

استفاده از آب شور برای آبیاری گندم

نگارشی
علیرضا کیانی

بسم الله الرحمن الرحيم

موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
نشریه فنی

استفاده از آب شور برای آبیاری گندم

نگارش:
علیرضا کیانی

سال انتشار:
۱۳۸۷



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

عنوان نشریه:	استفاده از آب شور برای آبیاری گندم
نگارش:	علیرضا کیانی
ناشر:	موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
سال انتشار:	۱۳۸۷
شمارگان:	جلد ۵۰۰
ویراستار:	فرحناز سهراب
صفحه‌آرایی:	بنفشه فرزانه
لیتوگرافی، چاپ و صحافی:	دفتر خدمات تکنولوژی آموزشی - نشر آموزش

آدرس: کرج ، بلوار شهید فهمیده، صندوق پستی: ۳۱۵۸۵-۸۴۵،
موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
تلفن: ۰۲۶۱-۲۷۰۵۳۲۰، ۰۲۶۱-۲۷۰۵۲۴۲ و ۰۲۶۱-۲۷۰۸۳۵۹، دورنگار: ۰۲۶۱-۲۷۰۶۲۷۷

پایگاه اطلاعاتی موسسه: www.aeri.ir

مخاطبین نشریه:

کارشناسان کشاورزان، مروجان، مددکاران ترویجی، کشاورزان و کلیه
علاقه‌مندان به کشاورزی

اهداف آموزشی:

شما خوانندگان گرامی در این نشریه با:

- آثار و تبعات آب شور روی خاک، گیاه و محیط زیست
 - تجربیات موفق کاربرد آب شور برای گندم
 - روش‌های عملی و مدیریتی استفاده از آب شور ضمن حفظ
پایداری کشاورزی
 - مزیت اقتصادی کاربرد آب شور برای گندم
- آشنا خواهید شد.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۲	مقدمه
۴	تعاریف واژه‌های مفید
۸	تبعات استفاده از آب شور
۱۳	واکنش گندم به شوری
۱۵	تجربیات کاربرد آب شور برای آبیاری گندم در کشور
۱۸	راه کارهای عملی استفاده از آب شور
۲۷	چند روش ساده دیگر برای کاهش خسارت ناشی از کاربرد آب شور
۳۰	نتیجه گیری
۳۱	منابع مورد استفاده

مقدمه

به‌طور کلی آب آبیاری بدون املاح نیست و هیچ گیاهی بدون جذب املاح قادر به رشد و نمو نیست. هر گیاهی بسته به میزان تحمل آن نسبت به کل املاح موجود در آب آبیاری یا خاک واکنش متفاوتی نشان می‌دهد. شناسایی واکنش گیاهان نسبت به شوری‌های ایجاد شده در خاک کمک شایانی در مدیریت پایدار استفاده از آب شور در کشاورزی است. هدف از این نوشتار ضمن شناخت مسایل مبتلا به شوری، صرفه‌جویی در مصرف آب غیر شور و استفاده پایدار از آب‌شور برای تولید گندم است.

هم اکنون تجارب زیادی در استفاده موفقیت‌آمیز از آب‌های شور در کشاورزی وجود دارد. مصرف آب‌های شور زهکش‌ها که از نظر معیارهای کیفی جزء آب‌های غیر قابل مصرف در کشاورزی محسوب می‌شوند، تأثیر مثبت و تعیین‌کننده‌ای در افزایش تولید گندم دارد. بنابراین با کاربرد این نوع آب‌ها خصوصاً در مناطق مشابه استان گلستان که باران ضمن تأمین بخشی از نیاز گندم (اوایل رشد گندم که به شوری حساس است)، عامل تعدیل اثرات زیان‌بار شوری آب آبیاری می‌باشد. در نتیجه با صرفه‌جویی در مصرف آب شیرین، از فشار بر منابع آب شیرین کاسته شده و با کاربرد آب صرفه‌جویی شده در اراضی جدید و افزایش سطح زیر کشت، امکان افزایش تولید کل گندم به

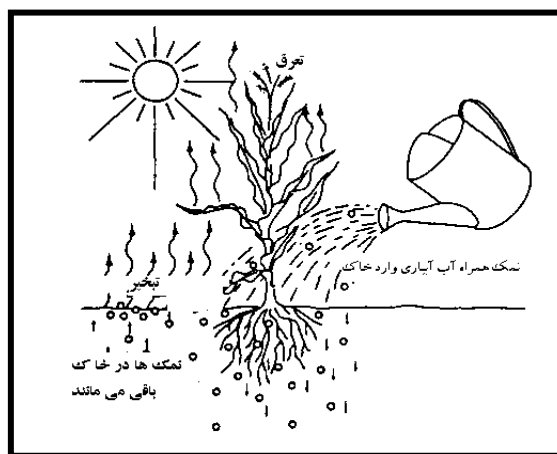
وجود خواهد آمد. بر اساس نتایج به دست آمده شوری آب آبیاری یک مشکل لاینحل نیست. به طور طبیعی شوری آب عمدتاً محصولات تابستانی را تحت تأثیر قرار می دهد در حالی که، گیاهان زمستانی بسته به میزان بارندگی و سطح شوری اولیه خاک در فصل پاییز واکنش مناسب تری نسبت به شوری آب آبیاری دارند. شرایط فوق در بسیاری از مناطق ایران حاکم است. مراحل اولیه رشد (حساس به شوری) گیاهانی نظیر گندم، جو و کلزا عموماً مطابق با ریزش های جوی بوده و نیاز آبی با باران مرتفع می شود. آبیاری تکمیلی در مراحل از رشد صورت می گیرد که گیاهان فوق به شوری مقاوم تر می شوند. در نتیجه این امکان وجود خواهد داشت که از مرحله خوشه دهی به بعد (مقاوم به شوری) از آب های با شوری بالاتر از آستانه های مورد پذیرش گیاهان فوق استفاده مفید برده، ضمن این که معیارهای کیفی موجود برای آبیاری گندم در شرایط اقلیمی کشور غیر کاربردی و مورد تردید است.

در این نوشتار ابتدا با بیان ساده به شناخت مختصری از آثار شوری روی خاک، گیاه و محیط زیست پرداخته شده و سپس تجربه های استفاده از آب شور در مناطق مختلف دنیا مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت روش های اجرایی و مدیریتی استفاده از آب شور برای تولید گندم ارائه می شود. این نوشتار می تواند برای کارشناسان اجرایی بخش کشاورزی و همچنین کشاورزان مفید باشد.

