Archive of SID

تاثیرآبیاری با مقادیر متفاوت پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهری بر جذب عناصر توسط ارقام چمن ژاپنی (*Zoysia spp.*)

فاطمه سروش[۱]، سید فرهاد موسوی[۲]، خورشید رزمجو[۳] و بهروز مصطفی زاده فرد[۴]

چکیده

در مناطق خشک، منابع آب محدود بوده و می‌توان برای آبیاری چمن از پساب استفاده کرد. در هر صورت بایستی تاثیر آبیاری با پساب بر جذب عناصر مغذی و فلزات سنگین توسط گیاه ارزیابی شود. هدف از انجام این آزمایش ارزیابی استفاده از مقادیر مختلف پساب ثانویه تصفیه‌خانه فاضلاب شاهین شهر (شاهد ۱۰۰٪ آب و بدون پساب، ۵۰٪ آب و ۵۰٪ پساب، و ۱۰۰٪ پساب بدون آب) بر میزان جذب عناصر توسط چهار رقم زوشیاگراس (دو رقم *Zoysia matrella* و دو رقم *Zoysia japonica*) در یک خاک لوم طی ۱۰ ماه بود. این بررسی به‌صورت یک آزمایش فاکتوریل در قالب پایه بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار انجام شد. نتایج، افزایش جذب نیکل (Ni) و کبالت (Co) با کاربرد پساب برای آبیاری چمن را نشان داد. حداکثر نیتروژن (N)، فسفر (P)، پتاسیم (K)، آهن (Fe) و سرب (Pb) از خاک‌های آبیاری شده با ۵۰٪ پساب جذب شد. دو منبع آب آبیاری (آب شرب شهر اصفهان و پساب ثانویه تصفیه‌خانه شاهین‌شهر) سبب بروز تغییر معنی‌داری در غلظت Pb چمن نشدند. تغییرات غلظت K معنی‌دار نبود اما ارقام *Z. matrella* (DALZM1 و DALZM2)، بیشتر از ارقام *Z. japonica* (DALZJ1 و Mayko)، Ni و K جذب کردند. بر عکس, ارقام *Z. japonica* بیشتر از ارقام *Z. matrella* آهن، سرب و روی (Zn) جذب کردند. ارقام DALZM2 و DALZJ1 به ترتیب بیشترین میزان Co و Ni را جذب کردند. برهم‌کنش تیمارهای مختلف آبیاری و رقم چمن نشان داد که چگونه غلظت عناصر (N، P، K، Fe، Zn، Co، Ni و Pb) در درصدهای مختلف پساب تغییر می‌کند. در کل، تغییرات جذب با افزایش درصد پساب در آب آبیاری خطی نبود.

واژه‌های کلیدی: پساب، فلزات سنگین، چمن ژاپنی

۱. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۲ و ۴. استاد گروه آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۳. دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

امروزه استفاده مجدد از پساب به عنوان یکی از منابع پایدار آب در کشاورزی حائز اهمیت می‌باشد (عابدی کوپایی و همکاران، ۱۳۸۲). استفاده از پساب برای آبیاری گیاهان زینتی مانند چمن قابل قبول است، به‌خصوص که به دلیل غیر خوراکی بودن این گیاه، میزان نگرانی عمومی در نتیجه استفاده از پساب تا حد قابل ملاحظه‌ای کم‌تر از گیاهان مثمر است (گامیتو و همکاران، ۱۹۹۹). چمن گیاهی است که به مقدار زیاد فسفر، پتاسیم و نیتروژن نیاز دارد و این نیاز را می‌تواند از پساب تامین نماید. هم‌چنین عناصر ریزمغذی مورد نیاز چمن به مقدار کافی در پساب موجود است و نیز خصوصیات فیزیولوژیک چمن اثرات زیان‌آور پساب را به خوبی تحمل می‌کند (کارو و دانکن، ۲۰۰۰؛ گامیتو و همکاران، ۱۹۹۹).

ترکیب شیمیایی و بیولوژیک آب آلوده برای آبیاری چمن و فضای سبز بسیار مهم است. ترکیبات اصلی پساب تصفیه شده به ترکیبات منبع آب شهری، تعداد و انواع تاسیسات تجاری و صنعتی وابسته است. در اغلب موارد، پسابی که فرایند تصفیه پیشرفته یا ثانویه را پشت سر گذاشته، برای آبیاری چمن مناسب است (هریواندی, ۱۹۸۲). مشکل سمیت زمانی پیش می‌آید که عناصر به میزانی زیاد در چمن و دیگر گیاهان انباشته شوند. سمیت در نتیجه انباشتگی بُر، کلرید، مس، نیکل، روی یا کادمیوم روی می‌دهد. چمن‌ها اگر مرتباً چیده شوند، نسبت به سایر گیاهان تحمل بیشتری نسبت به انباشتگی عناصر در بافت‌های گیاهی دارند. لیکن اگر از چمن به عنوان فیلتر زنده استفاده شود، بایستی همه چیدن‌ها حذف شود چون این کار باعث می‌شود موادی که به‌وسیله چمن جذب شده به خاک برگردانده شود (کارو و دانکن، ۲۰۰۰؛ هریواندی، ۱۹۸۲).

چمن ژاپنی (Zoysia grass) چمنی است گرمسیری با بافت برگی بسیار ظریف تا بسیار پهن و رنگ سبز نسبتاً روشن که تراکم بسیار خوب و پاخوری مناسب دارد (هنسون و جوسکا، ۱۹۶۹). از انواع چمن‌های ژاپنی، ارقام *Zoysia matrella* و *Zoysia japonica* هستند، که در این میان *Z. japonica* در خاک‌های فقیر رشد می‌کند، ولی برای کیفیت خوب احتیاج به کوددهی دارد. این چمن برای زمین‌های ورزشی، منازل و پارک‌ها مناسب است. چمن *Z. matrella* برای پارک‌ها ومنازل بسیار عالی می‌باشد.

