نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۲، جلد ۱۳، مرداد - شهریور ۱۳۹۸، ص. ۸۱۰-۸۰۱

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 2, Vol. 13, Agu.-Sept. 2019, p. 801-810

بررسی تغییرات کیفی عملکرد سورگوم علوفه‌ای تحت تاثیر استفاده از آب‌های نامتعارف و اصلاح کننده طبیعی خاک

فخرالدین قاسمی صاحبی[۱]، ام البنی محمدرضا پور[۲*]، معصومه دلبری[۳]، عباس خاشعی سیوکی[۴]، علی چراتی[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۷/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۹/۲۷

چکیده

به منظور بررسی تغییرات کیفی در محصول سورگوم علوفه‌ای با کاربرد آبهای نامتعارف و زئولیت، آزمایشی بصورت اسپلیت پلات براساس بلوک های کامل تصادفی با ۳ تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی قراخیل قائمشهر اجرا شد. در این آزمایش، تیمارهای اصلی کیفیت آب آبیاری شامل (آب چاه W1، ترکیب یک به سه آب دریای خزر با آب چاه W2، ترکیب سه به یک آب دریای خزر با آب چاه W3، ترکیب یک به یک فاضلاب تصفیه شده با آب دریای خزر W4، آبیاری تناوبی فاضلاب تصفیه شده و آب دریای خزر W5 و فاضلاب تصفیه شده W6) و تیمار فرعی شامل سه سطح زئولیت به عنوان اصلاح کننده خاک (بدون زئولیت Z1، زئولیت کلسیک Z2 و زئولیت پتاسیک Z3) بودند. نتایج حاصل از تجزیه داده‌ها نشان داد که اثر تیمارهای کیفیت آب آبیاری و سطوح زئولیت بر عملکرد علوفه، تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد داشته است. با افزایش شوری عملکرد علوفه کاهش یافت اما تفاوت معنی‌داری بین تیمار W5وW4 مشاهده نگردید. مقدار عملکرد علوفه تر در تیمار فاضلاب تصفیه شده با زئولیت کلسیک به اندازه ۱۲۹ تن بر هکتار مشاهده گردید که بیشتر از بقیه تیمارها بود. میزان پروتئین و کربوهیدرات سورگوم با افزایش میزان شوری، به ترتیب با کاهش و افزایش همراه بوده و میزان پروتئین برگ در تیمار W6Z2 بیشتر از بقیه بوده است. بیشترین میزان پروتئین برگ به میزان ۱۴٫۸۳ درصد در تیمار W6Z2 مشاهده شد. بیشترین میزان کربوهیدرات در تیمار W3Z3 به میزان ۹٫۷۵ میلی گرم بر گرم وزن تر مشاهده گردید. بیشترین میزان جذب کادمیوم و کروم در تیمار W3 بوده که این میزان در ریشه گیاه به مراتب از برگ و ساقه بیشتر بوده است و در تیمارهای حاوی زئولیت این میزان در اندام هوایی گیاه نیز کمتر بوده است.

واژه‌های کلیدی: آب دریا، فاضلاب تصفیه شده شهری، زئولیت، کادمیوم، پروتئین

مقدمه

افزایش جمعیت، توسعه اراضی کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک جهان، گسترش صنایع، توزیع ناهمگون زمانی و مکانی آب شیرین به لحاظ کمی و محدودیت‌ها و مشکلات روزافزون کیفی منابع آبی، در بسیاری ازکشورها، تأمین آب مطمئن را به یکی از چالش‌های اساسی قرن حاضر تبدیل نموده است. در این بین کشور-های خاورمیانه و شمال آفریقا از خشک‌ترین مناطق جهان با منابع آبی بسیار محدود شناخته می‌شوند. این مناطق، با وجود دارا بودن ۵ درصد از کل جمعیت جهان، تنها یک درصد از منابع آب شیرین را در اختیار دارد (Allen et al., 1998). در سال‌های اخیر، منابع آب قابل استفاده برای تولید مطلوب محصولات کشاورزی کاهش یافته و بحران کم‌آبی همراه با افزایش دمای کرهٔ زمین و کاهش بارندگی ناشی از پدیدهٔ تغییر اقلیم تشدید شده است (Shao et al., 2009). از این‌رو به ناچار بایستی به استفاده مجدد از منابع آبی نامتعارف رو آورد. از جمله این منابع می‌توان به کاربرد فاضلاب تصفیه‌شده برای کشاورزی اشاره نمود.

مشکلات استحصال منابع آب و برخی از فوائد پساب‌ها، بهره-برداران را به سمت استفاده از این منابع ترغیب نموده است. از طرفی استحصال آب‌های زیر زمینی هزینه‌بر می‌باشد و گاهی از کیفیت پایینی از لحاظ باقی‌مانده کربنات کلسیم برخوردار می‌باشد درنتیجه فاضلاب به منبع کمکی برای آبیاری تبدیل شده است (Raja et al., 2015). آبیاری با فاضلاب تصفیه شده عناصر غذایی از قبیل نیتروژن

۱- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، دانشکده آب وخاک، دانشگاه زابل
۲- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
۳- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکدهٔ آب و خاک، دانشگاه زابل
۴- دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
۵- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مازندران، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: mohammdrezapour@uoz.ac.ir)

و فسفر در منطقه توسعه ریشه را افزایش می‌دهد، این امر هزینه‌های کوددهی را کاهش و سودآوری مزرعه را افزایش می‌دهد (Ganjegunte et al., 2017).

از دیگر منابع آبی نامتعارف می‌توان به آبهای شور و لب شور اشاره نمود. منابع آبی شور بطور مداوم و حتی در شرایط خشکسالی از دریا قابل دسترس بوده و می‌توان از آن برای مصارف مختلف استفاده نمود. در این بین به نظر می‌رسد آب دریای مازندران گزینه مناسبی برای استفاده در کشاورزی باشد. از آنجایی که شوری آب دریای مازندران بسیار کمتر از شوری آب دریاهای آزاد است در مواقع اضطراری برای استان‌های شمالی کشور می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. آب شور به طور فزاینده ای برای تولید محصول در مناطقی که دارای کمبود آب شیرین هستند، استفاده می شود. با این حال، آبیاری پیوسته با آب شور، اغلب منجر به اثرات نامطلوب بر محصول و خاک می شود. Li و همکاران آبیاری با شوری‌های مختلف را روی رشد، عملکرد و کیفیت گوجه آزمایش کردند آنها گزارش کردند کیفیت و عملکرد محصولی که بصورت متناوب با آب شور و شیرین آبیاری شد از کیفیت محصولی که با فقط آب شیرین آبیاری شده بود بهتر بود (Li et al., 2019).

