



مدیریت آب و آبیاری

دوره ۶ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۵

صفحه‌های ۱۱۷-۱۲۲

تأثیر آبیاری با زه آب نیشکر بر خصوصیات شیمیایی خاک

سارا حویزوی^{۱*}، عبدعلی ناصری^۲ و زهرا ایزدپناه^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران

۲. استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران

۳. استادیار گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۴/۲۴

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۵/۰۱/۲۴

چکیده

به منظور بررسی تأثیر آبیاری با زه آب مزارع نیشکر کشت و صنعت سلمان فارسی بر خصوصیات شیمیایی خاک، پژوهشی در مزرعه تحقیقاتی آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز، در چارچوب طرحی کاملاً تصادفی اجرا شد. تیمارهای آبیاری عبارت بود از اختلاط زه آب مزارع نیشکر کشت و صنعت سلمان فارسی و آب رودخانه کارون به صورت ۱. اختلاط ۷۵ درصد آب رودخانه کارون + ۲۵ درصد زه آب مزرعه نیشکر، ۲. اختلاط ۵۰ درصد آب رودخانه کارون + ۵۰ درصد زه آب مزرعه نیشکر، ۳. اختلاط ۲۵ درصد آب رودخانه کارون + ۷۵ درصد زه آب مزرعه نیشکر، در سه تکرار و تیمار شاهد (۱۰۰ درصد آب رودخانه کارون) در یک تکرار انتخاب شد. خصوصیات شیمیایی خاک طی چهار ماه و در سه عمق (۰-۳۰، ۳۰-۶۰، ۶۰-۹۰ سانتی متری) خاک اندازه گیری شد. تجزیه و تحلیل نتایج نشان داد که با افزایش شوری آب آبیاری، کلسیم کاهش یافت، ولی این کاهش معنادار ($P < 0.05$) نبود. منیزیم، سدیم قابل تبادل، پتاسیم قابل جذب، کلر و بیکربنات خاک افزایش معنادار ($P < 0.05$) یافت و کربنات ثابت بود.

کلیدواژه‌ها: آنیون‌های خاک، رودخانه کارون، شوری آب آبیاری، کاتیون‌های خاک، کشت و صنعت سلمان فارسی.

مقدمه

داده شده در هر نوبت به هر کرت، ۲۲۵ لیتر محاسبه شد. با توجه به مقدار آب برآورد شده برای هر کرت در هر مرحله از آبیاری، همچنین نسبت‌های اختلاط زه آب مزارع نیشکر و آب رودخانه کارون چهار تیمار آبیاری ذکر شده، با توجه به EC اولیه زه آب، برابر با ۱۵/۵۲ (dS/m)، همچنین EC اولیه آب رودخانه کارون، برابر با (dS/m) ۲/۳۹، از طریق فرمول اختلاط (۱) مشخص شد.

$$EC_{mixed} = \frac{V_1 EC_1 + V_2 EC_2}{V_1 + V_2} \quad (1)$$

در این رابطه، V_1 و V_2 به ترتیب حجم آب و حجم زه آب، EC_1 و EC_2 به ترتیب شوری آب و زه آب و EC_{mixed} شوری اختلاط است.

در این تحقیق، پارامترهای کلسیم و منیزیم از روش تیتراسیون با اتیلن دی‌آمین تترا استیک^۱، سدیم قابل تبادل و پتاسیم قابل جذب با دستگاه فلیم فتومتر، کلر از تیتراسیون با نیترات نقره، کربنات و بیکربنات از روش تیتراسیون با اسید سولفوریک در سه عمق (۰-۳۰، ۳۰-۶۰، ۶۰-۹۰ سانتی متری) خاک اندازه‌گیری شد. برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها از نرم‌افزار SPSS و آزمون دانکن استفاده شد.

نتایج و بحث

خصوصیات فیزیکی- شیمیایی خاک مورد مطالعه و نیز خصوصیات شیمیایی آب آبیاری به ترتیب در جدول‌های ۱، ۲ و ۳ ارائه شده است. بافت خاک همه کرت‌ها در هر سه عمق مورد آزمایش لوم رس شنی بود. در نهایت، از طریق فرمول اختلاط، ECهای ۲/۳۹، ۶، ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد.

به منظور بررسی تأثیر آبیاری با سطوح مختلف شوری ناشی از اختلاط زه آب مزارع نیشکر کشت و صنعت سلمان فارسی و آب رودخانه کارون بر خصوصیات شیمیایی خاک، تحقیق حاضر در ده کرت یکسان به ابعاد ۱/۵×۱/۵ متر، با فاصله ۱/۵ متر از یکدیگر، در مزرعه تحقیقاتی آبیاری و زهکشی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز و در شرایط بدون کشت گیاه، در چارچوب طرح کاملاً تصادفی صورت گرفت. تیمارهای آبیاری عبارت بود از اختلاط زه آب مزارع نیشکر کشت و صنعت سلمان فارسی و آب رودخانه کارون به صورت ۱. اختلاط ۷۵ درصد آب رودخانه کارون + ۲۵ درصد زه آب مزرعه نیشکر، ۲. اختلاط ۵۰ درصد آب رودخانه کارون + ۵۰ درصد زه آب مزرعه نیشکر، ۳. اختلاط ۲۵ درصد آب رودخانه کارون + ۷۵ درصد زه آب مزرعه نیشکر، که در سه تکرار و تیمار شاهد (۱۰۰ درصد آب رودخانه کارون) در یک تکرار انتخاب شد.

