

تأثیر استفاده از پساب فاضلاب شهری شهرکرد بر رشد، عملکرد و تجمع سرب و کادمیم در گیاه دارویی بادرنجبویه (*Melissa officinalis*)

هادی علی نژادجهرمی^{۱*}، عبدالرحمان محمدخانی^۱ و محمدحسن صالحی^۲

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۲/۱۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۳/۱)

چکیده

امروزه به علت خشک‌سالی و کمبود آب استفاده از آب‌های نامتعارف به‌ویژه پساب حاصل از تصفیه فاضلاب شهری در کشاورزی اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده است. از عوامل محدودکننده استفاده از این پساب‌ها وجود عناصر سنگین در آنها می‌باشد. در این پژوهش، اثر پساب تصفیه شده شهرکرد بر رشد، عملکرد و تجمع سرب و کادمیم در گیاه بادرنجبویه در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۵ تیمار (۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد پساب در آب آبیاری) و سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بیشترین ارتفاع ساقه، قطر ساقه، تعداد ساقه، تعداد برگ و پنجه در تیمار ۱۰۰ درصد پساب به‌دست آمد. وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه نیز در تیمار ۱۰۰ درصد پساب بیشترین بود. درصد اسانس حاصل از دارو برگ‌ها تحت تأثیر درصد استفاده از پساب در آب آبیاری قرار گرفت و بیشترین مقدار آن (۱/۲۳٪) نیز در تیمار ۱۰۰ درصد پساب حاصل شد. میزان تجمع سرب در ریشه و اندام‌های هوایی و فاکتور انتقال آن در گیاه بادرنجبویه دارای اختلافی معنی‌دار نبود. با این وجود، بیشترین غلظت سرب در ریشه (۰/۰۵۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و اندام‌هوایی (۰/۰۱۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) به تیمار ۱۰۰ درصد و کمترین مقدار آنها به تیمار صفر درصد پساب مربوط می‌شد. غلظت سرب در تمامی تیمارها کمتر از حد مجاز آن در گیاهان دارویی (۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود. غلظت کادمیم در تمامی نمونه‌های گیاهی غیرقابل تشخیص بود. نتایج به‌دست آمده از این پژوهش نشان داد، آبیاری با پساب شهری شهرکرد افزون بر تأمین آب و مواد غذایی مورد نیاز گیاه بادرنجبویه، به‌طور مستقیم و یا غیرمستقیم از طریق افزایش زیست توده، میزان اسانس آن را نیز افزایش می‌دهد. شایان ذکر است که غلظت سرب و کادمیم تجمع یافته در این گیاه نیز بسیار کمتر از حد مجاز آنها بود.

واژه‌های کلیدی: پساب، آبیاری، بادرنجبویه، رشد، اسانس، تجمع سرب و کادمیم

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی‌ارشد و استادیار علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

۲. استادیار خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: h.alinezhad66@gmail.com

مقدمه

رشد روز افزون جمعیت و افزایش تقاضا برای آب و غذا از یک سو و محدودیت منابع آب و خشک‌سالی‌های اخیر از سوی دیگر، نظر برنامه‌ریزان و متخصصین علوم آب را به استفاده از آب‌های نامتعارف (آب‌های شور و فاضلاب‌ها) معطوف کرده است. استفاده از فاضلاب در کشاورزی می‌تواند مزایایی را به دنبال داشته باشد از جمله: الف) برای آب‌های با کیفیت خوب که در کشاورزی استفاده می‌شوند جایگزینی مناسبی باشد. ب) مواد غذایی موجود در فاضلاب نیاز گیاهان به کود را کاهش خواهد داد. این درحالی است که وجود برخی آلاینده‌ها (عناصر سنگین) و پیامدهای بسیار مضر آنها، استفاده از این پساب‌ها را در کشاورزی با تردید روبرو می‌کند. گیاه بادرنجبویه (*Melissa officinalis*) از خانواده نعنائیان است که دارای ساقه‌های چهار گوش (به ارتفاع ۳۰ تا ۸۰ سانتی‌متر و گاه بیشتر)، ریشه‌های استوانه‌ای شکل، خشبی و با انشعابات فرعی زیاد و برگ‌های بیضوی قلب شکل، دندانه‌دار، با برجستگی‌های متعدد و کرک‌های ترش‌می‌باشد. قسمت‌های مورد استفاده بادرنجبویه، برگ و سرشاخه‌های جوان و اسانس گیاه می‌باشد (۱).

از زمانی که اثر عناصر غذایی بر افزایش عملکرد گیاهان دارویی مشخص شده اثر این عوامل بر عملکرد گیاهان دارویی مختلف از جمله بادرنجبویه مورد بررسی قرار گرفته است (۹). عناصر غذایی پر مصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم در رشد و نمو، تولید مثل، تولید پروتئین، واکنش‌های آنزیمی، تولید ترکیبات پر انرژی و هم‌چنین رشد شاخساره و ریشه نقش دارند (۸). پساب فاضلاب شهری منبعی سرشار از عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم و دیگر عناصر ضروری برای رشد گیاهان است (۲۲ و ۲۷). پساب ممکن است حاوی عناصری سنگین همچون سرب و کادمیم نیز باشد. هر چند، غلظت این عناصر سنگین در پساب فاضلاب شهری ناچیز است، ولی تجمع آنها در خاک می‌تواند افزایش غلظت این عناصر را در گیاهان کشت شده به دنبال داشته باشد (۱۱). عناصری مثل

سرب و کادمیم در واکنش‌های فیزیولوژیک گیاهان کارکرد مشخصی ندارند، اما به علت شباهت شیمیایی با عناصر ضروری امکان جذب آنها توسط گیاهان وجود دارد (۲۶). تجمع این مواد در بدن انسان سبب ایجاد عوارض ناگوار و سوء می‌شود. براساس ضوابط سازمان بهداشت جهانی حداکثر مقدار مجاز مصرف روزانه به ازای هر کیلوگرم وزن بدن برای سرب و کادمیم به ترتیب $2/8$ و $0/4$ میکروگرم می‌باشد (۱۸). در بیشتر پژوهش‌هایی که در زمینه کشاورزی پایدار انجام گرفته معمولاً توجه کمتری به کیفیت تولید شده است. این موضوع به‌ویژه در رابطه با تولید گیاهان دارویی از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. یکی از عوامل مهم و مؤثر در تشخیص میزان سلامت این محصولات، غلظت عناصر سنگین تجمع یافته توسط آنها می‌باشد. به عنوان مثال برخی از این گیاهان قابلیت بالایی در جذب و ذخیره فلز سنگین سرب دارند (۵).

