

اثر آبیاری قطره‌ای (نوارهای تیپ) با آب شور بر برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک

مرتضی خوش‌سیمای چنار و حمیده نوری^{۱*}

دانشجوی دکتری، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.

Khoshsima.mortaza@ut.ac.ir

دانشیار، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.

hnoory@ut.ac.ir

چکیده

به منظور بررسی تأثیر شوری آب آبیاری بر برخی ویژگی‌های شیمیایی و توزیع نمک در نیمرخ خاک تحت کشت سه رقم ذرت در شرایط استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای (نوارهای تیپ)، پژوهشی در سال ۱۳۹۶ در مزرعه پژوهشی گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران، واقع در کرج به صورت آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل سه هیبرید ذرت، سینگل کراس‌های ۲۶۰، ۴۰۰ و ۷۰۴ (V₁، V₂، V₃) و سه سطح شوری آب آبیاری ۰/۷، ۳ و ۵ dS/m (S₁، S₂ و S₃) بودند. EC_e، pH و کاتیون‌های سدیم، پتاسیم و کلسیم + منیزیم برای تعیین نیمرخ شوری در خاک، در طول دوره رشد گیاه و در لایه‌های ۰-۲۰، ۲۰-۴۰ و ۴۰-۶۰ سانتی‌متری خاک و به فواصل ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متری از خطوط آبیاری اندازه‌گیری شدند. نتایج شوری عصاره اشباع خاک (EC_e) و مقدار سدیم اندازه‌گیری شده در دو لایه ۰-۲۰ و ۲۰-۴۰ سانتی‌متری، نشان داد که شوری و سدیم خاک تحت تأثیر سطوح مختلف شوری آب آبیاری و عمق خاک اختلاف معنی‌داری داشتند. میزان شوری و سدیم خاک رابطه مستقیم با شوری آب آبیاری و طول دوره رشد ارقام ذرت و رابطه عکس با عمق خاک داشت. به طوریکه بالاترین میزان شوری (۱۳/۴ dS/m) و سدیم خاک (۹۵/۶ meq/L) در لایه ۰-۲۰ سانتی‌متری تیمار V₃S₃ و کمترین میزان آن (۲/۴ dS/m و ۵ meq/L) در لایه ۲۰-۴۰ سانتی‌متری تیمار V₂S₁ مشاهده شد. همچنین با توجه به وضعیت ارقام ذرت بدون توجه به تیمار شوری مشاهده شد که بین سه هیبرید اختلاف معنی‌دار وجود نداشت و پتانسیل جذب نمک در هر سه رقم یکسان بود. در آبیاری‌های با آب شور (دو سطح شوری آب آبیاری ۳ و ۵ dS/m)، جبهه رطوبتی کمتر به سمت خارج از خط آبیاری حرکت کرده و اغلب تجمع نمک در فاصله ۱۰ سانتی‌متری از خط آبیاری و سطح خاک به دلیل مصرف گیاه و تبخیر-تعرق مشاهده شد. بر اساس نتایج بدست آمده از این پژوهش، در شرایط استفاده از آب شور برای آبیاری محصولات کشاورزی با استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای، در آخر فصل رشد یا زمستان نیاز به یک آبخوبی است تا نمک‌های جمع‌شده در لایه سطحی خاک را از ریشه گاه خارج ساخت.

واژه‌های کلیدی: آبخوبی، توزیع نمک در خاک، رابطه آب و خاک و گیاه، شوری آب آبیاری

^۱ - آدرس نویسنده مسئول: کرج، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.

* - دریافت: بهمن ۱۳۹۷ و پذیرش: مهر ۱۳۹۸

مقدمه

نفوذ آب در خاک و هدایت هیدرولیکی و همچنین باعث کمبود تعدادی از عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان از قبیل پتاسیم، مس، آهن، منگنز و روی می‌شود، شناخته شده است (روآدس و لاودی، ۱۹۹۰؛ مرتضی و همکاران، ۲۰۰۶).

تنش شوری یکی از عوامل عمده محیطی و محدود کننده رشد گیاهان است که میزان عملکرد محصولات زراعی و باغی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (بایبوری، ۲۰۱۰؛ شیرواستاوا و کومار، ۲۰۱۵). از مهمترین آثار شوری می‌توان به کاهش آب قابل استفاده گیاه، ایجاد مسمومیت توسط برخی یون‌های سمی، فعالیت کم عناصر غذایی ضروری، ناهنجاری‌های تغذیه‌ای، کاهش رشد و کیفیت محصول اشاره نمود (گراتان و گریو، ۱۹۹۲). به طور کلی وجود نمک زیاد در خاک یا آب آبیاری، گیاه را با تنش شوری مواجه می‌سازد که صرف‌نظر از مکانیسم شور شدن خاک، به دلیل تجمع بیش از حد کاتیون‌ها و آنیون‌ها در محلول خاک، بروز می‌کند. این کاتیون و آنیون‌ها در درجه اول شامل سدیم و کلر و سپس بی‌کربنات‌ها، سولفات‌ها، کلسیم، منیزیم، بر و به ندرت نیترات‌ها می‌باشند (آبل و مسکنزی، ۱۹۶۴؛ لاپیلی و اپستین، ۱۹۹۰؛ عباس‌زاده و رضایی‌سوخت‌آبندانی، ۱۳۹۱).

تجمع نمک در نیمرخ خاک از مشکلات عمده مربوط به آبیاری در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد که حتی در حالت استفاده از آب با کیفیت خوب، مقداری نمک به خاک منتقل شده و باعث افزایش تدریجی غلظت نمک در خاک می‌گردد (بارت و همکاران، ۲۰۰۳). روش‌های آبیاری و مدیریت مناسب آن‌ها نقش مهمی را در ساختار مناسب خاک از لحاظ نمک‌های موجود در خاک، ارتقاء بهره‌وری اراضی کشاورزی و نقش آن در رشد گیاه و ماهیت تنش شوری در ساختار خاک دارند (مورای و گرنت، ۲۰۰۷). در این میان سیستم آبیاری قطره‌ای در مقایسه با سایر روش‌های آبیاری غرقابی و بارانی علاوه بر بهره‌وری بیشتر آب (علی و تالوکدر، ۲۰۰۸) نسبت به آبیاری غرقابی، مزیت‌های دیگری را نیز در شرایط شور دارد. در شرایط استفاده از آب شور، آبیاری قطره‌ای از دو

یکی از چالش‌های اصلی که کشور در حال حاضر با آن روبروست مشکل کم‌آبی است. بخش کشاورزی با بیشترین حجم مصرف آب نسبت به دیگر بخش‌های مصرف کشور، بیشترین حجم تلفات را به خود اختصاص داده است. تلفات آب در این بخش عمدتاً به دلیل عدم مدیریت صحیح آبیاری و مدیریت آب در مزرعه و همچنین عدم استفاده از روش‌های مناسب آبیاری است (تورال و همکاران، ۲۰۱۰). با توجه به تقاضای روزافزون آب لزوم استفاده از آب‌های نامتعارف به‌عنوان بخشی از منابع آب آبیاری بیش از پیش احساس می‌شود. در این خصوص استفاده از منابع آب‌های شور نه تنها به‌عنوان یک انتخاب، بلکه به‌عنوان یک الزام پیش روی کشاورزان قرار گرفته است. در مطالعات مختلفی نشان داده شده است که از آب شور می‌توان به طور موفقیت‌آمیزی در آبیاری گیاهان استفاده کرد (مصطفی‌زاده فرد و همکاران، ۲۰۰۹؛ نیو و همکاران، ۲۰۱۰؛ وان و همکاران، ۲۰۱۰؛ جیانگ و همکاران، ۲۰۱۲؛ مالاش و همکاران، ۲۰۱۲؛ سینگ و پاندا، ۲۰۱۲ و فنگ و همکاران، ۲۰۱۷). البته تأثیرات منفی استفاده از آب شور مانند تجمع نمک در لایه سطحی خاک که به صورت خطی به مقدار و کیفیت آب آبیاری ارتباط دارد؛ نیز گزارش شده است (یازار و همکاران، ۲۰۰۳؛ چایهان و همکاران، ۲۰۰۸؛ چن و همکاران، ۲۰۰۹؛ آل عمران، ۲۰۱۰؛ عامر، ۲۰۱۰؛ هوآنگ و همکاران، ۲۰۱۱؛ وانگ و همکاران، ۲۰۱۵؛ رامشوران و همکاران، ۲۰۱۶؛ دیاز و همکاران، ۲۰۱۸).

ساختار خاک خوب، یکی از عناصر ضروری اکوسیستم‌های زراعتی سالم و پایدار است و باعث رشد ریشه‌های گیاهی و استفاده موثر از آب و مواد مغذی می‌شود. برای یک خاک آلودگی، فرسایش، شوری، قلیائیت و مواد آلی، مسائل مهمی هستند که باید مورد توجه قرار گیرند (ماراندولا و سدرونی، ۲۰۱۳). از این میان شوری و قلیائیت شدن خاک به عنوان یک روند عمده تخریب خاک که منجر به پراکندگی و تورم ذرات رس و در نتیجه کاهش

آبیاری قطره‌ای را مورد بررسی قرار دادند که نتایج پژوهش ایشان نشان داد که آبیاری قطره‌ای شرایط خاک مطلوبی برای رشد ذرت مومی فراهم کرده و ناحیه‌ای با رطوبت زیاد و شوری کم در زمانی که پتانسیل ماتریک خاک بیشتر از ۲۵- کیلوپاسکال بود، به وجود آورده است و پس از سال‌ها کاشت و آیشویی به وسیله آبیاری قطره‌ای، خاک بسیار شور به تدریج به خاک نسبتاً شور تبدیل شد. در پژوهش‌های دیگری نیز به نتایج مشابهی در این زمینه اشاره شده است (ملگار و همکاران، ۲۰۰۹؛ کانگ و همکاران، ۲۰۱۰؛ لی و همکاران، ۲۰۱۵).

