مدیریت آب و آبیاری

دوره ۶ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۵

صفحه‌های ۱۳۲-۱۱۷

تأثیر آبیاری با زه آب نیشکر بر خصوصیات شیمیایی خاک

سارا حویزاوی[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 وصول مقاله: ۱۳۹۵/۰۱/۲۴ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۴/۲۴

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر آبیاری با زه‌آب مزارع نیشکر کشت و صنعت سلمان فارسی بر خصوصیات شیمیایی خاک، پژوهشی در مزرعهٔ تحقیقاتی آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز، در چارچوب طرحی کاملاً تصادفی اجرا شد. تیمارهای آبیاری عبارت بود از اختلاط زه‌آب مزارع نیشکر کشت و صنعت سلمان فارسی و آب رودخانهٔ کارون به صورت ۱. اختلاط ۷۵ درصد آب رودخانه کارون + ۲۵ درصد زه‌آب مزرعهٔ نیشکر، ۲. اختلاط ۵۰ درصد آب رودخانهٔ کارون + ۵۰ درصد زه‌آب مزرعهٔ نیشکر، ۳. اختلاط ۲۵ درصد آب رودخانهٔ کارون + ۷۵ درصد زه‌آب مزرعهٔ نیشکر، در سه تکرار و تیمار شاهد (۱۰۰ درصد آب رودخانهٔ کارون) در یک تکرار انتخاب شد. خصوصیات شیمیایی خاک طی چهار ماه و در سه عمق (۳۰-۰، ۶۰-۳۰، ۹۰-۶۰ سانتی‌متری) خاک اندازه‌گیری شد. تجزیه‌وتحلیل نتایج نشان داد که با افزایش شوری آب آبیاری، کلسیم کاهش یافت، ولی این کاهش معنادار ($P<0/05$) نبود. منیزیم، سدیم قابل‌تبادل، پتاسیم قابل‌جذب، کلر و بیکربنات خاک افزایش معنادار ($P<0/05$) یافت و کربنات ثابت بود.

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

* نویسنده مسئول Email: Sara.hoveizavi@yahoo.com

www.SID.ir

مقدمه

به‌منظور بررسی تأثیر آبیاری با سطوح مختلف شوری ناشی از اختلاط زه‌آب مزارع نیشکر کشت و صنعت سلمان فارسی و آب رودخانهٔ کارون بر خصوصیات شیمیایی خاک، تحقیق حاضر در ده کرت یکسان به ابعاد ۱/۵×۱/۵متر، با فاصلهٔ ۱/۵ متر از یکدیگر، در مزرعهٔ تحقیقاتی آبیاری و زهکشی دانشکدهٔ 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 زه‌آب مزارع نیشکر کشت و صنعت سلمان فارسی و آب رودخانهٔ کارون به صورت ۱. اختلاط ۷۵ درصد آب رودخانهٔ کارون + ۲۵ درصد زه‌آب مزرعهٔ نیشکر، ۲. اختلاط ۵۰ درصد آب رودخانهٔ کارون + ۵۰ درصد زه‌آب مزرعهٔ نیشکر، ۳. اختلاط ۲۵ درصد آب رودخانهٔ کارون + ۷۵ درصد زه‌آب مزرعهٔ نیشکر، که در سه تکرار و تیمار شاهد (۱۰۰ درصد آب رودخانهٔ کارون) در یک تکرار انتخاب شد.

