

## بررسی کاربرد آب‌های نامتعارف و ژئولیت بر عملکرد و کارایی مصرف آب سورگوم

### علوفه‌ای (*Sorghum bicolor*) در مازندران

فخرالدین قاسمی صاحبی، ام‌البنی محمدرضا پور<sup>۱</sup> \*، معصومه دلبری، عباس خاشعی سیوکی و

#### علی چراتی

دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل.

Ghasemi.f19@gmail.com

دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل - دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

Mohammadrezapour@uoz.ac.ir

دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل.

Mas\_delbari@yahoo.com

دانشیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند.

Abbaskhashei@birjand.ac.ir

استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی.

Acherati@yahoo.com

#### چکیده

به منظور بررسی اثر آب‌های نامتعارف و ژئولیت بر عملکرد و کارایی مصرف آب آبیاری سورگوم آزمایشی بصورت اسپلینت پلات براساس بلوک‌های کامل تصادفی با سه 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 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 شهری W6) و تیمار فرعی شامل سه سطح ژئولیت به عنوان اصلاح کننده خاک (بدون ژئولیت Z1، ژئولیت کلسیک Z2 و ژئولیت پتاسیک Z3) بودند. نتایج حاصل از تجزیه داده‌ها نشان داد که اثر تیمارهای کیفیت آب آبیاری و سطوح ژئولیت بر عملکرد گیاه تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد داشته است. با افزایش شوری کارایی علوفه تر و خشک کاهش یافت اما تفاوت معنی‌داری بین تیمار W4 و W5 مشاهده نگردید. عملکرد علوفه تر و خشک در تیمار فاضلاب تصفیه شده با ژئولیت کلسیک بیشتر از بقیه تیمارها بود. بیشترین میزان شاخص سطح برگ در تیمار W6Z2 به میزان ۷/۶۲ و کمترین در تیمار W3Z1 به میزان ۳/۸۰ مشاهده شد. بیشترین میزان کارایی مصرف آب علوفه تر نیز در تیمار W6Z2 به میزان ۱۲/۷۱ کیلوگرم بر متر مکعب و کمترین در تیمار W3Z1 به میزان ۴/۶۲ کیلوگرم بر متر مکعب مشاهده گردید.

واژه‌های کلیدی: آب دریای خزر، فاضلاب تصفیه شده شهری، شاخص سطح برگ

<sup>۱</sup> - آدرس نویسنده مسئول: گروه مهندسی آب - دانشکده آب و خاک - دانشگاه زابل

\* - دریافت: دی ۱۳۹۷ و پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۸

بین به نظر می‌رسد آب دریای خزر گزینه مناسبی برای استفاده در کشاورزی باشد. از آنجایی که شوری آب دریای خزر بسیار کمتر از شوری آب دریا‌های آزاد است در مواقع اضطراری برای استان‌های شمالی کشور می‌تواند برای گیاهان مقاوم به شوری مانند جو، چغندر قند و پنبه مورد استفاده قرار گیرد. لی و همکاران آبیاری با شوری-های 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 (لی و همکاران، ۲۰۱۹).

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. 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 (ماس و همکاران، ۲۰۰۲) و با بهره‌گیری از فصل رشد طولانی-تر، 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 (فراسیوس و همکاران، ۱۹۸۴ و ماس و همکاران، ۲۰۰۲). آماچر و همکاران در سال ۱۹۹۷ آستانه تحمل شوری گیاه سورگوم را معادل چهار دسی‌زیمنس بر متر گزارش نمودند، بر اساس داده‌های این گزارش در هدایت الکتریکی (EC) معادل ۱۰ دسی-زیمنس 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 نیمه‌متحمل قرار می‌گیرد (ماس و همکاران، ۲۰۰۲). ریک و همکاران در

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 از کشورها، تأمین آب مطمئن را به یکی از چالش‌های اساسی قرن حاضر تبدیل نموده است. در این بین کشورهای خاورمیانه و شمال آفریقا از خشک‌ترین مناطق جهان با منابع آبی بسیار محدود شناخته می‌شوند. این مناطق، با وجود دارا بودن پنج درصد از کل جمعیت جهان، تنها یک درصد از منابع آب شیرین را در اختیار دارد (آلن و همکاران، ۱۹۹۸). در سال‌های اخیر، منابع آب قابل استفاده برای تولید مطلوب محصولات کشاورزی کاهش یافته و بحران کم‌آبی همراه با افزایش دمای کره زمین و کاهش بارندگی ناشی از پدیده تغییر اقلیم تشدید شده است (شائو و همکاران، ۲۰۰۹). از این رو 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 فواید پساب‌ها، بهره‌برداران 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 در نتیجه فاضلاب به منبع کمکی برای آبیاری تبدیل شده است (راجا و همکاران، ۲۰۱۵). گنجه‌گوتی و همکاران در سال ۲۰۱۷ اظهار کردند آبیاری با فاضلاب تصفیه شده عناصر غذایی از قبیل نیتروژن و فسفر در منطقه توسعه ریشه را افزایش می‌دهد، این امر هزینه‌های کوددهی را کاهش و سودآوری مزرعه را افزایش می‌دهد.

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

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، می‌تواند به بهبود عملکرد گیاه کمک کند.