ذرت (*Zea mays L*) از جمله گیاهانی است که مورد توجه خاص بوده‌است؛ به ویژه پس از پیدایش ارقام هیبرید و سینگل کراس با عملکرد بیشتر و کیفیت مطلوبتر، بسیاری از موسسه‌های پژوهشی در سراسر دنیا روی این محصول با ارزش سرمایه‌گذاری و فعالیت‌های موثر انجام داده‌اند که به موفقیت‌های چشمگیری نیز دست یافته‌اند. ذرت از نظر تولید سومین غله مهم در جهان محسوب می‌شود (نجفی، ۱۳۹۴). طبق گزارش فائو ۲۰۰۵، ذرت از جمله گیاهان زراعی مهم در ایران به شمار می‌رود که تولید ۲/۸ درصد از غلات را به خود اختصاص داده است (چوگان، ۱۳۹۱). بر اساس استاندارد فائو ۲۹ (آیرز و وسکات، ۱۹۸۵) سطح تحمل ذرت به شوری آب آبیاری و خاک به ترتیب ۱/۲ و ۱/۸ ds/m است. با توجه به نقش مهم میزان شوری در تجمع نمک‌های خاک و اثرات آن بر عملکرد، مطالعه تغییرات شوری خاک و نحوه توزیع آن‌ها در روش‌های مختلف آبیاری و مدیریت‌های آبیاری در شرایط خشک و نیمه‌خشک که با محدودیت آب آبیاری مواجه هستند، اهمیت زیادی دارد.

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر شوری آب آبیاری بر برخی ویژگی‌های شیمیایی و توزیع نمک در نیمرخ خاک تحت کشت سه رقم ذرت و در شرایط استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای (نوارهای تیپ) انجام شده است.

منظر نسبت به دیگر روش‌های آبیاری دارای مزیت است. در درجه اول نسبت به آبیاری بارانی از صدمه زدن به برگ جلوگیری می‌شود که برای گیاهان حساس این موضوع می‌تواند موجب تفاوت بین موفقیت یا شکست کامل در تولید گردد. مزیت دوم آبیاری قطره‌ای الگوی توزیع نمک زیر قطره‌چکان‌ها است که به هنگام استفاده از آب شور علاوه بر تأثیر آن بر عملکرد گیاه، بررسی توزیع نمک در خاک به منظور حفظ پایداری اراضی امری ضروری است. در آبیاری قطره‌ای الگوی توزیع نمک در اطراف قطره‌چکان برعکس الگوی توزیع رطوبت است. الگوی خیس شدگی خاک اطراف قطره‌چکان پس از آبیاری نشان می‌دهد که مقدار رطوبت خاک در نزدیک قطره‌چکان بیشترین و در پیرامون سطح خیس شده حداقل است. در حالی که شوری خاک زیر قطره‌چکان؛ جایی که تراکم ریشه بیشتر است؛ معمولاً کم تا متوسط است و با فاصله گرفتن از قطره‌چکان افزایش می‌یابد و در نزدیکی سطح خاک میزان نمک تحت تأثیر تبخیر بیشتر از عمق است (هانسون، ۲۰۱۲ و دهقانی سانجی و همکاران، ۲۰۰۶).

آبیاری قطره‌ای به دلیل دبی ورودی کم و تناوب زیاد، قادر است پتانسیل ماتریک خاک در منطقه ریشه گیاه را بالا نگه داشته و از کاهش پتانسیل اسمزی خاک در اثر خشک شدن تدریجی خاک در شرایط شور جلوگیری نماید و به همین دلیل نسبت به روش‌های دیگر سودمندی بیشتری در هنگام استفاده از آب شور را دارد (شالوت، ۱۹۹۴ و مانس، ۲۰۰۲). روش آبیاری قطره‌ای پس از اتخاذ راهکارهای مناسب مدیریتی به طور موفقیت‌آمیزی در شرایط خشک و شوری زیاد برای کاشت گیاهان به کار رفته است به طوری که این روش در کالیفرنیا به منظور تعیین نیاز آیشویی درختان پسته انجام شد و به طور قابل توجهی نسبت به روش آبیاری سطحی در مصرف آب صرفه‌جویی شد (بارت و ایسل، ۲۰۰۵). وان و همکاران (۲۰۱۲) در یک مطالعه چهار ساله امکان‌سنجی رویش ذرت مومی را در یک زمین بسیار شور (متوسط EC عصاره اشباع تا عمق ۱۲۰ سانتی‌متر، ۲۸ ds/m) در شمال‌غربی چین به وسیله

مواد و روش

و آبیاری بر اساس تبخیر-تعرق از نهم مرداد ۱۳۹۶ تا دهم مهر ۱۳۹۶ انجام شد. آبیاری مزرعه به صورت قطره‌ای و با استفاده از نوار تیپ با فاصله ۳۰ سانتی‌متر بین قطره‌چکان‌ها و دبی دو لیتر بر ساعت (که در طول فصل رشد چندین بار بررسی شد) صورت گرفت. بدین منظور یک خط لوله اصلی نصب و سپس سه خط لوله فرعی از بالادست کرت‌های آزمایشی عبور داده شد. در ابتدای زمین روی خط لوله اصلی یک شیر کنترل، کنتور آب، فشارسنج و یک ونتوری سه‌چهارم اینچ برای تزریق آب‌شور به داخل لوله اصلی با اتصالات مربوطه قرار گرفت و فشار آب و نیز حجم آب آبیاری در خط لوله اصلی اندازه‌گیری شد. همچنین برای تخلیه آب لوله‌ها در صورت نیاز، در انتهای لوله‌های فرعی یک شیر فلکه انتهایی نصب گردید. نوارهای آبیاری نیز به موازات ردیف‌های کاشت با اتصالات مربوطه به لوله‌های لترال متصل شده و کرت‌ها آبیاری شدند. کلیه تیمارها از مرحله جوانه‌زنی تا چندبرگی شدن (ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری) با آب غیر شور آبیاری شده و سپس تنش شوری اعمال شد. برای تهیه آب شور قبل از اعمال هر تیمار دبی لوله آبیاری و دبی تزریق ونتوری به صورت حجمی اندازه‌گیری شده و سپس مقدار شوری مخزن با استفاده از رابطه (۱) مشخص شد. در طول آبیاری شوری آب با استفاده از EC متر کنترل شد.

$$C^* = \frac{C_1 Q_1 + C_2 Q_2}{Q_1 + Q_2} \quad (1)$$

که در آن:

C^* مقدار شوری مورد نظر برای هر تیمار و C_1 و C_2 به ترتیب مقدار شوری آب آبیاری و شوری مخزن بر حسب ds/m و Q_1 و Q_2 دبی لوله آبیاری و تزریق ونتوری بر حسب لیتر بر ساعت است. برای تهیه آب آبیاری با شوری‌های مختلف، ابتدا نمک‌های خام صنعتی (موسوم به نمک شکر، NaCl) در مخزن تهیه آب‌شور به میزانی که محاسبه شد، حل می‌گردید و به وسیله ونتوری به داخل لوله آبیاری تزریق می‌شد. میزان نمک مورد استفاده برای هر سطح شوری از رابطه (۲) (روآدس و همکاران، ۱۹۹۲)، محاسبه گردید.

این پژوهش در سال ۱۳۹۶ در مزرعه پژوهشی گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران، واقع در کرج (طول ۵۰ درجه و ۴۹ دقیقه شرقی و عرض ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی) با ۱۲۹۲/۹ متر ارتفاع از سطح دریا اجرا شد. مطالعه به صورت آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح بلوک-های کامل تصادفی با دو عامل و سه بلوک (تکرار) و در مجموع با نه تیمار و ۲۷ کرت آزمایشی انجام شد. عامل‌های آزمایشی شامل سه رقم ذرت، سینگل کراس‌های ۲۶۰، ۴۰۰ و V_1, V_2, V_3 و سه سطح شوری آب آبیاری با توجه به حد آستانه‌ای ذرت، ۰/۷ (غیرشور و شاهد؛ S_1)، ۳ (شوری متوسط؛ S_2) و ۵ (شوری زیاد؛ S_3) بود. مساحت هر کرت ۱۲ متر مربع (4×3) که شامل چهار ردیف کاشت گیاه ذرت با فاصله ۷۵ سانتی‌متر و طول چهار متر بود. با توجه به رطوبت گنجایش مزرعه‌ای و بیشینه تبخیر-تعرق ذرت، دور آبیاری سه روز در نظر گرفته شد. تبخیر تعرق مرجع توسط نرم افزار ETo Calculator 3.2 (بر اساس رابطه پنمن - مانتیث) و با استفاده از داده‌های هواشناسی روزانه که از ایستگاه هواشناسی داخل مزرعه گرفته می‌شد، بدست آمد. سپس با توجه به نشریه ۵۶ فائو (آلن و همکاران، ۱۹۹۸)، ضریب گیاهی ذرت (K_c) در دوره‌های ابتدایی، میانی و انتهایی به ترتیب برابر ۰/۳، ۱/۲ و ۰/۶ تعیین شد. بدین ترتیب با جمع تبخیر-تعرق در سه روز قبلی و ضرب آن در مساحت هر کرت آزمایشی حجم آب مورد نیاز محاسبه شد (با توجه به اینکه منبع تامین آب در نزدیکی کرت‌های آزمایشی و سیستم آبیاری نیز قطره‌ای نواری بوده است تلفات انتقال آب و کاربرد آب وجود نداشته و راندمان آبیاری ۱۰۰ درصد در نظر گرفته شد). در این پژوهش به دلیل بررسی میزان آبشویی نمک‌های تجمعی در نیمرخ خاک توسط بارش‌های خارج از فصل رشد، نیاز آبشویی در نظر گرفته نشده است. اولین آبیاری در تاریخ ۲۴ خرداد ۱۳۹۶ انجام شد و برای اطمینان از جوانه‌زنی بذرها هفت نوبت آبیاری سنگین با آب غیر شور (S_1) و بدون در نظر گرفتن دور آبیاری سه روزه، انجام شد