خصوصیات شیمیایی خاک طی چهار ماه و در سه عمق (۳۰-۰، ۶۰-۳۰، ۹۰-۶۰ سانتی‌متری) خاک اندازه‌گیری شد. در هر دوره برای اندازه گیری هر پارامتر، نمونه‌برداری با آگر فولادی به‌صورت دست‌خورده صورت گرفت. نمونه‌های خاک برداشت‌شده پس از انتقال از محل نمونه‌برداری، هواخشک و با هاون فلزی کوبیده و از الک ۲ میلی‌متری (الک شمارهٔ ۱۰) عبور داده شد. سپس برخی خصوصیات شیمیایی خاک با روش‌های معمول آزمایشگاهی سنجش و بررسی شد (۱). در این تحقیق آبیاری به شیوهٔ کرتی (آبیاری سطحی به‌صورت غرقاب‌شدن کرت‌ها)، دور آبیاری هفت روز، همچنین ارتفاع آب مورد نیاز روی خاک ۱۰ سانتی‌متر انتخاب شد. با توجه به سطح کرت و عمق آب آبیاری، حجم آب داده‌شده در هر نوبت به هر کرت، ۲۲۵ لیتر محاسبه شد. با توجه به مقدار آب برآوردشده برای هر کرت در هر مرحله از آبیاری، همچنین نسبت‌های اختلاط زه‌آب مزارع نیشکر و آب رودخانهٔ کارون چهار تیمار آبیاری ذکر شده، با توجه به EC اولیهٔ زه‌آب، برابر با (dS/m) ۱۵/۵۲، همچنین EC اولیهٔ آب رودخانهٔ کارون، برابر با (dS/m) ۲/۳۹، از طریق فرمول اختلاط (۱) مشخص شد.

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

در این رابطه، V_1 و V_2 به‌ترتیب حجم آب و حجم زه‌آب، EC_1 و EC_2 به‌ترتیب شوری آب و زه‌آب و EC_{mixed} شوری اختلاط است.

در این تحقیق، پارامترهای کلسیم و منیزیم از روش تیتراسیون با اتیلن دی‌آمین ترا استیک[1]، سدیم قابل‌تبادل و پتاسیم قابل‌جذب با دستگاه فلیم فتومتر، کلر از تیتراسیون با نیترات نقره، کربنات و بیکربنات از روش تیتراسیون با اسید سولفوریک در سه عمق (۰-۳۰، ۶۰-۳۰ و ۹۰-۶۰ سانتی‌متری) خاک اندازه‌گیری شد. برای تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها و مقایسهٔ میانگین‌ها از نرم‌افزار SPSS و آزمون دانکن استفاده شد.

نتایج و بحث

خصوصیات فیزیکی- شیمیایی خاک مورد مطالعه و نیز خصوصیات شیمیایی آب آبیاری به‌ترتیب در جدول‌های ۱، ۲ و ۳ ارائه شده است. بافت خاک همهٔ 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 به‌دست آمد.

1. EDTA

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی خاک مورد مطالعه

خصوصیات فیزیکی خاک / عمق خاک (cm)	وزن مخصوص ظاهری (ρ_b) (gr/cm^3)	رطوبت وزنی ظرفیت زراعی (θFC) (٪)	رطوبت وزنی نقطهٔ پژمردگی (θpwp) (٪)	بافت خاک	هدایت هیدرولیکی اشباع (K_{sat}) (mm/hr)	تخلخل (n) (%)
۰–۳۰	۱/۴۸	۱۷/۹۶	۹/۵۲	لوم رس شنی	۱۵/۲۲	۴۵/۰۲
۳۰–۶۰	۱/۴۵	۱۷/۸۹	۹/۴۸	لوم رس شنی	۱۵/۵۶	۴۵/۵۴
۶۰–۹۰	۱/۴۳	۱۷/۳۵	۹/۱۵	لوم رس شنی	۱۶/۵۰	۴۵/۶۷

جدول ۲. خصوصیات شیمیایی خاک مورد مطالعه

خصوصیات شیمیایی خاک / عمق خاک (cm)	ESP (%)	SAR (meq/L)$^{1/2}$	K^+	Mg^{2+}	Na^+	Ca^{2+}	Cl^-	CO_3^{2-}	HCO_3^-	pH	ECe (dS/m)
						(meq/L)					
۰–۳۰	۳۹/۹۱	۶/۵۵	۵/۳	۲۳/۵	۳۰/۰	۱۸/۵	۶۶/۱	۰/۰	۷/۳	۷/۸	۷/۶
۳۰–۶۰	۳۹/۱۹	۶/۴۱	۴/۹	۲۲/۲	۲۸/۳	۱۶/۸	۵۴	۰/۰	۶/۴	۷/۷	۶/۳
۶۰–۹۰	۳۸/۸۰	۶/۳۱	۴/۵	۲۰	۲۶/۷	۱۵/۷	۴۴/۷	۰/۰	۵/۴	۷/۶	۵/۲

