گزارش نهایی قراداد تحقیقاتی

بررسی اثربخشی کود زیستی ضد شوری اکسالتر (برند کیلیترین) بر تغییرات شاخص‌های مختلفی از شوری خاک

مرکز ملی تحقیقات شوری

پاییز ۱۴۰۳

مرکز ملی تحقیقات شوری

- عنوان پروژه: بررسی اثربخشی کود زیستی ضد شوری اکسالتر (برند کیلیترین) بر تغییرات شاخص‌های مختلفی از شوری خاک
- نام و نام خانوادگی مجری/مجریان: حسین بیرامی
- نام و نام خانوادگی ناظر/ناظران:
- نام و نام خانوادگی همکاران اصلی: معصومه صالحی، مهدی شیران تفتی
- نام و نام خانوادگی مشاور(ان): –
- کارفرما: شرکت دانش بنیان زیست شیمی آزما رشد
- تاریخ شروع: اسفند ۱۴۰۲
- مدت اجرا: ۱ سال
- تاریخ اتمام: اسفند ۱۴۰۳

چکیده

مدیریت خاک‌های شـــور و ســـدیمی از دیدگاه حفاظت منابع آب‌وخاک و تأمین امنیت غذایی، اهمیت فراوانی دارد. تجمع و فزونی نمک‌ها در خاک از رشـــد و نمو گیاه جلوگیری نموده و به‌طور مســـتقیم بر عملکرد گیاه تأثیر می‌نهد. این پژوهش به‌منظور بررســـی چگونگی اثر ماده اصـــلاحگر اکســـالتر شـــرکت زیست‌شیمی آزما رشد بر مدیریت خاک‌های شور و سدیمی تحت کشت گیاه کینوا در شرایط مزرعه‌ای انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل دو سطح غلظت ماده اصلاحگر (۰/۵ و ۱ لیتر در هزار متر) و سه سطح شـــوری (۵، ۱۰ و ۱۵ دســـی‌زیمنس بر متر) بود. پارامترهای مورد بررســـی در انتهای فصـــل رشـــد شـــامل ویژگی‌های شیمیایی خاک (هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، فسفر کل، فسفر قابل جذب و ظرفیت تبادل کاتیونی) و خصوصیات عملکردی گیاه کینوا بود. نتایج نشان داد که ماده اکسالتر در کاهش شوری می‌تواند مؤثر واقع شـود و با کاهش شـوری خاک در ناحیه توسعه ریشه موجب افزایش عملکرد تولیدی گردد. در تحقیق حاضر در سطح شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر آب آبیاری بیشترین اثربخشی در کاهش شوری و همچنین افزایش عملکرد مشاهده شد به‌طوری‌که متوسط شوری ناحیه توسعه ریشه در این سطح شـــوری آب آبیاری میزان شـــوری به‌طور متوســـط ۳۲ درصـــد (۴ واحد کاهش) کاهش یافت و میزان زیســـت‌توده و عملکرد دانـه تولیدی نیز به ترتیب به میزان ۱۶ و ۱۴ درصـــد افزایش داشـــت. نتایج کلی نشان‌دهنده بهبود برخی خصـوصـیات شـیمیایی خاک در اثر استفاده از ماده اصلاح‌گر اکسالتر و افزایش عملکرد ناشی از بهبود این ویژگی‌ها بود.

واژگان کلیدی: اصلاح خاک، شوری، کینوا، مدیریت خاک شور.

فهرست مطالب

عنوان شماره صفحه

چکیده ..... أ
مقدمه ۱
بررسی منابع ۵
مواد و روش‌ها ۱۱
نتایج و بحث ۱۳
تغییرات هدایت الکتریکی خاک ۱۳
تغییرات نسبت جذب سدیم خاک ۱۵
تغییرات فسفر قابل جذب خاک ۱۸
عملکرد زیست‌توده ۲۰
عملکرد دانه ۲۲
نتیجه‌گیری ۲۴
پیشنهادات ۲۵
منابع مورد استفاده ۲۶

مقدمه

افزایش جمعیت و نیاز به غذا از یک طرف و محدودیت استفاده از منابع آب متعارف و توسعه تدریجی شوری منابع آب و خاک از طرف دیگر سبب شده است که راهکارها و اقدامات پایدار تولید در منابع آب و خاک نامتعارف (شور) اهمیت دوچندان پیدا کنند (فائو، ۲۰۱۱) .کشور ایران با چالش‌های فراوانی از گسترش زمین‌های شور و سدیمی و تخریب اراضی کشاورزی مواجه است. از آنجایی وجود نمک‌ها محلول اضافی خاک در منطقه ریشه می‌تواند مشکلاتی از قبیل کاهش جذب آب توسط گیاه به دلیل کاهش پتانسیل اسمزی محلول خاک و تخریب ساختمان خاک به دلیل سدیم تبادلی مازاد داشته باشد و نیز مسمومیت برای گیاه ایجاد نماید، موضوع مدیریت خاک‌های شور و شور- سدیمی حائز اهمیت فراوانی است.

هنگامی‌که سطح شوری در خاک بسیار بالا باشد، گیاهان تحت تنش اسمزی قرار می‌گیرند، به این معنی که برای جذب و تعرق آب سخت‌تر کار می‌کنند. با افزایش غلظت نمک در اطراف ریشه، اختلاف املاح کمتری بین شیره ریشه و آب خاک وجود دارد که توانایی ریشه در مکش آب توسط اسمز را کاهش می‌دهد.

تحقیقات اخیر نشان داده است که خاک متأثر از نمک منجر به عملکرد کمتر و همچنین مصرف آب کمتری می‌شود. علیرغم نیاز به آب بالقوه کمتر در طول فصل رشد، باغ‌های متأثر از نمک به آب اضافی برای شستشوی نمک از ناحیه ریشه در طول دوره خواب نیاز دارند. بنابراین، برای محاسبه مقدار کلی آب مورد نیاز برای تولید یک محصول در مناطق متأثر از نمک‌ها، باید نیاز آبشویی را در نظر گرفت.

مواد بهساز خاک و آب، نفوذ آب به خاک را بهبود می‌بخشد و جزء مهمی از برنامه احیا برای کاهش نمک در ناحیه ریشه است. نمونه‌برداری و تجزیه و تحلیل آب و خاک باید قبل از آبشویی انجام شود تا مشخص شود در صورت نیاز به چه مواد اصلاح‌کننده‌ای نیاز است. مواد اصلاح‌کننده منبعی از کلسیم (Ca^{2+}) برای جایگزینی سدیم (Na^{+}) و حذف آن از ناحیه ریشه فراهم می‌کنند. این فرایند را می‌توان با استفاده مستقیم از کلسیم محلول (معمولاً به صورت گچ) یا با استفاده از مواد اسیدی که با کلسیم متصل شده توسط بی‌کربنات HCO_3^- یا آهک خاک واکنش داده و موجب انحلال یون کلسیم می‌شود، انجام داد.

ترکیبی از هر دو اصلاح‌کننده می‌تواند سودمند باشد. سولفات به سدیم متصل می‌شود و ترکیبی را تشکیل می‌دهد که به‌راحتی از خاک شسته می‌شود، درحالی‌که کلسیم جای سدیم را روی سطح ذرات خاک می‌گیرد و سدیم وارد فاز محلول می‌گردد. به‌طورکلی مقدار فراوانی از یون کلسیم برای جانشینی یون‌های سدیم مورد نیاز است. با این حال، از آنجایی که اصلاح‌کننده‌ها به خاک نمک اضافه می‌کنند، مقدار افزایش بیش از حد به یکباره می‌تواند به تنش اسمزی که جذب آب توسط درختان را محدود می‌کند، بیفزاید. همچنین، هر گونه کلسیم اضافی اعمال شده بدون جایگزینی سدیم، بسته به شرایط خاک، پتانسیل تشکیل رسوب برای تشکیل آهک یا حتی شستشو با آب آبیاری را دارد.

اصلاح‌کننده مناسب یا ترکیب صحیحی از اصلاح‌کننده‌ها تا حد زیادی به نوع خاک، pH، تعادل سدیم با کلسیم و منیزیم و اینکه آیا مقادیر قابل توجهی بی‌کربنات و آهک در آب و خاک وجود دارد، بستگی دارد. گچ به‌عنوان متداول‌ترین ماده تأمین‌کننده کلسیم، به دلیل آزادسازی نسبتاً آهسته کلسیم محلول برای بهبود مستمر نفوذ و فراهم کردن منبعی از مواد مغذی گیاهی ارزشمند است.

توجه به این نکته مهم است که دما و رطوبت خاک تا حد زیادی بر فعالیت میکروبی و تبدیل موفقیت آمیز اصلاح‌کننده اسیدی به گچ تأثیر می‌گذارد. خاک مرطوب با دمای بالاتر از ۱۳ درجه سانتی‌گراد به مدت یک تا دو هفته برای انجام واکنش مورد نیاز است. شرایط بهینه خاک برای این فرایند، حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد است. بنابراین، کاربرد پاییزی گوگرد احتمالاً مزایای شستشوی سدیم را در فصل رشد بعدی به‌جای دوره خواب که معمولاً استفاده می‌شود، را افزایش می‌دهد. اسید سولفوریک و سایر اسیدهای مایع مبتنی بر سولفات مانند سولفات اوره، گچ را در حضور منبع آهک، مستقل از شرایط دما و رطوبت تولید می‌کنند و نیازی به اکسیداسیون میکروبی ندارند. علاوه بر حذف سدیم، اسید سولفوریک به انحلال بی‌کربنات در خاک و آب بسیار سدیمی، کمک می‌کند.