خصوصیات شیمیایی خاک طی چهار ماه و در سه عمق (۰-۳۰، ۳۰-۶۰، ۶۰-۹۰ سانتی متری) خاک اندازه‌گیری شد. در هر دوره برای اندازه‌گیری هر پارامتر، نمونه‌برداری با آگر فولادی به صورت دست‌خورده صورت گرفت. نمونه‌های خاک برداشت شده پس از انتقال از محل نمونه‌برداری، هواخشک و با هاون فلزی کوبیده و از الک ۲ میلی متری (الک شماره ۱۰) عبور داده شد. سپس برخی خصوصیات شیمیایی خاک با روش‌های معمول آزمایشگاهی سنجش و بررسی شد (۱). در این تحقیق آبیاری به شیوه کرتی (آبیاری سطحی به صورت غرقاب شدن کرت‌ها)، دور آبیاری هفت روز، همچنین ارتفاع آب مورد نیاز روی خاک ۱۰ سانتی متر انتخاب شد. با توجه به سطح کرت و عمق آب آبیاری، حجم آب

1. EDTA

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی خاک مورد مطالعه

تخلخل (n)	هدایت هیدرولیکی اشباع (K _{sat}) (mm/hr)	بافت خاک	رطوبت وزنی نقطه		رطوبت وزنی ظاهری (P _b) (gr/cm ³)	عمق خاک (cm)
			رطوبت وزنی نقطه (θ _{pwp}) (%)	رطوبت وزنی ظاهری (θ _{FC}) (%)		
۲۵/۰۲	۱۵/۲۲	لوم رس شنی	۹/۵۲	۱۷/۹۶	۱/۴۸	۰-۲۰
۲۵/۵۴	۱۵/۵۶	لوم رس شنی	۹/۴۸	۱۷/۸۹	۱/۴۵	۲۰-۶۰
۲۵/۶۷	۱۶/۵۰	لوم رس شنی	۹/۱۵	۱۷/۳۵	۱/۴۳	۶۰-۹۰

جدول ۲. خصوصیات شیمیایی خاک مورد مطالعه

ECe (dS/m)	pH	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SAR	ESP (%)	عمق خاک (cm)
۷/۶	۷/۸	۷/۳	۰/۰	۶۶/۱	۱۸/۵	۳۰/۰	۳۳/۵	۵/۳	۶/۵۵	۳۹/۹۱	۰-۲۰
۶/۳	۷/۸	۶/۴	۰/۰	۵۴	۱۶/۸	۲۸/۳	۲۲/۲	۴/۹	۶/۴۱	۳۹/۱۹	۲۰-۶۰
۵/۲	۷/۶	۵/۴	۰/۰	۴۶/۸	۱۵/۷	۲۶/۸	۲۰	۴/۵	۶/۳۱	۳۸/۸۰	۶۰-۹۰

مدیریت آب و آبیاری

جدول ۳. خصوصیات شیمیایی آب آبیاری

ECe (dS/m)	pH	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SAR	خصوصیات شیمیایی	آب‌های استفاده‌شده
۱۲	۷/۵	۲۰/۶	۰/۰	۱۰/۵	۱۰/۴	۸۴	۲۲/۷	۳/۹	۲۰/۶	اختلاط ۷۵٪ زه‌آب مزرعه نیشکر + ۲۵٪ آب رودخانه کارون	
۹	۷/۲	۲۰/۱	۰/۰	۸۵/۷	۷/۶	۶۲/۸۸	۱۹/۱	۳/۸	۱۷/۲	اختلاط ۵۰٪ زه‌آب مزرعه نیشکر + ۵۰٪ آب رودخانه کارون	
۶	۷/۱	۱۶	۰/۰	۷۳/۹	۴	۳۶/۹	۱۲	۳/۶	۱۲/۱	اختلاط ۲۵٪ زه‌آب مزرعه نیشکر + ۷۵٪ آب رودخانه کارون	
۲/۳۹	۷	۳/۵	۰/۰	۴۶/۱	۳/۸	۸/۴	۴/۲	۱/۳	۴/۲	آب رودخانه کارون	۱۰۰٪
۱۵/۵۲	۷/۹	۲۸/۴	۰/۰	۱۳۶/۴	۱۸/۶	۱۳۰/۲	۲۳/۶	۴/۲	۲۸/۳	آب رودخانه کارون	۱۰۰٪ زه‌آب نیشکر

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۶ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۵

اثر سطوح مختلف شوری بر کلسیم خاک

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری کلسیم خاک در جدول ۴ و نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌های کلسیم خاک در عمق‌های مختلف بر اساس آزمون دانکن در جدول ۵ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که اثر کیفیت آب آبیاری، عمق‌های مختلف خاک، همچنین اثر متقابل کیفیت آب آبیاری و عمق خاک بر کلسیم خاک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری نیست. دلیل این امر ناشی از سدیم بالا در آب آبیاری است. با افزایش شوری و سدیم آب آبیاری، یون‌های دارای قابلیت بیشتر هیدراته شدن، از سطح خاک جدا می‌شود. کلسیم به علت داشتن شعاع هیدراته و ضریب فعالیت بیشتر، وارد فاز محلول و از خاک خارج و شسته می‌شود. در این تحقیق نیز با افزایش شوری و سدیم آب آبیاری، همچنین با توجه به اینکه نسبت سدیم به کلسیم زیاد است، کلسیم شسته شده و از طریق زهکشی طبیعی خارج شده و منجر به کاهش کلسیم خاک شده است. با افزایش عمق خاک، تأثیر شوری و سدیمی بودن آب آبیاری در افزایش کلسیم خاک کاهش یافته است. همچنین، اثر متقابل افزایش شوری آب

آبیاری و عمق خاک منجر به کاهش کلسیم خاک شده است. در اثر آبیاری با سه تیمار ۶، ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، همچنین تیمار شاهد کلسیم خاک کاهش پیدا کرد. بیشترین میزان کاهش کلسیم در اثر آبیاری با تیمار ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد که منجر به کاهش ۲۸/۷۸ درصد کلسیم و کمترین میزان کاهش کلسیم در اثر آبیاری با تیمار شاهد به دست آمد که منجر به کاهش ۱۱/۵۴ درصد کلسیم نسبت به شرایط اولیه خاک شد. نتایج حاصل از این تحقیق، مخالف نتایج حنیفه‌لو (۲) و قلمباز (۴) بود. آن‌ها نشان دادند که اثر شوری آب آبیاری، موجب افزایش کلسیم خاک شد و با افزایش عمق خاک کلسیم خاک افزایش یافت. همچنین، اثر متقابل افزایش شوری آب آبیاری و عمق خاک، موجب افزایش کلسیم خاک شد. تأثیر کیفیت آب آبیاری و عمق خاک در شکل ۱ و نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌های سه تیمار ۶، ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر با تیمار شاهد در شکل ۲ نشان داده شده است.