www.SID.ir

جدول ۳. خصوصیات شیمیایی آب آبیاری

خصوصیات شیمیایی / آب‌های استفاده‌شده	ECe (dS/m)	pH	HCO_3^- (meq/L)	CO_3^{2-} (meq/L)	Cl^- (meq/L)	Ca^{2+} (meq/L)	Na^+ (meq/L)	Mg^{2+} (meq/L)	K^+ (meq/L)	SAR $(meq/L)^{1/2}$
اختلاط ۷۵٪ زه‌آب مزرعهٔ نیشکر + ۲۵٪ آب رودخانهٔ کارون	۱۲	۷/۵	۲۰/۶	۰/۰	۱۰۵	۱۰/۴	۸۴	۲۲/۷	۳/۹	۲۰/۶
اختلاط ۵۰٪ زه‌آب مزرعهٔ نیشکر + ۵۰٪ آب رودخانهٔ کارون	۹	۷/۲	۲۰/۱	۰/۰	۸۵/۷	۷/۶	۶۲/۸۸	۱۹/۱	۳/۸	۱۷/۲
اختلاط ۲۵٪ زه‌آب مزرعهٔ نیشکر + ۷۵٪ آب رودخانهٔ کارون	۶	۷/۱	۱۶	۰/۰	۷۳/۹	۴	۳۶/۹	۱۲	۳/۶	۱۲/۱
۱۰۰٪ آب رودخانهٔ کارون	۲/۳۹	۷	۳/۵	۰/۰	۴۶/۱	۳/۸	۸/۴	۴/۲	۱/۳	۴/۲
۱۰۰٪ زه‌آب نیشکر	۱۵/۵۲	۷/۹	۲۸/۴	۰/۰	۱۳۶/۴	۱۸/۶	۱۳۰/۲	۲۳/۶	۴/۲	۲۸/۳

www.SID.ir

اثر سطوح مختلف شوری بر کلسیم خاک

نتایج حاصل از تجزیه‌وتحلیل آماری کلسیم خاک در جدول ۴ و نتایج حاصل از مقایسهٔ 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 هیدراته‌شدن، از سطح خاک جدا می‌شود. کلسیم به‌علت 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 شده‌است. با افزایش عمق خاک، تأثیر شوری و سدیمی‌بودن 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 به‌دست آمد که منجر به کاهش ۲۸/۷۸ درصد کلسیم و کمترین میزان کاهش کلسیم در اثر آبیاری با تیمار شاهد به‌دست آمد که منجر به کاهش ۱۱/۵۴ درصد کلسیم نسبت به شرایط اولیهٔ 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 مقایسهٔ 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	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	درجهٔ 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		

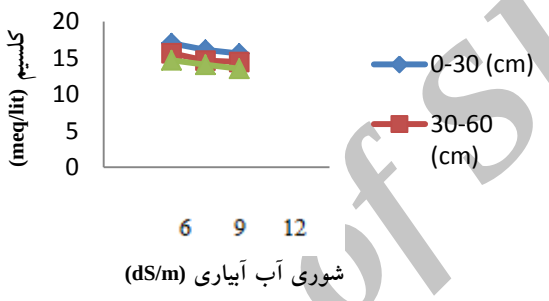
* معناداری در سطح احتمال ۵ درصد

Archive of SID
www.SID.ir

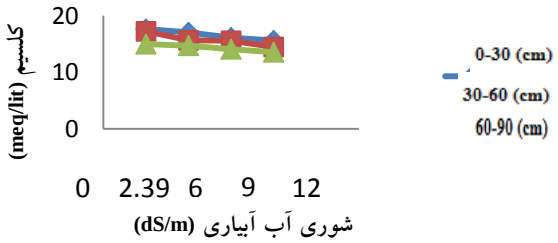
جدول ۵. نتایج حاصل از مقایسهٔ میانگینهای کلسیم خاک در عمقهای مختلف بر اساس آزمون دانکن

