



سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه آموزش و ترویج

مدیریت پهنه کشت و کار در خاک‌های شور



مرکز تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و منابع طبیعی

استان اصفهان

۱۴۰۴

نشریه ترویجی

۱۶۸۹

بسم الله الرحمن الرحيم



مدیریت بهینه کشت و کار در خاک‌های شور

نویسندگان:

پریسا مشایخی، محسن دهقانی

۱۴۰۴



عنوان: مدیریت بهینه کشت و کار در خاک‌های شور

نویسندگان: پریسا مشایخی، محسن دهقانی

مدیر داخلی: فتح‌اله بهرامی

ویراستار ترویجی: نوشین رضانی

تهیه شده در: معاونت آموزش و ترویج کشاورزی، دفتر شبکه دانش و رسانه‌های ترویجی

ناشر: نشر آموزش کشاورزی

شمارگان: محدود

نوبت چاپ: اول، ۱۴۰۴

مسئولیت درستی مطالب با نویسندگان است.

شماره ثبت در مرکز فن‌آوری اطلاعات و اطلاع‌رسانی کشاورزی ۶۸۶۹۷ به تاریخ ۱۴۰۴/۱۱/۰۵ است.

نشانی: تهران، خیابان آزادی، بین نواب و رودکی، پلاک ۲۰۵، معاونت آموزش و ترویج کشاورزی

تلفن: ۶۶۴۳۰۴۶۵ | تلفکس: ۶۶۴۳۰۴۶۴ | کد پستی: ۱۴۵۷۸۹۶۶۸۱

مخاطبان نشریه

- * کشاورزان.
- * کارشناسان خاک و آب.
- * مروجان پهنه‌های تولیدی.

اهداف آموزشی و ترویجی

- * شما پس از مطالعه این نشریه با علائم ظاهری خاک‌های شور، اقدامات لازم برای کاهش شوری خاک، انواع سیستم‌های زهکشی، گونه‌های گیاهی مقاوم به شوری و انتخاب بهینه گیاه و انتخاب محصول مناسب برای کشت در خاک‌های شور آشنا می‌شوید.

فهرست

عنوان	صفحه
مقدمه.....	۶
تعریف خاک شور.....	۶
علائم ظاهری خاک‌های شور	۶
دلایل شور شدن خاک.....	۹
اقدامات لازم برای کاهش شوری خاک.....	۹
تسطیح زمین.....	۹
آبشویی.....	۱۱
زهکشی.....	۱۲
انواع سیستم‌های زهکشی.....	۱۳
۱- زهکشی سطحی.....	۱۳
۲- زهکشی عمقی.....	۱۳
۳- استفاده از اصلاح‌کننده‌های خاک.....	۱۵
۴- استفاده از مواد آلی.....	۱۶
۵- استفاده از مالچ یا خاک پوشش.....	۱۶
۶- کاشت گیاهان پوششی.....	۱۷
۷- مدیریت آبیاری.....	۱۷
۸- طراحی مناسب شکل بستر کاشت.....	۱۹
نقش تغذیه در مقابله با شوری.....	۲۰
عوامل مؤثر در انتخاب کود برای خاک‌های شور.....	۲۱
انواع کودهای مناسب برای خاک‌های شور.....	۲۱
۱- کودهای آلی.....	۲۱
۲- کودهای شیمیایی.....	۲۳
نکات مهم در استفاده از کودهای مخصوص خاک‌های شور	۲۸
گونه‌های گیاهی مقاوم به شوری و انتخاب بهینه گیاه	۲۹
انتخاب محصول مناسب.....	۳۰
جمع‌بندی.....	۳۱

مقدمه

شوری خاک یکی از چالش‌های اصلی در کشاورزی، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. تجمع نمک‌های محلول در خاک، باعث کاهش جذب آب و مواد مغذی توسط گیاهان شده و در نهایت منجر به کاهش عملکرد و کیفیت محصولات می‌شود. با این حال، با انتخاب روش‌های مناسب و استفاده از گونه‌های گیاهی مقاوم به شوری، می‌توان به تولید محصولات کشاورزی در این نوع خاک‌ها دست یافت.

تعریف خاک شور

خاک‌های شور خاک‌هایی هستند که غلظت نمک‌ها در آن‌ها به قدری باشد که رشد گیاه و عملکرد محصول را کاهش دهد. شوری خاک، کمبود آب و عدم قابلیت استفاده از کودهای معمولی از جمله چالش‌های کشاورزی در این زمین‌ها هستند.

علائم ظاهری خاک‌های شور

بعضی از علائم ظاهری خاک‌های شور در شکل‌های ۱ تا ۴ نشان داده شده است.



شکل ۱- پودری شدن سطح خاک و مشاهده بلورهای نمک در قسمت‌های برآمده مزرعه و شیب دیواره جوی‌ها



شکل ۲- پیدایش منافذ رشته‌ای شکل توخالی با دیواره سفید در داخل خاک



شکل ۳- ایجاد سله در سطح خاک



شکل ۴- رشد و مشاهده گسترده گیاهان بومی متحمل به شوری و شورپسند (مانند خارشتر، سالسولا، شوره‌گز، سالیکورنیا و غیره)

دلایل شور شدن خاک

عوامل مختلفی می‌توانند باعث افزایش شوری خاک شوند که از جمله آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ۱- تبخیر زیاد و بارندگی کم: در مناطقی با آب و هوای خشک، تبخیر زیاد و بارش کم موجب تجمع نمک‌ها در سطح خاک می‌شود.
- ۲- مدیریت نامطلوب آبیاری: آبیاری با مقدار آب ناکافی و همچنین آبیاری با آب‌های شور بدون اعمال مدیریت صحیح مانند زهکشی، آبشویی، انتخاب محصول، بسترسازی و غیره باعث شور شدن خاک می‌شود. مدیریت غلط آبیاری مانند آبیاری بیش از حد باعث بالا آمدن سطح آب زیرزمینی می‌شود و نمکی که در لایه‌های زیرین خاک وجود دارد را به سطح خاک می‌آورد.
- ۳- بالا آمدن آب زیرزمینی شور: در برخی مناطق، بالا آمدن آب زیرزمینی حاوی نمک می‌تواند شوری خاک را افزایش دهد.
- ۴- تسطیح نامطلوب اراضی: پستی و بلندی زمین باعث توزیع غیریکنواخت آب در سطح زمین و در نتیجه، تجمع آب در مکان‌های گود، و در نتیجه باعث ایجاد شوری در نقاط مختلف زمین می‌شود.

