Archive of SID

نشریه دانش آب و خاک / جلد ۲۸ شماره ۴ صفحه‌های ۱۹ تا ۲۹ / سال ۱۳۹۷

تأثیر آبیاری با پساب شهری تصفیه شده بر عملکرد و برخی ویژگی‌های رشد گوجه‌فرنگی و ذرت در شرایط گلخانه‌ای

بختیار کریمی[1]*، چنور عبدی[2]، زینب فتحی تیلکو[2]

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۰/۲۱ تاریخ پذیرش:۹۷/۹/۲۵

۱- استادیار گروه علوم و مهندسی آب دانشگاه کردستان

۲-دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی آب دانشگاه کردستان

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: bakhtiar.karimi@gmail.com

چکیده

کمبود آب یکی از مسائل اساسی مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند ایران 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 بخشی از نیاز غذایی گیاه را نیز تأمین نماید. از این رو در این تحقیق، تأثیر پساب تصفیه شده بر رشد و عملکرد گیاه ذرت با نام علمی *zea mays* (رقم سینگل کراس ۲۶۰) و گوجه‌فرنگی با نام علمی *solanum lycopersicum* (رقم تایگر) در شرایط گلخانه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. در این بررسی از سه تیمار آبیاری با آب معمولی (شاهد)، آب معمولی و پساب به‌صورت یک در میان و پساب استفاده گردید. نتایج نشان داد که آبیاری با پساب در مقایسه با آب معمولی به‌طور معناداری عملکرد گیاه ذرت و گوجه‌فرنگی را افزایش داد. بیشترین و کمترین تأثیر پساب بر شاخص‌های رشد گوجه‌فرنگی به‌ترتیب برای وزن خشک برگ (۲۸/۶ درصد) و قطر ساقه (۶ درصد) و برای ذرت مربوط به وزن هزار دانه (۲۸/۱ درصد) و قطر بلال (۱۰ درصد) بود. لذا با توجه به مشکل کمبود آب، این روش می‌تواند نقش قابل توجهی در توسعه پایدار و کاهش هزینه‌های آبیاری و کوددهی داشته باشد. پساب به دلیل غنی بودن از عناصر غذایی گیاه (نیتروژن، فسفر و دیگر عناصر پرمصرف و کم مصرف) می‌تواند به‌عنوان یک منبع آب برای آبیاری در منطقه استفاده شود و کاربرد کودهای تجاری را کاهش دهد.

واژه‌های کلیدی: ذرت، عملکرد گیاه، فاضلاب تصفیه شده شهری، گوجه‌فرنگی

www.SID.ir

Archive of SID

Effects of Irrigation with Treated Urban Wastewater on Yield and Some Growth Characteristics of Tomato and Corn in Greenhouse Condition

B Karimi[1*], C Abdi[2], Z Fathi Tileko[2]

Received: 15 September 2015 Accepted: 21 May 2016
[1-] Assist. Prof. of Water Sciences and Engineering Department, University of Kurdistan, Iran
[2-] Former Student of Water Sciences and Engineering Department, University of Kurdistan, Iran
*Corresponding Author, Email: bakhtiar.karimi@gmail.com

Abstract

The water scarcity is one of the crucial problems in arid and semi-arid regions such as Iran. Therefore, application of unconventional water, where suitable quality water supplies are not available, is increasing. One of these sources is treated urban wastewater (TUW), which can supply water and nutrient requirements of plants. Therefore, in this research, growth and yield of corn (*zea mays*-single cross 260) and tomato plants (*solanum lycopersicum* tiger) were evaluated using TUW under greenhouse conditions. The experiment was done as a randomized complete design with three replications. In this research, three treatment of irrigation water were applied including TUW, alternative TUW- water and water. The results showed that the application of TUW had a significant effect on increase of the corn and tomato yields when compared to the treatment of water application. The highest and lowest impacts of TUW on tomato growth indices were related to leaf dry weight (28.6%) and stem diameter (6%), respectively. Similarly, these extreme amounts in the corn were related to the grain weight (28%) and corn diameter (10 %), respectively. So, considering the water scarcity, this method can play significant role in the sustainable development and decreasing the irrigation and fertilization costs. Thus, application of TUW as a new water resource can reduce commercial fertilizer usage due to containing rich nutrient elements (nitrogen, phosphorus and other macro and micro nutrients).

Keywords: Corn, Tomato, Urban wastewater, Yield

مقدمه

بحران کمبود آب یکی از چالش‌هایی است که جهان با آن مواجه است. رشد سریع جمعیت، توسعه فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی برای تأمین مواد غذایی از یک سو و خشکسالی‌های پی درپی درسال‌های اخیر در بسیاری از مناطق واقع در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک ازسوی دیگر، موجب شده است که منابع موجود آب شیرین سطحی و زیرسطحی به اوج بهره‌برداری خود برسد و فشار بیش از اندازه به منابع آب وارد آید (اروندی و مقدس ۲۰۰۱). براساس برآوردهای جهانی در کمتر از ۵۰ سال آینده شمار زیادی از کشورهای جهان با بحران کمبود آب مواجه خواهند شد. این موضوع توجه جهانیان را به خود معطوف ساخته است، به طوری که در کنفرانس محیط زیست و توسعه درسال ۱۹۹۲ آب عاملی کلیدی در توسعه شناخته شده است (توکلی و طباطبایی ۱۹۹۹). با توسعه روش‌های تصفیه فاضلاب توجه به استفاده از پساب حاصل از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری در کشاورزی افزایش پیدا کرده است (چاس ۱۹٦٤). به