#### مواد و روشها

طرح مذکور طی 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 تحت آبیاری سطحی 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، حداکثر دما در گرمترین ماه سال در این ایستگاه ۴۳ درجه سانتی‌گراد و حداقل دما در سردترین ماه سال ۵/۹- درجه سانتی‌گراد و میانگین بارندگی سالانه در دوره آماری ۳۰ ساله معادل ۷۰۰ میلی‌متر و حداکثر و حداقل بارش سالانه اندازه‌گیری شده به ترتیب برابر با ۹۹۷/۶ و ۵۲۶/۹ میلی‌متر بوده است. شکل ۱ موقعیت محل اجرای طرح در استان مازندران و شکل ۱ عکس هوایی از منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد (سازمان هواشناسی مازندران، ۱۳۹۵).

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.

امروزه به منظور افزایش تولید محصولات کشاورزی در واحد سطح از کودهای شیمیایی به وفور استفاده می‌شود. نتیجه این استفاده بی‌رویه، ایجاد آلودگی‌های زیست محیطی در آب‌های 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 از ۴۱ درصد وزن خود آب جذب می‌کنند و به خاطر سطح ویژه زیاد، 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 (پولات و همکاران، ۲۰۰۴).

مرادی 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.

بررسی‌ها نشان داد تاکنون از ترکیب دو منبع آب نامتعارف یعنی فاضلاب تصفیه شده شهری و آب دریا جهت آبیاری مطالعاتی صورت پذیرفته، از اهداف



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

$$I_n = \sum ((\rho_{bi} \times (\theta_{fci} - \theta_{mi}) \times D_i) \quad (1)$$

در این رابطه:

$\theta_{fci}$  رطوبت ظرفیت زراعی (درصد)،  $\theta_{mi}$  رطوبت وزنی قبل از آبیاری (درصد)،  $D_i$  عمق هر لایه از خاک (میلی-متر)،  $I_n$  عمق خالص آبیاری (میلی‌متر)،  $\rho_{bi}$  چگالی ظاهری هر لایه (گرم بر سانتی‌متر مکعب)،  $i$  شماره هر لایه خاک می‌باشد. در این پژوهش آرایش کرت‌ها به گونه‌ای است که از ورود و خروج رواناب ممانعت به عمل می‌آید لذا رواناب ورودی و خروجی صفر در نظر گرفته می‌شود. بررسی‌های انجام شده نیز نشان داد که عمق سطح ایستابی از دو 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 موینگی در آن صرف‌نظر کرد (آلن و همکاران، ۱۹۹۸). 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 دو ردیف کناری، نمونه‌ها از هر کرت به صورت تصادفی انتخاب و صفاتی نظیر سطح و تعداد برگ، وزن تر و خشک ساقه و برگ، ارتفاع بوته، قطر ساقه اندازه‌گیری شدند و برای تعیین وزن علوفه خشک از هر تیمار یک نمونه به صورت تصادفی انتخاب و در آن به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS مقایسه میانگین‌ها با آزمون آماری دانکن، در سطح احتمال ۵٪ انجام شدند. جدول‌های ۱ تا ۳ ویژگی‌های خاک، آب چاه، آب دریا و فاضلاب تصفیه شده آورده شده است.

رقم اسپیدفید در اوایل خرداد در عمق پنج سانتی‌متر از سطح خاک و با فواصل ۶۰ سانتی‌متر بین ردیف و ۱۰ سانتی‌متر روی ردیف کاشت شد. ۵۰٪ از کود نیترا-ته در مراحل اولیه رشد (۱۵ روز بعد از کاشت گیاه) و ۵۰٪ نیز پس از مراحل چهار تا شش برگی و شروع رشد رویشی گیاه (۳۰ روز پس از کاشت گیاه) به خاک اضافه گردید. خصوصیات خاک منطقه در جدول ۱ ارائه گردیده است. این پژوهش به صورت اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک-های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمار آبیاری، فاضلاب تصفیه‌شده شهری، آب دریا و ترکیب آنها به-عنوان فاکتور اصلی و زئولیت با دو نوع کلسیک و پتاسیک به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند. آب دریای خزر بوسیله تانکر به محل آزمایش منتقل شده و با فاضلاب تصفیه شده با نسبت‌های معین ترکیب شده تا شوری مورد نظر ایجاد گردد. تیمارهای کیفی آب شامل آب چاه به عنوان شاهد (W1)؛ ۷۵٪ آب چاه و ۲۵٪ آب دریا (W2)؛ ۲۵٪ آب چاه و ۷۵٪ آب دریا (W3)؛ ۱۰۰٪ فاضلاب تصفیه شده با ۱۰۰٪ آب دریا (W4) به صورت متناوب، ترکیب ۵۰٪ آب دریا و ۵۰٪ فاضلاب تصفیه شده (W5) و ۱۰۰٪ فاضلاب تصفیه شده (W6) هستند. تیمارهای زئولیت شامل بدون زئولیت (Z1)، زئولیت کلسیک (Z2) و زئولیت پتاسیک (Z3) می‌باشند. 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 به کار برده شد. مقدار زئولیت مورد استفاده به اندازه چهار 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 بصورت ۷ تا 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:

جدول ۱- ویژگی‌های خاک مزرعه زراعی

عمق (cm)	بافت خاک	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	ظرفیت زراعی (%)	نقطه پژمردگی (%)	چگالی (gr/cm <sup>3</sup> )
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