اقدامات لازم برای کاهش شوری خاک

تسطیح زمین

در آبیاری محصولات کشاورزی، ایده آل آن است که آب به طور یکنواخت در سطح مزرعه و باغ توزیع شود. این مسئله از جمع شدن نمک در برخی نقاط مزرعه جلوگیری می‌کند. از مهم‌ترین عوامل برای دستیابی به این هدف، تسطیح زمین با استفاده از ماشین آلات مناسب برای این کار است. یکی از انواع ماشین‌ها و ابزارهای به کار رفته در تسطیح زمین گریدر است. گریدر پستی و بلندی‌های زمین را با

خطایی کمتر از ۲۵ میلی‌متر نسبت به شیب مورد نظر برطرف می‌کند. گریدها یا همان تسطیح‌کننده‌ها یک شاسی چرخ‌دار بلند به طول ۸ متر داشته که بر روی آن تیغه‌ای نصب می‌گردد. این تیغه تسطیح اراضی را انجام می‌دهد و راننده عمق خاک‌برداری را تعیین می‌کند. به دنبال تسطیح زمین عبور چرخ‌های عقب از روی زمین باعث کوبیده شدن خاک می‌گردد. معمولاً برای تسطیح زمین در این روش لازم است تا تسطیح‌کننده سه مرتبه از روی هر قسمت عبور کند.

یکی دیگر از ابزارهای تسطیح زمین، ماشین آلات لیزری مانند اسکرپر لیزری و لیزر لولر است. در این روش برای تسطیح اراضی دستگاه لیزر بر روی سه پایه در زمین نصب شده و به آرامی شروع به چرخیدن می‌کند. شعاع نوری این دستگاه باید طوری تنظیم شده باشد که صفحه چرخش آن به موازات شیب مورد نظر باشد. اشعه لیزر توسط دستگاه‌های قرار داده شده بر روی ماشین‌های خاک‌برداری دریافت شده و مشخص می‌کند که وضعیت تیغه‌ها و میزان گودبرداری باید چگونه باشد. در نتیجه خاک‌برداری انجام شده و تسطیح زمین صورت می‌گیرد. مزایای این روش آن است که زمین سریع‌تر آماده شده و نیاز به نقشه برداری مجدد ندارد. شکل ۵ نمونه‌ای از یک ماشین لیزر لولر را نشان می‌دهد.



شکل ۵- استفاده از ماشین‌آلات کشاورزی در تسطیح خاک

آبشویی

شستشوی خاک یکی از مؤثرترین روش‌ها برای کاهش میزان نمک در خاک‌های شور است. در این روش، آب با کیفیت بالا (آب غیر شور) به زمین داده می‌شود تا نمک‌های اضافی از ناحیه ریشه شسته شده و به لایه‌های زیرین خاک منتقل شوند. برای این کار ابتدا زمین را آبیگر کرده و سپس چندین بار با حجم زیادی از آب شستشو می‌دهند تا نمک‌ها به لایه‌های عمیق‌تر هدایت شوند. نکته مهم این است که این روش زمانی موفق است که سیستم زهکشی خوبی در زمین وجود داشته باشد تا از تجمع نمک در سطح خاک جلوگیری کند. همچنین باید نفوذپذیری خاک مطلوب و مناسب باشد. یعنی اگر در عمقی از خاک لایه‌های سخت و نفوذپذیر وجود داشته باشد اجازه نفوذ آب به داخل خاک و شسته شدن نمک‌ها داده نمی‌شود (شکل ۶). در این شرایط انجام شخم عمیق و زیر شکنی برای از بین بردن لایه نفوذناپذیر الزامی است (شکل ۷).



شکل ۶- وجود لایه سخت و غیر قابل نفوذ در عمق خاک



شکل ۷- انجام شخم عمیق و زیر شکنی برای از بین بردن لایه نفوذناپذیر در خاک

زهکشی

ش احداث سیستم زهکش در هر شرایطی برای مزارع و باغات قابل توصیه و مفید است، مگر آنکه خاک به‌طور طبیعی دارای زهکشی خوب و سطح آب زیرزمینی بسیار پایین باشد. عدم زهکشی مناسب می‌تواند منجر به تجمع آب و نمک در لایه‌های سطحی خاک شده و اثرات منفی شوری را تشدید کند.

انواع سیستم‌های زهکشی

۱- زهکشی سطحی

این کار با ایجاد کانال‌ها و جوی‌های عمیق برای هدایت آب‌های سطحی و زیرزمینی شور به لایه‌های زیرین خاک صورت می‌گیرد. روش اجرای این نوع زهکشی با ایجاد جوی‌ها، شیارها، نه‌رهای کم‌عمق یا شیب‌بندی مناسب سطح مزرعه و یا استفاده از زهکش‌های باز برای هدایت رواناب می‌باشد. از مزایای این نوع زهکش‌ها می‌توان به مواردی مانند اجرای ساده و کم‌هزینه، مناسب برای مناطق با بارندگی زیاد و خاک‌های سنگین با نفوذپذیری کم و قابل استفاده برای کنترل سیلاب‌های سطحی و کاهش فرسایش، اشاره نمود. کارایی پایین در خاک‌هایی با سطح ایستابی بالا یا خاک اشباع‌شونده، اختلال در فعالیت‌های زراعی به دلیل وجود کانال‌های باز و نیاز به نگهداری مداوم از جمله معایب این زهکش‌ها است.