تعاریف واژه های مفید

چگونه خاک شور می شود؟

به طور کلی عواملی چون سنگ مادر، آب دریا و خصوصاً آب آبیاری باعث تجمع املاح در خاک می شوند. بعد از هر آبیاری آب اضافه شده به خاک یا به وسیله گیاه مصرف می شود یا به طور مستقیم از خاک مرطوب تبخیر می شود. در نتیجه املاح در سطح و عمق خاک باقی می مانند (شکل ۱). همچنین آب زیرزمینی می تواند در شور شدن خاک سهیم باشد. زمانی که سطح آب در اثر آبیاری و نبود زهکشی مناسب بالا بیاید، املاح موجود در آب زیرزمینی در لایه های بالاتر خاک و در منطقه ریشه تجمع می کنند (شکل ۲).



شکل ۱- نحوه شور شدن خاک در اثر آبیاری

هدایت الکتریکی (EC)

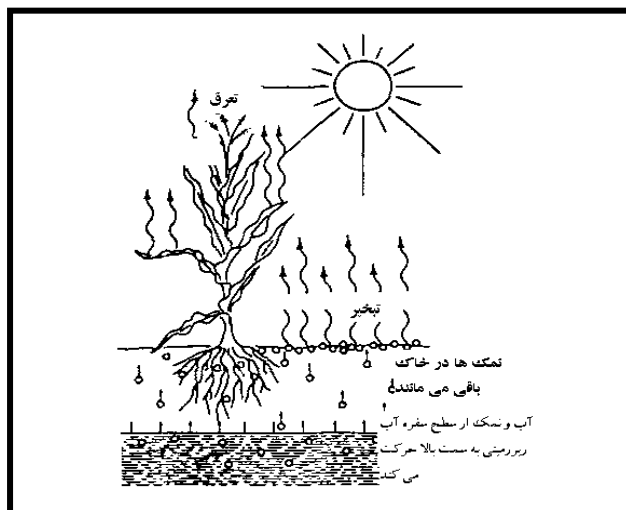
هدایت الکتریکی عکس مقاومت الکتریکی ویژه است. مقاومت ویژه عبارت است از مقاومت یک رسانا بر حسب اهم که سطح آن یک سانتی متر مربع است. هدایت الکتریکی بر حسب اهم در سانتی متر یا موس در سانتی متر بیان می شود. واحد اصلی EC در سیستم متریک mho.m^{-1} و در سیستم بین المللی S.m^{-1} می باشد. کاربردی ترین واحد هدایت الکتریکی در فعالیتهای کشاورزی میلی موس بر سانتی متر (millimho/cm) و یا معادل آن دسی زیمنس بر متر (dS/m) می باشد.

نسبت جذب سدیم (SAR)

عبارت است از غالب بودن یون سدیم که خاک از آب دریافت می کند نسبت به مجموع یون های دو ظرفیتی کلسیم و منیزیم یکی از شاخص های مفید در تشخیص میزان نفوذ آب به خاک است. SAR از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$SAR = [Na] / \sqrt{[Ca] + [mg] / 2} \quad (1)$$

Na = غلظت سدیم بر حسب میلی اکی والان بر لیتر؛ Ca = غلظت کلسیم بر حسب میلی اکی والان بر لیتر؛ و mg = غلظت منیزیم بر حسب میلی اکی والان بر لیتر.



شکل ۲- نحوه شور شدن خاک در اثر سفره آب زیرزمینی بالا

نسبت سدیم قابل تبادل تنظیم شده (SAR adj)

معادله ۱ برای SAR آب‌های سطحی، زیرزمینی و آب خاک استفاده می‌شود. SAR باید بر اساس میزان حلالیت کربنات کلسیم تصحیح شود. میزان واقعی غلظت کلسیم در آب خاک ممکن است بالاتر یا پایین‌تر از غلظت کلسیم آب آبیاری باشد. تعادل در غلظت کلسیم آب خاک به دلیل رسوب آهک (CaCO_3) می‌باشد. اگر رسوب اتفاق افتد غلظت نهایی کلسیم در آب ممکن است کمتر از مقداری باشد که در آب آبیاری دیده می‌شود و ممکن است میزان سدیم قابل

تبادل افزایش یابد. بنابراین ضروری است تا تغییرات در SAR ایجاد گردد که، SAR تنظیم شده (SAR_{adj}) تعریف شده است. SAR تنظیم شده بستگی به ضریب آبشویی، فشار جزئی CO_2 در خاک و غلظت کلسیم و بی کربنات و شوری آب آبیاری دارد.

باقیمانده خشک (TDS)

اگر یک نمونه آب آبیاری را از کاغذی گذرانیده سپس آب زلال به دست آمده با حرارت تبخیر گردد آنچه در ته ظرف باقی می ماند نمک هایی است که در آب محلول بوده اند و به نام باقی مانده خشک (TDS) نامیده می شود. باقیمانده خشک بر حسب میلی گرم در لیتر (mg/l) یا قسمت در میلیون (ppm) توصیف می شود. این روش در صورتی که آب فاقد بی کربنات باشد روش ساده و نسبتاً دقیقی برای تخمین مقدار نمک های محلول است. ولی چنانچه آب حاوی بی کربنات باشد، حدود نیمی از بی کربنات ها در اثر حرارت از بین رفته مقدار TDS به دست آمده با مقدار واقعی آن متفاوت خواهد بود.

درصد سدیم قابل تبادل (ESP)

کلوئیدهای خاک به واسطه داشتن بار الکتریکی منفی در سطح خود کاتیون هایی از قبیل کلسیم- منیزیم، سدیم را به خود جذب کرده و نگه می دارند. موقعی که کاتیون های جذب شده در خاک طبق

واکنش شیمیایی با ذرات خاک ترکیب شدند می‌تواند جای خود را به کاتیون‌های دیگری که وارد محلول خاک می‌شود داده و به‌وسیله آنها جایگزین شوند. هر نوع خاکی دارای ظرفیت نسبتاً معینی برای جذب و تبادل کاتیون‌ها می‌باشد این ظرفیت را ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC = Cation Exchange Capacity) می‌نامند. نسبتی از این ظرفیت که توسط سدیم گرفته می‌شود میزان درصد سدیم قابل تبادل می‌نامند.