جدول ۴. تجزیه و تحلیل آماری کلسیم خاک

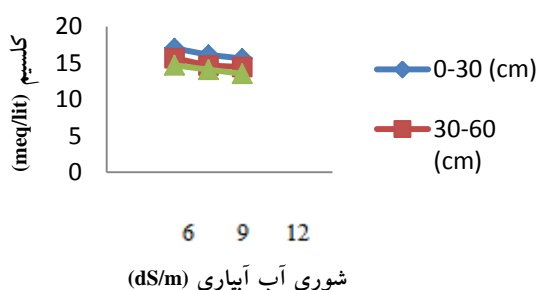
منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	درجه تشخیص F
کیفیت آب	۲	۲۱/۶۷۸	۱/۸۷۲
عمق	۲	۴۸/۵۹۵	۴/۱۹۷
کیفیت آب × عمق	۴	۹/۸۳۳	۰/۸۴۹
خطا	۹۹	۱۱/۵۷۸	
کل	۱۰۷		

* معناداری در سطح احتمال ۵ درصد

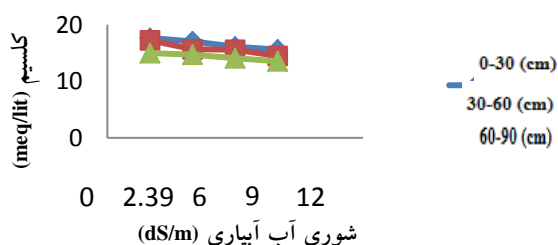
جدول ۵. نتایج حاصل از مقایسه میانگینهای کلسیم خاک در عمقهای مختلف بر اساس آزمون دانکن

عمق خاک (cm)	تیمار آبیاری	۰-۳۰	۳۰-۶۰	۶۰-۹۰
EC = ۶ (dS/m)		۱۷/۰۲۹۹ bc	۱۵/۶۶۵ abc	۱۴/۶۸۶۷ abc
EC = ۹ (dS/m)		۱۶/۱۱۸۳ abc	۱۴/۶۴۸۳ abc	۱۴/۰۷۵ ab
EC = ۱۲ (dS/m)		۱۵/۶۱۱۷ abc	۱۴/۴۵۹۲ ab	۱۳/۵۲۸۳ a

ارقام دارای حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری ندارد



شکل ۱. مقادیر کلسیم خاک (با در نظر گرفتن عمق) تحت تأثیر شوریهای مختلف آب



شکل ۲. مقایسه میانگینهای کلسیم خاک (با در نظر گرفتن عمق) تحت تأثیر شوریهای مختلف آب آبیاری

اثر سطوح مختلف شوری بر منیزیم خاک

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری منیزیم خاک در جدول ۶ و نتایج حاصل از مقایسه میانگینهای منیزیم خاک در عمقهای مختلف بر اساس آزمون دانکن در جدول ۷ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که اثر کیفیت آب آبیاری و عمقهای مختلف خاک بر منیزیم خاک در

سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری است، اما اثر متقابل کیفیت آب آبیاری و عمق خاک بر منیزیم خاک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری نیست. دلیل این امر ناشی از سدیم بالا در آب آبیاری است. با افزایش شوری و سدیم آب آبیاری و به دنبال آن خارج شدن کلسیم از خاک، نسبت کلسیم به منیزیم کاهش می‌یابد و

مدیریت آب و آبیاری

تأثیر آبیاری با زه آب نیشکر بر خصوصیات شیمیایی خاک

کاهش ۵/۰۷ درصد منیزیم نسبت به شرایط اولیه خاک شد. این نتایج مشابه نتایج قمری و دانش (۵) بود. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد افزایش میزان کاربرد آب نامتعارف لجن فاضلاب و افزایش شوری، منجر به افزایش منیزیم خاک شد و با افزایش عمق خاک منیزیم خاک کاهش یافت. اثر متقابل افزایش شوری آب آبیاری و عمق خاک، موجب افزایش منیزیم خاک شد. تأثیر کیفیت آب آبیاری و عمق خاک در شکل ۳ و نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌های سه تیمار ۶، ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر با تیمار شاهد در شکل ۴ نشان داده شده است.

منیزیم‌هایی که از سطح خاک جدا نشده و از طریق انتشار به خاک اضافه شده است، به افزایش منیزیم خاک می‌انجامد. با افزایش عمق خاک، تأثیر شوری و سدیمی بودن آب آبیاری در افزایش منیزیم خاک کاهش می‌یابد.

