

اثر آبیاری با پساب فاضلاب تصفیه شده بر رشد گیاه قره‌داغ تحت شرایط گلخانه

علیرضا شهریاری^{۱*}، سهیلا نوری^۱، جهانگیر عابدی کوپایی^۲ و فاطمه آصال^۳

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۷/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۰/۴)

چکیده

بحران آب یکی از مسائل اساسی مناطق خشک و نیمه خشک مانند ایران است. این وضعیت در سال‌های اخیر به دلیل وقوع پدیده خشکسالی حادث شده است. بنابراین استفاده از آب‌های نامتعارف، در جایی که آب با کیفیت مناسب در دسترس نیست، رو به فزونی است. یکی از این منابع، پساب شهری است که علاوه بر تأمین آب می‌تواند نیاز غذایی گیاه را نیز تأمین نماید. لذا در این تحقیق، تأثیر توأم پساب تصفیه شده شهری و بافت خاک بر رشد و عملکرد گیاه قره‌داغ (*Nitraria schoberi*) تحت شرایط گلخانه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا گردید. در این بررسی از تیمارهای آبیاری در دو سطح (پساب و آب معمولی)، بافت خاک در دو سطح (شنی و رسی) و دوره آبیاری در دو سطح (۵ و ۱۵ روز یکبار) استفاده گردید. تجزیه پساب نشان داد که غلظت عناصر مختلف آن در محدوده مجاز استانداردهای مربوطه می‌باشد. هم‌چنین نتایج نشان داد که کاربرد پساب در مقایسه با آب معمولی بر طول ساقه، وزن تر و خشک گیاه اثر مثبت دارد. لذا با توجه به مشکل تأمین آب گونه‌های گیاهی مناطق بیابانی، این روش می‌تواند نقش قابل توجهی در پایداری گیاهان، کاهش هزینه‌های آبیاری و کوددهی و احیاء بیولوژیک این مناطق داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: آب‌های نامتعارف، مناطق بیابانی، قره‌داغ

مقدمه

۱۹، ۲۱، ۲۶، ۲۸ و ۳۲)، به شرط آنکه استفاده اصولی از آن با تصفیه مناسب پساب همراه باشد (۱۱). استفاده صحیح از پساب‌های شهری علاوه بر گسترش پوشش گیاهی، از یک طرف از آلودگی محیط زیست جلوگیری می‌نماید و از طرف دیگر با دارا بودن عناصر مغذی، علاوه بر کاهش آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی، باعث کاهش هزینه مصرف کودهای شیمیایی می‌شود. به همین علت به عنوان منابع آب و کودی ارزان قیمت مورد توجه قرار گرفته (۱، ۱۲، ۱۷، ۲۳، ۲۹ و ۳۶) و

بحران کمبود آب یکی از چالش‌هایی است که امروزه جهان با آن مواجه است. محدودیت منابع آب توجه محققین را به استفاده اصولی از آب‌های غیرمتعارف مانند آب‌های شور و پساب‌های شهری و صنعتی به خود معطوف نموده است. به دلیل توسعه شهرها و افزایش مصرف آب، مقدار زیادی فاضلاب تولید می‌شود که پساب این فاضلاب‌ها می‌تواند به عنوان یک منبع با ارزش در افزایش سطح پوشش گیاهی محسوب شود (۳، ۱۰،

۱. به ترتیب دانشیار و مربی گروه مرتع و آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل.

۲. دانشیار مهندسی آب، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۳. دانش آموخته مقطع کارشناسی ارشد بیابانزدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل.

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: nimaaryan2002@yahoo.com

ایجاد پوشش گیاهی مناسب از یک طرف و تأمین منابع آب ارزان قیمت جهت استقرار آنها از طرف دیگر، امری ضروری است.

گیاه قره‌داغ با نام علمی *Nitraria schoberi* از تیره *Zygophyllaceae* یکی از بهترین گیاهان تثبیت کننده شن‌های روان می‌باشد (۲) که در مقایسه با بسیاری از گیاهان شورپسند و شن‌دوست از برتری خاص برخوردار است. زیرا قادر است روی تپه‌های شنی که در مجاورت دریاچه‌ها و حوضه‌های شور قرار داشته و سطح آب‌های شور زیرزمینی آنها بالاست، رشد نماید. هم‌چنین قره‌داغ در مقایسه با گیاهانی مانند تاغ و آتریپلکس، در عرصه‌هایی که دارای سفره‌های آب زیرزمینی نزدیک به سطح می‌باشند بهتر و بیشتر مستقر می‌گردد. علاوه بر این، مطالعات نشان داده است که شاخ و برگ این گیاه علوفه مناسبی جهت تغلیف شتر و گوسفند در مناطق خشک و بیابانی می‌باشد. بنابراین گیاه قره‌داغ علاوه بر ایجاد فضای سبز و تولید علوفه مناسب، می‌تواند از پدیده بیابانزایی جلوگیری کند (۷). لذا توسعه کشت گیاه مذکور در مناطق بیابانی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

بنابراین با توجه به نقش پساب در کاهش میزان آب آبیاری و با هدف بررسی امکان استفاده از پساب تصفیه شده، اثر پساب مذکور بر اجزای عملکرد گیاه قره‌داغ مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

الف) منطقه مورد مطالعه

این تحقیق درمحل گلخانه‌های آموزشی - تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد.

ب) مواد به کار رفته

پساب تصفیه شده از تصفیه‌خانه فاضلاب شاهین‌شهر تأمین گردید که روش تصفیه به صورت لجن فعال بوده و فاضلاب مورد استفاده برای آزمایش از آخرین مرحله تصفیه برداشت شد. هم‌چنین به عنوان تیمار شاهد از آب معمولی استفاده گردید.