تبعات استفاده از آب شور

برای این که تولیدات کشاورزی از پایداری برخوردار باشد باید اثرات بالقوه نامطلوب آبیاری با آب شور خصوصاً اگر توسعه کشاورزی با استفاده از آب‌های شور مدنظر باشد، کاملاً شناخته شده باشد. به‌طور کلی اثرات شوری را می‌توان به تفکیک عوامل زیر مورد بررسی قرار داد:

اثرات شوری روی خاک

برخلاف خاک‌های شور (شکل ۳)، خاک‌های سدیمی ممکن است از نفوذپذیری فوق‌العاده پایین و قابلیت نامطلوبی برای عملیات شخم برخوردار باشند. به‌طور کلی سرعت نفوذپذیری و هدایت هیدرولیکی خاک با افزایش SAR و کاهش EC آب آبیاری کاهش می‌یابند. پس از

تبخیر آب EC، SAR آب خاک و ESP خاک افزایش می‌یابند در چنین شرایطی آبیاری با آب شیرین یا بارندگی به سرعت EC را کاهش می‌دهد، ولی ESP کاهش نمی‌یابد، در نتیجه علیرغم استفاده از آب شیرین باعث کاهش نفوذپذیری خاک می‌شود.



شکل ۳- اثر شوری روی خاک

جدول ۱، احتمال به وجود آمدن مشکل نفوذ آب به خاک را در شرایط متفاوت شوری و قلیائیت آب آبیاری را نشان می‌دهد. به طور مثال اگر SAR_{iw} برابر ۳-۰ باشد، احتمال به وجود آمدن مشکل نفوذپذیری خاک در صورتی که EC_{iw} بیشتر از ۰/۶ دسی‌زیمنس بر متر باشد وجود ندارد. یعنی شوری آب آبیاری اثر منفی قلیائیت آب آبیاری را تعدیل می‌کند.

جدول ۱- اثرات ترکیبی SAR_{iw} و EC_{iw} آب آبیاری برای مشکل نفوذپذیری خاک

احتمال مشکل نفوذپذیری خاک وجود ندارد اگر:

SAR_{iw}	$EC_{iw} >$ (دسی‌زیمنس بر متر)	$>EC_{iw}$ (دسی‌زیمنس بر متر)
۰-۳	۰/۶	۰/۳
۳-۶	۱	۰/۴
۶-۱۲	۲	۰/۵
۱۲-۲۰	۳	۱
۲۰-۴۰	۵	۲

اثرات شوری روی گیاه

به‌طور کلی شوری سه تأثیر عمومی و خاص روی گیاهان دارد که در نتیجه آن مستقیماً روی رشد گیاه و عملکرد آن اثر می‌گذارند. اثرات عبارتند از: اثر اسمزی، اثر اختصاصی یون‌ها، و اثر عدم تعادل تغذیه‌ای (شکل ۴).

اثر اسمزی

افزایش غلظت یون‌ها باعث بالا رفتن فشار اسمزی محلول خاک می‌شود، در چنین شرایطی ریشه‌های گیاه به‌سختی قادرند آب مورد نیاز خود را از محلول خاک جذب نمایند. در شرایطی که پتانسیل اسمزی خاک کاهش می‌یابد بدون این‌که پتانسیل اسمزی آب داخل

ریشه کم شود باعث کاهش جذب آب توسط ریشه‌ها می‌شود که در نهایت منجر به کاهش رشد گیاه می‌شود.



شکل ۴- اثر شوری روی گندم

اثر اختصاصی یونها

اثرات دیگر یونها بر رشد گیاه، اثرات سمی برخی از یونهاست. مثلاً جمع شدن کلرید سدیم در برگ باعث بی‌نظمی در باز و بسته شدن روزنه‌ها می‌شود. مهم‌ترین یون‌هایی که اثرات سمی آنها موجب کاهش رشد و عملکرد می‌شوند سدیم، کلر و بر می‌باشند. وقفه در رشد گیاه معمولاً در یک مقدار شوری آستانه آغاز می‌گردد که با عواملی مانند:

مقاومت گیاه و عوامل خارجی محیطی، خصوصاً عوامل مؤثر بر نیاز آبی گیاه، توانایی ریشه در تأمین آب و اثر عدم تعادل تغذیه‌ای تغییر می‌کند.

اثر عدم تعادل تغذیه‌ای

شدت و ضعف اثر شوری بر عدم تعادل تغذیه‌ای به نوع گیاه و حتی گونه‌های گیاهی بستگی دارد. دامنه بهینه هر عنصر غذایی در محلول خاک به عوامل مختلفی از جمله غلظت و ترکیب شیمیایی املاح بستگی دارد. زیرا شوری خاک فعالیت یونی عناصر غذایی در محلول خاک را تحت تأثیر خود قرار داده و در نتیجه توازن موجود میان نسبت آنها به هم می‌خورد. به‌طور کلی خاک، تعادل تغذیه‌ای گیاه را از راه‌های زیر به هم می‌زند.

- مختل کردن قابلیت دسترسی عناصر غذایی از خاک؛
- مختل کردن جذب و یا توزیع عناصر غذایی در درون خاک؛
- افزایش نیاز گیاه به یک یا چند عنصر غذایی بر اثر غیر فعال شدن برخی فرایندهای فیزیولوژیک.

اثرات شوری در محیط زیست

کاربرد آب شور حداقل چهار خطر زیست محیطی دارد: افت حاصلخیزی خاک به دلیل شوری و ماندابی شدن، آلودگی منابع آب

توسط نمک‌ها و سموم بر اثر زهکشی، تخریب اکوسیستم‌های مربوط، و تهدید سلامت عموم به دلیل آلودگی آب و ماندابی شدن. فعالیت‌های انسان از جمله توزیع مجدد آب (و در نتیجه نمک) در طی آبیاری که منجر به افزایش مناطق تحت تأثیر نمک می‌شود. بخش عمده‌ای از مشکلات مربوط به تخریب خاک (شوری و ماندابی شدن) در کشاورزی فاریاب در نتیجه جابه‌جایی و تجمع آب و نمک بیش از اندازه در محل و در ارتباط با شرایط هیدرولوژیکی و بازگشت زه‌آب‌های شور به منابع آب شیرین می‌باشد وجود عناصر سنگین و کم مصرف نظیر آرسینیک، مولیبدن، سیلینیوم و... در زه آب‌های کشاورزی ممکن است مشکلاتی از نظر آلودگی پدید آورند که می‌تواند تداوم آبیاری را تهدید کند. بنابراین کاهش آبشویی هم به دلیل تخلیه کمتر نمک و هم به دلیل جذب کمتر نمک‌های اضافی ناشی از هوادهی و انحلال مواد معدنی امری بسیار مفید در سالم‌سازی محیط است.