با توجه به مناسب بودن اقلیم منطقه اصفهان برای کشت چمن‌های گرمسیری، امکان استفاده از پساب تصفیه شده تصفیه‌خانه شاهین‌شهر برای آبیاری فضای سبز در سراسر سال وجود دارد. صفری سنجانی و حاج رسولیها (۱۳۷۹) با ارزیابی کیفیت آب آبیاری کشاورزان منطقه برخوار اصفهان که از فاضلاب تصفیه شده تصفیه‌خانه شمال اصفهان به عنوان منبع آب آبیاری استفاده می‌کنند، نشان دادند که میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم آن بالاست. هم‌چنین مقایسه ویژگی‌های این پساب با جدول رهنمودهای تفسیر کیفیت آب آبیاری سازمان کشاورزی و خواروبار جهانی نشان داد که کلر، سدیم و به ویژه بی‌کربنات پساب بالا بوده و بسته به روش آبیاری و نوع گیاه می‌تواند زیان‌آور باشد. بنابراین از آن‌جایی‌که چمن گیاهی است که به مقادیر زیاد نیتروژن احتیاج دارد، لذا نیتروژن موجود در پساب می‌تواند جایگزین کودهای متداول شود. از طرفی، با حذف نیتروژن، از آلودگی آب‌های زیرزمینی نیز جلوگیری می‌شود. این پژوهش با هدف بررسی تاثیر آبیاری با مقادیر متفاوت پساب بر جذب نیتروژن، فسفر و چند فلز سنگین توسط ارقام چمن ژاپنی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه چاه اناری واقع در دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. منبع آب آبیاری، آب آشامیدنی شهر اصفهان و پساب تصفیه شده در حد ثانویه از تصفیه‌خانه شاهین‌شهر بود. جدول۱ متوسط کیفیت این دو منبع آب را نشان می‌دهد. بعلاوه نتایج تجزیه شیمیایی خاک قبل از شروع آزمایش و هم‌چنین میزان پارامترهای خاک پس از اتمام آزمایش (که متوسط تیمارهای مختلف آب و پساب است) در جدول ۲ ارائه شده است. لازم به ذکر است که قبل از اعمال تیمارهای آبی، خاک آب‌شویی شد تا مناسب کشت چمن گردد.

این پژوهش، گلدانی و به صورت آزمایش فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام

www.SID.ir

Archive of SID

شد که در آن پساب فاکتور اول (شامل سه سطح: صفر درصد پساب و ۱۰۰٪ آب، ۵۰٪ پساب و ۵۰٪ آب، و ۱۰۰٪ پساب) و فاکتور دوم، ارقام چمن *Zoysia matrella* (DALZM1 و DALZM2) و ارقام *Zoysia japonica* (DALZJ1 و Mayko) می‌باشد که به اختصار به صورت M1، M2، J1 و Mko آورده شده است. تیمار صفر درصد پساب و ۱۰۰٪ آب به عنوان شاهد در نظر گرفته شد.

برای کشت چمن از گلدان‌های پلاستیکی شماره ۱۰ با قطر دهانه ۲۲ سانتی‌متر استفاده شد و در هر گلدان حدود ۱۰ استولن (دستک) کاشته شد. پس ازیک ماه آبیاری با آب شرب شهر اصفهان, استقرار کامل و تراکم مناسب بدست آمد. لذا اعمال تیمارهای آبی شروع شد.

برای اندازه‌گیری رطوبت خاک از روش وزنی استفاده شد. آبیاری بر اساس ۵۰٪ تخلیه مجاز رطوبتی صورت گرفت. پس از ۱۰ ماه آبیاری و مراقبت از چمن‌ها، قسمت هوایی آن‌ها از طوقه جدا شده و در پاکت‌های کاغذی ریخته و سپس در آون ۷۵ درجه به مدت ۴۸ ساعت خشک شد. میزان جذب نیتروژن توسط چمن به روش کلدال (پیج و همکاران، ۱۹۸۲)، فسفر توسط روش رنگ‌سنجی (مورفی و رایلی، ۱۹۶۲) و پتاسیم به وسیله دستگاه فلیم‌فتومتر و استفاده از منحنی استاندارد (پیج و همکاران، ۱۹۸۲) تعیین شد. برای اندازه‌گیری نیکل، کبالت، روی، آهن و سرب در گیاه به روش خاکسترگیری خشک عمل شد. سپس مواد خاکستر شده در اسید حل شده و عصاره‌گیری گردید و میزان فلزات سنگین داخل آن‌ها با دستگاه جذب اتمی خوانده شد (لیندسی و نورول، ۱۹۷۸). نتایج به کمک نرم‌افزار SAS و MSTATC مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و میانگین‌های به دست آمده با آزمون LSD در پایه آماری ۵٪ مقایسه شدند.