W6	W5	W4	W3	W2	W1	کیفیت آب
فاضلاب تصفیه شده	ترکیب یک به یک آب دریا و فاضلاب تصفیه شده	فاضلاب تصفیه شده با آب دریا بصورت یک در میان	۲۵٪ آب چاه و ۷۵٪ آب دریا	۷۵٪ آب چاه و ۲۵٪ آب دریا	آب چاه	کیفیت آب
۱/۱±۰/۰۸	۸/۱±۰/۰۶	۱/۱ & ۱۵/۲	۱۱/۷±۰/۰۸	۵/۲±۰/۰۴	۰/۹±۰/۰۵	EC(dS.m <sup>-1</sup> )

جدول شماره ۳- مشخصات و ترکیبات آب چاه به کار برده شده، آب دریا و آب فاضلاب تصفیه شده

TWW*	Seawater	Well Water	پارامترها
۱/۱۶	۸/۲	۷/۶	pH (25 °C)
۱/۱	۱۵/۲	۰/۹	Electrical conductivity (dS.m <sup>-1</sup> )
۲۳۴	۳۷۷۹/۱۲	۱۹۸/۸	Na (mg.L <sup>-1</sup> )
۲۲/۶	۷۸/۱۲	۰/۷۸	K (mg.L <sup>-1</sup> )
۹۱/۷	۱۸	۶/۷	Ca (mg.L <sup>-1</sup> )
۸۱/۲	۵۵/۶	۲/۱	Mg (mg.L <sup>-1</sup> )
۰/۰۰۰۱	۰/۱۰۴	—	Cd (mg.L <sup>-1</sup> )
۰/۰۰۴۷	۰/۱۰۹	—	Cr (mg.L <sup>-1</sup> )
۴۴	۰/۰۴	۲/۳	No3 (mg.L <sup>-1</sup> )
۱/۵۶	—	—	No2 (mg.L <sup>-1</sup> )
۳/۲	۰/۰۰۵	—	Po4 (mg.L <sup>-1</sup> )

Treatment wastewater = TWW\*

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات و درجه آزادی) صفات اندازه‌گیری شده سورگوم در سال ۱۳۹۶

S.O.V	درجه آزادی	وزن علوفه تر	ارتفاع گیاه	قطر ساقه	شاخص سطح برگ	کارایی مصرف آب (ماده خشک)	کارایی مصرف آب تر
تکرار	۲	۰/۰۱۳ <sup>NS</sup>	۲۱/۱۶ <sup>NS</sup>	۳۹/۹۹ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۲۳ <sup>NS</sup>	۰/۲۶*	۰/۰۰۱۵ <sup>NS</sup>
کیفیت آب	۴	۴۴۴**	۴۵۳۸**	۴۴۲۳**	۰/۳۶۳۶**	۱۰/۹۴**	۱/۵۵**
خطا	۸	۷/۲۲	۱۷/۴۲	۲۶/۳۶	۰/۰۰۲۱	۰/۱۵۸	۰/۰۰۸۹
زئولیت	۲	۱۷۴**	۲۲۱۸**	۱۱۳۶**	۰/۰۳۵**	۲/۵۷**	۰/۸۸**
زئولیت × کیفیت آب	۸	۱۲/۱۲ <sup>NS</sup>	۱۷۳**	۱۲۰*	۰/۰۰۷**	۰/۱۳ <sup>NS</sup>	۰/۰۶**
خطا	۲۰	۵/۵۷	۱۴/۲۴	۴۲/۱	۰/۰۰۱	۰/۰۶	۰/۰۰۶۸
CV (%)	-	۸/۵۹	۴/۱۱	۳/۴۸	۱/۹۲	۴/۴۳	۴/۹۵

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر کیفیت آب بر صفات اندازه‌گیری شده سورگوم در سال ۱۳۹۶

کیفیت آب	وزن علوفه تر	ارتفاع گیاه	قطر ساقه	شاخص سطح برگ	کارایی مصرف آب (ماده خشک)	کارایی مصرف آب (تر)
	t.ha <sup>-1</sup>	cm	cm	cm <sup>2</sup> .cm <sup>-2</sup>	kg.m <sup>-3</sup>	kg.m <sup>-3</sup>
W1	۸۰/۹	۱۷۴/۶	۱/۵۷	۳/۷۸	۱/۷	۸/۰
W2	۷۹/۱ c	۱۷۵/۱ c	۱/۴۸ c	۵/۳۹ c	۱/۴۳ c	۷/۷۹ c
W3	۵۸/۷۳ d	۱۵۷/۸ d	۱/۴۱ d	۴/۰۹ d	۱/۰۶۸ d	۵/۷۸ d
W4	۱۰۲/۱۲ b	۱۹۰/۴ b	۱/۶۸ b	۵/۹۶ b	۱/۸۳ b	۱۰/۰۵ b
W5	۱۰۵/۱۲ b	۱۹۱/۲ b	۱/۶۸ b	۶/۰۷ b	۱/۹۲ b	۱۰/۳۵ b
W6	۱۱۳/۶۶ a	۲۱۷/۷۴ a	۱/۹۲ a	۷/۱ a	۲/۰۹ a	۱۱/۱۹ a
LSD (%)	۴/۵۳	۵/۵۸	۰/۰۵	۰/۴۳	۰/۱۰۲	۰/۴۴

میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر زئولیت بر صفات اندازه‌گیری شده سورگوم علوفه‌ای در سال ۱۳۹۶

