

تأثیر پساب فاضلاب و زئولیت بر عملکرد وش و برخی اجزای عملکرد پنبه (مطالعه موردی: تربت حیدریه)

یحیی چوپان^{۱*} و عباس خاشعی سیوکی^۲

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۲/۲۴)

چکیده

با توجه به محدودیت منابع آب موجود در کشور استفاده از آب‌های غیرمعارف امری ضروری به نظر می‌رسد. از طرفی کاربرد مواد معدنی مانند زئولیت به منظور بهبود رشد گیاهان و کاهش اثرات مضر پساب، ضروری است. پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر آبیاری با پساب به همراه زئولیت بر پنبه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و به صورت فاکتوریل در تربت حیدریه انجام شد. بدین منظور تیمار آبیاری در دو سطح (I_۱: آبیاری با آب معمولی و I_۲: آبیاری با پساب) و تیمار زئولیت در دو سطح (Z_۰: بدون کاربرد زئولیت و Z_۱: استفاده از زئولیت پتاسیمی در سطح چهار درصد وزنی) و با سه تکرار در نظر گرفته شد. نتایج نشان دادند نوع آب آبیاری بر شاخص بذر، عملکرد وش، وزن پنبه‌دانه، تعداد برگ در بوته و درصد کیل اثر معنی‌داری داشت. مقدار زئولیت بر هیچ کدام از صفات درصد کیل، شاخص بذر، وزن پنبه‌دانه، تعداد برگ در بوته و عملکرد وش اثر معنی‌داری نشان نداد. برهم‌کنش نوع آب آبیاری و مقدار زئولیت نیز فقط برای صفت تعداد بوته اثر معنی‌داری داشت. نتایج نشان دادند بیشترین درصد کیل، وزن پنبه‌دانه و تعداد برگ در تیمار آبیاری با پساب بدون کاربرد زئولیت (I_۲Z_۰) (به ترتیب ۶۴/۳، ۱۱/۲۳، ۳۶/۳ عدد) و کمترین مقدار برای شاخص بذر، عملکرد وش و تعداد برگ در تیمار آبیاری با آب معمولی با کاربرد زئولیت پتاسیمی (I_۱Z_۰) به ترتیب ۰/۵۲، ۷۸ گرم و ۲۴/۸ عدد به دست آمدند.

واژه‌های کلیدی: آب غیرمعارف، مواد معدنی، شاخص‌های عملکرد، پنبه

۱. گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان

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

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: yahyachoopan68@gmail.com

مقدمه

برای بهبود آن توسط پژوهشگران پیشنهاد شده است. از جمله راهکارهای جدید، کاربرد مواد معدنی طبیعی است که به منظور بهبود و اصلاح مشخصات خاک و در نتیجه محصولات کشاورزی، توصیه شده است. زئولیت‌ها جزو این مواد معدنی هستند که از گروه کانی‌های آلومینوسیلیکاته آبدار هستند (۱۵). کاربرد زئولیت طبیعی در خاک، از جمله روش‌هایی است که می‌تواند کاهش عملکرد محصول را به دلیل دارا بودن تبادل کاتیونی بالای خود، تا حدودی تعدیل بخشد. مولکول‌های آب و همچنین کاتیون‌ها به راحتی می‌توانند در درون شبکه زئولیت‌ها بدون اینکه ساختار شبکه دچار تغییر شود، حرکت کنند. همچنین بار منفی موجود در ساختمان زئولیت‌ها ناشی از حضور آلومینوم باعث ایجاد پدیده تبادل کاتیونی با سایر کاتیون‌های موجود در محیط می‌شود (۱۹).

با توجه به این ویژگی‌ها و فراوانی زئولیت‌های طبیعی در کشور و همچنین استخراج آسان و درنهایت قیمت اقتصادی مناسب، کاربرد این مواد در سطوح مختلف تولیدات کشاورزی می‌تواند مورد توجه قرار گیرد (۱۳). به‌طورکلی زئولیت‌ها قابلیت جذب عناصر و گازهای گوناگون را دارند.

تاکنون مطالعه‌های بسیاری در خصوص کاربرد پساب فاضلاب و زئولیت در کشت محصولات کشاورزی صورت گرفته است. از جمله این مطالعه‌ها می‌توان به پژوهش‌های حسن‌اوغلی (۱۳)، صفاری و فتحی (۲۲)، حسن‌پور درویشی (۱۴)، رجبی سرخنی و قائمی (۲۰) و شفق کلوانق و همکاران (۲۳) اشاره کرد.

در خصوص نخستین پژوهش‌های انجام شده در این زمینه می‌توان به پژوهش‌های دی و همکاران (۱۲)، در بررسی اختلاط فاضلاب بر عملکرد و کیفیت الیاف پنبه، پژوهش‌های بلورای و همکاران (۷)، در بررسی آبیاری با فاضلاب تصفیه شده شهری بر عملکرد پنبه و مطالعات اورون و مالاچ (۱۷)، در بررسی اثر فاضلاب تصفیه شده خانگی بر عملکرد پنبه اشاره کرد.

علاوه بر این، کاربرد پساب احتمال آلودگی و کاهش کیفیت

پراکنش نامتناسب بازندگی، رشد روزافزون جمعیت و افزایش سطح فرهنگی، اقتصادی و همچنین افزایش توقعات جامعه برای انجام فعالیت‌های گوناگون و عدم اعتقاد واقعی به مدیریت مصرف بهینه آب از جمله عوامل بر هم زنده تعادل بین عرضه و تقاضای آب محسوب می‌شود که این امر، توسعه پایدار را در جوامع گوناگون به‌ویژه در زمینه امنیت غذایی به مخاطره انداخته است. یکی از فعالیت‌ها در جوامع امروزی، تولید و مصرف فراینده مواد شیمیایی در فرایندهای گوناگون است (۴). استفاده مجدد از پساب برای آبیاری، گرچه دارای مزایایی است، اما ممکن است بیشترین صدمات را به بهداشت و محیط زیست وارد آورد. بنابراین رعایت استانداردهای کیفی پساب برای آبیاری و انتخاب محلی مناسب برای آبیاری الزامی است (۱۰). امروزه با توجه به کمبود منابع آب و استفاده از آب‌های نامتعارف در کشاورزی، نقش آلاینده‌های فیزیکی آب نیز اهمیت پیدا کرده‌اند که غلظت و ترکیبات مواد حل شده در آب بیشترین تأثیر را بر رشد گیاه و خصوصیات خاک دارند (۱۰).