طرح‌های استفاده از فاضلاب و پساب در مقیاس وسیع در کشورهای صنعتی و در حال توسعه در حال اجرا است (۱۸).

مونت و ایسوزا (۳۱)، در آزمایشی روی ذرت، سورگوم و آفتابگردان نشان دادند که مقدار عملکرد محصولات آبیاری شده با پساب بیشتر از آبیاری با آب شیرین همراه با کود است. هم‌چنین مطالعه‌ای که در هندوستان برای بررسی تأثیر کاربرد فاضلاب و پساب بر عملکرد چند محصول زراعی صورت گرفت، نشان داد که عملکرد گیاهان تحت آبیاری با انواع پساب و فاضلاب بیشتر از گیاهان تحت آبیاری با آب شیرین + کود می‌باشد. هم‌چنین اشاره شده که علاوه بر اضافه شدن عناصر غذایی خاک توسط آبیاری با پساب‌ها و فاضلاب‌ها، مواد آلی موجود در آنها نیز پس از ورود به وسیله میکروارگانیسم‌ها تجزیه شده و باعث افزایش هوموس خاک و در نهایت بهبود خواص فیزیکی - شیمیایی و حاصلخیزی خاک می‌شود (۱۸ و ۲۴). البته مواردی از کاهش عملکرد محصول درختان میوه هسته‌دار و مرکبات در اثر آبیاری با پساب نسبت به آبیاری با آب چاه + کود گزارش شده است. کاهش عملکرد می‌تواند در اثر افزایش غلظت املاح موجد شوری و یا تجمع عناصر سمی در خاک و گیاه نیز باشد (۸ و ۳۴).

پساب و لجن فاضلاب حاوی مقادیر زیادی از عناصر کم مصرف و فلزات سنگین نیز می‌باشند. هنگامی که این مواد به زمین اضافه می‌شوند، گیاه این عناصر را نیز جذب می‌کند. جذب عناصر کم مصرف و فلزات سنگین به مقدار زیاد به وسیله گیاه می‌تواند سبب آلودگی زنجیره غذایی انسان و دام شود. برای پیشگیری از جذب بیش از حد فلزات سنگین توسط گیاه، برخی از کشورها و هم‌چنین سازمان حفاظت محیط زیست و سازمان بهداشت جهانی قوانینی وضع کرده‌اند و حدودی را نیز برای غلظت عناصر و ویژگی‌های مختلف پساب‌ها تعیین نموده‌اند (۲۷ و ۳۴).

یکی از راه‌های بسیار مهم جهت مبارزه با بیابانزایی، افزایش پوشش گیاهی می‌باشد. لذا انتخاب صحیح گونه‌های گیاهی سازگار و مقاوم با شرایط اکوسیستم بیابانی در راستای احیا و

جدول ۱. نتایج اندازه‌گیری پارامترهای خاک قبل از شروع آزمایش

خواص خاک	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	pH	EC (dS m ⁻¹)	CEC (mol kg ⁻¹)	OC (%)	CaSO ₄ (%)	CaCO ₃ (%)	Ca+Mg (Meq L ⁻¹)	Na (Meq L ⁻¹)
رسی	۶	۴۴	۵۰	۸/۱	۳۴	۱۱/۸	۰/۶۸	ناچیز	۳۵/۷	۱۲/۳	۳۶۰
شنی	۶۸	۱۴	۱۸	۷/۸	۴/۲	۳/۹	۰/۱۵	۲۲/۸	۳۱/۶	۹/۶	۳۴

صورت که در شروع آزمایش از دو نوع بافت خاک مورد مطالعه نمونه برداری و به وسیله صفحات فشاری درصد رطوبت وزنی هر بافت خاک در مکش‌های صفر، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ کیلوپاسکال اندازه‌گیری و منحنی رطوبتی خاک‌ها رسم گردید (شکل ۱). سپس با استفاده از منحنی مشخصه رطوبتی و داشتن پارامترهای درصد رطوبت وزنی، ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی، وزن گلدان‌ها در نقطه ظرفیت زراعی محاسبه گردید. لازم به ذکر است که از وزن گلدان‌ها در حالت خشک صرف نظر شد. آبیاری گلدان‌ها براساس ۷۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی صورت گرفت. یعنی زمانی که وزن گلدان‌ها نشان می‌داد که ۷۰ درصد رطوبت موجود مصرف شده، آبیاری انجام می‌شد تا رطوبت خاک به حد ظرفیت زراعی رسانده شود (۱۳).

برای تعیین مقدار آبیاری از فرمول زیر استفاده شد:

$$RAW = (FC - PWP) (D) (MAD) \quad [1]$$

که:

RAW = رطوبت سهل الوصول

FC = رطوبت خاک در ظرفیت زراعی

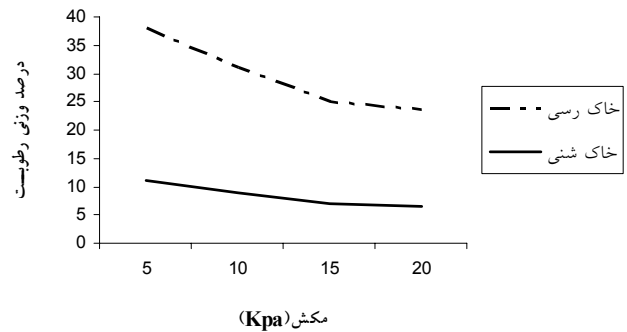
MAD = حداکثر تخلیه مجاز

PWP = رطوبت خاک در نقطه پژمردگی

D = عمق ریشه

بر این اساس، نیاز آبی در خاک‌های شنی و رسی محاسبه گردید.