مردمند با بررسی اثر آبیاری با پساب تصفیه شده شهری شهرکرد بر رشد و عملکرد فلفل سبز دریافت، افزایش درصد پساب در آب آبیاری ارتفاع ساقه اصلی، تعداد میوه، وزن تر و خشک اندام هوایی، ریشه و میوه و طول ریشه فلفل سبز را افزایش داده و تأثیری بر غلظت سرب و نیکل در اندام فلفل سبز نیز نداشته است (۱۱). مونیرو و همکاران با بررسی اثر آبیاری با پساب بر گیاهان علوفه‌ای در اردن به مدت ۲، ۵ و ۱۰ سال دریافتند که وزن گیاه جو با کاربرد پساب افزایش یافته و پساب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را نیز فراهم نموده است (۲۳). ترابیان و مهجوری در پژوهشی اثر آبیاری با فاضلاب را بر جذب فلزات سنگین به وسیله سبزی‌های برگ‌گی در اراضی جنوب تهران بررسی کردند. این محققین در پژوهش خود دریافتند که غلظت برخی از فلزات سنگین در این گیاهان بیشتر از حد مجاز است (۶). به عنوان مثال، مقدار کروم تجمع یافته در این گیاهان هم برای انسان و هم برای خود گیاه بیشتر از مقادیر استاندارد بود. آنها هم‌چنین نشان دادند که غلظت کادمیم نیز در این گیاهان چند برابر مقدار مجاز آن برای مصرف انسان است. افیونی و همکاران با بررسی تأثیر سطوح

استفاده از ۲۰ میلی لیتر DTPA ۰/۰۰۵ نرمال عصاره‌گیری شد و غلظت عناصر در عصاره‌های حاصل به وسیله دستگاه جذب اتمی مشخص شد. عصاره‌گیری با DTPA قابلیت دسترسی به فلزات و جذب فلزات توسط گیاه را مشخص می‌کند (۳). تیمارهای به کار رفته در این پژوهش شامل صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد پساب در آب آبیاری بودند که در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار اجرا شدند.

آب چاه مورد استفاده از آب چاه دانشگاه شهرکرد تأمین شده و پساب نیز از آخرین مرحله تصفیه فاضلاب شهرکرد برداشت گردید. میزان آب آبیاری برای کلیه گلدان‌ها یکسان (۴۰۰ سی سی) و در طول دوره آزمایش هر گلدان ۳۵ مرتبه تحت تیمار قرار گرفت. ویژگی‌های شیمیایی آب آبیاری به همراه برخی از استانداردها جهت آبیاری در جدول ۲ آمده است. میزان پتاسیم به وسیله دستگاه فلیم فتومتر مدل Corning 410 اندازه‌گیری شد. فسفر و نیترات به وسیله اسپکتروفتومتر مدل UV4500 برای فسفر در طول موج ۶۸۰ و برای نیترات در طول موج ۴۱۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. غلظت سرب و کادمیوم در نمونه‌های آب چاه و پساب به وسیله دستگاه جذب اتمی مدل GBC 932 plus اندازه‌گیری گردید (۱۱). تیمارها به مدت ۳ ماه اعمال شد و بعد از آن اقدام به اندازه‌گیری شاخص‌های مورد مطالعه گردید. ارتفاع گیاه در هر تیمار در طول دوره رشد از ۴ هفته بعد از انتقال نشا به صورت هفتگی تا آخرین روز آزمایش توسط متر با واحد سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. قطر ساقه‌های اصلی در فاصله یک سانتی‌متری بالای پاهنگ (طوقه) با کولیس اندازه‌گیری شد. تعداد ساقه‌های فرعی درجه یک روی ساقه اصلی، تعداد برگ و پنجه در هر تیمار در آخرین روز از آزمایش شمارش شد. وزن تر ریشه و اندام‌های هوایی گیاه در هر تیمار اندازه‌گیری شد. با قرار دادن نمونه‌های گیاهی به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد آون، وزن خشک آنها نیز تعیین شد. میزان اسانس گیاه به روش تقطیر توسط دستگاه کلونجر اندازه‌گیری شد. به این منظور ۱۰ گرم از دارو برگ‌های پودر شده از هر

مختلف (صفر، ۲۲/۵ و ۴۵ تن در هکتار) لجن فاضلاب بر کاهو و اسفناج گزارش کردند که با افزایش سطح فاضلاب غلظت عناصر سنگین درون گیاهان افزایش می‌یابد (۳). در این تحقیق، رشد، عملکرد و تجمع سرب و کادمیم در ریشه و قسمت‌های هوایی گیاه بادنرجوبه تحت آبیاری با نسبت‌های مختلف پساب مورد ارزیابی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

مراحل اجرایی این پژوهش در گلخانه‌های تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد انجام گرفت. بذرهای گیاه بادنرجوبه درون پاکت‌های پلاستیکی (به حجم ۳۵۰ سی سی) حاوی مخلوطی از خاک مزرعه، پرلایت و کود حیوانی پوسیده به نسبت حجمی ۲:۱:۲ کشت گردید. تا استقرار کامل گیاهچه‌ها، آبیاری توسط آب پاش دستی به‌طور مرتب هر ۲ روز یکبار انجام گرفت. بعد از مرحله چهار برگی، نشاها تک شده و هنگامی که به ارتفاع ۵ سانتی‌متر رسیدند به گلدان‌های ۱۰ لیتری پلاستیکی حاوی مخلوط خاکی یکسان از خاک مزرعه، ماسه بادی و پرلایت به نسبت ۲:۱:۱ انتقال داده شدند. در هر گلدان ۳ نشاء کشت شد. برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش پیش از اعمال تیمارها اندازه‌گیری شده، که نتایج آن در جدول ۱ آمده است. ۵ گرم خاک را وزن کرده و ۳۰ سی سی استات آمونیوم به آن اضافه و به مدت ۵ دقیقه شیک می‌شود. سپس آن مقدار به مدت ۵ دقیقه در سانتریفیوژ در دور ۲۰۰۰-۳۰۰۰ (حدود ۲۵۰۰) قرار داده، پس از انجام مراحل و خارج کردن لوله سانتریفیوژ از آن، خاک ته نشین شده و عصاره رویی را درون بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتری می‌ریزیم. سپس با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر مدل Corning 410 میزان پتاسیم عصاره را به دست می‌آوریم. برای اندازه‌گیری نیتروژن کل از روش کجلدال استفاده شد. فسفر قابل استفاده خاک پس از عصاره‌گیری به روش اولسون به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر مدل UV4500 تعیین شد (۱۱). برای اندازه‌گیری غلظت قابل جذب سرب و کادمیوم در خاک ۱۰ گرم خاک با

جدول ۱. برخی از ویژگی‌های خاک گلدان پیش از اعمال تیمارها

گروه بافتی	pH	ظرفیت تبادل کاتیونی	ماده آلی	EC	سرب قابل جذب	کادمیوم قابل جذب	نیترژن کل	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب
	(cmol _c /kg)	(%)	(dS/m)	(mg/kg)	(%)	(mg/kg)	(%)	(mg/kg)	(%)
لومی	۷/۷	۲۶/۴	۴	۲/۳	۱/۳۵	۰/۰۲	۰/۳	۲۷	۲۵۶