زئولیت	وزن علوفه تر	ارتفاع گیاه	قطر ساقه	شاخص سطح برگ	کارایی مصرف آب (ماده خشک)	کارایی مصرف آب (تر)
	t.ha <sup>-1</sup>	cm	cm	cm <sup>2</sup> .cm <sup>-2</sup>	kg.m <sup>-3</sup>	kg.m <sup>-3</sup>
Z1	۲۴/۶۲ c	۷۷/۹۳ c	۱۷۷/۳۶ c	۱/۵۹ c	۵/۲۸ c	۱/۳۹ c
Z2	۳۱/۲۴ a	۱۰۰/۸ a	۱۹۴/۷۱ a	۱/۶۹ a	۶/۱۱ a	۱/۸۵ a
Z3	۲۶/۵۴ b	۹۶/۴۸ b	۱۸۷/۲۷ b	۱/۶۳ b	۵/۷۷ b	۱/۷۶ b
LSD (%)	۱/۷۹	۲/۸۷	۴/۹۴	۰/۰۲۴	۰/۱۹	۰/۰۶

میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند

## نتایج و بحث

### عملکرد علوفه تر

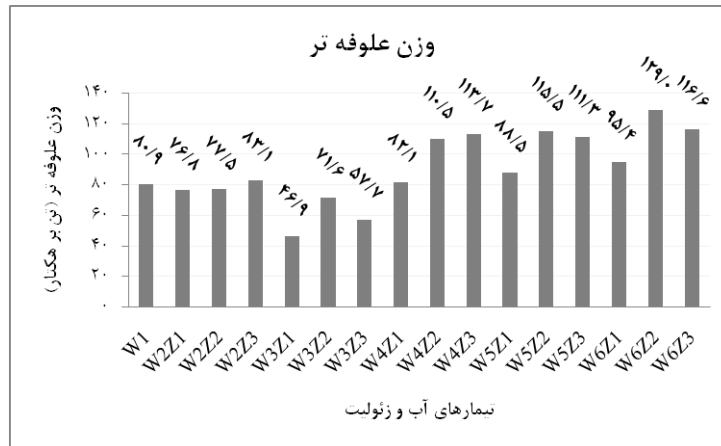
افزایش عملکرد سورگوم در آبیاری با فاضلاب نسبت به آب چاه گزارش کرد و علت آن را به وجود نیترات زیاد در فاضلاب تصفیه شده شهری عنوان کرد. عرفانی (۲۰۰۱) در آبیاری گوجه فرنگی با فاضلاب تصفیه شده شهری افزایش عملکرد تر و خشک را گزارش کرد. قنبری (۲۰۰۷) در آبیاری با فاضلاب افزایش عملکرد گندم را گزارش کرد. بین تیمار W1 و W2 اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید علت آن را می‌توان به مقاومت زیاد 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. تیمارهای حاوی زئولیت اثر معنی‌داری روی عملکرد محصول داشته اند و تیمارهای Z2 و Z3 بیشترین عملکرد محصول را داشتند

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داده شده در جدول شماره ۴ 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. 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 (۶۷/۹۱ تن در هکتار) در تیمار W3Z1 آبیاری با اختلاط ۷۵ درصد 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 به‌طور معنی‌داری از عملکرد شاهد W1 به ترتیب به اندازه ۴۰/۴، ۲۹/۹ و ۲۶/۲ درصد بیشتر بوده است. نادیا (۲۰۰۵)

کلسیم، منیزیم و ریز مغذی‌ها، در خاک توسط زئولیت، در اختیار قراردادن گیاه در طول زمان متناسب با نیازهای گیاه، عنوان کردند.

و کمترین عملکرد محصول به تیمار بدون زئولیت برمی‌گردد. ناصری و همکاران ۲۰۱۲، افزایش محصول ذرت و سورگوم با استفاده از زئولیت گزارش کرده‌اند. علت این افزایش جذب آب و مواد مغذی از قبیل نیتروژن، پتاسیم،



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

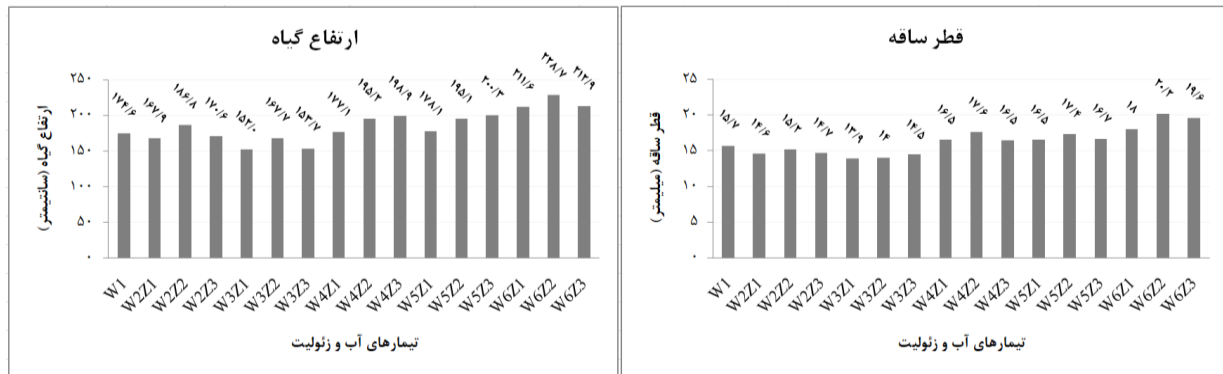
(۱۳۹۵)، مولوی و همکاران (۱۳۹۱) و شریفان و همکاران (۱۳۹۴) نیز نشان می‌دهد که تنش شوری موجب کاهش طول ساقه و ایجاد حالت کوتاه قدی در گیاه می‌گردد. با توجه به شکل ۳ در تیمار کیفیت آب بیشترین میزان متوسط ارتفاع ساقه در تیمار فاضلاب تصفیه شده با میزان ۲۱۷/۷۴ سانتیمتر و کمترین میزان آن در تیمار اختلاط ۷۵٪ آب دریای خزر و ۲۵٪ آب چاه با میزان ۱۵۷/۸۲ سانتیمتر رخ داده است. در تیمارهای کاربرد زئولیت بیشترین مقدار متوسط قطر ساقه به کاربرد زئولیت کلسیک با متوسط ۱۹۴/۷۱ سانتیمتر و کمترین مقدار آن به تیمار بدون زئولیت با متوسط ۱۷۷/۳۶ سانتیمتر برمی‌گردد. نتایج نشان داد که قطر ساقه در تیمار فاضلاب تصفیه شده با کاربرد زئولیت کلسیک بیشترین مقدار، برابر ۲/۰۲ سانتیمتر و کمترین مقدار در تیمار آبیاری با شوری ۱۱/۷ دسی زیمنس بر متر اختلاط آب دریای خزر و آب چاه و بدون کاربرد زئولیت، برابر ۱/۳۹ سانتیمتر بود. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داده شده در جدول شماره ۵۶ اثر کیفیت آب و کاربرد زئولیت تاثیر معنی داری را بر روی قطر ساقه در سطح احتمال یک درصد داشته و همچنین اثر متقابل کیفیت آب و