از طرفی برای استفاده از آب‌های با کیفیت کم باید از گیاهانی در کشاورزی استفاده گردد که نسبت به کیفیت پایین آب و شوری حساسیت کمتری داشته باشند. برای کاربرد آب شور، بررسی واکنش گیاه نسبت به شوری دارای اهمیت است. Rekik و همکاران در سال ۲۰۱۷ در تحقیقی که بر روی اثر آبهای نامتعارف، فاضلاب تصفیه شده و تصفیه نشده بر رشد سورگوم و جو داشتند اظهار کردند گیاهانی برای این منظور باید انتخاب شوند که مقاومت خوبی در مرحله جوانه زنی و دانه دهی از خود نشان دهند. بدیهی است در این خصوص انتخاب نوع گیاهی که نسبت به شوری مقاوم باشد بسیار مهم است. از جمله این گیاهان می‌توان به سورگوم اشاره کرد. سورگوم علوفه‌ای به شوری نسبتاً مقاوم است (Maas et al., 2002) و با بهره‌گیری از فصل رشد طولانی‌تر، ماده خشک بیشتری در واحد سطح تولید می‌کند. خصوصیات مورفولوژیکی این گیاه سبب شده که به‌عنوان شاخص گیاهان زراعی مقاوم به خشکی معرفی می‌شود. از لحاظ درجه‌بندی به تحمل شوری نیز به‌عنوان یک گیاه نیمه‌متحمل با آستانه تحمل به شوری ۶/۸ دسی‌زیمنس بر متر شناخته شده است (Maas et al., 2002 ،Fracios et al., 1984). Amacher و همکاران در سال۱۹۹۷ آستانه تحمل شوری گیاه سورگوم را معادل ۴ دسی زیمنس بر متر گزارش نمودند، بر اساس داده‌های این گزارش در هدایت الکتریکی (EC) معادل ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر عملکرد این گیاه با ۵۰ درصد افت محصول مواجه می‌شود. این گیاه بر اساس تقسیم‌بندی گیاهان در مقاومت به تنش شوری، در کلاس نیمه-متحمل قرار می‌گیرد (Maas et al., 2002).

امروزه به‌منظور افزایش تولید محصولات کشاورزی در واحد سطح از کودهای شیمیایی به وفور استفاده می‌شود. نتیجه این استفاده بی-رویه، ایجاد آلودگی‌های زیست محیطی درآب‌های زیرزمینی و خاک است. از راه‌های رفع این مشکل استفاده از اصول کشاورزی پایدار می‌باشد. کشاورزی پایدار یک نظام تلفیقی مبتنی بر اصول اکولوژیک است که بجای استفاده از نهاده‌های خارجی نظیر کود شیمیایی از منابع طبیعی نظیر زئولیت استفاده می‌نماید. زئولیتها بیش از۴۱ درصد وزن خود آب جذب می‌کنند و به خاطر سطح ویژه بالا، توانایی جذب و نگهداری طولانی مدت آب و عناصر غذایی را داشته و به آسانی، آب و عناصر غذایی جذب شده را در اختیار گیاه قرار می‌دهد (Polat et al., 2004). Moradi و همکاران در سال ۲۰۱۷ اثرات استفاده از اصلاح کننده خاک را بر عملکرد آفتاب گردان را بررسی کردند آنها گزارش کردند زئولیت و اصلاح کننده‌های دیگر بهره‌وری آب آبیاری را افزایش و آسیب‌های ناشی از کم آبی را کاهش می‌دهد.

بررسی ها نشان داد تاکنون از ترکیب دو منبع آب نامتعارف یعنی فاضلاب تصفیه شده شهری و آب دریا جهت آبیاری، مطالعاتی صورت نپذیرفته است، از اهداف این تحقیق امکان کاربرد این دو آب نامتعارف در شرایط کم آبی، جهت کاهش مصرف آبهای شیرین و تامین نیاز آبی گیاه با استفاده از گیاهان مناسب کشت در شرایط شوری است. استفاده از زئولیتها در جهت کاهش تاثیر منفی عناصر سنگین و تنش آبی و جذب عناصر غذایی و در اختیار قرار دادن آن به گیاه، می تواند به بهبود عملکرد گیاه کمک کند.

مواد و روشها

طرح مذکور در سال ۱۳۹۶ در سطح مزرعه و در زمینی به ابعاد ۹۰۰ متر مربع (۶۰*۱۵) واقع در مزرعه پژوهشی ایستگاه تحقیقات قراخیل شهرستان قائمشهر، روی گیاه سورگوم با استفاده از آبیاری سطحی کرتی، با شوری‌های متفاوت انجام شد. عرض و طول جغرافیایی منطقه به ترتیب ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی و ۵۲ درجه و ۴۶ دقیقه شرقی بوده و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۴ متر می‌باشد. آب و هوای این منطقه معتدل و مرطوب، میانگین بارندگی سالیانه در دوره آماری ۳۰ ساله معادل ۷۰۰ میلی‌متر و حداکثر و حداقل بارش سالانه اندازه‌گیری شده به‌ترتیب برابر با ۹۹۷/۶ و ۵۲۶/۹ میلی‌متر بوده است. شکل ۱ موقعیت محل اجرای طرح در استان مازندران را نشان می-دهد (سازمان هواشناسی مازندران، ۱۳۹۵).

شکل ۱- محل اجرای طرح در ایستگاه تحقیقات قراخیل (استان مازندران)

رقم اسپیدفید (Sorghum bicolor var. Speed feed) در اوایل خرداد در عمق ۵ سانتی‌متر از سطح خاک و با فواصل ۶۰ سانتی‌متر بین ردیف و ۱۰ سانتی‌متر روی ردیف کاشت شد. ۵۰٪ از کود نیتراته در مراحل اولیه رشد (۱۵روز بعد از کاشت گیاه) و ۵۰٪ نیز پس از مراحل ۴ تا ۶ برگی و شروع رشد رویشی گیاه (۳۰ روز پس از کاشت گیاه) به خاک اضافه گردید. خصوصیات خاک منطقه در جدول شماره ۱و میزان شوری تیمارهای آب در جدول شماره ۲ ارائه گردیده است.