اثر متقابل افزایش شوری آب آبیاری و عمق خاک منجر به افزایش منیزیم خاک می‌شود. در اثر آبیاری با سه تیمار ۶، ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر منیزیم خاک افزایش می‌یابد. بیشترین میزان افزایش منیزیم در اثر آبیاری با تیمار ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد که منجر به افزایش ۳۶/۴۵ درصد منیزیم و آبیاری با تیمار شاهد منجر به

جدول ۶. تجزیه و تحلیل آماری منیزیم خاک

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	درجه تشخیص F
کیفیت آب	۲	۱۰۰/۲۶۷	۵/۵۸۰*
عمق	۲	۱۷۵/۷۳۷	۹/۷۸۱*
کیفیت آب * عمق	۴	۰/۴۵۱	۰/۰۲۵
خطا	۹۹	۱۷/۹۶۸	
کل	۱۰۷		

* معناداری در سطح احتمال ۵ درصد

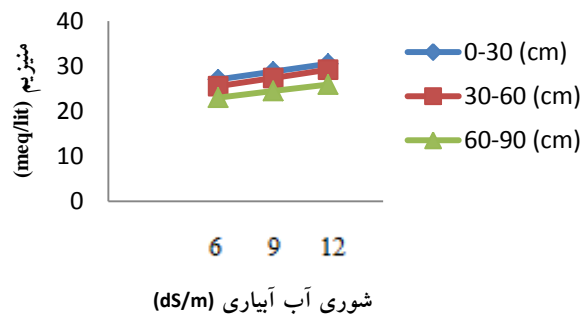
جدول ۷. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌های منیزیم خاک در عمق‌های مختلف بر اساس آزمون دانکن

عمق خاک (cm)			
تیمار آبیاری	۶۰-۹۰	۳۰-۶۰	۰-۳۰
EC = ۶ (dS/m)	۲۲/۹۹۹۲ a	۲۵/۵۷۲۵ abc	۲۷/۰۵۶۷ bcd
EC = ۹ (dS/m)	۲۴/۴۷۹۲ ab	۲۷/۳۵۵۸ bcd	۲۸/۷۸۲۵ cd
EC = ۱۲ (dS/m)	۲۵/۹۰ abc	۲۹/۲۰۴۲ cd	۳۰/۵۳۷۵ d

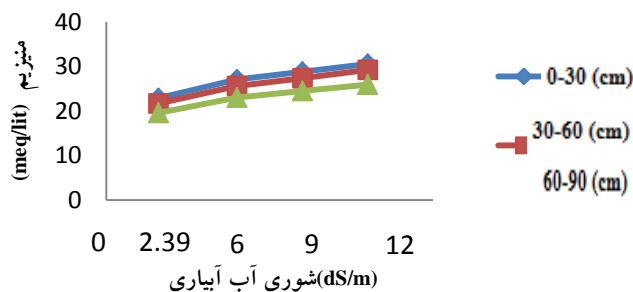
ارقام دارای حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری ندارد

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۶ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۵



شکل ۳. مقادیر مینیزیم خاک (با در نظر گرفتن عمق) تحت تأثیر شوری‌های مختلف آب آبیاری



شکل ۴. مقایسه میانگین‌های مینیزیم خاک (با در نظر گرفتن عمق) تحت تأثیر شوری‌های مختلف آب آبیاری

خاک منجر می‌شود و با افزایش عمق خاک، تأثیر شوری و سدیمی بودن آب آبیاری در افزایش سدیم قابل تبادل خاک کاهش می‌یابد. اثر متقابل افزایش شوری آب آبیاری و عمق خاک سدیم قابل تبادل خاک را افزایش می‌دهد.

در اثر آبیاری با سه تیمار ۶، ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر سدیم قابل تبادل خاک افزایش یافته است. بیشترین میزان افزایش سدیم قابل تبادل در اثر آبیاری با تیمار ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد که منجر به افزایش ۴۸/۸۹ درصد سدیم قابل تبادل و آبیاری با تیمار شاهد منجر به کاهش ۱۶/۱۵ درصد سدیم قابل تبادل نسبت به شرایط اولیه خاک شد. این نتیجه مشابه نتایج گلاوی و همکاران (۷)، مجیری (۸) و پارادیپ و ناراسیمها (۹) بود.

آبیاری با فاضلاب شهری نیز منجر به افزایش سدیم

اثر سطوح مختلف شوری بر سدیم قابل تبادل خاک

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری سدیم قابل تبادل خاک در جدول ۸ و نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌های سدیم قابل تبادل خاک در عمق‌های مختلف بر اساس آزمون دانکن در جدول ۹ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که اثر کیفیت آب آبیاری و عمق‌های مختلف خاک بر سدیم قابل تبادل خاک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری است، اما اثر متقابل کیفیت آب آبیاری و عمق خاک بر سدیم قابل تبادل خاک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری نیست. دلیل این امر ناشی از سدیم و نسبت جذبی سدیمی بالا در آب آبیاری است؛ افزایش شوری و سدیم آب آبیاری به افزایش سدیم قابل تبادل

مدیریت آب و آبیاری

تأثیر آبیاری با زه آب نیشکر بر خصوصیات شیمیایی خاک

خاک شد و با افزایش عمق خاک سدیم خاک کاهش یافت. اثر متقابل افزایش شوری آب آبیاری و عمق خاک به افزایش سدیم قابل تبادل خاک شد (۷، ۹). تأثیر کیفیت آب آبیاری و عمق خاک در شکل ۵ و نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌های سه تیمار ۶، ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر با تیمار شاهد در شکل ۶ نشان داده شده است.