واکنش گندم به شوری

گندم یکی از اساسی‌ترین گیاهان برای تأمین کالری و پروتئین می‌باشد. تولید جهانی آن ۵۸۲/۷ میلیون تن و سطح زیر کشت آن ۲۱۳/۸ میلیون هکتار است. گندم به سه صورت، دیم، آبی و آبیاری تکمیلی کشت می‌شود. مناطقی که گندم به صورت دیم کشت می‌شود عبارتند از: اقلیم‌های معتدل، مناطق نیمه گرمسیری با باران زمستانه،

مناطق گرم نزدیک استوا، مناطق بلند با ارتفاع بیشتر از ۱۵۰۰ متر از سطح دریا و در مناطق گرم دور از استوا که در فصل زمستان باران طولانی مدت دارند. در مناطق نیمه گرمسیری که دارای باران زمستانه هستند، به دلیل مصادف شدن اوایل رشد گندم با باران‌های زمستانه، معمولاً در مرحله رشد اولیه آبیاری صورت نمی‌گیرد به‌طوری‌که در این مناطق آبیاری به‌صورت آبیاری تکمیلی در دوران رشد زایشی صورت می‌پذیرد. دوره رشد گندم بهاره از ۱۰۰ تا ۱۳۰ روز، درحالی‌که گندم زمستانه به ۱۸۰ تا ۲۵۰ روز برای رشد نیاز دارد. مناسب‌ترین درجه حرارت مورد نیاز برای رشد در حدود ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد است. این گیاه در انواع خاک‌ها قابل کشت است اما بافت‌های متوسط ترجیح داده می‌شود. کشت آن در خاک‌های توربی (Peaty Soils) که دارای سدیم، منیزیم و آهن بالا باشد، توصیه نمی‌شود. مناسب‌ترین pH برای رشد گندم در حدود ۶ تا ۸ می‌باشد. گندم به سطح ایستابی بالا نسبتاً مقاوم است، این عمق برای خاک‌های لوم شنی تا لوم سیلتی از ۶۰ تا ۸۰ سانتی‌متر و برای خاک‌های رسی ۸۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر قابل تحمل است. در صورتی‌که سطح سفره آب زیرزمینی در مدت کوتاهی تا عمق ۲۵ سانتی‌متری برسد گیاه گندم می‌تواند بدون خسارت این نوسان را تحمل کند. با بالا آمدن سطح سفره آب زیرزمینی به ۵۰ سانتی‌متری از

سطح خاک در مدت طولانی، عملکرد گندم ۲۰ تا ۴۰ درصد کاهش می‌یابد.

تجربیات کاربرد آب شور برای گندم در کشور

در کشور ایران به دلیل نبود اطلاعات کافی در خصوص تابع شوری گیاهان رابطه ماس و هافمن و جداول مرتبط برای برنامه‌ریزی آب آبیاری به کار می‌رود. مستندات متعددی در دنیا و در کشور وجود دارد که نشان‌دهنده استفاده از آب‌های با شوری بالاتر از پیشنهادهای اشاره شده توسط ماس و هافمن (۱۹۷۷)، ضمن دریافت عملکرد مناسب است. شکل ۵ و جدول ۲ نمونه‌هایی از کاربرد آب شور برای تولید گندم در بعضی از استان‌های کشور را نشان می‌دهند.



شکل ۵- نمونه‌ای از کاربرد آب شور زهکش برای آبیاری مزارع گندم
(EC=17dS/m)

استفاده از آب شور برای آبیاری گندم

جدول ۲- نمونه‌هایی از کاربرد آب شور برای تولید گندم در چند استان کشور

استان	نوع شوری	میزان شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	عملکرد (کیلوگرم بر هکتار)	منبع
گلستان	آب آبیاری	۱۷/۵	۳۳۲۶	کیانی (۱۳۸۵)
	آب آبیاری	۱۳/۶	۳۲۱۵	کیانی و همکاران (۱۳۸۳)
	عصاره اشباع خاک	۱۳	۲۵۱۷	کیانی (۱۳۸۵)
	عصاره اشباع خاک	۱۲/۵	۳۸۷۹	کیانی (۱۳۸۵)
	عصاره اشباع خاک	۱۰	۳۸۸۶	کیانی (۱۳۸۵)
فارس	آب آبیاری	۱۱/۵	۳۵۰۰	چراغی و کریمی (۱۳۸۵)
	آب آبیاری	۱۰/۴	۶۵۰۰	چراغی و کریمی (۱۳۸۵)
	آب آبیاری	۱۰/۲	۵۶۰۰	چراغی و کریمی (۱۳۸۵)
اصفهان	آب آبیاری	۸/۲	۲۸۱۰	فیضی و حقیقی (۱۳۸۰)
	آب آبیاری	۱۲	۲۶۳۰	افیونی و همکاران (۱۳۸۰)
	آب آبیاری	۱۲	۳۴۹۰	مرجویی و همکاران (۱۳۸۴)

عوامل مؤثر در استفاده موفقیت‌آمیز از آب شور

دلایل متعددی وجود دارد که نشان می‌دهد آب‌های شور (مشابه آب‌های شور درج شده در جدول ۲) نتوانستند زمین‌های زراعی را از حیض ارتفاع خارج کنند از آن جمله می‌توان به مقدار زیاد کلسیم در آب آبیاری، اقلیم خصوصاً درجه حرارت و بارندگی و توزیع آن، واکنش متفاوت گیاهان به شوری، روش آبیاری، نوع خاک، و نوع اصلاح موجود در آب آبیاری یا خاک اشاره نمود. *اقلیم* نقش مؤثری در تعیین طبقه‌بندی کیفی آب دارد. ممکن است در منطقه‌ای که دارای رژیم بارندگی مناسبی است نسبت به منطقه‌ای که مقدار بارندگی آن کم

است گیاه توانایی تحمل شوری بالاتری را دارد. به عبارت دیگر ممکن است یک نوع آب با درجه مشخص از شوری در یک منطقه با بارندگی مناسب غیر شور و در منطقه دیگر با بارندگی نامناسب شور طبقه‌بندی می‌شود. **روش آبیاری و مدیریت آبیاری** و زهکشی نیز نقش مؤثری در طبقه‌بندی کیفی آب دارد. مثلاً در روش کرتی یا نواری شستشو املاح به خارج از محیط ریشه بهتر از روش شیاری که موجب تجمع نمک در پشته‌ها می‌باشد عمل می‌کند یا در روش آبیاری بارانی به دلیل جذب املاح از طریق برگ‌ها حساسیت بیشتری نسبت به روش آبیاری سطحی در هنگام کاربرد آب شور از خود نشان می‌دهد.