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

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



شکل ۱. مقادیر کلسیم خاک (با درنظرگرفتن عمق) تحت تأثیر شوری‌های مختلف آب



شکل ۲. مقایسهٔ میانگین‌های کلسیم خاک (با درنظرگرفتن عمق) تحت تأثیر شوری‌های مختلف آب آبیاری

اثر سطوح مختلف شوری بر منیزیم خاک

نتایج حاصل از تجزیه‌وتحلیل آماری منیزیم خاک در جدول ۶ و نتایج حاصل از مقایسهٔ 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 به‌دنبال آن خارج شدن کلسیم از خاک، نسبت کلسیم به منیزیم کاهش می‌یابد و

Archive of SID
www.SID.ir

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 سدیمی‌بودن 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 به‌دست آمد که منجر به افزایش ۳۶/۴۵ درصد منیزیم و آبیاری با تیمار شاهد منجر به کاهش ۵/۰۷ درصد منیزیم نسبت به شرایط اولیهٔ 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 مقایسهٔ میانگین‌های سه تیمار ۶، ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر با تیمار شاهد در شکل ۴ نشان داده شده است.

جدول ۶. تجزیه و تحلیل آماری منیزیم خاک

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	درجهٔ 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		

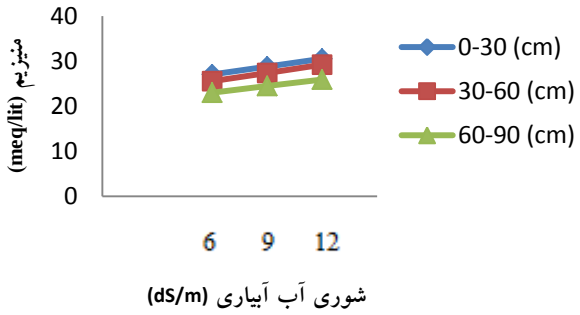
* معناداری در سطح احتمال ۵ درصد

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

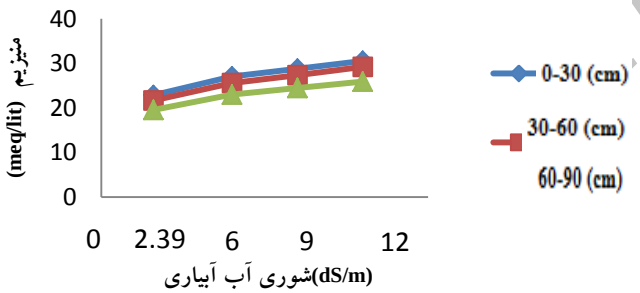
تیمار آبیاری / عمق خاک (cm)	۶۰-۹۰	۳۰-۶۰	۰-۳۰
EC = ۶ (dS/m)	۲۲/۹۹۹۲ a	۲۵/۵۷۲۵ abc	۲۷/۰۵۶۷ bcd
EC = ۹ (dS/m)	۲۴/۴۷۹۲ ab	۲۷/۳۵۵۸ bcd	۲۸/۷۸۲۵ cd
EC = ۱۲ (dS/m)	۲۵/۹۰ abc	۲۹/۲۰۴۲ cd	۳۰/۵۳۷۵ d

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

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۳. مقادیر منیزیم خاک (با درنظرگرفتن عمق) تحت تأثیر شوری‌های مختلف آب آبیاری



شکل ۴. مقایسهٔ میانگین‌های منیزیم خاک (با درنظرگرفتن عمق) تحت تأثیر شوری‌های مختلف آب آبیاری

اثر سطوح مختلف شوری بر سدیم قابل‌تبادل خاک

نتایج حاصل از تجزیه‌وتحلیل آماری سدیم قابل‌تبادل خاک در جدول ۸ و نتایج حاصل از مقایسهٔ میانگین‌های سدیم قابل‌تبادل 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 قابل‌تبادل خاک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری است، اما اثر متقابل کیفیت آب آبیاری و عمق خاک بر سدیم قابل‌تبادل 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 قابل‌تبادل خاک منجر می‌شود و با افزایش عمق خاک، تأثیر شوری و سدیمی‌بودن آب آبیاری در افزایش سدیم قابل‌تبادل خاک کاهش می‌یابد. اثر متقابل افزایش شوری آب آبیاری و عمق خاک سدیم قابل‌تبادل خاک را افزایش می‌دهد.