استفاده از مواد آلی، ازجمله کمپوست، مالچ و گیاهان پوششی، آخرین توصیه‌ها برای اهداف اصلاح خاک است. مواد آلی فعالیت میکروبی را افزایش می‌دهد و منجر به خاکدانه‌سازی و بهبود نفوذ می‌شود و می‌تواند اثربخشی سایر اصلاح‌کننده‌ها را افزایش دهد.

کمپوســت‌ها و مالچ‌ها نیز می‌توانند منابع نمک باشــند که می‌تواند با نمک‌های آب آبیاری تجمع یابند. بنابراین، تجزیه آزمایشــگاهی این مواد قبل از اســتفاده توصــیه می‌شــود. تحقیقات نشــان داده که گیاهان پوششی نفوذ آب را بهبود می‌بخشند، خاک را از سله سطحی محافظت می‌کنند و در برخی موارد به میزان قابل‌توجهی سطح سدیم خاک را کاهش می‌دهند.

طبق کاتالوگ شــرکت دانش بنیان "زیســت شیمی آزما رشد" محصول "اکسالتر" کیلیترین حاوی مقدار قابل توجهی از اسیدها و مولکول های آلی حاصل از تخمیر میکروارگانیسم های مفید است و نقش اصلی در بهبود ســاختار خاک و آزادســازی کمپلکس های خاک و در نتیجه بقای بیشــتر موجودات خاکزی و حفظ اکوسیستم خاک را ایفا می کند. اکسالتر برای اصلاح آب کشاورزی، تنظیم پی اچ و ایی سی آب آبیاری و محلولپاشی نیز بسیار موثر است و کاربرد دارد. از سوی دیگر وجود سایر ترکیبات مفید از جمله اسید هیومیک، اسید فولویک، عصاره جلبک دریایی، اسیدهای آمینه، ویتامین ها، عناصر میکرو و ماکرو و عصــاره های گیاهی می تواند ترکیب غذایی بســیار ارزشــمندی برای گیاهان محســوب شــود. این ماده دارای ۲/۵ درصد نیتروژن کل، ۲ درصد نیتروژن آلی، ۰/۵ درصد نیتروژن اوره ای، ۲/۵ درصد فسفر قابل استفاده، ۲/۵ درصد کلات پتاسیم محلول، ۲۵ درصد ماده آلی، ۱۵ درصد کربن آلی، کلات مولیبدن ۰/۱ درصد، کلات مس ۰/۰۹ درصد، کلات بور ۰/۰۳ می‌باشد.

کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.) از خانواده Amaranthaceae بوده و یک گیاه امیدبخش برای تأمین کالری مورد نیاز از طریق کشــت در اراضــی کم بازده و شور می‌باشد. طبق مستندات موجود، کینوا یک گیاه شــورزیســت اختیاری اســت و کشــت آن تا شــوری ســطح دریا امکان‌پذیر اســت (آدولف و همکاران، ۲۰۱۲؛ جاکوبسن و همکاران، ۲۰۰۱). این گیاه بومی کوه‌های آند در بولیوی، شیلی و پرو است و بنام دانه مادر، خاویار گیاهی و برنج اینکا هم معروف است. کینوا در طی ۵۰۰۰ سال به‌طور مداوم مورد تغذیه مردم آن مناطق در کشــورهای: پرو، بولیوی، اکوادور و شــیلی بوده اســت. کینوا گیاهی با ارزش غذایی مطلوب و پتانسیل بالای رشد و تولید در شرایط نامساعد محیطی است. ایران دارای تنوع اقلیمی فراوانی اســت و به‌عنوان مثال کشت کینوا از نظر تولید به‌خصوص در مناطق جنوبی موجب ایجاد تنوع در

محصـولات زراعی و تولید پایدار و ایجاد افزایش درآمد کشاورزان و امنیت غذایی خواهد شد (بیرامی و همکاران، ۱۴۰۲).

با توجه به بررسی‌های پیشین میزان شوری و نسبت جذب سدیم بالای موجود در خاک‌ها مانع تولید پایدار و از بین رفتن امنیت غذایی و همچنین از بین رفتن منابع پایه خاک خواهد شـــد. ازاین‌رو، در این پژوهش اثربخشی تیمار ماده اصلاح‌کننده اکسالتر بر شوری خاک و عملکرد گیاه کینوا مورد بررسی قرار گرفت.

بررسی منابع

شوری یکی از عوامل بسیار مخرب زیست‌محیطی است که بر میزان بهره‌وری محصولات کشاورزی اثر محدودکننده دارد. سالانه هزینه خسارات ناشی از شوری به بخش کشاورزی به‌طور محافظه‌کارانه حدود ۱۲ میلیارد دلار تخمین زده‌شده است (قاسمی و همکاران، ۱۹۹۵). در ایران نیز تقریباً نیمی از کل اراضی قابل‌کشت متأثر از درصدهای مختلف شوری بوده که تأثیر عمده‌ای بر میزان عملکرد در واحد سطح گذاشته است. این مسئله سالانه منجر به کاهش بیش از ۱ میلیارد دلار درآمد اقتصادی شده است (قدیر و همکاران، ۲۰۰۸).

شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک کشور، تشکیل و توسعه روزافزون خاک‌های شور و سدیمی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک را افزایش داده است .علت گرایش خاک‌ها به سمت شور و سدیمی شدن براثر دودسته از عوامل طبیعی و غیرطبیعی است که هر دو عامل می‌توانند تحت تأثیر مستقیم عوامل مکانی و زمانی دامنه‌ی تغییرات گسترده‌ای را داشته باشند (پذیرا و همائی، ۲۰۱۰) .از طرفی دیگر افزایش روزافزون استفاده از کودها و سموم کشاورزی موجب تشدید شوری و همچنین افزایش نمک‌های محلول و یون‌های تبادلی گردیده است .همچنین از دیدگاه مصرف آب خاک‌های شور نیاز به آب بیشتری نسبت به خاک‌های غیر شور دارند؛ بنابراین بهسازی این خاک‌ها هم ازلحاظ حفاظت بهینه منابع آبی کشور و هم بهره‌برداری پایدار از خاک‌های شور حائز اهمیت است (نوشادی و مهرابی، ۱۳۹۳).

افزایش عملکرد محصول در خاک‌های شور با کاربرد روش‌های مناسب آبشویی و اصلاح خاک امکان‌پذیر می‌باشد (پراپاگار و همکاران، ۲۰۱۲) .

در بسیاری از پژوهش‌ها به کاربرد اعماق متفاوت از آب جهت آبشویی نمک‌ها محلول از خاک اشاره شده است که این میزان آب متناسب با درجه شوری خاک، خصوصیات و عمقی از خاک که نیاز به اصلاح دارد، تعیین می‌گردد .از سوی دیگر در برخی خاک‌ها آبشویی بدون کاربرد مواد اصلاح‌کننده منجر به سدیمی شدن خاک شده و متعاقباً ساختار خاک تخریب می‌گردد (خوسلا و همکاران ۱۹۷۹) . برای اصلاح این خاک‌ها باید هم‌زمان کلسیم جایگزین سدیم تبادلی شده و سدیم جایگزین شده با آبشویی از ناحیه ریشه و نیم‌رخ خاک خارج شود.

جهت اصلاح خاک از مواد شیمیایی متعددی نظیر کلرید کلسیم ($CaCl_2.2H_2O$)، اسید سولفوریک (H_2SO_4)، پیریت(FeS_2)، گوگرد عنصری (S)، سولفات آهن ($FeSO_4.7H_2O$)، سولفات آلومینیم ($Al_2(SO_4)_3.18\ H_2O$)، پلی سولفید کلسیم (CaS_5)،آهک($CaCO_3$) استفاده شده است (فائو – یونسکو، ۱۹۷۳).

در اغلب نقاط جهان گچ و اسیدسولفوریک به‌عنوان دو ماده اصلاح‌کننده رایج برای اصلاح خاک می‌باشند .گچ دارای حلالیت متوسط بوده و به دلیل قیمت کم و قابل‌دسترس بودن، به‌طور گسترده استفاده می‌شود (غرایبه و همکاران، ۲۰۰۹). استفاده از مواد اصلاح‌کننده اسیدی مانند اسیدسولفوریک نیز می‌تواند برای تسریع حلالیت آهک و اصلاح خاک‌های آهکی مؤثر باشد. در این خاک‌ها کربنات کلسیم به‌آرامی حل‌شده و کلسیم را برای فرایند اصلاح این خاک‌ها عرضه می‌کند (اوستر و همکاران، ۱۹۹۶).

عمق آب لازم برای آبشویی نمک‌های خاک به میزان شوری اولیه، بافت و عمق خاک، گیاه انتخابی برای الگوی کشت و روش آبشویی بستگی دارد (کونوکجو و همکاران، ۲۰۰۵؛ کوروین و همکاران، ۲۰۰۷). به‌طورکلی اصلاح خاک‌های شور و سدیمی کار پیچیده‌ای بشمار نمی‌رود زیرا با به‌کارگیری مقدار موردنیاز آب آبشویی به همراه مواد اصلاح‌کننده با کیفیت مناسب می‌توان نمک‌های اضافی را از نیمرخ خاک آبشویی نمود، مگر اینکه ویژگی‌های زهکشی داخلی خاک به هر دلیلی نامناسب یا بافت خاک بسیار سنگین باشد .بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که پیش‌نیاز موفقیت در برنامه‌های اصلاح و آبشویی خاک‌های شور و سدیمی به شرایط مطلوب زهکشی خاک‌ها بستگی دارد (پذیرا و کشاورز، ۱۹۹۸؛ رجبزاده و همکاران، ۱۳۹۰) .