www.SID.ir

Archive of SID

کارگیری پساب تصفیه‌خانه‌ی فاضلاب به عنوان یک منبع جایگزین آب در کشاورزی، می‌تواند پیامدهای منفی ناشی از بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب را کاهش دهد (کریمان و مک‌کی ۲۰۰۷). در حال حاضر استفاده از پساب تصفیه-خانه‌ی فاضلاب در کشاورزی به عنوان یکی از منابع غیرمتعارف آب، از روش‌های جبران کمبود منابع آب و تأمین امنیت غذایی، بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است (اورون و همکاران ۲۰۰۷). برخی از متخصصان بر این باورند که بهترین روش برای دفع پساب خانه‌ای، پخش آنها روی اراضی کشاورزی است (چاس ۱۹٦٤). دسترسی به پساب فاضلاب به عنوان یک منبع مطمئن، ارزان و دائمی آب و عناصرغذایی، موجب می‌شود در زمان بحرانی، نیاز گیاه به آب و کود، تأمین شود و همچنین در طول دوره رشد از منابع مناسب آب و کود برخوردار باشد و اثرات نامطلوب ناشی از دفع پساب به منابع آبی را کاهش دهد (عابدی و نجفی ۲۰۰۱). با توجه به مطالب فوق و همچنین با توجه به کمبود آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان مانند ایران، فاضلاب تصفیه شده شهری می‌تواند به عنوان یک منبع آب مورد توجه قرار گیرد تا بخشی از کمبود آب کشاورزی را جبران کند و از آثار سوء تخلیه بی‌رویه فاضلاب‌ها و خساراتی که به محیط زیست وارد می‌آید جلوگیری شود. بررسی‌ها نشان می‌دهد در صورت اعمال مدیریت در مصرف پساب فاضلاب و افزایش راندمان بهره‌برداری، ضمن آنکه امکان گسترش زمین‌های قابل کشت در اطراف مراکز شهری فراهم می‌شود، شیوع آلودگی‌های خاص پساب محدودتر خواهد شد. همچنین با توجه به کنترل پساب و امکان انجام بخشی از تصفیه در هنگام بهره‌برداری درجات پایین‌تری از تصفیه قابل قبول می‌گردد که مانع تحمیل هزینه‌های بیشتر برای تصفیه کامل می‌شود (گوشیکن ۱۹۹۳). به رغم جنبه‌های مفید کاربرد پساب شهری در کشاورزی به عنوان منبع غنی از عناصر غذایی، در نتیجه وجود مقادیری از فلزات سنگین و عناصر کمیاب در آن، کاربرد درازمدت پساب در خاک‌های زراعی مشکل‌ساز خواهد بود و باعث انباشتگی بیش از حد عناصری مانند سرب، کادمیوم، مس، روی و غیره در خاک می‌گردد. آلودگی خاک به فلزات سنگین موجب ورود آنها به زنجیره غذایی از طریق جذب به وسیله گیاه و ایجاد سمیت می‌شود (علیزاده و همکاران ۲۰۰۱).

اگر چه برخی از این عناصر در مقادیری ناچیز برای رشد گیاه لازم‌اند، ولی غلظت کمی بیش از حد آستانه می‌تواند برای حیات گیاهی و جانوری خطرساز باشد. بنابراین یکی از مسایل عمده‌ای که در هنگام استفاده از پساب شهری در اراضی کشاورزی باید مورد توجه قرار گیرد، احتمال تجمع فلزات سنگین در خاک است (بی‌نام ۱۹۹۹). همچنین در گیاهان، چگونگی توزیع و محل انباشتگی این عناصر در بین اندام‌های گیاهی حائز اهمیت می‌باشد، زیرا توزیع آنها در اندام‌های مختلف یکنواخت نیست. معمولا تجمع این عناصر در دانه و میوه کمتر از برگ و ریشه گیاه است. امکان جابه‌جایی فلزات سنگین در گیاه بستگی به نوع عنصر، اندام گیاهی و سن آن دارد (واثقی و همکاران ۲۰۰۱). مونت و همکاران (۱۹۹۲) در طی آزمایشاتی که روی ذرت، سورگوم و آفتابگردان انجام دادند، نشان دادند که مقدار عملکرد محصولات آبیاری شده با پساب در مقایسه با آب شیرین همراه با کود، بیشتر بوده است. دای و همکاران (۱۹۷۵) در پژوهشی در زمینه تاثیر آبیاری با فاضلاب روی کیفیت دانه گندم نشان دادند که آبیاری با فاضلاب باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود. عرفانی و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند که کاربرد پساب فاضلاب تصفیه شده خانگی باعث افزایش عملکرد گوجه‌فرنگی در مقایسه با آبیاری معمولی می‌شود. نجفی (۲۰۰٦) تأثیر روش‌های مختلف آبیاری با پساب و آب معمولی را روی گیاه گوجه‌فرنگی بررسی کرد. نتایج آزمایشات نشان داد که عملکرد گوجه فرنگی در آبیاری زیرسطحی در عمق ۱۵ سانتی‌متری بهتر از سایر تیمارها بوده است. ولی‌نژاد و همکاران (۲۰۰۲) تأثیر