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

آبیاری با فاضلاب شهری نیز منجر به افزایش سدیم

Archive of SID
www.SID.ir

خاک شد و با افزایش عمق خاک سدیم خاک کاهش یافت. اثر متقابل افزایش شوری آب آبیاری و عمق خاک به افزایش سدیم قابل‌تبادل خاک منجر شد (۸). علاوه‌بر آن، فاضلاب تصفیه‌شده منجر به افزایش قابل‌توجه سدیم خاک شد و با افزایش عمق خاک سدیم خاک کاهش یافت. اثر متقابل افزایش شوری آب آبیاری و عمق خاک منجر به افزایش سدیم قابل‌تبادل خاک شد (۷، ۹). تأثیر کیفیت آب آبیاری و عمق خاک در شکل ۵ و نتایج حاصل از مقایسهٔ میانگین‌های سه تیمار ۶، ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر با تیمار شاهد در شکل ۶ نشان داده شده است.

جدول ۸. تجزیه‌وتحلیل آماری سدیم قابل‌تبادل خاک

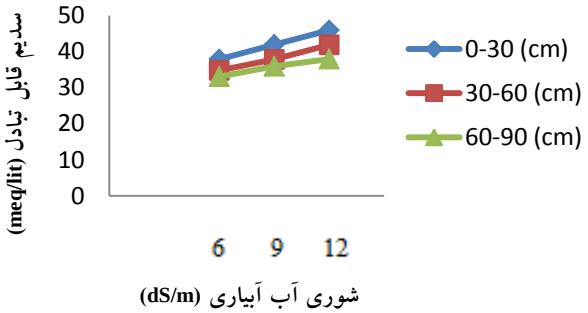
منابع تغییر	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	درجهٔ تشخیص F
کیفیت آب	۲	۴۴۱/۵۲۶	۵/۳۷۴*
عمق	۲	۳۲۶/۰۸۹	۳/۹۶۹*
کیفیت آب × عمق	۴	۳/۶۵۵	۰/۰۴۴
خطا	۹۹	۸۲/۱۵۹	
کل	۱۰۷		

* معناداری در سطح احتمال ۵ درصد

جدول ۹. نتایج حاصل از مقایسهٔ میانگین‌های سدیم قابل‌تبادل خاک در عمق‌های مختلف بر اساس آزمون دانکن

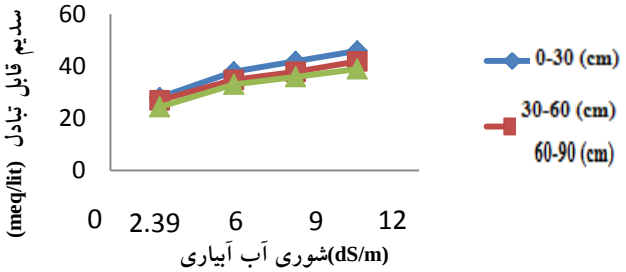
عمق خاک (cm) / تیمار آبیاری	۶۰–۹۰	۳۰–۶۰	۰–۳۰
EC = ۶ (dS/m)	۳۳/۰۳۷۵ a	۳۴/۷۹۴۲ ab	۳۷/۹۱۰ abc
EC = ۹ (dS/m)	۳۵/۹۲۳۳ ab	۳۷/۸۵۵۰ abc	۴۱/۹۲۶۷ cd
EC = ۱۲ (dS/m)	۳۸/۹۳۶۷ abc	۴۱/۸۸۵۰ bc	۴۵/۹۲۳۳ c

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



شکل ۵. مقادیر سدیم قابل‌تبادل خاک (با درنظرگرفتن عمق) تحت تأثیر شوری‌های مختلف آب آبیاری

www.SID.ir



شکل ۶. مقایسهٔ میانگین‌های سدیم قابل‌تبادل خاک (با درنظرگرفتن عمق) تحت تأثیر شوری‌های مختلف آب آبیاری

