

## تعیین الگوی کشت در استفاده مجدد از پساب فاضلاب‌های شهری (مطالعه موردی: تصفیه‌خانه‌های شمال و شرق اصفهان)

سیدمحمد موسوی

رئیس اداره نظارت بر بهره‌برداری تصفیه‌خانه‌های فاضلاب استان اصفهان، m\_musave@yahoo.com

### چکیده

استفاده از پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب برای آبیاری کشاورزی در سال‌های اخیر به دلیل خشکسالی‌های پی‌درپی اهمیت زیادی یافته است. توجه به نیازهای آبی محصولات کشاورزی، نوع کشت اثرات کیفی عوامل بیماری‌زا، سموم و فلزات سنگین موجود در پساب بر محصولات کشاورزی و ورود آنها به چرخه غذایی باید مدنظر قرار گیرد. در این تحقیق، استفاده‌های مجدد از پساب تصفیه‌خانه فاضلاب، روش‌های آبیاری، نیازهای کمی و کیفی کشاورزی و کاربرد پساب در دیگر کشورها بررسی شده است. مطالعه موردی، بررسی الگوی کشت زمین‌های کشاورزی اطراف تصفیه‌خانه فاضلاب شمال و شرق اصفهان و اثرات آبیاری پساب بر تجمع‌پذیری فلزات سنگین محصولات، اثر عوامل بیماری‌زا بر خاک و محصول کشاورزی است. همچنین، موضوع ایجاد درختکاری با پساب در تصفیه‌خانه‌های شمال و شرق اصفهان به‌عنوان الگوی کشت جایگزین و بهداشتی بررسی شده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد بین غلظت عناصر سرب کادمیم و نیکل در گیاهان و خاک آبیاری شده (گندم و جو) با پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شمال اصفهان در مقایسه با گیاهان آبیاری شده با آب کشاورزی (چاه یا رودخانه) رابطه معنی‌دار آماری وجود دارد. در این مطالعه سعی شده است الگوی کشت مناسب به‌عنوان جایگزین کشت گیاهان مثرم معرفی شود. کشت درخت صنوبر، درخت زربید، گیاه سورگوم و گیاه منداب که پتانسیل مناسبی برای تولید چوب، بیواتانول و بیودیزل است، در تصفیه‌خانه فاضلاب شرق اصفهان بررسی شده است.

واژه‌های کلیدی: آبیاری کشاورزی با پساب، پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب، کشت جایگزین با پساب

### ۱- مقدمه

استفاده از فاضلاب در امر کشاورزی بخاطر دارا بودن نیترات، فسفات و سایر مواد مغزی از سابقه طولانی برخوردار است و در این مورد لازم است کیفیت فاضلاب موردتوجه قرارگیرد تا هم کشتزارها در اثر حضور مواد سمی و فلزات سنگین در فاضلاب آسیب نبینند و هم مشکلات بهداشتی خود کشاورزان و مصرف کنندگان محصولات کشاورزی کنترل گردد. به طور کلی طبق گزارشات سازمان بهداشت جهانی فاضلاب تصفیه شده برای استفاده مزارع سبزیجات از قبیل کاهو، کلم، کرفس و یا سبزیجاتی که محصولشان در ریشه وجود دارد مانند پیاز، ترپچه و هویج دو سایر اقلامی که برای تهیه سالاد مصرف می‌شود مانند پیاز، چغندر، خیار، فلفل و خیلی دیگر از گیاهانی که از قبیل می باشند غیر استاندارد تلقی شده است. یعنی فاضلاب تصفیه شده را نمی‌توان برای آبیاری این قبیل محصولات بکار برد، بدیهی است که استفاده از فاضلاب تصفیه شده شهری فوق‌العاده مضر بوده و چنانچه فاضلاب صنعتی و شهری بطور مشترک جمع‌آوری شود و بدون تصفیه در اینگونه مزارع مورد استفاده قرار گیرد، بی‌تردید مضرات مشابهی را بر جای خواهد گذاشت. همچنین بر طبق گزارشات WHO استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای مزارعی که محصولات آن بطور خام مصرف می‌شود نیز خارج از استاندارد می‌باشد.

