Ca}$ معین[1]

شوری آب آبیاری (EC_i) برحسب (ds/m)

$HCo_{3/Ca}$	۰/۱	۰/۲	۰/۳	۰/۵	۰/۷	۱/۰	۱/۵	۲/۰	۳/۰	۴/۰	۶/۰	۸/۰
۰/۰۵	۱۳/۲۰	۱۳/۶۱	۱۳/۹۲	۱۴/۴۰	۱۴/۷۹	۱۵/۲۶	۱۵/۹۱	۱۶/۴۳	۱۷/۲۸	۱۷/۹۷	۱۹/۰۷	۱۹/۹۴
۰/۱	۸/۳۱	۸/۵۷	۸/۷۷	۹/۰۷	۹/۳۱	۹/۶۲	۱۰/۰۲	۱۰/۳۵	۱۰/۸۹	۱۱/۳۲	۱۲/۰۱	۱۲/۵۶
۰/۱۵	۶/۳۴	۶/۵۴	۶/۶۹	۶/۹۲	۷/۱۱	۷/۳۴	۷/۶۵	۷/۹۰	۸/۳۱	۸/۶۴	۹/۱۷	۹/۵۸
۰/۲۰	۵/۲۴	۵/۴۰	۵/۵۲	۵/۷۱	۵/۵۷	۶/۰۶	۶/۳۱	۶/۵۲	۶/۸۶	۷/۱۳	۷/۵۷	۷/۹۱
۰/۲۵	۴/۵۱	۴/۶۵	۴/۷۶	۴/۹۲	۵/۰۶	۵/۲۲	۵/۴۴	۵/۶۲	۵/۹۱	۶/۱۵	۶/۵۲	۶/۸۲
۰/۳۰	۴/۰۰	۴/۱۲	۴/۲۱	۴/۳۶	۴/۴۸	۴/۶۲	۴/۸۲	۴/۹۸	۵/۲۴	۵/۴۴	۵/۷۷	۶/۰۴
۰/۳۵	۳/۶۱	۳/۷۲	۳/۸۰	۳/۹۴	۴/۰۴	۴/۱۷	۴/۳۵	۴/۴۹	۴/۷۲	۴/۹۱	۵/۲۱	۵/۵۴
۰/۴۰	۳/۳۰	۳/۴۰	۳/۴۸	۳/۶۰	۳/۷۰	۳/۸۲	۳/۹۸	۴/۱۱	۴/۳۲	۴/۴۹	۴/۷۷	۴/۹۸
۰/۴۵	۳/۰۵	۳/۱۴	۳/۲۲	۳/۳۳	۳/۴۲	۳/۵۳	۳/۶۸	۳/۸۰	۴/۰۰	۴/۱۵	۴/۴۱	۴/۶۱
۰/۵۰	۲/۸۴	۲/۹۳	۳/۰۰	۳/۱۰	۳/۱۹	۳/۲۹	۳/۴۳	۳/۵۴	۳/۷۲	۳/۸۷	۴/۱۱	۴/۳۰
۰/۷۵	۲/۱۷	۲/۲۴	۲/۲۹	۲/۳۷	۲/۴۳	۲/۵۱	۲/۶۲	۲/۷۰	۲/۸۴	۲/۹۵	۳/۱۴	۳/۲۸
۱/۰۰	۱/۷۹	۱/۸۵	۱/۸۹	۱/۹۶	۲/۰۱	۲/۰۹	۲/۱۶	۲/۲۳	۲/۳۵	۲/۴۴	۲/۵۹	۲/۷۱
۱/۲۵	۱/۵۴	۱/۵۹	۱/۶۳	۱/۶۸	۱/۷۳	۱/۷۸	۱/۸۶	۱/۹۲	۲/۰۲	۲/۱۰	۲/۲۳	۲/۳۳
۱/۵۰	۱/۳۷	۱/۴۱	۱/۴۴	۱/۴۹	۱/۵۳	۱/۵۸	۱/۶۵	۱/۷۰	۱/۷۹	۱/۸۶	۱/۹۷	۲/۰۷
۱/۷۵	۱/۲۳	۱/۲۷	۱/۳۰	۱/۳۵	۱/۳۸	۱/۴۳	۱/۴۹	۱/۵۴	۱/۶۲	۱/۶۸	۱/۷۸	۱/۸۶
۲/۰۰	۱/۱۳	۱/۱۶	۱/۱۹	۱/۲۳	۱/۲۶	۱/۳۱	۱/۳۶	۱/۴۰	۱/۴۸	۱/۵۴	۱/۶۳	۱/۷۰
۲/۲۵	۱/۰۴	۱/۰۸	۱/۱۰	۱/۱۴	۱/۱۷	۱/۲۱	۱/۲۶	۱/۳۰	۱/۳۷	۱/۴۲	۱/۵۱	۱/۵۸
۲/۵۰	۰/۹۷	۱/۰۰	۱/۰۲	۱/۰۶	۱/۰۹	۱/۱۲	۱/۱۷	۱/۲۱	۱/۲۷	۱/۳۲	۱/۴۰	۱/۴۷
۳/۰۰	۰/۸۵	۰/۸۹	۰/۹۱	۰/۹۴	۰/۹۶	۱/۰۰	۱/۰۴	۱/۰۷	۱/۱۳	۱/۱۷	۱/۲۴	۱/۳۰
۳/۵۰	۰/۷۸	۰/۸۰	۰/۸۲	۰/۸۵	۰/۸۷	۰/۹۰	۰/۹۴	۰/۹۷	۱/۰۲	۱/۰۶	۱/۱۲	۱/۱۷
۴/۰۰	۰/۷۱	۰/۷۳	۰/۷۵	۰/۷۸	۰/۸۰	۰/۸۲	۰/۸۶	۰/۸۸	۰/۹۳	۰/۹۷	۱/۰۳	۱/۰۷
۴/۵۰	۰/۶۶	۰/۶۸	۰/۶۹	۰/۷۲	۰/۷۴	۰/۷۶	۰/۷۹	۰/۸۲	۰/۸۶	۰/۹۰	۰/۹۵	۰/۹۹
۵/۰۰	۰/۶۱	۰/۶۳	۰/۶۵	۰/۶۷	۰/۶۹	۰/۷۱	۰/۷۴	۰/۷۶	۰/۸۰	۰/۸۳	۰/۸۸	۰/۹۳
۷/۰۰	۰/۴۹	۰/۵۰	۰/۵۲	۰/۵۳	۰/۵۵	۰/۵۷	۰/۵۹	۰/۶۱	۰/۶۴	۰/۶۷	۰/۷۱	۰/۷۴
۱۰/۰۰	۰/۳۹	۰/۴۰	۰/۴۱	۰/۴۲	۰/۴۳	۰/۴۵	۰/۴۷	۰/۴۸	۰/۵۱	۰/۵۳	۰/۵۶	۰/۵۸
۲۰/۰۰	۰/۲۴	۰/۲۵	۰/۲۶	۰/۲۶	۰/۲۷	۰/۲۸	۰/۲۹	۰/۳۰	۰/۳۲	۰/۳۳	۰/۳۵	۰/۳۷
۳۰/۰۰	۰/۱۸	۰/۱۹	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۱	۰/۲۱	۰/۲۲	۰/۲۳	۰/۲۴	۰/۲۵	۰/۲۷	۰/۲۸

1 - R.S.Ayers and D.W.Westcot. 1985. Water Quality for Agriculture. United Nation FAO Irrigation and Drainage Paper 29.

کیفیت آب و نفوذپذیری [۱]

شوری و نسبت جذب (سطحی) سدیم SAR آب آبیاری می‌تواند سرعتی را که درآن آب به درون خاک نفوذ می کند شدیداً تحت تاثیر قرار دهد. شکل ۲ اثر متقابل بین این خصوصیات آب و سرعت نفوذ را نشان می‌دهد. برای یک SAR معین آب آبیاری، سرعت نفوذ با افزایش شوری یا افزایش غلظت الکترولیت آب آبیاری افزایش می‌یابد و سرعت نفوذ با افزایش شوری به سمت حداکثر مقدار میل می‌کند. اما برای غلظت معین نمک، سرعت نفوذ با افزایش SAR، کاهش می‌یابد. SAR در شرایط شوری کم ، دارای بیشترین اثر است.

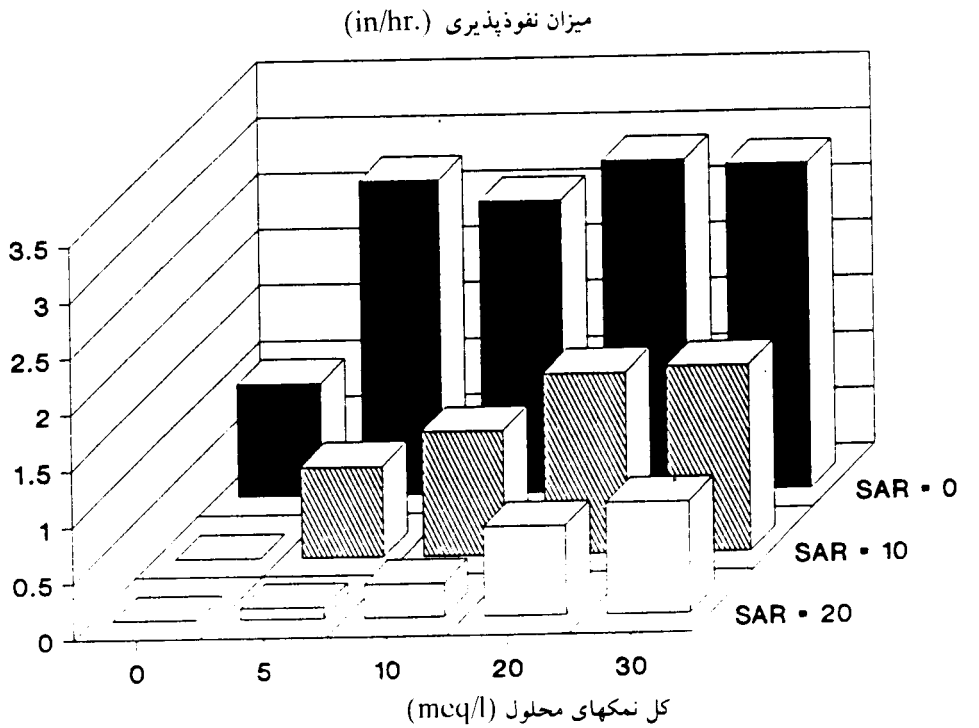
این عکس‌العمل بواسطهٔ حساسیت رس موجود در خاک به SAR و شوری ایجاد می‌شود. قسمت رسی یک خاک، شامل ذرات رس که مانند یک تودهٔ از ورقه‌ها روی هم انباشت شده‌اند، می‌باشد. این صفحات بار منفی خالص دارند که یونها با بار مثبت را در رطوبت خاک جذب می‌کند. این جذب باعث می‌شود که کاتیونهایی از قبیل، سدیم، کلسیم، و منیزیم در نزدیکی صفحات تمرکز بیشتری پیدا کنند.

بنابراین غلظت کاتیونهای رطوبت خاک در نزدیکی صفحات، نسبتاً بیشتر بوده و با دور شدن از صفحات کم می‌شود. غلظت نسبتاً بیشتر در نزدیکی صفحات، رطوبت خاک تمایل به جریان یافتن به درون فضاهای بین صفحات را دارد و این باعث می‌شود که صفحات هر چه بیشتر از یکدیگر جدا شوند و این به نوبهٔ خود باعث تورم خاک و کاهش سرعت نفوذ می‌گردد. در صورتی که فضای بین صفحه‌ها خیلی زیاد شود، از هم پاشیدگی رخ می‌دهد که بدنبال آن پالتهای رسی در جریان آب حمل و به فضاهای بزرگ خاک گیر کرده و موجب کاهش بیشتر نفوذ می‌گردند مقدار میزان تورم به نوع یونهای موجود در آب بستگی دارد. سدیم نسبت به کلسیم، کمتر جذب صفحات رسی می‌شود، بنابراین تورم در یک خاک دارای سدیم غالب، آسانتر رخ می‌دهد. وقتی که کلسیم غالب می‌شود، تورم و پراکندگی نسبت به شرایطی که سدیم غالب است کمتر اتفاق می‌افتد. شوری آب بر

1- Water Quality and Infiltration

فرآیندهای تورم و پراکندگی اثر دارد. آب حاوی الکترولیت کم، فرآیند تورم و پراکندگی را بیش از آب حاوی الکترولیت زیاد به تعویق می‌اندازد.

اگر غلظت الکترولیتی، تا حد زیادی پائین بیاید، امکان دارد که تورم و پراکندگی بدون توجه به ترکیب آب اتفاق بیفتد که به مفهوم مشکل نفوذ در خاکهای لومی شنی در ضلع شرقی درهٔ سن واکین است. اگر یک خاک با آبی که از نظر غلظت الکترولیتی بالاست آبیاری می‌شود کمتر در معرض تورم قرار می‌گیرد.



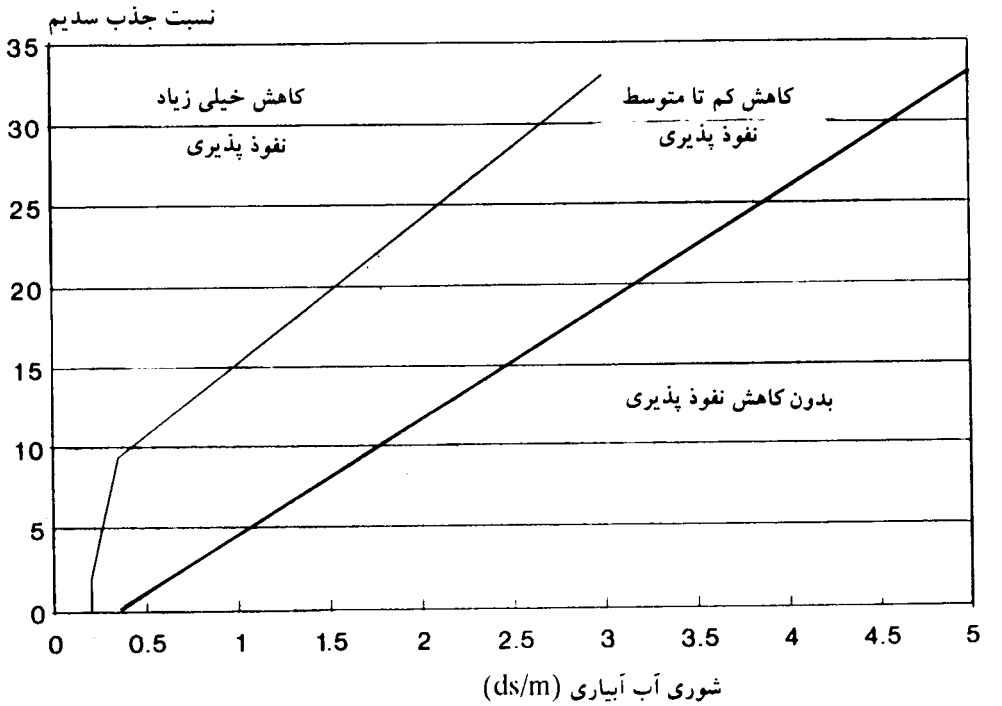
شکل ۲ - رابطه شوری، نسبت جذب سدیم، و نفوذپذیری

ارزیابی مشکلات بالقوه کیفیت آب

شکل ۳، می‌تواند بعنوان یک راهنما در ارزیابی مشکلات مربوط به قابلیت نفوذ که بواسطهٔ کیفیت آب آبیاری ایجاد می‌شود مورد استفاده قرار گیرد. اطلاعات موردنیاز شامل ، SAR، EC آب آبیاری هستند. طرز عمل به این نحو است که ابتدا مقدار SAR در طول محور عمودی را باید پیدا کرد و یک خط افقی برای آن مقدار کشید. سپس، مقدار EC را در طول محور پائینی پیدا کرده و یک خط عمودی را در آن مقدار امتداد داد. ناحیه‌ای که دو خط در آن با یکدیگر تلاقی کنند نشان دهندهٔ مشکلات مربوط به قابلیت نفوذ است که بوسیلهٔ کیفیت آب ایجاد می‌شود. اگر تقاطع در ناحیه‌ای که با جملهٔ : "عدم کاهش در سرعت نفوذ" علامت‌گذاری شده‌است واقع شود ، احتمالاً نفوذ با مسئله و مشکلی مواجه نیست. اگر تقاطع در ناحیه‌ای که با جملهٔ : "کاهش شدید در سرعت نفوذ" مشخص گردیده‌است واقع شود، نباید از آن آب برای آبیاری استفاده کرد یا اینکه باید بدنبال راهی عملی برای اضافه کردن کلسیم به آب آبیاری، بمنظور کاهش SAR بود. اگر تقاطع در ناحیهٔ میانی واقع شود باید احتیاط کرد. این نکته را نباید از نظر دور داشت که اینها فقط خطوط راهنمای کلی هستند و برای بهتر مشخص شدن تاثیرات کیفیت آب روی سرعت نفوذ در یک محل، لازم است که آزمایشهای میدانی انجام پذیرد.

مثال ۱: EC و SAR آب کانالی به ترتیب : ۰/۵ و ۰/۶ ds/m است. پتانسیل اثرات استفاده از این آب را برای آبیاری ارزیابی کنید. تقاطع خطوط رسم شده از EC=۰/۵ ds/m و SAR=۰/۶ در ناحیهٔ کاهش شدید در سرعت نفوذ واقع می‌شود با وجودی که SAR این خاک پائین می‌باشد اما بخاطر غلظت پائین الکترولیت می‌تواند مشکلات نفوذ داشته‌باشد.

مثال ۲ : تاثیرات بالقوهٔ آبیاری با یک آب که در آن EC= ۳ds/m و SAR=۱۵ می‌باشد را مورد ارزیابی قرار دهید. تقاطع خط عمودی که در EC=۳ ds/m و خط افقی که در SAR=۱۵ رسم شده‌اند روی مرز بین نواحی عدم کاهش سرعت نفوذ و کاهش جزیی تا متوسط سرعت نفوذ واقع می‌شود. یعنی یک کاهش جزیی در سرعت نفوذ می‌تواند اتفاق بیفتد.



شکل ۳- میزان نسبی نفوذ آب تحت تاثیر شوری و نسبت جذب سدیم (اقتباس از نشریه شماره ۲۹ FAO)

مراجع :

Henderson, D.D. 1958. Influence on soil permeablity of total concentration and sodium in irrigation water. Water Resources Center Contribution No. 14, University of California.

Rhoades, J.D. 1977. "Potential for using agricultural drainage water for irrigation". Proceedign, Water Management for Irrigation and Drainage American Society of Civil Engineers. Reno. Nevada 20-22 July 1977.

Oster, J.D. and F.W. Schror. 1979 Infiltration as influenced by irrigation water quality. Soil Science Society of America, Vol. 43: 444-47.

ارزیابی کیفیت آب آبیاری [1]

آب آبیاری به لحاظ کیفیت آن برای آبیاری باید مورد ارزیابی قرار گیرد.این ارزیابی مستلزم آن است که خواص شیمیایی آب را شناسایی و مشکلات آن را در رابطه با شوری خاک، نفوذ آب و مسمومیتهای یونی ناشی از استفادهٔ از آب را مطرح کنید.

اندازه‌گیری خواص شیمیایی آب آبیاری

اندازه‌گیریهای زیر برای ارزیابی کیفیت آب آبیاری باید بوسیلهٔ یک آزمایشگاه معتبر انجام شود.

- **هدایت الکتریکی** (EC): معیاری برای مقدار کلی نمکهای محلول (TDS) یا شوری در آب است. برای اطلاعات بیشتر به قسمت "هدایت الکتریکی" این کتاب مراجعه نمائید. مواد شیمیایی که جزء نمکهای محلول باشند عبارتند از : سدیم، کلسیم ، منیزیم، آنیون کلرور، سولفات و بی‌کربنات .
- **کاتیونها:** غلظتهای سدیم ، کلسیم و منیزیم، بر حسب: meq/l بیان می‌شوند. این اطلاعات برای محاسبهٔ نسبت جذب سدیم (SAR) لازم است. همچنین غلظت سدیم برای شناسایی میزان سمیت سدیم روی گیاهان چوبی لازم است. پتاسیم معمولاً در شوری نقش خیلی کمی داشته و بنابراین در این قسمت درنظر گرفته نمی‌شود.
- **آنیونها:** غلظتهای آنیون کلرور، کربنات و سولفات برحسب meq/l بیان شوند. غلظتهای بی‌کربنات (HCO_3) و کربنات (CO_3) برای تصحیح SAR بخاطر رسوب دادن کربنات کلسیم مورد استفاده قرار می‌گیرند.
- PH، یک عامل مهم در ارزیابی توان بالقوهٔ آب برای رسوب دادن مواد متشکلهٔ معین (از قبیل کربنات کلسیم) است. این مسئله بویژه در مورد سیستمهای آبیاری کم فشار که رسوب می‌تواند موجب کند شدن و کاهش جریان شود اهمیت دارد.
- **بُر** : که بصورت یک قسمت در یک میلیون (PPM) بیان می‌شود. برای بسیاری از

1- Assessing the Suitability of Water for Irrigatin

گیاهان در غلظتهای پائین کمتر از یک PPM سمّی است. (به قسمت "سمّی بودن بُر و تحمل گیاهان زراعی" مراجعه نمائید).

بررسی کیفیت داده‌ها (اطلاعات)

غلظت املاح موجود در آب باید به دقت برای یک ارزیابی معتبر و متناسب جهت آبیاری، برآورد شود. موارد زیر می‌توانند در بررسی کیفیت تجزیه شیمیایی مورد استفاده قرار گیرند:

- مجموع غلظتهای کاتیونها (سدیم + کلسیم + منیزیم) تقریباً باید معادل مجموع غلظتهای آنیونها (آنیون کلرور + سولفات + کربنات + بی‌کربنات) باشد. غلظتها باید برحسب meq/l و (نه برحسب mg/l) بیان شود. اگر حاصل جمعها تقریباً معادل باشند می‌توان گفت که تجزیه از نظر منطقی درست بوده‌است. اگر حاصل جمعها دقیقاً معادل هم باشند، بخصوص برای چند تجزیه آبی، غلظت یکی از مواد متشکله (معمولاً سولفات) بجای اینکه مستقیماً اندازه‌گیری شود تخمین زده می‌شود.
- هدایت الکتریکی (EC) (برحسب mmhos/cm یا ds/m) که در عدد ۱۰ ضرب شده باشد تقریباً معادل مجموع غلظتهای کاتیونی برحسب meq/l است. این رابطه برای مقادیر EC بالاتر از ۱۰ds/m معتبر است. اگر داده‌ها با بررسی‌هایی که در قبل انجام گرفته قابل قبول یا رضایت‌بخش نباشد باید از آزمایشگاه، تجزیهٔ مجدد آب را درخواست نمود.

سئوالاتی که باید پاسخ گفته شود

برای پاسخ به سئوالات زیر، اطلاعات جمع‌آوری شده باید با راهنمایی‌های ارائه شده در جدول (۱۳) مقایسه شود.

- در صورت استفاده از این آب در آبیاری، آیا نفوذ دچار مشکل می‌شود؟ برای بررسی این احتمال باید SAR اصلاح شده با SAR جدول (۱۳) مقایسه شود.
- آیا غلظتهای بر، سدیم و آنیون کلرور برای محصولات موارد بحث سمی است؟ غلظت

این مواد باید با مقادیر سمیت ویژهٔ یونی در جدول (۱۳) مقایسه شود. غلظتهای سدیم و آنیون کلرور می‌باید با ضرب کردن غلظت سدیم در عدد ۲۳ و غلظت آنیون کلرور در عدد ۳۵/۵ (غلظتها برحسب meq/L) به یک قسمت در یک میلیون تبدیل می‌شود. باید توجه داشت که عبارت "محدودیت در استفاده" در جدول راهنما به این معنا نیست که آب نمی‌تواند مورد استفاده قرار گیرد بلکه بدین مفهوم است که استفاده از آب ممکن است نوع محصول را در محدودیت قرار داده و یا فعالیتهای مدیریتی ویژه‌ای را جهت تولید کامل محصول ایجاب کند. چون فعالیتهای مدیریتی می‌تواند اثر کیفیت آب آبیاری روی تولید محصول را تحت تاثیر قرار دهد درجات محدودیت تنها به مفهوم یک سری راهنماییهای کلی آمده است.

مثال ۱:

مناسب بودن آب آبیاری که دارای مواد متشکله زیر هستند را ارزیابی نمائید:

SO_4=۶/۸meq/L	B=۰/۶PPM	SAR=۴/۳	SAR=۴/۴
CL= ۲/۸meq/l	HCO_3=۲/۲meq/L	EC=۱/۲	PH=۷/۷-
Ca=۲/۸ meq/L	Mg=۲/۲meq/L	Na=۶/۸meq/L	

ابتدا کیفیت داده‌ها را بررسی می‌کنیم مجموع کاتیونها و آنیونها ۱۱/۸ است. این بیان می‌کند که غلظت یکی از مواد تشکیل دهنده تخمین زده شده‌است. اگر مجموع کاتیونها در حدود ۱۰ برابر مقدار EC است در نتیجهٔ نیازی به تجزیهٔ مجدد نیست.

- شوری ، EC آب ۱/۲ ds/m است جداول راهنما بیانگر این است که این آب می‌تواند برای محصولاتی که تا حد متوسط به شوری مقاومند مورد استفاده واقع شوند. آب روی محصولات حساس نباید مورد استفاده قرار گیرد. در آبیاری محصولات نیمه حساس باید، احتیاط صورت پذیرد.
- نفوذ آب: SAR اصلاح شده ۴/۴ است . از جداول راهنما مشخص است که استفاده از آب با EC=۱/۲ds/m و SAR=۴/۴ ممکن است باعث بروز مشکلات جزیی در نفوذ آب شود.
- مسمومیت یونی ویژه : غلظت سدیم ۱۵۶PPM و غلظت آنیون کلرور ۹۹ PPM است. جداول راهنمای مسمومیت یونی ویژه بیان می‌کند که اگر این آب در آبیاری گیاهان چوبی مورد استفاده واقع شوند ممکن است مشکل مسمویت به سدیم را ایجاد کند.

مسمومیت آنیون کلرور نباید بوقوع بپیوندد. غلظت بُر مساوی PPM ۰/۶ است. یعنی،این آب می‌تواندروی محصولات نیمه‌حساس نسبت‌به‌بُرمورداستفاده واقع شود.

مثال ۲ :

مناسب بودن آب آبیاری راکه دارای مواد متشکلهٔ زیر است ارزیابی نمائید:

Ca=۱۶ meq/L	Mg=۸/۸ meq/L	Na=۳۲meq/l
Cl=۶/۵ meq/L	SO_4 = ۴۸meq/L	B = ۱ PPM
$SAR_{(adj)}$ = ۹/۱	SAR = ۱۰/۸	PH =۷/۳
EC=۳/۹ ds/m	HCO_3= ۲/۴ - meq/L	

ابتدا کیفیت داده‌ها را بررسی می‌کنیم. مجموع کاتیونها ۵۶/۸ و مجموع آنیونها ۵۶/۹ است. این بیانگر آن است که غلظت یکی از مواد متشکله احتمالاً تخمین زده شده‌است. EC حاصل ضرب در ۱۰ مساوی ۳۹ می‌شود که خیلی کمتر از مجموع کاتیونها می‌باشد. در نتیجه تجزیه بایستی دوباره تکرار شود.

- شوری : EC مورد قبول $\frac{ds}{m}$ ۳/۹ است جداول راهنمای شوری بیانگر این‌است که محصولات مقاوم به شوری می‌توانند با این آب بدون محدودیت آبیاری شوند. محصولات حساس و نیمه حساس نباید با این آب آبیاری شوند و در آبیاری سایر محصولات نیز جانب احتیاط باید رعایت گردد.
- نفوذ آب : SAR تصحیح شده : ۱۰/۸ است. راهنمائیهای ارائه شده بیانگر عدم احتمالی مشکلات نفوذ این آب بخاطر شوری نسبتاً بالای آب است. (جداول راهنما نمایانگرآن‌است که‌شوری بالای آب وSAR بالا عدم‌مشکل نفوذپذیری رابدنبال دارد)
- مسمویت ویژه یونی: غلظتهای سدیم و آنیون کلرور به ترتیب : ۲۱۸PPM و ۲۳۱PPM می‌باشد. جداول راهنما نشان دهنده لزوم احتیاط شدید در مورد استفاده از این آب درگیاهان درختی است. غلظت بُر برابر ۱PPM بیانگر آن است که آب نباید روی محصولات حساس یا نیمه حساس به بر استفاده شود. راهنمایی‌های ارائه شده در جدول (۱۳) می‌تواند خواننده را قادر به پاسخ به سئوالات زیر نماید:

۱- آیا تراز شوری آب آبیاری دلالت بر مناسب بودن آب برای آبیاری است یا خیر؟

۲- آیا خطر مسمومیت ویژه یونی وجود دارد؟

۳- آیا مشکلات بالقوه نفوذ آب وجود دارد؟

جدول ۱۳- راهنمای کیفیت آب برای محصولات زراعی

پارامترهای اصلی/درجه اختیار در استفاده			
	هیچ	کم تا متوسط	شدید
شوری (EC : ds/m)			
<۰/۷	آب برای تمام محصولات زراعی مناسب است		
۰/۷-۳	محصولات با مقاومت متوسط	محصولات با حساسیت متوسط	محصولات حساس
۳-۶	محصولات مقاوم	محصولات با مقاومت متوسط محصولات با حساسیت متوسط	محصولات حساس محصولات با حساسیت متوسط
>۶	فقط برای محصولات مقاوم به نمک باید درنظر گرفته شود		
نفوذ آب			
SAR	هدایت الکتریکی آب آبیاری (ECi)		
۰-۳	>۰/۷	۰/۲-۰/۷	<۰/۲
۳-۶	>۱/۲	۰/۳-۱/۲	<۰/۳
۶-۱۲	>۱/۹	۰/۵-۱/۹	<۰/۵
۱۲-۲۰	>۲/۹	۱/۳-۲/۹	<۱/۳
۲۰-۴۰	>۵	۲/۹-۵	<۲/۹
سمومیت ویژه یونی			
درختان و محصولات جالیزی			
	غلظت Na (PPM)		
آبیاری سطحی	<۷۰	۷۰-۲۰۰	>۲۰۰
آبیاری بارانی	<۷۰	>۷۰	

ادامه جدول ۱۳ - راهنمای کیفیت آب برای محصولات زراعی

پارامترهای اصلی/درجه اختیار در استفاده			
	هیچ	کم تا متوسط	شدید
غلظت Cl (PPM)			
آبیاری سطحی	<۱۴۰	۱۴۰-۳۵۰	>۳۵۰
آبیاری بارانی	<۱۰۰	>۱۰۰	
همه محصولات			
غلظت B (PPM)			
<۰/۵	مناسب برای همهٔ محصولات (به استثنای لیمو ترش مازندرانی و سیاه‌توت)		
۰/۵-۰/۷۵	بسیاری از سبزیها و گیاهان زراعی		درختها و گیاهان جالیزی
۰/۷۵-۱	تعدادی از سبزیجات و گیاهان زراعی	سیب‌زمینی شیرین- لوبیا- توت فرنگی	درختها و تاکستانها
۱-۲	گوجه‌فرنگی- یونجه- چغندرقند- کرفس	اغلب سبزیها و گیاهان زراعی	درخت و تاکستانها برخی محصولات زراعی و سبزیجات
۲-۶	سورگوم، پنبه، مارچوبه	گوجه‌فرنگی، یونجه، چغندرقندو ماشک	بسیاری از محصولات دیگر

ارزیابی شوری خاک [1]

تمام آب‌های آبیاری حاوی نمک هستند. این نمکها زمانی که گیاه زراعی آب را مورد استفاده قرار می‌دهد، در خاک باقی می‌مانند. اگر آبشویی به حد کافی نباشد، مقادیر فراوانی از این نمکها در خاک انباشته شده و محصول را کاهش می‌دهند. توصیه می‌گردد در جایی که شوری خاک یک مشکل بالقوه است، نظارت دوره‌ای انجام گیرد. نظارت شامل جمع‌آوری نمونه‌های خاک و تجزیهٔ عصارهٔ اشباع محلول خاک از نظر مواد شیمیایی تشکیل دهندهٔ آن است. آنالیز خاک، اطلاعاتی را برای ارزیابی تاثیر شوری خاک و مواد متشکله سمی آن روی محصول زراعی فراهم می‌کند.

اندازه‌گیری شوری نمونه‌های خاک

- معمول‌ترین راه ارزیابی شوری خاک، اندازه‌گیری هدایت الکتریکی عصارهٔ نمونه‌ای از خاک اشباع شده‌است. این روش شامل جمع‌آوری نمونه‌ها از مزرعه، خشک کردن و آسیاب کردن خاک، اشباع کردن نمونهٔ خاک با آب مقطر و عصاره‌گیری محلول خاک از نمونه است. این نکته را نباید از یاد برد که تحمل گیاه زراعی به شوری بصورت هدایت الکتریکی عصارهٔ اشباع بیان می‌شود.