۲- زهکشی عمقی

نصب لوله‌های زهکشی زیر خاک برای خارج کردن آب‌های شور از محیط ریشه. در برخی موارد، ممکن است نیاز به احداث زهکشی زیرسطحی باشد تا آب و نمک به‌طور مؤثری از خاک خارج شوند. سیستم‌های زهکشی می‌توانند به‌صورت سطحی، زیرزمینی و یا ترکیبی از هر دو طراحی و اجرا بشوند (شکل ۸). این زهکش‌ها از طریق نصب لوله‌های سوراخ‌دار (پلی‌اتیلن یا سفالی) در عمق ۸۰ تا ۱۵۰ سانتی‌متر با فواصل مشخص و پوشش لوله‌ها با مصالح نفوذپذیر مانند شن یا ژئوتکستایل برای جلوگیری از گرفتگی، اجرا می‌شوند. ژئوتکستایل (Geotextile) در شبکه‌های زهکشی، نوعی منسوج مصنوعی (پارچه صنعتی) است که از الیاف پلیمری مانند پلی‌پروپیلن (PP) یا پلی‌استر (PET) ساخته می‌شود و در سیستم‌های زهکشی خاک، راه‌سازی، کشاورزی و مهندسی عمران کاربرد گسترده‌ای دارد. در شبکه

زهکشی، ژئوتکستایل به عنوان یک فیلتر و جداکننده بین خاک و لایه‌های زهکشی (مثل شن، ماسه یا لوله‌های سوراخ‌دار) عمل می‌کند که هدف اصلی آن جلوگیری از ورود ذرات ریز خاک به داخل لایه زهکش یا لوله زهکشی (و در نتیجه جلوگیری از گرفتگی)، عبور آزاد آب از خاک به درون سیستم زهکشی و افزایش دوام و کارایی زهکش با حفظ نفوذپذیری در طول زمان است. افزایش عمق قابل استفاده ریشه و کاهش سطح ایستابی، مناسب برای خاک‌های شور یا با زهکش‌پذیری پایین، قابل ترکیب با سیستم‌های مدیریت شوری و آب‌شویی و عدم ایجاد مزاحمت برای عملیات زراعی سطحی از جمله مزایای این نوع زهکش‌ها می‌باشد. محدودیت‌های اجرایی در این نوع سیستم، هزینه بالای نصب و طراحی، نیاز به مطالعات دقیق مهندسی خاک و آب پیش از اجرا و دشواری در شناسایی و رفع خرابی‌ها است.



شکل ۸- انواع سیستم‌های زهکشی در سطح مزرعه

۳- استفاده از اصلاح‌کننده‌های خاک

برای کاهش شوری، می‌توان از مواد اصلاح‌کننده شیمیایی استفاده کرد. رایج‌ترین ماده‌ای که در این روش استفاده می‌شود، گچ است. گچ می‌تواند یون‌های سدیم مضر را با کلسیم جایگزین کرده و از تراکم نمک‌های مضر در خاک جلوگیری کند. گوگرد و ترکیب آهک-گوگرد نیز از جمله مواد اصلاحی در خاک شور هستند ولی استفاده از این کودها نیاز به فرآیند میکروبی دارد. بنابراین استفاده از کودهای میکروبی در کنار این مواد، کارایی آن‌ها را به شدت افزایش می‌دهد. همچنین اسیدسولفوریک و مخلوط اوره با اسیدسولفوریک از جمله مواد اصلاحی دیگر در خاک‌های شور و شور سدیمی هستند (شکل ۹). می‌توان اصلاح‌کننده‌ها را هم در آب آبیاری و هم به صورت افزودن به خاک، مورد استفاده قرار داد.



شکل ۹- روش‌های مختلف استفاده از مواد اصلاحی در سطح مزرعه

۴- استفاده از مواد آلی

افزایش ماده آلی در خاک‌های شور می‌تواند به بهبود شرایط خاک و کاهش اثرات شوری کمک کند. مواد آلی مانند کودهای دامی، کمپوست و باقیمانده‌های گیاهی، رطوبت خاک را حفظ کرده و مانع از تبخیر سریع و تجمع نمک‌ها در سطح خاک می‌شوند.

۵- استفاده از مالچ یا خاک پوشش

مالچ پوشش غیرزنده یا یک لایه حفاظتی از مواد است که در سطح خاک قرار داده می‌شود تا از شدت تبخیر رطوبت خاک جلوگیری کند (شکل ۱۰). مالچ باعث حفاظت از خاک در مقابل فرسایش‌های آبی و بادی، جلوگیری از تشکیل سله در سطح خاک و در نتیجه بهبود نفوذ آب و باران به خاک، کاهش تبخیر به گونه‌ای که خاک برای مدت زمان طولانی‌تری مرطوب مانده و نیاز به آبیاری کاهش می‌یابد.



شکل ۱۰- نمونه‌هایی از استفاده از مالچ در مزارع و باغات

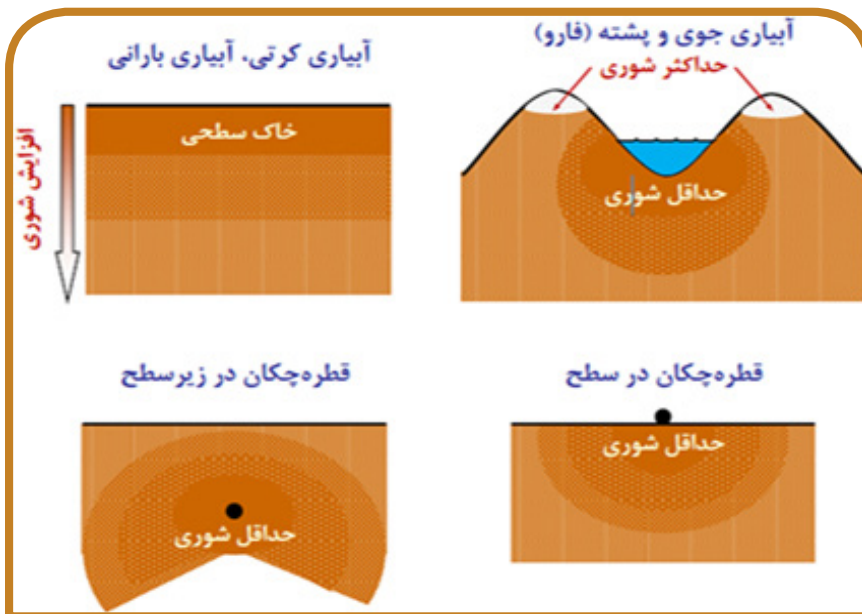
۶- کاشت گیاهان پوششی

کاشت گیاهان پوششی می‌تواند به بهبود شرایط خاک شور کمک کند. گیاهان پوششی می‌توانند باعث کاهش تبخیر از سطح خاک شده و همچنین با افزایش ماده آلی خاک و بهبود وضعیت آن، شرایط مناسب‌تری برای کاشت محصولات اصلی ایجاد می‌کنند. برای این منظور در دوره‌های غیرکاشت یا پیش از کاشت محصول اصلی، گیاهان پوششی مانند شبدر، یونجه یا حبوبات کشت می‌شوند.