جدول ۱: نتایج تجزیه شیمیایی آب و پساب استفاده شده در آبیاری

پارامترهای اندازه‌گیری شده	واحد	آب آشامیدنی	پساب
پ- هاش	-	۷/۴۱	۷/۴
هدایت الکتریکی	دسی زیمنس بر متر	۰/۵۹	۱/۶
نیتروژن کل	میلی‌گرم در لیتر	-	۵۴/۱۲۵
نیتروژن آمونیاکی	میلی‌اکی والان در لیتر	۰/۹	۱/۲۲۵
پتاسیم	میلی‌اکی والان در لیتر	۰/۰۸	۰/۲۴
فسفر	"	۰/۱	۰/۱۵
سدیم	"	۱/۲	۷/۱۵
کلسیم	"	۳/۷	۳/۵
منیزیم	"	۳/۵	۲/۲۲
کلر	"	۲/۱	۵/۵
بی‌کربنات	"	۰	۴/۹
آهن	میلی‌گرم در لیتر	۰/۰۷	۰/۰۵۳
مس	"	۰	۰/۱۲۴
منگنز	"	۰	۰/۰۹۴
روی	"	۰/۰۰۵	۰/۰۱۳
نیکل	"	۰/۰۰۳	۰/۵۱
کادمیوم	"	۰/۰۰۱	۰/۰۱
سرب	"	۰/۰۰۴	۰
کبالت	"	۰/۰۰۴	۰/۰۱

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲: نتایج تجزیه شیمیایی خاک، قبل از شروع آزمایش و متوسط پارامترهای خاک پس از اعمال تیمارهای آبی

زمان	پارامترهای اندازه‌گیری شده											
	EC (dS/m)	OM (%)	N	P	K	Na	Ca	Mg	CO_3H	Fe	Pb	Zn
								(mg/kg)				
قبل ازشروع آزمایش	۶/۷۸	۱/۱۵	۰/۰۸	۶۵/۵	۶۹/۴	۴۱/۱	۴۰۰	۹۶	۹۷۶	۳/۹	۲/۹	۲
پایان آزمایش	۲/۹۸	۰/۷۴۷	۰/۰۷۳	۴۳	۲۷۶	۲۰۷	۱۴۸	۳۹	۶۳۰	۴/۸۶	۳/۸۱	۴/۵۲

نتایج و بحث

نیتروژن

جذب نیتروژن تحت تاثیر مقدار پساب در آب آبیاری قرار گرفت (جدول ۲)، به طوری که چمن‌های آبیاری شده با ۵۰٪ آب بیش‌ترین نیتروژن را جذب کردند. بین جذب نیتروژن در تیمار آبیاری ۱۰۰٪ آب و ۱۰۰٪ پساب اختلاف معنی‌داری وجود نداشت.

الهندس و همکاران (۱۹۹۵) گزارش کردند که در اثر آبیاری چمن‌های گرمسیری برمودا‌گراس با فاضلاب خانگی در فلوریدا، مقدار جذب نیتروژن در طول مدت مطالعه به‌صورت خطی افزایش یافته است. پروین و همکاران (۲۰۰۶) تجمع فلزات سنگین و عناصر مغذی در برگ درختان باغ‌های هلو، زردآلو، آلو و گلابی آبیاری شده با پساب را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها غلظت نیتروژن در برگ این گیاهان را کم‌تر از فسفر و پتاسیم اندازه‌گیری کردند. به عنوان مثال، در برگ هلو، غلظت نیتروژن ۰/۰۷، فسفر ۵/۰۴ و پتاسیم ۵/۶۴ میلی‌گرم در کیلوگرم بود.

لیو و همکاران (۲۰۰۰) با مطالعه نقش چند گراس درکانال‌های آبیاری و دو گونه برنج نتیجه گرفتند که جذب گیاهی نیتروژن از پساب به عملکرد بیولوژیک و خصوصیات گیاه مربوط می‌شود.

چنانچه در جدول ۳ دیده می‌شود تفاوت در میزان نیتروژن ارقامM1، M2 و Mko معنی‌دار نبوده و رقم J1 کم‌ترین مقدار نیتروژن را داشت که با نتایج لیو و همکاران (۲۰۰۰) مطابقت ندارد.

برهم‌کنش درصد پساب و رقم چمن (جدول ۳) نشان داد که رقم Mko در تیمار آبی ۵۰٪ پساب بیش‌ترین نیتروژن و رقم J1 در تیمار آبی ۱۰۰٪ پساب کم‌ترین مقدار نیتروژن را دارند. این جدول هم‌چنین نشان می‌دهد که اختلاف معنی‌داری در میزان نیتروژن ارقام M1 وM2 در درصدهای مختلف آب و پساب بوجود نمی‌آید، درحالی‌که میزان نیتروژن ارقام *Zoysia japonica* در درصدهای مختلف آب و پساب متفاوت بود. بنابراین، تفاوت در میزان نیتروژن جذب شده از پساب، به ویژگی‌های ارقام چمن بستگی دارد.

جدول ۳: اثرمتقابل تیمارهای آبیاری و ارقام چمن بر میزان نیتروژن چمن (درصد)

رقم چمن	تیمار آبیاری			میانگین
	۱۰۰٪ آب	۵۰٪ آب و ۵۰٪ پساب	۱۰۰٪ پساب	
M1	۱/۲۹۵ b	۱/۴۸۹ ab	۱/۳۴۵ b	۱/۳۷۶ A
M2	۱/۴۴۲ ab	۱/۵۶۹ ab	۱/۴۵۵ ab	۱/۴۸۹ A
J1	۰/۴۸۱ cd	۱/۴۱۷ ab	۰/۲۶۶ d	۰/۷۲۰ B
Mko	۰/۸۳۰ c	۱/۸۳۵ a	۱/۴۳۰ ab	۱/۳۶۵ A
میانگین	۱/۰۱۰ B	۱/۵۸۰ A	۱/۱۲۴ B	

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD معنی‌دار نیستند.

