وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

دستورالعمل فنی- اجرایی:

آبشویی اراضی
«ویژه اراضی شور و سدیمی استان خوزستان»

علیرضا حسن‌اقلی و مجید شریفی‌پور

سال انتشار: ۱۳۹۸

AERI

آدرس: کرج، بلوار شهید فهمیده، صندوق پستی: ۸۴۵ -۳۱۵۸۵، مؤسسه تحقیقات فنی ومهندسی کشاورزی
تلفن: ۳۲۷۰۵۳۲۰، ۳۲۷۰۵۲۴۲ و ۳۲۷۰۸۳۵۹ (۰۲۶)
دورنگار: ۳۲۷۰۶۲۷۷ (۰۲۶)، پایگاه اطلاعاتی مؤسسه: www.aeri.ir

بسم الله الرحمن الرحیم

مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

دستورالعمل فنی- اجرایی:
آبشویی اراضی
«ویژه اراضی شور و سدیمی استان خوزستان»

تهیه و تدوین:

علیرضا حسن‌اقلی

عضو هیئت علمی، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

مجید شریفی‌پور

عضو هیئت علمی، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع‌طبیعی، دانشگاه لرستان

سال انتشار:

۱۳۹۸

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

نوع نوشتار: دستورالعمل فنی- اجرایی
عنوان نوشتار: آبشویی اراضی (ویژه اراضی شور و سدیمی استان خوزستان)
نگارندگان: علیرضا حسن‌اقلی، مجید شریفی‌پور
داوران و ویراستاران: مجتبی اکرم، سیدابوالقاسم حقایقی‌مقدم
صفحه‌آرا: صدیقه پردیس‌کیان
ناشر: مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
شمارگان: محدود
نوبت چاپ: اول
سال انتشار: ۱۳۹۸

مسئولیت صحت مطالب با نگارندگان است.

شماره ثبت ٥٦٥٥٨ در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع‌رسانی کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی به تاریخ ۱۳۹۸/۰۹/۱۲

مخاطبان دستورالعمل:

این دستورالعمل فنی- اجرایی می‌تواند برای کلیه کشاورزان اراضی فاریاب مستعد شوری، بهره‌برداران (دولتی و خصوصی) شبکه‌های آبیاری و زهکشی، کارشناسان مجری عملیات اصلاح اراضی کشاورزی در سطح پروژه‌های اجرایی و پایلوت‌های تحقیقاتی و مزارع آزمایشی، پیمان‌کاران و مهندسین مشاور طراح و ناظر در پروژه‌های آبیاری و زهکشی و تجهیز و نوسازی اراضی، کارفرمایان پروژه‌های فوق، متولیان کلان این قبیل پروژه‌ها و مدیران و کارشناسان معاونت آب و خاک وزارت جهاد کشاورزی و دفاتر مرتبط، پژوهشگران آبیاری و زهکشی و آب و خاک، دانشجویان کارشناسی و مقاطع تحصیلات تکمیلی در رشته آبیاری و زهکشی، فعالین و سایر علاقمندان علوم آب و خاک مفید باشد.

اهداف آموزشی:

شما خوانندگان گرامی در این دستورالعمل فنی- اجرایی با:

- ضرورت اجرای عملیات آبشویی در اراضی تجهیز و نوسازی شده استان خوزستان
- روش‌های اجرای عملیات آبشویی اراضی
- اندازه‌گیری‌های لازم در نظارت بر اجرای عملیات آبشویی
- شرایط و روش استفاده از زهاب در آبشویی اراضی
- مبانی نظری و عملی جابجایی نمک‌ها در خاک و موارد مرتبط با آن در آبشویی

آشنا خواهید شد.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱- مقدمه	۱
۲- آبشویی اراضی	۳
۲-۱- اندازه‌گیری شوری خاک و اقدامات اولیه	۳
۲-۲- روش‌های اجرای عملیات آبشویی	۶
۲-۳- کنترل زمان‌بندی آبشویی	۱۰
۲-۴- استفاده از زهاب در آبشویی	۱۰
۲-۵- نمونه‌برداری از خاک و اندازه‌گیری شوری	۱۲
۳- چند نکته مهم	۱۴
پیوست‌ها	۱۶
پیوست شماره ۱: مبانی نظری جابجایی نمک‌ها و آبشویی	۱۶
پ-۱-۱- ساختمان خاک و اثر آن بر جابجایی نمک‌ها	۱۶
پ- ۱-۲- مفهوم پیوستاری دوگانه	۱۹
پیوست شماره ۲: خاک‌های شور، سدیمی و شور- سدیمی	۲۲
پیوست شماره ۳: جزئیات بیشتری از روش‌های آبشویی	۲۷
پ-۳-۱- آبشویی و تأثیرپذیری از روش‌های مختلف آبیاری	۲۷
پ-۳-۲- آبشویی متناوب و پیوسته	۳۰
پ-۳-۳- عوامل مؤثر بر آبشویی متناوب	۳۲
پ-۳-۴- آبشویی با آب شور	۳۵
پ-۳-۴-۱- فرصت استفاده از زهاب در احیاء اراضی جنوب خوزستان	۳۷
پ-۳-۵- نیاز به مواد اصلاح کننده	۴۰
پ-۳-۶- پیشینه موضوع در جهان	۴۱
پ-۳-۷- پیشینه موضوع در ایران	۴۷
منابع	۵۱

۱- مقدمه

استان خوزستان یکی از بزرگترین قطب‌های کشاورزی و تولید محصولات زراعی در کشور است. این استان با مساحتی نزدیک به ۶/۴ میلیون هکتار (حدود ۴ درصد مساحت کشور) در جنوب غربی ایران، بین ۴۷ درجه و ۴۱ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۹ دقیقه طول شرقی و ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۴ دقیقه عرض شمالی قرار دارد (اداره کل هواشناسی استان خوزستان، ۱۳۹۶). از کل مساحت استان، ۲/۷ میلیون هکتار آن را بلندی‌ها و ۳/۷ میلیون هکتار دیگر را دشت تشکیل می‌دهد. کشاورزی متمرکز در کوهستان‌ها چندان وجود ندارد. جلگه خوزستان دارای اقلیم گرم و خشک، فصل رشد طولانی و آب کم و بیش فراوان است (اکرم، ۱۳۹۶).

از نظر شرایط آب و هوایی استان و بر پایه روش‌های طبقه‌بندی معمول مانند کوپن، دومارتن، آمبرژه، تورنت وایت، ایوانف و غیره، می‌توان نتیجه گرفت که این روش‌ها نسبت به وجود اقلیم‌های زیر در استان خوزستان هم‌نظر هستند (اداره کل هواشناسی استان خوزستان، ۱۳۹۶):

- اقلیم فراخشک گرم؛ در بخش‌ها و نواحی غربی و جنوب غربی استان خوزستان و مناطق مهمی نظیر آبادان، خرمشهر و ماهشهر قابل مشاهده است.
- اقلیم خشک گرم؛ بخش‌های وسیعی از استان در مناطق غربی و جنوبی، مانند نواحی اهواز، شوش، شوشتر، حمیدیه، صفی‌آباد، گتوند، هفت‌تپه، دشت آزادگان، بستان، شادگان، رامشیر، هندیجان، بهبهان، رامهرمز و آغاجاری در این اقلیم قرار دارند.

- اقلیم نیمه خشک؛ در نواحی شمالی استان که از اندیمشک آغاز شده و با جهت شمالی- جنوبی تا مسجد سلیمان امتداد یافته و با گرایش به نواحی جنوبی استان، از هفتگل گذشته و تا شرق بهبهان و دزفول ادامه می‌یابد.
- اقلیم نیمه‌مرطوب مدیترانه‌ای؛ که بخش کوچکی از استان و به‌صورت باریکه‌ای از شمال سد دز تا جنوب شهرستان ایذه را دربر می‌گیرد.

با توجه به تابستان‌های گرم و خشک در بیشتر نواحی استان و در بعضی روزها با رطوبت هوای بالا، پوشش گیاهی تحت تأثیر دو عامل مهم اقلیمی یعنی طول مدت گرما و دمای بالا در فصل گرم قرار دارد. همچنین، آب زیرزمینی شور و کم‌عمق، بافت خاک کم و بیش سنگین، محدودیت زهکشی طبیعی اراضی و تبخیر سالانه نزدیک به سه‌هزار میلی‌متر سبب شده است که عمدهٔ اراضی جنوب استان خوزستان با مشکل شوری خاک روبه‌رو باشند. از این‌رو با توجه به چنین شرایطی و پس از اجرای پروژه‌های زیربنایی نظیر تجهیز و نوسازی اراضی و ایجاد شبکه‌های آبیاری و زهکشی، اولین گام اساسی در اجرای عملیات آبشویی به منظور اصلاح خاک، از میان برداشتن نمک‌های اضافی از نیمرخ خاک منطقه و توسعه ریشه‌ها و آماده‌سازی اراضی برای شروع کشت و کار توسط کشاورزان است. در واقع با اجرای عملیات آبشویی با کاربرد مقادیری از آب، اراضی بایر که خاک آنها با مقدار قابل توجهی انباشت نمک روبه‌رو است، آمادگی لازم را برای فعالیت‌های زراعی و آغاز تولید محصول کسب خواهند کرد. طبیعی است که بدون اجرای عملیات آبشویی (که پس از اجرای سامانه زهکشی زیرزمینی امکان‌پذیر می‌شود)، تولید اقتصادی محصول در اراضی منطقه ممکن نخواهد بود.

برای اجرای موفقیت آمیز عملیات آبشویی اراضی کشاورزی در استان خوزستان و نیل به اهداف آن، گذراندن فرآیندهایی به صورت پیوسته و انجام چند

گام اجرایی، با توجه به شرایط عمومی و اختصاصی منطقه، مورد نیاز خواهد بود که در قالب این دستورالعمل به آن پرداخته می‌شود.

۲- آبشویی اراضی

منظور از کلمهٔ آبشویی در این دستورالعمل، شستشوی نمک‌های تجمع یافته در نیمرخ خاک تا عمقی مشخص، با استفاده از انباشتن آب به‌صورت پیوسته یا متناوب بر سطح اراضی است. این عملیات به‌طور معمول یک‌بار و در ابتدای بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی احداث شده در خاک‌های شور و سدیمی صورت می‌گیرد. کلمه آبشویی کاربرد دیگری هم دارد که منظور از آن، آبشویی دائم (ثانویه) است. این امر با کمک آب آبیاری کاربردی و در زمین‌های کشاورزی اجرا می‌شود. در این شرایط و با هر آبیاری، نمک‌های جمع شده در محیط ریشه گیاه (ناشی از کاربرد کودها و سایر نهاده‌های کشاورزی یا در نتیجهٔ برگشت نمک‌ها از طریق صعود مویینگی آب)، به‌همراه آب نفوذ یافته از نیمرخ خاک شستشو شده و از محیط ریشه خارج می‌شود.

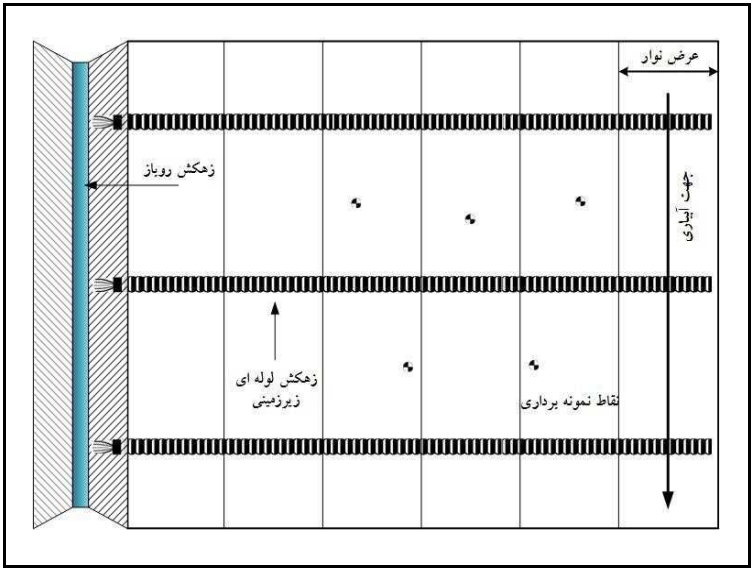
۲-۱- اندازه‌گیری شوری خاک و اقدامات اولیه

قبل از اجرای عملیات آبشویی در یک واحد زراعی، لازم است تا در پنج نقطهٔ آن (پنج رأس حرف W انگلیسی و مطابق شکل ۱)، از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری نمونه خاک تهیه شود. فاصلهٔ مناسب نقاط نمونه‌برداری از هم بستگی به مساحت زمین دارد که در یک واحد زراعی با ابعاد معمول، این فاصله‌ها در حدود ۴۰ تا ۵۰ متر است. همچنین، نمونه‌برداری باید در یکی از نقاط تا عمق لوله زهکش زیرزمینی ادامه یابد و نمونه‌ها در این نقطه در اعماق ۳۰ سانتی‌متری تفکیک شوند. آزمایش‌های تعیین شوری عصاره اشباع خاک (هدایت الکتریکی،

ECe) و نسبت جذب سدیم (SAR) انجام پذیرد. عملیات آبشویی برای مزارعی انجام خواهد شد که متوسط شوری عصاره اشباع خاک **در لایه ۳۰-۰ سانتی‌متری** در پنج نقطه، بالاتر از ۸/۰ دسی‌زیمنس بر متر باشد. برای محاسبهٔ SAR، نیاز به اندازه‌گیری مقادیر سدیم، کلسیم و منیزیم در نمونه‌های خاک است. این شاخص با استفاده از رابطه (۱) به‌دست می‌آید (علیزاده، ۱۳۸۳).

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}} \qquad (۱)$$

که در آن؛ Na= غلظت سدیم، Ca= غلظت کلسیم، Mg= غلظت منیزیم بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر و SAR با واحد $(meq/lit)^{0.5}$ است.



شکل ۱- موقعیت نقاط نمونه‌برداری از خاک جهت تعیین شوری، به شکل W در یک قطعه زراعی

پیش از انجام عملیات آبشویی نکات زیر مورد توجه قرار گیرد:

- قبل از آبشویی زمین‌ها و در صورتی که باران قابل توجهی در منطقه نباریده یا جریان‌های سیلابی وارد زمین نشده باشد، به‌طور معمول شوری خاک در سطح آن بیشتر از شوری آن در عمق است. چنان‌چه نمونه‌برداری انجام شده تا عمق زهکش، نشان دهنده جمع‌شدن نمک در عمق‌های پایین‌تر خاک باشد، بهتر است در خصوص عملیات آبشویی با کارشناس مشورت نمود.
- در صورتی که متوسط شوری عصاره اشباع خاک **در لایه ۳۰-۰ سانتی‌متری** در آزمایش‌های اولیه، کمتر از ۸/۰ دسی‌زیمنس بر متر باشد، عملیات آبشویی انجام نخواهد شد. در این حالت با توجه به انجام عملیات پیش آبیاری (ماخار) و نفوذ عمقی آب (ناشی از آبیاری) به نیمرخ خاک در حضور سامانه زهکشی زیرزمینی، پیش‌بینی می‌شود که اصلاح نسبی خاک سطحی و بستر کاشت صورت پذیرد.
- در صورتی که متوسط شوری عصاره اشباع خاک **در لایه ۳۰-۰ سانتی‌متری** در آزمایش‌های اولیه، بیش از ۳۲ دسی‌زیمنس بر متر باشد، آبشویی آنها در این زمان در دستور کار قرار نخواهد گرفت. پس از این‌که کارایی روش‌های پیشنهاد شده در این دستورالعمل در مزارع الگویی واقع در منطقه تأیید گردید، نسبت به اعلام روش آبشویی این زمین‌ها نیز اقدام خواهد شد.
- در صورتی که متوسط شوری عصاره اشباع خاک در آزمایش‌های اولیه، بین ۸ و ۳۲ دسی‌زیمنس بر متر باشد، عملیات آبشویی مطابق دستورالعمل ارائه شده در ادامه اجرا خواهد شد.

قابل ذکر است که اجرای عملیات آبشویی در استان خوزستان، به‌طور معمول محدود به فصل‌های پاییز و زمستان است. به‌دلیل تبخیر شدید در فصل‌های بهار و تابستان در این استان، آبشویی در این فصل‌ها توصیه نمی‌شود.

۲-۲- روش‌های اجرای عملیات آبشویی

روش‌های معمول و قابل اجرای آبشویی خاک‌های شور در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان، آبشویی پیوسته و آبشویی متناوب به‌صورت سطحی است. انباشتن مداوم آب بر سطح خاک، چنان‌که در استان خوزستان نیز مرسوم بوده، سنتی‌ترین روش آبشویی است که به آن آبشویی پیوسته می‌گویند و نیازمند صرف مقادیر زیادی از آب است. در این روش، آب به‌طور یکنواخت از نیمرخ (پروفیل) خاک عبور نمی‌کند، بلکه بیشتر آن به‌طور ترجیحی و از میان خلل و فرج درشت خاک عبور می‌نماید. جریان ترجیحیِ ناشی از تمایل آب به عبور از خلل و فرج درشت خاک، بر راندمان آبشویی، که فرآیند اصلی آن درون خاکدانه‌ها رخ می‌دهد، تأثیر منفی دارد. علاوه بر آن، نیاز به احداث بِرم‌هایی[1] (پشته‌های بلند) با ارتفاع زیاد و تا حدود ۸۰ سانتی‌متر، برای ایجاد حوضچه‌های آبشویی در سطح مزارع است که شکل اراضی را در هم می‌ریزد و به تسطیح انجام شده آسیب وارد می‌کند.

در آبشویی متناوب، آب در چند نوبت به خاک وارد می‌شود، به‌صورتی که بین دورهای آبشویی، فرصت تخلیه نسبی خلل و فرج خاک ایجاد شده تا نمک‌ها بتوانند به سطح خارجی خاکدانه‌ها پخشیده شوند. طی دور بعدی آبشویی، این نمک‌ها به جریان بین خاکدانه‌ای می‌پیوندند و به آسانی از نیمرخ خاک خارج می‌شوند. به بیان دیگر، این روش سبب می‌شود تا نمک‌ها از حفره‌هایی که آب در آن تحرک ندارند یا تحرک کمی دارند، به منطقه متحرک پخشیده شوند. از این رو با آبشویی متناوب، هدر رفت آب از میان منافذ درشت خاک به حداقل می‌رسد و حجم آب کمتری در مجموع مورد نیاز است.