۶/۸ میلیون هکتار از اراضی قابل‌کشت در ایران دارای محدودیت شوری است و ازاین‌رو ایران در فهرست کشورهای در معرض تهدید از لحاظ شوری قرار دارد .اصلاح خاک‌های شور و سدیمی با توجه به ازدیاد جمعیت و محدود بودن منابع خاکی به‌وسیله روش‌های مناسب مانند آبشویی (الیاس آذر ۲۰۰۲) و یا افزودن اصلاحگرهای آلی (هانای و همکاران ۲۰۰۴، والکر و برنال ۲۰۰۸) یا شیمیایی (موراوکو و دوس سانتوس ۲۰۰۶) امری ضروری است .روش سنتی اصلاح خاک‌های سدیمی بر مبنای افزودن یک منبع

کلسیم مانند گچ یا کلرید کلسیم استواراست (کلارک و همکاران ۲۰۰۷) .علیرغم فواید استفاده از مواد شیمیایی مذکور، هزینه بالا و خطرات زیستمحیطی (ازجمله آلودگی آب‌های زیرزمینی) استفاده از آن‌ها را محدود کرده است (لی و کرن ۲۰۰۹).

نتایج کلارک و همکاران (۲۰۰۷) نشان داد که کاربرد گچ به‌عنوان اصلاحگر خاک سدیمی به میزان یک درصد وزنی باعث کاهش درصد سدیم تبادلی (ESP) ۲۰/۷ به ۱۰/۵ درصد گردید ولی در مقابل سبب افزایش هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک به میزان چهار تا پنج برابر شد که محدودیت رشد ریزجانداران و کاهش تنفس خاک را به دنبال داشت .خاک‌های شور و سدیمی حاوی مقادیر زیاد آهک در نواحی خشک و نیمه‌خشک جهان گسترش زیادی دارند .در این شرایط آهک خاک می‌تواند به‌آرامی حل‌شده و کلسیم موردنیاز برای اصلاح خاک سدیمی را فراهم کند (اوستر ۱۹۸۲، صباغ تازه و همکاران ۱۴۰۰). ازآنجایی‌که انحلال آهک بومی خاک کم است، معمولاً به‌طور هم‌زمان از یک ماده اسیدی یا اسیدزا مثل اسیدسولفوریک (صادق و همکاران ۲۰۰۷) و یا مواد آلی (لی و کرن ۲۰۰۹) استفاده می‌شود. با توجه به شرایط متفاوت اقلیمی و تنوع ساختار و بافت خاک‌ها، انجام آزمایش‌های آبشویی به‌صورت پایلوت در هر منطقه و سپس تعمیم نتایج آن به‌ویژه در شرایطی که خاک‌های منطقه همگن باشند منجر به حصول نتایج مطلوب در دستیابی به اطلاعات مورد نیاز از برنامه‌های اصلاح خاک خواهد شد (برزگر، ۱۳۸۷).

صادق و همکاران (۲۰۰۷) به بررسی تأثیر عملیات خاک‌ورزی و کاربرد اسیدسولفوریک بر مقدار محصول تولیدی و خصوصیات خاک طی مدت‌زمان دو سال در سه مزرعه دارای خاک شور - سدیمی پرداختند .نتایج حاکی از افزایش مقدار محصول برای هر دو حالت کاربرد اسید و انجام عملیات خاک‌ورزی بود .ایشان استفاده از اسیدسولفوریک را به دلیل راهکار سریع اصلاح خاک و افزایش مقدار محصول تولیدی پیشنهاد نمودند.

قانعی مطلق و همکاران (۱۳۸۹) به بررسی تأثیر چند ماده اصلاحی از جمله گچ، اسیدسولفوریک و گوگرد بر روی خصوصیات خاک‌های شور - سدیمی پرداختند .نتایج مطالعه ایشان نشان داد که کاربرد

گچ و اسیدسولفوریک مقدار کاتیون‌های کلسیم و منیزیم را افزایش و سدیم را کاهش می‌دهد .همچنین برای اصلاح خاک سطحی استفاده از اسیدسولفوریک و گچ را پیشنهاد نمودند.

ویلیامز و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که مدیریت صحیح سامانه‌های زهکشی با کاربرد دقیق مقدار آب آبشویی باعث کاهش میزان زهاب خروجی شده و به‌تبع آن، اثرات زیان‌بار زیست‌محیطی مواد موجود مانند نیترات و فسفات به‌طور چشمگیری کم می‌شود.

بزانه و رضایی (۱۳۹۶) در پژوهشی به ارزیابی اصلاح خاک‌های شور و سدیمی، تیمارهای مختلف آبشویی با آب خالص و آب‌اسیدی در اراضی شبکه آبیاری و زهکشی مهاباد در استان آذربایجان غربی پرداختند .نتایج نشان‌دهنده تغییر کلاس شوری و قلیائیت خاک از S ۲A۳ (شوری زیاد و قلیائیت نسبتاً زیاد) به S ۱A۱ (شوری و قلیائیت کم) پس از انجام آبشویی می‌باشد .در تمامی تیمارها اختلاف بین استفاده از آب خالص و اسیدی معنی‌دار شد که نشان از عملکرد مؤثر ماده اصلاحی دارد .آنان پیشنهاد نمودند که برای استفاده بهینه آب، از تیمار ۵۰ سانتیمتر آب‌اسیدی برای اصلاح خاک‌های منطقه استفاده شود.

حسن تبارشوبی و همکاران (۱۳۹۷)، اصلاح خاک شور-سدیمی دارای بافت رسی به وسیله کربن آلی محلول را در منطقه کرفون واقع در استان مازندران مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از آنالیز خاک درون ستون‌های خاک پس از آزمایش آبشویی نشان داد که در تمامی خاک های تیمار شده با کربن آلی محلول، هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم نسبت به خاک شاهد کاهش یافت، که بیشترین میزان کاهش مربوط به خاک های تیمار شده با ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر کربن آلی محلول عصاره باگاس بود.

دلالیان و همکاران (۱۴۰۰) بررسی آزمایشگاهی تأثیر اصلاح گرهای آلی بر فرایند آبشویی خاک های شور و سدیمی با استفاده از دو اصلاح گر آلی پرمرغ و هومات پتاسیم همراه با آبشویی را انجام دادند. نتایج آنان نشان داد که اصلاح گر هومات پتاسیم، موجب کاهش OC، Ks و پر مرغ موجب افزایش CEC و WAS و کاهش ESP خاک گردید. آنان در کل اصلاح گر پرمرغ (با درصد وزنی ۰/۷۵) همراه با آبشویی برای اصلاح خاک های شور و سدیمی را پیشنهاد دادند.

نوری و همکاران (۱۳۹۹) اصلاح برخی ویژگی های شیمیایی یک خاک شور و سدیمی طی افزودن سطح پنج درصد وزنی بقایای یونجه و دو نوع بیوچار تولید شده از باگاس نیشکر و پوست گردو به صورت مستقل و همزمان با گچ، سولفات آلومینیم و مخلوط این دو را بررسی نمودند. این پژوهش در سه تکرار در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی به صورت گلدانی انجام شد. نتایج انان بیانگر این بود که در مجموع، به نظر می رسد که اثرات اصلاحی تیمارهای آلی و معدنی مورد استفاده تکمیل کننده یکدیگر هستند و از این رو، کاربرد همزمان آنها نه تنها ویژگی های نامطلوب شیمیایی خاک های شور و سدیمی را بهبود می دهد، بلکه افزایش کیفیت حاصلخیزی این خاک ها را نیز رقم می زند.

تیرانداز و همکاران (۱۳۹۷) بررسی آزمایشگاهی اصلاح یک خاک شور-سدیمی با استفاده از ستون های آبشویی را مورد بررسی قرار دادند. مواد آلی و گچ برای اصلاح نمونه خاک در شرایط ستون آبشویی انجام شد. نمونه خاک از اراضی رها شده کشاورزی در حاشیه غربی دریاچه ارومیه انتخاب شده بود. نتایج تحقیق آنان نشان داد که مقدار هدایت الکتریکی نمونه خاک پس از آبشویی صرف نظر از نوع تیمار، به زیر حد بحرانی ۴ دسی زیمنس بر متر رسید که نشان دهنده کارایی آبشویی برای حذف نمک های محلول از پروفیل خاک است. در مجموع استفاده از گچ به همراه ماده آلی برای اصلاح موثر خاکهای منطقه توصیه می شود.

جعفری و همکاران (۱۳۹۳) بیان نمودند که استفاده از باکتری‌های ریزوسفری مقاوم به شوری یک راهبرد مؤثر برای تسهیل رشد گیاهان در خاک‌های شور می‌باشد. هدف مطالعه آنان بررسی تأثیر دو جدایه باکتری ریزوسفری مقاوم به شوری بر ارتقاء رشد جو در خاک‌های شور می‌باشد. نتایج نشان‌دهنده تأثیرات بهبودبخشنده‌ی باکتری‌هایریزوسفری مقاوم به شوری را بر کاهش اثرات منفی ناشی از تنش شوری در جو بود.

صفدریان و همکاران (۱۳۹۶) گزارش نمودند که میکروارگانیسم‌های هالوفیل (نمک‌دوست) و هالوتولرانت (تحمل‌کنندهٔ نمک (گروهی از افراطی پسندها که قادر به رشد در محیط واجد نمک سدیم‌کلراید هستند و برای زندگی در محیط‌های شور تطابق یافته‌اند. وجود باکتری‌های نمک‌دوست در

خاک‌های شـــور ازطریق حفظ چرخهٔ غذایی، تجزیهٔ مواد آلی و بهبود ســـاختمان و حاصـــلخیزی خاک شـرایط خاک را بهبود می‌بخشـد. در مطالعهٔ حاضـر جدایه‌های جداشده به‌دلیل رشد در غلظت‌های اشباع نمک و تحمل شـرایط سـخت محیطی، باکتری‌های تحمل‌کنندهٔ شـوری و یا احتمالاً نمک‌دوست است و پتـانســـیـل اســـتفـاده در زمینه‌های مختلف بیوتکنولوژیکی ازجمله تولید آنزیم‌هایی صـــنعتی و کودهای بیولوژیکی برای اصلاح خاک‌های شور را دارد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌منظور بررسی چگونگی اثر ماده اصلاحگر اکسالتر بر برخی پارامترهای شیمیایی خاک و عملکرد گیاه کینوا در مزرعه تحقیقات شوری صدوق مرکز ملی تحقیقات شوری انجام گردید.