۷- مدیریت آبیاری

در خاک‌های شور، آبیاری نقش مهمی در کاهش اثرات شوری ایفا می‌کند. روش‌ها و زمان‌بندی آبیاری می‌توانند به بهبود شرایط خاک کمک کنند. زمان‌بندی آبیاری باید به گونه‌ای باشد که رطوبت خاک در حد مطلوب حفظ شود و از آبیاری بیش از حد و کمبود آب جلوگیری شود. میزان آبیاری باید بر اساس نوع خاک، گیاه، مرحله رشد گیاه و شرایط آب و هوایی تعیین شود. همچنین کیفیت آب آبیاری باید به‌طور مرتب کنترل شود تا از افزایش شوری خاک جلوگیری شود. چگونگی توزیع نمک در روش‌های مختلف آبیاری در خاک در شکل ۱۱ ارائه شده است. همچنین شکل ۱۲ الگوی شور شدن خاک در مزرعه در چند روش آبیاری را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل‌های ۱۱ و ۱۲ مشاهده می‌شود، بیشترین تجمع و رسوب نمک‌ها و شوری در نقاط برجسته زمین است (به‌ویژه در تاج پشته‌ها و مرزهای کرت‌ها). در روش‌های آبیاری که سطح زمین مسطح است (مانند آبیاری بارانی، غرقابی و کرتی)، شوری خاک از لایه‌های سطحی توسط آب شستشو شده و به اعماق پایین‌تر منتقل می‌شود. در روش آبیاری قطره‌ای که رطوبت خاک به‌صورت پیازی شکل و کروی است، در ناحیه محیط پیاز رطوبتی، حداکثر شوری مشاهده می‌شود. در آبیاری فارو (جوی و پشته‌ای)، آب درون جویچه‌ها جریان می‌یابد و ریشه گیاهان که روی پشته‌ها قرار دارند از رطوبت خاک بهره‌مند می‌شوند. در این روش، نمک‌ها همراه با آب از

جویچه‌ها به سمت کناره‌ها و بالای پشته‌ها رانده می‌شوند و در نتیجه، تجمع نمک در بالای پشته (نزدیک ناحیه ریشه گیاه) می‌تواند مشکل ساز شود، مگر اینکه پشته‌ها و عمق جوی‌ها به درستی طراحی شده باشند و یا محل استقرار گیاه به صورت مناسب انتخاب شود (شکل ۱۳). در آبیاری زیرسطحی، آب از طریق لوله‌هایی که در عمق مشخصی در زیر خاک کار گذاشته شده‌اند به ناحیه ریشه منتقل می‌شود. در این روش، رطوبت خاک از پایین به بالا حرکت می‌کند و نمک‌ها معمولاً در سطح خاک و دور از ناحیه ریشه تجمع می‌یابند. این ویژگی، در صورتی که مدیریت به درستی انجام شود، می‌تواند در اراضی شور مفید باشد، اما نیاز به طراحی دقیق، کنترل فشار و نگهداری منظم دارد. با توجه به الگوهای حرکت و تجمع نمک در خاک (شکل‌های ۱۱ و ۱۲)، کشاورزان باید این عوامل را در شرایط شوری برای مدیریت و کنترل شوری در محیط ریشه در نظر گرفته و تنظیمات لازم را در روش آبیاری خود (مانند تعداد و فاصله قطره چکان تا گیاه) به عمل آورند.



شکل ۱۱- چگونگی توزیع نمک در خاک در روش‌های مختلف آبیاری



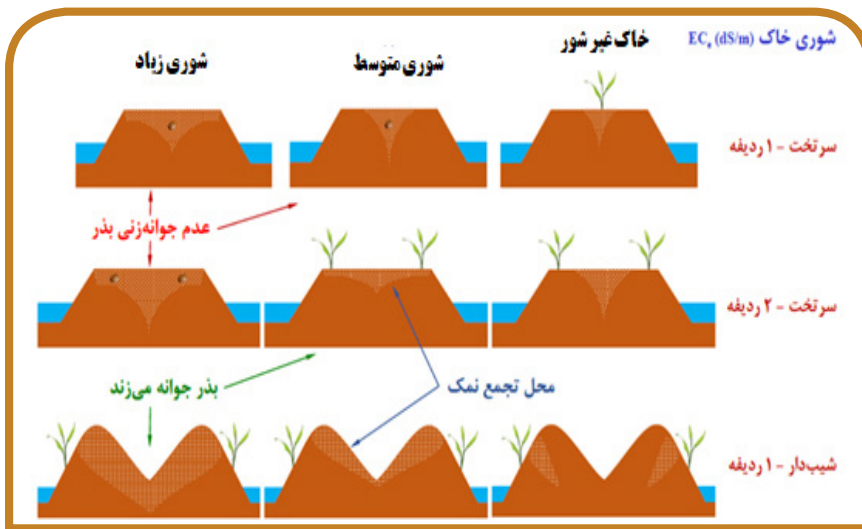
شکل ۱۲- الگوی توزیع نمک در چند روش آبیاری در شرایط شور

۸- طراحی مناسب شکل بستر کاشت

شوری خاک به‌ویژه در ناحیه اطراف بذر یکی از عوامل مهم محدودکننده جوانه‌زنی، استقرار اولیه و بقاء گیاهچه در مراحل ابتدایی رشد در اراضی شور است. از آنجا که در زمان جوانه‌زنی، گیاهچه بسیار حساس بوده و توانایی محدودی در مقابله با تنش‌های محیطی از جمله شوری دارد، کاهش غلظت نمک در ناحیه استقرار بذر یکی از کلیدهای موفقیت در مدیریت کشت در چنین شرایطی محسوب می‌شود. طراحی مناسب بستر کاشت با هدف جلوگیری از تجمع نمک در ناحیه بذر و ریشه اولیه، یکی از اقدامات مهم برای کاهش اثرات منفی شوری است. در این راستا، استفاده از بسترهای جوی و پشته یکی از روش‌های مؤثر در اراضی شور و نیمه‌شور به‌شمار می‌رود. در این سیستم، بذر در دیواره یا بخش داخلی پشته (نه در کف جوی) کاشته می‌شود، زیرا در آبیاری سطحی، جریان آب از کف جوی حرکت می‌کند و نمک‌ها با جریان آب به سمت لبه‌ها و سطح پشته منتقل می‌شوند. در نتیجه، بخش میانی پشته که بذر در آن قرار می‌گیرد، کم‌شورتر باقی می‌ماند و یک منطقه نسبتاً ایمن برای جوانه‌زنی فراهم می‌گردد.