از نظر عناصر غذایی پساب حاوی سه عنصر ضروری نیتروژن، پتاسیم و فسفر است و علاوه بر آن عناصر ریزمغذی لازم برای رشد گیاهان نیز اغلب در پساب وجود دارند. وجود این عناصر از مزایا و فاکتورهای استفاده از پساب در کشاورزی تلقی می‌شود و صرفه‌جویی قابل توجهی در مصرف کودهای شیمیایی در مقابل استفاده از پساب صورت می‌پذیرد. مقدار نیتروژن و پتاسیم موجود در پساب غالباً نیاز گیاهان به این عناصر را طی دوره رشد برآورده می‌کند. اما در بعضی مواقع نیتروژن و پتاسیم موجود در پساب بیشتر از حد مورد نیاز گیاهان است و بنابراین باعث رشد بیش از حد، تأخیر در زمان رسیدن و کاهش کیفیت محصول می‌شود (۵، ۶، ۱۵ و ۱۶). در حالت کلی، پساب را می‌توان به‌عنوان یک منبع آبی قابل اعتماد برای آبیاری در نظر گرفت که در این صورت موجب صرفه‌جویی مصرف کودها خواهد شد.

با توجه به اهمیت سلامت مواد غذایی روش‌های متفاوتی

ریشه و پروتئین دانه جو دارد، به نحوی که کمترین و بیشترین مقدار درصد پروتئین دانه به ترتیب در تیمار آب چاه و آبیاری کامل (I_1S_1) به میزان ۱۲/۳۷ درصد و تیمار پساب کارخانه قند و اعمال ۷۵ درصد تنش کم آبی (I_2S_2) با مقدار ۱۳/۴۷ درصد و ارتفاع بوته در تیمار شاهد ۸۲/۸۷ سانتی متر مشاهده شد (۹).

طی پژوهشی به بررسی اثر آبیاری با فاضلاب تصفیه شده شهر تربت حیدریه بر عملکرد مورفولوژیک پنبه رقم ورامین اقدام شد. نتایج نشان داد، میانگین مربعات صفات، نوع آب آبیاری در صفات عملکرد چین نخست، عملکرد چین دوم، عملکرد کل و وزن ۱۰ قوزه معنی دار بود. همچنین تیمار ترکیب حجمی ۵۰ درصد آب چاه و ۵۰ درصد فاضلاب تصفیه شده با عملکرد کل و وزن ۱۰ قوزه بالاتر نسبت به بقیه تیمارها برای کشت در منطقه توصیه شد (۱۰).

با توجه به کاربرد اخیر زئولیت‌ها و پساب‌ها در کشاورزی، به دلیل تبادل کاتیونی بالای زئولیت‌ها، فراوانی، قیمت ارزان و با توجه به اهمیت کمبود منابع آبی در سطح کشور و لزوم استفاده از آب‌های نامتعارف به‌عنوان جایگزینی در بخش کشاورزی، ضرورت اصلی از انجام این پژوهش، بررسی تأثیر پساب فاضلاب و زئولیت بر عملکرد وش و برخی اجزای عملکرد پنبه است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی به صورت فاکتوریل در سال زراعی ۱۳۹۴ در اراضی کشاورزی شهرستان تربت حیدریه در جنوب غربی مشهد (مدار ۵۹ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۱۷ دقیقه عرض شمالی در ارتفاع ۱۳۳۳ متر از سطح دریا) انجام شد. وضعیت اقلیمی این ایستگاه بر اساس طبقه‌بندی آمبرژه، اقلیم خشک سرد و بر اساس طبقه‌بندی دکتر کریمی دارای اقلیم نیمه‌خشک است (اداره کل هواشناسی خراسان رضوی). متوسط بارش سالانه ۲۶۰ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه آن ۲۱ درجه است. بر اساس داده‌های هواشناسی آمار ۲۰ ساله ایستگاه هواشناسی

محصولاتی که برای مصرف خوراکی کشت می‌شوند را افزایش می‌دهد. به همین دلیل می‌توان از موادی مانند زئولیت به‌منظور کاهش اثرات پساب بر محصولات کشاورزی استفاده کرد. زئولیت از جمله کانی‌های طبیعی است که به دلیل در دسترس بودن، جذب مواد آلاینده پساب و بهبود وضعیت خاک در کشت محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار گرفته است (۳ و ۱۰).

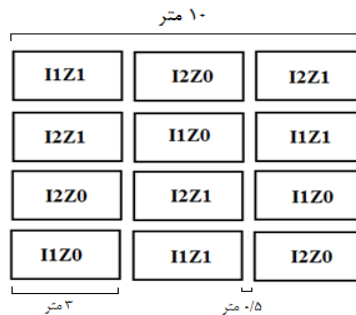
طی پژوهشی نتیجه گرفته شد که زئولیت معدنی می‌تواند مقداری آب در خود ذخیره کند و در مواقع تنش رطوبتی آن را در خاک آزاد کند تا گیاه از آن استفاده کند (۱۲). در طی پژوهشی گزارش شد مصرف مقادیر گوناگون زئولیت در شرایط تنش خشکی بر صفات عملکرد، محتوای نیتروژن غده و سطح برگ اثر معنی داری داشت (۱ و ۱۷).

نتایج حاصل از ارزیابی اثربخشی زئولیت بر جذب کادمیم و وزن ماده خشک در کاهو (lettuce) نشان داد با افزایش مصرف زئولیت، از غلظت کادمیم در گیاه کاهو کاسته شد و بیشترین کاهش در سطح دو تن در هکتار بود، به نحوی که در این سطح مصرف عملکرد ماده خشک گیاه نیز افزایش نشان داد (۲۱).