اثر سطوح مختلف شوری بر پتاسیم قابل‌جذب خاک

نتایج حاصل از تجزیه‌وتحلیل آماری پتاسیم قابل‌جذب خاک در جدول ۱۰ و نتایج حاصل از مقایسهٔ میانگین‌های پتاسیم قابل‌جذب 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 قابل‌جذب خاک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری است، اما اثر متقابل کیفیت آب آبیاری و عمق خاک بر پتاسیم قابل‌جذب خاک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری نیست. با افزایش شوری و سدیم آب آبیاری، پتاسیم قابل‌جذب خاک افزایش و با افزایش عمق خاک، تأثیر شوری و سدیمی‌بودن آب آبیاری در افزایش پتاسیم قابل‌جذب خاک کاهش می‌یابد. اثر متقابل افزایش شوری آب آبیاری و عمق خاک به افزایش پتاسیم قابل‌جذب خاک. در می‌انجامد. اثر آبیاری با سه تیمار ۶، ۹ و ۱۲ دسی‌زمینس بر متر پتاسیم قابل‌جذب خاک را افزایش می‌دهد. بیشترین میزان افزایش پتاسیم قابل‌جذب در اثر آبیاری با تیمار ۱۲ دسی‌زمینس بر متر به‌دست آمد که منجر به افزایش ۳۱/۵۲ درصد پتاسیم قابل‌جذب و آبیاری با تیمار شاهد منجر به کاهش ۱۵/۷۴ درصد پتاسیم قابل‌جذب نسبت به شرایط اولیهٔ 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 قابل‌جذب خاک می‌انجامد و با افزایش عمق خاک، پتاسیم قابل‌جذب خاک کاهش می‌یابد. اثر متقابل افزایش شوری آب آبیاری و عمق خاک به افزایش پتاسیم قابل‌جذب خاک منجر می‌شود. تأثیر کیفیت آب آبیاری و عمق خاک در شکل ۷ و نتایج حاصل از مقایسهٔ میانگین‌های سه تیمار ۶، ۹ و ۱۲ دسی‌زمینس بر متر با تیمار شاهد در شکل ۸ نشان داده شده است.

جدول ۱۰. تجزیه‌وتحلیل آماری پتاسیم قابل‌جذب خاک

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	درجهٔ 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		

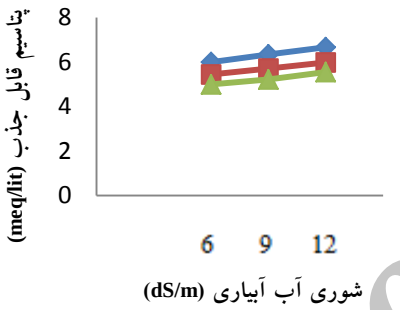
* معناداری در سطح احتمال ۵ درصد

Archive of SID
www.SID.ir

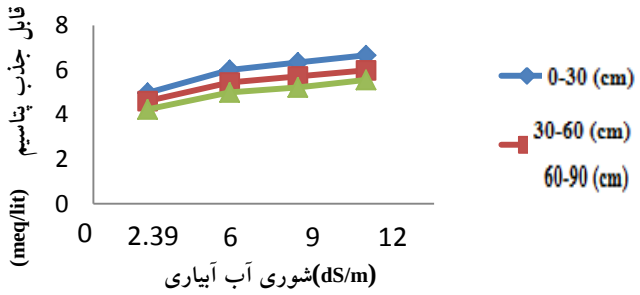
جدول ۱۱. نتایج حاصل از مقایسهٔ میانگین‌های پتاسیم قابل‌جذب خاک در عمق‌های مختلف بر اساس آزمون دانکن

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

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



شکل ۷. مقادیر پتاسیم قابل‌جذب خاک (با درنظرگرفتن عمق) تحت تأثیر شوری‌های مختلف آب آبیاری



شکل ۸. مقایسهٔ میانگین‌های پتاسیم قابل‌جذب خاک (با درنظرگرفتن عمق) تحت تأثیر شوری‌های مختلف آب آبیاری

اثر سطوح مختلف شوری بر کلر خاک

نتایج حاصل از تجزیه‌وتحلیل آماری کلر خاک در جدول ۱۲ و نتایج حاصل از مقایسهٔ 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 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

Archive of SID
www.SID.ir

را در پی دارد. با افزایش عمق خاک، تأثیر شوری و سدیمی‌بودن 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 به‌دست آمد که منجر به افزایش ۳۳/۲۳ درصد کلر و آبیاری با تیمار شاهد منجر به کاهش ۹/۷۱ درصد کلر به شرایط اولیهٔ 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 مقایسهٔ میانگین‌های سه تیمار ۶، ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر با تیمار شاهد در شکل ۱۰ نشان داده شده است.

