نشریه شماره ۲۳

کمیته ملی آبیاری و زهکشی

آبیاری و شوری

یک بررسی جهانی

توسط

JOSEPH SHALHEVET

و

JOSEPHINE KAMBUROV

بانظر

K. K. FRAMJI

دبیرکل کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی

ترجمه

پرهام جواهری

کارشناس مؤسسه خاکشناسی و حاصلخیزی خاك

شهریور ۱۳۵۷

فهـــــــــرست

سازمان برنامه و بودجه
کتابخانه مرکزی
P.B.O
20088

سپاسگزاری ۱
فهرست اختصارات ۲
فهرست علائم ۳
دیباچه ۵
پیشگفتار ۷
۱ـ مقدمه ۱۰
۲ـ اطلاعات عمومی ۱۱
۱ـ۲ـ اراضی تحت کشت، تحت آبیاری و شور ۱۱
۲ـ۲ـ آب و هوا و شرائط فیزیوگرافی ۱۱
۳ـ۲ـ مقدار آب موجود ۱۱
۴ـ۲ـ زراعت، میزان مصرف آب و محصول زراعی ۱۲
۳ـ کیفیت آب آبیاری ۱۳
۱ـ۳ـ خصوصیات عمومی منابع آبهای آبیاری ۱۳
۲ـ۳ـ متدهای مطالعه کیفیتی نمونه‌برداری وتجزیه ۱۴
۳ـ۳ـ ارزیابی و طبقه‌بندی کیفیت آب آبیاری ۱۴
۱ـ۳ـ۳ـ خطر شوری ۱۵
۲ـ۳ـ۳ـ خطر قلیائیت ۱۹
۳ـ۳ـ۳ـ خطر سمیت یونهای ویژه ۲۴
۱ـ۳ـ۳ـ۳ـ خطر کلر و سدیم ۲۴
۲ـ۳ـ۳ـ۳ـ خطر بر ۲۶
۳ـ۳ـ۳ـ۳ـ سایر عناصر کمیاب ۲۶
۴ـ۳ـ۳ـ خطر سموم آفات ۲۷
۴ـ۳ـ فاکتورهای موثردرتناسب طبقه‌بندی آبهای آبیاری ۲۷
۱ـ۴ـ۳ـ آب و هوا ۲۷
۲ـ۴ـ۳ـ خاک و توپوگرافی ۲۹
۳ـ۴ـ۳ـ متد آبیاری ۲۹
۵ـ۳ـ رقیق نمودن آب آبیاری ۳۰
۴ـ اثر آب شور آبیاری روی خاکها ۳۳

۱ـ۴ـ مطالعات اولیه ۳۴
۱ـ۱ـ۴ـ تعیین خصوصیات شمیائی و فیزیکی ۳۴
۲ـ۱ـ۴ـ خصوصیات اراضی آبیاری ۳۵
۲ـ۴ـ متدهای آزمایش و نحوه گزارش نتایج ۳۸
۳ـ۴ـ طبقه‌بندی خاکهای شور و قلیائی ۳۹
۴ـ۴ـ تغییرات خصوصیات خاک در اثر آبیاری ۴۱
۱ـ۴ـ۴ـ تسطیح زمین قبل از آبیاری ۴۲
۲ـ۴ـ۴ـ افزایش شوری و قلیائیت ۴۲
۳ـ۴ـ۴ـ افزایش شوری آب زیرزمینی ۴۴
۴ـ۴ـ۴ـ تغییر درحاصلخیزی فیزیکی خاک ۴۵
۵ـ تأثیر شوری آب آبیاری روی گیاهان ۵۰
۱ـ۵ـ متدهای‌تجزیه شیمیائی و ترکیبات شیمیائی گیاه ۵۰
۲ـ۵ـ عکس‌العمل گیاه بشوری ۵۰
۳ـ۵ـ فاکتورهای تغییر دهنده مقاومت ۵۶
۱ـ۳ـ۵ـ آب و هوا ۵۷
۲ـ۳ـ۵ـ حاصلخیزی خاک و توزیع املاح ۵۷
۳ـ۳ـ۵ـ دوره رشد گیاه و نوع واریته ۶۰
۴ـ۳ـ۵ـ متد آبیاری ۶۱
۶ـ اصلاح خاکهای شور و قلیائی ۶۳
۱ـ۶ـ کشت در طول اصلاح ۶۳
۲ـ۶ـ شستشوی خاکهای شور ۶۵
۱ـ۲ـ۶ـ کیفیت آب شستشو ۶۵
۲ـ۲ـ۶ـ متد شستشو و کمیت آب شستشو ۶۵
۳ـ۲ـ۶ـ عمق اصلاح خاک ۷۰
۴ـ۲ـ۶ـ روابط عملی شستشو ۷۰
۱ـ۴ـ۲ـ۶ـ مدلهای بنیان شده برفواصل زمانی طولانی ۷۰
۲ـ۴ـ۲ـ۶ـ مدلهای بنیان شده برفواصل زمانی کوتاه ۷۶
۳ـ۶ـ اصلاح خاکهای قلیائی ۷۷
۱ـ۳ـ۶ـ نوع و مقدار مواد اصلاحی ۷۷
۲ـ۳ـ۶ـ متدهای کاربرد گچ ۸۰

۳ـ۳ـ۶ـ متدهای زراعی یاری دهنده اصلاح ۸۱
۴ـ۳ـ۶ـ اصلاح با آب رقیق شده دریا ۸۱
۴ـ۶ـ بررسیهای زهکشی ۸۲
۷ـ جوانب اقتصادی آبیاری با آب شور ۸۶
۸ـ خلاصه و توصیه کلی ۸۹
۱ـ۸ـ اطلاعات کلی ۸۹
۲ـ۸ـ کیفیت آب آبیاری ۸۹
۳ـ۸ـ تأثیر شوری آب آبیاری در خاک ۹۱
۴ـ۸ ـ تأثیر شوری آب آبیاری در گیاهان ۹۲
۵ـ۸ـ اصلاح خاکهای شور و قلیائی ۹۳
۶ـ۸ـ جوانب اقتصاد آبیاری با آب شور ۹۵
شناسائی مسائِل شوری در جنوب ایران ۹۸

سپاسگـــزاری

لازم میدانم از همکاریهای پرارزش
آقای مهندس محمد ادیب کارشناس
وزارت نیرو در تهیه و تنظیم ایـــن
کتاب صمیمانه تشکر نمایم .

پرهام جواهری

فهرست اختصارات

ظرفیت تبادل کاتیونی	*CEC*
کاتیون های دو ظرفیتی	*DU*
کلسیم ، منیزیم تبادلی	*ex*(Ca+Mg)
سدیم تبادلی	*ex* (Na)
درصد سدیم تبادلی	*ESP*
نسبت سدیم تبادلی	*ESR*
ظرفیت نگهداری (زراعی)	*FC*
کسر آبشوئی	*LF*
نیاز آبشوئی	*LR*
رطوبت معادل	*ME*
کربن آلی	*OC*
مواد آلی	*OM*
نفوذ پذیری	*P*
درصد رطوبت پژمردگی دائم	*PWP*
کربنات سدیم باقیمانده	*RSC*
نسبت جذب سدیم	*SAR*
SAR مجاز در آب زهکشی	SAR_{dw}
SAR مجاز در آب آبیاری	SAR_{iw}
درصد رطوبت اشباع	*SP*
درصد رطوبت خمیر اشباع	*SPE*
کل غلظت کاتیونی	*TCC*
کل املاح محلول	*TDS*
ظرفیت نگهداری آب	*WHC*

فهرست علائم

ثابت (۱/۴– ۱/۲)	a
ثابت (۵–۳)	b
میزان رطوبت خاک در طول آبشوئی	B
غلظت‌محلول خاک	C
غلظت اولیه محلول خاک	C_o
غلظت نمک آب آبیاری	C_i
غلظت نمک محلول خاک که قابل تحمل گیاه است	Ct
غلظت نمک عصاره خمیر اشباع	C_e
ضریب رقت	d
ضرائب پخشیدگی و انتشار با هم	D
ارتفاع آب زهکشی	D_d
ارتفاع آب مصرفی	D_e
ارتفاع آب آبیاری	D_i
عمق خاک	D_s
ارتفاع آب آبشوئی	D_w
شدت تبخیر	E
کمبود آب از حد ظرفیت نگهداری	E_d
هدایت الکتریکی عصاره خمیر اشباع	EC_e
هدایت الکتریکی آب آبیاری	EC_i
سرعت نفوذ	I
شدت جریان	J
ضریب آبگذری	K
ارتفاع آبشوئی	L
شدت آبشوئی	M
میزان رطوبت خاک در ظرفیت نگهداری	M_{fc}
میزان رطوبت خاک در خمیر اشباع	M_{ex}
مقدار آب آبیاری (لیتر در کیلوگرم خاک)	Q
شدت جریان حجمی محلول خاک	q
شوری اولیه خاک (گرم در کیلوگرم خاک)	S

شوری نهائی مورد نظر خاک	S_o
شوری اولیه خاک	S_w
زمان	t
تناوب آبیاری	T_e
زمان نفوذ	ti
متوسط سرعت جریان در خاک	v
حجم آب بدون نمک در محلول خاک	V_w
حجم آب شور در محلول خاک	V_s
ضریب تورم	x
ضریب آبگذری نسبی	y
عمق خاک	Z
ضریب تولید نمک (تجربی)	x

دیباچه

یکی ازهدفهای کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی ((ICID))که بتصویب‌رسیده اینستکه نسبت به مرتب نمودن مطالعات وآزمایشات‌موضوعات مختلف حیطه فعالیت خود اقدام نماید .

آقای کانتور رئیس کمیته ملی اسرائیل در سال ۱۹۶۸ پیشنهادی مبنی بر گـذاردن موضوع شناسائی شوری کشورهای مختلف در بحث هفتمین کنفرانس آبیاری و زهکشی سال ۱۹۶۹ مکزیکوسیتی نمود . موضوع پیشنهاد شده با موافقت روبروشد وتصمیم‌گرفته شد که در بحث کنفرانس مکزیکو گنجانده شود . بنابراین دبیرکمیته اهمیت‌موضوع را باپرزیدنت پاپا دوپولوس درآتن مطرح کرد . موافقت‌بعمل آمد وبراساس‌پیشنهادکمیته دائمی نشریات (که بتأیید سرکنسول بین‌المللی نیز رسید) مسائل " بررسی جهانی شوری آب آبیاری و تأثیر آبهای شور بر روی اراضی و محصولات و استفاده از آب شور در آبیاری " درجلـسه مکزیکو سال ۱۹۶۹ در دستور قرار گرفت .

اداره مرکزی پرسش نامه‌هائی را برای جمع آوری اطلاعات و داده‌ها در سال ۱۹۷۰ به کمیته های ملی فرستادتامطالب این مطالعه را تهیه نمایند . ۱۶ کمیته ملی باپرنمودن پرسشنامه به تقاضای دادن اطلاعات برای شناسائی جهانی جواب مساعد دادند . دبیـر کمیسیون از آنان تشکر فراوان مینماید .

در جلسه ۱۹۷۱ لندن ، سرکنسول بین‌المللی با پیشنهاد معاون جلسه آقای کانتور در مورد تهیه گزارش جهانی موافقت نمود وکمیته ملی اسرائیل گروه تعقیب‌کننده را مرکب از آقایان : دکتر ژوزف شالهاوت ، ام‌ـ بوآز ،آی ـ هاوزن‌برگ ، اس ـ کری ، اس ـ کانتور تعیین نمود و دکتر ژوزف شالهاوت و خانم ژوزفین کامبراو از مؤسسه آب و خاک سازمان تحقیقات کشاورزی مرکز ولکانی اسرائیل راجهت تألیف معین نمود .

اولین پیش نویس گزارش شامل اطلاعات داده شده ۲۳ کشوردراگست۱۹۷۴ ازکمیته ملی اسرائیل دریافت شد و به کمیته های ملی جهت‌تکمیل وتازه نمودن اطلاعات‌فرستاده شد . گزارش حاضر شامل اطلاعات و داده‌های ۲۵ کشور تا دسامبر ۱۹۷۵ میباشد .

این شناسائی به ۸ بخش تقسیم شده است : بخش ۱ ـ مقدمه ، بخش ۲ ـ اطلاعات عمومی ، بخش ۳ ـ کیفیت آب آبیاری ، بخش ۴ تأثیرآب شورآبیاری روی‌خاک ، بخش۵ـ تأثیر شوری آب آبیاری روی گیاه ، بخش ۶ـ اصلاح خاکهای شوروقلیائی ، بخش ۷ـ جنبه اقتصادی آبیاری با آب شور ، بخش ۸ـ خلاصه و توصیه‌های عمومی . لیست سمبول هـا و اختصارها در ابتدا و ضمیمه‌ها درانتهاست . مراجع مورداستفاده وپرسشنامه درانتهاست .

امیدواری ما در اینست که این شناسائی جهانی از آبیاری و شوری بمحققین و سایر

فعالان مزرعه بخاطر محتوای خلاصه شده اطلاعاتی خود کمک نماید .

مبادله معلومات و آزمایشات درعلم وتکنولژی دریک سطح بین‌المللی ، دارای‌فایده دو طرفه‌ایست ؛ برای کسانیکه آزمایشات ومعلومات خودرا دردسترس دیگران قرار میدهند و کسانی که مایلند مهارت و جنبه عملی کار خود را پیشرفت دهند . بدین ترتیب ایـن شناسائی (نشریه موجود) درآینده موردتجدیدنظر قرار میگیرد و ویرایش (چاپ) آینده آن بسیار جامعتر خواهد بود .

از طرف کمیسیون این وظیفه خوش‌آیندبمن محول‌شده که تشکرات وقدردانی‌فراوان از دکتر ژوزف شالهاوت و خانم ژوزفین کامبراو بخاطر کاردشواری‌که انجام داده‌اند واین شناسائی با ارزش را تألیف نموده‌اند بنمایم . من بآنان بخاطر اوج موفقیتشان درکاری‌که انجام داده‌اند تبریک میگویم .

همچنین تشکرات کمیسیون را به تمام آن کمیته های ملی وتک‌تک اعضاء شان بخاطر همکاریهایشان (که بدون آن این شناسائی ممکن نبوداینچنین باارزش تمکیل یابد)ابلاغ مینمایم و در خاتمه میبایستی ازهمکاران اداره مرکزی بخاطرعلاقه وهمکاری درکلیه‌مراحل مختلف این نشریه تشکر نمایم .

۱۲ مارچ ۱۹۷۶

ک ــ ک ــ فرامجـــی

دبیرکل کمیسیون بین‌المللی آبیاری وزهکشی

پیش گفتار

اهمیت آبیاری بسرعت در جهان کشاورزی رو بافزایش است . با وجودیکه آبیاری‌در مقیاس زیادی مخصوصاً درنواحی خشک‌ونیمه‌خشک‌که‌قسمت‌اعظم جمعیت دنیارا دربرمیگیرد از قبل متداول بوده ، هم اکنون آبیاریهائی بصورت تکمیلی (مکمل بارندگی) در نواحی مرطوب نیز روبگسترش است .

تاریخ آبیاری در نواحی خشک و نیمه خشک خود بیانگر چگونگی افزایش محصولات زراعی است . امکان نداردکه تاریخ وهمچنین کشاورزی مدرن وپیشرفته ودرحقیقت اقتصاد عمومی و بهبود جامعه بعضی کشورها را بخصوص خاور نزدیک بدون در نظر گرفتن مسئله آبیاری ترسیم نمود . سئوالی که باقی میماندایننست‌که تاچه مدتی این امرباموفقیت ادامه دارد . قضاوت تاریخ نشان میدهد که آبیاری سرانجام در بسیاری از نواحی به علت آنکه تکنولژی جامعه و زمان مربوطه تکافوی رفع مشکلات ایجاد شده را نمینمود بشکست منتهی شد . برای مثال در جائیکه سفره آب بالا میآمد و در نتیجه شوری را بدنبال داشت هیچ راهی برای زهکشی اراضی پست غیر از پمپاژ که یک شاهکار غیر قابل تصور آن زمان است وجود نداشت . بنابراین دوام کشاورزی بستگی به امکانات بشردرکنترل شوری آب‌آبیاری و خاک دارد .

اخیراً صحبتهای زیادی در مورد تراکم جمعیت ونیاز به تولید بیشتر وبهبود غذاو مواد فیبری پیش‌آمده است . با توجه به میزگردتولیدجهانی غذا (۱۹۷۶) انتظار می‌رود که جمعیت جهان در طول ۱۰ سال آینده ۳۰ درصد افزایش یابد . اغلب این افزایش‌به کشورهای توسعه یافته مربوط میشود که میتوانند تحمل آنرا بنمایند . بهرحال حتی اگر جمعیت در سطح نامناسب کنونی نگهداشته شود احتیاج است که تولیدات غذائی بسرعت زیادی افزایش یابد . فکر میشود که آبیاری رل مهمی درکم‌نمودن شدت مسئله وکنترل آن دارد . انتظار میرود اراضی مورد آبیاری در ۱۰ سال آینده ۳۰ تا ۴۰ درصد بیش از ۲۰۰ میلیون هکتار کنونی گردد . درپیش‌بینی این افزایش، مصرف آبهای شور دراراضی خشک (جائی که اینگونه آبها منحصر بدانجاست ولی بصورت فراوانی وجود دارد) رل رو به توسعه‌ای را ایفا مینماید . تکنولژی و ایده آبیاری با آب شور امروزه دراختیار ماقرار دارد وبحدکافی توسه یافته که بتواندتولیدرابر روی یک پایه ثابت اقتصادی نگهدارد . آبیاری با آب شور در سطوح وسیعی در بعضی نواحی و در سطوح کوچکتر در بسیاری نقاط امتحان شده و خود را بخوبی نشان داده است .

هدف از شناسائی موجود ، جمع آوری تمام آزمایشات موجود دنیا بطریقی است که هر کشوری بتواندازچگونگی‌توسعه کشورهای دیگربهره بگیرد . مشخص است که این چگونگی

مستقیما" قابل انتقال نیست . بایستی هوشیارانه عمل کرد و قبل از استفاده وسیع از آنها تمام شرایط از قبیل آب و هوا ، وضع خاک و وضع آب ، فرهنگ و جامعه را بررسی و معلوم نمود که در تحت کدام یک اطلاعات جمع آوری شده است .

ابتدا تنها ۱۶ کشور زیر مستقیما" به پرسشنامه ارسال شده اداره مرکـــزی کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی پاسخ داده‌اند :

۱ـ مصر ، ۲ـ بلغارستان ، ۳ـ کانادا ، ۴ـ کلمبیا ، ۵ـ یونان ، ۶ـ گویان (قسمتی) ، ۷ـ ایران ، ۸ـ عراق (قسمتی) ، ۹ـ اسرائیل ، ۱۰ـ جمهوری کره ، ۱۱ ـ مراکش ، ۱۲ـ پرو (قسمتی) ، ۱۳ رودزیا ، ۱۴ـ جمهوری چین ، ۱۵ـ ترکیه ، ۱۶ـ شوروی

بعضی از کشورها از جمله استرالیا ،مجارستان، هندوستان ، اندونزی و آمریکا پس از آنکه اولین ویرایش (edition) بگردش گذارده شد توصیه‌های ارزشمنـــدی را نمودند .

این نشریه جهت جمع آوری مطالب چاپ شده تهیه نشده است . اینگونه مطالب در سطوح عالی و در جنبه‌های مختلف شوری و آبیاری اخیرا" منتشر شده‌اند . بهرحال جهت آنکه نشریه حاضر شامل اطلاعات مهم بعضی از کشورها که به پرسش‌نامه‌ها جواب نداده‌اند ولی بدون آنها این شناسائی کامل نبـــــــود ، از بعضی ازمقالات منتشرشده مربوط به کشورهای زیر استفاده گردید :

۱ـ استرالیا ، ۲ـ قبرس ، ۳ـ مجارستان ، ۵ـ عراق ، ۶ـ پاکستان ، ۷ـ سوریه ، ۸ـ تونس ، ۹ـ ایالات متحده آمریکا .

مراجع مورد استفاده بر اساس کشورها مرتب شده است . از این مراجع بصورت آزاد استفاده شده است و در متن گزارش از آنها استفاده ویژه‌ای نشده است مگر آنکه قبلا" در مجلات علمی چاپ شده باشند . هیچگونه تلاشی جهت تکمیل اینگونه مطالعات مراجـع نشده است . توجه بخصوصی به کتاب مهم :

"Irrigation , Drainage and Salinity - An International Source book" شده است که توسط فائو و یونسکو بـه تازگی چاپ گردیده است . مجموعه خیلی کاملی از مطالب تحقیقات مختلف در کتاب :

"Salinity Problems in Arid Lands Irrigation" میباشد که توسط Haugh E. Casey تهیه شده وبوسیلهٔ اداره‌تحقیقات منابع آب ایالات متحده در ۱۹۷۲ چاپ شده است .

باین گزارشها تنها ممکن است بدیده شروع نکریست . امید است که محرکی بـرای کشورهای عضو باشد که اطلاعات بدست آمده و موجود خود را بصورت مفهوم وآمـوزنده

خلاصه نموده بنحویکه یک گزارش گویا و کاملتری با اطلاعات روز در آینده بچاپ رسد .

ژوزف شالهاوت
ژوزفین کامبراو

مقدمه

کشاورزی و آبیاری با آب شور یک کشاورزی معمولی نیست و شکست در تشخیص این امر عواقب ناگواری را بدنبال دارد. قیود و اجبارهائی وجود دارندکه میبایستی تشخیص داده شوند و جهت روبرو نشدن با شکست لازمست که آنها را در خاطر سپرد.

عناصر کشاورزی با آب شور بشرح زیر است:

(۱) انتخاب گیاهان و سیستمهای مناسب زراعی ــ گیاهان مقاوم بشوری برای تمام شرایط اکولوژی مورد نظر میبایستی شناخته شوند.

(۲) جلوگیری از تجمع املاح در خاک ــ چگونگی حرکت املاح در خاک برای انواع خاکها، آب و هواها و شرایط هیدرولژیکی مورد نظر می‌بایستی شناخته شوند بعلاوه روابط بین شستشو و عکس‌العمل گیاه میبایستی معلوم گردد.

(۳) استفاده از تکنیک های پیشرفته آبیاری و زهکشی ــ متدهای آبیاری میبایستی مناسب جهت مصرف آب شور باشد ومیبایستی هم از نظر تکنیکی و هم ازنظر اقتصادی با صرفه باشد. سیستم زهکشی در هر زمان که لازم باشد میبایستی کارگذارده شود. با توجه باین امر، جنبه آلودگی آبهای برگشتی در آبیاری نیز نمیبایستی فراموش گردد.

(اصل مهم عناصر فوق شستشو میباشد) میتوان گفت که کلیه موفقیت های کشاورزی‌با آب شور در اثر شستشو حاصل میگردد. (شستشوتمام جنبه‌های‌تجمع املاح درخاک (غلظت حرکت، رسوب گذاری، تبادل و حلالیت) را کنترل مینماید) وباعکس‌العمل گیاه، عملیات زراعی و آلودگی آبهای زیرزمینی و رودخانه‌ها رابطه نزدیکی دارد.

۲ـ اطلاعات عمومی

جهت امکان مقایسه اطلاعات یک کشور با کشور دیگر لازمست که قبلا" اطلاعاتی در باره نواحی مختلفی که اطلاعات ازآنجابرداشته شده داشته‌باشیم . این اطلاعات‌همچنین جهت ارزیابی مقدار مسائلی که گریبانگیر آنها است و بازدهی که در اثر حل آنهـا پیش میآید مهم است .

اطلاعاتی که در ضمیمه‌های ۱ تا ۴ بصورت جدول داده شده خلاصه‌ای‌مربوط بسطح مقدار آب ، آب و هوا ، وضع پستی و بلندی ومحصولات را ارائه میدهد .

۱ـ۲ اراضی تحت‌کشت، تحت آبیاری و شور

ضمیمه‌یک‌مجموع‌سطح زیرکشت‌کشورهای مورد بحث دراین گزارش راباستثناءاسترالیا شوروی و ایالات متحده آمریکارامشخص مینماید . بطورکلی از۲۶۸/۴ میلیون هکتار اراضی زیر کشت ۲۱ درصد تحت آبیاری میباشد . با در نظر گرفتن این سه کشوربزرگ ،کل‌اراضی زیر کشت ۷۳۷/۲ میلیون هکتار است که ۸۵/۳ میلیون هکتار (برابر ۱۲/۶ درصد)تحت آبیاری میباشد . در اروپا و آمریکای لاتین تنها چند کشور که از کلیه کشورها که‌بیش ازیک میلیون هکتار زمین زیر آبیاری دارند به سئوالات‌داده‌شده برای این‌گزارش‌جواب‌داده‌اند (۱۱ درصد کل اراضی تحت آبیاری و ۲ درصد کل اراضی‌کشت‌شده) . گزارش شامل‌اغلب کشورهای آسیائی و آفریقائی که دارای اراضی وسیع تحت آبیاری هستند می‌شود . اراضی تحت تأثیر شوروی در بعضی کشورها مخصوصا " استرالیا ، کلمبیا ، هندوستـان ، عراق ، و پاکستان کاملا" مشخص است . اغلب کشورها گزارشی در مورد سطوح خراب شده تـوسط هجوم شوری و یا سطوح تحت آبیاری با آبهای شور را نداده‌اند .

۲ـ۲ آب و هوا و شرایط فیزیوگرافی

بعضی اطلاعات در مورد درجه حرارت فصلی و بارندگی در ضمیمه ۲ داده شده که همراه با آن شرح مختصری در باره وضع آب و هوائی و فیزیوگرافی اراضی تحت آبیـاری ارائه گردیده است . اختلافات زیادی در شرایط‌آب و هوائی کشورهای گزارش‌دهنده‌دیده میشود که از شرایط خشک درعراق و مصر تا شرایط مرطوب درکانادا‌وجمهوری‌چین حکایت مینماید . خصوصیت مشترک اغلب کشورها فصل بارندگی است .

۳ـ۲ مقدار آب موجود

کل آب موجود برای استفاده در کشورهای مختلف و مقداری که عملا" جهت آبیاری

در بعضی کشورها استفاده میشود در ضمیمه ۳ گزارش شده است . اغلب کشورها در مورد مقدار آب شور موجود و یا در مورد مصرف در آبیاری گزارشی نداده‌اند .

۴ـ۲ زراعت . میزان مصرف آب و محصول زراعی

درضمیمه۴ گیاهان‌عمده کشورهای‌مختلف‌گزارش‌دهنده همراه بازمان کشت وبرداشت میزان احتیاجات آبی و متوسط محصول تا آنجا که ارقام آنها موجود بوده جمع‌آوری شده است . جدول بجای آنکه بر اساس کشورهای ترتیب داده شود بر اساس گیاه تنظیم‌گردیده تا مقابله بین کشورها ساده و روشن باشد . مهمترین گیاهان کشورها گندم ، برنج ، ذرت ، پنبه و چغندر قند است . در نیمکره شمالی تاریخهای کشت و برداشت تقریبا" یکسان‌است ولی میزان احتیاجات آبی و میزان محصول بطور واضح متغیرمیباشد .امکان ارزیابی‌اعتبار اطلاعات مربوط به میزان احتیاجات آبی وجود نداشت . ارقام ممکن است شامل آب های فراوانی باشد که بصورت آب ثقلی خارج میشوند و یا شامل سایر فاکتورهائی که راندمان‌را کم میکنند باشد .

۳ـ کیفیت آب آبیاری

۳ـ۱ خصوصیات عمومی منابع آبهای آبیاری

تعریف کیفیت آب بستگی به چگونگی مصرف آب‌دارد. درزمانی‌که آب جهت آبیاری مصرف میشود دو خصوصیت " مجموع غلظت املاح محلول TDS و" ترکیبات یونی‌ویژه " اهمیت زیادی پیدا مینماید. در بعضی از شرایط بخصوص در مقایسه سیستمهای آبیاری رسوباتی که بصورت تعلیق حمل میگردنداهمیت‌میابند. رسوبات‌ممکن است‌باعث گرفتگی آبفشانها و قطره چکانهای آبیاریهای بارانی و قطره‌ای، فیلترها، لوله‌ها، پمپ‌ها، کانال ها، و محل ذخائر گردد. اخیرا" اهمیت غلظت سموم نیز بعنوان عاملی در کیفیت‌آب زیاد گشته است.

تفاوتهای زیادی بین TDS و ترکیبات یونی آب در آبهای آبیاری نقاط مختلف دنیا وجود دارد. ضمیم ۵ خلاصه‌ای از اطلاعاتی است‌که ازکشورهای‌مختلف بوسیله‌سئوال و یا منابع دیگر بدست آمده است. اختلاف بین آبهای متفاوت به شرایط‌آب و هوائی، منبع آب، محل جریان آب، موقع سال، ژئولوژی و تأسیسات آبیاری بستگی‌دارد. ضمیمه ۵ بطور عمومی نشان میدهد که در نواحی مرطوب آبها دارای غلظت‌کمتری نسبت‌بنواحی خشکند، آبهای زیرزمینی شورتر از آبهای رودخانه‌ها بوده، آب در انتهای رودخانه ها دارای غلظت نمک‌بیشتری نسبت بآب ابتدای رودخانه میباشد، آب رودخانه ها در بهار غلظت‌کمتری‌نسبت‌بپائیز دارد و بالاخره رودخانه ها و آبهای زیر زمینی قبل از ایجاد تأسیسات آبیاری دارای شوری کمتری نسبت به بعد از آن میباشند.

شوری آب رودخانه ها بین ۳۰ تا ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر متغیر بوده که ۱۲۰ میلی گرم در لیتر متوسطی برای دنیا می‌باشد. معمولا" دیده شده که با زیاد شدن غلظت کل، نسبت سدیم و کلرید در آب نیز افزایش یافته در حالی که نسبت کلسیم و منیزیم تقلیل یافته است. کربنات ها در آب رودخانه‌هابندرت یافت میشوند فقط هندوستان و پاکستان و ایران گزارش مقداری کربنات (۰/۲ تا ۰/۷ میلی اکوالنت در لیتر) را داده‌اند. رابطهٔ بین کلر و سولفات بستگی به محل منبع آب داردوبیشترتحت تأثیر عوامل زمین شناسی است.

طبق نقشه تیپ آبهای ایران ، تغییراتی در تیپ آبهای ایران از غرب بشرق وجود داردکه ازآب کلریدبآب سولفاته وآب بی‌کربناته تغییرمینماید (کلردرسواحل خلیج فارس بیش از ۵۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر میباشد) . فلات مرکزی‌بطرف مشرق‌غالبا"دارای آب‌کلرید میباشدکه غلظتش حتی بیش از ۵۰۰۰ میلی‌گرم درلیتراست .تغییرات‌شوری آبهای‌زیرزمینی بین ۳۰۰ تا ۱۰۰۰۰ میکروموس در سانتیمترمیباشدکه هیچگونه توزیع مشخصی درسطح کشور ندارد .

۲ـ۳ متدهای مطالعه‌کیفیتی نمونه‌برداری و تجزیه

تفاوتهای زیادی در کیفیت آب بطور فصلی ، سالانـه‌ای و همچنین در طول مسیـر رودخانه بوجودمیآید (ضمیمه۵) . تغییرات‌بعلت‌فعالیتهای‌انسانی (آبیاری وپاک نمودن مزارع) ، رقیق شدن در اثر بارندگی و طبقات زمین شناسی است که آب در آنها جـریان میابد . علت هرچه که باشددیده‌شده است‌که‌تنها یک‌تجزیه کافی‌نیست . از آب میبایستی در فواصل منظم (حداقل فصلی) و در چند ایستگاه در طول مسیر رودخانه‌نمونه برداشت بنابراین ارزیابی آب بستگی به محل زمان و متد نمونه برداری دارد . شکست در تشخیص این عوامل ممکن است باعث انحراف در نتیجه‌گیری گردد .

ضمیمه ۶ خلاصه‌ای از اطلاعات کشورهای گزارش دهنده درموردتکنیک نمونه‌برداری و تجزیه ، عناصرمورد تجزیه ، متدهای تجزیه و واحد بیان نتایج میباشد . در یک تجـزیه کامل مجموع نمکهای محلول ، TDS و یا هدایت الکتریکی EC ، کاتیونهای عمده Ca^{++} ، Mg^{++} و Na^{+} وآنیونهای Cl^{-} ، $SO_4^{=}$ ، HCO_3^{-} و CO_3 بعضی اوقات کلسیم و منیزیم در مقایسه با کربنات و بی کربنات باهم گزارش می‌شوند . تمام کشورهای گزارش دهنده تجزیه کامل را انجام میدهند . بعضی کشورها تجزیه‌هائی اضافی از قبیل K^{+} ، PH ، B ، Fe ، Mn ، Zn ، Si ، NO_3 ، PO_4 و مواد آلی را معین می‌کننـد (ضمیمه۶) . متدهای استاندارد تجزیه با تغییرات جزئی در تمام کشورهابکارگرفته‌میشود این متدها در نشریات مختلفی چاپ شده است (۱۱۷ ، ۱۲۰ ، ۱۲۳ ، ۱۲۹ ، ۱۳۴)که‌در بین آنها بیشتر از راهنمای شماره ۶۰ آزمایشگاه شوری ایالات متحده استفاده شده است . ضمیمه ۷ خلاصه کوتاهی از متدها را مشخص مینماید .

فواصل نمونه‌برداری در کشورهای مختلف بسیار متغیراست . بطوریکه ازنمونه‌برداری مداوم در اسرائیل و هفته‌ای دومرتبه در مراکش تا دورهای زیاد (کمتر از یکمرتبه درسال) در کلمبیای انگلیس و کانادا تغییر مینماید . معمولیترین دور نمونه برداری ماهیـانه است (مصر ، هندوستان ، رودزیا ، استرالیا ، ترکیه ، پرو) . روش نمونه‌گیری فقط توسط مصر ، جمهوری کره و هندوستان گزارش شده است .

۳ـ۳ ارزیابی و طبقه‌بندی کیفیت آب آبیاری

ارزیابی و طبقه‌بندی آبهای آبیاری بستگی به چگونگی مصرف نهائی آن‌دارد .وقتی که آب برای منظور آبیاری گیاهان مصرف میشود پنج فاکتور میبایست در ارزیابی کیفیت آن مد نظر داشت :

۱) کل املاح و ترکیبات شیمیائی آب ، ۲) آب و هوا و ناحیه ، ۳)خاک‌وشرایط زهکشی ، ۴) گیاهان اصلی که آبیاری میشوند ، و۵) عملیات زراعی بخصوص متد آبیاری . روابط مابین این ۵ فاکتور مشخص کننده چگونگی طبقه‌بندی آب است . یک منبع آب با توجه به خصوصیات این ۵ فاکتور ممکن است که برای آبیاری جزء دسته مناسب و یا غیرمناسب قرار گیرد . یک چنین قرارداد و طبقه‌بندی خلاصه‌ای از معلومات ما درمورد روابط بین این پنج فاکتور است . بدین‌ترتیب با پیشرفت معلومات ما این چنین تقسیم بندی همواره در معرض تغییر است .

مشخص است که ارزیابی یک منبع آب شور مسئله‌ای پیچیده بوده و برای هرناحیه با توجه شرایط محلی میبایستی بطور جداگانه معلوم گردد . با این وجود برای سادگی امر تا بحال چندین طرح طبقه‌بندی پیشنهاد شده و بکار رفته است . اغلب این طبقه‌بندیها سه عامل اصلی را دربرمیگیرند : مجموع نمکهای موجود (شوری) ، غلظت یونهای سدیم ، کربنات و بی‌کربنات در رابطه با یونهای کلسیم و منیزیم (قلیائیت) ، و سمیت یونهای ویژه مانند کلروبر . عیب این طرحها در صرفنظر نمودن از سایر عوامل مؤثر در مناسب بودن آب میباشد . در نتیجه این عیب ، استفاده از یک منبع آب که برای جائی مناسب است ممکن است طبق طرح رد گرددوبالعکس درجائی که بعلت‌شرایط خاص محلی نبایستی مورد استفاده قرار گیرد قبول گردد . بهرحال وقتی طرحها تنهابراساس‌ترکیبات‌شیمیائی آب بعنوان یک راهنمای عمومی مورد استفاده قرار میگیرند فقط با ارتباط دادن با سایر عوامل ، طبقه‌بندی ممکن است خیلی مفید واقع شود .

مقایسه بین طرحهای متفاوت طبقه‌بندی آب کشورهای مختلف با ارزیابی آنهاتحت تأثیر آب و هوای محل ، خاک و عملیات کشت در زیر بیان خواهد شد .

۱-۳-۳ خطر شوری

مجموع نمکهای موجود مهمترین فاکتور منفرد برای ارزیابی کیفیت آب می‌باشد . مجموع نمکهای موجود یا ممکنست بصورت هدایت‌الکتریکی (EC)ویابصورت‌غلظت ppm یا meq/l بیان گردد . اهمیت مجموع نمکها در اینست که اغلب گیاهان در طول رشد بیشتر نسبت به کل غلظت یونهای محیط عکس‌العمل‌نشان‌میدهند (تأثیراسمزی) تانسبت به بهریک از یونهای منفرد . بهرحال بعضی از گیاهان نسبت‌به بعضی‌یونهای‌سمی حساس هستند و برای این گیاهان مجموع شوری نمیتواند مشخص کننده خوبی برای ارزیابی آب آبیاری باشد .

بطور کلی هرگونه افزایش در موجودی نمک آب آبیاری باعث افزایش در شوری محلول خاک میگردد . سرعت و شدت افزایش بستگی به نسبت شستشو داردکه عبارت از مقدار آب اضافی آبیاری و یا باران نسبت به احتیاجات آب گیاه میباشد . ازطرف دیگر راندمان شستشو بستگی به شرایط فیزیکی خاک از قبیل ظرفیت نفوذ پذیری ، خصوصیات رطوبتی ، زهکشی و سرعت عرضه آب دارد . در نتیجه ، تعریف طبقات شوری مناسب و یا غیرمناسب خیلی هم ساده نیست . شرح های اضافه شده بهر طبقه که محدودیتهای استفاده از آب را مشخص مینماید معمولا" کافی نیست .

ضمیمه ۸ چند طرح طبقه‌بندی مورد استفاده در نقاط مختلف دنیا را ارائه میدهد . طبقه‌بندی پیشنهادی آزمایشگاه شوری ایالات‌متحده ویا صورت‌تغییریافته آن (Peterson , Thorne) (۱۱۱) بیشترین استفاده را در نقاط مختلف دارد (کانادا ، عراق ، کلمبیا ، مراکش ، رودزیا ، سوریه ، ترکیه ، جمهوری چین ، پاکستان ، یونان ، هندوستان ، ایران ، جمهوری کره) . بعضی کشورها بتناسب شرایط محلی آب موجودشان تغییراتی در این سیستم داده‌اند . طرح آزمایشگاه شوری ایالات متحده بیشتر برای کشورهائی متناسب است که اکثریت آب موجود در یک میدان پائین شوری قرار گرفته باشد . برای کشورها و یا نواحی که اکثریت آب موجود در یک میدان بالا و یا متوسط از شوری قرارگرفته درطبقات پیشنهاد شده بعضی تغییرات دیده میشود . بنابراین مصر (ضمیمه۸) طبقات C_1 و C_2 آمریکائی را در یک طبقه C_1 ترکیب نموده در حالیکه طبقه C_3 آمریکائی به طبقات C_2 و C_3 قسمت شده است . در استرالیا طبقات آمریکائی را توسعه داده‌اندتا شامل آبهای با شوری بیشتر شود بدین ترتیب تمام آبهائی که در کشاورزی ممکن است از آنها حتی بصورت‌گاه گاهی استفاده شود در میدان این طبقه بندی قرار میگیرد .

Thorne , Peterson (۱۱۳) در آمریکا طبقه C_4 (شوری ۲۲۵۰ تا ۵۰۰۰ میکروموس در سانتیمتر) را به دو طبقه C_4 (۲۲۵۰ تا ۴۰۰۰ میلی موس در سانتی متر)و C_5 (۴۰۰۰ تا ۶۰۰۰ میکروموس در سانتیمتر) تقسیم کرده‌اند . درهندوستان طبقه C_5 به طبقه‌بندی آمریکائی اضافه شده است . و در تحت شرایط قبرس طبقه‌بندی آمریکائی به نظر خیلی دقیق میآید .

در شوروی (ضمیمه۸) طبقه‌بندی عمومی آب تا غلظت ۳۰۰۰ پی‌پی ام را به ۳گروه تقسیم مینماید که در آمریکا بجای آن ۴ گروه میباشد . آبهای با غلظتهای بیشتر در این کشور به ۳ گروه دیگر تقسیم میشوند در حالیکه در آمریکا این آبها شامل یکگروه میگردند بطور کلی آبهای با ۴ـ۶ گرم در لیتر نمک در حد بحرانی شناخته شده اند . به هر حال تحت شرایط زهکشی مناسب حتی آبهای با شوری بیشتر نیز مصرف شده است .

بنا به Schukarev در هر ۴۹ طبقه آب سه گروه مورد توجه است . طبقات بر

حسب کاتیون و آنیون غالب و یا ترکیب آنها تعریف شده‌اند درحالیکه گروههائی‌داخل هر طبقه برحسب کل غلظت نمک آب مشخص گردیده‌اند . در مقایسه با سیستم آمریکائی طبقات C_1 و C_2 و C_3 در گروه A با شوری تا ۱/۵ گرم در لیتر متمرکز شده‌اند درحالی که گروهB خیلی وسیتر بوده و شامل آبهائی تا شوری ۱۰ گرم در لیتر می‌شود . در این گروه غلظت ۲ تا ۵ گرم در لیتر را (در صورتیکه شستشو باندازه کافی انجام شود) برای اکثر گیاهان بی ضرر تشخیص داده‌اندAlekim آبها را سه طبقه برحسب آنیونها ((Cl ، HCO_3 و SO_4)) تقسیم نمود که هر طبقه به سه گروه برحسب کاتیونها (Mg ، Ca و Na) مشخص میشد .

در اسرائیل هیچگونه طبقه‌بندی جدی بکار گرفته نمی‌شود . تناسب آبها براساس تجربیات محلی مشخص میگردد .

در ترکیه هیچگونه اثر سوء بخاطر استفاده از آبهائی تا غلظت ۴۶۰۰ میکروموس‌در سانتیمتر بجز در سالهای خیلی خشک دیده نشده است .

درجمهوری چین بخاطر قرار گرفتن اغلب آبها در طبقات C_1 و C_2 آمریکائی خطرات شوری خیلی کم میباشد . تنها ۱/۵ درصد کل اراضی موردآبیاری با آب C_3 آبیاری میشوند .

در ایران آبهای با شوری بیش‌از ۲۲۵۰ میکروموس درسانتیمتردرنقاطی که بارندگی زمستانه بحد کافی باشد بدون آنکه خطری متوجه خاک نماید مصرف میشود .

درجمهوری عربی مصر استفاده از آب با کیفیت ۲۰۰۰ میکروموس درسانتیمتر بدون اجرای شستشوی کافی باعث تأثیر کم حتی برروی گیاهان مقاوم به شوری شد

در بلغارستان خطر شوری بطور عموم بسیاراندک است . آب مورد آبیاری رودزیا همانند مراکش در طبقه C_3 طبقه‌بندی آمریکائی واقع میشود .

تجزیه سه ساله آب ۳۵ رودخانه و ۴ مخزن در هندوستان مشخص مینمایدکه متوسط شوری از ۸۰ پی‌پی ام در رودخانه Brahmaputra (پل آندرسن) تا ۶۰۰ پی‌پی‌ام (۴۳۰ میکروموس در سانتیمتر) در رودخانه Mahi (در Sevalia) تغییر مینماید . معمولاً اغلب رودخانه‌ها دارای مقدار کم یا متوسط مواد معدنی هستند (C_1S_1 — C_2S_1 در طبقه بندی آمریکائی) . در رودخانه‌های شمالی کلسیم و بی کربنات غالب میباشد در حالیکه در رودخانه‌های جنوبی یونهای اصلی سدیم و بی‌کربنات است .

یک طبقه بندی مشروحتری بر اساس شرایط فیزیکی خاک و گروههای گیاهان مقام به شوری توسط Durand (۱۲۵) پیشنهاد شده است . نامبرده ارقامی جهت حد بالائی‌و مجاز شوری آبهای آبیاری برحسب میلی‌موس در سانتیمتر برای ترکیبات مختلف سه گروه مقاومت بشوری و پنج بافت خاک ارائه داده است (جدول ۱) .

جدول ۱

حد بالائی و مجاز شوری آبهای آبیاری برحسب میلی موس در سانتیمتر برای سه گـــروه گیاه و پنج بافت خاک

گروههای مقاومت بشوری گیاه					
	۱	۲	۳		
عصاره‌اشباع‌خاک میلی‌موس‌درسانتیمتر	کمتر از۴	۴ تا ۱۰	بیشتر از ۱۰		
بافت خاک			نخل	گیاهان باغی	گیاهان علوفه‌ای	گیاهان مزرعه‌ای
حد بالائی‌ومجازبرای‌شوری‌آب‌آبیاری‌برحسب‌میلی‌موس‌درسانتیمتر						
شن	۲/۵	۶/۵	۱۵/۰—۲۰/۰	۸/۰	۱۲/۰	۱۰/۰
شن لومی	۱/۶	۴/۰	۶/۰—۱۰/۰	۴/۵	۷/۰	۶/۰
لوم	۱/۰	۳/۰	۸/۰	۳/۵	۵/۰	۴/۵
رس لومی	۰/۸	۲/۰	۶/۰	۲/۴	۳/۵	۳/۰
رس	۰/۴	۱/۰	۳/۰	۱/۸	۱/۸	۱/۶

بنابراین برای آبیاری نخلی که در خاک شنی رشد می‌نمایـد آب تاشوری ۲۰۰۰۰ میکروموس در سانتیمتر را میتوان بکار برد .

Bernstein و Rhoades (۱۰۷) جدول مشابهی را برای چهار گروه مقاوم به شوری و چهار نسبت ممکنه شستشو ارائه داده‌اند (جدول ۲) .

جدول ۲

حد اکثرممکنه EC_d در محلول خاک (میلی‌موس در سانتی متر)	نسبت شستشوی LF			
	۰/۱	۰/۲	۰/۳	۰/۴
	حداکثر ممکنه EC_i درآب‌آبیاری (میلی‌موس‌درسانتیمتر)			
۲	۰/۲	۰/۴	۰/۶	۰/۸
۴	۰/۴	۰/۸	۱/۲	۱/۶
۸	۰/۸	۱/۶	۲/۴	۳/۲
۱۶	۱/۶	۳/۲	۴/۸	۶/۴

جدول ۲ براساس رابطهٔ احتیاجات شستشوئی که در زیر مشخص است تنظیم شده است .

$$LR = \frac{EC_i}{EC_d} = LF \qquad \text{(رابطه ۱-۳)}$$

که در آن

LR = احتیاطات شستشوئی

EC_i = هدایت الکتریکی آب آبیاری

EC_d = هدایت الکتریکی زه آب

LF = نسبت شستشوئی

۲-۳-۳ خطر قلیائیت

در بین اجزاء محلول آب آبیاری ، سدیم را خطرناک ترین تشخیص داده‌اند . آبی که در تقسیم بندی شوری مناسب تشخیص داده شده ممکن است بخاطر آنکه سدیم در آن بصورت غالب است برای آبیاری مناسب نباشد . تأثیر سدیم بدو طریق است . ممکن‌است که بر روی نفوذ پذیری خاک با ایجاد آماس و پخشیدگی ذرات خاک و گرفتگی منافذتأثیر بگذارد و امکان دارد که به گیاهان بخصوص آنها که به سدیم حساس بوده (مثل گیاهان میوه‌ای) صدمه بزند . شدت آماس و پخشیدگی همچنین بکل‌غلظت الکترولیت‌آب بستگی دارد . طبقه‌بندی آب از لحاظ مقدارسدیم‌اکثرا"مبتنی برتأثیرسدیم برروی شرایط فیزیکی خاک میباشد .

تأثیر سدیم بستگی به کل غلظت آن در آب ندارد بلکه بستگی به غلظت نسبی آن در مقایسه با غلظت سایر کاتیونها دارد. غلظت زیاد کربنات وبی‌کربنات معمولا" باعث ازدیاد غلظت نسبی سدیم میشود چون که کلسیم کربنات و یا منیزیم کربنات دراثرتماس با خاک رسوب مینماید. بنابراین خطر قلیائیت آب میبایست برای آبهائی که دارای بی کربنات ها هستند جداگانه در نظر گرفته شوند.

طبقه‌بندی آب از نظر وجود سدیم براساس نسبت سدیم به مجموع کلسیم و منیزیم میباشد. در آمریکا نسبت جذب سدیم SAR مورد استفاده است.

$$SAR = \frac{Na^{+}}{\sqrt{\frac{Ca^{++}+Mg^{++}}{2}}} \qquad ۳-۲$$

که در آن واحد غلظتها میلی اکوالنت در لیتر میباشد. نسبت تبادل سدیم ESR خاک طبق فرمول زیر بستگی به SAR دارد.

$$ESR = \frac{\text{سدیم قابل تعویض}}{\text{(کلسیم + منیزیم) قابل تعویض}} \qquad (۳-۳)$$

که درآن $ESR = K\ SAR$

مقدار K برای هر خاک بطور عملی مشخص میگردد. برای بسیاری از خاکها مقدار آن بین ۰/۰۱۲ تا ۰/۰۱۵ متغیر است.

تأثیر سدیم بر روی نفوذ پذیری خاک رابطهٔ معکوس با غلظت کل یونها دارد. هر چه غلظت بیشتر باشد تأثیر کمتر است. از طرف دیگر شدت قلیائیت خاک بطور مستقیم به غلظت کل الکترولیتها بستگی دارد. هرچه غلظت بیشتر باشد شدت قلیائی شدن سریعتر است. درنتیجه هرسیستم طبقه‌بندی میبایست دوفاکتور SAR وغلظت مجموع الکترولیتها را در نظر بگیرد. علاوه بر دو فاکتور اصلی، فاکتورهای دیگری وجود دارند که تأثیراتی میگذارند مثل مینرالوژی خاک (مونت موریلونیت خیلی بیشتر ازخاکهای ایلیت و کائولونیت حساس میباشد)، وجود مواد جوش دهنده (Cementing agent) سزکوئی اکسید آهن و آلومنیم که ساختمان خاک راتشکیل میدهدووجودگچ درخاک. این فاکتورها را مانند سابق نمیتوان در تعیین خطر قلیائیت نادیده گرفت.

مشهورترین و متداولترین روش در دنیا (کشورهای کلمبیا، مصر، هندوستان، ایران، عراق، اسرائیل، مراکش، پرو، جمهوری چین، ترکیه) همانست که آزمایشگاه شوری ایالات متحده پیشنهاد نموده است که بر اساس SAR آب و غلظت کل الکترولیت یعنی هدایت

الکتریکی میباشد . در این طبقه‌بندی هرچه EC بیشتر شود خطر قلیائیت بیشتر است . طرح کلی طبقه‌بندی در ضمیمه ۹ میباشد . وقتی شوری کم است طبقات درSARهای۱۰، ۱۸و ۲۶ از یکدیگر جدا میشوند در حالیکه در شوری زیاد طبقه‌بندی در درجات ۲/۵ ، ۶/۵ و ۱۱ SAR میباشد . سیستم بر اساس رابطهٔ کل غلظت با شدت سدیم تشکیل‌شده در خاک میباشدودر آن از اثر غلظت کل الکترولیتها در بهبود نفوذ پذیری خاک صرفنظر شده است . بنابراین این‌سیستم باوجودیکه بطورگسترده‌ای مورداستفاده قرارمیگیرداحتیاج به یک تجدیدنظراساسی‌دارد . ایالات‌متحده (۹۰)واسترالیا (۱۱)مقداری روابط بین‌نفوذ پذیری وSARارائه داده‌اند . این چنین روابطی میبایستی در طرح طبقه‌بندی آب مورد استفاده قرار گیرد .

مدلهای شیمیائی که توسط Dutt و همکارانش (۷۴) در آمریکا تهیه شده میتواند در تخمین چگونگی توزیع قلیائیت (SAR) در پروفیل خاک مورد استفاده قرار گیرد .در این مدل : فعالیت حلالها قدرت یونی ، ترکیب یونی ، تعادل شیمیائی$CaSo_4$ و $CaCo_3$ عکس‌العمل‌های تبادلی و نسبت شستشو بحساب آمده است . بااطلاع ازتوزیعSARدرخاک میتوان روابط نفوذ پذیری باSAR ، عکس‌العمل نبات با سدیم قابل تعویض و خطر قلیائیت را ارزیابی نمود .

در شوروی (ضمیمه۹) یک رابطه بین یونهای محلول (نسبت کاتیونهای‌یک‌ظرفیتی به کل کاتیونها) مورد استفاده میباشد و طبقات بر اساس‌آن بوجود آمده است . با توجه به Antipov - Karataev و Kader وقتی که آب در شرایط $Na^+C/(Na^+ + Mg^{++}) < ۰/۲۳$ باشد سالم است . در اینجا C کل غلظت نمک میباشد .

همانطور که قبلاً" نیز اشاره شد اگر آب دارای یون کربنات یابی کربنات باشد خطر شوری ممکن است افزایش یابد . معمولاً" باقیمانده سدیم کربنات (RSC) به عنوان یک شاخص جهت نمایش تمایل کلسیم کربنات و تا حدودی منیزیم کربنات به رسوب در خاک و در نتیجه افزایش نسبی غلظت یون سدیم و ESP مصرف میشود .

$$RSC = (Co_3^{=} + HCo_3^{-}) - (Ca^{++} + Mg^{++})$$

بر اساس بعضی مطالعات طبقه‌بندی زیر توسط Eaton (۷۵) در آمریکا پیشنهاد شده است :

RSC	توصیـــــــــــه
کمتر از ۱/۲۵ میلی‌اکوالنت درلیتر	برای اغلب موارد سالم
۲/۵–۱/۲۵ میلی‌اکوالینت درلیتر	آب مشکوک
بیشتر از ۲/۵ میلی‌اکوالنت درلیتر	نامناسب جهت آبیاری

این تقسیم بندی در بیشتر کشورها (از جمله مصر ، ایران ، عراق و هندوستان) استفاده میشود . در هندوستان Bapat و Shukha (۱۹) یک طبقه‌بندی بر اساس نسبت کاتیونهای دو ظرفیتی (D_u) به کل غلظت کاتیونها (TCC) پیشنهاد نموده‌اند . آبی که نسبت D_u/TCC آن بیشتر از ۰/۳ باشد از نظر قلیائیت سالم فرض شده است .

در طبقه‌بندی RSC میتوان مقدار رسوب کربنات را تخمین زد . بهر حال مقدار رسوب بستگی به فشار پارشال انیدریدکربنیک هوای خاک و همچنین بستگـــی به نسبت شستشوئی LF دارد . در ایالات متحده یک ایده جدید توسط Bower و Maasland (۴۹) بر اساس کارهای انجام شده در پاکستان پیشنهاد شده است . در این ایده‌شاخص اشباع Langelier جهت تخمین میزان رسوب کربنات در تحت عمل اشباع کربنات کلسیم در محلول خاک بکاررفته‌است . شاخص‌برای خاک‌عبارتست‌از $S.I. = (۸/۴ - PH_c^\circ)$ که در آن ۸/۴ مربوط به PH خاک غیر قلیائی است که در تعادل با $CaCo_3$ می‌باشد و

$$PH_c^\circ = (PK_2 - PK_C) + P(Ca+Mg) + P(Co_3 + HCo_3)$$

که در آن K_2 و K_C بترتیب ثابت تجزیه H_2Co_3 و عدد ثابت حـلالیت $CaCO_3$ میباشد درفرمول‌فوق $(Ca+Mg)$ و (Co_3+HCo_3) غلظت‌مولاریتی یونهای مربوطه است . P نشان دهنده لگاریتم منفی متغیرها میباشد .

آبهای زیرزمینی پاکستان بر اساس ایده فوق مورد ارزیابی قرار گرفت و معلوم‌شدکه $\frac{2}{3}$ چاههای مناطق هالیزآباد ، خانقاه ، دوگران ، جاران والا و بران والا دارای غلظت خطرناکی از بی‌کربنات میباشند . بیش از $\frac{2}{3}$ آب زیرزمینی ناحیه‌شمالی‌که ازلحاظ شوری بی‌خطر میباشد بعلت زیادی سدیم و مقدار RSC غیرمناسب‌تشخیص داده شد . استفاده از گچ جهت اصلاح بخاطر احتیاج بمقادیر زیادی از آن غیر عملی بود .

در آمریکا Rhoades و Bernstein (۱۰۷) جدول ۳ راجهت‌مشخص نمودن ماکزیمم سطح ممکنه نسبت‌جذب‌سدیم‌آب آبیاری SAR_{iw} درنسبتهای‌شستشوئی مختلف LF و با توجه به نسبت جذب سدیم زه‌آب SAR_{dw} و PH_c آب‌آبیاری تهیه نمودند .

جدول ۳

LF	PH_c	SAR_{dw} ۷	SAR_{dw} ۱۷	SAR_{dw} ۲۷
		حد اکثر ممکنه SAR_{iw}		
۰/۱	۶/۶	۱/۲	۳/۰	۴/۷
	۷/۶	۱/۹	۴/۶	۷/۳
	۸/۴	۳/۴	۸/۳	۱۳/۱
	۸/۶	۴/۲	۱۰/۳	۱۶/۴
۰/۲	۶/۶	۱/۸	۴/۵	۷/۱
	۷/۶	۲/۹	۶/۹	۱۱/۰
	۸/۴	۵/۱	۱۲/۵	۱۹/۹
	۸/۶	۶/۴	۱۵/۶	۲۴/۸

در جلگه رودخانه مورای استرالیا بسیاری از منابع آبهای زیر زمینی با نسبت‌جذب سدیم ۱۰–۱۱ جزء دسته مشکوک از نظر SAR میباشند . این آبهای زیرزمینی اصولا" برای مصرف دام استفاده میشوند . کیفیتهای بهتر آب زیرزمینی که نزدیک به رودخانه هاست بعنوان منابع کوچکتر آب فقط برای مقاصد آبیاری استفاده میگردند .

در اسرائیل اغلب آبهاکمی خطر قلیائیت را دارا میباشند . بهرحال‌بعضی ازآبهای زیرزمینی که امروزه در آبیاری استفاده میشوند دارای SAR برابر ۲۶ و EC برابر ۴۲ میلی‌موس در سانتیمتر میباشند . اغلب گچ بخاک اضافه میشود . RSC درآبهای غیر فاضل‌آب بندرت زیاد است . آزمایشاتی که هم اکنون در جریان است (۴۰) نشان میدهد که تا وقتی خاک سطحی دارای مقدار کافی کلسیم بخاطر عرضه گچ باشد هیچگونه مسئله جدی برای ساختمان خاک پیش نمیآید . دوره بحرانی در عرضه گچ فصل پائیز و قبل از آنست که باران زمستانی املاح خاک را رقیق نموده و آن را شسته در نتیجه ایجاد پخشیدگی در ذرات خاک‌نموده ونفوذ پذیری خاک را بشدت کم مینماید .

در کانادا خطر قلیائیت بسیار کم است . در جمهوری چین فقط ۳ رودخانه از ۱۹ رودخانه اصلی دارای SAR بزرگتر از یک میباشند (۲ – ۳/۵ = RSC.(SAR خیلی پائین است . درآبهای بلغارستان مسئله قلیائیت وجود ندارد .

در مراکش بعضی از آبها (L'Oum یا Rhia) تقریبا" دارای SAR زیاد میباشند.
در ایران همچون تونس علی رغم شوری زیاد آب ، خطر قلیائیت وکربنات‌کم است . مقادیر SAR کمتر از ۱۰ میباشد . یک رابطه خطی بین EC و SAR آب های چاه مرودشت در ایران پیدا شده است .