پس از فراهم کردن بستر کشت بذرها، تعداد ۱۰ عدد بذر (با قوه نامیه ۷۰-۶۰ درصد) به طور مساوی در گلدان‌ها کاشته شد و تیمارهای لازم (نوع آب و دور آبیاری) اعمال گردید. در



شکل ۱. منحنی رطوبتی خاک‌های مورد آزمایش

خاک شنی از فاصله ۲۰۰-۳۰۰ کیلومتری اصفهان از نزدیکی باتلاق گاوخونی در مسیر جاده هرنند از محل تاغزارها و خاک رسی از نزدیکی دشت سگری برداشت گردید. جهت تعیین ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک، نمونه برداری از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری با اوگر فولادی انجام گرفت و برخی از خواص خاک در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد (جدول ۱). بذر گیاه قره‌داغ نیز از شرکت پاکان بذر اصفهان خریداری گردید. ویژگی‌های شیمیایی آب و پساب در طی فصل رشد اندازه‌گیری شدند (جدول ۲) و برای آگاهی از وضعیت بهداشتی پساب (میزان کلیفرم‌های میکروبی کل)، آزمایش‌های میکروبی انجام شد. لازم به ذکر است که میزان نیاز اکسیژن بیوشیمیایی (Biochemical Oxygen Demand, BOD₅) و نیاز اکسیژن شیمیایی (Chemical Oxygen Demand, COD) توسط کارشناسان تصفیه‌خانه مذکور برآورد گردید.

ج) روش انجام تحقیق

برای اندازه‌گیری رطوبت خاک از روش وزنی استفاده گردید. بدین

جدول ۲. پارامترهای اندازه‌گیری شده در آب، پساب و مرز آلوده کننده برای آبیاری و تخلیه آن به آب‌های سطحی

مرز آلوده کننده‌ها در پساب برای ^۱		پساب		آب		واحد	پارامترهای اندازه‌گیری شده
تخلیه به آب‌های سطحی	بهره‌گیری در آبیاری کشاورزی	مرز استاندارد ^۳	مورد آزمایش	مرز استاندارد ^۲	مورد آزمایش		
۵۰	۱۰۰	-	۳۲/۴۵	-	-	(mg/l)	اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD)
۶۰	۲۰۰	-	۵۴/۳	-	-	(mg/l)	اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD)
-	۱۰۰۰	-	۵۵۷۵۰	-	-	-	کلیرم (MPN)
۴۰	۰	-	۵۹	-	-	(mg/l)	کل مواد جامد معلق (TSS)
۰	-	-	۲/۷	-	-	(mg/l)	مواد قابل ته نشینی (SS)
۲	۲	-	۱/۶۵	-	-	(mg/l)	اکسیژن محلول
-	-	۲/۹۷	۱/۶	۲/۶۱	۰/۵۹	(dS/m)	هدایت الکتریکی (EC)
-	-	۲/۵-۴۳	۵۴/۱۲۵	-	۰	(mg/l)	نیتروژن کل
۵/۰-۸/۵	۶/۵-۸/۵	۷/۶	۷/۴	۷/۶	۷/۴۱	-	(pH)
۳	۳	۰/۳۳	۰/۶۶۸	۰/۱۱	-	(mg/l)	آهن
۶	-	-	۱۸	-	۳	"	فسفر (P)
-	-	-	۷/۱۵	۳۹/۱	۱/۲	"	سدیم (Na)
۷۵	-	-	۳/۷۶	۲۰	۳/۷	"	کلسیم (Ca)

۱. برگرفته از سازمان محیط زیست ایران، ۱۳۷۳ (۱۶) ۲. برگرفته از بحری، ۱۹۸۸ (۲۵) ۳. برگرفته از FAO، ۱۹۹۲ (۲۹)

توسط دستگاه pH متر/ هدایت سنج دیجیتال مدل ۵۱۰ CCMD ساخت کمپانی Biochrom - WPA قرائت شد. میزان مواد آلی خاک نیز با روش سوزاندن تر (۳۸) مشخص گردید.

د) آزمون آماری داده‌ها

آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کامل تصادفی و در چهار تکرار اجرا گردید. جهت انجام تحقیق، تیمارهای بافت خاک در دو سطح (شنی و رسی)، آبیاری در دو سطح (پساب و آب معمولی) و دوره آبیاری در دو سطح (۵ و ۱۵ روز یکبار) اعمال گردید. تجزیه آماری داده‌های حاصل از آزمایش و تعیین رابطه همبستگی بین عملکرد گیاه قره‌داغ و هر یک از صفات اندازه‌گیری شده توسط نرم افزار آماری SAS انجام گرفت. هم‌چنین جهت بررسی اثرات اصلی و متقابل تیمارهای اعمال شده بر خصوصیات گیاه قره‌داغ از آزمون مقایسه میانگین LSD با سطح اطمینان ۵٪ استفاده گردید.

طول مرحله رشد، متوسط دمای گلخانه ۲۵ درجه سلسیوس بود و علف‌های هرز به صورت دستی کنترل و هیچ گونه سم علف‌کشی استفاده نگردید.