از سوی دیگر، در طراحی بستر کاشت در شرایط شور، ارتفاع مناسب پشته‌ها از اهمیت زیادی برخوردار بوده و باید متناسب با نوع خاک و میزان شوری انتخاب شود

(معمولاً بین ۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متر). شیب عرضی پشته‌ها نیز به نحوی باشد که از آبیروی مؤثر نمک‌ها در جهت خارج از ناحیه بذر حمایت کند. شکل ۱۳ تأثیر شکل بستر کاشت بر الگوی توزیع نمک در خاک‌های با شوری‌های متفاوت و همچنین محل مناسب کاشت و استقرار گیاه را نشان می‌دهد.



شکل ۱۳- تأثیر شکل بستر کاشت بر الگوی توزیع نمک و جوانه‌زنی بذر

نقش تغذیه در مقابله با شوری

تغذیه مناسب گیاهان می‌تواند به روش‌های مختلف به مقابله با اثرات سوء شوری کمک کند. تأمین عناصر غذایی ضروری مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و عناصر کم‌مصرف، به گیاهان کمک می‌کند تا در شرایط شوری بهتر رشد کنند. برخی از عناصر غذایی مانند کلسیم و منیزیم می‌توانند به افزایش تحمل گیاهان به شوری کمک کنند. در شرایط شور جذب بعضی از عناصر مانند کلسیم، پتاسیم و یا نیترات کاهش پیدا می‌کند.

عوامل مؤثر در انتخاب کود برای خاک‌های شور

- ♦ نوع گیاه: هر گیاه نیازهای تغذیه‌ای خاص خود را دارد.
- ♦ میزان شوری خاک: شدت شوری خاک تعیین‌کننده نوع و مقدار کود مصرفی است.
- ♦ کمبود عناصر غذایی: با انجام آزمایش خاک، کمبود عناصر غذایی مشخص شده و کود مناسب انتخاب می‌شود.

انواع کودهای مناسب برای خاک‌های شور

۱- کودهای آلی

کودهای آلی از طریق بهبود شرایط خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب و مواد مغذی و کمک به جذب عناصر غذایی موجود در خاک به گیاه کمک می‌کنند. کودهای آلی عناصر غذایی مورد نیاز (هم عناصر پرمصرف و هم کم‌مصرف) را به صورت متعادل‌تری در دسترس گیاه قرار داده و در نتیجه، تأثیر بسیار مثبت بر سلامت گیاه و کیفیت محصول دارند. در خاک‌های شور، استفاده از کودهای آلی با رعایت اصول مدیریتی می‌تواند نقش مؤثری در بهبود شرایط خاک و افزایش تحمل گیاهان به شوری ایفا کند. کودهای آلی مناسب برای این شرایط عبارت‌اند از:

۱- کمپوست

کمپوست از بقایای گیاهی و دامی پوسیده به دست می‌آید و سرشار از مواد آلی پایدار است. مصرف کمپوست باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب و تبادل کاتیونی خاک، بهبود ساختار خاک و تهویه، کاهش سرعت انتقال نمک‌ها به ناحیه ریشه می‌شود.

میزان توصیه شده بسته به شدت شوری، ۱۵ تا ۳۰ تن در هکتار در فصل زراعی، همراه با اختلاط یکنواخت در لایه ۲۰-۱۵ سانتی‌متری خاک می‌باشد.

۲- ورمی کمپوست

ورمی کمپوست حاصل فرآوری کودهای آلی توسط کرم‌های خاکی بوده و دارای مقادیر بالایی از ریزمغذی‌ها و میکروارگانیزم‌های مفید است. نقش کلیدی ورمی کمپوست در خاک شور شامل تحریک رشد میکروبی خاک، افزایش جذب عناصر غذایی خصوصاً نیتروژن و پتاسیم و ارتقای فعالیت آنزیمی گیاه است. میزان توصیه شده ۵ تا ۱۰ تن در هکتار در هنگام آماده‌سازی زمین می‌باشد.

۳- هیومیک اسید

اسید هیومیک جزء فعال خاک‌های آلی بوده و در خاک شور در کلاته کردن یون‌های سدیم اضافی نقش دارد به این معنی که می‌تواند یون‌های سدیم (Na^+) را به شکلی خاص در ساختار خود به دام بیندازد یا مهار کند تا از اثرات منفی آن در خاک جلوگیری شود. بهبود تحرک عناصر غذایی (مانند آهن و فسفر) و افزایش جذب آب توسط گیاه تأثیر بسزایی دارد. میزان توصیه شده ۲ تا ۵ کیلوگرم در هکتار به صورت مصرف خاکی قبل از کاشت است.

۴- فولویک اسید

فولویک اسید دارای وزن مولکولی پایین‌تر نسبت به هیومیک اسید است و به آسانی توسط گیاه جذب می‌شود. در شرایط شور، مصرف فولویک اسید افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های اکسیداتیو (تنش‌های اکسیداتیو شامل شوری، خشکی یا دماهای بالا است که در این شرایط در سلول‌های گیاهی موادی سمی که شامل مولکول‌های فعال اکسیژن هستند تشکیل می‌گردد)، بهبود فتوسنتز و متابولیسم گیاه و کمک به تحمل بیشتر نسبت به تنش‌های اسمزی را سبب می‌شود. میزان توصیه شده اسید فولویک به صورت محلول‌پاشی بسته به دوره و یا سن گیاه ۰/۵ تا یک کیلو در هزار لیتر آب و به صورت کود آبیاری به مقدار ۳ تا ۵ کیلوگرم در هکتار می‌باشد.