بدین منظور گیاه کینوا در ابتدای اسفندماه سال ۱۴۰۲ به‌صورت بذری کشت گردید. سیستم آبیاری تعبیه‌شده برای آبیاری سیستم قطره‌ای تیپ بود. تیمارهای شوری آب آبیاری با استفاده از اختلاط آب شور با آب فاقد شوری در سه سطح شوری (۵، ۱۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر) ایجاد و برای آبیاری استفاده شد.

همچنین در کنار تیمار شاهد (بدون استفاده از اصلاحگر اکسالتر)، دو سطح غلظت ماده اصلاحگر (۰/۵ و ۱ لیتر در هزار متر) از اکسالتر به‌عنوان تیمار ماده اصلاحگر در نظر گرفته شد و پس از مرحله سبز شدن در مزرعه اعمال گردید. در انتهای فصل رشد برداشت کینوا به‌صورت دستی و در شبکه‌های یک‌دریک متر در سه تکرار انجام گرفت. همچنین نمونه‌برداری خاک نیز از عمق صفر تا ۴۰ سانتی‌متری نیز در سه تکرار جهت مقایسه اثر اصلاحگر نسبت به شاهد در هر یک از سطوح شوری و غلظت ماده اعمال شده انجام گردید.

پارامترهای مورد بررسی در انتهای فصل رشد شامل ویژگی‌های شیمیایی خاک (هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، فسفر کل، فسفر قابل جذب و ظرفیت تبادل کاتیونی) و خصوصیات عملکردی گیاه کینوا بود. تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام خواهد گرفت.

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

ویژگی	مقدار
شن (٪)	۵۶
سیلت (٪)	۲۶
رس (٪)	۱۸
کلاس بافت خاک	لوم شنی (SL)
ECe ($dS\ m^{-1}$)	۱۱/۸۳
pH	۸/۱۴
کربن آلی (٪)	۰/۳۶

شکل ۱- مزرعه کشت شده کینوا در میانه فصل رشد (آخر فروردین ماه سال ۱۴۰۳)

نتایج و بحث

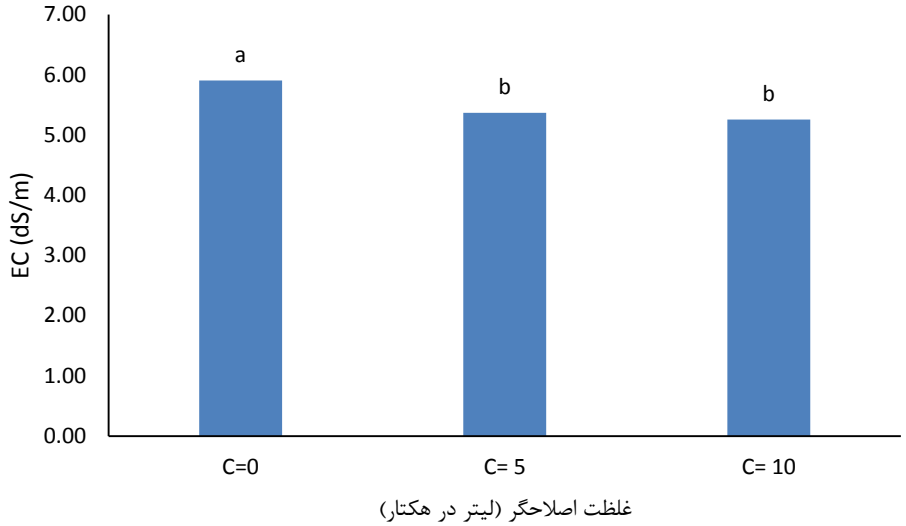
تغییرات هدایت الکتریکی خاک

تغییرات هدایت الکتریکی خاک (EC) در تیمارهای مختلف آب آبیاری با سه سطح شوری و غلظت‌های متفاوت ماده اصلاح‌کننده اکسالتر عمق توسعه ریشه گیاه کینوا (صفر تا ۴۰ سانتی‌متری) در شکل‌های ۲ تا ۴ نشان داده شده است.

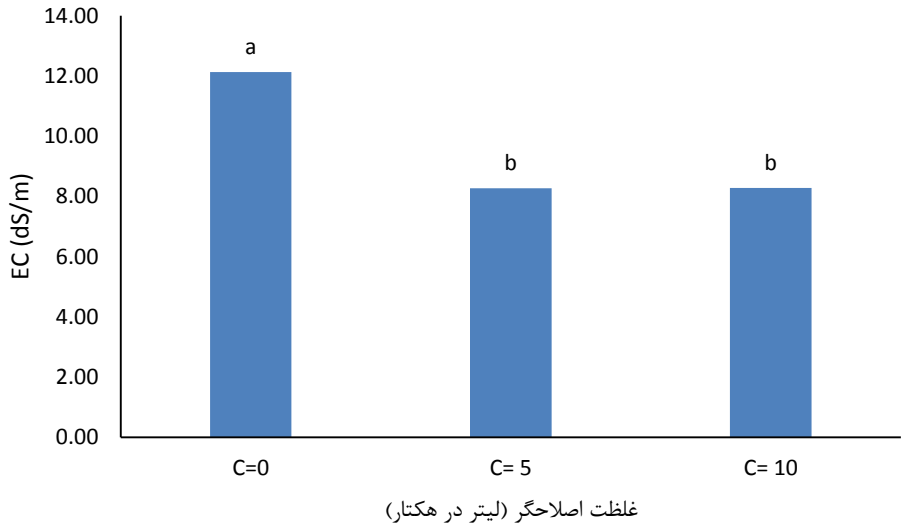
اثر ماده اکسالتر بر روی هدایت الکتریکی (EC) خاک در تیمار آب آبیاری شوری سطح ۵ دسی زیمنس (شکل ۲) نشان داد که اعمال ۵ و ۱۰ لیتر در هکتار از اصلاحگر اکسالتر موجب کاهش معنی‌دار EC خاک گردید. مقدار میانگین هدایت الکتریکی در تیمار ۵ و ۱۰ لیتر بر هکتار اکسالتر نسبت به تیمار شاهد (فاقد مواد اصلاحگر) به ترتیب حدود ۹ و ۱۱ درصد کاهش یافت.

همچنین بررسی اثر ماده اکسالتر بر روی هدایت الکتریکی (EC) خاک در تیمار آب آبیاری شوری سطح ۱۰ دسی زیمنس (شکل ۳) نشان داد که اعمال ۵ و ۱۰ لیتر در هکتار از اصلاحگر اکسالتر موجب کاهش معنی‌دار EC خاک گردید. مقدار میانگین هدایت الکتریکی در تیمار ۵ و ۱۰ لیتر بر هکتار اکسالتر نسبت به تیمار شاهد (فاقد مواد اصلاحگر) حدود۳۲ درصد کاهش یافت که معادل با کاهش ۴ واحدی در هدایت الکتریکی خاک بود.

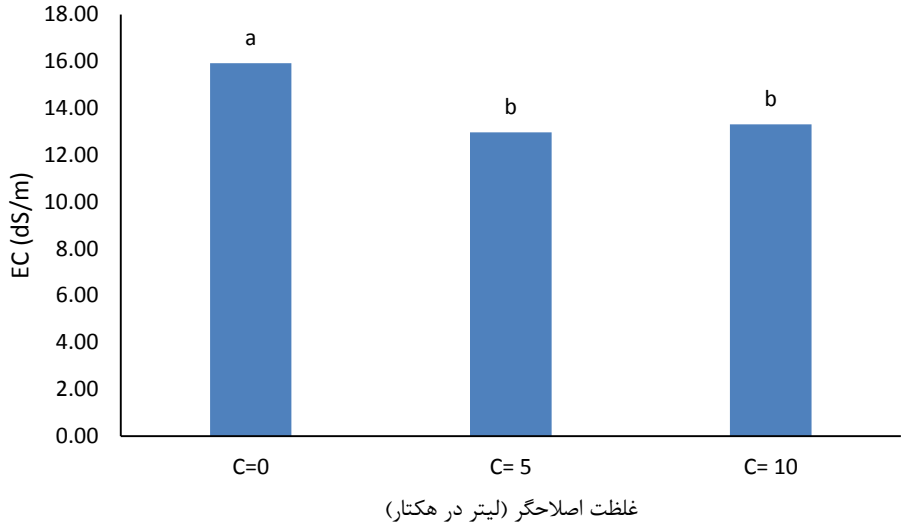
بررسی تغییرات هدایت الکتریکی ناشی اثر ماده اکسالتر بر روی هدایت الکتریکی (EC) خاک در تیمار آب آبیاری شوری سطح ۱۵ دسی زیمنس در شکل ۴ بیانگر آن بود که نشان داد که اعمال ۵ و ۱۰ لیتر در هکتار از اصلاحگر اکسالتر موجب کاهش معنی‌دار EC خاک نسبت به تیمار شاهدگردید. مقدار میانگین هدایت الکتریکی در تیمار ۵ و ۱۰ لیتر بر هکتار اکسالتر نسبت به تیمار شاهد (فاقد مواد اصلاحگر) به ترتیب حدود ۱۸/۵ و ۱۶/۴ درصد کاهش یافت.