www.SID.ir

Archive of SID

فسفر

فسفر موجود در آب آبیاری ۰/۱ میلی‌اکی‌والان بر لیتر و در پساب ۰/۱۵ میلی‌اکی‌والان بر لیتر بود (جدول ۱). این تفاوت باعث کمی افزایش جذب فسفر توسط چمن شد که از لحاظ آماری معنی‌دار بود (جدول ۴). بیش‌ترین مقدار جذب شده در تیمار ۵۰٪ آب و ۵۰٪ پساب به دست آمد. علت این‌که میزان فسفر در تیمار ۱۰۰٪ پساب بیش‌ترین نبوده، به ویژگی چمن و رقم آن بستگی دارد. تفاوت در میزان فسفر ارقام مورد مطالعه نیز به لحاظ آماری معنی‌دار نبود، ولی رقم Mko بیش‌ترین مقدار فسفر را داشت. وازکز- مونتیل و همکاران (۱۹۹۶) با آبیاری مزرعه ذرت با پساب، مکانیـزم اصلی حذف فسفر را فرایندهای خاک ذکر کردند. لذا احتمالاً فسفر موجود در پساب به‌وسیله خاک حذف شده و در نتیجه تفاوت در جذب ایجاد نشده است.

پتاسیم

جدول ۵ نشان می‌دهد که وجود پساب در آب آبیاری سبب تغییر جذب پتاسیم نسبت به تیمار شاهد شد، به‌طوری که تیمار ۱۰۰٪ آب کم‌ترین مقدار پتاسیم را داشت و میزان جذب پتاسیم در تیمار ۵۰٪ پساب بیش‌تر از تیمار ۱۰۰٪ پساب بوده ولی این دو تیمار اختلاف معنی‌داری نداشتند.

نادیا و همکاران (۲۰۰۴) با بررسی اثر کادمیوم و ترکیبات کادمیوم، روی و مس نشان دادند که کادمیوم به تنهایی روی غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم بافت گیاهی نی (*Phragmites australis*) موثر نبود در حالی که در تیمارهای ترکیبی کادمیوم، روی و مس، غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم در بافت گیاهی ریشه و جوانه آن کاهش یافت. با توجه به نتایج این پژوهشگران به نظر می‌رسد که با افزایش درصد پساب در آب آبیاری تا ۵۰٪، میزان ترکیبات کادمیوم، روی و مس در آب آبیاری به اندازه‌ای نیست که مانع جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم شود. بنابراین جذب این عناصر بنا بر مقدار قابل دسترسی آن‌ها صورت می‌گیرد، چون مقدار پتاسیم موجود در پساب ۰/۲۴ و در آب ۰/۰۸ میلی اکی‌والان بر لیتر بود (جدول ۱). در تیمار ۱۰۰٪ پساب، جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم کاهش یافت. بنابراین میزان روی، کادمیوم و مس در آب آبیاری به حدی بوده که در جذب این سه عنصر اختلال ایجاد کرده است.

میزان جذب پتاسیم توسط ارقام مختلف چمن متفاوت بود. ارقام M1 و M2 پتاسیم بیش‌تری نسبت به ارقام J1 و Mko داشتند و تفاوت بین میزان پتاسیم ارقام معنی‌دار بود (جدول ۵).

برهمکنش درصد پساب و رقم چمن (جدول ۵) نشان داد که رقم M2 با آبیاری با تیمار ۵۰٪ پساب

جدول ۴: اثر تیمار آبیاری و رقم بر میزان میانگین فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم) جذب شده توسط چمن

پارامتر	تیمار آبیاری			رقم چمن			
	۱۰۰٪ پساب	۵۰٪ آب و ۵۰٪ پساب	۱۰۰٪ آب	M1	M2	J1	Mko
P	۱۵۴۳ ab	۱۷۳۵ a	۱۴۱۹ b	۱۵۶۶ a	۱۴۱۸ a	۱۶۳۵ a	۱۶۴۳ a

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD معنی‌دار نیستند.

جدول ۵: اثرمتقابل درصد تیمارهای آبیاری و ارقام بر میزان پتاسیم چمن (میلی‌گرم در کیلوگرم)

رقم چمن	درصد پساب			میانگین
	۱۰۰٪ آب	۵۰٪آب و ۵۰٪ پساب	۱۰۰٪ پساب	
M1	۱۲۱۵۵ abc	۱۳۴۷۴ ab	۱۳۵۸۴ ab	۱۳۰۶۱ A
M2	۱۴۱۳۰ ab	۱۴۳۷۴ a	۱۳۰۸۵ ab	۱۳۸۶۳ A
J1	۱۰۲۲۶ c	۱۱۷۰۷ bc	۱۱۹۲۵ abc	۱۱۲۸۶ B
Mko	۷۴۱۳ d	۱۲۷۹۷ ab	۱۱۹۲۱ bc	۱۰۷۱۰ B
میانگین	۱۰۹۸۱ B	۱۳۰۸۸ A	۱۲۶۲۱ A	

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD معنی‌دار نیستند.

www.SID.ir

Archive of SID

بیش‌ترین پتاسیم و رقم Mko با آبیاری با ۱۰۰٪ آب کم‌ترین میزان پتاسیم را داشت. تمام ارقام مورد مطالعه، به جز M2، در تیمار ۱۰۰٪ آب، پتاسیم کم‌تری نسبت به سایر تیمارها داشتند، درحالی‌که رقم M2 در ۱۰۰٪ پساب کم‌ترین مقدار پتاسیم راجذب کرد.