۵- کود دامی پوسیده (با رعایت ملاحظات)

هرچند کود دامی پوسیده منبع مناسبی از مواد آلی است، اما باید توجه داشت که کودهای دامی (به‌ویژه تازه یا نیمه‌پوسیده) معمولاً دارای هدایت الکتریکی (EC) بالایی هستند که می‌تواند مشکل شوری خاک را تشدید کند. بنابراین فقط کود دامی کاملاً پوسیده با EC کمتر از 4 dSm^{-1} باید مصرف شود. در صورت عدم اطمینان از کیفیت کود، لازم است قبل از مصرف، آزمایش هدایت الکتریکی انجام شود. بهتر است مصرف کود دامی همراه با آبیاری کافی باشد تا املاح اضافی شسته شوند. میزان توصیه حداکثر ۱۰ تا ۱۵ تن در هکتار، و در خاک‌های با شوری شدید، استفاده به‌تنهایی توصیه نمی‌شود مگر به همراه آبشویی مناسب.

نکات اجرایی و توصیه‌های کاربردی:

ترکیب کودهای آلی با اصلاح‌کننده‌های شیمیایی نظیر گچ کشاورزی (در خاک‌های سدیمی) می‌تواند اثر بهتری در کاهش شوری داشته باشد. استفاده از مالچ‌های آلی روی سطح خاک پس از افزودن کودهای آلی، تبخیر و تجمع نمک در سطح را کاهش می‌دهد. برای اثرگذاری مطلوب کودهای آلی در خاک‌های شور، باید به تهویه خاک و تأمین آب کافی (آب با کیفیت مناسب) توجه شود.

۲- کودهای شیمیایی

عناصر پر مصرف

نیتروژن (N): وقتی که تنش شوری شدید نباشد، مصرف نیتروژن رشد و یا عملکرد گیاه را بهبود می‌دهد. کودهای نیتروژنی شامل اوره، نترات کلسیم، نترات آمونیوم و سولفات آمونیوم هستند. محلول‌پاشی اوره در شرایط شور به‌عنوان یک روش مکمل در تغذیه گیاه استفاده می‌شود، به‌ویژه زمانی که جذب نیتروژن از طریق ریشه به‌دلیل شوری خاک کاهش یافته باشد. غلظت محلول اوره معمولاً بین ۵ -

۰ تا ۱ درصد (۵ تا ۱۰ گرم در لیتر) توصیه می‌شود تا از سوختگی برگ‌ی جلوگیری شود. محلول پاشی بهتر است در هوای خنک (صبح یا عصر) انجام شود.

زمان‌های مناسب محلول پاشی آورده:

- ♦ در مراحل اولیه رشد رویشی (پس از سبز شدن): کمک به رشد سریع شاخ و برگ و افزایش ظرفیت جذب آب و عناصر غذایی.
- ♦ قبل یا در آغاز گلدهی: تقویت فتوسنتز، بهبود تشکیل گل و افزایش توان تولیدی گیاه.

♦ در شرایط تنش شدید شوری (وقتی ریشه‌ها ضعیف شده‌اند): جذب از طریق برگ‌ها می‌تواند بخشی از نیاز نیتروژنی گیاه را تأمین کند. علائم کمبود نیتروژن به صورت رنگ پریدگی و زردبرگی در برگ‌های مسن، کوتاه و خاردار شدن و همچنین باریک و تیز شدن نوک میوه‌ها، ایجاد رنگ قرمز و مایل به بنفش در اطراف برگ‌ها می‌باشد. همین‌طور ساقه‌ها و شاخه‌ها لاغر و برگ‌ها کوچک می‌شوند (شکل ۱۴).



شکل ۱۴ - علائم ظاهری کمبود نیتروژن در گیاه

فسفر (P): مصرف فسفر در خاک‌های شور باعث افزایش عملکرد می‌گردد. ولیکن، همانند نیتروژن، واکنش گیاه به کودهای فسفوری به شوری‌های کم و متوسط محدود می‌گردد. منابع کودی فسفره عمدتاً شامل سوپر فسفات تریپل (حاوی حدود ۴۶ درصد فسفر، محلول در آب و بدون افزودن نمک‌های مضر به خاک و مناسب برای استفاده در خاک شور) و مونو آمونیوم فسفات (حاوی فسفر و نیتروژن به صورت آمونیوم) است. آمونیوم به کاهش جذب سدیم کمک کرده و فسفر به سرعت در دسترس قرار می‌گیرد و از این نظر در خاک‌های شور و نیمه‌شور فوق‌العاده مؤثر است. مونو پتاسیم فسفات (حاوی فسفر و پتاسیم) نیز از دیگر منابع کود فسفر می‌باشد که بدون حضور املاح مضر و قابل استفاده در خاک‌های شور است.

بهترین زمان مصرف کود فسفره در خاک شور در زمان آماده‌سازی زمین یا همزمان با کاشت است. در خاک‌های شور چون جذب فسفر به وسیله یون‌های سدیم و کلسیم محدود می‌شود، بهتر است کود فسفره نزدیک به منطقه‌ی ریشه باشد. کود فسفره را می‌توان به صورت نواری در کنار ردیف کشت (به فاصله ۷-۵ سانتی‌متر کنار و ۷-۵ سانتی‌متر پایین‌تر از بذر) مصرف نمود. در حالت کمبود برگ‌ها سبز تیره تا سبز متمایل به آبی و بنفش می‌شوند. گیاه دچار کوتولگی و کم‌رشدی می‌شود (شکل ۱۵).