مزایای روش آبشویی متناوب نسبت به پیوسته عبارتند از:

1. Berms

- صرفه‌جویی در هزینه‌های احداث پشته‌های بلند و از بین بردن آنها پس از آبشویی
- راندمان بالاتر عملیات آبشویی و شستشوی بهتر نمک‌های خاک
- مصرف آب کمتر
- انطباق بیشتر با ظرفیت سامانه زهکشی
- تولید زهاب کمتر
- به‌هم نخوردن سیمای مزرعه
- عدم پذیرش خطر شکستن احتمالی پشته‌های بلند و تخریب جاده سرویس و زهکش‌ها
- پایش بهتر و در فواصل زمانی کمتر مقدار شوری خاک (به‌واسطه امکان نمونه‌برداری بین دورهای آبشویی)
- نشستِ کمتر خاک بک‌فیل[1] (خاک سست مورد استفاده جهت پُرکردن ترانشه‌های زهکشی زیرزمینی) روی خطوط لترال[2] (خط لوله زهکش زیرزمینی)

هر چند آبشویی متناوب ممکن است طولانی‌تر بوده و اجرای آن به نیروی انسانی بیشتر و مدیریت بهتری نیازمند باشد، ولی به‌دلیل مزیت نسبی در مقایسه با روش آبشویی پیوسته، برای اجرا در اراضی طرح‌های تجهیز و نوسازی استان خوزستان توصیه می‌شود. روش اعمال آب آبشویی، به‌شکل آبیاری‌های نواری مرسوم کشاورزان خواهد بود. بدین‌گونه که پس از مرزبندی اراضی و ایجاد نوارهای آبیاری (توسط پشته‌های کوتاه منطبق بر مشخصات و شرایط خاک منطقه)، آبشویی اراضی در چند نوبت متوالی کاربردِ آب و به شکل آبیاری‌هایی با

1. Back fill
2. Lateral

عمق ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر انجام خواهد شد. عرض هر نوار با توجه به شیب زمین و بافت خاک مشخص می‌شود و به‌طور معمول کشاورزان از تجربه خوبی در تعیین آن برخوردارند. چنان‌چه تجربه محلی موجود نباشد، می‌توان عرض نوار را ۱۰ متر در نظر گرفت. در صورتی‌که نوارهای آبیاری و لترال‌ها هم‌جهت باشند، توصیه می‌شود یکی از مرزها روی محل بک‌فیل لترال قرار گیرد تا روی زهکش آبشستگی به‌وجود نیاید.

پس از ناپدید شدن آب آبشویی از روی سطح نوارها، می‌بایست چند روز از ایجاد ظرفیت زراعی (FC) بگذرد و خاک به اصطلاح گاورو شود تا نمک‌های باقی‌مانده، بر سطح خارجی خاکدانه‌ها پخش شود (درست مانند شوره زدن لباس) تا در دور بعدی آبشویی، با آسانی بیشتری شسته شوند. این مدت زمان به عواملی وابسته است که در خشک شدن خاک پس از قطع آب آبشویی مؤثر هستند، از جمله: مقدار هدایت هیدرولیکی خاک، وضعیت زهکشی اراضی، میزان تبخیر و غیره. تشخیص این امر به‌عهده کارشناسان مربوطه است. چنان‌چه تشخیص ممکن نباشد، پس از مدت هفت روز از ناپدید شدن آب از روی خاک در اولین نوار آبیاری شده، می‌توان دور بعدی آبشویی را انجام داد.

با گذشت پنج روز پس از ناپدید شدن آب از روی خاک، در پنج رأس یک شکل به‌صورت حرف W (مطابق شکل ۱)، آزمایش‌های تعیین شوری و نسبت جذب سدیم (SAR) خاک حداقل در دو عمق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتیمتر انجام خواهد شد. **در صورت کاهش شوری خاک در لایه ۳۰-۰ سانتی‌متری به کمتر از ٤/۰ دسی‌زیمنس بر متر و نسبت جذب سدیم به کمتر از ۸/۰**، عملیات آبشویی متوقف شده و در غیر این‌صورت، یک دور دیگر آبشویی صورت خواهد گرفت. به‌عبارتی، یک آبیاری دیگر با عمق ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر در قطعه زراعی مورد نظر انجام خواهد شد.

با توجه به تجربیات موجود، مدت زمان آبشویی تا اصلاح کامل خاک و کاهش شوری (هدایت الکتریکی) خاک به کمتر از ۴/۰ دسی‌زیمنس بر متر حدود ۳ – ۲ ماه طول کشیده و مقدار آب مورد نیاز در واحد سطح معادل ۱/۰ تا ۱/۵ متر عمق آب برآورد می‌شود. البته این زمان و حجم آب مصرفی به عوامل مختلفی از جمله شوری اولیه خاک، بافت خاک، فصل آبشویی، روش آبشویی و غیره بستگی دارد.

قابل ذکر است که لایه ۳۰–۰ سانتی‌متری خاک اهمیت ویژه‌ای در این امر دارد، چرا که:

- جوانه نخستین و بیشتر ریشه‌های گیاه در دوران اولیه رشد (که به شوری نیز حساس‌تر است)، در این لایه قرار می‌گیرند.
- در طی دوران رشد گیاه، نفوذ عمقی ناشی از آبیاری، خود به‌خود موجب شستشوی لایه‌های پایین‌تر خاک خواهد شد و آنها را برای توسعه ریشه در شرایط مساعدتری قرار خواهد داد.
- پس از تکمیل مراحل رشد گیاه نیز بیشترین مقدار جذب آب توسط ریشه، از این لایه اتفاق می‌افتد.

توجه: در اراضی دارای سامانهٔ زهکشی زیرزمینی تازه تأسیس، برای پرهیز از اثرات ناخواسته ایجاد نشست خاک در مسیر ترانشه زهکشی پُر شده با خاک سُست و احتمال وقوع آبشستگی و نفوذ خاک به داخل لوله زهکش در حین عملیات آبشویی، توصیه می‌شود پشته‌ای کم ارتفاع با استفاده از خاک محل، بر روی مسیر ترانشه (در سر تا سر طول آن) ایجاد شود.

۲-۳- کنترل زمان‌بندی آبشویی

زمان‌بندی اجرای عملیات آبشویی باید با توجه به توان تخلیه سامانه زهکشی و همچنین، برنامه زمانی توزیع آب در شبکه آبیاری برنامه‌ریزی شود. از آنجا که شوری زهاب خروجی از زهکش‌ها در زمان آبشویی، بیشترین میزان آن در کل زمان بهره‌برداری از شبکه زهکشی است، چنان‌چه منبع پذیرنده زهاب پیکره‌های آب با کیفیت باشد، باید تأثیر تخلیه زهاب بر منبع پذیرنده در نظر گرفته شود. به همین علت بهتر است این کار در ماه‌های پُرآبی منبع پذیرنده صورت گیرد.

۲-٤- استفاده از زهاب در آبشویی

زهاب، آب خروجی از سامانه‌های زهکشی اراضی اجرا شده در نواحی کشاورزی است. هدف اصلی از ایجاد شبکه زهکشی در اراضی دایر و بایر را می‌توان از یک‌طرف، کنترل سطح ایستابی در شرایطی مطلوب جهت تداوم رشد گیاهی و محدود نشدن توسعهٔ ریشهٔ گیاه و از طرف دیگر، کنترل مقدار نمک موجود در ناحیهٔ توسعهٔ ریشه و خارج ساختن نمک‌های اضافی از خاک دانست. طبیعی است که زهاب خروجی از زهکش‌های زیرزمینی، دارای نمک‌ها و شوری بالاتر است و کیفیت پایین‌تری در مقایسه با آب آبیاری و آب رودخانه‌ها دارد.

نکتهٔ مهم این‌که خاک‌های سدیمی را می‌توان به‌سرعت و از طریق آبشویی مقدماتی با آب شور حاوی مقادیر زیاد کلسیم و منیزیم به‌سازی کرد و سپس با ادامه آبشویی با آب با شوری کمتر، فرآیند شوری‌زدایی را تکمیل نمود. در همین راستا استفاده از زهاب شبکه‌های زهکشی دایر در دوره‌های اول آبشویی، به‌ویژه در اراضی بسیار شور و سپس استمرار آبشویی با آب آبیاری، به پایداری خاک کمک زیادی خواهد کرد. این امر در مناطقی که ریسک پراکنده شدن ذرات خاک و

تخریب خاکدانه‌ها در اثر آبشویی وجود دارد، اهمیت می‌یابد. همچنین زهاب منبع مناسبی از کلسیم و منیزیم است و با کاربرد آن، مقادیر کمتری از آب دارای کیفیت مناسب جهت به سرانجام رسانیدن عملیات آبشویی مورد نیاز خواهد بود. بنابراین چنان‌چه امکان استفاده از زهاب برای آبشویی وجود داشته باشد، زهاب‌های تولید شده در هر ناحیه، برای آبشویی و اصلاح اراضی شبکه‌های تازه تأسیس آبیاری و زهکشی در همان ناحیه به‌کار رود. این امر مشکل دفع زهاب را، به روشی بسیار کم‌خطر، به حداقل رسانده و تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر صرفه‌جویی در مصرف آب با کیفیت دارد. به‌شکل عمومی می‌توان گفت که اگر شوری زهاب از شوری عصاره اشباع خاک کمتر باشد، می‌توان از آن برای آبشویی مقدماتی استفاده نمود.

برای صرفه‌جویی هر چه بیشتر در مصرف آب با کیفیت در زمان برنامه‌ریزی آبشویی با کمک زهاب، آبشویی با زهاب زمانی خاتمه یابد و مصرف آب با کیفیت برای آبشویی به‌دنبال آن انجام شود که:

- کیفیت زهاب مناسب باشد، تا بیشترین خروج نمک انجام شود، زیرا کیفیت زهاب ممکن است به صورت فصلی تغییر یابد.
- مقدار تبخیر روزانه پایین باشد (در خوزستان، از اواسط پاییز تا اواخر زمستان)، تا هم سبب تبخیر آب آبشویی نشده و هم موجب برگشت نمک به لایه‌های بالاتر خاک نشود.
- احتمال بارندگی بیشتر باشد تا بهترین آب ممکن برای آبشویی در اختیار خاک قرار داده شود. قبل از بارندگی، رطوبت خاک هرچه کمتر باشد بهتر است، چون آب بیشتری را ذخیره کرده و از خود عبور می‌دهد. به‌عبارت دیگر آب باران با کیفیتی نزدیک به آب مقطر، به‌مقدار بیشتری از نیمرخ خاک

عبور می‌کند. ولی باید دقت داشت که خشک شدن خاک سبب بازگشت شوری توسط جریان مویینگی نشود.

- در استان خوزستان، چنان‌چه آبشویی با زهاب در اواسط پاییز خاتمه یابد و از پیِ آن مصرف آب با کیفیت برای آبشویی آغاز شود، شرایط ذکر شده رعایت خواهد شد، چرا که هم وضعیت کیفی زهاب در آن زمان مناسب‌تر است، هم میزان تبخیر کاهش پیدا کرده و احتمال وقوع بارندگی بیشتر خواهد بود.
- در صورت عدم رویارویی با تنگناهای زمانی، برای به حداقل رساندن مصرف آب با کیفیت در آبشویی، مصرف زهاب باید تا آنجا ادامه یابد که روند کاهش شوری در لایه‌های عمق هدف در خاک کُند شود.

۲-۵- نمونه‌برداری از خاک و اندازه‌گیری شوری

نمونه‌برداری از خاک با هدف اندازه‌گیری مقادیر شوری و سدیمی آن بسیار مرسوم است، ولی در بیشتر موارد، روش‌های مرسوم نمونه‌برداری منجر به ایجاد خطای زیاد در برآوردها می‌شود. در آزمایش‌های اندازه‌گیری شوری و سدیمی نیز به‌طور معمول بیشترین خطای آزمایش‌گران در ساختن گل اشباع است. این بند از دستورالعمل برای ایجاد هماهنگی و کمینه کردن خطا در نمونه‌برداری و آزمایش‌های خاک تدوین شده است.

نمونه‌برداری از خاک به‌طور معمول توسط متّه دستی (آگر[1]) صورت می‌گیرد، ولی در هنگام نمونه‌برداری از لایه سطحی خاک توسط آگر، ممکن است بخشی از خاک به‌صورت کپه‌ای کوچک در اطراف متّه پراکنده شود. این خاک به‌طور معمول حاوی نمک زیادی است که نبود آن در نمونه تهیه شده، نمونه‌برداری را با خطایی عمده روبرو می‌کند. به‌همین دلیل بهتر است اولین نمونه‌برداری (قبل از

1. Auger

آبشویی) از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک با استفاده از لوله‌های فولادی به قطر حداقل پنج سانتی‌متر و به‌روش ضربه‌ای انجام شود. می‌توان لبه این لوله‌ها را از یک سمت تراش داده و تیز کرد. این لوله‌ها به‌کمک پُتک، به‌صورت عمودی تا عمق ۳۰ سانتی‌متری کوبیده می‌شود، سپس دور آن با بیل دستی خالی شده و نمونه خاک با استفاده از یک میله چوبی از داخل لوله خارج می‌شود. شکل ۲ روش نمونه‌برداری با استفاده از کوبیدن لوله فولادی لبه‌تیز را نشان می‌دهد.

شکل ۲- روش نمونه‌برداری از خاک سطحی با استفاده از لوله فولادی لبه‌تیز

در تهیه گِل اشباع برای عصاره‌گیری، نسبت آب به خاکی که عصاره محلول خاک از آن گرفته می‌شود، بر مقادیر شوری اندازه‌گیری شده بسیار تأثیرگذار است. به‌همین دلیل، حالت گِل اشباع به‌صورت استاندارد تعریف شده و عصاره‌گیری از خاک با هدف اندازه‌گیری شوری در این حالت باید انجام گیرد. برای تهیه گِل اشباع، حدود ۲۵۰ گرم خاک را که با الک شماره ۱۰ (قطر سوراخ‌ها حدود دو میلی‌متر) الک شده در یک ظرف به حجم تقریبی ۵۰۰ سی‌سی ریخته و قدری آب مقطر به آن اضافه می‌شود. سپس روی ظرف را

برای جلوگیری از تبخیر پوشانده و به‌مدت ۲۴ ساعت به‌حال خود رها می‌شود. بعد از ۲۴ ساعت، یکی از این سه حالت برای گِل روی می‌دهد:

۱. در سطح گِل آب جمع شده باشد.
۲. سطح گِل ترک برداشته باشد.
۳. گِل تغییری نکرده باشد.

در حالت اول، مقداری خاک اضافه کرده و با استفاده از کاردک، گِل یکنواخت می‌شود. در حالت دوم مقداری آب مقطر به خاک اضافه گردیده و دوباره گِل یکنواخت می‌شود. در حالت سوم گِل مورد نظر، گِل اشباع است. گِل اشباع باید ویژگی‌های زیر را داشته باشد:

- سطح گِل براق باشد.
- در سطح و زیر گِل، آب جمع نشود.
- با کج کردن ظرف حاوی گِل، به آرامی جریان پیدا کند.
- زمانی که با کاردک، لایه‌ای از گِل برداشته شود، با ضربه‌ی مختصری به کاردک، گِل به داخل ظرف سقوط کند.
- زمانی که با کاردک، شیاری در داخل ظرف و روی سطح گِل ایجاد شود، دو لبه‌ی شیار به آرامی به هم برسند.

۳- چند نکته مهم

- چنان‌چه پس از عملیات آبشویی، کشتِ همراه با آبیاری در زمین صورت نمی‌گیرد، زمین پس از گاورو شدن شخم زده شود تا مسیر لوله‌های موئین در خاک بریده شده و مانع از بازگشت مجدد نمک‌ها به سطح خاک و لایه زراعی سطحی شود.

- اندازه‌گیری شوری آب زهکشی به عنوان معیار میزان شوری اراضی تحت آبشویی، صحیح نیست. بخش عمده‌ی بار نمک زهاب در هنگام اجرای عملیات آبشویی در جنوب استان خوزستان، از آب زیرزمینی شور ناشی می‌شود. به عبارت ساده‌تر، ممکن است شوریِ عمقِ هدف در خاک تا حد قابل توجهی پایین آمده باشد، ولی شوری زهاب خروجی تغییر چندانی نکند. از این رو می‌بایست مطابق این دستورالعمل و بعد از هر دور آبشویی، نمونه‌برداری از خاک انجام شود و معیار اخذ تصمیم قرار گیرد.
- خاک‌های شور و سدیمی دشت خوزستان که از نهشته شدن رسوبات رشته کوه‌های زاگرس تشکیل شده است، در بیشتر موارد به طور طبیعی دارای مقادیر کم و بیش قابل توجه کلسیم می‌باشند. بنابراین آبشویی با آب به تنهایی برای اصلاح مشکل سدیمی آنها کافی است و نیازی به اضافه کردن مواد اصلاح کننده (مانند گچ) نمی‌باشد. با این حال چنان‌چه در پروژه‌ای بعد از طی روند آبشویی و کاهش شوری، علایم سدیمی و مقادیر SAR بالا مشاهده شد، قبل از آبشویی باقی اراضی پروژه، مراتب به مقامات مسئول منعکس شود تا نسبت به ادامه روند آبشویی و یا استفاده از مواد اصلاحی تصمیم‌گیری شود.

«پیوست‌ها»

پیوست شماره ۱
«مبانی نظری جابجایی نمک‌ها و آبشویی»

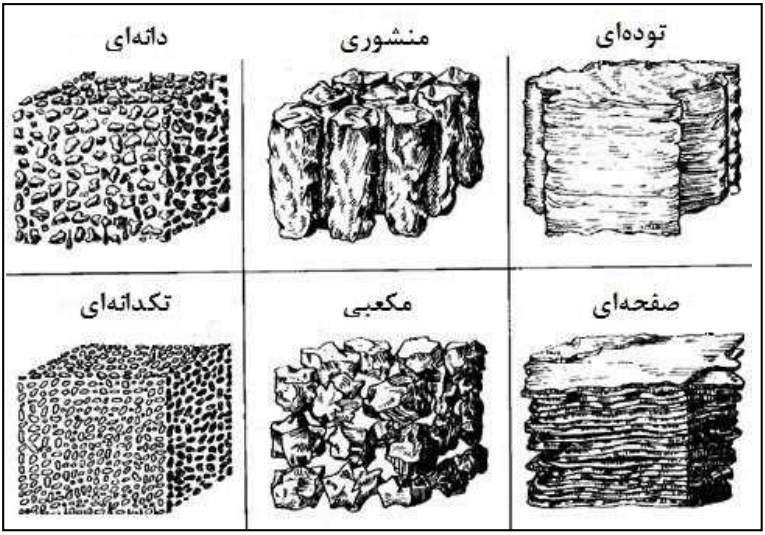
پ۱-۱- ساختمان خاک و اثر آن بر جابجایی نمک‌ها

خاک به‌طور معمول به‌عنوان یک سامانه سه فازی، متشکل از بخش‌های جامد، مایع و گاز توصیف می‌شود. بخش جامد خاک عمدتاً شامل مواد معدنی است که در قالب خاک‌دانه‌ها[1] یا خاک‌سازه‌ها[2] به‌هم پیوند خورده‌اند. به‌شکل قرارگیری ذرات خاک و خلل و فرج بین آنها «ساختمان خاک» اتلاق می‌شود. ساختمان خاک‌ها انواع متفاوتی از ساختمان تک‌دانه‌ای[3] خاک‌های شنی، خاکدانه‌های خوب شکل‌گرفته[4] تا ساختمان‌های متراکم[5] و توده‌ای[6] را شامل می‌شوند. خاک‌های دارای ساختمان مناسب، دارای خاکدانه‌های پایداری هستند که پیوستگی‌شان با خاکدانه‌های مجاور شدید نیست و هنگامی‌که خاک به‌هم زده می‌شود، به‌راحتی از یکدیگر جدا می‌شوند (وایت[7]، ۱۹۸۷).