جدول ۲. برخی از ویژگی‌های آب چاه و پساب و ذکر حدود مجاز سازمان حفاظت محیط زیست

ویژگی‌ها	واحد	آب چاه	پساب	حدود مجاز سازمان حفاظت محیط زیست (۲).
واکنش آب (pH)	_____	۷/۷	۷/۹	۶-۸/۵
هدایت الکتریکی	(dS/m)	۰/۴	۱/۳	-
فسفات	(mg/L)	۰/۰۷	۳۰/۵	-
پتاسیم	(mg/L)	۰/۶	۱۴	-
نترات	(mg/L)	۹	۱۸/۵	-
سرب	(mg/L)	۰/۰۸	۰/۳۱	۱
کادمیم	(mg/L)	nd	nd	۰/۰۵

nd غیر قابل تشخیص

از ۱ گرم پودر گیاهی، با بهره‌گیری از اسید کلریدریک ۲ نرمال استخراج شد. سپس، غلظت سرب در این عصاره‌ها با دستگاه جذب اتمی (GBC 932 plus) اندازه‌گیری شد (۱۱). با اندازه‌گیری غلظت سرب در ریشه و اندام‌های هوایی گیاه، فاکتور انتقال (Transmission Factor (TF)) نیز از طریق تقسیم غلظت عناصر در اندام هوایی به ریشه محاسبه شد (۲۱). داده‌های به‌دست آمده براساس طرح کاملاً تصادفی توسط نرم‌افزارهای آماری SPSS تجزیه و تحلیل آماری شدند و میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه گردید.

تیمار به همراه ۱۲۵ میلی‌لیتر آب در یک بالن نیم لیتری کلونجر ریخته شد. پس از برقراری جریان آب سرد در کلونجر، گرم کن برقی روشن گردید. اسانس‌گیری حدود ۳ ساعت پس از جوش آمدن آب پایان یافت. برای اندازه‌گیری میزان اسانس، ابتدا ظروف خالی توسط ترازوی دیجیتالی تا چهار رقم اعشار وزن شد و پس از جمع‌آوری اسانس، ظروف دوباره توزین شدند که اختلاف وزن آنها میزان اسانس را به صورت وزنی نشان داد و با یک تناسب، میزان اسانس به صورت درصد وزنی محاسبه گردید. سرب تجمع یافته در ریشه و اندام‌های هوایی گیاه، پس از تهیه خاکستر

نتایج

ارتفاع ساقه، قطر ساقه، تعداد ساقه فرعی، تعداد برگ و پنجه نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های مختلف رشد گیاه بادرنجبویه تحت آبیاری با نسبت‌های مختلف پساب، در جدول ۳ ارائه شده است. با توجه به این جدول، در سطح احتمال یک درصد همه شاخص‌های رشد تحت تأثیر آبیاری با نسبت‌های مختلف پساب قرار گرفته‌اند. در جدول ۴ مقایسه میانگین ارتفاع ساقه، قطر ساقه اصلی، تعداد ساقه فرعی، تعداد برگ و تعداد پنجه در گیاه، تحت آبیاری با نسبت‌های مختلف پساب آورده شده است. جدول ۴ نشان می‌دهد که بیشترین میزان هر یک از این شاخص‌های اندازه‌گیری شده به تیمار ۱۰۰ درصد پساب و کمترین آنها به تیمار صفر درصد پساب مربوط می‌شود. شکل ۱ روند تغییر ارتفاع در طول دوره رشد گیاه را نشان می‌دهد. با افزایش مدت زمان آبیاری و درصد پساب تأثیر آن بر ارتفاع ساقه اصلی بیشتر شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در هفته‌های ابتدایی تیمارها دارای ارتفاع تقریباً یکسان هستند و به تدریج با گذشت زمان از یکدیگر فاصله گرفته و در پایان، بیشترین ارتفاع به تیمار ۱۰۰ درصد پساب و کمترین ارتفاع به تیمار صفر درصد پساب مربوط می‌شود.

وزن تر و خشک ریشه و اندام‌های هوایی گیاه

در شکل ۲ اثر نسبت‌های مختلف پساب در آب آبیاری بر وزن تر و خشک ریشه در گیاه بادرنجبویه ارایه شده است. این شکل نشان می‌دهد که بیشترین و کمترین وزن تر و خشک ریشه به ترتیب مربوط به تیمار ۱۰۰ و صفر درصد پساب می‌باشد. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود بین وزن تر ریشه در تیمارهای ۲۵ و ۵۰ درصد پساب و وزن خشک ریشه در تیمارهای صفر و ۲۵ درصد، در سطح آماری ۵ درصد اختلافی معنی‌دار وجود ندارد. شکل ۳ نشان‌دهنده اثر نسبت‌های مختلف پساب بر وزن تر و خشک اندام‌های هوایی گیاه می‌باشد. بیشترین و کمترین وزن تر و خشک به ترتیب مربوط به تیمار ۱۰۰ و صفر درصد پساب می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در وزن تر و

هم‌چنین وزن خشک اندام‌های هوایی بین تیمار صفر و ۲۵ درصد پساب در سطح آماری ۵ درصد اختلافی معنی‌دار وجود ندارد، درحالی‌که بین تیمارهای دیگر تفاوت معنی‌داری وجود دارد.

نسبت‌های وزنی

در جدول ۵ اثر نسبت‌های مختلف پساب در آب آبیاری بر وزن تر و خشک کل گیاه و نسبت وزنی اندام‌های هوایی به ریشه آمده است. این جدول نشان می‌دهد، بیشترین و کمترین وزن تر و خشک کل گیاه به ترتیب مربوط به تیمارهای ۱۰۰ و صفر درصد پساب می‌باشد. هم‌چنین جدول ۵ نشان می‌دهد که در سطح ۵ درصد بین وزن تر گیاه در همه تیمارها تفاوت معنی‌دار وجود دارد. این درحالی است که بین وزن خشک گیاه در تیمارهای صفر و ۲۵ درصد اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد مشاهده نشد. بیشترین و کمترین نسبت وزن تر اندام‌های هوایی به وزن تر ریشه به ترتیب مربوط به تیمار ۱۰۰ و ۲۵ درصد پساب می‌باشد. مشخص است که بین تیمارهای ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد پساب و هم‌چنین بین تیمارهای صفر و ۵۰ درصد پساب و بین تیمارهای صفر و ۲۵ درصد پساب در سطح آماری ۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. بیشترین و کمترین نسبت وزن خشک هوایی به خشک ریشه به ترتیب مربوط به تیمار ۷۵ و ۵۰ درصد پساب می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود بین تیمارهای ۷۵ و ۱۰۰ درصد پساب و هم‌چنین بین تیمارهای صفر، ۲۵ و ۵۰ درصد پساب در سطح آماری ۵ درصد تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.