www.SID.ir

Archive of SID

پساب تصفیه شده بر رشد و عملکرد ذرت را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که عملکرد دانه ذرت تحت تیمار آبیاری با پساب فاضلاب افزایش می‌یابد و استفاده از پساب نیاز به کودهای شیمیایی را کاهش می‌دهد. فریدونی و همکاران (۲۰۱۳) تأثیر پساب شهری تصفیه شده و نیتروژن بر عملکرد کمی، کیفیت دانه ذرت شیرین و برخی ویژگی‌های خاک در منطقه یاسوج پرداختند. نتایج نشان داد که تأثیر پساب و نیتروژن بر صفات عملکرد بلال و دانه معنی‌دار گردید. کاربرد پساب باعث کاهش مصرف کود شیمیایی نیتروژن در تولید ذرت شیرین گردید. خان و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی تأثیر فاضلاب تصفیه شده بر گیاه گوجه فرنگی پرداختند. نتایج نشان داد که مقادیر شاخص‌های اندازه‌گیری شده در پساب به مقدار قابل توجهی بالاتر از آب معمولی بود. گاتا و همکارن (۲۰۱۵) طی تحقیقی اثر فاضلاب تصفیه شده و آب زیرزمینی را بر عملکرد کمی و کیفی گوجه‌فرنگی بررسی نمودند. نتایج این تحقیق نشان داد که بین دو تیمار کیفیت آب تفاوت معناداری در مقدار عملکرد گوجه-فرنگی وجود ندارد. با توجه به نتایج متفاوت حاصل از بررسی‌های اشاره شده و همچنین با توجه به این‌که گوجه‌فرنگی و ذرت از محصولات مهم تولیدی در استان کردستان می‌باشد، لذا بررسی میزان اجزای عملکرد آنها نسبت به تیمارهای فاضلاب تصفیه‌شده و آب معمولی مورد نیاز برای پرورش آن‌ها و همچنین صرفه‌جویی در میزان آب شیرین در تولید این محصولات حایز اهمیت می‌باشد. لذا هدف از تحقیق حاضر، بررسی اثرات پساب فاضلاب شهری تصفیه شده به‌عنوان آب آبیاری بر اجزای عملکرد گیاه ذرت و گوجه‌فرنگی است.

مواد و روش‌ها

برای بررسی اثر آبیاری با پساب تصفیه‌شده شهر سنندج و آب معمولی (آب شرب شهری) بر اجزای عملکرد ذرت و گوجه‌فرنگی، پژوهشی در گلخانه دانشگاه کردستان با پوشش پلی‌کربنات انجام گردید. گلخانه مذکور در طول جغرافیائی ٤٧ درجه شرقی و ٣٥ درجه و ١٥ دقیقه‌ی شمالی و ارتفاع ١٥٠٠ متر از سطح دریا قرار دارد و جزو مناطق نیمه سرد و نیمه خشک جهان محسوب می‌شود. در این تحقیق گیاهان ذرت با نام علمی *zea mays* (رقم سینگل کراس ٢٦٠) و گوجه‌فرنگی با نام علمی *solanum lycopersicum* (رقم تایگر) به صورت همزمان در اواسط اسفند ماه در داخل لایسیمتر کشت شدند. این تحقیق بصورت آزمایشی با طرح پایه کاملاً تصادفی (CRD) و با سه تکرار انجام شد که تیمارها شامل سه سطح آبیاری: آبیاری با آب معمولی در تمام مراحل رشد (شاهد)، آبیاری با آب معمولی و پساب به صورت یک در میان، آبیاری با پساب در کل دوره رشد بود. پساب تصفیه شده از تصفیه خانه فاضلاب شهر سنندج تأمین گردید که روش تصفیه به صورت لجن فعال بوده و فاضلاب مورد استفاده برای آزمایش از آخرین مرحله تصفیه برداشت شد. در جدول ۱ اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD[1])، اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD_5)[2] و سایرخصوصیات پساب مورد استفاده ارائه گردیده است (بی‌نام، ۱۹۹۵)

خاک مورد استفاده در تحقیق حاضر دارای بافت لوم- شنی بود که برخی از خواص خاک در آزمایشگاه اندازه گیری شد (جدول ۲). برای این منظور ٥ گرم خاک را وزن کرده و ٣٠ میلی‌لیتر استات آمونیوم به آن اضافه و به مدت ٥ دقیقه تکان داده شد. سپس نمونه حاصله به مدت ٥ دقیقه در سانتریفیوژ در دور ٣٠٠٠-٢٠٠٠ قرار داده، پس از انجام مراحل و خارج کردن لوله سانتریفیوژ از آن ، خاک ته نشین شده و عصاره رویی را درون بالن ژوژه ١٠٠ میلی‌لیتری ریخته و با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر میزان پتاسیم عصاره قرائت شد. برای اندازه‌گیری نیتروژن کل از روش کجلدال استفاده شد. فسفر قابل

[1] Chemical oxygen demand (COD)
[2] Biological oxygen demand (BOD)

www.SID.ir

Archive of SID

استفاده خاک پس از عصاره گیری به روش اولسن به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر تعیین شد. برای اندازه گیری غلظت قابل جذب فلزات سنگین در خاک ۵ گرم خاک در ظرف پلی‌اتیلنی ریخته و عصاره خاک با استفاده از مخلوط اسید سولفوریک ۰/۰۲۵ نرمال و اسید کلریدریک ۰/۰۵ تهیه و غلظت فلزات سرب، روی، مس، منگنز، کادمیوم، آهن، آرسنیک و نیکل با استفاده از دستگاه جذب اتمی تعیین شد (اسپارکس و همکاران، ۱۹۹۶). نتایج نشان داد که مقادیر فلزات سنگین کادمیوم، آرسنیک، سرب و نیکل در خاک بسیار ناچیز می‌باشد.