شکل ۲- تغییرات هدایت الکتریکی در تیمارهای مختلف در شوری آب آبیاری ۵ دسی زیمنس بر متر



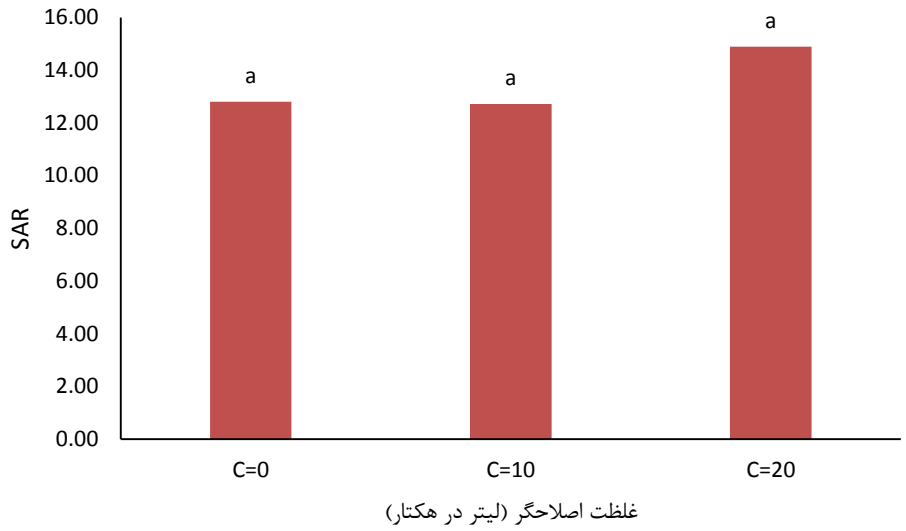
شکل ۳- تغییرات هدایت الکتریکی در تیمارهای مختلف در شوری آب آبیاری ۱۰ دسی زیمنس بر متر



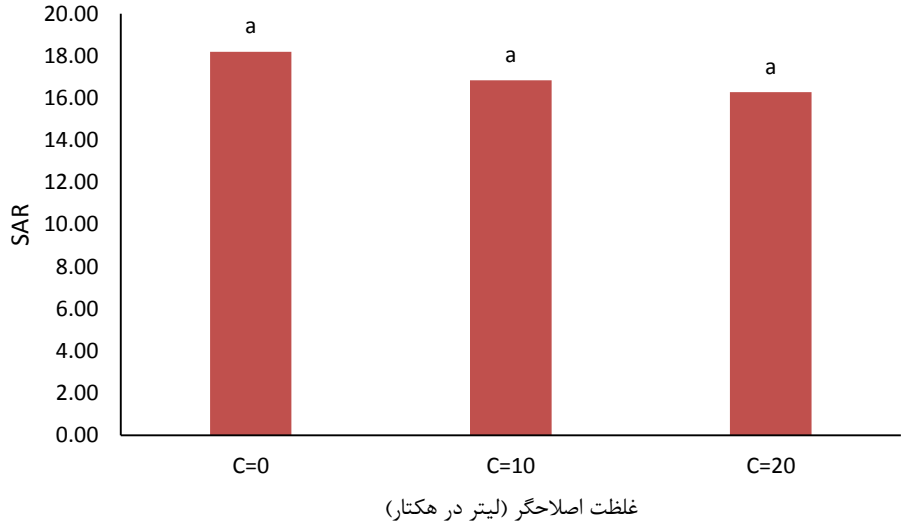
شکل ۴- تغییرات هدایت الکتریکی در تیمارهای مختلف در شوری آب آبیاری ۱۵ دسی زیمنس بر متر

تغییرات نسبت جذب سدیم خاک

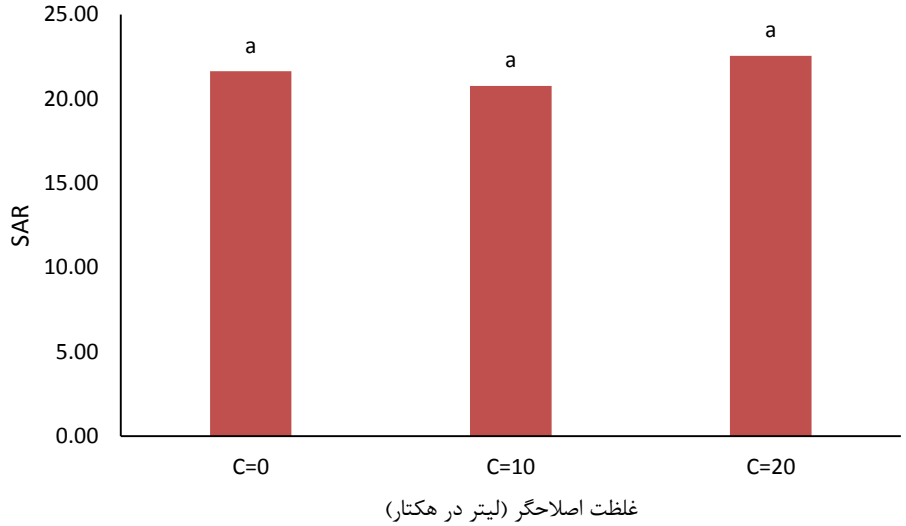
بررسی اعمال ماده اکسالتر بر روی نسبت جذب سدیم (SAR) خاک در تیمار آب آبیاری شوری در هر سه سطح ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی زیمنس در شکل‌های ۵ تا ۷ بیانگر آن بود که نشان داد که اعمال ۵ و ۱۰ لیتر در هکتار از اصلاحگر اکسالتر موجب تغییر معنی‌دار SAR خاک نسبت به تیمار شاهد نشد. دلیل این امر می‌تواند ناشی از کاهش یون سدیم، کلسیم و منیزیم به یک نسبت در خاک باشد که موجب تفاوت معنی‌داری در SAR خاک نشده است. به عبارتی کاهش میزان سدیم در خاک در نمونه‌های تجزیه شده مشاهده گردید، ولی به علت اینکه میزان کلسیم بعلاوه منیزیم نیز کاهش یافته بود و میزان این کاهش تقریبا مشابه هم بود بنابراین با توجه به معادله نسبت جذب سدیم ($SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+}+Mg^{2+}}{2}}}$) کاهش این پارامتر مشاهده نشد.



شکل ۵- تغییرات نسبت جذب سدیم در تیمارهای مختلف در شوری آب آبیاری ۵ دسی زیمنس بر متر



شکل ۶- تغییرات نسبت جذب سدیم در تیمارهای مختلف در شوری آب آبیاری ۱۰ دسی زیمنس بر متر



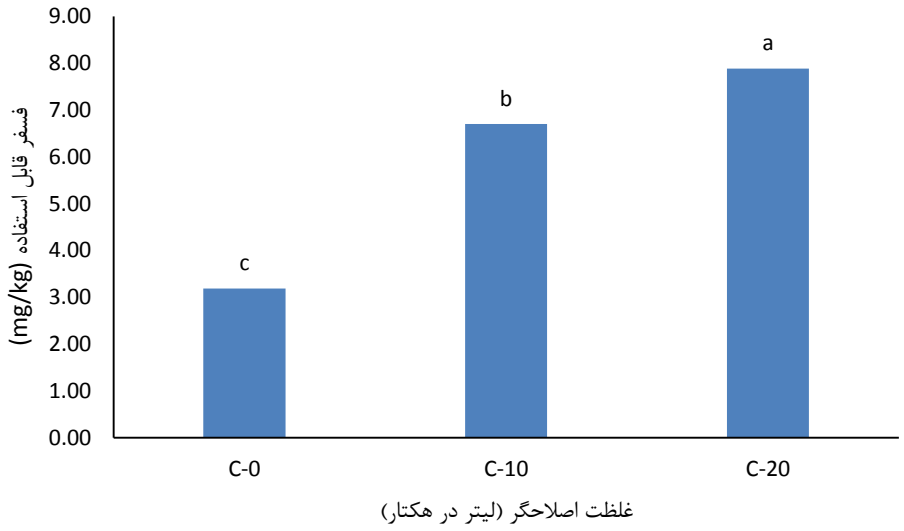
شکل ۷- تغییرات نسبت جذب سدیم در تیمارهای مختلف در شوری آب آبیاری ۱۵ دسی زیمنس بر متر

تغییرات فسفر قابل جذب خاک

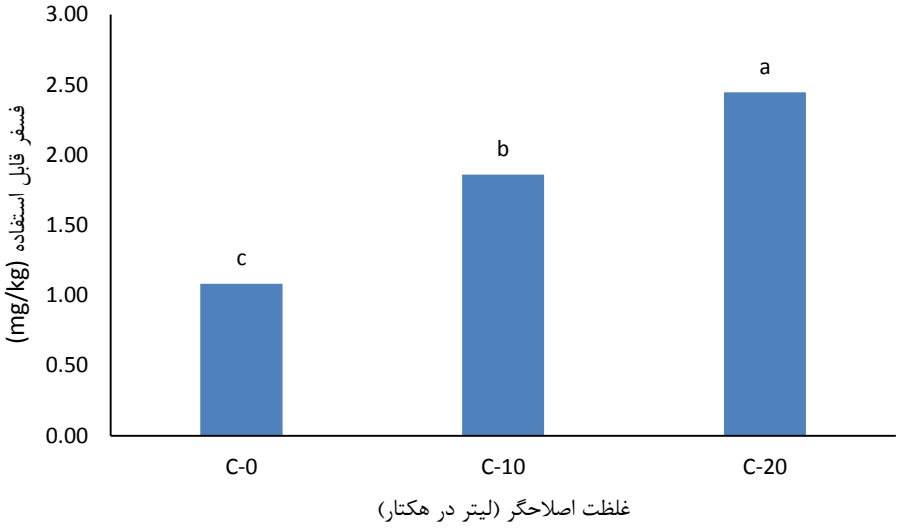
نتایج نشان دهنده این بود که در سطوح شوری ۵ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر بیشترین مقدار فسفر قابل‌جذب در اعمال غلظت ۱۰ لیتر در هکتار اصلاحگر اکسالتر و پس از آن در غلظت ۵ لیتر در هکتار این ماده نسبت به شاهد شد و در هر دو سطح نسبت به تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار وجود داشت (شکل‌های ۸ و ۹). در سطح شوری ۱۵ دسی زیمنس بر متر آب آبیاری تغییرات فسفر قابل جذب دارای نوسان بوده و بیشترین مقدار آن در غلظت ۵ لیتر در هکتار اکسالتر مشاهده گردید (شکل ۱۰).