پس از برداشت، محتویات گلدان‌ها خارج و قسمت هوایی که از ریشه جدا شده بود در پاکت‌های کاغذی قرار گرفت. سپس تعداد پایه، وزن تر، طول ساقه و طول ریشه اندازه‌گیری گردید. در مرحله بعد به منظور به دست آوردن وزن خشک، در آون ۷۰ درجه سلسیوس، اجزای گیاه به مدت ۴۸ ساعت و خاک گلدان‌ها به مدت ۲۴ ساعت خشک شد (۲۰). پس از کوبیدن خاک و گذراندن از الک ۲ میلی‌متری، عصاره خاک با دستگاه عصاره‌گیر تهیه و جهت محاسبه املاح و بعضی خواص به آزمایشگاه منتقل گردید. میزان کلسیم و منیزیم عصاره خاک به روش کربولوسلی و همکاران (۳۰) تعیین و سدیم خاک توسط فلیم فتومتر مشخص گردید (۳۰). برای اندازه‌گیری اسیدیته و EC خاک، از نمونه‌های خاک گل اشباع تهیه و pH و EC

جدول ۳. تجزیه واریانس اثر بافت خاک بر صفات مورد آزمایش

میانگین صفات اندازه‌گیری شده در خاک					میانگین صفات اندازه‌گیری شده در گیاه				نوع خاک	
Ca +Mg (Meq L ⁻¹)	Na (Meq L ⁻¹)	pH در عصاره	EC (dS m ⁻¹)	OC %	وزن خشک (g)	وزن تر (g)	طول ریشه (cm)	طول ساقه (cm)	تعداد پایه	
۵۱/۰۲ ^b	۵۹/۲۹ ^b	۸/۲۲ ^a	۱۴/۸۷ ^b	۲/۰۶ ^a	۶/۳۹ ^c	۱۶/۸۶ ^b	۳۷/۶۳ ^a	۴۲/۸۳ ^a	۶/۳۵ ^a	شنی
۵۴/۹۰ ^b	۵۹/۱۸ ^b	۸/۲۴ ^a	۱۵/۱۵ ^b	۲/۱۲ ^a	۸/۱۷ ^c	۱۷/۳۹ ^b	۳۴/۲۲ ^a	۳۱/۶۹ ^b	۶/۲۳ ^a	رسی

میانگین‌های ردیفی - ستونی که حداقل دارای یک حرف مشترکند در سطح ۵٪ آزمون LSD معنی دارند.

نتایج و بحث

الف) کیفیت آب معمولی و پساب

جهت ارزیابی کیفیت آب معمولی و پساب تصفیه شده برای آبیاری، از استانداردهای پیشنهادی سازمان خوار و بار جهانی استفاده گردید (۲۴). نتایج مربوط به تجزیه پساب و تعیین مرز آلوده کننده‌ها برای استفاده آبیاری در جدول ۲ آمده است. نتایج این جدول نشان می‌دهد که مرز استاندارد پساب تصفیه‌خانه شاهین‌شهر برای BOD₅ و COD کمتر از ارقام ارائه شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست ایران برای مصارف کشاورزی و آبیاری است. اما مقدار اندازه‌گیری شده کلیفرم‌های پساب مورد استفاده از مقدار پیشنهاد شده جدول بیشتر است. بنابراین با توجه به این آلودگی میکروبی، استفاده از این پساب برای محصولاتی که به صورت خام مصرف می‌شوند توصیه نمی‌شود. میانگین pH پساب و آب آشامیدنی ۷/۴ است که در محدوده استاندارد (۶-۸/۵) می‌باشد. آیرز و وستکات (۲۴)، مرز استاندارد pH در پساب کاربردی را ۷/۶ و عابدی کوپایی و همکاران (۱۱)، pH آب چاه جهت آبیاری را ۷/۶ گزارش نموده‌اند. میانگین هدایت الکتریکی (EC) پساب ۱/۶ دسی‌زیمنس بر متر است که در محدوده متوسط می‌باشد. پتیگرو و آسانو (۳۳) نیز دامنه شوری پساب‌ها را ۰/۲ تا ۲/۲ دسی‌زیمنس بر متر گزارش نموده‌اند.

ب) عملکرد گیاه قره‌داغ در اثر اعمال تیمارهای مختلف

اثر خاک بر صفات مورد آزمایش

نتایج نشان می‌دهد که اثر نوع بافت خاک (شنی و رسی) در

تعداد پایه قره‌داغ اختلاف معنی‌داری ایجاد نمی‌کند. اما طول ساقه در بافت شنی (۴۲/۸۳ cm) به مراتب بیشتر از بافت رسی (۳۱/۶۹ cm) است (جدول ۳) که به دلیل وجود ریشه‌های نابجای گیاه است که می‌تواند آب و مواد غذایی را از بین ذرات شن مکش نموده و رشد کند. اما خاک‌های ریز بافت با نیروی چسبندگی مانع این مکش شده و تنش خشکی ایجاد می‌نمایند (۷). تنش خشکی باعث کاهش تقسیم سلولی و در نهایت کاهش رشد و ارتفاع گیاه می‌گردد (۲۰). گزارش استوکر (۳۷) نیز نشان می‌دهد که تنش خشکی موجب کاهش طول ساقه و ایجاد حالت کوتاه قدی در گیاهان می‌گردد.

اثرات متقابل تیمارهای خاک و نوع آب آبیاری بر صفات مورد آزمایش

جدول ۴ نشان می‌دهد که کمترین میزان ماده آلی در تیمار خاک شنی و آبیاری با آب معمولی وجود دارد که امری کاملاً واضح است زیرا خاک‌های درشت دانه به دلیل منافذ فراوان به راحتی آب‌شویی شده و مواد آلی موجود در خاک از دسترس خارج می‌گردد. قنبری و همکاران (۱۵) در بررسی اثر آبیاری با پساب فاضلاب تصفیه شده شهری روی عملکرد و کیفیت گندم و برخی ویژگی‌های خاک منطقه سیستان به این نتیجه رسیدند که مواد آلی به راحتی می‌توانند همراه با آنیون‌های محلول در خاک‌هایی با بافت سبک جا بجا شوند. اما در خاک‌های رسی این یونها در بین لایه‌های رس خاک تثبیت می‌گردند.