نوع خاک نیز یک شاخص مهم در طبقه‌بندی کیفی آب‌ها محسوب می‌شود. استفاده از آب شور در خاک‌های سنگین نسبت به خاک سبک به دلیل عدم زهکشی و تهویه مناسب پایداری کشاورزی را به مخاطره می‌اندازد و با مصرف طولانی مدت آب شور در این خاک‌ها که دارای SAR بالا می‌باشند ضررهای جبران‌ناپذیری به گیاه و ساختمان خاک وارد می‌سازد. در نتیجه در خاک‌های سنگین باید معیار طبقه‌بندی کیفی آب محافظه کارانه‌تر از خاک‌های سبک انتخاب شود.

نوع یون نیز یکی از شاخص‌های مهم کیفی آب قلمداد می‌شود. کاتیون‌های غالب در آب آبیاری به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک شامل، کلسیم، سدیم، و پتاسیم می‌تواند به مصرف گیاه برسد ولی یون سدیم قابلیت صدمه‌زدن به خاک و گیاه را دارد از آنیون‌ها نیز سولفات و نیترات به مصرف گیاه می‌رسند ولی کلر ممکن است برای گیاه ایجاد سمیت کند. بنابراین به استناد بررسی‌های انجام شده در این بخش به شیوه‌های مختلف استفاده از آب شور برای تولید پایدار گندم پرداخته می‌شود.

راه کارهای عملی استفاده از منابع آب شور

با وجود آثار و تبعات منفی کاربرد آب شور روی خاک و گیاه که در مباحث قبلی تشریح شده است. این سوال مطرح می‌شود که آیا می‌توان از آب‌های شور که حجم عظیمی از آب‌های موجود جهان را تشکیل می‌دهند و بر اساس معیارهای بین‌المللی به عنوان آب‌های نامناسب برای آبیاری تشخیص داده شده‌اند در تولید کشاورزی استفاده مفید برد؟ اگر جواب مثبت است بهترین شیوه استفاده از این آب‌ها به‌طوری‌که تبعات منفی آن را به حداقل برساند چیست؟

حدود شوری آب مورد استفاده برای آبیاری گندم

از آنجا که گندم در مراحل رشد نسبت به شوری واکنش‌های متفاوتی نشان می‌دهد، به این صورت که در ابتدای رشد نسبت به شوری حساس‌تر و با افزایش دوره رشد نسبت به شوری مقاوم‌تر می‌شود در نتیجه، برای حصول به تولید پایدار بهتر است در اوایل رشد از آب غیرشور استفاده شود و به تدریج با دوره رشد گندم می‌توان شوری آب را نیز افزایش داد. در کشور ایران عمده مناطقی که در آنها گندم به صورت تکمیلی آبیاری می‌شود باران (آب غیرشور) بخشی از آب موردنیاز گندم را تأمین می‌کند، به این صورت که مراحل اولیه رشد مطابق است با بارندگی‌های پاییزه و زمستانه و معمولاً آبیاری انجام نمی‌گیرد و در اواخر اسفند، فروردین و اردیبهشت آبیاری انجام می‌گیرد. در این شرایط گیاه به شوری مقاوم‌تر است، بنابراین کاربرد آب شور برای حصول به تولید مناسب وجود دارد. به استناد تجربیات به دست آمد، جدول ۳ راهنمایی مناسب برای کاربرد آب شور در اقلیم‌های مختلف و مراحل رشد گندم ارائه می‌دهد.

استفاده از آب شور برای آبیاری گندم

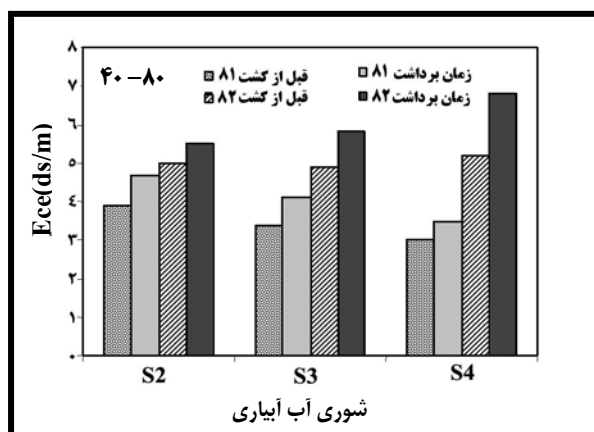
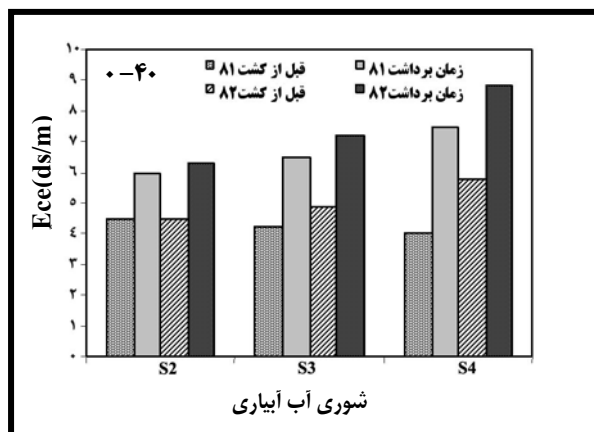
جدول ۳- حد شوری آب (دسی زیمنس بر متر) برای آبیاری گندم در مراحل مختلف رشد و اقلیم‌های مختلف

بافت خاک	مرحله رشد	میزان بارندگی سالانه (میلی‌متر)		
		>۵۰۰	۳۰۰-۵۰۰	۱۰۰-۳۰۰
سبک	جوانه‌زنی	۳	۳	۳
	خوشه‌دهی	۱۲	۱۰	۸
	گلدهی	۱۵	۱۳	۱۱
متوسط	جوانه‌زنی	۳	۳	۳
	خوشه‌دهی	۱۱	۹	۷
	گلدهی	۱۴	۱۲	۱۰
سنگین	جوانه‌زنی	۳	۳	۳
	خوشه‌دهی	۱۰	۸	۶
	گلدهی	۱۱	۱۰	۸

آیا استفاده طولانی مدت از آب شور مشکل‌ساز نخواهد بود؟

مطالعات نشان داده است که استفاده از آب با شوری‌های ارائه شده در جدول ۳ در عملکرد گندم اثرات قابل توجه‌ای ندارد (چند نمونه کاربرد آب شور در جدول ۲ ارائه شده است) به عبارت دیگر امکان استفاده از این نوع آب‌ها در برنامه‌ریزی آبیاری گندم به‌سادگی وجود دارد. اما به‌طور طبیعی آبیاری با آب شور در طولانی مدت مشکلاتی برای خاک به‌وجود خواهد آورد. نکته قابل توجه و بسیار مهم برای حفظ پایداری تولید این است که استفاده از آب شور بر اساس این