در ترکیه میدان SAR آبهای آبیاری بین ۳ تا ۳۳ با متوسط ۱۰ در فصل آبیاری میباشد . علی رغم زیادی SAR ، خاکهای آبیاری شده کاملا" نفوذ پذیرند در حالی‌که ESP متوسط آنها ۴۲ میباشد . بطور عموم خطر RSC وجود ندارد . بهرحال در خاکهای آهکی حتی آبهای با RSC برابر ۵ میلی اکوالنت در لیتر خطری بـرای خاک و یا گیاه ایجاد نمینمایند .

در غرب آمریکا اغلب آب رودخانه‌ها خطر سدیم با کربنات را نشان نمی‌دهند . بهرحال بعضی رودخانه‌ها مثل رودخانه Pecos تحتانی در نیومکزیکو بخاطـــر آب برگشتی آبیاری دارای SAR تقریبا" زیادی میباشند . (حدود ۱۴) . رودخانه Gila در آریزونا دارای SAR خیلی زیادی است (حدود ۱۷) که‌خطرجدی قلیائیت راایجاد مینماید . کیفیت آبهای زیرزمینی خیلی متغیر بوده و بعضی اوقات خطرقلیائیت راهم‌از نظر SAR و هم RSC ایجاد مینمایند .

بطور عمومی اغلب آبهای آبیاری کشورهائی‌که ازآنها سئوال شده دارای‌خطرقلیائی نسبتا" کمی میباشند که دراینموردآبهای زیرزمینی پاکستان وغرب آمریکا استثناء میباشند . آبهای سطحی متفقا" دارای بی کربنات خیلی بیشتر از کربنات میباشند و RSC آنها در میدان سالمی قرار دارند .

۳-۳-۳ خطر سمیت یونهای ویژه

۳-۳-۳-۱ خطر کلر و سدیم

بعضی اوقات خطر سدیم با خطر شوری اشتباه میشود واین بخاطرآنست‌که دربعضی مناطق شوری آب بجای ترمهای TDS و یا EC با ترم کلرورسدیم بیان میگردد . کلر را فقط برای گیاهان حساس به کلر که اغلب چوبی چند ساله هستند میبایستی مضردانست . از آنجا که اغلب کلر با سدیم ظاهر میشود اثر هردو ممکن است با یکدیگر اشتبـاه شود . سدیم نیز برای گیاهان چوبی سمیت اختصاصی دارد .

درشوروی از یک فاکتور K جهت طبقه‌بندی آبهای آبیاری براساس ضرر کلر استفاده میشود . $K=\frac{۲۸۸}{۵Cl}$ که در آن Cl بر حسب میلی اکوالان در لیتر بیان میشود .

آبهای با K بزرگتر از ۱۸ ($Cl<۳/۲meq/l$) خوب ،
آبهای با K بین ۶ و ۱۸ ($۳/۲\leqslant Cl\leqslant ۹/۶meq/l$) مناسب ، و
آبهای با K کوچکتر از ۶ ($Cl>۹/۶meq/l$) نامناسب میباشند .

جدول ۴ براساس نظریه احتیاجات شستشوئی توسط Rhoades و Bernstein (۱۰۷) در آمریکا تهیه شده که حداکثر مجاز غلظت کلر آب آبیاری را برای یک نسبت شستشوئی بر حسب میلی اکوالان در لیتر و مقاومت گیاه به‌کلر در آب خاک نشان میدهد.

حداکثر مجاز کلر در آب خاک	نسبت شستشوئی		
	۰/۱	۰/۲	۰/۳
	حداکثر مجاز غلظت کلر در آب آبیاری		
۱۰	۱	۲	۴
۲۰	۲	۴	۸
۳۰	۳	۶	۱۲

طبقه بندی دیگر آب بر اساس خطر کلر برای گیاهان حساس (گیاهان چوبی) توسط Fireman و Kraus (۱۳۰) و توسط Biggar و Nielsen (۶۹) در آمریکا ارائه شده است. چهار طبقه آب در جدول ۵ مشخص شده است.

جدول ۵

طبقه‌بندی کلر

شاخص کلر	غلظت میلی اکوالنت در لیتر	امکانات خطر
۱	۲	معمولاً سالم
۲	۴ — ۲	گیاهان حساس صدمه ملایم تا متوسط نشان می‌دهد
۳	۸ — ۴	گیاهان نیمه مقاوم صدمه ملایم تا متوسط نشان میدهد
۴	۸	بعضی گیاهان مقاوم صدمه ملایم تا متوسط نشان میدهد

در اسرائیل Yaron و Shalhevet یک طبقه بندی کلر را برای آبیاری مرکبات پیشنهاد نمودند. طبقه‌بندی براساس یک شناسائی مرتب‌شوری وبرای سه گروه بافت خاک تهیه شده است. برای خاکهای رسی که نسبت به تجمع املاح حساس تر می‌باشد گروه ها عبارتند از:

C_1	کوچکتر از ۶/۰	میلی اکوالنت در لیتر	سالم
C_2	بین ۶/۰ تا ۷/۵	میلی اکوالنت در لیتر	خطر کم
C_3	بین ۷/۵ تا ۹/۰	میلی اکوالنت در لیتر	خطرمتوسط
C_4	بین ۹/۰ تا ۱۵/۰	میلی اکوالنت در لیتر	خطرناک

در استرالیابرگ‌مرکبات ازحدشوری بیش از ۱۰۰ میلی‌گرم کلردرلیتر صدمه‌میبینند کشورهای دیگر در مورد خطرات کلر آبهایشان گزارشی نداده‌اند .

۲-۳-۳-۳ خطر بر

وجود بر برای اغلب گیاهان در غلظت کم در محلول خاک خیلی سمی است . بعضی آبهای آبیاری دارای بر در غلظت های سمی بوده و بنابراین احتیاج به مواظبت های مخصوص دارند . معمولا" شستشوی بر مشکلتر از سایر املاح میباشد . مقاومت نسبت به بر برای گیاهان مختلف در یک دامنه وسیع قرار دارد . بعضی مثل‌مرکبات درغلظتی از بر که برای رشد سایر نباتات مثل یونجه و چغندر قند ضروری است صدمه می‌بینند .

برای نباتات حساس غلظت بیش از ۱/۰ پی پی ام بر در آب آبیاری ممکن است خطرناک باشد در حالیکه گیاهان مقاوم تا ۳ پی پی ام را جذب مینمایند .Fireman وKrausچهار طبقه جهت غلظت بر پیشنهاد کردند : طبقه اول بین صفر تا ۰/۵ پی پی ام ، طبقه دوم بین ۰/۵ تا ۱/۰ پی پی ام ، طبقه سوم بین ۱/۰ تا ۳/۰ پی پی‌ام و طبقه چهارم بیش از ۳/۰ پی پی ام .

اغلب کشورها عدم خطر بر را در آب آبیاری گزارش داده‌اند (رودزیا ، ترکیه ، شوروی ، ایران ، عراق ، اسرائیل) . ترکیه ۰/۵ تا ۰/۸ پی‌پی ام بر را در آب رودخانه گزارش داده است . بعضی از آبهای سطحی در ژاپن دارای غلظتی حدود ۱/۵ — ۱/۸ پی پی ام بر است . در جنوب غربی ایالات‌متحده بعضی ازآبهای‌آبیاری دارای غلظتی از بر در سطح سمی است . (رودخانه Gila در آریزونا دارای ۲/۶ پی پی ام بر) .در آب زیرزمینی پنجاب در هندوستان غلظت بر تا ۱/۶ پی پی ام اندازه‌گیری‌شده است.

۳—۳—۳—۳ سایر عناصر کمیاب

سدیم ، کلر و بر معمولا" تنها عناصر ویژه سمی اند که بطورمنظم درارزیابی‌آبهای آبیاری مورد بررسی قرار میگیرند . در تحت بعضی شرایط مخصوصا" وقتی که آب از فضولات کارخانجات آلوده میشود سایر عناصرمانندسلینیوم ، لیتیوم ، مس ، آرسینگ ، روی و غیره در آب در حد غلظت سمی وجود دارند . بهرحال درخاکهای آهکی‌باPH بیش از ۷/۵ عناصر جزئی مثل Al ، Cu ، Mn ، Zn رسوب مینمایند . هیچ کشوری گزارشی از مسائل عناصر جزئی نداده است .

منیزیم وقتی که نسبت Ca/Mg کم‌است‌تولیداشکال مینماید . باتوجه باستاندارد

شوروی آبهای با نسبت $\frac{Mg}{Mg+Ca} > 0.5$ غیر مناسب میباشند . این امر احتمالا" بخاطر عدم موازنه مواد غذائی و کمبود کلسیم میباشد تا سمیت ویژه منیزیم . سولفات نیز ممکن است مسائل تغذیه‌ای ویژه‌ای در اثر رسوب با کلسیم و یا ایجاد تسریع در جذب سدیم بوجود میآورد .

۴-۳-۳ خطر سموم آفات

بطور کلی غلظت سموم حشره کش و سموم علف کش در آبها از نقطه نظر آبیاری مسئله‌ای را ایجاد نمینماید . این سموم در صورتیکه آب جهت مصارف خانگی و شرب انسان و دام باشد ایجاد اشکال مینماید . حدی‌جهت‌غلظت علف کشها ، درآب‌آبیاری درایالات‌متحده (۷۰) پیشنهاد شده‌است . براساس این‌طبقه‌بندی‌بیشترآبی که بمحصول داده میشود غلظتی کمتراز حد بحرانی دارند . حدود تقریبی غلظت برای آکرولین ، دالاپون ، دی کوات ، اندوتال ، D —۴ و۲ پیکلورام معین گردیده است .

در شوروی حدود زیر برای آب آبیاری معین شده است . دی یارون ۱ میلی گرم در لیتر ، مونارون ۵ میلی گرم در لیتر ، تری یازین ۵ میلی گرم در لیتر ، دالاپون ۲ میلی گرم در لیتر . در مورد سموم حشره کش ، فسفاتهای‌آبی‌بعلت‌پایداریشان بحرانی فرض شده‌اند . قوانین شوروی بصورتی است که ورود سموم را به منابع آب با اتخاذ تدابیری کم مینماید .

سایر کشورها گزارشی در مورد خطرات جدی سموم نداده‌اند .

۴-۳ فاکتورهای مؤثر در تناسب و طبقه‌بندی آبهای آبیاری

سه فاکتور اصلی در تناسب آب برای آبیاری تأثیر میگذارد که عبارتند از . آب و هوا ، خاک و پستی و بلندی ، و تکنیک آبیاری .

۱-۴-۳ آب و هوا

آب وهوا یک تأثیرقاطع درتناسب آب دارد . آبی که دریک شرایط آب و هوائی مناسب نیست ممکن است در ناحیه دیگر کاملا" قابل قبول باشد . جائی‌که میزان بارندگی زیاد باشد همانطور که در آمریکا نشان داده شده است (۸۲) میتوان حتی آب دریا رانیز مصرف کرد بشرطی که تنها از آن جهت یک نوبت آبیاری آنهم برای غلبه بر دوره کوتاه خشکی استفاده شود . جائیکه میزان بارندگی کم باشد ودرتحت شرایط خشکی وگرما بطور کلی اثر شوری افزایش مییابد و این نکته مورد تأکید بعضی کشورهای جواب دهنده به سئوالات بود (شوروی ، ترکیه ، مصر) . بارندگی بمیزان زیاد و یا متوسط و در صورتی‌که مثل کشورهای مدیترانه‌ای در یک دوران کوتاه متراکم باشد در شستشوی خاک مؤثراست . دراسرائیل کیفیت آب عموما" درطبقه مشکوک است (۱۷۰—۲۵۰ میلی‌گرم‌کلر و ۷۰۰—۱۲۰۰ پی‌پی‌ام‌نمک)واگرتأثیرشستشوئی‌باران‌نمیبوداثراین‌سطح شوری برروی مرکبات سخت ومضر

بود .

در ترکیه ثلث بارندگی در بهار اتفاق میافتد املاح متراکم شده خوب شستهمیشوند بعلاوه نباتات در تحت شرایط رطوبتی مناسبی رشد خود را شروع مینمایند .

در کانادا ، باران شستشوی لازم را بعمل میآورد و شوری خاک معمولاً کمتر از ۰/۲ میلی موس در سانتیمتر میباشد .

در عراق ، سیلاب فصل بارندگی شوری آب رودخانهها را به نصف آنچه در فصل خشکی است میرساند .

در ایران متوسط بارندگی سالیانه ۲۵۰ میلیمتراستکه درطول مدتکوتاه سرماریزش مینماید . این مقدار جهت کنترل شوری در حد قابل قبولی است حتی اگر آب شور جهت آبیاری مصرف شده باشد . تبخیر در فصل خشکی سفره آب رادرخوزستان پائین میاندازد و در نتیجه غلظت شوری آنرا از ۱۰۰۰ به ۴۰۰۰ پیپیام میرساند .

در هندوستان شستشو توسط باران باعث میشود که آبی با غلظت ۵۰۰۰ پی پی ام (۹ میلی موس در سانتیمتر) برای آبیاری گندم درراجستان وآبی با غلظت ۱۲ـ۱۰ میلی موس در سانتیمتر برای آبیاری جو در هاریانا مصرف شود .

در جمهوری عربی مصر ، بارندگی زمستانه در محاسبات تعادل املاح شرکت داده میشود . در طول تابستان شوری بعلت شدت زیاد تبخیر افزایش مییابد .

شدت تبخیر تابستان همچنین در شدت تجمع املاح در خاک مؤثر است . هر چه شدت تبخیر بیشتر باشد افزایش شوری سریعتر است . این امر مخصوصاً در صورتیکه سفره آب شور زیرزمینی بالا باشد اتفاق میافتدونتیجه آنستکه مناطقوسیعیشورمیشودهمچنانکه در عراق ، پاکستان ، سوریه و ایالات متحده رخ داده است . وقتیکه دراثرزیادشدن تبخیر به مقدار آب بیشتر در آبیاری سطحی احتیاج باشد ، خاک سریعتر ممکن است شورگردد .

آب و هوا از نقطه نظرهای دیگر نیز ممکن است تأثیر بگذارد . مثلاً باد در توزیع آب آبیاری در سیستم بارانی اثر میگذارد و در نتیجه بر روی شور شدن خاک و غیر یک نواختی عمل شستشو مؤثر است . بدین جهت بهتر است که آبیاریدرطول ایام بدون باد انجام پذیرد (در اسرائیل آبیاری در شب اجرا میشود) . بعضی شرایط ویژه بیابانی که کشت گیاه را در خارج از فصل ممکن میسازد (مانند ناحیه آراوادراسرائیل) باعث استفاده از آب شور محلی میشود . شرایط مشابهی در Almeria اسپانیا وجود دارد که درآنجا متد مخصوصی جهت کاربرد آب شور در اراضی مردابی اجرامیگردد . اینخاک توسط ۴۰۰ تا ۶۰۰ تن در هکتار کود آلی حیوانی و ۱۰۰۵ متر مکعب در هکتار (۱۰ سانتیمتر) شن پوشانیده شده است . سبزیجات با شدت ۶۰۰۰ متر مکعب در ساعت بوسیله آبیکهدارای ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ پی پی ام نمک است آبیاری میشود و محصول رضایتبخش وگرانقیمت در

خارج از فصل ببازار میدهد .

۲-۴-۳ خاك و توپوگرافی

درجه شسته شدن یا دردسترس گیاه قرار گرفتن و یا فیکس و غیر قابل استفاده‌شدن عناصر موجود در آب آبیاری بستگی زیاد به خصوصیات فیزیکی ، فیزیک و شیمیائی خاک دارد . بافت و ساختمان خاک روی گنجایش نگهداری آب ((WHC)) و بر روی آبگذری خاک و در نتیجه سرعت و راندمان شستشو مؤثراست ، خاکهای شنی بخاطر گنجایش کم نگهداری آب و آبگذری زیاد نسبت‌به خاکهای‌رسی‌زودترشسته میشوندکه این امرمخصوصا" در مورد باران زمستانه قابل توجه است (طبق گزارش مصر ، شوروی و اسرائیل) .

در هندوستان بافت خاک همچون فاکتور گیاهی درطبقه‌بندی آب‌تأثیرداده میشود (۲۴) . درجاتی به بافت خاک داده میشود ، به رس ۴ ، لوم رسی۳/۵ ، لوم ۳ ،لوم‌شنی ۲/۵ و شن۲ . به گیاهان حساس ۳ ، نیمه مقاوم ۲ و به گیاهان مقاوم ۱ درجه می‌دهند . شوری و قلیائیت نیز بین ۱ تا ۴ درجه‌بندی میشوند . در شرایطی که جمع درجات از ۹ تجاوز نکند میتوان آب را تحت شرایط مناسب بکار برد . مثلا" آبی با شوری درجه ۳ و قلیائیت درجه ۱ برای گیاهان حساس (درجه۳) فقط در خاکهای شنی (درجه۲) میتوان بکار برد در اینجا مجموع کل درجات ۹ میگردد . بطور کلی از کشورهای مصر ، مراکش شوروی ، اسرائیل ، عراق و پاکستان گزارش شده است که ارتفاع زیاد ولی با موقعیت توپو گرافی هموار مناسبتر از ارتفاع کم باپستی و بلندیهای ناهموار است .

۳-۴-۳ متد آبیاری

سیستم آبیاری ممکن است برروی تناسب آب برای آبیاری تأثیربگذارد . سه سیستم اصلی آبیاری وجود دارد : آبیاری ثقلی که شامل آبیاری کرتی و جوی و پشته ای می‌شود بارانی و قطره‌ای . آبیاری ثقلی در اغلب کشورهای گزارش‌دهنده مورداستفاده‌قرارمیگیرد (کلمبیا ، کانادا ، یونان ، مصر ، ایران ، مراکش ، پرو ، جمهوری چین ، ترکیه و شوروی) . آبیاری بارانی تا حدودی در بعضی کشورها مورد استفاده است ولی در اسرائیل‌متداصلی آبیاری میباشد . قطره‌ای یک سیستم نوین آبیاری است که در اسرائیل ، استرالیا و آمریکا تا حدودی استفاده میشود . گزارش شده است‌که آبیاری‌کرتی درایران‌بمنظورشستشو خیلی مؤثراست . در کلمبیا و در تونس صدمه به برگ بهنگام استفاده از سیستم بارانی گزارش شده است . کانادا در مورد تجمع املاح بر روی سطح یک منطقه در اثر آبیاری بارانی با مقایسه به آبیاری سطحی گزارش داده است که این امر بخاطر فقدان شستشوی کافی خاک اتفاق افتاده است . در مصر آبیاری جوی و پشته‌ای بر روی خاکهای رسی و لوم و آهکی انجام میشود در حالیکه بر روی خاکهای شنی سیستم‌بارانی باآب‌رودخانه نیل نیز عملی میگردد .

ایران گزارش افزایش شوری از ۴ به ۶۵ میلی موس در سانتیمتر پس از ۲۲ نوبت آبیاری هفتگی را بر روی پشته یک آبیاری جوی و پشته‌ای درآزمایش چغندرقند داده است .

متد آبیاری قطره‌ای که اخیرا" توسعه داده شده در مقابل شوری دارای مزیت بزرگی است . با عرضه آب از یک نقطه شستشوی زیادی در اطراف محل ارائه اتفاق میافتد . در اسرائیل نشان اده شده است که ۸۰ درصد ریشه گیاه در ناحیه پیاز رطوبتی قطره چکان شعاع ۲۰ سانتیمتر قرار میگیرد که در آن حداکثر شستشو انجام میشود . مزیت دیگرآبیاری قطره‌ای دور بسیار کم آبیاری است . این امر باعث میشود که رطوبت خاک همیشه زیاد باشد و غلظت املاح در محلول خاک کم گردد . بنابراین کل فشاررطوبتی درناحیه محدود ریشه‌های یک گیاه که بوسیله سیستم قطره‌ای آبیاری میگردد بمراتب کمتر از وقتی است که سایر متدهای آبیاری با کیفیت مشابه بکار رود .

در ناحیه بحرالمیت آبی با کیفیت ۴/۹ میلی موس در سانتی متر به وسیله سیستم قطره‌ای بطور تجارتی مورد مصرف آبیاری سبزیجات از قبیل گوجه فرنگی ،بادنجان وخیار قرارمیگیرد .

۵ـ۳ رقیق نمودن آب آبیاری

یک راه عملی کاربرد آبهای خیلی شور امتزاج آنها با آبهای با کیفیت بهتر و در نتیجه کم کردن غلظت نمک و یا تغییر دیگر شاخص های شیمیائی آب (کم نمودن SAR) میباشد . این کار مقدار کل آب مورد استفاده برای آبیاری را زیاد میکند ولی‌دراین حال کیفیت خوب آب موجود را هم پائین میآورد . سه نکته میبایستی در نظر گرفت .

(۱)ـ ازدیاد محصول در اثر زیادشدن کمیت آب میبایستی باندازه‌ای باشد که بتواند جبران کم شدن محصول در اثر بدتر شدن کیفیت آب آبیاری را بنماید . مثلا" دراسرائیل مشخص شده است که مرکبات تا شوری ۲۰۰ میلی گرم در لیتر کلر محصول معمولی میدهد دومنبع آب در دسترس است که یکی دارای حدود ۳۰۰ میلی گرم کلر در لیتر و دیگری ۱۵۰ میلی گرم کلر در لیتر میباشد . اگر کل آب مورد احتیاج مرکبات ۶۰۰ میلی متر باشد لازم است ۴۰۰ میلی متر آب خوب و ۲۰۰ میلی لیتر آب با کیفیت بد امتزاج یابد تا شوری از ۲۰۰ میلی گرم کلر در لیتر افزایش نیابد . در مثال دیگر بعلت استفاده از آب ۳۰۰ میلی‌گرم کلردرلیتر تقلیلی حدود ۱۵ درصد در محصول نسبت باستفاده ازآب ۲۰۰ میلی گرم کلر درلیتر پیش میآید . از طرف دیگر با دادن ۶۰۰ میلی متر آب بجای ۴۰۰ میلی متر آب شیرین موجود بمرکبات ۳۰٪ افزایش محصول‌دیده میشود . بنابراین درتحت این شرایط مشخص است که اضافه کردن منبع آب شور جهت بدست آوردن اضافه‌محصولی بمیزان ۱۵ درصد با ارزش میباشد . مقایسه مشابهی میتوان برای زیر کشت آوردن اراضی بیشتر با زیاد شدن موجودی آب بجای افزایش محصول در واحد سطح به عمل آورد . یک

چنین امتزاجی عملاً در اسرائیل بین آبهای رزروارها (مخازن) با آب زیر زمینی داخل سیستم National Water Carrier (سیستمی که آب شمال را به توسط لوله به جنوب منتقل مینماید و در مسیر آبهای زیرزمینی بدان اضافه میشود و دارای آب نسبتاً شوری است . مترجم) صورت می‌پذیرد .

(۲) ــ اگر کیفیت بد حاصله از امتزاج مسئله شستشوی خاک را پیش کشاند ، آب اضافی جهت رفع احتیاجات شستشوئی خاک را میبایستی بحساب آورد. بعلاوه اگر خارج کردن آب شستشو احتیاج به ایجاد یک سیستم زهکشی مصنوعی داشته باشد ، این امر نیز میبایستی در ارزیابی بحساب آورده شود .

(۳) ــ استفاده از آب با کیفیت خوب جهت رقت زه آب بنحویکه زه آب قابل استفاده مجدد باشد و کل آب مورد احتیاج آبیاری افزایش یابد مورد تردید است . زه آب رقیق شده را موقعی میتوان بکار برد که شستشو تنها بوسیله باران انجام شود . وقتی که درنظر باشد که شستشو بوسیله آب آبیاری انجام گردد ، زه آبی‌که میبایستی ازناحیه ریشه خارج شود نسبت بآنکه مصرف میشود بیشتر میباشد . برای مثال وقتی که آب یک میلی موس در سانتیمتر در دسترس باشد ۱۷ درصد احتیاجات شستشوئی لازم است تا شوری زه آب از حد ۶ میلی موس در سانتیمتر تجاوز ننماید . برای یک گیاه با احتیاجات آبی ۶۰۰ میلی متر این مقدار احتیاجات شستشوئی برابر ۱۱۵ میلیمتر میگردد که میبایستی به صورت زه آب خارج شود . اگر این آب دوباره با آب آبیاری ممزوج شود آب حاصله دارای شوری متوسطی حدود ۲ میلی موس در سانتیمتر است این آب ۳۴ درصد یا ۳۱۰ میلیمتر آب اضافی جهت شستشو احتیاج دارد . بالنتیجه در جمع تقلیلی در مقدار آبی که به‌مصرف گیاه میرسد ایجاد میگردد . (اگر کل آب مورد احتیاج از آب شیرین تأمین گردد ۱۱۵ + ۶۰۰ میلیمتر آب جهت آبیاری لازم است واگراززه آب هم‌بخواهیم استفاده کنیم ۳۱۰+ ۶۰۰ میلیمتر آب جهت آبیاری احتیاج است که از آن فقط ۱۱۵ میلیمتر آن اززه آب‌قبلی میباشد و مابقی یعنی ۷۹۵ میلیمتر آب میبایستی از آب شیرین مصرف شود و ملاحظه میگردد که با کاربرد زه آب در آبیاری نوبت دوم بجای مصرف ۷۱۵ میلیمتر آب شیرین میبایستی ۷۹۵ میلیمتر مصرف نمود که این عمل نه تنها مصرف آب شیرین را کم ننموده بلکه زیاد هم کرده است مترجم .)

در جلگه رودخانه Murray در استرالیا توصیه شده است‌که آب‌زیرزمینی‌با املاح ۱۰۰۰ تا ۵۰۰۰ پی‌پی‌ام با آب سطحی ۱۰۰ پی‌پی ام ممزوج گردد . این موضوع بدین خاطر پیشنهاد شد که به زه آب منطقه و سطحی مورای که دارای سفره آب زیرزمینی بالا بود احتیاج بود . جهت تهیه آبی با ۴۵۰ پی‌پی ام نمک که تصور می‌شود حد مقاومت گیاه است ، یک آب زیرزمینی با ۲۰۰۰ پی‌پی ام نمک میبایستی با فاکتور ۴/۴ رقیق‌شود

(یک قسمت آب زیرزمینی به ۴/۴ قسمت آب سطحی) تا در نتیجه ۲۳ درصد مقدارآب افزایش یابد . تصور میشود که این امر زمانی که تقلیل‌محصول بیشتراز۱۹٪ نباشدمناسب است . در منطقه علیای مورای وجود بر در آب زیرزمینی اجازه چنین رقیق نمودنـی را نمیدهد .

آب رودخانه نیل در منطقه Maruit مصر با زه آب ناحیه‌بنسبت۶ به۱ مخلوط شد تا آبی بغلظت ۵۰۰ پی‌پی‌ام حاصل شود . درپروژه آتلانتیکوکلمبیاآب‌مخزن Guajaro در تابستان بعلت تبخیر زیاد بیک حد زیاد شوری میرسد . در این پروژه آب رودخانـه Magdalena (Canal del Dique) که دارای شوری کمی‌است سالی دوبار با آب مخزن ممزوج میگردد تا کیفیت آب را بهبود بخشیده و مناسب آبیاری ۳۵۰۰ هکتار اراضی سازد .

در جمهوری چین آب شور زیرزمینی با آب سطحی جهت تهیه آبی بشوری کمتر از ۱/۵ میلی موس در سانتیمتر ممزوج میشود . مقصود از امتزاج آب چاه‌ها با آب کانال در پاکستان پائین آوردن نسبت Na ودرنتیجه SAR درآب‌میباشد . نسبتهای۱/۲ : ۱ و ۳/۸ : ۱ بترتیب جهت پائین آوردن ESP محاسبه شده به مقادیر ۲۰ و ۱۰ بکار رفت . در عمل نسبت ۱ : ۱ مصرف میشود . در یونان و لهستان‌هرجا که منبع آب شیرین‌موجود است رقیق نمودن آبهای شور نیز مطرح است .

در شوری رقیق نمودن هم برای کم نمودن شوری و هم پائین آوردن SAR عملـی میگردد . نسبت مقدار آب آبیاری که برای رقیق نمودن استفاده میشود به مقدار آبی که میبایستی رقیق شود توسط فرمول $X=(A-C)/(C-B)$ معین میگردد که در آن A و B بترتیب مقدار نمک آبی است که رقیق میشود و مقدار نمک آبی است که جهت‌رقیق نمودن استفاده میشود و C مقدار نمک آب حاصله میباشد .

در بلغارستان ، کانادا ، ایران و ترکیه عمل رقیق نمودن متداول نیست .

در رودزیا آب رزروار به آب زهکش جهت بدست آوردن آب بشوری ۴۰۰ تا ۶۰۰ میکروموس در سانتیمتر ممزوج میشود .

۴- اثر آب شور آبیاری روی خاکها

از آنجا که تمام آبهای آبیاری دارای مقداری نمک‌محلول است دراثرآبیاری همیشه مقداری تغییرات در خصوصیات فیزیکی و شیمیائی خاک اتفاق میافتد. در تحت اوضاع و احوال معمولی این تغییرات کم و قابل صرف نظر میباشد. بهرحال‌بعضی اوقات‌تغییرات حاصله ممکن است بحدی عمیق و مخرب باشد که اصلاح آن خیلی گران تمام شود.

در اثر فروروی آب آبیاری ، نفوذ آن بخاک ، هدر رفتن آن توسط تبخیر و تعرق و توسط تراوشهای عمیق اتفاقهای زیر رخ میدهد : (الف) ــ حرکت نمکهای مختلف به طرف اعماق پروفیل در طول نفوذ آب بخاک و بطرف بالادرطول‌تبخیر ، (ب) ــ تغلیظ محلول خاک در اثر کم شدن رطوبت و در نتیجه تجمع املاح ، (ج) ــ رسوب نمکهای محلول خاک ، (د) ــ تبادل کاتیونی و تغییر آبگذری خاک ، و (هـ) هوازدگی وحلالیت مینرال‌های خاک و املاح . بین این ۵ اتفاق وابستگی های نزدیکی وجود دارد .

تنها پارامتری که بشدت بر روی تمام‌این اتفاقات اثر می‌گذارد نسبت شستشوئی (LF) است . این پارامتر تجمع املاح در خاک ، رسوب و حلالیت نمکها ، هوا زدگی مینرالهای‌خاک و عکس‌العمل های تبادلی راکنترل مینماید .بنابراین دریک‌خاک‌انتخاب شده جهت آبیاری میبایستی بر روی قدرت شستشوئی‌خاک مقدم‌برهمه‌چیزحساب گذارد

۱ـ٤ مطالعات اولیه

۱ـ۱ـ۴ تعیین خصوصیات شیمیائی و فیزیکی

اغلب کشورها گزارش تعیین خصوصیات فیزیکی خاک قبل ازشروع‌پروژه راداده‌اند (ضمیمه۵) . بطور عمومی ، توافق مناسبی در تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیائی بین کشورها وجود دارد . بعضی کشورها مثل استرالیا ، کانادا ، شوروی ، اسرائیل ، کلمبیا ، مصر و جمهوری چین تجزیه‌های اولیه را بطور کاملتر و بعضی مثل بلغارستان ، یونـان ، مراکش ، رودزیا و ترکیه‌کمتـر وفقط تجزیه معدودی از پارامترها را انجام میدهند .

خصوصیات اصلی فیزیکی که معمولاً" مشخص میشوند آنهائی هستند که در ارتباط با امکانات شستشوئی استلا این خصوصیات عبارتنداز: عمق سفره آب ، خصوصیـات انتقال آب در خاک ، آبگذری ((P)) ، هدایت هیدرولیکی ((K)) ، نفوذ پذیری ((I)) درصد اشباع ((SP)) ، ظرفیت زراعـی ((FC)) ، نقطه پژمردگی دائم ((PWP)) ، معادل رطوبتی (ME) ، و منحنی مکش . سایر خصوصیات فیزیکی که به خصوصیات‌فوق بستگی دارد مثل بافت (توزیع اندازه ذرات) ، ساختمان ، لایه بندی خاک ، خلل و فرج و وزن مخصوص نیز مشخص میشوند . خصوصیات شیمیائی که معلوم میگردندآنهائی هستند که برای تعیین میزان احتیاج شستشو لازم میباشند مثل مجموع نمکهای محلـول TDS ، هدایت الکتریکی عصاره اشباع ((EC)، و یا آنهائی که برای تعیین میـــزان احتیاج به اصلاح لازمند مثل نسبت جذب سدیم (SAR) ، گنجایش تبادل کاتیـــونی ((CEC)) ، کاتیونهای قابل تبادل بخصوص درصد سدیم قابل تبادل(ESP) و PH در بعضی از کشورها (استرالیا و کلمبیا) پارامترهای حاصلخیزی (N و P و K)نیـز مشخص میشود .

نقشه‌های طبقه‌بندی خاک و اراضی با مقیاسهای متفاوت براساس مورداستفاده نقشه

تهیه شده است . برای عملیات مزرعه‌ای ، نقشه‌های تفصیلی معمولا" با مقیاس ۵۰۰۰ : ۱ تا ۲۰۰۰ : ۱ تهیه میشود . معمولا" نقشه‌های خاکشناسی با مقیاس ۵۰۰۰۰ : ۱ تا ۱۰۰۰۰۰ : ۱ تهیه میگردد . قبل از آبیاریهای معمولی و بخصوص قبل از آبیار_ با آب شور یک شناسائی اجمالی خاک و همچنین ارزیابی زمین مورد لزوم است . در پاکستان شکست بعضی پروژه‌ها از جمله سیستم کانال باری دوآب تحتانی ((Lower Bari Doab Canal)) دراثر عدم اجرای چنین شناسائی میباشد .

در اسرائیل یک شناسائی تفصیلی خاک برای هر مزرعه مورد آبیاری انجام میگیردو مروجین مزرعه راهنمائیهای لازم را جهت بهترین استفاده از مزرعه بعمل می‌آورند . یک کاتالوگ مرکزی خاک بوسیله سرویس حفاظت خاک نگهداری می‌شود . بهرحال میبایستی تذکر داد که هراز چندی با وجود در دسترس بودن نقشه‌های تفصیلی خاکشناسی ، زارعین مایل به کنارگذاردن آن میباشند . درکانادا (دشت بزرگ جنوبی) اراضی برای آبیاری بر اساس " هندبوک طبقه بندی اراضی آبیاری استان پرایری " انتخاب میگردند . درشوروی و بلغارستان تناسب خاک برای آبیاری براساس ارزیابی راندمان اقتصادی و بهبودشرایط حاصلخیزی خاک میباشد . در شوروی اراضی آبیاری معمولا" در مناطق پست ، تراس های آبرفتی ، دلتاهای ساحلی و دشتهای آبرفتی دامنه‌ای قرار دارد .

در مصر ، ایران و یونان شناسائی مقدماتی براساس عکسهای هوائی و مطالعات خاک شناسی استوار است . تناسب اراضی براساس تناسب کلاسها وارزیابی اقتصادی صورت میگیرد .

در ایران یک شناسائی کلی منابع زمین ، اطلاعات لازم راجهت تهیه جدول انواع تیپهای غالب زمین ، پوشش گیاهی موجود آنها و چگونگی استفاده از زمین در دسترس میگذارد .

در رودزیا اراضی آبیاری اغلب بین مسطح تا موجدار با موجهای خیلی ملایم متغیر هستند .

۲-۱-۴ خصوصیات اراضی آبیاری

بعضی از کشورها گزارشی در مورد خصوصیات خاک تحت آبیاری خود داده اند . مطالب زیر خلاصه گزارشات مختلف با یک شرح مختصر از نمونه‌های تیپیک تجزیه‌های شیمیائی انجام شده میباشد . نمونه‌های مفصل تر در گزارشات جداگانه کشورها داده شده است .

استرالیا_ اکثرا" نواحی بزرگ آبیاری در دشتهای رسوبی پهناور است . خاک ها اکثرا" از رس با شوری کم در ناحیه تشکیل شده و شستشو دارای محدودیت هائی است . باغبانی و بعضی آبیاری‌های متراکم بر روی مناطق محدودی از اراضی واریزه سنگریزه دار با نفوذ پذیری نسبتا" خوب و خاکهای آئولیین صورت می‌گیرد . شوری زیاد بعضی از این

خاکها نتیجه بالا آمدن سفره آب شور ناحیه‌ای میباشد .

کانـادا ـ خصوصیات لازم یک خاک خوب آبیاری عبارتنداز: نفوذپذیری‌خوب ، عمق بیش از ۲ متر لایه غیر قابل نفوذ ، گنجایش ذخیره آبی بیش از ۷/۵ سانتیمتردرهر متر (حدود ۸ درصد حجمی) ، K بزرگتر از ۰/۵ سانتیمتر در ساعت برای عمـق ۱۲۰ سانتیمتر اولیه ، هدایت الکتریکی کمتر از ۶ میلی موس در سانتیمتربرای عمق ۱۲۰ سانتی متر اولیه SAR کمتر از ۸ . در بریتیش کلمبیا اکثر خاکها شوری کمتر از ۱ میلی موس در سانتیمتر را دارا میباشند . در دشت بزرگ جنوبی پروفیل خاک تا عمق ۳ متـری دارای شوری بین ۲ تا ۲۰ میلی موس در سانتیمتر وSARحدود ۲ تا ۲۰ میباشد .

ایـران ـ در ایران یک نمونه تیپیک‌خاکهای شورمربوط بناحیه ساوه نشان میدهد کهECعصاره اشباع خاک ۸/۵ میلی موس در سانتی متر و ESR برابر ۵۷ درصد در لایه ۵۶ ـ۸ سانتیمتری خاک می‌باشد . هیچ گیاهی در چنین خاکی رشد نمی‌کند . یون کلر تقریباً" حدود ۱۰۰ درصد آنیونها و یون سدیم ۶۰ درصد کاتیونها را شامل میشود . این خاکها دارای EC حدود ۱۰ تا ۳۵ میلی موس در سانتیمتر میباشند و برای خاک سطحی EC تا ۶۵ میلی موس در سانتیمتر و حتی بالاتر میرسد . ESP برابر ۵ تا ۲۰ ، آهک ۲۰ ـ۳۰ درصد و هراز چندی ۳ ـ۱ درصد گچ دارا میباشند . دربعضی مواردا ستثنائی گچ تا بیش از ۶ درصد در اعماق پائین تراز ۶۰ سانتیمتریافت می‌شود . نمک NaCl حدود ۷۰ درصد کل املاح است ، Ca ۱۵ درصد و Mg ۱۵ درصد میباشد .

اسرائیـل ـ از آنجا که اراضی اسرائیل آبیاری میگردندلذا خصوصیات خاکهای آبیاری کاملا" متفاوت است و از خاکهای سنگین رسی تا توده‌های شنی میباشد . لایه غیر قابل نفوذ ممکن است در اعماق سطحی باشد و خاکها ممکن است دارای نفوذپذیری‌بسیار کندی باشند . در اغلب موارد نفوذ پذیری از ۸ میلی متر در ساعت متجاوز است . اغلب خاکها نه شور ونه قلیائی میباشند . یک نمونه تیپیک برای خاک معمولی مرکبات در بهار نشان میدهد که شوری از ۰/۸۶ میلی موس در سانتیمتر در عمق ۳۰ـ۰ سانتی متری بـه ۱/۵۴ میلی موس در سانتیمتر برای شوری در عمق ۱۵۰ ـ۱۲۰ سانتیمتری افزایش مییابد کلر از ۰/۹۲ تا ۵/۲۳ میلی اکوالنت در لیتر وSARاز ۲/۹ تا ۳/۱ افزایش مییابد . در پائیز پس از فصل آبیاری افزایش بطور متوسط ۱/۲ میلی موس در سانتیمتر برای شوری‌در عمق ۹۰ ـ۰ سانتیمتری پروفیل ، ۵/۲۵ میلی اکوالنت در لیتر برای کلر و ۴/۷ بـرای SAR اتفاق میافتد . در خاکهائی که با آبهای شور (هدایت الکتریکی آب آبیاری برابر ۳/۷ میلی موس در سانتیمتر) آبیاری میشوند هدایت الکتریکی عصاره اشباع ممکن است به مقدار ۸ ـ۷ میلی موس در سانتیمتر در طول یک فصل آبیاری برسد .

مـراکش ـ خاکهای آبیاری از نظر بافت از سبک تا سنگین و از نظرخصوصیـات

زهکشی از ضعیف تا زهکشی خوب متغیر است . شوری اغلب مشکلی ایجاد نمینماید .مقدار ESP معمولا" از رقم ۱۲ روی سطح خاک تا ۱۸ در اعماق افزایش میابد (نواحی Rharb و بنی امیر) .علیرغم ESP زیاد ، پرمابیلیتی خاک بعلت زیادبودن مقدارکربنات مسئله ای نمیباشد .

پاکستان ــ خاکهای شور بوسیله غالب بودن نمکهای سدیم مشخص می‌شوند .در جلگه سند شمالی ۵۷ درصد خاکهای شنی هستند در حالیکه در ناحیه دلتا ۴۰ــ۵۵درصد رسی میباشند .

رودزیا ــ خاکهای آبیاری اغلب در اراضی پست یافت‌میشوند . بعضی در تیسول تیره و اغلب با بافت متوسط میباشند . هدایت الکتریکی کم بوده (۰/۵ میلی‌موس‌درسانتی متر) که اکثریت‌به کلسیم قابل تبدیل میباشد (۴۰ درصد) .

جمهوری چین ــ خاکهای آبیاری دارای بافت لوم تا سیلتی لوم میباشند . خاک های اراضی تعاونی‌قند دارای ESP حدود ۴ تا ۳۰ ، وزن‌مخصوص ۱/۳ تا ۱/۷ گرم درسانتیمتر مکعب PH برابر ۵/۵ تا ۸/۵ کربناتها ۱ تا ۳ درصد و CEC برابر ۵ تا ۲۵ گـــرم در ۱۰۰ گرم خاک میباشد . یک نمونه تیپیک نشان میدهد که شوری با افزایش عمق زیاد میگردد بطوریکه برای عمق ۴۵ ــ ۱۵ سانتیمتری مقدار آن ۲۰ میلی‌موس درسانتیمترو در عمق ۹۵ سانتیمتری برابر ۸/۵ میلی موس در سانتیمتر میباشد . یون سدیم در حدود $\frac{3}{4}$ کل کاتیونها بوده و یون کلر ۸۵ درصد آنیونها میباشد . در نتیجه ESP خاک خیلی زیاد است و از ۱۵ تا ۳۰ متغیر است .

ترکیـــه ــ خاکهای آبیاری رسوبی عمیق بوده که اغلب در سطح رسی تا رسی‌لوم و در عمق سیلت تا سیلتی لوم است . پرمابیلیتی خوب و ساختمان مناسب دارند .درصد اشباع ۵۰ برای خاکهای رسی و ۳۰ برای خاکهای لوم است . خاکها آهکی است و PH بین ۷/۸ تا ۸/۳ میباشد . سفره آب بین ۱۲۰ تا ۱۶۰ سانتیمتری سطح خاک قرار دارد . یک مثال تیپیک از خاکهای شور مشخص میدارد که هدایت الکتریکی در اثر افزایش عمق خاک کم میگردد . بطوریکه از ۱۶ میلی موس در سانتیمتر در عمق سطحی به ۹/۲ میلی‌موس‌در عمق ۶۰ــ۱۲۰ سانتیمتری میرسد . ESP از ۱۴ در عمق ۶ــ۳۰ سانتیمتری‌به ۱۲ درعمق ۶۰ــ۱۲۰ سانتیمتری میرسد . یون سدیم تقریبا" ۳۳ تا ۴۰ درصد کاتیونها و یون‌سولفات $\frac{2}{3}$ تا $\frac{3}{4}$ کل آنیونها میباشد .

شوروی ــ خاکهای کلریدسالون چاک در Trans Caucasus کاهش در شوری عمق خاک را از ۶/۲ درصد در عمق ۵ ــ۰ سانتیمتری تا ۰/۹۵ درصد در عمق ۹۰ ــ۱۰۰ سانتیمتری نشان میدهد . کلرید از ۲/۲۵ درصد به ۰/۳۵ درصد و سولفات از ۰/۴۷ در صدبه ۰/۱۲ درصددراین فاصله تقلیل‌میابد . سولفات‌سالون‌چاک‌درسیردریا Syrdarya

یک کاهش در باقیمانده خشک را برای اعماق پروفیل خاک از ۵/۳۷ تا ۰/۳۸ درصدنشان میدهد . کلر از ۳% درصد به ۰/۱۳ درصد افزایش دارد و SO_4 از ۲/۹۵ درصدتا ۱% در صد تقلیل نشان‌میدهد .سوداسولونتز در استپ هـای **Kamennaye** نشان‌دادکه سدیم قابل تعویض از ۱۰ درصد در عمق ۱۵ ــ ۰ سانتیمتر تا ۳۷ درصد در عمق ۶۹ ــ ۵۵ سانتیمتری افزایش یافت و در عمق ۱۴۴ ــ ۱۲۰ سانتیمتری تا مقدار ۱۲ درصدتنزل‌یافت این خاک تا عمق ۸۰ سانتیمتری عاری از آهک میباشد .

۲ـ٤ متدهای آزمایش و نحوه گزارش نتایج

ضمیمه ۱۱ خلاصه‌ای از متدهای جاری در کشورهای مختلف گزارش دهنده در مورد تعیین خصوصیات خاکهای شور و قلیائی را ارائه میدهد . تجزیه‌های مختلف شیمیائـی و روش تجزیه در کشورهای مختلف شبیه یکدیگر و همانند روشهائی است که برای تجزیه‌آب آبیاری استفاده شده است همچنانکه در ضمائیم ۶ و ۷ مشخص شده است . اختلاف ها در نحوه برداشت نمونه و متد بدست آوردن محلول خاک از نمونه میباشد .

محلولهای خاک هم از نظر مکان و هم در طول زمان بشدت غیر یکنواخت‌اند بنابر این متد ، تراکم ، و تکرار نمونه برداری از نظر ارزیابی اطلاعات‌بدست آمده مهم‌میباشند باوجودیکه در این مورد گزارش نشده است ولی بنظر میرسد که اغلب کشورها نمونه را در اعماق بفواصل ۳۰ سانتیمتری برداشت مینمایند بجز برای خاک سطحی که ۱۵ سانتیمترو یا کمتر برداشت میشود . تعداد نمونه‌های برداشت شده ازهرمحل نمونه‌گیری گزارش‌نشده است در حالیکه بعلت غیریکنواختی های موجوددراطراف‌محل ، نمونه ارائه شده‌میبایست مخلوطی از تعدادی خاک چاهکهای مختلف باشد . همچنین اطلاعات جزئی‌درموردتوزیع نهائی نمونه‌برداری توسط چند کشور داده شده است . ایران ، اسرائیل ، ترکیه وشوروی‌که بسئوالات جواب داده‌اند حداقل دو مرتبه در سال اول و آخر فصل رشدوبعضی اوقات‌در وسط تابستان نمونه برمیدارند .

گام حساس دیگر در عملیات تجزیه ، مسئله عصاره‌گیری از محلول خاک یک نمونـه است . متداولترین متد توسط‌آزمایشگاه شوری ایالات متحده در آمریکاپیشنهادشده است که عصاره‌گیری از خمیراشباع (SPE)میباشد . روش معمول اینست که یک وزن مشخص‌خاک را با اضافه نمودن آب مقطر به نقطه اشباع میرسانند . بعد از مخلوط‌کردن و حداقـل ۴ ساعت نگهداشتن آن ، نمونه محلول خاک رابوسیله عمل‌مکش خارج میسازند . نقطه‌اشباع بآسانی تشخیص داده میشود و درصد اشباع (SP) یک خصوصیت مشخص‌کننده خاک‌است که بسایر خصوصیات خاک از قبیل بافت ، مساحت سطح ویژه و ترکیبات شیمیائی وابستگی دارد . مهمتر آنکه یک نسبت مشخص و ثابتی برطوبت خاک درحالت حدمزرعه FC دارد ($SP/FC \simeq ۲$) . بنابراین عصاره اشباع یک رقت ثابتی از آب خاک که در حـــد

رطوبتهای مزرعه‌ای تجهداری میشود میتواند ارائه نماید . این مهمترین مزیت این متد بر سایر متدهای عصاره‌گیری است که براساس اختلاط نسبتهای ثابت آب بخاک مثل ۱ : ۱ ، ۵ : ۱ و ۲۰ : ۱ میباشد . با این وجود چنین متدهائی برای آنالیز روتین نمونه‌های زیاد برداشته شده ازیک ناحیه مناسب میباشندواین امرتوسط کشورهای شوروی ، مصر ، بلغارستان عراق ، استرالیا و مراکش گزارش شده است .

درکانادا یک برنامه کامپیوتری جهت محاسبه غلظت یونی در رطوبتهای مختلف با استفاده از غلظت اندازه گیری شده در یک نسبت آب بخاک تهیه گردیده است .

مهمترین عیب متد عصاره گیری بطریق نسبت مشخص آب بخاک درزیادرقیق نمودن محلول خاک است . در اثر رقیق نمودن غلظت حلال ها و همچنین ترکیبات محلول تغییر مینماید . بعضی از املاح کم محلول خاک (از قبیل گچ و کربنات کلسیم) در محلول وارد میشود کاتیونهای دوظرفیتی ، تمایل به تبادل با کاتیونهای یک ظرفیتی پیدامینمایند .

باوجودیکه استفاده از عصاره اشباع خاک نسبت به متد نسبتهای بزرگ آب به‌خاک ترجیح داده میشود ولی این روش نیز محلول خاک را رقیق مینماید .بنابراین صحیحترین روش اندازه گیری وبیان شوری خاک ، ترم غلظت یون و یا هدایت الکتریکی در محدوده رطوبتی خاک (بدون آنکه خاک را اضافه نمایند ــ مترجم)میباشد . اینچنین اندازه‌گیری مستقیما" با رشد گیاه در مزرعه و همچنین بعملیات شستشو در تحت شرایط عادی آبیاری مرتبط است .

با معرفی و شهرت متدهای اندازه‌گیری شوری در محل (بدون جابجا نمودن خاک) (۹۹) از قبیل Salinity Sensors (۹۶) ، Prob (۱۰۱) Suction Cups Four Electrode (۱۰۸) بیان نتایج در رطوبت مزرعه آسانتر و عملی تر است تا آنکه نمونه خاک جهت گرفتن عصاره اشباع بآزمایشگاه آورده شود . کاربرد چنین روشی باعث از بین رفتن احتیاج به تخمین نتایج برای یک محل ازروی نتایج محل دیگرمیشود .

۳ـ٤ طبقه‌بندی خاکهای شور و قلیائی

آزمایشگاه شوری ایالات متحده پیشنهاد کرده است که خاکها برای شوری براساس هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک و برای قلیائیت براساس درصد سدیم قابل تعویض ESP طبقه بندی شود . این طبقه بندی بوسیله اکثرکشورها ،پذیرفته شده‌است (ایران ، اسرائیل ، کانادا ، پاکستان ، هندوستان ، ترکیه ، یونان ، مصر ومراکش) . مطابق این طبقه بندی پنج درجه شوری وجود دارد ، ۲ ــ۰ میلی موس در سانتیمتر ، ۴ ــ۲ میلی موس در سانتیمتر ، ۸ ــ ۴ میلی موس در سانتیمتر ، ۱۶ ــ۸ میلی موس در سانتیمتر و بیش از ۱۶ میلی موس در سانتیمتر . گروهها بر اساس امکانات باروری گیاهان حساس و مقاوم در هر

یک از محدوده‌های مختلف شوری تعریف شده‌اند . از نظر قلیائیت ، یک خاک را موقعی قلیائی گویند که متوسطESPآن بزرگتر از ۱۵ درصد باشد .

چهار گروه خاک پیشنهاد شده است :

غیر شور غیر قلیائی ؛ $ESP<۱۵$ ، $EC<۴$

شور ؛ $ESP<۱۵$ ، $EC>۴$

شور قلیائی ؛ $ESP>۱۵$ ، $EC>۴$

قلیائی ؛ $ESP>۱۵$ ، $EC<۴$

در استرالیا Northcote و Skene (۱۰) طبقه‌بندی زیر را که برای شرایط محلی عالی تشخیص داده شده پیشنهاد کرده‌اند :

گروههای شوری :

(۰) غیر شور؛ درصد NaCl طبقات فوقانی خاک کمتر از ۰/۱ و در طبقات زیرین‌کمتر از ۰/۲ .

(۱) شوری سطحی ؛ درصدNaClدر خاکهای فوقانی با بافت درشت بیشتر از ۰/۱ وبا بافت ریز بیشتر از ۰/۲

(۲) شوری تحتانی ؛ عدم وجود شوری سطحی ولی درصد NaCl بیشتر از ۰/۳ در خاک تحتانی .

گروههای قلیائی خاک (Sodicity) :

(۰) غیرقلیائی ؛ $ESP<۶$

(۱) قلیائی $ESP=۶-۱۴$

(۲) قلیائی شدید $ESP>۱۴$

گروههای بازی خاک (Alkalinity):

(۱) غیر باز $PH<۸$

(۲) باز $PH=۸-۹/۵$

(۳) باز شدید $PH>۹/۵$

سمینارشوری فائو در بغداد (۱۹۷۰) طبقه بندی جدول۶ راجهت‌قلیائیت پیشنهاد نمود :

جدول ۶

طبقه	ESP	شرح
۰	کمتر از ۱۰	بدون قلیائیت
۱	۱۰ — ۲۰	قلیائیت ملایم
۲	۲۰ — ۳۰	قلیائیت متوسط
۳	۳۰ — ۵۰	قلیائیت شدید
۴	بیشتراز ۵۰	قلیائیت خیلی شدید

در مراکش طبقه‌بندی ایالات متحده را بنحوی تغییرداده‌اندکه بالاترین‌طبقه بجای ۱۶ میلی موس در سانتیمتر تا ۲۰ میلی موس در سانتیمتر را شامل می‌شود . شش طبقه قلیائیت نیز استفاده میشود که عبارتند از ESP کمتراز۲ ، ۲ — ۱۰ ، ۱۰—۲۰ ، ۲۰—۴۰ ، ۴۰—۶۰ و بیشتر از ۶۰ .

در عراق خاکها بدین طریق طبقه‌بندی میشوند : (۱) ۰/۰۳ > Cl% خیلی‌خوب ، (۲) ۰/۱۲ > Cl% > ۰/۰۳ خوب ، (۳) ۰/۱۸ > Cl% > ۰/۱۲ مناسب برای گیاهان حساس، (۴) ۰/۱۸ < Cl% هیچ گیاهی محصول رضایتبخشی نمیدهد .

در مصر هیچ طبقه‌بندی بطورخالص مورداستفاده نیست . بهرحال براساس اطلاعات بدست آمده از روی TDS ، SAR و ESP خاک ، عصاره اشباع خاک و کل Cl^- ، $CO_3^=$ ، HCO_3^- ، در عصاره ۱:۲۰ خاک ، توصیه‌هائی جهت انتخاب گیاه و وارتیه های مربوطه ، رژیم شستشوئی و احتیاجات گچی خاک داده میشود . از ترکیه گزارش شده است که علیرغم وجود شوری زیاددربعضی‌خاکها ، تأثیرنسبتاً کمی بر روی محصول‌گیاهان داشته است و این امرا غالب‌بودن نمکهای سولفات کلسیم ومنیزیم‌درمحلول خاک بستگی داده‌اند .

٤ـ٤ تغییرات خصوصیات‌خاك در اثر آبیاری

نتیجه آبیاری بر روی اراضی که قبلاً آبیاری نشده‌اند ممکن است درجهت اصلاح و یا تخریب خاک و خصوصیات آب زیرزمینی باشد . جهت تغییرات بستگی زیادی‌بمدیریت آبیاری و شرایط‌آب و هوائی دارد .

۱-۴-۴ تسطیح زمین قبل از آبیاری

در بسیاری از موارد قبل از آبیاری میبایستی زمین تسطیح گردد. این امرمخصوصا" زمانی که متدهای آبیاری ثقلی مد نظر است بیشتر صادق میباشد. دربعضی مواردتسطیح باعث ظهور لایه‌های خاک با خصوصیات غیر مناسب می‌شود. برای مثال در شوروی کـه عموما" تسطیح ضروری است حاصلخیزی خاک در ابتدای تسطیح معمولا" تقلیل میبابدولی بمرور اراضی دوباره حاصلخیز میشوند. در اسرائیل در بعضی موارد تسطیح باعث ظهور لایه‌های باESPو یا بر زیاد شده که بالنتیجه محصول پنبه بطور کلی کم می‌شود که در اینصورت میزان محصول تنها پس از شستشو و اضافه نمودن مواد آلی بحالت اولیه خود باز میگردد. در عراق و ترکیه معمولا" تسطیح تأثیر زیانبخش ندارد. در جمهوری چیـن مشخص شده که قبل از آبیاری احتیاج استکه خصوصیات‌خاک راباشخم‌عمیق وبالا آوردن لایه‌های شنی جهت مخلوط نمودن با خاک رس سنگین تغییر داد تا بتوان مزرعه رااصلاح نموده و ساده شستشو کرد.

۲-۴-۴ افزایش شوری و قلیائیت

آبیاری خاکهای غیر شور در تحت هرگونه شرایطی درابتداباعث افزایش‌شوری خاک میگردد. این افزایش ممکن است دائمی باشد مثل بعضی‌نواحی‌عراق، کلمبیا، بلغارستان پاکستان، مراکش، سوریه، هندوستان و شوروی (اکثرا" در خاکهای سنگین) و یا فصلی باشد که در اینصورت در طول فصل آبیاری افزایش پیدا مینماید و در ایام بارندگی‌شسته میشود مثل کانادا، یونان، ایران، اسرائیل، جمهوری چین، ترکیه و شوروی. درتحت بعضی شرایط‌افزایش شوری همراه با افزایش SAR و ESP استمثلا"درعراق، اسرائیل پاکستان، رودزیا، ترکیه، مراکش، تونس. در بعضی کشورها از جمله استرالیا، کانادا، عراق، مراکش، پاکستان، آمریکا و شوروی انجام‌آبیاری بدون درنظرگرفتن‌وضعیت‌زهکشی باعث خیز و بالا آمدن سفره آب زیر زمینی شده است.

بعد از اولین خیز دیگر هیچگونه خیز سفره آب در اثر آبیاری درPrairiesکانادا دیده نشده است. این امر قسمتی بخاطر کاربرد آبیاری بارانی‌در۳۰ درصداراضی‌آبیاری است. شوری خاک بعلت کم شدن شستشو و وجود خیز موئینگی (تبخیر) از سفره آب زیر زمینی افزایش یافت. در حقیقت سقوط تمدنهای قدیمی در بین‌النهرین احتمالا" به این علت و همچنین بعلت فقر تکنولژی زهکشی جهت مقابله با آن بوده است.

معمولا" ایجاد زهکش قبل از بوجود آمدن مشکلات زهکشی غیر منطقـی است و در حقیقت هیچ کشوری نیزچنین عملی راگزارش نداده است. بهرحال وقتیکه مسئله زهکشی ظاهر میشود مخصوصا" وقتیکه با افزایش شوری همراه باشد ایجاد زهکش ضروری است. در

جمهوری چین شوری خاک از ۱۰/۲ بد ۲/۵ میلی موس درسانتیمتربدنبال ایجادامکانات زهکشی در مزرعه‌ای که با آب شور آبیاری میشد تقلیل یافت . امروزه مناطق وسیعی در جنوب عراق و در دره فرات سوریه از شوری صدمه دیده و بدون اصلاح و زهکشی نمیتوان در آن بصورت اقتصادی زراعت نمود . در این خاکها هدایت الکتریکی عصاره اشباع ممکن است تا ۶۵ میلی موس در سانتیمتر و یا بیشتر باشد . معمولاً کلر با زیاد شدن فاصله از سفره آبی که در عمق ۱۶۰ تا ۲۲۰ سانتیمتری است افزایش میبابد . سدیم محلول معمولاً بیشتر از کلسیم و یا منیزیم است . شوری آب زیرزمینی نیززیادبوده ومنیزیم درآن غالب است .