این پژوهش به صورت اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمار آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده شهری، آب دریا و ترکیب آنها شامل : آب چاه W1، ترکیب یک آب دریا و ۳ آب چاه W2، ترکیب ۳ آب دریا و یک آب چاهW3، ترکیب یک به یک آب دریا و فاضلاب تصفیه شدهW4، آبیاری متناوب فاضلاب تصفیه شده و آب دریا W5 و آبیاری با فاضلاب تصفیه شده W6 به عنوان فاکتور اصلی و زئولیت با سه نوع کلسیک و پتاسیک و بدون زئولیت به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند. فاضلاب تصفیه‌شده از تصفیه‌خانه واقع در شمال شرقی شهر ساری، روستای اوجامحله تهیه گردید. زئولیت طبیعی مورد استفاده از معادن زئولیت سمنان، تهیه شده و به میزان ۱۰ تن در هکتار به‌کار برده شد. مقدار زئولیت مورد استفاده به اندازه ۴ گرم در هر کیلوگرم خاک می‌باشد که با استفاده از چگالی ظاهری خاک به میزان یک کیلوگرم در هر متر مربع به دست آمده است (احمدی و همکاران ، ۱۳۹۳ ، متقی و همکاران، ۱۳۹۳). آبیاری کرتی بصورت ۷-۱۰ روز در میان با هدف رساندن میزان رطوبت خاک به حد ظرفیت زراعی انجام و نیاز آبی گیاه در این تیمار با استفاده از رابطه ذیل محاسبه گردید:

$$I_n = \sum_{n=1}^{m}\{\rho bi \times (\theta FC_i - \theta m_i)\, D_i\} \qquad (۱)$$

در رابطه (۱)، θ_{fci} رطوبت ظرفیت زراعی (درصد)، θ_{mi} رطوبت وزنی قبل از آبیاری (درصد)، Di عمق هر لایه از خاک (میلی‌متر)، I_n عمق خالص آبیاری (میلی‌متر)، ρ_{bi} چگالی ظاهری هر لایه (گرم بر سانتی‌متر مکعب)، i شماره هر لایه خاک می باشد. در این پژوهش آرایش کرت‌ها به گونه‌ایی است که از ورود و خروج رواناب ممانعت به عمل می‌آید لذا رواناب ورودی و خروجی صفر درنظر گرفته می‌شود. بررسی‌های انجام شده نیز نشان داد که عمق سطح ایستابی از ۲ متر بیشتر بوده است. لذا بر اساس نشریه فائو ۵۶ چنانچه عمق سطح ایستابی بیشتر از یک متر از عمق توسعه ریشه باشد می‌توان از صعود موییینگی در آن صرف‌نظر کرد (Allen et al., 1998). همچنین با توجه به اینکه اندازه کرت‌ها کوچک است، از تلفات نفوذ عمقی نیز صرف‌نظر می‌شود. بنابراین راندمان کاربرد (آبیاری) ۱۰۰٪ در نظر گرفته شده و مقدار آب آبیاری مورد نیاز معادل کمبود رطوبت خاک از ظرفیت زراعی محاسبه می‌شود.

برای اندازه‌گیری نمونه‌ها، روز قبل از برداشت در هر کرت پس از حذف ۰/۵ متر از ابتدا و انتها و همچنین حذف ۲ ردیف کناری، نمونه-ها از هر کرت به‌صورت تصادفی انتخاب و اندازه‌گیری شدند و برای تعیین وزن علوفهٔ خشک از هر تیمار یک نمونه به‌صورت تصادفی انتخاب و در آون به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد قرار داده شدند. همچنین غلظت عنصر نیتروژن در ساقه و برگ به روش کجلدال و غلظت عناصر کروم و کادمیوم با استفاده از روش جذب اتمی اسپکتوفوتومتر (Sparks, 1996) اندازه‌گیری شده و تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS مقایسه میانگین‌ها با آزمون آماری LSD، در سطح احتمال ۵٪ انجام شدند.

جدول ۱ - ویژگیهای خاک مزرعه زراعی

عمق (cm)	بافت خاک	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	ظرفیت زراعی (%)	نقطه پژمردگی (%)	چگالی (g/cm^3)
۳۰-۰	Clay Loam	۳۱	۳۱	۳۸	۳۱	۱۵	۱,۴۶
۶۰-۳۰	Clay Loam	۲۹	۳۲	۳۹	۳۲	۱۴	۱,۴۴
۸۰-۶۰	Clay Loam	۲۸	۳۲	۴۰	۳۲	۱۴	۱,۴۲

جدول ۲- شوری آب آبیاری مورد استفاده در مزرعه

کیفیت آب	W1 well water	W2 75% well water + 25% sea water	W3 25% well water + 75% sea water	W4 treated waste water & sea water	W5 50% treated waste water + 50% sea water	W6 Treated waste water
Ec(^{1} ds.m^{-})	۰,۹±۰,۰۵	۵,۲±۰,۴	۱۱,۷±۰,۸	۱,۱ & ۱۵,۲	۸,۱±۰,۶	۱,۱±۰,۰۸

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات و درجه آزادی) صفات اندازه گیری شده سورگوم علوفه ای در سطح احتمال ۵ درصد

S.O.V	درجه آزادی	وزن علوفه تر	پروتئین برگ	پروتئین ساقه	کربوهیدرات
تکرار	۲	^{ns}۰,۰۱۳	^{ns}۰,۲	^{ns}۰,۱۹	*۰,۱۱۶
کیفیت آب	۴	**۴۴۴	**۴۴,۰۵	**۷۰,۰۳	**۱۴,۲۶
خطا	۸	۷,۲۲	۰,۱۷	۰,۳۹	۰,۰۹۷
زئولیت	۲	**۱۷۴	**۲۱,۵۴	**۲,۶۲	**۳,۳۷
زئولیت * کیفیت آب	۸	^{ns}۱۲,۱۲	**۱,۶۷	^{ns}۰,۱۹۷	**۱,۰۹۱
خطا	۲۰	۵,۵۷	۰,۱۳۷	۰,۴۳	۰,۰۲۲
CV (%)	-	۸,۵۹	۴,۱	۶,۶۷	۲,۶۱

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر کیفیت آب بر صفات اندازه گیری شده سورگوم علوفه ای

کیفیت آب	وزن علوفه تر $t.ha^{-1}$	پروتئین برگ (%)	پروتئین ساقه (%)	کربوهیدرات $mg.g^{-1}$
Sea1 Well3	c۷۹,۱	b۹,۱۴	d۴,۷۶	c۷,۴۵
Sea3 Well1	d۵۸,۷۳	c۶,۸۱	e۴,۱۷	a۹,۵۸
Tww1 & Sea1	b۱۰۲,۱۲	b۹,۲۵	c۵,۷۷	b۸,۸۷
Tww1 + Sea1	b۱۰۵,۱۲	b۹,۳۱	b۶,۲۸	b۸,۸۹
Tww	a۱۱۳,۶۶	a۱۴,۴۱	a۷,۳۷	d۷,۱۵
LSD (%)	۴,۵۳	۰,۶۷۹	۰,۳۴	۰,۲۲

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر زئولیت بر صفات اندازه گیری شده سورگوم علوفه ای