جدول ۱۲. تجزیه‌وتحلیل آماری کلر خاک

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	درجهٔ 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		

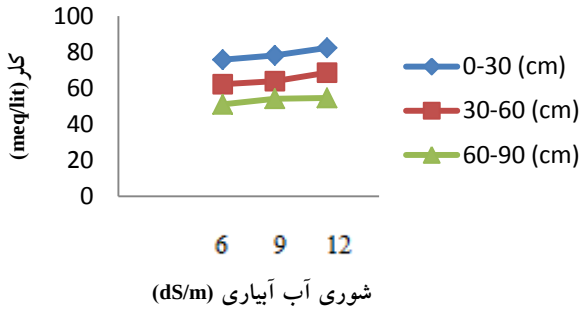
* معناداری در سطح احتمال ۵ درصد

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

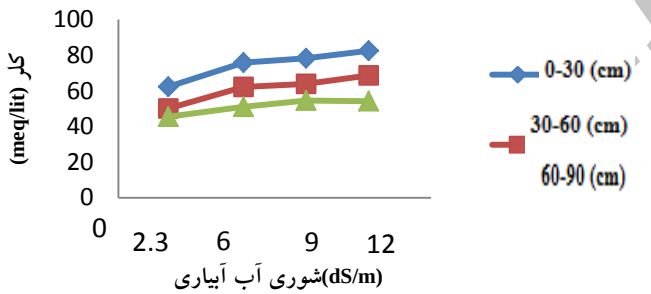
عمق خاک (cm) / تیمار آبیاری	۶۰–۹۰	۳۰–۶۰	۰–۳۰
EC = ۶ (dS/m)	۵۱/۰۰۳۳ a	۶۲/۱۷۶۷ b	۷۵/۷۹۵۸ cd
EC = ۹ (dS/m)	۵۴/۱۳۴۲ a	۶۳/۸۶۸۳ b	۷۸/۲۰۰۸ d
EC = ۱۲ (dS/m)	۵۴/۵۵۹۲ a	۶۸/۶۲۲۵ bc	۸۲/۴۱۰۸ d

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

www.SID.ir



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



شکل ۱۰. مقایسهٔ میانگین‌های کلر خاک (با درنظرگرفتن عمق) تحت تأثیر شوری‌های مختلف آب آبیاری

اثر سطوح مختلف شوری بر بی‌کربنات خاک

نتایج حاصل از تجزیه‌وتحلیل آماری بی‌کربنات خاک در جدول ۱۴ و نتایج حاصل از مقایسهٔ 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 سدیمی‌بودن 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 به‌دست آمد که به افزایش ۱۳/۰۷ درصد بی‌کربنات انجامید و کمترین میزان افزایش

Archive of SID
www.SID.ir

بی‌کربنات در اثر آبیاری با تیمار شاهد به‌دست آمد که منجر به افزایش ۶/۴۷ درصد بی‌کربنات نسبت به شرایط اولیهٔ خاک شد. این نتیجه مشابه نتایج حنیفه‌لو (۲) و قلمباز (۴) بود. بی‌کربنات در اثر آبیاری با پساب صنعتی فولاد خوزستان نسبت به آب رودخانهٔ کارون نیز افزایش معناداری پیداکرد 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 در اثر آبیاری با فاضلاب شهر اهواز نسبت به آب رودخانهٔ کارون افزایش پیداکرد 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 مقایسهٔ میانگین‌های سه تیمار ۶، ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر با تیمار شاهد در شکل ۱۲ نشان داده شده است.