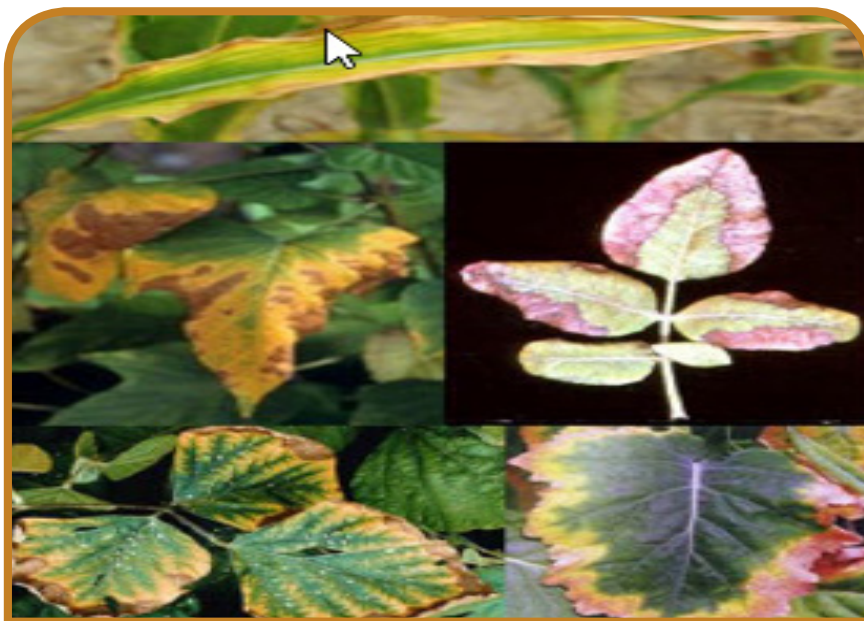


شکل ۱۴- علائم ظاهری کمبود فسفر در گیاه

پتاسیم (K): وجود مقادیر زیاد یون‌های سدیم در خاک‌های شور باعث کاهش جذب پتاسیم می‌شوند. در چنین شرایطی، مصرف کودهای پتاسیمی منجر به افزایش عملکرد می‌گردد و ممکن است اثرات نامطلوب شوری بر گیاه را کاهش دهد. در خاک‌های شور، مدیریت تغذیه پتاسیمی از اهمیت بالایی برخوردار است، زیرا پتاسیم، نقش کلیدی در افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های ناشی از شوری، خشکی و سایر عوامل محیطی دارد. سولفات پتاسیم مناسب‌ترین منبع پتاسیم برای خاک‌های شور است، زیرا فاقد کلر بوده و باعث افزایش شوری نمی‌شود. از سوی دیگر وجود گوگرد در ترکیب این کود می‌تواند به بهبود کیفیت محصول و کاهش pH خاک کمک کند. نیتрат پتاسیم مناسب برای مصرف در مراحل حساس رشد گیاه به‌ویژه در شرایط کم‌آبی و شوری بالا است و یون نیترات باعث تسهیل جذب پتاسیم و کاهش تأثیر یون‌های سمی می‌شود. اما مصرف کود کلرید پتاسیم در خاک‌های شور توصیه نمی‌شود، زیرا یون کلر می‌تواند اثرات سمی ایجاد کرده و شوری را افزایش دهد. استفاده از پتاسیم باید متناسب با مراحل رشد و نیازهای گیاه تنظیم شود. استفاده از کود پتاسیمی در زمان آماده‌سازی زمین و قبل از کاشت (پایه) به‌صورت پخش در خاک، مخصوصاً اگر از سولفات پتاسیم استفاده می‌شود. کاربرد کود پتاسیم در مراحل رشد رویشی؛ پتاسیم در این مرحله موجب افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های اولیه شوری و افزایش رشد برگ و ریشه می‌شود. استفاده از کود پتاسیم در مرحله گلدهی و تشکیل میوه؛ پتاسیم نقش کلیدی در تنظیم تعادل آبی، انتقال مواد فتوسنتزی، و بهبود کیفیت میوه دارد. تغذیه برگ (در زمان تنش) در شرایط شوری شدید یا زمانی که جذب از خاک محدود شده است، می‌تواند از محلول‌پاشی با نیترات یا سولفات پتاسیم استفاده کرد.

پتاسیم با رقابت با یون‌های سدیم در خاک شور، از ورود سدیم به سلول‌های گیاه جلوگیری کرده و تعادل یونی را حفظ می‌کند. همچنین از طریق تنظیم باز و بسته‌شدن روزنه‌ها، باعث بهبود تنظیم تبخیر و تعرق در شرایط خشکی و شوری شده

و از تنش آبی می‌کاهد. پتاسیم فعالیت آنزیم‌های مهم را افزایش می‌دهد و موجب رشد بهتر گیاه در شرایط نامساعد می‌شود. پتاسیم از طریق بهبود استحکام سلولی و تقویت دیواره سلولی، مقاومت گیاه در برابر عوامل آسیب‌زا را افزایش می‌دهد. علائم کمبود شامل زرد شدن و سوختگی حاشیه برگ‌ها، کاهش رشد، عدم تکامل در قسمت دم میوه و شروع به خشک شدن از قسمت انتهایی شاخه می‌باشد (شکل ۱۶).



شکل ۱۶ - علائم ظاهری کمبود پتاسیم در گیاه

کلسیم (Ca): معمولاً با افزایش شوری محیط ریشه، نیاز کلسیمی گیاهان افزایش می‌یابد. بنابراین حفظ مقادیر مناسب کلسیم در محلول خاک‌های مبتلا به شوری، راهکار مهمی برای کنترل شدت سمیت ویژه یونی در گیاهان است، به‌ویژه در محصولاتی که نسبت به خسارت‌های سدیم و کلر حساس‌تر می‌باشند. نتایج تحقیقات نشان داده است که تحمل به شوری محصولات زراعی و باغی در خاک‌های مبتلا به شوری با مصرف کلسیم افزایش می‌یابد. بدشکلی و پیچ‌خوردگی

به همراه رنگ تیره در برگ‌های جوان و ایجاد نقاط سفید و شفاف روی نوک و مابین رگبرگ‌ها، بدشکلی و بی‌مزه شدن میوه‌ها و پوسیدگی گلگاه در گوجه‌فرنگی و فلفل از جمله علائم کمبود کلسیم است.

عناصر کم‌نیاز

کودهای میکرو نقش بسیار مهمی در بهبود رشد گیاهان در شرایط شور ایفا می‌کنند. این کودها حاوی عناصر ریزمغذی ضروری مانند آهن، روی، منگنز، مس و بور هستند که برای انجام بسیاری از فرآیندهای حیاتی گیاهان ضروری می‌باشند. برخی از عناصر ریزمغذی مانند آهن و منگنز در افزایش تحمل گیاهان به شوری نقش دارند. این عناصر به گیاه کمک می‌کنند تا استرس ناشی از شوری را بهتر تحمل کند. همچنین برخی کودهای میکرو می‌توانند فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک را افزایش دهند. این میکروارگانیسم‌ها به گیاه در جذب بهتر عناصر غذایی و مقاومت در برابر بیماری‌ها کمک می‌کنند. ضمن این‌که استفاده از کودهای میکرو در شرایط شور می‌تواند به بهبود کیفیت محصول از نظر اندازه، رنگ و طعم منجر شود.