مورد آزمایش بستگی دارد که با توجه به نمکی که در این آزمایش استفاده شد، این ضریب برابر ۰/۸۶ به دست آمد (حسن‌لی، ۱۳۹۲). در شکل ۱ طرح پژوهشی به صورت شماتیکی ارائه شده است.

$$TDS = K \times 640 \times EC \quad (2)$$

که در آن:

TDS مقدار کل نمک‌های محلول در آب بر اساس میلی-گرم بر لیتر و EC هدایت الکتریکی محلول آب شور بر حسب dS/m و K ضریبی است که به درصد خلوص نمک

V ₂ S ₁	V ₁ S ₁	V ₃ S ₁	V ₂ S ₂	V ₁ S ₂	V ₃ S ₂	V ₂ S ₃	V ₁ S ₃	V ₃ S ₃
V ₁ S ₁	V ₁ S ₃	V ₃ S ₂	V ₂ S ₂	V ₂ S ₃	V ₃ S ₁	V ₁ S ₂	V ₃ S ₃	V ₂ S ₁
V ₂ S ₁	V ₁ S ₂	V ₃ S ₃	V ₁ S ₁	V ₂ S ₂	V ₂ S ₃	V ₃ S ₂	V ₃ S ₁	V ₁ S ₃

شکل ۱- جانمایی طرح، خطوط پررنگ لوله‌های آبیاری هر تکرار را نشان می‌دهد

چگالی ظاهری خاک برابر ۱/۳۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب به دست آمد و با استفاده از صفحات فشاری و در مکش ۰/۳ بار، رطوبت جرمی گنجایش مزرعه‌ای به دست آمد که با ضرب مقادیر حاصله در چگالی ظاهری، رطوبت حجمی ظرفیت زراعی به دست آمد. همچنین با استفاده از قیف بوختر و پمپ خلأ عصاره اشباع خاک به دست آمده و سپس با استفاده از EC متر، هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع محلول خاک (EC_e) در اعماق مختلف مزرعه به دست آمد. جدول ۱ و ۲ به ترتیب، میانگین ویژگی‌های شیمیایی آب-های مورد استفاده برای آبیاری و برخی مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه را نشان می‌دهد.

خاک مزرعه آزمایشی از نظر ویژگی‌های کلی، نماینده خاک‌های منطقه کرج می‌باشد. از نظر خاک‌شناسی اراضی منطقه در یک واحد فیزیوگرافی ناشی از رسوبات بادبزی رودخانه کرج قرار دارد و بافت خاک عموماً از نوع لومرسی است. نمونه‌برداری از خاک مزرعه در سه لایه به‌منظور تعیین بافت خاک انجام شد و بافت خاک از طریق مثلث بافت خاک USDA (به نقل از علیزاده، ۱۳۹۲) تعیین گردید. در عمق بیشتر از ۶۰ سانتی‌متر خاک زراعی مناسب یافت نشد و با توجه به نمونه‌برداری‌های اواسط فصل مشاهده گردید جبهه رطوبتی بیش از این عمق پیشروی نکرد. با نمونه‌برداری از خاک مزرعه به وسیله مته حفاری

جدول ۱- میانگین ویژگی‌های شیمیایی آب آبیاری در تیمارهای مورد مطالعه

SAR	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺ + Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	pH	EC	تیمار
۱/۱	۰/۲	۱/۹۳	۶	۲/۲	۰	۴/۲	۷/۷۲	۰/۷	S ₁
۱۱/۷۵	۰/۱۹	۲۲/۶	۷/۹	۱/۹۵	۰	۳/۸۸	۷/۵۲	۳	S ₂
۱۷/۸۹	۰/۲	۴۲/۳	۱۰/۶۷	۲/۱	۰	۱/۴	۷/۵۶	۵	S ₃

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

Na ⁺	Ca ²⁺ + Mg ²⁺	pH	EC _e	رطوبت نقطه پژمردگی	رطوبت گنجایش مزرعه‌ای	بافت	رس	سیلت	شن	لایه خاک cm
meq/L			dS/m	درصد حجمی			%			
۲/۱	۸/۳	۷/۷۱	۰/۹۶۷	۱۳/۵	۲۹/۸	لوم رسی	۳۰	۴۰	۳۰	۲۰-۰
۲/۵	۶/۵	۷/۸۳	۱/۰۸	۱۳/۵	۳۰/۲	لوم رسی	۳۰	۴۲	۲۸	۴۰-۲۰
۳	۶/۳	۷/۸۱	۱/۰۶	۱۳/۷	۲۹/۵	لوم رسی	۲۹	۳۸	۳۳	۶۰-۴۰

گردیدند. داده‌های مربوط به شوری نهایی و میزان کاتیون-های (سدیم، کلسیم + منیزیم و پتاسیم) خاک و عملکرد بیولوژیک با استفاده از آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 و مقایسه میانگین داده‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت.

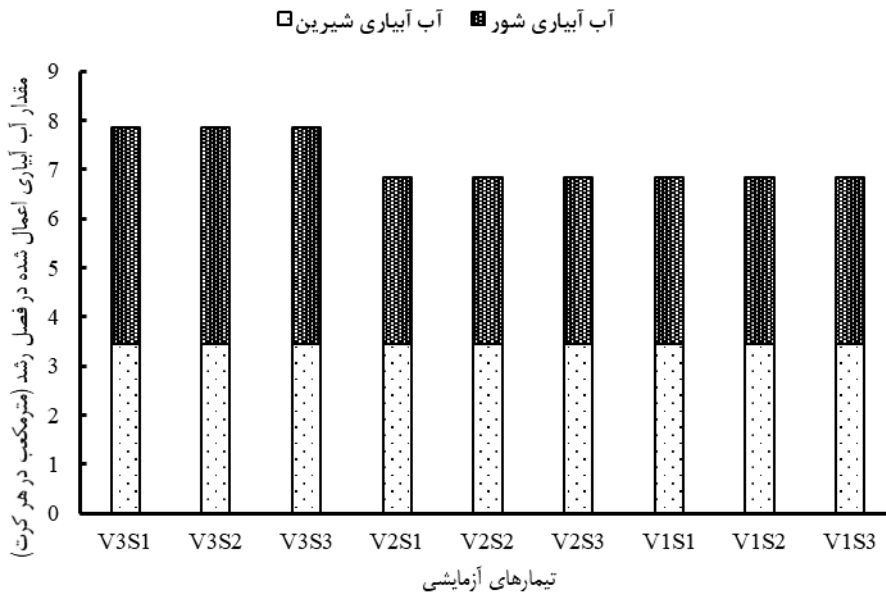
نتایج و بحث

میزان آب آبیاری در تیمارهای مختلف

نتایج حاصل از میزان آب آبیاری برای هر تیمار در شکل ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد هر سه هیبرید میزان آب شیرین یکسانی دریافت کرده‌اند (۳/۴۵ مترمکعب در هر کرت) و تفاوت در مقدار آب آبیاری مربوط به دوره رشد هیبریدهای ذرت است و از لحاظ مقدار آب آبیاری شور در دو واریته ذرت V₁ و V₂ که دوره رشد یکسانی داشته‌اند، برابر بوده است. با توجه به شکل ۲ واریته V₃ با توجه به دیررس بودن ۳۰٪ نسبت به دو واریته زودرس دیگر (V₁ و V₂) مقدار آب (شور) بیشتری دریافت کرده است.

در این مطالعه برای تعیین نیمرخ شوری در خاک، در هشت مرحله در طول دوره رشد گیاه نمونه‌برداری انجام شد. نمونه‌برداری با استفاده از مته ضربه‌ای و در لایه‌های ۰-۲۰، ۲۰-۴۰ و ۴۰-۶۰ سانتی‌متری خاک و به فواصل ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متر از خطوط آبیاری (که همان خطوط کاشت بودند) انجام شد. پس از نمونه‌برداری دوباره حفره‌های زمین از خاک پر می‌شد تا تغییر کمتری در نحوه توزیع آب و نمک در خاک ایجاد شود. EC، pH و کاتیون‌های (سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم) نمونه‌های خاک به روش‌های عمومی (دستورالعمل تجزیه‌های آزمایشگاهی نمونه‌های خاک و آب، نشریه ۴۶۷) اندازه‌گیری شد.