جدول۱- نتایج تجزیه شیمیایی آب و فاضلاب تصفیه‌شده مورد استفاده در آبیاری.

پارامتر	واحد	آب معمولی	فاضلاب تصفیه‌شده	سطح استاندارد برای کشاورزی (*)
BOD_5	($mg\ L^{-1}$)	–	۲۰	۲۰۰
COD	($mg\ L^{-1}$)	–	۲۷	۱۰۰
PH	-	۷/۵	۸/۰۵	۶–۸/۵
هدایت الکتریکی	($ds\ m^{-1}$)	۰/۳۵	۰/۸۷۹	–
نیترات	($mg\ L^{-1}$)	–	٤۱/۲	–
فسفر	($mg\ L^{-1}$)	۰/۰۲	۹/۲۵	–
پتاسیم	($mg\ L^{-1}$)	۰/۰۸	۱٤/۱۳	–
کلسیم	($mg\ L^{-1}$)	٤/۲	۲۵/۸۳	–
منیزیم	($mg\ L^{-1}$)	۱/۳	۱۲/۰۵	۱۰۰
سدیم	($mg\ L^{-1}$)	۰/۵٦	۱۳/۲٦	–
آهن	($mg\ L^{-1}$)	۰/۰۱	۲/۲۱	۳
روی	($mg\ L^{-1}$)	–	۱/۸۱	۲
مس	($mg\ L^{-1}$)	–	۰/۱۱۲	۰/۲
منگنز	($mg\ L^{-1}$)	–	۰/۵۰۳	۱
آرسنیک	($mg\ L^{-1}$)	–	۵/۵	۰/۱
کادمیوم	($mg\ L^{-1}$)	–	۰/۱٤	۰/۰۵
نیکل	($mg\ L^{-1}$)	–	۱/۲۰۹	۲
سرب	($mg\ L^{-1}$)	–	۰/۱۲	۱

* برگرفته از استاندارد سازمان محیط زیست ایران، ۱۹۹۹

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در شروع آزمایش.

بافت خاک	pH	نیترات	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	سدیم	آهن	روی	منگنز	مس
لوم-شنی	۷/۹	۲٤/۰	۹٤	۸/٦	٤٦/۳	۲٥/۸	٤/۱٦	۲/۲٥	۷/۲٤	۰/٦

* واحد عناصر بر اساس میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد

پس از فراهم کردن بستر کشت، تعداد ۱ عدد بذر برای ذرت به طور مساوی و یک نشا برای گوجه‌فرنگی در لایسیمترها کاشته شد و تیمارهای لازم (نوع آب آبیاری) اعمال گردید. آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاهان و به صورت حجمی انجام گرفت. لازم به ذکر است که در این تحقیق مقدار آب مورد نیاز گیاهان با استفاده از از داده-های گلخانه‌ای موجود و نرم افزار کراپ‌وات (cropwat.8) محاسبه گردید. در طول مرحله رشد، متوسط دمای گلخانه ۲۵ درجه سلسیوس بود و علف‌های هرز به صورت دستی کنترل و هیچ گونه علف کشی استفاده نگردید. پس از برداشت، محتویات لایسیمترها خارج و قسمت هوایی که از ریشه جدا شده بود در پاکت‌های کاغذی قرار گرفت. سپس طول و قطر ساقه، تعداد برگ، وزن تر و خشک ساقه، ریشه و برگ، طول ریشه، قطر میوه، وزن تر و خشک میوه و همچنین شاخص سطح برگ برای گوجه‌فرنگی، برای شاخص سطح برگ از دستگاه سطح برگ سنج استفاده شد و از نسبت کل سطح برگ به سطح زمین پوشش داده شده، به دست آمد و علاوه بر موارد یادشده برای ذرت طول ریشه، قطر و طول بلال و وزن هزاردانه نیز اندازه گیری شد.

شاخص سطح برگ با تعیین سطح برگ بوته‌ها با استفاده از دستگاه سطح برگ سنج در هر مرحله تعیین و با توجه به مساحت نمونه برداری محاسبه گردید (شاه-حسینی و همکاران ۲۰۱۲).

در مرحله بعد برای به دست آوردن وزن خشک، اجزای گیاه به مدت ٤۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس در آون خشک شدند (یزدانی و همکاران، ۲۰۰۷).