توصیف کامل ساختمان خاک شامل سه ویژگی شکل، اندازه و استحکام ذرات خاک است (بای‌بوردی، ۱۳۸۸). حالت‌های عمده در ساختمان خاک شامل

1. Aggregates
2. Peds
3. Single grain
4. Well-formed
5. Compact
6. Massive
7. White

ساختمان‌های تکدانه‌ای، دانه‌ای[1]، منشوری[2]، مکعبی[3]، ورقه‌ای[4] و توده‌ای است که در شکل پ-۱-۱ نشان داده شده‌اند.



شکل پ-۱-۱- حالت‌های عمده ساختمان خاک

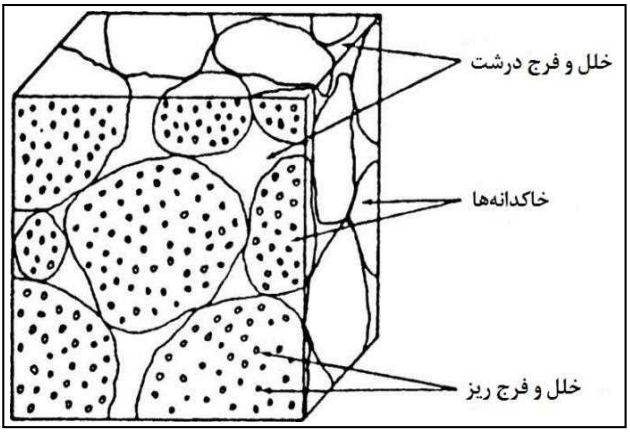
ساختمان خاک را به‌صورت کمّی می‌توان با استفاده از تخلخل و توزیع اندازه منافذ آن نیز مشخص کرد. تخلخل، نسبتی از کل حجم خاک است که به‌وسیله منافذ اشغال شده است. توزیع اندازه منافذ خاک را می‌توان به‌وسیله منحنی مشخصه رطوبتی که نمایانگر مقدار آب خاک در برابر نیروی مکش اعمال شده است، تعیین کرد.

1. Granular
2. Prismatic
3. Blocky
4. Platy

ذرات رس در گروه‌هایی به بزرگی دو میکرومتر وجود دارند و قطر منافذ بین آنها ۰/۰۰۵ تا ۰/۱ میکرومتر است. خوشه‌هایی از این گروه‌ها در کنار هم به‌عنوان ریز خاک‌دانه[1] شکل گرفته‌اند که آنها نیز در کنار هم به‌عنوان خاک‌دانه‌هایی به قطر یک تا پنج میلی‌متر متشکل شده‌اند. بیشتر منافذ درونِ این خاک‌دانه‌ها، منافذ ذخیره‌ای[2] یا منافذ ریز[3] هستند و قطری در حدود ۳۰ تا ۵۰۰ میکرومتر دارند. به‌هر حال و به‌طور معمول، شکست ناگهانی در توزیع اندازه خلل و فرج خاک وجود ندارد و هر اندازه‌ای بین درشت‌ترین تا ریزترین منافذ، بین اندازه‌های خلل و فرج خاک پیدا می‌شود (وایت، ۱۹۸۵).

منافذ بین خاک‌دانه‌ای[4] بزرگ‌تر و مستقیم‌تر از منافذ درون خاک‌دانه‌ای[5] هستند. منافذ بزرگ و مستقیم، آب را بسیار سریع‌تر از منافذ ریز و معوج منتقل می‌کنند (سینگر و مانز[6]، ۱۹۹۱). به این ترتیب اختلاف اندازه و اعوجاج ذرات خاک، کمک بسیاری به کنترل حرکت آب از میان خاک می‌نماید، به این شکل که اجازه می‌دهد آب اضافی از خاک خارج شود، ولی رطوبت در میان منافذ ریزتر بین خاک‌دانه‌ها نگهداری شود (دیویدسون[7] و همکاران، ۱۹۸۰). شکل پ-۱-۲به‌صورت شماتیک، چگونگی قرارگیری خاک‌دانه‌ها و منافذ ریز و درشت خاک را نمایش می‌دهد.

1. Micro-aggregate
2. Storage pores
3. Micro pores
4. Inter-aggregate
5. Intra-aggregate
6. Singer and Munns
7. Davidson



شکل پ-۱-۲- چگونگی قرارگیری خاکدانه‌ها و توزیع منافذ ریز و درشت خاک

پ ۱-۲- مفهوم پیوستاری دوگانه[1]

برای مدل‌سازی جابجایی نمک‌ها در خاک ساختمان‌دار، به‌طور معمول از راهبرد پیوستاری دوگانه (یا تخلخل دوگانه[2]) استفاده شده و در آن فرض می‌شود که تخلخل شامل دو ناحیه است:

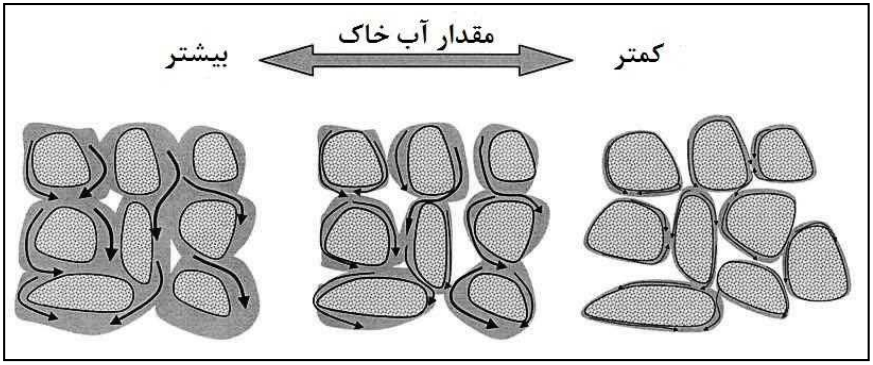
- ناحیه آب متحرک[3]، که جابه‌جایی نمک‌ها در این ناحیه توسط جریان روان (توده‌ای[4]) و انتشار صورت می‌گیرد.
- ناحیه آب ساکن[5]، که جابجایی نمک‌ها در آن تنها توسط پخشیدگی[6] انجام می‌شود و نقش عوامل جریان روان و انتشار[7] بسیار کم رنگ است.

1. Bi-continuum
2. Dual porosity
3. Mobile water region
4. Mass Transport
5. Immobile water region
6. Diffusion
7. Dispersion

جابجایی نمک‌ها در ناحیه آب متحرک، سریع روی می‌دهد، در حالی که جابه‌جایی نمک‌ها بین ناحیه آب ساکن و آب متحرک توسط پخشیدگی و بسیار آهسته صورت می‌گیرد (پاسیورا[1]، ۱۹۷۱؛ دیویدسون و همکاران، ۱۹۸۰؛ لافولیه و هایوت[2]، ۱۹۹۳). این رفتار را در خاک هم می‌توان مشاهده کرد. دو گونه از منافذ را در خاک می‌توان تفکیک کرد؛ منافذ درشت بین خاکدانه‌ها به‌عنوان ناحیه آب متحرک و منافذ ریز درون خاک‌دانه‌ها به‌عنوان ناحیه آب ساکن. در چنین خاک‌هایی، جابجایی نمک‌ها از بین خاک‌دانه‌ها (ناحیه آب متحرک) به‌وسیلهٔ جریان روان و انتشار هیدرودینامیکی روی می‌دهد، ولی جابه‌جایی نمک‌ها در درون خاک‌دانه‌ها (ناحیه آب ساکن) تنها توسط پخشیدگی انجام می‌شود (رز[3]، ۱۹۷۳؛ وان‌گنوختن و ویرنگا[4]، ۱۹۷۶؛ دی اسمت[5] و ویرنگا، ۱۹۷۹؛ رآو[6] و همکاران، ۱۹۸۰؛ تیلمن[7] و همکاران، ۱۹۹۱). در خاک‌دانه‌های درشت‌تر، افزایش آب ساکن در منافذ درون خاکدانه‌ای سبب می‌شود که مجاری پخشیدگی طولانی‌تر شود و همین سبب تأخیر در رسیدن به تعادل می‌شود. البته همان‌گونه که واگنت[8] (۱۹۸۳) بیان کرده، راهبرد پیوستاری دوگانه تنها محدود به محیط‌های خاکدانه‌ای قوی نیست، بلکه تقریباً در هر خاکی با نواحی آب ساکن-متحرک قابل مشاهده است. با کاهش مقدار رطوبت، بیشتر مجاری درشت از هوا پر می‌شوند و تنها غشاء نازکی[9] از آب بر جدار آنها باقی خواهد ماند که آب راکد

1. Passioura
2. Lafolie and Hayot
3. Rose
4. Van Genuchten & Wierenga
5. De Smedt
6. Rao
7. Tillman
8. Wagenet
9. Film

(گاودت[1] و همکاران، ۱۹۷۷) نامیده می‌شود (شکل پ- ۱-۳). کاهش مقدار رطوبت سبب افزایش مجاری درشت پُر از هوا می‌شود که پیدایش روزنه‌های بسته را در پی دارد (آب راکد).



شکل پ-۱-۳- تشکیل غشاء آب بر دیواره خلل و فرج خاک در رطوبت غیراشباع

1. Gaudet

پیوست شماره ۲

«خاک‌های شور، سدیمی و شور- سدیمی»

در خاک‌های با زهکشی نامناسب، به‌طور معمول تجمع قابل توجهی از نمک‌های مختلف در نیمرخ خاک روی می‌دهد. از آنجا که وجود نمک‌های محلول اضافی در خاک منطقه ریشه می‌تواند مشکلاتی از قبیل کاهش جذب آب توسط گیاه، تخریب ساختمان خاک و ... را ایجاد نماید، موضوع اصلاح خاک‌های شور و سدیمی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در مناطق خشک و نیمه خشک، در نتیجه تجمع نمک‌ها در نیمرخ خاک که منشاء آن ممکن است لایه‌های خاک زیرزمینی نمک‌دار، آب‌های زیرزمینی کم‌عمق شور و حتی نمک‌های موجود در آب آبیاری باشد، خاک ممکن است شور، سدیمی و یا شور- سدیمی شود (حسن‌اقلی، ۱۳۹۳).

از ۱۶۵ میلیون هکتار اراضی ایران، مساحتی حدود ۲۳/۵ میلیون هکتار که معادل ۱۴/۲ درصد سطح کل کشور است به درجات مختلف با مسائل شوری، سدیمی بودن، زهدار و یا ماندابی بودن روبه‌رو است. عقیده بر آن است که در ایران، آب آبیاری و یا کمبود آن علت اصلی تراکم نمک‌ها در نیمرخ خاک است. خاک‌های شور و یا سدیمی بر پایه دو ویژگی مهم زیر، تعریف، ارزیابی و رده‌بندی می‌شوند (پذیرا، ۱۳۹۱):

- غلظت نمک‌های محلول در حدی باشد که بر رشد و نمو گیاهان اثر نامطلوب برجای گذارد.

- درصد سدیم قابل تبادل (ESP) به میزانی باشد که پایداری خاک‌دانه‌ها بر اثر تخریب ساختمان خاک تضعیف شده و ویژگی‌های فیزیکی خاک نیز نامطلوب شود.

درصد سدیم قابل تبادل (یا درصد سدیم تبادلی) یکی از معیارهای خوب جهت توصیف وضعیت فیزیکی و ساختمانی خاک است. از این رو SAR (نسبت جذب سدیم) عصاره اشباع یا آب آبیاری با ESP عصاره اشباع خاک ارتباط داده می‌شود که رابطه تجربی بین آنها به‌صورت رابطه پ-۲-۱ است (علیزاده، ۱۳۸۳).

$$ESP = \frac{100(-0.0126 + 0.01475SAR)}{1 + (-0.0126 + 0.01475SAR)} \qquad (پ-۲-۱)$$

بنابر تعریف، خاک شور به خاکی اتلاق می‌شود که هدایت الکتریکی عصاره اشباع آن (ECe) بیش از ۴ دسی‌زیمنس بر متر (ECe>4 dS/m) و درصد سدیم تبادلی آن کمتر از ۱۵ باشد (ESP<15%). همچنین میزان نسبت جذب سدیم در این قبیل خاک‌ها کمتر از ۱۳ است (SAR<13). در سال‌های اخیر، پژوهش‌گران پیشنهاد کرده‌اند که ECe این‌گونه خاک‌ها ۲/۰ دسی‌زیمنس بر متر منظور شود، زیرا بیشتر گیاهان، به‌ویژه درختان میوه و گیاهان زینتی در محدوده شوری ۴-۲ دسی‌زیمنس بر متر آسیب‌پذیر می‌شوند. مشکل خاک‌های شور، تراکم نمک‌های محلول در فاز مایع خاک است که بیشتر به‌صورت کلراید، سولفات و گاهی نیترات تظاهر می‌کنند. البته نمک‌های کم محلولی مانند سولفات کلسیم ($CaSO_4$) یا گچ و کربنات کلسیم ($CaCO_3$) یا آهک نیز در این نوع خاک‌ها یافت می‌شوند. خاک‌های شور به‌دلیل وجود مقدار کم سدیم تبادلی در

همتافت تبادلی خاک[1]، نفوذپذیری مناسبی دارند. اصلاح و بهره‌برداری از خاک‌های شور با آبشویی نمک‌های محلول و استفاده از آب مناسب و کافی امکان‌پذیر است. البته اصلاح و آبشویی خاک شور ممکن است به‌دلایل متعدد از جمله محدودیت زهکشی طبیعی خاک، بالا بودن سطح ایستابی، نفوذپذیری کم خاک، پایین بودن میزان هدایت هیدرولیکی اشباع افق‌های زیرین نیمرخ خاک، کمبود آب مورد نیاز با کیفیت مناسب و یا هزینه‌های تأمین آب مورد نیاز، با مشکل روبرو شود (پذیرا، ۱۳۹۱).

از ویژگی‌های بارز خاک سدیمی، دارا بودن ECe<4dS/m و ESP>15% است. در این نوع خاک‌ها، مقدار SAR>13 است و بنابراین، اصلی‌ترین مشکل این خاک‌ها میزان سدیم است. بالا بودن مقدار سدیم و ECe کم خاک، موجب گسیختگی خاک دانه‌ها و پراکنش ذرات رس می‌شود. واکنش (pH) خاک‌های سدیمی در محدوده ۱۰-۸/۵ بوده که به‌دلیل آبکافت (هیدرولیز) نمک کربنات سدیم روی می‌دهد. کلر، سولفات و بی‌کربنات همراه با مقداری کربنات، از عمده‌ترین آنیون‌های محلول در خاک‌های سدیمی هستند. چون در pH زیاد، مقدار کربنات زیاد است، در نتیجه کلسیم و منیزیم در خاک رسوب می‌کنند و مقدار آنها در محلول خاک کاهش می‌یابد. اصلاح خاک‌های سدیمی با به‌کارگیری گچ (ژیپس) و کلرید کلسیم که زمینهٔ جایگزینی یون کلسیم را به‌جای یون سدیم تبادلی فراهم می‌آورد امکان‌پذیر است. در این شرایط، کلسیم جایگزین سدیم شده و نمک سولفات سدیم (Na_2SO_4) یا کلرید سدیم (NaCl) به‌دست می‌آید که به‌دلیل انحلال‌پذیری زیاد، قابل آبشویی و دفع است. نمک‌های سولفات کلسیم (گچ) و کلرید کلسیم، ضمن این‌که غلظت الکترولیتی خاک را افزایش می‌دهند، موجب افزایش نفوذپذیری خاک نیز می‌شوند. در

1. Soil exchange complex

خاک‌های آهکی و یا خاک‌های سدیمی با مقدار زیاد کربنات کلسیم (آهک)، می‌توان سدیم‌زدایی را با به‌کارگیری گوگرد عنصری و یا اسید سولفوریک غلیظ صنعتی نیز انجام داد. لازم به‌ذکر است که استفاده از مواد اصلاح کننده خاک، مستلزم ملاحظات و عملیات ویژه‌ای است. پخش نمودن عوامل اصلاح کننده بر روی سطح زمین و اختلاط آن با خاک لایه سطحی و همچنین، افزودن گچ به آب آبشویی و یا آب مصرفی می‌تواند جزو این موارد باشد (پذیرا، ۱۳۹۱).

یکی از بدترین شرایط، **تشکیل خاک شور و سدیمی** است. عصارهٔ اشباع این‌گونه خاک‌ها دارای هدایت الکتریکی بیش از ۴ دسی‌زیمنس بر متر و درصد سدیم تبادلی بیش از ۱۵ است. طبیعی است که نسبت جذب سدیم در آنها نیز بیشتر از ۱۳ می‌باشد. پس مشکل مضاعف این خاک‌ها، بالا بودن هم‌زمان میزان نمک محلول و درصد سدیم تبادلی است. چون غلظت الکترولیتی (نمک‌های محلول) فاز مایع خاک قابل ملاحظه است، واکنش آنها از ۸/۵ کمتر بوده و خاک منعقد می‌باشد. دقت کافی در هنگام اصلاح و به‌سازی خاک‌های شور و سدیمی نیاز است، زیرا ممکن است در هنگام آبشویی، خروج نمک‌های محلول از نیمرخ خاک موجبات چیرگی یون سدیم را فراهم آورد. در نتیجه، گرایش خاک به سدیمی شدن محتمل بوده و با فراتر رفتن واکنش (pH) از ۸/۵، گسیختگی خاک‌دانه‌ها رخ دهد. برای نتیجه بهتر، به‌کارگیری هم‌زمان آب با کیفیت مناسب برای آبشویی نمک‌ها و افزودن مواد اصلاح کننده دارای یون کلسیم (سولفات کلسیم یا کلرید کلسیم) برای جایگزینی با یون سدیم تبادلی ضروری است. بدین‌ترتیب نمک‌های محلولی مانند کلرید سدیم و سولفات سدیم به‌دست می‌آید که به‌دلیل انحلال‌پذیری مطلوب، به‌همراه تراوش‌های عمقی از نیمرخ خاک آبشویی می‌شود. روش دیگر، آبشویی مقدماتی با آب‌های شور حاوی کلسیم و منیزیم زیاد است (نظیر زهاب‌های کشاورزی استان خوزستان). پس از رسیدن به

جایگزینی مقدماتی کلسیم به‌جای سدیم تبادلی، استمرار آبشویی نمک‌های محلول باید با استفاده از آب مناسب انجام گیرد. برای فراهم شدن امکان انجام واکنش‌های لازم بین کلسیم و سدیم تبادلی با آسانی نسبی، پیشنهاد شده است که مقدار گچ مورد نیاز پس از پخش روی سطح زمین با خاک لایه سطحی مخلوط شود. همچنین می‌توان نسبت به افزودن گچ به آب آبشویی و یا آب مصرفی نیز اقدام نمود.