میلهٔ آزمایش چهار الکترود شوری

- میله آزمایش چهار الکترود شوری که بوسیله دکتر جی.دی. رادز از آزمایشگاه تعیین شوری ایالات متحده ساخته شده‌است، شوری خاک را در محل مورد نظر اندازه‌گیری می‌کند. میلهٔ آزمایش تا عمق مطلوب به داخل خاک فرو رفته و قرائت می‌شود. میلهٔ

1- Assessing Soil Salinity

آزمایش، شوری الکتریکی کل راکه شامل تاثیرات نوع خاک و گنجایش آبی آن است، اندازه‌گیری می‌کند. برای تبدیل هدایت الکتریکی کل به هدایت الکتریکی عصارهٔ اشباع، که ممکن است سه تا چهار برابر بزرگتر از هدایت الکتریکی کل باشد نیاز به یک منحنی کالیبراسیون است. میلهٔ چهار الکترود شوری، به ویژه برای ترسیم میدانی شوری مفید است. میلهٔ آزمایش تجارتی موجود در بازار، میلهٔ محصول شرکت تجهیزات مارتک است.

وسیلهٔ اندازه‌گیری هدایت الکترو مغناطیسی

- هدایت سنج الکترو مغناطیسی نیز بوسیلهٔ جی.دی. رادز تهیه شده‌است و اندازه‌گیری سریع را امکانپذیر می‌نماید. این وسیله به راحتی در زمین قرار داده شده و قرائت می‌گردد. دستگاه در خاک تولید یک میدان مغناطیسی می‌نماید که منجر به ایجاد میدان مغناطیسی ثانویه‌ای می‌گردد. قوت میدان مغناطیسی ثانویه به شوری رطوبت خاک بستگی دارد. این دستگاه متوسط شوری کل را در عمق ۹۰ تا ۱۲۰ سانتیمتری اندازه‌گیری کرده و خصوصاً برای ترسیم میدانی نقشه شوری خاکها مفید است. دستگاه تجارتی موجود در بازار، محصولی از کشور کانادا [1] می‌باشد.

راهنمای نمونه‌برداری

گام اول در ارزیابی شوری خاک، جمع‌آوری نمونه‌های خاک و فرستادن آنها به آزمایشگاه برای تجزیه شیمیایی است . عوامل زیر باید در جمع‌آوری نمونه‌ها رعایت شود.

- بررسی مزرعه، باید به منظور شناسایی آن نواحی که دچار مشکل شوری هستند انجام

---

1 - Geonics limited, 1745 Meyerside Drive, Mississuga, Ontario, Canada L5TIC5, (416) 676-9580

بپذیرد. این بررسی‌ها باید براساس رشد گیاه، مشاهدهٔ شوره‌گذاری‌های انجام شده در مزرعه و یا مشاهدات مربوط به اندازه‌گیریهایی که با یک دستگاه هدایت سنج الکترود مغناطیسی انجام شده‌است صورت گیرد.

- نمونه‌های خاک نباید مرکب باشند (برای کل مزرعه با ناحیهٔ موردنظر)، چون نمونه‌های مرکب هیچ اطلاعاتی در مورد تغییرپذیری درون ناحیه نمونه‌برداری شده فراهم نمی‌کنند. تنها در صورتی که ناحیهٔ نمونه‌برداری شده سطوح شوری یکنواخت داشته‌باشد، می‌توان نمونه‌ها را مرکب انتخاب کرد.
- در نمونه‌برداری باید الگوی جریان آب آبیاری در خاک را درنظر داشت. الگوی جریان آبیاری نشتی و قطره‌ای می‌تواند باعث تغییرپذیری محلی در شوری خاک شود. مثلاً، نمونه‌برداری بین راه قطره‌چکانها ممکن است میزان مختلف شوری را نسبت به نمونه‌برداری نزدیک به قطره‌چکانها ایجاد نماید.
- نمونه برداریها باید بفاصلهٔ دست کم ۱۵ متر از یکدیگر انجام پذیرد.
- در محل نمونه‌برداری برای هر فوت از عمق ریشه یک نمونه‌گیری شود.

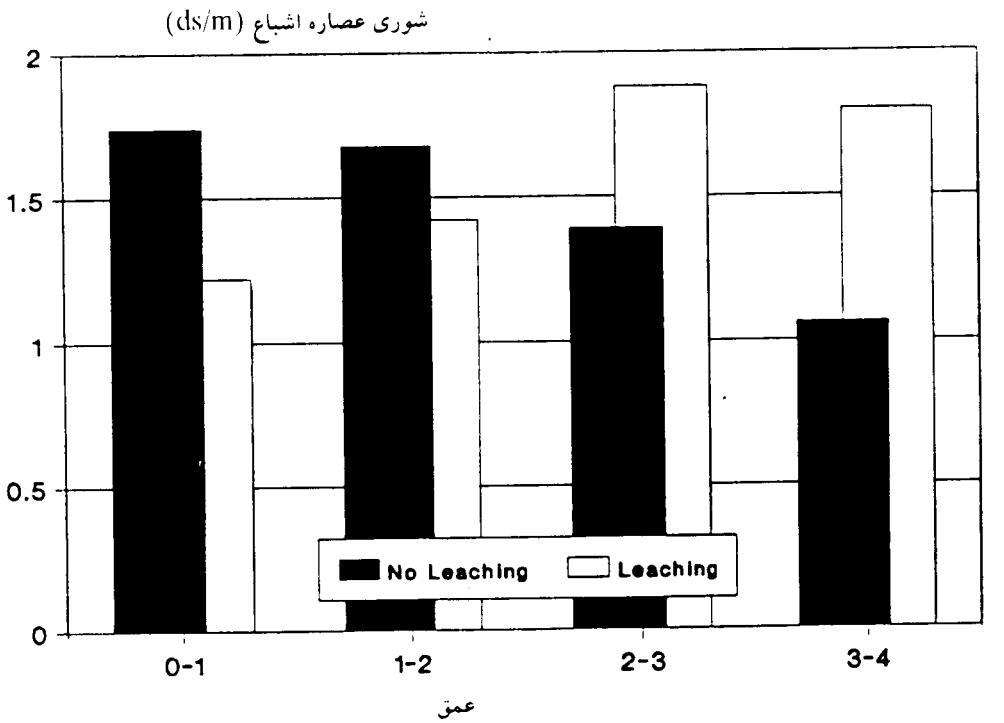
ارزیابی داده‌های شوری خاک

شوری خاک با اندازه‌گیری هدایت الکتریکی عصارهٔ نمونهٔ اشباع شدهٔ خاک ارزیابی می‌شود. معمولاً برای این منظور از یک آزمایشگاه استفاده می‌شود. بهتر است نمکهای محلول (کلسیم، منیزیم، سدیم، آنیون کلرور و بی‌کربنات) و بُر نیز اندازه‌گیری شوند.

متوسط هدایت الکتریکی ناحیهٔ ریشه، با جمع کردن مقادیر جداگانه برای هر عمق ۳۰ سانتیمتری و تقسیم آن بر تعداد فواصل عمق بدست می‌آید. متوسط هدایت الکتریکی ناحیهٔ ریشه و هدایت الکتریکی آب آبیاری برای برآورد پراکنش آبشویی واقعی مورد استفاده واقع می‌شود. آنگاه آبشویی واقعی با پراکنش آبشویی موردنیاز برای جلوگیری از کاهش تولید گیاه زراعی مقایسه می‌شود. الگوی شوری خاک در عمقهای مختلف باید

مدنظر قرار گیرد. اگر شوری نزدیک سطح خاک در کمترین مقدار خود باشد و با افزایش عمق، افزایش یابد آبشویی اتفاق می‌افتد. اما اگر بیشترین مقدار شوری نزدیک سطح باشد یا اگر کمترین شوری در پائین‌ترین اعماق موجود باشد (شکل ۴) هیچ‌گونه آبشویی، توجه به مقدار شوری متوسط ناحیهٔ ریشه، اتفاق نمی‌افتد.

* نام شرکتها و تولید کننده‌هایی که در اینجا آورده شده‌است تنها برای راحتی خواننده بوده‌است و به معنای تاثیر ضمانت یا ترجیح آنها از طرف دانشگاه کالیفرنیا نیست.



شکل ۴- مقایسه توزیع نمک در دو حالت آبشویی و بدون آبشویی

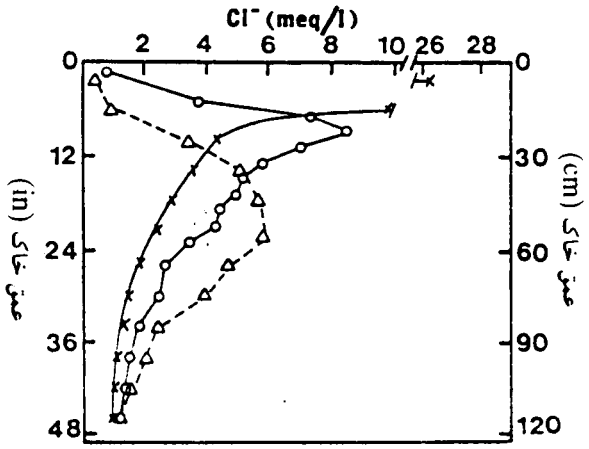
حرکت و توزیع شوری در خاک [1]

نمک ها در خاک همراه با آب حرکت می‌کنند. بنابراین توزیع نمک در خاک بوسیلهٔ الگوهای جریان آب در خاک تعیین می‌شود. بعنوان مثال، نفوذ آب به درون یک خاک، نمکهای نزدیک سطح خاک را به عمقهای پائین‌تر حمل می‌کند. عواملی که حرکت نمک و توزیع آنرا تحت تاثیر قرار می‌دهند عبارتند از : نوع خاک، نوع نمکها یا مواد شیمیایی موجود، مقدار آب استفاده شده و روشهای بکارگیری آب .

حرکت نمک

نمک‌ها تمایل دارند به حرکت بصورت یک مارپیچ ملایم با حداکثر غلظت، نزدیک جبههٔ آب در حال نفوذ حرکت کنند. غلظت نمک در بالا و پائین این ناحیه حداکثر بوده و با پراکنده شدن شوری کاهش می‌یابد. این موضوع در شکل ۵ نمایش داده شده‌است. این شکل حرکت نمک را در طول یک مطالعهٔ آبشویی از خاک لومی سیلتی که در آن پراکندگی آنیون کلرور بعد از نفوذ آب به اندازهٔ ۴inch (10 cm) و ۱۶inch (۴۰cm) در خاک تعیین شده‌است نشان می‌دهد. غلظت آنیون کلرور در نزدیکی سطح قبل از آبیاری نسبتاً بالا بود. در طول ۱۰ سانتیمتر نفوذ، جبههٔ آنیون کلرور در حدود ۲۵ سانتیمتر بطرف پائین حرکت کرد و بعد از ۴۰ سانتیمتر نفوذ، عمق جبههٔ آنیون کلرور تقریباً ۵۰ سانتیمتر بود. جالب توجه است همین که جبههٔ آنیون کلرور به سمت پائین حرکت کرد غلظت حداکثر آنیون کلرور جبههٔ نمک کاهش یافته و جبههٔ آنیون کلرور در بالا و پائین عمق غلظت ماکزیمم هرچه بیشتر پراکنده شد.

1- Salt Movement and Distribution in Soil



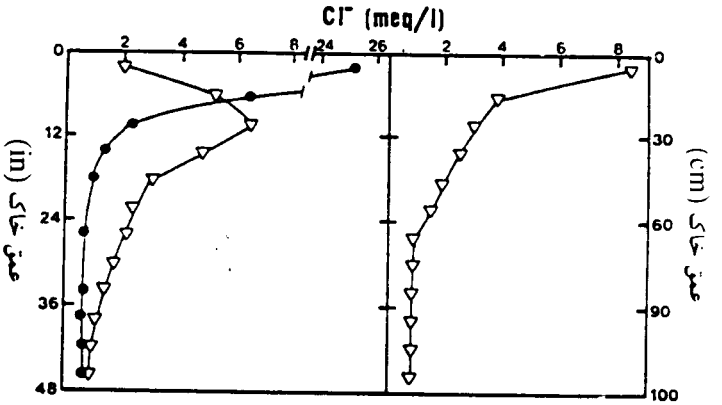
شکل ۵- حرکت نمک در خاک سیلتی لوم

توزیع مجدد نمک

در حالی که نمک به‌سمت پائین حرکت می‌نماید توزیع مجدد نمک می‌تواند بوقوع بپیوندد. شکل ۶ توزیع آنیون کلرور را در اعماق مختلف بعد از آبشویی با تقریباً ۲۲/۵ سانتیمتر آب نشان می‌دهد قبل از آبشویی غلظت آنیون کلرور نزدیک به سطح فوقانی بود. بعد از نفوذ ۲۲/۵ سانتیمتر آب غلظت حداکثر کلر به عمق ۲۴/۵ سانتیمتری رسید (شکل ۲a). اما بعد از ۳۰ روز در طول مدتی که نیاز تبخیر ۷/۷ میلی‌متر در روز بود آنیون کلرور از اعماق پائین‌تر به نزدیکی سطح خاک حمل می‌شود.[۱] توزیعهای درازمدت منعکس کننده واکنش پیچیده‌ای بین شوری آب آبیاری، مقدار آبشویی و توزیع مجدد آب و نمک از طریق تبخیر و تعرق (تعرق گیاهی و تبخیر خاک) است.

---

۱ - بنابراین در این دوره نرخ بالای تبخیر موجب حرکت رو به بالای رطوبت خاک و حمل کلر از اعماق پائین به سطح خاک گردید.



شکل ۶- توزیع کلر در اعماق مختلف پس از آبشویی با ۲۲/۵ سانتیمتر آب

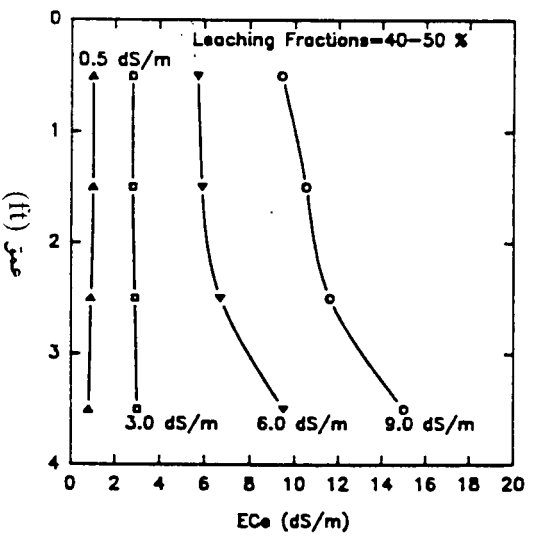
جایی که آبشویی انجام می‌گیرد توزیعهای درازمدت شوری خاک سطوح نسبتاً پائین این پارامتر را در مجاورت سطح نشان می‌دهند که منعکس کنندهٔ شوری نسبی آب آبیاری است. با افزایش عمق، شوری خاک افزایش می‌یابد، مقدار افزایش بستگی به مقدار آبشویی و شوری آب آبیاری با آبشویی دارد. شکل‌های ۷ و ۸ و ۹ توزیع نمک را که در طول یک مطالعه آبشویی رخ داده‌است نشان می‌دهد. در این مطالعه نسبتهای متفاوت آبشویی و آب آبیاری با ترازهای مختلف نمک مورد استفاده قرارگرفته‌است.

نتایج

نتایج حاصله از این مطالعه بشرح زیر است:

- مکانی که آبشویی، انجام می‌شود شوری نزدیک سطح خاک کمتر است و با افزایش عمق می‌گردد. این افزایش منعکس کننده این واقعیت است که نمک در طول نفوذ حرکت می‌کند. غلظت نمک در آب بخاطر تبخیر و تعرق افزایش می‌یابد و نمک و آب در پیرامون ناحیه ریشه بین آبیاریها پیش می‌رود.

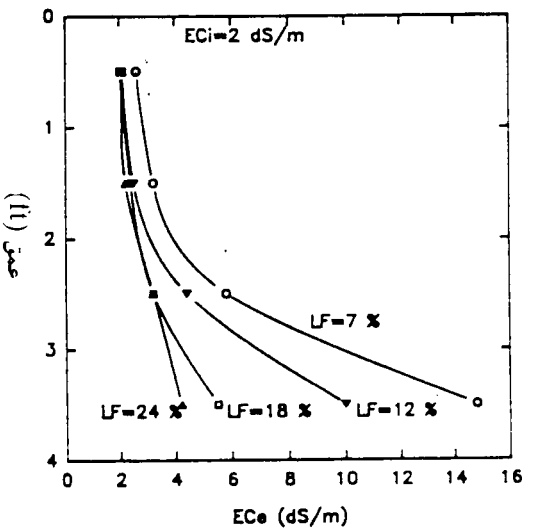
- شوری خاک در نزدیکی سطح نمایانگر شوری آب آبیاری است. هر چه شوری آب آبیاری بیشتر باشد شوری خاک سطحی بیشتر و در نتیجه شوری خاک در عمق بیشتر است. در شکل ۷ هدایت الکتریکی (EC) آب آبیاری از ۰/۵ds/m تا ۹ds/m متغیر است. شوری خاک در نزدیکی سطح بیانگر شوری آب بوده و دامنه‌ای متشابه دامنهٔ شوری آب آبیاری دارد.



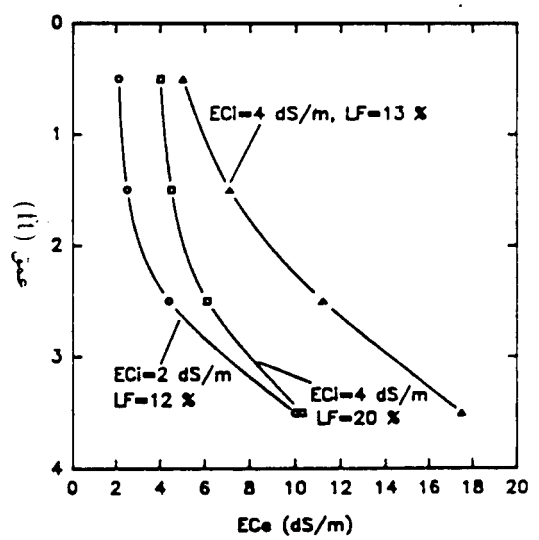
شکل ۷- توزیع نمک

- آبشویی بیشتر منجر به یکنواخت شدن شوری خاک با افزایش عمق می‌گردد. آبشویی نسبتاً کم، منجر به افزایش زیاد شوری خاک بویژه نزدیک قسمت پائین (انتهایی) ریشه می‌شود. شکل ۸، توزیع شوری برای آبشویی از ۷ تا ۲۴ درصد را برای آب آبیاری با شوری یکسان (EC=۲ds/m) نشان می‌دهد. نزدیک قسمت انتهایی ناحیه ریشه، شوری خاک تقریباً ۱۵ds/m برای ۷ درصد آبشویی می‌باشد. بنابراین، با افزایش آبشویی، شوری خاک در اعماق پائین‌تر کاهش می‌یابد. برای یک شوری معین آب آبیاری، شوری خاک بدون توجه به آبشویی، در اعماق سطحی کاملاً ثابت است.
- شوری بالای آب آبیاری، نیاز به آبشویی زیادتری جهت کنترل شوری خاک در ناحیه ریشه دارد. شکل ۹ توزیع شوری برای آبشویی یکسان با آب‌های آبیاری که شوری

آنها ۲ds/m و ۴ds/m است را نمایش می‌دهد. شوری خاک، اساساً برای آب آبیاری با هدایت الکتریکی ۴ds/m نسبت به آب با شوری کمتر، بیشتر است. اگر آبشویی تا ۲۰درصد افزایش یابد شوری خاک آبیاری شده با آب ۴ds/m تقریباً تا سطح شوری که تحت آبیاری با آب ۲ds/m در اعماق پائین‌تر یافت می‌شود، کاهش می‌یابد.



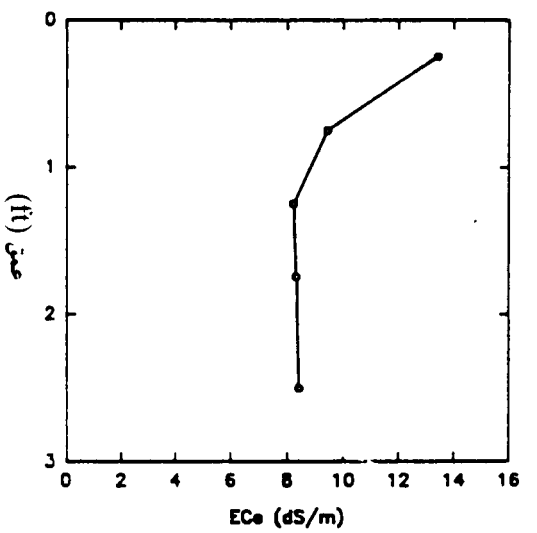
شکل ۸- توزیع نمک برای نسبت‌های آبشوی ۷ تا ۲۴ درصد وشوری آب آبیاری ۲ds/m



شکل ۹ -توزیع نمک برای نسبت‌های ثابت آبشویی و آب آبیاری با شوری‌های ۴ds/m،۲ds/m

توزیع نمک بدون آبشویی

شکل ۱۰ پخشیدگی (توزیع) نمک را در جایی که شوری خاک در مجاورت سطح بیشترین مقدار است و جایی را که شوری با افزایش عمق، کاهش یافته یا نسبتاً ثابت می‌ماند نشان می‌دهد. این توزیع بیانگر عدم اتفاق آبشویی نمکها است. در عوض ، تبخیر و استفادهٔ آب توسط گیاه زراعی، نمکها را به طرف بالا حرکت داده و موجب تجمع آنها در سطح می‌گردد. مقدار آبیاری برای حرکت دادن نمکها به اعماق پائین‌تر ناحیهٔ ریشه کافی نیست. در عوض، نمکها به آرامی بطرف پائین حرکت داده شده و آنگاه در طول توزیع مجدد به سطح برمی‌گردند.

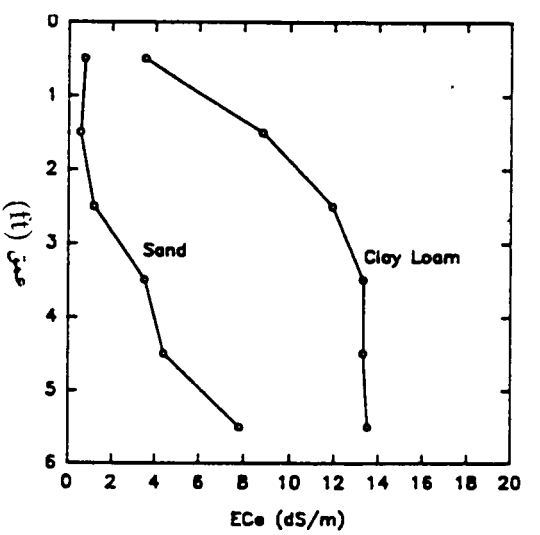


شکل ۱۰ - توزیع نمک در مکانی که شوری خاک در نزدیکی سطح بیشترین مقدار باشد و با افزایش عمق کاهش یافته یا ثابت بماند

توزیع نمک و سطح ایستابی کم‌عمق

توزیع نمک در ناحیهٔ ریشه، همچنین می‌تواند تحت تاثیر سطح ایستابی کم عمق (نزدیک به سطح زمین) واقع شود. جایی که سطوح ایستابی، کم عمق هستند، جریان آب زیرزمینی به طرف بالا به سمت ناحیهٔ ریشه، می‌تواند موجب تجمع نمک در ناحیهٔ ریشه شود.

شوری خاک مجاور سطح زمین بیانگر شوری آب آبیاری است؛ درحالی که شوری خاک در نزدیکی قسمت انتهایی ناحیهٔ ریشه شوری نشانگر سطح ایستابی کم عمق است. مقدار تجمع نمک به شوری آب زیرزمینی کم عمق و مقدار جریان رو به بالا بستگی دارد. شکل ۱۱ توزیع نمک را در بالای یک سطح ایستابی در یک خاک شنی لومی و رسی لومی نشان می‌دهد. در خاک شنی جریان کم رو به بالا باعث شوری کم خاک در فاصلهٔ ۹۰سانتیمتری می‌گردد. در خاک رسی لومی ، جریان بیشتر رو به بالای و آبشویی کم اثر آب آبیاری، منجر به سطوح بالاتر شوری خاک می‌گردد.



شکل ۱۱- توزیع نمک در بالای تراز آب در خاکهای شنی لومی و رسی لومی

نکاتی برای یادآوری

- نمک با نفوذ آب به درون خاک حرکت می‌کند.
- نمک تمایل دارد تا بصورت یک خط مارپیچی ملایم همراه با غلظت نسبتاً بالا حرکت نماید.
- تبخیر و استفادهٔ گیاه زراعی از آب موجب توزیع قابل ملاحظهٔ نمکهابعد از آبشویی می‌شود.
- جایی که آبشویی شود شوری خاک با افزایش عمق افزایش می‌یابد. مقدار افزایش به شوری آب آبیاری و آبشویی بستگی دارد.

مراجع:

Bower, C.A., G.O. Ogata, and J.M. Tucker, 1969. "Rootzone salt profiles and alfalfa growth as influenced by irrigation water salinity and leaching fraction." Agronomy Journal , Vol. 61(5). 783-85.

Minhas. P.S. and B.K. Khosla. 1986. "Solute displacement in silt loam soil as affected by the method of water application under different evaporation rates." Agricultural Water Management , vol. 12:63-74.

توزیع شوری در شرایط آبیاری قطره‌ای [1]

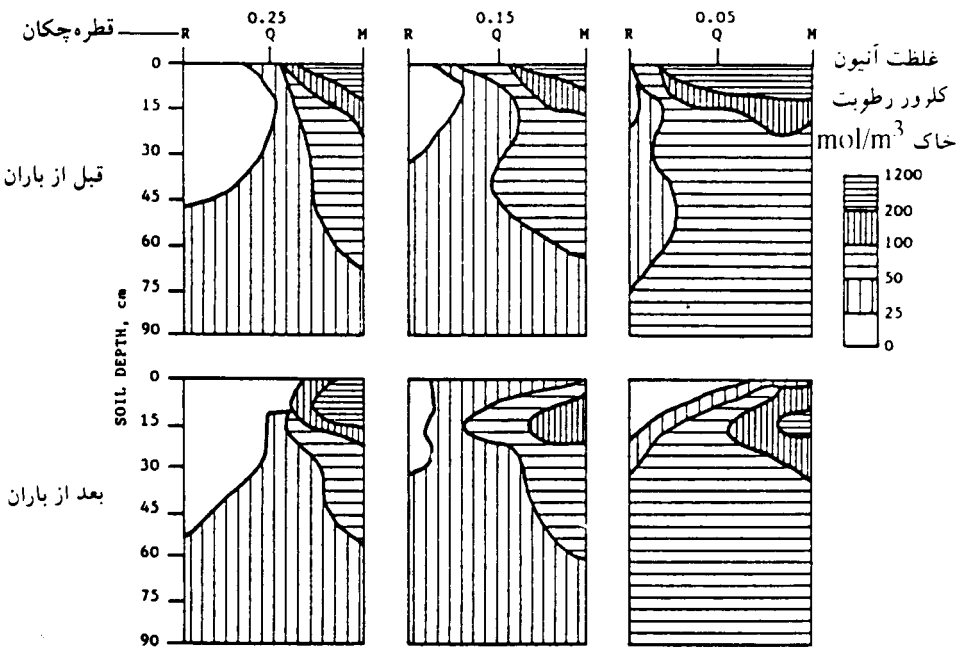
حرکت نمک تابع حرکت آب است. در آبیاریهای قطره‌ای آب در یک الگوی کم وبیش شعاعی حول قطره‌چکان حرکت می‌کند. آب در زیر قطره‌چکان به سمت پائین جریان می‌یابد اما همین که نزدیک سطح خاک از قطره‌چکان دور شد بطور افقی جریان پیدا می‌کند. شوری خاک نمایانگر الگوی فوق است. شکل ۱۲ الگوهای شوری برای سه نسبت آبشویی را بعد از یک دورهٔ آبیاری نشان می‌دهد. مطالب زیر را می‌توان از الگوها نتیجه‌گیری کرد.

الگوهای شوری بعد از آبیاری

- شوری زیر گیاه و قطره‌چکان (که "R" نامیده می‌شود) کمترین مقدار است. این ناحیه که دارای شوری کم است در نسبت آبشویی زیاد دارای کمترین مقدار و در نسبت آبشویی کم دارای بیشترین مقدار است.
- با افزایش فاصله از قطره‌چکان شوری تدریجاً افزایش می‌یابد. افزایش در جهت عمودی کمترین و درجهت افقی بیشترین است. با آبشویی کم، سطوح شوری افزایش یافته و شوری به قطره‌چکان نزدیکتر می‌شود.
- شوری در میانه راه قطره‌چکانها بیشترین است ("M" نامیده می‌شود) این منطقه در نسبت آبشویی زیاد، کمترین و در نسبت آبشویی کم، بیشترین است. در نقطه میانی دو قطره‌چکان، شوری با افزایش عمق کاهش می‌یابد. این الگوهای شوری حرکت آب را در طول و بین آبیاریها نشان می‌دهند. در طول آبیاری، آبشویی نمک درمجاورت قطره‌چکان اتفاق می‌افتد. آب نفوذکننده، این نمکهای شسته شده را از قطره‌چکان دور می‌کند. همچنان که فاصلهٔ افقی از قطره‌چکان افزایش می‌یابد شوری خاک به خاطر کاهش آبشویی نیز افزایش می‌یابد. نمک در میانهٔ راه بین قطره‌چکانها بعلت اینکه در

1- Salt Distribution Under Trickle Irrigation

این نواحی هیچگونه آبشویی رخ نمی‌دهد تجمع می‌یابد. وقتی که آب باران یا آبی که در سیستمهای دیگر آبیاری به کار برده شده به درون خاک نفوذی می‌کند نمکهای تجمع یافته در مجاورت سطح را به همراه نفوذ آب به سمت پائین حمل می‌کند. بنابراین آبشویی در نواحی انباشت نمک، موجب کاهش شوری در مجاورت سطح می‌گردد. فرآیند آبشویی، نمک را بصورت یک جبهه یا یک مسیر مارپیچی آرام (همانطورکه در شکل ۱۲ نشان داده شده‌است) حرکت می‌دهد. شکل ۱۲ توزیع نمک بعد از بارندگی را نیز نمایش می‌دهد .برای هر نسبت آبشویی، ناحیهٔ شور در میانه راه بین قطره‌چکانها بصورت یک حرکت مارپیچی آرام نمک در پروفیل خاک بطرف پائین حرکت می‌کند. بارندگی بیشتر باعث رسیدن این توده به اعماق پائین‌تر خاک می‌گردد.

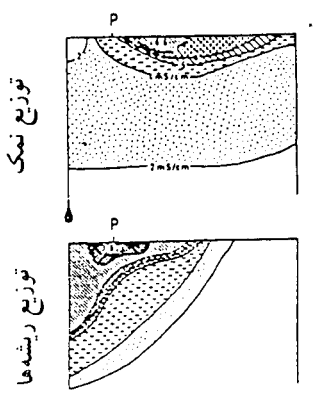


شکل ۱۲- الگوهای شوری در شرایط آبیاری قطره‌ای

در شکل ۱۲ قطره‌چکان و گیاه در یک موقعیت هستند. سایر داده‌ها در مورد توزیع شوری در اثر آبیاری قطره‌ای نشان می‌دهد که همین که قطره‌چکان از گیاه دور می‌شود ناحیهٔ شوری بالا می‌تواند بطرف گیاه جابجا شود و در برخی موارد می‌تواند روی یک گیاه با ناحیهٔ ریشه‌ای فعال واقع شود.

تاثیر توزیع نمک بر روی رشد گیاه

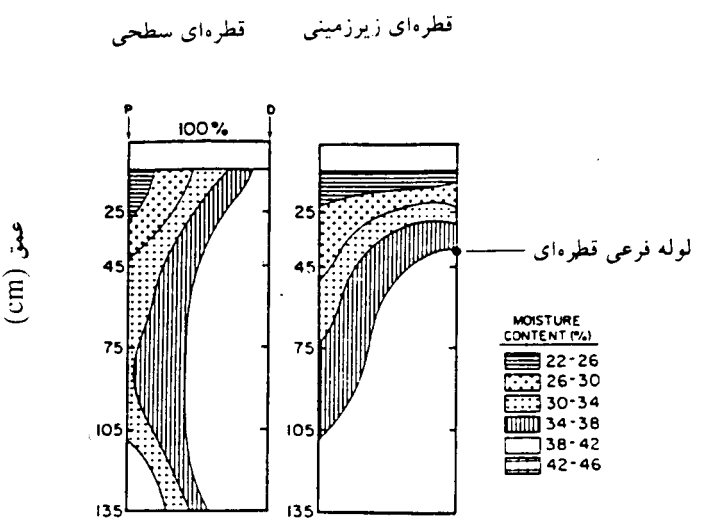
تاثیر حرکت رو به پایین جبههٔ نمکی بر روی رشد گیاه موجبات نگرانی‌هایی را بوجود آورده است. شکل ۱۳ توزیع شوری خاک و تراکم ریشه رانشان می‌دهد. مانند موضوع قبل، بیشترین شوری خاک در مجاورت سطح است. اگر بارندگی اتفاق بیفتد این نمکها به سمت پائین حرکت خواهند کرد اما اکثر ریشه‌های گیاهان در نزدیکی قطره‌چکان، جایی که کمترین شوری قرار دارد، قرار گرفته‌اند و ریشه‌ها در نواحی با حداکثر شوری، کمترین پراکندگی را دارند. بنابراین در طول بارندگی نمکهای مجاور در سطح خاک بطرف پائین، آبشویی شده و به نواحی که تراکم ریشه نسبتاً کم است می‌روند. این تمایل به حرکت توده سطحی نمک موجب تاثیر کم نمک بُر روی رشد گیاه زراعی می‌گردد.