نکات مهم در استفاده از کودهای مخصوص خاک‌های شور

- ♦ **آزمایش خاک:** قبل از استفاده از هر نوع کودی، لازم است آزمایش خاک انجام شود تا نیازهای غذایی و میزان شوری خاک مشخص شود.
- ♦ **مشاوره با کارشناسان:** برای انتخاب کود مناسب و میزان مصرف آن، بهتر است با کارشناسان کشاورزی مشورت شود.
- ♦ **توجه به زمان مصرف:** کودها باید در زمان مناسب و به روش صحیح مصرف شوند تا بیشترین تأثیر را داشته باشند.
- ♦ **توجه به ترکیب کود:** برخی از کودها ممکن است با یکدیگر تداخل داشته باشند، بنابراین باید ترکیب کودها با دقت انتخاب شود.

علاوه بر این موارد، معمولاً واکنش گیاه به مصرف کود در خاک‌های با شوری کم تا متوسط (10 dS m^{-1}) به احتمال زیاد مثبت است (در صورت وجود کمبود عنصر غذایی مورد نظر). ولیکن در شوری‌های شدید، شدت تنش شوری ممکن است منجر به کاهش عملکرد محصول و عدم کارآیی کوددهی گردند. البته، نوع گیاه، نوع کود مصرفی و مدیریت زراعی نیز بر آن اثرگذار می‌باشند.

گونه‌های گیاهی مقاوم به شوری و انتخاب بهینه گیاه

- ♦ عملکرد بهینه: انتخاب گیاه مناسب با توجه به شرایط اقلیمی و میزان شوری خاک برای حصول بیشترین بهره‌وری.
- ♦ گیاهان مقاوم به شوری: گیاهانی همچون جو، سورگوم و کینوا که قادر به رشد در شرایط شور هستند.
- ♦ مهندسی ژنتیکی: امکان ایجاد ارقام جدید با مقاومت بیشتر به شوری از طریق مهندسی ژنتیکی.
- ♦ چندبرگی: کشت گیاهان چندبرگی مانند علوفه‌ها که پوشش مناسبی ایجاد می‌کنند.

انتخاب محصول مناسب

گیاهان مختلف زراعی و باغی به دلیل ویژگی‌های ژنتیکی مختلف، از نظر تحمل به شوری با یکدیگر متفاوت هستند. بنابراین، جایگزینی یک محصول حساس به شوری با محصولی که تحمل به شوری بیشتری دارد و یا استفاده از ارقام و پایه‌های متحمل‌تر به شوری از یک نوع محصول، ساده‌ترین و کاربردی‌ترین استراتژی در مدیریت کشاورزی در شرایط شور است. تحمل به شوری گیاهان در اصل توانایی گیاهان در تحمل نمک در محیط ریشه است. به طور کلی درختان میوه نسبت به محصولات زراعی و علوفه‌ای تحمل به شوری کمتری داشته و نسبت به شوری حساس‌تر می‌باشند. با این حال، درختانی مانند خرما، پسته، زیتون، انجیر و انار دارای تحمل به شوری مناسبی هستند.

گیاهان مقاوم به شوری به سه دسته کلی تقسیم می‌شوند:

- ۱- **گیاهان متحمل به شوری بالا:** این گیاهان می‌توانند در شوری بالا رشد کنند و عملکرد خوبی داشته باشند. مانند چغندر قند، پنبه و جو.
 - ۲- **گیاهان متحمل به شوری متوسط:** محصولاتی مانند گندم، ذرت، و سورگوم که تا حد متوسطی از شوری را تحمل می‌کنند.
 - ۳- **گیاهان حساس به شوری:** این دسته شامل گیاهانی مانند برنج، سویا و لوبیا است که به شوری حساس هستند و معمولاً در خاک‌های شور عملکرد مطلوبی ندارند.
- تقسیم‌بندی کلی تحمل به شوری تعدادی از محصولات متداول کشاورزی در جداول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- تقسیم‌بندی کلی تحمل به شوری تعدادی از محصولات متداول کشاورزی

محصولات باغی				سبزی و صیفی			
مقاوم	نسبتاً مقاوم	نسبتاً حساس	حساس	مقاوم	نسبتاً مقاوم	نسبتاً حساس	حساس
پسته خرما	انار انجیر زیتون آناناس	انگور آلو طالبی هندوانه	آلبالو- بادام مرکبات-تمشک گیلاس-سیب خرمالو-زردآلو شلیل-هلو گلابی- گردو توت فرنگی	مارچوبه	چغندر خرفه کدو کرفس	اسفناج- بارمجان ترپچه-بروکلی خیار-گوجه کلم-گل کلم سیر-کاهو سیب مینی فلفل دلمه‌ای	پیاز خوراکی هویج
محصولات زراعی و حبوبات				علوفه			
مقاوم	نسبتاً مقاوم	نسبتاً حساس	حساس	مقاوم	نسبتاً مقاوم	نسبتاً حساس	حساس
پنبه کلزا چغندر گندم دوروم جو روناس	آفتابگردان سورگوم سویا لوبیا چشم بلبل گندم گلرنگ	بادام زمینی باقلا بامیه ذرت کتان نخود نیشکر	برنج لوبیا ماش	علف گندمی تاج خروسی مرغ	جو علوفه‌ای چچم چاودار	دم روباهی شیدر ماشک یونجه	

جمع‌بندی

شوری خاک یکی از چالش‌های اساسی در کشاورزی مناطق خشک و نیمه‌خشک است که به‌طور مستقیم بر عملکرد و کیفیت محصولات تأثیر می‌گذارد. شوری خاک تنها از طریق مدیریت جامع و هماهنگ قابل کنترل می‌باشد. اعمال روش‌هایی همچون اصلاح فیزیکی و شیمیایی خاک، مدیریت بهینه آبیاری، تغذیه متعادل گیاه و انتخاب صحیح گونه‌های مقاوم، می‌تواند به طور مؤثری در بهبود ساختار خاک، کاهش اثرات منفی شوری و افزایش پایداری تولید محصولات کشاورزی مؤثر باشد. به کارگیری این راهکارها نیازمند توجه به شرایط منطقه‌ای، تحلیل دقیق خاک و آب و برنامه‌ریزی منسجم است. به‌طور کلی، رویکرد تلفیقی در مدیریت خاک‌های شور، مسیر مناسبی برای ارتقاء بهره‌وری کشاورزی در این اراضی فراهم می‌سازد.



شناخت ویژگی‌های خاک‌های شور و به‌کارگیری
روش‌های مدیریتی صمیع، راهی موثر برای
تداوم تولید در شرایط دشوار اقلیمی است.