درصد اسانس

در شکل ۴ اثر نسبت‌های مختلف پساب در آب آبیاری بر درصد اسانس در گیاه بادرنجبویه ارایه شده است. همان‌گونه که این شکل نشان می‌دهد بیشترین و کمترین درصد اسانس به ترتیب مربوط به تیمار ۱۰۰ و صفر درصد پساب می‌باشد. واضح است که بین تیمارهای ۷۵ و ۱۰۰ درصد پساب و

جدول ۳. تجزیه واریانس شاخص‌های رشد تحت آبیاری با نسبت‌های مختلف پساب

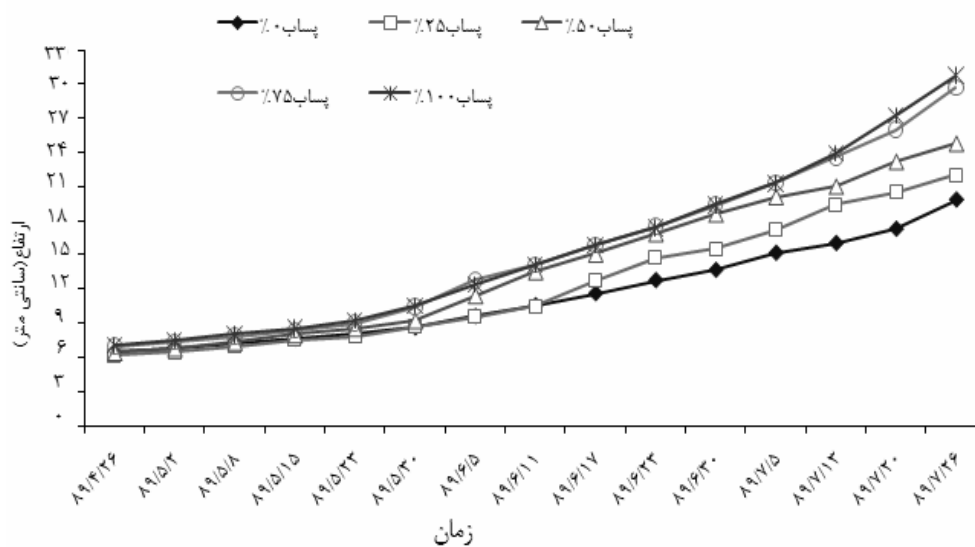
منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع	قطر ساقه اصلی	تعداد ساقه فرعی	تعداد برگ	تعداد پنجه
میانگین مربعات تیمار	۴	۷۰/۳**	۱/۲**	۵۳/۴**	۱۴۸۸/۶**	۴۴/۹**
میانگین مربعات خطا	۱۰	۰/۴	۰/۰۳	۱/۹	۶/۳	۰/۳
ضریب تغییرات (%)	-	۱۷/۷	۱۹/۵	۲۹/۳	۳۱/۸	۳۳/۲

*: نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح آماری ۱ درصد می‌باشد.

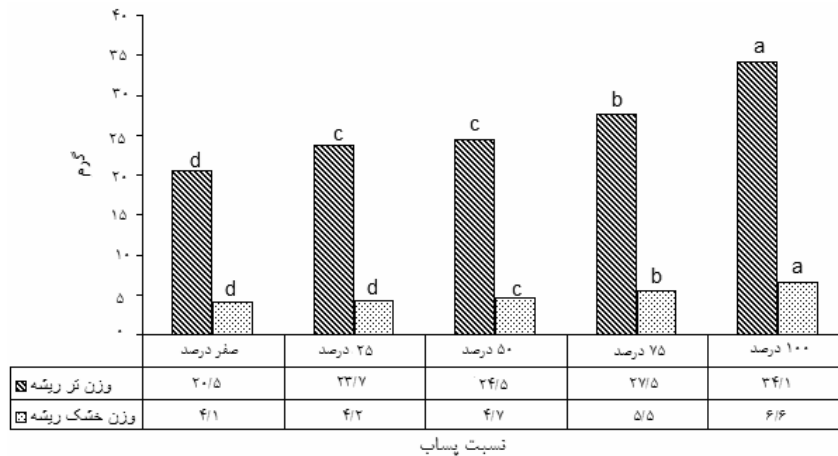
جدول ۴. اثر نسبت‌های مختلف پساب بر ارتفاع، قطر ساقه، تعداد ساقه فرعی، تعداد برگ و پنجه در گیاه بادرنجبویه

تیمارها	ارتفاع (cm)	قطر ساقه اصلی (mm)	تعداد ساقه فرعی	تعداد برگ	تعداد پنجه
شاهد (آب چاه)	۱۹/۸ ^c	۲/۲ ^d	۹/۳ ^d	۴۲/۶ ^d	۶/۷ ^c
۲۵ درصد پساب	۲۱/۷ ^d	۲/۹ ^c	۱۱ ^{cd}	۴۴/۷ ^d	۷/۴ ^c
۵۰ درصد پساب	۲۵/۲ ^c	۳/۰ ^c	۱۳/۳ ^c	۶۳/۶ ^c	۱۰/۷ ^b
۷۵ درصد پساب	۲۹/۱ ^b	۳/۵ ^b	۱۶ ^b	۸۳ ^b	۱۴/۶ ^a
۱۰۰ درصد پساب	۳۱/۳ ^a	۳/۸ ^a	۲۰ ^a	۹۲/۳ ^a	۱۱ ^a

*: در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف یکسان می‌باشند، در سطح احتمال ۵٪ آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

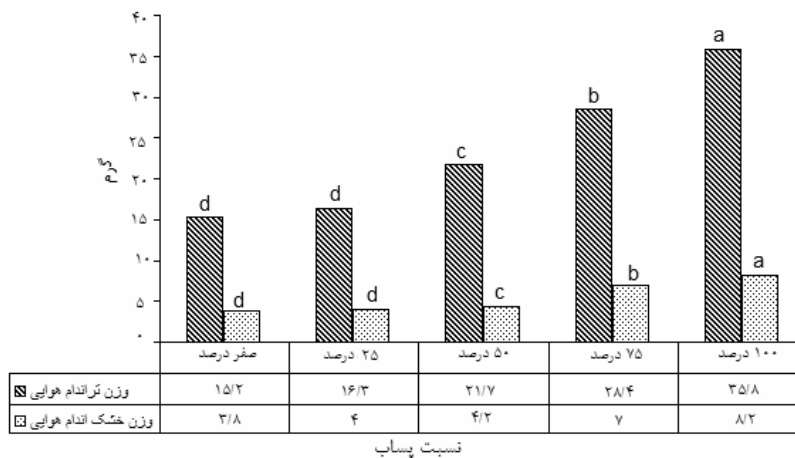


شکل ۱. تغییرات ارتفاع ساقه اصلی بادرنجبویه در طول دوره رشد تحت تأثیر نسبت‌های مختلف پساب



شکل ۲. اثر نسبت‌های مختلف پساب بر وزن تر و خشک ریشه در گیاه بادرنجبویه

میانگین‌های مشخص شده با حروف یکسان نشانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ آزمون دانکن است.