با توجه به تفاوت سه نوع رقم ذرت از نظر مراحل فنولوژیکی، برداشت و نمونه‌برداری از محصول برای رقم‌های زودرس V₁ و V₂ (سینگل کراس ۲۶۰ و ۴۰۰) در ۱۴ شهریور و برای رقم دیررس V₃ (سینگل کراس ۷۰۴) در ۲۹ شهریور ۱۳۹۶ انجام گرفت. چهار بوته از هر کرت آزمایشی به طور تصادفی برداشت شد و عملکرد علوفه آن‌ها محاسبه شد. برای تعیین وزن خشک (عملکرد بیولوژیک)، کلیه اندام‌های هوایی گیاه در حرارت ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک (اسمارت و بینگهام، ۱۹۷۴) و سپس با ترازوی دیجیتالی به دقت ۰/۰۱ توزین



شکل ۲- مقدار کل آب آبیاری اعمال شده (مترمکعب در هر کرت) در فصل رشد برای هر تیمار

در اواخر فصل رشد به دلیل جذب آب توسط گیاه و تبخیر- تعرق آن عموماً در سطح خاک شوری بیشتری مشاهده شد. در تاریخ یک مهر، دلیل افزایش شوری خاک در لایه ۰-۴۰ سانتی متری عدم استفاده از آب شور (مشکل مربوط به ونتوری تزریق) در آبیاری بین دو تاریخ ۹ و ۲۲ شهریور است. آب غیرشور باعث آبسویی نمک‌های تجمع‌ی در لایه ۰-۲۰ سانتی متری و انتقال آن‌ها به لایه‌های پایینی (۲۰-۴۰ و ۴۰-۶۰ سانتی متری) شده است و به همین دلیل شوری در این دو لایه (۲۰-۴۰ و ۴۰-۶۰ سانتی متر) نسبت به لایه فوقانی آن (۰-۲۰ سانتی متری) افزایش یافته است.

وان و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند به دلیل تبخیر از سطح خاک، شوری در لایه صفر تا ۱۰ سانتی متری تجمع کردند. حسن‌لی (۱۳۹۲) گزارش کرد با افزایش شوری آب آبیاری تجمع نمک در خاک افزایش پیدا می‌کند و تحت شوری آب آبیاری ۳/۵ و ۵/۷ ds/m به دلیل استفاده مداوم از آب شور (به دلیل به کار بردن ضریب تنش در تبخیر- تعرق برای محاسبه نیاز آبی) در آبیاری‌های با آب شور، تجمع نمک در فاصله ۳۰ سانتی متری نسبت به فواصل ۱۵ و صفر از خط آبیاری کمتر بوده است. وانگ و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که بیشترین شوری مربوط به لایه‌های فوقانی خاک بوده و در اعماق ۶۰-۱۰۰ سانتی متری

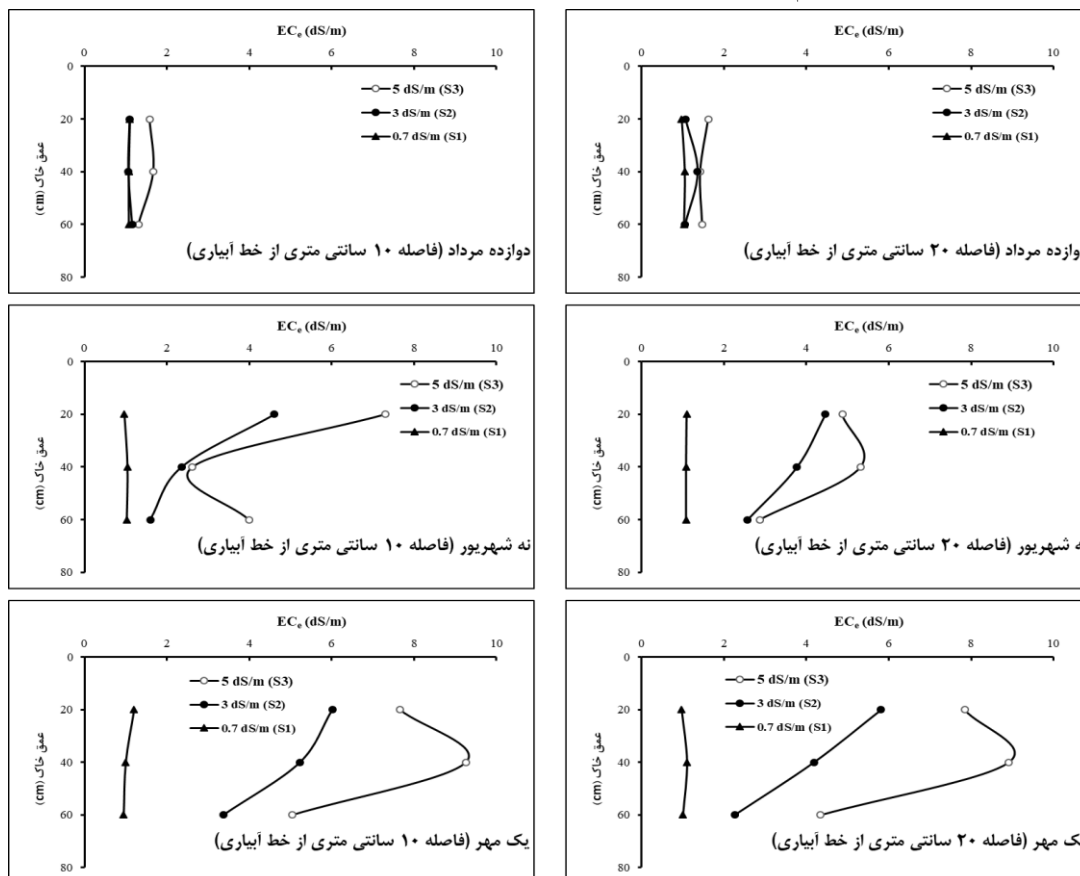
شوری خاک

تغییرات مکانی شوری خاک در طول فصل رشد

نیمرخ شوری خاک در اعماق ۰-۲۰، ۲۰-۴۰ و ۴۰-۶۰ سانتی متر و در فواصل ۱۰ و ۲۰ سانتی متری خط آبیاری در نمونه‌برداری‌های مختلف در طول فصل رشد برای تیمارهای V_3S_1 ، V_3S_2 و V_3S_3 در شکل ۳ نشان داده شده است. با توجه به نتایج بدست آمده در تیمار V_3S_1 به دلیل استفاده مداوم از آب غیرشور تغییر چندانی در نیمرخ شوری خاک در انتهای فصل آبیاری نسبت به ابتدای آن رخ نداد. با توجه به شکل ۳، نتایج تجزیه خاک به لحاظ شوری نشان داد که در مجموع با اعمال تیمارها خاک شورتر شده است. از آنجایی که مقدار کمی از نمک‌های موجود در خاک توسط گیاه تحت کشت جذب می‌شود، حرکت نمک و توزیع آن در خاک به طور مستقیم با حرکت آب ارتباط دارد؛ بنابراین در تیمارهای مختلف بسته به وضعیت شوری آب آبیاری، شرایط متفاوت است. در تیمارهای V_3S_2 و V_3S_3 با توجه به مقدار و دبی کم آب در سیستم آبیاری قطره‌ای، جبهه رطوبتی کمتر به سمت خارج از خط آبیاری حرکت کرده و اغلب تجمع نمک در فاصله ۲۰ سانتی متری کمتر از فاصله ۱۰ سانتی متر است.

سانتی‌متری از سطح خاک دارای شوری کمتری نسبت به اعماق ۳۰-۰ سانتی‌متری بود که تأییدکننده نتایج این پژوهش است.

حداقل است که با یافته‌های این پژوهش همخوانی دارد. همچنین آل عمران (۲۰۱۰) با بررسی تغییرات شوری خاک طی دو سال متوالی در سیستم آبیاری قطره‌ای در مزرعه گوجه‌فرنگی مشاهده کرد که در تمام فصول لایه ۳۰-۴۵



شکل ۳- نیمرخ شوری در لایه‌های ۲۰-۰، ۴۰-۲۰ و ۶۰-۴۰ سانتی‌متری و فواصل ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متر از خط آبیاری در روزهای مختلف فصل رشد برای تیمارهای V_3S_1 ، V_3S_2 و V_3S_3

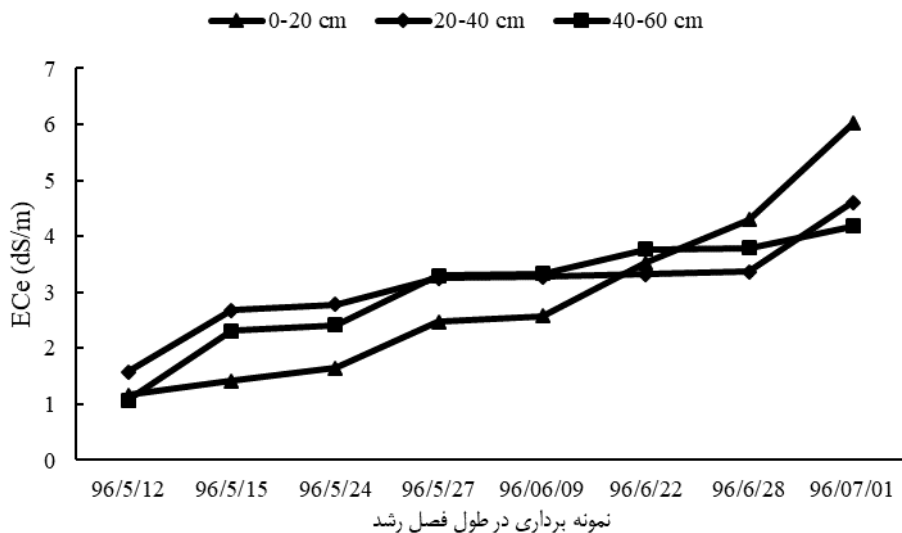
استفاده از آب شیرین از مرحله جوانه‌زنی تا چندبرگی شدن (ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری ذرت) دانست و در ضمن شوری آب آبیاری به میزانی نبوده است که باعث تجمع سریع نمک در لایه سطحی خاک شود. بیشترین تجمع نمک مربوط به تیمار آبیاری با شوری ۵ dS/m است و تجمع و افزایش نمک در لایه سطحی خاک از ۲۴ مرداد شروع شده است. یازار و همکاران (۲۰۰۳) بیان کردند با افزایش شوری آب آبیاری تجمع نمک در نیمرخ خاک افزایش یافته و توزیع شوری در نیمرخ خاک در آبیاری قطره‌ای از پیاز رطوبتی پیروی می‌کند و حداکثر شوری در سطح خاک رخ می‌دهد. کمال (۲۰۱۰) طی آزمایشی به بررسی واکنش گیاه ذرت به سطوح مختلف آبیاری و شوری آب در کشور مصر