سایر نتایج نشان داد که درصد ماده آلی خاک در تیمار آبیاری با پساب در هر دو نوع خاک افزایش یافته است. نظری و

جدول ۴. اثر تیمارهای نوع خاک و نوع آبیاری بر صفات مورد ارزیابی قره‌داغ

میانگین صفات											
خاک	نوع آبیاری	تعداد پایه	طول گیاه (cm)	طول ریشه (cm)	وزن تر (g)	وزن خشک (g)	OC (%)	EC (dS m ⁻¹)	pH	Na (meq l ⁻¹)	Ca+Mg (meq l ⁻¹)
شنی	آب	۶/۶۷ ^a	۴۳/۵۳ ^a	۳۷/۴۹ ^a	۱۸/۵۹ ^{b-d}	۶/۸۸ ^d	۱/۹۷ ^{bc}	۱۶/۷۵ ^c	۸/۱۷ ^{b-d}	۷۰/۵۰ ^b	۵۵/۱۸ ^c
	پساب	۶/۰۴ ^a	۴۲/۱۰ ^a	۳۷/۷۹ ^a	۱۵/۱۲ ^{cd}	۵/۸۹ ^d	۲/۱۵ ^a	۱۳/۰۰ ^d	۸/۲۸ ^{ab}	۴۸/۰۸ ^d	۴۶/۸۶ ^d
	آب	۶/۲۱ ^a	۳۱/۸۳ ^b	۳۳/۰۹ ^a	۱۵/۸۲ ^{cd}	۷/۸۴ ^d	۲/۱۹ ^a	۱۴/۳۸ ^{cd}	۸/۲۹ ^a	۶۰/۰۲ ^c	۵۲/۹۷ ^c
رسی	پساب	۶/۲۵ ^a	۳۱/۵۵ ^b	۳۵/۳۵ ^a	۱۸/۹۷ ^{b-d}	۸/۵۰ ^{cd}	۲/۰۵ ^{ab}	۱۵/۹۲ ^c	۸/۲۰ ^{a-c}	۵۸/۳۳ ^c	۵۶/۸۴ ^c
	اشتباه معیار	۰/۱۳	۳/۲۲	۱/۰۹	۰/۹۶	۰/۵۶	۰/۰۴	۰/۸۳	۰/۰۲	۴/۵۸	۲/۱۸

میانگین‌های ردیفی - ستونی که حداقل دارای یک حرف مشترکند در سطح ۵٪ آزمون LSD معنی دارند.

خود روی گیاه کاهو گزارش کردند که غلظت عناصر پرمصرف در گیاه در تیمارهای مختلف (آبیاری با فاضلاب، کود دامی و کود شیمیایی) نسبت به شاهد افزایش داشته است. تحقیقات مختلف نشان می‌دهد که استفاده از فاضلاب شهری در کشاورزی ضمن اصلاح pH باعث افزایش درصد مواد آلی و حاصلخیزی خاک می‌گردد (۱، ۲۳، ۲۹ و ۳۶).

نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که میزان pH در تمامی مشاهدات در سطحی است که نه تنها برای کشت گونه‌های بیابانی مناسب است، بلکه مجاز برای کشاورزی نیز می‌باشد. میزان سدیم خاک نیز در تیمار پساب کاهش یافته است. برخی از پژوهش‌ها حاکی از کاهش شوری خاک‌های شور در اثر آبیاری با پساب می‌باشد (۹، ۱۰، ۱۱ و ۲۳).

اثرات متقابل تیمارهای نوع آب آبیاری و دور آبیاری بر صفات مورد آزمایش

نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد که بین بیشترین و کمترین مقادیر وزن تر و خشک گیاه تحت تأثیر تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. هم‌چنین نتایج حاکی از این است که بیشترین تعداد پایه و طول ساقه در اثر اعمال تیمارهای آبیاری با پساب و دور آبیاری ۵ روز یکبار مشاهده گردید. این نتیجه با خصوصیات پساب کاملاً همخوانی دارد، زیرا استفاده از پساب در مناطق خشک به علت افزایش مواد آلی، موجب آثار مطلوب

همکاران (۱۷) نیز در پژوهش خود به نتیجه مشابهی رسیدند. در این رابطه می‌توان گفت که حدود نیمی از مواد موجود در فاضلاب، مواد آلی می‌باشد. عمده این مواد از نوع ناپایدار بوده و دارای منشأ انسانی، حیوانی و گیاهی است که در صورت آبیاری با فاضلاب به خاک اضافه می‌گردد. در این حالت خاک به عنوان یک صافی یا فیلتر عمل می‌کند و قادر است بخش اعظم مواد آلی قابل تجزیه را که به صورت محلول و معلق در فاضلاب و پساب وجود دارند از آن جدا کند که این عمل باعث بهبود شرایط خاک جهت رشد بهتر گیاهان می‌گردد (۲۳ و ۳۲).