ارزیابی اثرات آبیاری با پساب صنعتی و تنش کم آبی بر عملکرد و اجزای کمی و کیفی عملکرد جو (*vulgare*) *Hordeum* رقم یوسف در تربت حیدریه به صورت آزمایش مزرعه‌ای نشان داد که تغییرات تنش بر عملکرد و اجزای کمی و کیفی عملکرد جو تأثیر معنی داری دارد (۸).

در بررسی تغییرات حاصله در خاک و گیاه ناشی از آبیاری با استفاده از پساب تصفیه شده شهری و تأثیر آن بر عملکرد علوفه یونجه در ایستگاه تحقیقاتی چهار تخته شهرکرد، میانگین عملکرد تر تیمارها به ترتیب ۲۰۳۶۷، ۲۲۱۳۸، ۲۸۹۹۲ و ۲۹۳۲۴ کیلو گرم در هکتار به دست آمده همچنین گزارش شد عملکرد علوفه تر در تیمارهای آبیاری با پساب نسبت به تیمارهایی که از آب معمولی استفاده کرده‌اند دارای عملکرد بیشتری بودند (۴).

پژوهشگران گزارش کردند آبیاری با پساب صنعتی و تنش خشکی، تأثیر معنی داری بر عملکرد دانه، ارتفاع بوته، طول



شکل ۱. طرح شماتیک مزرعه مورد نظر

جدول ۱. آنالیز شیمیایی آب آبیاری

هدایت الکتریکی	اسیدیته	نسبت جذب سدیم	کلسیم	منیزیم	سدیم	کربنات	بی کربنات	کلر	سولفات
(dS m ⁻¹)							(meq l ⁻¹)		
۲/۵	۶/۸	۱۳/۴	۱/۲	۲/۸	۱۸/۴	-	۳/۴	۱۰/۵	۱۰/۸

جدول ۲. آنالیز شیمیایی پساب مورد استفاده

هدایت الکتریکی	اسیدیته	BOD ₅	کلسیم	منیزیم	کلر	سدیم	فسفر	نیترات	سولفات	کدورت
(dS m ⁻¹)						(mg l ⁻¹)				(NTU)
۱/۶	۷/۴	۵۵	۵۲/۸	۶۵/۵	۶۰۸	۱۱/۰۸	۱۲/۰۱	۱	۸۵	۶/۵

در نظر گرفته شد. بر اساس نتایج آزمایش‌های پیشین و تجربیات نویسندگان، سطح چهار درصد وزنی زئولیت پتاسیمی به عنوان مناسب‌ترین نسبت اختلاط انتخاب شد.

شمای طرح تحقیقاتی و جانمایی تیمارها و تکرارها در شکل (۱) آمده است. همچنین نتایج تجزیه شیمیایی آب چاه و پساب فاضلاب تصفیه شده شهری به ترتیب در جداول (۱) و (۲) آمده است.

مقدار بذر توصیه شده توسط سازمان جهاد کشاورزی برای یک هکتار ۴۰ کیلوگرم بود که برای کرت‌های این پژوهش که اندازه ۹ متر مربعی داشتند، مقدار ۳۶ گرم بذر استفاده شد. فاصله کرت‌ها یک متر از یکدیگر در نظر گرفته شدند. تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک منطقه مورد مطالعه (عمق ۴۰-۰ سانتی‌متری) و زئولیت پتاسیمی در جدول (۳) و (۴) به ترتیب آمده است. در این پژوهش به دلیل استفاده از پساب و مشاهده اثرات کودی پساب، از هیچ‌گونه کودی در هیچ یک از تیمارها استفاده نشده است.

شهرستان تربت حیدریه، متوسط درجه حرارت روزانه در ایستگاه تربت حیدریه ۱۴/۲ درجه سانتی‌گراد، حداقل و حداکثر دما به ترتیب برابر ۲۴/۶- و ۴۰/۴ درجه سانتی‌گراد، متوسط رطوبت نسبی ۴۵ درصد، متوسط بارش سالانه ۲۵۳ میلی‌متر و متوسط تبخیر سالانه ۱۱۴۳/۱۳ میلی‌متر است (ایستگاه هواشناسی تربت حیدریه).

بافت خاک در محل اجرای طرح از نوع خاک لومی شنی است. برای اطلاع از آنالیز شیمیایی فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای طرح، از محل مورد مطالعه در اعماق ۴۰-۰ سانتی متری خاک، نمونه تهیه شد که نتایج آن در جدول (۳) ارائه شده است. کشت پنبه رقم ورامین (تهیه شده از جهاد کشاورزی تربت حیدریه) در تاریخ پنجم خرداد به صورت دستی و روش آبیاری کرتی انجام شد. بدین منظور تیمار آبیاری در دو سطح (I₁: آبیاری با آب معمولی و I₂: آبیاری با پساب) و تیمار زئولیت در دو سطح (Z₀: بدون کاربرد زئولیت و Z₁: استفاده از زئولیت پتاسیمی در سطح چهار درصد وزنی) و با سه تکرار

جدول ۳. آنالیز شیمیایی خاک مزرعه (۴۰-۰ سانتی متری)

نوع آزمایش	واحد اندازه گیری	نتایج آزمایش
پتاسیم	(kg ⁻¹ mg)	۱۳۰
فسفر	(kg ⁻¹ mg)	۳/۵
هدایت الکتریکی	(dS m ⁻¹)	۵/۸
اسیدیته	—	۷/۲
آهک	(%)	۱۸,۵۵
مواد آلی	(%)	۰/۰۹
شن	(%)	۴۸
رس	(%)	۱۷
سیلت	(%)	۳۵
درصد اشباع	(%)	۳۳/۴