محاسبات آماری مورد نیاز با استفاده از نرم افزارMSTATC انجام شد و برای بررسی اثر تیمارها روی اجزاء عملکرد از تجزیه واریانس و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده گردید.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر تیمارها بر برخی صفات گیاه گوجه‌فرنگی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		طول ساقه	قطر ساقه	تعداد برگ	وزن تر ساقه	وزن تر برگ	وزن تر ریشه	وزن خشک ساقه
تیمار	۲	۲/۲۲۳^{ns}	۰/۱۱٤*	۳/٤٤٤^{ns}	۸٥٦/۱**	٥۰۳/٥٤*	۱۳/٤۷*	۳۳/۰۲٤*
خطا	٦	٤٦/۸۳۱	۰/۰۱٤	۱۳/٤٦٥	۲/٦۲۸	۳۷/۰۲۱	٥۱/۰٤۹	۲/۱۱۲٤
ضریب تغییرات(٪)		٦/٥	٤/۳	۷/٦	۲/۳	٤/٤	۲/۷	۳/٦

* و ** به ترتیب معنادار در سطح احتمال پنج و یک درصد و ^{ns} غیرمعنادار

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج و بحث

برای ارزیابی کیفیت آب معمولی و پساب تصفیه شده برای آبیاری، از استانداردهای پیشنهادی سازمان حفاظت محیط زیست ایران (۱۹۹۹) استفاده شد. نتایج تجزیه پساب نشان می‌دهد که مقادیر اندازه‌گیری شده BOD_5 و COD و بعضی دیگر از عناصر کمتر از ارقام ارائه شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست ایران برای مصارف کشاورزی و آبیاری است و محدودیتی برای کشاورزی ایجاد نمی‌کنند (جدول ۱).

در جدول ۳ نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های عملکرد گوجه‌فرنگی آورده شده است. این نتایج نشان می‌دهد که اثر تیمارها فقط بر طول ساقه و تعداد برگ معنادار نشده است. این بدان معنی است که بین تیمارهای مورد آزمایش، از لحاظ صفات شاخص‌های قطر ساقه، وزن تر و خشک ساقه، وزن تر و خشک برگ و ریشه و همچنین شاخص سطح برگ گوجه‌فرنگی تفاوت معنی‌داری وجود دارد.

در جدول ٤ مقایسه میانگین‌های شاخص‌های اندازه‌گیری شده گوجه‌فرنگی ارئه شده است. نتایج جدول ٤ نشان می‌دهد که برای شاخص‌های قطر ساقه، وزن تر ساقه، وزن خشک برگ، قطر میوه، وزن تر و خشک میوه و شاخص سطح برگ بین هر سه تیمار مورد مطالعه تفاوت معناداری وجود دارد. اما اختلاف وزن تر برگ در دو تیمار پساب معنادار نمی‌باشد. همچنین برای شاخص وزن تر و خشک ریشه و طول ریشه برای تیمار پساب – آب و آب اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. برای وزن خشک ساقه بین تیمار پساب– آب با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار نمی‌باشد. بالاترین مقدار شاخص‌های اندازه‌گیری شده در گوجه فرنگی مربوط به تیمار پساب و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار شاهد (آب معمولی) می‌باشد. دلیل این امر را می‌توان در وجود عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در پساب عنوان نمود که سبب می‌شود گیاه مواد غذایی لازم را دریافت کرده و عملکردش بهبود یابد.

جدول ٤ همچنین نشان می‌دهد که بیشترین تأثیر پساب بر وزن خشک برگ بوده که نسبت به تیمار شاهد ۲۸/٦ درصد افزایش یافته است.

بعد از وزن خشک برگ بیشترین افزایش به ترتیب مربوط به وزن خشک ریشه (٢٤ درصد)، وزن تر برگ (۲۳/٦ درصد)، وزن خشک میوه (۲۳ درصد)، وزن تر ریشه (۲۲/۸ درصد)، طول ریشه (۲۰/۷درصد)، وزن خشک ساقه (۲۰ درصد)، وزن تر میوه (۱۸/٤ درصد)، قطر میوه (۱۸ درصد)، وزن تر ساقه (۱۱/٦)، شاخص سطح برگ (۱۱/٥) و قطر ساقه (٦ درصد) می‌باشد.

در یک مطالعه عرفانی و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند که کاربرد پساب فاضلاب تصفیه شده شهری باعث افزایش عملکرد گوجه‌فرنگی در مقایسه با آبیاری این محصول با آب چاه شد. نتایج مشابهی توسط سیگارا و همکاران (۲۰۰٤) نیز گزارش شده است.

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های برخی صفات گیاه گوجه‌فرنگی در تیمارهای آزمایشی.

تیمار	قطر ساقه (cm)	وزن تر ساقه(gr)	وزن تر برگ ($g\ pot^{-1}$)	وزن تر ریشه ($g\ pot^{-1}$)	وزن خشک ساقه ($g\ pot^{-1}$)	وزن خشک برگ ($g\ pot^{-1}$)
پساب	٥/٤٧^{a}	١٠٩/٨^{a}	١٢٧/٧^{a}	٤٩/٧^{a}	١٦/١^{a}	٣٦/٧^{a}
پساب–آب	٥/٢^{b}	١٠٢/٤^{b}	١٢٣/٨^{a}	٤١/٩^{b}	١٤/٣^{ab}	٣٠/٥^{b}
شاهد(آب)	٥/١^{c}	٩٧/١^{c}	٩٧/٥^{b}	٣٨/٤^{b}	١٢/٩^{b}	٢٦/٣^{c}