معمولاً در انتخاب محصول یک کشاورز تحت تأثیر مسایل اقتصادی، اقلیمی، خاک و آب، مهارت مدیریتی، کارگران و امکانات در دسترس و نیز آداب و رسوم ملی قرار می‌گیرد. میزان تأثیر پساب تصفیه شده در انتخاب محصول بستگی به سیاست مسئولان ذیربط، اهداف بهره‌بردار و کیفیت پساب دارد. سیاست مسئولان به حداقل رسانیدن

احتمالات اثرات سوء بهداشتی و تأثیر پساب بر روی محصولات تولیدی می باشد. قواعد وضع شده توسط دولتها باید در عرف بین المللی و همچنین شرایط محیطی قابل حصول و تابع آداب و رسوم بومی باشد. در عین حال طراحان باید به گونه ای برنامه ریزی نمایند که در عین انتخاب محصول و طراحی سیستم کاربرد پساب، حداکثر تولید حاصل و از آب حفاظت لازم به عمل آید. کاربرد استراتژی چند منظوره نیازمند ارزیابی مدام محصولات انتخاب شده در زمینهای دسترس است. این کار مستلزم بررسی نقشه ها و منابع بودجه ای همچنین ارزیابی کیفیت آب و خاک می باشد. نیازهای روزانه، ماهیانه و سالیانه آب مورد نیاز محصولات که در روش آبیاری مورد استفاده قرار می گیرند، لازم است که تعیین شود. مصارف خانگی، تولیدات محلی و محصولات مهم و مختلف کشاورزی باید مورد ارزیابی قرار گیرند. همچنانکه پتانسیل اقتصادی کاربرد پساب در آبیاری برای محصولات مختلف قابل ارزیابی است.

به طور معمول آب آبیاری به جهت راهنمایی مصرف کنندگان و حل مشکلات مربوط به بهره برداری و بالا بردن پتانسیل تولید محصولات کشاورزی به گروه های متفاوتی طبقه بندی شده است. طبقه بندی کیفیت آب آبیاری تنها به جهت راهنمایی ارائه گردیده است و برای شرایط موجود در مزرعه، باید تنظیم شود. چرا که شرایط آب آبیاری بسیار پیچیده است و پیشگویی را دشوار می سازد. مناسب بودن آب آبیاری وابستگی شدیدی به آب و هوا و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک دارد و در مورد شوری آب بستگی به نوع محصول و مدیریت اجرایی مزرعه دارد. در هر صورت طبقه بندی آب برای آبیاری همواره طبیعی عمومی دارد و تحت شرایط متوسط بهره برداری قابل استفاده می باشد. پساب فاضلاب شهری، احتمالاً در خود تعدادی از عناصر سمی شامل فلزات سنگین را در بر دارد و علت آن وجود تعدادی از کارگاه های کوچک رسمی و غیر رسمی در محدوده مناطق شهری است. معمولاً این عناصر سمی به مقدار کم مشاهده می شوند و از این رو به آنها عناصر کمیاب هم گفته می شود برخی از این عناصر در فرایند تصفیه حذف می شوند ولی برخی دیگر پایداری بیشتری دارند و می توانند مشکلات مسمومیت را به وجود آورند. بنابراین پساب فاضلاب شهری باید از دید مخاطرات ناشی از این عناصر مورد آزمایش و بررسی قرار گیرد. خصوصاً وقتی از دید عناصر کم یاب مورد ظن و تردید باشد.

فاضلابها و مدفوع انسانی هر دو در کشاورزی مورد استفاده مجدد قرار می گیرد. اگر فاضلابها برای حاصلخیز کردن محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار گیرند، در مرحله اول کارگران مزارع در معرض خطر هستند که باید محافظت شوند. اگر فاضلابها برای حاصلخیز سازی زراعت محصولات علوفه ای مورد استفاده قرار گیرند نه تنها برای کارگران مزارع بلکه برای حیوانات و توسط آنها برای انسان مخاطره بهداشتی دربر خواهد داشت. مدت زمان زنده ماندن باکتریهای روده ای در خاک بستگی به چندین عامل شامل میزان رطوبت خاک، دما، PH، ایام سال، نور خورشید، میزان مواد آلی و رقابت بین میکرو ارگانیسم ها دارد. فاضلابهای تولیدی از موسساتی که بیماران را مورد مداوا قرار می دهند و یا فضولات ناشی از صنایعی که نحوی در ارتباط با حیوانات آلوده هستند (صنایع فراورده های شیر و کشتارگاهها) می توانند عملاً محتوی باسیل سل باشند و اگر احشام از چراگاههایی که با این گونه فاضلابها آبیاری می شوند تغذیه کنند، آلوده خواهند شد. همچنین دوره های متناوب گرم و سرد شدن در ماههای زمستان بر مدت زندگی میکروارگانیسم های بیماری زا در خاک تأثیر دارد. همچنین احتمال آلودگی خاک در درجه پایین تر به مراتب بیشتر است. اما نوسانات PH بین ۶ تا ۸ باعث انهدام میکروبیها می شود.