جدول ۱۴. تجزیه‌وتحلیل آماری بی‌کربنات خاک

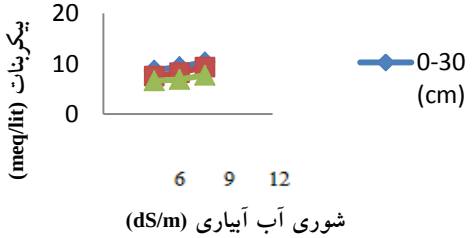
منابع تغییر	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	درجهٔ تشخیص F
کیفیت آب	۲	۲۰/۹۳۷	۷/۳۹۸*
عمق	۲	۵۱/۸۷۲	۱۸/۳۲۹*
کیفیت آب × عمق	۴	۰/۳۸۶	۰/۱۳۷
خطا	۹۹	۲/۸۳۰	
کل	۱۰۷		

* معناداری در سطح احتمال ۵ درصد

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

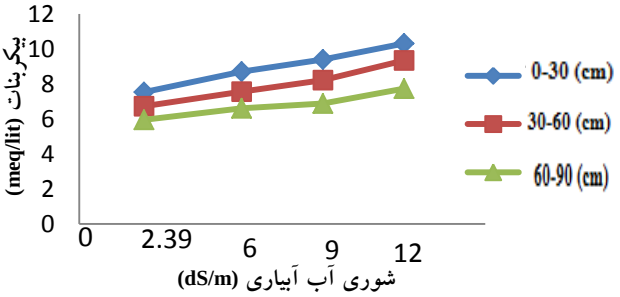
عمق خاک (cm) / تیمار آبیاری	۶۰–۹۰	۳۰–۶۰	۰–۳۰
EC = ۶ (dS/m)	۶/۶۰۹۲ a	۷/۵۶۲۵ abc	۸/۷۰۳۳ cd
EC = ۹ (dS/m)	۶/۸۸۰ ab	۸/۲۱۸۳ bcd	۹/۳۹۵۸ de
EC = ۱۲ (dS/m)	۷/۷۳۰۸ abc	۹/۳۴۵۸ de	۱۰/۳۱۴۲ e

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



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

www.SID.ir



شکل ۱۲. مقایسهٔ میانگین‌های بی‌کربنات خاک (با درنظرگرفتن عمق) تحت تأثیر شوری‌های مختلف آب آبیاری

اثر سطوح مختلف شوری بر کربنات خاک

مقادیر کربنات خاک در عمق‌های مختلف (۳۰-۰، ۶۰-۳۰، ۹۰-۶۰ سانتی‌متری) خاک و دورهٔ 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، به‌طوری 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 قابل‌تبادل، پتاسیم قابل‌جذب و کلر خاک افزایش یافت، به‌طوری که کمترین میزان پارامترهای ذکرشده در اثر آبیاری با تیمار ۶ دسی‌زیمنس بر متر و بیشترین میزان آن در اثر آبیاری با تیمار ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد. از طرفی، در اثر آبیاری با تیمار شاهد، کاهش ۵/۰۷ درصدی منیزیم، ۱۶/۱۵ درصدی سدیم قابل‌تبادل، ۱۵/۷۴ درصدی پتاسیم قابل‌جذب 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، به‌طوری 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 به‌دست آمد. از طرفی، در اثر آبیاری با تیمار شاهد افزایش ۶/۴۸ درصدی بی‌کربنات خاک مشاهده شد.

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

منابع

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

Archive of SID
www.SID.ir

۲. حنیفه‌لو ا. (۱۳۸۴) بررسی تأثیر کاربرد پساب فاضلاب شهر اهواز بر خصوصیات فیزیکی، هیدرولیکی و شیمیایی خاک در یک دورهٔ کوتاه‌مدت. دانشگاه شهید چمران اهواز. اهواز. پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد.

۳. فیضی م. (۱۳۷۹) بررسی کمیت و کیفیت آب در شوری‌زدایی خاک‌های منطقهٔ 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 دورهٔ کوتاه‌مدت. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات. اهواز. پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد.

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 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: Mulitivariate Analysis of Main Soil Changes. Brazilian Soil Science. 34: 1427-1434.

Archive of SID

www.SID.ir