بعلت اضافه آبیاری و فقر زهکشی در دره رودخانه خابور سوریه ، سفره آب باسرعت ۷۵ سانتیمتر در سال از عمق ۱۵ ــ ۲۰ متری پس از شروع آبیاری بالا آمد وامروزه درعمق ۱۲۵ ــ ۸۰ سانتیمتری سطح زمین است . این امر باعث شوری گسترده خاک شده است .در پروژه قاب ۲۴ درصد خاکها تحت نفوذ شوری درآمدند . در پروژه آبیاری تیزا شماره یک لهستان که در سال ۱۹۵۳ شروع شد حدود صد هزار هکتار از اراضی بعلت ضعف مدیریت و خیز سفره آب شور و قلیائی گردید .

تعادل نمک در دشت سند پاکستان نشان میدهد که سالیانه حدود یک تن نمک به هر هکتار زمین نواحی شمالی بطور خالص افزوده میشود (نمک حاصله درهرهکتاردر سال از منابع زیر تأمین میشود : آب آبیاری ۱/۴۸ ــ تن ، شستشو بوسیله باران ۱/۴۸ ــ تن ، جذب بوسیله گیاه ۰/۲۴ ــ تن جمعاً ۴/۶۸ تن درهکتاردرسال . بعلت عدم وضوح تعادل فوق ، با مراجعه بمرجع شماره ۵۲ و تطابق ارقام و انجام بعضی محاسبات بنظر میرسد که تعادل نمک فوق را میتوان بصورت زیر مشخص تر نوشت : ورود املاح به خاک توسط آب آبیاری ۴/۶۸ + تن در هکتار در سال = خروج در اثر زه آب آبیاری ۱/۴۸ ــ ، خروج در اثر زه آب بارندگی ۱/۴۸ــ ، خروج در اثر مصرف گیاه ۰/۲۴ ، تجمع در خاک ۱/۴۸ ــ تن در هکتار در یکسال ــ مترجم) . درناحیه جنوبی دشت شرایط بدتر است و افزایش خالص ۲/۴۸ تن در هکتار در سال میباشد . قسمتی از علل افزایش شرکت آب زیر زمینی در شور نمودن خاک بخاطر تراوشات کانالها است که سفره آب را بالا میآورد . در نتیجه جهت نگهداری رضایتبخش تعادل نمک با پائین بردن سفره آب بوسیله زهکشی مزارع ، قطع تراوشات کانالها و شستشو ضروری است (لازم بتوضیح است که سفره آب ناحیه شمالی سند توسط حلقه‌های چاه و ناحیه جنوبی توسط زهکشهای روباز پائین برده میشود ــ مترجم) معمولاً پس از حفر زهکش ها و شروع شستشو کیفیت آب زهکشها به مرور بهتر شده و در نتیجه کیفیت آب زیرزمینی نیزبهترمیشود . بطورمثال درمزرعه اصلاح اراضی Chakauwali کیفیت زه آب از ۱۰۱۵ پی پی ام در سال ۱۹۳۰ به ۲۵۵ پی پی ام در ۱۹۶۷ بهبودیافت

وقتی از آب زیرزمینی با کیفیت ضعیف جهت آبیاری استفاده شد افزایش قابل‌ملاحظه‌ای در شوری و قلیائیت پدید آمد. در ناحیه SCARP (پروژه کنترل شوری و اصلاح ارضی ــ مترجم). شماره۱ مقدار ESP خاک در اثر استفاده از آبی با SAR حدود ۱۴ ــ ۳۰ حدود ۸۷ درصد افزایش یافت. در حالیکه در اثر استفاده از آبی با SAR برابر ۲/۰ــ ۶/۳ فقط ۷ درصد افزایش یافت.

یک علت جالب در افزایش شوری خاک‌پاکستان، افزایش راندمان آبیاری ودرنتیجه کم شدن شستشو است که بخاطر وسعت بخشیدن باراضی تحت آبیاری بدون دستیابی هم زمان بمقدار بیشتر آب آبیاری میباشد. در این مورد میتوان منطقه تحتانی کانال جناب را مثال زد که در آن درصد اراضی آبیاری از ۲۵ به ۴۵ افزایش یافته و در نتیجه مصرف آب از ۱۱۴۰ به ۶۳۵ میلیمتر تنزل نموده است. باید توجه داشت که رقم ۶۳۵ میلیمتر آب از رقم احتیاج آبی گیاهان موجود منطقه کمتر میباشد.

در هندوستان (منطقه Hissar در Haryana معلوم‌گردیده است‌که تجمع املاح بستگی به بافت خاک دارد. جائیکه مقدار رس خاک از ۱۰ درصد کمتر بود در مقابل هر یک میلی موس در سانتیمتر افزایش شوری آب آبیاری (EC_i)، مقدار ۰/۴۳ میلی‌موس در سانتیمتر افزایش در شوری عصاره اشباع خاک پدیدار گردید و جائیکه مقدار رس از ۲۰ درصد بیشتر بود در مقابل هریک میلی موس درسانتیمترافزایش شوری آب‌آبیاری، ۱/۵۲ میلی موس در سانتیمتر شوری عصاره اشباع‌خاک افزایش‌یافت. رابطه مشابهی درمطالعات شناسائی شوری اسرائیل پیدا گردیده است. افزایش شوری خاک بستگی زیادی به درصد اشباع خاک دارد و درصد اشباع خاک معمولاً با افزایش درصد رس خاک زیاد میگردد.

همراه با افزایش در شوری آب معمولاً SAR آب نیز افزایش می‌یابد که بالنتیجه در اثر آبیاری ESP خاک نیز زیاد میگردد. در هندوستان رابطه ESP و SAR بصورت $ESP = ۷/۳۹ \times ۱/۵۰ SAR$ پیدا گردیده است.

مورد مهم دیگر افزایش در غلظت بر (B) خاک است. درهاریاناهندوستان‌مقدار بر خاک در اثر آبیاری با آبی که دارای ۰/۳ پی پی ام بر بودبمیزان ۶/۶ برابر (تامقدار ۱/۹ پی‌پی ام) افزایش یافت. سطح ۲ پی‌پی ام بر برای اکثر گیاهان مضر است.

۳ــ۴ــ۴ افزایش شوری آب زیرزمینی

بخاطر عمل تبخیر و تعرق، آب آبیاری در طول پائین رفتن از پروفیل خاک مرتب شورتر میگردد. بنابراین املاحی که درخاک‌سطحی جمع‌شده است معمولاً بوسیله باران و یا اضافه آبیاری بطرف پائین شسته میشود. در نتیجه اگر سفره آب در عمق نسبتاً کمی قرار گرفته باشد شوری آب زیرزمینی افزایش میابد. افزایش شوری آب زیرزمینی بوسیله

کانادا ، اسرائیل ، مراکش و شوروی گزارش شده است . در شوروی ۵ مرحله شور شـدن آب زیرزمینی تشخیص داده شده است : (۱) زیاد شدن غلظت املاح با بالا آمدن سطح آب زیرزمینی در طول سالهای اول (حل املاح طبیعی خاک) ، (۲) تقلیل احتمالی غلظـت املاح بعلت انتقال توده نمک بوسیله تراوش که برحلالیت‌غلبه دارد ، (۳) افزایش شوری در اثر تبخیر آب زیرزمینی و خیز ۲ تا ۳ متری آن در داخل پروفیل ، (۴) تقلیل در اثر بهبود وضع زهکشی با حفر زهکش های مصنوعی ، و (۵) حصول ثبات در شوری آب زیـر زمینی .

در اسرائیل افزایش تدریجی شوری آب زیر زمینی نواحی ساحلی باشدت یک میلی اکوالنت کلر در سال ، مصرف آینده اینگونه آب ها در باغات مرکبات را تهدید مینماید. افزایش کلر بعلت عرضه آب سیستم انتقال ملی آب با میزان ۱۷۰ پی‌پی ام کلر به‌نواحی است که دارای شوری آب زیرزمینی حدود ۱۰۰ ــ۱۵۰ پی‌پی ام کلر میباشد .

در ناحیه بنی امیر مراکش آب زیرزمینی از ۵۵ ــ ۸۷۳ میلی گرم درلیترکلر درسال ۱۹۴۷ و قبل از شروع آبیاری بمقدار ۲۱۱ــ۶۴۶۲ میلی گرم در لیتر کلـر در سال ۱۹۶۸ رسید . هرچه که سفره آب بسطح زمین نزدیکتر بود افزایش بیشتری در اثر آبیاری پدیـد آمد .

ترکیه و جمهوری چین گزارش عدم تغییر در شوری آب زیرزمینی‌پس ازشروع آبیاری داده‌اند . از طرفی دیگر ایران تقلیل شوری آب زیرزمینی از۶۰ــ۷۵ به ۱۰ــ ۲۳ میلـی موس در سانتیمتر در عرض دوسال در مرکز تحقیقات اصلاح خاک آهوچرمشاهده‌شده‌است . در همین مدت نسبت کلر به سولفات از ۵/۷۵ به ۰/۳۱ کاهش یافت .

سیمای دیگر اثر شوری آبیاری ، افزایش شوری رودخانه‌ها دراثرزمان ودرطول مسیر رودخانه است که قبلا" در این مورد بحث شده است .

۴ــ۴ــ۴ تغییر در حاصلخیزی فیزیکی خاک

آبیاری ممکن است دارای نتیجه‌ای در جهت بهبود یا تخریب خصوصیات فیزیکـی خاک داشته باشد . خصوصیاتی که بحرانی تر و حساس تر نسبت به سایـــرین است یکی گنجایش نفوذپذیری خاک و دیگری منافذ هواست . بهبودشرایط‌فیزیکی وحاصلخیزی‌خاک ممکن است بعلت افزوده شدن مواد آلی بآبهای مختلف و یا افزوده شدن بآب آبیاری‌در جهت رشد بیشتر گیاه (طبق گزارش کانادا و شوروی) و افزوده شدن مواد‌تعلیقی‌رودخانه ها (طبق گزارش مصروعراق) میباشد . بهبودحاصلخیزی درجائی اتفاق‌میافتدکه مدیریت آبیاری خوب باشد . در شوروی این مدیریت که تناوب زراعی رادربرمیگیرد شامل غلات ، زراعتهای ردیفی ، بقولات دائمی و علوفه ، شخم خوب ، کود مناسب ، تدارک زهکشـی ،

کنترل آفات و برنامه مناسب آبیاری است . بعضی اوقات افزایش سطح شوری محلول های خاک باعث دانه بندی ذرات خاک شده که ساختمان و آبگذری بهتری را ایجاد می‌نماید. این تأثیر مثبت فقط توسط مصر گزارش شده است که درآنجا خاکهائی که باآب شور آبیاری میشوند دارای آبگذری بهتری بهتری نسبت‌بخاکهای آبیاری‌شده توسط آب نیل میباشند .

از آنجا که با افزایش غلظت مجموع یونها SAR نیز افزایش میابد لذامعمولا" سطح بسیار زیاد شوری لازم است تا شرایط فیزیکی خاک بهبودیابدولی معمولا" بعلت زیادشدن ESP به همراه شوری امکان تخریب نسبت بشوری بیشتر است .

از مدتها پیش مشخص شده است که نسبت زیاد سدیم در کمپلکس تبادلی ، بر روی انقباض و پخشیدگی ذرات خاک تأثیر میگذارد وهمچنین شدت انبساط وپخشیدگی‌بستگی به غلظت مجموع الکترولیتهای محلول محیط دارد . انبساط و پخشیدگی مواد رسی خاک باعث شکستن ساختمان و کم شدن آبگذری خاک میشود که این نیز باعث اشکال‌درآبیاری و زهکشی میگردد .

آبگذری خاک تحت تأثیر مربع شعاع متوسط منافذ است بنابراین عملی که باعث‌کم شدن اندازه منافذ میشود بطور معکوس در آبگذری خاک تأثیر میگذارد .

تقلیل منافذ بزرگ خاک در اثر تأثیر متقابل رس وسدیم‌ممکن است ازطریق انبساط داخلی (افزایش حجم مواد جامد و کم شدن منافذ) و از طریق پخشیدگی و حرکت ذرات خاک صورت پذیرد . در تحت بعضی شرایط(مثل خاک با رس مونت موریلونیت)عمل‌اول و در تحت شرایط دیگر (مثل خاک شنی همراه با کمی رس) عمل دوم غالب است .

تشخیص بین این دو عمل خیلی مهم است . انبساط اصولا" یک عمل قابل برگشت میباشد بنابراین تقلیل پرمابیلیتی ممکن است باافزایش الکترولیتهاویا یونهای دوظرفیتی بسیستم جبران شود . در مقابل انبساط، عمل پخشیدگی و حرکت ذرات غیرقابل برگشت میباشند بنابراین درجائی که در آن این عمل اتفاق میافتد تقلیل در پرمابیلیتی ممکن است دائمی باشد .

انبساط و پخشیدگی ذرات خاک ممکن است از طریق تئوری غشاء مضاعف پیش بینی شود . این تئوری همراه با رابطه Van't Hoff پیش‌بینی‌میکندکه یونهای دوظرفیتی مثل کلسیم و محلولهای با غلظتهای زیاد بیشتر از یون سدیم و محلول های رقیق غشاء مضاعف‌دیفیوز مستقیما" بستگی به فشار انبساط دارد .

دررسهای‌کلسیمی ، محاسبه فشار انبساط از روی تئوری غشاء مضاعف احتیاج به‌فرض دارد که برای هر تاکتوید یا ساختمان پاکتی متغیر میباشد (۷۱) . تئوری و محاسبه نشان میدهند که در یک سیستم مخلوط از سدیم و کلسیم وقتی که غلظت سدیم قابل تبادل کم باشد (ESP حدود ۱۵ ــ ۲۰) ،درجه فشارهای انبساط بوجود آمده را می‌توان به وسیله

تئوری Domain بیان نمود (۹۰) . بنابراین تئوری یونهای سدیم برروی سطوح خارجی تاکتویدها (مجموع صفحات ساختمان یک رس ــ مترجم) و یونهای کلسیم بر روی سطوح داخلی آن متراکم میشوند . از آنجا که سیستم مونت موریلونیت اشباع از کلسیم دارای پاکت هائی است که هر یک شامل ۴ تا ۹ صفحه رسی است مقدار نسبتاً کمی ازیون‌سدیم ممکن است سطح خارجی را اشباع نمایدونتیجتاً انبساط شدیدی ایجادنماید . در اسرائیل Shainbery مشخص کرد که در ESP ۱۵ــ ۲۰ یک افزایش سریع در امر انبساط پدید میآمد و انبساط کامل در ESP حدود ۳۵ اتفاق میافتد . این نتایج با توصیه کلی اعضاء آزمایشگاه شوری ایالات متحده که میگویند یک خاک وقتی قلیائی است که ESP آن از ۱۵ بیشتر باشد موافقت دارد .

حدی از ESP که در آن انبساط شروع میشود (Threshold ESP = ای اس پی درگاهی) بستگی بمجموع غلظت الکترولیت دارد . Mc Neal درآمریکا یکدسته منحنی ارائه داده است که رابطهٔ هدایت هیدرولیکی نسبی خاک را با ESP ومجموع غلظت الکترولیت نشان میدهد . درغلظت الکترولیتی پائین (کمتراز ۱ میلی‌اکوالنت در لیتر) SAR برابر ۱۵ هدایت هیدرولیکی تقلیل مییابد . حال اگر غلظت زیاد باشد (برای مثال ۱۰۰ میلی الکوالنت در لیتر) SRA حدود ۵۰ لازم است که همان تقلیل پائین آید . نتایج نامبرده ممکن است بوسیله رابطهٔ $(Y-1)=CX^n/(1+CX^n)$ بیان گردد که در آن X=فاکتور انبساط میزان رس غالب است و C و n برای یک خاک مشخص و در محدوده مشخص ESP مقدار ثابت است . این متد که برای محاسبات آزمایشگاهی تهیه شده هنوز بطورموفقیت آمیزی برای شرایط مزرعه‌ای آزمایش نشده است . مشخص شده که تلاش فوق قابل استفاده برای شرایط جریانهای غیر اشباع نیز هست (۹۵) .

Schofield و Quirk (۱۲) در استرالیا اولین افرادی بودند که بطور وضوح رابطه مجموع غلظت الکترولیت وترکیبات محلول رابرای محلولهای تک یونی ویامخلوط خاک را پیدا نمودند . آنها ایده غلظت درگاهی (Threshold Consentration) را عنوان نمودند که عبارت از غلظتی از الکترولیتهاست که در آن برای یک سطح مشخص سدیم ، آبگذری ۱۰ ــ ۱۵ درصد تقلیل یابد . Quirk (۱۱) مقادیر SAR را در مقابل غلظت درگاهی الکترولیت ترسیم کرد که بوسیله رابطهٔ تجربی زیر بیان میگردد .

$$X = 0/56\frac{Na^+}{\sqrt{Ca^{++}}} + 0/6 \qquad (۴-۱)$$

که در آن X غلظت درگاهی الکترولیت است .

بحث ارائه شده در فوق مناسب خاک نواحی خشک است که رس مونت موریلونیت فراوان دارند . نوع رس همچون مقدار آن بشدت بر روی رابطه سدیم با آبگذری تأثیر

میگذارد . سلیکاتهای دو به یک لایه‌ای اغلب نسبت به پائین آمدن هدایت‌هیدرولیکی حساس میباشند در حالیکه خاکهای کائولونیت دار ویاخاکهائی که ازلحاظ سسکوئیداکسید غنی‌اند غیر حساس میباشند (۹۰) . McNeal وهمکارانش درایالات متحده (۹۱) نشان دادند که رابطه‌ای قوی بین درصد رس و حساسیت خاک نسبت به تغییرات آبگذری نسبی وجود دارد . همچنین مواد محکم کننده ((Cement Agents)) مثل اکسیدهای آزاد آهن تأثیر قوی برروی پایداری خاک و مقاومت نسبت بانبساط وپخشیدگی دارند Thomas , Yaron (۱۱۶) در ایالات متحده آمریکا اثرتغییرات غلظت سدیم را بر روی آبگذری خاک ستونهای خاک مطالعه نمودند . آنها نشان دادند که در مونت موریلونیت در ۱۰ = ESP و در کائولونیت در ۲۳ = ESP تقلیلی حدود ۲۰ درصد در آبگذری خاک پدید میآید .

در اسرائیل Felhendler و همکارانش (۴۰) بر روی خاک لوم شنی و لوم‌سیلتی مطالعه کردند و نشان دادند که وقتی SAR برابر ۱۰ باشدبخاطرپخشیدگی وحرکت‌ذرات تقلیل هدایت هیدرولیکی در خاک اول ۱۰۰ درصد و در خاک دوم‌تنها ۵۰ درصد میباشد گرچه مقدار هدایت هیدرولیکی اولیه در یک محلول نمک یک نرمال برای خاک شنی‌بیشتر از خاک سیلتی است .

جائی که رسوب کلسیم کربنات وجود ندارد رابطه بصورت زیر تقلیل پیدامینماید .

$$ESP_s = \frac{1}{\sqrt{LF}} SAR_{iw} \qquad (۴-۲)$$

Rhoades درآمریکا (۱۰۵) نشان داده است که در تحت شرایط خاکهای بیابانی تکامل نیافته ، عمل هوازدگی (ودرینگ) مینرالهای‌خاک ودرنتیجه افزایش‌کلسیم‌ومنیزیم بمحلول خاک بر روی محاسبه ESP_s بطریق فرمول فوق بطور مشخصی اثر میگذارد . نامبرده پیشنهاد کاربرد یک ضریب ترمی را در رابطه ۲ـ۴ نمود تا میزان ESP محاسبه شده را بخاطر هوازدگی مینرالهاپائین بیاورد . این‌ترم‌مستقیما"به نسبت‌شستشوئی مربوط است و برابر میباشد با (LF ۲+۱) Y که درآن هم Y وهم LF مقادیری بین‌صفر تا یک میباشند . رابطه ۲ـ۴ ممکن است دراین ترم‌ضرب شودتاهوازدگی مینرالها تصحیح گردد . مقدار Y را میتوان بطورآزمایشگاهی همان طور که Rhoades وهمکارانش پیشنهاد نموده‌اندتعیین‌نمود . نامبردگان Y متوسط ۶ خاک‌ناحیه خشک که در آزمایششان بکار رفت را حدود ۰/۷۰ محاسبه نمودند . Pla-Sentis (۱۳۲) در ونزوئلا نیز یک ایده جهت محاسبه احتیاجات کلسیم بر اساس رابطه LF و SAR-ESP ارائه داده است .

تخریب خصوصیات فیزیکی خاک اصولا" یک پدیده عمومی نیست . بین کشورهای

گزارش دهنده تنها کانادا ، کلمبیا ، یونان ، مراکش و شوروی چنین تغییراتی را داشته‌اند و ترکیه هم گزارش هیچگونه تغییری نداده است . بهرحال معلوم است که عراق و پاکستان نیز از مسائلی که بستگی به تخریب خصوصیات فیزیکی خاک دارد صدمه دیده‌اند .

۵ـ تأثیر شوری آب آبیاری روی گیاهان

رشد گیاه مستقیماً تحت تأثیر مقدار شوری خاک است تا مقدار شوری آب آبیاری . استثناء در جائی است‌که بین برگ درختان وآب آبیاری (درآبیاری بارانی)تماس‌مستقیم برقراراست و این آب باعث سوختگی برگ گردد . بااین وجوددرتحت اغلب شرایط عملی آبیاری ، خاک سطحی بطور قابل ملاحظه‌ای شسته میشوند وتعادلی بین‌شوری آب آبیاری و شوری خاک ناحیه ریشه بوجودمیآید . درضمن بایدتوجه داشت‌که بعضی اوقات مدیریت غلط‌آبیاری با آب شیرین باعث شوری بیشتر خاک نسبت بحالتی گردد که در کاربردآب شور مدیریت خوبی اعمال شود .

۵ـ۱ متدهای تجزیه شیمیائی و ترکیبات شیمیائی گیاه

کشورهای معدودی بر روی تجزیه شیمیائی گیاه و ترکیبات آنها گزارش داده انـد . متدهای مورداستفاده‌معمولاً"متدهای‌استانداردی‌است‌که‌توسط‌هاندبوک شماره۶۰ دپارتمان کشاورزی ایالات متحده گزارش شده است . یونهائی که جهت آزمایش‌فرستاده میشوندمواد غذائی اصلی N ، P و K و همچنین یونهای++Ca ، ++Mg ، +Na ، -Cl‌وB است . بعضی اوقات تجزیه‌های‌عناصرکم‌اهمیت‌تر Mn ، Fe ، Cu و Zn نیزانجام میشود (ایران) . در شوروی آنالیز برای Si و Al نیز انجام میشود . نتایج اکثراً" بر حسب درصد وزن خشک و یا PPM بیان میگردد . اغلب نمونه برگی برای‌تجزیه انتخاب میشود خصوصاً" دردرختان دائمی که تجزیه برگ در آنها متداول است . در ایران تمـام انواع گیاهان تجزیه شده است . در شوروی پنبه ، در جمهوری چین نیشکر و دراسرائیـل بیشتر مرکبات تجزیه شده‌اند . ترکیه و مصر تجزیه گیاهی انجام نمیدهند .

۵ـ۲ عکس‌العمل گیاه بشوری

قدرت رشد و باردهی گیاهان در تحت شرایط شوری‌بسیارمتغیراست . بعضی‌گیاهان نسبت بشوری خیلی حساسند در حالیکه بعضی دیگربسیارمقاوم . این‌حساسیت ویامقاومت گیاهان بشوری است که باعث تعریف و یا اهمیت شوری در خاک میگردد . یک خاک ممکن است برای یک گیاه خیلی شورباشددرحالیکه همین‌خاک‌برای گیاه دیگرمناسب وحاصلخیز.

منحنی تیپیک رابطه محصول و سطوح مختلف شوری را نشان میدهد که در سطوح پائین شوری یک کرسی ((Plateau)) بلند برای محصول وجود دارد (وقتی شوری در سطح پائین قرار دارد میزان محصول با تغییرات شوری تغییرنمی‌یابد ــ مترجم) ، در سطوح متوسط شوری تقلیل محصول نسبتا" سریع و در سطوح زیاد شوری تقلیل آرام‌تر است تا حدی از شوری که در آن محصول بصفر میرسد . پهنای کرسی ، شیب‌ناحیه بینابینی ونقطه برخورد با محور منحنی (در محل صفر محصول) هریک از خصوصیات هر محصول است که از روی منحنی مشخص میشود . گیاهان مقاوم‌راازروی پهنای وسیع کرسیشان شناخته‌میشوند در حالیکه کرسی منحنی گیاهان حساس ناچیز بوده و بسختی قابل تشخیص است .

بعضی از کشورها مقاومت بشوری بسیاری از گیاهان را در تحت شرایط مختلف معین نموده‌اند .اخیرا" Hoffman و Mass(۸۸) از آزمایشگاه شوری ایالات متحده مقالات متعدد کشورهای مختلف را در مورد این موضوع خلاصه نموده‌اند و از بین آنها مطالعاتی را انتخاب کردند که با رابطهٔ پارامترهای شوری خاک و محصول ارتباط دارند .نامبردگان اطلاعات مربوطه را در جدولی ارائه دادندکه درآن جدول شوری‌نقطه‌ای‌که محصول شروع بتقلیل مینماید (شوری‌درگاهی= Threshold Value) (مشخص شده باحرف a) وهمچنین شدت‌تقلیل‌محصول دراثرافزایش‌شوری (مشخص شده باحرف b)را نشان میدهد . قسمتی ازاطلاعات وارقام‌آنهادرضمیمه۱۲ تکرارشده‌است .رابطهٔ‌کلی‌که عکس‌العمل‌محصول گیاه را بشوری تشریح مینماید از نوع :

$$Y = ۱۰۰ - (EC_e - a)b$$

میباشد که درآن Y محصول نسبی برحسب درصد و EC_e متوسط شوری‌خاک برحسب هدایت الکتریکی عصاره اشباع است . در شوریهای کمترازشوری درگاهی محصول درمقدار ۱۰۰ در صد ثابت است .

اطلاعات ارائه شده در این جدول برای شرایط متغیرآب وهوائی وخاک‌مناسب است . بهرحال ، شرایطی که در تحت آنها اکثرا" این ارقام جمع آوری شده میبایستی کاملا" تمیز داده شود و محدودیتهای آنها بروشنی مشخص گردد . این شرایط عبارتند از: توزیع یک نواخت نمک در پروفیل خاک و در طول زمان‌کشت ،کشت‌وجوانه‌زدن گیاه در تحت شرایط شوری کم ، و اعمال مدیریت بسیار خوب از نظر حاصلخیزی ، آبیاری و دفع آفات درطول رشد .

اکثرا" کشورهای گزارش دهنده اطلاعاتی درموردمقاومت گیاهان (محصول درمقابل شوری خاک) نداده‌اند . آشکار است که اطلاعاتی از این قبیل در بیشتر کشورها موجود نیست . در عین حال بعضی از کشورها در مورد رشد گیاه در تحت شرایط شوری مزرعه گزارشاتی داده‌اند .

ایران گرافهائی را ارائه داده است که محصول نسبی یونجه ، آفتابگردان ، چغندر قند و گندم را برحسب کیفیت آب آبیاری برحسب پی‌پی‌ام نشان می‌دهد . این گراف‌ها مقاومت کمتر از آنچه از ضمیمه ۱۲ میتوان برداشت نمود مشخص مینماید . ازآنجاکه شوری خاک گزارش نشده مقایسه روابط این دو (گراف و جدول) مشکل است .

در استرالیا (ویکتوریا) خاکی که کلرورسدیم کمتر از ۰/۲ درصددرعمق ۱۲۰ــ ۱۰۰ سانتیمتری (ناحیه ریشه) دارد مناسب برای باغداری فرض میشود . در New South Wales طبقه‌بندی آزمایشگاه شوری ایالات متحده مناسب فرض گردیده است . بر این اساس با ۲۵ درصد شستشو ، آبی با غلظت ۲۶۵ پی‌پی‌ام‌کلر (۶۰۰ پی‌پی‌ام TDS) راممکن است‌برای آبیاری مرکبات و سیاه درخت بدون تأثیر منفی بکاربرد . درغرب استرالیاآبهائی‌باشوری ۳۵۰۰ پی‌پی ام‌TDS جهت آبیاری سیب و آبیاریهای کوتاه مدت درختان مومناسب بوده است و برای مرکبات آب با شوری ۹۰۰ پی‌پی ام TDS مسائلی را بوجود آورده ولی ۴۰۰ پی‌پی ام رضایتبخش بوده است . بهنگامی‌که آب شور مورد مصرف است پایه Trifolia از سایر پایه‌ها مناسبتر است . در جنوب استرالیا مشخص شده که آبهای ۳۳۰ تا ۴۳۰ پی پی‌ام TDS جهت پرتقال ، انگور ، هلو وزردآلومناسب‌بوده بطوریکه محصول متوسط آنها بترتیب برابر۱۵/۶ ، ۱۶/۳ ، ۱۳/۳ و ۱۵/۳ تن در هکتار میباشد .

در مرکز تحقیقات اصلاح خاک آهوچر در اثر افزایش شوری خاک از۴/۸ به۱۵ میلی موس در سانتیمتر عصاره اشباع ، محصول چغندرقند ۲۲ درصدتقلیل پیدا نمود . در هفت تپه در اثر شوری بالاتر از ۵ میلی موس در سانتیمتر عصاره اشباع ، محصول نیشکر ۵۰ در صد تقلیل یافت .

در عراق محصول گندم ، شبدر شیرین و یونجه تا شوری ۸ میلی موس در سانتیمتر عصاره اشباع خاک عمق ۶۰ــ۰ سانتیمتری تقلیلی نیافت و میزان آن بترتیب برابر۱/۷ ، ۱۹/۵ و ۱۰/۴ تن در هکتار بود . در شوری ۱۶ میلی موس درسانتیمترعصاره اشباع خاک محصول بمیزان ۳۶ ، ۵۴ و صفر درصد بترتیب تقلیل یافت . محصول سیب زمینی بخاطر افزایش شوری از ۲ به ۶ میلی موس در سانتیمتر عصاره اشباع خاک ۷۵ درصدتقلیل یافت و محصول جو بخاطر افزایش شوری از ۲ به ۸ میلی موس در سانتیمتر عصاره اشباع ۳۴ در صد و از ۴ به ۸ میلی موس در سانتیمتر ۱۹ درصد تقلیل یافت درحالیکه محصول حداکثر آن۲/۶ تن در هکتار بود ه است .

در گجرات هندوستان محصول گندم تحت تأثیر شوری آب آبیاری تا ۳۰۰۰ پی پی ام‌TDS قرارنگرفته استولیکن باافزایش SAR آب از۱۸ به۲۶ محصول ۵۰ درصد تقلیل یافت (محصول بترتیب ۱/۱۸ و ۰/۷۸ تن در هکتار بوده است) . در راجستان محصول گندم در شوری ۵/۶ میلی موس در سانتیمتر آب آبیاری۸۰ درصدودرشوری۲۰ میلی موس

در سانتیمتر آب آبیاری ۲۰ درصد حد زراعی بهترین شرایط عملکرد داشت . برای ذرت میزان نسبی محصول برای شوریهای فوق بترتیب ۶۵ و ۲۵ درصدمیباشد . درگجرات مرکزی افزایش شوری آب آبیاری از ۱۵۰۰ پی‌پی ام TDS به ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام باعث افزایش شوری خاک از ۰/۱۱ درصد به ۰/۲۲ درصد گردید .

از پاکستان تقلیل ۵۲ درصدمحصول درزراعت "برسیم "بهنگام مصرف آبی بشوری ۸ میلی‌موس در سانتیمتر گزارش شده است . برای جو تقلیل ۵۵ درصد بهنگام مصرف آبی بشوری ۱۰ میلی موس در سانتیمتر بدست آمده است .

گزارش یونان حاکی از افزایش محصول است که احتمالا" نتیجه آبیاری Per Se. میباشد . این افزایش برای برنج از ۴ به به ۶ تن در هکتار و برای حبوبات از ۰/۸ تا ۱/۶ تن در هکتار و برای پنبه از ۰/۵ تا ۱/۵ تن در هکتار بوده است . پنبه ، چغندرقند ، سیسبانیا و macrocarpa جزء گیاهان مقاوم بشوری محسوب میشوند .

اسرائیل محصول‌گیاهان مختلف را در نقاط مختلف که با آبهای شور آبیاری‌شده‌اند با مقایسه به متوسط کل کشور محصول همین گیاهان آبی گزارش داده شده است . دراغلب موارد محصول بدست آمده از آب شور برابر و یاحتی بیشتر از متوسط محصول بوده است باید در نظر داشت که متوسط شامل محصولات بدست آمده از شرایط نامساعد آب و هوا ، خاک و مدیریت نیز میشده است در حالیکه موقعیکه آب شور مصرف میگرددمعمولا" مدیریت خوب است . با توجه باطلاعات حاصله از اسرائیل ، ذرت ، سیب‌زمینی وسبزیجات‌مختلف با آبی بشوری ۳/۱ میلی موس در سانتیمتر (۴۱ میلی اکوالنت در لیتر نمک) درتحت آبیاری قطره‌ای رشد موفقیت آمیزی دارد . پنبه آبیاری شده با آب بشوری ۳/۶ میلی‌موس در سانتیمتر (۲۵۰۰ پی‌پی ام TDS) در ماشاب سعد محصول ۵/۴ تن درهکتارداد در حالیکه در همین آزمایش مزرعه‌ای محصول بدست آمده از آب خوب ۴/۶ تن درهکتاربود. از طرف دیگر رشد سبزیجات با آب خوب بیشتر بود . شوری ۳/۶ میلی موس در سانتیمتر باعث ۱۰ درصد تقلیل در محصول سورگرم گردید .

در آزمایشات کوچک کرتی منحنیهای تأثر محصول از شوری Yield response Curves بادام زمینی ، گوجه فرنگی و سیب زمینی مشخص شد . تقلیل ۵۰ درصد محصول بادام زمینی در شوری ۴/۸ میلی‌موس‌درسانتیمترعصاره اشباع خاک‌دیده شد . ماکزیمم محصول در شوری ۳/۲ و محصول صفر در شوری ۶/۲ میلی موس در سانتیمتر بدست آمد . برای گوجه فرنگی ۳۰ درصد تقلیل در شوری ۷ میلی موس درسانتیمترعصاره اشباع خاک حاصل شد .

کانادااطلاعاتی راجع به تأثیرشوری ارائه نداده و ذکر نموده که اطلاعات‌آزمایشگاه شوری ایالات متحده مورداستفاده قرارمیگیرد . ترکیه نیزهیچگونه مطالعه ویژه‌ای راگزارش

نداده است و فقط مشاهدات زیر را ارائه نموده است : (الف) وقتی که شستشوی‌زمستانه انجام نشود جوانه زدن تابستانه گیاهان خیلی کند است ، (ب) در تحت شرایط شوری ، گیاه از رشد باز میماند و به بلوغ زودرس دست مییابد ، (ج) در برگ بهنگام‌مصرف آبی‌با شوری بیش از ۴ میلی موس در سانتیمتر سوختگی دیده میشود ، (د) هندوانـــه ، برنج ، چغندرقند ، بادمجان ، یونجه agropyron elongatum دارای‌مقاومت زیادنسبت بشوری هستند ، (هـ) گندم ، چغندرقند ، ذرت ، برنج و agropyron elongatum مقاوم بقلیائیت تا ESP ۴۰ میباشند ، (و) تمام گیاهان بخصوص پنبه و یونجه به هنگام جوانه زدن حساس میباشند ، و (ز) زیتون روسی شدیدا" بشوری مقاوم است در حالیکه زیتون و زردآلو دارای مقاومت متناسبی هستند .

جمهوری عربی مصر مقاومت پنبه ، جو ، برسیم ، ذرت و برنج را در چهـار دوره از رشد (جوانه زدن ، رشد علفی ، گل دادن و رسیدن میوه) گزارش‌داده‌است . پنبه بهنگام گل دادن حساس بوده ولی بهنگام رشد علفی و رسیدن مقاوم است و بهنگام جوانه زدن حساسیت آن متوسط‌است و این موضوع با گزارش ترکیه که مرحله جوانه زدن پنبه راخیلی حساس نسبت بشوری میداند تا حدودی برخورددارد .برای "برسیم " حساسیت متوسط‌در اغلب دوره رشد مشخص گردیده است در حالیکه این گیاه درتونس‌حساس تلقی شده است برنج و ذرت خوراکی نسبتا" مقاوم فرض‌گردیده است . ذرت دامی تنها محصولی است که در دوره جوانه زدن نیز مقاوم ذکر شده است .

در کلمبیا پنبه و جو را مقاوم میدانند در حالیکه چغندر ، کلم ، هویج و پیارانسبتا" مقاوم و گوجه فرنگی را حساس میدانند . بعلت مقاومت غلات و فصل رویش زمستانی آنها این دسته از گیاهان ، کشت عمده مراکش در خاکهای شور میباشند .

در جمهوری چین سه واریته نیشکر (نیکو ، اف ۱۶۴ و اف ۱۶۶) مقاوم شناخته‌شده که در شوری ۶/۵ تا ۸ میلی موس در سانتیمتر عصاره اشباع حدود ۵۰ درصد محصول را کم مینمایند . در اوایل شروع آبیاری ۱۲۰ تن در هکتار نیشکر بدست آمد . بعد از ۵سال آبیاری با آب ۲/۵ ــ۲ میلی موس در سانتیمتر ، محصول به ۵۰ تن درهکتارتقلیل یافت . بهرحال بوسیله شستشو امکان تحصیل محصول بمیزان اولیه وجود دارد .

در رودزیا یک تقلیل مشخصی در میزان محصول نیشکرازمقدار۱۶۰ــ ۱۸۰ تن اولیه پس از چهار سال آبیاری مشاهده گردید . این تقلیل ممکن است در اثر تقلیل عمومـی محصول در ratoon Cane میباشد .

شورویک جدول ارائه داده که نشان دهنده سطوح مقاومت گیاهـــان در بیابان فرقانا در آسیای مرکزی است که بر حسب درصد کلر در خاک خشک شده توسط هوامیباشد. گیاهان گزارش شده برحسب ازدیاد مقاومت بترتیب زیر میباشد ؛ یونجه ، کنجد ، لوبیا ،

ارزن ، گندم ، یولاف ، سورگوم (یونقاراه) ، چغندرقند ، چغندر لبو ، پنبه و آفتابگردان . که در این میان سطوح کلر بین ۰/۱ تا ۰/۶ درصد میباشد . این ارقام با مقایسه با آنچه که معمولاً" انتظار میرود بنظر پائین میرسد . بعلاوه گزارش‌شده است‌که تأثیرشوری‌درجوانه زدن و رشد از شوری ۰/۷ ــ۰/۸ درصد شروع میگردد و در شوری ۱ تا ۱/۵ درصد هیچ گونه جوانه زدنی را نبایستی انتظار داشت . محصول پنبه ایستگاههای‌مختلف تحقیقاتی نیز گزارش شده است . درFedchenko محصول ۵/۰ تن در هکتار با مصرف آبی با ۶ــ ۴ گرم در لیتر نمک بدست آمده است . در Chardzhion آب ۷ــ ۵ گرم درلیتر استفاده شد . درKhorezmمحصول ۴/۲ تن در هکتار با استفاده از آب شور درمقایسه با محصول ۴/۷ تن در هکتار آبیاری شده با آب خوب به دست آمد . محصول متوسط کل کشور برای پنبه ۲/۴ تن در هکتار میباشد .

دو نوع تأثیر شوری بر روی گیاهان تشخیص داده شده است :تأثیراسمزی‌ویا غلظت کل و تأثیر ویژه . معمولاً" اغلب گیاهان مزرعه‌ای نسبت به غلظت کل عکس العمل نشان میدهند در حالیکه اغلب گیاهان چوبی و بعضی سبزیجات‌حساسیت ویژه بیون کلروسدیم نشان میدهند . وقتی که اطلاعات مقاومت‌برحسب‌کلرورسدیم‌گزارش میشود (مثل استرالیا و شوروی) ، احتیاج نیست که پیشنهاد شود که گیاه مخصوصی حساسیت ویژه‌ای باین یون دارد . مهمترین گیاه مورداحتیاج که دارای‌حساسیت ویژه به کلر وسدیم‌درکشورهای ناحیه مدیترانه است مرکبات میباشد .

در اسرائیل ۱۰ ــ۲۰ درصد تقلیل محصول پرتقال شاموتی بر روی پایه لیمو شیرین بعلت استفاده از آبهای ۳۰۰ ــ ۳۵۰ پی‌پی ام کلر در آبیاری پیدا گردید . شوری تا ۲۰۰ پی‌پی ام کلر هیچگونه تقلیلی در محصول دیده نمیشود (۲۷) . رابطه‌ای قوی بین بافت خاک که بوسیله درصد اشباع SP میتوان بیان نمود و تأثیر شوری مشخص شده است . در محدوده شوری فوق‌الذکر ، محصول گریپ فروت تحت تأثیرقرارنمیگیرد . مرکبات‌درقبرس با آب ۵۰۰ تا ۱۲۰۰ پی پی ام کلر بترتیب برای خاکهای سنگین تا شنی وبه شرط‌انجام شستشوی لازم موفقیت آمیز بوده است . تحت شرایط‌آزمایش ، آب بشوری ۴ تا ۵ میلی موس در سانتیمتر (۱۲۰۰ تا ۱۴۰۰ پی‌پی ام کلر) جهت آبیاری پرتقال شاموتی بکاررفت و هیچگونه تأثیر منفی در محصول ایجاد ننمود . بنابراین احساس میشود که طبقه‌بندی آب ایالات متحده برای شرایط‌قبرس خیلی سخت است .

در ایالات متحده آمریکا Pearson (۵۱) گیاهان را براساس مقاومت به در صد سدیم قابل تعویض خاک ردیف بندی نموده است . جدول نامبرده شبیه‌طبقه‌بندی آبهای قلیائی پیشنهادی سمینار شوری بغداد است و در جدول ۷ ارائه شده است .

جدول ۷

حدودESP	درجه حساسیت	گیـــــــاه
۱۰ـ۲۰	شدیدا"حساس	مرکبات ، درختان‌خزان شونده ، خانواده گردو ، آواکادو
۲۰ـ۱۰	حساس	حبوبات
۴۰ـ۲۰	نیمه مقاوم	شبدر ، یولاف ، برنج ، tall fescue
۶۰ـ۴۰	مقاوم	گندم ، جو ، پنبه ، خانواده چغندر ، گوجه‌فرنگی ، یونجه
بیشتراز۶۰	خیلی مقاوم	رودس گراس ، تال ویت گراس

اغلب گیاهان نسبت‌به برددرسطوح پائین خیلی‌حساس‌میباشند .ضمیمه۱۳حساسیت نسبی بعضی گیاهان را به بر نشان میدهد گرچه هیچ کشوری اطلاعی مربوط به مقاومـــت گیاهان به بر نداده است .

۳ـ۵ فاکتورهای تغییردهنده مقاومت

ضرائب مقاومت شوری که در ضمیمه ۱۲ بیان گردیده‌اند (مقدارشوری‌درگاهی ،شیب حساسیت محصول و درجه دسته بندی) ممکن است دراثرتغییرشرایط‌آزمایش تغییرنمایند. چهار فاکتور تغییر دهنده که از اهمیت خاصی برخوردارند عبارتنداز: ۱ـ آب وهوا ، ۲ـ حاصلخیزی خاک و نحوه توزیع نمک درعمق خاک ، ۳ـ واریته گیاه ودوره‌رشدو۴ـ مدیریت آبیاری .

همچنین ابهامات و پیچیدگی‌هائی در تطبیق اطلاعات مربوط به مقاومت به شوری کشورهای مختلف بخاطر متدهای مختلف بیان شوری خاک وجود دارد . همان طور که در ضمیمه۱۱ مشاهده میشود بعضی کشورها شوری خاک را بوسیله هدایت الکتریکی یا غلظت عصاره اشباع ، عده‌ای بوسیله ترم نسبتهای مختلف آب بخاک و عده‌ای دیگرباترم درصد نمک در خاک خشک بیان مینمایند . احتیاج فوری است که متدهای اندازه‌گیری وبیان ترم های شوری یکنواخت گردد . تبدیل ضرائب مقاومت از یک واحد به واحد دیگر بهنگامیکه اطلاعات کافی در مورد خصوصیات رطوبتی خاک موجود نیست ممکن است باعث تعویض داده‌ها و اطلاعات اساسی گردد . برای مثال با وجودیکه جهت تبدیل داده‌های عصاره اشباع به محدوده رطوبتی مزرعه ((FC)) فاکتور ۲ را بکار میبرند امکان ۵۰ درصد اشتباه نیز وجود دارد (نسبت رطوبت موجود در حالات SP/FC ممکنست‌بین۱/۷ تا ۳/۰برای خاکهای مختلف متغیر باشد) .

۱-۳-۵ آب و هوا

مقاومت گیاهان ممکنست بشدت تحت تأثیر تغییرات جوی قرارگیرد. درجه‌حرارت رطوبت و بارندگی ممکنست چنان با شوری تأثیر متقابل داشته باشند که سطوح مقاومت گزارش شده از یک ناحیه برای ناحیه دیگر قابل انطباق نباشد. جای تعجب است که یک توافق عمومی در دنیا نسبت به مقاومت نسبی بسیاری ازگیاهان وجود دارد.

برای این بررسی هیچگونه داده و اطلاعی در این زمینه دریافت نگردیده است. به هر حال میتوان نتایج زیر را از منابع عمومی استخراج نمود:

۱ــ مهمترین فاکتور، درجه حرارت است. حرارت زیاد مقاومت گیاه رابنمک تقلیل‌میدهد همانطور که در آمریکا Magisad و همکارانش (۸۷) برای یونجه، لوبیا، چغندر، کلم پنبه، پیاز وگوجه فرنگی، Lunt و همکارانش (۸۶) برای گل داودی و مینای چینی و لوبیا و Rawlins و Hoffman (۷۷) برای نخود نشان داده‌اند.

۲ــ رطوبت تأثیری خیلی کمتر از درجه حرارت دارد. بااین وجودرطوبتهای زیادآتمسفر باعث جزئی ازدیاد مقاومت گیاهان، طبق گزارشات رسیده از آمریکا Gale وهمکارانش (۷۶)، Paulson و Nieman (۹۱) و Hoffman وهمکارانش (۷۸) برای حبوبات و پنبه میگردد.

۳ــ بارندگی که مستقیماً" تأثیری روی مقاومت گیاهان ندارد و تأثیر غیر مستقیم آن‌از طریق عکس‌العمل گیاه نسبت به آبیاری با آب شور است. با مقایسه به نواحی‌که خشک‌اند در نواحی که بارندگی فصلی زیاد میباشد اغلب امکان استفاده ازآبهای شوربیشترمیباشد بدون آنکه ترسی از تأثیر منفی شوری وجود داشته باشد. این امربطورمشروحتری درجای دیگری از این مطالعه بیان خواهد شد.

۲-۳-۵ حاصلخیزی خاك و توزیع املاح

ظرفیت حاصلخیزی خاک تأثیر مهمی روی عکس‌العمل گیاه بشوری دارد. سه فاکتور از مهمترین فاکتورهای حاصلخیزی عبارتند از: ۱ ــ سطح کودی، ۲ــ ساختمان و وضعیت تهویه خاک، و۳ــ رژیم رطوبتی. طبق نتایج بدست آمده از آمریکا، مصر و تونس، در سطوح زیاد حاصلخیزی (وضعیت خوب خاک) تأثیر شوری در تقلیل میزان محصول‌بیشتر از وقتی است که وضعیت حاصلخیزی ضعیف باشد.

درمصر (۴) میزان‌محصول در سطوح بالای شوری (۱۲ میلی‌موس درسانتیمترعصاره اشباع) با افزایش کود نیتروژن بخاک حدود ۱۰ درصد افزایش پیدا نمود در حالیکه در سطوح پائین شوری با افزایش میزان مشابه کود نیتروژن بخاک ۱۰۰ درصد افزایش یافت نتایج مشابهی در آمریکا (۹۳) و تونس (۵۸) بدست آمده است. در اسرائیل (۴۴) از

طرف دیگر افزایشی در مقاومت بشوری بعلت عرضه زیاد کود (ازت و فسفر) حاصل شد بدین ترتیب که تقلیل ۵۰ درصد در محصول شبدر وقتی که حاصلخیزی خاک زیادبوددر شوری ۹ میلی موس در سانتیمتر و وقتی که حاصلخیزی کم بود در شوری ۵/۵ میلی موس در سانتیمتر ظاهر گردید . این اختلاف در ارزن بیشتر بود . نتیجه ای مشابه در عراق (۳۲) بدست آمده است . آزمایشات تازه آمریکا (۶۷) نشان میدهدکه درمعدودی ازگیاهان مزرعه‌ای و سبزیجات (ذرت ، گندم ، جو ، کلم ، بروکلی ، پیاز ، کاهو ، چغندر و هویج) کود تأثیر شوری را افزایش میدهد . عکس‌العمل نسبی به کودنیتروژن درتمام‌سطوح شوری یکسان است . در همین آزمایش در سطوح بالای شوری و فسفر مشکل سمیت فسفر به ظهور رسید .

بنابراین سه تأثیر متقابل کود و شوری را میتوان چنین مشخص نمود .

(۱) زیاد شدن مقاومت گیاهان با افزایش شوری ،

(۲) کم شدن مقاومت گیاهان با افزایش شوری ،

(۳) عدم تأثیر متقابل شوری و حاصلخیزی (۶۹) .

این سه نوع عکس‌العمل بستگی به گیاه و شرایط محیطی دارد .

ایران گزارش داده که با دادن کود کامل بزمین شسته شده (شوری در سطح پائین) ۵۰ درصد بمیزان محصول افزوده شده (از ۱۳/۶ به ۲۷/۳ تن در هکتار) ، در حالی‌که در شوری زیاد (هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک برابر ۱۵ میلی موس در سانتی متر) افزایش فقط ۴۰ درصد بود (از ۱۱/۹ به ۱۷/۷ تن در هکتار) .

رطوبت خاک تأثیر پیچیده تری دارد به علت آنکه هر چه خاک خشک تر شود هم پتانسیل رطوبتی و هم پتانسیل اسمزی کم میشود . تصور میشود که اثرات این دو فاکتور درزشد گیاه بر روی هم جمع گردد . بنابراین ، شدت خشک شدن خاک (که شدت تبخیر و تعرق است) ، ممکن است در مقاومت گیاهان یک تأثیری بعلت ایجاد افزایش در غلظت نمک محلول خاک بگذارد . از طرف دیگر شوری باعث میشود که میزان جذب آب توسط گیاه کم گردد در نتیجه در تحت شرایط شوری سرعت خشک شدن خاک کمتر ازشرایط غیر شور میباشد .

اطلاعات عملی مربوط به روابط رطوبت و شوری بر روی گیاهان ناچیز است . هیچ اطلاعی از کشورهای گزارش دهنده در این زمینه واصل نشده و تنها اطلاع موجود مربوط به کارهای منتشر شده آمریکاست (۶۲ و۱۱۴) . نتایج نشان میدهد که که دراثریک کمبود رطوبتی محصول در خاک شور تقلیل بیشتری نسبت بخاک غیر شور پیدا مینماید . این‌امر بعلت آنستکه در یک خاک شور و در یک رطوبت مشخص ، مجموع کل پتانسیل آب کمتر از یک خاک غیر شور است . چون پتانسیل متریک درهردویکسان است وپتانسیل اسمزی‌بدان

اضافه میشود . نتیجه آنکه در یک خاک شور آبیاری بایستی در رطوبتهای بیشتر نسبت به خاک غیر شور مشابه انجام گیرد .

در تحت شرایط متعارف آبیاری مزرعه ، آبیاری در زمانی انجام میگیرد که بیشتراز ۵۰ درصدآب‌قابل استفاده تحلیل رفته باشد . در خاکی که حالت ظرفیت‌زراعی در۳۵در صد حجمی رطوبت اتفاق میافتد جذب آب باعث ازدیاد غلظت نمک تاحداکثر۲۰ درصد میگردد که این مقدار مربوط به اواخر دور آبیاری است و در طول مدت بین دو آبیاری این ازدیاد بسیار کمتر است . با تکنیک‌های معمولی آزمایشات‌تشخیص تأثیرکم‌این ازدیاد شوری بر روی محصول سخت است .

اغلب ارقام و اطلاعات بدست آمده از مقاومت گیاه بشوری مربوط بشرایط یکنواخت شوری در پروفیل خاک بوده است . در تحت آبیاری معمولی مزرعه ، توزیع نمک دراعماق خاک یکنواخت نیست و تعمیم نتایج آزمایشگاهی به مزرعه ممکن است گمراه کننده باشد . لازم است تا ارزیابی شود که کدام بیان نماینده شوری مؤثر خاک است . سه امکان‌موجود است : ۱ــ متوسط شوری ، ۲ــ متوسط شوری بادادن اهمیت بیشتر بناحیه شوری کمتر و۳ــ متوسط شوری بادادن اهمیت بیشتر بناحیه شورتر .

رجوع بهریک از این امکانات احتمالاً بستگی به شرایط محیطی و توسعه ریشه گیاه (نحوه توزیع ریشه ، نحوه جذب آب وسرعت‌تعرق ، نوع گیاه ، سرعت‌توسعه ریشه وغیره) دارد .

در ایالات متحده آمریکا (۷۳، ۷۹، ۸۱) و در اسرائیل (۴۷) بعضی از تحقیقات مشخص مینمایند که رقم متوسط شوری اعماق مختلف نماینده شوری مؤثردرریشه گیاه‌است از طرف دیگر تحقیقاتی درآمریکا نشان میدهد که اعماق با شوری کمتررامیبایست اهمیت بیشتر داد (۸۲، ۷۰، ۶۶) . بتازگی یک مطالعه دقیق بر روی احتیاجات شستشوئی در آزمایشگاه شوری ایالات متحده (۶۶) نشان دادکه شوری ۸ میلی موس در سانتیمتر عصاره اشباع (که اگر بصورت یکنواخت درناحیه ریشه خاک‌باشدسبب ۵۰ درصدتقلیل درمحصول یونجه میشود) در زمانی که منحصر به قسمت انتهائی ناحیه ریشه گردد هیچگونه اثری‌بر روی میزان محصول نمیگذارد . بدین ترتیب شوری ۱۶ میلی‌موس درسانتیمترعصاره اشباع خاک ۱۵ درصد محصول را تقلیل میدهد در صورتیکه اگر در ناحیه ریشه پخش بود میزان محصول را بصفر میرساند . افزایش هر میلی موس درسانتیمتردرناحیه ریشه باعث ۱۰ در صد تقلیل در میزان محصول است . این نتایج قابل مقایسه با نحوه توزیع جذب آب‌است که در آن ریشه‌های فوقانی آب بیشتری را جهت تعرق گیاه جذب‌مینمایند . این‌نتایج اگر بوسیله مشاهدات بیشتری در مورد گیاهان دیگرنیز تأییدشود به نتیجه وسیعتری میرسیم این امر در بخش مربوط به احتیاجات شستشوئی برای‌محاسبه شوری مجازآب آبیاری بحث

خواهد شد .

فاکتور مهم دیگری که در شوری تأثیر میگذارد تهویه خاک است . نحوه تأثیر بدین صورت است که بهنگام تهویه خوب اثر زیان بخش شوری بمراتب بیش از آنچه است‌که در آمریکا نشان داده شده است (۹۲،٤۱) .

۳-۳-۵ دوره رشد گیاه و نوع واریته

در مراحل تعیین مقاومت گیاهان ، روش متداول اینست که پس ازاستقرارکامل گیاه ، محیط خاک را مصنوعا" شور مینمایند و مقاومت گیاه را در مراحل جوانه زدن و اوایل رشد طی آزمایشات جداگانه مشخص میگردد . این امر بدین خاطر است که گیاهان عموما" در مراحل اولیه رشد نسبت بمراحل بعدی خیلی حساس ترند . برنج طبق گزارش هندوستان (۲۷) یک استثناء است . در یک آزمایش در بیهار هند ۲۵ درصد تقلیل محصول بهنگام مصرف آبی با شوری ۱۳/۵ میلی‌موس درسانتیمترتنهابرای ایام‌جوانه‌زدن ومرحله‌استقرار مشاهده شد . وقتی که این آب برای دوران گل دادن تا رسیدن دانه بکار رفت ۴۵ درصد تقلیل در محصول ملاحظه گردید . در این آزمایش با استفاده از این آب تعداد جوانه۲۳ درصد کم شد در حالیکه آبیاری با آن در طول زمان رشد باعث تقلیل ۶۸ درصدمحصول گردید . نتایج متفاوتی در آمریکا توسط Bernstein و Pearson (۶۸) بدست آمده است . آنها پیدا نموده‌اند که مقاومت با افزایش سن گیاه زیاد میگردد بطوریکه اگـر رشد خوب در اوایل پنجه زدن در شوری ۳ میلی موس در سانتیمتر باشد در هنگام خوشه زدن میتواند در شوری ۸ میلی موس در سانتیمتر باشد . Kaddah و Ghowaiدر مصر (۳) Greenway در استرالیا (۸Meiri و Mayber - Poljekoffدراسرائیل (۴۳) و Lunin وهمکارانش در آمریکا (۸۴) نتایجی بر روی ذرت ، جو و بقولات منتشر کرده‌اند که نشان میدهد حساسیت گیاهان بجای دوران بخصوصی از رشد مستقیما"بستگی به طول زمانی است که گیاه در تحت رژیم شوری قرار دارد .

انواع اختلاف واریته در گیاهان نیز ممکن است ابهامات شدیدی را در موردمقاومت آن گیاه نسبت بشوری پیش آورد . چنین اختلافی در واریته و پایه درختان میوه و انگور خیلی شدید است (۶۵) ولی برای گیاهان مزرعه و سبزیجات چندان مهم نیست .

در ایران مانند آمریکا (۱۱۲) اختلاف مقاومت در واریته های گندم نسبت به شوری دیده‌شده است . واریته‌محلی درایران‌مقاومت‌بیشتری‌نسبت به واریته‌های وارداتی دارد . این امر ممکن است بخاطر سطح زیاد محصول در واریته‌های وارداتی باشد .

در آزمایشات مزرعه‌ای اسرائیل که با آب ۳/۴ میلی موس در سانتیمتر (۲۳۰۰ پی پی ام نمکهای محلول) انجام گرفت ۲۷ تا ۴۶ درصد تقلیل در محصول گوجه فرنگی بـر

حسب نوع واریته با مقایسه به آب شیرین ۸۰۰ پی‌پی‌ام نمک‌دیده شد . شوری نهائی خاک پس از ۴ ماه آبیاری با این دو آب بترتیب ۳/۱ و ۱/۴ میلی‌موس درسانتیمترعصاره‌اشباع بود .