زئولیت	وزن علوفه تر $t.ha^{-1}$	پروتئین برگ (%)	پروتئین ساقه (%)	کربوهیدرات $mg.g^{-1}$
بدون زئولیت	c۲۴,۶۲	c۷,۶۷	b۹,۳۲	b۸,۱۴
calsic zeolite	a۳۱,۲۴	a۹,۹۳	a۱۰,۱۲	a۸,۴۹
potasic zeolite	b۲۶,۵۴	b۹,۵	a۹,۹۱	a۸,۵۳
LSD (%)	۱,۷۹	۰,۲۸	۰,۴۹	۰,۱۳۶

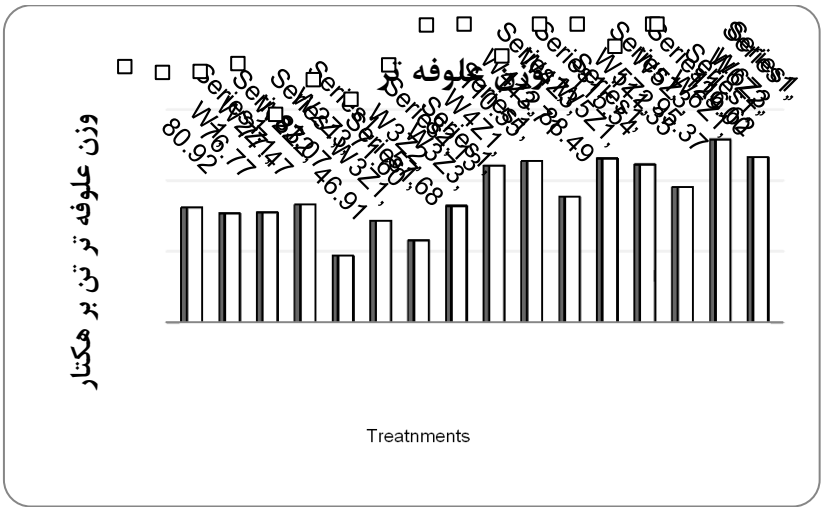
نتایج و بحث

عملکرد علوفه تر

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داده شده در جدول شماره ۳ اثرات کیفیت آب و زئولیت روی عملکرد ماده خشک و وزن تازه برگ و ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بوده است. همچنین اثر متقابل کیفیت آب و کاربرد زئولیت در سطح احتمال یک درصد نیز اثر معنی‌داری بر علوفه تر داشته است. میانگین عملکرد علوفه تر ۶ نوع کیفیت آب برای تیمارهای W1 تا W6 به ترتیب ۸۰,۹۱، ۷۹,۱۱، ۵۸,۷۳، ۱۰۲,۱۳، ۱۰۵,۱۳و ۱۱۳,۶۶ تن بر هکتار بوده است. بیشترین میزان عملکرد علوفه تر (۱۲۹ تن در هکتار) به تیمار W6Z2 فاضلاب تصفیه شده با زئولیت کلسیک مربوط بوده که به اندازه ۵۹,۴۳ درصد از تیمار شاهد W1، بیشتر بوده است. کمترین عملکرد علوفه تر (۴۶,۹۱ تن در هکتار) در تیمار

W3Z1 آبیاری با اختلاط ۷۵درصد آب دریای خزر و ۲۵ درصد آب چاه مشاهده گردید که به اندازه ۴۲ درصد کمتر از تیمار شاهد بوده است. عملکرد تیمارهای فاضلاب تصفیه شده W6، W5 و W4 به طور معنی‌داری از عملکرد شاهد W1 به ترتیب به اندازه ۴۰,۴، ۲۹,۹ و ۲۶,۲ درصد بیشتر بوده است. نادیا (۲۰۰۵) افزایش عملکرد سورگوم در آبیاری با فاضلاب نسبت به آب چاه گزارش کرد و علت آن را به وجود نیترات بالا در فاضلاب تصفیه شده شهری عنوان کرد. عرفانی (۲۰۰۱) در آبیاری گوجه فرنگی با فاضلاب تصفیه شده شهری افزایش عملکرد تر و خشک را گزارش کرد. قنبری (۲۰۰۷) در آبیاری با فاضلاب افزایش عملکرد گندم را گزارش کرد. بین تیمار W1 و W2 اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید علت آن را می توان به مقاومت بالای گیاه سورگوم به شوری عنوان کرد. متوسط عملکرد تیمار W3 به طور معنی‌داری از عملکرد شاهد به اندازه ۲۷ درصد کمتر بوده است (شکل ۲).

متوسط عملکرد تیمارهای زئولیت Z1، Z2 و Z3 به ترتیب ۷۷,۹۳، ۱۰۰,۸۳ و ۹۶,۴۸ تن در هکتار بوده است. میانگین عملکرد علوفه تر تیمار زئولیت کلسیک به اندازه ۴,۵۱ و ۲۹,۳۸ درصد بیشتر از زئولیت پتاسیک و تیمار بدون زئولیت بوده است (شکل۲). تیمارهای حاوی زئولیت اثر معنی‌داری روی عملکرد محصول داشته اند و تیمارهای Z2 وZ3 بیشترین عملکرد محصول را داشتند و کمترین عملکرد محصول به تیمار بدون زئولیت برمی‌گردد. ناصری و همکاران ۲۰۱۲، افزایش محصول ذرت و سورگوم با استفاده از زئولیت گزارش کرده اند. علت این افزایش جذب آب و مواد مغذی از قبیل نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و ریز مغذی‌ها، در خاک توسط زئولیت، در اختیار قراردادن گیاه در طول زمان متناسب با نیازهای گیاه، عنوان کردند.

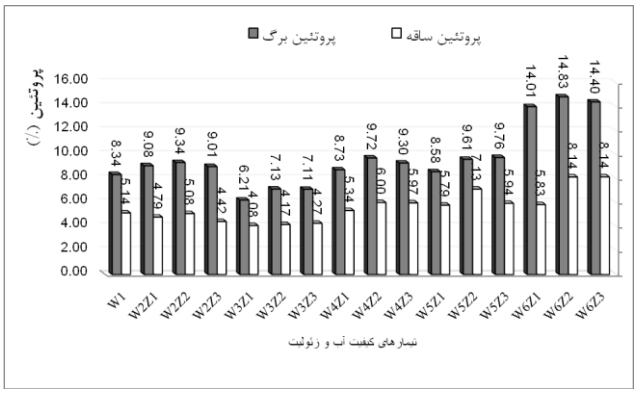


شکل ۲- عملکرد علوفه تر با کاربرد کیفیت آبهای مختلف و زئولیت.