جدول ۴. مشخصات زئولیت پتاسیک

نوع زئولیت	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
	۷۰/۲۵	۷/۶۸	۰/۹۱	۱/۱۲	۳/۱۰	۳/۴۳	۰/۳۹	۰/۱۵۳	۰/۰۱۷	۰/۰۰۶
زئولیت پتاسیک	L.O.I	SO ₄	Cl	Ba	Sr	Cu	Zn	Pb	Ni	Cr
	(%)	(%)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
	۱۱/۸۴	۰/۶	۲۰۴۹	۱۱۵۸	۶۶۶	۵۶	۲	۲۷	۵	۶

درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج جدول (۵) نشان داد که نوع آب آبیاری بر شاخص بذر، عملکرد وش وزن پنبه دانه، و تعداد برگ در بوته، درصد کیل اثر معنی داری داشت. مقدار زئولیت بر هیچ کدام از صفات درصد کیل، شاخص بذر، وزن پنبه دانه، تعداد برگ در بوته و عملکرد وش اثر معنی داری نشان نداد. برهم کنش نوع آب آبیاری و مقدار زئولیت نیز فقط برای صفت تعداد برگ اثر معنی داری داشت. تیمارهای پژوهش در صفات مورد بررسی عملکرد وش، شاخص بذر، درصد کیل، تعداد برگ در بوته و وزن پنبه دانه در گروه های مختلف آماری از a تا c قرار گرفتند و این بدین معنی است که تیمارها با حروف مشترک در سطح پنج درصد تفاوت معنی دار نشان ندادند. همچنین نتایج (مقایسه میانگین صفات) نشان دادند که تیمارهای پژوهش در گروه های مختلف آماری قرار گرفتند.

مقدار نیاز آبی پنبه با استفاده از آمار اداره هواشناسی تربت حیدریه و داده های نرم افزار NETWAT، ۶۳۴۰ لیتر برای یک فصل زراعی محاسبه شد (ایستگاه هواشناسی تربت حیدریه). فاصله آبیاری به صورت ۸ روز در ۱۳ نوبت آبیاری و مقدار یکسان برای هر آبیاری انتخاب شد که به وسیله کنتور حجمی با دقت لیتر به کرت ها تحویل داده شد.

رقم مورد استفاده (ورامین)، تراکم کشت و زمان کشت بر اساس عرف منطقه تعیین شد. لازم به ذکر است که مزرعه آزمایشی پیش از کشت به صورت آیش بود. پس از استقرار کامل گیاهچه در خاک عملیات تنک کردن انجام شده و فاصله بوته ها از یکدیگر از دو طرف برای تراکم مطلوب ۴۵-۴۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. نمونه برداری برای هر کرت آزمایشی به دلیل اثر حاشیه ای، از مرکز کرت و به ابعاد یک مترمربع انجام شده است. تجزیه آماری صفات با استفاده از نرم افزار SAS 9/2 و EXCEL انجام شد. همچنین مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج

جدول ۵. نتایج تجزیه واریانس اثر آبیاری با پساب بر پارامترهای درصد کیل، شاخص بذر، وزن پنبه‌دانه، تعداد برگ در بوته بوته و عملکرد وش (میانگین مربعات)

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد وش	وزن پنبه‌دانه	شاخص بذر	درصد کیل	تعداد برگ در بوته
تکرار	۲	۰/۰۰۴	۳۹	۵/۷۵	۱/۸۷	۲/۴۳
نوع آب آبیاری	۱	۰/۰۰۸**	۴۰۷۰**	۵۰/۴*	۶/۲۰**	۶۳/۵**
مقدار زئولیت	۱	۰/۰۰۲ ^{ns}	۱۰۲ ^{ns}	۹/۰۱ ^{ns}	۰/۸ ^{ns}	۴/۸ ^{ns}
نوع آب آبیاری × مقدار زئولیت	۱	۰/۰۰۱۲ ^{ns}	۶/۷۵ ^{ns}	۴۶/۰۳ ^{ns}	۰/۰۰۷۵ ^{ns}	۱۴۴/۲**
خطا	۲	۰/۰۰۳	۳۱۲	۴۶/۰۳	۱/۵	۱۹/۵
ضریب تغییرات	-	۳/۶۵	۶/۳	۳/۹۳	۴/۲	۵

* اثر معنی‌داری در سطوح احتمال پنج و یک درصد و

** اثر معنی‌داری در سطوح احتمال یک درصد، ns فاقد اثر معنی‌دار آماری

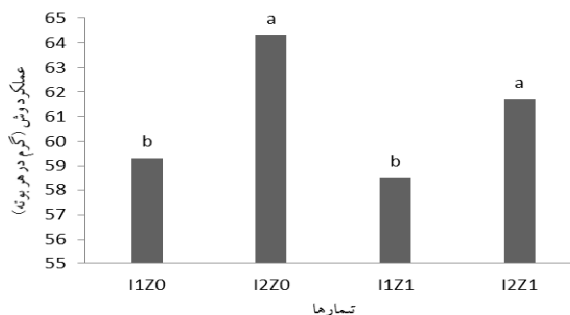
عملکرد وش

بود. کاربرد زئولیت و پساب تصفیه شده شهری سبب شده است که املاح مغذی در اختیار گیاه قرار گیرد و سبب افزایش عملکرد پنبه شود (علی‌خاصی و کوچک‌زاده، ۱۳). خاک فقیر (جدول ۳) این منطقه نیز نیاز به املاح را تشدید کرده و سبب اختلاف معنی‌دار نتایج تیمار آبیاری با آب معمولی بدون کاربرد زئولیت (I_1Z_0) نسبت به سایر تیمارها شده است. بیشترین عملکرد پنبه در انتهای فصل نیز در تیمار آبیاری با پساب و استفاده از زئولیت پتاسیمی در سطح چهار درصد وزنی (I_2Z_1) مشاهده شد و نسبت به سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت (شکل ۲). این نتایج نشان داد که اثر زئولیت بر عملکرد پنبه مؤثرتر از نوع آب آبیاری مورد استفاده است. علت این نتایج احتمالاً بالا بودن هدایت الکتریکی خاک (جدول ۳) مورد استفاده است. زئولیت احتمالاً با کاهش هدایت الکتریکی خاک و بهبود شرایط خاک (احمدی، ۲) سبب افزایش عملکرد پنبه شده است.