جدول ۸. تجزیه و تحلیل آماری سدیم قابل تبادل خاک

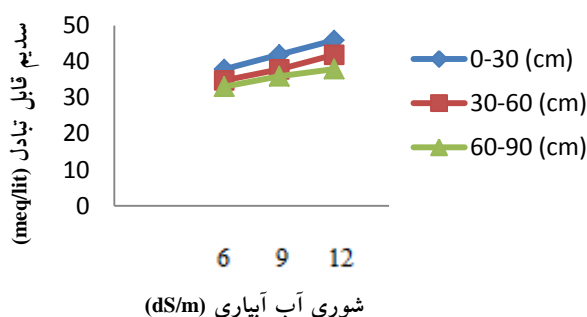
منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	درجه تشخیص F
کیفیت آب	۲	۴۴۱/۵۲۶	۵/۳۷۴*
عمق	۲	۳۲۶/۰۸۹	۳/۹۶۹*
کیفیت آب × عمق	۴	۳/۶۵۵	۰/۰۴۴
خطا	۹۹	۸۲/۱۵۹	
کل	۱۰۷		

* معناداری در سطح احتمال ۵ درصد

جدول ۹. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌های سدیم قابل تبادل خاک در عمق‌های مختلف بر اساس آزمون دانکن

تیمار آبیاری	عمق خاک (cm)	۶۰-۹۰	۳۰-۶۰	۰-۳۰
EC = ۶ (dS/m)		۳۳/۰۳۷۵ a	۳۴/۷۹۴۲ ab	۳۷/۹۱۰ abc
EC = ۹ (dS/m)		۳۵/۹۲۳۳ ab	۳۷/۸۵۵۰ abc	۴۱/۹۲۶۷ cd
EC = ۱۲ (dS/m)		۳۸/۹۳۶۷ abc	۴۱/۸۸۵۰ bc	۴۵/۹۲۳۳ c

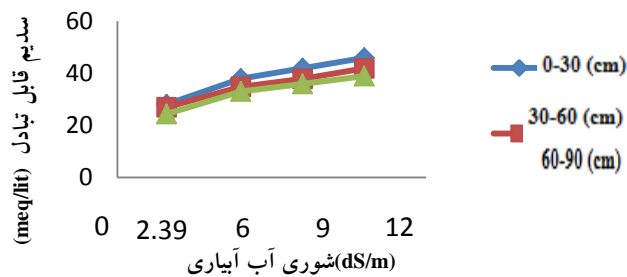
ارقام دارای حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری ندارد



شکل ۵. مقادیر سدیم قابل تبادل خاک (با در نظر گرفتن عمق) تحت تأثیر شوری‌های مختلف آب آبیاری

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۶ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۵



شکل ۶. مقایسه میانگین‌های سدیم قابل تبادل خاک (با در نظر گرفتن عمق) تحت تأثیر شوری‌های مختلف آب آبیاری

می‌دهد. بیشترین میزان افزایش پتاسیم قابل جذب در اثر آبیاری با تیمار ۱۲ دسی‌زمینس بر متر به دست آمد که منجر به افزایش ۳۱/۵۲ درصد پتاسیم قابل جذب و آبیاری با تیمار شاهد منجر به کاهش ۱۵/۷۴ درصد پتاسیم قابل جذب نسبت به شرایط اولیه خاک شد. این نتیجه مشابه نتایج وینسنت و همکاران (۱۰) بود. آن‌ها نشان دادند که آبیاری با پساب فاضلاب و افزایش شوری آب آبیاری به افزایش پتاسیم قابل جذب خاک می‌انجامد و با افزایش عمق خاک، پتاسیم قابل جذب خاک کاهش می‌یابد. اثر متقابل افزایش شوری آب آبیاری و عمق خاک به افزایش پتاسیم قابل جذب خاک منجر می‌شود. تأثیر کیفیت آب آبیاری و عمق خاک در شکل ۷ و نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌های سه تیمار ۶، ۹ و ۱۲ دسی‌زمینس بر متر با تیمار شاهد در شکل ۸ نشان داده شده است.

اثر سطوح مختلف شوری بر پتاسیم قابل جذب خاک

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری پتاسیم قابل جذب خاک در جدول ۱۰ و نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌های پتاسیم قابل جذب خاک در عمق‌های مختلف بر اساس آزمون دانکن در جدول ۱۱ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که اثر کیفیت آب آبیاری و عمق‌های مختلف خاک بر پتاسیم قابل جذب خاک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری است، اما اثر متقابل کیفیت آب آبیاری و عمق خاک بر پتاسیم قابل جذب خاک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری نیست. با افزایش شوری و سدیم آب آبیاری، پتاسیم قابل جذب خاک افزایش و با افزایش عمق خاک، تأثیر شوری و سدیمی بودن آب آبیاری در افزایش پتاسیم قابل جذب خاک کاهش می‌یابد. اثر متقابل افزایش شوری آب آبیاری و عمق خاک به افزایش پتاسیم قابل جذب خاک. در می‌انجامد. اثر آبیاری با سه تیمار ۶، ۹ و ۱۲ دسی‌زمینس بر متر پتاسیم قابل جذب خاک را افزایش

جدول ۱۰. تجزیه و تحلیل آماری پتاسیم قابل جذب خاک

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	درجه تشخیص F
کیفیت آب	۲	۳/۱۰۷	۵/۷۶۰*
عمق	۲	۱۰/۵۱۱	۱۹/۴۸۹*
کیفیت آب × عمق	۴	۰/۰۱۸	۰/۰۳۴
خطا	۹۹	۰/۵۳۹	
کل	۱۰۷		

* معناداری در سطح احتمال ۵ درصد

مدیریت آب و آبیاری

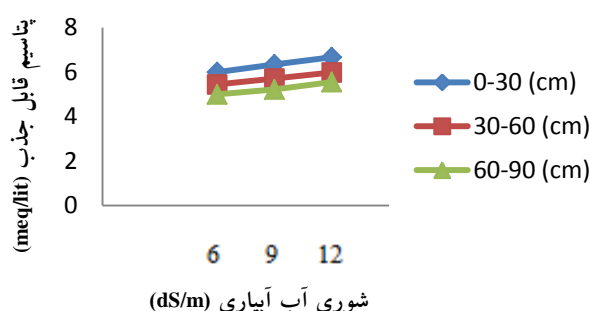
دوره ۶ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۵