پروتئین برگ و ساقه

نتایج جدول ۳ نشان داد اثرات جداگانه کیفیت آب و زئولیت بر درصد پروتئین برگ و ساقه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بوده است. همچنین اثرات متقابل کیفیت آب و زئولیت بر درصد پروتئین برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و بر درصد پروتئین ساقه اثر معن‌دار نداشت. مقایسه میانگین صفات نشان داد که با کاربرد فاضلاب تصفیه شده درصد پروتئین برگ و ساقه افزایش می‌یابد و این افزایش در برگ به مراتب بیشتر از ساقه مشاهده شد (شکل ۳). در دو تیمار W4 و W5 در درصد پروتئین برگ تفاوت معنی‌دار مشاهده نگردید و با افزایش شوری درصد پروتئین برگ و ساقه کاهش یافت که با نتایج پیری و همکاران۱۳۹۵ مطابقت دارد. بیشترین میانگین درصد پروتئین برگ و ساقه در تیمارفاضلاب تصفیه شده به ترتیب به اندازه ۷۲ درصد و ۴۳ درصد بیشتراز درصد پروتئین شاهد بوده است. کمترین میانگین درصد پروتئین برگ و ساقه در تیمار اختلاط ۷۵٪آب دریای خزر و ۲۵٪آب چاه به ترتیب به اندازه ۲۲ درصد و ۲۳ درصد کمتر از درصد پروتئین شاهد بوده است. بیشترین مقدار درصد پروتئین در برگ و ساقه به تیمار فاضلاب تصفیه شده با کاربرد زئولیت کلسیک به ترتیب به اندازه ۱۴,۸۳ درصد و ۸,۱۴ درصد و کمترین آن به تیمار اختلاط ۷۵٪ آب دریای خزر و ۲۵٪ آب چاه به ترتیب به میزان ۶,۲۱ و ۴,۰۸ درصد بر می‌گردد. نوروزی و همکاران ۱۳۹۳ در تحقیق خود راجع به بررسی اثرات شوری بر گیاه ارزن به نتیجه مشابهی دست یافتند. با کاربرد زئولیت میزان درصد پروتئین نیز افزایش پیدا کرد. میانگین درصد پروتئین برگ و ساقه در تیمارهای بدون زئولیت، زئولیت کلسیک و زئولیت پتاسیک به ترتیب به میزان ۹,۳۲، ۱۰,۱۳ و ۹,۹۲ درصد در برگ و ۵,۱۶، ۶,۱۰ و ۵,۷۵ درصد در ساقه مشاهده گردید. با کاربرد زئولیت

کلسیک به ترتیب به اندازه ۹ و ۱۸ درصد به میـزان درصـد پـروتئین برگ و ساقه نسبت به تیمار بدون زئولیت، افزوده شـده اسـت. نتـایج نشان داد که تاثیر کیفیت آب بر افزایش درصد پروتئین بیشتر از تـاثیر کاربرد زئولیت بوده است.

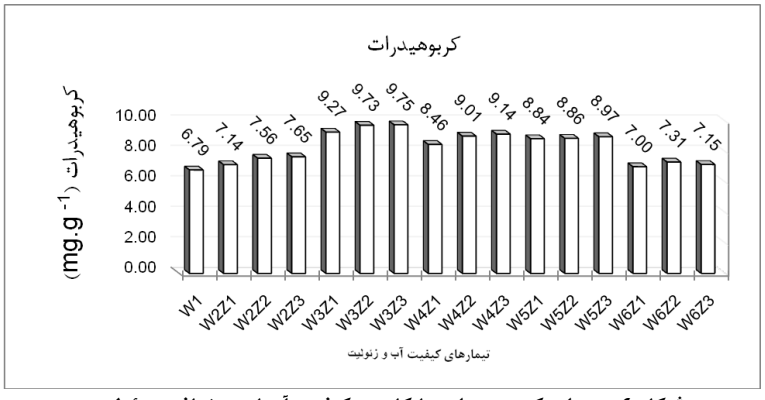


شکل ۳- میزان پروتئین برگ و ساقه با کاربرد کیفیت آبهای مختلف و زئولیت.

کربوهیدرات

کربوهیدراتها یه دلیل داشتن رابطه مستقیم با فعالیتهای گیاهی از قبیل تنفس، فتوسنتز و انتقال مواد از اهمیت بـالایی برخوردارنـد. بـر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داده شده در جدول شماره ۵ اثـرات کیفیـت آب و زئولیـت روی میـزان کربوهیـدرات در سـطح احتمال یک درصد معنی‌دار بوده است. همچنین اثر متقابل کیفیت آب و کاربرد زئولیت در سطح احتمال یک درصد نیز اثر معنی‌داری بـر آن داشته است. با افزایش شوری میزان کربوهیدرات افـزایش پیـدا کـرد. میانگین کربوهیدرات ۶ نوع کیفیت آب استفاده شده بـرای تیمارهـای W1 تا W6 به ترتیـب۶,۷۹، ۷,۴۵، ۹,۵۸، ۸,۸۷، ۸,۸۹ و ۷,۱۵ میلـی گرم بر گرم بوده است. بیشترین میزان کربوهیدرات (۹,۷۵ میلی گـرم بر گرم) به تیمار W3Z3 آبیاری با اخـلاط ۷۵٪ آب دریـا و ۲۵٪ آب چاه با زئولیت پتاسیک مربوط بوده که به اندازه ۴۳,۶۴ درصد از تیمار شاهد W1، بیشتر بوده است. کمترین میزان کربوهیدرات (۶,۷۹ میلی گرم بر گرم) در تیمار W1 آبیاری با آب چاه مشاهده گردید. بین تیمار W4 و W5 اخـتلاف معنـی‌داری مشـاهده نگردیـد ولـی بـه انـدازه ۳۱درصد از میزان کربوهیدرات در تیمار شاهد بیشتر بوده است (شکل ۴). پیری و همکاران ۱۳۹۵ در تحقیق خود درباره تحمل شوری ارقام سورگوم به نتایج مشابهی دست یافتند.

با کاربرد زئولیت میزان کربوهیدرات نیز افزایش پیدا کـرده اسـت که می‌توان آن را به جذب بیشتر نمک توسط زئولیت در منطقه توسعه ریشه مرتبط دانست، اما بین دو تیمـار Z2 و Z3 اخـتلاف معنـی‌داری مشاهده نگردید. متوسط میزان کربوهیدرات در تیمارهای زئولیت Z1، Z2 و Z3 به ترتیب ۸,۱۴، ۸,۴۹ و ۸,۵۳ میلی گرم بر گرم بوده اسـت که در تیمارهای حاوی زئولیت پتاسیک و کلسیک به ترتیب این مقدار به اندازه ۴,۸ و ۴,۳ درصد از تیمار بـدون زئولیـت بیشـتر بـوده اسـت (شکل ۴).



شکل ٤- میزان کربوهیدرات با کاربرد کیفیت آبهای مختلف و زئولیت.