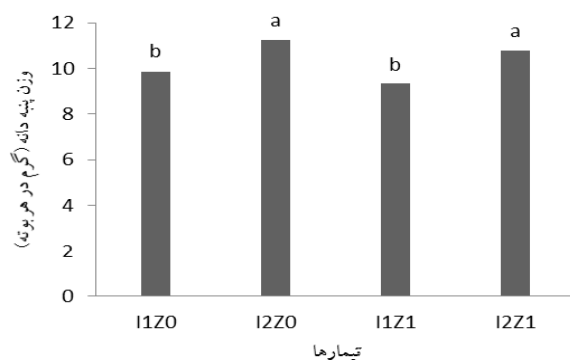
وزن پنبه‌دانه

پارامتر وزن پنبه‌دانه تیمارهای آبیاری با آب معمولی بدون کاربرد زئولیت (I_1Z_0) و آبیاری با آب معمولی و استفاده از زئولیت پتاسیمی در سطح چهار درصد وزنی (I_1Z_1) و تیمارهای آبیاری با پساب بدون کاربرد زئولیت (I_2Z_0) و آبیاری

طبق نتایج تیمارهای آبیاری با آب معمولی بدون کاربرد زئولیت (I_1Z_0) و آبیاری با آب معمولی و استفاده از زئولیت پتاسیمی در سطح چهار درصد وزنی (I_1Z_1) و همچنین تیمارهای آبیاری با پساب بدون کاربرد زئولیت (I_2Z_0) و آبیاری با پساب و استفاده از زئولیت پتاسیمی در سطح چهار درصد وزنی (I_2Z_1) فاقد تفاوت معنی‌دار به‌دست آمدند. نتایج نشان داد پساب باعث افزایش ۴۸ درصد عملکرد وش شده است. زئولیت نیز باعث افزایش ۵۰ درصد در تیمار شده است. عملکرد وش در چین اول در تیمار آبیاری با پساب و استفاده از زئولیت پتاسیمی در سطح چهار درصد وزنی (I_2Z_1) بیشترین مقدار را داشت، به‌طوری که این افزایش نسبت به سایر تیمارها معنی‌دار بود (شکل ۲). عملکرد وش در چین اول در تیمارهای آبیاری با آب معمولی و استفاده از زئولیت پتاسیمی در سطح چهار درصد وزنی (I_1Z_1)، آبیاری با آب معمولی بدون کاربرد زئولیت (I_1Z_0) و آبیاری با پساب بدون کاربرد زئولیت (I_2Z_0) نسبت به تیمار آبیاری با پساب و استفاده از زئولیت پتاسیمی در سطح چهار درصد وزنی (I_2Z_1) به‌ترتیب ۴۰، ۱۵/۵ و ۶۴/۵ درصد کاهش نشان داد. کمترین عملکرد پنبه در تیمار آبیاری با آب معمولی بدون کاربرد زئولیت (I_1Z_0) مشاهده شد. در این تیمار هیچ زئولیتی استفاده نشده بود و آبیاری نیز با آب معمولی انجام شده



شکل ۲. عملکرد وش در بوته ((آبیاری با آب معمولی بدون کاربرد زئولیت (I₁Z₀), آبیاری با آب معمولی و استفاده از زئولیت پتاسیمی در سطح چهار درصد وزنی (I₁Z₁), آبیاری با پساب بدون کاربرد زئولیت (I₂Z₀) و آبیاری با پساب و از زئولیت پتاسیمی در سطح چهار درصد وزنی (I₂Z₁)). حروف مشابه تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.



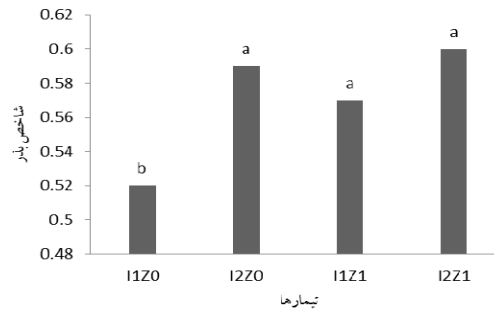
شکل ۳. وزن پنبه‌دانه در بوته ((آبیاری با آب معمولی بدون کاربرد زئولیت (I₁Z₀), آبیاری با آب معمولی و استفاده از زئولیت پتاسیمی در سطح چهار درصد وزنی (I₁Z₁), آبیاری با پساب بدون کاربرد زئولیت (I₂Z₀) و آبیاری با پساب و استفاده از زئولیت پتاسیمی در سطح چهار درصد وزنی (I₂Z₁)). حروف مشابه تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

شد (شکل ۳). علی‌خصوصی و همکاران (۳) نیز شرایط فراهمی عناصر غذایی در آبیاری با پساب را یکی از عوامل مؤثر در افزایش وزن پنبه گزارش کردند.

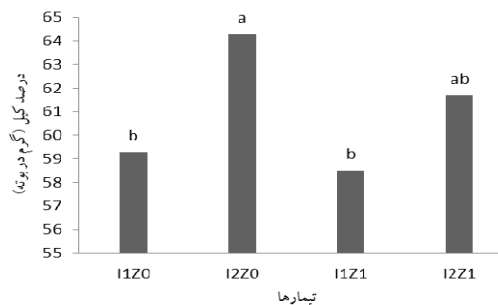
شاخص بذر

از تقسیم وزن پنبه‌دانه‌های موجود در ۲۰ قوزه به وزن کل آن به‌دست می‌آید که نشان‌دهنده این است که چه نسبتی از وش کل را پنبه‌دانه تشکیل می‌دهد. طبق نتایج بیشترین و کمترین برای پارامتر شاخص بذر در تیمارهای آبیاری با پساب و استفاده از زئولیت پتاسیمی در سطح چهار درصد وزنی (I₂Z₁) و آبیاری با آب معمولی بدون کاربرد زئولیت (I₁Z₀) به‌ترتیب با مقادیر ۰/۶ و ۰/۵۲ مشاهده شدند (شکل ۴). تمام تیمارها جز