شکل ۱۳- توزیع شوری خاک و تراکم ریشه‌ها

آبیاری قطره‌ای زیرزمینی

الگوهای نمک در آبیاری قطره‌ای زیرزمینی با الگوهای نمک در آبیاری قطره‌ای سطحی تفاوت دارد. این اختلاف در الگوها در شکل ۱۴ نشان داده شده‌است. در سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی، درجهٔ نسبتاً بالایی از رطوبت در زیر قطره‌چکان اتفاق می‌افتد. گنجایش آبی خاک با افزایش فاصله جانبی از قطره‌چکان کاهش می‌یابد. در سیستم قطره‌ای زیرزمینی سطح رطوبتی خاک در زیر قطره‌چکان بالا رفته و در بالای قطره‌چکان و با فاصله گرفتن از آن در جهت افقی کاهش می‌یابند.



شکل ۱۴ - مقدار رطوبت خاک در آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی

این الگوی رطوبتی باعث می‌شود که نمکها در نزدیکی سطح زمین، میانه راه بین قطره‌چکانها انباشته شوند. برای آبشویی نمکها با آبیاری قطره‌ای زیرزمینی لازم است تا

نمکهایی که در نزدیکی سطح و زیر قطره‌چکان جمع شده‌اند، آبشویی شوند. نمکهای آبشویی شده در زیر قطره‌چکان همراه با جریان آب زیر قطره‌چکان به حرکت خود به سمت پائین ادامه می‌دهند. اگر نمکها در زیر قطره‌چکان آبشویی نشوند نهایتاً به سمت سطح خاک برمی‌گردند. با بکارگیری نوارهای قطره‌ای که در عمقهای سطحی (کم) (بین ۱۵ تا ۲۵) سانتیمتر کار گذاشته شده‌است قطرات آب قادر به آبشویی خاک هستند [۱] بعضی از باغداران سیستم قطره‌ای زیرزمینی را در طول بارندگی بکار می‌گیرند، این تکنیک همچنین می‌تواند برای آبشویی با سیستم بارانی مفید واقع شود. سیستم قطره‌ای باید قبل و در حین آبشویی بکار برده شود تا رطوبت خاک را به حدود ظرفیت مزرعه برساند. زیرا تا زمانی که رطوبت خاک از این حد تجاوز نکند هیچگونه آبشویی صورت نخواهد پذیرفت.

کنترل شوری و آب زیرزمینی کم عمق

جایی که سطوح ایستابی کم عمق و شوری موجود باشد، مقادیر زیادی از آب زیرزمینی می‌تواند به سمت بالا جریان یافته و موجب حمل نمکها به وسیله این جریان رو به بالا و تجمع آنها در ناحیهٔ ریشه گردد. بکارگیری آبیاریهای با بسامد کم در یک سیستم قطره‌ای می‌تواند این جریان رو به بالا را از طریق متمایل کردن جریان آب به حرکت پیوسته رو به پائین کاهش دهد. اقدامات بازدارنده کوچک ، اساساً از صعود سطح ایستابی جلوگیری می‌کند.

اما حتی با آبیاریهای متوالی کم عمق نیز؛ در اثر جریان رو به بالای آب زیرزمینی ممکن است شوری در میانهٔ راه بین لوله‌های فرعی و قطره‌چکانها مخصوصاً اگر فاصلهٔ بین لوله‌های فرعی خیلی بیشتر از فضاهای بین ردیف گیاه زراعی باشد نمک تجمع نماید. نزدیک کردن قطره‌چکانها به یکدیگر و نصب لوله‌های فرعی در هر ردیف گیاه زراعی این امکان را کاهش خواهد داد.

۱- بکارگیری نوارهای آبیاری قطره‌ای در عمق بیشتر موجب می‌گردد که برای آبشویی نیاز به یک سیستم آبیاری بارانی باشد.

مراجع:

Hoffman, G.J. , M.C. Shannon, and J.A. Jobes . 1985. "Influence of rain as soil salinity and lettuce yield." In irrigation in action, proceedings of the third International Drip/ Trickle Irrigation Congress, November 18-21, 1985,Fresno , California.

Moshrefi, N. and F, Beese. 1985. "Effect of irrigatin system on salt and root distribution. "In irrigation in action, proceedings of the third International Drip/ Trickle Irrigation Congress, November 18-21, 1985, Fresno, California.

Plaut, Z.M., Rom, and A. Meiri, 1985. "Effect of irrigation system on salt and root distribution. "In irrigation in action, proceedings of the third Internation Drip/ Trickle Irrigation Congress, November 18-21, 1985, Frenso, California.

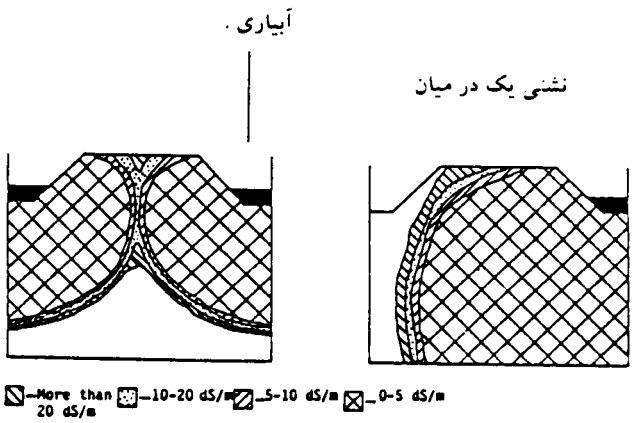
Yaron, B.J. Shalhevert, and D. Shimshi. 1973. "Patterns of salt distribution under trickle irrigation." In physics of soil water and salt, Ecological Studies 4- Springer-Verlag.

توزیع شوری در شرایط آبیاری نشتی [۱]

آب به داخل خاک نفوذ کرده و نمک را با خود حمل می‌کند. یک جبههٔ نمک (ناحیه‌ای با غلظت نسبتاً بالای نمک) در مجاورت جبههٔ تر شونده بوجود می‌آید. مقصد نهایی نمک به نوع جریان آب بستگی دارد. در آبیاری نشتی آب مستقیماً در زیرجوی به سمت پائین جریان می‌یابد. آب همچنین بطور جانبی به طرف پشته جریان یافته و از طریق خاصیت موئینگی به سمت نوک پشته بالا می‌رود.

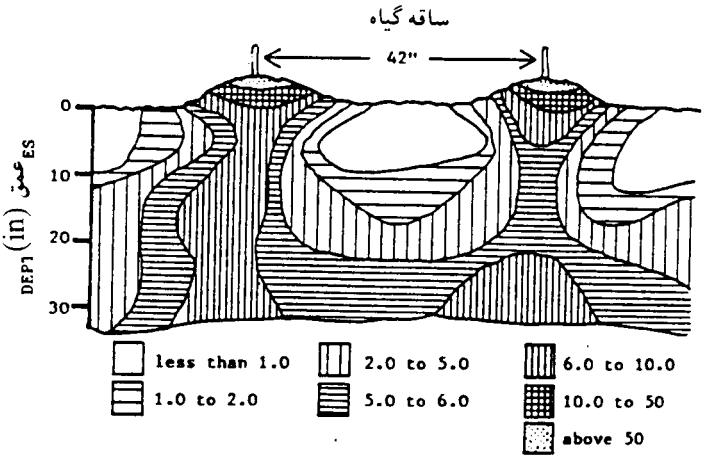
توزیع نمک در حین نفوذ

شکل ۱۵ توزیع نمک در حین نفوذ را نشان می‌دهد. در حالی که شکل ۱۶ نشان دهندهٔ توزیع نمک بعد از نفوذ و توزیع مجدد می‌باشد. (شکل ۱۶ نتیجهٔ آزمایشهای غیرمرتبط است.)



شکل ۱۵- جبهه‌های نمک در طول نشت در شرایط روشهای آبیاری نشتی و نشتی یک در میان

1- Salt Distribution Under Furrow Irrigation



شکل ۱۶- الگوی شوری پس از نشت

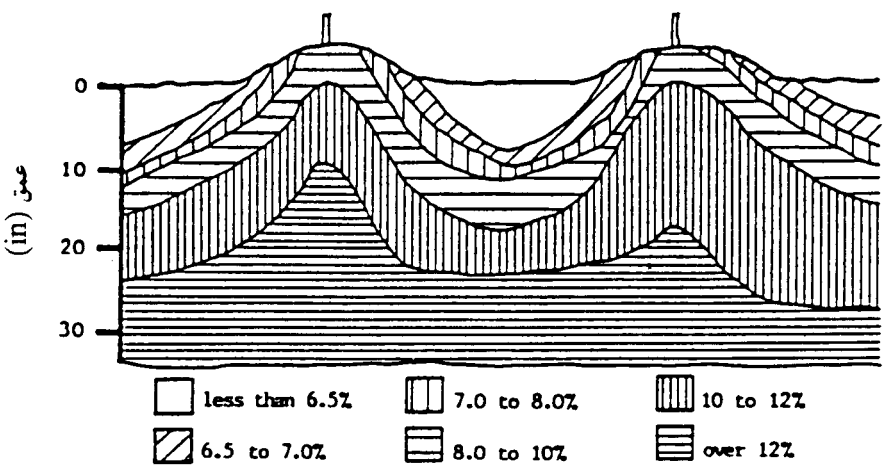
نتایج :

از الگوهای نمکی، نتایج زیر حاصل می‌شود.

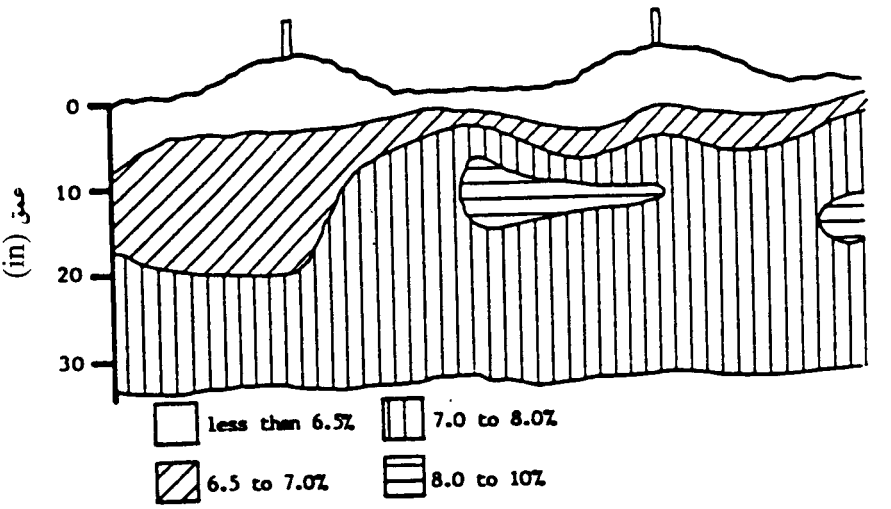
- در طول نفوذ، یک جبههٔ با غلظت زیاد نمک به وجود می‌آید. جبههٔ نمکی به سمت پائین زیر قسمت انتهایی جویچه حرکت می‌کند و همچنان که آب به درون پشته نفوذ می‌کند به طور جانبی و به سمت بالا نیز حرکت می‌کند. وقتی که آبیاری در هر جویچه صورت می‌گیرد، جبههٔ نمکی در نیمه راه بین جویچه‌های مجاور با غلظتهای بسیار بالا در سطح خاک، متوقف می‌شود. وقتی که جویچه‌های متناوب، آبیاری می‌شوند، جبههٔ نمکی به طرف مخالف شیار مرطوب شده حمل می‌شود.
- بعد از نفوذ و توزیع مجدد، ناحیه‌ای با شوری نسبتاً پائین مستقیماً زیر شیار گسترش می‌یابد.
- ناحیه‌ای با غلظت شوری نسبتاً بالا در نوک پشته بوجود می‌آید.

- مستقیماً زیر پشته یک ناحیه‌ای با غلظت شوری متوسط در نقطه‌ای که جبهه‌های تر شونده از جویچه‌های مجاور، با یکدیگر برخورد می‌کنند، بوجود می‌آید. شکل‌های ۱۷ و ۱۸، توزیع گنجایش آبی خاک در شرایط شور و غیرشور را نمایش می‌دهد (داده‌های شکل ۱۷ مرتبط با داده‌های شکل ۱۶ هستند).

شکل ۱۷ نشان می‌دهد که گنجایش رطوبتی و سطوح شوری زیر جویچه، در پائین‌ترین حد هستند که این بیانگر رابطهٔ رطوبت خاک و گیاه زراعی در جایی که شوری خاک کمترین مقدار است می‌باشد. در حد فاصل بین جویچه‌ها، رطوبت خاک و سطوح شوری بالاتر، بیانگر افت کمتر رطوبت خاک در این نواحی است. در شرایطی که شوری وجود ندارد، رطوبت خاک در عرض شیار و پشته یکنواخت است.



شکل ۱۷- حالات مقدار رطوبت خاک در شرایط شوری

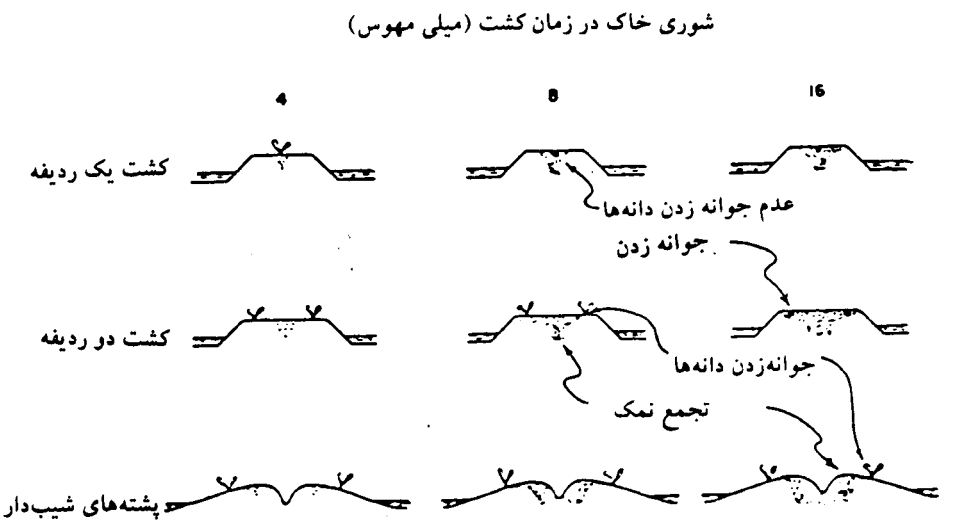


شکل ۱۸- حالات مقدار رطوبت خاک در شرایط عدم شوری

آماده‌سازی بستر بذر

اشکال ۱۵ و ۱۶ نمایانگر این است که چون جبهه‌های مرطوب و جبهه‌های نمکی در حدود نیمهٔ راه در عرض پشته با یکدیگر برخورد دارند نواحی با غلظت نسبتاً زیاد نمک می‌توانند در بستر بذر بوجود آیند. شوری بستر بذر را می‌توان با اقدامات زیر کاهش داد.

- آبیاری متناوب جویچه‌ها در طول آبیاریهای اولیه که نمک را وادار می‌کند تا در دو طرف جویچه تجمع پیدا نماید.
- از پشته‌های شیب‌دار استفاده کنید و در طرف شیب پشته کشت و کار نمائید. (به شکل ۱۹ مراجعه کنید.)
- از آبیاری بارانی برای آبیاری اولیه استفاده نمائید.



شکل ۱۹ - حالات غلظت شوری برای اشکال مختلف بستر

مراجع:

Bernstein, L. and M. Fireman, 1957. "Laboratory studies on salt distribution in furrow irrigation soil with special reference to the pre emergence. " Soil Science, 83(4)249-63.

Bernstein, L.M. Fireman and R.C. Reeve. 1955 Control of salinity in the imperial valley, California. ARS- 41-4, Agricultural Research Service (USDA). 15PP.

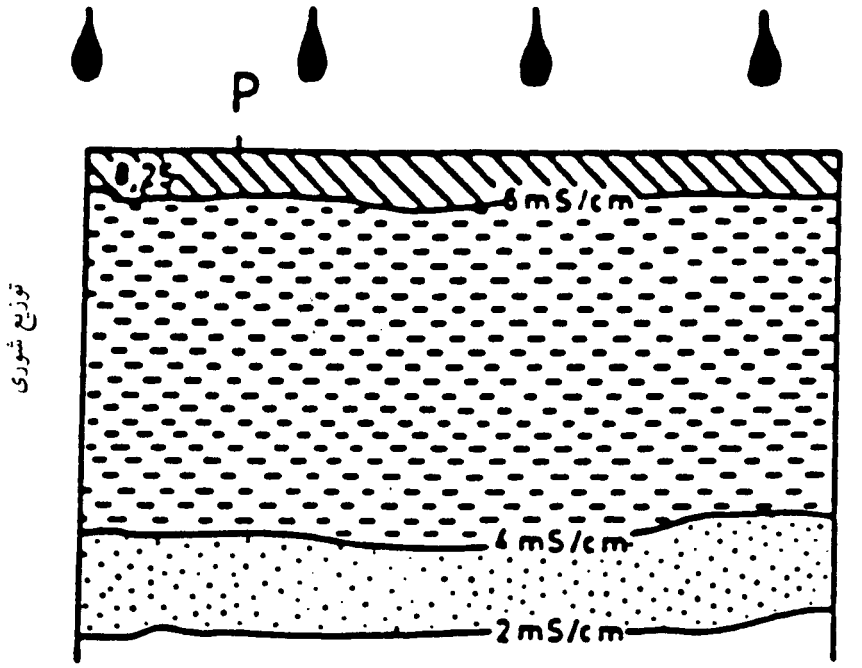
Wedleigh, C.H. and M. Fireman. 1948. "Salt distribution under furrow and basin irrigated cotton and its effect on water removal. "Proceedings of the Soil Science Society of America, 13:527-30.

توزیع شوری در شرایط آبیاری بارانی [1]

در آبیاری نشتی، غلظت نمک در سطح پشته بالاست اما در آبیاری بارانی آب بر روی کل سطح خاک پاشیده می‌شود و در نتیجه نمک به سمت پائین جریان می‌یابد. نمک‌هایی که می‌بایست در سطح پشته تجمع نمایند از طریق آب نفوذی به طرف پائین حرکت می‌کنند. شکل ۲۰ که بیان کنندهٔ توزیع نمک در آبیاری بارانی است، نشان می‌دهد که غلظت‌های نمک در هر عمقی درعرض خاک، نسبتاً یکنواخت است.

در اعماق پائین تر، توزیع نمک به این که چگونه آب بطور یکنواخت بکار برده می‌شود، بستگی دارد. عموماً بیشترین مقدار آب در مجاورت آب پاش‌ها وکمترین مقدار در میانهٔ راه بین آب پاش‌ها بکار برده می‌شود. مخصوصاً در جایی که یکنواختی کاربرد آب ضعیف باشد، ممکن است اختلاف بطور مشخص در مقدار آب بکار برده شده در طول و بین لوله‌های فرعی آب‌پاش وجود داشته‌باشد. چنین اختلافاتی ممکن است باعث جابجا شدن نمک به اعماق پائین تر در نواحی مجاور آب پاشها و به اعماق سطحی‌تر در نواحی میانهٔ راه بین قطره‌چکان‌ها گردد. هر چه استفاده آب یکنواخت‌تر باشد حرکت نمکها هم یکنواخت تر است.

1- Salt Ditribution Under Sprinkler Irrigation



شکل ۲۰- الگوهای شوری در شرایط آبیاری بارانی

مراجع:

Moshrefi, N. and F. Beese. 1985. "Effect of irrigation system on salt and root distribution" in irrigation in action, proceedings of the third International Drip/ Trickle irrigation Congress, November 18-21, 1985, Fresno, California.

جریان رو به بالای آب‌های کم‌عمق زیرزمینی شور[1]

تحت شرایط آب زیرزمینی کم‌عمق، آب زیرزمینی به سمت بالا حرکت و تحت فرآیند تبخیر یا جذب گیاهی کاهش می‌یابد. این جریان رو به بالا می‌تواند نقش اساسی و مشخصی برای نیاز گیاهی داشته باشد. در صورتیکه آب زیرزمینی کم عمق و شور باشد، جریان روبه بالا، نمک‌ها رانیز با خود به ناحیه ریشه حمل می‌کند. با کاهش آب موجود در منافذ خاک، نمک‌ها در ناحیه ریشه باقی می‌مانند.

عوامل مؤثر بر جریان رو به بالا

میزان جریان رو به بالا بستگی به بافت خاک، فاصله تا تراز آب زیرزمینی، عمق ریشه، شوری آب زیرزمینی، میزان کاهش آب موجود در منافذ خاک و شرایط اقلیمی دارد. زمانی که تراز آب به سطح زمین نزدیک است، میزان جریان رو به بالا بستگی به شرایط اقلیمی دارد که به نوبه خود هم بر تعرق گیاهی و هم بر تبخیر آب از خاک مؤثر است. تحت شرایطی، که جریان روبه بالا حداکثر است، این جریان صرفاً توسط شرایط اقلیمی محدود می‌گردد. زمانی که تراز آب در اعماق پایین‌تری قرار دارد، جریان روبه بالا تحت تأثیر مقدار آبی که در درون خاک می‌تواند به سمت بالا حرکت کند محدود می‌گردد. با افزایش عمق تراز آب زیرزمینی، میزان جریان روبه بالا بعلت اثر خصوصیات خاک کاهش می‌یابد. زمانی که تراز آب به سطح زمین نزدیک است، جریان رو به بالا تحت شرایط اقلیمی محدود می‌گردد؛ زمانی که تراز آب در اعماق پایین‌تری قرار دارد، خصوصیات خاک عامل محدود کننده به شمار می‌آید.

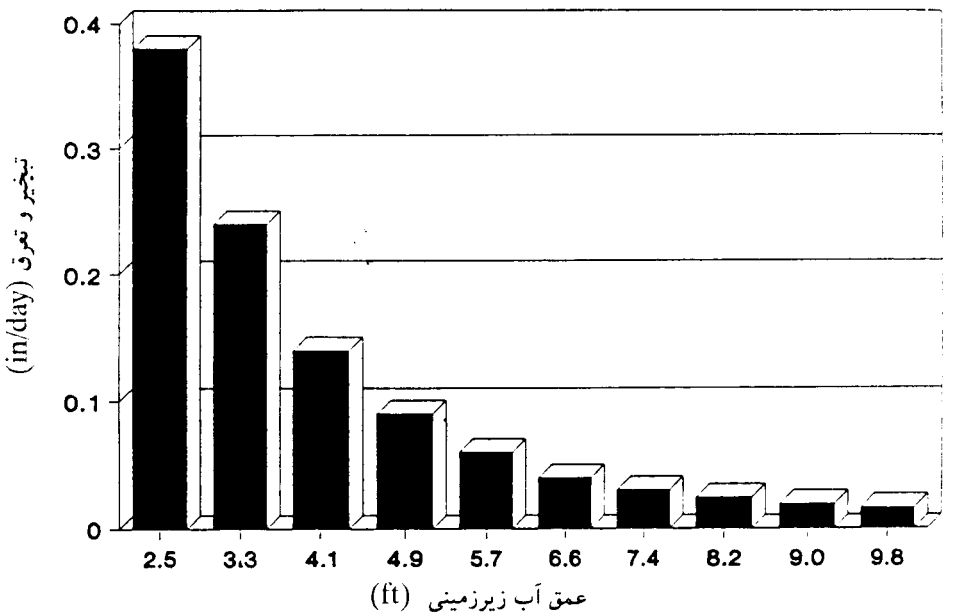
1- Upword Flow of Saline Shallow Groundwater

خاک لومی رسی

شکل ۲۱ نمایانگر یک خاک لومی رسی است. در عمق‌های تراز آب کمتر از ۰/۷۵ متر، جریان آب به سمت بالا حدود یک میلی‌متر در روز است که به عبارت دیگر تقریباً برابر حداکثر میزان تبخیر آب در شرایط اقلیمی در محلی است که این اندازه‌گیری انجام می‌گیرد. در سایر خاک‌ها نیز به مانند این خاک، عمق تراز آبی که در آن عمق شرایط اقلیمی کنترل کننده جریان روبه بالا است برابر ۷۵ تا ۱۰۶ سانتیمتر می‌باشد. با افزایش عمق تراز آب تا حدود ۱/۵ متر، جریان روبه بالا سریعاً افت می‌کند. این افت منعکس کننده حالت انتقالی از شرایط محدود شونده در اثر اقلیم و شرایط محدود شونده، در اثر خصوصیات خاک است. در اعماق بیشتر از ۱/۵ متر، افزایش بیشتر عمق تراز آب تأثیر بسیار کمتری بر نرخ جریان رو به بالا دارد. در این اعماق، خصوصیات خاک است که نرخ جریان رو به بالا را محدود می‌کند.

خاک شنی

دریک خاک شنی،میزان جریان رو به بالا کمتر از مقدار آن در خاک رسی لومی است. جریان آب در یک خاک شنی غیراشباع، دربالای تراز آب، خیلی آرامتر (کمتر) از حالتی است که خاک دارای بافت ریزتر باشد. تحقیقات نشان داده است که نرخ جریان رو به بالا دریک خاک خشک در نزدیکی سطح زمین یا ناحیه ریشه بیشتر از مقدار آن در یک خاک مرطوب است.



شکل ۲۱- میزان جریان رو به بالا آب زیرزمینی کم عمق در یک خاک رسی لومی

این جریان روبه بالا می‌تواند موجب افزایش شوری در ناحیه ریشه گردد. شکل ۲۲ نمایانگر شوری خاک در فواصل ۳۰ سانتیمتری در ترازهای مختلف شوری آب زیرزمینی است. برای اولین حد فاصل ۳۰ سانتیمتری شدت تأثیر ترازهای متفاوت شوری آب زیرزمینی بر شوری خاک زیاد نیست. در این عمق، شوری آب آبیاری اثر عمده دارد اما در اعماق پایین‌تر، شوری خاک اساساً با افزایش شوری آب زیرزمینی افزایش می‌یابد که منعکس کننده اثر جریان رو به بالا است.

نقش تراز آب در تبخیر و تعرق

تراز آب زیرزمینی بر مصرف فصلی آب می‌تواند نقش اساسی داشته باشد. تحقیقاتی که در طی آن مقایسه‌ای بین قطعات تحت آبیاری و آبیاری نشده انجام گرفته نشان می‌دهد که مقدار محصول بدست آمده در زمین‌های آبیاری نشده برای پنبه و یونجه به ترتیب معادل ۷۹ و ۹۲ درصد مقدار بدست آمده در زمین‌های تحت آبیاری است.

تحقیقات انجام گرفته در اراضی ناحیه غربی نشان می‌دهد که معمولاً سهم آب زیرزمینی برای آب‌های زیرزمینی با شوری ۱۰ds/m تا ۵ds/m در محدوده ۲۵ تا حدود ۴۰ درصد است.

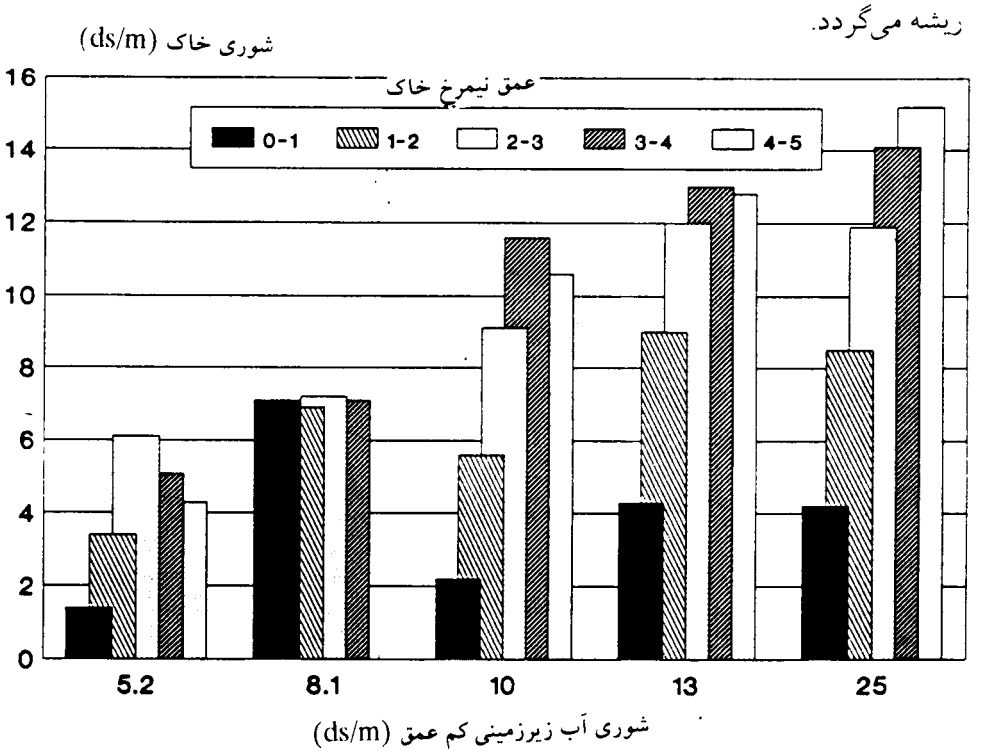
تناوب آبیاری عاملی است که بر سهم آب‌زیرزمینی در جبران تبخیر و تعرق مؤثر است. هرچه تناوب آبیاری بیشتر باشد، سهم آب زیرزمینی کمتر است. نتایج تخمینی یک تحقیق انجام شده سهم آب زیرزمینی را برای ۳ یا ۴ دوره آبیاری در فصل غلات حدود ۲۷ درصد و برای زمانی که تعداد آبیاری به ۴ و ۵ بار افزایش یابد، حدود ۱۲ درصد نشان می‌دهد.

عامل مؤثر دیگر در سهم آب زیرزمینی در تبخیر و تعرق، شوری آب زیرزمینی است. هرچه شوری افزایش یابد سهم آب زیرزمینی کاهش می‌یابد. در یک تحقیق حداکثر سهم آب زیرزمینی با شوری ds/m ۵ حدود ۵۰ درصد تخمین زده شد. با افزایش شوری به ds/m ۱۰، حداکثر سهم به مقدار ۳۶ درصد و در شرایط شوری ds/m ۲۰ به مقدار ۳۰ درصد کاهش یافت.

اثر جریان رو به بالا بر شوری خاک

با حرکت آب زیرزمینی به سمت بالا، نمک و مواد سمی مانند بُر نیز به ناحیه ریشه حمل می‌گردند. آب زیرزمینی توسط غلات مصرف شده اما نمک حمل شده توسط آن در

خاک باقی می‌ماند. بنابراین نمک‌ها و بُر در طی فصل زراعت در ناحیه ریشه تجمع پیدا می‌کنند. افزایش سهم فصلی در تبخیر و تعرق موجب تجمع بیشتر بر و نمک در ناحیه ریشه می‌گردد.



شکل ۲۲- شوری خاک در عمق ۳۰ سانتیمتری در ترازهای مختلف شوری آب زیرزمینی

شکل ۲۲ نمایانگر شوری خاک به همراه افزایش عمق برای آب‌های زیرزمینی با شوری ۵/۲ds/m تا ۲۵ds/m است. این اطلاعات نشان می‌دهد که در نزدیکی سطح زمین، ظاهراً شوری خاک تأثیری بر شوری آب زیرزمینی ندارد. این بدین معنی است که شوری خاک سطحی بیشتر توسط شوری آب آبیاری تأثیر می‌پذیرد و شوری آب زیرزمینی تأثیر کمتری دارد. شوری خاک با افزایش عمق و همچنین با شورتر شدن آب زیرزمینی افزایش

می‌یابد. چنانکه در شکل ۲۲ مشخص است بالاترین تراز شوری در آب زیرزمینی با شوری ۲۵ds/m می‌باشد که این امر دلیلی بر کنترل شوری خاک توسط آب زیرزمینی در اعماق زیاد است. بنابراین در آب‌های شور و در تراز پائین، شوری خاک سطحی عموماً توسط شوری آب آبیاری کنترل می‌گردد، در حالیکه شوری خاک در اعماق پایین‌تر انعکاس دهنده، شوری آب زیرزمینی کم عمق است. در حالیکه هیچ اطلاعاتی مبنی بر افزایش غلظت بُر در خاک ناشی از آب زیرزمینی وجود ندارد، انتظار می‌رود که جریان رو به بالای آب زیرزمینی ممکن است موجب افزایش بُر و سایر مواد شیمیایی در پروفیل خاک گردد.