www.SID.ir

Archive of SID

تیمار	وزن خشک ریشه(gr)	طول ریشه (cm)	قطرمیوه (cm)	وزن تر میوه (g pot^{-1})	وزن خشک میوه (g pot^{-1})	شاخص سطح برگ
پساب	۲۵/۱^{a}	۴۲/۱۸^{a}	۴/۴۵^{a}	۸۱/۹۲^{a}	۶۱/۳۱^{a}	۲۴۱۲^{a}
پساب-آب	۲۱/۹^{b}	۳۶/۲۳^{b}	۴/۱۲^{b}	۷۵/۰۱^{b}	۵۶/۴۷^{b}	۲۳۵۱^{b}
شاهد(آب)	۱۹/۱^{b}	۳۳/۴۶^{b}	۳/۶۵^{c}	۶۶/۳۸^{c}	۴۷/۰۶^{c}	۲۱۳۵^{c}

حروف لاتین مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین آنهاست

در جدول ۵ نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های عملکرد ذرت آورده شده است. این نتایج نشان می‌دهد که اثر تیمارها بر طول و قطر ساقه و وزن تر ساقه، برگ و ریشه معنی‌دار نشده است. و برای سایر شاخص‌ها در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد اختلاف معنی‌دار می‌باشد. در جدول ۶ مقایسه میانگین شاخص‌های اندازه-گیری شده ذرت ارئه شده است. نتایج نشان می‌دهد که به طور کلی استفاده از پساب تصفیه شده شهری در مقایسه با آب معمولی، به دلیل وجود مواد غذایی بیشتر در آن به طور مؤثری اجزای عملکرد ذرت را بهبود بخشیده است. احتمالاً بالا بودن غلظت نیتروژن، فسفر و مواد آلی موجود در پساب، باعث افزایش وزن هزار دانه گردیده است. این نتایج با نتایج برخی تحقیقات دیگر همخوانی دارد. به عنوان نمونه حسنلی و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که با استفاده از پساب، عملکرد ذرت دانه‌ای تا ۲۳ تن در هکتار افزایش پیدا کرد.

رضوانی‌مقدم و میرزایی نجم‌آبادی (۲۰۰۹) مشاهده نمودند که کاربرد پساب، عملکرد دانه ذرت را افزایش داد. آنها همچنین نشان دادند که آبیاری با پساب، حدود ۵۰ درصد از نیاز نیتروژنی گیاه را تامین می نماید.

جدول ۵- تجزیه واریانس برخی صفات ذرت در تیمارهای آزمایشی.

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		وزن خشک ساقه	وزن تر ریشه	وزن تر برگ	وزن تر ساقه	تعداد برگ	قطر ساقه	طول ساقه
تیمار	۲	۲۸۵/۴**	۰/۷۴۸^{ns}	۰/۸۵۸^{ns}	۶/۸۶۸^{ns}	۱۲/۱۱**	۳/۱۱۴^{ns}	۵۸۹/۲^{ns}
خطا	۶	۴/۱۷۸	۹	۲/۵۰۸	۱/۹۰۸	۰/۶۱۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات(٪)		۶/۱	۳/۷	۶/۵	۳/۵	۳/۷	۴/۶	۵/۸
منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		شاخص سطح برگ	وزن هزار دانه	طول بلال	قطر بلال	طول ریشه	وزن خشک ریشه	وزن خشک برگ
تیمار	۲	۲۷۶/۲**	۴۱۹/۲**	۵/۷۸۸**	۲۱۴/۲**	۲۱۴/۲**	۱۱۰/۶**	۳/۴۱۳**
خطا	۶	۱۳۴/۸	۴/۱۷۳	۰/۰۰۸۱	۲۳/۶۵	۲۳/۶۵	۴/۵۰۷	۰/۰۶۱
ضریب تغییرات(٪)		۴/۹	۴/۷	۳/۳	۵/۲	۳/۹	۴/۴	۳/۵