مدنی و همکاران (۲۰۰۴)، در بررسی کاربرد کودهای شیمیایی فسفره و باکتری های حل کنندهٔ فسفات را در عملکرد دانهٔ کلزا بیان نمودند که استفاده از باکتری های حل کنندهٔ فسفات موجب تولید بافت رویشی در مراحل زایشی بذر خواهد شد و اختلاف معنی‌داری نسبت به استفاده از کودهای شیمیایی دارد.

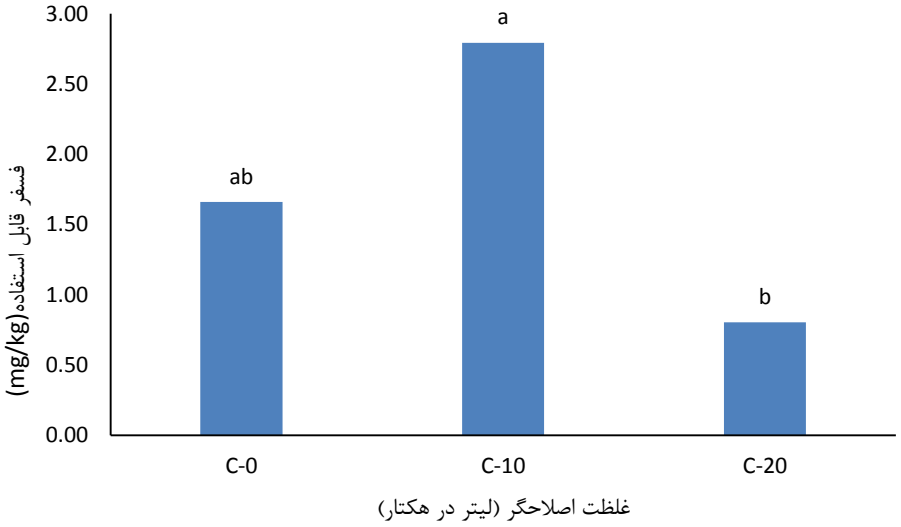
حل کنندگی فسفات صفت بسیار مهم محرک رشد گیاه است. در این فرآیند ریزجانداران حل کنندهٔ فسفات، فسفات نامحلول را حل و آن را در دسترس گیاهان قرار می دهد (کایه و باروس، ۲۰۰۴). محققانی نیز آزادسازی فسفات به وسیلهٔ باکتری ها را بررسی کردند. یافته های آنان نشان داد، مولکول های آلی با وزن مولکولی پایین باعث آزادسازی و حل شدن فسفات کانی می شود (پراساد، ۲۰۱۴).



شکل ۸- تغییرات غلظت فسفر قابل جذب خاک در تیمارهای مختلف در شوری آب آبیاری ۵ دسی زیمنس بر متر



شکل ۹- تغییرات غلظت فسفر قابل جذب خاک در تیمارهای مختلف در شوری آب آبیاری ۱۰ دسی زیمنس بر متر



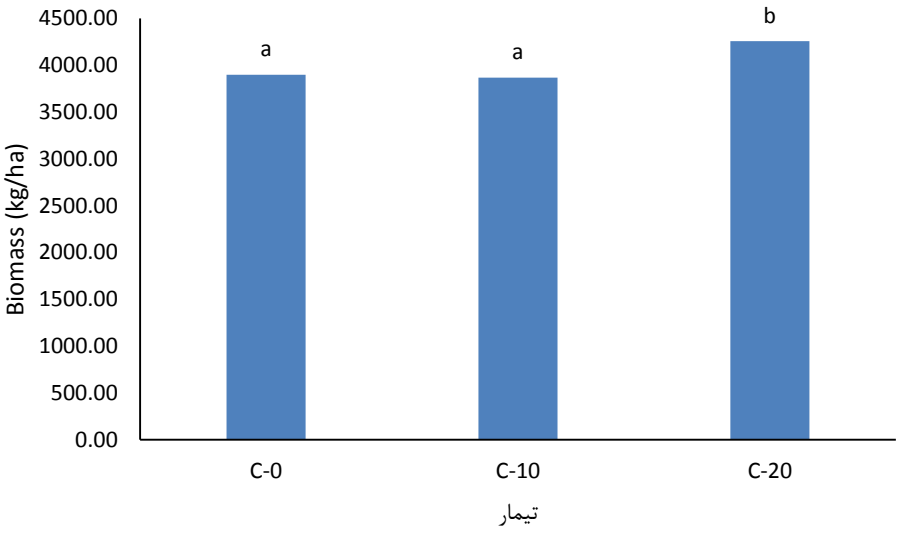
شکل ۱۰- تغییرات غلظت فسفر قابل جذب خاک در تیمارهای مختلف در شوری آب آبیاری ۱۵ دسی زیمنس بر متر

عملکرد زیست‌توده

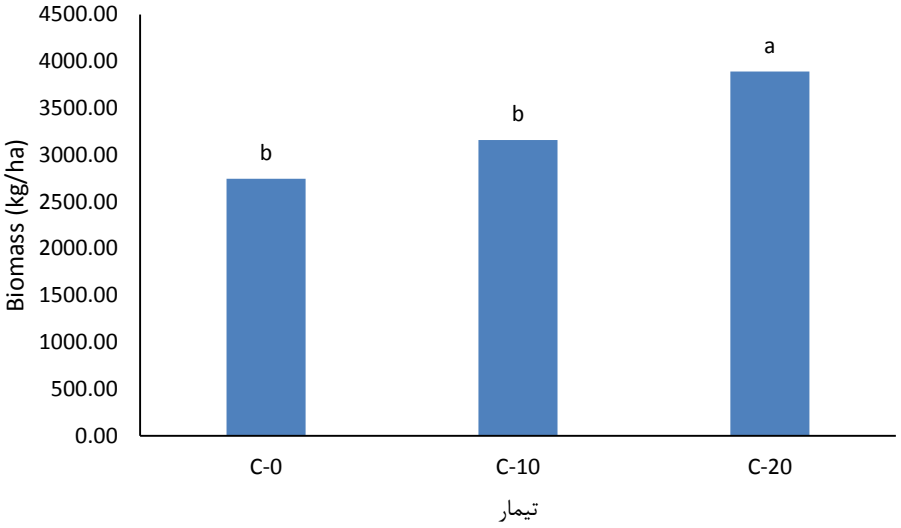
مقایسه اثر اصلاحگر اکسالتر در مقدار زیست‌توده کینوای تولیدی نشان داد که در سطوح شوری آب آبیاری ۵ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر میزان زیست‌توده تولیدی در غلظت ۱۰ لیتر در هکتار اکسالتر نسبت به شاهد دارای اختلاف معنی‌دار بوده و به ترتیب حدود ۹/۲ و ۱۶/۲ درصد افزایش زیست‌توده تولیدی نسبت به شاهد مشاهده شد (شکل‌های ۱۱ و ۱۲). در سطح شوری آبیاری ۱۵ دسی زیمنس بر متر اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد (شکل ۱۳).

برخی محققان مانند امینی حاجی‌آبادی و همکاران (۱۴۰۰)، در تحقیقات خود در استفاده از تلقیح با باکتریهای شورپسند مشاهده نمودند که بیومس کل گندم رقم نارین در تیمارهای تحت تنش شوری تلقیح شده با جدایه باکتری‌ها ۱۶ تا ۶۰ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت.

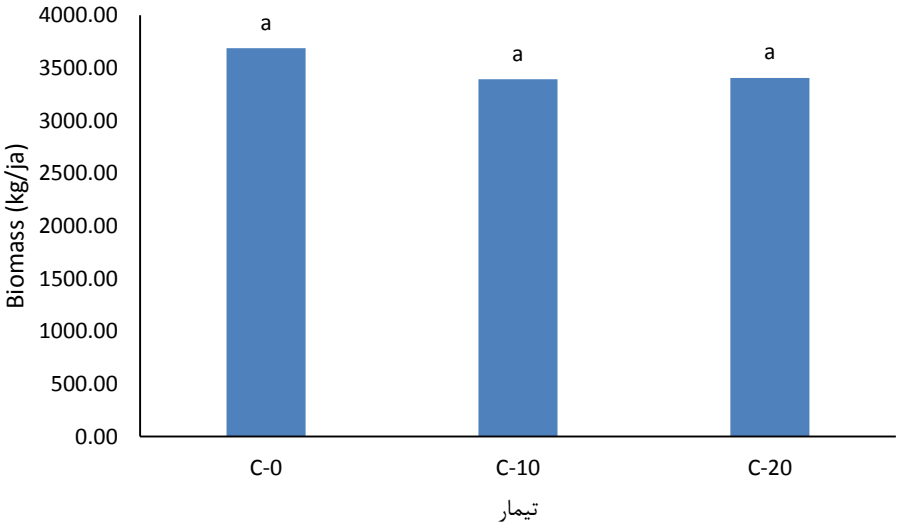
یکی از دیگر دلایل افزایش وزن زیست توده در تیمارهای استفاده از ماده اکسالتر می‌تواند ناشی افزایش فسفر قابل جذب باشد که صفت بسیار مهم در تحریک گیاه است. در این فرآیند میکروارگانسیم‌ها حل کنندهٔ فسفات، فسفات نامحلول را حل و آن را در دسترس گیاهان قرار می دهد (کایه و باروس، ۲۰۰۴)