کبالت

جذب کبالت با افزایش درصد پساب در آب آبیاری افزایش یافت (جدول ۶). به طوری که چمن‌های مورد بررسی در تیمار ۱۰۰٪ پساب بیش‌ترین مقدار کبالت را داشتند. اما شیخ و همکاران (۱۹۹۰) با اندازه‌گیری فلرات سنگین در گیاه و خاک‌های آبیاری شده با فاضلاب و آب معمولی نتیجه گرفتند که تفاوت معنی‌داری در جذب فلز کبالت با دو نوع آب وجود نداشت.

البته افزایش جذب کبالت با افزایش درصد پساب در آب آبیاری نگران کننده نیست. مائو و همکاران (به نقل از گوک و همکاران ۱۹۷۹) گزارش کردند که کمبود کبالت متداول‌تر از سمیت ناشی از آن بوده و خطر زیست‌محیطی ناشی از سمیت کبالت حداقل است.

میانگین‌های مقدار کبالت (جدول ۶) نشان داد که رقم M2 بیش‌ترین مقدار کبالت را در بین ارقام چمن مورد مطالعه دارد. بین سایر ارقام از لحاظ مقدار کبالت تفاوت معنی‌داری وجود نداشت.

اثر متقابل درصد پساب و رقم (جدول ۶) نشان داد که چمن رقم M2 تحت تیمار ۱۰۰٪ پساب بیش‌ترین و رقم M1 تحت تیمار ۱۰۰٪ آب کم‌ترین مقدار کبالت را جذب کردند. نتایج نشان می‌دهد که بر خلاف ارقام J1 و M2 که با افزایش درصد پساب در آب آبیاری کبالت بیشتری داشتند، رقم M1 در تیمار آبی ۵۰٪ پساب ۲۰۳٪ افزایش نسبت به تیمار شاهد داشت که نسبت به افزایش ۱۰۷٪ در تیمار۱۰۰٪ پساب به طور قابل توجهی بیش‌تر است. هم‌چنین مقدار کبالت رقم Mko در تیمار ۵۰٪ پساب ۲٪ کاهش یافت، درحالی که در تیمار ۱۰۰٪ پساب نسبت به تیمار شاهد ۱۰۸٪ افزایش نشان داد.

جدول ۶: اثرمتقابل تیمارهای آبیاری و ارقام چمن بر میزان کبالت (میلی‌گرم در کیلوگرم)

رقم چمن	تیمار آبیاری			میانگین
	۱۰۰٪ آب	۵۰٪آب و ۵۰٪ پساب	۱۰۰٪ پساب	
M1	۷/۲۵ g	۲۲/۰۰ bc	۱۵/۰۰ d-f	۱۴/۷۵ B
M2	۱۴/۵۰ d-f	۱۷/۵۰ c-e	۳۰/۰۰ a	۲۰/۶۷ A
J1	۱۱/۵۰ fg	۱۸/۰۰ cd	۲۱/۰۰ bc	۱۶/۸۳ B
Mko	۱۲/۵۰ e-g	۱۲/۲۵ e-g	۲۶/۰۰ ab	۱۶/۹۱ B
میانگین	۱۱/۴۴ C	۱۷/۴۴ B	۲۳/۰۰ A	

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD معنی‌دار نیستند.

نیکل

با زیاد شدن درصد پساب در آب آبیاری، جذب نیکل افزایش یافت به‌طوری که چمن‌های آبیاری شده با ۱۰۰٪ پساب بیش‌ترین نیکل را داشتند (جدول ۷). عرفانی و همکاران (۱۳۸۰) با کاربرد پساب خانگی برای گیاه گوجه‌فرنگی افزایش جذب نیکل را در تمام اندام‌های گیاه مشاهده نمودند. راتان و همکاران (۲۰۰۵) نیز افزایش نیکل در گندم، سورگوم، ذرت و اسفناج را در خاک‌های آبیاری شده با فاضلاب نسبت به خاک‌های آبیاری شده با آب چاه گزارش کردند. بنابراین میزان جذب نیکل به غلظت این فلز در منبع آب آبیاری بستگی دارد.

جدول ۷ نشان می‌دهد که رقم J1 بیش‌ترین و رقم M1 حداقل مقدار نیکل را در بین ارقام چمن مورد مطالعه داشت. بررسی اثر متقابل درصد پساب و رقم چمن (جدول ۷) نشان می‌دهدکه M2 تحت تیمار ۱۰۰٪ پساب بیش‌ترین و رقم M1 تحت تیمار ۱۰۰٪ آب کم‌ترین نیکل را جذب کردند. میزان نیکل رقم M2 تفاوت معنی‌داری با رقم Mko در ۱۰۰٪ پساب نداشت.

www.SID.ir

Archive of SID

چنان‌چه در جدول ۷ آمده است، بر خلاف ارقام J1 ، M2 و Mko که با افزایش درصد پساب در آب آبیاری نیکل بیش‌تری جذب کردند، رقم M1 در تیمار آبی ۵۰٪ پساب، بیش‌ترین نیکل را جذب کرد. بنابراین میزان نیکل برای ارقام مورد مطالعه، به غیر از M1، با میزان دسترسی این فلز در ارتباط است.

جدول ۷: میزان نیکل (میلی‌گرم در کیلوگرم) ارقام چمن مورد مطالعه در تیمارهای مختلف آبیاری

رقم چمن	تیمار آبیاری			میانگین
	۱۰۰٪ آب	۵۰٪ آب و ۵۰٪ پساب	۱۰۰٪ پساب	
M1	۱۲/۲۵ f	۵۳/۵۰ ab	۳۸/۷۵ cd	۳۴/۸۳ B
M2	۲۱/۵۰ ef	۴۶/۰۰ bc	۶۷/۰۰ a	۴۴/۸۳ A
J1	۲۵/۰۰ d-f	۵۶/۰۰ ab	۵۸/۵۰ ab	۴۶/۵۰ A
Mko	۲۷/۵۰ de	۳۲/۲۵ c-e	۶۵/۰۰ a	۴۱/۵۸ AB
میانگین	۲۱/۵۶ C	۴۶/۹۴ B	۵۷/۳۱ A	

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD معنی‌دار نیستند.