پیوست شماره ۳
«جزئیات بیشتری از روش‌های آبشویی»

پ ۳-۱- آبشویی و تأثیرپذیری از روش‌های مختلف آبیاری

آبشویی، روش معمول احیاء[1] خاک‌های شور[2] است. آبشویی شامل حل‌شدن نمک‌های قابل انحلال، گذراندن محلول حاصل از میان خاک و خارج کردن آن از ناحیه ریشه گیاه است. راندمان آبشویی[3] را می‌توان به صورت مقدار نمک‌های شسته شده در ازای واحد حجم آب به کار رفته تعریف کرد (تانجی[4]، ۱۹۹۰).

برای آبشویی نمک‌های اراضی، روش‌های مختلفی به کار گرفته می‌شود. در جدول پ.۱، کارآیی روش‌های متداول آبیاری در آبشویی نمک‌ها درج شده است. بیگر و نیلسون[5] (۱۹۷۶) پیشنهاد نمودند برای بالا بودن راندمان آبشویی، بهتر است رطوبت خاک کمتر از رطوبت اشباع باشد. بنابراین چنان‌چه روش آبیاری منجر به ایجاد ناحیه غیر اشباع در نیمرخ خاک شود، تأثیر بیشتری در آبشویی نمک‌ها خواهد داشت.

1. Reclamation
2. Salt-affected soils
3. Leaching efficiency
4. Tanji
5. Bigger and Nielson

جدول پ۳-۱- کارآیی روش‌های مختلف آبیاری در آبشویی نمک‌ها (برگرفته از تانجی، ۱۹۹۰)

روش آبیاری	کاربرد	الگوی تجمع نمک‌ها	کارآیی آبشویی نمک‌ها	ملاحظات ویژه
جویچه‌ای	گیاهان ردیفی، خاک‌هایی با نفوذپذیری پایین تا متوسط	روی پشته‌ها و چنان‌چه یکنواختی آبیاری پایین باشد، در امتداد شیب	نمک از خاک درون جوی شسته و روی پشته‌ها باقی می‌ماند. نسبت به روش‌های سبک‌تر آبیاری، آب بیشتری نیاز دارد	ندارد
نواری	کشت‌های متراکم	روی پشته بین نوارها	مشابه آبیاری جویچه‌ای	ندارد
کرتی	کشت‌های متراکم	روی پشته-هایی که کرت‌ها را جدا می‌کنند	مشابه آبیاری جویچه‌ای	ندارد
بارانی ثابت	بیشتر گیاهان. در خاک‌های دارای بافت ریز محدودیت دارد	اگر سامانه آبیاری به خوبی طراحی و مدیریت شود، هیچ غلظتی در ناحیه ریشه باقی نمی‌ماند	آبشویی یکنواخت، می‌تواند برای آبشویی نمک-های به‌جا مانده از کاربرد سایر روش‌ها به کار گرفته شود	می‌تواند باعث گسترش بیماری در گیاهان حساس شود (مثل لوبیا). آب آبیاری شور می‌تواند بقایای مضری روی گیاه برجای گذارد.
بارانی متحرک	بیشتر گیاهان به جز درختان و تاکستان‌ها، قابل کاربرد در زمین‌های ناهموار	مشابه آبیاری بارانی ثابت	مشابه آبیاری بارانی ثابت	مشابه آبیاری بارانی ثابت

ادامهٔ جدول پ۳-۱- کارآیی روش‌های مختلف آبیاری در آبشویی .....

روش آبیاری	کاربرد	الگوی تجمع نمک‌ها	کارآیی آبشویی نمک‌ها	ملاحظات ویژه
روش‌های خرد آبیاری (قطره‌ای، موضعی، زیرزمینی)	به دلیل هزینه‌های سرمایه‌ای بالا، بیشتر برای کشت‌های با ارزش‌تر و یا کشت‌های با هزینه بالای نیروی کار	خارج از پیاز رطوبتی قطره چکان‌ها	پیاز رطوبتی به خوبی آبشویی می‌شود، ولی آبشویی تمام سطح مزرعه تا عمق ریشه بسیار مشکل است.	روش‌های خرد آبیاری (قطره‌ای، موضعی، زیرزمینی)

در روش‌های خرد آبیاری[1]، نمک‌ها از نزدیکی هر قطره چکان دور می‌شوند و در خارج از پیاز رطوبتی تجمع پیدا می‌کنند. استفاده طولانی مدت از این روش‌ها می‌تواند ایجاد نواحی نامنظمی از تجمع نمک در زمین را درپی داشته باشد که شاید استفاده از زمین را دچار مشکل کند (تانجی، ۱۹۹۰). به همین دلیل توصیه می‌شود که در هنگام بارندگی، آبیاری با این روش‌ها قطع نشود تا هم از برگشت نمک به درون پیاز رطوبتی جلوگیری کند و هم حجم آب بالاتر، نمک‌ها را هر چه بیشتر از ناحیه ریشه دور گرداند (علیزاده، ۱۳۸۶).

آبیاری بارانی این مزیت را دارد که آب را به صورت یکنواخت[2] بر سطح خاک پخش می‌کند. همچنین با استفاده از این روش می‌توان جریان‌های غیراشباع در خاک ایجاد کرد. در این جریان‌ها نسبت ناحیه آب متحرک کاهش پیدا می‌کند و به‌همین دلیل، راندمان آبشویی نمک‌ها نسبت به سایر روش‌ها

1. Micro irrigation
2. Uniform

بالاتر است. آبیاری بارانی به‌طور معمول در شرایط آب و هوایی که تبخیر در آن بالا است به‌کار برده نمی‌شود.

انباشتن آب روی سطح مزرعه، روش سنتی آبشویی نمک‌هاست و به‌صورت گسترده‌ای در سامانه‌های آبیاری سطحی استفاده می‌شود. این روش از باقی روش‌ها ارزان‌تر است، ولی کارآیی کمتری دارد. تحقیقات متعدد نشان داده‌اند که با آبشویی متناوب[1] می‌توان کارآیی این روش را افزایش داد (اُستر[2] و همکاران، ۱۹۷۲؛ داهیا[3] و همکاران، ۱۹۸۱، میری و پلاوت[4]، ۱۹۸۵).

پ ۳-۲- آبشویی متناوب و پیوسته [5]

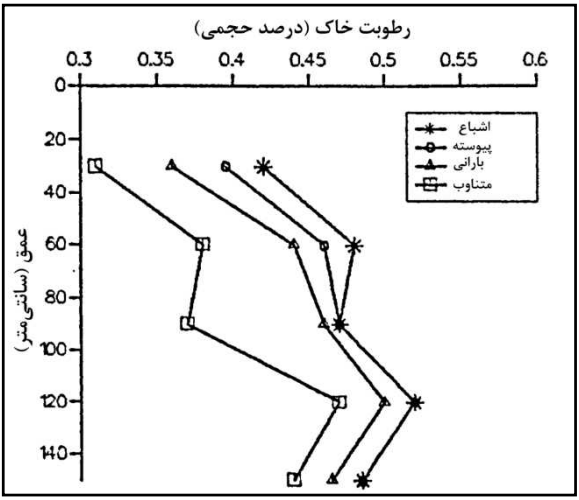
داهیا و همکاران (۱۹۸۱) اشاره کردند که آبشویی متناوب، زمان بیشتری را برای حرکت آب از میان خلل و فرج ریزتر در اختیار قرار می‌دهد و بنابراین راندمان آبشویی را بهبود می‌بخشد. همچنین فرصت بیشتری در اختیار نمک‌ها قرار می‌دهد تا از نواحی آب ساکن (کمتر تحرک) به نواحی آب متحرک پخشیده شوند. آنها اضافه کردند که راندمان آبشویی با روش متناوب، به‌مقدار قابل توجهی از روش پیوسته بیشتر است. علاوه بر آن با کاهش مقدار رطوبت، نسبت آب عبوری از خلل و فرج درشت نیز کاهش می‌یابد. از سوی دیگر چون افزایش میزان جریان از میان منافذ درشت، کارآیی شستشوی نمک‌ها را کاهش می‌دهد (ال‌جبالی[6]، ۱۹۷۱؛ اُستر و همکاران، ۱۹۷۲؛ هافمن[7]، ۱۹۸۰؛ کوت[8] و همکاران،

1. Intermittent leaching
2. Oster
3. Dahiya
4. Meiri and Plaut
5. Continous
6. El-gabaly
7. Hoffman
8. Cote

۲۰۰۰)، از این‌رو آبشویی متناوب به افزایش راندمان این عملیات منجر خواهد شد.

آزمایش‌های آبشویی نیلسون[1] و همکاران (۱۹۶۵) نشان داد که آبشویی متناوب، منجر به مقادیر رطوبتی کمتری در خاک نسبت به آبشویی پیوسته با روش آبیاری بارانی می‌شود. همان‌طور که در شکل پ-۳-۱ نشان داده شده، در حالی که آبشویی پیوسته رطوبت خاک را تا حد اشباع بالا می‌برد، آبشویی با آبیاری بارانی به‌صورت مداوم، رطوبت خاک را بین یک تا سه درصد حجمی و آبشویی متناوب تقریباً تا هفت درصد حجمی، رطوبت خاک را نسبت به حالت اشباع پایین‌تر می‌آورند. بنابراین آبشویی متناوب نه تنها زمان بیشتری برای پخشیدگی نمک‌ها به بیرون ناحیه آب ساکن در مدت بین دو آبشویی در اختیار قرار می‌دهد، بلکه با کاهش نسبت عبور جریان از خلل و فرج درشت، سبب بهبود راندمان آبشویی می‌شود. علاوه بر آن در این روش، یکنواختی بیشتری در آبشویی نمک‌ها از سطح مزرعه گزارش شده، چرا که در آبشویی پیوسته، نمک-های موجود در خاک مجاور زهکش‌ها بیشتر شسته می‌گردند تا خاک بین زهکش‌ها (تالسما[2]، ۱۹۶۷؛ ون هورن و ون آلفن[3]، ۱۹۹۴).

1. Nielsen
2. Talsma
3. Van Hoorn and Van Alphen



شکل پ-۳-۱- مقادیر رطوبت خاک به دست آمده تحت سه روش: آبشویی پیوسته، بارانی مداوم و ۱۵۰ سانتی‌متر آبشویی متناوب، با تناوب‌های ۱۵ سانتی‌متری (نیلسون و همکاران، ۱۹۶۵)

یکی دیگر از فواید آبشویی متناوب، مزیت آن در مدیریت راحت‌تر مزرعه است. زیرا برای اجرای آبشویی پیوسته، نیاز به ایجاد پشته‌های بلند در اطراف مزرعه است، ولی کشاورزان می‌توانند آبشویی متناوب را بدون تغییر عمده‌ای در سیمای مزرعه انجام دهند.

پ ۳-۳- عوامل مؤثر بر آبشویی متناوب

با بررسی منابع می‌توان گفت که چهار عامل، اهمیت زیادی در آبشویی متناوب دارند که عبارتند از:

الف- اثر مقدار تبخیر: شاید بتوان گفت که اثر مثبت آبشویی متناوب بر کاهش مقدار آب لازم برای شستشوی نمک‌ها، محدود به شرایط اقلیمی با

میزان تبخیر پایین است. زمانی که آبشویی در شرایط تبخیر بالا انجام شود، نمکی که به لایه‌های کم عمق خاک آبشویی شده، در زمان قطع جریان توسط تبخیر به سطح خاک برگردانده می‌شود. همچنین بخشی از آبی که در دور بعدی آبشویی اعمال می‌شود، در لایه‌های بالایی خاک به‌عنوان جایگزین آب تبخیر شده، نگه‌داشته می‌شود و بنابراین، مقدار آب باقی‌مانده برای شستشوی نمک‌های لایه‌های پایین‌تر کاهش پیدا می‌کند. با کم کردن تبخیر از سطح خاک بین دوره-های آبشویی و با استفاده از مالچ[1] یا خاک‌پوش، می‌توان کارآیی آبشویی متناوب را افزایش داد (کارتر و فنینگ[2] ،۱۹۶۴، کرن[3]،۱۹۹۰). از این رو می‌توان چنین نتیجه گرفت که برای حفظ تأثیر بیشتر آبشویی متناوب در شوری‌زدایی خاک، بهتر است این عملیات را تحت شرایط کمترین مقدار ممکن تبخیر (در فصل مناسب و یا با استفاده از خاک‌پوش) انجام داد تا آب از دست رفته در دوره انقطاع و برگشت نمک، حداقل باشد.

ب- اثر وضعیت تسطیح و ناهمواری زمین: تسطیح ضعیف و به تبع آن ناهمواری سطح، منجر به ایجاد چالاب‌هایی در دوره انقطاع بین دو آبشویی می‌شود که در سطح کرت پراکنده‌اند. در کرت‌های ناهموار در آبشویی پیوسته، به‌دلیل وجود دائم عمقی از آب روی سطح خاک، آب به‌صورت یکنواخت به خاک اعمال شده و بنابراین راندمان آبشویی بهتر از روش متناوب بوده است. ولی در کرت‌های دارای تسطیح بهتر، راندمان آبشویی روش متناوب به صورت معنی‌دار بالاتر از روش پیوسته بوده است (داهیا و همکاران، ۱۹۸۴).

ج- اثر هدایت هیدرولیکی: در خاک‌هایی که هدایت هیدرولیکی پایینی دارند، سرعت پایین آب در منافذ خاک، زمان زیادی برای پخشیدگی نمک‌ها به درون

1. Mulch
2. Carter and Fanning
3. Keren

خاکدانه‌ها فراهم می‌کند و غلظت محلول درون خاکدانه‌ها به آب درون خلل و فرج درشت نزدیک می‌شود (حتی در آبشویی‌های پیوسته). یادآوری می‌شود این امر به‌جز زمان، به ضریب پخشیدگی مؤثر و اندازه خاکدانه‌ها هم بستگی دارد. بنابراین در خاک‌های با هدایت هیدرولیکی پایین، مزیت‌های بزرگ آبشویی متناوب، یعنی عبور مقدار کمتر آب و زمان بیشتر برای پخشیدگی، در آبشویی پیوسته هم به وجود خواهد آمد. ورما و گوپتا[1] (۱۹۸۹) تفاوت اندکی در شستشوی نمک‌ها در آبشویی متناوب در مقایسه با آبشویی پیوسته گزارش کردند و آن را به هدایت هیدرولیکی پایین خاک رسی مورد مطالعه مرتبط دانستند.

د- اثر گیاهان: در صورت مهیا بودن امکان کشت در اراضی (با توجه به شرایط و مقدار شوری خاک)، گیاهان می‌توانند سه نقش عمده ایفا کنند:

- **تغییر نفوذپذیری سطح خاک:** توسعه ریشه، هم مجاری جدیدی در خاک ایجاد می‌کند و هم فرآیند خاکدانه‌سازی را بهبود می‌بخشد، بنابراین هدایت هیدرولیکی خاک را افزایش می‌دهد (کووودا[2] و همکاران، ۱۹۷۳) که این امر، مزایای استفاده از آبشویی متناوب را افزایش می‌دهد.
- **کاهش تبخیر از سطح خاک:** گیاهان با سایه‌ای که بر خاک می‌اندازند، مقدار تبخیر از سطح خاک را کاهش می‌دهند و علاوه بر جلوگیری از هدر رفتن آب، مانع از برگشت نمک می‌شوند (کووودا و همکاران، ۱۹۷۳). البته باید در نظر داشت که مصرف آب توسط گیاهان (تعرق[3]) موجب افزایش حرکت آب از پایین به سمت ناحیه ریشه می‌شود.

1. Verma and Gupta
2. Kovda et al.
3. Transpriation

- **از بین بردن بخشی از نمک‌ها:** از دیگر مزیت‌های آبشویی هنگام کشت این است که گیاهان، بخشی از نمک‌های موجود را جذب می‌کنند (مینهاس و خسلا[1]، ۱۹۸۶). چاپمن[2] (۱۹۶۶) گزارش کرد که در خاک‌های با درجات شوری متوسط، نمک حدود سه درصد از جرم ماده خشک[3] تولید شده در یونجه، ذرت و سُورگم را تشکیل می‌دهد.

پ ۳-٤- آبشویی با آب شور

آبشویی اولیه اراضی، نیاز به صرف مقادیر بسیار زیادی آب دارد که غالباً از منابع آب با کیفیت مناسب[4] تأمین می‌شود. یکی از راه‌کارهای استفاده مجدد از زهاب‌ها، بهره‌گیری از آنها در اصلاح اولیه خاک‌های شور است که می‌تواند مصرف آب با کیفیت برای آبشویی و احیاء اراضی را به صورت قابل ملاحظه‌ای کاهش دهد. باید توجه کرد به هنگام نمک‌زدایی اراضی لازم نیست که خاک به کلی از نمک تخلیه شود. چنین کاری حتی با مصرف مقادیر زیاد آب امکان‌پذیر نمی‌باشد، زیرا آب آبشویی نیز دارای نمک‌هایی است و البته زمان مورد نیاز جهت رسیدن به تعادل کامل بین نمک‌های آب و خاک (به ویژه آب با کیفیت) هم طولانی است.

تحقیقات در استفاده از منابع آب غیرمتعارف، غالباً جهت بررسی اثر آن بر آبیاری محصولات بوده است و تجاربی که استفاده از آنها را برای آبشویی و اصلاح خاک‌های شور و سدیمی نشان دهد، کم می‌باشد. با این حال استفاده از زهاب برای احیاء و آبشویی اراضی، سابقه‌ای طولانی دارد. آب استفاده شده برای

1. Minhas and Khosla
2. Chapman
3. Dry tissue mass
4. Fresh water

احیاء اراضی ادکو[1] در شمال دلتای رود نیل در مصر در دهه ۱۹۵۰ میلادی، زهاب اراضی بالادست بود. در دهه ۲۰۰۰ میلادی نیز برنامه احیاء ۳۳۰ هزار هکتار از اراضی در غرب و شرق رود نیل، بر پایه استفاده از زهاب بوده است (عبدالخالق[2] و همکاران، ۲۰۰۳).

خاک‌های سدیمی را می‌توان به سرعت از طریق آبشویی مقدماتی با آب بسیار شور حاوی مقادیر زیاد کلسیم و منیزیم بهسازی کرد و سپس با ادامه آبشویی با آب با شوری کمتر، فرایند آبشویی را تکمیل نمود. این فرایند به «روش رقیق کردن آب نمک» معروف می‌باشد.