با پساب و استفاده از زئولیت پتاسیمی در سطح چهار درصد وزنی (I₂Z₁) در یک گروه آماری قرار گرفته و تفاوت معنی‌دار نشان ندادند. بیشترین و کمترین مقدار برای وزن پنبه‌دانه به‌ترتیب در تیمارهای آبیاری با پساب بدون کاربرد زئولیت (I₂Z₀) و آبیاری با آب معمولی و استفاده از زئولیت پتاسیمی در سطح چهار درصد وزنی (I₁Z₁) با مقدار ۱۱/۲۳ و ۹/۳ گرم در بوته مشاهده شدند. تیمار آبیاری با پساب بدون کاربرد زئولیت (I₂Z₀) نسبت به تیمار شاهد با کاهش ۱۵ درصد و تیمار آبیاری با آب معمولی و استفاده از زئولیت پتاسیمی در سطح چهار درصد وزنی (I₁Z₁) نسبت به تیمار شاهد با کاهش هفت درصد مشاهده شدند. در پارامتر وزن پنبه‌دانه پساب باعث افزایش این پارامتر و زئولیت باعث کاهش وزن پنبه‌دانه در تیمارها مشاهده



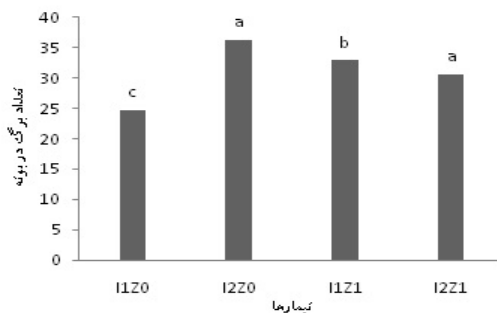
شکل ۴. شاخص بذر ((آبیاری با آب معمولی بدون کاربرد ژئولیت (I₁Z₀))، آبیاری با آب معمولی و استفاده از ژئولیت پتاسیمی در سطح چهار درصد وزنی (I₁Z₁))، آبیاری با پساب بدون کاربرد ژئولیت (I₂Z₀) و آبیاری با پساب و استفاده از ژئولیت پتاسیمی در سطح چهار درصد وزنی (I₂Z₁)). حروف مشابه تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.



شکل ۵. درصد کیل ((آبیاری با آب معمولی بدون کاربرد ژئولیت (I₁Z₀))، آبیاری با آب معمولی و استفاده از ژئولیت پتاسیمی در سطح چهار درصد وزنی (I₁Z₁))، آبیاری با پساب بدون کاربرد ژئولیت (I₂Z₀) و آبیاری با پساب و استفاده از ژئولیت پتاسیمی در سطح چهار درصد وزنی (I₂Z₁)). حروف مشابه تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

مشاهده نشد. احتمالاً اختلاف آنالیز شیمیایی خاک و پساب‌های مورد استفاده سبب عدم معنی‌داری نتایج در این پژوهش شده است، به طوری که پارامتری مانند هدایت الکتریکی در خاک و پساب مورد استفاده در این پژوهش بسیار بیشتر از پژوهش انجام شده توسط علی‌خاصی و همکاران (۳) بود. همچنین شرایط آب آبیاری و خاک از نظر هدایت الکتریکی در تحقیقات کریمی گوهری و اسدی (۸) نسبت به شرایط موجود در پژوهش حاضر بسیار مناسب‌تر بود. با توجه به اینکه پایین بودن هدایت الکتریکی سبب افزایش شاخص بذر می‌شود (افراسیاب و همکاران، ۸)؛ بنابراین نتایج به دست آمده در این پژوهش از نظر آماری معنی‌دار نشد.

تیمار شاهد در یک گروه آماری قرار گرفتند و این نشان‌دهنده افزایش شاخص بذر در اثر استفاده از پساب و ژئولیت است. تیمار شاهد نسبت به تیمارهای آبیاری با پساب بدون کاربرد ژئولیت (I₂Z₀))، آبیاری با آب معمولی و استفاده از ژئولیت پتاسیمی در سطح چهار درصد وزنی (I₁Z₁) و آبیاری با پساب و استفاده از ژئولیت پتاسیمی در سطح چهار درصد وزنی (I₂Z₁) با کاهش شاخص بذر ۱۳ درصد، ۹ درصد و ۱۵ درصد به دست آمد. پژوهشگران متعددی از جمله بیلورال و همکاران (۷)، اورون و دی‌مالاج (۱۷) و علی‌خاصی و همکاران (۳) نیز اثر آبیاری بر پساب را بر افزایش شاخص بذر گزارش کرده‌اند. نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر نیز همین نتایج را تأیید می‌کند، گرچه تفاوت آماری معنی‌داری بین تیمارها



شکل ۶. تعداد برگ در بوته ((آبیاری با آب معمولی بدون کاربرد زئولیت (I₁Z₀), آبیاری با آب معمولی و استفاده از زئولیت پتاسیمی در سطح چهار درصد وزنی (I₁Z₁), آبیاری با پساب بدون کاربرد زئولیت (I₂Z₀) و آبیاری با پساب و استفاده از زئولیت پتاسیمی در سطح چهار درصد وزنی (I₂Z₁)). حروف مشابه تفاوت معنی دار آماری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