شکل ۱۱- مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف اصلاحگر اکسالتر در عملکرد زیست‌توده کینوا در شوری آب آبیاری ۵ دسی زیمنس بر متر



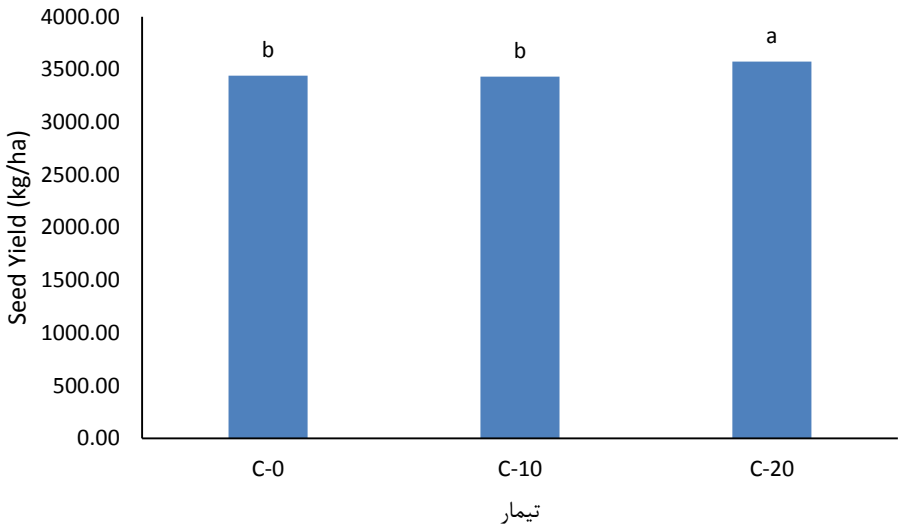
شکل ۱۲- مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف اصلاحگر اکسالتر در عملکرد زیست‌توده کینوا در شوری آب آبیاری ۱۰ دسی زیمنس بر متر



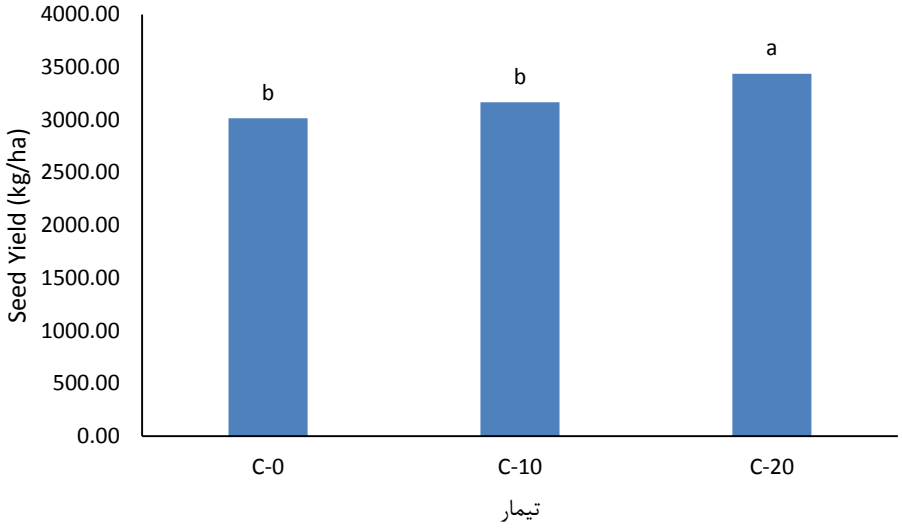
شکل ۱۳- مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف اصلاحگر اکسالتر در عملکرد زیست‌توده کینوا در شوری آب آبیاری ۱۵ دسی زیمنس بر متر

عملکرد دانه

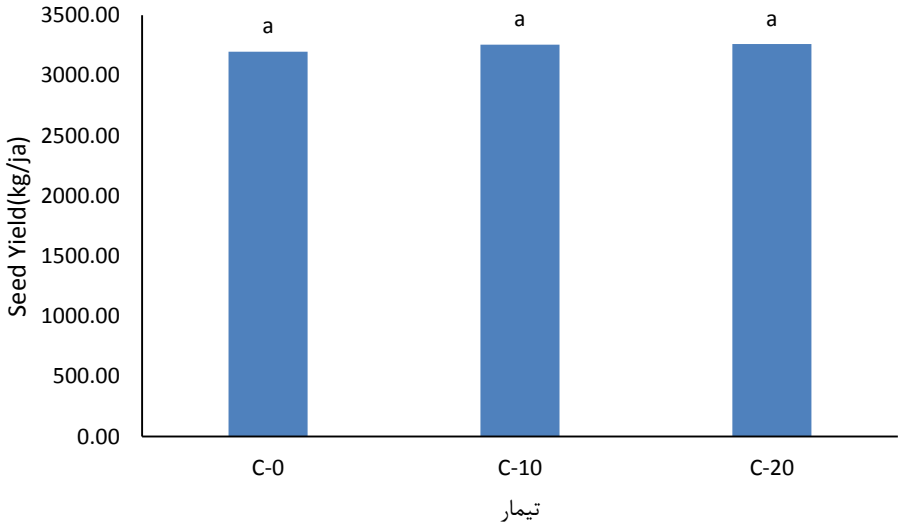
مقایسه میانگین اثر اعمال اصلاحگر اکسالتر در مقدار عملکرد دانه کینوا بیانگر این بود که در سطوح شوری آب آبیاری ۵ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر عملکرد دانه کینوا در غلظت ۱۰ لیتر در هکتار اکسالتر نسبت به شاهد دارای اختلاف معنی‌دار بوده و به ترتیب حدود ۳/۸ و ۱۴/۰ درصد عملکرد دانه نسبت به شاهد شد (شکل‌های ۱۴ و ۱۵). این افزایش عملکرد می‌تواند ناشی از کاهش تنش شوری و افزایش حاصلخیزی خاک در اثر ماده اصلاحگر اکسالتر باشد. یانگ و همکاران، (۲۰۰۹) گزارش نمودند که باکتری‌های نمکدوست و مقاوم به شوری در اطراف ریشهٔ گیاهان، می تواند تأثیر تنش شوری را کاهش و حاصل خیزی خاک را بهبود ببخشند.در سطوح شوری آبیاری ۱۵ دسی زیمنس بر متر با افزایش ماده اصلاح گر افزایش در عملکرد دانه مشاهده گردید ولی این اختلاف معنی‌دار نبود (شکل ۱۶).



شکل ۱۴- مقایسه میانگین غلظت‌های مختلف اصلاحگر در عملکرد دانه کینوا در شوری آب آبیاری ۵ دسی زیمنس بر متر



شکل ۱۵- مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف اصلاحگر در عملکرد دانه کینوا در شوری آب آبیاری ۱۰ دسی زیمنس بر متر



شکل ۱۶- مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف اصلاحگر در عملکرد دانه کینوا در شوری آب آبیاری ۱۵ دسی زیمنس بر متر

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این پژوهش می‌توان بیان نمود که ماده اکسالتر در کاهش شوری می‌تواند مؤثر واقع شود و با کاهش شوری و همچنین افزایش حاصلخیزی خاک موجب افزایش عملکرد تولیدی گردد. در تحقیق حاضر در سطح شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر آب آبیاری بیشترین اثربخشی در کاهش شوری و همچنین افزایش عملکرد مشاهده شد به‌طوری‌که متوسط شوری ناحیه توسعه ریشه در این سطح شوری آب آبیاری میزان شوری به‌طور متوسط ۳۲ درصد (۴ واحد کاهش) کاهش یافت و میزان زیست‌توده و عملکرد دانه تولیدی نیز به ترتیب به میزان ۱۶ و ۱۴ درصد افزایش داشت. نتایج کلی نشان‌دهنده بهبود برخی خصوصیات شیمیایی خاک در اثر استفاده از ماده اصلاح‌گر اکسالتر و افزایش عملکرد ناشی از بهبود این ویژگی‌ها بود.

پیشنهادات

با توجه به ماهیت ماده اصلاحگر اکسالتر و مکانیسم اثر آن و حضور میکروارگانیسم‌ها و به منظور افزایش اثرگذاری آن (هم از لحاظ اصلاح خاک و هم از لحاظ کمک به تغذیه گیاه)، پیشنهاد می‌گردد که از این ماده همراه با یک ماده آلی استفاده گردد یا در خاک‌هایی که ماده آلی مشابه خاک مزرعه تحقیق حاضر ماده آلی پایینی داشت، افزودن کودهای دامی نیز مورد توجه قرارگیرد. همچنین پیشنهاد می‌شود اثربخشی این ماده در خاک‌های با بافت متفاوت نیز مورد مطالعه قرار گیرد. ضمناً انجام تحقیقات تکمیلی به‌منظور بررسی معنی‌داری اثرات درازمدت این ماده برای مدیریت خاک‌های شور و همچنین تجزیه‌وتحلیل اقتصادی استفاده از آن در اراضی کشاورزان در سطح وسیع، از دیگر موارد پیشنهادی برای تکمیل تحقیق حاضر می‌باشد.

منابع مورد استفاده

امینی حاجی آباد، ع.، مصـــلح آرانی، ا.، قاســـمی، س. و راد، م.ه. (۱۴۰۰). اثر باکتری‌های ریزوســـفری جداسازی شده از گیاهان شورپسند بر برخی ویژگی‌های رویشی و محتوای یونی رقم گندم نارین . پژوهش‌های تولید گیاهی، ۲۸(۳):۱۶۵-۱۸۲.

برزگر، عبدالرحمن، (۱۳۸۷) .خاکهای شـور و سـدیمی :شـناخت و بهره‌وری .انتشـارات دانشـگاه شـهید چمران اهواز.