آیرز و وسکات[3] (۱۹۹۴) نیز معتقدند که اثر تخریبی سدیم وقتی بارز می‌شود که نسبت سدیم به کلسیم در خاک به ۳:۱ برسد. همچنین کاهش شوری آب آبیاری به کمتر از ۰/۵ و به ویژه ۰/۲ دسی‌زیمنس بر متر زیان آور بوده و آبشویی نمک‌های کلسیم و منیزیم و در نتیجه، افزایش نسبی سدیم را سبب می‌شود. این امر باعث متلاشی شدن ذرات خاک و در نهایت، کاهش در سرعت نفوذ آب در خاک می‌شود.

برزگر (۱۳۸۷)، رقیق کردن مرحله‌ای آب بسیار شور حاوی کاتیون‌های دو ظرفیتی را به‌عنوان روشی مؤثر برای اصلاح خاک‌ها، بدون استفاده از مواد اصلاح کننده معرفی و تأکید می‌کند که در ابتدا آب شور باعث هم‌آوری ذرات خاک و تأمین کلسیم برای تبادل با سدیم می‌شود.

ناصری[4] (۱۹۹۸) اعلام کرد آبشویی خاک‌های شدیداً شور و سدیمی با آبی که شوری پایینی داشته باشد، ممکن است باعث پراکندگی ذرات خاک شده و

1. Edko
2. Abdel-Khalek
3. Ayers and Westcot
4. Naseri

عمل آبشویی را محدود نماید. وی بیان کرد در اصلاح این خاک‌ها، چنان‌چه هدایت الکتریکی آب آبشویی کمتر از دو دسی‌زیمنس بر متر باشد، موجب به هم ریختن ساختمان فیزیکی خاک شده، راندمان آبشویی را کاهش داده و حتی متوقف می‌کند.

پ ۳-٤-۱- فرصت استفاده از زهاب در احیاء اراضی جنوب خوزستان

حجم زهاب‌های تولید شده در اراضی تحت آبیاری خوزستان بسیار قابل توجه است، به صورتی که دبی زهاب تنها در اراضی واحدهای توسعه نیشکر امیرکبیر و میرزا کوچک خان (به وسعت مجموع ۲۴ هزار هکتار)، در ماه حداکثر یا مرداد ماه، به ۲۴/۳۰ متر مکعب در ثانیه بالغ می‌شود. متوسط ماهانه کمیت و کیفیت زهاب تولیدی در کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر طی ماه‌های بهمن ۱۳۹۰ تا دی ۱۳۹۱ در جدول پ-۳-۲ درج شده است. در سال‌های اخیر، راه-کارهای متعددی برای مدیریت و دفع این زهاب‌ها به کار گرفته شده که هر یک مشکلات و عوارض خاص خود را داشته‌اند.

جدول پ-۳-۲- متوسط ماهیانه کمیت و کیفیت زهاب تولیدی در کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر

ماه	بهمن ۱۳۹۰	اسفند ۱۳۹۰	فروردین ۱۳۹۱	اردیبهشت ۱۳۹۱	خرداد ۱۳۹۱	تیر ۱۳۹۱	مرداد ۱۳۹۱	شهریور ۱۳۹۱	مهر ۱۳۹۱	آبان ۱۳۹۱	آذر ۱۳۹۱	دی ۱۳۹۱
دبی (m^3/s)	۱/۳۲	۱/۳۴	۵/۶۸	۷/۵	۱۰/۲۲	۱۱/۵	۱۲/۱۵	۱۱/۹۹	۹/۵۹	۲/۵	۱/۴۹	۱/۴
EC (dS/m)	۱۰/۲	۸/۶	۷/۱	۸/۴	۸/۲	۸/۳	۶/۶	۷/۹	۶/۹	۷/۴۵	۹/۷	۱۲/۲

مطالعات متعددی که بر روی تغییرات طولانی مدت کیفیت زهاب در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان انجام شده، بیانگر آن است که بیشتر نمک خاک پس از ۱۰ سال از نصب سامانه زهکشی زیرزمینی تخلیه خواهد شد و شدیدترین

تخلیه نمک در ۲ تا ۳ سال اول بهره‌برداری رخ خواهد داد. هرچه شوری اولیه خاک و شوری آب زیرزمینی بالاتر باشد، شدت تخلیه نمک و به تبع آن شوری زهاب، در سال‌های اولیه بیشتر خواهد بود. پس از گذشت ۱۵ تا ۲۰ سال از شروع بهره‌برداری از سامانه زهکشی زیرزمینی، شوری زهاب تقریباً به مقدار ثابتی میل می‌کند و هر چه شوری اولیه خاک بیشتر باشد، مقدار این شوری ثابت بیشتر خواهد بود. پس از این مرحله، کاهش شوری زهاب بسیار کُند رخ خواهد داد (پیلزبوری[1] و همکاران، ۱۹۶۵؛ جانستون[2]، ۱۹۹۳؛ شارما[3] و همکاران ۱۹۹۵). این فرضیه، با نتایجی که از اندازه‌گیری‌های کیفی زهاب در کشت و صنعت‌های کارون، امیرکبیر، میرزا کوچک خان و امام خمینی به‌دست آمده هم‌خوانی دارد (جعفری و همکاران، ۱۳۸۷)، به‌صورتی که کیفیت زهاب کشت و صنعت‌های امیرکبیر و میرزا کوچک خان از حدود ۷۰ دسی‌زیمنس بر متر در سال اول بهره‌برداری، پس از ۱۵ سال به متوسط ۷/۸ دسی‌زیمنس بر متر رسیده است. بنابراین فرصت استفاده از زهاب جهت آبشویی و احیاء اراضی این منطقه، به‌ویژه در استفاده از زهاب شبکه‌هایی فراهم است که از بهره‌برداری آنها مدتی سپری شده و شوری آن‌ها نسبت به سال‌های اول بهره‌برداری، کاهش پیدا کرده است.

بسیاری از طرح‌های توسعه شبکه‌های آبیاری و زهکشی در منطقه جنوب استان خوزستان، در اراضی بسیار شور مطالعه شده است. عمده این اراضی پس از احداث شبکه‌های آبیاری و زهکشی، نیاز به مصرف مقادیر قابل توجهی آب برای آبشویی خواهند داشت. بنابراین با هدف صرفه‌جویی در منابع آب با کیفیت برای آبشویی، می‌توان از زهاب این کشت و صنعت‌ها برای آبشویی اولیه و اصلاح

1. Pillsbury
2. Johnston
3. Sharma

اراضیِ شبکه‌های آبیاری و زهکشی در دست احداث استفاده نمود. برای تکمیل مراحل آبشویی، کشت گیاهان مقاوم به شوری و یا تکمیل آبشویی با آب مناسب، می‌تواند در دستور کار قرار گیرد.

برای استفاده از زهاب در آبشویی باید نکات زیر را در نظر گرفت:

۱. با توجه به امکان استفاده از زهاب برای آبشویی، زهاب‌های تولید شده در هر ناحیه، برای آبشویی و اصلاح اراضی شبکه‌های تازه تأسیس آبیاری و زهکشی در همان ناحیه به‌کار رود. این امر مشکل دفع زهاب را به حداقل رسانده و تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر صرفه‌جویی در مصرف آب با کیفیت دارد.

۲. برای صرفه‌جویی هر چه بیشتر در مصرف آب دارای کیفیت مناسب در برنامه‌ریزی آبشویی با کمک زهاب، این عملیات زمانی خاتمه یافته و مصرف آب مناسب برای آبشویی به‌دنبال آن انجام شود که کیفیت زهاب مناسب‌تر از مواقع دیگر باشد (تا بیشترین خروج نمک تا هنگام قطع مصرف زهاب انجام شود). همچنین، مقدار تبخیر روزانه پایین باشد، تا هم سبب تبخیر آب آبشویی نشود و هم، موجب برگشت نمک به لایه‌های بالاتر نشود. در کنار این موارد، احتمال وقوع بارندگی نیز بیشتر باشد تا بهترین آب ممکن برای آبشویی در اختیار خاک قرار داده شود. قبل از بارندگی، رطوبت خاک هر چه کمتر باشد بهتر است، چون آب بیشتری را ذخیره کرده و از خود عبور می‌دهد. به عبارت دیگر آب باران با کیفیتی نزدیک به آب مقطر، به مقدار بیشتری از نیمرخ خاک عبور می کند. ولی باید دقت داشت که خشک شدن خاک سبب بازگشت شوری توسط جریان مویینگی نشود. در استان خوزستان، چنان‌چه آبشویی با زهاب در اواسط پاییز خاتمه یابد و از پیِ آن، مصرف آب با کیفیت برای آبشویی آغاز شود، شرایط ذکر شده رعایت خواهد شد، چرا که هم وضعیت

کیفی زهاب در آن زمان مناسب است، هم میزان تبخیر کاهش پیدا کرده و احتمال وقوع بارندگی نیز بیشتر است.

۳. در صورت عدم وجود تنگنای زمانی، برای به حداقل رساندن مصرف آب با کیفیت در امر آبشویی، مصرف زهاب باید تا آنجا ادامه پیدا کند که روند کاهش شوری در لایه‌های عمق هدف در خاک کُند شود.

۴. با شروع مصرف آب با کیفیت، کشت گیاهان مقاوم به شوری (که آستانه تحمل به شوری آنان نزدیک به شوری مزرعه باشد) در زمین‌های درحال آبشویی انجام شود.

۵. بهتر است زمین تا حد امکان با زهاب (به تنهایی) شستشو داده شود و سپس آب با کیفیت برای ادامه آبشویی به‌کار برده شود، تا اینکه از ترکیب آب مناسب و زهاب، آبی با کیفیت متفاوت برای آبشویی ساخته شود. به عبارتی، انجام عمل اختلاط زهاب شور و آب با کیفیت توصیه نمی‌شود.

پ-۳-۵- نیاز به مواد اصلاح کننده

آبشویی خاک‌های شدیداً شور و سدیمی[1] با قابلیت هدایت هیدرولیکی پایین را می‌توان با افزودن نمک‌های قابل انحلال کلسیم (مثلاً گچ) برای جایگزینی با سدیم قابل تبادل[2] خاک، به نحو موثرتری انجام داد.

طبق یافته‌های داهیا[3] و همکاران (۱۹۸۱)، مزیت استفاده از آبشویی متناوب در خاک‌های تراواتر، بارزتر خواهد بود. آنها همچنین دریافتند که در خاک‌های شدیداً شور و سدیمی با تراوایی متوسط که در آنها سدیم، کلسیم و منیزیم

1. Saline-sodic
2. Exchangeable sodium
3. Dahiya

کاتیون‌های غالب هستند، نیازی به استفاده از ماده اصلاح کننده[1] (مثلاً گچ) در اصلاح خاک نبوده و راندمان آبشویی با روش متناوب، به‌مقدار قابل توجهی بالاتر از آبشویی پیوسته می‌باشد.

سوارز[2] (۲۰۰۱) پیشنهاد داد که معادلات تعیین مقدار گچ مورد نیاز برای آبشویی و اصلاح خاک‌های سدیمی که تنها سدیم موجود در خاک را در نظر می‌گیرند، باید با منظور کردن مقدار کلسیم موجود در خود خاک اصلاح گردند.

صراف[3] و همکاران (۲۰۱۰) آزمایش‌های آبشویی متناوب را در قسمت مرکزی استان خوزستان، با و بدون ماده اصلاح کننده (گچ) انجام دادند. آب آبشویی در چهار تناوب، هر یک با ۲۵ سانتی‌متر عمق آب اعمال شد. نتیجه این آزمایش‌ها رضایت بخش بود و کلاس شوری- سدیمی خاک در آزمایش‌های بدون ماده اصلاح کننده از S_2A_3 تا S_3A_3، به S_2A_2 بهبود پیدا کرد. این محققین همچنین اعلام کردند که برای اصلاح اراضی شور و سدیمی این ناحیه، نیازی به اضافه کردن اصلاح کننده‌های شیمیایی نمی‌باشد.

پ -۳-٦- پیشینه موضوع در جهان

تاکنون در مطالعات متعددی، روش‌های آبشویی متناوب و پیوسته با یکدیگر مقایسه شده‌اند. یکی از اولین آزمایش‌ها توسط میلر[4] و همکاران (۱۹۶۵) برای مطالعه جابه‌جایی کلراید در یک خاک رسی- لومی انجام شد. این محققان از سه تیمار متفاوت آب استفاده کردند: ۱) روی سطح خاک انباشت پیوسته‌ای از آب وجود داشت، ۲) آب به صورت انقطاعی (متناوب) و هر بار ۱۵ سانتی‌متر اعمال

1. Amendment
2. Suarez
3. Sarraf
4. Miller

شد، و ۳) آب به صورت متناوب و هر بار پنج سانتی‌متر اعمال شد. در آبشویی‌های متناوب، بعد از هر دور آبشویی، تا رسیدن مکش آب خاک (در عمق ۳۰ سانتی‌متری) به منفی ۱۵۰ سانتی‌متر آب توقف نموده و سپس، دور بعدی اعمال می‌شد. از بین این سه تیمار، آبشویی متناوب با دورهای پنج سانتی‌متری به‌طور محسوسی کارایی بیشتری در شستن کلراید از نیمرخ خاکداشت، به‌صورتی که نتیجه اعمال ۵۰ سانتی‌متر آب با این روش، با کاربرد ۹۰ سانتی‌متر آب به شکل پیوسته برابری می‌کرد. این یعنی صرفه‌جویی در مقدار قابل توجهی آب و رسیدن به نتیجه یکسان آبشویی.

شوزیانگ[1] (۱۹۹۸) احیاء خاک‌های شور و قلیایی را تحت آبشویی پیوسته و متناوب، با تحقیقات صحرایی و آزمایشگاهی بررسی و مقایسه کرد. نتایج این تحقیقات نشان داد که با آبشویی متناوب، به‌طور متوسط می‌توان تا ۶۰ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی کرد. وی همچنین اثر بافت خاک را نیز در این زمینه مورد بررسی قرار داد. نتایج بیانگر آن بوده است که در خاک‌های رسی- لومی، آبشویی متناوب هم در شوری‌زدایی و هم در سدیم‌زدایی، نسبت به آبشویی پیوسته راندمان بالاتری دارد، در حالی‌که درخاک‌های شنی- لومی، راندمان هر دو روش آبشویی در شوری زدایی یکسان بوده و فقط در سدیم زدایی، آبشویی متناوب راندمان بالاتری داشت.

عبدل دائم[2] و همکاران (۲۰۰۰) آزمایش‌های صحرایی آبشویی متناوب و پیوسته را برای احیاء اراضی شمال دلتای رود نیل انجام دادند. بافت خاک این اراضی سنگین (بین ۵۰ تا ۵۵ درصد رس) و لایه سطحی آن شامل یک پوسته

1. Shuxiang
2. Abdel Dayem

نمکی[1] بود، به طوری که شوری خاک در لایه ۱۰-۰ سانتی متر ۳۵۴ دسی‌زیمنس بر متر اندازه گیری شد. تیمارهای این آزمایش‌ها شامل موارد زیر بود که در سه تکرار انجام شدند:

T_1: دوازده ماه استفاده از آب شور (۲۲ دسی‌زیمنس بر متر) و سپس نه ماه استفاده از آب آبیاری (۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر) که به‌صورت پیوسته بر سطح خاک انباشته بودند.

T_2: دوازده ماه استفاده از آب شور و سپس نه ماه استفاده از آب آبیاری به‌صورت متناوب، با تناوب‌های ۱۰۰ تا ۱۵۰ میلی‌متری.

T_3: برداشتن لایه سطحی خاک تا عمق ۱۵ سانتی‌متر و سپس نه ماه استفاده از آب شور و پنج ماه استفاده از آب آبیاری به‌صورت تناوب‌های ۱۰۰ تا ۱۵۰ میلی‌متری.

نتایج نشان داد که در تیمارهای T_1 و T_2، پس از دوازده ماه استفاده از آب شور، مقدار شوری در قسمت بالایی نیمرخ خاک کاهش پیدا کرد، ولی در قسمت‌های پایین‌تر افزایش قابل توجهی داشت که به‌علت جایگزینی محلول حاصل از پوسته نمک سطحی بوده است. بعد از آبشویی با آب آبیاری به‌مدت نه ماه، شوری عصاره اشباع خاک در لایه ۲۵-۰ سانتیمتری در تیمارهای T_1، T_2 و T_3 به‌ترتیب به ۱۲/۳، ۱۲/۵ و ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر رسید. این نشان می‌دهد که آبشویی متناوب تأثیر چندانی بر بهبود روند آبشویی درخاک‌های سنگین این منطقه نداشته است. ولی این محققین اعلام کردند که این روش آبشویی، یکنواختی نفوذ را افزایش داده و همچنین، خشک شدن خاک بین دورهای آبشویی متناوب، بر بهبود ساختمان خاک مؤثر است.

1. Salt crust

در شرق دره سن‌یوآکین[1] در کالیفرنیای آمریکا، خاک به‌طور طبیعی شور است و مزارع این دره، زهاب قابل توجهی تولید می‌کنند که حوضچه‌های تبخیری برای دفع آن کافی نیستند. کافکا[2] و همکاران (۲۰۰۴) برای بررسی قابلیت زهاب این مزارع در تولید علوفه و احیاء اراضی، آزمایش‌های صحرایی را در زمینی به وسعت ۳۲/۳ هکتار (۸۰ جریب) با کشت دو نوع علوفه چمن برمودا[3] و علف غول[4]، به‌ترتیب برای چرای دام و تولید علوفه خشک، انجام دادند. پنج سال پس از کشت این علوفه‌ها با زهاب‌هایی به شوری متوسط ۳/۶ دسی‌زیمنس بر متر (شوری مابین ۲/۰ تا ۸/۰)، شوری خاک در لایه ۶۰-۰ سانتیمتری، از ۱۶/۶ دسی‌زیمنس بر متر، به ۱۴/۴۵ دسی‌زیمنس بر متر کاهش یافت. همچنین وضعیت سدیمی خاک نیز بهبود قابل توجهی پیدا کرد. مراتع به وجود آمده با این زهاب، پس از پنج سال کاملاً پربار بودند و حجم زهابی که می‌بایست دفع شود، تا ۹۰ درصد کاهش پیدا کرد. هیچ‌گونه بیماری در گله‌هایی که در این مراتع چریده بودند مشاهده نشد. به این ترتیب، زهاب اراضی کشاورزی این منطقه که زمانی تهدید محسوب می‌شد، تبدیل به فرصت اقتصادی بزرگی برای دامپروری شده‌اند.