درصد کیل

زئولیت پتاسیمی در سطح چهار درصد وزنی (I₁Z₁) و آبیاری با پساب و استفاده از زئولیت پتاسیمی در سطح چهار درصد وزنی (I₂Z₁) در یک گروه آماری قرار گرفته و فاقد تفاوت معنی دار بودند. بیشترین و کمترین مقدار برای تعداد برگ در بوته در تیمارهای آبیاری با پساب بدون کاربرد زئولیت (I₂Z₀) و آبیاری با آب معمولی بدون کاربرد زئولیت (I₁Z₀) با مقادیر ۳۶/۳ و ۲۴/۸ عدد به ترتیب مشاهده شدند، به طوری که نسبت به سایر تیمارهای مورد نظر اختلاف معنی داری داشت (شکل ۶). اختلاف تعداد برگ بین دو تیمار آبیاری با پساب بدون کاربرد زئولیت (I₂Z₀) و آبیاری با آب معمولی بدون کاربرد زئولیت (I₁Z₀) برابر ۳۷ درصد بود. علی خاصی و همکاران (۳) و کریمی گوهری و اسدی (۸) کاربرد پساب را عامل افزایش تعداد برگ در بوته گزارش کردند در حالی که کاربرد پساب در پژوهش‌های بیلورال و همکاران (۷)، اورون و دی‌مالاچ (۱۷) نتایج عکس داشت. بنابراین در پژوهش حاضر، می‌توان گفت که پساب اثر مثبتی بر افزایش برگ در بوته داشت و در صورت عدم استفاده از پساب، بهتر است که زئولیت به‌عنوان ماده حاصلخیز کننده به خاک تحت کشت پنبه اضافه شود. بالا بودن هدایت الکتریکی پساب نسبت به آب معمولی و کاربرد زئولیت به‌عنوان تعدیل کننده اثرات شوری (احمدی، ۲)، سبب شد تا اختلاف عملکرد بین دو تیمار آبیاری با پساب بدون کاربرد زئولیت (I₂Z₀) و آبیاری با پساب و استفاده از زئولیت پتاسیمی

تیمارهای آبیاری با آب معمولی بدون کاربرد زئولیت (I₁Z₀) و آبیاری با آب معمولی و استفاده از زئولیت پتاسیمی در سطح چهار درصد وزنی (I₁Z₁) و همچنین تیمارهای آبیاری با پساب بدون کاربرد زئولیت (I₂Z₀) و آبیاری با پساب و استفاده از زئولیت پتاسیمی در سطح چهار درصد وزنی (I₂Z₁) تفاوت معنی دار نشان ندادند. طبق نتایج بیشترین و کمترین مقدار برای درصد کیل در تیمارهای آبیاری با پساب بدون کاربرد زئولیت (I₂Z₀) و آبیاری با پساب و استفاده از زئولیت پتاسیمی در سطح چهار درصد وزنی (I₂Z₁) مشاهده شد (شکل ۵). طبق نتایج به دست آمده پساب باعث افزایش درصد کیل شده ولی زئولیت در تیمارهای پژوهش افزایش را نشان نداده است. نتایج حاصل از پژوهش حاضر با نتایج پژوهشگران متعددی از جمله بیلورال و همکاران (۷)، اورون و دی‌مالاچ (۱۷)، علی خاصی و همکاران (۳) و کریمی گوهری و اسدی (۸) هم‌خوانی دارد.

تعداد برگ در بوته

تیمار آبیاری با پساب بدون کاربرد زئولیت (I₂Z₀) و تیمار دارای زئولیت آبیاری با آب معمولی و استفاده از زئولیت پتاسیمی در سطح چهار درصد وزنی (I₁Z₁) نسبت به تیمار شاهد با افزایش ۵۰ درصد و ۲۶ درصد برگ در بوته طبق نتایج مشاهده شدند. تیمارهای آبیاری با آب معمولی و استفاده از

تعداد برگ در بوته و عملکرد وش اثر معنی‌داری نشان نداد. برهم‌کنش نوع آب آبیاری و مقدار زئولیت نیز تنها برای صفت تعداد برگ اثر معنی‌داری داشت. پساب سبب افزایش مقدار شاخص بذر، درصد کیل، عملکرد وش و تعداد برگ در بوته شد و این امر می‌تواند به‌دلیل وجود مواد آلی و نیتروژن در پساب باشد. همچنین زئولیت نیز به‌دلیل وجود عنصر پتاسیم و املاح معدنی مفید در خاک و ایجاد شرایط محیطی رشد گیاه، با افزایش مقدار در صفات شاخص بذر، عملکرد وش و تعداد برگ در بوته تأثیر مثبت بر عملکرد گیاهی از خود نشان داد.

در سطح چهار درصد وزنی (I_2Z_1) کمتر از اختلاف بین دو تیمار آبیاری با آب معمولی بدون کاربرد زئولیت (I_2Z_0) و آبیاری با آب معمولی و استفاده از زئولیت پتاسیمی در سطح چهار درصد وزنی (I_1Z_1) شود.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج پژوهش حاضر می‌توان نتیجه‌گیری کرد که نوع آب آبیاری بر شاخص بذر، عملکرد وش، وزن پنبه‌دانه، تعداد برگ در بوته و درصد کیل اثر معنی‌داری داشت. مقدار زئولیت بر هیچ کدام از صفات درصد کیل، شاخص بذر، وزن پنبه‌دانه،