بزانه، م.، و رضـایی، ح .(۱۳۹۶) .ارزیابی آبشـویی خاک های شـور و سـدیمی با کاربرد سطوح مختلف آب خالص و اسیدی در بخشی از اراضی شبکه آبیاری و زهکشی دشت مهاباد .تحقیقات کاربردی خاک، ۵(۱), ۱۰۵-۱۱۵.

بیرامی، ح.، یزدانی بیوکی، ر.، و صـالحی، م. ۱۴۰۲. اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد کینوا (رقم تیتیکاکا). *آب و توسعه پایدار*، ۱۰(۴): ۵۸-۴۹.

تیرانداز سـودابه، رضـاوردی نژاد وحید، اسـدزاده فرخ، احمدی حجت. (۱۳۹۷). بررسـی آزمایشـگاهی اصـلاح یک خاک شور-سدیمی با استفاده از ستون های آبشویی. تحقیقات کاربردی خاک. ۶(۴):۱۲۱-۱۳۲.

جعفری، ص.، چرم، م.، عنایتی‌ضـمیر، ن. و معتمدی، ح. (۱۳۹۳). تأثیر دو جدایه باکتری مقاوم به شوری بر رشد جو در سطوح مختلف شوری خاک. زیست شناسی خاک، ۲(۲): ۱۸۷-۱۹۶.

جمالی، ص.، شـریفان، ح.، هزار جریبی، ا .و سـپهوند، ن .(۱۳۹۵) .بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری بر جوانه زنی و شـاخص‌های رشـد دو رقم گیاه کینوا .نشـریه حفاظت منابع آب و خاک.۶(۱)، ۹۸-۸۷ .

حسـن تبارشـوبی سـمانه، صادق زاده فردین، بهمنیار محمدعلی، جلیلی بهی (۱۳۹۷). اصلاح خاک شور-سـدیمی دارای بافت رسـی به وسـیله کربن آلی محلول. مجله الکترونیک مدیریت خاک و تولید پایدار. ۸(۱): ۱۵۹-۱۷۴.

حسینی نیا، م.، و حسن پور، ف.، و نقوی، ه.، و عباسی، ف.، و باستانی، ش .(۱۳۹۵) .تاثیر آبشویی با شرایط مختلف بر کیفیت زه آب خروجی از ستون های خاک شور و آهکی .مهندسی آبیاری و آب ایران, ۶(۲۴), ۷۸-۸۹.

دلالیان محمدرضا، ذبیحی فاطمه، سربازرشید سمیرا. (۱۴۰۰). بررسی آزمایشگاهی تأثیر اصلاح گرهای آلی بر فرایند آبشویی خاک های شور و سدیمی. حفاظت منابع آب و خاک. ۱۱(۲):۱۳-۳۱.

رجب زاده، ف.، و پذیرا، ا.، و مهدیان، م .(۱۳۹۰) .بررسی و تعیین یک مدل تجربی برای آبشویی خاک های شور و سدیمی بخش میانی استان خوزستان .پژوهش های حفاظت آب و خاک (علوم کشاورزی و منابع طبیعی), ۱۸(۳)، ۶۱-۸۴.

صباغ تازه، ا.، نیشابوری، م.ر.، ابراهیم پذیرا .(۱۴۰۰) .تأثیرآبشویی یک خاک شور- سدیمی تیمارشده با دو نوع ماده آلی بر شوری و سدیمی بودن خاک و غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم درجو .نشریه دانش آب و خاک، جلد ۳۱(۳)، ۱۱۹ تا ۱۳۳.

صفدریان، م.، عسکری، ح.، سلطانی، م. و نعمت زاده، ق. (۱۳۹۶). شناسایی باکتری‌های تحمل‌کنندهٔ شوری از خاک‌های شور گلستان و بررسی برخی صفات فیزیولوژیک آنها. زیست شناسی میکروبی، ۶(۲۲)۴۵-۵۷.

قانعی مطلق، غ.، و پاشایی اول، ع.، و خرمالی، ف.، و مساعدی، ا .(۱۳۸۹) .بررسی تاثیر چند ماده اصلاح کننده بر روی خصوصیات شیمیایی خاک شور-سدیمی .پژوهش های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی)، ۲۳(۱(، ۲۴-۳۱.

نوری زهرا، دلاور محمدامیر، صفری یاسر. (۱۳۹۹). استفاده از بیوچار و تیمارهای معدنی برای اصلاح ویژگی های شیمیایی یک خاک شور و سدیمی. علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی). ۲۴(۴):۲۱-۳۶.

نوشادی، م.، و مهرابی، ف .(۱۳۹۳) .اندازه گیری و شبیه سازی آبشویی نیتروژن نیتراتی بوسیله مدل LEACHN.آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۸(۲)، ۴۳۰-۴۳۹.

Adolf V.I., Jacobsen S.E., Shabala S. 2012. Salt tolerance mechanisms in quinoa (Chenopodium quinoa Willd.). Environmental and Experimental Botany, 92: 43–54.

Clark GJ, Dodgshun N, Sale PWG and Tang C, 2007. Changes in chemical and biological properties of a sodic clay subsoil with addition of organic amendments. Soil Biology and Biochemistry 39: 2806-2817.

Corwin D.L., Rhoades J.D., and Simunek J. 2007. Leaching requirement for soil salinity control: Steadystate versus transient models. Agricultural Water Management, 90: 165-180.

Gharaibeh, M. A., N. I. Eltaif and O. F. Shunnar. 2009. Leaching and reclamation of calcareous saline-sodic soil by moderately saline and moderate SAR water using gypsum and calcium chloride. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 172(5): 713-719.

Ghassemi, F., A. J. Jakeman and H. A. Nix. 1995. Salinisation of land and water resources: human causes, extent, management and case studies, 544 p. Australia: University of New South Wales Press, Ltd., Canberra, Australia, 544 p.

Hanay A, Buyuksonmez F, Kiziloglu FM and Canbolat MY, 2004. Reclamation of saline and sodic soils with gypsum and MSW compost. Compost Science Utilization 12: 175-179.

Jacobsen S.E., Quispe, H. and Mujica, A. 2001. Quinoa: an alternative crop for saline soilsin the Andes. In: Scientists and Farmer-Partners in Research for the 21st Century. (CIP Program Report 1999–2000), 403–408.

Kaye, J. Z. & Baross, A. J. (2004). Synchronous effects of temperapture, hydrostatic pressure and salinity on growth, phospholipids profiles, and protein patterns of four Halomonas species isolated from deep see hydrothermal -vent and sea surface environments. Applied and Environmental Microbiology, 56: 6220-6229.

Khosla, B. K., R. K. Gupta and I. P. Abrol. 1979. Salt leaching and the effect of gypsum application in a Saline-sodic soil. Agricultural Water Management 2: 193-202.

Konukcu F., Gowing G.W., and Rose D.A. 2005. Dry drainage: A sustainable solution to water logging and salinity problems in irrigation areas. Agricultural Water Management, 83: 1-12.

Li H and Keren R, 2009. Calcareous sodic soil reclamation as affected by corn stalk application and incubation: A laboratory study. Pedosphere 19: 465-675.

Madani, H., Naderi Borojerdi, GH., Aghajani, H. & Pazaki, A. (2004). Comparing the effects of using phosphorus fertilizers and phosphate solubilizing bacteria in the performance of seed, biology and relative content of phosphorus of tissues in autumn Brassica Napus, Journal of Plant Molecular Breeding, 6(4): 47- 53.

Muraoka T and Dos Santos RV, 2006. Nutrition of Vigha Plants on a Gypsum-Amended Saline- Sodic Soils. Pp. 438-439, Springer, The Netherlands.

Oster, J. D. and I. Shainberg. 1979. Exchangeable cation hydrolysis and soil weathering as affected by exchangeable sodium. Soil Science Society of America Journal 43: 70-75.

Pazira E., and Homaee M. 2010. Salt leaching efficiency of subsurface drainage systems at presence of diffusing saline water table boundary: a case study in Khuzestan plains, Iran. Proceedings of the 8th World Congress of the International Commission of Agricultural Engineering (CIGR), Quebec City, Canada, pp. 1-15.

Pazira E., and Keshavarz A. 1998. Studies on appropriate depth of leaching water, a case study in Southeast part of Khuzestan Province, Iran. Proceedings of the International Workshop on the Use of Saline and Brackish-Water for Irrigation, Bali, Indonesia, pp. 328-338.

Prapagar, K., S. P. Indraratne and P. Premanandharajah. 2012. Effect of soil amendments on reclamation of saline-sodic soil. Tropical Agricultural Research 23 (2): 168-176.

Prasad, K. (2014). Low levels of serum soluble receptors for advanced glycation end products, biomarkers for disease state: myth or reality. International Journal of Angiology: Official Publication of the International College of Angiology, Inc. 23, 11-16.

Qadir, M., A. S. Qureshi and S. A. M. Cheraghi. 2008. Extent and characterization of salt-affected soils in Iran and strategies for their amelioration and management. Land degradation development, 19: 214–227.

Sadiq M, Hassan G, Mehdi SM, Hussain N and Jamil M, 2007. Amelioration of saline-sodic soils with tillage implements and sulfuric acid application. Pedosphere 17: 182-190.

Walker DJ and Bernal MP, 2008. The effects of olive mill waste compost and poultry manure on the availability and plant uptake of nutrients in a highly saline soil. Bioresource Technology 99:396- 03.

Williams M.R., King K.W., and Fausey N.R. 2015. Drainage water management effects on tile discharge and water quality. Agricultural Water Management, 148: 43-51.

Yang, J., Kloepper, J. W. & Ryu, C. M. (2009). Rhizosphere bacteria help plants tolerate abiotic stress. Trends Plant Science, 14: 1–4.