کراوین[5] و همکاران (۲۰۰۷) مقایسه‌ای بین روش‌های مختلف تخمین نیاز آبشویی انجام دادند. آنها بیان کردند در محاسبه نیاز آبشویی با روش‌های قدیمی، که جریان آب در خاک را ماندگار فرض کرده و همچنین رسوب نمک و جریان‌های ترجیحی در خاک را نادیده می‌گیرند، مقدار آب آبشویی

1. San Joaquin
2. Kaffka
3. Bermuda grass
4. Giant grass
5. Crowin

بیشتر از حد نیاز تخمین زده می‌شود. این امر، علاوه بر این‌که باعث مصرف بیش از اندازه آب می‌شود، مقدار زهاب خروجی را نیز افزایش می‌دهد که اثرات مخرب زیست محیطی دارد. بررسی‌ها نشان داد نیاز آبشویی با در نظر گرفتن شرایط غیرماندگار، ۳۸ درصد کمتر از مقدار محاسبه شده با شرایط ماندگار به‌دست می‌آید. همچنین، محسوب کردن شرایط غیرماندگار و جریان‌های ترجیحی، به اندازه محسوب کردن رسوب نمک‌ها، در پایین آوردن تخمین نیاز آبشویی مؤثر نیست.

تاگار[1] و همکاران (۲۰۰۷) در پژوهشی برای بررسی اثر کیفیت و روش اعمال آب بر راندمان آبشویی، آزمایش‌هایی در کرت‌های به ابعاد ۲×۲ متر انجام دادند. آب آبشویی در آزمایش‌های آنها دارای سه کیفیت ۰/۸، ۱/۲ و ۲/۰ دسی‌زیمنس بر متر بود. این محققین همچنین سه روش اعمال آب پیوسته، متناوب و افقی را نیز در آزمایش‌های خود لحاظ کردند. نتایج آزمایش‌های آنان نشان داد که آبشویی متناوب با شستن ۷۴/۹ درصد نمک‌های خاک از عمق صفر تا ۸۰ سانتیمتری، در مقایسه با آبشویی پیوسته (۶۸/۸۴ درصد) و آبشویی افقی (۶۵/۷۶ درصد) با کاربرد ۷۰ سانتی‌متر آب آبشویی با کیفیت ۰/۸ دسی‌زیمنس بر متر، از باقی روش‌ها موفق‌تر بود. در سایر کیفیت‌ها نیز آبشویی متناوب، کارایی بیشتری در شستشوی نمک‌ها داشته است.

تاگار و همکاران (۲۰۱۰) پژوهشی برای مقایسه آبشویی پیوسته و متناوب انجام دادند. این آزمایش‌ها در خاکی رسی- لومی و در شش کرت ۲×۲ متر انجام شد که به طور تصادفی، در سه کرت آبشویی پیوسته و در سه کرت دیگر آبشویی متناوب انجام گرفت. آبشویی متناوب در پنج دور ۱۵ سانتیمتری و با دوره انقطاع ۱۰ تا ۱۵ روزه اعمال شد. در آبشویی پیوسته، همواره ۱۵ سانتی‌متر آب بر

1. Tagar

روی زمین انباشت بوده، ولی حجم آن اندازه‌گیری نشد. دو ماه پس از اعمال آبشویی، مقدار نمک در ۶۰ سانتی‌متر بالایی خاک، در آبشویی پیوسته ۶۲ درصد کاهش یافته بود، در حالی که در آبشویی متناوب، این مقدار ۴۶ درصد بود. پس از گذشت پنج ماه از آبشویی، کاهش مقدار نمک در ۶۰-۰ سانتیمتری خاک، در آبشویی پیوسته ۶۴ درصد بود و در آبشویی متناوب ۷۵ درصد. به‌همین دلیل این محققین توصیه کردند که در صورت وجود تنگنای زمانی، آبشویی پیوسته بر آبشویی متناوب برتری دارد. کاهش قلیائیت و نسبت جذب سدیم در سطح معنی‌داری پنج درصد، برای هیچیک از تیمارها معنی‌دار نبوده است. با این حال بعد از گذشت دو ماه از آزمایش، واکنش (pH) خاک در آزمایش‌های آبشویی متناوب اندکی افزایش یافت. در آزمایش‌های آبشویی پیوسته نیز پس از پنج ماه، مقدار کمی هم افزایش در واکنش خاک مشاهده شد. البته آزمایش‌های این محققین شامل اندازه‌گیری حجم آب آبشویی نبوده است و بیشتر، عامل زمان مورد توجه آنها بوده است. ضمن اینکه مقدار اولیه هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاکِ تحت آزمایش، در لایه صفر تا ۶۰ سانتیمتری ۵/۹۹ دسی‌زیمنس بر متر بوده است که با مقادیر شوری در اراضی جنوب خوزستان، بسیار متفاوت است.

قرایبه[1] و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از ستون‌های خاک دست نخورده، آزمایش‌های آبشویی را با تیمارهایی از به‌کارگیری مقادیر مختلف گچ و اسید فسفریک (به‌عنوان ماده اصلاح کننده) انجام دادند. بافت خاک مورد آزمایش لوم رسی- شنی و هدایت الکتریکی عصاره اشباع آن در حدود ۵۰ دسی‌زیمنس بر متر بود. نتایج نشان داد که هر دو ماده اصلاح کننده، اثر مشابهی در کاهش شوری خاک داشتند، درحالی‌که اسید فسفریک در مقایسه با گچ برتری قابل توجهی در کاستن از سدیمی خاک دارا بود. این پژوهشگران همچنین

1. Gharaibeh

اعـلام کردنـد کـه شـوری‌زدایـی، نیـاز بـه آب آبشـویی بیشـتری نسـبت بـه سدیم‌زدایی دارد، به‌صورتی کـه در تیمارهـایی کـه از اسـید فسـفریک بـه‌عنـوان مـاده اصلاح کننده اسـتفاده شـد، بـا عمـق آبـی برابـر بـا نصـف عمـق خـاک مـورد اصـلاح، سـدیمی خـاک تـا حـد قابـل قبـول کـاهش پیـدا کـرد. ایـن در حـالی اسـت کـه بـرای اصلاح شوری خاک، عملیـات آبشـویی بـه همـین مقـدار ادامـه پیـدا کـرد. بـه عبـارتی، عمـق آبـی معـادل عمـق خـاک مـورد اصـلاح، بـرای شـوری‌زدایـی خـاک بـه مصـرف رسید.

پ ۳-۷- پیشینه موضوع در ایران

رضایی صـدر (۱۳۸۷)، آزمـایش‌هـای آبشـویی متنـاوب را بـا اسـتفاده از دو کیفیـت متفاوت آب، در واحد سـلمان فارسـی از کشـت و صـنعت‌هـای نیشـکر و صـنایع جـانبی، واقـع در جنـوب اسـتان خوزسـتان انجـام داد. آزمـایش‌هـای وی شـامل دو تیمـار آبشویی با آب‌هایی بـا شـوری متوسـط ۲/۶ دسـی‌زیمـنس بـر متـر (از رودخانـه کـارون) و شـوری بـالا بـه مقـدار ۹/۶ دسـی‌زیمـنس بـر متـر (حاصـل از اخـتلاط آب رودخانـه کارون با زهاب زهکش این کشـت و صـنعت) بـود. تیمارهـای مـورد نظـر، هـر کـدام در پـنج تکـرار در کـرت‌هـایی بـه مسـاحت ۱۰۰ متـر مربـع آزمـایش شـدند. آبشـویی به‌صورت متناوب در سـه دور انجـام شـد. در هـر دور ۲۵ سـانتی‌متـر آب بـه‌کـار رفـت و نمونـه‌هـای خـاک از عمـق ۹۰-۰ سـانتی‌متـری، قبـل از آبشـویی و پـس از هـر دور آبشویی تهیه گردید. آزمـایش‌هـای ایـن محقـق بـا هـدف بررسـی مـدل‌هـای آبشـویی، برای برآورد آب آبشویی مـورد نیـاز انجـام شـد. بـا ایـن حـال نتـایج بررسـی وی نشـان داد کـه بـه‌کـارگیری ۵۰ سـانتی‌متـر آب آبشـویی در دو دور ۲۵ سـانتی‌متـری، بـا آب تـازه از رودخانـه کـارون و مخلـوطی از آب کـارون و زهـاب، توانسـت بـه‌ترتیـب ۸۴ درصـد و ۷۵ درصـد نمـک‌هـا را از خـاک خـارج نمایـد. بـا بـه‌کـارگیری ۲۵ سـانتی‌متـر

دیگر از آب آبشویی، این مقدار به‌ترتیب به ۸۸ درصد و۸۱ درصد رسید. به‌عبارتی، به‌کارگیری مخلوط آب تازه و زهاب در ۲۵ سانتی‌متر سوم، درصد بیشتری (شش درصد) از نمک‌ها را نسبت به آب تازه (چهار درصد) خارج نمود.

شریفی‌پور و همکاران (۱۳۹۳) با هدف بررسی توانایی کیفیت‌های متفاوت آب و زهاب و تأثیر روش‌های آبشویی متناوب و پیوسته بر شوری‌زدایی خاک‌های رسی منطقهٔ جنوب خوزستان، آزمایش‌های آبشویی را در کرت‌هایی با ابعاد ۱/۵×۱/۵ متر و در اراضی کشت و صنعت نیشکر سلمان فارسی انجام دادند. بافت خاک اراضی رسی و شوری اولیه عصاره اشباع خاک در لایه ۳۰-۰ سانتی‌متری ۱۸۴/۷۱ دسی‌زیمنس بر متر و نسبت جذب سدیم ۸۴ بود. پیرامون کرت‌ها تا عمق ۳۰ سانتی‌متری نسبت به نشت جانبی عایق‌بندی و برای جلوگیری از تبخیر، سطح آنها با ورقه‌های نایلونی پوشانده شد. ترکیب سه کیفیت آب با هدایت‌های الکتریکی مختلف، مشتمل بر ۲/۶۱ دسی‌زیمنس بر متر (آب رودخانه کارون)، ۶/۰ و ۹/۰ دسی‌زیمنس بر متر (از اختلاط زهاب این کشت و صنعت با آب رودخانه کارون) و سه روش آبشویی مشتمل بر آبشویی پیوسته (کاربرد ۱۲۰ سانتی‌متر آب)، آبشویی متناوب با دو انقطاع (کاربرد دو دور ۶۰ سانتی‌متری آب با فواصل شش روزه) و آبشویی متناوب با چهار انقطاع (کاربرد چهار دور ۳۰ سانتی‌متری آب با فواصل شش روزه) به‌صورت ۱۱ تیمار با سه تکرار در فصل‌های تابستان و پاییز سال ۱۳۹۱، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت. تیمارها شامل آبشویی با آب کارون به‌صورت پیوسته (F1) و متناوب با دو و چهار انقطاع (F2 و F4)، آبشویی با زهاب با شوری ۶/۰ دسی‌زیمنس بر متر به صورت پیوسته (M1) و متناوب با دو و چهار انقطاع (M2 و M4) و آبشویی با زهاب با شوری ۹/۰ دسی‌زیمنس بر متر به صورت پیوسته (D1) و متناوب با دو و چهار انقطاع (D2 و D4)، ۶۰ سانتی‌متر

آبشویی با آب کارون و سپس ۶۰ سانتی‌متر آبشویی با زهاب با شوری ۹/۰ دسی‌زیمنس به‌صورت متناوب با فاصله شش روز (D1F1) و دو دور آبشویی با ۳۰ سانتی‌متر آب کارون و سپس دو دور آبشویی با ۳۰ سانتی‌متر زهاب با شوری ۹/۰ دسی‌زیمنس به‌صورت متناوب با فواصل شش روز (D2F2) بودند. بر پایه نتایج به‌دست آمده، کمترین شوری در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری در بین تیمارها، مربوط به تیمار F4 و برابر با ۴/۳۲ دسی‌زیمنس بر متر بود. به جز این تیمار، در هیچ‌یک از تیمارهای دیگر، شوری عصاره اشباع خاک پس از آبشویی به کمتر از ۵/۰ دسی‌زیمنس بر متر نرسید. برآورد می‌شود که صرفه‌جویی ناشی از مصرف ۱۲۰ سانتی‌متر زهاب با شوری ۶/۰ و ۹/۰ دسی‌زیمنس بر متر، موجب کاهش مصرف آب کارون برای آبشویی به مقدار به‌ترتیب ۷۰ و ۵۳ درصد در آبشویی متناوب با چهار انقطاع گردید. ایجاد چهار انقطاع در روند آبشویی و در مقایسه با آبشویی پیوسته، در کاربرد آب کارون و زهاب‌های با شوری ۶/۰ و ۹/۰ دسی‌زیمنس بر متر به عنوان آب آبشویی، موجب صرفه‌جویی به‌ترتیب ۱۶، ۱۹ و ۲۳ درصد در مقدار آب آبشویی گردید. بنابراین می‌توان چنین نتیجه گرفت که افزایش تعداد انقطاع، بر روند آبشویی مؤثر بوده و در کاربرد آب‌هایی با کیفیت‌های پایین‌تر، کارآیی بیشتری داشت. استفاده نوبتی و یا ترتیبی آب‌هایی با کیفیت متفاوت، بر آبشویی نمک‌ها اثر بیشتری برجای گذاشت، تا اختلاط آنها قبل از اعمال در آبشویی. تیمارهای F2 و F4 به‌ترتیب موجب بیشترین بهبود در وضعیت سدیمی خاک مورد مطالعه شدند و تیمارهای D1، D2 و D4 به‌ترتیب کمترین تأثیر را بر کاهش نسبت جذب سدیم (SAR) داشتند. با کاهش نسبت جذب سدیم به کمتر از ۸/۰ در عمق عایق‌سازی شده در تیمارهای F2، F4، M2، M4، D1F1 و D2F2، مشکل سدیمی در این شش تیمار کاملاً مرتفع شد. به‌جز تیمار D1، باقی تیمارها نیز در این لایه از خاک، در گروه دارای مشکل

سدیمی کم طبقه‌بندی شدند. این امر همچنین نشان داد که این نوع خاک، نیازی به ماده اصلاح کننده ندارد. مقدار آب مورد نیاز آبشویی برای اصلاح مشکل سدیمی در خاک مورد بررسی، کمتر از مقدار آب مورد نیاز برای حل مشکل شوری بود. به عبارت دیگر، سدیم زدایی سریع‌تر از شوری‌زدایی انجام شد. به‌علت کاهش نسبت هیدروژن به کاتیون‌های قلیایی، واکنش (pH) خاک در اثر تیمارهای آبشویی افزایش پیدا کرد. با این حال واکنش خاک مورد بررسی، چه قبل از آبشویی و چه بعد از آن، در محدوده قلیایی قرار نگرفت.

منابع

برخی از این منابع مستقیماً در متن به‌کار نرفته‌اند، بلکه در شکل‌گیری دیدگاه‌هایی مؤثر بوده‌اند که در متن ارائه گردیده است و به همین دلیل، برای اطلاع مخاطب منعکس شده‌اند.

اداره کل هواشناسی استان خوزستان. ۱۳۹۶. ویژگی‌های جغرافیایی و اقلیمی استان خوزستان. گروه تحقیقات هواشناسی کاربردی استان خوزستان، اداره کل هواشناسی استان خوزستان.

اکرم، م. ۱۳۹۶. گزارش نهمین کارگاه زهکشی و محیط زیست؛ نشست هم اندیشی مدیریت زهاب کشاورزی خوزستان (مطالعه موردی: حوضه رود کارون). کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران و کمیته منطقه‌ای آبیاری و زهکشی استان خوزستان، برگزار شده در اهواز، ۲۱ اسفندماه، سالن همایش‌های گیت بوستان.

برزگر، ع. ۱۳۸۷. *خاک‌های شور و سدیمی: شناخت و بهره‌وری*. ویرایش دوم. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز.

برزگر، ع.، امیریان، ع. و ناصری، ع. ۱۳۸۶. بررسی علل عدم آبشویی املاح در برخی قسمت‌های مزارع نیشکر جنوب اهواز. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی- جلد چهارم، شماره اوّل.

بهزاد، م.، و آخوندعلی، ع. م. ۱۳۸۱. بررسی و ارئه معادله‌های تجربی شوری و سدیم‌زدایی خاک‌های شور در منطقه ملاثانی- استان خوزستان. مجله علمی کشاورزی. جلد۲۵، شماره ۱. اهواز.

پذیرا، ا. ۱۳۷۹. بررسی و تعیین آب مورد نیاز آبشویی خاک‌های شور و سدیمی. ماهنامه علمی، اقتصادی، کشاورزی آب، خاک، ماشین. سال هفتم. شماره ۵۵: ۳۲-۲۱.

پذیرا، ا. ۱۳۸۵. راهنمای کابرد مدل‌های تجربی و نظری آشویی نمک‌های خاک‌های شور. شرکت مدیریت منابع آب ایران. نشریه شماره ۳۵۹، تهران.

پذیرا، ا. ۱۳۹۱. حفاظت از منابع فیزیکی تولید در کشاورزی (خاک و آب). کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. شماره ۱۵۰، تهران.

دفتر امور فنی و تدوین معیارها، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. ۱۳۸۱. دستورالعمل آزمایش‌های آبشویی خاک‌های شور و سدیمی در ایران. نشریه شماره ۲۵۵، تهران.

جعفری، س.، ناصری، ع.، حاجیشاه، م. و شریفی‌پور، م. ۱۳۸۷. پیش بینی کیفیت زهاب‌ها ناشی از بهره‌برداری و اصلاح اراضی شور و سدیمی خوزستان. دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. اهواز

چرم، م.، دنیاروند، ج. و جعفری، س. ۱۳۸۷. بررسی اثر اختلاط آب آبیاری و زهاب مزارع نیشکر در تغییر خصوصیات شیمیائی خاک. دومین همایش‌های مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی- دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.

حسن‌اقلی، ع. ۱۳۹۳. مسائل زیست‌محیطی ناشی از تخلیه زهاب‌های کشاورزی برخی از واحدهای کشت و صنعت نیشکر در استان خوزستان. نشریه فنی، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. کرج.

حسن‌اقلی، ع. ۱۳۹۵- الف. بررسی وضعیت منابع آب و خاک در نخیلات خوزستان در راستای تداوم بهره‌برداری مناسب و ارتقاء شاخص‌های زیست-محیطی. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی.

حسن‌اقلی، ع. ۱۳۹۵- ب. بررسی وضعیت آب و خاک در اراضی شبکه آبیاری و زهکشی دشت شادگان و کیفیت زهاب در کانال‌های جمع‌کننده و محل

تخلیه به تالاب. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی.

خاکساری، و.، چراغی، س.ع. م.، موسوی، س. ع.آ.، کامکار حقیقی، ع. ا. و زند پارسا، ش. ۱۳۸۵. آبشویی خاک به منظور اصلاح خاک شور و قلیا در منطقه چاه افضل استان یزد. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. جلد سیزدهم، شماره ششم.

رحیمی، ح. و احمدنژاد، ح. ۱۳۸۴. بررسی اثرات آبشویی در کاهش شوری و سدیمی قسمتی از اراضی حاشیه کویر بجستان. مجله پژوهش وسازندگی، شماره ۶۶.