هم‌چنین در مطالعه‌ای که در هندوستان برای بررسی تأثیر کاربرد فاضلاب و پساب بر عملکرد چند محصول زراعی صورت گرفت، گزارش شد که عملکرد گیاهان تحت آبیاری با انواع پساب و فاضلاب بیشتر از گیاهان تحت آبیاری با آب معمولی + کود بود. هم‌چنین علاوه بر اضافه شدن عناصر غذایی خاک توسط آبیاری با پساب‌ها و فاضلاب‌ها، مواد آلی موجود در آنها نیز پس از ورود به وسیله میکروارگانیسم‌ها تجزیه شده و باعث افزایش هوموس خاک و در نهایت بهبود خواص فیزیکی - شیمیایی و حاصلخیزی خاک می‌شود (۲۴). هم‌چنین بیشترین مقدار Ca+Mg در تیمار خاک رسی و آبیاری با پساب مشاهده شد. حسن اقلی و همکاران (۵) نیز گزارش کردند که میزان مواد آلی خاک در نتیجه آبیاری با فاضلاب خانگی به طور معنی‌داری افزایش یافته و باعث بهبود ساختمان خاک گردیده است. عرفانی و همکاران (۱۴) در پژوهش

جدول ۵. اثر تیمارهای مقدار، نوع آبیاری و دور آبیاری بر صفات مورد ارزیابی *Nitraria schoberi*

میانگین صفات											
Ca+Mg (Meq l ⁻¹)	Na (Meq l ⁻¹)	pH	EC (dS m ⁻¹)	OC (%)	وزن خشک (g)	وزن تر (g)	طول ریشه (cm)	طول گیاه (cm)	تعداد پایه	نوع آبیاری	دور آبیاری
۶۶/۹۳ ^{a-c}	۶۰/۰۶ ^{a-f}	۸/۲۴ ^{a-e}	۱۸/۱۳ ^{a-d}	۱/۸۲ ^{b-e}	۸/۴۹ ^{d-f}	۱۷/۵۳ ^{d-e}	۳۷/۲۵ ^{e-f}	۲۹/۹۴ ^f	۵/۲۵ ^d	آب	۵ روز
۶۶/۱۳ ^{a-d}	۵۹/۳۸ ^{a-f}	۸/۲۶ ^{a-d}	۱۹/۸۸ ^{ab}	۱/۷۵ ^{b-e}	۷/۱ ^{d-f}	۱۶/۴۹ ^{ef}	۲۷/۱۳ ^{d-h}	۲۲/۸۱ ^g	۴/۰۰ ^e	آب	۱۵ روز
۴۹/۳۵ ^{e-h}	۵۱/۸۸ ^{d-f}	۸/۰۲ ^{b-f}	۱۱/۴۵ ^{c-g}	۲/۰۵ ^{a-e}	۹/۹۱ ^{d-f}	۱۸/۸۳ ^{d-e}	۳۷/۶۳ ^{c-f}	۴۱/۶۳ ^{b-d}	۶/۲۵ ^{cd}	پساب	۵ روز
۵۶/۰۰ ^{c-g}	۴۸/۱۳ ^f	۸/۳۳ ^{a-c}	۱۴/۷۵ ^{a-f}	۱/۹۴ ^{c-e}	۷/۵ ^{d-f}	۱۶/۹۴ ^{d-e}	۳۱/۸۱ ^{c-h}	۱۸/۵۰ ^{g-i}	۵/۵۰ ^d	پساب	۱۵ روز
۲/۳۶	۱/۸۹	۰/۰۲	۰/۸۴	۰/۳۴	۰/۴۰	۰/۷۶	۱/۵۱	۲/۹۴	۰/۳۱	اشتباه معیار	

میانگین‌های ردیفی - ستونی که حداقل دارای یک حرف مشترکند در سطح ۵٪ آزمون LSD معنی دارند.

ریشه گیاه می‌شود.

با وجود این که یکی از ترکیبات محدود کننده و مضر پساب‌ها میزان سدیم بالای آنهاست (۳۶)، اما آبیاری با پساب در اکثر موارد کاهش میزان شوری را نشان داد. عابدی کویابی و همکاران (۱۱) در پژوهش خود نشان دادند که آبیاری با فاضلاب ($EC < 1/8$) باعث کاهش شوری خاک گردیده است. به طوری که خاک‌های شور سدیمی منطقه مورد آزمایش به یک خاک با شوری ۱/۲۵ تا ۲/۴۵ دسی‌زیمنس بر متر تغییر یافته است. صفری سنجابی (۸) نیز در بررسی خود روی زمین‌هایی که در منطقه برخوار اصفهان به مدت ۷ سال با فاضلاب آبیاری شده‌اند نشان داد که آبیاری با فاضلاب نه تنها هیچ مسئله‌ای از لحاظ شور و سدیمی شدن خاک ایجاد نکرده، بلکه از میزان شوری خاک این اراضی کاسته است.

نظر به این که pH مناسب کشاورزی اعلام شده توسط سازمان محیط زیست ۷-۸/۵ است، لذا میزان pH اندازه‌گیری شده در تمامی حالات در حد استاندارد قابل قبول برای کشت می‌باشد و اثرات متقابل تیمارها در میزان pH تغییر نامطلوبی ایجاد نکرد.

فیضی و ذبیحی (۱۴) نشان دادند که با کاربرد پساب، pH خاک به مقدار جزئی کاهش و برعکس EC، SAR، درصد کربن، نیتروژن کل، فسفر قابل جذب و عناصر سنگین افزایش یافت ولی از حد استاندارد بیشتر نشد.