جدول برای سه سال مداوم یا حداکثر چهار سال مداوم پیشنهاد می‌شود پس از این مدت قبل از کشت گندم تا عمق ۶۰ سانتی‌متری خاک با آب غیر شور آبشویی انجام پذیرد. در نتیجه در برنامه‌ریزی طولانی مدت احداث سیستم زهکشی به‌منظور خروج املاح از نیمرخ خاک ضروری است. به‌طور کلی بررسی دو ساله توسط کیانی و همکاران (۱۳۸۵) در شرایط استان گلستان نشان داد که توزیع شوری در نیمرخ خاک در زمان برداشت گندم به‌دلیل کاهش نزولات، تبخیر زیاد و افزایش سطح آب زیرزمینی در مناطقی که مشکل زهکشی دارند نسبت به ابتدای سال خصوصاً در لایه سطحی خاک افزایش داشت (شکل ۷). به‌طوری‌که در تیمار شور در سال اول، متوسط شوری تا عمق ۴۰ سانتی‌متری از ۴ dS/m در زمان کاشت به ۷/۵ dS/m در زمان برداشت و در سال دوم از ۵/۸ dS/m در زمان کاشت به ۸/۸ dS/m در زمان برداشت رسید. اما باران‌های مهر، آبان و آذر (متوسط ۱۴۰ میلی‌متر) با شستشوی املاح شرایط را برای جوانه‌زنی و رشد اولیه گندم مساعد می‌کند. سه ماهه زمستان در منطقه به‌دلیل ریزش‌های مناسب (حدود ۱۱۰ میلی‌متر)، افزایش رطوبت هوا، کاهش تبخیر و کاهش درجه حرارت هوا صعود شوری از لایه‌های پایین‌تر به سطح خاک را محدود می‌سازد. بنابراین ملاحظه می‌شود که شرایط اقلیمی در منطقه کاربرد آب‌های شور (بالاتر از آستانه مورد پذیرش گندم) را میسر می‌نماید.



شکل ۷- توزیع شوری نیمرخ خاک (۴۰-۸۰ و ۰-۴۰ سانتی متری) در اثر آبیاری با آب شور طی دو فصل زراعی گندم (S2، S3 و S4 به ترتیب شوری آب آبیاری برابر با ۸/۵، ۱۱/۵ و ۱۴/۵ دسی زیمنس بر متر)

راهنمای عملی برای ایجاد شوری‌های دلخواه برای آبیاری گندم و مزیت اقتصادی آن

در نقاط مختلف کشور منابع آب زهکش یا بعضی از رودخانه‌ها شور بوده و به‌تنهایی غیرقابل استفاده و در مجاورت آنها منابع آب شیرین (آب رودخانه‌ها، چاه‌ها یا سدها) وجود دارد. با توجه به جدول ۲ می‌توان آب‌های با کیفیت مختلف را با هم برای رسیدن به کیفیت مورد نظر مخلوط کرده و در این شرایط می‌توان از آب صرفه‌جویی شده برای زمین‌های دیگر استفاده نمود و تولید کل را افزایش داد. به‌عنوان مثال در شمال استان گلستان زهکش‌های منطقه دارای شوری‌های بالا ۴۰-۱۰ دسی‌زیمنس بر متر و آب چاه‌ها و رودخانه‌ها دارای کیفیت مناسب هستند. در نتیجه از رابطه ساده زیر می‌توان به‌صورت میانگین وزنی شوری‌های دلخواه را به‌دست آورد:

$$EC_i = EC_f \times P_f + EC_d \times P_d \quad (2)$$

که در آن،

EC_i ، EC_f و EC_d به‌ترتیب شوری آب آبیاری مخلوط شده، شوری آب چاه یا کانال و شوری آب زهکش همه بر حسب دسی‌زیمنس بر متر و P_f کسری از آب غیر شور P_d کسری از آب زهکش و برابر با $(1-P_f)$.

مثال کاربردی

در مزرعه‌ای به دلیل کمبود آب غیر شور، کشاورز قصد دارد از آب شور زهکش منطقه با شوری ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر برای برنامه‌ریزی آبیاری گندم به منظور ذخیره آب غیر شور و افزایش سطح اراضی فاریاب و تولید کل استفاده نماید. شوری آب کانال حدود ۱ دسی‌زیمنس بر متر است. عملکرد او در سال‌های قبل با آب کانال حدود ۴۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار بود او بر اساس یافته‌های محققان است که آب آبیاری تا شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر بر عملکرد بدون تأثیر و شوری ۸/۵، ۱۰/۵ و ۱۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد نسبت به پتانسیل کاهش عملکرد دارد. با توجه به رابطه ۲ جدول زیر را تنظیم نموده و به سادگی درصدهای مختلف اختلاط ناشی از دو منبع آب، آب ذخیره شده کانل، مساحت قابل افزایش و همچنین عملکرد هر یک را به تفکیک محاسبه نموده است.

بنابراین ملاحظه می‌شود گزینه‌های مختلف برای انتخاب کشاورز وجود دارد تا بتواند با استفاده از آب شور تولید کل و درآمد حاصل از آن را افزایش دهد.

جدول ۴- مزیت‌های نسبت‌های مختلف اختلاط آب کانال (غیر شور) و آب زهکش
(۲۰ دسی‌زیمنس بر متر)

درصد استفاده از آب		شوری آب مخلوط	درصد ذخیره	درصد افزایش	ضریب افزایش	عملکرد (کیلوگرم)	
کانل	زهکش	(دسی‌زیمنس بر متر)	شده آب کانال	زمین تحت آبیاری	عملکرد	یک هکتار	مساحت جدید
۱۰۰	۰	۱	۰	۰	۰	۴۰۰۰	۴۰۰۰
۸۰	۲۰	۴/۸	۲۰	۵	۱/۰۵	۴۰۰۰	۴۲۰۰
۷۰	۳۰	۶/۷	۳۰	۱۳	۱/۱۳	۴۰۰۰	۴۵۲۰
۶۰	۴۰	۸/۶	۴۰	۶۷	۱/۶۷	۳۸۰۰	۶۳۴۶
۵۰	۵۰	۱۰/۵	۵۰	۱۰۰	۲	۳۶۰۰	۷۲۰۰
۴۰	۶۰	۱۲/۴	۶۰	۱۵۰	۲/۵	۳۴۰۰	۸۵۰۰