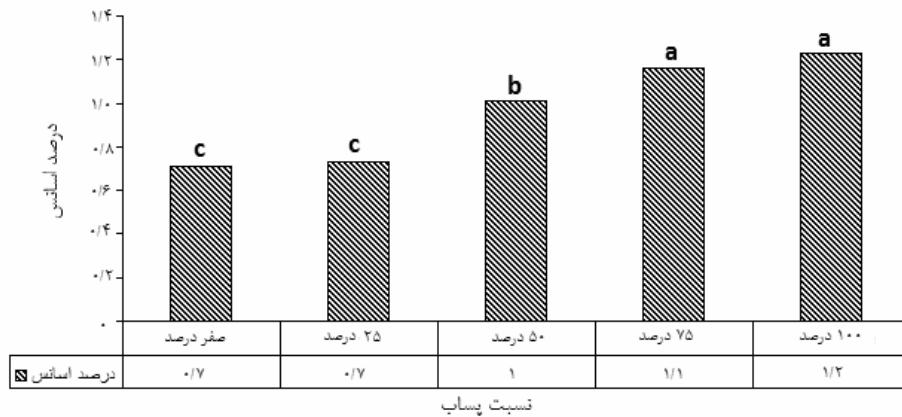
شکل ۳. اثر نسبت‌های مختلف پساب بر وزن تر و خشک قسمت‌های هوایی گیاه بادرنجبویه

میانگین‌های مشخص شده با حروف یکسان نشانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ آزمون دانکن است.

جدول ۵. اثر نسبت‌های مختلف پساب بر وزن تر و خشک کل گیاه و نسبت وزن تر و خشک هوایی به ریشه

تیمارها	وزن تر کل گیاه (گرم)	وزن خشک کل گیاه (گرم)	نسبت وزن تر هوایی به نسبت وزن خشک هوایی
شاهد (آب چاه)	۳۵/۷ ^c	۷/۹ ^d	۰/۹ ^b
۲۵ درصد پساب	۴۰/۱ ^d	۸/۲ ^d	۰/۹ ^b
۵۰ درصد پساب	۴۶/۲ ^c	۹ ^c	۰/۹ ^a
۷۵ درصد پساب	۵۶ ^b	۱۲/۵ ^b	۱/۳ ^a
۱۰۰ درصد پساب	۶۹/۹ ^a	۱۵ ^a	۱/۳ ^a

*: در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف یکسان می‌باشند، در سطح احتمال ۵٪ آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.



شکل ۴. اثر نسبت‌های مختلف پساب بر درصد اسانس در گیاه بادرنجبویه

میانگین‌های مشخص شده با حروف یکسان نشانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ آزمون دانکن می‌باشد.

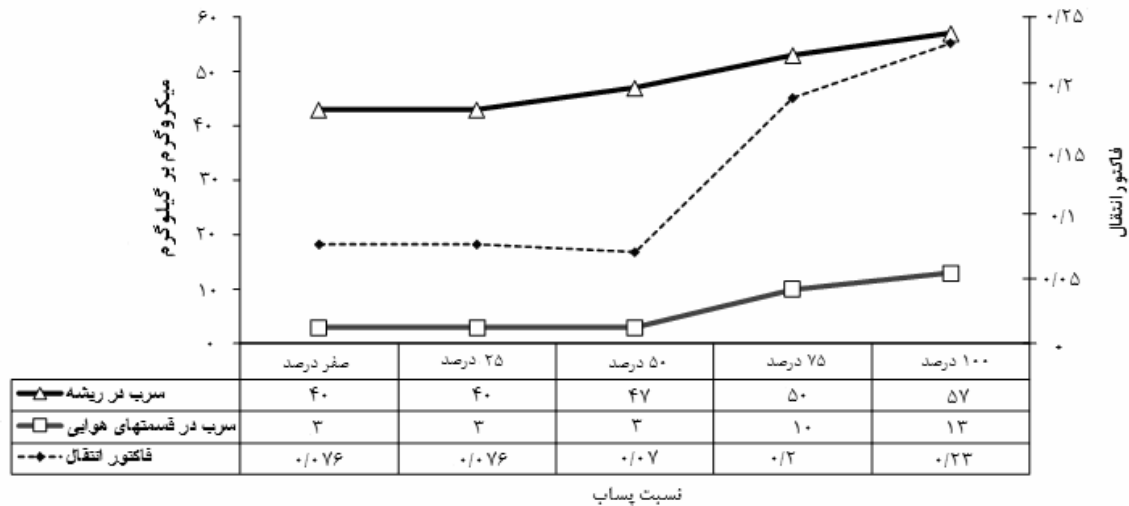
بحث

نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد استفاده از پساب فاضلاب شهری شهرکرد افزون بر تأمین آب مورد نیاز گیاه، سبب افزایش ارتفاع و قطر ساقه اصلی، تعداد ساقه‌های فرعی، تعداد برگ و پنجه، وزن تر و خشک ریشه و اندام‌های هوایی گیاه دارویی بادرنجبویه شده است. پساب علاوه بر نیتروژن، فسفر و پتاسیم دارای سایر عناصر ضروری مورد نیاز گیاه نیز می‌باشد (۲۷). افزایش ارتفاع ساقه اصلی گیاه از تیمار صفر تا ۱۰۰ درصد پساب می‌تواند به دلیل افزایش مقدار عناصر غذایی (فسفر، پتاسیم و نیتروژن) آن در مقایسه با آب چاه باشد. ولی‌نژاد و همکاران (۱۶) و مرادمند (۱۱) به ترتیب با بررسی اثر پساب‌های شهری روی گیاهان ذرت و فلفل‌سبز نیز به نتایجی مشابه دست یافتند. با افزایش مدت زمان آبیاری و درصد پساب تأثیر آن بر ارتفاع ساقه اصلی بیشتر می‌شود، که در مطالعات دیگر نیز بیان شده است (۱۱ و ۱۴). افزایش تعداد ساقه‌های فرعی در اثر افزایش درصد پساب در آب آبیاری را می‌توان این‌گونه تفسیر کرد که افزایش پساب باعث افزایش رشد و ارتفاع گیاه می‌شود، که این خود باعث به وجود آمدن میانگره‌ها و نقاط مستعد بیشتری برای تولید جوانه‌های فرعی می‌شود. حال اگر مواد غذایی کافی در اختیار این گیاه قرار گیرد

هم‌چنین بین تیمارهای صفر و ۲۵ درصد پساب در سطح آماری ۵ درصد اختلافی معنی‌دار وجود ندارد.