تأثیر آبیاری با زه آب نیشکر بر خصوصیات شیمیایی خاک

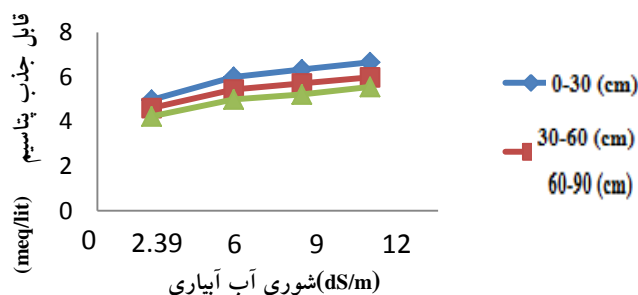
جدول ۱۱. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌های پتاسیم قابل جذب خاک در عمق‌های مختلف بر اساس آزمون دانکن

عمق خاک (cm)	۰-۳۰	۳۰-۶۰	۶۰-۹۰	تیمار آبیاری
EC = ۶ (dS/m)	۵/۹۹۹۲ cd	۵/۴۴۱۷ abc	۴/۹۹۸۳ a	
EC = ۹ (dS/m)	۶/۳۳۹۲ de	۵/۷۱۱۷ bcd	۵/۲۲۰ ab	
EC = ۱۲ (dS/m)	۶/۶۶۳۳ e	۵/۹۸۳۳ cd	۵/۵۵۴۲ abc	

ارقام دارای حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری ندارد.



شکل ۷. مقادیر پتاسیم قابل جذب خاک (با در نظر گرفتن عمق) تحت تأثیر شوری‌های مختلف آب آبیاری



شکل ۸. مقایسه میانگین‌های پتاسیم قابل جذب خاک (با در نظر گرفتن عمق) تحت تأثیر شوری‌های مختلف آب آبیاری

احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنادار است، اما اثر متقابل کیفیت آب آبیاری و عمق خاک بر کلر خاک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری نیست. دلیل این امر ناشی از کلر بالا در آب آبیاری است. کلر بیشتر تمایل به واکنش با سدیم دارد و با افزایش شوری و سدیم آب آبیاری، کلر وارد محیط محلول می‌شود و افزایش کلر خاک

اثر سطوح مختلف شوری بر کلر خاک

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری کلر خاک در جدول ۱۲ و نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌های کلر خاک در عمق‌های مختلف بر اساس آزمون دانکن در جدول ۱۳ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که اثر کیفیت آب آبیاری و عمق‌های مختلف خاک بر کلر خاک در سطح

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۶ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۵

خاک شد. این نتیجه مشابه نتایج مجیری (۸) است. آبیاری با فاضلاب شهری نیز منجر به افزایش کلر خاک شد و با افزایش عمق خاک کلر خاک کاهش یافت. اثر متقابل افزایش شوری آب آبیاری و عمق خاک منجر به افزایش کلر خاک شد (۸). تأثیر کیفیت آب آبیاری و عمق خاک در شکل ۹ و نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌های سه تیمار ۶، ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر با تیمار شاهد در شکل ۱۰ نشان داده شده است.

را در پی دارد. با افزایش عمق خاک، تأثیر شوری و سدیمی بودن آب آبیاری در افزایش کلر خاک کاهش می‌یابد. اثر متقابل افزایش شوری آب آبیاری و عمق خاک به افزایش کلر خاک می‌انجامد.

در اثر آبیاری با سه تیمار ۶، ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر کلر خاک افزایش می‌یابد. بیشترین میزان افزایش کلر خاک در اثر آبیاری با تیمار ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد که منجر به افزایش ۳۳/۲۳ درصد کلر و آبیاری با تیمار شاهد منجر به کاهش ۹/۷۱ درصد کلر به شرایط اولیه

جدول ۱۲. تجزیه و تحلیل آماری کلر خاک

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	درجه تشخیص F
کیفیت آب	۲	۲۶۲/۴۳۲	۳/۲۵۷*
عمق	۲	۵۸۹۹/۸۲۶	۷۳/۲۳۳*
کیفیت آب × عمق	۴	۲۵/۶۹۰	۰/۳۱۹
خطا	۹۹	۸۰/۵۶۳	
کل	۱۰۷		

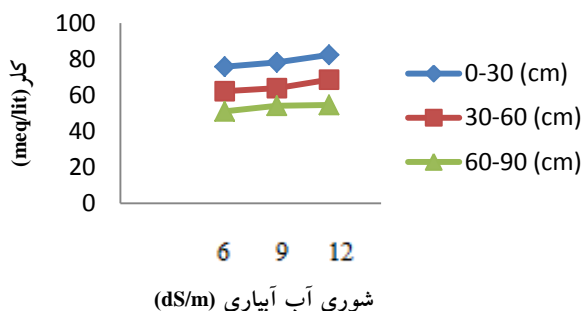
* معناداری در سطح احتمال ۵ درصد

جدول ۱۳. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌های کلر خاک در عمق‌های مختلف بر اساس آزمون دانکن

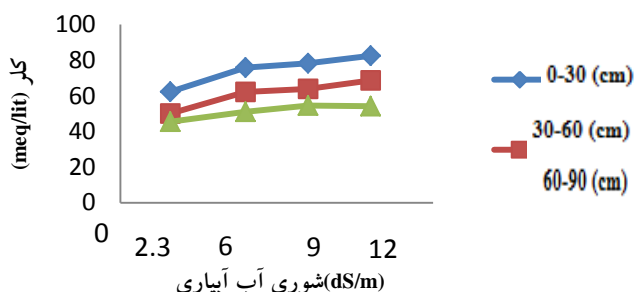
عمق خاک (cm)			تیمار آبیاری
۰-۳۰	۳۰-۶۰	۶۰-۹۰	
۷۵/۷۹۵۸ cd	۶۲/۱۷۶۷ b	۵۱/۰۰۳۳ a	EC = ۶ (dS/m)
۷۸/۲۰۰۸ d	۶۳/۸۶۸۳ b	۵۴/۱۳۴۲ a	EC = ۹ (dS/m)
۸۲/۴۱۰۸ d	۶۸/۶۲۲۵ bc	۵۴/۵۵۹۲ a	EC = ۱۲ (dS/m)

ارقام دارای حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری ندارد.