کاربرد آب شور در مناطقی که امکان اختلاط آب وجود ندارد

در مناطقی که منابع آب شور برای آبیاری گندم در حدود ۸ تا ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر باشد، امکان کاربرد آب شور به‌صورت مستقیم وجود دارد. یکی از روش‌های مؤثر برای کاربرد پایدار آب شور استفاده از آب شور و غیر شور به صورت متناوب است و در دنیا نیز تجربه شده است. روش کار به این صورت است در اوایل رشد که گندم به شوری حساس هست از آب غیر شور و سپس یک در میان آب شور و غیر شور به‌کار می‌رود. خاصیت خوب این روش شستشوی متناوب خاک در اثر آبیاری با آب غیرشور بوده که در جهت حفظ پایداری کشاورزی زمانی که آب شور به‌کار رود کمک قابل توجه‌ای می‌کند. با تفکیک آب‌های

شور و شیرین معمولاً می‌توان محصول بیشتری از کل منبع آب به‌دست آورد. در مورد جدا نگه‌داشتن آب‌های شور زهکشی از منابع آب با کیفیت خوب به‌خصوص هنگامی که آب‌های اخیر باید برای آبیاری محصولات حساس به شوری به کار روند باید توجه جدی مبذول نمود. اختلاط این آب‌ها برای گیاهان حساس قابل استفاده نخواهد بود ولی از آب‌های شور زهکشی با جایگزین شدن به جای آب با کیفیت خوب برای آبیاری محصول واقع در تناوب در مرحله رشد پس از جوانه‌زدن می‌توان استفاده مؤثرتری به عمل آورد. استفاده مجدد از آب زهکشی برای گیاهان مقاوم به شوری، حجم نهایی آب زهکشی قابل دفع و همچنین آلودگی محیطی همراه با تخلیه جریان‌های برگشتی آبیاری را کاهش می‌دهد. در عمده مناطق کشور، این نوع مدیریت به‌صورت طبیعی برای گندم به‌وسیله باران در مراحل اولیه رشد انجام می‌گیرد.

مزایای راهبرد تناوبی به شرح زیر می‌باشد:

- شوری خاک در طول زمان آبیاری به‌خصوص در خاک سطحی و در دوره جوانه‌زدن گیاه پایین نگه داشته می‌شود.
- گیاهان حساس به شوری نیز می‌توانند در این مجموعه تولید شوند.
- نیازی به سطح ایستابی کم عمق نیست.
- سیستم‌های آبیاری و زهکشی متداول قابل استفاده هستند.

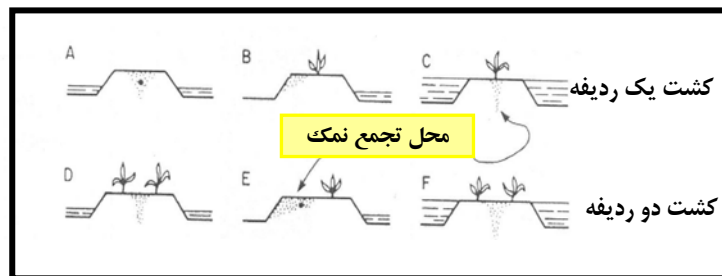
زه آب ثانوی که به تدریج غلیظ می شود نباید نظیر وقتی که آب زهکشی از طریق کم آبیاری یا راهبردهای زهکشی کنترل شده از آب زیرزمینی استخراج می شود، در سطح ایستابی کم عمق زیر مزرعه باقی بماند.

چند روش ساده دیگر برای کاهش خسارت ناشی از کاربرد آب شور کشت گیاهان با مقاومت های مختلف در تناوب هم

در این روش گیاهان بر اساس مقاومت آنها به شوری در تناوب همدیگر کاشته می شوند. گیاهان حساس به شوری (ذرت، سویا) با آب لب شور (۴ دسی زیمنس بر متر) و گندم که نسبتاً به شوری مقاوم است، در مرحله گیاهچه ای از آب غیر شور و در مراحل بعدی رشد با استفاده از آب های شور (۱۰ تا ۱۲ دسی زیمنس بر متر در اواخر اسفند و اوایل فروردین و ۱۴ دسی زیمنس بر متر در اواخر فروردین و اوایل اردیبهشت) آبیاری شوند. در این روش ضمن استفاده از آب های شور در برنامه آبیاری و افزایش تولید، اثرات تجمعی شوری در نیمرخ خاک نیز تعدیل می شود. در جایی که شوری به وسیله آبشویی قابل کنترل نیست، می باید گیاهانی انتخاب شوند که قادر باشند تحت شرایط شوری تولید رضایت بخشی داشته باشند. در انتخاب این گیاهان در خاک های شور، می باید به میزان تحمل این گیاهان به نمک در ابتدای رشد توجه خاصی شود. زیرا غالباً کاهش محصولات در اثر شوری خاک در نتیجه عدم مقاومت رضایت بخش گیاه است.

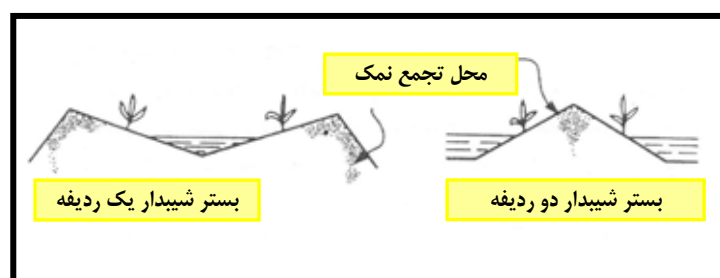
مدیریت بستر کاشت برای مینیمم کردن تجمع موضعی نمک

برای گیاهان ردیفی آبیاری نشتی بهتر از روش‌های دیگر آبیاری سطحی است. در این روش به دلیل توزیع جریان آب در دو جهت عمودی و افقی، و عدم تماس مستقیم آب با پشته‌ها، نمک به سمت راس پشته‌ها حرکت می‌کند و بسته به شکل شیار مقادیر متفاوت نمک در روی پشته‌ها تجمع حاصل می‌کنند. برای تعدیل این شرایط لازم است در پشته‌های یک ردیفه و دو ردیفه بذر در کناره‌های پشته کاشته شوند تا از محل تجمع نمک دورتر گردند (شکل‌های A-۸ و D-۸). آبیاری یک در میان شیارها و کاشت بذر در مجاورت شیار آبیاری شده نیز در تعدیل اثر خسارت بار ناشی از شوری خواهد کاست (شکل‌های B-۸ و E-۸). افزایش مقدار عمق آب آبیاری در داخل شیار کمک قابل توجه‌ای در سبز شدن بذر خواهد کرد (شکل‌های C-۸ و F-۸). تغییر روش آبیاری شیار به کرتی و نواری به ازای هر چهار سال یک بار خصوصاً در خاک‌های با نفوذپذیری مناسب کمک قابل توجه‌ای در جهت کنترل شوری خاک خواهد بود.