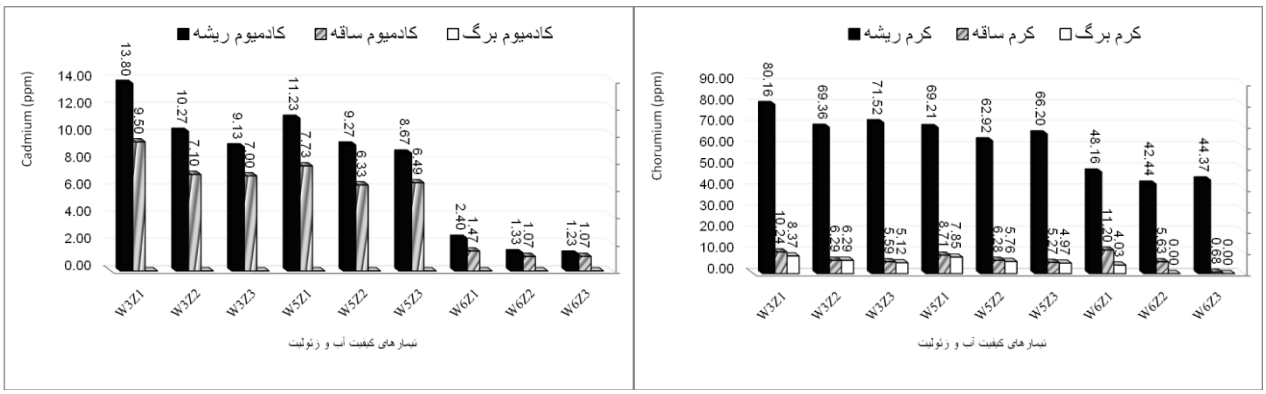
غلظت عناصر سنگین

کادمیوم و کروم یک عنصر غیر ضروری، سمی و آلاینده محیط زیست است که تاثیر مهارکننده‌ای بر روی رشد گیاه و سنتز کلروفیل دارد (Ernst et al., 1992). غلظت عناصر سنگین کادمیوم و کروم در سه تیمار (W3,W4,W6) فاضلاب تصفیه شده، ترکیب یک به یک فاضلاب تصفیه شده و آب دریا و ترکیب ۷۵٪ آب دریا و ۲۵٪ آب چاه، در خاک و اندام‌های گیاه اندازه گیری شد. میزان تجمع کادمیوم و کروم در ریشه، ساقه و برگ به طور معنی‌داری تحت تاثیر تیمارهای کیفیت آب و زئولیت قرار گرفت. اختلاف میزان تجمع این دو عنصر بین تیمارهای آبیاری و تیمارهای زئولیت، معنی‌دار بود. (شکل۵) حداکثر غلظت کروم و کادمیوم در آبیاری با ترکیب ۷۵٪آب دریا و ۲۵٪آب چاه در ریشه گیاه مشاهده گردید. بالابودن غلظت کروم و کادمیوم در آب دریا علت افزایش این دو عنصر در اندام‌های گیاه سورگوم می‌باشد. مصرف آب دریا و فاضلاب تصفیه شده موجب افزایش غلظت نیترات، سولفات و کلر در خاک می گردد که با کاهش اسیدیته و ایجاد ترکیبات محلول سولفات و نیترات، جذب عناصر کم مصرف را افزایش می‌دهد. فیضی ۲۰۰۱ در تحقیقات خود بر روی تاثیر فاضلاب تصفیه شده بر روی تجمع عناصر سنگین در گیاه و خاک به نتایج مشابهی دست یافت. کمترین میزان غلظت کروم و کادمیوم در برگ مشاهده گردید. به طور کلی میزان تجمع عناصر سنگین در ریشه به مراتب بیشتر از ساقه و برگ بوده است. اختلاف میزان دو عنصر سنگین کادمیوم و کروم در تیمارهای زئولیت در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. حداکثر غلظت عناصر سنگین باز هم در ریشه گیاه و در تیمار Z1 مشاهده گردید که در آن از زئولیت در خاک استفاده نشده است. با اصلاح خاک یعنی افزودن زئولیت به آن، جذب عناصر سنگین کروم و کادمیوم ناشی از آب دریا، در گیاه کاهش پیدا کرده است. مطالعات مختلف نقش مثبت زئولیت‌ها را در تثبیت و کاهش جذب فلزات سنگین توسط ریشه‌ها ثبت کرده‌اند (Rahakova et al., 2004). اغلب زئولیت‌ها برای حذف فلزات سنگین به دلیل ظرفیت بالا برای تبادل کاتیون و جذب یون در محدوده وسیعی استفاده می‌شوند. این منجر به کاهش غلظت سدیم محلول حاوی زئولیت می‌شود و گیاه جذب کمی دارد (Ponizovsky and Tsadilas, 2003). در چندین آزمایش استفاده از زئولیت‌ها در خاک-های آلوده به فلزات سنگین باعث کاهش قابل توجهی در این عناصر در بافت گیاهی شد. عشقی و همکاران (۲۰۱۰) اعلام کرده‌اند که زئولیت می‌تواند تجمع کادمیوم در شاخه‌های سویا را کاهش دهد.

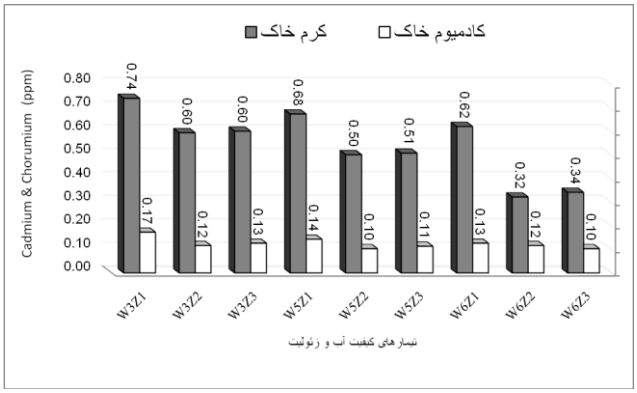
جدول ٦- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات و درجه آزادی) صفات اندازه گیری شده سورگوم علوفه‌ای در سال۱۳۹٦