عمل آبشویی را باید به منظور کنترل میزان نمک و بُر در ناحیه توسعه ریشه و قبل از دوره آبیاری که موجب بالاآمدن تراز آب زیرزمینی می‌شود، بصورت تناوبی انجام داد. عموماً در طی فصل زراعت، تراز آب افت می‌کند که نمایانگر استفاده غلات از آب زیرزمینی کم عمق و افزایش نشت عمقی[1] است. چنانچه قبل از دوره آبیاری آبشویی انجام نگیرد، ممکن است شوری خاک طی فصل زراعی بعدی یا دوره‌های بعدی افزایش یابد.

1- Deep Percolation

مراجع :

Ayars, J,E. 1986."Use of saline water from a shallow water tablecotton". Transactions of the American Soceity of Agriculture Engineers,by Vol. 29(6):1674-78.

Campbell, R.E., W.E. Larson, T.S. Aasheim, and P.L., Brown, 1960. "Alfalfa response to irrigation frequencies in the presence of a water table. "Agronomy Journal, Vol. 52:437-41.

Grimes , D.W., R.L. Sharma, and D.W. Henderson. 19984. "Developing the resource potential of a shallow water table." California Water Resources Center Contribution No. 188. University of California.

Hanson. B.R. and S.W. Kite. 1984. "Irrigation scheduling under saline high water tables." Transactions of the American Society of Agricultural Engineers. Vol. 27(5):1430-34.

Wallender, W.W., D.W. Grimes, D.W. Henderson, and L.K., Stromberg. 1979. "Estimating the contribution of a perched water table to the seasonal evapotranspiration of cotton." Agronomy Journal, Vol. 71:1056-60.

واکنش محصول زراعی به آبشویی و توزیع شوری[1]

شوری خاک می‌تواند بر بازده تولید محصول زراعی اثر بگذارد. اثر نسبی شوری را می‌توان از معادله تحمل محصول زراعی تخمین زد:

$$Y = ۱۰۰ - B(ECe - A) \qquad (۱۰)$$

که در این معادله Y تولید نسبی محصول، ECe متوسط شوری در ناحیه ریشه و A، B ضرایبی است که می‌توان مقادیر آن را در جدول تعریف شده در بخش "تحمل شوری گیاهان زراعی" بدست آورد.

نیاز آبشویی[2]

شوری خاک تحت تأثیر شوری آب آبیاری و نیاز آبشویی است که درصدی از آب نشتی تراوش یافته در زیر ریشه گیاه می‌باشد. در مناطقی که سطح آب زیرزمینی بالا باشد شوری آب زیرزمینی کم عمق نیز می‌تواند به عنوان یک عامل مطرح باشد. نیاز آبشویی و شوری آب آبیاری تعیین کننده متوسط شوری خاک و توزیع نمکها در ناحیه ریشه هستند.

شوری خاک در نزدیکی بالای ناحیه توسعه ریشه منعکس کننده شوری آب آبیاری است. دراعماق پایین‌تر، شوری خاک تحت تأثیرنیازآبشویی نیز قرارمی‌گیرد. درحالتی که درصد اختصاص داده‌شده به آبشویی کم باشد، شوری خاک دربخش پایینی ناحیه ریشه بیشتر از بخش‌های بالاتر است. باافزایش درصد اختصاص داده شده، به آبشویی ، شوری خاک در بخش‌های پایین‌ترکمتر شده و (در زمانی که این درصد خیلی زیاد باشد) می‌تواند برابر با شوری آب آبیاری گردد (اشکال ۷، ۸ و ۹ در قسمت "حرکت نمک و توزیع آن در خاک"). بنابراین برای آب آبیاری با شوری‌معین، متوسط شوری در ناحیه ریشه برای

1- Crop Response to Leaching Fraction and Salt Distribution

2- Leaching Fraction

مواقعی که درصد اختصاص داده‌شده به آبشویی کم‌باشد زیاداست اما این مقدار باافزایش درصد فوق کاهش می‌یابد.

بازده تولید محصول

اثر افزایش نیاز آبشویی بر بازده تولید محصول بستگی به تحمل گیاه به شوری خاک و شوری آب آبیاری دارد. زمانی که درصد آب اختصاص داده شده به آبشویی خیلی کم باشد، ممکن است متوسط شوری خاک در ناحیه ریشه از حد آستانه شوری خاک گذشته در نتیجه محصول کاهش یابد. با افزایش درصد آب اختصاص داده شده به آبشویی ، متوسط شوری در ناحیه ریشه کاهش یافته و در نتیجه میزان محصول افزایش می‌یابد. روند افزایش محصول با افزایش درصد اختصاص داده شده به آبشویی تا زمانی که متوسط شوری خاک برابر حد آستانه شوری گردد افزایش می‌یابد. در این حد است که مقدار محصول حداکثر می‌باشد. از این نقطه به بعد، افزایش بیشتر نیاز آبشویی افزایشی را در میزان محصول به دنبال نخواهد داشت.

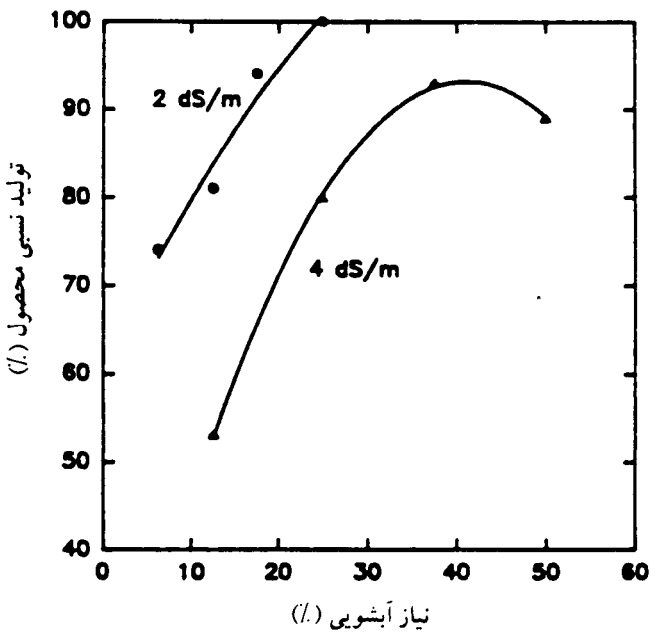
شکل ۲۳ نمایانگر دو رابطه بین نیاز آبشویی و محصول یونجه برای آب آبیاری با شوری ۲ds/m و ۴ds/m است. حد آستانه شوری خاک برای یونجه برابر ۲ ds/m است. برای آب با شوری کمتر، میزان نسبی محصول با افزایش میزان آبشویی افزایش می‌یابد. همچنین در این حالت متوسط شوری در ناحیه ریشه از ۶/۸ds/m برای کمترین مقدار آبشویی به ۳ds/m برای بیشترین مقدار آبشویی ،یعنی حدود ۲۴ درصد، کاهش می‌یابد. برای آب آبیاری با شوری ۴ds/m، میزان محصول با افزایش مقدار آبشویی تا جایی که میزان آبشویی به ۴۰ درصد برسد، افزایش می‌یابد. اگرچه حداکثر میزان محصول برای این آبیاری از مقدار آن برای آب با شوری ۲ds/m، بعلت شوری بیشتر، کمتر است. متوسط شوری خاک برای آب آبیاری ۴ds/m از حدود ۴/۶ds/m تا ۱۰/۳ds/m برای بالاترین میزان محصول برای این آب متغیر است.

این نتایج نشان می‌دهد که برای حداکثر محصول، یک حداقل نیاز آبشویی مورد نیاز

است. برای آب با شوری ۲ds/m، حداقل نیاز آبشویی حدود ۲۵ درصد و برای آب با شوری ۴ds/m حداقل نیاز آبشویی حدود ۴۰ درصد است. متأسفانه چنین اطلاعاتی در تعداد زیادی از محصولات زراعی موجود نیست.

عکس‌العمل گیاه به توزیع نمک

مقادیر آستانه شوری خاک برای غلات عموماً برای مقادیر ۵۰ درصد آبشویی بدست آمده است. در این حالت، مقدار شوری خاک در ناحیه ریشه نسبتاً یکنواخت و حدوداً برابر با شوری آب آبیاری است.



شکل ۲۳ - نیاز آبشویی و عملکرد یونجه

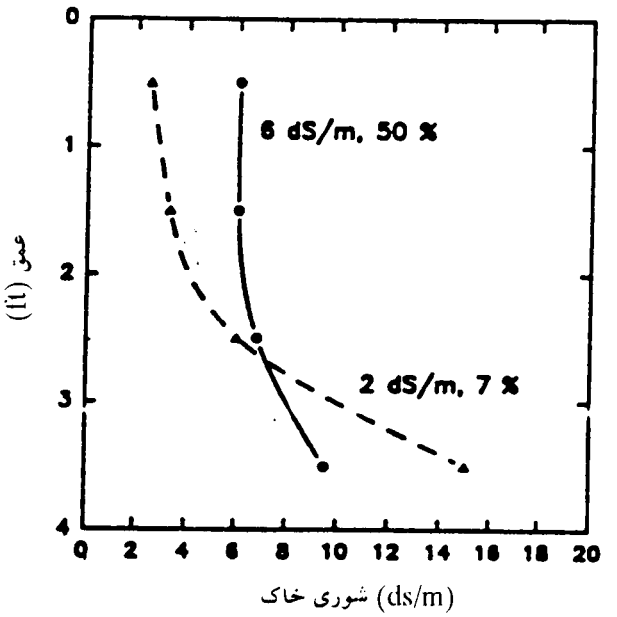
اگرچه تحت شرایط میدانی، شوری خاک از عمقی به عمق دیگر تغییر کرده و معمولاً

با افزایش عمق افزایش می‌یابد. این حالت سؤالی را در مورد عکس‌العمل غلات به شوری خاک در حالت غیریکنواخت با حالت شوری یکنواخت خاک بوجود می‌آورد.

مطالعات نشان می‌دهد که ظاهراً میزان محصول بیشتر به مقدار متوسط شوری در ناحیه ریشه مرتبط است تا نحوه توزیع نمک در ناحیه ریشه. در یکی از مطالعات، مقایسه‌ای بین میزان محصول در شرایط آبیاری بارانی با مقدار زیاد آبشویی و شرایط آبیاری زیرزمینی بدون آبشویی انجام گرفت. در شرایط آبیاری بارانی توزیع نمک غیریکنواخت و در شرایط آبیاری زیرزمینی توزیع بسیار غیریکنواخت بود (شوری خاک در نزدیکی سطح زمین حداکثر و با افزایش عمق کاهش می‌یابد). رابطه بین محصول و متوسط شوری در ناحیه ریشه در هر دو شرایط یکسان بود.

اصل فوق در شکل ۲۴ و جدول ۱۴ به وضوح نشان داده شده است. شکل ۲۴ نمایانگر توزیع نمک در دو تراز شوری آب آبیاری و نیاز آبشویی استفاده شده برای آبیاری یونجه است. انجام آبشویی بمیزان ۵۰ درصد با آب دارای شوری ۶ds/m توزیع نسبتاً یکنواختی از نمک را به همراه داشت. انجام آبشویی به میزان ۷ درصد با آب دارای شوری ۲ds/m توزیع بسیار غیریکنواخت نمک را به دنبال داشت. با وجود این همانطورکه در جدول ۱۴ آمده است متوسط شوری در ناحیه ریشه برای هردو توزیع تقریباً یکسان است. میزان محصول برای هر دو حالت بدون ارتباط با توزیع‌های مختلف تقریباً یکسان است (جدول:۱۴). این جدول همچنین حاوی اطلاعات بیشتری است که روابطی شبیه به آنچه که ذکر شد را نشان می‌دهد. مطالعات انجام شده بر روی گوجه‌فرنگی و بادام زمینی نیز نتایج مشابهی را به دنبال داشت.

این اطلاعات نشان دهنده عکس‌العمل محصول به متوسط شوری در ناحیه ریشه و عدم حساسیت به توزیع نمک در ناحیه ریشه است. مطالعات نشان داده است که با شورشدن بخشی از ناحیه ریشه، جذب آب توسط گیاه در اعماق با شوری کمتر افزایش و در اعماق با شوری بیشتر کاهش می‌یابد. در صورتی که رطوبت خاک در اعماق با شوری کمتر ناکافی باشد، گیاه می‌کوشد تا آب مورد نیاز خود را از رطوبت خاک های با شوری بیشتر تأمین کند. بنابراین احتمالاً عکس‌العمل بازده محصول به آب در خاک‌های با شوری زیاد بیشتر از این عکس‌العمل به متوسط شوری در ناحیه ریشه است.



شکل ۲۴- توزیع نمک در دو تراز شوری آب آبیاری و نیاز آبشویی

این نتایج برای زارعین در مناطق زراعی با تراز آب زیرزمینی بالا در دوره سن واکین، جایی که معمولاً آب آبیاری با شوری کم استفاده می‌گردد کاربرد دارد. آبیاری با آب حاوی شوری کم موجب حفظ نسبی شوری کمتری در قسمت بالایی ناحیه ریشه می‌گردد در حالیکه آب زیرزمینی شور نزدیک به سطح زمین موجب حفظ مقادیر زیادی از نمک در قسمت پایینی ناحیه ریشه می‌گردد. در صورتیکه میزان رطوبت خاک در نواحی بالایی ناحیه ریشه کافی باشد اثر شوری زیاد بر محصول ممکن است کاهش یابد. اما در صورتیکه زه آب شور برای آبیاری استفاده شود، توزیع نمک تغییر کرده و موجب افزایش شوری در ناحیه بالای ریشه می‌گردد که این حالت به نوبه خود می‌تواند موجب کاهش محصول و افزایش نیاز به آبشویی گردد.

جدول ۱۴ - اثر شوری آب آبیاری، نیازآبشویی وشوری درناحیه ریشه و اثر آن بر میزان محصول

کشت	شوری آب آبیاری (ds/m)	نیاز آبشویی (٪)	متوسط شوری در ناحیه‌ریشه (ds/m)	تولید نسبی (٪)
یونجه	۶	۵۰	۷/۱	۷۰
	۲	۷	۶/۸	۷۴
یونجه	۹	۵۰	۱۱/۷	۵۱
	۴	۱۲	۱۰/۳	۵۳
TallFescue	۲	۱۰	۷/۵	۸۷
چمن پا بلند	۴	۲۵	۷/۷	۸۸

مراجع:

Bower, C.A., G. Ogata, and J.M. Tucker. 1969. "Rootzone salt profiles and alfalfa growth as influenced by irrigation water salinity and leaching fraction. "Agronomy Journal, Vol. 61: 783-85.

Bower, C.A., G. Ogata, and J.M. Tucker 1969. "Growth of sudan and tall fescue grasses as influenced by irrigation water salinity and leaching fraction. "Agronomy Journal. Vol. 62:793-94.

Hoffman, G.J., E.V. Maas, T.L., Prichard, and J.L., Meyer. 1983. "Salt tolerance of corn in the Sacamento-San Joaquin Delta California. "Irrigation Science, vol. 4:31-44.

Shalhavet, J. and L. Bernstein 1968. "Effects of Vertically heterogeneos soil salinity on plant growth and water uptake. "Soil Science, Vol. 61:384-387.

Shalhevet, J. and B. Yaron. 1973. "Effect of soil and water salinity on tomato growth. "Plant and Soil Vol. 39:285-92.

آبشوئی [1]

آبشویی، کاربرد آب آبیاری مازاد بر میزان نیاز رطوبتی خاک بمنظور حذف نمک‌ها در ناحیه ریشه می‌باشد. آب مازاد به سمت پایین و زیرناحیه ریشه جریان یافته و نمک‌ها را با خود حمل می‌کند.

این آب مازاد را که بصورت درصدی از آب آبیاری ذکر می‌گردد نیاز آبشویی می‌نامند. برای کنترل مؤثر شوری باید مقدار آبشویی به حدی باشد که از تجمع نمک در ناحیه ریشه ممانعت بعمل آید.

تخمین نیاز واقعی آبشویی

مقدار واقعی نیاز آبشویی درصدی از آب آبیاری است که (منهای هرگونه روان آب سطحی) به زیرناحیه ریشه نفوذ می‌کند. و بصورت زیر تعریف شده است:

$$LF=\frac{(۱۰۰)Dd}{Da} \qquad (۱۱)$$

که در این رابطه

LF= نیاز آبشویی (٪)،

Dd= مقدار زه‌آب در زیر ناحیه ریشه

Da= مقدار آب آبیاری منهای روان آب سطحی

بعلت آنکه اندازه‌گیری مقدار واقعی زه‌آب غیر عملی است، فن‌آوریهایی به منظور مرتبط نمودن نیاز آبشویی به متوسط شوری خاک در ناحیه ریشه و شوری آب آبیاری تبیین شده است. در این فن‌آوری‌ها فرض براین است که آب آبیاری منبع اصلی نمک در خاک است.

روش زیر را می‌توان برای تخمین نیاز آبشویی به کار برد:

۱- نمونه‌هایی از ناحیه ریشه را برداشت کنید. هرنمونه باید نماینده فواصل عمقی

1- Leaching

مساوی باشد.(نحوه نمونه‌برداری در مبحث "ارزیابی شوری خاک" همین کتاب آمده است).

۲- هدایت الکتریکی (ECe) نمونه‌های اشباع خاک را اندازه بگیرید (بخشی از آنالیز آزمایشگاهی است).

۳- متوسط شوری را در ناحیه ریشه با جمع کردن مقادیر در فواصل عمقی و تقسیم بر تعداد فواصل بدست آورید.

۴- هدایت الکتریکی آب آبیاری (ECi) را اندازه‌گیری کنید.

۵- با استفاده از شکل ۲۵ صفحه ۹۲، میزان نیاز آبشویی را تخمین بزنید. یک خط افقی از ECe و یک خط افقی از ECi رسم نماید. محل تقاطع این دو خط نمایانگر نیاز آبشویی است. نیاز آبشویی را از مقادیر تعیین شده در کنار نزدیکترین خط مورب به نقطه تقاطع بدست آورید.

مثال: مقدار نیاز آبشویی را برای ناحیه ریشه با شوری ارائه شده در جدول زیر برای آب آبیاری با شوری ۱ds/m بدست آورید؟

فواصل عمقی (سانتیمتر)	هدایت الکتریکی خاک (ds/m) ECe
۰ - ۳۰	۱
۳۰ - ۶۰	۳/۶
۶۰ - ۹۰	۶/۲
۹۰ - ۱۲۰	۹/۴

متوسط شوری در ناحیه ریشه برابر است با ۵=۴ :(۹/۴+۶/۲+۳/۶+۱/۰) با استفاده از شکل ۲۵ برای ECe=۵ و ECi=۱،مقدار آبشویی حدود ۴ درصد بدست می‌آید.

در این مثال شوری خاک با افزایش عمق افزایش می‌یابد. در صورتیکه شوری خاک در نزدیکی سطح زمین بیشترین مقدار باشد یا شوری با افزایش عمق کاهش یابد، روش بالا را نمی‌توان بکار برد. در این حالت، نیاز آبشویی بدون توجه به متوسط شوری در ناحیه ریشه برابر صفر خواهد بود.

تخمین میزان آبشوئی مورد نیاز برای ممانعت از افت محصول

نیاز آبشویی مقدار آبی است که (آب مازاد) برای کنترل شوری خاک در آستانه‌های قابل تحمل برای گیاه لازم است. این مقدار بستگی به میزان تحمل گیاه به شوری و مقدار شوری آب آبیاری دارد. روش تخمین نیاز آبشویی بصورت زیر است :

۱- مقدار آستانه شوری (A) را برای گیاه تعیین کنید. این مقدار، حداکثر شوری خاک است که بدون هیچگونه افتی در میزان محصول توسط گیاه قابل تحمل است. این مقادیر در صفحه ۱۰ این راهنما تحت عنوان "حد تحمل شوری گیاه" آمده است.

۲- میزان هدایت الکتریکی آب آبیاری (ECi) را تعیین کنید.

۳- با استفاده از شکل ۲۵ میزان نیاز آبشویی را تعیین کنید. یک خط افقی از مقدار ECe که معادل مقدار آستانه شوری (A) است رسم نمائید. یک خط عمودی از محور ECi (محور افقی) رسم نماید. محل تقاطع این دو خط مقدار تقریبی آبشویی است.

مثال: مقدارنیاز آبشویی برای گیاه پنبه‌ای که با آبی با ۲ds/m آبیاری شود بدست آورید.

پنبه حداکثر متوسط باری برابر با ۷/۷ را بدون کاهش میزان محصول تحمل می‌کند (بااستفاده از جداول بخش "تحمل شوری گیاهان زراعی") برای میزان ECi=۷/۷ds/m و ECi=۲ds/m، مقدار نیاز آبشویی حدود ۷-۶ درصد است (با استفاده از شکل ۲۵). در صورتیکه درصد اختصاص داده شده به آبشویی بیش از نیاز آبشویی باشد کنترل شوری مناسب انجام می‌گیرد. اما در صورتیکه درصد اختصاص داده شده به آبشویی کمتر از نیاز آبشویی باشد، احتمالاً شوری خاک به مقادیر بیش از حد تحمل گیاه افزایش می‌یابد، بدون آنکه کاهشی در میزان بازده محصول رخ دهد.

مقدار آب مورد نیاز که پاسخگوی تبخیر و تعرق گیاهی (نیاز آبی گیاه) یا افت رطوبت خاک و نیاز آبشویی است را می‌توان به شکل زیر بدست آورد:

$$AW = \frac{ET \text{ یا } SMD}{۱ - LF/۱۰۰} \qquad (۱۲)$$

که درآن : AW = آب مصرف شده (بدون درنظرگرفتن روان آب سطحی)

ET, SMD = تخلیه رطوبتی خاک یا تبخیر و تعرق

LF = نیاز آبشویی (برحسب درصد)

نیاز آبشوئی در اراضی ناحیه غربی

نیاز آبشویی در مناطقی از اراضی که در آن آب زیرزمینی کم عمق شور وجود ندارد با استفاده از روش ذکر شده در بالا تخمین زده شد. در این مناطق، هدایت الکتریکی آب آبیاری ds/m ۰/۵-۰/۳ بود.بعلت کاربرد آب آبیاری با شوری کم نیاز آبشویی خیلی کم می‌باشد. در جدول ۱ مقدار نیاز آبشویی برای برخی از محصولات در اراضی غربی که با آب آبیاری با شوری ds/m۰/۵-۰/۳ آبیاری می‌شوند ذکر شده است.

جدول ۱- نیاز آبشویی برای برخی از محصولات زراعی (ECi=۰/۵ds/m)

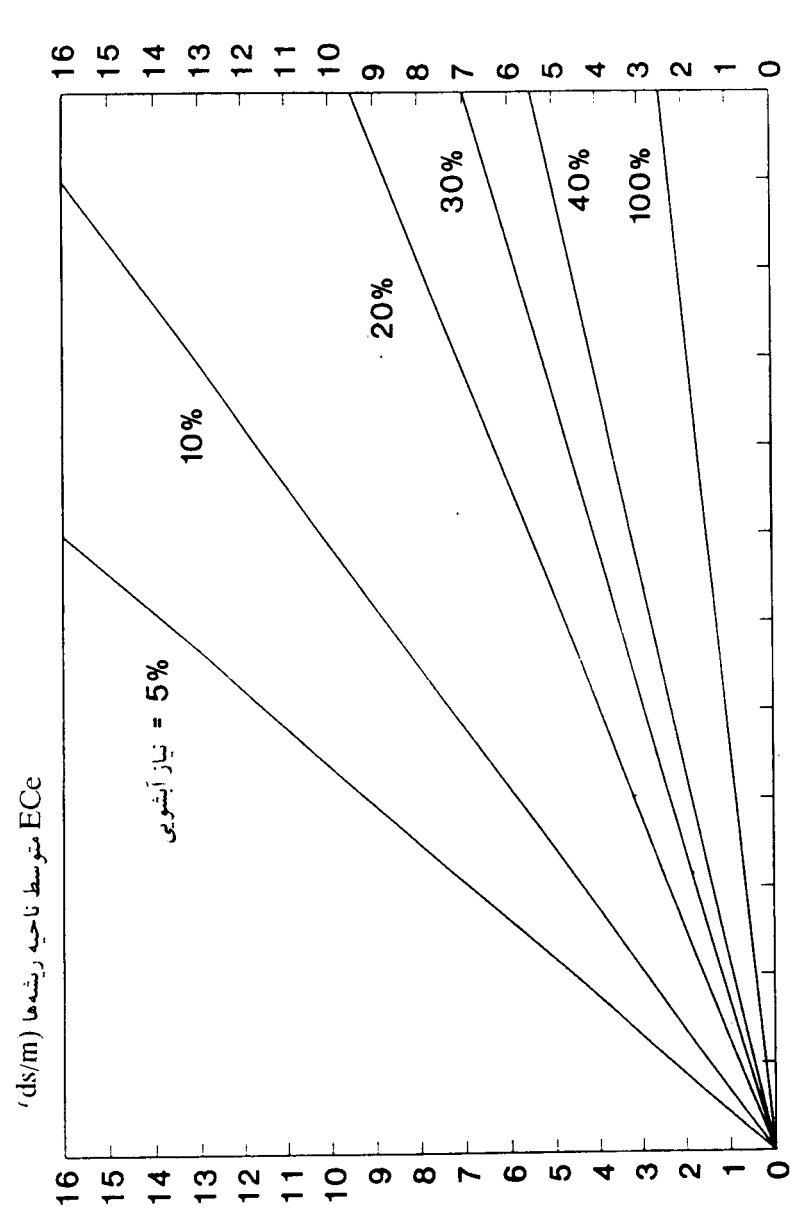
محصول زراعی	نیاز آبشویی (٪)
بادام	۶
جو	۱
حبوبات	۱۰
طالبی	۵
ذرت	۵
پنبه	۲
کامو	۸

این مقادیر صرفاً برای مناطقی که دارای خاک با زهکشی خوب می‌باشند، کاربرد دارند. روش ارائه شده در بالا برای مناطقی که در آنها آب زیرزمینی کم عمق شور وجود دارد و جریان روبه بالای آب زیرزمینی می‌تواند در شوری خاک سهیم باشد کاربردی ندارد. برای این مناطق به قسمت "آبشویی در مناطق دارای آب زیرزمینی شور" مراجعه کنید.

مراجع :

Hoffman, G.J. 1985. "Drainage required to manage salinity." Journal of Irrigation and Drainage, American Society of Civil Engineers, Vol. 111(3):199-206.

Hoffman, G.J. 1990."Leaching fraction and root zone salinity control." In Agricultural Salinity Assessment and Management. American Society of Civil Engineers.



شکل ۲۵ – منحنی های نیاز آبشویی

آبشویی در سفره‌های کم عمق شور[۱]

در روش موسوم برای تخمین درصد آبشویی و نیاز آبشویی فرض بر این است که آب آبیاری تنها عامل شوری در ناحیه ریشه است، اما در مناطق دارای آب زیرزمینی شور کم عمق ، آب زیرزمینی کم عمق نیز ممکن است نقش اساسی برای آب مصرفی محصول داشته باشد. این وضعیت خصوصاً برای برخی محصولات مانند پنبه، گلرنگ و یونجه صدق می‌کند. از آنجایی که شوری آب‌های زیرزمینی شور کم عمق، بیش از شوری آب آبیاری است، استفاده محصول زراعی می‌تواند موجب افزایش شوری خاک در مقایسه با زمانی شود که صرفاً آب آبیاری عامل شوری است. بنابراین در این شرایط ممکن است روشهای مرسوم برای تخمین درصد نیاز آبشویی، مقدار واقعی را کم تخمین بزنند.

در حالیکه هنوز هیچ روشی برای تصحیح روش‌های مرسوم تخمین جهت تعدیل اثر آب زیرزمینی کم عمق تبیین نشده، در یکی از مطالعاتی که اخیراً انجام شده روشی تبیین گردیده که توسط آن می‌توان نیاز آبشویی را با تعیین میزان آب مورد نیاز برای آبشویی با پیش آبیاری تخمین زد. تکنیک تخمین مورد استفاده در این مطالعات، "روش اصلاح با پیش آبیاری[۲]" نامیده می‌شود.

ضرورت آبشوئی با پیش آبیاری

در نواحی که آب زیرزمینی کم عمق وجود دارد، نفوذ پذیری بسیار کم در اینگونه نواحی موجب آبشویی بسیار کمی می‌شود و در نتیجه باعث افزایش شوری خاک در طی دوره آبیاری می‌گردد. آبشویی با پیش آبیاری ضروری به نظر می‌رسد. در غیر این صورت شوری خاک طی زمان افزایش می‌یابد[۳]. در شکل ۲۶، شوری خاک نمونه در سال ۱۹۸۱ افزایش یافته‌است، اما در سال ۱۹۸۲ بعلت انجام آبشویی یا پیش آبیاری ، تراز

1- Leaching Under Saline Shallow Water Tables

2- Preirrigation Reclamatin Method

۳ - شکلهای ۱ و ۲ نمایانگر اثرات عملیات پیش آبیاری بر شوری خاک هستند.

شوری در این سال برابر سال ۱۹۸۱ باقی مانده است. در شکل ۲۷، شوری خاک نمونه در سال ۱۹۸۲ به علت جریان رو به بالای آب زیرزمینی افزایش یافته و بعلت آنکه در سال ۱۹۸۳ آبشویی یا پیش آبیاری انجام نشده افزایش شوری خاک ادامه یافته‌است.

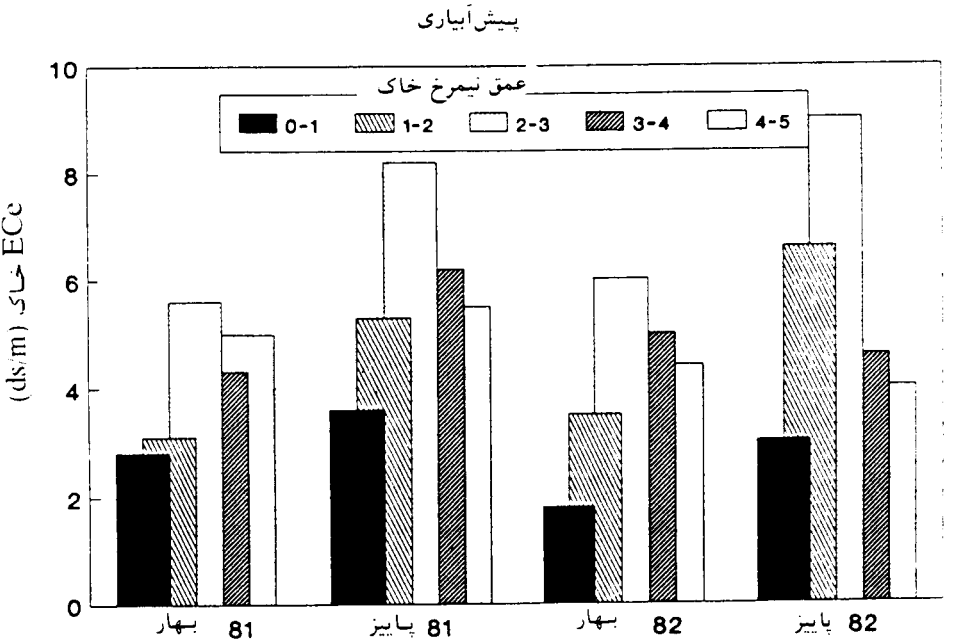
در مطالعات روش اصلاح با پیش آبیاری، به منظور برآورد آب مورد نیاز آبشویی جهت کاهش تراز شوری پاییزه نسبت به شوری بهاره خاک با استفاده از ۶ مطالعه میدانی که بر روی استفاده غلات از آب زیرزمینی انجام شده بود، منحنی "اصلاح خاک‌های شور" ارائه گردید. این منحنی نمایانگر مقدار آب آبشویی مورد نیاز برای هر ۳۰ سانتیمتر از خاک آبشویی شده با توجه به درصد شوری اولیه موردنظر است. در این تحلیل فرض براین است که در تراز شوری بهاره محصول دارای حداکثر بازدهی است.

مطالعات نشان داد که مقدار آب آبشویی مورد نیاز بستگی به سهم آب زیرزمینی در نیاز آبی غلات دارد.برای جاهایی که سهم آب زیرزمینی زیاد است (۶۰-۵۰ درصد)، برای هر ۳۰ سانتیمتر خاک ۵/۸-۶ سانتی‌متر آب آبشویی مورد نیاز است. برای جاهایی که این سهم کمتر است (۴۰-۳۰ درصد)، حدود ۲/۵ سانتیمتری آب آبشویی برای آبشویی یک ۳۰ سانتیمتر خاک نیاز است. حالت دوم، حالتی است که بیشتر مناسب وضعیت اراضی زهکشی شده می‌باشند.