#### ارتفاع و قطر ساقه

نتایج جدول ۴ نشان دهنده آن است که اثرات کیفیت آب و زئولیت بر ارتفاع و قطر ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بوده است. میانگین ارتفاع گیاه با کاربرد آب با کیفیت‌های مختلف W1 تا W6 به ترتیب برابر با ۱۷۴/۶۳، ۱۷۵/۱، ۱۵۷/۸۲، ۱۹۰/۴۱، ۱۹۱/۱۸ و ۲۱۷/۷۴ سانتیمتر بوده است. بیشترین میزان ارتفاع (۲۲۸/۷۳ سانتیمتر) به تیمار W6Z2 با شوری ۱/۱ دسی زیمنس بر متر مربوط بوده که به اندازه ۳۰ درصد از تیمار شاهد W1 با شوری ۰/۹ دسی زیمنس بر متر، بیشتر بوده است. کمترین میزان ارتفاع (۱۵۳/۰۳ سانتیمتر) در تیمار W3Z1 با شوری ۱۱/۷ دسی زیمنس بر متر مشاهده گردید که به اندازه ۱۳ درصد کمتر از تیمار شاهد بوده است که با نتایج تحقیق مولوی و همکاران (۱۳۹۱) در خصوص کاهش ارتفاع ذرت با افزایش شوری همخوانی دارد. آنها بیان داشتند که با افزایش غلظت املاح، فشار اسمزی محلول خاک زیاد می‌شود، در نتیجه مقدار انرژی که گیاه باید صرف جذب آب از خاک نماید افزایش می‌یابد که این عمل باعث افزایش تنفس و کاهش ارتفاع و عملکرد گیاه می‌شود. نتایج تحقیقات پیری و همکاران

فاضلاب تصفیه شده در تناوب با آب دریای خزر) تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید؛ اما در مقایسه با تیمار شاهد به اندازه ۹/۴٪ در ارتفاع گیاه و ۷/۴٪ در قطر ساقه بیشتر بوده است. با توجه به نتایج می‌توان دریافت که قطر ساقه و ارتفاع گیاه در طی مراحل رشد گیاه تحت تاثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد و تامین عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن و پتاسیم توسط پساب باعث رشد بهتر گیاه و افزایش مقاومت گیاهی می‌شود و قطر و ارتفاع را افزایش می‌دهد. جلالی و همکاران (۱۳۸۹) نتایج مشابهی را گزارش کردند.

کاربرد زئولیت در سطح احتمال یک درصد نیز اثر معنی‌داری بر قطر ساقه داشته است. با توجه به شکل ۳ در تیمار کیفیت آب بیشترین میزان متوسط قطر ساقه در تیمار فاضلاب تصفیه شده با میزان ۱/۹۶ سانتیمتر و کمترین میزان آن در تیمار اختلاط ۷۵٪ آب دریای خزر و ۲۵٪ آب چاه با میزان ۱/۴۱ سانتیمتر رخ داده است. در تیمارهای کاربرد زئولیت بیشترین مقدار متوسط قطر ساقه به کاربرد زئولیت کلسیک با متوسط ۱/۶۹ سانتیمتر و کمترین مقدار آن به تیمار بدون زئولیت با متوسط ۱/۵۹ سانتیمتر برمی‌گردد. در دو تیمار W4 و W5 (ترکیب یک به یک فاضلاب تصفیه شده با آب دریای خزر و آبیاری با