S.O.V	درجه آزادی	کادمیوم خاک	کادمیوم ریشه	کادمیوم ساقه	کادمیوم برگ	کروم خاک	کروم ریشه	کروم ساقه	کروم برگ
تکرار	۲	ns۰,۰۰۰۰۷	ns۰,۰۲۴	ns۰,۱۲	-	ns۰,۰۰۰۱۱	*۱,۰۹۹	ns۰,۰۵۳	ns۰,۰۰۳۷
کیفیت آب	۲	**۰,۰۰۱۴	**۲۳۳,۱۷	**۱۱۶,۰۶	-	**۰,۱۰۸۵	**۱۹۸۹	**۵,۳۶	**۷۶,۸۱
تکرار*کیفیت آب	۴	۰,۰۰۰۵۹	۰,۰۳۴	۰,۰۸	-	۰,۰۰۰۰۱۴	۰,۸	۰,۰۱۴	۰,۰۱۶
زئولیت	۲	**۰,۰۰۳۵	**۱۹,۵	*۵,۷۹	-	**۰,۱۲	**۱۳۵	**۸۸,۹۶	**۲۹,۰۵
کیفیت آب * زئولیت	۴	**۰,۰۰۰۴۴	**۲,۴۶	**۱,۰۷	-	**۰,۰۰۶۱	**۸,۷۸	**۱۱,۱۹	**۰,۹۸
خطا	۱۲	۰,۰۰۰۰۱۸	۰,۰۵۵	۰,۰۹۹	-	۰,۰۰۰۰۳۷	۰,۲۷	۰,۰۳۵	۰,۰۰۸۲
CV (%)	-	۳,۴۴	۳,۱۳	۵,۹۳	-	۱,۱۱	۰,۸۵	۲,۸۵	۱,۹۲

به دلیل ناچیز بودن قابل اندازه گیری نبود



شکل ۵- تغییرات کادمیوم و کروم در ریشه ساقه و برگ سورگوم با کاربرد کیفیت آبهای مختلف و زئولیت.



شکل ٦- تغییرات کادمیوم و کروم در خاک با کاربرد کیفیت آبهای مختلف و زئولیت.

نتیجه گیری

هرچند آب دریای خزر و فاضلاب تصفیه شده از منابع غیر متعارف مورد توجه می‌باشد اما مسائل زیست محیطی مانند تجمع فلزات سنگین در گیاه، شور شدن خاک خصوصا در کاربرد آب دریا بایستی مورد توجه قرار گیرد که با مدیریت صحیح آبیاری و کاربرد اصلاح کننده‌های خاک نظیر زئولیت‌ها از انتقال این مواد به چرخه غذایی ممانعت کرد. بر طبق نتایج، حداکثر عملکرد علوفه در تیمار آبیاری با فاضلاب تصفیه شده و تیمار کاربرد زئولیت کلسیک مشاهده گردید و غلظت عناصر سنگین در تیمارهای کاربرد زئولیت کمتر از تیمارهای بدون زئولیت بوده که به منظور استفاده از این آبهای نامتعارف کاربرد این اصلاح کننده‌ها توصیه می‌شود.

منابع

احمدی، م.، خاشعی، ع. و شهیدی، ع. ۱۳۹۳. تاثیر آب مغناطیسی و نوع زئولیت طبیعی کلینوپتیلولایت بر مولفه‌های رشد لوبیای سبز. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۲(۸): ۴۰۱-۳۹۳.

امداد، م، ر. و فرداد، ح. ۱۳۷۹. اثر تنش شوری (NaCl) و رطوبتی بر عملکرد ذرت. مجله علوم کشاورزی،۳۱ (۳): ۶۴۱-۶۵۴.

پیری، ح.، انصاری، ح. و پارسا، م. ۱۳۹۵. بررسی عملکرد کمی و کیفی سورگوم علوفه‌ای در سطوح مختلف شوری و آب آبیاری در سامانه آبیاری قطره‌ای زیر سطحی . نشریه پژوهش آب در کشاورزی/ب/جلد ۳۰/شماره ۴: ۴۸۲-۴۶۷.

جلالی، ع.، گلوی، م.، قنبری، ا.، رمرودی، م و یوسف الهی، م. ۱۳۸۹. اثر آبیاری با فاضلاب تصفیه شده شهری بر عملکرد و جذب فلزات سنگین در سورگوم علوفه‌ای. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک،۴ (۵۲): ۲۴-۱۵.

حیدری شریف آبادی، ح .۱۳۸۰ . گیاه و شوری. انتشارات موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، تهران .ص ۱۹۹.

سازمان هواشناسی استان مازندران. ۱۳۹۵. آمار ایستگاه هواشناسی قراخیل قائمشهر.

سرمدنیا، غ. ح. و ع .کوچکی.۱۳۸۶ . فیزیولوژی گیاهان زراعی . انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ص ۴۰۰

شریفان، ح. و کاظمی حسنوند، م. ۱۳۹۴. بررسی عملکرد و اجزای عملکرد گیاه سورگوم تحت شرایط آبیاری با آب دریای خزر. نشریه آبیاری و هکشی ایران،۱ (۹): ۱۶۹-۱۶۳.

کاراندیش، ف. و توراج زاده، ا. ۱۳۹۴. بررسی نقش شیوه آبیاری با آب شور بر عملکرد سورگوم و ارتقاع کارایی مصرف آب و عناصر غذایی. نشریه پژوهش آب در کشاورزی،۱ (۲۹): ۶۱-۴۹.

متقی، ل.، اله دادی، ا.، شیرانی راد، ا.، اکبری، غ. و حسنلو، ط. ۱۳۹۳. بررسی اثر زئولیت بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های کلزا تحت شرایط کم آبی. به زراعی کشاورزی، ۲(۱۶): ۳۹۷- ۳۸۱.

مولوی، ح.، محمدی، م. و لیاقت، ع. ۱۳۹۱. اثر مدیریت آب شور طی دوره رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای و پروفیل شوری خاک .مجله علوم و مهندسی آبیاری اهواز،۳ (۳۵): ۱۸-۱۱.

نوروزی، ح. روشنفکر، ح. حسیبی، پ. و م. مسگر باشی .۱۳۹۳ . تأثیر شوری آب آبیاری بر عملکرد و کیفیت دورقم ارزن علوفه‌ای. نشریه پژوهش آب در کشاورزی (۳) :۵۶۰-۵۵۱.

Allen, R., Pereira, L., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. FAO-56, 11-27.

Croser, C., S. Renault, J. Franklin and J. Zwiazek. 2001. The effect of salinity on the emergence and seedling growth of piceamorian, picceaglausa and pinusbanksiana. Environ. Poll. 115:6-16.

Erfani, A., G.H. Haghnia and A. Alizadeh, 2001. Effect

Nadia, E.S., 2005. Response of Sorghum sp. to sewage waste-water irrigation. Int. J. Agric. Biol., 6: 869-874.

Naseri M, Khalatbari M, Paknejad F. 2012. Evaluate the effect of different ranges zeolite consuming on yield and yield component and physiological characteristics of grain Sorghum (Sorghum bicolor L. Moench) Var. Kimiya under water deficit stress. Annals of Biological Research 3 (7), 3547-3550.

Netondo, G.F., Onyango, J.C., Beck, E., 2004. Sorghum and salinity: II. Gas exchange and chlorophyll fluorescence of sorghum under salt stress. Crop Science. 44: 806–811.