۴-۳-۵ متد آبیاری

متد آبیاری ممکن است اثر مهمی در حساسیت گیاه داشته باشد . این تأثیرات‌ممکن است بخاطر جذب املاح توسط برگ ، عدم توزیع یکنواخت نمک درخاک ودرجات شستشو پدید آید . در استرالیا آبیاری بارانی بر روی درختان مرکبات سبب شدکه کلربرگ۰/۱۸ تا ۰/۳۰ درصد نسبت به آبیاری بارانی زیر سایه انداز درختان زیاد گردد . در جنوب استرالیا ، آبیاری بارانی روی درختان خزان شونده در اوایل استفاده از آبیاری متداول بود ولی در طول ۱۰ سال آبیاری درختان شروع بنشان دادن‌سوختگی شدیدبرگ‌نمودند. با تغییر سیستم فوق به بارانی زیر سایه انداز درخت ، و با وجود استفاده از آب ۳۰۰ پی پی ام کلر ، تغییر مهم در بهبود وضع درختان ظاهرشدوتقلیل درسوختگی برگها ملاحظه گردید . این امر برای بسیاری ازمرکبات اسرائیل نیزصادق است . امروزه ۹۰ درصدآبیاری در اسرائیل با سیستم آبیاری بارانی است و در مرکبات اگر آب بیش از ۱۲۰ پی‌پی‌ام کلر داشته باشد اغلب آبیاریها در زیر سایه انداز درختان است . در مصر تا غلظت ۱۰۰۰پی پی ام TDS فرض بر سالم بودن آب جهت آبیاری بارانی شده است وبنابراین آب‌نیل همیشه قابل استفاده است . در یونان ۷۰۰ پی‌پی ام حد بی زیان بودن آب برای سیستم بارانی تعیین شده است آبهای شور بین ۵۰۰ تا ۱۲۰۰ پی‌پی‌ام‌سدیم کلرید که در میزان محصول تقلیلی ایجاد نمیکند بر روی برگ درختان مرکبات قبرس(اگر مستقیماً بر روی آنها پاشیده شوند) ایجاد سوختگی میکنند . درجه سوختگی بستگی بغلظت نمک ، درجه حرارت محیط و مقاومت گیاه دارد .

سیستم جدید آبیاری قطره‌ای مزایای زیادی درمقابله باشوری نشان داده است .در این سیستم آب از طریق قطره چکانها با فواصل یکنواخت (حدود یک متر) درطول لوله های پلاستیکی بزمین عرضه میگردد . بنابراین‌بلافاصله درزیرقطره‌چکانهاشستشوی زیادی انجام میگیرد . بعلاوه از آنجا که سرعت عرضه آب بخاک نسبت بسیستم‌بارانی کمتراست دور آبیاری معمولاً کمتر است (۱ تا ۳ روز) و خاک زیر قطره‌چکانها دائماً دررطوبت زیاد نگهداری میشود . بنابراین عملاً با استفاده از سیستم قطره‌ای مقاومت ظاهری گیاهان به شوری آب آبیاری بطور مشخصی افزایش یافته است . در اسرائیل معلوم گردیده است که ۸۰ درصدریشه‌های‌سبزیجات درپیازرطوبتی بشعاع ۲۰ سانتیمتر زیر قطره چکانها متراکم میشود . درنتیجه درتحت این‌سیستم‌گیاهان باآب‌شورتری نسبت‌بسایرمتدها میتوانندرشد

نمایند . درناحیه آراوا در اسرائیل پیش رس زمستانی محصولات زراعی تنهابوسیله این سیستم انجام میگیرد

با کاربرد سیستم قطره‌ای هیچ گونه اختلاف وزنی بین محصول فلفل و گوجه فرنگی حاصله از آبیاری با آبی بشوری ۰/۴ میلی موس در سانتیمتر و آبیاری با آبهائی تا شوری ۵ میلی موس در سانتیمتر دیده نشد . بااین وجوددراراضی آبیاری‌شده با آب شور اندازه میوه بطور مشخص ریزتر بود که جبران زیادی تعداد را مینمود .

متد آبیاری Pipe-basin مناسبترین متد جهت‌کنترل شوری درقبرس مشخص گردیده است . این متد آب یکنواختی عرضه میکند و شستشو یکنواخت خواهد بود . متد شامل یک سیستم لوله پلاستیکی با فشار کم است که آب را مستقیما"وجداگانه بسایه انداز زیر هر درخت میرساند .

بطور خلاصه مقاومت گیاهان بشوری برای انواع‌گیاهان ودرتحت‌شرایط‌آب وهوائی مختلف و شرایط متفاوت خاک و با استفاده از آزمایشات مختلف تعیین گردیـــده است . اطلاعات بدست آمده از یک دسته شرایط نمیتواند بسادگی بجای دیگر منتقل نمود مگـر آنکه شرایطی که در تحت آن ، اطلاعات جمع آوری‌شده است‌بروشنی تشخیص وشرح داده شود . نکات مهمی که میبایستی ارزیابی شود ؛ درجه حرارت و رطوبت هوا ، حاصلخیزی رطوبت و شرایط زهکشی خاک ، توزیع نمک در پروفیل خاک ، سن ورشدگیاه بهنگام مواجه شدن بشوری ، واریته گیاه گ عملیات زراعی بخصوص متد آبیاری میباشد .

٦ـ اصلاح خاکهای شور و قلیائی

قسمت زیادی از اراضی قابل کشت مخصوصا" در نواحی خشک و نیمه خشک بحالت شور ، قلیائی و یا هر دو است . غلت اصلی چنین شرایطی همانطور که در بحث قبلی نیز بیان گردید ممکن است عملیات آبیاری باشد . اینگونه اراضی قبل از آنکه مورد استفاده کشاورزی قرار گیرند میبایستی اصلاح گردند . هدف از اصلاح اراضی کم نمودن غلظت املاح در ناحیه ریشه است بحدی که برای رشد گیاه متناسب باشد و همچنین کم نمودن مقدار سدیم قابل تعویض (در صورتیکه احتیاج باشد) بنحویکه شرایط فیزیکی خاک دررشدگیاه اثر منفی نداشته باشد .

٦ـ١ کشت در طول اصلاح

تنها وسیله عملی تقلیل شوری با شستشو و تقلیل ESP ؛ اضافه نمودن منبعی از کلسیم است . بهرحال اغلب وجود گیاه برروی خاک درعملیات اصلاح خاک ایجادتسریع مینماید . اثر مفید گیاه ممکن است بخاطر عمل فیزیکی ریشه‌های گیاهان وجابجائی سریع حبابهای محبوس هوا توسط ریشه‌ها باشد که در نتیجه آبگذری خاک را بهبود میبخشد و یا ممکن است بخاطر افزایش حلالیت آهک $CaCo_3$ در حضور Co_2 خارج شده از ریشه گیاه و همچنین افزایش مواد آلی خاک دانست . در بعضی موارد در ترکیه ، رشد گیاه به تنهائی باعث فعالیت مقدار کافی $CaCo_3$ شده که در نتیجه اصلاح بدون افزایش رشوه شیمیائی (مواد اصلاحی) بخاک امکان پذیر گردیده است .

استفاده از گیاه جهت بهبود شستشو بستگی بسطح شوری اولیه دارد . بعضی اوقات که مقدار شوری زیاد است لازم میباشد که خاک سطحی را بوسیله یک شستشوی اولیه جهت کشت گیاهان (حتی آنها که مقاوم هستند) آماده نمود . در هر مورد ، رشد گیاه در طول اصلاح خاک روش عاقلانه ایست حتی اگر فقط از نقطه نظر اقتصادی باشد . این روش از طرف کلیه کشورهائی که به اصلاح خاک محتاجند بکارگرفته میشود . درعراق جریان بسیار کند اصلاح خاک پس از آنکه یک شستشوی اولیه برابر ۲۵ سانتیمتری خاک انجام شدبا رشد گیاهان مقاومی همچون جو و گندم و آیش تابستانه در تعقیب این کشت تسریع داده شد . در طول دومین زمستان یک نوع لگومینوز (شبدر برسیم ، شبدر شیرین یاباقلا) کهتوسط لوبیا ، کنجد و یا greengram ادامه میبافت کشت گردید . سومین زمستان آیش گذارده شد که در ادامه آن پنبه و یا نخود کشت گردید و بالاخره در چهارمین زمستان ، دوباره گندم یا جو کشت گردید که با آیش تابستانه ادامه یافت . بطورتقریب درهرفصل

کشت ۲۵ سانتیمتر از خاک شسته شد . در مصر همین تناوب با استقرار یک یا دو مرحله برنج در آن اجرا گردید (در سالهای اول و دوم و سوم برای خاکهای خیلی شور؛ جو ـ برنج ، گندم ـ برنج ، شبدر ـ پنبه؛ و برای خاکهای نیمه شور: برسیم ،شبدر ـ سورگوم ، شبدر ـ پنبه ، گندم ـ برنج) . برنج این مزیت راداردکه خاک راهمیشه غرقاب‌نگهمیدارد درجمهوری چین و عراق نیز برنج بطور گسترده برای اصلاح خاک بکار میرود .

در مرکز تحقیقات اصلاح خاک آهوچر در ایران یک شستشوی اولیه شوری عمق ۳۰ سانتیمتر اولیه خاک را از ۳۱ به ۱۲ میلی موس در سانتیمتر رساند . بدنبال آن در طول رشد چغندر قند شوری تا ۴/۱ میلی موس در سانتیمتربا اضافه آبیاری۴ سانتیمتردر هفته رسید در حالیکه در طول کشت غرقاب برنج شوری به رقم ۲/۷ میلی موس در سانتیمتر تنزل نمود .

در ترکیه (Tarsus Alifaki) ، شوری خاک پس از دو نوبت کشت برنج و یک نوبت شستشوی زمستانه از ۰/۴ درصد به ۰/۰۸ در لایه ۶۰ـ ۰ سانتی متر و از ۰/۵ درصد به۰/۱۲ در لایه ۹۰ـ۶۰ سانتیمتر رسید . در ناحیه Konya Cumra شوری خاک عمق ۶۰ـ۰ سانتیمتری از رقم ۵۱/۶ میلی موس درسانتیمترعصاره اشباع پس از یک نوبت کشت برنج به رقم ۷/۰ میلی موس در سانتیمتر تقلیل یافت .

در پاکستان اصغر اشاره بموردی میکند که خاک بعلت سنگینی بافت و زیادی سدیم بشدت غیر قابل نفوذ بود . گچ بتنهائی کمکی به اصلاح ننمود ولیکن استفاده ازخانواده لگومنیوز (Sesbania aculaeta) در شکافتن خاک وبالنتیجه‌عملیات خاک شستشو مؤثر افتاد . یونان و جمهوری چین نیز از سسبانیا جهت بهبود خاک در طول ایام نمک زدائی استفاده مینمایند . در دشت بزرگ جنوبی کانادا یونجه را جهت اصلاح خاک بکار میبرند ، هچنین زیر خاک نمودن شبدر شیرین رانیزمؤثر یافته‌اند . در ترکیه پی بدین مطلب برده‌اند که یونجه و شبدر در دوره‌های آخراصلاح خاک‌خوب است در حالیکه در دوره‌های اولAgropyron elongatumبهتراست . درشوروی علوفه دائمی و یا یونجه و غلات جهت اصلاح خاک بکار می‌برند . در اسرائیل عملیات اصلاح اراضی بسیار کم است و در رودزیا باصلاح احتیاجی نیست .

در استرالیا (مزرعه تحقیقات آبیاری Swan Hill) ، شخم ، کشت و مالچ باعث تسریع در عملیات اصلاح اراضی شور گردیده است . عملیات بدینگونه است که درست پس از شستشو ، یک نبات تابستانی از قبیل ارزن ژاپونی کشت میگردد . اگرشوری خیلی زیاد باشد ۲ تا ۳ سال زراعت یکساله با یولاف یا جو برای زمستان بمنظور اصلاح اعمال میگردد تا امکان جوانه زدن برای یک مرتع دائمی بوجود آید . اولین نباتاتی که برای مرتع مصرف می‌شود گیاهان مقاومی همچون Phalaris و Paspalum و

Strawberry Clover میباشند .

۶-۲ شستشوی خاکهای شور

شستشو عبارت است از عمل جابجائی محلول شور خاک ازناحیه ریشه که‌توسط‌آبی با غلظت کمتر نمک انجام میشود . شستشو تنها راه عملی اصلاح خاکهائی است‌که یا ذاتا" شور بوده و یا در اثر مدیریت غلط‌آبیاری و زهکشی شور شده اند .

مقدار آب لازم جهت شستشو و درجه‌ای که خاک قادر به شسته شدن است بستگی به شوری ابتدائی خاک ، کیفیت آب شستشو ، متد شستشو ، عمق خاک مورد نظر ورطوبت و خصوصیات فیزیکی خاک دارد .

۶-۲-۱ کیفیت‌آب شستشو

کمترین غلظت شوری که یک خاک بدان میرسد غلظت آب شستشو است بنابراین کیفیت آب شستشو است که شدت شستشوی یک خاک را تعیین مینماید . معمولا"کیفیت‌آب شستشو تابع آبی است که در دسترس می‌باشد . اغلب آب آبیاری که بطور معمول مورد استفاده قرار میگیرد برای شستشو نیزبکارمیرود (کشورهای استرالیا ، بلغارستان ،کانادا ، مصر ، هندوستان ، عراق ، اسرائیل ، پاکستان و تونس) . بندرت منابع آب مختلف‌جهت آبیاری در دسترس میباشد . در شوروی غلظت آب شستشو معمولا"از۲ گرم‌درلیتر (معادل ۳ میلی موس در سانتیمتر) کمتراست . وقتی که شستشو توسط‌آبی بشوری ۵ تا ۷ گرم‌در لیتر صورت پذیرد (که بندرت چنین اتفاقی میافتد) ، مراحل آخر آن از آبی رقیق‌شده استفاده خواهد شد . متد استفاده از آب دریا که در هر مرتبه شستشو آب رقیقتر می‌شود در آمریکا برای اصلاح خاکهای قلیائی بوجود آمد . این متد بعدا" شرح داده میشود .

۶-۲-۲ متد شستشو و کمیت آب شستشو

راندمان شستشو بمقدار زیاد بستگی بمتد آن دارد . متدهای موجود عبارتند از غرقابی (دائمی یا متناوب) و بارانی . تفاوت عمده در راندمان متدهای مختلف بخاطر رطوبت خاک در طول شستشو است . هم از نظر تئوری و هم بطریق عملی‌نشان داده‌شده که هرچه رطوبت خاک کمتر باشد آب کمتری لازم است که یک مقدارمعینی نمک راازناحیه ریشه خارج نماید . حجم کل محلول‌خاک درناحیه ریشه بعمق Z رامیتوان‌برابر $V=\theta Z$ دانست که در آن θ رطوبت حجمی خاک است . برای هر عمق معین Z هرچه رطوبت خاک کمتر باشد (حجم محلول خاک نیز کمتر بوده ــ مترجم) حجم آب شستشوی کمتری

نیز لازم است که محلول خاک را جابجا نماید . از آنجا که شدت راندن نمک مستقیما" مربوط است به تعداد مرتبه‌هائی که آن قسمت از حجم منافذ خاک که حاوی محلول خاک بوده از آب شستشو پر می‌گردد لذا برای جابجا نمودن املاح از یک حجم خاک که‌دارای رطوبت کم است آب کمتری لازم میباشد .

در تحت شرایط غرقاب مداوم ، بطور متوسط یک واحدعمق آب میتواند ۸۰ درصد املاح اولیه یک واحد عمق خاک را بشوید . این نتیجه در مصر ، عراق ، ترکیه و آمریکا حاصل شده است . این امر همچنین با آنالیز تئوری حرکت‌نمک ودیسپرژن موافقت‌دارد . رابطه‌ای که جهت توضیح حرکت دیسپرژن نمک بوجود آمده بدین قرار است :

$$C/Co = \frac{1}{Z}\,erfc\,\frac{Z-Vt}{\sqrt{4Dt}}$$

که درآن ،

C = غلظت محلول خاک ،

Co = غلظت اولیه محلول خاک ،

erfc = متمم تابع خطائی ،

Z = عمق خاک شسته شده ،

V = سرعت متوسط جریان ،

t = زمان ، و

D = ضریب دیسپرژن میباشد .

وقتی که باندازه یک حجم از محلول خاک جابجا شود $Z = Vt$ و $C/Co = 0/5$ میگردد و وقتی که آب جابجائی باندازه دو برابر حجم محلول خاک باشد C/Co برابر ۰/۲ میشود و این بدان معنی است که غلظت نهائی ۲۰ درصد غلظت اولیه است . از آنجا که بطور متوسط ، حجم کل منافذ خاک حدود ۵۰ درصد حجم خاک است لذا اگر خاک در حالت اشباع باشد جابجائی ۲ برابر محلول خاک این معنی را می‌دهد که یک واحد عمق آب از یک واحد عمق خاک (که دوبرابرحجم‌محلول خاک است) عبورنماید (بدین ترتیب همانطور که قبلا" اشاره شد اگر بازاء هر عمق خاک مورد نظرعمق برابری از آب شستشو از خاک عبورنماید ۸۰ درصداملاح خاک این‌ناحیه شستشومیشود ــ مترجم) طبعا" هرچه خاک سنگین تر باشد آب بیشتری برای شستشولازم است همچنانکه درعراق (۳۲) مشخص گردیده است .

در یک آزمایش صحرائی در ایران که از آبهای با کیفیت مختلف شستشو استفاده شد شوری نهائی خاک با عبور آب کمتری از خاک بهنگام استفاده ازکیفیت ۱۲ میلی موس درسانتیمتر با مقایسه به کیفیت ۱ میلی موس در سانتیمتر حاصل شد . ازطرف دیگرشوری

خاک که ابتدا ۳۰ میلی موس در سانتیمتر عصاره اشباع بود با آب شیرینتر به ۸ درصد و با آب شورتر به ۱۹ درصد شوری اولیه رسید . هردو آب شوری خاک را به ۲۰ درصد مقدار اولیه با D_w/D_s =۱ رساندند .

در تحت شستشوی متناوب مخصوصا" وقتی که یک نبات نیزکشت‌شده باشد ، متوسط رطوبت در طول شستشو کمتر از وقتی است که متد غرقابی مداوم اعمال شود بنابراین راندمان شستشو بیشتر است و این امر توسط کانادا و ترکیه که در آنجا متد کرتی برمتد نواری رجحان دارد و همچنین مصر که در ابتدای اصلاح اراضی شستشوی مدام را اعمال مینمایند تا شوری را به ۱۰۰۰ـ ۸۵۰۰ پی‌پی‌ام برسانندوسپس شستشوی متناوب راجهت جلوگیری ازبرگشت‌نمک بکار میبرند گزارش شده است . از طریق آزمایش(۱) مشخص شده است که راندمان ۱۱۰۰ میلی متر آب در شستشوی متناوب معادل ۲۰۰۰ میلی متر در شستشوی مداوم در امر راندن مقدار مساوی نمک از ناحیه ریشه است . در آزمایشی دیگر ۴۵۰ میلی متر آب در شستشوی متناوب معادل ۸۰۰ میلی متر آب در شستشوی مداوم بود . دوره ۱۰ روزه برای شستشوی متناوب در تابستان و۲۰ روزه در زمستان توصیه شده است . از طرف دیگر از لحاظ زمانی شستشوی متناوب ۴۰ درصد وقت بیشتری نسبت به مداوم برای شستشوی خاک سطحی لازم دارد . شستشوی متناوب همچنین در ترکیه دارای راندمان بیشتری بود .

در کالیفرنیای آمریکا (۹۲) مقدار ۹۱۰ میلیمترآب درمتد غرقاب مداوم معادل ۶۱۰ میلیمتر در متد شستشوی متناوب بود . از طرف دیگر متد غرقاب متناوب (۱۰۰ میلیمتر در دور دوهفتگی) به آبی حدودنصف مقدارغرقاب مداوم نیازدارد تاشوری خاک‌سیلتی کلی را به ۵۰ درصد مقدار اولیه خود تقلیل دهد (D_w/D_s = ۲/۹ درمقابل ۵/۸ = D_w/D_s) .

درشوروی شستشوی مداوم در خاکهائی که قابل نفوذ بوده وضریب زهکشی بیشتراز ۱ تا ۲ لیتر در ثانیه در هکتار دارند بکار میرود درحالیکه شستشوی‌متناوب رابرای‌خاک های با کمتر از۱ ــ ۲ لیتر در ثانیه در هکتار ضریب زهکشی بکار می‌برند . عملیات این نوع شستشو بدین قرار است که زمین را برای مدت ۵ تا ۶ روز غرقاب میکنندواستراحت ۷ تا ۱۲ روزه بین دو نوبت شستشو میدهند . معمولا" وقتی که شستشوی سنگین موردنیاز باشد۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ میلیمترآب براساس شوری اولیه، وضع زهکشی ، عمق سفره آب زیرزمینی و خصوصیات فیزیکی خاک بزمین داده میشود .

مطالعات شستشو در مزرعه ایالتی Pakhtaakal ازبکستان شوروی نشان داد که خاکهای شور و سالان چاک در یک دوره سه ساله با مجموع ۲۰۰۰ میلیمتر آب (سال اول ۸۰۰ ، سال دوم ۶۰۰ ، و سال سوم ۵۵۰میلیمتر) اصلاح میشود . خاکهای با

شوری متوسط در عرض دو سال و با ۱۲۵۰ میلیمتر آب (۷۰۰ و ۵۵۰ میلیمتر بترتیب در سالهای اول و دوم) اصلاح میگردد و خاکهای با شوری کم در عرض یک سال و بـا ۳۰۰ میلیمتر آب میتوان مقدار املاح آنرا تحت کنترل قرار داد.

در Tozeur تونس شوری یک خاک لوم شنی توسط شستشوی متناوب با مجموع ۲۵۰ میلیمتر آب در طول یکسال پائین آورده شد. این تقلیل برای عمق ۱۵۰ سانتیمتر خاک از متوسط ۲۵ میلی موس در سانتیمتر به ۸ میلی موس در سانتیمتر بود. پس از آن، این سطح شوری با آبیاری سه هفته‌ای، دوهفته‌ای وده روزه‌ای که به ترتیب در زمستان، بهار و تابستان با آبی بغلظت ۲/۱ گرم درلیترنمک (شوری ۳/۱ میلی موس درسانتیمتر) انجام گرفت ثابت نگهداشته شد.

نسبت شستشوئی ۰/۲ برای این منظور بکار رفت که باعث ایجـاد ۲۵۰ تا ۳۰۰ میلیمتر زه آب در سال گردید. نتیجه مشابهی در آزمایش‌سیلندری که از خاک مشابهی استفاده شد بدست آمد (۸۰ درصدنمکهابا ۳۰۰ میلیمترآب شسته شد ــ درصدشستشوئی ۵۰ با ۲۰ در مزرعه مقایسه شد). شوری ۶ میلی موس در سانتیمتر خاک احتمالاً حداقل رقمی است که این خاک گچی با این آب بدان میرسد (خاک اشباع از گـچ دارای شوری عصاره اشباع برابر ۲ میلی موس در سانتیمتراست).

در کانادا مقدار بسیار کمی شستشوی خاک توسط زارعیـن اعمال می‌شود در یک آزمایش مشخص شد که ۵۰۰ میلیمترآب املاح راتاعمق ۱۲۰ سانتیمتری در خاک یخچالی glacial till Soil میشوید. مقدار آب مورد نیاز شستشو در مصر بمقدارزیادبستگی به آبگذری خاک، آب و هوا و منبع آب دا رد. ضمناً مقدارآن توسط مشاهدات تغییرات عمق سفره آب زیرزمینی کنترل میگردد. آزمایشات Elgabaly در مصر نشان میدهد که حد اقل ۲۰۰ میلیمتر آب شستشو با کیفیت خوب لازم است تا املاح خاک رابا شوری اولیه ۲/۳ درصد بطور مؤثر تا عمق ۱۵۰ سانتیمتری جابجا نماید.

در پروژه شالما در مصر که خاک نفوذپذیری ضعیفی دارد، شستشوی ۶۰ سانتی متر خاک ۳ تا ۴ سال طول میکشد در حالیکه خاک با نفوذپذیری خوب پروژه آبیس در ظرف یکسال ۹۰ سانتیمتر شسته میشود و خاک با نفوذپذیری کند IDKVProject20 که زهکشی آن نامناسب وکیفیت آب شستشوی آن نیز بد است احتیاج به ۱۰ سال جهت اصلاح و شستشو دارد.

کارهای عملی اصلاح اراضی در سوریه بسیار کم‌است. بهرحال درآزمایشات‌صحرائی مشخص شده است که آب رودخانه فرات بسادگی میتوانند خاک با شوری عصاره اشباع ۳۰ تا ۱۳۴ میلی موس در سانتیمتر و ESP ۱۸ تا ۳۳ را اصلاح نماید. مقدارآب موردنیاز از منحنی تیپیک شستشوی خاک که توسط عراق (۳۲) گزارش شده است مطابعت مینماید.

اگر به خاکهای شسته شده کود اضافه شود محصول عالی برداشت میشود .

در عراق مقدار آب لازم جهت شستشو با بافت خاک متغیر است . در خاکهای لوم‌و سیلتی لوم برای ۸۰ درصد تقلیل املاح ، نسبت آب شستشو به عمق خاک شسته شده۰/۵ و در یک خاک کلی لوم۱/۸ است .

در سواحل خشک پرو مقدار ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلی متر آب درامرشستشو نمیتواندبرروی املاح باقیمانده از شستشوی لایه ۲۰ ــ۰ سانتیمتری اثرچندانی داشته باشد . شوری‌نهائی آن ۵ ــ۴ میلی موس در سانتیمتر است . این مقدار آب برای شستشوی خاک سطحی کافی است .

در شوروی سه متد شستشوی غرقابی متداول است (۱) غرقاب‌مداوم‌کلیه سطح فاصله بین زهکشها بنحویکه یک سطح ثابت آب داخل نوار باشد و آب یا از طریق جریان از یک نوار بنوار دیگر و یا مستقیما" از طریق کانال آبیاری تأمین شود (۲) غرقاب قسمت مرکزی سطح فاصله بین زهکشها درمرحله اول ومتعاقب آن‌شستشوی‌نوارهای نزدیک زهکش ها (۳) شستشوی جانبی . نیازهای اولیه یک عمل موفقیت آمیز در این مورد از این قرار است : وجود یک سیستم خوب زهکشی ، تسطیح خوب ، تقلیل تراوش از کانال ، و زیر کشت قرار دادن بلافاصله اراضی شسته شده . دو مرحله درعملیات شستشومشخص شده است :(الف) دوره اول سازندگی (۱ تا ۳ سال) که زهکشها ایجاد شده و اراضی شسته شده اند (ب) دوره بهره برداری که شستشوی بازدارنده از شوری مجدد در طول آبیاری و بین فصول اعمال میگردد .

یک مطالعه شستشوی متناوب در مقابل مداوم درآهوچر ایران نشان داد که متد متناوب دارای راندمان بیشتری است . با عرضه مداوم ۶۰ سانتیمتر آب شوری خاک عمق ۲۵ ــ ۵۰ سانتیمتری از ۲۰ به ۸/۴ میلی موس درسانتیمترتقلیل یافت درحالیکه باتقسیم این آب به ۴ نوبت ۱۵ سانتیمتری شوری تا ۶/۷ میلی موس در سانتیمتر تقلیل یافت . وقتی که سفره آب شور در عمق سطحی (در این شرایط ۱۶۰ سانیتمتری) قرارداشته باشد دور طولانی بین دونوبت شستشو گرچه ممکن است راندمان شستشو را ازطرفی اضافه نماید ولی از طرف دیگر بر روی خیز موئینگی سفره آب‌نیزاثرگذارده باعث بازگشت‌شوری‌میشود .

در اسرائیل و در بعضی موارد آمریکا ، شستشو توسط سیستم بارانی انجام می‌گیرد . اغلب سیستم بارانی با سرعت کمتر از گنجایش نفوذ پذیری آب درخاک بکارمیرود . بدین ترتیب از تراکم آب برروی سطح خاک جلو گیری میشود و شستشو در تحت شرایط رطوبت کمتر از اشباع انجام می‌پذیرد . همانطور که قبلا" نیز تذکر داده شد راندمان شستشو در اینگونه شرایط‌افزایش مییابد . عملیات در اسرائیل (دره رود اردن) شامل شستشوی ۳۰ سانتیمتری اولیه خاک میباشد که کشت یک گیاه و ادامه عملیات شستشو را بدنبال دارد .

حدود ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ میلیمتر آب جهت شستشوی اولیه بکار میرود و قبل از شروع هـــر فصل یک شستشوی دیگر با ۲۰۰ الی ۳۰۰ میلیمتر آب توصیه میشود .

در ایالات متحده آمریکا از طریق آزمایش مشخص شده که برای بدست آوردن نتیجه مساوی در امر شستشو ، عمق ۲۵۰ میلیمتر آب از طریق سیستم بارانی معادل ۷۵۰ میلیمتر آب از طریق غرقابی است و غرقاب متناوب دارای احتیاجاتی مابین ایندو است . درمورد دیگر معلوم گردید که غرقاب متناوب از سیستم بارانی ارجح تر است . بهر حال مشخص نیست که سیستم بارانی آنها در یک سرعت کمتر از گنجایش نفوذ آب درخاک کارمینموده است .

۳-۲-۶ عمق اصلاح خاك

عمق اصلاح بستگی به نوع کشاورزی دارد . در مصر (۱) برای درختان میوه با ریشه سطحی و مرتع ۶۰ سانتیمتر شستشو ، برای درختان میوه ۲۵۰ سانتیمتروبرای گیاهان متنوع مزرعه ۱۵۰ سانتیمتر کافی میدانند . در کانادا ، اسرائیل ، جمهوری چین و شوروی حدود ۱۰۰ تا ۱۲۰ سانتیمتر خاک شسته شده را تا قبل از شروع آبیاری مزرعه کافی میدانند . در ترکیه و کلمبیا بترتیب ۵۰ سانتیمتر و ۲۵ سانتیمتر را کافی میدانند (ضمیمه ۱۰) .

۳-۲-۶ روابط عملی شستشو

۱-۴-۲-۶ مدلهای بنیان‌شده برفواصل زمانی طولانی (اصول تعادل املاح)

عمومی ترین و مشخص ترین فرمول شستشو فرمولی است که توسط آزمایـشگاه شوری ایالات متحده در کالیفرنیا پیشنهاد شده است . این فرمول بر اساس روابط تعادل املاح تهیه گردیده و بهمین جهت فقط برای شرایط متوسط یک دوران طولانی سازگار است . در این فرمول فقط مرز بالائی و پائینی سیستم خاک موردنظراست بدون آنکه اتفاقات ناحیه‌ریشه را در نظر گیرد . طبق این ایده در شرایط ماندگار Steady State که هیچگونه‌تغییری در پروفیل خاک در طول زمان اتفاق نمیافتد ، تمام املاحی که به سطح خاک وارد میشوند میبایستی از مرز تحتانی توسط زه آب خارج گردند . این‌بیان رابطورریاضی میتوان‌بصورت زیر نوشت :

$$D_i C_i = D_d C_d \qquad (۶-۱)$$

$$D_d / D_i = C_i / C_d = LF \qquad (۶-۲)$$

که در آن : D = عمق آب بر حسب سانتیمتر ،

C = غلظت نمک (پی‌پی ام ، میلی اکوالنت درلیتر و یا میلی موس در سانتی متر) ،

LF = نسبت شستشو (کسر آبشوئی)

زیرنویسهای d و i بترتیب مشخص کننده آب زهکشی و آب آبیاری میباشند .

با مشخص بودن شوری آب آبیاری (C_i) میتوان توسط LF مقدار شوری زه‌آب (C_d) را کنترل نمود البته شوری خاک سطحی خود توسط C_i کنترل میشود .

جهت استفاده عملی از این فرمول بجای D_d میتوان ($(D_i - D_e)$) را گذارد که در آن D_e عمق آب مورد نیاز گیاه (تبخیر و تعرق) میباشد که با جابجا کردن آن‌در فرمول میتوان نوشت :

$$D_i = D_e C_d / (C_d - C_i) \qquad (۶-۳)$$

وقتی از رابطه (۲-۶) برای محاسبه مقدار لازم آبیاری D_i استفاده میشود لازم است که شوری انتهای ناحیه ریشه (C_d) از حد بخصوصی (که معمولا" سطح مقاومت گیاه بشوری است) تجاوز ننماید . بدین ترتیب میتوان مقدار C_d را برای گذاردن در فرمول مشخص نمود ، C_i نیز معلوم است و بجای نسبت شستشوئی LF می‌توان از احتیاجات شستشوئی گیاه مورد نظر LR استفاده نمود . C_d را اغلب توسط ترم‌هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک که در آن میزان محصول بمقدار ۵۰ درصدتقلیل میبابد بیان مینمایند .

انتخاب شوری انتهای ناحیه ریشه‌درمحاسبه LR برای رقمی‌که درآن میزان محصول ۵۰ درصد نقصان میبابد بعلت توجه باین واقعیت است‌که درتحت‌شرایط ماندگار ، آبیاری یک خاک یکنواخت غیر شور اغلب باعث توزیع پروفیلی نمک به نحوی می‌شود که شوری با عمق خاک افزایش میبابد (تبخیر ممکن است باعث‌تجمع املاح برروی‌سطح خاک‌تاحدودی شود) . بدین ترتیب اغلب اجازه داده میشود که شوری انتهای ناحیه ریشه تا حدی بالا رود که در آن حد قاعدتا"میزان محصول تا ۵۰ درصدتقلیل میبابدبدون آنکه‌عملا"محصول در مزرعه بیشتر از ۱۰ درصد کم شود (از آنجائی که شوری در پروفیل خاک و ناحیه ریشه عملا" خیلی کمتر از شوری انتهای ناحیه است بنابراین تقلیل محصول عملا" به‌اندازه ۵۰ درصد نمیتواند باشد بلکه تقریبا" ۱۰ درصد و یا کمتر است ــ مترجم) . این نظـــــریه کاملا" عملی است و برای شرایط ویژه میبایستی آنرا تطبیق داد .

نتایجی که اخیرا" در آزمایشگاه شوری ایالات متحده آمریکا حاصل شده (قسمت۲ــ ۳ از بخش ۵) نشان میدهد که استفاده از ایده ۵۰ درصد تقلیل محصول مدلل نیـست .

گیاهان ممکن است بیش از آنچه تا بحال تصور میرفت نسبت بشوری زه آب مقاومت نمایند. در حقیقت همانطور که برای یونجه معلوم گردیده گیاهان در شوری زه آب (یا پتانسیل اسمزی) تا حدی که قادربجذب آب درخاک هستندمقاومت مینمایند. این حدبرابر شوری است که در آن میزان محصول صفر میگردد (بجای میزان تقلیل ۵۰ درصد، تقلیل محصول برابر ۱۰۰ درصد است ــ مترجم). مقدار این شوری را میتوان از طریق ادامه دادن خط رابطه محصول و شوری (ارقام ضمیمه ۱۲) و محل برخورد آن با محور شوری به دست آورد. مقادیر بدست آمده از این طریق را برای C_d مصرف مینمایند بنابراین میبایستی شوری محلول خاکی باشد که در آن محصول بصفر میرسد بجای آنکه میزان محصول ۵۰ درصدکم گردد. این امر باعث کم شدن ۲ تا ۳ مرتبه نسبت شستشوئی میشودبدون آنکه عملاً بیش از ۱۵ درصد محصول کم گردد. استفاده از این نظریه احتیاج به بررسیهای بیشتر دارد. در اسرائیل شوری عصاره اشباع ۶ میلی موس در سانتیمتر در عمق ۶۰ــ ۹۰ سانتی‌متری بهنگامی که شوری عمق ۶۰ــ۰ سانتیمتری از مقدار ۱/۵ میلی موس در سانتیمتر کمتر بود تقلیل معنی داری در محصول گریپ فروت نداشت.

در عراق Dieleman و همکارانش (۳۲) یک ضریب راندمان راپیشنهاد نمودند که جهت در نظر گرفتن خصوصیات خاک در فرمول بکارمیرود. این ضرایب (f)، نسبت بین غلظت نمک زه آب لایه خاک و غلظت نمک محلول خاک همان لایه رامشخص مینماید. هرچه خاک سنگین ترباشد این ضریب کوچکتر است.
رابطه آنها بدین قرار است.

$$\frac{D_d}{D_i}=\frac{C_i}{C_{ex}}\times\frac{M_{fc}}{fM_{ex}} \qquad (۶-۴)$$

که در آن M_{fc} و M_{ex} رطوبت خاک بترتیب در حالات حد مزرعه و خمیر اشباع میباشد.

در ایالات متحده آمریکا Bernstein (۶۳) یک تغییر تکاملی برای رابطه LF (رابطه ۲ــ۶) با معرفی رابطه :

$$D_i=It_i \quad و \quad D_e=Et_e \qquad (۶-۵)$$

پیشنهاد نمود که در آن D_i = عمق آب آبیاری،
I = سرعت نفوذ آب درخاک (سانتیمتر درروز)،
E = سرعت تبخیر (سانتیمتر درروز)،

t_i = زمان نفوذآب درخاک (طول‌مدت‌آبیاری درروز) ، و

t_e = دور آبیاری (روز) است

با قرار دادن روابط‌فوق در رابطه (۲ـ۶) و انجام جابجائی های لازم داریم .

$$LF = ۱ - \frac{Et_e}{It_i} \qquad (۶-۶)$$

از طریق این رابطه میتوان شستشو را بر اساس گنجایش نفوذ پذیری خاک و دور آبیاری به طریق دقیق تر محاسبه نمود و طول مدت آبیاری را برای رسیدن به شستشوی لازم‌تغییر داد .

رابطه زیر برای استفاده در جمهوری چین پیشنهاد شده است :

$$D_i = aD_e\frac{C_i}{C_t} + bE \qquad (۶-۷)$$

که در آن D_i عمق آب‌آبیاری ، D_e احتیاجات آبی‌گیاه ، C_i شوری آب آبیاری ، C_t حد شوری قابل مقاومت گیاه در ناحیه ریشه ، E تبخیر روزانه در زمان آبیاری و a و b ارقام ثابت میباشند ($a = ۱/۲ - ۱/۴$ و $b = ۳ - ۵$)

با توجه بفرمول (۷ـ۶) آب مورد نیاز آبیاری کمتر از احتیاجات آبی گیاه میگردد که در اینصورت کاربرد آن مورد سئوال قرار میگیرد .

Durand (۱۲۵) در شمال آفریقا رابطه‌ای را پیشنهاد کرد که سرعت افزایش شوری را در دفعات مختلف آبیاری محاسبه مینمود .

$$X_n = \frac{S-K}{(Q/R)^n} + K \qquad (۶-۸)$$

که در آن K برابر است با $\frac{C_iQ}{(Q/R)-۱}$.

C_i = غلظت آب آبیاری (گرم در لیتر) ،

Q = مقدار آب آبیاری (لیتر در کیلوگرم خاک) ،

R = کمبود آب خاک Soil water Deficit

n = تعداد آبیاری ، و

S = شوری اولیه (گرم در کیلوگرم خاک)

برای دفعات زیاد آبیاری یک خاک غیر شور رابطه را میتوان بصورت :

$X_n/R = CQ/(Q-R)$ خلاصه نمود که بارابطه (۲ـ۶) یعنی :

$C_d = \frac{C_i D_i}{\frac{Q}{R} D_d}$ معادل است . (وقتی n زیاد شود ، چون $Q > R$ است بنا بر این $(\frac{Q}{R})^n$ خیلی زیاد شده یعنی $\frac{S-K}{(Q/R)^n} = 0$ میگردد درنتیجه $X_n = K$ میشود که میتوان نوشت $X_n = \frac{C_i Q}{(Q-R)/R}$ که با یک‌طرفین وسطین‌خلاصه فرمول را میتوان بدست آورد : $X_n/R = C_i Q/(Q-R)$ که در آن X_n/R معادل C_d و $(Q-R)$ معادل D_d میباشد ــ مترجم) .

براساس مشابهی **Darab** (۱۷) درمجارستان ثابت رژیم نمک ، ((SRC)) را جهت تخمین مقدار تجمع نمک وارده از آب آبیاری در خاک پیشنهاد نمود . رابطه زیر برای شرایطی که تعادل نمک‌ثابت است (عدم‌تغییردرمقدارنمک خاک در پروفیل) صادق است .

$$C = \frac{dMt_{fc}}{V \times 10^{-5}} \qquad (۶-۹)$$

که در آن : C = غلظت نمک آب آبیاری (گرم در لیتر) ،

d = ثابت رژیم نمک خاک (گرم در ۱۰۰ گرم خاک) ،

(d را میتوان برابر حداکثر مجاز نمک خاک دانست) ؛

M = ضخامت لایه مورد نظر خاک (متر) ،

t_{fc} = وزن حجمی خاک (کیلومتر در متر مکعب) ، و

V = مقدار آب آبیاری داده شده بخاک (مترمکعب در هکتار) .

در شوروی از معدودی نظریه‌ها استفاده میشود **Averyanov** براساس حل روابط پخشیدگی هیدرودینامیک است و بنظر میرسد که برای استفاده عمومی تا اندازه ای پیچیده باشد . **Volobuev** رابطه عملی زیر را جهت بیان شستشو پیشنهاد کرد .

$$M = ۱۰,۰۰۰ \; ea \; \log \frac{S_n}{S_o} \qquad (۶-۱۰)$$

که در آن : M = سرعت شستشو (متر مکعب در هکتار) ،

e = عمق شستشو (متر) ،

a = ضریب‌تشکیل‌نمک Saltyield Coeff (که‌عملا"تعیین‌میشود) ،

S_n = نمک اولیه خاک (درصد) ، و

S_o = نمک نهائی موردنظر در خاک (درصد) .

این رابطه را میبایست در خاکهائی بکار برد که از نظر خصوصیات خیلی شبیه‌آنچه باشد که در روسیه استفاده شده است . در آمریکا **Reeve** و همکارانش (۱۰۳) رابطه

عملی زیر را جهت تشریح منحنی شستشوی یک خاک دره Coachella درکالیفرنیا معین کردند .

$$\frac{D_w}{D_s} = \frac{1}{5C/C_o} + 0/15 \qquad (6-11)$$

که در آن C/C_o نسبت شوری آخریه به اولیه‌خاک‌و $\frac{D_w}{D_s}$ نسبت عمق آب شستشو به عمق خاک شسته شده است .

منحنیهای‌شستشوی‌مشابهی‌درایران ،عراق ، روسیه ، استرالیا واحتمالا" در سایرنقاط بدست آمده است . از طریق استفاده از یک منحنی عملی شستشو ممکن است که بتوان خصوصیات شستشوی یک خاک مشابه را پیش بینی نمود . در اسرائیل Bresler (۳۸) رابطه زیر را جهت محاسبه تغییرات شوری خاک پیشنهاد نمود . رابطه او بر اساس مدل پشت سر هم است و فرضیات او عبارتند از : (الف)حرکت آب در یک رطوبت مشخص عمودی است ، (ب) غلظت محلول خاک قرارگرفته دریک‌لایه اختیاری j متوسط غلظت لایه j در قبل از آبیاری (و یا شستشوی) مرتبه $((i-1))$ و بعداز مرتبه i است ، و (ج) هیچگونه رسوب ، حلالیت و جذب نمک صورت نمیگیرد . رابطه عبارتست از :

$$D_i C_i - (D_i - \Sigma^{j}_{K=1} E_{Kij}) \frac{C_{j,i-1} + C_{j,i}}{2} = \Sigma^{j}_{K=1} [C_{K,j} - C_{K(i-1)}] B_K$$

که در آن زیر نویس های j و i بترتیب مشخص کننده لایه‌های متعاقب خاک و آبیاری های متعاقب میباشند ، D عمق آب آبیاری ، C غلظت محلول خاک ، E_d کمبود آب خاک از حالت حد مزرعه‌ای و B_k رطوبت لایه خاک در طول شستشو است‌لا پیش بینی شده که این رابطه پیش بینی صحیحی از شرایط شستشو در مزرعه مینماید .

نظریه‌های مشابهی در تونس و ایران پیشنهاد شده است .

یک محدودیت مهم این و یا هر نوع رابطه لایه‌های مجزا ، حساسیت زیادآنهانسبت به چگونگی شمارش است . انتخاب اختیاری فواصل عمق و زمان بر روی توزیع بدست‌آمده شوری تأثیر میگذارد . یک محاسبه جهت پیش بینی شوری درپروفیل خاک باکاربردپارامتر های معلوم (C_i برابر ۲۶ میلی اکوالنت در لیتر ، LF برابر ۰/۱۷۶ ، و D_e برابر۱۰ میلیمتر در روز) باستثناء پارامتر فواصل زمانی و عمق که متغیر بود انجام شد . دوحالت یکی Δt برابر۳ روز و Δx برابر ۲۰ سانتیمتر و دیگری Δt برابر ۱ روز و Δx برابر ۲ سانتیمتر در نظر گرفته شد . بعد از ۹۰ روز آبیاری برای حالت‌فواصل‌کوتاه زمانی‌وعمق حداکثر غلظت در عمق ۸۰ سانتیمتری برابر ۱۱۵ میلی اکوالنت در لیتر پیدا شد و برای

حالت فواصل بزرگ زمانی و عمق ، حداکثر غلظت در عمق ۶۰ سانتیمتری برابر ۹۰ میلی اکوالنت در لیتر مشخص گردید .

۲-۴-۲-۶ مدلهای بنیان‌شده برفواصل‌زمانی کوتاه (تشریح دیفرنسیالی جریان)

در تمام مدلهای فوق فرض شده که نمک همراه آب حرکت مینماید . این حرکت هم آهنگ آب و املاح با دقت بیشتر بوسیله یک رابطه عمومی بیان میگرددکه دونحوه حرکت املاح یعنی دیفیوژن و دیسپرژن را در بر گیرد . حل معادلات با انتخاب شرایط منـاسب اولیه و مرزی یک تصویر کاملی از توزیع نمک در پروفیل خاک را ترسیم مینماید که شامـل دوران تبخیر و حرکت بطرف بالای املاح نیز میشود . مسئله تبخیر در مدل‌هائی که قبلا" بیان شد حذف شده است در حالیکه ممکن است تأثیر زیادی در توزیع پروفیلی نمک در مزرعه داشته باشد . با ترکیب حرکت یکجانبه دیفیوژن و دیسپرژن برای شرایط مانـدگار نتیجه زیر بدست میآید .

$$J = D(\bar{V} \text{ و } \theta)\frac{dc}{dz} + qc \qquad (۶-۱۳)$$

و برای شرایط ترانزیت :

$$\frac{\delta(c\theta)}{\delta t} = \frac{\delta}{\delta z}[D(\theta\bar{V})\frac{\delta c}{\delta z} - \bar{V}\theta c] \qquad (۶-۱۴)$$

که در آن Z = فاصله حرکت (حرکت بطرف پائین) (سانتیمتر) ،

D = ضریب ترکیبی دیسپرژن ((h)) و دیفیوژن ((P)) که برابراست با :

$$D_h[V + D_p(\theta)]$$

J = سرعت جریان (گرم در سانتیمتر مربع در ثانیه) ،

q = سرعت حجمی محلول خاک (سانتیمترمکعب درسانتیمترمربع درثانیه) ،

$\bar{V}$ = متوسط سرعت جریان (سانتیمتر در ثانیه) برابر q/θ ،

D_h = ضریب دیسپرژن (سانتیمتر مربع در ثانیه)

D_p = ضریب دیفیوژن (سانتیمتر مربع در ثانیه)

یک راه حل مشهور آنالیز رابطه ۱۳ـ۶ ، که در جهت ساده کردن آنست مربوط به Scheidegger است که با فرض ثابت بودن D و θ معادله را فقط برای قسمت دیسپرژن حل نمود .

در آمریکا Warrick و همکارانش (۱۱۵) یک حل آنالیزی برای ساده نمودن

رابطه (۱۴ــ ۶) ارائه داد که‌کاملا" با نتایج مزرعه‌ای وفق‌میدهد . دراسرائیل Breslr (۳۹) یک حل عددی برای رابطه (۱۴ ــ۶) با شرایط مرزی ویژه ارائه داد که از یک راه حل improved finit difference استفاده شده است . نتایج حاصله بخوبی با اندازه‌گیریهای مزرعه‌ای وفق میدهد .

بخاطر استفاده از این نظریه میبایستی تخمینی ازپارامترهای‌مختلف زده شود . در تحت شرایط حرکت آب از سطح خاک پروفیل (آبیاری و یا شستشو ــ مترجم) ، Bresler نشان دادکه اختلاف سه تا چهار برابر بین D_hوD_p وجوددارد‌بنابراین D_p قابل صرفنظر است . برای یک محیط متخلخل ، D_h بستگی به متوسط سرعت جریان دارد $D_h=\lambda\bar{V}$ که در آن λ مقدار ثابتی است که بین ۰/۳ تا ۰/۵ میباشد .

در تحت شرایط تبخیر ، D_hوD_p بیک میزان تأثیر دارند بنابراین دیفیوژن‌در انتقال املاح مؤثراست . D_p رامیتوان ازرابطه‌ای‌که توسط Kemper وVan Schaik (۸۰) پیشنهاد شده ، یعنی $D_p(\theta)=D_o a e^{b\theta}$ ، تخمین‌زدکه درآن a وb اعداد ثابت هستند ۰/۰۰۱ ــ ۰/۰۰۵ $=a$ برحسب بافت خاک (شنی لوم تارس) و۱۰ $=b$ برای مکشی در فاصله ۰/۳ تا ۱۵ بار است .

۶ـ۳ اصلاح خاکهای قلیائی

۱ـ۳ـ۶ نوع و مقدار مواد اصلاحی

در طول شستشو خاکهای شور که دارای گچ نباشندبطرف‌حالت قلیائیت‌پیش میروند ضمنا" بعضی از خاکها طبیعتا" خودقلیائی هستند . خصوصیت خاکهای قلیائی زیاد بودن سدیم قابل تعویض (بیش از ۱۵ درصد گنجایش تبادلی) و غلظت کم الکترولیت (کمتر از ۴۵ میلی اکوالنت در لیتر عصاره اشباع) میباشد . جهت مقایسه اضافه مینمایدکه‌خاک های شور دارای غلظت ۱۰۰ ــ ۴۰۰ میلی اکوالنت در لیتر عصاره اشباع (برابر ۸ تا ۴۰ میلی موس در سانتیمتر) میباشد .

غلظت زیاد الکترولیت خاکهای شور باعث فلاکوله شدن ذرات خاک میشود بنابر این ساختمان ایجاد شده خوب است و نفوذ پذیری خاک خوب میشود . با تقلیل یافتن غلظت کل املاح ، بعلت تأثیر سدیم ، ذرات خاک از هم پاشیده میشوند و نفوذ پذیری خاک نیز بطور مؤثر کم میگردد . کم شدن ظرفیت نفوذپذیری‌خاک ، ادامه‌عملیات‌شستشو را مشکل میسازد مگر آنکه جهت جابجائی سدیم اضافی اقدامی بعمل آید .

معمولی ترین جابجائی سدیم قابل تعویض ، اضافه نمودن Ca^{++} ویااضافه‌نمودن اسید و یا ماده اسید ساز (سولفور ، سولفات آهن ، آلمونیم سولفات) به خاک می‌باشدکه آهک موجود در خاک را حل نموده و کلسیم را وارد محلول خاک مینماید . ارزان ترین و

متداولترین منبع کلسیم ، گچ ($CaSo_4$ و $2HO_2$) میباشد . در نقاطی که منبع ارزان $CaCl_2$ وجود دارد (مانند نزدیکیهای بعضی از کارخانجات‌شیمیائی) استفاده از این ماده شیمیائی بعلت حلالیت زیاد آن توصیه میشود .

با فرض کمیتی بودن عمل تبادل ، مقدار ۴/۲ تن گچ یا ۲/۷ تن کلسیم کلرید خالص در هر هکار احتیاج است که یک میلی اکوالنت سدیم قابل تعویض در هر صد گرم خاک بعمق ۳۰ سانتیمتر را جابجا نماید و ازآنجاکه تبادل بطورکامل انجام نمیشود مقدار گچ میبایست در ضریب ۱/۲۵ ضرب گردد . سرعت عکس‌العمل گچ بخاطر حلالیت کم آن (کمتر از ۰/۲ درصد در شرایط مزرعه) محدود است بنابراین بیشتر از ۱۲۰۰ متر مکعب آب لازم است که یک تن گچ درجه اعلا راحل نمایدویا ۵۰۰ میلیمتر آب آبیاری لازم‌است که یک میلی اکوالنت سدیم را در عمق ۳۰ سانتیمتری خاک بشورد .

فقط در خاکهای قلیائی و یا شور قلیائی که ESP آن زیاد باشد ، افزودن گچ‌و یا منابع دیگرکلسیم بخاک مؤثراست . براخاکهای شورمعمولا"افزودن گچ دربهبود شستشو مؤثرنیست با وجودیکه مقدار ۲/۵ تن در هکتار گچ درهندوستان‌برای این نوع خاکهانیز توصیه میشود .

آب لازم‌برای‌اصلاح‌خاکهای‌قلیائی‌که‌گچ‌بدانهااضافه‌میشوند ،بمقدارقابل‌ملاحظه‌ای بیشتر از مقدار آب لازم جهت اصلاح خاکهای شور میباشد . وقتی که یک منبع کلسیم با حلالیت زیاد مثل $CaCl_2$ بخاک اضافه شده باشد ، آب‌لازم‌جهت‌شستشوشبیه حالت شستشوی خاکهای شور است یعنی مقدار آن بصورت هم عمق با خاک موردنظراست (عمق آب شستشو برابر با عمق خاک مورد شستشو) .

کشت برنج بصورت گسترده در خاکهای رسی رسوبی استرالیا بعلت آبگذری کم‌خاک قلیائی تحتانی (قلیائی شدید تا متوسط) متداول است . نشان‌داده شده که افزایش۴/۹ تن گچ در هکتار قبل از کشت برنج ، مقدار سدیم قابل تعویض را تا عمق۳۰ سانتیمتری‌کم مینماید . در استرالیا مشخص شده است که برنج اگر خوب جوانه بزند و در زمین مستقر شود در طول اصلاح خاکهای قلیائی کشت خوبی است . گچ بخاطر اصلاح خاک سطحی و کمک بجوانه زدن بخاک اضافه میشود .

هفت هزار هکتار از اراضی پروژه Tolima درکلمبیاقلیائی‌بود($ESP = ۳۴ - ۷۷$) پس از شستشو و اضافه نمودن حدود ۲ تن سولفور در هکتار در دونوبت ، محصول برنج‌از ۷۵ تا ۲۰۰۰ کیلوگرم در همتار به ۵۰۰۰ کیلوگرم در هکتار رسید . پس از ۱۲ ماه زراعت و شستشو مقدار ESP به ۱۰-۶ رسید . هزینه اصلاح در هر هکتار بالغ بر ۱۱۰ دلار گردید .

اغلب خاکهای شور عراق قلیائی نیز هستند تا جائی که ESP بیش از ۵۰ معمولی

است در حالیکه رقم متوسط ۲۰ تا ۲۵ میباشد . این خاکها بهیچوجه خصوصیات خاکهای قلیائی را حتی پس از شستشوئی که جهت اصلاح خاکهای شورانجام میشودنشان نمیدهند نفوذپذیری آنهابا ESP وبافت خاک وفق نمیدهدوارتباط نداردواین امربخاطرغنی بودن خاک ازگچ وکمی SAR ، آبیاری (۰/۲ تا ۱/۰) است . معمولا" خاک بگچ اضافی احتیاج ندارد .

در هندوستان اغلب توصیه عمومی زیر میشود : (الف) افزودن گچ بخاک به نسبت ۱/۲ تن در هکتار ، (ب) افزودن کود دامی به نسبت ۲۲/۵ تن در هکتار و یا سولفور به نسبت ۱۱۴۰–۵۵۴ کیلودرهکتار ، و (ج) افزودن دومین ماده اصلاحی ازقبیل گل فشرده یافضولات آهکی بنسبت ۱۰ –۱۵ تن در هکتار همراه با ۵– ۳ تن‌ملاس درهکتار . درپروژه اصلاح خاک Ranbirpur پنجاب که دارای سیستم زهکشی است‌مقدار۲/۵ تن گچ در هر هکتار مصرف میشود .

اغلب خاکهای قلیائی اسرائیل نیز شور میباشند . با ارتباط بشدت قلیائیت مقدار گچ موجود خاک ، مقدار ۱۰ تا ۲۰ تن گچ بهر هکتار داده میشود . آزمایشات اصلاح خاک دو تا سه سال ادامه داده میشود . در آزمایشات $CaCl_2$ را مصرف نموده‌اندکه نتیجه درخشانی داشته است . این ماده دراسرائیل‌بشکل محلول وبقیمت ارزان‌بصورت ضایعات کارخانجات شیمیائی وجود دارد . در کانادا خاکهاشورقلیائی هستندکه دارای‌گچ میباشند بنابراین هیچگونه ماده اصلاحی بخاک اضافه نمی‌شود . معمولا(شستشو در کرت و در دو فصل انجام میگیرد که مقدار ۷۵۰ میلیمترآب برای‌شستشوی املاح اضافی خاک‌عمق ۱۲۰– ۱۵۰ سانتیمتری بکار میرود . بعضی اوقات مصرف کود دامی یا کود سبز مؤثربوده است . آزمایشاتی هم اکنون در حال اجراست که مواد اصلاحی را باآب آبیاری بخاکهای قلیائی برسانند .

در ترکیه گچ را زمانی که خاک قلیائی دارای‌منبع‌کلسیم‌محلول نیست ویاآب‌آبیاری دارای SAR بالاست مصرف می‌نمایند . سولفور نیز بر ازچندی که خاک دارای مواد عالی زیاد است مصرف میشود . مقدار گچ مورد مصرف معمولا" ۵۰ تن در هکتار است که همراه با ۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰ میلیمترآب شستشو داده میشود . اصلاح خاکهای قلیائی ۳ تا ۴ سال طول میکشد در حالیکه اصلاح خاکهای شور یکسال وقت لازم دارد .

در تونس خاکهای قلیائی از نظر کلسیم محلول غنی است . بنابراین اصلاح تنها با عمل شستشو انجام میگیرد . در کلمبیا (پروژه شماره ۳ آتلانتیک) عرضه ۱۱/۲ تن‌گچ در هکتار همراه با شستشو مقدار محصول را بطور چشم گیر زیاد نمودرحالیکه مقدار۵/۲ تن درهکتار محصول را خیلی کم افزایش داد . در مصر ۲ تا ۳ سال پس از اصلاح وقت لازم است که میزان محصول زراعی بحد قابل قبولی برسد و برای برداشت حداکثر اقتصادی در خاکهای رسی ۵ سال وقت لازم است .

دو دسته خاک قلیائی در روسیه شوروی مشخص شده است ؛ یکی درناحیه چرونوزوم است و بصورت خاکهای سدیم و سدیم سولفات شناخته شده است ودیگری درناحیه‌خشک و نیمه خشک است که خاکهای قلیائی کلریدوسولفات است . گچ برای اصلاح گروه اول‌لازم است در حالیکه بعلت فراوانی کلسیم خاک هیچگونه مقدار گچ برای اصلاح گروه دوم‌لازم نمیشود . حداقل ده سال طول میکشد که نتیجه کاملی ازدادن‌گچ بزمین‌گرفته شود .نتیجه دادن گچ بخاک از روی افزایش زیاد محصول در نقاط مختلفه مشخص میشود . در ناحیه Genichensky در اوکراین افزایش۶/۲،۵ و۴/۳ تن درهکتار بترتیب در محصول سیب زمینی ، کاهو و خیار با ارائه سه تن گچ در هکتار به دست آمد . در ناحیه Sovkhozes در Kiev گندم زمستانه ۵۰ درصد و چغندر قند ۶۳ درصد محصول بیشتری داد . دریک مطالعه آزمایش ازپلیمرها (پلی الکترولیت‌ها) بجای‌کلسیم جهت جانشینی سدیم استفاده شد .

در جمهوری چین مسئله جدی در مورد خاکهای قلیائی وجود ندارد و در جاهائی که مسئله تا حدودی وجود دارد توصیه میشود که گچ، مواد صافی پخت در تهیه قند ، خمیرهای کارخانجات ، و کمپوست بکار میرود . مواد اضافی پخت ممکن است تا۲۵ درصد گچ داشته باشد . شستشو بوسیله بار زدن آب در کرت انجام میشود و ۲ تا ۳ سال وقت جهت اصلاح کامل لازم است .