منابع مورد استفاده

1. Abedi-Koupai, J., S. F. Musavi and A. Motamedi. 2010. Investigation on the effect of Zeolite Clinoptilolite application on reduce of urea fertilizer from soil. *Water and Wastewater Journal* 3: 51-57. (In Farsi).
2. Ahmadede, M., A. KhasheiSiuki and A. Shahidi. 2014. Effect of magnetic water and natural Clinoptilolite Zeolite on growth of Green Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Irrigation and Drainage (IDJ)* 8(2): 393-401. (In Farsi).
3. Ali-Khasi, M. and M. Kouchakzadeh. 2010. Effect of irrigation with refined sewage on cotton properties. *Iranian Journal of Soil and Water Research*. 41(2): 229-235. (In Farsi).
4. Ali Mohammadi, R. 2015. Investigation of changes in soil and vegetation caused by irrigation using urban refined effluent and its effect on alfalfa performance. *Journal of Water Research in Agriculture* 29(1): 47-35.
5. Al.Salem, S. 1998. Environmental consideration for wastewater reuse in agriculture. *Water Science and Technology* 33: 345-355.
6. Asano, T. and A. D. Levine. 1996. Wastewater reclamation and reuse: Past, present, and future. *Water Science and Technology* 33(10-11): 1-14.
7. Bielorai, H., I. Vaisman and A. Feigin. 1984. Drip irrigation of cotton with treated municipal effluents: I. Yield Response1. *Journal of Environmental Quality* 13(2): 231-234.
8. Choopan, Y. 2015. Investigating the effect of irrigation with sugar plant effluent and water stress on yield and yield components of barley (case study of Torbat-e-Heidarieh city). MSc. Thesis. Birjand University.
9. Choopan, Y., A. Khashei-Siuki and A. Shahidi. 2016. Investigating the effect of irrigation with sugar plant effluent and drought stress on grain yield, plant height, and root length and barley grain protein. *Journal of Water and Soil Science* 21(4): 109-99. (In Farsi)
10. Choopan, Y., A. Khashei-Siuki and A. Shahidi. 2017. Investigation the effect irrigation with urban refined sewage Torbat Heydarieh city on Varamin cotton morphologic performance. *Water Research in Agriculture Journal* 32.1 (1): 67-77. (In Farsi).
11. Daneshmandi, M. SH. and M. Azizi. 2009. Study of the interaction of drought stress and application of mineral Zelolite on the quantitative and qualitative characteristics of Hungarian modified Basil's medicinal plant. In: Proceeding of the 6th Iranian Horticultural Science Congress. Glian. PP: 1272-1275. (In Farsi).
12. Day, A. D., J. A. McFadyen, T. C. Tucker and C. B. Cluff. 1981. Effects of municipal waste water on the yield and quality of cotton. *Journal of Environmental Quality* 10 (1): 47-49.
13. Hasanoghli, A. 2002. The Effect of household sewage and sewage effects on agricultural and artificial washing of aquifers. PhD Thesis, Tehran University. (In Farsi).
14. Hasanpordarvish, H. 2010. Investigating the possibility of reuse of refined wastewater for irrigation, domestic water wells instead of Basil. Phd Thesis. Islamic Azad University, Science and Research Branch. (In Farsi).
15. Kazemian, H. 2000. Recent research on the Iranian natural zeolite resource (a review). Access in Nanoporous Materials-II. Banff. Alberta. Canada. 25-28.

16. Moghimi, A., H. Madani, M. Saffapour, M. Teymori and A. A. Karimi. 2010. Study of the effects of irrigation intervals and the use of different amounts of zeolite on yield and yield components of potato. *In: Proceeding of the First Conference on Sustainable Agriculture and Cleaner Product*, Isfahan.
17. Oron, G. and Y. De-Malahch. 1987. Response of cotton to treated domestic wastewater applied through trickle irrigation. *Irrigation Science* 8(4): 291-300.
18. Papadopoulos, L. and Y. Stylianon. 1988. Trickle irrigation of cotton with treated sewage effluent. *Journal of Environmental Quality* 17: 574-580.
19. Papadopoulos, L. and Y. Stylianon. 1991. Trickle irrigation of sunflower with municipal wastewater. *Agricultural Water Management* 19: 67-75.
20. Rajabisorknani, M. and A. A. Ghaemi. 2012. Consequences of using treated wastewater and chemical fertilizers on Broccoli (*Brassica oleracea*) growth. *Water and Irrigation Management* 2(2): 13-24. (In Farsi).
21. Rouhani, KH., S. Samavat and M. Moez-Ardalan. 2012. Evolution of effectiveness of zeolite for cadmium absorption and dry matter in lettuce plant. *Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding* 8(2): 61-69.
22. Safari, M. and H. Fathi. 2008. Effect of effluent irrigation on yield and quality of bean and some soil properties. *In: Proceeding of the 3rd National Congress on Recycling and the Use of Renewable Water Resources in Agriculture*. Isfahan. PP: 17-29. (In Farsi).
23. Shafagh-Kolvanagh, J., S. ZehtabSalmasi, M. Alami-Milani, SH. Oustan and S. Abdoli. 2015. Effect of using wastewater from a yeast production plant on yield and yield components of wheat in qaramalek area of Tabriz. *Journal of Sustainable Agriculture* 25(2): 65-77. (In Farsi).
24. Shaw, J. W. and R. Andrews. 2001. Cation exchange capacity affects greens' truf growth. *Golf Course Management* 73-77.

Effect of Wastewater Sewage and Zeolite on Yield and some Components of Cotton Yield (A Case Study: Torbat-Heydarieh)

Y. Choopan^{1*} and A. Khashei Siuki²

(Received: March 16-2018 ; Accepted: May 14-2018)

Abstract

Due to the availability of limited water resources in the country, it is necessary to use unconventional water. On the other hand, application of minerals such as Zeolite (Zo) is necessary to simulate plant growth and reduce the harmful effects of wastewater. The present study was conducted to investigate the effect of irrigation by wastewater with Zo on cotton (*Gossypium herbaceum*) based on a randomized complete block design with factorial arrangement in Torbat Heydarieh, 2014. For this purpose, irrigation water treatment at 2 levels (I1: irrigation with normal water and I2: irrigation with effluent) and Zeolite (Zo) treatment at 2 levels (Z₀: No Zo application and Z₁: application of K⁺ Zeolite at 4% weight) were considered with three replications. The results showed that the irrigation water type had a significant effect on the seed index, yield, cotton weight, number of leaves per plant and the lint percentage. The rate of Zeolite (Zo) did not show any significant effect on any traits, such as Kiel percentage, seed index, cotton weight, number of leaves per plant and cotton yield. The interaction between the irrigation water and the amount of Zo had a significant effect only on the number of leaves per plant. The results also showed that the highest lint percentage, cotton weight and number of leaves per plant in the irrigation by the effluent with No Zo application (I₂Z₀) treatment with the values of 64.3 and 11.23 gr and 36.3 numbers and the lowest values for the seed index, yield and number of leaves per plant in irrigation by normal water with No Zo application (I₁Z₀) were obtained with the values of 0.52 and 78 gr and 24.8.

Keywords: Unconventional Waters, Minerals, Components of Cotton, Cotton

-
1. Department of Water Sciences and Engineering, Faculty of Water and Soil Engineering, Gorgan University of Agriculture Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
 2. Department of Water Sciences and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran.
- *: Corresponding Author, Email: yahyachoopan68@gmail.com