رضایی صدر، ح. ۱۳۸۷. محاسبه عمق آب آبشویی مورد نیاز جهت اصلاح اراضی شور و قلیا در کشت و صنعت سلمان فارسی. دومین همایش‌های مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی- دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.

سپاسخواه. ع.، امین سیچانی، س. و ابطحی، ع. ۱۳۶۵. شستشو و کنترل املاح در اراضی شور و قلیا. گزارش پژوهشی شماره ۵. دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

سپاسخواه، ع. و سرخوش، پ. ۱۳۶۸. تجزیه و تحلیل آزمایش‌های شستشوی اراضی شور و قلیای دشت‌های شبانکاره و رود حله در استان بوشهر. گزارش پژوهشی شماره ۸. دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

شریفی‌پور، م.، هوشمند، ع.، ناصری، ع.، حسن‌اقلی، ع. و معاضد، ه. ۱۳۹۸- الف. اثر روش آبشویی و نحوه کاربرد آب و زهاب بر شوری‌زدایی و سدیم‌زدایی خاک‌های سنگین. مجله علمی- پژوهشی تحقیقات آب و خاک ایران، دانشگاه تهران. DOI: 10.22059/IJSWR.2019.286228.668273.

شریفی‌پور، م.، لیاقت، ع.، نوذری، ح.، ناصری، ع.، حاجیشاه، م.، زرشناس، م. هویزه، ح. و نصری، م. ۱۳۹۸- ب. مدیریت زهاب شبکه‌های آبیاری و زهکشی جنوب غربی استان خوزستان. مجله تحقیقات آب و خاک ایران. DOI: 10.22059/IJSWR.2019.274004.668107.

شریفی‌پور، م.، ناصری، ع.، هوشمند، ع.، حسن‌اقلی، ع. و معاضد، ه. ۱۳۹۶- الف. آبشویی و اصلاح اراضی شور و سدیمی، بخش اول: مفاهیم نظری و روابط حاکم بر آبشویی نمک‌ها از نیمرخ خاک. نشریه علمی- ترویجی مدیریت آب در کشاورزی، انجمن آبیاری و زهکشی ایران. جلد ۴، شماره ۱، صفحات: ۴۸ – ۳۹.

شریفی‌پور، م.، ناصری، ع.، هوشمند، ع.، حسن‌اقلی، ع. و معاضد، ه. ۱۳۹۶- ب. آبشویی و اصلاح اراضی شور و سدیمی، بخش دوم: اثر عوامل محیطی و سیستمی بر روش‌های آبشویی اراضی. نشریه علمی- ترویجی مدیریت آب در کشاورزی، انجمن آبیاری و زهکشی ایران. جلد ۴، شماره ۲، صفحات: ۱۲ – ۱.

شریفی‌پور، م.، ناصری، ع.، هوشمند، ع.، حسن‌اقلی، ع. و معاضد، ه. ۱۳۹۶- ج. تحلیل منابع خطا در آزمایش‌های آبشویی و اصلاح خاک‌های شور و سدیمی. پنجمین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی و سومین کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران.

شریفی‌پور، م.، ناصری، ع.، هوشمند، ع.، معاضد، ه. و حسن‌اقلی، ع. ۱۳۹۴- الف. بررسی اثرکیفیت آب بر روند سدیم‌زدایی خاک‌های سنگین با آبشویی پیوسته. مجله علمی- پژوهشی تحقیقات آب و خاک ایران، دانشگاه تهران. دوره ۴۶، شماره ۱، صفحات: ۱۱۹ – ۱۰۹.

شریفی‌پور، م.، ناصری، ع.، هوشمند، ع.، معاضد، ه. و حسن‌اقلی، ع. ۱۳۹۴- ب. اثر روش آبشویی و کیفیت آب بر شوری‌زدایی خاک‌های سنگین. مجله علمی- پژوهشی علوم و مهندسی آبیاری، دانشگاه شهید چمران اهواز. جلد ۳۸، شماره ۳، صفحات: ۳۵ - ۲۳.

شریفی‌پور، م.، ناصری، ع.، هوشمند، ع.، حسن‌اقلی، ع. و معاضد، ه. ۱۳۹۳- الف. بررسی اثر کیفیت، روش کاربرد و نحوه اختلاط آب آبیاری و زهاب بر آبشویی نمک‌ها از نیمرخ خاک‌های سنگین. پایان نامه دکتری آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز.

شریفی‌پور، م.، ناصری، ع.، هوشمند، ع.، حسن‌اقلی، ع. و معاضد، ه. ۱۳۹۳- ب. ارزیابی آبشویی اولیه خاک و اصلاح شرایط شوری و قلیایی در آبیاری سطحی. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. سازمان آب و برق خوزستان، دفتر تحقیقات شبکه‌های آبیاری و زهکشی.

جعفری، س.، شریفی‌پور، م.، و مدرس، ع. ۱۳۸۹. اثر سخت لایه‌های سدیمی بر آبشویی خاک‌ها به روش پیوسته. سومین همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی.

شریفی‌پور، م.، ناصری، و جعفری، س. ۱۳۸۸. تهیه مدل ریاضی آبشویی اراضی با استفاده از آزمایش‌های مزرعه‌ای در خوزستان. پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز.

جعفری، س.، ناصری، ع.، جاجی‌شاه، م. و شریفی‌پور، م. ۱۳۸۷- الف. پیش‌بینی کیفیت زهاب‌ها ناشی از بهره‌برداری و اصلاح اراضی شور و سدیمی خوزستان. دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی.

شریفی‌پور، م.، کرمی، م.، معاضد، ه. ۱۳۸۷- ب. اثر ضخامت و بافت خاک برضریب انتشار پذیری کلرید سدیم. دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی.

عباسی، ف. ۱۳۸۶. *فیزیک خاک پیشرفته*. انتشارات دانشگاه تهران. ۲۵۰ صفحه.

علیزاده، ا. ۱۳۸۳. *کیفیت آب در آبیاری* (چاپ ششم، با تجدید نظر). انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد.

علیزاده، ا. ۱۳۸۶. طراحی سیستم‌های آبیاری- جلد دوم؛ طراحی سیستم‌های آبیاری تحت فشار. دانشگاه امام رضا (ع).

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۱۳۸۱. زهکشی، کمیت و کیفیت جریان برگشتی. نشریه شماره ۵۷. تهران.

محسنی‌فر، ک.، پذیرا، ا. و نجفی، پ. ۱۳۸۵. بررسی انواع مدل‌های آبشویی در دو منطقه جنوب شرق استان خوزستان. پژوهش در علوم کشاورزی. جلد دوم. شماره اول.

مرادی، ق. و مهاجر میلانی، پ. ۱۳۷۴. تهیه منحنی شوری‌زدایی و سدیم‌زدایی خاک‌های منطقه بنار، استان بوشهر. گزارش نهایی شماره ۷۴/۴۲۷، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات کشاورزی بوشهر.

مهاجر میلانی، پ. و توسلی، ا. ۱۳۷۰. بررسی امکان اصلاح و بهسازی خاک‌های شور و قلیا منطقه جنوب سمنان. مجموعه مقالات خاک و آب، مؤسسه تحقیقات خاک و آب. جلد ۶، شماره ۱:۴۹-۷۴.

مهاجر میلانی، پ. و جواهری، پ. ۱۳۷۷. *آب مورد نیاز شستشوی خاک‌های شور ایران*. انتشارات سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات خاک و آب. چاپ اول.

نیکمرام، م. ص. و رضایی، ح. ۱۳۷۴، تهیه منحنی شوری‌زدایی و سدیم‌زدایی خاک‌های ایستگاه تحقیقات کشاورزی میاندوآب، گزارش نهایی شماره ۴۷/۲۸، مؤسسه تحقیقات کشاورزی اصفهان.

Abdel Dayem, S., Rycroft, D.W., Ramadan, F., El Baroudy, I. and Tahoun, A. 2000. Reclamation of saline clay soils in the Tina Plain, Egyrt. Irrigation and Drainage Journal, 49(1): 17-28

Abdel-Khalek, M.A., El Gamal, F., El Kady, M. and Hamdy, A. 2003. Agricultural drainage water reuses options, potential, costs and guidelines. In: Hamdy A. (Ed.). Regional Action Program (RAP): Water resources management and water saving in irrigated agriculture (WASIA PROJECT). Bari: CIHEAM, PP: 137 -162.

Abrol, I.P. and Bhumbla, D.R. 1973. Field studies on salt leaching in a highly saline sodic soil. Soil Science, 115(6): 429-433.

Abtahi, A. 1977. Effect of a saline and alkaline ground water on soil genesis in semiarid southern Iran. Soil Science Society of America Journal, 41(3): 583-588.

Abtahi, A., Sys, C., Stoops, G. and Eswaran, H. 1979. Soil forming processes under the influence of saline and alkaline groundwater in the Sarvestan basin (Iran). Pedologie, 19: 325-357.

Addiscott, T.M. 1977. A simple computer model for leaching in structured soils. Journal of Soil Science, 28(4): 554-563.

Addiscott, T.M. 1982. Simulating diffusion within soil aggregates: a simple model for cubic and other regularly shaped aggregates. Journal of Soil Science, 33(1): 37-45.

Addiscott, T.M. and Wagenet, R.J. 1985. Concepts of solute leaching in soils: a review of modelling approaches. Journal of soil science, 36(3): 411-424.

Addiscott, T.M., Rose, D.A. and Bolton, J. 1978. Chloride leaching in the Rothamsted drain gauges: influence of rainfall pattern and soil structure. Journal of Soil Science, 29(3): 305-314.

Al-Sibai, M., Adey, M.A. and Rose, D.A. 1997. Movement of solute through a porous medium under intermittent leaching. European journal of Soil Science, 48(4): 711-725.

Ardakanian, R. 2003. Overview of water management in Iran. In Water Conservation, Reuse and Recycling, Proceeding of an Iranian American Workshop (pp: 153-172).

Armstrong, A.S.B., Tanton, T.W. and Rycroft, D.W. 1989. Field testing of a new reclamation technique for poorly permeable saline clay soils. Report, OD: 110. Hydraulics Research. Wallingford. UK.

Ayers, R.S. and Westcot, D.W. 1994. Water quality for agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Irrigation and Drainage Paper No. 29, Rome.

Bachmat, Y. and Bear, J. 1964. The general equations of hydrodynamic dispersion in homogeneous, isotropie, porous mediums. Journal of Geophysical Research, 69(12): 2561-2567.

Banie, M.H. 2001. Soil map of Iran: land resources and potentialities. Soil and Water Research Institute (SWRI), Tehran.

Barnard, J.H., Van Rensburg, L.D. and Bennie, A.T.P. 2010. Leaching irrigated saline sandy to sandy loam apedal soils with water of a constant salinity. Irrigation Science, 28(2): 191-201.

Bauder, J.W. and Brock, T.A. 2001. Irrigation water quality, soil amendment, and crop effects on sodium leaching. Arid Land Research and Management, 15(2): 101-113.

Bear, J. 1972. Dynamics of fluids in porous media. Eisevier, New York, 764p.

Bear, J. and Bachmat, J.M. (Eds.). 1991. Modelling and applications of transport phenomena in porous media (Vol. 5). Boston: Kluwer Academic Publishers.

Ben-Hur, M., Li, F.H., Keren, R., Ravina, I. and Shalit, G. 2001. Water and salt distribution in a field irrigated with marginal water under high water table conditions. Soil Science Society of America Journal, 65(1): 191-198.

Biggar, J.W. and Nielsen, D.R. 1962. Miscible displacement: II. Behavior of tracers. Soil Science Society of America Journal, 26(2): 125-128.

Biggar, J.W. and Nielsen, D.R. 1976. Spatial variability of the leaching characteristics of a field soil. Water Resources Research, 12(1): 78-84.

Biggar, J.W. and Nielsen, D.R. 1980. Mechanisms of chemical movement in soils. Agrochemicals in Soils. Pergamon, Oxford. UK, 213-227.

Boumans, J.H. 1963. Some principles governing the drainage and irrigation of saline soils. ILRI Pubin, 11.

Bresler, E. 1973. Simultaneous transport of solutes and water under transient unsaturated flow conditions. Water Resources Research, 9(4): 975-986.

Brusseau, M.L. and Rao, P.S.C. 1990. Modeling solute transport in structured soils: A review. Geoderma, 46(1): 169-192.

Burns, I.G. 1974. A model for predicting the redistribution of salts applied to fallow soils after excess rainfall or evaporation. Journal of Soil Science, 25(2): 165-178.

Cameron, K.C. and Wild, A. 1982-a. Comparative rates of leaching of chloride, nitrate and tritiated water under field conditions. Journal of Soil Science, 33(4): 649-657.

Cameron, K.C. and Wild, A. 1982-b. Prediction of solute leaching under field conditions: an appraisal of three methods. Journal of Soil Science, 33(4): 659-669.

Carter, D.L. and Fanning, C.D. 1964. Combining surface mulches and periodic water applications for reclaiming saline soils. Soil Science Society of America Journal, 28(4): 564-567.

Chapman, H.E. 1966. Diagnostic criteria for plants and soils. University of California, Division of Agricultural Sciences, USA.

Cheraghi, S.A.M. 2004. Institutional and scientific profiles of organizations working on saline agriculture in Iran. In Prospects of Saline Agriculture in the Arabian Peninsula: Proceedings of the International Seminar on Prospects of Saline Agriculture in the GCC Countries (Vol. 18, p. 20).

Chi, C.M., Zhao, C.W., Sun, X.J. and Wang, Z.C. 2012. Reclamation of saline-sodic soil properties and improvement of rice (Oriza sativa L.) growth and yield using desulfurized gypsum in the west of Songnen Plain, northeast China. Geoderma, 187: 24-30.

Coats, K.H. and Smith, B.D. 1964. Dead-end pore volume and dispersion in porous media. Society of Petroleum Engineers Journal, 4(01): 73-84.

Corwin, D.L., Rhoades, J.D. and Šimůnek, J. 2007. Leaching requirement for soil salinity control: Steady-state versus transient models. Agricultural Water Management, 90(3): 165-180.

Cosgrove, W.J. and Rijsberman, F.R. 2000. World water vision: making water everybody's business. Routledge. Earthscan Publications Ltd, London.

Cote, C.M., Bristow, K.L. and Ross, P.J. 2000. Increasing the efficiency of solute leaching: impacts of flow interruption with drainage of the "preferential flow paths". Journal of Contaminant Hydrology, 43(3): 191-209.

Dahiya, I.S., Grewal, K.S., Anlauf, R. and Richter, J. 1984. Desalinization of a salt-affected soil in plots of various sizes

under two modes of water application. The Journal of Agricultural Science, 104(01): 19-26.

Dahiya, I.S., Malik, R.S. and Singh, M. 1981. Field studies on leaching behaviour of a highly saline-sodic soil snder two modes of water application in the presence of crops. Journal of Agricultural Science, 97(2): 383-389.

Dane, J.H., Topp, G.C., Campbell, G.S., Horton, R., Jury, W.A., Nielsen, D.R. and Topp, G.C. 2002. Physical methods, Part 4. Methods of Soil Analysis.

Davidson, J.M., Rao, P.S.C., Green, R.E. and Selim, H.M. 1980. Evaluation of conceptual models for solute behavior in soil-water systems. Agro-Chemicals in Soils, Pergamon, London, 241-251.

De Smedt, F. and Wierenga, P.J. 1979. Mass transfer in porous media with immobile water. Journal of Hydrology, 41(1): 59-67.

Dent, F.J., Rao, Y.S. and Takeuchi, K. 1992. Regional strategies for arresting land degradation (Womb of the Earth). FAO/RAPA, Bangkok, Thailand. Regional Strategies for Arresting Land Degradation (Womb of the Earth).

Dewan, M.L. and Famouri, J. 1964. The soils of Iran. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Dobrovol'skii, G.V. and Stasyuk, N.V. 2008. Fundamental work on saline soils of Russia. Eurasian Soil Science, 41(1): 100-101.

El-Baroudy, I. 2000. Simulation of the leaching process of the heavy saline Sodic clays of Tina plain. M.Sc. Thesis, Cairo University, Giza, Egypt.

El-Gabaly, M.M. 1971. Reclamation and management of salt affected soils. In Salinity Seminar, Baghdad. Irrigation and Drainage Paper (Vol. 7).

Elrick, D.R. and Clothier B.E. 1990. Solute transport and leaching. B.A. Stewart, D.R. Nielsen (Eds.), Irrigation of Agricultural Crops, American Society of Agronomy, Madison. 93–126 Chapter 5.

Falkenmark, M. and Molden, D. 2008. Wake up to realities of river basin closure. Water Resources Development, 24(2): 201-215.

FAO. 1989. Production Year Book. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Rome, 350.

FAO. 1996. Drainage of irrigated lands, Irrigation water management. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Training Manual No. 9, 79.

FAO. 2000-a. Crops and drops: making the best use of water for agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO Advance Edition. Rome.

FAO. 2000-b. Global network on integrated soil management for sustainable use of salt-affected soils. Country Specific Salinity Issues-Iran. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

FAO. 2007-a. Guidelines and computer programs for the planning and design of land drainage systems. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Irrigation and Drainage Paper No. 62, Rome.

FAO. 2007-b-). Digital soil map of the world. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Fedoroff, N.V., Battisti, D.S., Beachy, R.N., Cooper, P.J.M., Fischhoff, D.A., Hodges, C.N. and Zhu, J.K. 2010. Radically rethinking agriculture for the 21st century. Science (New York, NY), 327(5967), 833.

Foth, H.D. 1990. Fundamentals of soil science (No. Ed. 7). John Wiley and Sons, Inc.

Freeze, R.A. and Cherry, J.A. 1979. Groundwater. Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs, New Jersey 07632.

Gardner, W.R. and Fireman, M. 1958. Laboratory studies of evaporation from soil columns in the presence of a water table. Soil Science, 85(5): 244-249.

Gaudet, J.P., Jegat, H., Vachaud, G. and Wierenga, P.J. 1977. Solute transfer, with exchange between mobile and stagnant water, through unsaturated sand. Soil Science Society of America Journal, 41(4): 665-671.

Gharaibeh, M.A., Eltaif, N.I. and Shra'a, S.H. 2012. Desalination and desodification curves of highly saline-sodic soil amended with phosphoric acid and by-product gypsum. International Journal of Environmental Science and Development, 3(1): 39.

Ghassemi, F., Jakeman, A.J. and Nix, H.A. 1995. Salinisation of land and water resources: human causes, extent, management and case studies. CAB international.

Gillham, R.W., Sudicky, E.A., Cherry, J.A. and Frind, E.O. 1984. An advection-diffusion concept for solute transport in heterogeneous unconsolidated geological deposits. Water Resources Research, 20(3): 369-378.

Gupta. S.K. 1992. Leaching of salt affected soils. Technical bulletin No.17, CSSRI. Karnal, India. 89 pp.