غلظت سرب و کادمیم در گیاه

در شکل ۵ تأثیر نسبت‌های مختلف پساب در آب آبیاری بر مقدار جذب سرب و فاکتور انتقال آن در گیاه بادرنجبویه نشان داده شده است. همان‌طور که مشخص است تفاوتی معنی‌دار بین تیمارها وجود ندارد. با افزایش درصد پساب مقداری بر میزان عامل‌های اندازه‌گیری شده افزوده شده و بیشترین غلظت سرب در ریشه به تیمار ۱۰۰ درصد پساب و کمترین به تیمار صفر درصد پساب مربوط می‌شود. بیشترین و کمترین غلظت سرب در اندام‌هوایی به ترتیب در تیمار ۱۰۰ و صفر درصد پساب مشاهده شد. کمترین میزان فاکتور انتقال به تیمار ۵۰ درصد پساب مربوط می‌شود. در این تیمار غلظت سرب در ریشه بیشتر از تیمارهای صفر و ۲۵ درصد پساب است ولی غلظت آن در اندام‌های هوایی در هر سه تیمار برابر می‌باشد این نتایج حاکی از آن است که در تیمار ۵۰ درصد با وجود غلظت بیشتر سرب در ریشه گیاه نتوانسته مقدار بیشتری سرب به بخش‌های انتقال دهد و دارای فاکتور انتقال کمتری می‌باشد. عدم امکان قرائت غلظت کادمیم حاکی از پایین بودن و یا فقدان این عنصر در گیاه مورد آزمایش است.



شکل ۵. اثر نسبت‌های مختلف پساب بر جذب و فاکتور انتقال سرب در گیاه بادرنجبویه

میانگین‌های مشخص شده با حروف یکسان نشانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ آزمون دانکن می‌باشد.

(۱۱) نیز اشاره کرد. بنابراین، پساب فاضلاب شهری مواد غذایی مورد نیاز گیاهان را جهت افزایش عملکرد تأمین می‌کند. لذا، گیاهان تحت تأثیر آبیاری با پساب در مقایسه با گیاهان آبیاری شده با آب چاه می‌توانند رشد بیشتری داشته باشند. آبیاری با پساب باعث تسهیل برگ‌دهی و افزایش تعداد برگ و به تبع آن افزایش سطح فتوسنتزی گیاه می‌شود (۲۴). بدیهی است که با افزایش فتوسنتز، رشد گیاه نیز بیشتر می‌شود. با توجه به نتایج جدول ۲ مشاهده می‌شود که پساب از لحاظ سه عنصر پرمصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم غنی بوده، و افزایش عملکرد گیاه را می‌توان به این سه عنصر نسبت داد. امید بیگی و ارجمنندی (۲۵) وجود نیتروژن و فسفر را برای به دست آوردن بیشترین عملکرد در گیاه لازم دانستند. اوداگوا (۲۹) نشان داد که با افزایش غلظت عناصر غذایی در محیط کشت آبی، وزن تر و خشک برگ‌های آویشن افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد در این پژوهش، هر سه عنصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در رشد گیاه نقشی ویژه داشته‌اند. پتاسیم یکی از کاتیون‌های یک ظرفیتی مناسب برای فعال کردن آنزیم‌های گیاهی است. این عنصر به‌طور ویژه آنزیم‌هایی را فعال می‌کند که تولید مولکول‌هایی بزرگ مانند

منجر به رشد این جوانه‌ها شده و ساقه‌هایی فرعی به وجود می‌آورد. همان‌طور که مشاهده شد، پساب این توانایی را دارد که مواد غذایی مورد نیاز گیاه را فراهم کند، با افزایش مواد غذایی در دسترس گیاه جوانه‌های جانبی رشد نموده و ساقه‌های فرعی با افزایش نسبت پساب افزایش یافته است. عباس‌زاده و همکاران (۹) بیان داشتند که نیتروژن باعث افزایش ارتفاع گیاه، تعداد پنجه و طول برگ در گیاه بادرنجبویه می‌شود. نیاکان و همکاران (۱۳) به اثر مثبت نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر شاخص‌های رشد و تعداد برگ‌های نعنای فلفلی اشاره کردند. افیونی و همکاران (۳) افزایش عملکرد کاهو و اسفناج تحت اثر فاضلاب را بیشتر به فسفات و نیتروژن موجود در آن نسبت داده‌اند. این محققین هم‌چنین بیان کردند که وجود درصد مواد آلی زیاد در فاضلاب باعث بهبود شرایط فیزیکی خاک و در نتیجه رشد بهتر گیاهان شده است. در پژوهشی دیگر مشخص شد که افزایش عناصر غذایی خاک در اثر آبیاری با فاضلاب و دسترسی راحت‌تر گیاه به غلظت زیاد عناصر پرمصرف و ریزمغذی فاضلاب شهری، سبب افزایش میزان رشد گیاهان می‌شود (۲۰). در تأیید این مطالب می‌توان به پژوهش‌های انجام شده توسط باتیستا و همکاران (۱۶)، ولی‌نژاد (۱۴)، مرادمنند

نیز وابسته می‌باشد (۱۹). تبدیل IPP به DMAPP که یکی از ترکیبات لازم برای بیوسنتز ترپنوئیدها می‌باشد، نیاز به عناصری مانند منیزیم و یا منگنز دارد (۲۸). در پژوهشی مشخص شد که افزایش مواد غذایی در محیط کشت آبی باعث افزایش کلروفیل و میزان اسانس در گیاه مرزنجوش می‌شود (۱۷). افزایش اسانس در این پژوهش را می‌توان به غلظت بیشتر عناصر غذایی در پساب نسبت داد.

به هر حال، استفاده از پساب‌ها در کشاورزی به دلیل وجود برخی آلاینده‌ها (عناصر سنگین) و پیامدهای بسیار مضر آنها بر محیط زیست، به سادگی استفاده از آب‌های معمولی نبوده و نیاز به یک سری تمهیدات و تدابیر مدیریتی دارد. با توجه به نتایج حاصله از این تحقیق مشخص شد که پساب فاضلاب شهری شهرکرد محدودیتی از نظر عناصر سنگین سرب و کادمیوم ندارد. دلیل اصلی عدم وجود عنصر کادمیوم در نمونه‌های گیاهی را می‌توان به ناچیز بودن این عنصر در پساب و آب چاه نسبت داد. لیکن، از سویی دیگر چون کادمیوم در خاک وجود دارد (۲۰ میکروگرم بر کیلوگرم) می‌توان این موضوع را این گونه تفسیر کرد که شاید طول دوره رشد برای جذب و تجمع این عنصر کافی نبوده و یا گیاه بادرنجبویه، با غلظت کادمیم قابل جذب ۲۰ میکروگرم بر کیلوگرم و ویژگی‌های دیگر خاک، و این طول دوره رشد قادر به جذب و تجمع این عنصر سمی نمی‌باشد. حد مجاز تجمع سرب در گیاهان دارویی ۲۰۰۰ میکروگرم بر کیلوگرم می‌باشد (۱۵). همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده شد میزان تجمع سرب در ریشه و اندام‌های هوایی، تحت تأثیر آبیاری با پساب قرار نگرفته و میزان تجمع آن کمتر از حد مجاز در گیاهان دارویی می‌باشد. این نتایج به علت پایین بودن غلظت عناصر سنگین در پساب شهری فاضلاب شهرکرد و کوتاه بودن دوره استفاده از آن می‌باشد. نتایج نشان دادند که تجمع سرب در ریشه گیاه بادرنجبویه بیشتر از اندام‌های هوایی آن می‌باشد. بهمنیار (۴) در بررسی تأثیر مصرف فاضلاب در آبیاری اسفناج و برنج بر میزان برخی از عناصر سنگین در بافت‌های آنها دریافت که میزان کادمیوم، نیکل، کروم و سرب