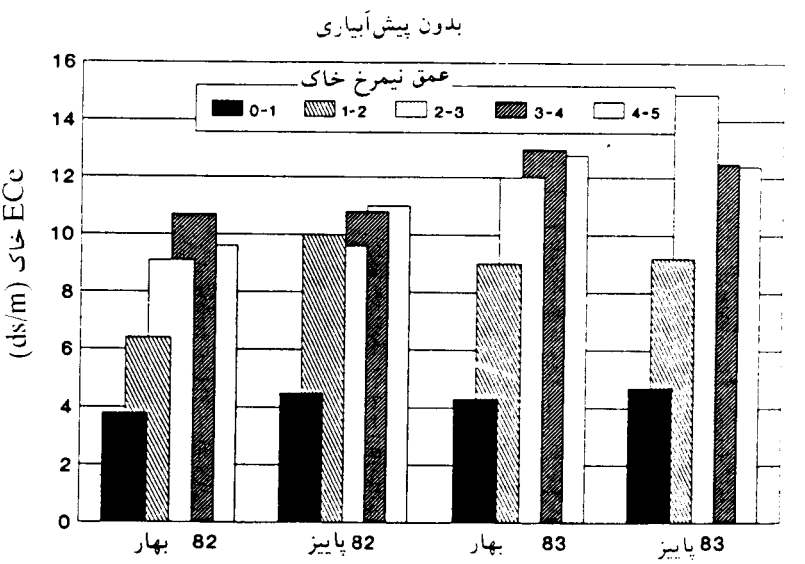
نتیجه

این تحلیل نشان می‌دهد که پیش آبیاری باید موجب جبران تخلیه رطوبتی خاک باشد و برای آبشویی هر ۳۰ سانتیمتر خاک ۲/۵ سانتیمتر آب برای آبشویی تأمین نماید. اگر تخلیه رطوبتی خاک پیش از آبیاری، برابر ۱۵ سانتیمتر باشد وکل عمق خاک که باید اصلاح گردد حدود ۱ متر باشد، برای کنترل شوری باید حدود ۲۲/۵ سانتمیتر آب استفاده شود.

با حساب سرانگشتی ۲/۵ سانتیمتر آب آبشویی برای هر ۳۰ سانتیمتر خاک، بر مبنای تغییراتی است که ناشی از سهم آب زیرزمینی در شوری خاک در ۶ ایستگاه مطالعاتی بدست آمده است. بعلت آنکه شرایط خاص یک مکان ممکن است بر نتایج سایر اماکن اثر گذارد، لازم است برنامه‌ای برای پایش شوری خاک جهت اطمینان از اینکه آبشویی به نحو مناسبی انجام می‌گیرد تبیین گردد.



شکل ۲۶- اثر پیش آبیاری بر شوری خاک



شکل ۲۷- اثر عدم پیش آبیاری بر شوری خاک

درصد آبشوئی قابل حصول [1]

درصد آبشویی، مقدار آب مازادی است که علاوه بر نیاز تخلیه رطوبتی خاک بکار می‌رود. این آب مازاد از ناحیه ریشه‌ها تراوش کرده و نمک‌ها را به اعماق پایین‌تر منتقل می‌کند. مقدار واقعی درصد آبشویی در یک مزرعه تا حدودی بستگی به یکنواختی کاربرد آب دارد.

یکنواختی آبیاری

یکنواختی آبیاری عبارت از چگونگی کاربرد یکنواخت آب در سطح مزرعه است. اگر عمق ثابتی از آب برای هر نقطه در مزرعه بکار رود، در این حالت، یکنواختی آبیاری صد درصد بوده و به همین نسبت نیز آبشویی در مزرعه انجام می‌گیرد. اما از آنجایی که هیچ سیستم آبیاری قادر به ایجاد یکنواختی صددرصد نیست، همواره به بخش‌های مختلف یک مزرعه مقادیر مختلفی از آب می‌رسد. هرچه یکنواختی کاربرد آب آبیاری کمتر باشد اختلاف بین آب دریافت شده بیشتر است و جهت کنترل شوری در مناطقی که حداقل آب را دریافت می‌کنند به متوسط درصد آبشویی بیشتری نیاز خواهد بود. جدول ۱۵ متوسط درصد آبشویی را برای انواع یکنواخت توزیع (DU)[2] که برای حفظ ۵ درصد نیاز آبشویی در مناطق با حداقل آبیاری در مزرعه لازم است نشان می‌دهد. (یکنواختی توزیع شاخصی است که برای تعیین کمّی یکنواختی آب بکار رفته استفاده می‌شود).

جدول ۱۵ - متوسط نیاز آبشویی لازم جهت حفظ حداقل ۵ درصد آبشویی در مزرعه

یکنواختی توزیع(DU٪)	متوسط درصد آبشویی (LF٪)
۷۵	۳۷
۸۳	۲۶
۹۵	۱۴

1- Attainable Leaching Fraction

2- Distribution Uniformities

آب‌پاشهایی که با دست جابجا می‌گردند در شرایط وزش باد کم، بین ۷۰ تا ۷۵ درصد یکنواختی توزیع دارند. برای این سیستم‌ها، حدود ۳۷ درصد آب مازاد بر تخلیه رطوبت خاک برای حفظ حداقل ۵ درصد نیاز آبشویی در کل نقاط یک مزرعه مورد نیاز است. متوسط نیاز آبشویی ممکن است تا ۲۶ درصد برای ماشین‌های آب پاش خطی[1] یا برای ماشین‌های کم مصرف همراه با پاشش دقیق[2] که یکنواختی توزیع آنها بین ۸۰ تا ۸۵ درصد اندازه‌گیری شده، تغییر کند.

از نظر تئوری، سیستم‌های آبیاری قطره‌ای می‌توانند دارای یکنواختی توزیع حدود ۹۵ درصد باشند در حالیکه یکنواختی توزیع اندازه‌گیری شده در غالب این سیستم‌ها حدود ۸۰ تا ۹۵ درصد است. حتی در صورتیکه یکنواختی توزیع ۹۵ درصد باشد، ۱۴ درصد آب آبیاری به زهکش‌های زیرزمینی راه می‌یابد.

این تحلیل نشان می‌دهد، حتی زمانی که یکنواختی خیلی بالا است این امکان وجود ندارد که هم درصد آبشویی کمی را حفظ کنیم و هم آبشویی مناسب انجام گیرد. درصدهای خیلی کم آبشویی را فقط در صورتی که آبیاری بخشی از مزرعه ناقص انجام گیرد می‌توان بدست آورد، اما در شرایط آبیاری ناقص، آبشویی مناسب نیز انجام نمی‌شود. در نتیجه این مناطق آبشویی نشده و در طول زمان، مقدار نمک در آنها تجمع می‌یابد. این شرایط خصوصاً در آبیاری سطحی و قطره‌ای، یعنی شرایطی که الگوی کاربرد آب از یک آبیاری به آبیاری دیگر تغییر می‌کند،جدی است. این حالت در شرایط آبیاری بارانی که الگوهای رطوبت بیشتر اتفاقی است از جدیت کمتری برخوردار است.

حصول به نیاز آبشویی به نوع خاک نیز بستگی دارد. اغلب در شرایطی که غلات با ریشه عمیق در خاکهای دارای بافت ریز کاشته می‌شوند، ترکیب نشت کم و تبخیر و تعرق زیاد در میانه تابستان ممکن است از عمل آبشویی ممانعت کند. بنابراین ممکن است که نیاز به عمل آبشویی در ماههای زمستان ضروری باشد.

1- Linear-Move Sprinkler

2 - Low-energy Precise Application

اصلاح خاک‌های شور[1]

شوری خاک‌های حاوی مقدار زیاد نمک را می‌توان در صورت کاربرد کافی آب از ناحیه ریشه شسته و اصلاح نمود. عمل اصلاح، نیاز به زهکشی مناسب، به شکل طبیعی یا مصنوعی، دارد. مقدار آب آبشویی مورد نیاز به نوع خاک، شوری اولیه خاک، شوری مطلوب نهایی (که به نوبه خود به نوع محصول بستگی دارد)، عمق خاک که باید اصلاح گردد و روش اصلاح مورد استفاده بستگی دارد. روشهای در دسترس شامل غرقابی و بارانی دائمی یا منقطع است.

مقدار آب مورد نیاز آبشویی مازاد بر آب لازم برای تخلیه رطوبتی خاک را می‌توان از منحنی‌های اصلاح با استفاده از شکل ۲۸ که نشان دهنده مقدار آب مورد نیاز به ازای عمق خاک جهت کاهش شوری خاک از یک مقدار اولیه تا مقدارنهایی مطلوب در شرایط روش غرقابی دائمی است بدست آورد.

این شکل نشان می‌دهد که مقدار نسبتاً کمی از آب می‌تواند تراز اولیه شوری را نصف کند. برای کاهش بیشتر شوری نیاز به افزایش بیشتر مقدار آب است که احتمال مشکلات اساسی زهکشی زیرزمینی را بدنبال خواهد داشت.

غرقابی دائمی

غرقابی دائمی عبارت از غرقاب نمودن زمینی تا حذف کافی شوری است. معادله‌ای که عمل اصلاح را نشان می‌دهد به شکل زیر است:

$$D_W = \frac{(D_S)(K)}{(C/C_o)} - (D_S)(K) \qquad (۱۳)$$

که در آن،

D_W = عمق آب مورد نیاز برای اصلاح خاک مازاد بر تخلیه رطوبتی خاک (متر)،

K = ۰/۴۵ برای خاک‌های آلی

۰/۳ = خاک‌های با بافت ریز (fine-textured)

۰/۱ برای خاک‌های با بافت درشت (coarse- textured)

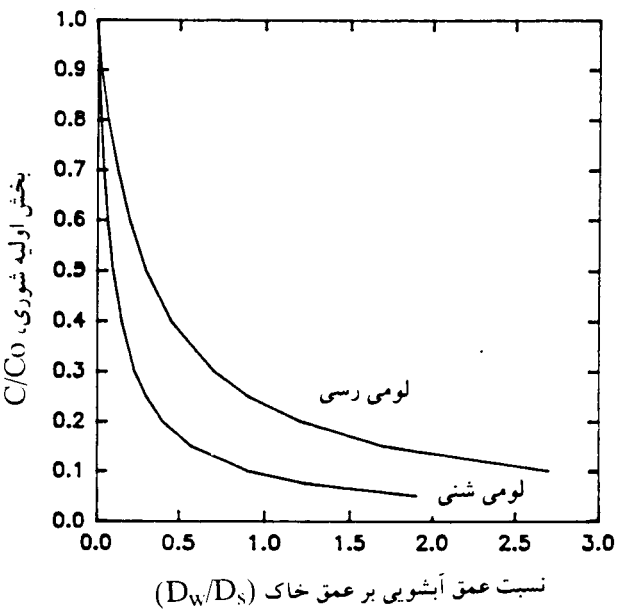
1- Reclaiming Saline Soils

D_S = عمق خاکی که باید اصلاح گردد (متر)،

C/C_0 = درصد شوری اولیه به جای مانده در خاک

کل مقدار آب مصرفی برابر است با میزان تخلیه رطوبت خاک (که باید قبل از هرگونه آبشویی تأمین گردد) بعلاوه DW است.

مقدار درصد شوری اولیه بستگی به مقدار شوری اولیه و تحمل گیاه به شوری دارد. مقدار شوری نهایی باید در حدی باشد که هرگونه افزایش فصلی در شوری بر میزان بازدهی محصول اثری نداشته باشد. استفاده از درصد آبشویی کمتر از مقدار مورد نیاز، منتج به زه‌آب مازاد و بروز مشکلات دفع زه‌آب خواهد شد. در مناطقی که پنبه‌کاری می‌شود و دارای مشکل زهکشی نیز هستند، درصد مناسب حدود ۰/۶ تا ۰/۸ است.



شکل ۲۸ - منحنی‌های تعدیل شده جهت اصلاح خاک‌های شور با استفاده از روش غرقاب دائمی

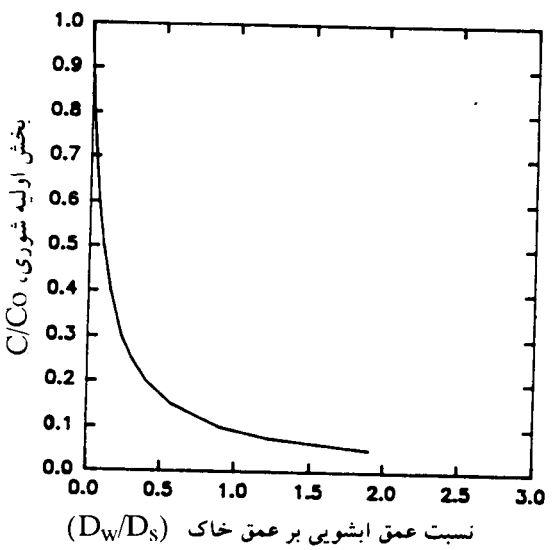
توجه: این منحنی‌های اصلاح اختلاف کمی با منحنی‌های رایج مورد استفاده دارند. رایج ترین منحنی‌های مورد استفاده هم آب مورد نیاز برای جبران رطوبت خاک در

مناطق مربوطه (که احتمالاً با سایر مزارع متفاوت است) و هم آب مورد نیاز برای آبشویی را شامل می‌شوند. منحنی‌های اصلاح موجود در اشکال ۲۸ و ۲۹ به منظور حذف اثر افت رطوبت خاک و انعکاس صرفاً آب مورد نیاز آبشویی مازاد بر مقدار مورد لزوم جبران افت رطوبت خاک تنظیم شده‌اند.

غرقابی منقطع

در روش اصلاح با غرقابی منقطع، به جای کاربرد یک‌باره و مداوم آب غرقابی، آب غرقابی در مقادیرکم و چند بار بکار می‌رود. در طی این دوره‌های تری و خشکی، غرقابی منقطع با مقدار آبی حدود ۱/۳ تا ۲/۳ آب لازم برای غرقابی دائمی به‌طور مؤثری نمک‌ها را از منافذ ریز خاک می‌شوید.

شکل ۲۹ رابطه بین عمق آب مورد نیاز برای اصلاح را به ازای عمق خاک اصلاح شده و مقدار کاهش شوری با استفاده از غرقابی منقطع نشان می‌دهد. معادله ۱۳ را نیز می‌توان زمانی که K=۰/۱ باشد به‌کار برد. آب مورد نیاز بدون ارتباط با بافت خاک برابر مقداری است که از شکل ۲۹ بدست می‌آید.



شکل ۲۹- منحنی تعدیل شده برای اصلاح خاک‌های شور با استفاده از روش‌های غرقابی منقطع و آبیاری بارانی

یک مشکل غرقابی منقطع در مقایسه با غرقابی دائمی، زمان نسبتاً طولانی لازم برای تکمیل دوره‌های تری و خشکی است. همچنین این دوره‌ها ممکن است موجبات کاهش نرخ نشت را در خاک بوجود آورند.

آبیاری بارانی

از آنجایی‌که کاربرد آب در روش آبیاری بارانی را می‌توان به راحتی از طریق سیستم آبیاری برای حداکثر راندمان حرکت آب از میان منافذ ریز خاک کنترل نمود، این روش آبیاری می‌تواند برای اصلاح خاک و با حداقل راندمانی برابر غرقابی منقطع به کار رود. متوسط نرخ کاربرد آب بستگی به اندازه نازل، فشار و فواصل بین آب پاش‌ها دارد. شکل ۲۹ را می‌توان برای ارزیابی اولیه عمق مورد نیاز برای اصلاح خاک توسط آبیاری بارانی بکار برد.

مثال : مقدار آب مورد نیاز برای کاهش شوری خاک تا ۵۰ درصد مقدار اولیه با استفاده از آبیاری بارانی و غرقابی دائمی را محاسبه کنید. عمقی که باید اصلاح گردد ۶۰ متر است. خاک لومی رسی است..

K= ۰/۳ (غرقابی دائمی)

K= ۰/۱ (آبیاری بارانی)

C/Co =۰/۵

غرقابی دائمی : با استفاده از شکل ۲۸ یا معادله ۱ با K= ۰/۳ محاسبه را انجام دهید.

معادله ۱۳ داریم :

$$Dw = \frac{۰/۶ \times ۰/۳}{۰/۵} - ۰/۶ \times ۰/۳ = ۰/۱۸ \text{ متر}$$

آبیاری بارانی :

$$Dw = \frac{۰/۶ \times ۰/۱}{۰/۵} - ۰/۶ \times ۰/۱ = ۰/۰۶ \text{ متر}$$

مفروضات زهکشی

اصلاح خاک‌های شور نیاز به زهکشی مناسب دارد. در جائیکه تراز آب زیرزمینی بالا است، ممکن است برای حذف آب نشتی و نمک‌ها از مزرعه به یک سیستم زهکشی زیرزمینی نیاز باشد.

در غرقابی دایمی ممکن است خاک تا نزدیکی سطح زمین اشباع گردد. وقتی این عمل رخ می‌دهد جریان آب در نزدیکی زهکش‌های زیرزمینی از مقدار جریان در خاک حدفاصل زهکش‌ها خیلی بیشتر خواهد بود. بنابراین ممکن است که آبشوئی در نزدیکی زهکش‌ها مناسب و در حد فاصل آن‌ها نامناسب باشد.

عرض کرت‌ها باید نسبت به فاصله بین زهکش‌ها کمتر باشد. غرقابی منقطع یا بارانی موجب بهبود آبشویی در مناطق دور از زهکش‌ها نیز می‌شوند.

مراجع :

Hoffman, G.J. 1986. Guidelines for reclamation of salt-affected soils. Applied Agricultural Research, Vol. 1(2):65-72.

افزودنی‌ها برای اصلاح خاک‌های قلیایی و شور قلیایی[1]

وقتی‌که خاک حاوی مقدار زیادی سدیم قابل تبادل باشد موجب اختلال در نشت آب، مقدار آب در دسترس برای رشد گیاه و ممانعت از نشت مناسب نمک می‌گردد.

خاک‌های حاوی مقادیر زیاد سدیم را می‌توان با افزودنی‌های حاوی کلسیم که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم جانشین سدیم قابل تبادل می‌گردند اصلاح نموده و نشت آب را بهبود بخشید. تا آب با عبور از پروفیل خاک، سدیم را از ناحیه ریشه بشوید. (به قسمت "اصلاح خاک‌های شور" مراجعه گردد.)

ذیلاً لیستی از چند نوع افزودنی موجود برای اصلاح خاک‌های تحت تأثیر سدیم ارائه می‌گردند. این افزودنی‌ها یا مستقیماً تأمین کننده کلسیم هستند یا با حل شدن آهک در رطوبت خاک موجب افزایش حلالیت کلسیم می‌گردند.

انواع افزودنی‌های تأمین کننده کلسیم

تأمین کننده‌های مستقیم کلسیم:

- آنیون کلرور کلسیم و نیترات کلسیم: حلالیت این افزودنی‌ها در آب بسیار زیاد بوده و اثر کمی بر PH خاک دارند.
- گچ: به علت هزینه نسبتاً کم، این ماده رایج‌ترین افزودنی است. در آب نسبتاً حلال بوده و بر PH خاک اثر کمی دارد. هرچه ذرات آن ریزتر باشد حلالیت آن در آب بیشتر است.
- آهک / دولومیت: این افزودنی اغلب در جایی‌که PH خاک کمتر از ۷/۲ و بیکربنات آب آبیاری کم باشد ترجیح داده می‌شود. آهک در آب و در خاک با PH بزرگتر از ۷/۲ خیلی به آرامی حل می‌شود.
- تأمین‌کننده‌های غیرمستقیم کلسیم: به جای تأمین مستقیم کلسیم، این افزودنی‌ها با

1- Amendments for Reclaiming Sodic and Saline/Sodic

آهک در خاک واکنش نشان داده و پس از این واکنش کلسیم تأمین می‌شود. برای بروز این واکنش وجود آهک در خاک ضروری است.

- اسید سولفوریک: اسید سولفوریک با آهک برای تشکیل گچ واکنش می‌کند. سپس گچ محلول، کلسیم لازم برای تبادل با سدیم را تأمین می‌کند. این فرآیند سریع بوده و PH خاک را کاهش می‌دهد. لازم به ذکر است که اسید باید با احتیاط حمل گردد.
- گوگرد، آهک - گوگرد، نیتروسل: این نوع افزودنی‌ها تأمین کننده گوگرد می‌باشند که وقتی در معرض واکنش میکربی در خاک قرار می‌گیرند تولید اسیدسولفوریک می‌کنند. سپس اسید سولفوریک برای تأمین کلسیم با آهک واکنش می‌کند. این واکنش می‌تواند موجب کاهش PH خاک نیز گردد. این نوع افزودنی‌ها بعلت آنکه واکنش میکربی نیاز به یک خاک گرم با هوادهی مناسب دارد کمتر از اسیدسولفوریک مورد استفاده قرار می‌گیرند.
- پلی‌مرها/ اسیدهای آلی: کارخانه دارها (تولید کننده‌ها) مدعی هستند که این افزودنی‌ها که گونه‌های مختلفی از آن‌ها موجود است، جهت تأمین کلسیم با آهک موجود در خاک واکنش می‌یابند، با وجود این طبیعت واکنش‌های خاک به‌خوبی شناخته شده نیست.

بهترین ماده افزودنی کدام است؟

انتخاب بهترین ماده افزودنی نیاز به موازنه بین هزینه و سرعت وقوع اصلاح دارد. آنیون کلرور کلسیم و اسید سولفوریک سریعاً واکنش می‌کنند. اما از گچ و سایر مواد خیلی گرانتر هستند.

برای بهبود خاک چقدر افزودنی مورد نیاز است؟

مقدار کاربرد ماده افزودنی یعنی ، مقدار کلسیم مورد نیاز برای اصلاح خاک به مقدار اولیه سدیم قابل تبادل در واحد خاک، مقدار نهائی مورد نظر، وزن مخصوص ظاهری

خاک، عمقی از خاک که باید اصلاح گردد و حضور آهک بستگی دارد. مقدار گچ مورد نیاز برای تأمین کلسیم مورد نظر (که نیاز به گچ نامیده می‌شود) توسط تجزیه آزمایشگاهی تعیین می‌گردد.

لازم است به این نکته توجه گردد که تجزیه آزمایشگاهی مقدار گچ مورد نیاز را بیش از مقدار تخمین می‌زند و علت این امر آن است که در تجزیه، مقدار گچ لازم برای جایگزینی تقریباً همه سدیم بدست می‌آید. اگرچه ممکن است که در یک تجزیه ۳ تا ۵ تن گچ به ازای هر هکتار لازم باشد، در برخی از خاک‌ها صرفاً با مقدار کمی تبادل یونی، نشت بهبود می‌یابد که در نتیجه مقدار گچ کمتری لازم است.

در زیر روش محاسبه گچ موردنیاز برای خاک آمده است:

- نمونه‌های خاک را به یک آزمایشگاه بدهید. آزمایشگاه باید غلظت سدیم قابل تبادل (برحسب میلی اکی والان در هر صد گرم خاک) و غلظت کلسیم، سدیم و منیزیم (برحسب میلی اکی والان در لیتر) خاک را تعیین کند. مقدار SAR را در صورتی‌که درآنالیز آزمایشگاه نیامده است تعیین کنید.
- درصد سدیم قابل تبادل (ESP) را در صورتی‌که در تجزیه آزمایشگاهی نیامده است با استفاده از رابطه زیر محاسبه کنید:

$$ESP = ۰/۰۱۴۷۵ \times SAR - ۰/۰۱۲۵ \quad (۱۴)$$

(توجه: ESP در این معادله بر حسب ده‌دهی ارائه شده نه بر حسب درصد)

- ظرفیت تبادل کاتیون خاک را با استفاده از معادله زیر محاسبه کنید:

$$CEC = \text{ESP سدیم قابل تبادل} \quad (۱۵)$$

مقدار سدیم قابل تبادل را برای حصول به ESP یا SAR مورد نظر با استفاده از معادلات ۳ و ۴ محاسبه کنید. این مقدار، بر حسب میلی اکی والان در ۱۰۰ گرم خاک، معادل کلسیم مورد نیاز است.

$$\text{سدیم قابل تبادل نهائی} = CEC \times ESP \text{ نهائی} \quad (۱۶)$$

- مقدار کلسیم مورد نیاز را که برابر با اختلاف بین سدیم قابل تبادل اولیه و سدیم قابل تبادل نهائی است محاسبه کنید.

$$\text{کلسیم مورد نیاز} = \text{سدیم قابل تبادل اولیه} - \text{سدیم قابل تبادل نهائی} \quad (۱۷)$$

(توجه : سدیم قابل تبادل و کلسیم مورد نیاز بر حسب میلی اکی والان در ۱۰۰ گرم خاک محاسبه می‌شوند.)

جدول ۱۶- تبدیل از میلی اکی والان کلسیم در ۱۰۰ گرم به تن در اکر در فوت خاک

تن ماده افزودنی در هر اکر - فوت خاک				
میلی اکی والان کلسیم در ۱۰۰ گرم خاک	گچ خالص	اسیدسولفوریک	گوگرد ٪۱۰۰	اوره-اسیدسولفوریک* (٪۱۰ ازت، ٪۵۵ اسید)
۱	۱/۷	۱	۰/۳	۰/۷۵
۱/۵	۲/۶	۱/۶	۰/۵	۱/۱
۲	۳/۴	۲/۱	۰/۶۵	۱/۴۵
۲/۵	۴/۳	۲/۶	۰/۸	۱/۸
۳	۵/۲	۳/۲	۱	۲/۱۵
۳/۵	۶	۳/۷	۱/۱۵	۲/۵
۴	۶/۹	۴/۲	۱/۳	۲/۸۵
۴/۵	۷/۷	۴/۷	۱/۵	۳/۲
۵	۸/۶	۵/۳	۱/۶۵	۳/۵۵

* با فرض اینکه یک مول آمونیوم جایگزین ۲ مول سدیم می‌گردد.

مثال : ژیپس مورد نیاز برای خاکی با سدیم قابل تبادل برابر با ۴/۳۴ میلی اکی والان در ۱۰۰ گرم خاک را بدست آورید. مقدار SAR برابر ۱۸/۶ است.

قدم اول . درصد سدیم قابل تبادل را با استفاده از معادله ۱۵ بدست آورید:

$$ESP = ۰/۱۴۷۵ \times ۱۸/۶ - ۰/۰۱۲۶ = ۰/۲۶۲$$

مثال : محاسبه مقدار گچ برای افزودن به خاک

قدم دوم . ظرفیت تبادل کاتیونی را با استفاده از معادله ۱۶ بدست آورید:

$$CEC = ۴/۳۴ \div ۰/۲۶۲ = ۱۶/۵$$

قدم سوم. سدیم قابل تبادل که در ESP مورد نظر اتفاق می‌افتد را با استفاده از معادله ۴ بدست آورید. در نتیجه ESP برابر ۱/۰ است.

گرم خاک ۱۰۰/۱/۶meq=۱/۰×۱۶/۵ = سدیم نهایی

قدم چهارم. سدیم قابل تبادل لازم برای جایگزینی را با استفاده از معادله ۱۷ بدست آورید. این مقدار که برحسب میلی‌اکی والان در ۱۰۰ گرم خاک است معادل کلسیم مورد نیاز است:

گرم ۱۰۰/۲/۷ meq=۱/۶-۴/۳ =کلسیم مورد نیاز

قدم پنجم. با استفاده از جدول ۱۶، مقدار کلسیم مورد نیاز را از میلی‌اکی والان در ۱۰۰ گرم به تن در اکر - فوت خاک تبدیل کنید: ۲/۷ میلی‌اکی والان در ۱۰۰ گرم برابر ۴/۸ تن ژیپس خالص در اکر فوت خاک است.

ماده افزودنی لازم برای بهبود آب

اثر کیفیت آب بر نفوذپذیری بستگی به نسبت جذب سدیم (SAR) و هدایت الکتریکی (EC) آب آبیاری دارد. این روابط در بخش، "کیفیت آب و نفوذپذیری" شرح داده شده‌اند. در شکل ۳۰ چگونگی تأثیر EC و SAR بر نرخ نسبی نفوذپذیری آب نشان داده شده است. برای اینکه ارتباط بین EC و SAR از ناحیه کاهش شدید به ناحیه عدم کاهش نفوذپذیری انتقال یابد باید گچ در آب آبیاری به اندازه کافی حل گردد.

در زیر روش محاسبه مقدار گچ لازم جهت افزودن به آب آبیاری برای تغییر رابطه SAR - EC آمده است:

- غلظت کلسیم،منیزیم و سدیم (بر حسب میلی اکی والان در لیتر) و EC آب آبیاری (برحسب ds/m) را تعیین کنید. در صورتیکه در جواب آزمایشگاه مقدار SAR نیامده باشد مقدار آن را تعیین کنید.
  (از SAR اصلاح نشده استفاده کنید).
- مقادیر SAR و EC را در صورت افزودن ۲ میلی اکی والان در لیتر کلسیم به آب تعیین کنید. هدایت الکتریکی محلول جدید را می‌توان با فرمول زیر بدست آورد:

EC = کل غلظت کاتیون(meq/Lit) ÷ ۱۰ (۵)

- با استفاده از شکل ۳۰ تعیین کنید که آیا رابطه EC و SAR قابل قبول است. به این معنی که، آیا در ناحیه عدم کاهش نفوذپذیری واقع می‌شود.
- اگر در این رابطه SAR و EC قابل قبول نیست، محاسبات را با فرض افزودن ۴ میلی اکی والان در لیتر کلسیم تکرار کنید. مقادیر SAR و EC را مجدداً برای تعیین این‌که آیا رابطه (EC/SAR) قابل قبول است محاسبه نمائید. این عمل را با افزایش غلظت کلسیم آنقدر ادامه دهید تا به رابطه قابل قبول دست یابید.

مثال : محاسبه مقدار گچ برای افزودن به آب

مثال ، مقدار گچ را که باید جهت بهبود نفوذپذیری به آب آبیاری اضافه گردد بدست آورید. کیفیت آب به صورت زیر است:

EC = ۰/۷ ds/m

Na = ۶/۲ meq/lit

Ca+Mg = ۰/۹ meq/lit

SAR = ۹/۲

قدم اول. با استفاده از شکل ۳۰، رابطه بین EC و SAR نشان می‌دهد که پتانسیل نفوذپذیری نسبتاً کم است.

قدم دوم. مقدار SAR و EC را با فرض افزایش ۲meq/lit و یک EC جدید تعیین کنید:

مقدار جدید Ca+Mg=۰/۹+۲= meq/lit

غلظت کل کاتیون = ۶/۲+۲/۹ = ۹/۱meq/lit

مقدار جدید EC = ۹/۱ ÷ ۱۰ = ۰/۹۱

مقدار جدید SAR = ۵/۱

شکل ۳۰، رابطه EC/SAR احتمال کم شدن نفوذپذیری را نشان می‌دهد.

قدم سوم. رابطه EC/SAR را با فرض افزایش ۴meq/lit کلسیم به آب مجدداً محاسبه کنید:

مقدار جدید Ca+Mg=۰/۹+۴= ۴/۹ meq/lit

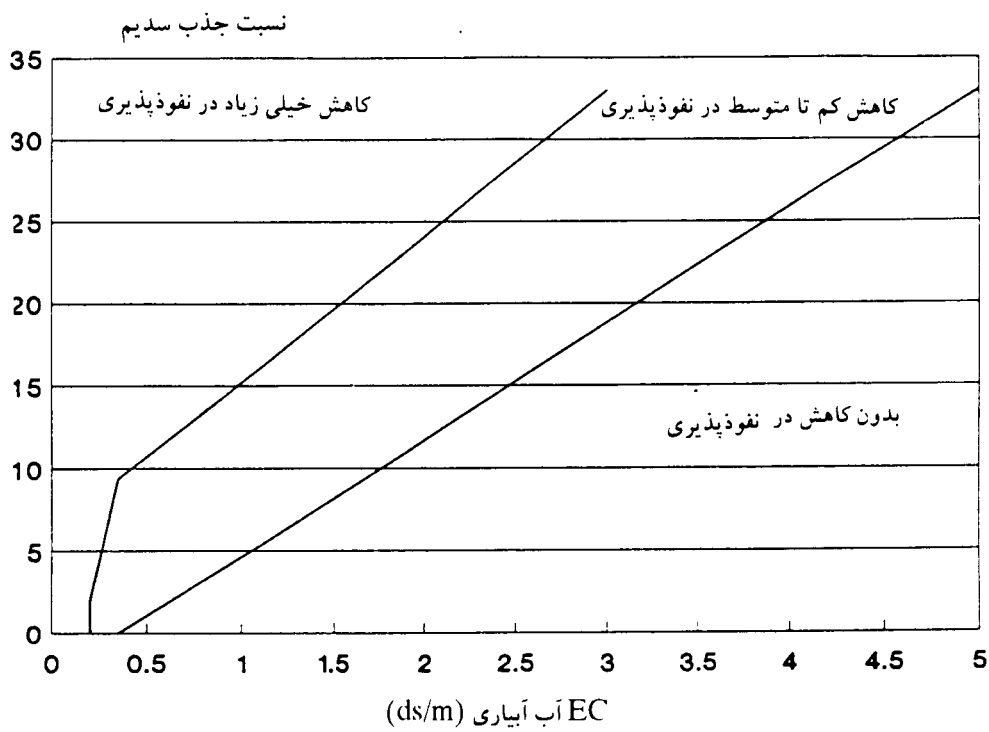
غلظت جدید کاتیون = ۶/۲+۴/۹ = ۱۱/۱meq/lit

مقدار جدید EC = ۱۱/۱ ÷ ۱۰ = ۱/۱۱

مقدار جدید SAR = ۴

با استفاده از شکل ۳۰، رابطه بین SAR و EC عدم احتمال کم شدن نفوذ پذیری مشخص می‌گردد.

قدم چهارم. با استفاده از جدول ۱۷ مقدار کلسیم افزونی (که برحسب میلی‌اکی والان در لیتر است) را به پوند افزودنی در اکر - فوت آب تبدیل کنید یعنی ۴ میلی‌اکی والان در لیتر کلسیم برابر ۹۳۶ پوند در اکر - فوت آب.