تأثیر آبیاری با زه آب نیشکر بر خصوصیات شیمیایی خاک



شکل ۹. مقادیر کلر خاک (با در نظر گرفتن عمق) تحت تأثیر شوری‌های مختلف آب آبیاری



شکل ۱۰. مقایسه میانگین‌های کلر خاک (با در نظر گرفتن عمق) تحت تأثیر شوری‌های مختلف آب آبیاری

اثر سطوح مختلف شوری بر بی‌کربنات خاک

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری بی‌کربنات خاک در جدول ۱۴ و نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌های بی‌کربنات خاک در عمق‌های مختلف بر اساس آزمون دانکن در جدول ۱۵ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که کیفیت آب آبیاری و عمق‌های مختلف خاک بر بی‌کربنات خاک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری است، اما اثر متقابل کیفیت آب آبیاری و عمق خاک بر بی‌کربنات خاک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری نیست. افزایش شوری آب آبیاری منجر به افزایش بی‌کربنات خاک می‌شود.

یکی از جاذب‌های بی‌کربنات در سیستم، کلسیم است که بیشترین واکنش را با کلسیم می‌دهد و به سمت تشکیل

کربنات کلسیم می‌رود. در نتیجه، سبب افزایش بی‌کربنات خاک می‌شود. همچنین، احتمال دارد با افزایش شوری آب آبیاری، بی‌کربنات جایگزین آنیونی مانند سولفات در سولفات کلسیم شود و افزایش بی‌کربنات خاک را در پی داشته باشد. با افزایش عمق خاک، تأثیر شوری و سدیمی بودن آب آبیاری در افزایش بی‌کربنات خاک کاهش می‌یابد. اثر متقابل افزایش شوری آب آبیاری و عمق خاک منجر به افزایش بی‌کربنات خاک می‌شود. در اثر آبیاری با سه تیمار ۶، ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، همچنین تیمار شاهد بی‌کربنات خاک افزایش پیدا کرد. بیشترین میزان افزایش بی‌کربنات خاک در اثر آبیاری با تیمار ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد که به افزایش ۱۳/۰۷ درصد بی‌کربنات انجامید و کمترین میزان افزایش

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۶ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۵

در اثر آبیاری با فاضلاب شهر اهواز نسبت به آب رودخانه کارون افزایش پیدا کرد و با افزایش عمق خاک بی‌کربنات خاک افزایش یافت. اثر متقابل افزایش شوری آب آبیاری و عمق خاک منجر به افزایش بی‌کربنات خاک شد (۲). تأثیر کیفیت آب آبیاری و عمق خاک در شکل ۱۱ و نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌های سه تیمار ۶، ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر با تیمار شاهد در شکل ۱۲ نشان داده شده است.

بی‌کربنات در اثر آبیاری با تیمار شاهد به‌دست آمد که منجر به افزایش ۶/۴۷ درصد بی‌کربنات نسبت به شرایط اولیه خاک شد. این نتیجه مشابه نتایج حنیفه‌لو (۲) و قلمباز (۴) بود. بی‌کربنات در اثر آبیاری با پساب صنعتی فولاد خوزستان نسبت به آب رودخانه کارون نیز افزایش معناداری پیدا کرد و با افزایش عمق خاک بی‌کربنات خاک افزایش یافت. اثر متقابل افزایش شوری آب آبیاری و عمق خاک منجر به افزایش بی‌کربنات خاک شد (۴). بی‌کربنات

جدول ۱۴. تجزیه و تحلیل آماری بی‌کربنات خاک

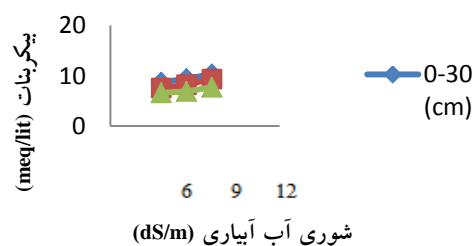
منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	درجه تشخیص F
کیفیت آب	۲	۲۰/۹۳۷	۷/۳۹۸*
عمق	۲	۵۱/۸۷۲	۱۸/۳۲۹*
کیفیت آب × عمق	۴	۰/۳۸۶	۰/۱۳۷
خطا	۹۹	۲/۸۳۰	
کل	۱۰۷		

* معناداری در سطح احتمال ۵ درصد

جدول ۱۵. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌های بی‌کربنات خاک در عمق‌های مختلف بر اساس آزمون دانکن

عمق خاک (cm)			تیمار آبیاری
۰-۳۰	۳۰-۶۰	۶۰-۹۰	
۸/۷۰۳۳ cd	۷/۵۶۲۵ abc	۶/۶۰۹۲ a	EC = ۶ (dS/m)
۹/۳۹۵۸ de	۸/۲۱۸۳ bcd	۶/۸۸۰ ab	EC = ۹ (dS/m)
۱۰/۳۱۴۲ e	۹/۳۴۵۸ de	۷/۷۳۰۸ abc	EC = ۱۲ (dS/m)

ارقام دارای حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری ندارد

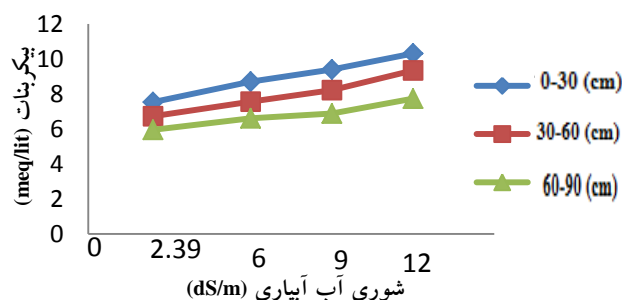


شکل ۱۱. مقادیر بی‌کربنات خاک (با در نظر گرفتن عمق) تحت تأثیر شوری‌های مختلف آب آبیاری

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۶ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۵

تأثیر آبیاری با زه آب نیشکر بر خصوصیات شیمیایی خاک



شکل ۱۲. مقایسه میانگین‌های بی کربنات خاک (با در نظر گرفتن عمق) تحت تأثیر شوری‌های مختلف آب آبیاری

درصدی پتاسیم قابل جذب و ۹/۷۱ درصدی کلر خاک مشاهده شد.