۲-۳-۶ متدهای کاربرد گچ

گچ در مزرعه براههای مختلف بزمین داده میشود : با آب آبیاری ، پخش‌روی‌سطح خاک ، مخلوط‌کردن با خاک زیر دیسک ، مخلوط‌کردن باخاک بوسیله شخم . متداولترین متدپخش برروی‌سطح خاک است‌که توسط‌کشورهای بلغارستان ، کلمبیا ، مصر ، مجارستان ، هندوستان ، اسرائیل ، جمهوری چین ، ترکیه ، و شوروی گزارش شده است . معمولا" هرچه خاک کمتری با گچ مخلوط شود و یاآنکه اصلا" مخلوط نشودبهتراست . بنابراین زیرنمودن با دیسک بر عمل شخم رجحان دارد . در استرالیا ثابت شده که دادن یکمرتبه ۶/۲ تن گچ در هکتار به خاک فوقانی غیر اقتصادی است . ایده تناوب توسط Quirk و Davidson داده شد که هم اقتصادی و هم مؤثراست . مقدار ۶۳۰ کیلوگرم‌گچ درهکتاردرآب آبیاری حل شد و بزمین داده شد این مقدار برای فلاکوله نگهداشتن خاک سطحی کافی بود و محیط‌را جهت جوانه زدن مساعد نمود . این متد خاکهای رسی خوب عمل نموددرحالی که برای خاکهای شنی متد پخش نمودن بهتراست . در روسیه شوروی نیمی ازگچ راقبل از شخم و نیمه دیگر را در طول کشت بزمین میدهند . عمل دادن گچ را ممکن است با کود و کمپوست همراه نمود .

۶-۳-۳ متدهای زراعی یاری‌دهنده اصلاح

متدهای کشت معدودی توسط کشورهای مختلف جهت کمک و تسریع عمل اصلاح به کار گرفته میشود . متداولترین عمل انجام شخم عمیق مخصوصا" برای اراضی که خاک‌زیرین آنها دارای گچ است میباشد . چنین جابجائی خاک توسط کانادا ، مصر ، هندوستان ، ترکیه و روسیه گزارش شده است . متد همچنین در آمریکا (آیداهو ــ کالیفرنیا) شناخته شده است که در آنجا خاکهای با لکه‌های قلیائی بوسیله شخم عمیق اصلاح گردید . شخم عمیق (تا ۴۰ سانتیمتر) و ایجاد زهکش بطریق حفره‌های مخروطی(mole draining) در عمق ۶۰ سانتیمتر و با فواصل ۲ متری در تسریع حرکت نمک بوسیله شستشوی متناوب در مصر بسیار مؤثر بوده است . بعضی اوقات شن به خاکهای سنگین وسیلت‌رودخانه‌نیل به خاکهای شنی اضافه میشود . در روسیه شوروی ، این عمل‌بنام " اصلاح خودکار " نامیده میشود و در خاکهای قلیائی کلرید و سولفات و خاکهای شورنواحی‌نیمه بیابانی وبیابانی استفاده میشود .

۶-۳-۴ اصلاح با آب رقیق شده دریا

متد دیگر اصلاح خاکهای قلیائی که بتازگی در آمریکا مورد بررسی قرار گرفته رقیق نمودن تدریجی آبهائی است که در ابتدا خیلی شور هستند (مثل آب دریا) . شروع با آبی که دارای غلظت زیاد است آبگذری خاک را همچنان خوب باقی نگه میدارد . این متد رقیق نمودن براساس قاعده ایست که کاتیونهای دو ظرفیتی در نتیجه رقیق نمودن محلول خاک درصدد جابجا نمودن کاتیونهای یک ظرفیتی میشوند (۱۰۰) که قبلا" بدان اشاره شد .

اگر فاکتور رقت $d=\frac{V_w}{V_s}+1$ باشد که در آن V_w حجم آب بدون نمک و V_s حجم آب شور باشد داریم :

$$(SAR)_{dil}=\frac{\sqrt{Na^+/d}}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}\sqrt{1/d}}=(SAR)_o d^{-1/2} \qquad (۶-۱۵)$$

که در آن $(SAR)_{dil}$ و $(SAR)_o$ بترتیب مربوط بمحلول رقیق‌شده و محلول اصلی است .

وقتی آب دریا که دارای $(SAR)_o=۶۰$) است با آب مقطر هم حجم خود (($d=۲$)) رقیق شودمقدار $(SAR)_{dil}$ با مراجعه به فرمول (۱۵ــ۶) برابر۴۲میشود و با رقیق نمودن تدریجی مقدارSARنیز تدریجا" به مقدار کمتر از ۱۰ نزول مینمایدکه در آن حد فرض میشود که خاک اصلاح شده است .

نشان داده شده (۱۰۲) که وقتی نسبت کاتیونهای دوظرفیتی بکل کاتیونها (R) برابر ۰/۲ باشد نسبت عمق آب به عمق خاک شسته شده D_w/D_s برابر۱۵/۳میشود. وقتی $R = ۰/۳$ باشد در نتیجه $D_w/D_s = ۶/۰$ ، وقتی $R = ۰/۵$ ، $D_w/D_s = ۱/۵$ ، و وقتی $R = ۱$ باشد (یعنی آب فقط دارای کاتیونهای دو ظرفیتی باشد) $D_w/D_s = ۱/۲$ میگردد که در اینصورت شبیه اصلاح خاکهای شور است که قبلا" بحث گردید.

در مصر مشخص شده است که شروع اصلاح با آب ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام وتغییرآن تا مرحله آخر با آب با کیفیت بهتر قابل توصیه است.

٤-٦ بررسیهای زهکشی

وقتی از آب شور در آبیاری استفاده میشودبایدتوجه داشتکه به شستشونیز احتیاج است. بدون شستشو، کشاورزی استوار بر آبیاری عملا" پایه دائمی‌نخواهدداشت. جهت یک شستشوی مفید، وضع زهکشی خاک نیز میبایست مناسب باشد. بدون زهکشی طبیعی مناسب و یاسیستم زهکش مصنوعی، عمل شستشو ناچارا" سفره آب رابالاآورده ودرنتیجه خاک شور میشود و تهویه نیزضعیف‌میگردد. درخاکهای رسی‌سنگین، تهویه ضعیف ممکن است در اثر زهکشی نامناسب بوجود آید (حتی بدون آنکه سفره آب بالا رود).

احتمالا" ضعف امکانات زهکشی علت شکست بسیاری از پروژه‌های آبیاری درگذشته بوده است. زیاد شدن شوری در بعضی از پروژه‌های آبیاری استرالیا، کلمبیا، مراکش، پاکستان، سوریه و آمریکا (کالیفرنیا) بعلت عدم زهکشی است. وقتیکه شرایط زهکشی رضایتبخش است (یعنی خاک و اکیوفر در بر گیرنده آب دارای آبگذری خوب باشند یا سفره آب در عمق بسیار پائین قرار گرفته باشد) هیچگونه احتیاجی به زهکش مصنوعی نیست. وقتی که شرایط زهکش طبیعی محدود باشد ویابالاآمدن سفره آب تا ناحیه ریشه قابل پیش بینی باشد، تدارکات زهکشی را میبایستی در سیستم آبیاری و طرح فعالیت های اصلاح خاک در نظر گرفت.

طرح سیستم زهکشی برای پروژه‌های اصلاح اراضی معمولا" قابل مقایسه باطرحی که برای خارج نمودن زه آب معمولی فصل زراعی و یا زه آب مربوط به عملیات شستشوکه در آبیاریهای معمولی فصل دنبال میشود. نیست. وقتی که لازم است یک خاک قبل از عملیات آبیاری اصلاح شود. طرح سیستم زهکشی آن میبایستی چیزی بین دو خواسته (زهکشی برای جمع آوری زه آب اصلاح اراضی و برای زه آب احتیاجات شستشوئی در طول آبیاری ــ مترجم) باشد.

دو نوع سیستم زهکشی شناخته شده است که یکی سطحی و دیگری زیرزمینی است.

قسمت اعظم عملیات زهکش سطحی شامل تسطیح وایجادبعضی‌جویچه‌های کوچک ضروری جهت بحرکت درآوردن سریع آبدوبیها و جلوگیری ازبارزدن آب‌است . این سیستم‌نسبتاً ارزان است و بوسیله اکثر کشورهای گزارش دهنده استفاده شده است (استرالیا ،کلمبیا ، کانادا ، مصر ، یونان ، ایران ، عراق ، اسرائیل ، مراکش ، پاکستان ، پرو ، جمهوری‌چین ، تونس ، ترکیه و روسیه شوروی) .

زهکش زیرزمینی شامل مراحل بیشتری میشود و احتایج به مطالعات اولیه تقریباً قابل توجهی دارد و بستگی فراوانی به‌خصوصیات فیزیکی‌خاک‌دارد . بوسیله این‌سیستم هم آب سطحی و هم آب سفره زیر زمینی کنترل میشود . سیستم زیرزمینی میتواندشامل یکی از سیستمهای کانالهای روباز ، ردیفهای تنبوشه‌ای ((tile)) ، حفره‌های‌مخروطی (mole channel) ویاچاهها باشد . یک‌چنین‌سیستمی میتواند از یک ردیف حائل‌تنها ، (interceptor) ،یک‌زهکش تنهایایک‌چاه‌تنها ،یک‌شبکه ردیفهای‌تنبوشه وحفره‌های‌مخروطی‌عمودبرآن ، یک‌سری ایستگاههای پمپاژ وغیره تشکیل شده باشد .

یک سیستم زهکشی (۲ متر عمق و ۴۹ تا ۹۸ متر فاصله) در پروژه آتلانتیک‌کلمبیا ایجاد شد . شوری که د اثر بالا بودن سفره آب زیاد شده بود با آب باران کم شد .

هرجا که بمناسبت شور بودن آب آبیاری به شستشو احتیاج است اگر سفره آب‌بالا باشد بزهکش چیرزمینهی نیز احتیاج است . در بسیاری از مواد تراوشات کانالهائی که بدون آستر آب را در مزرعه انتقال میدهند دلیل عمده برخاستن سفره آب است . این امر در کشورهای استرالیا ، عراق ، پاکستان ، سوریه ، وکالیفرنیای‌جنوبی (آمریکا) دیده شده است .

طرح سیستم یک زهکش بوسیله سه فاکتور اصلی مشخص میشود : (الف) عمق‌مجاز سفره آب بصورت دائمی و یا موقتی ، (ب) سرعت لازم تخلیه آب های اضافی ، و(ج) خصوصیات فیزیکی خاک .

(الف) عمق سفره آب : عمق مناسب سفره آب بستگی به گیاه وخاک‌دارد .برای نواحی زیر آبیاری در کشورهای خشک و نیمه خشک بهتر آنست تصور شود که آب زیر زیمنی که معمولاً دارای شوری زیادی است نمیبایستی بعنوان یک منبع مستقیم‌آبیاری (آبیاری زیرزمینی) استفاده شود مگر در موارد بسیار مخصوص . بنابراین برای اغلب گیاهان زراعی یکساله ، یک سفره آب عمیقتر از ۱۰۰ سانتیمتردرطول فصل آبیاری‌اجازه رشد معمولی ریشه و تهویه مناسب را در اغلب خاکها میدهد . بالا آمدن سفره آب تا عمق ۳۰ سانتیمتری‌برای‌مدت‌کوتاه بلافاصله پس ازیک‌آبیاری‌نمیبایستی‌چندان‌مضرباشد . برای گیاهان دائمی سفره آب عمیقتر یعنی حدود ۱۵۰ تا ۱۸۰ سانتیمتری لازم است .

در نقاطی که شوری آب زیر زمینی و یا آب آبیاری و یا هر دو زیاد است لازمست

که سفره آب زیر زمینی در عمق بیشتری باشد تا از حرکت املاح بطرف سطح خاک جلو گیری شود و امکاناتی جهت شستشو بوجود آورد . این امر با شرایط شوروی ، ایران ، مجارستان وکالیفرنیای جنوبی آمریکاوفق میدهد . بطوریکه عموم کشورها گزارش داده اند (ضمیمه ۱۴) توصیه‌ها برای عمق زهکش بر روی محدوده ۱ تا ۲ متری با متوسط ۱/۵ متر میباشد .

درمجارستان ، Szaboles وهمکارانش(۱۵) ، متدی راجهت ارزیابی " عمق بحرانی " سفره آب گزارش داده‌اند که خطر حرکت املاح را بطورف بالا کاهش میدهد . در محاسبه فرض شده که غلظت و ترکیب محلول خاک در طول عمل خیز موئینگی تغییر نمیکند و تنها یون متحرک سدیم است . مقدار خیز موئینگی تابع خطی ازفاصله نسبت به سفره آب فرض شد . محاسبه انجام شده براساس تعادل املاحی است‌که درعرض یک دوره ۱۰ ساله وارد و یا خارج میشود ونشان داده شد که عمق بحرانی سفره آب باید بین ۲ تا ۴ متر (برای محدود شوری۱ تا ۸ گرم درلیتر آب زیرزمینی و همچنین شوری اولیه ۰۵/ تا ۰/۲ درصد خاک بالای سفره) باشد .

(ب) جابجائی آب اضافی آبیاری : مقدار آبی که میبایست توسط زهکشها خارج شود بمقدار زیاد بستگی بمقدار احتیاج شستشوئی داردکه جهت‌جلوگیری از زیادتر از مقدار مشخص شور شدن خاک استفاده میشود . ایده احتیاجات شستشو قبلا" موردبحث قرار گرفت و مثال زیر نشان دهنده چگونگی استفاده عملی از آنست .

فرض شود که مقاومت یک گیاه بشوری (C_d) برابر۶ میلی‌موس درسانتیمتر ، هدایت الکتریکی آب آبیاری (C_i) برابر ۲ میلی موس در سانتیمتر و احتیاجات‌آبی گیاه (D_c) برابر ۶۰ سانتیمتر برای فصل زراعی باشد که در ۶ نوبت آبیاری۱۰ سانتیمتری بزمین داده شود . عمق زه آب احتیاجی‌جهت‌نگهداری ماکزیمم‌شوری مجاز در انتهای ناحیه ریشه برابراست با :

$$D_d = \left(\frac{C_i}{C_d - C_i}\right) D_c = \frac{۲}{۶ - ۲} \times ۶۰ = ۳۰ \quad \text{سانتیمتر}$$

بنابراین در هر نوبت آبیاری ۵ سانتیمتر آب از ناحیه ریشه میبایست‌خارج شودو D_i بجای ۱۰ سانتیمتر ۱۵ سانتیمتر گردد . سیستم زهکشی میبایستی بنحوی طرح ریزی گردد که ۵۰۰ متر مکعب آب را ظرف چند روز پس از آبیاری از هر هکتار خارج نماید . بعضی اوقات شستشودرهردویا سه نوبت آبیاری یکبارانجام‌میشودوبتناسب‌درجه‌مقاومت گیاه گذارده میشود که املاح در خاک تا حد معینی متناوبا" تجمع نماید . اگر شستشو بعد از هر سه نوبت آبیاری انجام شود گنجایش سیستم زهکشی اجبارا" زیاد میشود و درمثال قبلی ۱۵ سانتیمتر آب میبایست ظرف چند روز از زمین خارج شود و یا آنکه شستشو رادر

دوره طولانی‌تری بزمین داد که امکان غیر عملی بودن آن‌وجود دارد . بنابراین انتخاب نحوه شستشو نیزبر روی مخارج سیستم زهکشی تأثیر میگذارد .

(ج) خصوصیات فیزیکی‌خاک : مهمترین خصوصیات خاک برای زهکشی ، دو عامل هدایت هیدرولیکی (K) و منافذ آبده ((P)) خاک میباشند . اگر بخواهیم مقدار معینی آب را جابجا کنیم ، هدایت هیدرولیکی وسعت فاصله بین زهکشهارامعین میکند . هدایت هیدرولیکی یک خاک سرعت حرکت آب اشباع درخاک و در تحت یک واحد گرادیان‌است سرعت‌عملی حرکت به طرف زهکش ها عموما" بطور قابل ملاحظه ای کمتر است . هدایت هیدرولیکی حالت اشباع و در نتیجه فاصله زهکشها علاوه بر خصوصیات شیمیائی خاک ((ESP و EC)) بستگی به بافت خاک ، ساختمان و لایه بندی دارد . مقدار آن در خاکهای شنی بیشتر از خاکهای رسی است با وجودیکه یک خاک رسی که خوب اشباع باشد ممکنست دارای هدایت بهتری نسبت به شن باشد . از آنجا که خصوصیات خاک در یک محدوده وسیع میباشند بنابراین فواصل پیشنهادی کشورهای مختلف نیزدرمحدوده وسیع میباشد . اغلب مقادیر در اطراف ۶۰ ــ ۸۰ متر میباشد که بنظر میرسد بطورمتوسط فاصله قابل قبول و مؤثر اقتصادی باشد (ضمیمه۱۴) .

در بعضی حالات که مقدار K بحد کافی بزرگ است و کیفیت آب زیرزمینی در حد قابل قبولی است پمپاژ جهت آبیاری نیز میتواند کار زهکشی را بنماید . این امر در پاکستان ، شوروی و آمریکا انجام میشود . این متد تنها در نقاطی عملی است که بارندگی سالیانه بحدی زیاد باشد که آب زیرزمینی را رقیق نماید . درغیراینصورت افزایش‌غلظت آب زهکشی در یک آبخیز ((Basin)) بسته ، آخرالامر و شاید در زمان نسبتا" کوتاه باعث میشود که آب غیر قابل استفاده شود .

مورد مهم دیگر که میبایستی مورد توجه قرارگیردمسئله خروج زه‌آب است بنحویکه خطر آلودگی محیط‌را ایجاد ننماید . افزایش غلظت آب قسمت انتهائی رودخانه ها در بخش۲ مشخص‌شد .جهت‌غلبه براین‌امر ،زه‌آب باکیفیت‌پرناحیه New South Wales استرالیا بطرف آبخیزهائی هدایت میشود که در اثر تبخیر خشک شوند وآلودگی نمک رودخانه‌ها را تقلیل دهند . راه حل پیشنهادی برای رودخانه‌کلرادو (جریان یافته از آمریکا به مکزیکو) که مرتب شوری آن افزایش مییابد نمک زدائی است .

جهت جلوگیری از اثر آلودگی زه‌آب میبایستی به کنترل عملیات شستشو در طول آبیاری اهمیت زیادی داد . حد اقل مقدار لازم آب شستشو را میبایست بکار برد تاشوری را تا یک حد قابل قبول کنترل نماید . شستشوی اضافی نه تنها هدر دادن آب و منابع مالی است (شستشوی بیشتر ضمنا" احتیاج به امکانات زهکشی بیشتری دارد) بلکه برای مصرف‌مداوم‌آب رودخانه و آبهای زیرزمینی جهت آبیاری مضر است .

۷ـ جوانب اقتصادی آبیاری با آب‌شور

دو جنبه اقتصادی را میتوان در این مورد تمیز داد که یکی مربوط باصلاح خاک‌های شور وقلیائی قبل از کشت است و دیگری استفاده مداوم از آب شور برای آبیاری است .

تنها دو شق ساده جهت جنبه اول وجود دارد که یکی خاکهای اصلاح شده ودیگری اصلاح نشده است . بنابراین تجزیه اقتصادی نسبتا" ساده است . البته امکانات متعددی با توجه بمتد و شدت اصلاح وجود دارد . در ویکتوریا استرالیا یک تجزیه بر روی کسر محصول زراعی بعلت هجوم شوری بعمل آمد و مشخص شد که درآمدمزرعه بعلت‌شوری ۷۳ درصد تقلیل یافت . مخارج اصلاح آن ذکر نگردیده است .

در عراق تجزیه هزینه و درآمد بصورت زیر است :

مخارج

(۱) سیستم زهکشی (سیستم اصلی و زهکشی مزرعه)

(۲) تطبیق سیستم آبیاری

(۳) اصلاح (تسطیح و شستشو)

(۴) بهبود صنعتی (تعلیمات ، خدمات و غیره)

درآمد

(۱) محصول بیشتر گیاهان متداول منطقه و همچنین گیاهان تازه و افزایش اراضی زراعی

(۲) توسعه صنایع وابسته به کشاورزی

(۳) افزایش قدرت خرید زارعین

(۴) بهبود بهداشت و تولیدات کارگران بخاطر بهبود استاندارد زندگی

در سال ۱۹۵۹ شرایط و نتایج بنحوی بود که انتظار میرفت که اضافه محصول گیاه اصلی (جو) در عرض ۷ سال بتواند جبران هزینه اصلاح اراضی (بخصوص زهکشی) را بنماید . برآورد فوق یک تخمین حداقل است و در حقیقت درآمد حاصله بیش ازافزایش محصول جو خواهد بود .

در مصر امکانات اقتصادی یک پروژه به پنج مرحله تقسیم می‌شود (الف) مرحله سازندگی (۲ سال) که در آن هیچگونه درآمدناخالص وجود ندارد ، (ب) مرحله شستشو (۲ سال) که در آن انتظار مقداری درآمد ناخالص وجود دارد که معمولا" کمتر از مخارج است ، (ج) مرحله لبالب (۴ سال) که در آن درآمد ناخالص و مخارج در یک حدودند ، (د) مرحله اقتصادی (۱۰ سال) که درآمد نا خالص ۲۰ تا ۴۰ درصدبیش ازمخارج است ، وبالاخره (هـ) مرحله حداکثر محصول (حداقل ۱۰ سال) که درآن درآمددوبرابر مخارج

است . درطول تمام مراحل شدت اولیه برگشت سرمایه initial rate of return حدود ۱۴ درصد مشخص شده است (۱۲) .

در پاکستان یک مطالعه بر روی ۱۰۷ هکتار اراضی که ۶۵ درصد آن اصلاح ، ۳۰ در صد نیمه اصلاح و ۵ درصد بدون اصلاح بود نشان داد که حتی در اراضی اصلاح شده که محصول بصورت قابل توجهی ازدیاد نموده بود کشاورزی بمقدار زیاد سودبخش نبوده است . در اراضی غیر اصلاح شده و یا نیمه اصلاح شده مخارج چندین برابر برگشت مالی بود . بر اثر اصلاح اراضی ازدیاد محصول گیاهان مختلف بدین ترتیب بود :
برنج ۳۶ درصد ، پنبه ۲۵ درصد ، ذرت ۲۵ درصد ، گندم ۱۸ درصد ، Jowar Bajra و غلات ۳۰ درصد . بطور کلی پس از بهبود وضع محصول مقدار آن برای زراعتهای فوق بترتیب برابر ۱۶۹۰ ، ۵۴۰ ، ۱۳۵۰ ، ۱۰۸۰ و ۶۷۴ کیلوگرم در هکتار بوده است (۳۳) .

در جمهوری چین افزایش محصول در اثر اصلاح اراضی برابر ۲/۵ تا ۳/۰ تن قند در هکتار بوده است .

یک آزمایش شستشو در ایران (کرخه ــ خوزستان) افزایش زیاد محصول را نشان داد . شوری اولیه ۰/۳ تا ۲/۵ درصد در ۱۵۰ سانتیمتر خاک بود که محصولی حدود ۵۴ کیلوگرم در هکتار جو را عاید کرد . در اثر شستشوی این خاک با ۶۰۰ میلیمتر آب محصول ده برابر شد و با ۱۲۰۰ میلیمتر آب ۲۰ برابر (۹۳۳ کیلوگرم در هکتار) گردید . آخرین حد شوری ۰/۲ تا ۰/۴ درصد شد . برای خاک های سنگین استفاده شده در آزمایش فوق هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک شسته شده ۴ تا ۸ میلی موس در سانتیمتر بود (۲۸) .

در سوریه تقلیل فاحشی در محصول پنبه از ۲ تا ۵ تن در هکتار بـــه ۱/۵ تن در هکتار پس از استفاده از آبیاری در اوایل سال ۱۹۵۰ پیش آمد . در دره رودخانه فـرات شوری با شدتهای متفاوتش باعث کمبود ۷۰۰۰۰ تن محصول پنبه در سال شدکه قیمت آن در سال ۱۹۷۰ معادل ۱۷ میلیون دلار آمریکائی گردید (۵۶) .

امکاناتی که بهنگام استفاده از آب شور وجود دارد بسیار پیچیده است و به همین خاطر آنالیز اقتصادی آن مشکل است . بین کیفیت و کمیت آب یک روابط اقتصادی وجود دارد بطوریکه با کم شدن کیفیت (زیاد شدن شوری) بمقدار آب بیشتری جهت شستشـو احتیاج است . مقدار شستشوی لازم در اثر استفاده از آب با شوری مشخص بستگی بـــه دینامیک تجمع املاح در خاک و درجه مقاومت گیاه به شوری دارد . بعضی اوقات بسیار اقتصادی تر است که بهیچوجه شستشوئی انجام نشود چون بارندگی تعادل بین شوری آب و تجمع املاح را بنحو مناسبی بوجود میآورد . امکان دیگر ، نمک زدائی آب‌های نامناسب Brackish یا مخلوط کردن آبها با کیفیتهای بهتراست . دراسرائیل یک مدل اقتصادی جهت ارزیابی آبیاری با آبّ شور پیشنهاد شده است که در آن تجمع املاح در

خاک و عکس‌العمل گیاه مد نظر گرفته شده است .

یک حالت جالب اقتصادی برای استفاده ازآب شوردرزمانی‌که ناحیه از نظر اقلیمی وآب وهوائی مناسب باشدمثل ناحیه آراوا دراسرائیل بدست میآید . ازآنجاکه محصولات ویژه مثل سبزیجات را میتوان خارج از فصل رشد داد بنابراین کم بودن محصول ویازیاد بودن مخارج نمک زدائی ، بعلت شرایط بسیار مناسب بازار ممکنست قابل قبول باشد .

هفتاد درصد از کل آبهای شوری که در حال حاضر در کشاورزی در اسرائیل مصرف میشود (۹۰ میلیون متر مکعب) به حوضچه های مخصوص پرورش ماهـــی فرستاده می‌شود . مقاومت بشوری نوعی از ماهی کاپور ((Carp)) که درحوضچه‌ها پرورش مییابد ۱۲۰۰ پی‌پی‌ام کلر میباشد . اینچنین استفاده‌ای درحال‌حاضردرشرایط اسرائیل‌بسیاراقتصادیتر است . سایر کشورهای گزارش دهنده مستقیما" باین سئوال جواب نداده‌اند .

۸- خلاصه و توصیه کلی ،

جواب بسئوالات بحد کافی نبود که تصویری روشن از وضع شوری در دنیا را ارائه و فاکتورهای مختلف موٴثر در شوری در کشورهای متفاوت را معلوم سازد .

در ذیل کوشش بعمل آمده که مطلب مهم هر بخش استخراج و خلاصه گردد تابتوان یک توصیه کلی برای استفاده از آبهای شور در آبیاری نمودهمانطور که بعضی از کشورهای گزارش دهنده خود توصیه‌هائی نموده‌اند .

۸ـ۱ اطلاعات کلی

یک گزارش تقریبا" کامل در مورد منابع آب و خاک کشورهای مختلف موجود است . بهر حال اطلاعات خیلی کمی در مورد وضع موجود و یا پتانسیل استفاده از آب‌های شور در کشاورزی گزارش شده است . در نتیجه هیچ مدرکی رانمیتوان جهت روشن‌نمودن وسعت و اهمیت آبهای شور در کشاورزی دنیا ارائه داد . درموردوسعت اراضی که از شوری صدمه دیده‌اند اطلاعات بیشتری موجود است . این اطلاعات نشان میدهدکه شوری‌مسئله مهمی در آبیاری است و این امر قبلا" نیز بخوبی مشخص شده بود . بنابراین‌شوری نه‌تنها وقتی آب شور بکار رود ایجاد میگردد بلکه وقتی آبهای تقریبا" خوب را هم بیش ازاندازه بکار برده شود بوجود میآید .

۸ـ۲ کیفیت آب آبیاری

تغییرات زیادی بین کیفیت منابع آبهای دنیا وجود دارد . بطور کلی آب رودخانه ها املاح کمتری نسبت به آبهای زیرزمینی دارند ، آبهای پائین دست رودخانه ها شورتر از آبهای بالادست رودخانه است ، آب رودخانه در بهار دارای شوری کمتری نسبت به پائیز میباشد و آب رودخانه و آب زیرزمینی درنواحی خشک شورترازنواحی مرطوب است .

بخاطر تغییرات زیاد موجود ، نوبتهای برداشت نمونه ، تراکم و متد آنالیز بسیار مهم است . اطلاعات خیلی کمی در مورد متد نمونه برداری شده است در حالیکه فاصله نمونه ها بنظر میرسد که ماهی یکبار باشد . متدهای تجزیه آب و آزمایشات عناصر وواحد های مورد استفاده در تمام دنیا تقریبا" بصورت خوبی استاندارد شده است .

ارزیابی کیفیت آب بستگی به دوفاکتوردارد . غلظت‌کل املاح آب‌آبیاری (TDS) و ترکیبات یونهای ویژه . یونهای ویژه که اهمیتی دارندعبارتنداز :سدیم ،کلرید ،کربنات ها ، بیکربناتها ، و بران .

تعداد معدودی شمای طبقه‌بندی آب براساس شوری‌پیشنهادشده است‌که طبقه‌بندی

آزمایشگاه شوری ایالات متحده در ریورساید کالیفرنیا بیش از بقیه مورد قبول واقع شده است.گ بعضی کشورها (استرالیا ، مصر وهندوستان) این شمای راتاحدودی تغییرداده‌اند تا بشرایط محلی خود تطبیق بیشتری نماید . شمای متفاوت دیگری در شوروی استفاده میشود . تمام شماهای طبقه‌بندی بخاطر خشکی و غیر قابل انعطاف بودن محدودیت‌هائی در استفاده دارند . مناسبت آب تاحدزیادی به شرایط محلی آب وهوائی خاک وتکنولژی زراعت وابسته است . برای این منظور بعضی از کشورها (مصر ، اسرائیل) ازکاربردهرگونه شمای طبقه‌بندی اجتناب می‌نمایند و یک منبع آب را برای هر شرایطی و بنا به چگونگی استفاده از آن ارزیابی مینمایند .

سدیم‌دوگونه خطر دارد : یکی بخاطر شرایط فیزیکی خاک و دیگری بعلت رشد گیاه است . معمولا" مسئله توجه به آبگذری‌خاک درشماهای‌طبقه‌بندی آب درحدکاملا" مشخصی است . در این مورد نیز شمای پیشنهادی آزمایشگاه شوری ایالات‌متحده متداولترین‌است. این طبقه‌بندی تأثیر مهم غلظت کل الکترولیتها را بر روی اثر سدیم در نظرگرفته است . چهار گروه قلیائیت مشخص شده است . بهرحال حدود گروههابستگی به سطح شوری‌دارد هرچه شوری بیشتر باشد خطر سدیم نیز بیشتر است . غلظت سدیم بوسیله نسبت آن به ریشه دوم غلظت کاتیونهای‌دوظرفیتی (SAR) بیان‌میشود .طبقه‌بندی‌شوروی‌براساس نسبت کاتیونهای تک ظرفیتی محلول به دوظرفیتی است .

وجود کربناتها و بیکربناتها درآب خطر سدیم را با رسوب کلسیم از طریق کلسیم کربنات افزایش میدهد . دو سیستم طبقه بندی باتوجه بغلظت‌بیکربناتهادرایالات‌متحده آمریکا پیشنهاد شده است . خطر سدیم و بیکربنات دراغلب کشورهای‌گزارش دهنده غیر از پاکستان چندان عمومی نبوده است .

کلر برای بعضی گیاهان بخصوص درختان چوبی‌سمیت‌دارد . بعضی از شماهای طبقه بندی آب براساس غلظت کلر پیشنهاد شده است . بران برای اغلب گیاهان در غلظت نسبتا" کم سمی است . یکی دو کشور درموردمسائل بران درآب آبیاری گزارش داده اند .

(خاک نیز در مناسب بودن آب تأثیرمیگذاردبطوریکه تجمع املاح وشستشوتاحدودی بستگی به بافت خاک دارد . هرچه گنجایش نگهداری آب کمتر باشد وآبگذری خاک‌بیشتر باشد (خاکهای شنی در مقایسه به خاکهای رسی) شستشو ساده تر است و خطر شوری‌و قلیائیت پائین میآید) چنین تأثیری بوسیله هندوستان ، مصر ، سوریه ،اسرائیل وشوروی گزارش شده است .

(متد انتخاب شده درآبیاری تأثیر شدیدی در شستشو و نحوه توزیع املاح در خاک دارد . آبیاری جوی و پشته‌ای ممکن است منتج به تجمع زیاد نمک بر روی پشته گردد . آبیاری بارانی ممکن است برگ بعضی گیاهان رابسوزاندگرچه درامر شستشو بیش ازآبیاری

سطحی مؤثر است .)

۳-۸ تأثیر شوری آب آبیاری در خاک

با فرورفتن آب آبیاری در خاک وسپس محوشدن آن ازطریق تبخیر ویافروروی‌بیشتر و عمیق ، محلول خاک غلیظ میشود و الکترولیت ها در پروفیل خاک باتوجه بجهت‌حرکت آب بطرف بالا و یا پائین میروند ، املاحی رسوب میکنند و یا حل میشوند ، و عکس‌العمل های تبادلی صورت می‌پذیرد . در نتیجه این اتفاقات ، خصوصیات شیمیائی آب آبیاری بطور قابل ملاحظه‌ای تغییر مینماید . پارامتر مهمی که بشدت در فعالیتهای فوق تأثیر میگذارد نسبت شستشوئی ((LF)) است .

اغلب خصوصیات فیزیکی که در ابتدا تعیین میشوند بقدرت آبشوئی خاک مربوط میشوند (سرعت نفوذ آب ، لایه‌بندی خاک و غیره) . خصوصیات شیمیائی‌مربوط بغلظت کل املاح و ترکیبات آن میشود (EC ، TDS ، Ca ، Mg ، Na ، Cl ، SO_4 ، CO_3 ، HCO_3) . این دو دسته از خصوصیات ، بوسیله اغلب کشورهای گزارش دهنده معین می‌شوند . خطر قلیائیت بوسیله SAR محلول خاک تخمین زده میشود . بعضی از کشورها همچنین ESP را معین میکنند (مصر ، یونان ، اسرائیل ، مراکش ، رودزیا ، جمهوری چین و تونس) .

متدهای تجزیه در سراسر جهان بصورت خیلی‌خوبی استانداردشده میباشد . تأثیر جزوه شماره ۶۰ کشاورزی USDA کاملا" آشکار است . اختلافاتی در بعضی کشورها موجود است که مربوط به نحوه عصاره گیری میگردد . با وجودیکه اغلب کشورها ، از متد عصاره خمیر اشباع استفاده مینمایند بعضی کشورها نیز نسبتهای آب و خاک را مثل ۱:۱ ، ۱:۵ و ۱:۲۰ را ترجیح میدهند . عموما" بیان ترم شوری بصورت هدایت الکتریکی و یا غلظت عصاره اشباع را ترجیح میدهند مگر کشورهای استرالیا ، بلغارستان و شوروی که در صدر برمبنای خاک خشک را مورد استفاده قرار میدهند .

خصوصیات خاکهای تحت آبیاری در کشورهای مختلف بطورآشکاری‌متغیراست همان طور که در داخل هر کشوری نیز متغیر است . بافت بین شن تا رس سنگین متغیر است ، شوری بین مقدار ناچیز در کانادا تا خیلی شور در عراق تغییرمینماید ودرصدسدیم قابل تعویض از خیلی کم در اسرائیل تا مقدار خیلی زیاد در بعضی نواحی استرالیا میباشد .

شماهای متفاوتی برای طبقه‌بندی خاک براساس شوری‌پیشنهادشده واستفاده‌گردیده است . طبقه بندی ایالات متحده با تغییرات خیلی کم در اغلب کشورها استفاده میشود . با توجه باین طبقه‌بندی چهار گروه تشخیص داده شده است : غیر شور وغیرقلیائی ، شور ، قلیائی و شور قلیائی . حدود این گروهها باترمهای EC و ESP معین میشود . شماهای

دیگر بوسیله استرالیا ، عراق (بر اساس درصدنمک درخاک) وسمینارشوری فائو (۱۹۷۰) پیشنهاد شده است .

ارائه آب شور بیک خاک غیر شور همیشه باعث افزایش شوری خاک می‌گردد . این افزایش ممکن است دائمی‌باشد چنانچه در عراق ، کلمبیا ، پاکستان ، استرالیا ، سوریه ، هندوستان‌و شوروی اتفاق افتاده است یا فصلی باشدکه درطول فصل آبیاری‌شوری افزایش میابد . مانند کشورهای کانادا ، یونان ، اسرائیل ، جمهوری چین ،ترکیه وشوروی .افزایش دائمی معمولا" بخاطر بالاآمدن سفره آب و زهکشی نامناسب است . زهکشی در بعضی از این کشورها پس از ظهور مشکل ایجاد میگرددکه منتج به بهبود شرایط خاک میگردد . در بعضی حالات مانند پاکستان افزایش شوری بجای آنکه اضافه آبیاری‌باعث آن باشدبخاطر کافی نبودن آبیاری و شستشو میباشد . وقتی که سفره آب زیرزمینی بعلت اضافه آبیاری بالا میآید معمولا" شوری آن نیز افزایش میابد ، بنابراین آبهای زیرزمینی که قبلا" مورد استفاده آبیاری قرار میگرفت ممکن است غیر مناسب گردد .

خصوصیات فیزیکی خاک از قبیل گنجایش نفوذ پذیری و خلل و فرج خاک ، به علت افزایش ESP ممکن است تخریب گردد (کانادا ، کلمبیا ، یونان ، پاکستان و شوروی) و با افزایش مواد آلی و مواد متعلق در آب آبیاری بهبود یابد (مصر ، عراق و شوروی) ویا اصلا" تغییر نکند (ترکیه و اسرائیل) .

۸ـ٤ تأثیر شوری آب آبیاری در گیاهان

رشد گیاه بطور مستقیم تحت تأثیر شوری خاک و بطور غیر مستقیم‌تحت تأثیرشوری آب آبیاری است . با این وجود اغلب کشورها عکس‌العمل گیاه رانسبت بشوری آب‌آبیاری گزارش داده‌اند . این امربخاطرآنستکه درتحت‌شرایط عادی آبیاری مقدارقابل‌ملاحظه ای شستشو در طبقه فوقانی خاک که محل تراکم ریشه‌ها است صورت‌میگیردکه در نتیجه شوری خاک فوقانی بستگی زیادی به شوری آب آبیاری پیدا مینماید .

فقط چند کشور معدود اطلاعات محدودی درموردمقاومت‌گیاه نسبت‌بشوری و آنالیز شیمیائی گیاه داده‌اند . کاملترین اطلاعات مربوط به رابطه محصول با شوری خاک توسط آزمایشگاه شوری ایالات متحده تهیه شده است که دردنیابطور عموم موردقبول واقع شده است . بعضی کشورها گزارش محصول رضایتبخشی را به هنگام استفاده از آب خیلی‌شور داده‌اند . بهرحال مشخص نکرده اند که شوری خاک به هنگام رشد گیاهان مورد بحث چه مقدار بوده است . همچنین مشخص نشده که رابطه ارقام گزارش شده محصول با میزان محصولی که میتواند در شرایط مناسب (نه متوسط محصول) بدست آید چه بوده است . (وقتی محصول بدست آمده در شرایط شور با متوسط محصول مملکت که شامل زراعت‌های

خوب و بد با هم میشود مقایسه گردد رقم به دست آمده از شرایط شور خود را زیادنشان میدهد ــ مترجم) .

سیستم آبیاری ممکن است تأثیر زیادی بر روی عکس‌العمل گیاه داشته باشد . جذب توسط برگ درختان وقتی که آب آبیاری بارانی بر روی شاخه‌ها میریزد یکی ازاین‌تأثیرات است (استرالیا ، اسرائیل ، قبرس) . آبیاری قطره‌ای محدودیتهای استفاده از آب شور را با ایجاد مناسبترین شرایط خاک برای ریشه و رشد گیاه با توجه بشستشوی املاح و رطوبت موجود درخاک کم مینماید .

۵ـ۸ اصلاح خاکهای شور و قلیائی

شرایط ایجاد شوری ممکن است در خاک ذاتی باشد و یا ممکن است با استفاده از آبهای نامناسب و وضع بد زهکشی ایجاد شده باشد . چنین شرایطی میبایستی‌قبل ازآنکه مزرعه به زیرکشت اقتصادی درآید برطرف گردد .

تنها راه عملی کم نمودن شوری ، راندن املاح به منطقه پائین تر از ناحیه ریشه است . اصلاح ممکن است توسط کشت گیاهان نیز همراهی گردد . اغلب کشورهای گزراش دهنده باین متد متوسل شده‌اند که بخاطر جنبه‌های اقتصادی آن بوده است . از نظر اقتصاد بهتر آنست که بمجرد کم شدن شوری از حد بسیار زیاد اولیه ، درآمدی نیز از زمین حاصل آید . برنج یک گیاه بسیار متداول است که در طول اصلاح خاک بکار می‌رود (مصر ، ترکیه ، جمهوری چین و پاکستان) ولی علوفه ولگومینوزنیزمتداول اند (استرالیا ، عراق ، کانادا ، اسرائیل) .

مقدار آب لازم جهت شستشو و نهایت درجه‌ای از شوری که خاک تا آن حد شسته خواهد شد بستگی به شوری اولیه خاک ، کیفیت آب شستشو ، متد شستشو ، عمق موردنظر شستشو ، رطوبت خاک و خصوصیات فیزیکی خاک دارد .

کیفیت آب شستشومقدارحداقل ممکن شوری‌خاک راپس ازشستشو معین مینماید . در اغلب کشورها ، آب آبیاری رانیزبرای شستشومصرف‌مینمایند وامکان انتخاب‌نوع‌بخصوصی آب برای اصلاح وجود ندارد . متداولترین متد آبیاری که استفاده میشود غرقابی است . در تحت مداوم بطور متوسط یک واحد عمق آب بنحوی عمق برابری از پروفیل خاک را شستشو میدهد که ۸۰ درصد املاح اولیه آن خارج میگردد . راندمان شستشو با استفاده‌از متدی که بتواند رطوبت خاک را در طول شستشو در حد کمتر از اشباع نگهداردممکن‌است زیاد شود . غرقاب متناوب یکی از متدهائی است که در کشورهای مصر ، ترکیه ، تونس ، آمریکا و شوروی مورد استفاده قرار میگیرد . متد دیگری که در اسرائیل و قسمتی از آمریکا عمل میگردد شستشو با آبیاری بارانی است . سیستم بارانی برای شستشوی خاک به‌بیشتر

از ثلث آبی که در غرقاب مداوم مصرف میشود احتیاج ندارد . ازطرف دیگربعلت سرعت کم حرکت آب در خاک ، عملیات شستشو در متد بارانی احتیاج بزمان بیشتری دارد .

(عمق توصیه شده جهت اصلاح با توجه به نوع گیاه بین ۵۰ تا ۲۵۰ سانیتمتر توصیه شده است . عموما" طرز کار بدین نحو است که شستشوی اولیه را برای یک عمق کم شروع میکنند و در طول رشد گیاه عملیات شستشو را ادامه میدهند)

روابط متفاوت شستشو توسط کشورهای مختلف پیشنهاد شده است . درتمام این روابط مقدارآب داده شده وزه آب گرفته شده از خاک به شوری اولیه خاک (ویا شوری آب آبیاری) و شوری انتهائی بستگی دارند . این روابط جهت پیش بینی تخمینی شستشومفید میباشند . از لحاظ عملی باید گفت که هنوز بهتر است که یک منحنی شستشورا ابتدا تهیه نمودسپس در مناطق وسیعتر شستشو را بر اساس آن ادامه داد .

برای اصلاح خاکهای قلیائی شستشو بتنهائی کافی نیست و لازمست که یک نوع ماده اصلاحی نیز بخاک اضافه گردد تا سدیم قابل تعویض را بوسیله کلسیم قابل تعویض جابه جا نمود . متداولترین نوع مواد اصلاحی مصرفی گچ ($(CaSo_4)$) می باشد که در هندوستان ،استرالیا ،مجارستان ،اسرائیل ، ترکیه ، کلمبیا ، شوروی وآمریکا استفاده میشود. مقدار گچ مصرفی در هر هکتار بین ۲/۵ تا ۵۰ تن متغیر است که بستگی به مقدار سدیم قابل تعویض دارد از نظر تئوری ۴/۲ تن گچ درجه یک لازمست که یک میلی اکوالنت سدیم قابل تعویض در ۱۰۰ گرم خاک رابعمق ۳۰ سانتیمتری سطح خاک براند . بخاطر حلالیت کم گچ ، مقدار ۵۰۰۰ متر مکعب آب در هر هکتار لازمست تا تمام سدیم را بشورد (برای راندن هر میلی اکوالنت سدیم در ۱۰۰ گرم خاک به عمق ۳۰ سانتیمتری سطح زمین مقدار ۵۰۰۰ متر مکعب آب در هر هکتار که معادل ۵۰ سانتیمتر آب است لازم میباشد ــ مترجم) در تحت بعضی شرایط خاکهای قلیائی (عراق ، تونس) که یک منبع کلسیم حلال بسادگی در دسترس خاک است ، هیچگونه افزایش مواد اصلاحی بخاک لازم نیست . بهترین متد عرضه گچ بخاک ، پخش آن بر روی سطح خاک و سپس اختلاط آن با خاک بوسیلــه دیسک است .

بعضی اوقات از عملیات زراعی نیز جهت کمک به اصلاح استفاده میشود . افزایش کود دامی بخاک در پاکستان و هندوستان متداول است . شخم عمیق مخصوصا" در جائیکه خاک زیرین دارای گچ است در بعضی نقاط انجام میگیرد (مصر ، هندوستان ، ترکیه ، شوروی ، آمریکا) . در تمام حالات اگر زهکش طبیعی ضعیف است اراضی میبایستی زهکشی گردند . ضعف امکانات زهکشی علت شکست بسیاری از پروژه های آبیاری در دنیا بــوده است (پاکستان ، سوریه ، عراق ، آمریکا) . بعضی اوقات زهکش سطحی کافی است ولــی اغلب زهکش های زیرزمینی (کانال و یا تنبوشه) میبایستی تعبیه گردد . زمانیکه تراوش

از کانال علت اساسی مسئله است (استرالیا ، عراق ،پاکستان ،سوریه ، آمریکا) ،یکزهکش حائل ممکن است مؤثر باشد .

عمقی که در آن سطح سفره آب میبایستی ثابت نگهداشته شود بستگی بمقدارخطری دارد که از حرکت بالا رونده املاح متوجه میگردد . محدوده عمق توصیه شده ۱ تا ۲ متر با متوسط ۱/۵ متر است . اغلب کشورها توصیه ۶۰ تا ۸۰ متر برای فاصله بین زهکشها داده‌اند که بنظر میرسد (بدون توجه بشرایط مختلف) یک فاصله مؤثرواقتصادی باشد . بهرحال توصیه بین ۱۵ تا ۱۲۰ متر میباشد .

۶ـ۸ جوانب اقتصادی آبیاری با آب‌شور

اطلاعات بسیار کمی از طرف کشورهای گزارش دهنده در مورد این جنبه از شوری دریافت شده است . این امرموردقبول است‌که هرجا شوری مسئله اساسی‌منطقه است اصلاح خاک شور و یا قلیائی اگر بطریق صحیح انجام‌گیرداقتصادی خواهدبود . پولی که بوسیله اضافه محصول بازمیگرددجبران‌مخارج رامینماید (استرالیا ، ایران ، عراق ، مصر ،سوریه ، جمهوری چین) . در پاکستان بخاطر آنکه سایر شرایط کشاورزی محدوداست اصلاح همیشه اقتصادی نیست .

ارزیابی اقتصادی استفاده از آب شور برای آبیاری بستگی بمقدار افزایش آب‌جهت شستشو ، کسری محصول و مخارج اضافی ایجاد زهکش دارد . یک‌تجزیه وتحلیل اقتصادی آبیاری با آب شور در اسرائیل و در آمریکا بعمل آمده است .

پیشنهادات ، :

توصیه‌های عمومی که توسط بعضی کشورها شده بشرح زیر است

مصر : (۱) برای خاک های مناسب آب‌های مناسب توصیه میشود گرچه انتخاب‌آب آبیاری بیشتر بستگی به دسترسی به آب دارد تا به نوع کیفیت آن (۲) داده‌های اساسی که قبل ازآبیاری میبایستی جمع‌آوری گردد عبارتنداز کمیت وکیفیت آب‌موجود ،خصوصیات فیزیکی و شیمیائی خاک مورد آبیاری و امکانات زهکشی (۳) وقتی آب آبیاری شور است گیاهانی همچون پنبه ، برنج ، برسیم ، گندم و نیشکر کشت گردد .

استرالیا : (۱) تسطیح دقیق اراضی آبیاری لازم است . وقتی که اراضی مسطح نباشند آب فراوانی بنقاط پست رانده میشود که در نتیجه سفره آب بالا میآید و شوری ایجاد میگردد همچنین آب کم بنقاط مرتفع میرسد که باعث کم‌شدن تأثیرشستشومیگردد (۲) نوارهای آبیاری میبایستی دقیقاً" در مورد پهنا و پیب طرح ریزی گردد برای شیب ۰/۲۵ درصد پهنای زمین می‌بایستی ۲۰ متر ، برای ۰/۴ درصد ۱۱ متر و برای شیبهای تیزتر ۷ متر باشد . خاکهای بانفوذپذیری کم‌سطح طولانی‌تری (۲۴۰متر) بایستی

داشته باشند (۳) آبیاری میبایستی بر اساس احتیاج آبی گیاه داده شود و آبی که LR گیاه را تأمین کند بدان اضافه شود (۴) گنجایش نگهداری آب خاک میبایستی معین‌شود و آبیاری بر اساس آن وبادرنظرگرفتن راندمان آبیاری، ترکهای خاک وغیره انجام شود.

کانادا : ناحیه دشت بزرگ جنوبی : (۱) دراراضی خوب آبیاری ودرتحت شرایط معمولی که آب کافی جهت تأمین احتیاجات گیاه داده میشود تنها ۱ یا ۲ درصد شستشو لازم است. در خاکهای شور و یا قلیائی، زهکشی برای شستشوی اولیه ضروری است. در حالیکه خاکهای شنی ۲ تا ۳ سال طول میکشدبرای‌خاکهای‌سنگین یخچالی(Glacial till) توصیه شستشو نمیشود (۲) در خاکهای خیلی شور از((tall wheat grass))میتوان استفاده کرد. گیاهان را بر اساس تعیین قبلی EC ، SAR ، عمق آب زیر زمینی و همچنین مقاومت نسبت بشوری و یا قلیائیت میتوان انتخاب نمود (۳) بدنبال اصلاح، سطح آب زیرزمینی میبایستی در دوره‌های معین کنترل شود (حد اقل ۲ مرتبه درسال). در کلمبیای انگلستان بندرت بشوری توجه میشود.

مجارستان :بررسی امکانات‌آبیاری‌دشت‌مجارستان براساس مشخصات زیراست (۱) اراضی که میخواهد آبیاری گردد بایستی دارای کیفیت خوب آب باشد (۲) انتظار هیچ گونه تغییر قابل ملاحظه ای در شرایط خاک در نتیجه آبیاری نرود . افزایش سفره آب نمیبایستی بیش از ۲ متر (شاید ۲/۰ متر باشد ــ مترجم) از انتظار قبلی بیشتر باشد. اگر مقدار نمک آب زیر زمینی از ۰/۵ گرم در لیتر کمتر باشد اهمیتی ندارد که سفره آب در چه عمقی است. اگر مقدار نمک بین ۰/۵ تا ۱ گرم در لیترباشدسفره آب بایستی در عمق کمتراز۲ مترباشدوچنانچه مقدارنمک‌بین۲ــ۱ گرم درلیتر باشد عمق سفره آب نباید کمتر از۳ــ۲ متر باشد این مشخصات در ناحیه فلات شنی واقع بین رودخانه‌های دانوب و Tisza پیاده شده است. این مشخصات در اراضی که جهت علوفه نمک دوست و یا کشت برنج در نظر گرفته شده است پیاده نمیگردد.

ایران : (۱) از مزارع زارعینی که عملا" آب شور رابکارمیبرند اطلاعات میبایستی جمع آوری شود (۲) ترجیح داده میشود که عصاره از محدوده رطوبتهای مزرعه گرفته شود تا از خمیر اشباع (۳) آبیاری با آب شور نمیبایستی در مزارعی‌که وضع زهکشی آنها فقیر است انجام گیرد (۴) در جاهائیکه Nacl در ترکیبات نمک آب و خاک غالب است (مثل ایران) غلظت کل و یا EC برای مشخص نمودن صدمات شوری کافی‌نیست ترکیبات ویژه نیز میبایستی مورد توجه قرار گیرد (۵) ESP به تنهائی جهت‌مشخص نمودن و طبقه بندی خاکهای قلیائی ایران کافی نیست.

عراق : قبل از آنکه عملیات اصلاح اراضی در یک ناحیه شور شروع گردد تمام نقشه ها، گزارشات و سایر داده‌های موجود میبایستی جمع آوری گردد. از روی این نقشه‌ها، و

گزارشات ارزیابیهای زیر میبایستی انجام گیرد : کمیت ، کیفیت و فصل دسترسی به آب ، شرایط سفره آب ، کیفیت آب زیر زمینی و شرایط فیزیکی و شیمیائی خاک (عمق ،آبگذری ، TDS ، ESP ، احتیاجات‌گچی ، آهک ،کاتیونها‌وآنیونهای‌محلول وعناصر سمی) . پس از اصلاح ، سفره آب میبایستی در سطحی عمیقتر از ۱ متر نگهداری شود .

اسرائیل : (۱) قید و شرط بخصوصی در استفاده ازآب شوردرخاکهای سبک با زهکش مناسب وجود ندارد . تنها فاکتوری که معین مینماید چه کیفیت آبی میبایستی‌مصرف شود درجه مقاومت بشوری گیاه است (۲) وقتی که آب دارای SAR زیادی‌است ،میبایستی گچ در همان اوایل بخاک اضافه گردد تا خصوصیات فیزیکی خاک خراب نشود (۳) وقتی‌که به شستشوی اولیه احتیاج است معادل مواد غذائی شسته شده میبایستی‌قبل ازکشت بزمین برگردانیده شود تا حاصلخیزی خاک آن احیاء گردد (۴) در خاکهائی که مواد آلی آنها زیاد است از آب با شوری نسبتا" زیاد (EC برابر ۳/۵ تا ۵/۵ میلی موس در سانتی متر) ممکن است استفاده شود .

جمهوری چین : (۱) قبل از اصلاح خاکهای شور میبایستی امکانات زهکشی بوجود آید . بهبود اراضی تخریب شده تنهاپس ازمطالعه علت‌تخریب‌صورت گیرد (۲) اطلاعات اولیه که احتیاج است جمع آوری گردد عبارتند از : خصوصیات فیزیکی و شیمیائی خاکها (گنجایش نفوذ پذیری ، جذب رطوبت ، بافت ، ساختمان ، CEC ، ESP ،کربناتها احتیاجات گچی ، بران ، مواد آلی و غیره) ، شرایط‌آب و هوائی (بارندگی و تبخیر) و درجه مقاومت گیاهان (۳) در اراضی شرکتهای تعاونی قند جمهوری چین به نظر میرسدکه نیشکر برای کنترل شوری‌مناسبترین است . برنج گیاه خوبی‌است‌که درتناوب‌زراعی گنجانده شود (۴) تغییرات درخصوصیات‌خاک وکیفیت آب آبیاری‌میبایستی مرتب (حداقل‌سالیانه) مشخص گردد .

شوروی : (۱) آبهای شور زیرزمینی و زه آبها با رعایت جزم و احتیاط ممکن است که برای آبیاری مورد استفاده قرار گیرد (حداکثر غلظت نمک ۵ گرم در لیتر) . در خاکهای سبک و زهکشی شده با مقایسه به خاکهای سنگین بازهکش‌ضعیف ، آبهای شورتری رامیتوان بکار برد (۲) وقتی که از آب شور استفاده میشود عملیات شستشو را همیه میبایستی به کار برد . مقدار آب شستشو برای خاکهای سبک ، متوسط و سنگین میبایستی بترتیب ۱۱۰—۹۰ میلیمتر ، ۱۲۰ —۱۱۰ میلیمتر ، و ۱۵۰ — ۱۲۰ میلیمتر باشد (۳) ترکیبات آب‌میبایستی‌مد نظر گرفته شود ، مشخص شده که سدیم و کلر سمی ترین یونهای گیاهان اند (۴) آبیاری با آب دارای SAR زیاد احتیاج به دادن گچ ، سولفوریااسیدهای قوی دردوره‌های مشخص است .