شکل ۳۰- تاثیر شوری و نسبت جذب‌سدیم و میزان نفوذپذیری نسبی خاک - منبع نشریه FAO -۲۹

جدول ۱۷- تبدیل میلی اکی والان در لیتر کلسیم به پوند افزودنی در اکر - فوت آب به کار رفته

پوند ماده افزودنی در هر اکر - فوت آب					
meq Ca/Lit	ژیپس ۱۰۰٪ خالص	اسید سولفوریک (۱۰۰٪ خالص)	آهک سولفوره (۲۳/۳٪گوگرد)	* نیتروسل (۴۰٪گوگرد و ۲۰٪ ازت)	اوره - اسید سولفوریک (۵۵٪ اسید و ۱۰٪ازت)
۱	۲۳۴	۱۳۳	۱۹۲	۵۰	۱۰۷
۲	۴۶۸	۲۶۶	۳۸۳	۱۰۰	۲۱۴
۳	۷۰۲	۳۹۹	۵۷۶	۱۵۰	۳۲۱
۴	۹۳۶	۵۳۲	۷۶۸	۲۰۰	۴۲۸
۵	۱۱۷۰	۶۶۵	۹۵۹	۲۵۰	۵۳۵
۶	۱۴۰۴	۷۹۸	۱۱۵۱	۳۰۰	۶۴۲

* فرض شده است که یک مول آمونیوم جانشین ۲ مول سدیم می‌شود.

مقایسه نیاز افزودنی به آب و خاک

در صورتیکه مقادیر افزودنی مورد نیاز برای اصلاح خاک اساساً بیشتر از مقدار مورد نیاز برای آب باشد، برای بهبود سریع شرایط سدیم قابل تبادل، از مقادیر افزودنی مورد نیاز برای خاک استفاده کنید.

استفاده از سایر افزودنی‌ها

در صورتیکه قرار باشد افزودنی غیر از گچ استفاده شود مقدار مورد نیاز برای تأمین مقدار کلسیم معادل را می‌توان با استفاده از جدول ۱۸ و معادله ۱۸ (معادله زیر) بدست آورد:

$$\text{مقدار افزودنی} = \frac{\text{تن معادل} \times 100}{\text{درصد خلوص}} \qquad (۱۸)$$

که در این رابطه تن معادل نمایانگر مقدار افزودنی پیشنهادی و معادل یک تن گچ صد در

صد خالص است.

مثال : مقدار اسید سولفوریک مورد نیاز را برای تأمین همان مقدار کلسیم به‌صورت ۲ تن گچ (۱۰۰٪) محاسبه کنید. درصد خلوص اسید ۹۳٪ است.

با استفاده از جدول ۱۸، تن معادل اسید سولفوریک برابر ۵۷٪ است.

تن ۰/۶۱ = ۰/۵۷ × ۱۰۰/۹۳ = مقدار اسید

بنابراین ، ۰/۶۱ تن اسید به همان مقدار کلسیم تأمین می‌کند که یک تن گچ خالص عمل می‌کند. در نتیجه مقدار اسید مورد نیاز معادل ۲ تن گچ برابر تن ۱/۲۲= ۰/۶۱×۲ است.

جدول ۱۸- مقایر افزودنی‌های رایج مورد نیاز برای تأمین مقدار معادل کلسیم

افزودنی پیشنهادی در برابر گچ	تن افزودنی پیشنهادی معادل ۱ تن گچ ۱۰۰٪
کلرید کلسیم دی هیدرات ($CaCl_2.2H_2O$)	۰/۸۶
اسید سولفوریک (۱۰۰٪ اسید، ۳۳٪ گوگرد و ۱۵/۳ گالن/ پوند)	۰/۵۷
گوگرد (۱۰۰ ٪)	۰/۱۹
آهک - سولفوره (۲۳/۳٪ گوگرد، ۱۰/۶ گالن/پوند)	۰/۸۲
نیتروسول (۴۰٪ گوگرد ۹/۵۲ گالن/پوند)	۰/۲۲

سایر قوانین سرانگشتی

۲ قانون سرانگشتی دیگر که باید در محاسبه افزودنی مورد نیاز برای اصلاح خاک‌های شور/ قلیائی به آن توجه داشت عبارتند از:

- یک اکر- فوت آب حدود ۱/۲۵ تن گچ را حل می‌کند (وقتی که گچ در خاک به‌کار می‌رود).
- یک اکر - فوت آب با جریانی متلاطم حدود ۳ تن گچ را حل می‌کند.

اصلاح خاک‌های تحت تأثیر بُر[1]

بُر عنصری مهم برای رشد گیاه به حساب می‌آید اما سمی بودن آن در غلظت‌های کم موجب می‌گردد که حضور این ماده در خاک بطور بالقوه مضر باشد. در جدول ۱۹ حداکثر غلظت بُر مجاز برای برخی محصولات زراعی فهرست شده است.

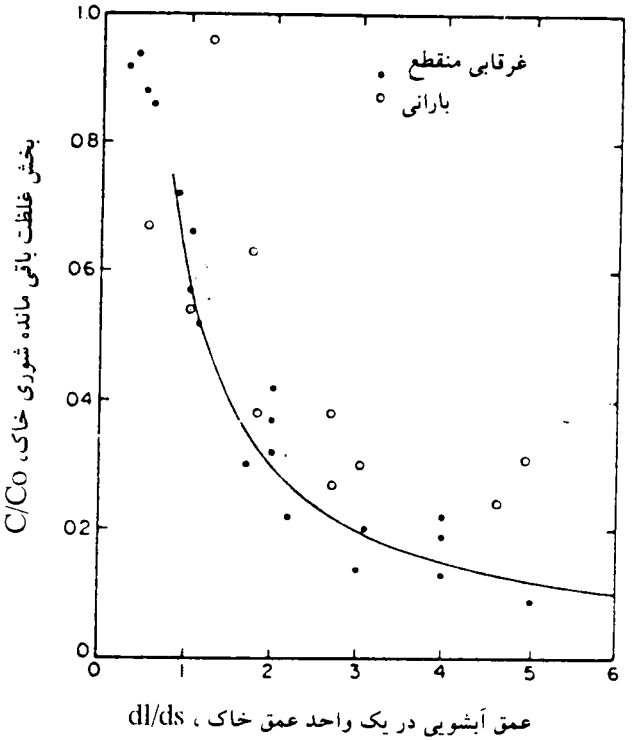
اصلاح خاکهای تحت تأثیر بُر نیاز به شستشوی بُر از خاک دارد. حذف بُر از خاک به‌علت آنکه این عنصر به شدت جذب ذرات خاک می‌گردد، نیاز به حدود ۲ تا ۳ برابر آب آبشویی بیشتر از آب مورد نیاز برای احیاء خاک‌های شور دارد.

شکل ۳۱ رابطه بین عمق آب مورد نیاز برای شستشو در اعماق مختلف خاک واندکی از بُر که در خاک باقی می‌ماند را نشان می‌دهد. از معادله ۱۹ نیز می‌توان استفاده نمود. ظاهراً که مقدار آب مورد نیاز مستقل از نوع خاک و روش شستشو است.

جدول ۱۹- حداکثر غلظت مجاز بُر در آب آبیاری

محصول	بر(ppm)	محصول	بر (ppm)
جو	۲-۴	طالبی	۲-۴
لوبیا	۰/۷-۱	گوجه‌فرنگی	۴-۶
ذرت	۲-۴	لیمو	<۰/۵
پنبه	۶-۱۵	پرتقال	۰/۵-۰/۷۵
یونجه	۴-۶	انگور	۰/۵-۰/۷۵
نیشکر	۴-۶	آلو	۰/۵-۰/۷۵
گندم	۰/۷۵-۱		

1- Reclaiming Boron-Affected Solis



شکل ۳۱- عمق آب موزد نیاز در ۳۰ سانتیمتر از خاک برای شستشوی بُر

$$Dw = (۰/۶)\frac{(Ds)}{(C/Co)} \qquad (۱۹)$$

که در آن

Dw = عمق آب مورد نیاز برای شستشوی بُر (متر)

Ds = عمق خاک شسته شده (متر)

C/Co = نسبت حذف غلظت اولیه

مثال: فرض کنید که متوسط غلظت بُر در ۶۰ سانتیمتر خاک روئی معادل ۲ppm است اما این مقدار به منظور رشد توت‌فرنگی باید به ۱ppm برسد.

$C/Co = ۱ppm \div ۲ppm = ۰/۵$ و $Ds = ۰/۶$ متر

پس داریم :

میزان آب بکار رفته DW = (۰/۶) (۰/۶ متر) ÷ (۰/۵)=۰ /۷۲ متر

مراجع :

Hoffman, G.J. 1986."Guidelines for reclamation of salt-affected soils." Applied Agricultural Research, Vol. 1:65-72.

آبیاری با آب شور[1]

در صورتی که تأمین آب آبیاری با شوری کم محدود باشد آب شور را می‌توان برای دوره زمانی کوتاه به‌کار برد. همچنین در مناطقی مانند دره سن واکین که دفع آب شور مسئله است می‌توان از آب شور به منظور کاهش حجم زه‌آب شور استفاده نمود.

عواملی که باید در استفاده از آب شور برای آبیاری مدنظر گرفت عبارتند از:

- شوری و SAR آب شور
- غلظت عناصر سمی مانند بُر در آب شور
- مقدار آب لب شور موجود
- **تحمل گیاه به شوری و عناصر سمی با توجه به مرحله رشد و بازده محصول**
- راهکارهای استفاده از آب شور، مخلوط کردن و یا استفاده نوبتی از آب شور
- وجود زهکش زیرزمینی برای آبشویی

راهکار استفاده مجدد

- استفاده دوره‌ای آب شور یعنی چرخش محصولات زراعی مقاوم در برابر نمک با محصولاتی که نسبتاً به شوری حساس هستند. این راهکار نیاز به در دسترس بودن آب آبیاری با شوری کم دارد که به همراه آب شور استفاده شود. در زیر روش توصیه شده برای استفاده نوبتی از آب شور آمده است:

از آب آبیاری با شوری کم برای آبیاری قبل ازکشت محصول و آبیاری زود هنگام محصول مقاوم و همه آبیاری‌های محصول نسبتاً حساس به شوری استفاده کنید.

1- Irrigation With Saline Water

- محصول مقاوم را پس از رسیدن به مرحله رشد با آب شور آبیاری کنید.
- پس از آنکه محصولات مقاوم رشد کردند، بخش بالائی ناحیه ریشه را با استفاده از آب با کیفیت خوب، جهت کاشت محصول نسبتاً حساس به شوری، به‌خوبی اصلاح کنید. انجام این عمل در زمستان بسیار مؤثرتر است. یا این‌که می‌توان آن‌را به صورت بخشی از پیش آبیاری انجام داد. آبیاری با آب با شوری کم را به منظور شستشوی نمک از پروفیل خاک ادامه دهید.
- چرخش دوره محصول را پس از رشد محصولات نسبتاً حساس تکرار کنید

تحقیقات میدانی نشان داده است، استراتژی استفاده نوبتی می‌تواند در نقاطی که گیاهان نسبتاً حساس به شوری (مثل گوجه‌فرنگی و محصولات جالیزی) در خاک با شوری اولیه کم کاشته شده‌اند مؤثر باشد. در این راهکار، زه آب (آب شور) تا زمانی که محصولات به اولین دوره گل دهی نرسیده‌اند به‌کار نمی‌رود. عموماً محصولات در دوره‌های پس از رشد، نسبت به شوری مقاومتر از دوره ابتدایی رشد هستند. توجه داشته باشید که این راهکار تا زمانی‌که مجدداً مقدار شوری و بُر در خاک مزرعه به ترازهای قابل تحمل کاهش نیابد نمی‌تواند در آن مزرعه مجدداً به‌کار رود.

- مخلوط کردن: آب شور مخلوط با آب آبیاری با شوری کم را می‌توان برای آبیاری استفاده نمود. شوری آب مخلوط شده را می‌توان با استفاده از معادله زیر به‌دست آورد:

$$ECb = \frac{(ECs)\ (Vs) + (ECi)\ (Vi)}{Vs + Vi} \qquad (۲۰)$$

که در آن:

ECb = هدایت الکتریکی آب (ds/m)

ECs = هدایت الکتریکی آب شور (ds/m)

ECi = هدایت الکتریکی آب آبیاری لب شور(ds/m)

Vs = حجم آب شور (متر مکعب)

Vi = حجم آب آبیاری لب شور (متر مکعب)

مثال : فرض کنید که زارعی به زه‌آب شور با هدایت الکتریکی ۶/۹ds/m دسترسی دارد و می‌خواهد از این آب بجای تأمین آب از آبخوان موجود (ECi=۰/۴ds/m) که بعلت خشکسالی کاهش یافته برای تکمیل آب آبیاری استفاده کند. زارع اختلاط آب را برای تولید آب مورد نیاز آبیاری با ECbبرابر با حد آستانه محصول گوجه فرنگی مدنظر دارد. نسبت اختلاط جهت حصول به آب موردنظر چقدر است؟

حد آستانه شوری خاک (ECo)برای گوجه‌فرنگی برابر ۲/۵ds/m است (به قسمت "تحمل شوری زراعی" مراجعه گردد). در صورتیکه نیاز آبشوئی (LF) برابر ۱۵٪ به‌طور دائم تأمین گردد، پس حداکثر شوری مجاز آب مخلوط (ECb) برابر ۱/۷ds/m است (به قسمت "آبشویی"، مراجعه شود).

$$۱/۷ = \frac{(۶/۹)\,(Vs) + (۰/۴)\,Vi}{Vs + Vi}$$

$$۱/۷\,Vs + ۱/۷Vi = ۶/۹Vs + ۰/۴Vi$$

$$۱/۳\,Vi = ۵/۲\,Vs$$

$$Vi/Vs = ۴$$

بنابراین زارع می‌تواند درازای هر ۴ واحد آب آبخوان، یک واحد زه‌آب مخلوط کند.

انتخاب یک راهکار

کدام راهکار بهترین است؟ پاسخ به این سؤال ممکن است به وجود مقادیر موثر آب شور برای آبیاری مزرعه بستگی داشته باشد. ممکن است جهت استفاده از راهکار نوبتی

نیاز به تسهیلاتی جهت ذخیره آب شور تا رسیدن دوره رشد باشد.این راهکار را ممکن است در دره سن واکین، جایی‌که بیشترین زه‌آب در طی دوره اولیه سال یعنی زمانی‌که آب در بالاترین تراز تولید می‌گردد به‌کار برد. در صورتی‌که مقدار آب ذخیره شده برای آبیاری کافی نباشد، می‌توان راهکار استفاده مجدد و اختلاط را با هم ترکیب کرد.

خطری که در استفاده از راهکار اختلاط وجود دارد شوری بسیار زیاد زه‌آب است. هدف از اختلاط، افزایش مقدار آب قابل استفاده می‌باشد، اما در صورتی که آب جزئی خیلی شور باشد آب قابل استفاده نیز هدر می‌رود. برای مثال، یک زارع تولید کننده پیاز (محصولی حساس به شوری) حتی ممکن است در صورت مواجه با مشکل برای تأمین آب با کیفیت خوب برای آبیاری محصولش، آب با کیفیت خوب را با زه‌آب با شوری حدود نصف آب دریا مخلوط کند. اما اختلاط یک اکر - فوت آب شور با یک اکر- فوت آب با کیفیت خوب برای استفاده جهت پیاز ، از آنجاییکه پیاز توانایی تحمل آب با شوری $\frac{1}{4}$ آب دریا را ندارد، منتج به افت کیفیت کل آب مصرفی می‌گردد. در صورتی‌که نسبت اختلاط (Vi/Vs) بزرگتر از ۴ باشد این راهکار را نباید در نظر گرفت.

کنترل شوری

در صورتی‌که قرار باشد آب شور برای غلات استفاده گردد، کنترل شوری امری اساسی است. عمل آبشویی باید تا حدی مؤثر باشد تا از کاهش محصول در اثر شوری ممانعت به عمل آید. راهکار نوبتی فرصتی را برای شستشوی نوبتی نمک از خاک به عنوان بخشی از گردش زراعی به‌وجود می‌آورد. در راهکار اختلاط ممکن است برای آبشویی به آبیاری بخصوصی نیاز باشد.

در جایی‌که آب شور در تراز بالایی قرار دارد و زهکشی زیرزمینی نامناسب است، استفاده از آب شور برای آبیاری ممکن است سؤال برانگیز باشد. در این شرایط ، خاک

نزدیک سطح به علت آبیاری با آب لب شور دارای شوری کمی بوده در حالیکه در اعماق پایین‌تر به علت وجود آب زیرزمینی شور، شوری خاک بیشتر است. آبیاری با آب دارای شوری زیاد موجب تغییر توزیع نمک در نزدیکی سطح می‌گردد و در صورتی‌که زهکشی نامناسب باشد ممکن است عمل اصلاح خاک با مشکل مواجه گردد.

اثر مواد سمی بر تولید محصول

نکته دیگری که در امر استفاده ازآب شور برای تولید زراعی باید درنظر گرفت اثر مواد سمی موجود در آب شور بر بازده محصول است. حضور این مواد ممکن است استفاده از آب شور را برای آبیاری محدود کند.در یک تحقیق آشکار شد که بُر و مولیبدن فاکتورهای محدود کننده نسبت‌های اختلاط آب شور در دوره سن واکین بودند.

به‌علاوه چنانکه در بخش "اصلاح خاک‌های تحت تأثیر بُر" شرح داده شده، حذف بُر از خاک، نیاز به مقادیر زیادی آب دارد.

مراجع:

Grattan, S.R. and J.D. Rhoades. 1990. "Irrigation with saline ground water and drainage water." In Agricultural Salinity Assessment and Management. American Society of Civil Engineers.

Hanson. B.R., W. Bowen, S.R. Grattan, D.W. Grimes and K.K. Tanji, 1991. "Trace elements limit potential for blending San Joaquin drainwater with canal water. "California Agriculture, Vol, 45:17-19.

تناوب آبیاری و شوری [1]

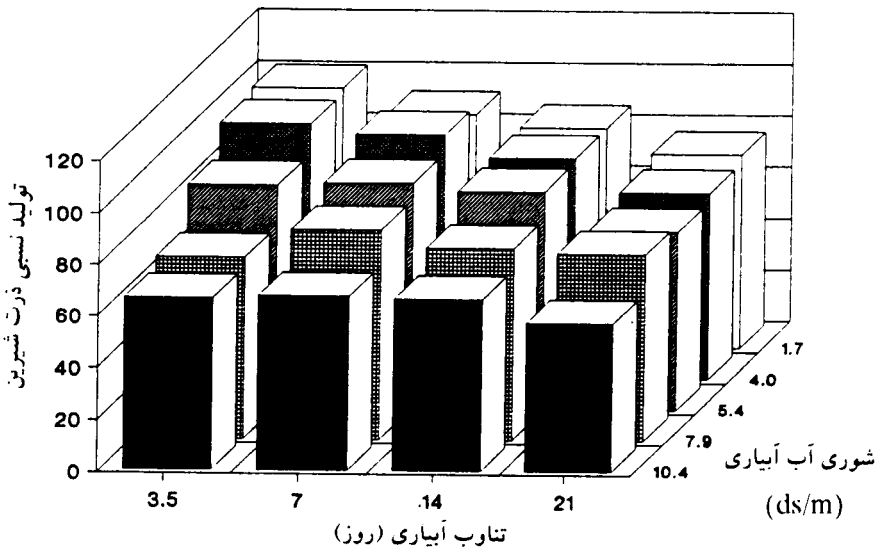
تحقیقات نشان داد که بازده محصول مستقیماً با شوری خاک و آب موجود که تکمیل کننده یکدیگر هستند مرتبط می‌باشد: خواه آب قابل دسترس کافی و شور و خواه آب ناکافی و لب شور باشد، بازده محصول یکسان است. آب در دسترس به‌وسیله پتانسیل ماتریکس و شوری آب به وسیله پتانسیل اسمزی شرح داده می‌شود.

نتیجه این تحقیقات ، یک قانون تجربی بود، به این صورت که با افزایش شوری آب تناوب آبیاری نیز باید افزایش یابد. نقطه‌نظر این قانون آن است که اثر افزایش شوری بر بازده محصول را می‌توان با افزایش میزان آب موجود در خاک از طریق تناوب بیشتر آبیاری جبران نمود. (متأسفانه، هیچ روشی برای تنظیم تناوب آبیاری بر مبنای افزایش شوری تنظیم نشده است).

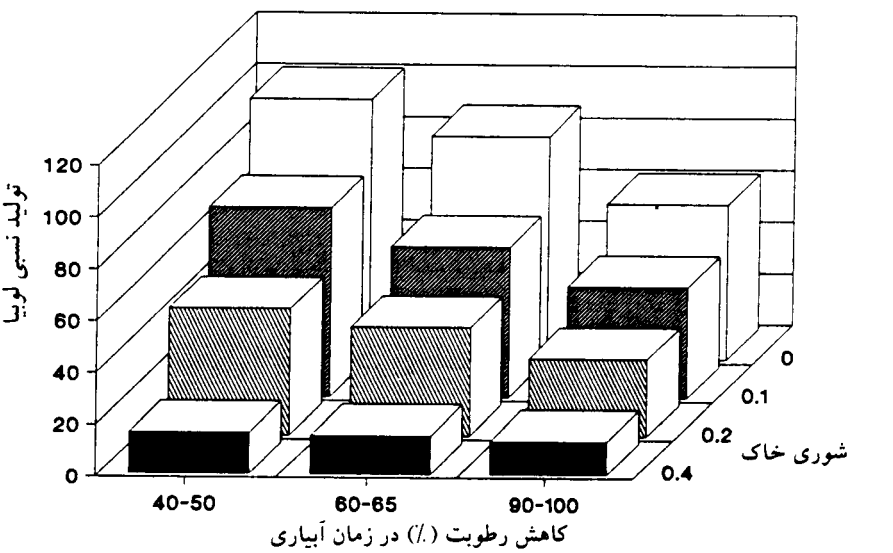
اگرچه آخرین تحقیقات آشکار نمود که این قانون تجربی احتمالاً دارای اعتبار نیست. اشکال ۳۲ و ۳۳ نشان‌دهنده ارتباطات بدست آمده در این تحقیقات بین بازده نسبی، تناوب آبیاری، و شوری آب آبیاری برای ذرت شیرین و لوبیای خشک هستند. از این اشکال، نتایج زیر را می‌توان استخراج نمود:

- در جایی که شوری آب آبیاری کم باشد، عموماً بازده محصول با افزایش تناوب آبیاری افزایش می‌یابد. افزایش بازده محصول ناشی از افزایش رطوبت نسبی موجود خاک است.
- بازده نسبی محصول با افزایش شوری آب آبیاری کاهش می‌یابد.
- در جایی که شوری آب خیلی زیاد باشد، تغییر بازده محصول با افزایش تناوب آبیاری خیلی کم است. این قضیه عکس قانون تجربی فوق است. به عبارت دیگر با افزایش شوری، در صورت افزایش تناوب آبیاری، بازده محصول خیلی کم کاهش می‌یابد.

1- Irrigation Frequency and Salinity



شکل ۳۲ - رابطه بین بازده نسبی، تناوب آبیاری و شوری آب آبیاری



شکل ۳۳ - رابطه بین بازده نسبی، تخلیه رطوبتی خاک در هنگام آبیاری و شوری آب آبیاری

علت عکس‌العمل کم تولید محصول به افزایش دوره آبیاری چیست؟ تحقیقات نشان داد که شوری بیش از حد آستانه خاک موجب کاهش استفاده گیاه از آب یا تبخیر و تعرق می‌گردد. با افزایش شوری خاک، استفاده گیاه از رطوبت خاک کاهش یافته و نقش کاهش رطوبت خاک بین آبیاری‌ها به‌عنوان فاکتوری در تعیین تولید محصول کم می‌شود.

از آنجایی که تخلیه رطوبت خاک با افزایش شوری کاهش می‌یابد تناوب بیشتر آبیاری رطوبت موجود خاک را افزایش نمی‌دهد. در جایی که شوری نسبتاً زیاد باشد ممکن است کاهش رطوبت خاک آن‌قدر آرام باشد که تولید محصول تحت تأثیر کاهش رطوبت موجود قرار گیرد. بنابراین افزایش تناوب آبیاری به‌علت آنکه تحت این شرایط افت رطوبت خاک یک عامل مشخص مؤثر بر بازده محصول نیست نمی‌تواند با افزایش رطوبت موجود خاک، شوری را جبران کند.

در جایی که مقدار شوری زیاد و در نتیجه کاهش رطوبت خاک کم است تناوب بیشتر آبیاری می‌تواند موجب افزایش نیاز آبشویی و ایجاد زه‌آبهای زیر زمینی گردد. به‌علاوه، برخی تحقیقات نشان داد که با نیاز آبشویی معین، ممکن است افزایش تناوب آبیاری موجب افزایش شوری خاک و در نتیجه کاهش رطوبت موجود خاک گردد. این اصل نشان می‌دهد که تناوب بیشتر آبیاری، رطوبت موجود خاک را افزایش داده و به‌دنبال آن افزایش شوری را جبران می‌کند اما این اصل زمانی صدق می‌کند که کاهش اساسی در تبخیر و تعرق گیاه در اثر شوری زیاد رخ نداده‌باشد، فرضی که عدم وقوع آن قابل ضمانت نیست.

برنامه‌ریزی آبیاری براساس کاهش رطوبت

در شرایط شوری، نحوه آبیاری چگونه باید برنامه‌ریزی گردد؟ این تحقیقات نشان داد که صرفاً در شرایط شوری کم باید برنامه‌ریزی آبیاری بر مبنای کاهش رطوبت خاک باشد. اما به علت آنکه شوری زیاد تولید محصول را کاهش می‌دهد، تبخیر و تعرق محصول نیز

کاهش می‌یابد. بنابراین در یک دوره زمانی معلوم، کاهش رطوبت خاک در شرایط شوری، کمتر از شرایط غیرشوری است.

مراجع :

Shalhevel, J., A. Vinten, and A. Meiri. 1986. "Irrigation interval as factor in sweet corn response to salinity, "Agronomy Journal, Vol.a 78:539-45.

Wadleigh, C.H. and A.D. Ayers. 1945. "Growth and biochemical composition of bean plants as conditioned by soil moisture tension and salt concertration. Plant Physiology, Vol. 20:106-29.

زهکشی زیرزمینی[۱]

در زمین‌هایی که تراز آب زیرزمینی بالا است برای فراهم آوردن محیط مطلوب در ناحیه ریشه برای رشد گیاه ممکن است نیاز به سیستم‌های زهکشی زیرزمینی باشد. بهبود زهکشی زیرزمینی می‌تواند مزایای زیر را سبب شود :

- کاهش شرایط باتلاقی ناشی از بالابودن تراز آب در ناحیه ریشه
- بهبود کنترل شوری
- توسعه فن‌آوری استفاده گیاه از آب زیرزمینی کم‌عمق جهت کاهش نیاز به جمع‌آوری و تخلیه زه‌آب
- بهبود قابلیت تردد خاک[۲]

سیستم زهکشی زیرزمینی شامل لوله پلاستیکی موج‌دار مشبک مدفون (پلی‌اتیلن یا پی‌وی‌سی) است. خطوط فرعی زهکشی متصل به خط اصلی به داخل مزرعه گسترش می‌یابند. خطوط فرعی ممکن است در فواصل همسان در سطحی که باید زهکشی گردد پخش شده یا در جایی که نیاز باشد قرار گیرند. خطوط فرعی و خط اصلی زه‌آب را معمولاً بطور ثقلی به سمت نقطه تخلیه که یک چاهک مکش یا زهکش‌رو باز است هدایت می‌کنند. یک پمپ، زه آب را از چاهک مکش آبکشی نموده و به داخل یک سیستم دفع تخلیه می‌کند. تراز آب نهر روباز یا چاهک مکش باید به منظور استفاده کامل از عمق زهکش پایین‌تر از لوله زهکش باشد.

چند نوع سیستم زهکش زیرزمینی ممکن است استفاده گردد. در جایی که زه‌آب زیرزمینی ناشی از نشت عمقی از زمین است از زهکش‌های موازی استفاده می‌گردد. این سیستم شامل کارگذاری لوله مشبک در فواصل مساوی در مزرعه است. فاصله بین زهکش‌ها بستگی به میزان نشت عمقی، هدایت هیدرولیکی خاک، عمق زهکش، حداکثر

1- Subsureface Drainage

2- Soil trafficability

تراز آب بالای زهکش‌ها و موقعیت لایه‌های نسبتاً غیرقابل نفوذ دارد. درصورتی‌که زه‌آب از سطح زمین یا نشت از کانال‌های روباز باشد، معمولاً از زهکش‌های حائل استفاده می‌شود. در برخی مناطق، از چاههای زهکشی[1] ، یا چاههای عمیق احداث شده در محدوده موردنظر، استفاده می‌شود.

از آنجایی که در فرایند طراحی یک سیستم زهکشی زیرزمینی، اطلاعات موردنیاز غالباً ناشناخته است، لذا این فرایند خیلی دقیق نیست. پروفیل‌های خاک و اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی از طریق حفاری با آگر می‌تواند بخشی از اطلاعات موردنیاز را تامین کند، اما سایر اطلاعات نظیر ضریب **زهکشی** (حجم زهکشی شده در هر ۲۴ ساعت) را **اغلب باید حدس زد، بنابراین بعضاً ضرورت دارد که یک سیستم زهکشی زیرزمینی که** فرضیات طراحی نصب شده‌است با نصب زهکش‌های اضافی اصلاح گردد.

یافتن یک راه مناسب برای دفع زه‌آب امری اساسی است. در گذشته، زه‌آب به داخل مجاری روباز، کانال‌های آبیاری و رودخانه‌ها تخلیه می‌شد. اما اگر زه‌آب شور و یا حاوی مواد سمی باشد، این عمل موجب تخریب آب پایین‌دست می‌گردد. به همین دلیل امروزه تخلیه زه‌آب در برخی مناطق محدود شده است با وجود این اغلب گزینه مناسبی برای تخلیه موجود نمی‌باشد.

1- Well drains

معیار عمق آب زیرزمینی برای طراحی زهکش[1]

یک عامل اساسی در طراحی یک سیستم زهکشی زیرزمینی تعیین عمق مناسب نصب در زیر سطح زمین برای حفظ تراز آب است که به اهداف طراحی زهکش، نوع خاک، نوع محصول و فعالیت‌های مدیریت آب آبیاری بستگی دارد. در زیر به ۴ روش برای تعیین عمق مطلوب تراز آب زیرزمینی اشاره می‌شود.

عمق لازم برای کاهش شرایط باتلاقی در ناحیه ریشه

برای تولید محصول زراعی ، ناحیه ریشه گیاه باید به خوبی **تهویه** شود. برای ممانعت از تجمع و افزایش غلظت گاز دی‌اکسیدکربن تولیدی توسط ریشه گیاهان، میکروارگانیسم‌ها و واکنش‌های شیمیایی در ناحیه ریشه باید اجازه پخش گاز به سطح خاک مهیا گردد. در همان زمان ، اکسیژن موردنیاز فرایندهای تنفس باید از سطح به داخل خاک انتشار یابد. انتشار از طریق حفره‌های غیراشباع خاک صورت می‌گیرد. اگر این حفره‌ها به علت وجود تراز بالای آب پر شوند یا اشباع گردند، عمل انتشار گازها که برای حفظ رشد گیاه لازم است خیلی به آرامی انجام می‌پذیرد.

همچنین ممکن است زهکشی زیرزمینی برای بهبود درجه حرارت خاک در زمان کاشت محصول لازم باشد. یک خاک مرطوب نسبت به یک خاک نسبتاً خشک برای افزایش درجه حرارت، به گرمای بیشتری نیاز دارد. با کاشت محصول افت تراز آب موجب کاهش مقدار رطوبت خاک در نزدیکی سطح شده و درجه حرارت خاک بالاتر می‌رود.

در جایی که تراز آب خیلی بالاست، بازده محصول به علت تهویه ضعیف تحت تأثیر قرار می‌گیرد. با افزایش عمق تراز آب زیرزمینی، بازده محصول نیز تا حدود حداکثر افزایش می‌یابد. سپس با افزایش بیشتر عمق آب زیرزمینی بازده محصول اصولاً" به علت کاهش تدریجی استفاده محصول از آب زیرزمینی کم‌عمق نقصان می‌یابد. برای تعدادی از **محصولات زراعی سالیانه،حداکثر بازده‌محصول در ترازآب حدودیک متراست.در مورد**

1- Water Table Depth Criteria for Drain Design

ارتباط بین تراز آب و بازده محصول برای محصولات زراعی همیشگی اطلاعات کمی موجود است.

شرایط ماندابی اغلب در مناطقی که بارندگی زیاد است و یا در زمینهای اطراف یک رودخانه، کانال یا سایر مسیرهای آبی بویژه در زمان فصل رشد گیاهان که جریان آب در آن‌ها زیاد است مسائلی را سبب می‌شود.

در جایی که شرایط ماندابی رخ می‌دهد معمولاً از روش طراحی زهکش دارای جریان ماندگار استفاده می‌گردد. ترازهای آب پیشنهادی فصلی برای این روش در جدول ۲۰ فهرست شده‌اند.