همچنین، در اثر آبیاری با سه تیمار آبیاری ۶، ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، با افزایش شوری آب آبیاری، بیکربنات خاک افزایش یافت، به طوری که کمترین میزان بی‌کربنات خاک در اثر آبیاری با تیمار ۶ دسی‌زیمنس بر متر و بیشترین میزان آن در اثر آبیاری با تیمار ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد. از طرفی، در اثر آبیاری با تیمار شاهد افزایش ۶/۴۸ درصدی بی‌کربنات خاک مشاهده شد.

بیشترین میزان همه پارامترهای ذکر شده مربوط به عمق اول (۰-۳۰ سانتی‌متری) و کمترین مقدار مربوط به عمق سوم (۶۰-۹۰ سانتی‌متری) خاک بود. مقادیر کربنات خاک در عمق‌های مختلف (۰-۳۰، ۳۰-۶۰، ۶۰-۹۰ سانتی‌متری) خاک و دوره آبیاری چهار ماهه تغییری نداشت.

منابع

۱. جعفری حقیقی م. (۱۳۸۲) روش‌های تجزیه خاک، نمونه‌برداری و تجزیه‌های مهم فیزیکی و شیمیایی با تأکید بر اصل ثنوری و کاربردی. انتشارات ضحی، ۳۲۰ ص.

اثر سطوح مختلف شوری بر کربنات خاک

مقادیر کربنات خاک در عمق‌های مختلف (۰-۳۰، ۳۰-۶۰، ۶۰-۹۰ سانتی‌متری) خاک و دوره آبیاری چهار ماهه تغییری نداشت. دلیل این امر ممکن است شستشوی املاح بر اثر آبشویی خاک باشد.

نتیجه‌گیری

با افزایش شوری آب آبیاری، کلسیم خاک کاهش یافت، به طوری که در بین سه تیمار آبیاری ۶، ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، کمترین میزان کلسیم خاک در اثر آبیاری با تیمار ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و بیشترین میزان آن در اثر آبیاری با تیمار ۶ دسی‌زیمنس بر متر بود. از طرفی، در اثر آبیاری با تیمار شاهد کاهش ۱۱/۵۴ درصدی کلسیم خاک مشاهده شد.

در اثر آبیاری با سه تیمار آبیاری ۶، ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، با افزایش شوری آب آبیاری، منیزیم، سدیم قابل تبادل، پتاسیم قابل جذب و کلر خاک افزایش یافت، به طوری که کمترین میزان پارامترهای ذکر شده در اثر آبیاری با تیمار ۶ دسی‌زیمنس بر متر و بیشترین میزان آن در اثر آبیاری با تیمار ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد. از طرفی، در اثر آبیاری با تیمار شاهد، کاهش ۵/۰۷ درصدی منیزیم، ۱۶/۱۵ درصدی سدیم قابل تبادل، ۱۵/۷۴

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۶ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۵

- and protease activity. *Biodiversity and Environmental Science*. 33: 39-42.
10. Vincent G.T., Bruschi G.R.A., Cristina F.M., Lucas Y. and Regina M.C. (2010) Irrigation with domestic wastewater: A: Multivariate Analysis of Main Soil Changes. *Brazilian Soil Science*. 34: 1427-1434.
۲. حنیف‌لو ا. (۱۳۸۴) بررسی تأثیر کاربرد پساب فاضلاب شهر اهواز بر خصوصیات فیزیکی، هیدرولیکی و شیمیایی خاک در یک دوره کوتاه مدت. دانشگاه شهید چمران اهواز. اهواز. پایان‌نامه کارشناسی ارشد.
۳. فیضی م. (۱۳۷۹) بررسی کمیت و کیفیت آب در شوری‌زدایی خاک‌های منطقه رودشت اصفهان. تحقیقات آب و خاک ایران. ۸(۱): ۷۰-۵۵.
۴. قلمباز س. (۱۳۸۷) بررسی تأثیر پساب مجتمع فولاد خوزستان بر روی خواص فیزیکی، شیمیایی و هیدرولیکی خاک در یک دوره کوتاه مدت. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات. اهواز. پایان‌نامه کارشناسی ارشد.
۵. قمری ن. و دانش ش. (۱۳۸۶) اثرات کاربرد لجن فاضلاب و عملیات آبشویی بر خصوصیات خاک و کیفیت عملکرد گیاه جو. تحقیقات مهندسی کشاورزی. ۸(۳): ۸۰-۶۵.
۶. همدانی ص. و همکاران (۱۳۸۷) بررسی اثر شوری آب آبیاری و مدیریت آن بر تغییرات رطوبت وزنی خاک. مجموعه مقالات دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، ایران.
7. Galavi M., Jalali A. and Ramroodi M. (2010) Effects of treated municipal wastewater on soil chemical properties and heavy metal uptake by sorghum (*sorghum bicolor* L.). *Agricultural Science*. 2(3): 49-52.
8. Mojiri A. (2011) Effects of municipal wastewater on physical and chemical properties of saline soil. *Biodiversity and Environmental Science*. 5(14): 71-76.
9. Pradeep M.R. and Narasimha G. (2012) Effect of leather industry effluents on soil microbial