* و ** به ترتیب معنادار در سطح احتمال پنج و یک درصد و ^{ns} غیرمعنادار

www.SID.ir

Archive of SID

مطابق جدول ٦ بهترین عملکرد صفات اندازه‌گیری ذرت برای تیمار پساب می‌باشد. برای قطر و طول بلال، وزن هزار دانه و شاخص سطح برگ بین هر سه تیمار مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری وجود دارد. اما برای تعداد برگ تیمار پساب با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری ندارد. بین تیمار پساب- آب با سایر تیمارها برای طول ریشه تفاوت معنی‌دار نمی‌باشد. در بین صفات مورد ارزیابی بیشترین تأثیر پساب مربوط به وزن هزار دانه بود که نسبت به آب معمولی از افزایش معادل ۲۸/۱ درصد برخوردار بود. با توجه به اینکه نیتروژن به طور مستقیم در ساختار مولکول کلروفیل شرکت می‌کند، می‌توان ارتباط مثبت و معنی‌داری بین مقدار نیتروژن برگ و مقدار کلروفیل برگ را انتظار داشت (کاسمان و همکاران ۱۹۹٤). از سوی دیگر اثرات سیتوکینین‌ها (در تشکیل آنها نیتروژن نقش مهمی دارد) را در افزایش وزن هزاردانه غلات نباید نادیده گرفت.نتایج برخی مطالعات نشان می‌دهد که یکی از دلایل افزایش وزن هزار دانه در تیمار پساب می‌تواند مربوط به میزان کلروفیل موجود در برگ‌ها در طی مراحل پر شدن دانه باشد (روحی و توحیدلو ۱۹۹۸). در اثر افزایش کلروفیل به طور طبیعی فتوسنتز هم افزایش می یابد که این افزایش منجر به افزایش تولید شیره پرورده و افزایش سرعت پر شدن دانه و در نتیجه افزایش عملکرد دانه و به تبع آن افزایش عملکرد بلال می‌گردد. همچنین با افزایش شاخص سطح برگ، فتوسنتز افزایش یافته و در مرحله پر شدن دانه‌ها، این مواد به دانه‌ها منتقل و سبب افزایش وزن آنها می‌شود (عسگری و همکاران ۲۰۰۸). بعد از وزن هزار دانه به ترتیب طول ریشه (۲۵/۰ درصد)، وزن خشک ساقه (۲٤/۲ درصد)، طول بلال (۲۳/۱ درصد)، تعداد برگ (۳/ ۲۲ درصد)، شاخص سطح برگ (۱٦/۷ درصد)، وزن خشک ریشه (۱۳/۹ درصد)، وزن خشک برگ (۱۲/۲ درصد) و قطر بلال (۱۰ درصد) از بیشترین افزایش برخوردار بودند. گزارش نتایج تحقیقات قبلی هم نشان می‌دهد که افزایش عملکرد دانه ذرت، در نتیجه پساب به دلیل غلظت بالای عناصر غذایی همانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم در پساب می‌باشد که احتمال داده می‌شود یکی از دلایل بهتر بودن پساب به دلیل غلظت بالای عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم بوده که موجب شده است گیاه از این مواد غذایی استفاده کرده و رشد آن نسبت به تیمار معمولی بهتر باشد (فیضی ۲۰۰۱) که مؤید نتایج تحقیق حاضر می‌باشد. با توجه به این تحقیق استفاده از پساب نیاز به مصرف کود را کاهش می‌دهد. خان و همکاران (۲۰۰۸) نیز گزارش نمودند که آبیاری با پساب برای گیاه ذرت دارای مزیت‌های اقتصادی می‌باشد و نیاز به مصرف کود را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد.

جدول ۶- مقایسه میانگین‌های برخی صفات ذرت در تیمارهای آزمایشی.

تیمار	تعداد برگ	وزن خشک ساقه ($g\ pot^{-1}$)	وزن خشک برگ ($g\ pot^{-1}$)	وزن خشک ریشه ($g\ pot^{-1}$)	طول ریشه (cm)	قطر بلال (cm)	طول بلال (cm)	وزن هزار دانه (g)	شاخص سطح برگ
پساب	۱۵/۱^{b}	٤۰/۱۰^{a}	۲٤/۱۳^{a}	۹۰/٦۳^{a}	٤۷/۵۷^{a}	٤/۷۱^{a}	۱۳/۷۳^{a}	۲٦٦/۳^{a}	۳٤۲۲/۲^{a}
پساب+آب	۱٦/۳^{ab}	۳۲/۹۷^{b}	۲۲/٤۷^{b}	۸٤/۵۰^{ab}	۳۹/۲۳^{ab}	٤/٤۳^{b}	۱۲/۱۷^{b}	۲۲۲/۹^{b}	۳۰۲٤/۳^{b}
شاهد	۱۷/۳^{a}	۳۰/٤۳^{b}	۲۱/۲۱^{c}	۷۸/۰۷^{b}	۳۵/٦۷^{b}	٤/۲۵^{c}	۱۰/۸۳^{c}	۱۹۱/۷^{c}	۲۸۵۲/۱^{c}

حروف لاتین مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین آنهاست.

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری کلی

می توان گفت که بکارگیری پساب ضمن حفاظت از منابع آبی، اثرات مطلوبی بر رشد و عملکرد گیاه دارد و استفاده از آن در آزمایش حاضر منجر به بهبود برخی صفات مهم در گوجه فرنگی و ذرت شد. دلیل ارتقا برخی صفات رویشی و مرتبط با عملکرد در نتیجه ی آبیاری با پساب می تواند به دلیل وجود برخی عناصر مورد نیاز گیاه در پساب باشد که علاوه بر تامین نیاز آبی موجب بهبود تغذیه گیاه نیز شده است.

منابع مورد استفاده

Abedi M and Najafi P, 2001. Wastewater treatment and use in agriculture. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage, Tehran.

Alizadeh A, Bazari ME, Velayati S, Hasheminia M and Yaghmaie F, 2001. Irrigation of cron with wastewater. Pp. 137-146, In: Ragab R, Pearce G, Changkim J, Nairizi S and Hamdy A (Eds). 52nd ICID International. Workshop on Wastewater Reuse and Management. Seoul, Korea.

Anonymous, 1995. American Public Health Association (APHA). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19 th ed, Washington.

Anonymous, 1999. Environmental regulations, criteria and standards. Publication of Iran Environmental Protection organization.

Arvandi S and Moqadas k, 2001. One of the solutions to confront with water scarcity, the optimal use of urban sewage. 1st National Conference on Drought Mitigation and Water Shortage, Kerman.

Asgari K, Solimani A and Najafi P, 2008. Effects of treated urban wastewater on grain yield index and its components in sunflower plant under different irrigation treatments. Iranian Water Research Journal 2(2):45-52.