نشاسته و پروتئین می‌کنند (۷). در کمبود پتاسیم، تولید آنزیم روبیسکو که از مهم‌ترین آنزیم‌های گیاهی بوده و در فرآیند فتوسنتز نقش دارد، کاهش می‌یابد. این آنزیم در جابجایی آنیون‌ها، انتقال مواد ساخته شده در برگ به نقاط دیگر و تنفس یاخته‌ای نیز نقش داشته و تعادل غذایی بیشتری را در گیاه برقرار می‌کند. به دلیل نقش پتاسیم در ساختن کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها، در تقسیم یاخته‌ای و رشد و نمو گیاهان نیز اهمیتی زیاد دارد. فسفر باعث رشد ریشه می‌شود و هم‌چنین پتاسیم نیز به دلیل افزایش سریع سطح برگ در ابتدای نمو گیاه و انتقال ترکیب‌های ساخته شده از برگ به ریشه باعث رشد ریشه می‌گردد (۸).

بیشترین نسبت وزن خشک شاخساره به ریشه که یکی از معیارهای فتوسنتز است (۱۰) در تیمارهایی به دست آمد که درصد پساب بیشتری را دریافت کرده بودند. مواد غذایی به‌طور مستقیم با شرکت در فعالیت‌های متابولیکی و به‌طور غیرمستقیم با افزایش مقدار کلروفیل و سطح برگ باعث افزایش عملکرد گیاه می‌شود. این امکان وجود دارد که افزایش میزان کلروفیل در این تیمارها، موجب افزایش نسبت وزن خشک شاخساره‌ها به ریشه شده باشد. با توجه به نتایج درصد اسانس در گیاه که نشان‌دهنده تأثیر مثبت پساب بر آن می‌باشد، می‌توان نتیجه گرفت که درصد اسانس کل در تیمارهایی که برای آبیاری آنها از درصد پساب بیشتری استفاده شده هم به‌طور مستقیم، و هم به‌طور غیرمستقیم از طریق افزایش وزن خشک گیاه افزایش می‌یابد. نیتروژن، فسفر و پتاسیم در رشد گیاه و بیوسنتز اسانس نقش دارند. این عناصر غذایی افزون بر تأثیر در فتوسنتز و تنفس، برای تولید اسکلت‌های کربنی (پیرووات) لازم جهت بیوسنتز اسانس، در ساختار سه کوآنزیم مهم به نام‌های ATP، NADP و NADPH و کوآنزیم آ که در بیوسنتز ترپنوئیدها نقش اساسی دارند، شرکت می‌کنند (۲۸). ممکن است پتاسیم به عنوان کوآنزیم برای آنزیم‌هایی مختلف در مسیر بیوسنتز ترپنوئیدها نقش داشته باشد. در پژوهشی دیگر گزارش شده است که بیوسنتز اسانس‌ها به غلظت فسفر غیرآلی در گیاه

پژوهش، سرب به سهولت توسط ریشه‌های گیاه جذب شده ولی انتقال آن به اندام هوایی محدود می‌باشد. سرب جذب شده توسط گیاه در بخش‌های بیرونی ریشه، آپوپلاست و دیواره سلولی ذخیره شده و کمتر در اختیار اندام هوایی قرار می‌گیرد (۱۱). بنابراین، غلظت کمتر سرب در اندام‌های هوایی نسبت به ریشه احتمالاً به عدم انتقال آن از ریشه به اندام هوایی مربوط می‌شود.

تجمع یافته در ریشه بیشتر از اندام‌های هوایی و دانه برنج است. این محقق در پژوهش خود نشان داد، در اراضی که از فاضلاب شهری برای آبیاری آنها استفاده شد میزان عناصر سنگین مورد بررسی در گیاه افزایش یافته، لیکن به حد سمیت نرسید. ملاحظه‌سینی و همکاران (۱۲) در بررسی تجمع سرب در بافت‌های ذرت علوفه‌ای تحت آبیاری با پساب مشاهده کردند که بیشترین مقدار تجمع آن در ریشه بود. براساس نتایج این

منابع مورد استفاده

۱. اردکانی، م. ر.، ب. عباس‌زاده، ا. شریفی عاشورآبادی، م. ح. لباسچی و ف. پاک نژاد. ۱۳۸۶. بررسی اثر کمبود آب بر کمیت و کیفیت گیاه بادرنجبویه. فصلنامه گیاهان دارویی و معطر ایران ۲۳(۲): ۲۵۱ - ۲۶۱.
۲. بی‌نام. ۱۳۷۱. *استاندارد خروجی فاضلاب‌ها*. معاونت تحقیقاتی سازمان حفاظت محیط زیست. انتشارات دفتر آموزش زیست محیطی.
۳. افیونی، م. ی. رضایی‌نژاد و ب. خیام‌باشی. ۱۳۷۷. اثر لجن فاضلاب بر عملکرد و جذب فلزات سنگین به‌وسیله کاهو و اسفناج. مجله علم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۲(۱): ۱۹ - ۳۰.
۴. بهمنیار، م. ع. ۱۳۸۶. تأثیر مصرف فاضلاب در آبیاری گیاهان زراعی بر میزان برخی از عناصر سنگین خاک و گیاهان. مجله محیط‌شناسی ۳۳(۴): ۱۹ - ۲۶.
۵. پارسا دوست، ف.، ب. بحرینی، ع. ا. صفری سنجانی و م. م. کابلی. ۱۳۸۵. گیاه پالایی عنصر سرب توسط گیاهان مرتعی و بومی در خاک‌های آلوده منطقه ایرانکوه (اصفهان). پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی (۷۵): ۵۴ - ۶۳.
۶. ترابیان، ع. و م. مهجوری. ۱۳۸۱. بررسی اثر آبیاری با فاضلاب روی جذب فلزات سنگین به‌وسیله سبزی‌های برگ‌گی جنوب تهران. مجله علوم خاک و آب ۱۶(۲): ۱۸۸ - ۱۹۷.
۷. شاهویی، ص. ۱۳۸۵. سرشت و خصوصیات خاک‌ها. چاپ اول، انتشارات دانشگاه کردستان.
۸. شرف‌زاده، ش.، م. خوشخوی و ک. جاویدنیا. ۱۳۸۷. اثر عناصر غذایی بر رشد و مواد موثره آویشن. مجله علوم و فنون باغبانی ایران ۹(۴): ۲۶۱ - ۲۷۴.
۹. عباس‌زاده، ب. ا. شریفی عاشورآبادی، م. ر. اردکانی و ح. علی‌آبادی فراهانی. ۱۳۸۶. تأثیر کود نیتروژن بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.). دومین همایش ملی کشاورزی بوم‌شناختی ایران. ۲۵ و ۲۶ مهر. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
۱۰. علیزاده، ا. ۱۳۸۱. *رابطه آب و خاک و گیاه*. چاپ سوم، انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد.
۱۱. مرادمند، م. ۱۳۸۷. اثر آبیاری با پساب تصفیه شده شهرکرد بر رشد و عملکرد فلفل سبز و غلظت برخی عناصر در بافت آن. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی علوم خاک. دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.
۱۲. ملاحسینی، ح.، م. هراتی، غ. اکبری، ن. حریری، ت. عبادی، ب. فوقی و ا. بغوری. ۱۳۸۴. تجمع فلزات سنگین در اندام‌های ذرت علوفه‌ای تحت آبیاری با فاضلاب. مجموعه مقالات نهمین کنگره علوم خاک ایران، ۶ الی ۹ شهریور، تهران.