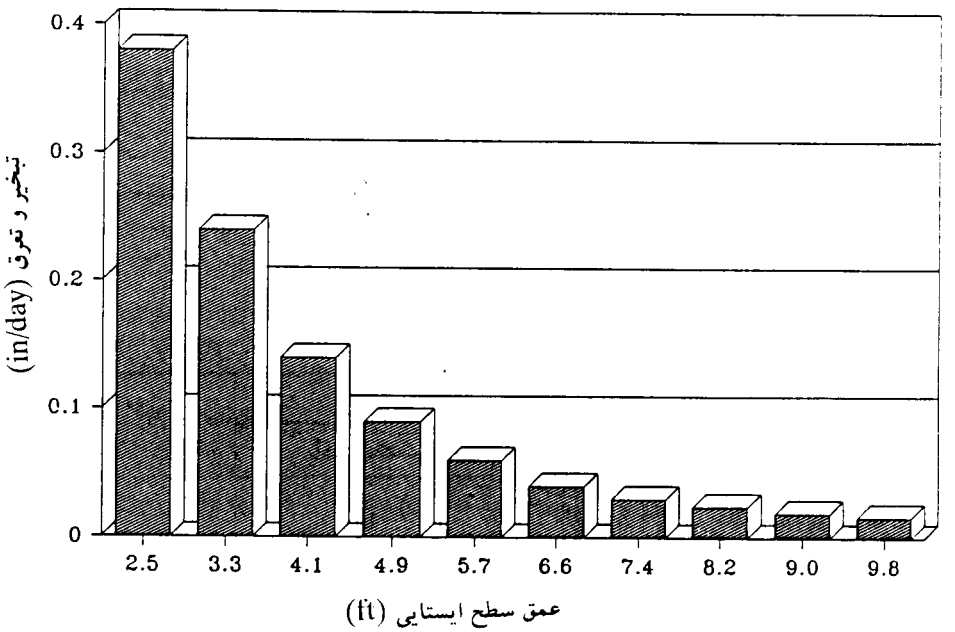
جدول ۲۰ - ترازهای آب فصلی پیشنهادی برای جلوگیری از آب گرفتگی

محصول	تراز آب در زیر سطح زمین، برحسب متر	
	خاک سنگین	خاک سبک
مزرعه	۱/۲	۱
سبزیجات	۱/۱	۱
درختان	۱/۶	۱/۲

عمق بحرانی برای کنترل شوری

با استخراج رطوبت خاک از ناحیه ریشه توسط گیاه، آب می‌تواند از آب زیرزمینی کم‌عمق به سمت بالا (ناحیه ریشه) حرکت کند. نرخ جریان رو به بالا بستگی به نوع خاک، فاصله تا تراز آب، مرحله رشد گیاه، مقدار تخلیه رطوبتی خاک و شوری آب زیرزمینی کم‌عمق دارد. درصورتی‌که آب زیرزمینی کم‌عمق شور باشد، با استفاده گیاه از رطوبت خاک ، نمک‌ها به سمت بالا و ناحیه ریشه حمل، در خاک باقی می‌مانند. در این حالت آبشویی نوبتی برای ممانعت از افزایش شوری در ناحیه ریشه ضروری است.

میزان جریان رو به بالا را می‌توان با کاهش تراز آب زیرزمینی کاهش داد. شکل ۳۴ نشان می‌دهد که در یک خاک لومی شنی با عمق آب زیرزمینی ۷۵ سانتیمتر، نرخ تبخیر یا جریان رو به بالا از تراز آب، حدود یک سانتیمتر در روز است.



شکل ۳۴ - رابطه بین نرخ تبخیر و عمق آب زیرزمینی

با افزایش عمق آب زیرزمینی تا حدود ۱/۵ متر، نرخ تبخیر سریعاً تا حدود ۳ میلیمتر در روز کاهش می‌یابد. افزایش بیشتر عمق آب زیرزمینی صرفاً موجب تغییر کمی در نرخ تبخیر می‌شوند، به این مفهوم که ماوراء یک عمق بحرانی (عمقی که در آن عمق نرخ جریان رو به بالا حدود ۱ میلیمتر در روز است) کاهش بیشتر تراز آب اثر کمتری بر کاهش نرخ جریان رو به بالا دارد. این عمق بحرانی بسته به نوع خاک، عمق ریشه و مقدار افت رطوبت خاک تغییر می‌کند.

مطالعات آزمایشگاهی نشان داده است که عمق بحرانی برای خاکهای با بافت متوسط حدود ۲ متر است، در حالی که احتمالاً این عمق در خاکهای با بافت سبک کمتر است. اگرچه، در این مطالعات صرفاً جریان رو به بالای ناشی از تبخیر در سطح خاک در نظر

گرفته شده است. در حقیقت جریان رو به بالا با رشد گیاه و استخراج آب از خاک اتفاق می‌افتد. بنابراین برای محدود کردن جریان رو به بالا تا ۰/۱ سانتی‌متر در روز، عمق بحرانی باید کمتر شود.

برای کنترل شوری، معمولاً از روش افت تراز آب در طراحی زهکش استفاده می‌شود. طرح باید از بالا آمدن آب از یک عمق معین جلوگیری نماید و موجب گردد که در یک دوره معقول پس از آبیاری تراز آب به عمق بحرانی برسد. در جدول ۲۱ حداقل عمق تراز آب فصلی توصیه شده بعد از آبیاری آمده است.

جدول ۲۱- ترازهای آب فصلی پیشنهادی برای جلوگیری از آب گرفتگی بعد از آبیاری

محصول	تراز آب در زیر سطح زمین، برحسب متر	
	بافت سنگین	بافت سبک
مزرعه	۱	۱
سبزیجات	۱	۱
درختان	۱/۵	۱/۱

جریان رو به پائین

نرخ جریان رو به بالای آب زیرزمینی کم‌عمق نیز توسط مدیریت آب آبیاری تعیین می‌شود. فاصله زیاد بین آبیاری‌ها موجب کاهش اساسی رطوبت خاک و افزایش جریان رو به بالا و افزایش بیشتر شوری می‌شود. اگر آبیاری‌ها دارای تناوب بیشتری باشند، تخلیه رطوبت خاک نسبتاً ملایم بوده و جریان رو به بالای آب زیرزمینی کم‌عمق کمتر خواهد بود. درصورتی که مقدار آب نشتی در هر آبیاری موجب مقدار کمی نشت عمقی باشد، ترکیب تناوب آبیاری به همراه مقدار کم نشت عمقی جریان ماندگار رو به پایین را در زیر ناحیه ریشه به وجود می‌آورد. این حالت به نوبه خود موجب به حداقل رسیدن تجمع نمک ناشی از جریان رو به بالای آب زیرزمینی در ناحیه ریشه خواهدشد.

این روش مدیریت به سیستم‌های آبیاری با توانایی کاربرد مقادیر کم آب در فواصل

متناوب دارد. به منظور ممانعت از افزایش نفوذ عمقی ناشی از مازاد آبیاری در برخی از قسمت‌های مزرعه آبیاری یابد با حداکثر یکنواختی بخش صورت پذیرد. سیستم‌های آبیاری قطره‌ای، ماشین‌های آبپاش (بارانی) با حرکت خطی، و ماشین‌های آبیاری با مصرف کم انرژی از جمله سیستم‌های آبیاری مناسب با این روش مدیریت هستند.

معیار عمق تراز آب ارائه شده در جدول ۲۰ به منظور ممانعت از آبگرفتگی مناسب است.

استفاده از حداکثر تراز آب

چهارمین روش عبارت است از طراحی سیستم زهکشی با به حداکثر رسانیدن مصرف گیاه از آب زیرزمینی کم‌عمق و در نتیجه به حداقل رسانیدن حجم زه‌آب خروجی است. تحقیقات نشان داده است که ۳۰ الی ۶۰ درصد آب مصرفی گیاه را می‌توان از آب زیرزمینی کم‌عمق تامین نمود. جدول ۲۲ حداکثر مصرف گیاه از آب زیرزمینی کم‌عمق را در خاک‌های دارای بافت متوسط تا ریز و در ترازهای مختلف شوری خاک نشان می‌دهد.

یکی از مشکلات این روش اثر طولانی‌مدت آن بر شوری خاک است. هرچه مقدار مصرف گیاه از آب زیرزمینی کم عمق بیشتر باشد، نیاز آبشویی برای کنترل شوری بیشتر است. اینکه چه حجم از مصرف آب زیرزمینی کم‌عمق توسط گیاه به چه میزان در افزایش نیاز آبشویی جهت کنترل شوری را به دنبال دارد هنوز جواب داده نشده است. درصورتیکه این روش استفاده شود بنابراین باید شوری خاک به دقت پایش گردد.

جدول ۲۲- تراز آب پیشنهادی برای به حداکثر رساندن استفاده گیاه زراعی از آب زیرزمینی کم‌عمق

EC (ds/m)	عمق (متر)
۵	۱/۵
۱۰	۱/۷
۲۰	۲/۳

کدام معیار باید استفاده شود؟

آشکار است که درجایی که شرایط ماندابی مشکل بوجود آورده باید معیاری را برای ممانعت از آبگرفتگی خاک‌ها استفاده کرد، در جایی که شوری مسئله است، استفاده از معیار مناسب طراحی بستگی به شرایط محلی دارد. در صورتی که دفع زه‌آب مسئله‌ای نباشد، می‌توان از روش عمق بحرانی با وجود اینکه نیاز به نصب لوله زهکش زیرزمینی است، استفاده نمود. درصورتی که مشکل، کنترل شوری و دفع زه‌آب باشد، آبیاری باید کمتر و با تناوب بیشتر صورت پذیرد. در این صورت زهکشها باید در عمق کمتری نصب شوند و احتمالاً فاصله زهکشها نزدیکتر باشد.

درجایی که آبیاری سطحی یا آبیاری بارانی با حرکت متناوب استفاده می‌شود، مصرف گیاه از آب کم‌عمق زیرزمینی می‌تواند افزایش یابد. این حالت ممکن است موجب کاهش حجم زه‌آب گردد، اما مقدار آبشویی لازم جهت کنترل شوری خاک با این روش هنوز برقرار نشده است.

مراجع :

Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1980. Drainage Design Factors,FAO.

Gardner, W.R. and M. Fireman, 1958. "Laboratory studies of evaporation from soil columns in the presence of a water table."Soil Science 85:244-49.

Grimes, D.W., R.L. Sharma, and D.W. Henderson, 1984. Developing the resource potential of a shallow water table. California Water Resources Center, University of California Contribution No. 188.

Talsma, T. 1963. "The control of saline groundwater." Mededlingen van de Landeouwhogeschool te Wageningen 63:1-68.

طراحی سیستم‌های زهکشی زیرزمینی[۱]

فاکتورهای موثر بر طراحی سیستم‌های زهکشی زیرزمینی عبارتند از : هدایت هیدرولیکی خاک (سنجشی برای سهولت جریان آب از خاک، که گاهی نفوذپذیری خاک نامیده می‌شود)، حداکثر نرخ جریان زه‌آب، حداکثر تراز قابل‌قبول آب زیرزمینی در بالای زهکش‌ها، عمق زهکش، و موقعیت لایه‌های غیرقابل‌نفوذ و دارای نفوذپذیری زیاد. اندازه‌گیری برخی از این فاکتورها نسبتاً آسان است و اما سایر آنها را باید تخمین زد.

فاصله بین زهکش‌ها را می‌توان به چند طریق محاسبه کرد. در روش جریان ماندگار، که اغلب در مناطق با بارندگی زیاد مورداستفاده قرار می‌گیرد، فرض بر این است که نشت عمقی با نرخ نسبتاً ماندگاری رخ می‌دهد، در حالی که تراز آب در بین زهکش‌ها حدوداً ثابت است. در روش افت تراز آب که اغلب در مناطق خشک و نیمه‌خشک استفاده می‌گردد، فرض بر این است که نشت عمقی سریعاً پس از آبیاری رخ داده و کم‌کم کاهش می‌یابد. همچنین تراز آب بین زهکش‌ها نیز فوراً پس از آبیاری در بالاترین سطح بوده و پس از آن کم‌کم کاهش می‌یابد.

اطلاعات تفصیلی در مورد روش جریان ماندگار را می‌توان در راهنمای زهکشی که توسط سازمان حفاظت خاک امریکا[۲] تحت عنوان "زهکشی زمین‌های کشاورزی" تهیه و توسط مرکز اطلاعات آب در هانتینگتون نیویورک به چاپ رسیده یافت نمود. اطلاعات تفصیلی در مورد روش کاهش تراز آب را نیز می‌توان در کتاب "راهنمای زهکشی" که توسط دفتر فنی عمران امریکا[۳] منتشر شده به دست آورد.

1- Designing Relief Drainage Systems 2- USDA

3- USBR

راهنمای زهکشی یک طرح

دفتر حفاظت خاک امریکا یک راهنمای زهکشی برای اراضی غربی با استفاده از ارزیابی‌های متعددی که بر عملکرد سیستم زهکشی زیرزمینی انجام داده تهیه کرده است. روش طراحی که در این راهنما آمده برمبنای روش کاهش تراز آب است با این تفاوت که از نموگرافهایی شبیه آنچه که در روش زهکشی زمین‌های کشاورزی آمده استفاده شده است. اطلاعات موردنیاز جهت استفاده از این راهنما عبارتند از :

- هدایت هیدرولیکی خاک (k) . هدایت هیدرولیکی را می‌توان با استفاده از آزمایش روش چاهک [1] تخمین زد.
- بررسی خاک منطقه، از جمله موقعیت لایه‌های نفوذپذیر و غیرقابل‌نفوذ.
- ضریب زهکشی (q)، که عبارت از میزان تخلیه زه‌آب زیرسطحی در یک دوره ۲۴ ساعته است. واحد ضریب زهکشی باید مانند واحد هدایت هیدرولیکی باشد، یعنی، اینچ بر ساعت یا سانتیمتر بر ساعت. ضرایب زهکشی از ۲ میلیمتر در روز برای خاکهای بانفوذپذیری کم (مانند آنچه که در دره سن‌واکین یافت می‌شود) تا ۲/۵ میلمتر در روز برای خاکهای با نشت متوسط تا زیاد متغیر است.
- عمق ریشه گیاهان کاشته شده در مزرعه زهکشی شده

روش تخمین فاصله بین زهکش‌ها به صورت زیر است:

۱- نسبت q/k را محاسبه کنید.

۲- خیز مجاز تراز آب (m) را در نقطه میانی محاسبه کنید.

$$m = d - c \qquad (۱)$$

که در آن :

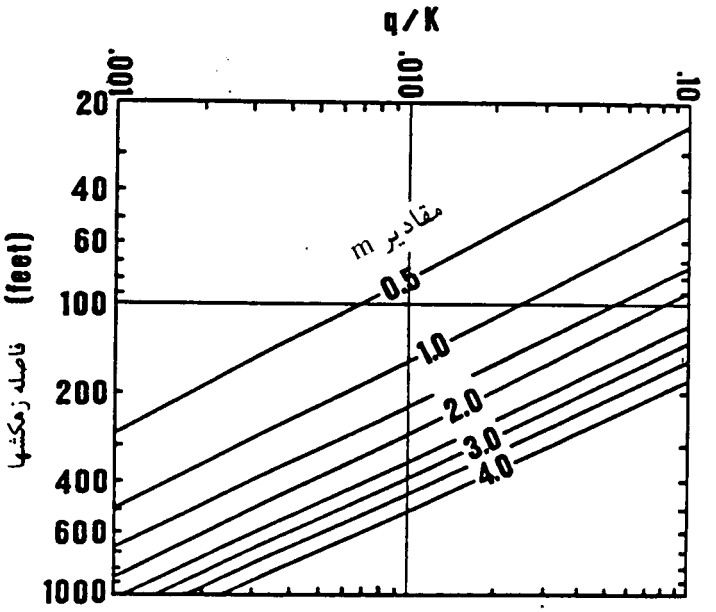
m = خیز مجاز

d = عمق زهکش

c = عمق ناحیه ریشه

1- Auger Hole

۳- فاصله بین زهکش‌ها را با استفاده از شکل ۳۵ به دست آورید. یک خط از محل مقدار q/k رسم نمایید. محل تقاطع این خط را با خط مربوط به خیزش مجاز تراز آب در نقطه میانی پیدا کنید. یک خط افقی از محل این نقطه بر روی محور عمودی رسم نمایید. مقدار حاصل در این نقطه همان فاصله بین زهکش‌هااست.



شکل ۳۵- فاصله زهکشها

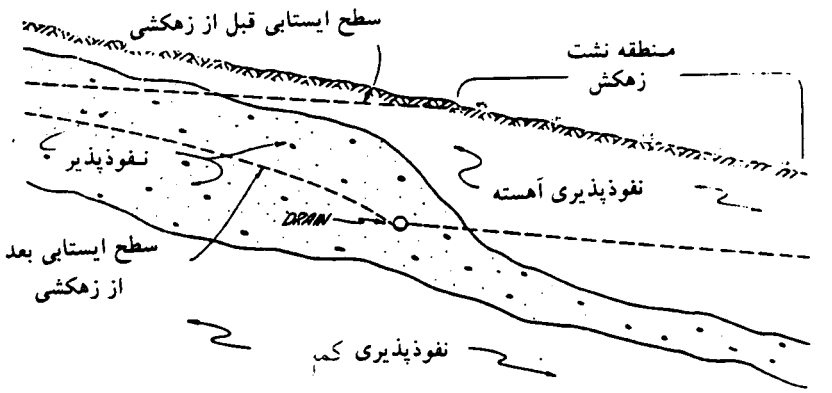
مراجع:

Dickey, G.L., and R.W. Wellemeyer, 1969. A guide for draining agricultural land along the westside of the San Joaquin Valley. USDA Soil Conservation Service, Fresno, CA.

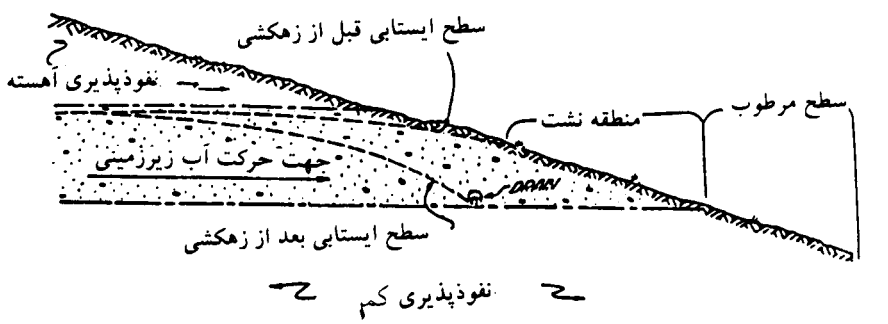
زهکش‌های حائل [1]

زهکش‌های حائل برای حذف جریان‌های آب زیرزمینی کم‌عمق از لایه‌های بالایی یا زه‌آب کانال‌ها، رودخانه‌ها یا سایر مسیرهای آبی استفاده شده و معمولاً شامل یک خط زهکش در جهت عمود بر جریان آب زیرزمینی است.

شکل‌های ۳۶ تا ۳۹ نمایانگر موقعیت‌های مناسب برای این نوع زهکش‌ها است.

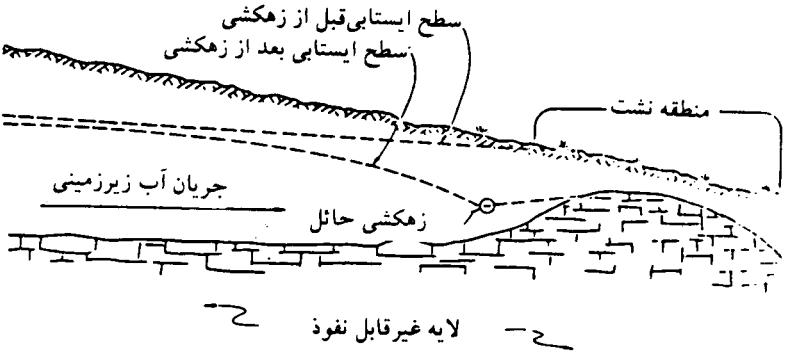


شکل ۳۶- زهکشهای حائل

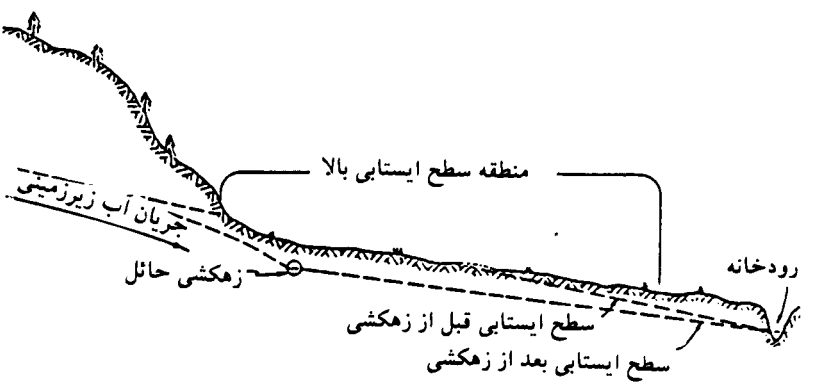


شکل ۳۷- زهکشهای حائل

1- Interceptor Drains



شکل ۳۸- زهکشهای حائل



شکل ۳۹ - زهکشهای حائل

مراجع:

Soil Conservation Service, 1973. Drainage of agricultural land. Water Information Center, Inc. Huntington, New York.

اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی به روش چاهک [1]

تخمین هدایت هیدرولیکی خاک اشباع در طراحی سیستم‌های زهکشی ضروری است. در روش چاهک با ایجاد چاهکی به کمک مته حفاری تا زیر تراز آب و اندازه‌گیری نرخ پرشدن چاهک‌ها با آب، رایج‌ترین روش میدانی برای اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی است. بااستفاده از ثابت‌های مناسب می‌توان این نرخ پرشدن را به عنوان تخمینی از هدایت هیدرولیکی به کار برد. مزایای این روش آن است که نسبتاً راحت بوده، نمونه‌هایی در حجم‌های بزرگ از خاک دست نخورده به دست می‌آید و از آب زیرزمینی برای اندازه‌گیری استفاده می‌شود.

روش

۱- یک چاهک کوچک (به قطر ۷/۵ تا ۱۰ سانتیمتر) به عمق تا زیر تراز آب حفر نمایید. عمق چاهک باید افزون بر عمق زهکش‌ها باشد.

۲- صبر کنید تا تراز آب داخل چاهک با آب زیرزمینی به تعادل برسد به طوری که تراز آب در چاهک هم‌تراز آب زیرزمینی باشد.

۳- عمق و قطر چاهک و عمق تا تراز آب را اندازه بگیرید.

۴- آب داخل چاهک را سریعاً پمپ و تخلیه نمایید.

۵- سریعاً پس از پمپاژ و در فواصل زمانی معین، تراز آب داخل چاهک را اندازه بگیرید. تراز آب و زمان اندازه‌گیری را ثبت کنید. در صورتی که خیزش آب سریع باشد ممکن است لازم شود که زمان به ثانیه ثبت گردد.

۶- منحنی عمق و زمان را رسم کنید. شیب منحنی را در فواصل زمانی کوتاه به‌دست

1- Measuring Hydraulic Conductivity With the Auger Hole Method

آورید. حداکثر زمان نباید از زمان موردنیاز برای رسیدن تراز آب به ۲۵ درصد عمق اولیه آب (درست پس ازپمپاژ) تجاوز نماید. عمق را به سانتیمتر و زمان را به ثانیه برگردانید. (یک اینچ برابر ۲/۵۴ سانتیمتر است).

۷- فاکتور شکل (C) را با استفاده از **جدول ۲۳** تعیین کنید. این فاکتور با استفاده از ابعاد چاهک، عمق آب در قبل و بعد از پمپاژ، فاصله چاهک از بالای طبقه غیرقابل‌نفوذ یا خیلی نفوذپذیر تعیین می‌شود.

۸- هدایت هیدرولیکی را با استفاده از معادله زیر به دست آورید:

$$K = (C)\ (\text{شیب}) \qquad (۲۱)$$

که در آن :

K = هدایت هیدرولیکی (متر در روز)

C = فاکتور شکل با استفاده از جدول ۲۴

شیب = شیب منحنی (سانتیمتر در ثانیه)

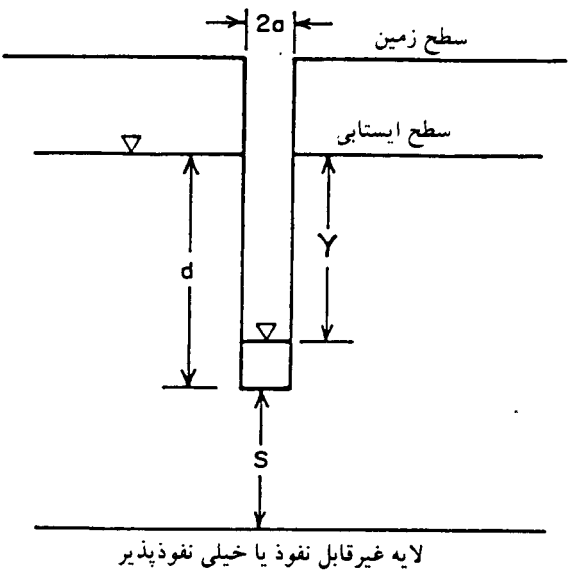
جدول ۲۴ - مقادیر C. نرخ خیزش آب در چاهک که برحسب سانتیمتر در ثانیه اندازه‌گیری شده و برای به دست آوردن هدایت هیدرولیکی خاک اطراف چاهک برحسب متر در روز این مقدار باید در C ضرب شود[1].

d/a		لایه غیرقابل نفوذ در = s/d						عمق نامحدود = ∞ s/d	شن در = s/d			
		۰/۰۰	۰/۰۵	۰/۱۰	۰/۲۰	۰/۵۰	۱/۰۰	۲/۰۰	۵/۰۰		۵/۰۰	۲/۰۰	۱/۰۰	۰/۵۰
۱	خالی	۴۴۷	۴۲۳	۴۰۴	۳۷۵	۳۲۳	۳۸۶	۲۶۴	۲۵۵	۲۵۴	۲۵۲	۲۴۱	۲۱۳	۱۶۶
	پر ۱/۴	۴۶۴	۴۵۰	۴۳۴	۴۰۸	۳۶۰	۳۲۴	۳۰۳	۲۹۲	۲۹۱	۲۸۹	۲۷۸	۲۴۸	۱۹۸
	پر ۱/۲	۵۵۷	۵۳۷	۵۲۲	۴۹۷	۴۴۹	۴۱۱	۳۸۶	۳۸۰	۳۷۹	۳۷۷	۳۵۹	۳۲۴	۲۶۴
۲	خالی	۱۸۶	۱۷۶	۱۶۷	۱۵۴	۱۳۴	۱۲۳	۱۱۸	۱۱۶	۱۱۵	۱۱۵	۱۱۳	۱۰۶	۹۱
	پر ۱/۴	۱۹۶	۱۸۷	۱۸۰	۱۶۸	۱۴۹	۱۳۸	۱۳۳	۱۳۱	۱۳۱	۱۳۰	۱۲۸	۱۲۱	۱۰۶
	پر ۱/۲	۲۳۴	۲۲۵	۲۱۸	۲۰۷	۱۸۸	۱۷۵	۱۶۹	۱۶۷	۱۶۷	۱۶۶	۱۶۴	۱۵۶	۱۳۹
۵	خالی	۵۱/۹	۵۸/۶	۴۶/۲	۵۲/۸	۳۸/۷	۳۶/۹	۳۶/۱		۳۵/۸		۳۵/۵	۳۴/۶	۳۲/۴
	پر ۱/۴	۵۴/۸	۵۲/۰	۴۹/۹	۴۶/۸	۴۲/۸	۴۱/۰	۴۰/۲		۴۰/۰		۳۹/۶	۳۸/۶	۳۶/۳
	پر ۱/۲	۶۶/۱	۶۳/۴	۶۱/۳	۵۸/۱	۵۳/۹	۵۱/۹	۵۱/۰		۵۰/۷		۵۰/۳	۴۹/۲	۴۶/۶
۱۰	خالی	۱۸/۱	۱۶/۹	۱۶/۱	۱۵/۱	۱۴/۱	۱۳/۶	۱۳/۴		۱۳/۴		۱۳/۳	۱۳/۱	۱۲/۶
	پر ۱/۴	۱۹/۱	۱۸/۱	۱۷/۴	۱۶/۵	۱۵/۵	۱۵/۰	۱۴/۸		۱۴/۸		۱۴/۷	۱۴/۵	۱۴/۰
	پر ۱/۲	۲۳/۳	۲۲/۳	۲۱/۵	۲۰/۶	۱۹/۵	۱۹/۰	۱۸/۸		۱۸/۷		۱۸/۶	۱۸/۴	۱۷/۸
۲۰	خالی	۵/۹۱	۵/۵۳	۵/۳۰	۵/۰۶	۴/۸۱	۴/۷۰	۴/۶۶		۴/۶۴		۴/۶۲	۴/۵۸	۴/۴۶
	پر ۱/۴	۶/۲۷	۵/۹۴	۵/۷۳	۵/۵۰	۵/۲۵	۵/۱۵	۵/۱۰		۵/۰۸		۵/۰۷	۵/۰۲	۴/۸۹
	پر ۱/۲	۷/۷۶	۷/۳۴	۷/۱۲	۶/۸۸	۶/۶۰	۶/۴۸	۶/۴۳		۶/۴۱		۶/۳۹	۶/۳۴	۶/۱۹
۵۰	خالی	۱/۲۵	۱/۱۸	۱/۱۴		۱/۱۱	۱/۰۷	۱/۰۵		۱/۰۴			۱/۰۳	۱/۰۲
	پر ۱/۴	۱/۳۳	۱/۲۷	۱/۲۳	۱/۲۰	۱/۱۶	۱/۱۴			۱/۱۳			۱/۱۲	۱/۱۱
	پر ۱/۲	۱/۶۴	۱/۵۷	۱/۵۴	۱/۵۰	۱/۴۶	۱/۴۴			۱/۴۳			۱/۴۲	۱/۳۹
۱۰۰	خالی	۰/۳۷	۰/۳۵	۰/۳۴	۰/۳۴	۰/۳۳	۰/۳۲			۰/۳۲			۰/۳۲	۰/۳۱
	پر ۱/۴	۰/۴۰	۰/۳۸	۰/۳۷	۰/۳۶	۰/۳۵	۰/۳۵			۰/۳۵			۰/۳۴	۰/۳۴
	پر ۱/۲	۰/۴۹	۰/۴۷	۰/۴۶	۰/۴۵	۰/۴۴	۰/۴۴			۰/۴۴			۰/۴۳	۰/۴۳

1- Beast, C.W. and D.Kirkham. 1971. Auger hole seepage theory. Soli Scic. Am 35(3) : 365373.

عواملی که در آزمایش چاهک باید مدنظر باشند

- اگر عمق لایه‌های غیرقابل‌نفوذ یا با نفوذپذیری خیلی زیاد مشخص نیست، چاهک دیگری با نسبت بزرگتر d/a حفر نمائید (شکل ۴۰). در حفره‌های با نسبت زیاد عامل شکل کمتر تحت‌تاثیر عمق این لایه‌ها قرار می‌گیرد.
- در خاک‌های با نفوذپذیری کم، ممکن است به تعادل رسیدن تراز آب داخل حفره با تراز آب زیرزمینی طولانی شود. استفاده از حفره‌هایی با قطر کمتر موجب می‌گردد که به آب کمتری برای پر شدن سوراخ نیاز باشد.



شکل ۴۰- آزمایش روش چاهک

- جریان آب به داخل چاهک در خاک‌های با نفوذپذیری خیلی زیاد ممکن است بسیار سریع باشد. به طوری که سرعت بالا آمدن تراز آب برای اندازه‌گیری مطمئن خیلی سریع گردد. یک حفره با قطر بیشتر میتواند نرخ خیزش را آرام کند.
- ریزش حفره در خاکهای ناپایدار می‌تواند مسئله باشد. ممکن است یک جدار از لوله

سوراخ‌دار یا توری برای تثبیت حفره لازم گردد. سوراخ‌های روی لوله باید حداقل ۵ درصد کل سطح زیر آب لوله را دربرگیرد.

- وجود لایه‌های شنی کوچک غیرممتد می‌تواند در اندازه‌گیری‌ها، ایجاد خطا کند. جریان آب از این لایه‌ها به داخل حفره ممکن است سریع باشد طوری که ممکن است منتج به ثبت هدایت هیدرولیکی نسبتاً بالایی گردد.
- فشار آرتزین نیز ممکن است در اندازه‌گیری‌ها ایجاد خطا کند.

اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی خاک با لایه‌های متفاوت

- در یک خاک با لایه‌های متفاوت هدایت هیدرولیکی را می‌توان به روش زیر برای هر لایه اندازه‌گیری کرد:

۱- چاهکی به قطر ۷/۵ تا ۱۰ سانتیمتر تا کف اولین لایه حفر نمایید. هدایت هیدرولیکی را اندازه بگیرید.

۲- سپس حفاری را با همان قطر تا کف لایه بعد ادامه داده و هدایت هیدرولیکی را اندازه بگیرید.