Cassman KG, Kropff MJ and Yan ZD, 1994. A Conceptual Framework for Nitrogen Management of Irrigated Rice in High- Yield Environments. New Developments and Future Projects. IRRI, Los Banes, Philippines.

Chace SE, 1964. Nine-decade s of sanitary eng. Part 3. Back to the land. Water work and wastewater.

Day AD, Taher FA and Katterman FRH, 1975. Influence of treated municipal wastewater on growth fiber, acid soluble nucleotide, protein and amino acid content in wheat grain. Journal of Environmental Quality 4(2):167-169.

Erfani A, Haghnia GH and Aminzade A, 2001. Effect of treated household wastewater on yield and quality of tomato. Agricultural Sciences and Technology Journal 15(1): 65-76.

Feizi M, 2001. Effect of treated wastewater on accumulation of heavy metals in plant and soil. Pp 137-146. In: Rogab R, Pearce G, Changkim J and Nairizi S (Eds.), ICID Intertional Workshop on Wastewater Reuse and Management, Seoul, Korea.

Fereidooni MJ, Farajee H and Owliaei HR, 2013. Effect of treated urban sewage and nitrogen on yield and grain quality of sweet corn and some soil characteristics in yasouj region. Water and Soil Science- University of Tabriz 23(3): 43-56.

Gatta G, Libutti A, Gagliardi A, Beneduce L, Brusetti A, Borruso L, Disciglio G and Tarantino M, 2015. Treated agro-industrial wastewater irrigation of tomato crop: Effects on qualitative/quantitative characteristics of production and microbiological properties of the soil. Agricultural Water Management 149: 33–43.

Gushiken EC, 1993. Effluent disposal through subsurface drip irrigation systems. Hawaii Water Pollution Control Association, 15th Annual Conference, Honolulu, Hawaii.

Hassanli AM, Ebrahimzade M and Beecham S, 2009. The effect of irrigation method with effluent and irrigation scheduling on water use efficiency and corn yield in an arid region. Agriculture Water Management 96: 93-99.

www.SID.ir

Archive of SID

Keremane GB and McKay J, 2007. Successful wastewater reuse scheme and sustainable development: a case study in Adelaide. Water and Environment 21: 83-91.

Khan MA, Shaukat SS and Khan MA, 2008. Economic benefits from irrigation of maize with treated effluents waste stabilization ponds. Pakistan Journal of Botany 40: 1091-1098.

Khan MJ, Jan MT, Khan NU, Aref M, Pervvin S, Alam S and Jan AU, 2011. The effect of using waste water for tomato. Pakistan Journal of Botany 43 (2): 1033-1044.

Monte HM and Sousa MSE, 1992. Effects on crop of irrigation with facultative pound effluent, Water Science & Technology 26 (7-8): 1606-161.

Najfi P, 2006. Effects of using subsurface drip irrigation treated municipal waste water in irrigation of tomato. Pakistan Journal Biological Sciences 9(14): 2672-2676.

Oron G, Gillerman L, Bick A, Mnaor Y, Buriakovsky N and Hagin J, 2007. Advanced low quality waters treatment for unrestricted use purposes: Imminent challenges. Desalination 213: 189-198.

Rezvani Moghadam, P and Mirzaei Najmabadi M, 2009. Effect of different sewage and water ratios on morphological traits, yield and yield components of four forage species. Iranian Journal of Field Crops Research 7(1): 63-75.

Rohi A and Tohidloo Q, 1998. Investigation of interactions between manure and nitrogen fertilizer on some soil physical properties and yield in sugar beet and wheat frequency. Research Report of the Sugar Beet Research Institute. 30 pages.

Segura ML, Grandos MR, Moreno J and Urrestarazu M, 2004. Response of greenhouse melon and tomato crops to wastewater irrigation. Acta Horticulturae 633: 391-396.

Shahhosseini Z, Gholami A and Asghari H, 2012. Effect of arbuscular mycorrhizae and humic acid on water use efficiency and physiological growth indices of maize under water deficit condition. Arid Biome Scientific and Research Journal 2(1): 39-56.

Sparks DL, Page AL, Helmke PA, Loeppert RH, Soltanpour PN, Tabatabai MA, Johnston CT and Sumner ME, 1996. Methods of Soil Analysis part 3-Chemical Methods, published by Soil Science Society of America, Book series, Number 5, USA.

Tavakoli M and Tabatabaei M, 1999. Irrigation with treated wastewater. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage, Number 28.

Valinejad M, Mostafazadeh B and Mir Mohammady Mibody SA, 2002. The effect of shahin shahr treated wastewater on agronomic and chemical characteristics of corn under sprinkler and surface irrigation systems. Agricultural Sciences and Natural Resources Journal 9(1):103-115.

Vaseghi S, Shariatmadari H, Efioni M and Mobli M, 2001. Effect of sewage sludge on heavy metal concentrations of spinach and lettuce in soils with different PH. Journal of Horticultural Science and Technology 2(3-4): 125-142.

Yazdani F, Alahdadi A, Akbari Gh and Behbahani MR, 2007. Effect of different rates of superabsorbent polymer (Tarawat A200) on soybean and yield components (Glycine max L.), Pajouhesh & Sazandegi 75: 167-174.

www.SID.ir