میانگین تغییرات شوری خاک تیمار 3×704 و 5×704 در طول فصل رشد

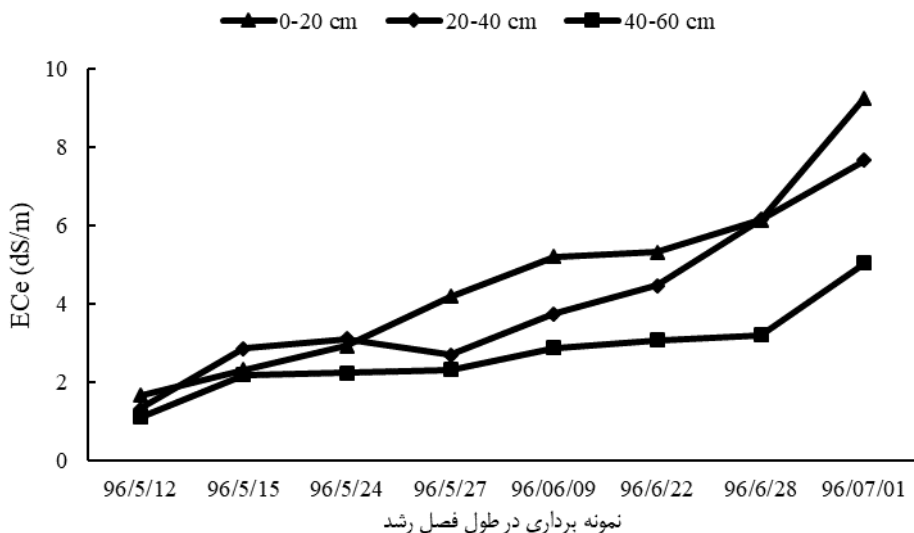
در شکل ۶ و ۷ به ترتیب میانگین شوری نیمرخ خاک در سطح شوری ۳ و ۵ dS/m در هر نمونه‌برداری محاسبه و تغییرات آن در طول فصل رشد رسم شده است. نتایج نشان می‌دهد در هر دو سطح شوری ۳ و ۵ dS/m مقدار تجمع نمک در انتهای فصل رشد در لایه ۲۰-۰ سانتی‌متری بیشتر از ۲۰-۴۰ و ۴۰-۶۰ سانتی‌متر است که می‌توان آن را به تبخیر از سطح خاک و تعرق گیاه نسبت داد؛ اما در سطح شوری آب آبیاری ۳ dS/m مشاهده می‌شود که شوری خاک در لایه ۲۰-۰ سانتی‌متری تا تاریخ ۲۲ شهریور کم‌تر از دو لایه دیگر است که می‌توان دلیل آن را

آب آبیاری باعث افزایش تجمع نمک در منطقه توسعه ریشه می‌شود که هر سه مورد تاییدکننده نتایج این پژوهش می‌باشد.

پرداخت؛ نتایج نشان داد که افزایش سطوح شوری آب آبیاری موجب افزایش تجمع نمک در خاک می‌گردد. رامشوران و همکاران (۲۰۱۶) با اعمال ۴ تیمار شوری آب آبیاری ۱، ۲/۵، ۳/۵ و ۶ dS/m بیان کردند افزایش شوری



شکل ۶- تغییرات شوری خاک در طول فصل رشد برای تیمار V₃S₂



شکل ۷- تغییرات شوری خاک در طول فصل رشد برای تیمار V₃S₃

۳). با نگاهی به وضعیت شوری خاک (EC_e) مشاهده می‌شود که بیشترین شوری خاک مربوط به سطح شوری آب آبیاری ۵ dS/m بوده و با افزایش شوری آب آبیاری از ۰/۷ به ۵ dS/m به طور متوسط شوری خاک ۳/۲ برابر می‌شود (جدول ۵). همچنین با توجه به جدول ۴ مشاهده می‌شود که رقم ذرت V₃ به دلیل دیررس بودن مقدار زیاد آب شور

متوسط شوری نهایی خاک

نتایج تجزیه واریانس شوری عصاره اشباع در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به شوری عصاره اشباع خاک در انتهای فصل زراعی نشان داد شوری خاک تحت تأثیر شوری آب آبیاری و عمق خاک قرار گرفته است (جدول

مچکپشتی و همکاران (۲۰۱۷)، وانگ و همکاران (۲۰۱۵)، هوآنگ و همکاران (۲۰۱۲)، عامر (۲۰۱۰) و چن و همکاران (۲۰۰۹) است. همچنین چایهان و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که شوری خاک با عمق کاهش یافته و حداقل شوری در اعماق ۹۰-۶۰ سانتی متری بوده است.

دریافت کرده است، به همین دلیل تجمع نمک در این رقم ذرت بیشتر از دو رقم دیگر مورد مطالعه است. جدول ۶ نشان می‌دهد که شوری خاک با عمق کاهش می‌یابد و بیشترین شوری خاک مشاهده شده (۷/۸۰ dS/m) مربوط به لایه ۲۰-۴۰ سانتی متری است که نسبت به لایه ۲۰-۴۰ سانتی متری، ۲۸٪ بیشتر بوده و مشابه یافته‌های فرهادی

جدول ۳- نتایج میانگین مربعات تجزیه واریانس داده‌های مربوط به شوری عصاره اشباع (ECe)، pH، سدیم، کلسیم + منیزیم، پتاسیم، نسبت جذب سدیم (SAR) خاک و عملکرد خشک کل

منابع تغییر	درجه آزادی	EC _e dS/m	pH	میانگین مربعات		
				سدیم	کلسیم + منیزیم meq/L	پتاسیم
عملکرد خشک کل (تن بر هکتار)	SAR					
تکرار	۲	۲۷/۶۴*	۰/۰۹ ^{ns}	۶۰۰/۹۲ ^{ns}	۴۲۱/۰۳ ^{ns}	۰/۰۴**
هیبرید	۲	۵/۳۶ ^{ns}	۰/۰۰۰۸ ^{ns}	۵۳۴/۴۷ ^{ns}	۳۱۲/۰۲ ^{ns}	۰/۰۰۴ ^{ns}
شوری	۲	۲۰۵/۷۴**	۰/۰۰۴۶ ^{ns}	۱۶۰۶۸/۲۰**	۲۶۳۵/۰۲**	۰/۰۰۰۶ ^{ns}
عمق خاک	۱	۶۴/۳۳**	۰/۰۰۶ ^{ns}	۴۳۳۱/۷۶**	۲۶۸/۸۹ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}
هیبرید+شوری	۴	۲۹/۳۶*	۰/۰۰۲ ^{ns}	۱۱۵۴/۸۲*	۳۱۴/۶۲ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}
هیبرید+عمق خاک	۲	۲/۲۱ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۶۱/۱۴ ^{ns}	۱۹۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۰۵ ^{ns}
شوری+عمق خاک	۲	۱۵/۰۸ ^{ns}	۰/۰۰۲۶ ^{ns}	۱۳۳۵/۷۶*	۲۷/۵۴ ^{ns}	۰/۰۰۰۲ ^{ns}
هیبرید+شوری+عمق خاک	۴	۶/۷۵ ^{ns}	۰/۰۰۱۱ ^{ns}	۲۸۷/۵۲ ^{ns}	۹۵/۲۱ ^{ns}	۰/۰۰۷ ^{ns}
خطا	۳۴	۷/۹۲	۰/۰۰۳	۳۱۱/۳۳	۲۳۴/۱۸	۰/۰۰۵

* و ** به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪، ns اختلاف معنی‌داری وجود ندارد

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر هیبریدهای مختلف ذرت بر شوری عصاره اشباع خاک، pH، سدیم، کلسیم + منیزیم، پتاسیم، نسبت جذب سدیم (SAR) خاک و عملکرد خشک کل

هیبرید ذرت	EC _e dS/m	pH	سدیم	کلسیم + منیزیم meq/L	پتاسیم	SAR	عملکرد خشک کل (تن بر هکتار)
V ₃	۷/۳۱a	۷/۵۲۵a	۴۱/۸۸a	۳۱/۷۴a	۰/۱۶a	۱۰/۲۱a	۱۸/۶۶a
V ₂	۶/۵۹a	۷/۵۲۶a	۳۷/۵۷a	۳۶/۵۷a	۰/۱۹a	۷/۲۳a	۱۳/۴۹b
V ₁	۶/۲۴a	۷/۵۱۴a	۳۱/۰۶a	۲۸/۲۸a	۰/۱۸a	۹/۷۲a	۱۳/۱۰b

در هر ستون حروف غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر سطوح شوری آب آبیاری بر شوری عصاره اشباع خاک، pH، سدیم، کلسیم + منیزیم، پتاسیم، نسبت جذبی سدیم (SAR) خاک و عملکرد خشک کل