۳- این روش را برای هر لایه ادامه دهید.

۴- هدایت هیدرولیکی هر لایه را با استفاده از معادله زیر تخمین بزنید.

$$K = [(K_n)(D_n) - (K_n-1)(D_n-1)]/d_n \qquad (۲۲)$$

که در آن :

K = هدایت هیدرولیکی لایه nام

d_n = ضخامت لایه nام

k_n = هدایت هیدرولیکی nامین مرحله آزمایش

D_n = کل عمق زیر تراز استاتیک آب مرحله nام

K_n-1 = هدایت هیدرولیکی مرحله (n-1)

D_n-1 = کل عمق زیر تراز استاتیک آب در مرحله (n-1)

مثال : یک آزمایش چاهک در یک خاک سیلتی لومی انجام شده است. عمق چاهک ۹/۴ سانتیمتر (۳/۷ اینچ) است. عمق تعادل آب در چاهک (در شکل ۴۰) ۷۱ سانتیمتر (۲۷/۹ اینچ) بود. سریعاً بعد از پمپاژ، حدود ۲۲ درصد چاهک پر بود. اطلاعات عمق تراز آب و زمان در **جدول ۲۴** آمده است.

جدول ۲۴- اطلاعات آزمایش به روش چاهک

زمان (ثانیه)	عمق تا تراز آب (cm)	زمان (ثانیه)	عمق تا تراز آب (cm)
۰	۵۵/۱	۱۶۵	۳۲/۶
۱۵	۵۲/۶	۱۹۰	۲۹/۷
۳۰	۴۹/۴	۲۲۵	۲۷/۵
۴۵	۴۶/۹	۲۷۰	۲۴/۶
۶۰	۴۵	۳۰۰	۲۳/۱
۷۵	۴۱/۵	۳۶۰	۲۰/۵
۹۰	۴۰/۵	۴۲۰	۱۹/۲
۱۰۵	۳۸/۶	۴۸۰	۱۷/۳
۱۲۰	۳۷/۴	۵۴۰	۱۵/۸
۱۳۵	۳۵/۴	۶۰۰	۱۳/۲

۱- فاکتور شکل را تعیین کنید.

a = ۴/۷ سانتیمتر

d = ۷۱ سانتیمتر

S = نامعلوم (بی‌نهایت فرض شود)

d/a = ۱۵/۱ یا حدود ۱۵

از جدول، با d/a = ۱۵، پربودن حدود ۲۵٪ چاهک، و یک محیط نامحدود، فاکتور شکل حدود ۸ است. فاکتور شکل با رسم C نسبت به d/a روی کاغذ گراف تخمین زده می‌شود.

۲- شیب خط را برای فواصل زمانی کوتاه تعیین کنید. برای فواصل زمانی کوتاهتر از ۸۰ ثانیه، یک خط مستقیم این نقاط اطلاعاتی را پوشش می‌دهد (در یک راستا قرار می‌گیرند). برای فواصل زمانی بیش از ۸۰ ثانیه ، گراف حالت منحنی پیدا می‌کند.

شیب = (۵۵/۱cm − ۴۱/۵cm) ÷ ۷۵ ثانیه = ۰/۱۸ cm/sec

۳- هدایت هیدرولیکی را به دست آورید :

K = (C) (شیب) = (۸)(۰/۱۸) = ۱/۴۴ m/day

مراجع:

Boast, C.W. and D. Kirkham. 1971. "Auger hole seepage theory." Soil Science Society of America 35(3):365-73

Bureau of Reclamation, 1978. Drainage Manual. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.

چاهک‌های مشاهده‌ای و پیزومترها[1]

تعیین منشاء آب زیرزمینی مستلزم دریافت اطلاعاتی درمورد حرکت آب زیرزمینی کم‌عمق و عمق سفره آب است. حرکت آب زیرزمینی را می‌توان با نصب چاهک‌های مشاهده‌ای و پیزومترها در سطح محدوده موردنظر تعیین کرد.

چاهک‌های مشاهده‌ای

چاهک‌های مشاهده‌ای حفره‌هایی هستند که تا زیر سطح آب حفر می‌شوند. آب زیرزمینی از کناره‌ها و کف به داخل و خارج چاه جریان می‌یابد. چاه‌های مشاهده‌ای با استفاده از مته‌های دستی یا ماشینی حفر می‌گردند.

باکمک چاهک‌های مشاهده‌ای صرفاً می‌توان عمق آب را اندازه‌گیری کرد. یک چاهک منفرد را می‌توان برای پایش تغییرات تراز آب به کار برد. یک شبکه چاهک‌های مشاهده‌ای در یک مزرعه را می‌توان برای تشریح حالات جریان آب زیرزمینی با استفاده از محاسبات تراز آب که از تفریق سطح تراز آب از سطح زمین در کنار چاهک به‌دست می‌آید به کار برد.

روش نصب چاهک‌های مشاهده‌ای به صورت زیر است:

۱- یک چاهک به قطر ۷/۵ تا ۱۰ سانتیمتر تا زیر پایین‌ترین تراز قابل انتظار آب حفر نمایید.

۲- یک قطعه لوله PVC داخل چاه قرار دهید. قطر لوله می‌تواند از ۲ تا چندین سانتیمتر باشد. انتهای لوله را با یک سرپوش یا راه‌بند، جهت جلوگیری از ورود مواد ببندید. به کمک تیغه اره در فواصل چند سانتیمتری در محدوده تغییرات تراز آب، شیارهایی بوجود آورید.

۳- پشت لوله را با محدوده وسیعی از دانه‌بندی ماسه یا شن پر کنید. شن را در حد فاصل

---

1 - Observation Wells and Pizometers

لوله PVC و دیواره حفره بریزید.

ممکن است به علت ریزش حفره در طی حفاری نصب چاه‌های مشاهده‌ای در خاک ناپایدار، مشکلاتی ایجادشود. این مشکل را می‌توان با نگاه داشتن حفره از آب به هنگام حفاری کاهش داد و از ورود آب سطحی به داخل حفره به کمک واردکردن رس کوبیده در سطح جلوگیری کرد. اگرچه در خاکهای شکافدار ممانعت از ورود آب سطحی به داخل چاهک مشکل است.

پیزومترها

پیزومترها برای اندازه‌گیری بار هیدرولیکی در یک نقطه زیر سطح آب یا تراز آب استفاده می‌شوند. این تجهیزات برای تشریح روند عمودی جریان استفاده می‌شوند. یک پیزومتر، لوله‌ای است که برای آب‌بندی محکم بین خاک و لوله به داخل خاک کوبیده می‌شود. این آب‌بندی از جریان آب به سمت پایین داخل حفره کف لوله جلوگیری می‌کند.

روش‌های نصب پیزومترها در زیر آمده است:

- پیزومتر را به داخل خاک بکوبید. سر لوله باید جهت ممانعت از صدمه به لوله حفاظت گردد. یک لوله با قطر اندکی کمتر از قطر لوله باید پیش از ورود لوله حفر گردد.
- پیزومتر را به همراه آب تحت فشار به داخل خاک تزریق کنید.
- چاهکی با عمق پایین‌تر از عمق موردنظر حفر کنید. لوله پیزومتر را داخل حفره نصب و اطراف آن را با مخلوط شن و سیمان و یا مخلوط یک به یک خاک بنتونیت پر کنید. ضخامت این لایه مخلوط اطراف لوله حداقل ۱/۵ متر توصیه می‌شود.

کاهش زهکشی به وسیله بهبود آبیاری[1]

زهکشی زیرزمینی در کرانه غربی دره سن‌واکین ناشی از نشت عمقی آب آبیاری است. بنابراین هرگونه تمرکزی بر طرح دفع یا تصفیه باید با کاهش زه‌آب در اثر بهبود آبیاری باشد.

راهنمایی برای کاهش زه‌آب

دو روش کلیدی در کاهش زه‌آب توسط بهبود آبیاری عبارتند از : ممانعت از آبیاری مازاد و بهبود یکنواختی نفوذ آب . از آبیاری مازاد می‌توان با کاهش زمان آبیاری ممانعت نمود. آبیاری‌های غیریکنواخت می‌تواند موجب نفوذ غیریکنواخت آب در مزرعه شوند. درصورتی‌که مناطق با آبیاری کم مقداری حداقل برابر تخلیه رطوبتی خاک دریافت کنند، سایر مناطق مقدار بیشتری دریافت می‌کنند که موجب ایجاد زه‌آب زیرزمینی می‌شود. اختلاف بین مقادیر نشت یافته در مزرعه را می‌توان با یکنواختی کاربرد آب بهبود بخشید. یکنواختی بیشتر، پتانسیل بیشتر راندمان آبیاری، با فرض استفاده مجدد از روان‌آب سطحی آبیاری است.

ارتقاء سیستم‌های آبیاری سطحی

یک عامل غیریکنواختی آبیاری در روش آبیاری سطحی زمان موردنیاز برای جریان یافتن آب در مزرعه "زمان پیشروی" است، این جریان توسط عواملی چون، زبری سطح، نرخ نفوذپذیری خاک، دبی جریان در مزرعه، طول مزرعه و شیب کنترل می‌گردد. زمان پیشروی موجب می‌گردد که در قسمت بالای مزرعه آب بیشتری نسبت به قسمت پایین

1- Reducing Drainage by Improving Irrigation

مزرعه نفوذ کند. این اختلافات را می‌توان با انتقال سریع‌تر آب به انتهای مزرعه کاهش داد. روش‌های بهبود یکنواختی عبارتند از :

- کاهش طول قطعه زراعی به نصف و تنظیم زمان آبیاری. برای قطعات زراعی که در مناطق دارای مشکل زهکشی طول ۴۰۰ الی ۸۰۰ متر رایج است. کاهش طول قطعه زراعی و تنظیم زمان آبیاری می‌تواند موجب کاهش زه‌آب زیرزمینی تا نصف مقدار می‌گردد. اگرچه روان‌آب سطحی آبیاری به شکل اساسی افزایش می‌یابد، عدم توانایی در تنظیم زمان در موقعی‌که طول قطعه زراعی کوتاهتر شده باشد منتج به آبیاری مازاد شده و می‌تواند زه‌آب زیرسطحی بیشتری را نسبت به سیستم اصلی موجب شود. زمان آبیاری باید تا مقداری معادل اختلاف بین زمان پیشروی اصلی و زمان پیشروی جدید در شرایط طول کوتاه شده قطعه زراعی کاهش یابد.
- افزایش مقدار جریان در جویچه‌ها: این کار ممکن است در خاک‌های لومی موثر باشد اما در خاک‌های درز و ترک دار اثر کمتری دارد. برای ممانعت از آبیاری مازاد، زمان آبیاری باید به مقداری معادل اختلاف بین زمان پیشروی قدیم و زمان پیشروی جدید کاهش یابد.
- استفاده از جویچه تورپیدو : این عمل سطح خاک را هموار و مجرایی مناسب برای جریان آب در جویچه فراهم می‌آورد.
- بهبود یکنواختی شیب : شیب های معکوس با ناهمواری زیاد می‌توانند موجب به تاخیر افتادن جریان در قطعه زراعی شوند.
- آبیاری موجی :این روش می‌تواند زه‌آب زیرزمینی را ۳۰ تا ۴۰ درصد کاهش دهد. اگرچه در خاکهای رسی درز و ترک‌دار، آبیاری موجی اثر کمتری دارد. آبیاری موجی می‌تواند عدم یکنواختی ناشی از تغییرخاک را نیز کاهش دهد.

تبدیل سیستم‌های آبیاری تحت فشار

یکنواختی را می‌توان با تبدیل سیستم آبیاری به سیستم تحت فشار که در آن آب

داخل لوله‌ها جریان یافته و جریان آن توسط خصوصیات خاک کنترل نمی‌شود بهبود بخشید.

- استفاده از آبپاشهای متحرک دستی برای پیش‌آبیاری: نرخ نفوذپذیری خاک معمولاً در مواقع پیش‌آبیاری بیشترین مقدار است. پیش‌آبیاری‌های جویچه‌ای نقش اول را در ایجاد زه‌آب زیرزمینی دارند. سیستم‌های آبپاش متحرک دستی را می‌توان برای پیش‌آبیاری استفاده کرد و آبیاری جویچه‌ای را برای آبیاری محصول. باوجود این نشان داده است که، نرخ نفوذپذیری خاک در اولین آبیاری محصول توسط پیش‌آبیاری به‌کمک آبپاش به طور قابل ملاحظه‌ای از پیش‌آبیاری جویچه‌ای بیشتر است.
- تمام آبیاری‌ها را با آبپاش‌های متحرک دستی انجام دهید. فواصل توصیه شده برای آبپاشی یکنواخت بین خطوط فرعی ۹ متر و بین خطوط اصلی ۱۲ متر است. فاصله بیشتر در خطوط فرعی می‌تواند منتج به یکنواختی غیرقابل قبولی در زمانهای با سرعت باد بیش از ۱۰ کیلومتر بر ساعت گردد. از نازل‌های کنترل جریان نیز باید به منظور تغییرات زیاد فشار در سیستم آبیاری استفاده کرد.
- تبدیل به ماشین‌های آبپاش با حرکت خطی: این ماشین‌ها نسبت به آبپاش‌های متحرک دستی کمتر تحت تاثیر باد قرار می‌گیرند. فاصله توصیه شده برای نازل‌های آبپاشی ۹۰ تا ۱۲۰ سانتیمتراست.
- تبدیل به ماشین‌های آبیاری با کاربرد دقیق و کم انرژی (LEPA) : این ماشین‌ها نمونه تغییریافته‌ای از ماشین آبپاش با حرکت خطی است که از شیلنگ‌های افتاده‌ای که جریان از طریق آنها مستقیماً به داخل جویچه تخلیه می‌گردد تشکیل شده‌اند. خاکریزهای جویچه‌ای را می‌توان برای ممانعت از روان‌آب استفاده کرد. اگرچه از نازل‌های آبپاش باید برای حفظ شرایط قبلی و کنترل شوری استفاده شود. با این وصف وسیله‌ای تجاری که امکان استفاده این ماشین را به صورت آبپاش یا شیلنگ افتاده فراهم آورد موجود است.
- تبدیل به آبیاری قطره‌ای در محصولات نواری: آبیاری قطره‌ای، چه از نوع سطحی

یا مدفون، دارای پتانسیلی است که می‌تواند غلبه بر بسیاری از مسایلی که در سایر سیستم‌های آبیاری نیز وجود دارد، اما باید توجه داشت که این سیستم نیاز به مهارت بیشتری از مدیریت دارد. در آبیاری قطره‌ای سطحی نیاز به جمع‌آوری لوله بعد از هر محصول می‌باشد. در سیستم‌های قطره‌ای ثابت این مسئله وجود ندارد. اما به منظور ممانعت از ضربه به لوله‌های ثابت، نیاز به تغییرات اساسی در عملیات کاشت است. ممکن است یک سیستم آبیاری ثانویه نیز برای حفظ شرایط قبلی و کنترل شوری به هنگام استفاده از سیستم مدفون لازم باشد.

کدام سیستم بهترین است؟

به لحاظ تاریخی، بهترین سیستم آبیاری، سیستمی است که بیشترین سوددهی را داشته باشد. هزینه‌های دفع زه‌آب به طور مرسوم درنظر گرفته نمی‌شود.

شواهد به دست آمده در مزارع بزرگ نشان داده‌است که تعیین بهترین سیستم امری دشوار است. در حالی‌که در سیستم قطره‌ای می‌توان به دقت مقدار و موقعیت آب به کار رفته را کنترل نمود، تحقیقات نشان داده‌است که با وجود گرانی خیلی زیاد دفع زه‌آب از مزارع پنبه، سیستم قطره‌ای هنوز برای این مزارع سودمند نیست (هزینه دفع زه‌آب بیش از ۹۰۰ دلار در هر اکر - فوت است). این تحقیقات نشان داده‌است در صورتی که یک سیستم آبیاری جویچه‌ای خوب مدیریت شود می‌تواند راندمان بسیار بالایی داشته باشد.

اگرچه برای مدیریت خوب یک سیستم آبیاری شیاری نیاز به انعطاف‌پذیر بودن زارع در تعیین طول مزرعه، نرخ جریان شیاری و تنظیم زمان دارد. تجربه نشان داده که بسیاری از زارعین ممکن است، علاقمند به فراهم آوردن مدیریت موردنیاز برای یک سیستم شیاری با راندمان بالا نبوده و یا قادر به فراهم آوردن شرایط نباشند. در جایی که این وضعیت حاکم باشد، لازم است زارع برای کاهش اساسی زه‌آب سیستم آبیاری را به سیستم آبیاری تحت فشار تبدیل کند.

استفاده از برکه‌های تبخیر برای دفع زه‌آب[1]

در دره سن‌واکین معمولا از برکه‌های تبخیر برای دفع زه‌آب استفاده می‌گردد. در حالی که این روش احتمالاً در کوتاه‌مدت برای حل مشکل دفع زه‌آب مناسب باشد، در طولانی مدت ممکن است به علت تجمع نمک و مواد سمی راه حل قابل قبولی نباشد. متأسفانه در حال حاضر در برخی از مناطق دره هیچ گزینه دیگری برای دفع زه‌آب وجود ندارد.

درحال حاضر هم برکه‌های ناحیه‌ای و هم مزرعه‌ای برای دفع زه‌آب استفاده می‌گردند. مزایای استفاده از برکه‌های ناحیه‌ای این است که از زمین‌های ساحلی استفاده شده و دارای ساختمان و طراحی بهتری نسبت به برکه‌های درون مزرعه هستند. عیب اصلی برکه‌های ناحیه‌ای استفاده از سیستم جمع‌کننده برای انتقال زه‌آب به داخل برکه است. ممکن است که سیستم جمع‌کننده برای برکه‌های درون مزرعه لازم نباشد، اما این برکه‌ها به خوبی برکه‌های ناحیه‌ای طراحی و ساخته نمی‌شوند. همچنین استفاده از برکه‌های درون مزرعه ممکن است نیاز به حذف زمین از داخل مزرعه داشته باشد.

کیفیت آب برکه‌های تبخیر

کیفیت آب برکه اساساً بستگی به کیفیت زه‌آب دارد. اجزاء اصلی شیمیایی اندازه‌گیری شده در چند برکه عبارتنداز: کلسیم، سدیم، منیزیم، پتاسیم، بیکربنات، آنیون کلرور، سولفات و نیترات هستند. سدیم و سولفات عناصر غالب هستند. عناصر سمی مطالعه شده در این برکه‌ها شامل بر، سلنیم، مولیبدن و ارسنیک می‌باشند.

غلظت این مواد شیمیایی با تبخیر آب افزایش می‌یابد که این فرایند را تغلیظ ناشی از

1- Using Evaporation Ponds for Drain Water Disposal

تبخیر[1] می‌نامند. با افزایش غلظت، برخی از این مواد شیمیایی رسوب کرده از محلول خارج می‌گردند. اولین جزیی که رسوب می‌کند کلسیت (کربنات کلسیم) است که علت آن حلالیت کم این ماده در آب است. ماده بعدی ژیپس یا سپیولیت (رسوب منیزیم) است. رسوب بیشتر مواد شیمیایی از آب شور خیلی پیچیده خواهد بود.

مطالعات نشان داده است که مواد سمی دارای رفتار متفاوتی از نمک‌های محلول هستند. در مقایسه با زه‌آب زهکشها غلظت بُر و مولیبدن موجود در برکه‌ها بیشتر است. ظاهراً غلظت ارسنیک در برکه‌ها ربطی به فرایند تغلیظ ناشی از تبخیر ندارد. غلظت سلنیم در برکه افزایش مشخصی را در مطالعات نشان نداده‌است.

تبخیر از برکه‌های تبخیر

تبخیر از برکه‌های تبخیر نه‌تنها بستگی به عوامل اقلیمی چون تشعشع خورشیدی و سرعت باد دارد بلکه به میزان شوری آب برکه نیز بستگی دارد. وسعت برکه و عمق آن نیز بر تبخیر موثر است. میزان تبخیر در سطوح لب شور کمتر تحت تاثیر است در حالی که در مقادیر نسبتاً زیاد شوری، نرخ تبخیر به طور اساسی می‌تواند تحت تأثیر شوری کاهش یابد. همچنین در مقادیر زیاد شوری، تاجی از نمک می‌تواند بر سطح آب تشکیل شود که به مقدار زیادی تبخیر را کاهش می‌دهد.

تبخیر برکه را می‌توان از تبخیر گیاه مرجع (علف) با استفاده از رابطه زیر تخمین زد:

$$E = (k)(ET_0) \qquad (۲۳)$$

که در آن :

E = تبخیر برکه (سانتیمتر)

ET_0 = تبخیر محصول مرجع (علف) (سانتیمتر)

1- Evapocentration

k = ضریب

تخمین ضریب k به صورت زیر است :

$$k = ۱/۲ - (۰/۰۰۰۰۰۱۴۴) (EC^3) \qquad (۲۴)$$

که در آن : EC = ds/m است.

برای اطمینان از اندازه مناسب برکه، برکه‌ها باید برمبنای مقادیر کم ET_0 طراحی شوند. یک تخمین معقول طراحی از ET_0 فصلی حدود ۱۵۰ سانتیمتر است. در شرایط شوری کم، متوسط تبخیر فصلی حدود ۱۷۷/۵ سانتیمتراست. درصورتی که شوری ۵۰ds/m باشد تبخیر فصلی حدود ۱۵۳ سانتیمتر خواهد بود.

نشت از برکه‌های تبخیر

نشت از برکه‌های تبخیر، در صورتی که خصوصیات شیمیایی آب برکه به طور قابل‌ملاحظه‌ای با کیفیت آب زیرزمینی اطراف آن متفاوت باشد، موجب تخریب آب زیرزمینی می‌شود. مقدار نشت فوراً پس از پر کردن برکه ممکن است زیاد باشد اما در طول زمان کاهش خواهد یافت. نرخ نشت اندازه‌گیری شده در درازمدت از ۰/۰۵ تا ۰/۳ سانتیمتر در روز متغیرند.

طراحی یک برکه جدید نیاز به تخمین ضریب نفوذپذیری دارد. این تخمین معمولاً از اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی هدایت هیدرولیکی خاک بر روی نمونه‌های خاک برداشت شده از محل برکه به دست می‌آید. اگر چه ضریب واقعی نفوذپذیری معمولاً از مقادیر به دست آمده از آزمایشها بیشتر است. راهنمایی‌های ارائه شده در جدول ۲۵ ارتباط بین مقدار رس و ضریب نفوذپذیری را نشان می‌دهد. چنانچه قابل انتظار است، با افزایش مقدار رس میزان نشت کاهش می‌یابد.

جدول ۲۵- مقایسه نرخ نشت با درصد رس موجود

درصد رس	نرخ نشت (سانتیمتردرروز)
کمتر از ۱۰	۱/۷۸
۱۰-۱۵	۱/۲۷
۱۵-۲۰	۰/۷۶
۲۰-۲۵	۰/۶۳
۲۵-۳۰	۰/۵
۳۰-۴۰	۰/۳۸
بیش از ۴۰	۰/۲۵

ممکن است برای جمع‌آوری نشت آب برکه‌های تبخیر و برگرداندن آنها به داخل برکه، لازم باشد دور برکه یک زهکش پیرامونی احداث گردد. درصورتی‌که نشت آب بر آب زیرزمینی اثر جدی داشته باشد ممکن است نیاز به نصب زهکش زیرزمینی در زیر برکه باشد.

اندازه برکه تبخیر

اندازه مناسب برای یک برکه بستگی به نرخ تبخیر و حجم زه‌آبی دارد که باید به آن تخلیه گردد. پتانسیل نرخ تبخیر را می‌توان از اطلاعات مراکز هواشناسی محلی به دست آورد. حجم زه‌آب بستگی به مقدار نشت عمقی مزارع زهکشی شده و مقدار جریان فرعی از زمینهای اطراف دارد. متأسفانه ممکن است تعیین این مقادیر پیش از احداث برکه مشکل باشد.

اگرچه ارزیابی‌های میدانی برکه‌های تبخیر موجود نشان می‌دهد که برای هر ۴ هکتار زمین زهکشی شده نیم هکتار برکه لازم است، در صورتی که مقدار زه‌آب توسط بهبود مدیریت آبیاری کاهش یابد ممکن است زمین کمتری لازم شود.

برکه‌ها باید دارای خاکریزی با حداقل ۴/۵ متر عرض در بالای خاکریز، حداقل عمق آزاد ۰/۵ متر (یا اندازه‌ای برابر حداکثر خیز موج) و شیب داخلی ۱:۶ (۶ در افق و ۱ در قائم) و شیب خارجی ۲:۱ باشند. پی برکه باید از کلیه علفها پاک گردد. دیواره‌های خاکی داخلی برای کاهش عمل موج و جداکردن برکه به حوضچه‌های جداگانه توصیه شده‌اند. با انتقال آب از یک حوضچه به حوضچه دیگر غلظت آب شور افزایش می‌یابد.

مراجع :

Tanji, K.K., M.E. Grismer, and B.R. Hanson. 1985. "Subsurface drainage evaporation ponds." California Agriculture, Vol. 39:10-12.

Tanji, K.K. and R.A. Dahlgren. 1990. Efficacy of evaporation ponds for disposal of saline drainage waters. Final report prepared for the San Joaquin Valley Drainage Program.

Grismer, M.E. and B.L. McCullough-Sanden. 1989. Correlation of laboratory analysis of soil properties and infiltrometer seepage from drainwater evaporation ponds. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, Vol. 32(1):173-77.

ضمیمه الف - راهنمای ارزیابی آب آبیاری

۱- ارزیابی اثر شوری آب آبیاری بر تولید محصول

الف- هدایت الکتریکی آب را تعیین کنید. برای دستیابی به اطلاعاتی در زمینه EC به صفحه ۳۴ مراجعه کنید.

ب- آیا شوری آب آبیاری اثر معکوسی بر بازده محصول خواهد گذاشت؟ برای کسب راهنمایی‌هایی در زمینه مناسبت آب برای آبیاری به صفحه ۴۵ مراجعه کنید.

ج- شوری آب آبیاری ممکن است اثر معکوس بر بازده محصول بگذارد.به صفحات ۸۳ و ۸۹ و ۹۴ برای بحث در زمینه آبشویی نمک مراجعه کنید.

۲- ارزیابی اثر یون‌های سمی بر بازده محصول

الف- غلظت سدیم ، آنیون کلرور و بر را تعیین کنید.

ب- آیا غلظت‌های آنیون کلرور و یون سدیم موجب بروز مشکلات سمیت برای درختان می‌گردند؟ به صفحات ۲۳ و ۴۵ مراجعه کنید.

ج- آیا تجمع نمک بر روی برگ مشکلاتی به بار می‌آورد؟ به صفحه ۲۸ مراجعه کنید.

د- آیا غلظت بُر اثر معکوسی بر بازده محصول دارد ؟به صفحه ۳۱ و ۴۵ مراجعه کنید.

- آیا غلظت بُر در آب یا خاک مازاد است؟ برای دستیابی به اطلاعاتی در زمینه اصلاح خاک‌های تحت تاثیر بر به صفحه ۱۱۳ مراجعه کنید.

۳- ارزیابی اثر کیفیت آب‌بر نشت

الف- هدایت الکتریکی (EC) و غلظت کلسیم، منیزیم و سدیم را تعیین کنید.

ب - در صورتی که غلظت‌ها برحسب قسمت در میلیون یا میلی‌گرم در لیتر باشد برای تبدیل غلظت‌ها به میلی‌اکی‌والان در لیتر به صفحه ۳۶ مراجعه کنید.

ج- نسبت جذب سدیم (SAR) را تعیین کنید. به صفحه ۳۷ مراجعه کنید.

د- آیا کیفیت آب بر نشت موثر است؟ به صفحات ۴۱ و ۴۵ مراجعه کنید.

هـ- درصورتی که کیفیت آب بر نشت اثر معکوس بگذارد. برای دستیابی به اطلاعات در زمینه افزودن افزودنی‌ها به آب جهت ممانعت از مسائل نشت به صفحه ۱۰۴ مراجعه کنید.

ضمیمه ب : راهنمای ارزیابی شوری خاک

۱- ارزیابی اثر شوری خاک بر تولید محصول

الف- شوری خاک را در ناحیه ریشه تعیین کنید.

- تعیین میزان شوری خاک نمونه‌برداری کنید.به صفحه ۵۱ مراجعه نمایید.
- آبیاری قطره‌ای - به صفحه ۶۳ مراجعه کنید.
- آبیاری شیاری- به صفحه ۶۹ مراجعه کنید.
- آبیاری بارانی - به صفحه ۷۴ مراجعه کنید.
- آب زیرزمینی کم‌عمق و شور - به صفحه ۷۶ مراجعه کنید.

ب- چگونه شوری خاک بر بازده محصول اثر می‌گذارد؟ برای تعیین اثر نسبی شوری خاک بر تولید به صفحه ۱۰ و برای دستیابی به اطلاعاتی در مورد آبشویی به صفحه ۸۳ مراجعه کنید.

- شوری مازاد خاک : برای بحث در مورد اصلاح خاک تحت تاثیر نمک به صفحه ۹۹ مراجعه کنید.
- حفظ شوری خاک،در یک سطح قابل قبول : برای دستیابی به اطلاعاتی درمورد محاسبه مقدار واقعی نیاز آبشویی و همچنین نیاز آبشویی موردنیاز برای حداکثر تولید محصول به صفحه ۸۹ مراجعه کنید.
- آیا آب زیرزمینی شور و کم‌عمق موجود است؟ برای بحث در مورد کنترل شوری در جایی که تراز آب زیرزمینی بالا است به صفحه ۹۴ مراجعه کنید.

۲-اصلاح خاک شور

الف- اصلاح خاک شور - به صفحه ۹۹ مراجعه کنید.

ب- حفظ سطح شوری خاک - به صفحه ۸۹ مراجعه کنید.

۳- اصلاح خاکهای قلیایی و شور - قلیایی

الف- اضافه کردن افزودنی‌هایی برای احیاء خاک های قلیایی و شور و قلیایی - به صفحه ۱۰۴ مراجعه کنید.

ب- شستشوی سدیم مازاد - برای بحث در مورد اصلاح خاک تحت تاثیر نمک به صفحه ۹۹ مراجعه کنید.

ج- تنظیم کیفیت آب جهت ممانعت از افزایش غلظت سدیم در خاک : برای بحث در مورد اضافه کردن فزودنی به آب به صفحه ۱۰۴ و برای بحث درمورد کیفیت آب و شستشو به صفحه ۴۱ مراجعه کنید.

۴- اصلاح خاکهای تحت تاثیر بُر

الف- غلظت بر در خاک را تعیین کنید.

ب- اثر بُر بربازده محصول را تعیین کنید - به صفحه ۳۱ مراجعه کنید.

ج- حذف بُر مازاد از خاک را تعیین کنید - به صفحه ۱۱۳ مراجعه کنید.

انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

ردیف	نام انتشارات
شماره ۱	فرهنگ فنی آبیاری و زهکشی
شماره ۲	تحلیلی بر راندمان‌های آبیاری
شماره ۳	سالنامه سال ۱۳۷۳
شماره ۴	سالنامه سال ۱۳۷۴
شماره ۵	دستورالعمل‌های کم آبیاری
شماره ۶	مجموعه مقالات ششمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
شماره ۷	مجموعه مقالات هفتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
شماره ۸	مجموعه مقالات هشتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
شماره ۹	ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی و عوامل موثر در آن
شماره ۱۰	آبیاری موجی
شماره ۱۱	آشنایی با آبیاری کابلی
شماره ۱۲	مدیریت محلی سیستم‌های آبیاری و زهکشی
شماره ۱۳	راهنمای ارزیابی اثرات زیست محیطی طرح‌های آبیاری و زهکشی
شماره ۱۴	مجموعه مقالات کارگاه فنی ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی
شماره ۱۵	راهنمای احداث زهکش‌های زیرزمینی
شماره ۱۶	معرفی جهات نظری و کاربردی روش ینمن ـ مانتیس
شماره ۱۷	Water and Irrigation Technics in Ancient IRAN
شماره ۱۸	تلاش ایرانیان در تامین و مدیریت توزیع آب
شماره ۱۹	تحلیلی بر ارزیابی اثرات زیست محیطی طرح‌های آبیاری و زهکشی
شماره ۲۰	تجارب جهانی مشارکت کشاورزان در مدیریت آبیاری
شماره ۲۱	مجموعه مقالات نهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

Agricultural Salinity and Drainage

by

Blaine Hanson

UC Irrigation and Drainage Specialist

Stephen R.Grattan

Plant-Water Relations Specialist

Allan Fulton,

Soils and Water Farm Advisor, Kings County

University of California Irrigation Program

University of California, Davis - 1993

Agricultural Salinity and Drainage

University of California Irrigation Program

University of California, Davis - 1993

Iranian National Committee on Irrigation and Drainage (IRNCID)

No. 22 - 1999

ISBN: 964-6668-05-4

شابک: ۴-۰۵-۶۶۶۸-۹۶۴

ICID

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

تهران - خیابان کریم خان‌زند - خیابان شهید عضدی جنوبی (آبان جنوبی)

شماره ۸۹ تلفن ۸۸۹۸۹۲۰ نمابر ۸۸۹۵۶۴۵