Polat, E., Karaca, M., Demir, H. and Naci Onus, A. 2004. Use of natural zeolite (Clinoptilolite) in agriculture. Fruit and Ornamental Plant Research, 12: 183-189.

Ponizovsky AA, Tsadilas CD. 2003. Lead (II) retention by Alfisol and clinoptilolite: cation balance and pH effect. Geoderma 115, 303–312.

Raja, S., Cheema, H., Babar, S., Ali Khan, A., Murtaza, G. and Aslam. U. 2015. Socio-economic background of wastewater irrigation and bioaccumulation of heavy metals in crops and vegetables. Agricultural Water Management, 158: 26–34.

Rahakova M, Cuvanova S, Dzivak M, Rimar J, Gavalova Z. 2004. Agricultural and agro chemical uses of natural zeolite of the clinoptilolite type. Current Opinion In solid state and Materials Science 8, 397-404.

Rekik, I., Chaabane, Z., Missaoui, A., Chenari Bouket, A., Luptakova, L., Elleuch, A. and Belbahri, L. 2017. Effects of untreated and treated wastewater at the morphological, physiological and biochemical levels on seed germination and development of sorghum (Sorghum bicolor (L.) Moench), alfalfa (Medicago sativa L.) and fescue (Festuca arundinacea Schreb.). Journal of Hazardous Materials. 326, 165–176

Shao, H. B., Chu, L. Y., Jaleel, C. A., Manivannan, P., Panneerselvam, R. and Shao, M. A. 2009. Understanding water deficit stress-induced changes in the basic metabolism of higher plants-biotechnologically and sustainably improving agriculture and the Eco environment in arid regions of the globe. Critical Reviews in Biotechnology, 29: 131-151.

Sparks DL. 1996. Methods of soil analysis. Part 3 – Chemical methods. SSSA Book Series No. 5. SSSA and ASA, Madison WI.

of irrigation by treated waste water on the yield and quality of tomato. J. Agric. Sci. Technol., 15: 65-67.

Ernst WJ, Verkley J, Schat H. 1992. Metal tolerance in plants. Acta botanica neerlandica 41, 229-248.

Eshghi S, Mahmoodabadi MR, Abdi GR, Jamali B. 2010. Zeolite ameliorates the adverse effect of cadmium contamination on growth and nodulation of soybean plant (Glycine max L.). Journal of Biological and Environmental Sciences 4(10), 43-50.

Feizi, M. 2001. Effect of treated wastewater on accumulation of heavy metals in plant and soil. PP. 142-151, In: R. Ragab, G. Pearce, J. Changkim, S. Nairizi and A. Hamdy (Eds.), 52nd ICID, International Workshop on Wastewater Reuse and Management. Seoul, Korea.

Fracios, L. E., Donovan, T. J and Mass, E. V. 1984. Salinity effects on seed yield, growth and germination of grain sorghum. Agronomy Journal, 76: 741-744

Ghanbari, A., Abedikoupai, J., & TaieSemiromi, J. (2007). Effect of municipal wastewater irrigation on yield and quality of wheat and some soil properties in sistan zone. Journal of Science and Technology Agricultural and Natural Recourse, 10, 59-74.

Ganjegunte, G., Ulery, A., Niu, G. and Wu, Y. 2017. Effects of treated municipal wastewater irrigation on soil properties, switchgrass biomass production and quality under arid climate. Industrial Crops and Products. 99, 60-69.

Huang, C.H. Zong, L. Buonanno, M. Xue, X. Wang, T. and A. Tedeschi. 2012. Impact of saline water irrigation on yield and quality of melon (Cucumismelo cv.Huanghemi) in northwest China: European Journal of Agronomy 43: 68-76.

Li, J., Gao, Y., Zhang, X., Tian, P., Li, J. and Tian, Y. 2019. Comprehensive comparison of different saline water irrigation strategies for tomato production: Soil properties, plant growth, fruit yield and fruit quality. Agricultural Water Management. 213, 521-533

Maas, E. V., Hoffman, N and Montemurro, F. 2002. Salinity Tolerance in Sweet Sorghum (Sorghum bicolor L. Moench): Field performance under salt stress. Italy Journal of Agronomy, 2: 111-116.

Moradi-Ghahderijani, M., Jafarian, S. and Keshavarz, H. 2017. Alleviation of water stress effects and improved oil yield in sunflower by application of soil and foliar amendments. Rhizosphere. 4, 54-61

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 2, Vol. 13, Agu.-Sept. 2019, p. 801-810

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۲، جلد ۱۳، مرداد - شهریور ۱۳۹۸، ص. ۸۱۰-۸۰۱

Investigation of Sorghum Yield Qualitative Changes under Using Unconventional Waters and Soil Natural Modifier

F. GhassemiSahebi[1], O. Mohammadrezapour[2*], M. Delbari[3] , A. KhasheiSiuki[4] , and A. Cherati[5]

Recived: Oct.11, 2018 Accepted: Dec.18, 2018

Abstract

In order to investigate the qualitative changes in forage products using unconventional waters and zeolites, a split plot experiment was conducted based on randomized complete block design with 3 replications at Gharakhil Agricultural Research Station in Ghaemshahr. In this experiment, the main treatment was irrigation water quality (well water as control (W1) ; 75% well water and 25% seawater (W2); 25% well water and 75% seawater (W3); 100% urban treated wastewater in alternative with 100% seawater (W4); 50% seawater and 50% urban treated wastewater (W5); irrigation with urban treated wastewater (W6)) and sub-treatment including three levels of zeolite as soil modifier (without zeolite Z1, zeolite calcium Z2 and zeolite potasic Z3). The results of data analysis showed that the effect of irrigation water quality treatments and zeolite levels on forage yield had a significant effect at a probability level of 5%. Salinity reduced forage yield but no significant difference was observed between W5 and W4 treatments. The amount of fresh forage yield in treated wastewater with zeolite calcium was 129 $t.ha^{-1}$, which was more than the rest of the treatments. The protein content of sorghum was decrease with increasing the amount of salinity, but carbohydrate increased. The highest leaf protein content was observed in W6Z2 treatment at 14.83%. The highest carbohydrate content was seen in W3Z3 treatment at 9.75 $mg.g^{-1}$. The highest rate of adsorption of cadmium and chromium was in W3 treatment, which was higher in root of plant than leaves and stems, and in zeolite-containing treatments, this amount was lower in leaves and stem.

Key words: Sea water, Treated Wastewater, Zeolite, Cadmium, Protein

1- PhD Student, Department of Water Engineering, University of Zabol
2- Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zabol- Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
3- Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zabol
4- Associate Professor, Department of Water Engineering, University of Birjand
5- Assistant Professor, Department of Soil and Water Research, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO
(* - Corresponding Author Email: mohammdrezapour@uoz.ac.ir)