شوری آب آبیاری (dS/m)	EC _e dS/m	pH	سدیم	کلسیم + منیزیم meq/L	پتاسیم	SAR	عملکرد خشک کل (تن بر هکتار)
S ₁	۲/۹۱a	۷/۵۴a	۷/۴۶۸c	۱۹/۳۰b	۰/۱۷a	۲/۶c	۱۷/۱۰a
S ₂	۷/۸۶a	۷/۴۶a	۳۵/۴۵b	۴۳/۳۰a	۰/۱۸a	۷/۷۸b	۱۵/۰۷b
S ₃	۹/۳۷b	۷/۵۵a	۶۷/۳۸a	۳۳/۹۸a	۰/۱۸a	۱۶/۷۹a	۱۳/۰۹c

در هر ستون حروف غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر دو لایه خاک بر شوری عصاره اشباع خاک، pH، سدیم، کلسیم + منیزیم، پتاسیم و نسبت جذبی سدیم (SAR) خاک

SAR	کلسیم + منیزیم		سدیم	pH	EC _e dS/m	لایه خاک (سانتی‌متر)
	پتاسیم	meq/L				
۱۰/۹۰a	۰/۲۰a	۳۴/۴۳a	۴۵/۷۹a	۷/۴۸a	۷/۸۰a	۲۰-۰
۷/۲۱b	۰/۱۶a	۲۹/۹۸a	۲۷/۸۸b	۷/۵۵a	۵/۶۲b	۴۰-۲۰

در هر ستون حروف غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است

اختلاف معنی‌دار ندارند. با این حال بیشترین میزان سدیم در رقم V₃ با متوسط مقدار ۴۱/۸۸ meq/L به دلیل دریافت ۳۰ درصد آب شور بیشتر نسبت به دو رقم دیگر، مشاهده شد که نسبت به رقم زودرس V₁ و V₂ به ترتیب ۱۲ و ۳۵ درصد بیشتر است (جدول ۴). همچنین با مقایسه میانگین‌ها در سطوح مختلف شوری آب آبیاری، اختلاف معنی‌داری بین سدیم خاک مشاهده می‌شود که تابعی از کیفیت آب آبیاری بوده و با افزایش شوری آب آبیاری از ۰/۷ به ۳ و ۵ meq/L به ترتیب، ۴/۶ و ۸/۷ برابر می‌شود (جدول ۵). جدول ۶ میزان کاتیون‌های خاک و SAR را در دو لایه ۲۰-۰ و ۴۰-۲۰ سانتی‌متری نشان می‌دهد که سدیم سهم عمده-ای از کاتیون‌های خاک را در لایه ۲۰-۰ سانتی‌متری تشکیل می‌دهد و اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ با میزان سدیم در لایه ۲۰-۴۰ سانتی‌متری دارد.

اثر همزمان سه عامل شوری آب آبیاری، هیبریدهای ذرت و عمق خاک بر میزان کاتیون‌های خاک در جدول ۷ نشان داده شده است. با توجه به جدول ۷ بیشترین میزان سدیم، کلسیم + منیزیم و پتاسیم به ترتیب در لایه ۲۰-۰ سانتی‌متری تیمار V₃S₃ (۹۵/۶۱ meq/L)، لایه ۲۰-۰ سانتی‌متری تیمار V₂S₂ (۶۲/۵۳ meq/L) و لایه ۲۰-۰ سانتی‌متری تیمار V₂S₁ (۰/۲۶ meq/L) مشاهده شد.

نتایج به دست آمده نشان داد روند افزایش سدیم خاک نسبت به کلسیم و منیزیم بیشتر بود و با افزایش شوری آب آبیاری از ۰/۷ به ۵ dS/m سدیم خاک در لایه ۲۰-۰ و ۴۰-۲۰ سانتی‌متر به ترتیب ۱۲ و ۶ برابر افزایش یافت. دیاز و همکاران (۲۰۱۸) بیان کردند سطح سدیم تبدالی در مقایسه با خاک اولیه در شوری‌های آب آبیاری

جدول ۷ اثر همزمان سه عامل مورد آزمایش را بر روی شوری خاک نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۷، نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که بیشترین و کمترین شوری خاک به ترتیب مربوط به لایه ۲۰-۰ سانتی‌متری تیمار V₃S₃ با متوسط شوری ۱۳/۳۷ dS/m (۴/۵ برابر تیمار V₃S₁) و لایه ۴۰-۲۰ سانتی‌متری تیمار V₂S₁ با متوسط شوری ۲/۳۶ dS/m است. در سطح آبیاری با شوری ۳ dS/m بیشترین شوری (۱۱/۵۳ dS/m) مربوط به لایه ۲۰-۰ سانتی‌متری رقم V₂ است که می‌توان علت آن را به نشت آب شور از مخزن و لوله آبیاری یکی از تکرارها نسبت داد.

کریمی و فراستی (۱۳۹۳) در آزمایشی به منظور بررسی کمی توزیع نمک تحت دو منبع نقطه‌ای و حبابی نیز گزارش کردند، لایه ۲۰-۰ سانتی‌متری با میانگین شوری ۱۲/۵۳ dS/m دارای شوری بیشتری نسبت به لایه ۴۰-۲۰ سانتی‌متری با میانگین شوری ۱۱/۴۸ dS/m بود.

غلظت نهایی کاتیون‌ها

نتایج تجزیه واریانس غلظت نهایی کاتیون‌های خاک (سدیم، کلسیم + منیزیم، پتاسیم) در جدول ۳ نشان داده شده است. در این جدول اثر سطوح شوری آب آبیاری و عمق خاک بر روی مقدار سدیم بر حسب meq/L در سطح ۱٪ معنی‌دار شد. همچنین عامل ارقام ذرت، عمق خاک و شوری آب آبیاری بر مقدار کلسیم + منیزیم و پتاسیم تأثیر گذار نبوده و اختلاف معنی‌داری نداشت. با توجه به وضعیت ارقام بدون توجه به تیمار شوری مشاهده شد که بین سه هیبرید اختلاف معنی‌دار وجود ندارد، یعنی پتانسیل جذب نمک در هر سه رقم ذرت یکسان بوده و

تیمار V_3S_3 با دو تیمار V_2S_3 و V_1S_3 در کل ماده خشک تولیدی تایید کننده جمله قبل است (جدول ۷). کانگ و همکاران (۲۰۱۰) نیز بیان کردند به‌ازای هر یک dS/m افزایش در شوری آب آبیاری، عملکرد محصول ذرت مومی حدود $3/3$ تا 4 درصد کاهش یافت.

بیشتر گیاهان برای رشد به سدیم نیاز نداشته و رشد آن‌ها در مقادیر کم سدیم خاک انجام می‌گیرد (چوداری و همکاران، ۲۰۰۱). سمیت یون‌های سدیم و کلر و تأثیر منفی آن بر عملکرد محصولات زراعی نیز در پژوهش‌های مختلف مورد تأکید قرار گرفته است. سایرام و تیاگی (۲۰۰۴) تنش رطوبتی ناشی از تجمع نمک، سمیت یون سدیم و عدم توازن به‌وجود آمده در اثر برهمکنش نمک و عناصر غذایی موجود در خاک را دلایل اصلی کاهش عملکرد محصولات به‌واسطه شوری می‌دانند. کرامر و همکاران (۱۹۸۷) نشان دادند که با افزایش شوری و مقدار سدیم خاک، جذب پتاسیم توسط گیاه به‌شدت کاهش یافت که این امر احتمالاً مربوط به رقابت سدیم با پتاسیم و جذب بیشتر سدیم بود که کاهش عملکرد را توجیه می‌کند.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که میزان شوری خاک تحت تأثیر شوری آب آبیاری، هیبریدهای ذرت و عمق خاک بود. بررسی پروفیل تغییرات شوری خاک نشان داد که با توجه به بافت خاک در این پژوهش، میزان و شدت آب ورودی در سیستم آبیاری قطره‌ای، در آبیاری با استفاده از آب شور جبهه رطوبتی کمتر به سمت خارج از خط آبیاری حرکت کرده و اغلب تجمع نمک در فاصله ۲۰ سانتی‌متری کمتر از ۱۰ سانتی‌متری گیاه است. بررسی آماری شوری نهایی و سدیم خاک نشان داد که میزان شوری و در نتیجه میزان سدیم خاک، تحت تأثیر شوری آب آبیاری دارای اختلاف معنی‌داری بود و با افزایش شوری آب آبیاری از $0/7$ به 3 و $5 dS/m$ ، شوری خاک به ترتیب $4/6$ و $8/7$ برابر می‌شود. با توجه به اثرات متقابل سه طرفه شوری آب آبیاری، هیبریدهای ذرت و عمق خاک بر

بالاتر از $2/5 dS/m$ افزایش می‌یابد و کاهش قابل توجهی در پتاسیم تبادلی و افزایش در کاتیون‌های کلسیم و منیزیم نسبت به تیمار شاهد مشاهده می‌شود. طاهری و همکاران (۱۳۹۵) در بررسی الگوی توزیع شوری و سدیم خاک تحت آبیاری قطره‌ای در باغات زیتون بیان کردند تجمع شوری و سدیم در لایه سطحی خاک بیشتر است.