شکل ۸- محل مناسب کشت برای پشته‌های یک ردیفه و دو ردیفه

بسترهای شیب‌دار خاک مناسب‌ترین مکان برای آبیاری با آب شور می باشد، زیرا گیاه را می‌توان در پایین دست شیب و بالاتر از سطح آب زیر منطقه تمرکز نمک کشت نمود (شکل ۹). نمک به‌جای تمرکز در محدوده گیاه از آن دور می‌شود. کشت در داخل جوی و حوضچه‌ای از نقطه نظر کنترل شوری مناسب می‌باشند اما می‌تواند در بیرون آمدن بسیاری از گیاهان ردیفی جوان به‌خاطر سخت شدن خاک و عدم امکان جریان یافتن هوا نامناسب باشد.



شکل ۹- محل مناسب کاشت و الگوی تجمع نمک در بسترهای تک و دو ردیفه

نتیجه گیری

- گندم گیاهی است که در اوایل رشد نسبت به شوری حساس و در مراحل بعدی مقاوم تر می شود. با توجه به شرایط اقلیمی کشور که عمده نزولات در فصول پاییز و زمستان به وقوع می پیوندد به طوری که اوایل رشد گندم (حساس به شوری) منطبق با این نزولات است، می توان نتیجه گرفت که به صورت طبیعی امکان استفاده از آب های شور در برنامه ریزی آبیاری آن وجود دارد.
- در نقاط مختلف کشور منابع آب زهکش یا بعضی از رودخانه ها شور بوده و به تنهایی غیر قابل استفاده و در مجاورت آنها منابع آب شیرین (آب رودخانه ها، چاه ها یا سدها) وجود دارد. با توجه به جدول ۲ می توان آب های با کیفیت مختلف را با هم برای رسیدن به کیفیت مورد نظر مخلوط کرده و در این شرایط می توان از آب صرفه جویی شده برای زمین های دیگر استفاده نمود و تولید کل را افزایش داد.
- به طور طبیعی کاربرد آب های شور در کوتاه مدت روی تولید گندم اثرات مثبت اقتصادی دارد ولی کاربرد درازمدت آنها امکان تجمع تدریجی املاح در نیم رخ خاک وجود خواهد داشت، در نتیجه برای حفظ پایداری تولید گندم در این زمینه لازم است:

- پس از چهار سال کاربرد آب شور ضروری است در ابتدای فصل کشت بعدی گندم تا عمق ۶۰ سانتی متری نیمرخ خاک با آب غیرشور آبشویی انجام گیرد.
- احداث سیستم زهکشی به منظور خروج املاح شسته شده از نیمرخ خاک توسط آبیاری و باران.

منابع مود استفاده

- ۱- افیونی، د.، مهلوجی، م. و رشمه کریم، ک. ۱۳۸۰. استفاده از آب دارای شوری های مختلف برای آبیاری چند رقم گندم و بررسی عکس العمل ارقام اولین کنفرانس ملی بررسی راه کارهای مقابله با بحران آب، جلد دوم، دانشگاه زابل.
- ۲- چراغی، ع. م. و کریمی، م. ۱۳۸۵. تجارب استفاده از آب شور در تولید محصولات کشاورزی در کشور. کارگاه فنی و آموزشی. آلودگی منابع آب و خاک (چالش ها و راهبردها). دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان.
- ۳- فیضی، م. و حقیقت، ا. ۱۳۸۰. نگرشی بر روش های بهره برداری از آب های نامتعارف در کشاورزی، اولین کنفرانس ملی بررسی راه کارهای مقابله با بحران آب، جلد دوم، دانشگاه زابل، صفحات ۴۹۱-۴۶۹.
- ۴- کیانی، ع. ۱۳۸۵. ارزیابی مدیریت های بهره برداری از منابع آب و خاک شور اراضی تحت کشت گندم مناطق مختلف کشور. گزارش سالیانه، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان.

۵- کیانی ع. و کوچک‌زاده، م. ۱۳۸۰. راه‌کارهای اجرایی و مدیریتی استفاده از آب شور در آبیاری- اولین کنفرانس ملی راه‌کارهای مقابله با بحران آب در کشور. دانشگاه زابل.

۶- مرجوئی، ع.، قنبری، ا. و افیونی، د. ۱۳۸۴. تأثیر سه تیمار شوری آب آبیاری بر عملکرد شش رقم گندم انتخاب شده متحمل به شوری. نهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج.

7- Maas, E. V. and Hoffman, G. J. 1977. Crop Salt Tolerance Current Assessment. ASCE Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 103, 115-134.

یادآوری:

- ❖ در شرایط کمبود آب، آب‌های شور را می‌توان به‌عنوان یک منبع آب آبیاری قلمداد نموده و در برنامه‌ریزی آبیاری و جایگزینی آن با بخشی از آب غیر شور مورد استفاده قرار داد.
- ❖ معیارهای موجود انتخاب آب شور در کشور غیر کاربردی است. بنابراین نیاز است تا شاخص‌های جدیدی برای انواع گیاهان تعریف شوند.
- ❖ خسارت ناشی از کاربرد آب شور در شرایطی که:
 - مرحله جوانه‌زنی را سپری کرده باشد.
 - خاک سبک‌تر باشد.
 - میزان بارندگی از ۳۰۰ میلی‌متر بیشتر باشد، کمتر خواهد بود.
- ❖ با اختلاط آب‌های شور و غیر شور و ایجاد کیفیت مورد نظر می‌توان از آب صرفه‌جویی شده برای زمین‌های دیگر استفاده نمود و تولید کل را افزایش داد.
- ❖ برای حفظ پایداری تولید در اثر کاربرد طولانی مدت آب شور لازم است:
 - پس از چند سال کاربرد آب شور در ابتدای فصل کشت بعدی، خصوصاً لایه سطحی خاک با آب غیر شور آبشویی انجام گیرد.
 - سیستم زهکشی به‌منظور خروج املاح شسته شده از نیم‌رخ خاک توسط آبیاری و باران احداث گردد.
- ❖ اثر شوری روی گیاه در روش آبیاری بارانی مخرب‌تر از روش‌های دیگر آبیاری است. بنابراین تمهیدات خاصی همانند آبیاری شبانه، شستشوی برگ‌ها با آب غیر شور پس از اتمام آبیاری باید در نظر گرفته شود.