شکل ۳- ارتفاع گیاه و قطر ساقه با کاربرد کیفیت آب‌های مختلف و زئولیت

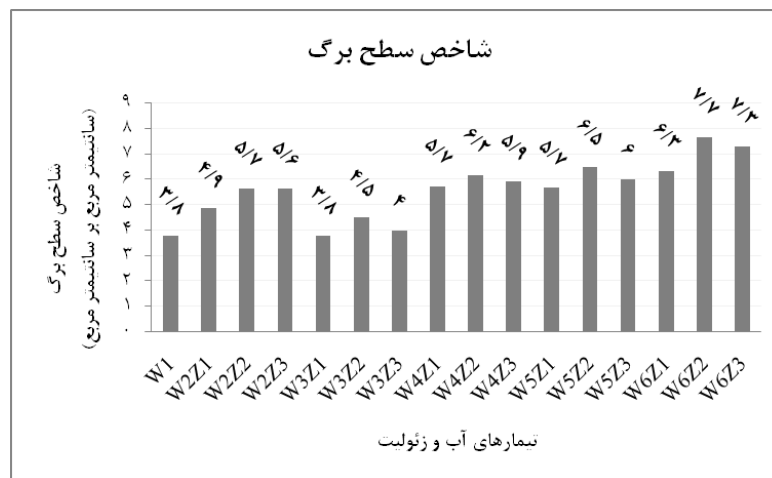
هانگ و همکاران ۲۰۱۲ گزارش شده است. همانطور که در شکل ۴ دیده می‌شود شاخص سطح برگ با افزایش شوری کاهش می‌یابد که می‌توان آن را به کاهش دوام سطح برگ در اثر کم آبی و خشک شدن برگ‌ها نسبت داد (پیری و همکاران، ۱۳۹۵). تنش اسمزی ناشی از شوری، با افزایش آستانه فشار آماس لازم برای رشد سلولهای برگ (کروزر و همکاران، ۲۰۰۱) و کاهش فضای بین سلولی از یک سو و ایجاد مسمومیت یونی ناشی از تجمع یون‌های سدیم و کلر و در نتیجه صدمه به غشاها و مولکول‌های پروتئینی از سوی دیگر، زمینه لازم برای کاهش سطح برگ را فراهم می‌آورد. کاهش سطح برگ نیز متعاقباً باعث کاهش جذب نور و فتوسنتز و در نهایت کاهش تولید فرآورده‌های فتوسنتزی لازم برای رشد برگ شده و در نتیجه توسعه برگ‌های جدید را با مشکل مواجه می‌سازد (حیدری شریف آبادی، ۱۳۸۰). در تیمار آبیاری

### شاخص سطح برگ

شاخص سطح برگ بیان‌کننده نسبت سطح برگ به زمینی است که آن برگ‌ها اشغال می‌کنند (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۸۶). بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داده شده در جدول شماره ۴ اثر کیفیت آب و کاربرد زئولیت تاثیر معنی‌داری را بر روی شاخص سطح برگ در سطح احتمال یک درصد داشته و همچنین اثر متقابل کیفیت آب و کاربرد زئولیت در سطح احتمال یک درصد نیز اثر معنی‌داری بر شاخص سطح برگ داشته است. شاخص سطح برگ از ۳/۸ تا ۷/۶۹ متغیر بود که بیشترین آن مربوط به تیمار فاضلاب تصفیه شده با کاربرد زئولیت کلسیک و کمترین آن مربوط به تیمار اختلاط ۷۵ درصد آب دریای خزر و ۲۵ درصد آب چاه بوده است. از حساس‌ترین اندام‌های هوایی به شوری سطح برگ می‌باشد که کاهش آن با افزایش سطح شوری در مطالعات



با اختلاط ۷۵٪ آب دریای خزر و ۲۵٪ آب چاه شاهد هستیم که علت آن را می‌توان به جذب آب و املاح افزایش شاخص سطح برگ در تیمار حاوی زئولیت توسط این زئولیت‌ها نسبت داد.



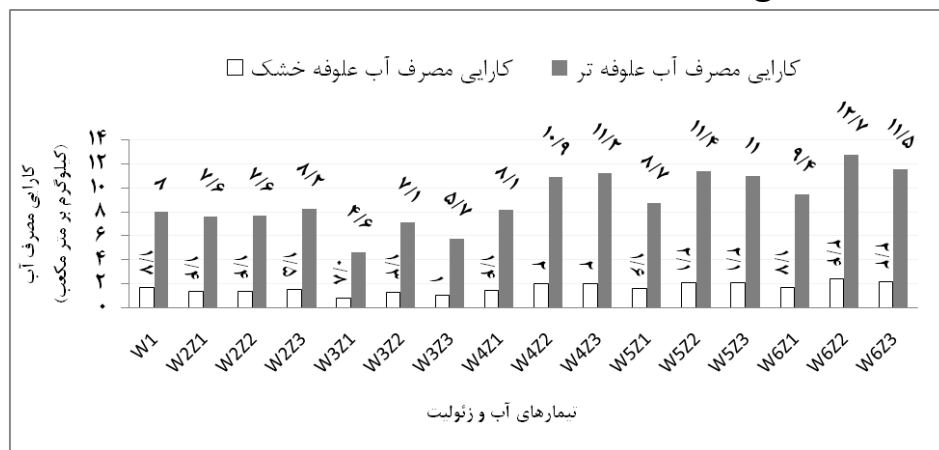
شکل ۴- شاخص سطح برگ با کاربرد کیفیت آب‌های مختلف و زئولیت