عملکرد کل ماده خشک تولیدی

نتایج تجزیه واریانس وزن خشک کل در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به وزن خشک کل نشان داد این صفت تحت تأثیر ژنوتیپ قرار گرفت. با نگاهی به وضعیت عملکرد ارقام بدون توجه به تیمار شوری مشاهده شد که بین سه هیبرید اختلاف معنی‌دار وجود دارد و هیبرید V_3 با تولید وزن خشک معادل $18/66$ تن در هکتار بر هیبریدهای دیگر برتری داشت و متوسط کمترین تولید مربوط به رقم V_1 با عملکرد خشک 13 تن در هکتار است (جدول ۴). تیمار شوری نیز به طور بسیار معنی‌داری این صفت را تحت تأثیر قرار داد و با افزایش شوری آب آبیاری از $0/7$ به $5 dS/m$ به طور متوسط 31% کاهش در وزن خشک حاصل شد (جدول ۵).

جدول ۷ اثر همزمان دو عامل مورد آزمایش (ارقام ذرت و سطوح شوری آب آبیاری) را بر روی وزن خشک نشان می‌دهد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که تیمار V_3S_1 بیشترین ماده خشک تولیدی در هکتار را داشته است. همچنین کمترین میزان تولید مربوط به تیمار V_2S_3 است که نسبت به تیمار شاهد (V_3S_1) ۴۴ درصد کاهش در وزن ماده خشک تولیدی مشاهده می‌شود. همچنین نتایج نشان داد که بین تیمارهای V_2S_1 ، V_3S_2 اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد، این نشان می‌دهد رقم V_3 نسبت به رقم V_2 مقاوم‌تر بوده است. با مقایسه سه هیبرید ذرت در سطح شوری یکسان، مشاهده شد که بیشترین تولید در هر سه سطح شوری مربوط به رقم V_3 است. وجود اختلاف معنی‌دار بین

آبیاری قطره‌ای در آخر فصل رشد نیاز به یک آبیاری است تا نمک‌های جمع شده در لایه سطحی خاک را از ناحیه ریشه گیاه خارج ساخته تا مشکلی برای کشت در فصل زراعی جدید وجود نداشته باشد. در این پژوهش با توجه به مقدار بارش‌های خارج از فصل رشد گیاه (۱۹۶/۵ میلی-متر) نیاز به آبیاری به وسیله آبیاری سنگین نبوده و بارش توانایی جابجایی نمک‌های تجمعی در خاک را داشته است. همچنین با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان از رقم ذرت سینگل کراس ۷۰۴ (V₃) به عنوان یک رقم مقاوم به شوری در شرایط استفاده از آب شور برای آبیاری، استفاده کرد

میزان شوری و سدیم خاک مشاهده شد که تیمار V₃S₃ در لایه ۰-۲۰ سانتی‌متر با مقدار ۱۳/۳۷ dS/m و ۹۵/۶۱ meq/L در رده‌بندی دانکن بالاترین رتبه و بیشترین مقدار شوری و سدیم خاک را به خود اختصاص داد. اگر چه رقم V₃ به دلیل دیررس بودن میزان آب شور بیشتری نسبت به دو رقم دیگر (V₁ و V₂) دریافت کرده است، اما نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌دهنده اثر معنی‌دار هیبرید بر روی وزن خشک کل اندازه‌گیری شده بود، به طوری که بیشترین مقدار عملکرد خشک علوفه (۲۰/۷۶ تن در هکتار) مربوط به رقم V₃ بود. در شرایط استفاده از آب شور برای آبیاری محصولات کشاورزی با استفاده از سیستم

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل هیبرید، سطوح شوری آب آبیاری و عمق خاک بر شوری عناصر اشباع خاک، pH، سدیم، کلسیم + منیزیم، پتاسی، نسبت جذبی سدیم (SAR) خاک و عملکرد خشک کل

عملکرد خشک کل تن بر هکتار	SAR	پتاسیم	کلسیم + منیزیم meq/L	سدیم	pH	EC _e dS/m	لایه خاک cm	شوری آب آبیاری dS/m	هیبرید
۲۰/۷۶a	۳/۲۶gh	۰/۱۶a	۱۷/۵۳d	۸/۹۱e	۷/۵۴a	۳/۰۲fg	۲۰-۰	S ₁	V ₃
	۲/۵۲h	۰/۱۱a	۱۴/۵۰d	۶/۵۲e	۷/۶۵a	۲/۴۱g	۴۰-۲۰		
۱۹/۲۱a	۱۰/۷۳cde	۰/۲۱a	۵۰/۳۷ab	۵۲/۵۳bcd	۷/۳۲a	۹/۹۵abcd	۲۰-۰	S ₂	V ₃
	۴/۳۸fgh	۰/۱۴a	۳۳/۸۲abcd	۱۴/۶۹e	۷/۵۱a	۴/۴۲efg	۴۰-۲۰		
۱۶/۰۳b	۲۳/۲۰a	۰/۱۹a	۳۷/۰۶abcd	۹۵/۶۱a	۷/۵۹a	۱۳/۳۷a	۲۰-۰	S ₃	V ₃
	۱۷/۱۷b	۰/۱۷a	۳۷/۱۳abcd	۷۳/۰۲ab	۷/۵۳a	۱۰/۶۷abcd	۴۰-۲۰		
۱۵/۹۲b	۱/۶۶h	۰/۲۶a	۲۸/۸۷bcd	۵/۷۹e	۷/۳۹a	۳/۳۱efg	۲۰-۰	S ₁	V ₂
	۱/۷۳h	۰/۱۴a	۱۸/۴۷cd	۵/۰۹e	۷/۶۳a	۲/۳۶g	۴۰-۲۰		
۱۳/۰۱cd	۹/۰۰d-g	۰/۲۳a	۶۲/۵۳a	۵۰/۶۲bcd	۷/۴۲a	۱۱/۵۳abc	۲۰-۰	S ₂	V ₂
	۷/۵۰d-g	۰/۱۶a	۴۸/۱۰abc	۳۵/۶۸cde	۷/۵۱a	۸/۶۶a-e	۴۰-۲۰		
۱۱/۵۳d	۱۴/۳۹bc	۰/۱۹a	۳۲/۸۶bcd	۵۷/۴۷bc	۷/۶۰a	۷/۹۹b-g	۲۰-۰	S ₃	V ₁
	۹/۱۱cdef	۰/۱۷a	۲۸/۶۰bcd	۳۱/۶۹cde	۷/۶۰a	۵/۷۱defg	۴۰-۲۰		
۱۴/۶۲bc	۲/۲۵h	۰/۱۴a	۱۶/۷۴d	۶/۷۹e	۷/۵۲a	۲/۵۲g	۲۰-۰	S ₁	V ₁
	۴/۱۸fgh	۰/۲۲a	۱۹/۷۴cd	۱۲/۹۶e	۷/۵۴a	۳/۸۲efg	۴۰-۲۰		
۱۲/۹۸cd	۹/۷۵cdef	۰/۱۷a	۲۷/۹۴bcd	۳۶/۳۶cde	۷/۵۰a	۶/۶۰c-g	۲۰-۰	S ₂	V ₁
	۵/۳۰efgh	۰/۱۸a	۳۷/۰۶abcd	۲۲/۸۰de	۷/۵۱a	۶/۰۱defg	۴۰-۲۰		
۱۱/۷۰d	۲۳/۸۵a	۰/۲۴a	۳۵/۹۶abcd	۹۳/۰۵a	۷/۴۹a	۱۱/۹۵ab	۲۰-۰	S ₃	V ₁
	۱۳/۰۰bcd	۰/۱۴a	۳۲/۲۷bcd	۴۸/۴۶bcd	۷/۵۰a	۶/۵۳c-g	۴۰-۲۰		

در هر ستون حروف غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است

فهرست منابع

۱. چوگان، ر. ۱۳۹۱. ذرت و ویژگی های آن. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، نشر آموزش کشاورزی. ۴۶۶ صفحه.
۲. حسن‌لی، م. ۱۳۹۲. مدیریت استفاده از آب شور در آبیاری قطره‌ای در جهت افزایش کارایی مصرف آب و پایداری اراضی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران ۸۶ صفحه.
۳. طاهری، م.، طاهری، م.، عباسی، م.، مصطفوی، ک. و واحدی، س. ۱۳۹۵. بررسی الگوی توزیع شوری و سدیم خاک تحت آبیاری قطره‌ای سطحی و زیر سطحی در باغات زیتون. فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، ۷(۲۶): ۱۴۱-۱۲۷.
۴. عباس‌زاده، ف. و رضایی‌سوخت‌آبدانی، ر. ۱۳۹۱. تأثیر سطوح مختلف تنش شوری بر غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌ها در ژنوتیپ‌های مختلف کلزا. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، ۴(۱۶): ۹۵-۱۰۸.
۵. علیزاده، ا. ۱۳۹۲. فیزیک خاک (چاپ ششم). انتشارات آستان قدس رضوی. مشهد.
۶. کرمی، م. و فراستی، م. ۱۳۹۳. بررسی توزیع نمک تحت دو منبع نقطه‌ای و حبابی آبیاری قطره‌ای. نشریه مهندسی آبیاری و آب ایران، ۵(۱۸): ۶۸-۵۶.
۷. بی‌نام، ۱۳۸۷. دستورالعمل تجزیه‌های آزمایشگاهی نمونه‌های خاک و آب (نشریه شماره ۴۶۷). معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور. ۲۵۵ صفحه.
۸. نجفی، ن. ا. ۱۳۹۴. اثر شور و غرقاب شدن خاک بر غلظت برخی عناصر پرمصرف و سدیم در ریشه ذرت. نشریه علمی - پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، ۹(۳۳): ۴۱-۲۰.
9. Abel, G. H. and Mackenzie, A.J. (1964). Salt tolerance of soybean varieties (*Glycine max* L.) during germination and later growth. *Crop Sciences*, 4, 157-161.
10. Ali, M.H. and Talukder, M.S.U. (2008). Increasing water productivity in crop production- A synthesis, *Agricultural Water Management*, 95, 1201-1213.
11. Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. In: *Irrigation and Drainage Paper 56*. FAO, Rome, Italy, pp. 300.
12. Al-Omran, A. M. (2010). Effect of saline water and drip irrigation on tomato yield in sandy calcareous soils amended with natural conditioners. In *2nd International Salinity Forum Salinity, Water and Society-Global Issues, Local Action.-2010*.
13. Amer, K. H. (2010). Corn crop response under managing different irrigation and salinity levels. *Agricultural Water Management*, 97(10), 1553-1563.
14. Ayers, R. S., and Westcot, D. W. (1985). Water quality for agriculture (Vol. 29). Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
15. Burt, C. M., and Isbell, B. (2005). Leaching of accumulated soil salinity under drip irrigation. *Transactions of the ASAE*, 48(6), 2115-2121.
16. Burt, C., Othman, A.A. and Paolini, A. (2003). Salinity patterns on row crops under Subsurface Drip Irrigation (SDI) on the Westside of the San Joaquin Valley of California, *irrigation training and research center (ITRC)*, 64 pp.
17. Bybordi, A. (2010). Effects of Salinity on Yield and Component Characters in Canola (*Brassica napus* L.) Cultivars. *Notulae Scientia Biologicae*, 2 (1), 81-83.
18. Chauhan, C. P. S., Singh, R. B., & Gupta, S. K. (2008). Supplemental irrigation of wheat with saline water. *Agricultural Water Management*, 95(3), 253-258.