روی خصوصیات فیزیکی خاک شده (۱۴) و به این ترتیب به رشد مطلوب گیاه کمک می‌کند. علیزاده و همکاران (۲۲) گزارش کردند که آبیاری با فاضلاب باعث افزایش معنی‌دار طول گیاه می‌گردد. عرفانی و همکاران (۱۲) نیز در پژوهش خود روی گیاه کاهو گزارش کردند که وزن اندام هوایی، اندام زیرزمینی، کل ماده تر و خشک گیاهی تحت تأثیر تیمار آبیاری با فاضلاب تصفیه شده افزایش معنی‌داری داشته است. هم‌چنین قنبری و همکاران (۱۵) نشان دادند که آبیاری با پساب تصفیه شده در مراحل رشد رویشی گیاه باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گیاه می‌گردد.

کمترین تعداد پایه در اثر آبیاری با آب معمولی و دور آبیاری ۱۵ روز مشاهده شد. علت کاهش عملکرد گیاه با افزایش فواصل آبیاری را می‌توان به کافی نبودن میزان آب مصرفی ذکر نمود. زیرا نه تنها کمبود آب وجود داشته، بلکه تیمار تأمین کننده مواد غذایی (پساب) نیز حذف شده است. جعفریان و لاهوتی (۵)، در بررسی خود بیان می‌دارند که در طول فاصله بین دو آبیاری، سرعت رشد گیاه با تقلیل میزان رطوبت قابل دسترس، کاهش یافته که این امر ناشی از تنش کمبود رطوبت در خاک می‌باشد. هم‌چنین نتایج نشان داد که بیشترین طول ریشه در اثر آبیاری با پساب و دور آبیاری ۵ روز حاصل شد. پوراسماعیل و همکاران (۴) در بررسی خود بیان نمودند که مواد غذایی پساب منجر به رشد سریعتر و مطلوب‌تر

نتیجه‌گیری

بافت خاک را کمتر تحریک کرده و حتی آن را کاهش می‌دهد. نتایج آزمایش نشان داد که کاربرد پساب با اثر بر مواد مغذی خاک، باعث رشد مناسب گیاه قره‌داغ گردید. لذا استفاده از پساب، نیاز به آبیاری با آب معمولی و مصرف کود را برطرف می‌نماید.

به طور کلی می‌توان گفت که به کارگیری پساب اثرات مطلوبی بر گیاه و خاک از لحاظ تأمین و حفاظت آب دارد و استفاده پساب در خاک شنی نتایج بهتری ایجاد می‌نماید، زیرا شوری موجود در

منابع مورد استفاده

۱. افیونی، م. ۱۳۸۱. استفاده از پساب خروجی و لجن تولیدی تصفیه‌خانه کارخانه پلی‌اکریل ایران. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۲. باغستانی میبدی، ن. ۱۳۷۵. مشخصات گیاهشناسی و برخی نیازهای اکولوژیکی قره‌داغ. مجله جنگل و مرتع ۳۲: ۳۲-۳۹.
۳. بهره‌مند، م. ر.، م. افیونی، م. ع. حاج عباسی و ی. رضایی نژاد. ۱۳۸۱. اثر لجن فاضلاب بر برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۶ (۴): ۱-۱۰.
۴. پور اسماعیل، پ.، د. حبیبی و ب. روشن. ۱۳۸۶. پلیمر سوپرجاذب. فصلنامه نظام مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی ۴ (۱۵): ۴۶-۵۳.
۵. جعفریان، و. و ا. لاهوتی. ۱۳۸۵. معرفی کاربرد پلیمرهای فرا جاذب آب (Water Superabsorbent) در پروژه‌های بیولوژیک بیابان‌زدایی. فصلنامه جنگل و مرتع ۷۰: ۵۸-۶۲.
۶. حسن اقلی، ع. ر.، ع. لیاقت و م. میراب زاده. ۱۳۸۱. تغییرات میزان مواد آلی خاک در نتیجه آبیاری با فاضلاب خانگی و خودپالایی آن. آب و فاضلاب ۴۲: ۱-۱۰.
۷. رضایی، س. ع. و م. ج. ملکوتی. ۱۳۷۵. بررسی اثرات شوری و رشد قره‌داغ و مقایسه آن با آتریپلکس و نیتراپا در کویر میقان اراک. مجله پژوهش و سازندگی ۲۵: ۵۲-۵۷.
۸. صفری سنجابی، ع. ا. ۱۳۷۴. پیامد آبیاری با پساب بر برخی از ویژگی‌های شیمیایی خاک‌های ناحیه برخوار اصفهان و انباشتگی برخی عناصر در گیاه یونجه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۹. طائی سمیرمی، ج. ۱۳۸۴. بررسی اثر آبیاری با فاضلاب شهری زابل بر عملکرد کمی و کیفی خاک و ویژگی‌های شیمیایی خاک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه زابل.
۱۰. عابدی، م. ج و پ. نجفی. ۱۳۸۰. استفاده از فاضلاب تصفیه شده در کشاورزی. (ترجمه)، انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران.
۱۱. عابدی کوپایی، ج.، م. افیونی، ف. موسوی، ب. مصطفی زاده و م. باقری. ۱۳۸۲. تأثیر آبیاری بارانی و سطحی با فاضلاب تصفیه شده بر شوری خاک. آب و فاضلاب ۴۵: ۲-۱۱.
۱۲. عرفانی، ع.، ع. حق‌نیا و ا. علیزاده. ۱۳۸۱. تأثیر آبیاری با فاضلاب بر عملکرد و کیفیت کاهو و برخی ویژگی‌های خاک. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۶ (۱): ۷۱-۹۰.
۱۳. علیزاده، ا. ۱۳۷۸. رابطه آب و خاک و گیاه. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع).
۱۴. فیضی، ح. و ح. ر. ذبیحی. ۱۳۸۷. تأثیر کاربرد پساب شهری تصفیه شده بر عملکرد چهار گیاه علوفه‌ای و تجمع عناصر سنگین در خاک. مجموعه مقالات سومین کنگره ملی بازافت و استفاده از منابع آلی تجدید شونده در کشاورزی، دانشگاه آزاد خوراسگان.