ادامه صفحه ۶۸

۱	۲	۳	۴	۵
ایران		کامل + برآن	استاندارد	میلی‌اکوالنت درلیتر، میلی‌موس درسانتیمتر، میلی گرم در لیتر
اندونزی	برای یك سال بطور ماهیانه و در مواقع دیگربطوراتفاقی	کامل	استاندارد	میلی گرم در لیتر
اسرائیل	دربررسیهای شوری۴مرتبه‌درسال	کامل برای نمونه برداری اول و چهارم-Ca+Mg ،Na،Cl،EC برای نمونه برداری دوم وسوم	اصلاح‌شده	میلی‌اکوالنت‌درلیتر، میلی‌موس درسانتیمتر
جمهوری کره	درسیستم‌انتقال‌ملی آب‌بطوردائمی درمنابع کوچکتر آب‌بطورپراکنده سه‌بار درسال (۱۹۶۶-۱۹۷۲)	Cl و EC کامل کامل +B وFe	اصلاح‌شده	میلی موس در سانتیمتر ، میلی گرم درلیتر، میلی‌اکوالنت درلیتر
مراکش	هرهفته‌دومرتبه‌درطول‌فصل آبیاری	CO_3،Cl،SAR،EC		میلی‌اکوالنت‌درلیتر، میلی‌موس درسانتیمتر
پرو	فصلی‌ویا ماهیانه	کامل + بعضی‌اوقات B	اصلاح‌شده	
جمهوری چین	۱۰ نمونه در دوسال	کامل + B,SO_4,NO_3,Si	اصلاح‌شده	
رودزیا	ترکیب نمونه های روزانه برای تجزیه ماهیانه بوسیله دست		اصلاح‌شده	
تونس	فصلی		اصلاح‌شده	
ترکیه	ماهیانه درطول ۱۹۵۹-۱۹۶۳	کامل‌درسالهای ۱۹۶۲-۱۹۶۳	اصلاح‌شده	
شوروی	قبل‌ازآبیاری و۲ تا۳ دفعه‌درطول فصل	کامل	اصلاح‌شده	میلی‌اکوالنت درلیتر، گرم درلیتر

* یك تجزیه‌کامل‌شامل: Ca^{++} ، Mg^{++} ، Na^{+} ، Cl^{-} ، SO_4^{--} ، HCO_3^{-} ، CO_3^{-} ، ECi و(یا) TDS

خلاصه روشهای نمونه‌برداری و تجزیه آب آبیاری

کشور	دوره و تکنیك نمونه‌برداری	اجزاء تجزیه	روش تجزیه	بیان نتایج
۱	۲	۳	۴	۵
مصر	ماهیانه بطری‌های پلاستیکی یك لیتری استفاده میشود	کامل	استاندارد	پی‌پی‌ام یامیلی‌اکوالنت‌درلیتر
استرالیا	ماهیانه	EC،Cl،TDS (بعضی اوقات کامل)	استاندارد	میلی‌موس درسانتیمتر، میلی گرم درلیتر
بلغارستان	چندین نوبت در سال برای آب سدهای بزرگ	کامل* + K^+	استاندارد	گرم درلیتر، میلی گرم درلیتر، درصد
کانادا				
۱- Br-columbia	نمونه‌برداری در دونوبت درسال های ۱۹۵۶ و۱۹۵۸بوسیله دست	کامل + PHوتلاطم	استاندارد	
۲-S.Gr. Plains	یك یادومرتبه درسال	کامل + هراز گاهی Mn,Fe O.M. ,Zn	استاندارد	میلی‌موس درسانتیمتر، پی‌پی‌ام
۳- Ontario	هراز گاهی‌درطول۱۸ سال گذشته	EC	استاندارد	میلی‌موس درسانتیمتر ، میلی‌اکوالنت درلیتر
کلمبیا	دوره‌های متغیر۱۵ روزه‌تایکساله	کامل + بران	استاندارد	میلی‌موس درسانتیمتر، میلی‌اکوالنت درلیتر پی‌پی‌ام
یونان	۶۰۰۰ نمونه درسال	کامل	استاندارد	
هندوستان	ماهیانه ـ وسط رودخانه، ۱۵ تا ۲۰ سانتیمترزیر سطح آب	کامل + NO_3 ,Fe,K	استاندارد	میلی گرم درلیتر

کشور	منبع آب	کل املاح mg/l	غلظت اجزاء (میلی اکوالنت درلیتر)							SAR	EC میکروموس درسانتیمتر
			Ca	Mg	Na	K	Cl	So_4	HCo_3		
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
جمهوری‌عربی‌مصر	آب‌زیرزمینی وآب‌نیل	۲۰۰۰ــ۵۰۰	۱/۰۵	۰/۷۵	۰/۷۹		۰/۳۲	۰/۲	۲/۲۰		
استرالیا	رودخانه مورای (منبع)	۳۲	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۲۶		۰/۱۸	۰/۰۳	۰/۳۲	۰/۶	
	رودخانه مورای (انتها)	۳۴۲	۰/۸۰	۱/۲۵	۳/۶۵		۳/۸۳	۰/۶۵	۱/۲۵	۳/۶	۵۷۰
	آب زیرزمینی	۱۲۱۰۰ــ۶۶۰	۱/۲ــ۱۵/۲	۲/۷ــ۳۲/۵	۶/۶ــ۱۵۷/۳		۲/۸ــ۱۳۸/۰				
	آب‌زیرزمینی	۱۳۲۰ــ۳۸۰	۰/۶ــ۱/۹	۱/۴ــ۵/۱	۴/۳ــ۱۴/۹		۰/۵ــ۱۲/۵				
بلغارستان	آب رودخانه	۶۸۸ــ۰۷	۰/۲۰ــ۴/۴	۰/۳۷ــ۱/۱۳			۰/۰۵ــ۲/۲۶	۰/۱۰ــ۱/۹۲	۰/۳۰ــ۸/۰		
	آب سد	۴۹۰ــ۳۵	۰/۲۵ــ۱۴/۷	۰/۶۸ــ۱۰/۱	۰/۱۹ــ۱۵/۷		۰/۰۸ــ۱/۵۹	۹ــ۱۲/۶۷	۰/۷۵ــ۴/۱		
	آب زیرزمینی	۲۴۳۷ــ۵۲	۰/۸۰ــ۴۳/۶	۰/۴۰ــ۹/۲	۰/۲۵ــ۴۸/۰		۰/۲۶ــ۴۶/۴	۱۲ــ۵۹/۶۰	۱/۳۰ــ۱۱/۹		
کانادا	آب رودخانه	۵۰۰ــ۲۰۰	۳/۶	۰/۷	۰/۴			۱/۲	۳/۲	۰/۳	۸۰۰ــ۳۰۰
کلمبیا	رودخانه ماگدالنا (ابتدا)		۰/۷۲		۰/۱۰		۰/۰۷	۰/۰۵		۰/۱۶	۸۳
	رودخانه‌ماگدالنا (انتها)		۱/۳۳		۰/۲۷		۰/۱۸	۰/۲۹	۰/۹۶	۰/۳۳	۱۶۰
	رزروارگوآجارو (تابستان)		۲/۳۲		۱/۰۴		۰/۸۹	۰/۶۹	۱/۷۸	۰/۹۶	۴۱۰
	رزروارگوآجارو (زمستان)		۱/۹۱		۰/۷۹		۰/۶۴	۰/۲۸	۱/۷۸	۰/۸۳	۳۲۰
هند	آب زیرزمینی (پنجاب)		۸/۲۰ــ۴/۶۰		۱۸/۵ــ۳/۱۰		۱۰/۷ــ۲/۵۰		۱۰/۱۵ــ۶/۶۳	۹/۱۴ــ۱/۷۱	۲۲۷۰ــ۷۷۰
	(اوتارپارداش)		۲/۵۰ــ۲/۱۰	۵/۸ــ۱/۵	۱۱/۹ــ۱/۵	۰/۷۷	۵/۴۱ــ۰/۳۹	۲/۲۱ــ۰/۷۳	۱۰/۵ــ۳/۷	۷/۲۱ــ۱/۱۹	۲۱۴۰ــ۴۶۰
اندونزی	رودهای جاوا	۴۰۷ــ۲۰	۹۶/۵ــ۲/۱	۴۵/۵ــ۰	۶۰/۰ــ۱/۶	۴۵ــ۱/۰	۵۴/۹ــ۱/۳	۷۸/۴ــ۰	۳۲۸ــ۱۴	۲/۲ــ۰	۶۴۷ــ۳۰
	رودهای کالیمانتان	۴۵ــ۱۱	۳/۵ــ۲/۰	۱/۳ــ۰/۴	۲/۸ــ۱/۰	۱/۰ــ۰/۵	۷/۸ــ۳/۷	۷/۰ــ۲/۴	۱۹/۵ــ۴/۹	۶/۳ــ۰/۱	۴۶/۱ــ۱۷/۵
ایران	زرینه رود	۵۶۰ــ۱۸۰	۳/۲ــ۱/۴	۱/۶ــ۱/۴	۲/۴ــ۰/۴۵		۱/۸ــ۰/۳	۱۰/۵	۳/۹ــ۲/۴	۱/۷ــ۰/۳	۷۸۰ــ۲۸۰
	آب زیرزمینی	۱۵۰۰ــ۵۰۰									
	آب چاه	۴۰۰۰	۵/۰	۲۶/۴	۳۳/۰		۲۴/۷	۳۹/۲	۳/۹	۸/۳	۶۵۰۰
عراق	آب دجله (بغداد)		۱/۶	۲/۴	۲/۸		۰/۹	۵/۶	۰/۸	۰/۳	۳۸۷
	آب فرات (یوسفید)		۲/۴	۰/۸	۰/۹		۱/۲		۱/۶	۰/۹	۴۲۰
	آب زیرزمینی (بغداد)		۱/۶	۴/۰	۸۴/۲		۶/۳	۴۲/۰	۳۳/۷	۵۲/۰	۶۰۰۰
اسرائیل	رزروار کنیرت	۶۳۶	۲/۲۴	۲/۴۵	۵/۶۴	۰/۱۵	۶/۶	۱/۲۱	↑ ۲/۳۸		↑ ۱۰۶۰
	آب‌زیرزمینی (شور)	۲/۳۰۰	۵/۹۷	۵/۸۸	۲۰/۷	۰/۴۱	۲۸/۴	۶/۳۵	۴/۶۸	۸/۹	۳۷۰۰
جمهوری کره	آب رودخانه	۷۶	۰/۵۱	۰/۳۱	۰/۳۴	۰/۰۵	۰/۲۹	۰/۱۸	۰/۶۸	۰/۵۳	۱۳۰
	آب رزروار	۴۷	۰/۲۵	۰/۱۶	۰/۲۸	۰/۰۴	۰/۲۹	۰/۱۵	۰/۳۹	۰/۶۲	۷۲
	آب زیرزمینی	۲۹۱ــ۱۰۴	۰/۸۰	۰/۶۳	۰/۹۵	۰/۰۶	۰/۶۳	۰/۷۵	۱/۰۰	۱/۱۲	۲۰۰
مراکش	رودخانه سبیو						۶/۰			۲/۵	۱۱۰۰
	رودخانه لائوم‌ربیه									۱۲/۰	۱۶۰۰
پاکستان	رودخانه سند	۲۵۰ــ۱۰۰	۸/۲ــ۴/۶		۱۸/۵ــ۳/۱		۱۰/۷ــ۲/۵	۰/۷ــ۰/۳۳	۱۰/۱۵ــ۶/۶۳	۹/۱۴ــ۱/۷۱	۲۲۷۰ــ۷۰۰
	آب زیرزمینی	۶۴۰	۲/۰		۸/۹		۱/۲	۳/۵	۵/۵	۹/۱	۱۰۰۰
	آب کانال	۱۶۰	۲/۲		۰/۸		۰/۳	۰/۲	۰/۷	۰/۷۶	۲۵۰
رودزیا	آب رودخانه		۰/۴	۰/۳	۰/۵		۰/۲		۱/۱		۱۰۰
	آب‌زیرزمینی (قبل‌ازآبیاری)		۳/۲	۳/۸	۶/۰		۶/۰	۰/۳	۶/۸	۲/۹	۱۲۵۰
	آب‌زیرزمینی (جدیدا")		۸/۳	۹/۸	۱۴/۸		۱۹/۸		۱۳/۵	۴/۹	۳۰۰۰
سوریه	رودخانه فرات		۲/۹۰	۱/۵۳	۱/۸۷	۰/۳۳	۰/۲۴	۰/۶۳	۳/۷۲	۱/۲۵	۴۸۴
	آب زیرزمینی		۲۴/۲	۵۸/۶	۷۸/۳	۱/۰۳	۶۲/۱	۸۳/۲	۲/۴۴	۱۲/۲	۱۲۱۰
تونس	رودخانه‌مأجرده (تابستان)	۲۳۰۰	۱۰/۸	۵/۸	۲۱/۴	۰/۲	۱۱/۹	۱۳/۳	۲/۵	۷/۴	۳۶۰۰
	رودخانه‌مأجرده (زمستان)	۱۷۰۰	۸/۰	۳/۷	۱۵/۵	۰/۲	۱۵/۸	۹/۳	۲/۶	۶/۲	۲۵۰۰
	آب زیرزمینی (فاکتو)	۳۸۰۰	۱۳/۵	۷/۵	۳۶/۸	۰/۵	۳۶/۷	۲۰/۸	۳/۰	۱۱/۷	۵۵۰۰
ترکیه	آب رودخانه (پائیز)		۲۵/۸		۳۱/۷		۳۲/۰	۲۱/۷	۳/۸۵	۹/۰	۵۸۰۰
	آب رودخانه (بهار)		۱۵/۹		۸/۴		۵/۰	۱۶/۷	۲/۶۵	۲/۹	۲۵۰۰
آمریکا	رودخانه‌کلرادو (آریزونا	۵۴۷	۳/۸۴	۱/۷۲	۳/۱۳	۰/۱۱	۱/۷۲	۴/۳۷	۲/۷۲	۱/۹	۸۶۴
	رودخانه‌ساکرامنتو(کالیفرنیا)	۹۹	۰/۶۵	۰/۴۱	۰/۳۴	۰/۰۲	۰/۱۷	۰/۱۴	۱/۱۰	۰/۵	۱۴۸
	ریوگراند (قبل‌ازآبیاری)	۳۸۰	۲/۹۵	۰/۶۷	۲/۸۵		۱/۵۲	۲/۶۱	۲/۲۶		
	ریوگراند (بعدازآبیاری)	۸۵۰	۴/۵	۱/۵	۶/۳		۳/۴	۵/۳	۳/۶		
شوروی	رودخانه‌های اصلی	۱۰۰۰ــ۲۰۰									
	رودهای آسیای مرکزی	۷۸۰۰ــ۱۶۰۰			۶/۵ــ۴/۴		۵۹/۴ــ۸/۵	۴۵/۸ــ۸/۳	۵/۶ــ۲/۸		
	رود ولگا (ابتدا)	۳۰۰ــ۱۵۰									
	رود ولگا (انتها)	۲۷۵ــ۳۰۰									

گیاه	کشور	تاریخ کشت	تاریخ برداشت	احتیاجات آبی گیاه* (میلیمتر)	محصول** (تن در هکتار)	ملاحظات
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
گندم	مصر	اکتبر ـ نوامبر	جون	۳۷۰ ـ ۲۵۰	۳/۱۰	
	استرالیا	می ـ جون	نوامبر ـ دسامبر	۵۰۰ ـ ۳۵۰	۳/۰۰	
	بلغارستان	اکتبر	جون ـ جولای		۳/۷۳	
	کانادا	می	اگوست	۵۵۰	۱/۶۸	
	کلمبیا	مارچ ـ می،	اگوست ـ دسامبر	۲۵۰	۱/۲۵	
	هند	اکتبر ـ نوامبر	آپریل ـ می		۱/۳۸	
	ایران	اکتبر ـ نوامبر	می ـ جون	۶۴۰ ـ ۳۴۰	۰/۹۰	مناطق گرم
		اواخر سپتامبر ـ اوایل نوامبر	جون ـ جولای			مناطق معتدل
		اوایل سپتامبر ـ اوایل نوامبر	جون ـ اگوست			مناطق سرد
	عراق	اکتبر ـ نوامبر	می،	۴۸۰ ـ ۴۰۰	۱/۳۷	
	اسرائیل	اکتبر ـ نوامبر	می ـ جولای	۴۲۰ ـ ۳۷۰	۲/۷۶	
	جمهوری کره	اکتبر	جون		۲/۲۴	
	مراکش				۱/۲۹	
	پاکستان	اکتبر ـ نوامبر	آپریل ـ می	۵۹۰ ـ ۳۳۰	۱/۱۹	
	ترکیه	اکتبر	جون	۴۵۰ ـ ۴۰۰	۱/۳۹	
	شوروی	پائیز (زمستان) (آپریل (بهار)	جولای	۲۰۰ ـ ۱۰۰	۱/۴۷	آسیای مرکزی و اروپا
برنج	جمهوری عربی مصر	آپریل ـ جون	اکتبر	۳۷۰۰	۵/۳۳	
	استرالیا	سپتامبر ـ اکتبر	آپریل ـ می	۱۷۰۰ ـ ۱۶۰۰	۳/۰	
	بلغارستان	آپریل	اکتبر		۴/۰۰	
	کلمبیا	ژانویه ـ مارچ	می ـ جون	۱۵۰۰	۸/۵ ـ ۶/۰	ناحیه هوئیلا و تولیما
	یونان	می،	اکتبر	۵/۰۷		
	هند	جون ـ جولای	اکتبر ـ نوامبر		۱/۶۱	
	ایران	می ـ جون	اگوست ـ سپتامبر	۱۲۴۰ ـ ۸۸۰	۳/۱۶	
	پاکستان	جون ـ جولای	اکتبر ـ نوامبر	۱۷۲۰ ـ ۱۲۸۰	۲/۲۶	
	جمهوری چین	جولای	نوامبر			
	ترکیه	مارچ ـ می	سپتامبر ـ اکتبر		۳/۶۹	
	آمریکا (کالیفرنیا)			۱۴۲۰		
ذرت	جمهوری عربی مصر	آپریل ـ می،	سپتامبر ـ اکتبر		۳/۷۵	
	استرالیا	سپتامبر ـ اکتبر	آپریل ـ می،	۶۳۵ ـ ۵۰۰	۵/۶۰	
	بلغارستان	آپریل	اکتبر		۴/۳۲	
	کلمبیا	فوریه ـ آپریل	سپتامبر ـ اکتبر	۴۷۰	۳/۵	
	ایران	می،	اوگوست	۱۰۹۰ ـ ۹۶۰		
	اسرائیل (علوفه)	آپریل ـ جولای	جولای ـ اکتبر	۴۰۰ ـ ۳۰۰		
	پاکستان	آپریل ـ جولای	جولای ـ اکتبر		۱/۲۷	
	تونس (علوفه)	آپریل ـ می	اکتبر ـ نوامبر	۴۵۰		
	ترکیه	آپریل ـ می	اوگوست ـ سپتامبر	۹۰۰ ـ ۷۰۰	۱/۶۸	
	شوروی (علوفه)			۳۰۰ ـ ۲۵۰		
پنبه	جمهوری عربی مصر	مارچ	سپتامبر	۸۶۰	۲/۱۹	
	استرالیا	اکتبر	آپریل ـ می	۶۳۵ ـ ۵۰۰	۳/۲۶	
	بلغارستان	آپریل	اکتبر		۱/۳۵	
	کلمبیا	جولای ـ اوگوست	دسامبر ـ فوریه (ساحلی)	۵۰۰	۲/۵۰	پروژه آتلانتیک
		جون ـ مارچ	جولای ـ سپتامبر (داخلی)			
	یونان	آپریل	اکتبر ـ نوامبر		۲/۳۰	
	ایران	آپریل	سپتامبر ـ اکتبر	۱۱۷۰ ـ ۶۰۰	۲/۵۰	
	اسرائیل	آپریل	سپتامبر ـ نوامبر	۸۲۰ ـ ۳۵۰	۳/۰۰	
	مراکش				۱/۳۹	
	پاکستان	می، ـ جون	دسامبر	۱۲۰۰ ـ ۸۲۰	۱/۰۴	
	شوروی	آپریل	سپتامبر	۴۶۰	۲/۶۴	
	آمریکا (کالیفرنیا)	آپریل	سپتامبر ـ نوامبر	۸۳۰ ـ ۷۶۰		
چغندر قند	بلغارستان	مارچ	اکتبر		۳۵/۰۵	
	کانادا	آپریل	اکتبر		۲۹/۹۵	
	یونان	آپریل	سپتامبر ـ اکتبر		۴۶/۹۶	
	ایران	مارچ ـ آپریل	اکتبر ـ نوامبر	۱۱۹۰ ـ ۷۶۰	۲۵/۰۰	
	اسرائیل	اکتبر ـ نوامبر	مارچ ـ جولای	۴۵۰ ـ ۳۵۰	۴۳/۸۵	
	مراکش				۲۱/۲۰	
	ترکیه	آپریل ـ می	اوگوست ـ سپتامبر		۳۶/۱۳	
	آمریکا (کالیفرنیا)	آپریل ـ می	اوگوست ـ سپتامبر	۹۴۰ ـ ۸۶۰		
برسیم	جمهوری عربی مصر	اکتبر ـ نوامبر	می	۶۲۵		
	پاکستان	اکتبر	می	۱۴۳۰ ـ ۱۰۳۰		
	تونس	سپتامبر	نوامبر	۱۱۵۰ ـ ۸۵۰	۹۰ ـ ۶۵	اولین چین
آفتابگردان	استرالیا	اکتبر ـ نوامبر	مارچ ـ آپریل	۶۰۰ ـ ۴۵۰	۱/۵۰	
	بلغارستان	مارچ	اکتبر		۱/۸۰	
	ایران	ژانویه ـ می،	جولای ـ دسامبر	۶۰۰	۰/۸۰	
	ترکیه	آپریل ـ می	اوگوست ـ سپتامبر	۲۰۶۰ ـ ۱۲۶۰	۱/۲۷	
نیشکر	جمهوری عربی مصر			۵۰۰۰		
	کلمبیا	تمام سال	تمام سال	۲۰۰۰	متغیر	
	یونان	آپریل	سپتامبر ـ اکتبر			
	پاکستان	مارچ	ژانویه		۳۶/۱۴	
	ایران	اوگوست ـ اکتبر	۱۹ ـ ۱۴ ماه،	۳۰۰۰	۱۲۰/	
	جمهوری چین			۲۰۰۰ ـ ۱۵۰۰		
سبزیجات	بلغارستان	آپریل	اکتبر			
	کانادا	آپریل ـ می	اوگوست ـ سپتامبر			شامل سیب زمینی
	کلمبیا	ژانویه ـ فوریه	جولای ـ اوگوست		۱۰۰/۰۰	شامل سیب زمینی
	اسرائیل	مارچ ـ جولای	تابستان	۵۰۰ ـ ۴۵۰		شامل سیب زمینی
	تونس	آپریل	اکتبر ـ نوامبر	۸۰۰ ـ ۷۵۰	۴۰/۰۰	شامل گوجه فرنگی
	ترکیه					
	شوروی			۴۰۰ ـ ۳۰۰		
یونجه	استرالیا	مارچ	اکتبر ـ آپریل	۱۸۰۰ ـ ۱۰۰۰	۱۰ ـ ۱۰	
	کانادا	بهار		۶۵۰		
	کلمبیا			۶۰۰	۳۵/۰۰	
	یونان	اکتبر ـ آپریل				
	ایران	آپریل	آپریل ـ اوگوست	۲۱۰۰ ـ ۸۸۰	۱۲	
	اسرائیل	پائیز یا بهار	تابستان	۹۵۰ ـ ۸۵۰		
	مراکش				۴۰/۰۰	
	تونس	مارچ	اکتبر ـ نوامبر	۱۶۰۰ ـ ۱۴۰۰	۸۰ ـ ۶۵	
	آمریکا (کالیفرنیا)			۱۲۱۰		
	شوروی	بهار یا پائیز				۳ تا ۵ مرتبه چین
بادام زمینی	کلمبیا			۷۲۰		
	اسرائیل	آپریل	اوگوست	۶۵۰ ـ ۵۵۰	۲/۸۶	
مرکبات	اسرائیل		نوامبر ـ آپریل	۷۵۰ ـ ۵۵۰	۴۲/۰۰	
	مراکش				۷۵ ـ ۱۶	
	ایران		نوامبر	۹۶۰		

	۲	۳	۴	۵
س	آب‌سطحی	۲/۰۰		اغلب آبها کم و بیش شورند
	آب زیرزمینی	۰/۷۰		
به	آب‌سطحی	۱۵۵/۰۰		
	آب زیرزمینی	۴/۰۰		
کا	جریانات و رودخانه‌ها	۴۲۵/۰۰	۱۹۶/۰۰	
	آب زیرزمینی	۳۰۸/۰۰		
	آب سد	۲۳۴/۰۰ *	۱۳۲/۰۰	* در ۱۷ ایالت غربی
وی	آب‌سطحی	۴۳۴۰/۰۰		

زارشات کشورها

رجع شماره ۱۳۸

۱	۲	۳	۴	۵
ایران	مجموع	۷۸/۰۰	۲۸/۰۰	
	آب رودخانه	۸/۷۱	۱۹/۰۰	
	آب سد	۵/۵۵	۹/۰۰	
	آب زیرزمینی			
عراق	دجله	۴۰(۳۲/۴)	۴۴/۰۰	جریان کم
	فرات	۲۶/۴(۷/۲) *		جریان کم
اسرائیل	رودارد‌ن	۱/۷۰ *	۰/۵۲	کل موجودی *
	آب زیرزمینی		۰/۹۸	
	آبهای مشکوک	۰/۳۰	۰/۱۰	آبهای‌شوروفاضل آبها * *
جمهوری‌کره	آب‌سطحی	۱۵/۵	۳/۵	
	آب سد	۲/۵	۲/۵	
	آب زیرزمینی	۷/۰	۰/۳	
مراکش	تمام‌منابع شامل رودخانه‌های‌سیبو و لائونرریا	۱۳/۰۰ ۷/۱۰	۰/۸۴	
پاکستان	رودخانه سند	۱۷۵/۰۰	۱۱۸/۲۰	۲/۳ در طول جریان تند
	آب زیرزمینی		۱۳/۰۰	
پرو	آب رودخانه *			* ۴۸ رودخانه از آندس‌که۴تای‌آن دائمی است چیکو، چیپافانگ دریاچه کرال
	آب زیرزمینی			
جمهوری‌چین	آب رودخانه			
	آب سد			

ضمیمه۳ـ کیفیت آبهای موجود و همچنین مورد مصرف آبیاری برحسب میلیارد مکعب در سال (B.C.M)

کشور	منبع آب	مقدارسالیانه (میلیاردمکعب) مجموع	برای آبیاری	ملاحظات
۱	۲	۳	۴	۵
مصر	رودخانه‌نیل	۸۹	۱/۸۰	
	آب سد		۱/۸۰	
استرالیا	آب‌سطحی		۲۴/۶۶	
بلغارستان	آب‌سطحی	۱/۷۰		
	آب سد	۲/۴۰		
	آب زیرزمینی	۰/۱۵		
کانادا	دشت‌بزرگ‌جنوبی		۰/۰۰۴۸	
کلمبیا	آب رودخانه	۲۰۰	۵/۷	اکثرا"رودماگدالنا
	آب سد	۰/۶۳	۰/۱۱	اکثرا"موردا ستفاده
	زیر زمینی	۲	۰/۳	دردره کواوکا
قبرس	آب‌سطحی	۰/۲۸	۰/۱۳	
	آب زیرزمینی	۰/۱۷	۰/۱۵	
یونان	آب‌سطحی	۲/۴۵		
	مخازن	۰/۱۰		
	آب زیرزمینی	۰/۹۵		
هندوستان	آب‌سطحی	۶۶۶	۲۴۱	
	آب زیرزمینی	۲۰۴	۹۶	

ضمیمه ۲ــآب و هوا و فیزیوگرافی کشورهای گزارش دهنده

کشور و شهر	ماه	درجه حرارت (سانتیگراد) حداکثر	درجه حرارت (سانتیگراد) حداقل	بارندگی (میلیمتر) جمع	بارندگی (میلیمتر) فصل	ارتفاع (متر)	آب وهوا و فیزیوگرافی اراضی آبیاری
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
مصر:							
زاکازو (شرق)	ژانویه	۲۰	۶	۶۶	دسامبر ــ فوریه		آب وهوای مدیترانه‌ای، دشتهای آبرفتی، تراس‌های دشتهای بادی
	جولای	۳۵	۲۰				
ساخا (مرکز)	ژانویه	۲۰	۶	۵۰	دسامبر ــ فوریه		دشتهای آبرفتی و دشتهای ساحلی
	جولای	۳۴	۱۹	۱۲۰			
اسکندریه (غرب)	ژانویه	۱۹	۹	۱۸۰	نوامبر ــ فوریه	۳۱	فلاتهای شنی و آهکی، آب وهوا بین کرانه ای و خشک
	جولای	۳۰	۲۳				
استرالیا:							
گریفیت (M.I.A)	ژانویه	۳۲	۱۹	۳۸۵	زمستان	۱۳۵	مواد آبرفتی و واریزه‌ی
	جولای	۱۴	۲/۸				
شپارتون (گلبرن ــ آر)	ژانویه	۳۰	۱۴	۴۹۵	زمستان	۱۴۰	مواد آبرفتی
	جولای	۱۳	۳/۳				
رنمارک (لوکستون I.A)	ژانویه	۳۳	۱۷	۲۵۰	زمستان	۳۰	آئولین و آبرفتی (آلوویم)
	جولای	۱۶	۴/۸				
کارناروون	ژانویه	۳۱	۲۲	۲۲۰	زمستان	۵	موادآبرفتی
	جولای	۲۲	۱۱				
بلغارستان:							
پلودیو	ژانویه	۴	۱	۴۹۰	اکتبر ــ جون		آب‌وهوای مدیترانه‌ای در جنوب کشور
	جولای	۲۹	۱۷				
کانادا:							
بریتیش‌کلمبیا	ژانویه		۲۵ــ	۱۵۰	اتفاقی		آب و هوای معتدل، دشتهای بین سلسله جبالهای شمالی جنوبی مخصوصاً "اوکاناگو و کوتنای
	جولای	۳۵					
دشت بزرگ (آلبرتا)	ژانویه	۹ــ	۲۰ــ	۳۰۰ تا	اکثرا "آپریل ــ سپتامبر	۱۲۵۰ تا ۲۵۰	شیب منطقه از شرق به شمال شرقی، آبیاری در مناطق آبرفتی
	جولای	۲۳	۱۰	۴۰۰			
افتاریو (جنوب غربی)	ژانویه	۲ــ	۹ــ	۶۵۰ تا	پراکنده		آبیاری اضافی در مواقع کم بارندگی
	جولای	۲۶	۱۵	۱۰۰۰			
کلمبیا:							
والدوپار	متوسط	۳۰	۲۷	۱۲۰۰	آپریل ــ جون سپتامبر ــ نوامبر	۱۷۵	۷۶/۵ درصد کشور حاره ای با حداکثر ۱۳۰۰۰ میلیمتر بارندگی
لایونیون	متوسط	۲۵	۲۳	۱۲۰۰	آپریل ــ جون سپتامبر ــ نوامبر	۹۰۰	
قبرس:							
نیکوزیا	ژانویه	۱۵	۵	۳۸۰		۲۲۰	نیمه‌خشک مدیترانه‌ای
	جولای	۳۶	۲۰	۴۸۰			
یونان: (متوسط)							
آتن	ژانویه	۱۲	۶	۷۵۰	اکتبر ــ مارچ	۵۰۰	آب‌وهوای مدیترانه‌ای
	جولای	۳۲	۲۲	۴۰۰		۱۰۸	حدود ۲/۰ کشور دشت های مسطح و بقیه کوهستانی
گویانا:							
زوژتاون	ژانویه	۲۷ متوسط		۲۳۶۰	تمام سال		اراضی مسطح
	جولای	۲۷ متوسط					
هندوستان:							
احمدآباد	ژانویه	۲۹	۱۴	۷۴۵	جون ــ سپتامبر	۵۵	
	جولای	۳۴	۲۶				
بمبئی	ژانویه	۳۱	۱۷	۱۸۱۰	جون ــ اکتبر	۸	
	جولای	۳۱	۲۴				
حیدرآباد	ژانویه	۲۹	۱۵	۷۵۰	آپریل ــ نوامبر	۵۳۰	
	جولای	۳۰	۲۳				
دهلی نو	ژانویه	۲۱	۶	۶۴۰	جون ــ سپتامبر	۲۱۲	
	جولای	۳۵	۲۷				
ایران:							۵۱٪ کشور کوهستانی و بیابانی و خشک
یزد	ژانویه	۱۳	۴ــ	۵۷	نوامبر ــ مه	۱۲۳۳	
	جولای	۳۹	۲۴				
اهواز	ژانویه	۱۸	۶/۸	۱۷۲	اکتبر ــ مه	۲۰	نیمه خشک (گرم)
	جولای	۴۶	۲۷				
مشهد	ژانویه	۷/۷	۴/۷ــ	۲۲۳	اکتبر ــ مه	۹۸۵	نیمه خشک (سرد)
	جولای	۳۴	۱۸				
عراق:							
بغداد	ژانویه	۱۸	۵	۱۴۰	نوامبر ــ آپریل	۳۵	آب و هوای خشک، اراضی مسطح بین رودهای دجله و فرات
	اگوست	۴۴	۲۴				
بصره	ژانویه	۱۸	۷	۱۸۵	نوامبر ــ آپریل	۲	
	جولای	۴۰	۲۷				
موصل	ژانویه	۱۲	۲۱	۳۸۶	نوامبر ــ آپریل	۲۲۰	بدون آبیاری
	جولای	۴۳	۲۲				
اسرائیل:							
اورشلیم	ژانویه	۱۴	۷	۵۱۰	نوامبر ــ آپریل	۸۱۰	کشور شامل سه نوار طولی از شمال بجنوب است: دشت کرانه ای (تل آویو)، ناحیه تپه ماهوری (اورشلیم)، دره رودار دن (ارتفاع ۴۰۰ تا ۸۰۰ متر، بارندگی ۵۰ــ۳۰۰ میلیمتر). آب‌وهوای مدیترانه‌ای
	جولای	۲۸	۱۸				
تل آویو	ژانویه	۱۸	۹	۵۲۰	نوامبر ــ آپریل	۵	
	جولای	۳۱	۲۲				
بیرشیوا	ژانویه	۱۸	۶	۲۰۰	نوامبر ــ آپریل	۲۷۰	
	جولای	۳۲	۱۸				
جمهوری کره:							
سئول	ژانویه	۹/۲	۱۶ــ	۱۰۴۹	جون ــ سپتامبر	۸۷	
	جولای	۳۲	۱۹	۱۳۶۰	(سالیانه)		
تونجو	ژانویه	۱۰	۱۵ــ	۹۵۶	جون ــ سپتامبر	۲۶	
	جولای	۳۵	۱۹	۱۳۰۱	(سالیانه)		
مراکش:							
مراکش	ژانویه	۲۱	۵	۲۴۰	اکتبر ــ آپریل		آب‌وهوای مدیترانه‌ای، کشور دارای آب وهوای خشک تا مرطوب با کوهستان های مرتفع و فلات و بیابان است.
	جولای	۳۸	۲۰				
رباط	ژانویه	۱۷	۸	۵۰۰			
	جولای	۲۹	۱۴				
پاکستان.							
کراچی	ژانویه	۲۵	۱۳	۲۰۰	پراکنده ــ اغلب جولای ــ اگست	۴	نیمه خشک، اراضی مسطح سند، دشتها از شمال بجنوب کشیده شده است.
	جولای	۳۳	۲۷			۱۲۱	
مولتان	ژانویه	۲۰	۶	۱۸۰			
	جولای	۳۹	۳۰				
جمهوری چین:							
	ژانویه	۲۲	۱۳	۱۴۷۰	آپریل ــ سپتامبر	۲۰	توپوگرافی مسطح در دشتهای ساحلی غربی
	جولای	۳۲	۲۵				
رودزیا:	ژانویه	۳۲	۲۰	۶۲۲	اکتبر ــ مارچ	۴۲۰	توپوگرافی مسطح
	جولای	۲۶	۶				
سوریه:							
دیر از دور				۱۷۱			تراسهای رودخانه‌ای، با شیب ملایم، ۵ متر بالاتر از سطح رودخانه
تونس:							
شرقش (شمال)	ژانویه	۱۵	۶	۴۳۶	اکتبر ــ آپریل		خشک تا نیمه‌خشک، آب وهوای مدیترانه‌ای، توپوگرافی عموماً "دشتهای مسطح رودخانه ای
	جولای	۳۲	۱۸				
مسعودی (مرکز)	ژانویه	۱۶	۶	۲۶۱	اگست ــ سپتامبر		
	جولای	۳۵	۱۹		ژانویه ــ جون		
ناکنا (جنوب)	ژانویه	۱۶	۶	۱۴۷	سپتامبر		
	جولای	۳۰	۱۹		نوامبر ــ آپریل		
ترکیه:							
ازمیر	ژانویه	۱۳	۴	۳۸۰	اکتبر ــ آپریل		آب‌وهوای نیمه‌خشک، دره‌های مسطح در جنوب غربی کشور
	جولای	۳۳	۲۰			۳۰	
شوروی:							
اودسا	ژانویه	۲ــ	۶ــ	۳۶۰	پراکنده	۶۵	بیابانی و نیمه بیابانی
	جولای	۲۶	۱۸				
استالینگراد	ژانویه	۹	۱۶ــ	۳۱۰		۴۱	
	جولای	۱۱	۲				

منابع: (۱) منبع شماره ۱۳۸
(۲) گزارشات کشورها

بقیه ضمیمه ۱ ــ خلاصه‌اراضی زیرکشت‌وآبیاری کشورهائی‌که بیش ازیک‌میلیون‌هکتاراراضی‌تحت آبیاری دارند (برحسب هکتار)

قاره	تمام کشورهای مورد آبیاری قاره		فقط کشورهای گزارش دهنده	
	زیر کشت	زیر آبیاری	زیر کشت	زیر آبیاری
اروپا	۵۸۱۰۰	۹۲۰۰	۷۱۰۰	۱۸۰۰
آمریکای جنوبی	۶۲۵۰۰	۸۱۰۰	۸۰۰۰	۱۲۰۰
آسیا	۲۷۲۶۰۰	۶۳۳۰۰	۲۳۸۱۰۰	۵۰۷۰۰
آفریقا	۱۵۲۰۰	۳۲۰۰	۱۵۲۰۰	۳۲۰۰
استرالیا	۴۴۶۱۰	۱۴۸۰		
آمریکا و شوروی	۴۱۵۳۰۰	۲۶۶۰۰		

مجارستان			۳۱۱				
هندوستان	۳۲۸۰۴۸	۱۶۷۴۱۲	۳۱۲۹۲	۲۲	۳۲۶۴	۶۰۰۰	
ایران	۱۶۴۸۸۰	۷۵۰۰	۳۵۰۰	۴۷		۲۳۵۰۰	
عراق	۴۳۴۹۰	۱۰۱۶۰	۳۶۷۰	۲۷		۱۵۰۰	
اسرائیل	۲۰۷۰	۴۱۰	۱۷۳	۴۱	—	۲۸	
کره	۹۸۷۶	۲۲۴۱	۱۰۴۲	۴۶			
مراکش	۴۱۰۰۰	۷۸۰۰	۳۸۰	۵			
پاکستان	۸۰۳۹۰	۱۹۲۳۰	۱۲۵۰۰	۶۳		۶۸۰۰	
پرو	۱۲۸۵۲۰	۳۰۸۰	۱۲۱۰	۷		۱۴۶	
جمهوری چین	۳۶۰۰	۸۷۰	۵۰۵	۵۸		۲۳/۳	
رودزیا	۳۹۰۶۰	۱۸۴۰	۴۶	۲/۵			
سوریه	۱۸۴۸۰	۶۶۰۰	۵۰۰	۷/۵		۱۱۰	
تونس	۱۶۴۱۰	۴۵۱۰	۸۰	۲			
ترکیه	۷۸۰۶۰	۲۲۸۰۰	۱۸۱۳	۸	۶۰۰	۳۳۳۳	
ایالات متحده	۹۳۶۳۳۰	۱۹۲۳۲۰	۱۵۸۳۰	۸		۸۵۱۷	
شوروی	۲۲۴۰۲۲۰	۲۲۳۰۰۰	۱۰۸۰۰	۵			

* اطلاعات مربوط بکشورهائی که گزارش نداده‌اند از روی گزارش سالیانه تولیدات فائو تهیه گردیده است

ضمیمه ۱ ــ کل اراضی زیرکشت ، آبیاری و تحت نفوذ شوری درکشورهای گزارش‌دهنده (برحسب هزار هکتار) *

کشـــور	کل مساحت	مساحت زیرکشت	مساحت آبیاری	درصد اراضی آبیـــاری	اراضی تخریبی	اراضی تحت نفوذ شـــوری
مصر	۱۰۰۱۴۰	۲۸۳۰	۲۸۳۰	۱۰۰		۲۲۵/۸
استرالیا	۷۶۸۶۸۰	۱۴۲۹۵	۱۶۶۴	۴		۸۵
بلغارستان	۱۱۰۹۰	۴۷۷۰	۱۰۲۱	۲۱	—	
کانادا	۹۹۷۶۱۰	۴۱۴۰۰				
،بریتیش کلمبیا انگلستان	۳۵۰۰۰	۱۳۴۰	۶۵	۵	—	
ــ گریت پلینـــز	۲۵۰۰۰	۸۲۳۰	۴۰۵	۵	۴۰	۳۲/۴
ــ اونتاریو	۵۰۰۰	۴۸۶۰	۳۲	۱	—	
کلمبیا	۱۱۳۸۹۰	۴۳۰۰	۳۵۰	۷	—	۶۴/۴
قبرس	۹۰۶	۴۴۲	۸۷	۲۰		۱۸
یونان	۱۳۱۹۰	۳۹۱۰	۷۲۰	۱۰	—	۷۵/۹
گویانا	۲۱۶۰۰	۲۰۰	۱۶۰			

ضمیمه ۷

روش‌های مورد استفاده در تعیین اجزاء شیمیائی آب

جزء ویاخاصیت	روش تجزیه
TDS	باقیمانده خشك (۱۰۵ یا ۱۸۰ درجه سانتیگراد)
Ca+Mg	تیتره نمودن با EDTA واستفاده ازایندکاتورموریکسایدبرای Ca وبلاك‌تی
	برای Ca+Mg
K و Na	فلیم‌فتومتری با استفاده ازاستانداردها
Cl	تیتره نمودن با $AgNo_3$ واستفاده از ایندیکاتور K – chromate
HCO_3 و CO_3	تیتره نمودن با سولفوریك‌اسید (یا هیدروکلریك‌اسید) واستفاده ازفنل‌فتالئین
	برای co_3 ومیتل‌اورنج برای Hco_3
SO_4	وزنی برای $BaSo_4$
B	کالوریمتریك واستفاده ازکارمین
EC	دستگاه ویت‌استون‌بریج
PH	Potentiometric و استفاده ازالکترودشیشه

طرحهای طَبقه‌بندی آب‌آبیاری براساس صدمه شوری

کشور	طبقه	شوری		ارزیابی
		میکروموس درسانتیمتر	پی‌پی‌ام	
مصر	C_1		<۵۰۰	آب خوب
	C_2		۵۰۰–۱۰۰۰	مناسب
	C_3		۱۰۰۰–۲۰۰۰	ضعیف
	C_4		>۲۰۰۰	غیرمناسب
استرالیا	C_1	<۹۰۰	۰–۶۰۰	رضایتبخش
	C_2	۹۰۰–۱۵۰۰	۶۰۰–۱۰۰۰	متوسط ـ احتیاج به‌شستشو
	C_3	۱۵۰۰–۲۵۰۰	۱۰۰۰–۱۶۵۰	گیاهان زیاد مقاوم
	C_4	۲۵۰۰–۵۰۰۰	۱۶۵۰–۳۵۰۰	خیلی‌مقاوم‌وتنهاتحت‌شرایط‌خاص
	C_5	>۵۰۰۰	>۳۵۰۰	
ایالات متحده‌آمریکا	C_1	<۲۵۰	<۲۰۰	کم ـ خوب‌برای‌اغلب‌خاکهاو گیاهان
	C_2	۲۵۰–۷۵۰	۲۰۰–۵۰۰	متوسط ـ مقداری‌احتیاج به‌شستشوبرای گیاهان حساس

	C_3	۷۵۰–۲۲۵۰	۵۰۰–۱۵۰۰	زیاد ـ گیاهان مقاوم وشستشو
	C_4	۲۲۵۰–۵۰۰۰	۱۵۰۰–۳۰۰۰	خیلی‌زیاد ـ تنهابرای‌خاکهای‌بانفوذپذیری زیاد و گیاهان خیلی‌مقاوم
		>۵۰۰۰	>۳۰۰۰	
اصلاح‌یافته توسط Thorne و Peterson (۱۱۱) برای نواحی که‌منابع آب شورمهم‌دراند	C_4	۲۲۵۰–۴۰۰۰		زیاد ـ تنهابرای‌خاکهای‌نفوذپذیرو گیاهان‌مقاوم
		۴۰۰۰–۶۰۰۰		خیلی‌زیاد ـ تنهابرای‌خاکهای بانفوذپذیری‌زیاد و گیاهای خیلی‌مقاوم
		>۶۰۰۰		بیش‌ازحد ـ غیرمناسب
شوروی			<۱۰۰	فوق‌العاده‌شیرین
			۱۰۰–۱۰۰۰	شیرین
			۱۰۰۰–۳۰۰۰	کمی‌شور
			۳۰۰۰–۱۰۰۰۰	شور
			۱۰۰۰۰–۵۰۰۰۰	زیادشور
			>۵۰۰۰۰	آب‌نمك

ضمیمه ۹

طرحهای طبقه‌بندی آب آبیاری براساس صدمه قلیائیت

کشور	طبقه	مقدار SAR برای سه سطح شوری زیر			ارزیابی
		EC=۱۰۰	EC=۷۵۰	EC=۵۰۰۰	
		میکروموس در سانتیمتر			
ایالات	S_1	۱۰—۰	۶—۰	۲/۵—۰	کم ـ مناسب برای اغلب خاکها، ممکن‌است
متحده					مضر برای گیاهان حساس باشد
آمریکا	S_2	۱۸—۱۰	۱۲—۶	۶/۵—۲/۵	متوسط ـ مضر برای خاکهای بابافت ریز
	S_3	۲۶—۱۸	۱۸—۱۲	۱۱—۶/۵	زیاد ـ مضر برای اغلب خاکها
	S_4	۲۶<	۱۸<	۱۱<	خیلی زیاد ـ
شوروی		نسبت Na+K محلول به کل کاتیونها			
	S_1	<۰/۶۵			بی‌خطر
	S_2	۰/۶۵—۰/۷۵			خطرناك
	S_3	۰/۷۵<			خیلی خطرناك

مطالعات خاکشناسی و عملیات قبل از شروع آبیاری

کشور	مقیاس نقشه	خصوصیات فیزیکی خاك	خصوصیات شیمیائی خاك	تدارك زهکشی	عمق شتشو سانتیمتر
۱	۲	۳	۴	۵	۶
مصر	۱:۱۰۰،۰۰۰-۱:۲۵،۰۰۰	اندازه ذرات، نفوذپذیری FC، PWP وزن مخصوص	TDS، کاتیونهاو آنیونهای محلول، CEC، $CaCO_3$، OM وکاتیونهای قابل تعویض	امکانات زهکشی فراهم میشود	۶۰-۳۰
استرالیا	۱:۱۰،۰۰۰-۱:۵،۰۰۰ ۱:۲۰،۰۰۰	لایه‌بندی پروفیل خاك	EC، CEC، ESP، کاتیونها، آنیونها، PH	زهکشی سطحی تنبوشه‌ای و زهکش‌های عمیق ناحیه‌ای	
بلغارستان	۱:۲۰،۰۰۰-۱:۵،۰۰۰ ۱:۴۰،۰۰۰-۱:۲۰۰،۰۰۰	وزن مخصوص، منافذ، گنجایش هوا، آبگذری		تدارك زهکشی جهت نگهداشتن سفره آب‌پائین‌عمق ۲/۵-۲/۰متری	
کانادا	۱:۲،۴۰۰	بافت، عمق سفره آب، K	SAR، EC، کاتیونها، آنیونها، SP		۱۲۰
کلمبیا	۱:۱۰،۰۰۰-۱:۲۵،۰۰۰ ۱:۲،۵۰۰	بافت ساختمان، Consistency، Plasticity، K، تحلیل رطوبتی FC زهکش طبیعی	PH، CEC، ESP، SAR، O.C.، NPK، Ca+Mg	ایجاد زهکش‌های سطحی	۶۰
ایران	۱:۵۰،۰۰۰-۱:۲۵۰،۰۰۰ ۱:۲،۰۰۰-۱:۲۰،۰۰۰	بافت، ساختمان، منافذ آبده، FC، PWP، K، I، وزن مخصوص	EC، PH، $CaCO_3$، CEC، ESP، TSS، کاتیونها و آنیونهای محلول، NPK، MO	وقتی لازم باشد	۲۰۰-۶۰
یونان	۱:۲۰،۰۰۰-۱:۵۰،۰۰۰ ۱:۵،۰۰۰-۱:۱۰،۰۰۰	ساختمان، SP، آبگذری	PH، TDS، NPK، $CaCO_3$، CEC، کاتیونهای قابل تعویض	وقتی لازم باشد ایجاد میشود، اغلب ایجاد نمیگردد	

ادامه ضمیمه ۱۰

۱	۲	۳	۴	۶	
اسرائیل	۱:۵۰،۰۰۰-۱:۲۰،۰۰۰-۱:۱۰۰،۰۰۰	آبگذری ، بافت، ساختمان، I ، وزن مخصوص، SP،FC،PWP	PH، CEC،ESP،SAR کاتیونها و آنیونهای محلول وقابل تعویض	وقتی احتیاج باشد، زهکش سطحی ناحیه‌ای	۱۰۰
مراکش	۱:۱،۰۰۰،۰۰۰ - ۱:۲۰،۰۰۰-۱:۵۰،۰۰۰	وزن مخصوص، PWP (۱۵بار)، ساختمان	TDS، کاتیونها و آنیونهای محلول، CEC، کاتیونهای قابل تعویض	زهکشی در بنی‌امی بوسیله پمپاژ و کانال تاعمق ۲متر ایجاد شده	
جمهوری کره	۱:۲۵،۰۰۰-۱:۵۰،۰۰۰-۱:۵،۰۰۰-۱:۳،۰۰۰	بافت، ساختمان ، Plasticity ، وزن مخصوص K، تحلیل رطوبتی	PH ، EC_e ، CEC ، کاتیونها و آنیونها، هوموس، P_2O_5	وقتی لازم باشد	
جمهوری چین	۱:۴،۰۰۰-۱:۱۰،۰۰۰-اغلب ۱:۸،۰۰۰	تجزیه‌های مکانیکی PWP،ME، لایه‌های خاك، وزن مخصوص	PH، EC_e، OM، CO_3، CEC، ESP	درابتدا هیچ زهکشی ایجاد نمیشود. کانالهای روباز ۱۰ تا ۱۱۰ سانتیمتر عمق و زهکش زیرزمینی ۱۵۰ تا ۲۰۰ سانتیمتر عمق	۱۲۰-۱۰۰
رودزیا		تجزیه مکانیکی	EC، PH، کاتیونهای قابل تعویض، CEC		
تونس		بافت ، ساختمان ، خصوصیات رطوبی، SP،FC	PH ، EC_e ، CO_3 ، کاتیونها و آنیونها، کاتیونهای قابل تعویض، OM		
ترکیه		SP، عمق سفره آب زیر زمینی	EC ، PH ، $CaCO_3$	زهکش طبیعی کافیست بجز در بهار، زهکش مصنوعی ایجاد نشده	۵۰
شوروی	۱:۵،۰۰۰-۱:۱۰،۰۰۰-۱:۲،۰۰۰	بافت، ساختمان میکرو وماکرو، وزن مخصوص خلل و فرج، نفوذ پذیری ، PWP،FC	Mg،Ca ، CO_3 ، SO_4 ، Cl ، K ، Na	درابتدا ایجاد نمیشود وبعداً اگر لازم بود تعبیه میگردد	۱۰۰

ضمیمه ۱۱

روشهای نمونه‌برداری و تجزیه شیمیائی خاکها برای شوری و قلیائیت

کشور	زمان نمونه‌برداری	متد عصاره گیری	یونها و شوری کل موردنظر	واحد	توضیحات درمورد قلیائیت
۱	۲	۳	۴	۵	۶
مصر		SPE ** و ۱:۲۰	Co_3 و Hco_3 و Cl و Ca+ Mg Na،K	میلی‌موس درسانتیمتر برای عصاره اشباع ومیلی‌اکوالنت درصد گرم خاك یامیلی‌اکوالنت درلیتر برای عصاره ۱:۲۰	
استرالیا		SPE و ۱:۵	EC ، کاتیونها و آنیونها	meq/l،*ms/cm	ESP ازطریق تجزیه عناصرقابل تعویض سدیم‌جذب‌شده‌PHوبیان کننده‌شرایط‌قلیائیت‌اند
بلغارستان		آب		mg/l، یونهابطریق‌meq/lو٪	
کانادا		SPE	EC	میلی‌موس‌درسانتیمتر	
کلمبیا		SPE	SAR،EC	ppm،meq/l،mmhos/cm	PH از روی عصاره ۱:۱ یا ۱:۵ معین میشود
یونان			EC	meq/l،ppm،µmhos/cm	SAR تعیین‌و ESP ازروی‌آن‌محاسبه‌میگردد
ایران	قبل وبعداز کشت	SPEوهراز گاهی۱:۱؛ ۱:۲ و۱:۵	Ec وکامل***	meq/l،mmhos/cm	ESP معین‌میگردد SAR، ESP، PH و گچ
عراق		SPEبعضی‌اوقات۱:۱ ECe/ECi=۱/۸-۲/۲	so_4 و Cl و Mg ، Ca و Na	mmhos/cm،٠/٠نمك	

۱	۲	۳	۴	۵	۶
اسرائیل	دومرتبه : پائیزوبهار	SPE (برای خاکهای شنی سه برابر حد مزرعه)	B و Cl و Mg + Ca، Na و EC	meq/l و mmhos/cm	ESP هم ازطریق تجزیه و هم محاسبه SAR
جمهوری کره		SPE ، ۱:۲۰	EC و کامل	meq/l، mmhos/cm	ESP، SAR
پرو				ppm ، mmhos/cm	ESP، pH
مراکش		SPE ، عصاره ۱:۵	EC	meq/l ، mmhos/cm	ESP ، SAR
				%، ppm، meq/۱۰۰g	
جمهوری چین		SPE	EC و کامل	meq/۱۰۰g، mmhos/cm	PH عصاره اشباع، ESP، محاسبه احتیاجات گچ
رودزیا		SPE	EC و کامل	meq/۱۰۰g ، mmhos/cm	
ترکیه	درطول فصل	SPE	EC	mmhos/cm یادرصد خاك خشك	CEC و ESP
شوروی	قبل، درطول و درپایان	۱:۵ و بعضی اوقات	$Ca، Mg، Na، Co_3، Hco_3$	درصدیا میلی اکوالنت درصد گرم	قلیائیت بوسیله تیتره نمودن با H_2SO_4
	فصل رشد	عصاره محلول خاك	$Cl، So_4$	خاك خشك	(۰٫۲ ن. نرمال) ، SAR برای محاسبه ESP
		توسط کاپیلاریمتر			بکارمیرود

* SX۱۰ معادل یك میلی سوس درسانتیمتر است (S سیمونز) - مترجم

** SpE مخفف عصاره خمیر اشباع است

***کامل بمعنی تجزیه کامل است شبیه ضمیمه ۶

ضمیمه ۱۲

مقاومت بشوری گیاهان زراعی

نام فارسی گیاه	نام انگلیسی گیاه	نام لاتین گیاه	شوری عصاره اشباع خاک در ابتدای تقلیل محصول (a)	درصد تقلیل محصول بازاء افزایش هر واحد شوری بعداز نقطه در گامی (b)	درجه‌بندی مقاومت بشوری
۱	۲	۳	۴	۵	۶
			میلی‌موس درسانتیمتر	درصدمیلی‌موس درسانتیمتر	
یونجه	Alfalfa	Medicago Sativa	۲/۰	۷/۳	نیمه حساس
بادام	Almond	Prunus amygdalus	۱/۵	۱۹/۰	حساس
زردآلو	Apricot	Pyrus arméniaca	۱/۶	۲۴/۰	حساس
جو علوفه‌ای	Barly(forage)	Hordeum vulgare	۶/۰	۷/۱	نیمه‌مقاوم(۱)
جو	Barly(grain)	Hordeum vulgare	۸/۰	۵/۰	مقاوم (۱)
لوبیا	Bean	Phaseolus vulgaris	۱/۰	۱۹/۰	حساس
چغندرلبوئی	Beet,garden	Beta vulgaris	۴/۰	۹/۰	نیمه‌مقاوم (۲)
برمودا گراس	Bermudagrass	Cynodon dactylon	۶/۹	۶/۴	مقاوم (۳)
توت جنگلی	Blackberry	Rubus SPP.	۱/۵	۲۲/۰	حساس
	Boysenberry	Rubus SPP.	۱/۵	۲۲/۰	حساس
باقلا	Broadbean	Vicia faba	۱/۶	۹/۶	متوسط
کلم بروکلی	Broccoli	Brassica Oleracea italica	۲/۸	۹/۲	نیمه مقاوم
کلم پیچ	Cabbage	Brassica Oleracea Capitata	۱/۸	۹/۷	نیمه حساس
هویج	Carrot	Daucus Carota	۱/۰	۱۴/۰	حساس
انواع شبدر	Clover,alsike, ladino,red, Strawberry	Trifolium SPP.	۱/۵	۱۲/۰	نیمه حساس

ادامه ضمیمه۱۲

۱	۲	۳	۴	۵	۶
			میلی‌موس‌درسانتیمتر	درصدمیلی‌موس‌درسانتیمتر	
شبدربرسیم	Clover,berseem	Trifolium alexandrinum	۱/۵	۵/۷	نیمه حساس
ذرت علوفه‌ای	Corn(forage)	Zea mays	۱/۸	۷/۴	نیمه حساس
ذرت دانه‌ای	Corn(grain)	Zea mays	۱/۷	۱۲/۰	نیمه حساس
پنبه	Cotton	Gossypium hirsutum	۷/۷	۵/۲	مقاوم
لوبیاچشم بلبلی	Cowpea	Vigna sineosis	۱/۳	۱۴/۰	نیمه حساس
خیار	Cucumber	Cucumis sativus	۲/۵	۱۳/۰	نیمه حساس
خرما	Date	Phoenix dactylifera	۴/۰	۳/۶	مقاوم
یك‌نوع علوفه‌گرامنیه	Fescue,tall	Festuca elatior	۳/۹	۵/۳	نیمه مقاوم
کتان	Flax	Linum usitatissimum	۱/۷	۱۲/۰	نیمه حساس
انگور	Grape	Vitis SPP.	۱/۵	۹/۶	نیمه حساس
گریپ‌فروت	Grapefruit	Citrus paradisi	۱/۸	۱۶	حساس
یك‌نوع علوفه‌گرامنیه	Hardinggress	Phalaris tuberosa	۴/۶	۷/۶	نیمه مقاوم
کاهو	Lettuce	Lactuca sativa	۱/۳	۱۳/۰	نیمه حساس
یك‌نوع علوفه‌گرامنیه	Lovegrass	Eragrostis SPP.	۲/۰	۸/۴	نیمه حساس(٤)
یك‌نوع علوفه‌گرامنیه	Meadow Foxtail	Alopecurus pratentis	۱/۵	۹/۶	نیمه‌حساس
پیاز	Onion	Allium Cepa	۱/۲	۱۶/۰	حساس
پرتقال	Orange	Citrus Sinensis	۱/۷	۱۶/۰	حساس

ادامه ضمیمه۱۲

۱	۲	۳	۴	۵	۶
			میلی‌موس در سانتیمتر	درصد میلی‌موس در سانتیمتر	
یك‌نوع علوفه گرامنیه	Orchardgsass	Dactylis glomerata	۱/۵	۶/۲	نیمه‌حساس
هلو	Peach	Prunus persica	۱/۷	۲۱/۰	حساس
بادام زمینی	Peanut	Arachis hypogaea	۳/۲	۲۹/۰	نیمه‌حساس
فلفل	Pepper	Capsicum frutescens	۱/۵	۱۴/۰	نیمه‌حساس
آلوچه	Plum	Prunus domestica	۱/۵	۱۸/۰	حساس
سیب زمینی	Potato	Solanun tuberosum	۱/۷	۱۲/۰	نیمه‌حساس
تر چه	Radish	Raphanus sativus	۱/۲	۱۳/۰	نیمه‌حساس
برنج	Rice, Paddy	Oryza sativa	۳/۰	۱۲/۰	نیمه حساس(۱)
چاودار	Ryegrass, Perennial	Lolium perenne	۵/۶	۷/۶	نیمه مقاوم
سسبانیا	Sesbania	Sesbania macrocarpa	۲/۳	۷/۰	نیمه‌حساس (۱)
سوژا	Soybean	Glycine max	۵/۰	۲۰/۰	نیمه مقاوم
اسفناج	Spinach	Spinacia oleracea	۲/۰	۷/۶	نیمه‌حساس
توت فرنگی	Strawberry	Fragaria SPP.	۱/۰	۳۳/۰	حساس
سودان‌گراس	Sudangrass	Sorghum sudanense	۲/۸	۴/۳	نیمه مقاوم
چغندرقند	Sugar - beet	Beta vulgaris	۷/۰	۵/۹	مقاوم
نیشکر	Sugar - Cane	Saccharum officinarum	۱/۷	۵/۹	نیمه حساس
سیب زمینی‌شیرین	Sweet Potato	Ipomoea batats	۱/۵	۱۱/۰	نیمه حساس

ادامه ضمیمه۱۲

۱	۲	۳	۴	۵	۶
			میلی‌موس درسانتیمتر	درصدمیلی‌موس درسانتیمتر	
گوجه فرنگی	Tomato	Lycopersicon esculentum	۲/۵	۹/۹	نیمه حساس
پنجه کلاغی‌درشت	Trefoil , Big	Lotus uliginosus	۲/۳	۱۹/۰	نیمه حساس
پنجه کلاغی‌برگ‌باریک	Trefoil,Birdsfoot narrowleaf	Lotus corniculatus tenuifolius	۵/۰	۱۰/۰	نیمه مقاوم (۵)
ماش	Vetch	Vicia sativa	۳/۰	۱۱/۰	نیمه‌حساس
گندم	Wheat	Triticum aestivum	۶/۰	۷/۱	نیمه‌مقاوم (۶)
یك‌نوع علوفه گرامنیه	Wheaygrass,crested	Agropyron desertorum	۳/۵	۴/۰	نیمه مقاوم
»	Wheatgrass , fairway	Agropyron cristatum	۷/۵	۶/۹	مقاوم
»	Wheatgass,slender	Agropyron trachycaulum	—	—	نیمه مقاوم
»	Wheatgrass ، tall	Agropyron elongatum	۷/۵	۴/۲	مقاوم
»	Wildrye, Altai	Elymus angustus Trin.	—	—	مقاوم
»	Wildrye,Beardless	Elymus triticoides	۲/۷	۶/۰	نیمه مقاوم
»	Wildrye,Russian	Elymus junceus	—	—	مقاوم

۱ـ دارای مقاومت کمتر درطول جوانه‌زدن. هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاك از۴ یا۵ میلی‌موس درسانتیمتر نباید بیشتر باشد.