آهن

چمن‌های کشت شده تحت تیمار آبی ۵۰٪ بیش‌ترین آهن را جذب کردند، درحالی که بین جذب گیاهی این عنصر در تیمارهای ۱۰۰٪ آب و ۱۰۰٪ پساب تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۸). بنا به گزارش فاضلی و همکاران (۱۹۹۸) جذب فلزی با افزایش pH خاک کاهش می‌یابد. بنابراین pH کمتر خاک در تیمار ۵۰٪ پساب می‌تواند جذب بیش‌تر آهن در این تیمار را باعث شده باشد. عرفانی و همکاران (۱۳۸۰) با به‌کارگیری فاضلاب تصفیه شده خانگی، افزایش جذب آهن را در تمام قسمت‌های گیاه گوجه‌فرنگی مشاهده کردند.

میزان جذب آهن در گیاهان مختلف متفاوت است. برای مثال، راتان و همکاران (۲۰۰۵) میزان جذب آهن در چند گیاه مختلف را تحت آبیاری با فاضلاب و آب چاه مورد مقایسه قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که میزان آهن در اسفناج آبیاری شده با فاضلاب ۷۱۱ و در اسفناج آبیاری شده با آب چاه ۷۳۴ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. میزان آهن در خیار آبیاری شده با فاضلاب ۹۳۲ میلی‌گرم در کیلوگرم اندازه‌گیری شد. هم‌چنین میزان آهن در ذرت در خاک‌های آبیاری شده با فاضلاب ۵۳۱ و در خاک‌های آبیاری شده با آب چاه ۹۹ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. سولیس و همکاران (۲۰۰۵) با کاربرد پساب خانگی در مکزیکوسیتی، میزان آهن را در ساقه کدو ۴۱۶، ساقه جو ۲۲۷، ساقه یونجه ۹۱/۵ و در برگ گراس ۱۱۴/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش کردند.

میزان آهن اندازه‌گیری شده در ارقام مختلف نیز متفاوت بود. ارقام *Zoysia japonica* (J1 و Mko) آهن بیش‌تری از ارقام *Zoysia matrella* (M1 و M2) داشتند و تفاوت بین میزان آهن ارقام هر گونه معنی‌دار نبود (جدول ۸).

جدول ۸: میزان آهن (میلی‌گرم در کیلوگرم) در ارقام چمن مورد مطالعه در تیمارهای مختلف آبیاری

رقم چمن	تیمار آبیاری			میانگین
	۱۰۰٪ آب	۵۰٪ آب و ۵۰٪ پساب	۱۰۰٪ پساب	
M1	۴۳۲ d	۴۲۰ d	۷۸۰ c-d	۵۴۴ B
M2	۴۱۷ d	۶۱۵ cd	۴۳۰ d	۴۸۷ B
J1	۱۱۰۰ b	۸۴۷ bc	۱۰۰۵ bc	۹۸۴ A
Mko	۸۵۱ bc	۱۸۷۸ a	۴۲۵ d	۱۰۵۱ A
میانگین	۷۰۰ B	۹۴۰ A	۶۶۰ B	

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD معنی‌دار نیستند.

www.SID.ir

Archive of SID

برهمکنش ترکیب‌های آب و پساب و ارقام مورد مطالعه نشان می‌دهد که این ترکیب‌ها تاثیر معنی‌داری بر مقدار آهن توسط ارقام J1، M2 و M1 نداشت و تنها مقدار آهن رقم Mko با تغییر میزان پساب در آب آبیاری تغییر کرد (جدول ۸).

بنابراین تفاوت میزان آهن در تیمارهای مختلف در حدی نبوده که جذب توسط ارقام J1 ، M2 و M1 را تحت تاثیر قرار دهد و تنها رقم Mko احتمالاً به دلیل حساسیت به تغییرات pH خاک، جذب متفاوتی داشته است.

روی

نتایج نشان داد که افزایش درصد پساب آبیاری تفاوت معنی‌داری در مقدار روی چمن‌ها ایجاد نکرد (جدول ۹). شیخ و همکاران (۱۹۹۰) گزارش کردند که کاربرد پساب باعث بروز اختلاف معنی‌داری در جذب روی نشده است. اما، راتان و همکاران (۲۰۰۵) افزایش جذب روی درگندم، ذرت و اسفناج در خاک‌های آبیاری شده با فاضلاب نسبت به خاک‌های آبیاری شده با آب چاه راگزارش کردند.

سرب

چمن‌های کشت شده تحت تیمار آبیاری ۵۰٪ پساب بیش‌ترین و در تیمار ۱۰۰٪ پساب کم‌ترین سرب را داشتند (جدول ۱۰). بنا به گزارش فاضلی و همکاران (۱۹۹۸) جذب فلزی با افزایش pH خاک کاهش می‌یابد. بنابراین افزایش کم‌تر pH خاک در تیمار ۵۰٪ پساب می‌تواند جذب بیشتر سرب در این تیمار را باعث شده باشد.