19. Chen, M., Kang, Y., Wan, S., & Liu, S. ping. (2009). Drip irrigation with saline water for oleic sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Agricultural Water Management*, 96(12), 1766–1772.
20. Choudhary, O. P., Josan, A. S., & Bajwa, M. S. (2001). Yield and fiber quality of cotton cultivars as affected by the build-up of sodium in the soils with sustained sodic irrigations under semi-arid conditions. *Agricultural Water Management*, 49(1), 1-9.
21. Cramer, G. R., Lynch, J., Läuchli, A., & Epstein, E. (1987). Influx of Na⁺, K⁺, and Ca²⁺ into roots of salt-stressed cotton seedlings: effects of supplemental Ca²⁺. *Plant Physiology*, 83(3), 510-516.
22. Dehghanisani, H., Agassi, M., Anyoji, H., Yamamoto, T., Inoue, M., & Eneji, A. E. (2006). Improvement of saline water use under a drip irrigation system. *Agricultural water management*, 85(3), 233-242.
23. Díaz, F. J., Grattan, S. R., Reyes, J. A., de la Roza-Delgado, B., Benes, S. E., Jiménez, C., Tejedor, M. (2018). Using saline soil and marginal quality water to produce alfalfa in arid climates. *Agricultural Water Management*, 199, 11–21.
24. Feng, G., Zhang, Z., Wan, C., Lu, P., and Bakour, A. (2017). Effects of saline water irrigation on soil salinity and yield of summer maize (*Zea mays* L.) in subsurface drainage system. *Agricultural Water Management*, 193, 205–213.
25. Grattan, S.R. and Grieve, C.M. (1999). Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in saline environments. *Handbook of plant and crop stress*, 2, pp. 203-229.
26. Hanson, B. (2012). Drip irrigation and salinity. Agriculture salinity assessment and management manual and reports on engineering practice 70 (2edn). *American Society of Civil Engineers*, Reston (Vi), 539-560.
27. Huang, C. H., Zong, L., Buonanno, M., Xue, X., Wang, T., & Tedeschi, A. (2012). Impact of saline water irrigation on yield and quality of melon (*Cucumis melo* cv. Huanghemi) in northwest China. *European journal of agronomy*, 43, 68-76.
28. Jiang, J., Huo, Z., Feng, S., & Zhang, C. (2012). Effect of irrigation amount and water salinity on water consumption and water productivity of spring wheat in Northwest China. *Field Crops Research*, 137, 78–88.
29. Kamal, H. A., (2010). Corn crop response under managing different irrigation and salinity levels. *Agriculture Water Management*, 97, 1553-1563.
30. Kang, Y., Chen, M., & Wan, S. (2010). Effects of drip irrigation with saline water on waxy maize (*Zea mays* L. var. ceratina Kulesh) in North China Plain. *Agricultural Water Management*, 97(9), 1303-1309.
31. Lauchli, A. and Epstein, E. (1990). Plant responses to saline and sodic conditions. pp: 113-137. In: K.K. Tanji. Agriculture Salinity Assessment and Management. *ASCE. Publication*. 619 p.
32. Li, X., Kang, Y., Wan, S., Chen, X., & Xu, J. (2015). Effect of drip-irrigation with saline water on Chinese rose (*Rosa chinensis*) during reclamation of very heavy coastal saline soil in a field trial. *Scientia Horticulturae*, 186, 163-171.
33. Machekposhti, M. F., Shahnazari, A., Ahmadi, M. Z., Aghajani, G., & Ritzema, H. (2017). Effect of irrigation with seawater on soil salinity and yield of oleic sunflower. *Agricultural Water Management*, 188, 69-78.
34. Malash, N. M., Ali, F. A., Fatahalla, M. A., A. khatab, E., Hatem, M. K., & Tawfic, S. (2012). Response of tomato to irrigation with saline water applied by different irrigation methods and water management strategies. *International Journal of Plant Production*, 2(2), 101–116.
35. Marandola, D. and Coderoni, S. (2013). Sustainable land use, priority in EU policies. *L'Informatore Agrario*, 4, 48–51.
36. Melgar, J. C., Mohamed, Y., Serrano, N., García-Galavís, P. A., Navarro, C., Parra, M. A., ... & Fernández-Escobar, R. (2009). Long term responses of olive trees to salinity. *Agricultural Water Management*, 96(7), 1105-1113.
37. Mostafazadeh-Fard, B., Mansouri, H., Mousavi, S.-F., & Feizi, M. (2009). Effects of Different Levels of Irrigation Water Salinity and Leaching on Yield and Yield Components

- of Wheat in an Arid Region. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 135(1), 32–38.
38. Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, cell & environment*, 25(2), 239-250.
39. Murray, R.S. and Grant, C.D. (2007). The impact of irrigation on soil structure. *Land and Water Australia*, 1-31.
40. Murtaza, G., Ghafoor, A., Qadir, M. (2006). Irrigation and soil management strategies for using saline-sodic water in a cotton-wheat rotation. *Agriculture Water Management*, 81, 98-114.
41. Niu, G., Rodriguez, D. S., & Starman, T. (2010). Response of bedding plants to saline water irrigation. *HortScience*, 45(4), 628–636.
42. Rameshwaran, P., Tepe, A., Yazar, A., & Ragab, R. (2016). Effects of drip-irrigation regimes with saline water on pepper productivity and soil salinity under greenhouse conditions. *Scientia Horticulturae*, 199, 114–123.
43. Rhoades, J.D. and Loveday, J. (1990). Salinity in irrigated agriculture. In: Steward B.A., Neilsen D.R. (eds): *Irrigation of Agricultural Crops*. Madison, ASA, CSSA, SSSA, 1089–1142.
44. Rhoades, J.D. Kandiah, A., Mashali, A.M. (1992). The use of saline water for crop production. In: *irrigation and Drainage paper48*. FAO.
45. Sairam, R. K., & Tyagi, A. (2004). Physiological and molecular biology of salinity stress tolerance in deficient and cultivated genotypes of chickpea. *Plant Growth Regul*, 57(10).
46. Shalhevet, J. (1994). Using water of marginal quality for crop production: major issues. *Agricultural water management*, 25(3), 233-269.
47. Shrivastava, P., and Kumar, R. (2015). Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. *Saudi journal of biological sciences*, 22 (2), 123–131.
48. Singh, A., & Panda, S. N. (2012). Effect of saline irrigation water on mustard (Brassica juncea) crop yield and soil salinity in a semi-arid area of north India. *Experimental Agriculture*, 48(1), 99–110.
49. Smart, RE., and Bingham, GE. (1974). Rapid estimates of relative water content. *Plant Physiology* 53: 258-260.
50. Tural, H., Svendsen, M., and Faures, J. M. (2010). Investing in irrigation: Reviewing the past and looking to the future. *Agriculture Water Management*, 97(4), 551-560.
51. Wan, S., Jiao, Y., Kang, Y., Hu, W., Jiang, S., Tan, J., & Liu, W. (2012). Drip irrigation of waxy corn (*Zea mays* L. var. ceratina Kulesh) for production in highly saline conditions. *Agricultural Water Management*, 104, 210-220.
52. Wan, S., Kang, Y., Wang, D., & Liu, S. P. (2010). Effect of saline water on cucumber (*Cucumis sativus* L.) yield and water use under drip irrigation in North China. *Agricultural Water Management*, 98(1), 105-113.
53. Wang, X., Yang, J., Liu, G., Yao, R., & Yu, S. (2015). Impact of irrigation volume and water salinity on winter wheat productivity and soil salinity distribution. *Agricultural Water Management*, 149, 44-54.
54. Yazar, A., gençel, B., ezen, M. S., & koç, M. (2003). Sustainable use of highly saline water for irrigation of crops under arid and semi-arid conditions: new strategies. *Options méditerranéennes: série b. Etudes et recherches*, (44), 123-135.