Hall, D.G.M. 1993. An amended functional leaching model applicable to structured soils. I. Model description. Journal of Soil Science, 44(4): 579-588.

Hanjra, M.A., Ferede, T. and Gutta, D.G. 2009. Reducing poverty in sub-Saharan Africa through investments in water and other priorities. Agricultural Water Management, 96(7): 1062-1070.

Hayot, C. and Lafolie, F. 1993. One-dimensional solute transport modelling in aggregated porous media Part II. Effects of aggregate size distribution. Journal of Hydrology, 143(1): 85-107.

Hillel, D. 2005. Soil salinity: historical and contemporary perspectives. In Proceedings of the International Salinity Forum, Riverside, California (pp. 235-240).

Hoffman, G.J. 1980. Guidelines for reclamation of salt-affected soils. Applied Agricultural Research.

Huyakorn, P.S., Lester, B.H. and Mercer, J.W. 1983. An efficient finite element technique for modeling transport in fractured porous media: 1. Single species transport. Water Resources Research, 19(3): 841-854.

International Commission on Irrigation and Drainage. 1977. Iranian National Committee Report. ICID Special Session, Tehran.

International Commission on Irrigation and Drainage. 2002. Irrigation and Food Production Information about ICID Network Countries.

Javandel, I., Doughty, C. a Tsang, C.F. 1984. Groundwater transport: handbook of mathematical models (Vol. 10, pp. 1-228). American Geophysical Union.

Jaynes, D.B., Rice, R.C. and Bowman, R.S. 1988. Independent calibration of a mechanistic-stochastic model for field-scale solute transport under flood irrigation. Soil Science Society of America Journal, 52(6): 1541-1546.

Johnston, W.R. 1993. Changes in subsurface drainage water salinity and boron concentrations. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 119(1): 201-206.

Jury, W.A., Gardner, W.R. and Gardner, W.H. 1991. Soil physics.

Jury, W.A., Jarrell, W.M. and Devitt, D. 1979. Reclamation of saline-sodic soils by leaching. Soil Science Society of America Journal, 43(6): 1100-1106.

Kaffka, S., Oster, J. and Corwin, D. 2004. Forage production and soil reclamation using saline drainage water. In Proceedings

of the National Alfalfa Symposium, San Diego, CA, USA (pp. 13-15).

Kahlown, M.A. and Azam, M. 2003. Effect of saline drainage effluent on soil health and crop yield. Agricultural Water Management, 62(2): 127-138.

Kanchanasut, P. Scotter, D.R. 1982. Leaching patterns in soil under pasture and crop. Soil Research, 20(2): 193-202.

Kehl, M. 2006. Saline soils of Iran with examples from the alluvial plain of Korbal, Zagros Mountains. In International Conference on Soil and Desert. Japan (pp. 1731-1734).

Kemper, W.D. and Van Schaik, J.C. 1966. Diffusion of salts in clay-water systems. Soil Science Society of America Journal, 30(5): 534-540.

Keren, R. 1990. Reclamation of saline, sodic, and boron-affected soils, drainage for salinity control, Agriculture Salinity Assessment and Management. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 71, Scientific Publishers, Jodhpur, India, 410-431.

Kirkham, D. and Powers, W.L. 1972. Advanced soil physics. Wiley.

Koocheki, A. and Rezvani Moghaddam, P. 2001. History of research on salt-affected lands of Iran: present status and future prospects. Journal of Mathematics.

Kovda, V.A., Van den Berg, C. and Hagan, R.M. (Editors). 1973. Irrigation, drainage and salinity: an international source book. FAO/UNESCO, Hutchison and Co., London.

Krupp, H.K. and Elrick, D.E. 1968. Miscible displacement in an unsaturated glass bead medium. Water Resources Research, 4(4): 809-815.

Kutílek, M. and Nielsen, D.R. 1994. Soil hydrology: texbook for students of soil science, agriculture, forestry, geoecology, hydrology, geomorphology and other related disciplines. Catena Verlag.

Lafolie, F. and Hayot, C. 1993. One-dimensional solute transport modelling in aggregated porous media Part 1. Model description and numerical solution. Journal of Hydrology, 143(1): 63-83.

Larijani, K.M. 2005. Iran's water crisis: inducers, challenges and counter-measures. In ERSA 45th Congress of the European Regional Science Association. Vrije University, Amsterdam, the Netherlands.

Leffelaar, P.A. and Sharma, R.P. 1977. Leaching of a highly saline-sodic soil. Journal of Hydrology, 32(3): 203-218.

López-Aguirre, J.G., Farias-Larios, J., Molina-Ochoa, J., Aguilar-Espinosa, S., Flores-Bello, M. and González-Ramírez, M. 2007. Salt leaching process in an alkaline soil treated with elemental sulphur under dry tropic conditions. World Journal of Agricultural Sciences, 3(3): 356-362.

Mahjoory, R.A. 1979. The nature and genesis of some salt-affected soils in Iran. Soil Science Society of America Journal, 43(5): 1019-1024.

Mahler, P. 1979. Manual of land classification for irrigation. (3ed Ed). Soil and Water Research Institute of Iran. Pub. No. 205.

Mangold, D.C. and Tsang, C.F. 1991. A summary of subsurface hydrological and hydrochemical models. Reviews of Geophysics, 29(1): 51-79.

Marshall, T.J. and Och Holmes, J.W. 1988. Soil physics.

Martinez-Beltran, J. and Manzur, C.L. 2005. Overview of salinity problems in the world and FAO strategies to address the problem. In Proceedings of the International Salinity Forum, Riverside, California (pp. 311-313). USDA-ARS Salinity Lab Riverside.

Mashali, A., Suarez, D.L., Nabhan, H. and Rabindra, R. 2005. Integrated management for sustainable use of salt-affected soils. Universidad y Ciencia, 40, 85-102.

Mashali, M. 1999. Overview of FAO Global Network on soil management for sustainable use of salt affected soils. In Proceedings of International Workshop on Integrated Soil Management for Sustainable Use of Salt Affected Soils. Bureau of Soils and Water Management (Vol. 3, pp. 1-36).

Massoud, F.I. 1981. Salt affected soils at a global scale and concepts for control.

Matsumoto S. and Cho, T. 1985. Field investigation on the agricultural development of arid region in Iran. III. Soil profile investigations and salt accumulation in relation to the depth of groundwater level. Journal of the Faculty of Agriculture, Tottori University (Japan) 20, 86–97.

Meiri, A. and Plaut, Z. 1985. Crop production and management under saline conditions. In Biosalinity in Action: Bioproduction with Saline Water (pp. 253-271). Springer Netherlands.

Miller, R.J., Biggar, J.W. and Nielsen, D.R. 1965. Cloride displacement in Panoche clay loam in relation to water movement and distribution. Water Resources Research, 1(1): 63-73.

Millington, R.J. and Quirk, J.P. 1961. Permeability of porous solids. Transactions of the Faraday Society, 57: 1200-1207.

Minhas, P.S. and Khosla, B.K. 1986. Solute displacement in a silt loam soil as affected by the method of water application under different evaporation rates. Agricultural Water Management, 12(1): 63-74.

Molden, D. 2007. Water responses to urbanization. Paddy and Water Environment, 5(4): 207-209.

Molden, D., Oweis, T., Steduto, P., Bindraban, P., Hanjra, M.A. and Kijne, J. 2010. Improving agricultural water productivity: between optimism and caution. Agricultural Water Management, 97(4): 528-535.

Mondal, M.K., Bhuiyan, S.I. and Franco, D.T. 2001. Soil salinity reduction and prediction of salt dynamics in the coastal ricelands of Bangladesh. Agricultural Water Management, 47(1): 9-23.

Naseri, A.A. 1998. The hydraulic conductivity of aggregated clay soils under loading, leaching and reclamation. Doctoral dissertation, University of Southampton.

Nielsen, D.R. and Biggar, J.W. 1961. Miscible displacement in soils: I. Experimental information. Soil Science Society of America Journal, 25(1): 1-5.

Nielsen, D.R. and Biggar, J.W. 1962. Miscible displacement: III. Theoretical considerations. Soil Science Society of America Journal, 26(3): 216-221.

Nielsen, D.R. and Biggar, J.W. 1963. Miscible displacement: IV. Mixing in glass beads. Soil Science Society of America Journal, 27(1): 10-13.

Nielsen, D.R. and Biggar, J.W. 1986. Water flow and solute transport processes in the unsaturated zone. Water Resources Research, 22(9S): 895-1085.

Nielsen, D.R., Biggar, J.W. and Miller, I.L.J. 1965. Field observation of infiltration and soil-water redistribution .Transactions of the American Society of Agricultural Engineers: 382-387.

Nye, P.H. 1979. Diffusion of ions and uncharged solutes in soils and soil clays. Advances in Agronomy, 31: 225-272.

Olsen, S.R. and Kemper, W.D. 1968. Movement of nutrients to plant roots. Advances in Agronomy, 20: 91-151.

Oster, J.D., Willardson, L.S. and Hoffman, G.J. 1972. Sprinkling and pounding techniques for reclaiming saline soils. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, 15:115-1117.

Passioura, J.B. 1971. Hydrodynamic dispersion in aggregated media: 1. Theory. Soil Science, 111(6): 339-344.

Passioura, J.B. and Rose, D.A. 1971. Hydrodynamic dispersion in aggregated media: 2. Effects of velocity and aggregate size. Soil Science, 111(6): 345-351.

Pazira, E. and Sadeghzadeh, K. 1998. National review document on optimizing soil and water use in Iran. In Workshop of ICISAT, Sahelian Center (pp. 13-18).

Pillsbury, A.F., Johnston, W.R., Ittihadieh, F. and Daum, R.M. 1965. Salinity of tile drainage effluent. Water Resources Research, 1(4): 531-535.

Prathapar, S.A. and Qureshi, A.S. 1999. Mechanically reclaiming abandoned saline soils: A numerical evaluation (Vol. 30). International Water Management Institute (IWMI), Srilanka.

Qadir, M., Ghafoor, A. and Murtaza, G. 2001. Use of saline–sodic waters through phytoremediation of calcareous saline–sodic soils. Agricultural Water Management, 50(3): 197-210.

Qadir, M., Qureshi, A.S. and Cheraghi, S.A.M. 2008. Extent and characterisation of salt-affected soils in Iran and strategies for their amelioration and management. Land Degradation and Development, 19(2): 214-227.

Raj, M. and Nath, J. 1980. Leaching of salts as modified by soil texture and quality of leaching water. Indian Society of Desert Technology and University Centre of Desert Studies, Transactions, 5(1): 54-59.

Rao, P.S.C., Jessup, R.E., Rolston, D.E., Davidson, J.M. and Kilcrease, D.P. 1980-a. Experimental and mathematical description of nonadsorbed solute transfer by diffusion in spherical aggregates. Soil Science Society of America Journal, 44(4): 684-688.

Rao, P.S.C., Rolston, D.E., Jessup, R.E. and Davidson, J.M. 1980-b. Solute transport in aggregated porous media: Theoretical and experimental evaluation. Soil Science Society of America Journal, 44(6): 1139-1146.

Rengasamy, P. 2005. World salinisation with emphasis on Australia. In Comparative Biochemistry and Phisiology a Molcular and Integrative Phisiology (Vol. 141, No. 3, pp. S337-S337). 360 PARK AVE SOUTH, NEW YORK, NY 10010-1710 USA: Elsevier Science Inc.

Rhoades, J.D., Kandiah, A. and Mashali, A.M. 1992. The use of saline waters for crop production. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO Irrigation and Drainage Paperm Rome.

Roozitalab, M.H. 1987. National soil policy and its technical and administrative organization in Iran. Soil and Water Research Institute Publication, (725).

Rose, C.W., Chichester, F.W., Williams, J.R. and Ritchie, J.T. 1982. A contribution to simplified models of field solute transport. Journal of Environmental Quality, 11(1):146-151.

Rose, D.A. 1973. Some aspects of the hydrodynamic dispersion of solutes in porous materials. Journal of Soil Science, 24(3): 284-295.

Rose, D.A. 1977. Hydrodynamic dispersion in porous materials. Soil Science, 123(5): 277-283.

San Joaquin Valley Drainage Implementation Program. 1999. Drainage Reuse Technical Committee Report. Sacramento, United States of America, Department of Water Resources. 81 pp.

Sarraf, A., Vahdat, F., Pazira, E. and & Sedghi, H. 2010. Estimating reclamation water requirement and predicting final soil salinity for soil desalinization.

Sayyari, M.H. and Mahmood, S. 2002. An investigation on reason of soil salinity and alkalinity in some part of Khorasan Province (Dizbad-e-Pain Region). In 17th World Congress of Soil Science, Symposium No. 33.

Selim, H.M. 1992. Modeling the transport and retention of inorganics in soils. Advances in Agronomy, 47: 331-384.

Sepaskhah, A.R. and Gharaat, M.R. 1977. Reclamation of saline-sodic soil in Khuzestan, Iran. Iranian Journal of Agricultural Research.

Shalhevet, J. 1973. Irrigation with saline water, In Arid Zone irrigation (Eds. B. Yaron et al.), 263-276. Springer-Verlog. Berlin. Heidelberg.

Sharifipour, M., Hajishah, M. Mahjoubi, A., Zarshenas, M. 2017. Drainage Water Management Plan of the South West Khuzestan, Iran. 13th International Drainage Workshop of ICID, Ahwaz, Iran.

Sharifipour, M., Naseri, A., Jafari, S., Veysi, S., 2013, a. Mathematical model to estimate drain water quality in saturated soils and its comparison with field experiments in south of Khuzestan. *Rep. Opin. J*, *5*(1), pp.1-6.

Sharifipour, M., Naseri, A., Jafari, S., Yazdanparast, S., 2013, b. Effect of Shallow and Saline Groundwater on Drain Water Salt Loud in South Khuzestan. 9th International Conference of River Engineering, Ahwaz, Iran.

Sharma, D.P., Rao, K.V.G.K., Singh, K.N. and Kumbhare, P.S. 1995. Recycling drainage effluent for irrigation. Reclamation and Management of Waterlogged Saline Soils (Rao et al. Eds.), 189-204.

Shuxiang, W. 1998. Saline-Sodic soil reclamation under continuous and intermittent ponding condition. Ph.D. Thesis, Subdivision of water resources, division of arid land environment. Japan.

Siadat, H., Bybordi, M. and Malakouti, M.J. 1997. Salt-affected soils of Iran: a country report. In International Symposium on" Sustainable Management of Salt Affected Soils in the Arid Ecosystem". Cairo. Egypt (pp. 9-14).

Singer, M.J. and Munns, D.N. 1991. Soils: an introduction (No. Ed. 2). Macmillan Publishing Company.

Snellen, W.B. 1997. Towards integration of irrigation and drainage management: information on symposium background, objectives and procedures. In W.B. Snellen, ed. "Towards integration of irrigation and drainage management" Proceedings of the Jubilee Symposium. Wageningen, the Netherlands, ILRI.

Sposito, G. 1986. The chemistry of soils. Oxford University.

Suarez, D.L. 2001. Sodic soil reclamation: modeling and field study. Soil Research, 39(6): 1225-1246.

Szabolcs, I. 1989. *Salt-affected soils*. CRC Press, Inc.

Tagar, A.A., Siyal, A.A., Siyal, A.G. and Memon, S.A. 2007. Effect of water quality and methods of water application on the leaching efficiency of a saline soil. Pakistan Journal of Agriculture: Agricultural Engineering Veterinary Sciences, 23(1): 47-52.

Tagar, A.A., Siyal, A.A., Brohi, A.D. and Mehmood, F. 2010. Comparison of continuous and intermittent leaching methods for the reclamation of a saline soil. Pakistan Journal of Agriculture: Agricultural Engineering Veterinary Sciences, 26(2): 36-47.

Talsma, T. 1967. Leaching of tile-drained saline soils. Soil Research, 5(1): 37-46.

Tanji, K.K. 1990. Agricultural salinity assessment and management. In American Society of Civil Engineering, 54: 413-415.

Tanji, K.K. and Kielen, N.C. 2003. Agricultural drainage water management in arid and semi-arid areas. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Thorburn, P.J., Rose, C.W. and Yule, D.F. 1990. Interpretation of solute profile dynamics in irrigated soils. Irrigation Science, 11(4): 209-217.

Tillman, R.W., Scotter, D.R., Clothier, B.E. and White, R.E. 1991. Solute movement during intermittent water flow in a

field soil and some implications for irrigation and fertilizer application. Agricultural Water Management, 20(2): 119-133.

U.S. Department of Agriculture Soil Conservation Service. 2006. Soil survey manual. Retrieved. 2006-04-11.

United Nations Conference on Environment and Development (UNCED). 1992. Proceedings of Conference, held in Rio de Janerio, Brazil, 3 to 14 June 1992.

Van Genuchten, M.T. and Cleary, R.W. 1979. Movement of solutes in soil: Computer-simulated and laboratory results. Developments in Soil Science, 5, 349-386.

Van Genuchten, M.T. and Wierenga, P.J. 1976. Mass transfer studies in sorbing porous media I. Analytical solutions. Soil Science Society of America Journal, 40(4): 473-480.

Van Hoorn, J.W., Van Alphen, J.G. and Ritzema, H.P. 1994. Salinity control. Drainage Principles and Applications (Ed. 2), pp: 533-600.

Várallyay, G. 1994. Soil databases for sustainable land use: Hungarian case study.

Verma, S.K. and Gupta, R.K. 1989. Leaching behaviour of saline clay soil under two modes of water application. Journal of the Indian Society of Soil Science, 37: 307-308.

Wagenet, R.C. 1983. Principles of salt movement in soils. In Chemical Mobility and Reactivity in Soil Systems (ed. D.W. Neilsen), Soil Science Society of America Publication No. 11. USA. pp: 123-140.

Watkins, K. 2006. Human Development Report 2006, beyond scarcity: Power, poverty and the global water crisis. UNDP Human Development Reports.

White, R.E. 1985. The influence of macropores on the transport of dissolved and suspended matter through soil. In Advances in Soil Science (pp. 95-120). Springer New York.

White, R.E. 1987. Introduction to the principles and practice of soil science. Blackwell Scientific Publications.

White, R.E., Thomas, G.W. and Smith, M.S. 1984. Modelling water flow through undisturbed soil cores using a transfer function model derived from 3HOH and Cl transport. Journal of Soil Science, 35(2): 159-168.

Wichelns, D. 1999. An economic model of waterlogging and salinization in arid regions. Ecological Economics, 30(3): 475-491.

Wierenga, P.J. 1984. Equivalence of two conceptual models for describing ion exchange during transport through an aggregated Oxisol. Water Resources Research, 20: 1123-1130.

Wild, A. 2003. Soils, land and food: managing the land during the twenty-first century. Cambridge University Press.

Yaron, D. 1981. The salinity problem in irrigation: an introductory review. Salinity in Irrigation and Water Resources, 1-20.