میزان سرب در ارقام مختلف چمن متفاوت بود. ارقام J1 و Mko سرب بیش‌تری نسبت به ارقام M1 و M2 داشتند. رقم Mko بیش‌ترین و رقم M2 کم‌ترین مقدار سرب را جذب کردند (جدول ۱۰).

برهمکنش ترکیب‌های مختلف آب و پساب و ارقام مورد مطالعه نشان داد که تمام ارقام به غیر از Mko در ۵۰٪ پساب بیش‌ترین و در ۱۰۰٪ پساب کم‌ترین مقدار سرب را داشتند. این درحالی است که میزان سرب جذب شده توسط رقم Mko با افزایش درصد پساب در آب آبیاری کاهش یافت (جدول ۱۰).

جدول ۹: اثر تیمار آبیاری و رقم بر میانگین میزان روی (میلی‌گرم در کیلوگرم) جذب شده توسط چمن

پارامتر	تیمار آبیاری			رقم چمن			
	۱۰۰٪ آب	۵۰٪ آب و ۵۰٪ پساب	۱۰۰٪ پساب	M1	M2	J1	Mko
Zn	۸۳ a	۸۹ a	۸۸ a	۶۵ b	۶۶ b	۱۱۸ a	۹۸ a

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD معنی‌دار نیستند.

جدول ۱۰: اثر متقابل تیمارهای آبیاری و ارقام چمن بر میزان سرب (میلی‌گرم در کیلوگرم)

رقم چمن	تیمار آبیاری			میانگین
	۱۰۰٪ آب	۵۰٪ آب و ۵۰٪ پساب	۱۰۰٪ پساب	
M1	۳/۱۹ ef	۶/۰۸ bc	۱/۵۶ fg	۳/۶۱ B
M2	۳/۱۹ ef	۴/۶۸ c-e	۰/۰۰ g	۲/۶۲ B
J1	۴/۲۵ de	۸/۴۹ a	۱/۵۶ fg	۴/۷۷ A
Mko	۷/۲۹ ab	۵/۳۶ cd	۳/۱۳ ef	۵/۲۶ A
میانگین	۴/۴۸ B	۶/۱۵ A	۱/۵۶ C	

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD معنی‌دار نیستند.

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری

چهار رقم چمن ژاپنی با آب شرب شهری و پنج تیمار ترکیبی از آب شرب شهری و پساب تصفیه‌خانه شاهین‌شهر در یک خاک لوم آبیاری شدند. نتایج نشان داد که پساب به عنوان یک منبع آب آبیاری، پتانسیل تامین عناصر مغذی مورد نیاز چمن را دارد. جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم تحت تاثیر تیمارهای پساب قرار گرفت. جذب فلزات سنگین توسط چمن با افزایش میزان فلزات سنگین در آب و خاک به‌طور خطی تغییر نکرد. نتیجه کاربردی آن، این است‌که اگرچه استفاده از پساب سبب افزایش فلزات موجود در خاک می‌شود، اما این تغییر به همان نسبت به گیاه منتقل نمی‌شود. در صورتی که هدف از کاشت چمن جذب فلزات سنگین از خاک‌های آلوده باشد، بعضی از ارقام چمن می‌توانند فلزات سنگین را در مقادیر قابل توجهی جذب نمایند.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از سازمان پارک‌ها و فضای سبز وابسته به شهرداری اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان و مسئولین تصفیه‌خانه شاهین‌شهر که در تامین بودجه و امکانات اجرای این پژوهش صمیمانه همکاری کردند قدردانی می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

صفری سنجانی، ع. ا. و حاج رسولی‌ها، ش. ۱۳۷۹. ارزیابی کیفیت پساب تصفیه‌خانه شمال اصفهان برای کشاورزی. آب و فاضلاب، ۳۳ : ۲۰ - ۲۶.

عابدی کوپایی، ج.، افیونی، م.، موسوی، ف.، مصطفی زاده، ب. و باقری، م. ۱۳۸۲. تاثیر آبیاری بارانی و سطحی با فاضلاب تصفیه شده بر شوری خاک. آب و فاضلاب، ۴۵ : ۲ - ۱۲.

عرفانی، ع.، حق نیا، غ. و علیزاده، ا. ۱۳۸۰. تاثیر آبیاری با فاضلاب تصفیه شده خانگی برعملکرد وکیفیت گوجه فرنگی. علوم وصنایع کشاورزی، ۱۵(۱): ۶۵ - ۷۷.

Alhands, M. N., Allick, S. A., Overman, A. R., Leseman, W. G. and Vidak, W. 1995. Municipal water reuse at Tallahassee, Florida. Trans. ASAE 38(2): 411-418.

Berry, W. L. 1974. I. The use of effluent water in your management program- Characteristics of effluent water. California Turfgrass Culture 24(4): 26-27.

Carrow, R. N. and Duncan, R. R. 2000. Wastewater and seawater use for turfgrasses: Potential problems and solutions. Proc. 2000 Irrig. Assoc. of Australia, PP. 679-683, Melbourne, Australia.

Fazeli, M. S., Khosravan, F., Hossini, M., Sathyanarayan, S. and Satish, P. N. 1998. Enrichment of heavy metals in paddy crops irrigated by paper mill effluents near Nanjangud, Mysore District, Karnatake, India. Environmental Geology 34(4):297-302.

Gamito, P., Arsenio, A., Faleiro, M. L., Brito, J. M. C. and Beltrao, J. 1999. The influence of wastewater treatment on irrigation water quality. In: D. Anac and P. Martin-Prevel (Eds.). International Workshop on Improved Crop Quality by Nutrient Management, Bornova, Izmir, Turkey, PP. 267-270, Kluwer Academic Publishers.