۱۵. قنبری، ا.، ج. عابدی کوپایی و ج. طائی سمیرمی. ۱۳۸۵. اثر آبیاری با پساب فاضلاب تصفیه شده شهری روی عملکرد و کیفیت گندم و برخی ویژگی‌های خاک در منطقه سیستان. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۱۰(۴): ۷۴-۵۹.
۱۶. معاونت تحقیقاتی سازمان محیط زیست. ۱۳۷۳. استاندارد خروجی فاضلاب‌ها. انتشارات دفتر آموزش زیست محیطی.
۱۷. نظری، م. ع.، ح. شریعتمداری، م. افیونی، م. مبلی و ش. رحیلی. ۱۳۸۵. اثر کاربرد پساب و لجن فاضلاب صنعتی بر غلظت برخی عناصر و عملکرد گندم، جو و ذرت. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۱۰(۳): ۹۷-۱۰۹.
۱۸. وکیلی، ب. ۱۳۷۴. تصفیه فاضلاب و استفاده مجدد آن در کشاورزی (ترجمه). آب و فاضلاب ۱۶: ۴۲-۴۷.
۱۹. یاریان کوپایی، م. ۱۳۷۹. تأثیر پساب و سیستم‌های آبیاری بر عملکرد چند محصول زراعی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۲۰. یزدانی، ف.، ا. اله دادی، غ. اکبری و م. ر. بهبهانی. ۱۳۸۶. تأثیر مقادیر پلیمر سوپر جاذب (Tarawat A200) و سطوح تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا (*Glycine max L.*). پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی ۷۵: ۱۷۴-۱۶۷.
21. Abedi-Koupai, J., B. Mostafazadeh-fard, M. Afyuni and M. R. Bagheri. 2003. Effect of treated wastewater on soil chemical and physical properties in an arid region. J. of Plant Soil and Environ. 52(82): 335-344.
22. Alizadeh, A., M. E. Bazari, S. Velayati, M. Hasheminia and A. Yaghmaei. 2001. Irrigation of corn with wastewater. PP. 147-154. In: Ragab, R., Pearce, G., Changkim, J., Nairizi, S. and Hamdy, A. (Eds.), ICID International Workshop on Wastewater Reuse and Management, Seoul, Korea.
23. Asano, T. and A. D. Levine. 1996. Wastewater reclamation and reuse: Past, present and future. J. Water Sci. Technol. 33(10-11): 1-14.
24. Ayers, R. S. and D. E. W. Westcot. 1985. Water quality for agriculture. FAO, Rome.
25. Bahri A. 1988. Present and future state of treated wastewaters and sewage sludge in Tunisia. Regional Seminar on Wastewater Reclamation and Reuse, 11-16 December, 1988, Cairo.
26. Bahri, A. 1999. Agricultural reuse of wastewater and global water management. Water Sci. and Technol. 40(4-5): 339-346.
27. Chaney, R. L. 1989. Scientific analysis of proposed sludge rule. Biocycle 30: 80-85.
28. Chenini, F., D. Xanthoulis, S. Rejeb, B. Molle and K. Zayani. 2001. Impact of using reclaimed wastewater on trickle and furrow irrigated potatoes. PP. 174-186. In: Ragab, R., Pearce, G., Changkim, J., Nairizi, S. and Hamdy, A. (Eds.), ICID International Workshop on Wastewater Reuse and Management, Seoul, Korea.
29. Jenkins, C. R., I. Papadopoulos and Y. Styllationou. 1994. Pathogens and wastewater use of irrigation in Cyprus. Proc. of Int. Conf. on Land and Water, 4-8 Sep., Valenzano, Bari, Italy.
30. Korboulewsky, N., S. Dupouyet and G. Bonin. 2002. Environmental risks of applying sewage sludge compost to vineyards: Carbon, heavy metals, nitrogen, and phosphorus accumulation. J. Environ. Qual. 31: 1522-1527.
31. Monte, H. M. and M. S. Esousa. 1992. Effects on crops of irrigation with effluent water. Sci. Technol. 26(7-8): 1603-1613.
32. Pescot, M. B. 1992. Wastewater treatment and use in agriculture. FAO, Rome.
33. Pettygrove, G. S. and T. Asano. 1984. Irrigation with reclaimed municipal wastewater: A guidance manual. Report No. 84-1, California State Water Resources Control Board.
34. Singh, B. R. and E. Steinnes. 1994. Soil and water contamination by heavy metals. PP. 233-271. In: La1, R. and Stewarts, B. A. (Eds.), Soil Processes, CRC Press, USA.
35. Stevens, D. P., M. J. McLaughlin and M. K. Smart. 2003. Effects of long-term irrigation with reclaimed water on soils of the Northern Adelaide Plains, South Australia. Australian J. of Soil Res. 41(5): 933-948.
36. Stevenson, F. J. 1982. Nitrogen in agricultural soils. American Society of Agronomy, Madison, WI.
37. Stocker, O. 1960. Physiological and morphological changes in plants due to water deficiency. Arid Zone Res. 15: 63-104.
38. Vetterlein, D. and R. F. Huttl. 1999. Can applied organic matter fulfill similar functions as soil organic matter? Risk - benefit analysis for organic matter application as a potential strategy for rehabilitation of disturbed ecosystems. Plant Soil 213: 1-10.