#### کارایی مصرف آب

کارایی مصرف آب گیاه (کیلوگرم علوفه به ازای هر متر مکعب آب مصرفی) در بین تیمارهای این طرح با اطمینان ۹۹ درصد دارای اختلاف معنی‌دار بوده است. همچنین اثر متقابل کیفیت آب و کاربرد زئولیت در سطح احتمال یک درصد نیز اثر معنی‌داری بر کارایی مصرف آب علوفه تر و خشک داشته است. مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده شکل ۵ نشان داد که افزایش مواد مغذی در آب آبیاری (تیمارهای حاوی فاضلاب تصفیه شده) مقدار کارایی علوفه تر و خشک را افزایش داده و کاربرد زئولیت کلسیک و پتاسیک نیز در افزایش آن موثر بوده است. به طوری که بیشترین میزان کارایی مصرف آب در تیمار فاضلاب تصفیه شده با زئولیت کلسیک به اندازه ۱۲/۷۱ کیلوگرم بر متر مکعب و کمترین آن به تیمار با شوری ۱۱/۷ دسی زیمنس بر متر بدون کاربرد زئولیت مشاهده شده است که به ترتیب از میزان شاهد ۵۹ درصد بیشتر و ۴۲ درصد کمتر است. بین تیمارهای آبیاری W5 و W4 تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردیده است. علت کم بودن کارایی مصرف آب در گیاه در تیمارهای آب شور را می‌توان به افزایش تنش اسمزی ناشی از حضور نمک در محلول آب خاک اشاره کرد که باعث کاهش آب قابل دسترس برای ریشه و جذب آن می‌شود. اهمیت کاهش

جذب آب در آن است که این مساله، به دلیل کاهش آماس سلول‌های گیاهی باعث محدود کردن تقسیم سلولی و جلوگیری از حجیم شدن آنها می‌شود. به این ترتیب سطح برگ و متعاقباً میزان ماده خشک کاهش خواهد یافت. یکی از دلایل کاهش عملکرد بیولوژیکی را می‌توان به کاهش فتوسنتز در نتیجه تنش حاصل از تجمع نمک در محدوده ریشه نسبت داد که این مساله می‌تواند در نتیجه کاهش ورود دی‌اکسیدکربن به دلیل کاهش هدایت روزنه و همچنین کاهش سطح برگ باشد (نتوندو و همکاران، ۲۰۰۴). از سوی دیگر، افزایش پتانسیل اسمزی در نتیجه حضور نمک در محدوده ریشه و کاهش آن در سلول‌های گیاهی، موجب تغییر در مسیر انتقال فرآورده‌های فتوسنتزی و تجمع آن در سلول‌های ریشه برای مقابله با تنش حاصله خواهد شد (کاراندیش و توراج زاده، ۱۳۹۴)؛ به عبارت دیگر کاهش انرژی آزاد آب در خاک گیاه را وادار خواهد کرد تا برای جذب آب انرژی بیشتری صرف کند که این امر مستلزم افزایش پتانسیل اسمزی در سلول-های گیاهی با تجمع مواد قندی در آن خواهد شد. تجمع مواد آلی ساخته شده در سلول‌های ریشه به منظور تنظیم اسمزی و مقابله با اثرات مخرب شوری در جذب آب، انتقال آن به سایر اندام‌های هوایی و متعاقباً رشد رویشی

را محدود ساخته و در نهایت منتج به کاهش بیوماس کل خواهد شد (امداد و همکاران، ۱۳۷۹).



شکل ۵- میانگین کارایی مصرف آب با کاربرد کیفیت آب‌های مختلف و ژئولیت

### نتیجه‌گیری

در کشور ما مدتهاست به دلیل کاهش روزافزون منابع آبی زنگ خطر به صدا درآمده است، به طوری که اخیراً حتی در استان‌های شمالی نیز کشاورزان در برخی مواقع با کم آبی مواجه می‌شوند. به همین خاطر استفاده از آب‌های نامتعارف نظیر آب دریای خزر و فاضلاب تصفیه شده گزینه مناسبی در جهت جایگزینی با آب‌های شیرین سطحی و زیرزمینی می‌باشد. هرچند آب دریای خزر و فاضلاب تصفیه شده از منابع غیر متعارف مورد توجه می‌باشد اما مسائل زیست محیطی مانند شور شدن خاک خصوصاً در کاربرد آب دریا بایستی مورد توجه قرار گیرد که با مدیریت صحیح آبیاری و کاربرد اصلاح کننده‌های خاک نظیر ژئولیت ها از انتقال این مواد به چرخه غذایی

ممانعت کرد. بر طبق نتایج، حداکثر عملکرد علوفه در تیمار آبیاری با فاضلاب تصفیه شده به دلیل مواد مغذی موجود در آن و تیمار کاربرد ژئولیت کلسیک مشاهده گردید. با افزایش شوری عملکرد محصول کاهش یافت اما در هر دو نوع ژئولیت کلسیک و پتاسیک نسبت به بدون کاربرد آن افزایش محصول را شاهد بودیم. با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش، آبیاری گیاه سورگوم با فاضلاب تصفیه شده و کاربرد اصلاح کننده خاک، ژئولیت، باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد می‌شود و با کاهش مصرف کود، باعث صرفه‌جویی در هزینه‌های تامین و مصرف کودهای شیمیایی شده و افزایش درآمد کشاورزان را در پی خواهد داشت.

### فهرست منابع

۱. احمدی، م.، خاشعی، ع. و شهیدی، ع. ۱۳۹۳. تاثیر آب مغناطیسی و نوع ژئولیت طبیعی کینوپتیلولایت بر مولفه های رشد لوبیای سبز. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۲(۸): ۴۰۱-۳۹۳.
۲. امداد، م. ر. و فرداد، ح. ۱۳۷۹. اثر تنش شوری (NaCl) و رطوبتی بر عملکرد ذرت. مجله علوم کشاورزی، ۳۱(۳): ۶۵۴-۶۴۱.
۳. پیری، ح.، انصاری، ح. و پارسا، م. ۱۳۹۵. بررسی عملکرد کمی و کیفی سورگوم علوفه ای در سطوح مختلف شوری و آب آبیاری در سامانه آبیاری قطره ای زیر سطحی. نشریه پژوهش آب در کشاورزی/ب/جلد ۳۰/شماره ۴: ۴۸۲-۴۶۷.