Gough, L. P., Shacklette, H. T. and Case, A. A. 1979. Element concentration toxic to plants, animals and man. US Geological Survey Bulletin, US Government Printing Office, Washington, DC.

Hanson, A. A. and Juska, F. V. 1969. Turfgrass Science, American Society of Agronomy, Inc., Madison, Wisconsin, USA.

Harivandi, A. 1982. The use of effluent water for turfgrass irrigation. California Turfgrass Culture 32(3-4): 1-4.

Lindsay, W. L. and Norvell, W. A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Sci. Soc. Am. J. 42: 421-428.

Liu, J., Qiu, Ch., Xiao, B. and Cheng, Zh. 2000. The role of plants in channel-dyke and field irrigation systems for domestic wastewater treatment in an integrated eco-engineering system. Ecological Engineering 16(2): 235-241.

Madyiwa, S., Chimbari, M., Nyamangara, J. and Bangira, C. 2002. Cumulative effects of sewage sludge and effluent mixture application on soil properties of a sandy soil under a mixture of star and kikuyu grasses in Zimbabwe. Physics and Chemistry of the Earth 27: 747-753.

Madyiwa, S., Chimbari, M. J., Schutte, C. F. and Nyamangara, J. 2003. Greenhouse studies on the phyto-extraction capacity of *Cynodon nlemfuensis* for lead and cadmium under irrigation with treated wastewater. Physics and Chemistry of the Earth 28: 859-867.

Miller, J. E., Hassett, J. J. and Koeppe, D. E. 1977. Interactions of lead and uptake metal on cadmium and growth of corn plants. J. Environ. Qual. 6: 18–20.

Murphy, J. and Riley, J. P. 1962. A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters. Anal. Chim. Acta. 27: 31-36.

Nadia, A. A, Bernal, M. P. and Ater, M. 2004. Tolerance and bioaccumulation of cadmium by *Phragmites australis* grown in the presence of elevated concentrations of cadmium, copper, and zinc. Aquatic Botany 80(3): 163-176.

www.SID.ir

Archive of SID

Page, A. L., Miller, R. H. and Keeney, D. R. 1982. Methods of soil analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties. Soil Sci. Soc. Am. Inc., Second Edition.

Parveen, S., Nazif, W., Ahmad, M.F., Khan, A. and Khattak, I.A. 2006. Nutritional status of different orchards irrigated with wastewater in district Peshavar. J. of Agricultural and Biological Science 1(1): 42-50.

Rattan, R.K., Datta, S.P., Chhonkar, P.K., Suribabu, K. and Singh, A. K. 2005. Long-term impact of irrigation with sewage effluents on heavy metal content in soils, crops and groundwater—a case study. Agriculture, Ecosystems and Environment 109: 310–322.

Sheikh, B., Cort, R. P., Kirkpatrick, W. R., Jaques, R. S. and Asano, T. 1990. Monterey wastewater reclamation study for agriculture. Research J. of the Water Pollution Control 62(3): 216-226.

Solis, C., Andrade, E., Mireles, A., Reyes-Solis, I.E., Garcia-Calderon, N., Langunas-Solar, M.C., Pina, C.U. and Flochini, R.G. 2005. Distribution of heavy metals in plants cultivated with wastewater irrigated soils during different periods of time. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B241: 351-355.

Vazquez-Montiel, O., Horan, N. J. and D. D. Mara. 1996. Management of domestic wastewater for reuse in irrigation. Water Science and Technology 33(10-11): 355-362.

www.SID.ir

Archive of SID

Effects of Irrigation with Different Amounts of Wastewater on Adsorption of Chemical Elements by Zoysia Grass (*Zoysia spp.*)

Soroush[1], F., Mousavi[2], S. F., Razmjoo[3], K. and Mostafazadeh-Fard[4], B.

Abstract

In arid climates, water is a limited resource, and turfgrass could be irrigated with wastewater. However, effect of irrigation with wastewater on nutrients and heavy metals uptake by plants needs to be evaluated. The objective of this research was to evaluate the effects of different percentages of advanced treated wastewater (TW) of Shahinshahr Wastewater Treatment Plant (100% water (control) with no TW, 50% water and 50% TW, and 100% TW with no water) on chemical elements uptake by four varieties of Zoysia grass (two varieties of *Zoysia matrella* and two varieties of *Zoysia japonica*) in a loamy soil for a period of 10 months. A factorial experiment was carried out using a complete randomized block design with three replications. The results indicated that using TW for irrigating turfgrass increased plant uptake of Ni and Co. Maximum N, P, K, Fe, and Pb was measured in 50% TW irrigated soils. There was no significant variation in Pb uptake in these sources of irrigation water (drinking water of Isfahan and TW of Shahinshahr Wastewater Treatment Plant). Variation of K content was not significant. But varieties of *Zoysia matrella* (DALZM1 and DALZM2) absorbed more Ni and K than varieties of *Zoysia japonica* (DALZJ1 and Mayko). Varieties of *Zoysia japonica* absorbed more Fe, Pb and Zn than varieties of *Zoysia matrella*. DALZM2 and DALZJ1 varieties absorbed the highest amount of Co and Ni. Interaction of percentages of TW and turfgrass variety indicated how the content of N, P, K, Fe, Zn, Co, Ni and Pb changed in different percentages of TW. The relation between elements uptake and increasing the percentage of wastewater in irrigation water was not linear.

Keywords: Wastewater, Heavy metals, Zoysia grass

1. Former graduate student, Faculty of agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
2 and 4. Professor, Faculty of agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
3. Associate Professor, Faculty of agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

www.SID.ir