۲ـ حساس درطول جوانه‌زدن، هدایت‌الکتریکی عصاره اشباع خاك برای چندین وچندین‌قند از۳میلی‌موس درسانتیمتر نباید تجاوز نماید.

۳ـ معدل چندین وارتیه. وارتیه‌های Suwannec و Coastall حدود ۲۰درصد مقاومت بیشتر و Greenfield حدود ۲۰درصد مقاومت کمتر نسبت بمعدل دارند.

۴ـ معدل وارتیه‌های Boer، Wilman، Sand و Weeping. وارتیه Lehmann بنظرمیرسدکه ۵۰درصد مقاومتر باشد.

۵ـ شبدر (یونجه) پنجه کلاغی برگ پهن دارای مقاومت کمتری ازپنجه کلاغی برگ باریك میباشد.

۶ـ داده‌های مقاومتی ممکن است برای وارتیه‌های جدید نیمه‌کوتاه مناسب نباشد.

مقاومت نسبی گیاهان به بران (۱۱۳)

C_i = حداکثر مجاز غلظت آب آبیـــــاری

مقـــــاوم	نیمـــه حساس	حـــــــــساس
$C_i = ۴$ PPM	$C_i = ۲$ PPM	$C_i = ۱/۰$ PPM
مارچوبه	سیب زمینی	گـــــردو
خرما	پنبه	لوبیاسورمه‌ای
چغندرقند	گوجه‌فرنگی	آلوچه
یونجه	نخود فرنگی	گلابی
باقلا	زیتون	سیب
پیاز	جـــــو	انگورسلطانی
کلم‌پیچ	گندم	هلو
کاهو	ذرت	پرتقال
هویج	فلفل سبز	آواکادو
	باقلادرشت	گریب فروت
		لیمـــــو
$C_i = ۲$ PPM	$C_i = ۱$ PPM	$C_i = ۰/۵$ PPM

ضمیمه ۱۴

مشخصات زهکشی ـ عمق ، فاصله زهکشی و نوع آن

کشور	خاکهای زهکشی شده	عمق تا سفره آب زیر زمینی (متر)	فاصله بین زهکشها (متر)	نوع زهکشهای مزرعه	توصیه ها
۱	۲	۳	۴	۵	۶
مصر		۱/۵۰		زهکشهای عمودی در دره نیل.	زهکش سطحی سبب جابجائی قشرهای نمک
استرالیا (جنوب)	رسوبات بادی، رسوبات آبرفتی	۱/۰۰	۲۲ – ۱۵	لوله‌های پلاستیکی،مشبک، تنبوشه	صافی شنی بکار میرود
	شنی ، واریزه‌های سنی رسی				
بلغارستان		۲/۵ – ۲			
کانادا		۱/۲۰			زهکش مصنوعی بمقدار محدود لازم است ، زهکش حائل تراوشات کانال
کلمبیا		۲/۰ – ۱/۰		زهکش سطحی	وسیله کانالهای سطحی
قبرس		۲/۳	۳۳۰ – ۸۲		
یونان					
هندوستان (رامپیرپور)	قلیائی بابافت ریز	۱/۸۰	۷۳	زهکشهای روباز و تنبوشه‌ای	نفوذپذیری ابتدائی بسیار کند ،گچ اضافه میشود
ایران (خوزستان)		۲/۵۰ – ۱/۵۰	۱۰۰ – ۵۰	زهکشهای روباز و تنبوشه‌ای	شیب ۲ در هزار
عراق		۳/۰–۲/۵–۱/۲–۱/۰	۳۵۰–۱۰۰–۵۰	فقط زهکشهای روباز	
اسرائیل (دره رودارдن)	لوم ، خاکهای با بافت سنگین	۲/۵ – ۲/۰	۱۰۰ – ۸۰	لوله‌های موجدار پلاستیکی	
		۱/۰	۴۰ – ۳۰	لوله‌های موجدار پلاستیکی	
جمهوری کره	خاکهای بابافت شور و قلیائی	۱/۰ – ۰/۳	۱۰۰ – ۳۰	زهکشهای سطحی	بوسیله کانالهای سطحی (۰/۷ – ۱/۰ متر)
پاکستان				پمپاژ از چاه مناسبتر است	بیشترین نشت از کانال است
پرو (چاکوپ)	لوم شنی	۱/۸۰	۸۰	لوله‌های پلاستیکی	
رودزیا					
جمهوری چین		۱/۱۰ – ۰/۹	۱۰۰ – ۳۰	زهکشهای روباز	
		۲/۰۰ – ۱/۵	۶۰ – ۳۰	زهکشهای زیرزمینی	
تونس (شرقی)		۱/۵۰	۸۰–۶۰	تنبوشه	سیستم شامل دستگاه پمپ کننده وزهکش جمع کننده ها.
ترکیه (دره رودگردیز)		۲/ – ۱/۷۰	۸۰–۶۰ و ۱۲۰–۱۰۰	تنبوشه	جمع کننده بعمق ۲/۷۰ متر
شوروی		۱/۵۰ – ۱/۰		پمپاژ مخصوصاً درآسیای مرکزی از	وقتی که آب شیرین مورد استفاده است.
		۳/۰		عمق ۴۰ تا ۱۰۰ متر	درجائی که احتیاج به شستشوی سنگین است

شناسائی مسائل شوری در جنوب ایران

تهیه کننده: پرهام جواهری

اصل این‌مقاله که بزبان انگلیسی‌است در آوریل ۱۹۷۵ تحت‌نشریه‌شماره۴۳۲
از طرف مؤسسه خاکشناسی و حاصلخیزی خاك منتشرگردیده است.

پیش گفتار

کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی گزارش مقدماتی تحت عنوان "Irrigation and Salinity : Aworld - Wide Survey" توسط دکتر ژوزف شالهاوت و خانم ژوزفین کامبور او از اسرائیل منتشر نموده است*

گزارش مقدماتی بکمیته ملی آبیاری وزهکشی ایران فرستاده شد و درخواست گردید که اطلاعات مربوط بایران کنترل و کامل گردد. درگزارش مقدماتی اطلاعات مربوط بایران بسیار نادر بود در حالیکه ارقام نسبتاً زیادی در ایران موجود است. در این مقاله سیستم مشابه گزارش مقدماتی جهان بکارگرفته شده تااستفاده‌از اطلاعات مربوط بایران برای تهیه کنندگان گزارش نهائی ساده‌تر باشد.

بخش اول: مقدمه

منابع آب در ایران محدود است و کیفیت آن برای آبهای سطحی‌بین ۲۵۰ تا ۷۰۰۰ میکروموس در سانتیمتر و تا ۷۰۰۰۰ میکروموس در سانتیمتر برای آبهای‌زیرزمینی متغیراست کشاورزان آبی را که در دسترس دارند برای برداشت محصول مصرف میکنند و استفاده از آبهای شور در آبیاری مسائلی را برای آنان آفریده است. زراعین درگذشته راههائی‌پیدا کرده‌اند که بر بعضی از این مشکلات فائق آیند. آنها آبهای شور را برای محصولات‌مقاوم

---

* هم اکنون این گزارش بصورت نهائی و تحت همین نام منتشر گردیده است که ترجمه آن در قسمت اول این نشریه میباشد.

بشوری مانند پسته و خرما بکار میبرند . بعضی دیگر از مشکلات مانندتجمع املاح دربعضی خاکها بحدی شدید بوده که در اغلب موارد زارع مجبور به ترک زمین شده است . در این مقاله سعی شده مسائل شوری درایران و مخصوصا" جنوب که مشکل به صورت حادتر است و همچنین راههای مبارزه و یا سازگاری با آن بررسی گردد .

بخش دوم: اطلاعات عمومی

ایران مساحتی را بوسعت ۱۶۴۸۸۰ میلیون هکتار میپوشاندکه ازآن ۱۸ میلیون‌هکتار قابل استفاده میباشد . کل اراضی زیر کشت ۷/۵ میلیون هکتار است که ۴۷%آن (برابر ۳/۵ میلیون هکتار) تحت آبیاری میباشد .

جدول ۱ــ مساحت اراضی زراعی ، تحت آبیاری و شور ایران بر حسب ۱۰۰۰ هکتار

مساحت کل	مساحت‌زیرکشت	مساحت‌اراضی‌تحت‌آبیاری	درصداراضی‌آبیاری‌شده	اراضی‌شور
۱۶۴۸۸۰	۷۵۰۰	۳۵۰۰	۴۷	۲۳۵۰۰

قسمت بزرگی از ایران توسط کوهها پوشیده شده است . سلسله جبال البرز ازغرب‌به شرق و سلسله جبال زاگرس ازشمال به جنوب شرقی کشیده شده است . این سلسله جبال‌ها سطح مثلثی شکل بزرگی را در مرکز و شرق ایران در بر میگیرند . سطحی که توسط این دو سلسله جبال محاط شده فلات مرتفعی است که شیب آن بتدریج کم‌میشودتابصورت بیابان و کویر در میآید . این فلات شامل کوهها و تپه‌ها ، اراضی‌پست آبگیروچندین‌دشت رسوبی است . فلات را به چهارواحدبزرگ‌ژئومورفولوژیکی‌میتوان تقسیم نمود .

۱ــ دشت لوت (با ارتفاع ۵۰۰ تا ۶۰۰ متر از سطح دریا)

۲ــ دشت کویر (با ارتفاع ۶۰۰ تا ۱۰۰۰ متر از سطح دریا)

۳ــ دشت اصفهان ــ سعید آباد (با ارتفاع ۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰ متر از سطح دریا)

۴ــ فلات مرتفع شمال غربی ــ مرکزی ایران (با ارتفاع۱۲۰۰ تا ۲۵۰۰ متر از سطح دریا)

خارج از سطح مثلث بزرگ شرق مرکزی ، دو دشت دیگر ، یکی در شمال و دیگری در جنوب ایران قرار دارد . جلگه جنوبی شامل جلگه پست و کم ارتفاع خوزستان و سایر جلگه هـای پست حاشیه خلیج فارس و دریای عمان است و جلگه شمالی درحاشیه‌دریای‌خزرواقع‌میباشد.

با توجه بمقدار کل بارندگی در نقاط مختلف ایران ، ۱۳٪ کل اراضی کشور رامیتوان جزء مناطق خشک ، ۲۱٪ نیمه خشک ، ۱۷٪ نیمه مرطوب ، ۸٪ نیمه مرطوب مایل بمرطوب‌و ۱٪ مرطوب بحساب آورد . در این تقسیم بندی فرض شده که کل‌بارندگی درنواحی‌خشک ، نیمه خشک ، نیمه مرطوب ، نیمه مرطوب مایل بمرطوب و بالاخره مرطوب بترتیب برابـر : کمتر از۱۰۰ ، ۱۰۰ تا ۲۵۰ ، ۲۵۰ تا ۵۰۰ ، ۵۰۰ تا۱۰۰۰ و۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ میلی‌متردر سال میباشد .

فصل بارندگی در ایران اغلب زمستان و هنگامی میباشد که گیاه احتیاج چندانی به آب ندارد . بطور کلی ۴۶٪ کل بارندگی ایران در زمستان ، ۲۷٪ در بهار ، ۲۲٪ درپائیز و تنها ۵٪ در تابستان ریزش مینماید که بارندگی تابستان فقط مربوط به نواحی محدودی همچون حاشیه جنوبی دریای خزر میباشد . تابستان در اکثر نقاط ایران خشک می‌باشد و تنها از طریق آبیاری میتوان احتیاجات آبی گیاهان زراعی این فصل را برطرف نمود .

کل آب موجود جهت مصرف و مقداری که به آبیاری تخصص داده شده در جدول ۳ گزارش شده است . محدودیت آب در ایران باعث شده که مقدار خیلی کمی از آب جهت شستشو و آبیاری اراضی شور مصرف‌گردد و البته در بعضی اراضی شور که آب به حد وفـور وجود دارد از آن جهت آبیاری استفاده میگردد .

جدول ۲ــ شرایط آب وهوائی و طبیعی ایران

شهر	متوسط درجه‌حرارت (بسانتیگراد) ماه	ماکزیمم	می‌نیمم	بارندگی (به میلیمتر) کل	فصل	ارتفاع از سطح دریا (به متر)	آب و هوا ووضع طبیعی
یزد	دی	۱۳/۱	۰/۴ــ	۵۶/۸	آبان تا اردیبهشت	۱۲۳۳	خشک
	تیر	۳۹/۱	۲۴/۱				
اهواز	دی	۱۷/۷	۶/۸	۱۷۲/۰	مهر تا اردیبهشت	۲۰	نیمه‌خشک (گرم)
	تیر	۴۶/۰	۲۶/۹				
مشهد	دی	۷/۷	۴/۷ــ	۲۲۲/۷	مهر تا اردیبهشت	۹۸۵	نیمه‌خشک (سرد)
	تیر	۳۳/۸	۱۸/۲				
شیراز	دی	۱۲/۴	۰/۱ــ	۳۲۱/۳	آبان تا اردیبهشت	۱۵۳۰	نیمه مرطوب
	تیر	۳۷/۱	۱۹/۶				
گرگان	دی	۱۳/۷	۴/۴	۶۳۹/۷	همه ماهه	۱۲۰	نیمه‌مرطوب‌مایل‌بمرطوب
	تیر	۳۲/۷	۲۲/۴				
رشت	دی	۱۲/۶	۲/۵	۱۳۰۰/۲	همه ماهه	۳	مرطوب
	تیر	۳۰/۰	۱۹/۰				
بطورکلی	دی	۲۴/۰	۸/۸ــ	۲۵۶/۰	بهمن ۱۷٪ کل آذر تا فروردین ۷۲/۷٪ آبان تا اردیبهشت ۸۷/۷٪	۱۳۰۰	خشک تا نیمه‌خشک، اغلب مناطق کشور فلات، ۵۲٪ سطح کومستانی و بیابان
	تیر	۴۶/۰	۱۲/۹				

پراکنش بارندگی ماهیانه در ایران (متوسط سالهای ۲۵۲۶ تا ۲۵۳۳)

ماه	میزان بارندگی		
	میلیارد مترمکعب	میلیمتر	درصد
مهر	۱۱/۸	۷/۱	۲/۸۰
آبان	۳۵/۹	۲۱/۸	۸/۵۰
آذر	۴۵/۸	۲۷/۸	۱۰/۸۵
دی	۶۰/۷	۳۶/۸	۱۴/۳۸
بهمن	۷۱/۷	۴۳/۵	۱۶/۹۹
اسفند	۶۲/۸	۳۸/۱	۱۴/۸۸
فروردین	۶۵/۸	۳۹/۹	۱۵/۵۹
اردیبهشت	۳۵/۹	۲۱/۸	۸/۵۰
خرداد	۱۱/۲	۶/۸	۲/۶۵
تیر	۶/۵	۳/۹	۱/۵۴
مرداد	۶/۱	۳/۷	۱/۴۴
شهریور	۷/۹	۴/۸	۱/۸۷
مجموع سالیانه	۴۲۲/۰	۲۵۶/۰	۱۰۰/۰۰

جدول ۳ـ کمیت آب های موجود و مورد مصرف آبیاری برحسب میلیارد مترمکعب در سال

منبع آب	کمیت سالیانه		ملاحظات
	کل	جهت آبیاری	
کل آب رودخانه‌ها و نزولات	۴۰۰	۲۸	۲۳ میلیارد مترمکعب آب سالانه بطور متوسط توسط ۱۳ مخزن سد ذخیره میگردد .
تبخیر	۲۴۰		
تبخیر و تعرق از مراتع و جنگلها	۳۰		
جریانهای سطحی	۹۰	۱۹	
نفوذ آب	۴۰	۹	

سطحی که تحت تأثیر شوری قرار گرفته ۲۳/۵ میلیون هکتار برآورد شده است (۳۱) که حدود ۱۴/۲% سطح کل ایران میباشد . اراضی شور ایران به پنج گروه تقسیم میشوند :

۱ـ لیتوسل آهکی متشکل از مارنهای نمکی و گچی در ناحیه بیابانی و سیروزم (به وسعت ۰/۳ میلیون هکتار)

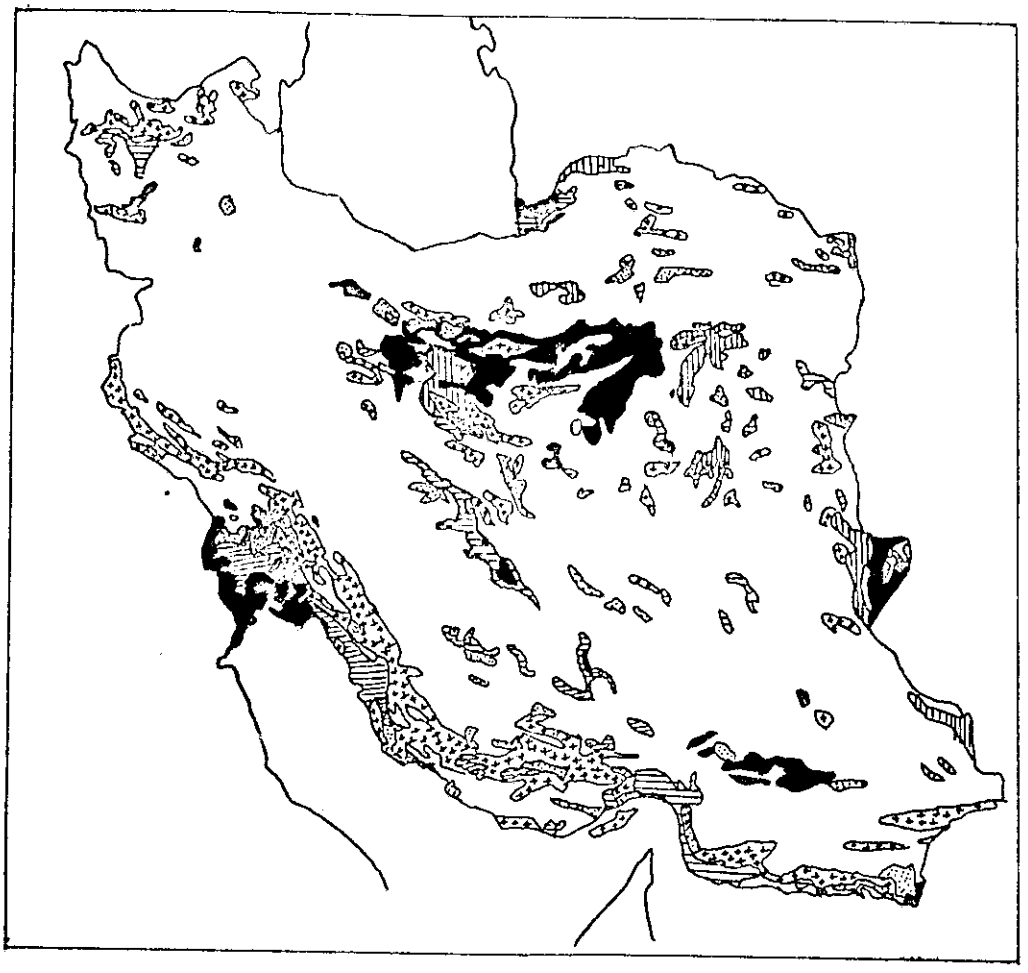
۲ـ خاکهای شور و قلیائی (بوسعت ۷/۳ میلیون هکتار)

۳ـ خاکهای باتلاقی شور (بوسعت ۸/۲ میلیون هکتار)

۴ـ خاکهای بیابانی و سیروزم توأم با خاکهای شور (بوسعت ۲/۶ میلیون هکتار)

۵ـ خاکهای رسوبی شور (بوسعت ۵/۱ میلیون هکتار)

بطور کلی گروههای ۱ و ۲ برای اصلاح خوب نیستند گروه ۳ را با بررسی زیاد میتوان اصلاح نمود و گروههای ۴ و ۵ مناسبترین جهت اصلاح میباشند (۲۲) .



خاکهای رسوبی شور

لیتوسل آهکی متشکل از مارنهای نمکی وگچی درناحیه‌بیابانی و سیروزم

خاکهای شور و قلیائی

خاکهای باتلاقی شور

خاکهای بیابانی و سیروزوم توأم با خاکهای شور

جدول ۴ـ تاریخهای کشت وبرداشت ، آب موردنیازومتوسط برداشت محصولات عمده

گیاه	تاریخ کشت	تاریخ برداشت	آب موردنیاز (میلیمتر)	محصول‌تن‌در هکتار	سطح زیرکشت (هزار هکتار)
گندم	مهر وآبان	اردیبهشت و تیر	۶۴۰ـ ۳۴۰	۱/۳۰ آبی ۰/۴۲ دیم	۴۰۰۰
برنج	اسفند و فروردین	مرداد و شهریور	۱۲۴۴ـ۸۸۰	۳/۱۶	۳۵۵
ذرت	اردیبهشت	مرداد	۱۰۹۰ـ۹۶۰	۱/۵	۱۱/۴
پنبه	فروردین	شهریور ـ مهر	۱۱۷۰ـ۶۰۰	۱/۷	۴۰۰
چغندرقند	اسفند و فروردین	مهر و آبان	۱۰۹۰ـ۷۶۰	۲۵/۰	۱۴۰
آفتابگردان	فروردین	مرداد	۷۰۰ـ۶۰۰	۰/۸	۲۵
نیشکر	مرداد ـ مهر	درسال اول ۱۴ـ۱۹ ماه بعد درسال های بعد ۱۲ ماه بعد	۳۵۰۰ـ۳۰۰۰	۱۲۰	۹
یونجه	فروردین	فروردین ـ مرداد	۲۱۰۰ـ ۸۸۰	۱۲ (خشک)	۱۰۰
پرتقال	بهمن	آبان	۱۰۰۰ـ ۹۰۰	۵/۲	۲۵

جدول ۵ــ شوری و اجزاء مربوطه در آب رودخانه‌ها وآبهای زیرزمینی (۲ــ۱۱)

منبـــع آب	کل املاح میـلیگرم درلیتر	Ca	Mg	Na	Cl	SO_4	HCO_3	SAR	$EC \times 10^6$ میکروموس درسانتیمتر
		میلی اکوالنت در لیتـــر							
رودخانه									
رودخانه دز	۳۸۰	۳/۰	۱/۴	۲/۱	۱/۹	۱/۸	۲/۷۶	۱/۴۲	۶۵۰
آب زیرزمینی									
مرودشت ماکزیمم	۱۰۰۲۰۰	۱۵۸	۴۵۴	۹۵۸	۱۵۹۰	۷۶/۶	۱/۳	۵۵	۱۴۴۲۴۰
می‌نیمم	۲۷۰	۳/۲	۰/۹	۰/۲۴	۰/۲	۱/۵۷	۲/۳	۰/۱۶	۴۲۰
آب قنات									
حسن‌آباد داراب	۲۶۰	۲/۱	۰/۵۷	۰/۴۴	۰/۲۶	۰/۲۱	۲/۷	۰/۵	۳۷۰
جنوت برازجان	۶۱۵۴	۸/۵	۲/۳	۸۲	۷۶	۲۰	۲/۳	۳۶	۸۸۵۰

بخش سوم: کیفیت آب آبیاری

۱ـ خصوصیات عمومی منابع آب آبیاری

کیفیت آب رودخانه نسبت به تشکیلات زمین شناسی منطقه‌ای‌که رودخانه ازآن‌عبور مینماید متغیر است بطور مثال رودخانه شاهپور با شوری ۵۹۰۰، هندیجان باشوری۴۹۰۰ و حبله رود با شوری ۱۶۲۰ میکروموس در سانتیمتر از تشکیلات زمین‌شناسی فارس که یک تشکیلات شور و گچی است عبور مینمایند.

شوری آب رودخانه‌ها در طول مسیر مرتب افزایش میابد مثلا" در یک اندازه‌گیری شوری رودخانه کردر فارس از ۶۵۰ به ۱۰۳۰ میکروموس در سانتیمتر در طول ۶۰ کیلو متر مسیر افزایش یافت. بخاطر بارندگی و در نتیجه دبی زیاد رودخانه‌ها در زمستان واوایل بهار، شوری آب رودخانه‌ها در آخر تابستان بیشتر از اوایل بهارمیباشدبطوریکه شوری‌آب رودخانه کر از ۵۶۰ در اواخر فروردین به ۸۰۰ میکروموس در سانتیمتر دراواخرمهرمیرسد.

هدایت الکتریکی آب زیرزمینی ازحدود ۳۰۰ تابیش از۱۰۰۰۰ میکروموس در سانتی متر ، (بدون مشخص بودن نحوه توزیع) متغیر میباشد.

۲ـ متد مطالعه کیفیت ـ نمونه‌برداری و تجزیه

در جدول ۶ اطلاعات مربوط به‌تکنیک برداشت نمونه و تجزیه‌های آن و انواع و متد تجزیه‌ها و واحد بیان نتایج خلاصه شده است.

جدول ۶ـ خلاصه‌تکنیک‌نمونه‌برداری وتجزیه آبهای آبیاری

تکنیک‌وفواصل‌زمانی‌نمونه‌برداری	نوع‌تجزیه	متدتجزیه	واحد بیان نتایج
اوایل نمونه‌برداریها‌بصورت‌ماهی‌یکمرتبه وهم‌اکنون‌فصلی‌یکمرتبه میباشد ،نمونه‌ها درنقاط مختلف‌مسیررودخانه و درمحلی کمی دورتر ازکناره رودخانه برداشته میشود.	کامل باضافه‌بر	استاندارد	پی پی ام ، میلی‌اکوالنت‌درلیتر میکروموس‌درسانتیمتر

۳ـ تقسیم‌بندی و ارزیابی کیفیت آب آبیاری

۳ـ۱ خطر شوری

تقسیم بندی ارائه شده توسط آزمایشگاه شوری ایالات‌متحده U.S.S.L. بخوبی در ایران شناخته شده است ولی تلاشهائی‌که جهت‌کلاسه نمودن آبهای ایران دراین سیستم شده چندان موفق نبوده است . وان آرت (۲۲) سیستم تجدید نظر شده U.S.S.L. راکه توسط تورن و پیترسون پیشنهاد گردیده (که در آن C_4 بجای C_3 سیستم اصلی و C_3 بجای C_4 آن میباشد و تا شوری ۶۰۰۰ میکروموس در سانتیمتر در آن درجه بندی شده است) برای ۱۰۸ چاه دشت مرو دشت بکار برد . درصد چاههائی که در این مطالعه ، کیفیت آب آنها در دسته های مختلف‌سیستم‌تورن وپیترسون قراردارددرجدول ۸ مشخص شده است .

جدول ۷ـ متدهای استفاده درتعیین اجزاء شیمیائی آب (۱۷)

جزء	متد تجزیه
TDS	تبخیر
EC	دستگاه کاندکتیویتی بریج
PH	الکترود شیشه
Na	فلیم فتومتری
K	فلیم فتومتری
Ca+Mg	تیتره نمودن باEDTA با استفاده از معرف اریوکرم بلاک تی
Ca	تیتره نمودن EDTA با استفاده از معرف موریکساید
CO_3	تیتره نمودن با اسیدسولفوریک با استفاده از معرف فنل فتالئین
HCO_3	تیتره نمودن با اسیدسولفوریک با استفاده از معرف متیل اورانج
SO_4	رسوب $BaSO_4$ و یا متد حجمی بوسیله $BaCrO_4$
Cl	تیتره نمودن با $AgNO_3$ با استفاده از معرف کاکرومیت
B	متد کارماین و سپس کلرومتری

جدول ۸ــ وضعیت چاههای مرودشت درکلاسه بندی تجدیدنظریافته آزمایشگاه شوری ایالات متحده

کلاس	شوری (میکروموس درسانتیمتر	ارزیابـــــــی	تعداد چاه درمرودشت
C_1	۰ ــ ۲۵۰	شوری پائین	۰
C_2	۲۵۰ ــ ۷۵۰	شوری جزئی	۹
C_3	۷۵۰ ــ ۲۲۵۰	شوری متوسط	۵۶
C_4	۲۲۵۰ ــ ۴۰۰۰	شوری زیاد	۱۸
C_5	۴۰۰۰ ــ ۶۰۰۰	شوری خیلی زیاد	۶
	بیش از ۶۰۰۰	شوری فوق‌العاده	۱۱

آبهای با شوری کمتر از ۲۵۰ میکروموس در سانتیمتر بندرت در ایران برای آبیاری یافت میشود ، ضمناً" آبهای با شوری بیشتر از ۲۲۵۰ میکروموس در سانتیمتر که از نظر کلاسه بندی آزمایشگاه شوری ایالات متحده در جزء دسته غیر قابل استفاده قرار دارددر آبیاری مصرف میگردد . آبهای شور بعلت آنکه از آنها بعنوان مکمل آبیاری در نقاطی که گیاه با آب باران سبز گردیده استفاده میشود و همچنین بعلت آنکه برای آبیاری گیاهان مقاوم بشوری مصرف میگردد کاربردی درآبیاری بعضی مزارع دارد . اینگونه آبها درنقاطی که بارندگی زمستانه بحد کافی باشد خطر چندانی متوجه خاک نمی‌سازد . بدین ترتیب کلاسه‌بندی آزمایشگاه شوری ایالات متحده نمیتواند جوابگوی شرایط موجوددرایران باشد و هنوز کلاسه بندی دیگری که بتواند جایگزین آن بشود مشخص نگردیده است .

۲ــ۳ خطر قلیائیت

در ایران خطر قلیائیت و کربنات آبها براساس تقسیم‌بندی آزمایشگاه شوری ایالات متحده و بر پایه روابط SAR و EC وهمچنین تقسیم‌بندی پیشنهادی ایتون برپایه مقدار RSC مشخص میگردد .

رابطهٔ شوری و SAR آب چاههای مرودشت درشکل ۲ مشخص شده است که ارتباط خوبی را بین EC و SAR آب نشان میدهد ؛ هرچه‌شوری آب آبیاری زیاد شودفعالیت یون سدیم که در تبادل با خاک است زیادتر میگردد . نسبت‌جذب‌سدیم (SAR)آب آبیاری در ارتباط با نسبت سدیم قابل تبادل (ESR) خاک طی فرمول $ESR = KSAR + C$ میباشد که در آن :

$SAR = Na^+ / \sqrt{(Ca^{++} + Mg^{++})/2}$ و $ESP = exNa/ex[Ca+Mg]$

میباشد . مقادیر K ، C برای خاک رسی میرپنجی در ناحیه قزوین به ترتیب برابر ۰/۰۱۱۶ و ۰/۰۳۰۹ پیدا گردیده است .

باقیمانده سدیم کربنات RSC نشان دهنده تمایل کلسیم و منیزیم کربنات به رسوب در خاک است ، بنابراین غلظت نسبی یون سدیم و ESP راافزایش میدهد .

$$RSC = (Co_3^{=} + HCO_3^{-}) - (Ca^{++} + Mg^{++})$$ میلی‌اکوالنت

طبق تعریف در صورتیکه RSC کمتر از ۱/۲۵ میلی اکوالنت درلیترباشدآب جهت آبیاری مناسب است و اگر RSC بین ۱/۲۵ و ۲/۵ میلی اکوالنت در لیتر باشد آب جهت آبیاری محدودیتهائی دارد وبیشتراز۲/۵ میلی‌اکوالنت درلیتر غیرمناسب‌میباشد . مطالعات آبهای زیرزمینی مرودشت نشان میدهد که۸۸٪ آب چاهها‌کمتراز۱/۲۵ و مناسب جهت آبیاری است ۷٪ دارای محدودیت و ۵٪ غیر مناسب جهت آبیاری است .

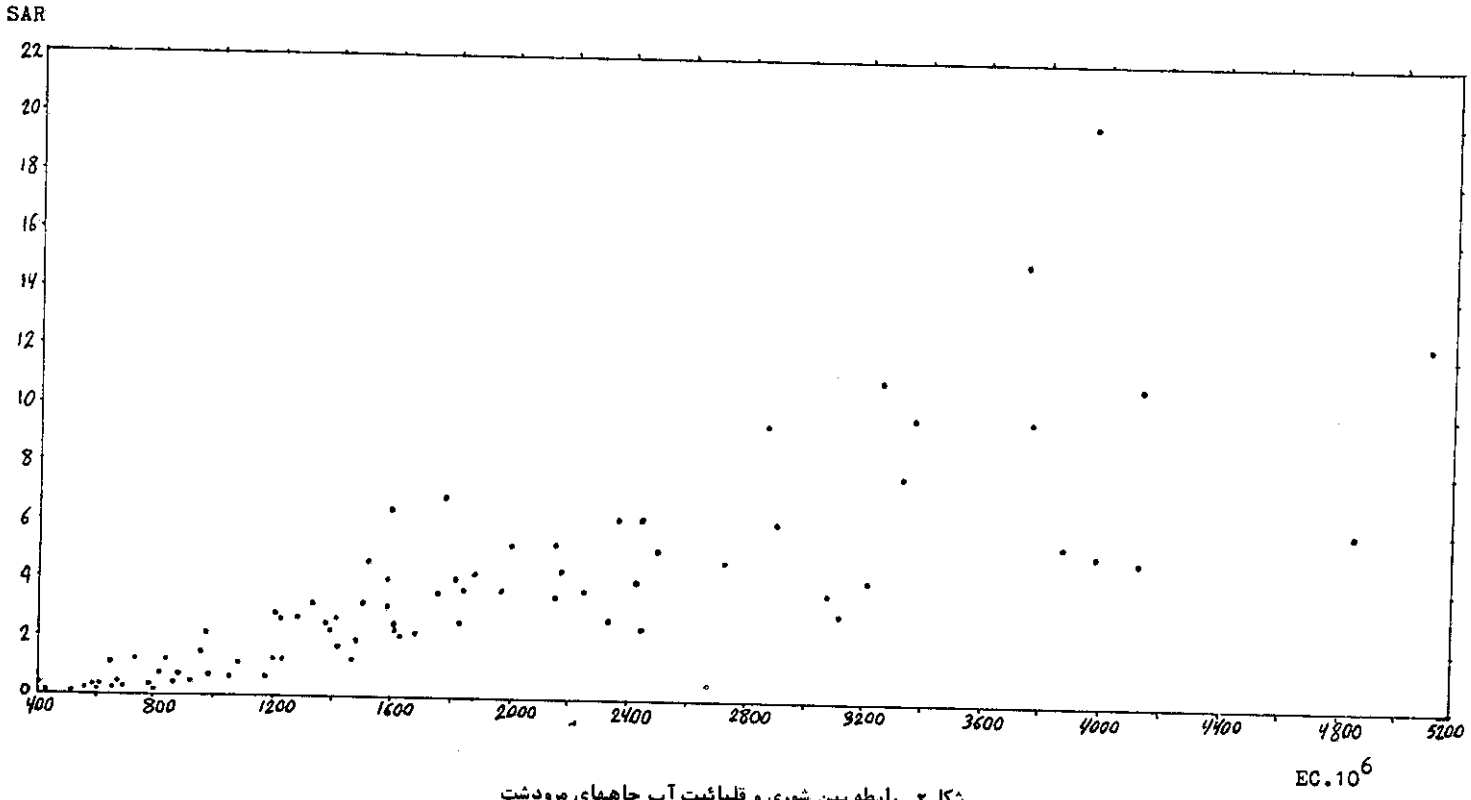
بطورکلی صرفنظر از شوری زیاد آب خطر سدیم و کربنات در ایران کم‌است . مقدار SAR اغلب کمتر از ۱۰ و RSC کوچکتر از ۱/۲۵ میباشد .

۴- فاکتورهای موثر در ارزیابی و تقسیم‌بندی آب‌آبیاری

۱-٤ آب و هوا

تأثیر باران در تقلیل شوری آبهای سطحی و زیرزمینی و تقلیل شوری خاک کاملا" شناخته شده است . کمترین شوری آب رودخانه ها و آب های زیرزمینی در زمان بیشترین جریان آب و بهنگام حداکثر ریزش باران اتفاق میافتد . حداکثر شوری آبها نیزدرست‌در زمان قبل از شروع دوره بارندگی میباشد .

متوسط بارندگی در ایران حدود ۲۵۰ میلیمتر است که در دوره کوتاه سرما و تبخیر کم (جدول ۲) ریزش مینماید . اکثرا" این مقدار بارندگی باعث‌تعدیل شوری‌خاک میشود که در دوران خشکی (خرداد تا مهر) در اثر آبیاری با آب شور و یا تبخیر از آب شورزیر زمینی زیاد گردیده است . درخوزستان در نتیجه تبخیر زیاد ، سطح آب‌زیرزمینی درطول فصل خشکی بین ۲۰ تا ۶۰ سانتیمترپائین میافتدکه درنتیجه حدود ۱۰۰۰ تا ۴۰۰۰ بشوری آب زیرزمینی افزوده میشود (مرجع ۱۵) . درجدول زیرچهارنمونه ازافزایش شوری آب زیرزمینی نقاط مختلف خوزستان در اثر پائین افتادن سفره آب در فصل خشکی‌نشان میدهد .



شکل ۲ــ رابطه بین شوری و قلیائیت آب چاههای مرودشت

شماره چاه	محـــــل چـــــــاه	تاریخ برداشت	عمق سفره آب (سانتیمتر)	شوری آب زیرزمینی (میکروموس در سانتیمتر)
۸	کیلومتر ۱۴ جاده حمیدیه به سوسنگرد	۱۳۴۸/۱/۲۵	۴۷	۷۰۱۰۰
		۱۳۴۸/۶/۳	۲۵۶	۸۱۰۰۰
۱۸	کیلو متر ۷/۵ جـــاده سوسنگرد به بستان	۱۳۴۸/۱/۲۵	۲۶۴	۷۰۸۰۰
		۱۳۴۸/۴/۱۶	۲۷۸	۸۴۰۰۰
		۱۳۴۸/۶/۴	۲۹۹	۸۷۰۰۰
۵۰	کیلومتر ۱۴۵ جـــاده اهـواز به شاهپور	۱۳۴۸/۲/۳	۱۸۵	۱۰۴۰۰۰
		۱۳۴۸/۴/۱۷	۱۹۶	۱۱۵۰۰۰
		۱۳۴۸/۶/۲۳	۲۱۲	۱۲۵۵۰۰
۵۹	کیلو متر ۲۵ جـــاده اهواز به مسجد سلیمان	۱۳۴۸/۴/۱۷	۱۳۶	۱۰۰۰۰
		۱۳۴۸/۵/۱۳	۱۱۴	۱۱۲۰۰
		۱۳۴۸/۶/۲۳	۱۷۴	۱۳۲۰۰

شدت تبخیر در میزان و شدت تجمع املاح درخاک وهمچنین در راندمان شستشوی متناوب مؤثر است (به زیر قسمت ۲ــ۲ از بخش ۶ مراجعه شود) . یک مشاهده در خاک سیلتی کلی لوم آهوچر نشان داد که وقتی سفره آب در عمق ۱۶۰ سانتیمتری سطح زمین واقع بود و دارای شوری ۶۴۰۰۰ میکروموس در سانتیمتر بود ، یک افزایش۶/۲% درشوری خاک در اثر ۱۰۸ میلیمتر تبخیر از سطح آزاد آب (اندازه گیری از طشتک‌کلاس)در طول ۲۱ روز عدم آبیاری و یا شستشوی خاک پدید آمد (مرجع ۵) .

۲ـ٤ خاك

مقدار نمک آب آبیاری که شسته و یا در خاک باقی میماند به خصوصیات فیزیکی و فیزیکو شیمیائی خاک بستگی دارد . با توجه بگزارش جواهری (مرجع (۳۰) تنها آب‌های فعال موجود در خاک در عملیات شستشو شرکت مینماید . تمام‌آبهای موجوددرمنافذ شن

شسته شده فعال میباشند در حالیکه در خاکهای سنگین قسمتی ازآبهای موجوددرآن‌فعال میباشند . مثلا " ۱۲/۴ درصد آب موجود در حالت نقطه پژمردگی خاک سیلتی کلی‌لـوم آهوچر فعال میباشد .

۳ـ٤ متدهای آبیاری

سیستم آبیاری ایران در حد وسیعی بصورت ثقلی (سطحی) می‌باشد . سیستم بارانی در بعضی پروژه‌های پیشرفته بکار میرود و آبیاری قطره‌ای در مراحل آزمایشی است اخیرا" یک روش سنتی بنام آبیاری کوزه‌ای مورد توجه قرار گرفته است و تحقیقاتی جهت کاربرد آن در مناطق خشک و با آب شور شروع گردیده است . بوسیله این سیستم آبی به غلظت ۲۵ میلی موس در سانتیمتر توانسته گیاه هندوانه را رشد داده آن را به محصـول بنشاند (مرجع ۷) .درامرشستشوی‌خاک درپروژه‌های اصلاح اراضی از آبیاری کرتی استفاده میشود . آبیاری جوی پشته بهنگامی که آب آبیاری و یا خاک شور باشد سبب تجمع املاح روی سر پشته ها میگردد . بطور مثال ، در یک مزرعه چغندر قند در ایستگاه اصلاح اراضی آهوچر ، مقدار املاح روی پشته از ۴ به ۲۵ و بالاخره ۶۵ میکروموس در سانتیمتر در اثر۸ و ۲۲ دفعه آبیاری هفتگی رسید .

بخش ۴ ـ تأثیر آبهای شور آبیاری برروی خاکها

کشور ایران دارای تاریخ طولانی کشاورزی و آبیاری است . هفت تا هشت هزار سال آبیاری در ایران تغییرات عمده ای را در خاکها بوجود آورده است . رسوب یک تا دومتر سیلت در اراضی خوزستان (مرجع ۳۸) . و همچنین پیدایش‌شوری ومانداب‌شدن اراضی مثالهائی از این تغییرات است .

۱ ـ مطالعات اولیه

۱ـ۱ تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیائی

از سال ۱۳۳۲ مطالعات تفصیلی ، نیمه تفصیلی و اجمالی خاکشناسی در پروژه‌های متعدد ایران توسط مؤسسه خاکشناسی و حاصلخیزی خاک شروع گردید . نقشه خاک اکثرمناطق با استفاده از عکسهای هوائی و موزائیک آنها با مقیاس $\frac{1}{50000}$ تهیه شده است . این نقشه با استفاده ازنفسیرعکسهای هوائی بامقیاس $\frac{1}{50000}$ تا $\frac{1}{60000}$ درمراحل زیادی کنترل گردیده است . در طبقه‌بندی و ارزیابی خاکها از عکسهای هوائی استفاده میشود . برای هر گروه خاکی پروفیلمهای شاهد صحرائی تشریح میگردد . نمونه خاکها برای تجزیه به آزمایشگاه ارسال میشود و این تجزیه‌ها به تفسیر و تشخیص واحدهای‌مختلف خاک‌کمک مینماید .

مقیاس نقشه‌های خاک که توسط مؤسسه خاکشناسی و حاصلخیزی خاک بکار میرود به شرح زیر است .

مقیاس ۲۵۰۰۰۰۰ : ۱ جهت مطالعات اجمالی گسترده

مقیاس ۵۰۰۰۰۰ : ۱ تا ۲۵۰۰۰۰۰ : جهت مطالعات اجمالی

مقیاس ۲۰۰۰۰ : ۱ تا ۵۰۰۰۰ : ۱ جهت مطالعات نیمه تفصیلی

مقیاس ۱۰۰۰۰ : ۱ تا ۲۰۰۰۰ : ۱ جهت مطالعات تفصیلی

مقیاس ۲۰۰۰ : ۱ تا ۱۰۰۰۰ : ۱ طبق درخواست متقاضی

ضمناً" تجزیه‌های شیمیائی و فیزیکی زیر نیز در مطالعات خاکشناسی انجام میپذیرد :

خصوصیات فیزیکی : درصداشباع ،حدنگهداری‌مزرعه،نقطه پژمردگی‌دائم ، ضریب‌آبگذری نفوذ پذیری ، وزن مخصوص و توزیع اندازه ذرات که در آزمایشگاه و یا در صحـــرا تعیین میشود و بافت خاک ، ساختمان خاک ، مقاومت ذرات خاک ، رنگ ، منافذ ، وضعیت زهکشی طبیعی ، عمق سفره آب و وضع سنگلاخی منطقه که بوسیله تشخیص درصحرامعین میگردد .

خصوصیات شیمیائی : EC ، PH ، $CaCo_3$ ، N ، P ، K و O. M.
برای خاکهای غیر شور مورد درخواست میباشد و برای خاکهای شور کاتیونها و آنیونهای محلول CEC ، ESP ، $CaSo_4$ بر درخواست قبلی اضافه‌میگردد . علاوه‌بر خصوصیات فوق در پروفیل نیز وجود ماتلینگ ، آهک ، گچ ، جوشش اسیدی خاک مشخص میگردد .

از آنجا که کمیت و کیفیت آب در ایران فاکتور محدود کننده برای توسعه کشاورزی است اراضی مناسب کشاورزی بر اساس کیفیت و کمیت خوب آب آبیاری و ارزیابی‌چگونگی مصرف اراضی انتخاب میشود .

جدول ۹

مقیاس نقشه ها	خصوصیات فیزیکی خاک	خصوصیات شیمیائی خاک	ایجادزهکشی	عمق شستشو (سانتیمتر)
۱:۱۰۰۰۰ – ۱:۲۰۰۰	بافت ، ساختمان ، مقاومت منافذ ، زهکش طبیعی ، عمق سفره آب ، ظرفیت نگه داری مزرعه ، نقطه پژمردگی دائم ، وزن مخصوص ، نفوذ پذیری ، آبگذری	$CaCo_3$ ، PH ، EC O. M. ، K ، P ، N TSS ، $CaSo_4$ ، S. P. ، CEC ، ESP کاتیونها وآنیونهای محلول	درمواردضروری	۶۰ – ۲۰۰
۱:۵۰۰۰۰ – ۱:۲۰۰۰۰				
۱:۲۵۰۰۰۰				

۲-۱ خصوصیات خاکهای آبیاری

بافت خاکهای مورد آبیاری اغلب سنگین میباشد و وضعیت زهکشی ضعیف تا خوب است . یک مثال شاهد و تیپیک خاکهای قابل زراعت مرودشت نشان میدهد (مرجع ۱)که این خاکها دارای بافت سنگین ، ساختمان منشوری تا مکعبی بدون گوشه برای عمق ۲۰ تا ۹۰ سانتیمتری سطح خاک ، PH برابر۸ ، EC کمتر از ۱/۵ میلی موس در سانتیمتر درصد $CaCo_3$ بین ۳۰ تا ۳۵ ، K برابر ۴۰۰ پی پی ام ، P برابر۷پی‌پی‌ام و درصد مواد آلی ۰/۷ میباشد . درچندکیلومتری جنوب‌جلگه مرودشت منطقه آهوچر واقع است که دارای خاکهای شور و قلیائی میباشد . خصوصیات این خاک که مثال خوبی برای خاکهای شور ایران است نشان میدهد که بافت خاک‌سنگین‌سیلتی‌کلی لوم تا سیلتی کلی ، ساختمان مکعبی بدون گوشه ، PH برابر ۸ ، EC برابر ۳۰ میلی موس در سانتیمتر ، SP برابر ۶۰ ، درصد کربنات کلسیم برابر۴۵ ، $CaSo_4$ برابر۸ میلی اکوالنت درصد گرم خاک خشک و ESP برابر ۴۰ میباشد سفره آب درعمق۱۷۵ سانتی متری (در خشکترین ایام سال) با شوری ۷۳ میلی موس درسانتیمترو SAR حدود۸۴ میباشد .

در ایران اغلب خاکهای تحت تأثیر شوری جزء دسته شور و قلیائی و قسمت‌کوچکی از آن جزء دسته شور طبق دسته بندی آزمایشگاه شوری ایالات متحده به حساب میآیند . خاکهای قلیائی بندرت در ایران یافت میشود ووجود آنها فقط در نواحی معدودی که از اهمیت چندانی برخوردار نیستند مثل مناطق‌کوچکی ازمرودشت ،قزوین ، گرمسار ونزدیک کرج گزارش شده است . اغلب خاکهای شور قلیائی به اندازه کافی گچ ، کلسیم و منیزیم محلول دارند که از سوق این خاکهابطرف قلیائیت دراثرآبیاری وشستشوجلوگیری‌بنماید .

۲- روشهای تشخیص

جدول ۱۰ متدهای تعیین خصوصیات خاکهای شور را بطور مختصر بیان می‌نماید . عناصر شیمیائی و متدهای تجزیه شبیه همانهائی است که درتجزیه آب آبیاری درجداول ۶ و ۷ بیان گردیده است .

جدول ۱۰ متدنمونه برداری وتجزیه‌های‌شیمیائی شوری وقلیائیت‌خاک

زمان‌نمونه‌برداری	متدعصاره‌گیری	شـــوری کـــل	واحـــدهای مورداستفاده	توضیحات‌قلیائیت
قبل و بعدازکشت	عصاره خمیراشباع	هدایت الکتریکی‌و تجزیه کامل یونها	میلی موس درسانتیمتر ومیلی اکوالنت درلیتـــر	PH ، ESP ، SAR وگچ

نمونه خاک سالیانه دومرتبه قبل از کشت و بعد از برداشت تاعمق ۱۵۰ سانتیمتری سطح خاک (از هر عمق ۲۵ سانتیمتری) برداشته میشود .

متداولترین روش عصاره‌گیری ، روش عصاره‌گیری از خمیر اشباع خاک است که‌توسط آزمایشگاه شوری ایالات متحده پیشنهاد شده است . متدهای عصاره گیری براساس نسبت های ثابت آب به خاک از قبیل ۱:۱ ، ۱:۲ و ۱:۵ در بعضی از تحقیقات و مؤسســات اعمال میشود . تلاشهائی جهت عصاره گیری از رطوبت طبیعی خاک بعمل آمده است .در بین متدهای موجود متد جابجائی که در آن آب بر روی یک ستون خاک میریزند وزه آب اولیه را بعنوان محلول خاک میگیرند نسبت بسایرین جهت مطالعات شستشورجحان‌دارد ولی برای کارهای روزمره آزمایشگاهی مناسب نیست . این متد تأثیررطوبت خاک ، پدیده جذب منفی و منافذ کور را بر روی شوری محلول خاک نشان میدهد .

۳ـ طبقه‌بندی خاکهای شور و قلیائی

در ایران اغلب سیستم آمریکائی طبقه‌بندی خاکهای شور و قلیائی مورد استفـاده قرار میگیرد که بنظر میرسد که میبایست تغییر نماید . از آنجا که یونهای محلول‌غالب‌در خاکهای شور ایران Na^+ و Cl^-میباشد ، در شاخص طبقه بندی شوری خاک می‌بـایست غلظت $NaCl$ نیز در نظر گرفته شود .

صرفنظراز مقدار ESP خاکها ، خطرقابل ذکری‌برای قلیائیت دراکثرخاکهای ایران پیش نیامده است . بنظر میرسد که همزمان با طبقه بندی قلیائیت خاک‌های ایران میبایست مقدار منابع یونهای دوظرفیتی خاک از قبیل گچ نیز گزارش شود .

۴ـ تغییر در خصوصیات خاك در اثر آبیاری

اراضی که قبلا" آبیاری نشده‌اند‌دراثرآبیاری ممکن است یاآبادگردد ویاخصوصیات خاک و آب زیرزمینی آن خراب شود . جهت تغییرات وابستگی به مقدار آبیاری و شرایط آب و هوائی دارد .

۴-۱ تسطیح اراضی قبل از آبیاری

۴-۲ ازدیاد شوری و قلیائیت خاک

عملیات آبیاری بخصوص اگر آب آبیاری شور باشد اغلب موجودی املاح خاک های غیر شور را افزایش میدهد . این افزایش در خاکهائی که دارای زهکش خوبی‌بوده ومیزان بارندگی زمستانه در آن محل زیاد است فصلی می‌باشد و در خاک هائی که دارای زهکشی ضعیفند دائمی است .

شدت شوری خاک اراضی آبیاری شده تحت تأثیر مقدار شوری آب آبیاری میباشد ، مثلا" در اراضی که بوسیله رودخانه دز آبیاری میشود مشکل شوری پدیدار نشده درحالی که در اراضی مشابه و مجاور آن که بوسیله رودخانه کرخه آبیاری‌میگردد نشانه‌هائی ازشور شدن اراضی دیده شده است . شوری آب رودخانه دز حدود ۳۵۰ تا ۵۵۰ میکروموس در سانتیمتر و شوری آب رودخانه کرخه بین ۵۰۰ تا ۱۸۰۰ میکروموس درسانتیمتراست (مرجع ۳۸) .

آبیاری بیش از حد اغلب باعث بالا آمدن سفره آب زیرزمینی می‌شود . تراوش از کانالها و رودخانه‌ها نیز در بالا آمدن سفره آب زیرزمینی مؤثر میباشند . در نقاطی که سدهای بزرگ احداث شده است اغلب چنین اتفاقی افتاده است . به هرحال بالا آمدن سفره وآب زیرزمینی اکثرا" با شورشدن اراضی همراه است . مصرف آبهای زیرزمینی جهت آبیاری دربعضی مواردباعث پائین افتادن سفره‌های زیرزمینی میگردد مثلا" درجهـــــرم بعلت قلت آب زیرزمینی و وسعت باغهای مرکبات ، اجازه احداث چاههای جدید دیگر داده نمیشود .

۴-۳ افزایش شوری آب‌زیرزمینی

با بالا آمدن سفره آب زیرزمینی شوری این آب اکثرا"افزایش میبابد . بایک‌سیستم مناسب زهکشی و شستشوی خاک ، شوری آب‌زیرزمینی از ۶۰-۷۵ به ۱۰ -۲۳ میکروموس‌در سانتیمتر در طول دو سال شستشوی خاک ایستگاه اصلاح اراضی آهوچر تقلیل یافت . در این ایستگاه در اثر دوسال آبیاری و زهکشی تیپ شوری آب زیرزمینی از کلرید (Cl/So_4 =۵/۷۵) به سولفات (Cl/So_4 = ۰/۳) تغییر نمود (مرجع ۴) .

بخش ۵

تأثیر شوری آب آبیاری بر روی گیاه و محصول

۱ـ متدهای تجزیه شیمیائی و ترکیبات شیمیائی گیاهان

تجزیه گیاهان در مؤسسه خاکشناسی وحاصلخیزی خاک بمنظوردست‌یافتن ترکیبات شیمیائی و روابط آن با ترکیبات خاک انجام میگیرد . یونهای مورد آزمایش و متد تجزیه بقرار زیر است (مرجع ۱۷)

عنصر	متد تجزیه
N	متد کجدال
P	روش اولسون (کالریمتری)
K	فلیم فتومتری
Fe	کالریمتری
Na	فلیم فتومتری
Ca	اتومیک ابزربشن اسپکتروسکوپی
Mg	اتومیک ابزربشن اسپکتروسکوپی
Cu	اتومیک ابزربشن اسپکتروسکوپی
Zn	اتومیک ابزربشن اسپکتروسکوپی
Mn	اتومیک ابزربشن اسپکتروسکوپی
B	متدکورکامین (بعداً" کالریمتری)

تجزیه‌های گیاهی اغلب در مطالعات حاصلخیزی وتغذیه گیاهی بکارمیرود . درسال ۱۳۵۳ حدود ۱۷۷۰۰ تجزیه روی ۴۴۰۰ نمونه گیاهی در مؤسسه خاکشناسی وحاصلخیزی خاک انجام گرفت نمونه‌ها مربوط به چغندر قند ، گندم ، یونجه ، برنج ، چای ، سیب و مرکبات بود . تجزیه گیاهی بر روی نیشکر در طرح نیشکر هفت تپه جهت مشخص نمودن مقدار قند ، فسفر ، ازت ، پتاسیم و سایر عناصر ماکرو ومیکرودرغلافهای برگ انجام‌میگیرد (مرجع ۹) .

۲- عکس‌العمل گیاهان بشوری

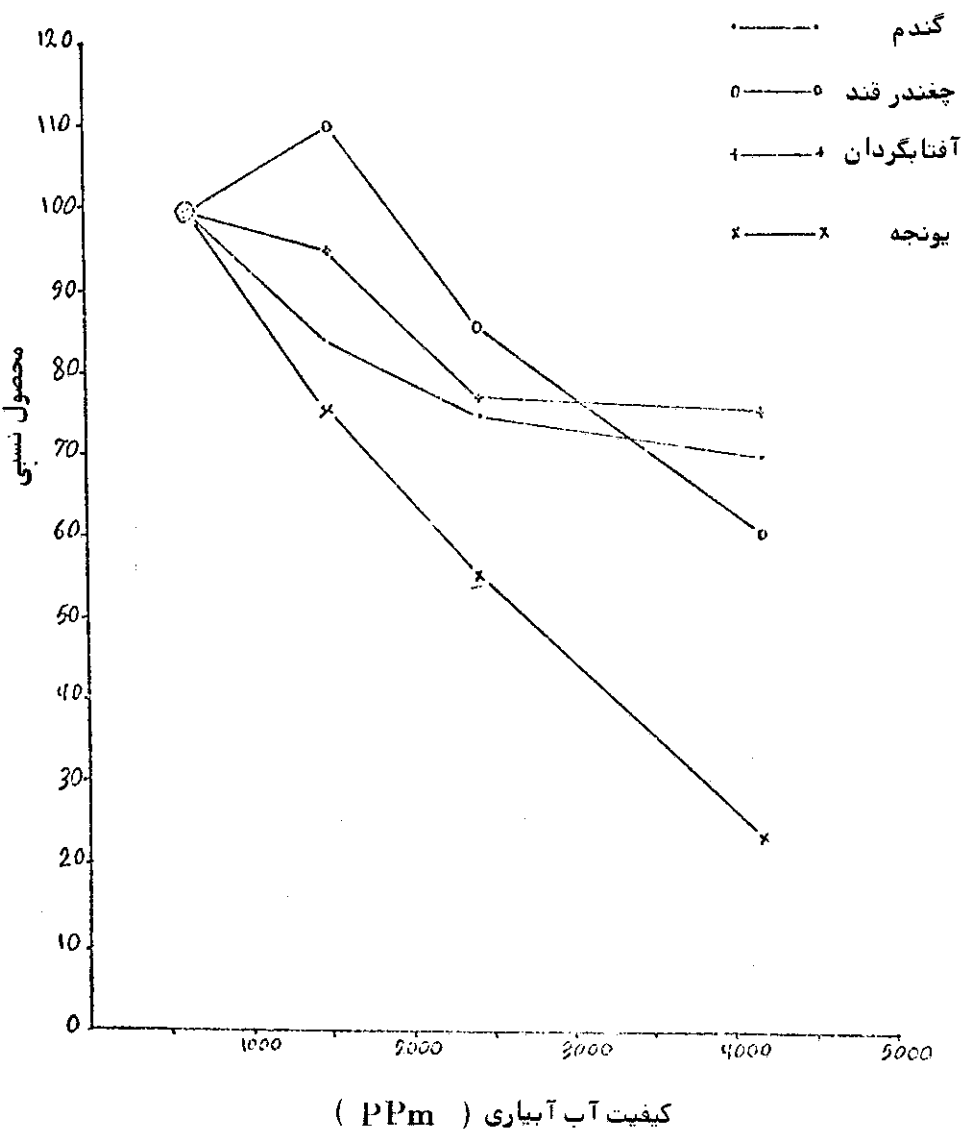
سطح مقاومت بشوری گیاهان مزرعه‌ای و علوفه‌ای بوسیله آزمایشگاه شوری ایـــالات متحده گزارش شده است (مرجع ۳۹) . این اطلاعات در شرایط مناسب رشد و حداکثـــر مواظبت گردیده است . از آنجا که عواملی مثل آب و هوا ، باروری خاک ، متد آبیـاری و واریته‌های محلی‌گیاه برروی مقاومت‌گیاه نسبت‌بشوری مؤثراست بعضی آزمایشات‌میبایست در شرایط مختلف در ایران انجام پذیرد .