۴. 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 علوفه ای. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، ۴ (۵۲): ۲۴-۱۵.
۵. حیدری شریف آبادی، ح. ۱۳۸۰. گیاه و شوری. انتشارات موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، تهران. ص. ۱۹۹.
۶. سازمان هواشناسی استان مازندران. ۱۳۹۵. آمار ایستگاه هواشناسی قراخیل قائمشهر.
۷. سرمدنی، غ. ح. و ع. کوچکی. ۱۳۸۶. فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ص. ۴۰۰.
۸. شریفان، ح. و کاظمی حسونند، 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.
۹. کاراندیش، ف. و توراج زاده، ا. ۱۳۹۴. بررسی نقش شیوه آبیاری با آب شور بر عملکرد سورگوم و ارتفاع کارایی مصرف آب و عناصر غذایی. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، ۱ (۲۹): ۶۱-۴۹.
۱۰. متقی، ل.، اله دادی، ا.، شیرانی راد، ا.، اکبری، غ. و حسنلو، ط. ۱۳۹۳. بررسی اثر ژئولیت بر عملکرد و اجزای عملکرد ژئوتیپ های کلزا تحت شرایط کم آبی. به زراعی کشاورزی، ۲ (۱۶): ۳۸۱-۳۹۷.
۱۱. مولوی، ح.، محمدی، م. و لیاقت، ع. ۱۳۹۱. اثر مدیریت آب شور طی دوره رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه ای و پروفیل شوری خاک. مجله علوم و مهندسی آبیاری اهواز، ۳ (۳۵): ۱۸-۱۱.
۱۲. نوروزی، ح. روشنفکر، ح. حسینی، پ. و م. مسگر باشی. ۱۳۹۳. تأثیر شوری آب آبیاری بر عملکرد و کیفیت دورقم ارزن علوفه ای. نشریه پژوهش آب در کشاورزی (۳): ۵۶۰-۵۵۱.
13. Allen, R., Pereira, L., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. FAO-56: 11-27.
14. 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.
15. Erfani, A., G.H. Haghnia and A. Alizadeh, 2001. Effect of irrigation by treated waste water on the yield and quality of tomato. J. Agric. Sci. Technol., 15: 65-67.
16. Ernst WJ, Verkley J, Schat H. 1992. Metal tolerance in plants. Acta botanica neerlandica, 41: 229-248.
17. 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.
18. 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.
19. 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
20. 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.
21. Ghanbari, A., Abedi koupai, J., & Taie Semiromi, 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
22. 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.

## Effect of Using Unconventional Waters and Zeolite on Yield and Water Use Efficiency of Sorghum in Mazandaran

F. Ghassemi Sahebi, O. Mohammadrezapour<sup>1\*</sup>, M. Delbari,

A. KhasheiSiuki, and A. Cherati

PhD student, Department of Water Engineering, University of Zabol.

Ghasemi.f19@gmail.com

Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zabol- Gorgan  
University of Agricultural Sciences and Natural Resources Mohammadrezapour@uoz.ac.ir

Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zabol.

Mas\_delbari@yahoo.com

Associated Professor, Department of Water Engineering, University of Birjand.

Abbaskhashei@birjand.ac.ir

Assistant Professor, Department of Soil and Water Research, Mazandaran Agricultural and Natural Resources  
Research and Education Center, AREEO.

Acherati@yahoo.com

### Abstract

To investigate the effect of unconventional water and zeolite on yield and water use efficiency of sorghum, a split plot experiment was conducted based on randomized complete block design with 3 replications, at Gharakhil Agricultural Research Station in Ghaemshahr, Mazandaran Province. 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% treated urban wastewater alternated with 100% seawater (W4); 50% seawater and 50% urban treated wastewater (W5); irrigation with urban treated wastewater (W6)), and sub-treatment included three levels of zeolite as soil amendment (without zeolite Z1, calcic zeolite Z2, and potassic zeolite Z3). The results of data analysis showed that irrigation water quality treatments and zeolite levels had a significant ( $P < 0.05$ ) effect on plant yield. With increasing salinity, the yield of fresh and dry fodder sorghum decreased, but no significant difference was observed between treatments W5 and W4. The fresh and dry fodder yield in treated wastewater with calcic zeolite was higher than other treatments. The highest leaf area index was recorded in W6Z2 treatment (7.62) and the lowest was in W3Z1 treatment (3.80). The highest water use efficiency of fresh forage was observed in W6Z2 treatment ( $12.7 \text{ kg/m}^3$ ) and the lowest in W3Z1 treatment ( $4.62 \text{ kg/m}^3$ ).

**Keywords:** Caspian Sea water, Treated urban wastewater, Leaf Area Index

<sup>1</sup> - Corresponding author: Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zabol

\*-Received: January 2019, and Accepted: May 2019

23. 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
24. 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.
25. 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
26. Nadia, E.S., 2005. Response of Sorghum sp. to sewage waste-water irrigation. *Int. J. Agric. Biol.*, 6: 869-874.
27. 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.
28. 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.
29. 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.
30. Ponizovsky AA, Tsadilas CD. 2003. Lead (II) retention by Alfisol and clinoptilolite: cation balance and pH effect. *Geoderma* 115: 303-312.
31. 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.
32. 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.
33. 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
34. 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.