۱۳. نیاکان، م.، ر. خاوری‌نژاد و م. ب. رضایی. ۱۳۸۳. اثر نسبت‌های مختلف سه کود K، P، N بر وزن تر، وزن خشک، سطح برگ و میزان اسانس گیاه نعناع فلفلی. فصلنامه پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۲۰ (۲): ۱۳۱-۱۴۸.
۱۴. ولی‌نژاد، م.، ب. مصطفی زاده و س. ع. میرمحمدی میبدی. ۱۳۸۱. اثر پساب تصفیه شده شاهین شهر بر خصوصیات زراعی و شیمیایی ذرت تحت سیستم‌های آبیاری بارانی و سطحی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان ۱۹ (۱): ۱۰۳-۱۱۵.
15. Alwakeel, S. S. 2008. Microbial and Heavy Metals Contamination of Herbal Medicines. Res. J. Microbiol. 3(12): 683-691.
16. Batista, A.P., V.H Monterio, S. R. M Coelho and S. C. Sampaio. 2010. The effect of fertigation with swine wastewater on yield and seed quality of dry beans. Use of manures and organic wastes to improve soil quality and nutrient balances. Brasil. unioeste/ Western Parana State University.
17. Cheolwook, N., L. Moonjeong and P. Kuenwoo. 2001. Effect of magnesium ion content in nutrient solution on the growth and quality of marjoram. Acta Hort. 548: 485-490.
18. De Koning, H. W. 1987. Setting environmental standards. Guidelines for decision-making. World Health Organization, Geneva Switzerland.
19. Kapoor, R., B. Giri and K. G. Mukerji. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *Foeniculum vulgare* mill on mycorrhizal inoculation supplemented with Pfertilizer. Biores. Technol. 93:307-311.
20. Keller, C., S. P. Grath and S. J. Mc Dunham. 2002. Trace metal leaching through a soil grassland system after sewage sludge application. Environ Qual. 31: 1550-1560.
21. Lasat, M. M. 2000. Phytoextraction of metals from contaminated soil: A review of plant, soil, metal. Interaction and assessment of pertinent agronomic issues. J. Hazardous Substance Res. 2: 1- 25.
22. Meli, S., M. Porto, A. Belligno. S.A. Bufo. A. Mazzatura and A. Scopa. 2002. Influence of Irrigation with Lagooned Urban Wastewater on Chemical and Microbiological Soil Parameters in a Citrus Orchard under Mediterranean Condition. The Sci. of the Total Environ. 285: 69-77.
23. Munir, J., M. Rusan, S. Hinnawi and L. Rousan. 2007. Long term effect of wastewater irrigation of forage crops on soil and plant quality parameters. J. Desalin. 215:143- 152.
24. Myers, B. J., S. O. Theiveyanath, N. O. Brian and W. J. Bond. 1996. Growth and water use of *Eucalyptus grandis* and *Pinus radiata* plantation irrigated with effluent. Tree Physioul. 16: 211-219.
25. Omid Baigi, R. and A. Arjmandi. 2002. Effects of NP supply on growth, development, yields and active substances of garden thyme (*Thymus vulgaris* L.). Acta Hort. 576:263-265.
26. Pais, I. and J. B. Jones. 1997. The Handbook of Trace Elements. St. Lucie Press, Boca Raton, Florida.
27. Rattan, R. K., S. P. Datta, P. K. Chhonkar, K. Suribabu and A. K Singh. 2005. Long-term Impact of Irrigation with Sewage Effluents on Heavy Metal Content in Soils, Crops and Groundwater a case study. Agriculture, Ecosys. and Environ. 109: 310-322.
28. Sell, C. S. 2003. A Fragrant Introduction to Terpenoid Chemistry. The Royal Society of Chemistry. Thomas Graham House. Science Park. Milton Road. Cambridge, UK. 410p.
29. Udagawa, Y. 1995. Some responses of dill (*Anethum graveolens*) and thyme (*Thymus vulgaris*) grown in hydroponic, to the concentration of nutrient solution. Acta Hort. 396:203-210.

The Effect of Using Urban Wastewater of Shahrekord on Growth, Yield and Accumulation of Lead and Cadmium in Medicinal Plant Lemon Balm (*Melissa officinalis*)

H. Alinezhad Jahromi^{1*}, A. Mohammadkhani¹ and M. H. Salehi²

(Received : Mar. 9-2011 ; Accepted : May 22-2011)

Abstract

Nowadays, due to drought and water shortage, use of unconventional waters, particularly sewage, has become usual in agriculture whereas they often contain heavy metals. The present study was employed to evaluate the effect of urban wastewater of Shahrekord on growth, yield and accumulation of heavy metals (lead and cadmium) in balm (*Melissa officinalis*) as a medicinal plant with five treatments (0, 25, 50, 75 and 100 percent wastewater) and three replications in a completely randomized experimental design. The results showed that the highest shoot length, stem diameter and stem number, number of leaves and tillers are achieved in the treatment of 100 percent. The wet and dry weight of shoots and roots was highest in 100 % of wastewater. Oil percentage of the leaves was also the highest amount (1.23 %) in 100 % of wastewater. Accumulation of lead in roots and aerial parts and its transmission factor was not significant for the treatments. However, the highest concentration of lead in root (0.057 mg/kg) and shoots (0.013 mg/kg) was observed in 100 % of wastewater and the lowest one was related to zero percent of wastewater treatment. The lead concentration was less than the critical limit for all the treatments. The amount of cadmium was undetectable in all the plant samples. The results of this study demonstrated that urban wastewater of Shahrekord, in addition to providing water, increases plant growth and essential oil.

Keywords: Wastewater, Irrigation, Balm, Growth, Essential oil, Lead and cadmium.

1. Former MSc. Student and Assis. Prof. of Hort. Sci., Respectively, College of Agric., Shahrekord Univ., Shahrekord, Iran.

2. Assis. Prof. of Soil Sci. College of Agric., Shahrekord Univ., Shahrekord, Iran.

*: Corresponding Author, Email: h.alinezhad66@gmail.com