جهت تعیین تأثیر شوری آب برروی‌محصولات زراعی ، چهارچاه دردشت مرودشت که دارای‌آبهائی‌بشوری مختلف بودند ولی اراضی آبیاری آنها دارای خصوصیات یکسان خاکی بود انتخاب گردید (مرجع ۴۰) و تأثیر شوری آب آبیاری برروی‌گندم ، چغندرقند آفتاب گردان و یونجه مطالعه شد (شکل۳) . با افزایش شوری آب آبیاری از ۶۰۰به۱۵۰۰ پی‌پی ام میزان محصول چغندرقند نیز افزایش یافت ولی‌محصول سایرگیاهان تنزل نمود . بطور کلی با افزایش شوری آب از ۶۰۰ به ۴۲۰۰ پی‌پی ام محصول آفتابگردان ، گندم و یونجه بترتیب بمقدار ۲۵ ، ۳۰ ، ۴۰ و۷۵ درصد تنزل نمود . در منطقه برآن اصفهان ،در اثر تغییر شوری آب آبیاری از ۱۰۰۰ به ۳۰۰۰ پی‌پی ام میزان محصول چغندر قند ۱۳۷ درصد افزایش یافت ولی کاربرد شوری‌های بیشترآب آبیاری‌باعث کم‌شدن محصول گردید (مرجع ۱۲) . در همین منطقه دراثرافزایش‌شوری آب آبیاری از ۱۰۰۰ به۲۰۰۰ ، ۳۰۰۰ و ۴۰۰۰ پی‌پی ام محصول پیاز از ۲/۴۴ به ۰/۹۱ ، ۰/۶۶ و ۰/۳۰ تن در هکتار کاهش یافت . احتیاج خانواده چغندر به سدیم عامل اصلی درازدیادمحصول چغندرقند بهنگام افزایش جزئی غلظت املاح در آب آبیاری میباشد .

در ایستگاه اصلاح اراضی‌آهوچرمحصول‌چغندرقنددردو سطح‌شوری‌خاک‌مورد مقایســه قرار گرفت . محصول در اثر تغییر شوری عصاره اشباع خاک از ۴/۸ به ۱۵ میلی موس در سانتیمتر بمقدار ۲۷٪ تنزل یافت . در همین ایستگاه مشخص شد که سطح شوری خاک قبل از نشاء برنج در میزان محصول مؤثر است . سطح شوری خاک پس ازبرداشت‌بعلت آنکه‌در اثر شستشو یکسان شده بودند تأثیر چندانی بر روی میزان محصول نشان ندادند (مرجع ۴) .

در طرح نیشکر هفت تپه میزان متوسط محصول نیشکر در شوریهای بفواصل (کمتراز ۲) ، (۲/۱ تا ۳) ، (۳/۱ تا ۴) ، (۴/۱ تا ۵) و (بیش از ۵) میلی موس در سانتی متر عصاره اشباع خاک بترتیب برابر ۱۰۲ ، ۹۲ ، ۵۸ ، ۶۵ و ۴۸ تن درهکتارگزارش شده است (مرجع ۲۹) .

اطلاعات موجود (مرجع ۱۴) نشان میدهند که در جزیره آبادان عمق سفره آب‌زیر زمینی تأثیر بیشتری نسبت بشوری در میزان محصول نخیلات دارد .وقتی‌که سفره آب در



شکل ۳ ــ منحنی عکس‌العمل محصول نسبت بشوری در مرودشت

عمق کمتر از ۷۰ سانتیمتری سطح زمین قرار داشت و شوری آن برابر ۴۰۰۰ پی پی ام بود میزان محصول ۲ ـ۱ کیلوگرم در هردرخت گزارش شددرحالیکه وقتی‌سفره آب در اعماق بیشتری از سطح زمین قرار داشت وشوری آب زیرزمینی کمتراز۳۰۰۰ پی‌پی ام بودمحصول حدود ۳۰ـ۵۰ کیلوگرم در هر درخت بود . درشوری۹۰۰۰ پی‌پی‌ام‌آب زیرزمینی و عمق ۷۷ سانتیمتری سفره آب ، میزان محصول ۸ کیلوگرم در هردرخت گزارش شده است ، در حالیکه در شوری ۶۵۰۰ پی پی ام آب زیرزمینی وعمق۵۶/۵ سانتیمتری‌سطح زمین میزان محصول به یک ربع مقدار فوق میرسد .

۳ـ فاکتورهای مؤثر در مقاومت نسبت بشوری

۳ـ۱ آب و هوا

۳ـ۲ باروری خاك

سه فاکتور مهم باروری خاک عبارتند از سطح حاصلخیزی ، ساختمان،تهویه وبالاخره رژیم رطوبتی . با توجه بآزمایشات ایستگاه اصلاح اراضی آهوچر ، دراراضی‌شورنیزمحصول چغندرقند در اثر مصرف کود افزایش مییابد . جدول زیرتأثیرسطوح کودرا بر روی‌محصول چغندر قند در دو سطح شوری خاک نشان میدهد .

شوری عصاره اشباع (میکروموس درسانتیمتر)	N_0P_0	N_0P_{90}	$N_{90}P_0$	$N_{90}P_{90}$
۴/۸	۱۳/۶	۱۱/۳	۲۴/۴	۲۷/۳
۱۵/۰	۱۰/۹	۸/۷	۱۸/۳	۱۷/۷

که در آن N_0 بمعنی ازت داده شده بخاک برابر صفر ، N_{90} ازت‌برابر۹۰ کیلو گرم در هکتار ، P_0 مقدار P_2O_5 برابر صفر و P_{90} مقدار P_2O_5 برابر ۹۰ کیلوگرم در هکتار میباشد .

کودازته‌درخاکهای با شوری کمتر تأثیر بیشتری را بر روی افزایش محصول چغندرقند و گندم در مقایسه با خاکهای شور نشان میدهد . بعلت‌فیکسه‌شدن فسفرهیچگونه اثر معنی داری از اضافه نمودن کود فسفر بخاک شور در میزان محصول دیده نشد (مرجع ۴) .

۳ـ۳ مرحله رشد گیاه

۳ـ٤ متد آبیاری

قبلا" در مبحث ۳ ــ ۴ از بخش ۳ بحث گردیده است .

۳ـ۵ واریته گیاه

طی آزمایشاتی مشخص شد که واریته طبسی گندم نسبت به‌واریته‌های‌روشن ،۱۲۰۷و واریته مکزیکی پنچامو در مقابل شوری آب و خاک مقاوم تر است (مرجع ۴) در مقایسه واریته‌های ایرانی ۲۸۱۱ و ۳۱۵۱ گلرنگ با واریته Tite مشخص گردید که واریته ۳۱۵۱ بیشترین قدرت جوانه زدن را در غلظت های بیش از ۱% سدیم کلرید را داراست (مرجع ۲۸) .

بخش ٦ ـ اصلاح خاکهای شور و قلیائی

خاکهای شور توسط عملیات شستشو و با خارج نمودن املاح اضافی از ناحیه ریشه اصلاح میگردد . اصلاح خاکهای قلیائی با جابجائی سدیم قابل تعویض با کلسیم انجام میپذیرد و کافی است که یک منبع کلسیم بخاک داده شود ویامنبع موجوددر خاک را مورد استفاده قرار داد تا این اصلاح صورت پذیرد .

۱ـ رشدگیاه درطول عملیات اصلاح

گیاهان در اثر عملیات فیزیکی ریشه و یا بخاطر افزایش حلالیت آهک در مجاورت گاز Co_2 متصاعد شده از ریشه گیاهان و بالاخره به علت افزایش مواد آلی به خاک موجب بهبود نفوذپذیری زمین میشوند وبهمین دلیل در عملیات اصلاح خاک بطورغیرمستقیم موٴثرند .

در مرکز تحقیقات اصلاح خاک آهوچر ، برنج و چغندر قند همزمان بااصلاح خاکدر زمین کاشته شدند . شوری عمق ۳۰ــ۰ سانتیمتری سطح زمین از مقدار ۳۱ به ۱۱/۷ میلی موس در سانتیمتر در طول شستشوی قبل‌ازنشاء تنزل نمودواز۱۱/۷ به ۳/۷ در طول کشت برنج پائین افتاد . در مزرعه‌ای که چغندر قند به عنوان اولین کشت انتخاب گردیده بود شوری خاک از ۱۶/۷ به ۴/۱ برای عمق ۵۰ ــ ۰ سانتیمتر و از ۲۷/۷ به ۵/۷ برای عمق ۱۰۰ ــ۵۰ سانتیمتری سطح زمین دراثرزراعت وآبیاری پائین افتاد . دراین زراعت مقدار ۴سانتیمترآب هرهفته‌نسبت به‌مقدارتبخیر و تعرق اضافه تربزمین داده میشد تابتوانداملاح خاک را بزهکشها هدایت نماید (مرجع ۴) .

در اراضی بدون زهکشی جلگه مرودشت ، زارعینی که آب کافی دارند اغلب اراضی تقریبا" شور خود را برای زراعت برنج بکار میبرند که در اثر این کار اراضی آنها برای یکی دوسال بعد بطور مختصری اصلاح میبابد .

۲ـ شستشوی خاکهای شور

اصلاح خاکهای شورایران دراستان‌خوزستان که آب‌کافی برای شستشو و آبیاری دارد شروع گردید . طرح نیشکرهفت‌تپه واقع درخوزستان عملیات اصلاح اراضی رااز سال ۱۳۴۰ آغاز نمود . مجموعا" آبی بارتفاع ۲۳۰ سانتیمتر در طول ۲۵ روز شوری یک متر اولیه‌خاک قابل نفوذ منطقه را از ۱۴/۸۵ به ۲/۲۷ میلی‌موس درسانتیمترتنزل داد . درقسمت دیگر منطقه که قابلیت نفوذ خاک کم بود و سفره کم عمق آب زیرزمینی وسیله زهکش هائی در

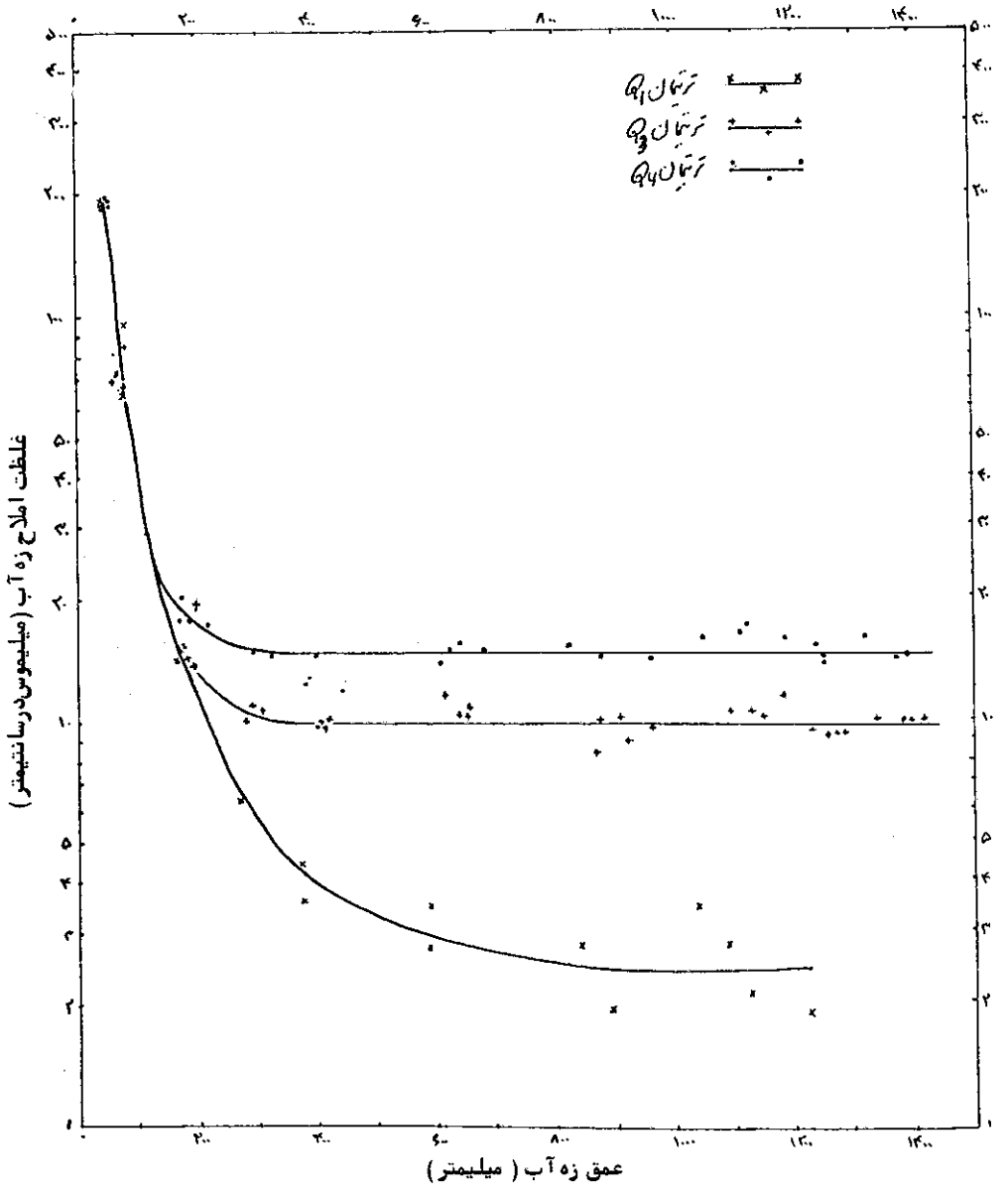
عمق ۲/۱ متری سطح زمین و بفواصل ۱۰۰ متری از یکدیگر کنترل میشدتقریبا" ۴۱۰سانتی متر آب در طول ۱۸۰ روز بزمین داده شدتاشوری۸۰ سانتیمتراولیه سطح زمین را از۱۲/۸ به ۳/۸ میلی موس در سانتیمتر برساند (مرجع ۲۹) . در ایستگاه شاوور خوزستان تخمین آب مورد نیاز شستشو بوسیله ۴۰ جفت رینـــگ متحدالمرکز انجام گرفت که نتایج آن بمزرعه منتقل گردید (مرجع شماره۱۰) .

مقدار آب مورد نیاز شستشوی خاکهای شور به عوامل چندی از جمله شوری ابتدائی خاک ، شوری مورد نظر پس از شستشوی خاک ، عمق مورد نظر خاک ، کیفیت آب شستشو ، متد شستشو ، بافت خاک ، ساختمان خاک ، خصوصیات رطوبتی و مقداررطوبت اولیه خاک بستگی دارد .

۱ـ۲ کیفیت آب شستشو

تأثیری که کیفیت های مختلف آب شستشوبرروی عملیات اصلاح خاک شور میگذارند در مرکز تحقیقات اصلاح خاک آهوچر هم درسیلندرو هم درمزرعه موردبررسی قرارگرفت. در چهار تکرار سه کیفیت آب جهت شستشوی۵۰سانتیمترخاک بکاربرده‌شد .کیفیت‌های آب عبارت بودند از ۱۰۰۰ ، ۷۹۰۰ و ۱۱۷۰۰ میکروموس درسانتیمتر . هیچگونه اختلافی در غلظت زه آب اولیه این تریتمانها دیده نشدولی با پیشرفت عملیات شستشو غلظت‌املاح زه آب کم گردید و منحنیهای غلظت زه آب تریتمانها از یکدیگر جدا شدند (شکل ۴) . منحنی تریتمان شورترین آب شستشو قبل از همه از منحنی مشترک جدا گردید و زودتر از همه نیز به تعادل رسید . نقطه شروع تعادل شوری زه آبها بترتیب در اعماق ۳۲۰، ۴۰۰ و ۹۰۰ میلیمتری زه آب برای تریتمانهای ۱۱۷۰۰ ، ۷۹۰۰ و ۱۰۰۰ میکروموس در سانتی متر شوری آب شستشورخ داد وشوری‌متعادل خاک هریک ازتریتمانهابترتیب برابر۱۵۰۰۰، ۱۰۰۰۰ و ۲۵۰۰ میکروموس در سانتیمتر بود . در طول تعادل ، شستشوبا ۱۵ سانتیمتر آب با شوری کمتر باعث شد که شوری متعادل زه آب نیز تغییر نموده بشوری متعادل تریتمان با شوری کمترآب شستشوبرسد . بنابراین تفاوتی بین تریتمانهائی‌که ازابتداباآب‌مشخصی شسته شده بود با آنکه در ابتدا با آب شورتر و سپس با آب مشخصی شستشو گردید وجود نداشت .

در مزرعه پنج کیفیت ۱۰۰۰ ، ۴۰۰۰ ، ۸۰۰۰ ، ۱۲۰۰۰ و ۶۲۰۰۰ میکروموس در سانتیمتر شوری آب شستشو بطور هفتگی در یک آزمایش شستشوی متناوب بزمین داده شد که بیشترین شوری مربوط به آب زیرزمینی ایستگاه است که در عمق کمی از سطح زمین‌قرار دارد و هیچگونه تأثیر شستشوئی بر روی لایه‌های خاک بالاترازسفره آب زیرزمینی‌نداشت آبهای با کیفیتهای دیگر که مخلوطی از آب شیرین آبیاری و آب زیرزمینی بودنـد شوری



شکل۴ــ تغییرات غلظت زه آب تریتمانهای شستشوشده با کیفیتهای مختلف آب

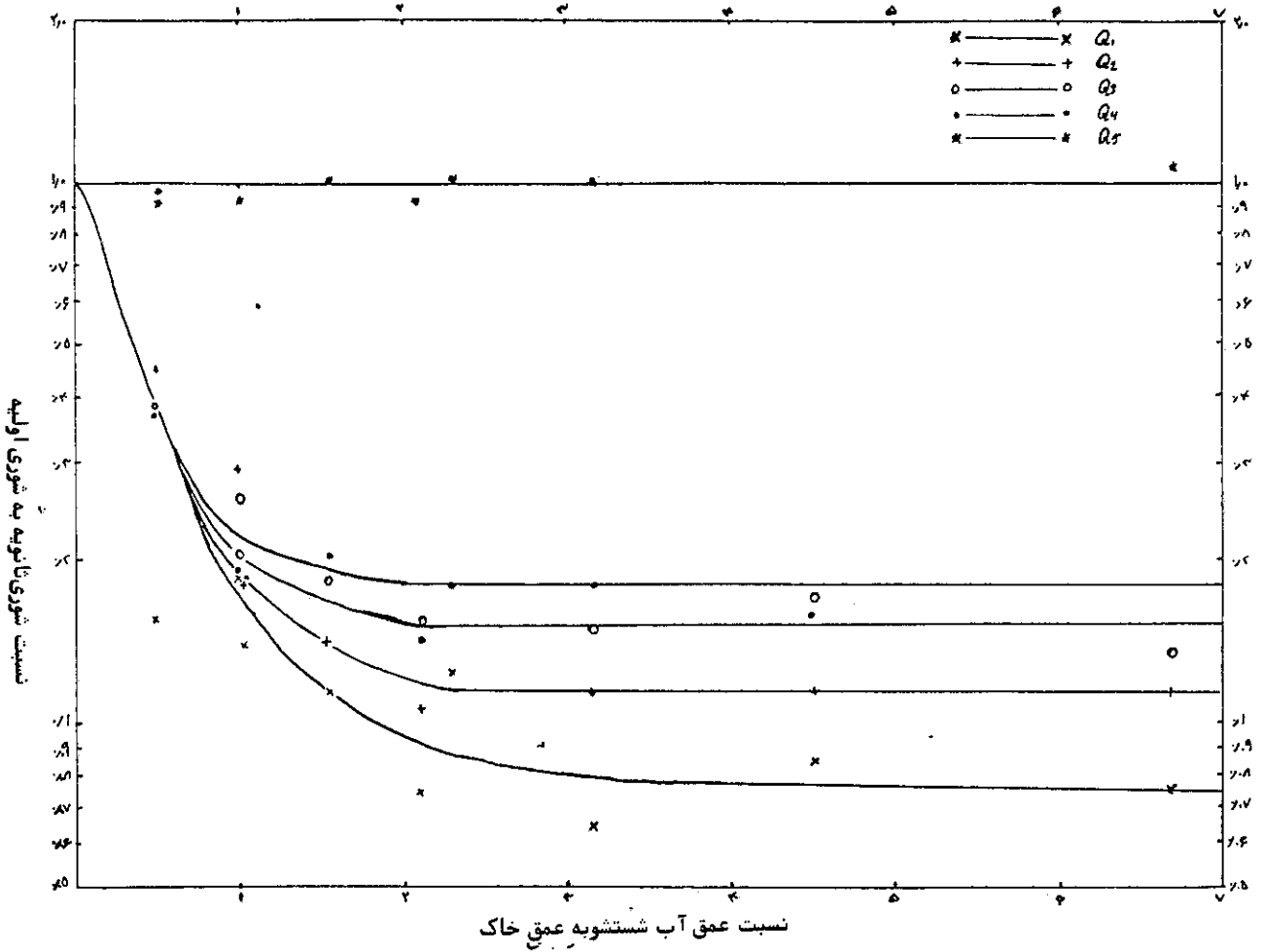
خاک را که در ابتدا برابر ۳۰ میلی موس در سانتیمتر بود پس ازشستشوتقلیل دادند . در مزرعه نیز همچون سیلندر، وقتی که شوری آب شستشو کم بود تعادل شوری دیرتر به وقوع میپیوست و در سطح پائینتری نیز قرار میگرفت (شکل ۵) . تریتمانهای شستشو بوسیلهآب های بشوری ۱۰۰۰ ، ۴۰۰۰ ، ۸۰۰۰ و ۱۲۰۰۰ میکروموس در سانتیمتر بترتیب در شوری ۲/۳ ، ۳/۴ ، ۴/۵ و ۶/۰ میلی موس در سانتیمتر عصاره اشباع خاک بتعادل رسیدند . نسبت عمق آبی که احتیاج است تا این تعادل را پس از شستشو بوجود آوردبه عمق خاک مورد شستشو (D_p/D_s) نیز بترتیب برابر ۳/۵ ، ۲/۵ ، ۲/۲۵ و ۲/۰ بود . بطور کلی این تعادل درصورتیکه توسط عصاره اشباع خاک مشخص شود غلظتی حدود نصف غلظت نمک آب شستشو دارد که این نسبت برابر نسبت درصد رطوبت خاک در حالت حد مزرعه بـه حالت اشباع میباشد (مرجع ۸) .

۲ـ۲ متد و مقدار آب لازم جهت شستشو

با توجه بنتایج حاصله از چندین بررسی مزرعهای و آزمایشگاهی (مراجع ۳، ۴، ۵، ۶، ۸) معلوم گردیده که مقدار آب لازم جهت شستشوی خاک مستقیما" بمتدشستشو بستگی دارد . نتایج آزمایشات مرکز تحقیقات اصلاح خاک آهوچر مشخص میکند که :

ـ هرچه خاک خشکترباشد غلظت زه آب اولیه پروفیل خاک بیشتربوده ودر نتیجه راندمان مراحل اولیه شستشو بیشتر میگردد .

ـ شستشوی متناوب با ۶۰ سانتیمتر آب در ۴ نوبت هفتگی (هرهفته ۱۵ سانتیمتر) در مقایسه بشستشوی مداوم که ۶۰ سانتیمتر آب یکمرتبه بخاک داده میشود دارای راندمانی برابر ۱/۴ دیگریست . آزمایش درخاک سیلتی کلی لوم انجام گرفت که سفره آب زیـر زمینی درعمق ۱۶۰ سانتیمتری سطح زمین واقع بود . شوری آب زیرزمینی ۶۰۰۰۰ میکروموس درسانتیمتروشوری عصاره اشباع خاک قبل از شستشو برابر ۲۰ میلی موس در سانتی متر اندازهگیری شد . متوسط تبخیرازطشتک از زمان انجام این آزمایش حدود ۷ میلی متردر روز گزارش شد .



شکل۵ــ منحنی نمکزدائی خاک درتریتمانهای مختلف آب شستشو

مقایسه شستشوی متناوب و مداوم در آهوچر

عمق خاک (سانتیمتر)	شوری قبل از شستشو (میلی‌موس درسانتیمتر)	شوری بعدازشستشو (میلی‌موس درسانتیمتر)	
		مداوم	متناوب
۰ — ۲۵	۲۰	۳/۹	۴/۹
۲۵ — ۵۰	۲۱	۶/۷	۸/۴
۵۰—۱۰۰	۲۰	۱۳/۳	۱۷/۵

ـ متوسط غلظت املاح خاک عمق ۱۵۰ ـ ۰ سانتیمتری سطح زمین در اثر شستشوی متناوب هفتگی و دوهفتگی وپس از عبور ۶۵۰ میلیمتر آب از خاک تقریبا "بیک‌نسبت تقلیل یافت. تا عمق ۵۰ سانتیمتری سطح زمین مقدار شوری خاک در تریتمان دور ۷ روزه بیشتر از ۱۴ روزه بودوازعمق ۵۰ سانتیمتری تا عمق ۱۵۰ سانتیمتری مقدار شوری خاک در تریتمان دور۷ روزه کمترازدور ۱۴ روزه بود.

ـ در اثر زیاد شدن دورشستشو، خاک خشکتر میشود و این خشکی بیشتر درسطحی باعث ازدیاد راندمان شستشوی اعماق سطحی میگردد و در عوض فاصله زمانی زیادتری بین دو نوبت شستشو باعث ایجاد خیز موئینگی از سفره آب شور زیرزمینی بطرف سطوح خاک بالای سفره شده بالنتیجه راندمان شستشوی اعماق تحتانی را تقلیل میدهد.

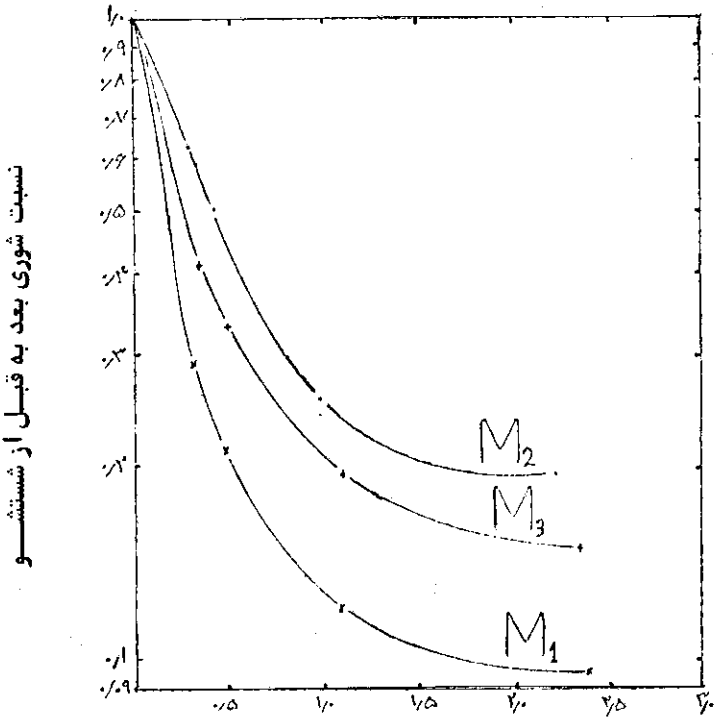
ـ شستشوی خاک با ۶۵ سانتیمتر آب درچهار نوبت هفتگی (۲۰ سانتیمتر در ابتداو ۱۵ سانتیمتردرهرنوبت‌بعدی، در سه ماه متفاوت سال نشان داد که راندمان شستشوی‌تمام طبقات‌بالای‌سفره آب زیرزمینی درماهی که میزان تبخیر کم است زیادتر از بقیه است‌و درماهی‌که میزان‌تبخیر زیاداست‌کمترمیباشد. (شکل۶). باافزایش‌میزان متوسط تبخیر روزانه از طشتک کلاس A بمیزان ۲۱۹ درصد، راندمان‌شستشوی پروفیل ۱۵۰سانتی متری خاک که بر روی سفره آب قرار گرفته ۲۱۱ درصد میگردد.

۳ـ۲ عمق مورد اصلاح خاك

در پروژه های اصلاح اراضی اغلب اصلاح و شستشوی عمق ۱۵۰ سانتی متری سطح زمین جهت کشت بیشتر گیاهان زراعی مورد نظر میباشد.

۴ـ۲ روابط شستشو

جهت نمایش شوری آب فرو رو و آبی که در خاک بعنوان محلول خاک باقی می‌ماند



شکل ۶ــ منحنی نمک زدائی خاک آهوچر در سه ماه مختلف سال

M_1 = ۲/۳۵ میلیمتر متوسط تبخیر روزانه از طشتک کلاس A در بهمن

M_2 = ۵/۱۵ " " " " " " " " " اسفند

M_3 = ۴/۸۷ " " " " " " " " " فروردین

و باعث شوری خاک میگردد جواهری (مرجع ۶) جدول زیرراتهیه نموده است . جدول‌زیر را تهیه نموده است . جدول بر اساس این ایده پایه گذاری شده است‌که عبورآبی‌هم‌حجم با محلول خاک باعث میشود که غلظت آب شونده و محلول خاک در منافذ به حد وسط برسد . فرض شده که یک ستون خاک در رطوبت و شوری یکنواخت را میتوان به لایه‌هـای فرضی آنچنان تقسیم نمود که وقتی آب شوینده از این لایه‌ها عبور نماید با آب محلول خاک به تعادل کامل شیمیائی برسد . بنابراین یک واحد آب شوینده بغلظت C_i پس از عبور از یک لایه فرضی خاک بشوری C_s بغلظتی برابر متوسط مجموع C_i و C_s میرسد . غلظت محلول خاک این لایه‌فرضی‌نیزپس ازعبورآب بهمین مقدار متوسط مجموع C_i و C_s میرسد . ستون عمودی جدول نشان دهنده غلظت‌نمک واحدهای‌مختلف زه آب یک لایه مشخص از ستون خاک است در حالیکه ردیفهای جدول غلظت نمک واحد آب فرو رو را در لایه‌های مختلف ستون خاک نشان میدهد . مقدار غلظت نمک هریک از لایه‌های فرضی خاک و یا هر یک از واحدهای آب خروجی ازاین لایه ازمتوسط غلظت‌نمک قبلی این لایه خاک و غلظت نمک آب ورودی آن لایه بدست میآید . این دورقم‌بترتیب در بالا و در سمت چپ هر رقم مورد محاسبه درجدول قرارگرفته‌اند . فرض شده که‌غلظت ابتدائی هر لایه فرضی خاک برابر واحد ،وغلظت‌آب‌آبیاری‌قبل‌ازقرارگرفتن بر روی خاک برابر صفراست این ارقام در ردیف اول و ستـــون دوم سمت راست جدول به صـورت ارقام یک و صفر قرار گرفته‌اند . کلیه ارقام جدول بصورت کامل محاسبه و متوسط‌گیـری شده و پس‌از اتمام جدول از ۴ رقم اعشار اولیه استفاده شده وبقیه حذف گردیده است . شکل۷ بر اساس این جدول تهیه شده و برک تروکرو خاکهائی را با ۱ ، ۲، ۵، ۱۰ و ۲۴ لایه فرضی خاک نشان میدهد .

۳- اصلاح خاکهای قلیائی

همانطور که قبلا" بحث شد ایران دارای خاکهای‌قلیائی‌کمی است . بخاطر دسترسی زیاد خاک بمنابع کلسیم احتیاج چندانی باستفاده از مواد شیمیائی جهت اصلاح خـاک نیست (مراجع ۲۷ ، ۴ و ۳۵) .

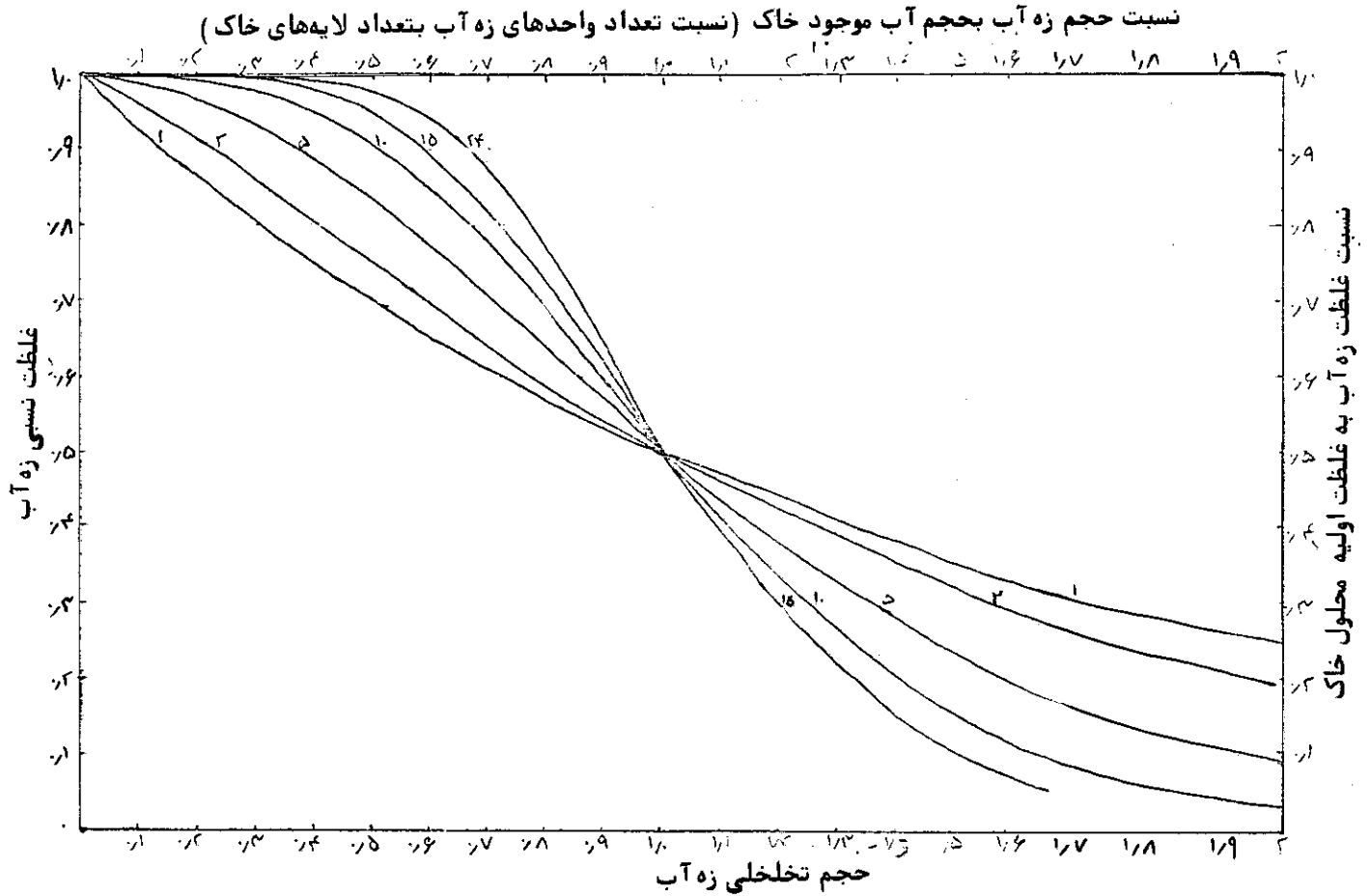
۴- توجه بزهکشی

افزایش شوری خاکهای خوزستان و سایرمناطق موردآبیاری ایران که قبلا"حاصلخیز بودند بیشتر بخاطر فقدان زهکشی (چه سطحی و چه زیر زمینی) در پروژه های آبیاری و اصلاح اراضی منطقه است . سه فاکتور اصلی در طرح سیستم زهکشی مؤثر است :

(۱) عمق مجاز سفره آب (دائم یا موقت)

تعداد دهک‌های فرضی سرشماری

سرشمرده	۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴
۰		۱٫۰۰۰	۱٫۰۰۰	۱٫۰۰۰	۱٫۰۰۰	۱٫۰۰۰	۱٫۰۰۰	۱٫۰۰۰	۱٫۰۰۰	۱٫۰۰۰	۱٫۰۰۰	۱٫۰۰۰	۱٫۰۰۰	۱٫۰۰۰	۱٫۰۰۰	۱٫۰۰۰	۱٫۰۰۰	۱٫۰۰۰	۱٫۰۰۰	۱٫۰۰۰	۱٫۰۰۰	۱٫۰۰۰	۱٫۰۰۰	۱٫۰۰۰	۱٫۰۰۰
۱	•	۰٫۵۰۰	۰٫۴۵۰	۰٫۴۵۰	۰٫۴۵۰	۰٫۴۵۰	۰٫۴۵۰	۰٫۴۵۰	۰٫۴۵۰	۰٫۴۵۰	۰٫۴۵۰	۰٫۴۵۰	۰٫۴۵۰	۰٫۴۵۰	۰٫۴۵۰	۰٫۴۵۰	۰٫۴۵۰	۰٫۴۵۰	۰٫۴۵۰	۰٫۴۵۰	۰٫۴۵۰	۰٫۴۵۰	۰٫۴۵۰	۰٫۴۵۰	۰٫۴۵۰
۲	•	۰٫۱۵۰	۰٫۱۸۰	۰٫۱۸۰	۰٫۱۸۰	۰٫۱۸۰	۰٫۱۸۰	۰٫۱۸۰	۰٫۱۸۰	۰٫۱۸۰	۰٫۱۸۰	۰٫۱۸۰	۰٫۱۸۰	۰٫۱۸۰	۰٫۱۸۰	۰٫۱۸۰	۰٫۱۸۰	۰٫۱۸۰	۰٫۱۸۰	۰٫۱۸۰	۰٫۱۸۰	۰٫۱۸۰	۰٫۱۸۰	۰٫۱۸۰	۰٫۱۸۰
۳	•	۰٫۱۲۵	۰٫۱۶۵	۰٫۱۶۵	۰٫۱۶۵	۰٫۱۶۵	۰٫۱۶۵	۰٫۱۶۵	۰٫۱۶۵	۰٫۱۶۵	۰٫۱۶۵	۰٫۱۶۵	۰٫۱۶۵	۰٫۱۶۵	۰٫۱۶۵	۰٫۱۶۵	۰٫۱۶۵	۰٫۱۶۵	۰٫۱۶۵	۰٫۱۶۵	۰٫۱۶۵	۰٫۱۶۵	۰٫۱۶۵	۰٫۱۶۵	۰٫۱۶۵
۴	•	۰٫۰۶۲۵	۰٫۱۸۷۵	۰٫۱۹۰۴	۰٫۲۴۳۵	۰٫۲۵۲۹	۰٫۲۵۲۹	۰٫۲۵۲۹	۰٫۲۵۲۹	۰٫۲۵۲۹	۰٫۲۵۲۹	۰٫۲۵۲۹	۰٫۲۵۲۹	۰٫۲۵۲۹	۰٫۲۵۲۹	۰٫۲۵۲۹	۰٫۲۵۲۹	۰٫۲۵۲۹	۰٫۲۵۲۹	۰٫۲۵۲۹	۰٫۲۵۲۹	۰٫۲۵۲۹	۰٫۲۵۲۹	۰٫۲۵۲۹	۰٫۲۵۲۹
۵	•	۰٫۰۱۵۶	۰٫۰۴۶۵	۰٫۰۴۸۹	۰٫۰۶۵۹	۰٫۰۷۲۵	۰٫۰۷۲۵	۰٫۰۷۲۵	۰٫۰۷۲۵	۰٫۰۷۲۵	۰٫۰۷۲۵	۰٫۰۷۲۵	۰٫۰۷۲۵	۰٫۰۷۲۵	۰٫۰۷۲۵	۰٫۰۷۲۵	۰٫۰۷۲۵	۰٫۰۷۲۵	۰٫۰۷۲۵	۰٫۰۷۲۵	۰٫۰۷۲۵	۰٫۰۷۲۵	۰٫۰۷۲۵	۰٫۰۷۲۵	۰٫۰۷۲۵
۶	•	۰٫۰۰۷۸	۰٫۰۱۹۵	۰٫۰۲۲۹	۰٫۰۲۹۳	۰٫۰۳۲۴	۰٫۰۳۲۴	۰٫۰۳۲۴	۰٫۰۳۲۴	۰٫۰۳۲۴	۰٫۰۳۲۴	۰٫۰۳۲۴	۰٫۰۳۲۴	۰٫۰۳۲۴	۰٫۰۳۲۴	۰٫۰۳۲۴	۰٫۰۳۲۴	۰٫۰۳۲۴	۰٫۰۳۲۴	۰٫۰۳۲۴	۰٫۰۳۲۴	۰٫۰۳۲۴	۰٫۰۳۲۴	۰٫۰۳۲۴	۰٫۰۳۲۴
۷	•	۰٫۰۰۲۷	۰٫۰۰۶۷	۰٫۰۰۸۲	۰٫۰۱۱۲	۰٫۰۱۲۴	۰٫۰۱۲۴	۰٫۰۱۲۴	۰٫۰۱۲۴	۰٫۰۱۲۴	۰٫۰۱۲۴	۰٫۰۱۲۴	۰٫۰۱۲۴	۰٫۰۱۲۴	۰٫۰۱۲۴	۰٫۰۱۲۴	۰٫۰۱۲۴	۰٫۰۱۲۴	۰٫۰۱۲۴	۰٫۰۱۲۴	۰٫۰۱۲۴	۰٫۰۱۲۴	۰٫۰۱۲۴	۰٫۰۱۲۴	۰٫۰۱۲۴
۸	•	۰٫۰۰۱۵	۰٫۰۰۳۴	۰٫۰۰۴۵	۰٫۰۰۶۴	۰٫۰۰۷۴	۰٫۰۰۷۴	۰٫۰۰۷۴	۰٫۰۰۷۴	۰٫۰۰۷۴	۰٫۰۰۷۴	۰٫۰۰۷۴	۰٫۰۰۷۴	۰٫۰۰۷۴	۰٫۰۰۷۴	۰٫۰۰۷۴	۰٫۰۰۷۴	۰٫۰۰۷۴	۰٫۰۰۷۴	۰٫۰۰۷۴	۰٫۰۰۷۴	۰٫۰۰۷۴	۰٫۰۰۷۴	۰٫۰۰۷۴	۰٫۰۰۷۴
۹	•	۰٫۰۰۰۸	۰٫۰۰۱۹	۰٫۰۰۲۶	۰٫۰۰۳۷	۰٫۰۰۴۳	۰٫۰۰۴۳	۰٫۰۰۴۳	۰٫۰۰۴۳	۰٫۰۰۴۳	۰٫۰۰۴۳	۰٫۰۰۴۳	۰٫۰۰۴۳	۰٫۰۰۴۳	۰٫۰۰۴۳	۰٫۰۰۴۳	۰٫۰۰۴۳	۰٫۰۰۴۳	۰٫۰۰۴۳	۰٫۰۰۴۳	۰٫۰۰۴۳	۰٫۰۰۴۳	۰٫۰۰۴۳	۰٫۰۰۴۳	۰٫۰۰۴۳
۱۰	•	۰٫۰۰۰۳	۰٫۰۰۰۷	۰٫۰۰۰۹	۰٫۰۰۱۳	۰٫۰۰۱۵	۰٫۰۰۱۵	۰٫۰۰۱۵	۰٫۰۰۱۵	۰٫۰۰۱۵	۰٫۰۰۱۵	۰٫۰۰۱۵	۰٫۰۰۱۵	۰٫۰۰۱۵	۰٫۰۰۱۵	۰٫۰۰۱۵	۰٫۰۰۱۵	۰٫۰۰۱۵	۰٫۰۰۱۵	۰٫۰۰۱۵	۰٫۰۰۱۵	۰٫۰۰۱۵	۰٫۰۰۱۵	۰٫۰۰۱۵	۰٫۰۰۱۵
۱۱	•	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۲	۰٫۰۰۰۳	۰٫۰۰۰۴	۰٫۰۰۰۵	۰٫۰۰۰۵	۰٫۰۰۰۵	۰٫۰۰۰۵	۰٫۰۰۰۵	۰٫۰۰۰۵	۰٫۰۰۰۵	۰٫۰۰۰۵	۰٫۰۰۰۵	۰٫۰۰۰۵	۰٫۰۰۰۵	۰٫۰۰۰۵	۰٫۰۰۰۵	۰٫۰۰۰۵	۰٫۰۰۰۵	۰٫۰۰۰۵	۰٫۰۰۰۵	۰٫۰۰۰۵	۰٫۰۰۰۵	۰٫۰۰۰۵
۱۲	•	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۱
۱۳	•	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰
۱۴	•	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰
۱۵	•	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰
۱۶	•	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰
۱۷	•	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰
۱۸	•	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰
۱۹	•	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰
۲۰	•	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰
۲۱	•	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰
۲۲	•	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰
۲۳	•	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰
۲۴	•	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰



شکل۷ــ منحنی برک توروستونهای خاک با اعماق مختلف

(اعداد روی منحنی‌ها نشان دهنده تعداد لایه‌های فرضی خاک است)

(۲) شدت لازم برای تخلیه آبهای اضافی
(۳) خصوصیات فیزیکی خاک

۴ـ۱ عمق سفره آب

عمق مطلوب سفره آب زیر زمینی در اغلب پروژه‌های ایران برابر ۱/۵ متری سطح زمین میباشد .

جدول ۱۱ ــ مشخصات زهکشی ؛عمق ، فاصله ونوع‌زهکشی (۱۰ ، ۲۹ ، ۴و۱۸)

خاکهای زهکشی‌شده	عمق مورد نظر سفره آب (متر)	فواصل زهکشی (متر)	نوع‌زهکشی	توضیحات
کلی لوم ــ سیلتی کلی‌لوم	۱/۲ ــ ۱/۵	۵۰ ــ ۸۰ ــ ۱۰۰	زهکشهای‌روباز و زیرزمینی	شیب ۱ تا ۲ درهزار

۴ـ۲ خارج کردن آبهای اضافی آبیاری

بخاطر خارج نمودن املاح آب آبیاری از منطقه ریشه توصیه میشودکه آب اضافه‌تری (بیش از مقدار تبخیر و تعرق) در آبیاری بخاک داده شود . رابطه احتیاجات‌شستشوئی خاک ( ) بر اساس فرضیه خروج زه آب ازمنطقه ریشه وعدم امکان برگشت آن بوجود آمده است لذا جهت استفاده از این رابطه لازمست که زمین دارای سیستم زهکشی خوبی باشد . بدون داشتن یک سیستم خوب زهکشی ، آب خارج شده از ناحیه ریشه در فاصله بین دو نوبت آبیاری بوسیله خیزموئینگی بناحیه باز میگردد و این امر حتی در اراضی‌که دارای زهکشی طبیعی خوبی هم‌میباشنداتفاق میافتدبنابراین استفاده ازرابطه احتیاجات شستشوئی در جاهائیکه دارای سیستم زهکشی مصنوعی نیستندکمک‌شایانی بگیاه دررهائی از تجمع املاح خاک در ناحیه ریشه نمیتواند بنماید . اضافه آبیاری با آب شور که نتیجه رابطهٔ احتیاجات شستشوئی خاک است نه تنها کمکی در جلوگیری از تجمع املاح درخاک نمینماید بلکه باعث میشود که همراه آب بیشتر املاح بیشترنیزبخاک منتقل گردد . ارقام موجود از دو آزمایش کیفی آب‌که درآنهامقادیرمختلف آب آبیاری با کیفیتهای مختلف بخاک داده شده‌اند مؤید بیان فوق است . آبی درمنطقه مرودشت دارای‌کیفیتی‌برابر ۴۰۰۰ میکروموس در سانتیمتر بود . تریتمانهای اضافه آبیاری با این آب تا ۵۰% میزان تبخیر و تعرق بالا میرفت ولی هیچگونه تغییرمهمی درمیزان محصول گندم ، چغندر قند ،

پنبه و یونجه در تریتمانهای مختلف اضافه آبیاری دیده نشد (مرجع ۳۲) . در گرمسارآب مورد آزمایش کیفیتی برابر ۲۲۵۰ میکروموس درسانتیمترداشت . تریتمانهای اضافه‌آبیاری با این آب تا ۳۰٪ میزان تبخیر و تعرق بالا میرفت و در اینجانیزهیچگونه اضافه‌محصول آفتابگردان و ذرت در اثر اضافه آبیاری گزارش نشده است (مرجع ۲۴) .

۳ـ٤ خصوصیات خاك

دو خصوصیت بسیار مهم فیزیکی خاک برای کارهای زهکشی ، هدایت الکتریکی و و منافذ آبده خاک میباشند .

بخش ۷ ـ توصیه‌ها

۱ ـ اطلاعات مربوط به چگونگی کار و اداره اراضی توسط زارعینی که دارای آب‌شور میباشند جمع آوری شود . مؤسسه خاکشناسی و حاصلخیزی خاک مقداری از این اطلاعات را در مورد پسته در استان کرمان جمع آوری نموده است .

۲ـ در مطالعات شستشوی خاک ، عصاره بدست آمده از روش جابجائی‌برای تخمین‌میزان شوری میبایست بکار رفته شود . در این متد شوری حقیقی محلول فعال خاک دررطوبتهای مختلف خاک اندازه گیری میشود در حالیکه شوری عصاره خمیراشباع متوسط شوری‌محلول فعـــال خاک ، آبهای موجود در منافذ کور خاک و آبهائی است که محکم بـه ذرات خاک چسبیده‌اند . بعلاوه شوری عصاره خمیر اشباع متوسط شوری سه نوع آب خاک را در ساختمانی کاملا" از هم پاشیده آنهم فقط در حالت اشباع نشان میدهد .

۳ـ در خاکهائی که دارای زهکشی مصنوعی نیستند اگر آب شور باشد نمی‌بایستـــی آب اضافی بعنوان شستشو به هر نوبت آبیاری اضافه نمود .

۴ـ در ایران که سدیم کلرید نمک غالب در آب و خاک شور میباشد ، بیان کل املاح و یا هدایت الکتریکی بتنهائی نمیتواند بیان کننده خطرات شوری باشد .

۵ـ ESP بتنهائی نمیتواندمشخص‌کننده خاکهای قلیائی درایران باشد . منابع‌کلسیم نیز میبایستی همزمان با ESP مشخص گردد .

منابـــع مورد استـــفاده

۱ـ ابطحی ، جواد و محمد فرمان آرا ، ۱۳۴۹ گزارش خاک شناسی اجمالی دقیق منطقـه درودزن (استان فارس) ، مؤسسه خاکشناسی و حاصلخیزی خاک . نشریه‌شماره۲۰۷

۲ـ پارسا ، علی اصغر و جواد جعفری ۱۳۴۳ تجـزیه برخی از آب های آبیاری و خاکهای کشاورزی استان فارس ، دانشگاه پهلوی ، دانشکده کشاورزی . بولتن‌شماره۱ـ لابراتوار خاکشناسی

۳ـ جواهری ، پرهام ۱۳۴۹ برنامه شستشو و آبیاری اراضی شور . خلاصه سخنرانی‌هـای سمینار خاک و آب بهمن ۱۳۴۷ . مؤسسه خاکشناسی و حاصلخیزی خاک ، نشریه‌شماره ۲۲۳

۴ـ جواهری ، پرهام ۱۳۵۳ فعالیتهاوبررسیهای‌مرکز تحقیقات اصلاح خاک آهوچـــر ، مؤسسه خاکشناسی و حاصلخیزی خاک . نشریه شماره ۳۹۸ .

۵ــ جواهری ، پرهام ۱۳۵۴ تأثیر میزان بارندگی و شدت تبخیر از طشتک در راندمان شستشوی متناوب خاک . مؤسسه خاکشناسی و حاصلخیزی خاک ، نشریه شماره۴۲۴ .
۶ــ جواهری ، پرهام ۱۳۵۴ غلظت زه آب اولیه محیطهای‌متخلخل .مؤسسه خاک‌شناسی و حاصلخیزی خاک ، نشریه شماره۴۳۶ .
۷ــ جواهری ، پرهام ۱۳۵۵ آبیاری کوزه‌ای ، بررسی امکان استفاده از کوزه‌های سفالی در آبیاری . مؤسسه خاکشناسی و حاصلخیزی خاک ، نشریه شماره ۴۸۶ .
۸ــ جواهری ، پرهام ۱۳۵۵ حد نهائی شوری خاکهای‌شسته شده آهوچر (مرودشت‌فارس) مؤسسه خاکشناسی و حاصلخیزی خاک ، نشریه شماره۴۹۶ .
۹ــ حاج رسولیها ، شاپور ۱۳۵۱ تعیین احتیاجات آبی و غذائی نیشکر بوسیله تجزیه‌گیاه در طرح نیشکر هفت تپه ، دومین سمینار آبیاری وزهکشی ، کمیته‌ملی آبیاری وزهکشی، نشریه شماره۸ صفحات ۹۹ ــ ۱۱۱
۱۰ــ حفیظی ، عبدالحسین ۱۳۴۸ گزارش مطالعات‌خاکشناسی واصلاح اراضی‌پروژه آبیاری و زهکشی شاوور ، شرکت سهامی سازمان آب و برق خوزستان ، طرح عمرانی شاوور
۱۱ــ خدابخش ، فریدون ۱۳۴۷ رژیم هیدروژئولوژیک منطقه حوزه سد درودزن (داریوش کبیر) . شرکت سهامی سازمان آب منطقه‌ای فارس
۱۲ــ رضانیا ، محمد ۱۳۴۹ کیفیت آب آبیاری و اثر آن بر روی خاک و نبات ، خلاصه سخنرانیهای سمینارخاک و آب بهمن ۱۳۴۷ . مؤسسه خاکشناسی وحاصلخیزی‌خاک . نشریه شماره ۲۲۳
۱۳ــ سازمان آب و برق خوزستان . ۱۳۵۰ کشت و آبیاری نیشکر در هفت تپه خوزستان ، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ، نشریه شماره ۲ صفحات ۸۹ ــ ۹۵
۱۴ــ فاطمی ، محمد رضا و اکبر شکرالهی ۱۳۵۱ تأثیر تغییر سیستم آبیاری و زهکشی روی نخیلات باغ آزمایشی‌مهرآباد(در جزیره آبادان) . کمیته ملی آبیاری و زهکشی نشریه شماره ۶ صفحات ۶۳ ــ ۷۰
۱۵ــ قبادیان ، عطاءالله ۱۳۴۸ بررسی آبهای تحت الارضی خوزستان بمنظور مبارزه با شورزاری ، دانشکده کشاورزی دانشگاه جندی شاپور ــ نشریه شماره۲
۱۶ــ معصومی ، علیمحمد ۱۳۵۲ برآورد درجه قلیائی شدن خاکها با استفاده از ترکیب کاتیونی آب آبیاری . کمیته ملی آبیاری و زهکشی ، نشریه شماره۹ صفحات۲۲ ــ۳۰
۱۷ــ منطقی ، ناهید ۱۳۵۱ پنجاه وشش روش‌تجزیه خاک وآب وگیاه وکود و شرح مختصری از دوازده روش تجزیه خاک متداول در آزمایشگاه های مرکز و استان ها ، مؤسسه خاکشناسی و حاصلخیزی خاک ، نشریه شماره۳۴۵
۱۸ــ مؤسسه خاکشناسی و حاصلخیزی خاک ۱۳۵۵ ، گزارش پروژه زهکشی‌نگارستان وحسن

آباد . موضوع نامه شماره ۵۷۲۹ مورخ ۱۴ تیرماه ۱۳۵۵
۱۹ــ وزارت آب و برق ۱۳۵۰ بیلان آب و آبیاری در ایران ، کمیته ملی آبیاری و زهکشی نشریه شماره ۲ صفحات ۵ ــ ۶
۲۰ــ وزارت آب و برق ۱۳۵۳ گزارش بارندگی سال ۱۳۵۲ ــ ۱۳۵۳ . موضوع نامه شماره ۲۳۱۶۲/۴۷۱/۲۱۱ مورخ ۷ آبان ۱۳۵۳
۲۱ــ هواشناسی کل کشور ۱۳۴۳ ــ ۱۳۴۶ سالنامه‌های هواشناسی

REFERENCES

22 Aart, R. Van, and J. L. Oosterkamp. 1968. Intern report on soil reclamatim in Iran. Soil Institute of Iran. Pub. No. 203.

23. Arasteh, M. 1971. Effect of quality and quantity of irrigation water and amendments on yields and amelioration of soil in Garmsar Station. Soil Institute of Iran. Submitted ot R C. D. Seminar on Proper Utilization of Irrigation Water, Karaj, Iran. May 31. June 3, 1971. pp. 79_104.

24. Bernstein, L. 1965. Salt Tolerance of Plants. USDA Info. bull. 283.

25. Dewan, M. L., and J. Famouri. 1964. The Soils of Iran. FAO, Rome.

26. Famouri, J., and M. Morta Zavi. 1970. Drought Frequency in Iran. Soil Institute of Iran. Pub. No. 243.

27. Famouri, J. 1966. Effect of Leaching and Soil Amendments on Reclamation of Saline _ Alkali Soils in Karkheh Area Khuzistan. Soil Institute of Iran.

28. Ghorashy, S. R., N. Sionit, and M Kheradnam. 1972. Salt Tolerance of Safflower Varities (Carthelmus Tinctorius L.) During Germanation. Agromomy Journal. 64: 256 _ 257.

29. Hajrasuliha, S., 1970. Irrigation and Drainage Practice in Haft _ Tappeh Cane Sugar Project, Iran. Submitted to eight

Near East South Asia, Regional Irrigation Practides Seminar, Kabul, Afghanistan, 1970.

30. Javaheri, P. 1975. Salt Concentration of Initial Effluent of Soil Columns. Proceedings of the International Conference on Water Logging and Salinity, Lahore (13–17 Oct. 1975). P. 350 _ 372.

31 Javaheri, P. 1975 Salinity Problems in Iran. CENTO Scint_ific Programme, The OPtimum Use of Water in Agriculture, Lyallpur (March 3_5, 1975). P. 50 _ 62.

32. Khosravi, A. R. and A. Wahedi. 1975. water Quality Rese_arch at Marvedasht Valley. Soil Institute of Iran. Submitted to International Symposium on Brackish Water as a Factor in Development, Israel, 1975.

33. Ministry of Water and Power. 1971. Surface Water Quality Records. (water year 1969 – 1970). Vols. 1, 2 and 3. Surface Hydrology Dept. No. 31.

34. Ministry of Water and Power. 1969. Quality of Surface Water of Iran. (available data until September 1963). Vols. 1, 2 and 3. Surface Hydrology Dept. Rep. No. 17.

35. Sepaskhah, A. R., 1967. The Relationship between the Depth of Water Applied and Exchangeable Sodiun Percentage at different depth of Molla_Sani Söils. B.Sc. dissertation. Coll_ege of Agriculture, Jundi _ Shapur University, Ahwaz, Iran.

36. Siadat, H , 1972. Water Requirement of Crops and Irrigation Practices, presented at the Seminar on Effective use of Water on the Farm (7 _ 13 Dec. 1971). Soil Institute of Iran. Pub No 336.

37. Slabbers, P. J., 1970. Draft Intern Report on Soil and Water Management in Iran. Soil Institute of Iran Pub. No. 228

38. Veenenbos, J. S., 1968. Unified Report of the Soil and Land Classification of Dezful Project, Khuzistan, Iran. Soil Institute of Iran, Joint Project with FAO/UNDP.

39. U. S. Salinity Laborators Staff. 1954. Diagnosis and Improvements of Saline and Alkali Soils. USDA Agriculture Handbook 60.

40. Wshedi, A., 1971. Effect of Water Quality on the yield of Wheat, Sugar – beet, sunflower, and alfalfa in the Marvedasht, Fars. Soil Institute of Iran. Submitted to R.C D. Seminar on Proper Utilization of Irrigation Water, Karaj, Iran. May 31 – June 3, 1971. pp. 159 – 188.