جدول ۱- راهنمای کیفیت آب آبیاری (FAO)

درجه بهره برداری برای آبیاری		واحدها	معیارهای کیفی آب	
نامناسب	متوسط		خوب	
> ۳	< ۰/۷-۳	< ۰/۷	ds/m	Ecw
> ۲۰۰۰	۴۵۰-۲۰۰۰	< ۴۵۰	mg/l	TDS
> ۹	۳-۹	< ۳	SAR	سدیم (Na)
	< ۳	< ۳	mg/L	آبیاری سطحی
				آبیاری بارانی
				کلرید (CL)
> ۱۰	۴-۱۰	< ۴	mg/L	آبیاری سطحی
	< ۳	< ۳	mg/L	آبیاری بارانی
> ۳/۰	۰/۷-۳	< ۰/۷	mg/L	بر (B)
> ۳۰	۵-۳۰	< ۵	mg/L	نیترژن (NO <sub>3</sub> -N)
> ۸/۵	۱/۵-۸/۵	< ۱/۵	mg/L	بیکربنات (HCO <sub>3</sub> )
محدوده نرمال بین ۶/۵-۸/۴				(PH)

کاربرد فاضلاب در خاک معمولاً فعالیت میکروارگانیسم‌ها را به خاطر افزایش مواد آلی خاک افزایش می‌دهد. تات (۱۹۷۸) در تحقیق خود نشان داد که بقای باکتریهای کلی فرم مدفوعی معمولاً در خاکهای آلی نسبت به خاکهای معدنی بالا می‌رود که دلیل آن می‌تواند به علت حضور مواد آلی در خاکهای آلی باشد. نتایج در این تحقیق نشان داد که بقاء و تعداد باکتریهای لاکتوز مثبت، کلی فرم کل و مدفوعی در نمونه‌های خاک با گذشت زمان کاهش یافت و در واقع چند ساعت پس از آبیاری نسبت به ۳ روز پس از آبیاری تعداد باکتریها بیشتر بود که این می‌توانست بیانگر این باشد که بلافاصله پس از آبیاری با فاضلاب، مقدار مواد آلی در خاک افزایش و در پی آن تعداد باکتریها نیز افزایش یافته و همچنین با گذشت زمان رطوبت خاک که از عوامل تأثیرگذار بر بقای باکتریها می‌باشد، کاهش می‌یابد و می‌توان نتیجه گرفت با گذشت زمان سیر نزولی در تعداد باکتریها مشاهده می‌شود. بارتون و آرلوسکروف (۱۹۸۷) و تات (۱۹۷۸) نیز در مطالعات خود، رطوبت، رطوبت خاک، نوع و غلظت نمکهای یونی در محلول خاک را از عوامل مهم تأثیر گذار در زنده ماندن و مقدار انتقال باکتریها در خاک بیان کردند. گلدشمید و همکاران در تحقیق خود (۱۹۷۳) نشان دادند که نگهداشت باکتریها توسط خاک در حضور پساب فاضلاب نسبت به آب معمولی بیشتر است. در مطالعه حاضر افزایش در تعداد باکتریهای لاکتوز مثبت، کلی فرم کل و کلی فرم مدفوعی می‌تواند به علت افزایش رطوبت خاک، دمای مناسب، بیشتر بودن مقدار یونهای املاح در آغاز فصل رشد مخصوصاً درست بعد از آبیاری با فاضلاب تصفیه شده و حتی مقداری بیشتر بعد از آبیاری دوم با همان فاضلاب باشد.

جدول ۲- توصیه های بهداشتی برای فاضلاب مورد استفاده در کشاورزی از سوی WHO

دسته	شرایطی که فاضلاب در آن بکار می رود	گروههای در معرض	کرمک های روده ای ۲ (تعداد تخم کرم در لیتر ۳)	کلیفرم مدفوعی (تعداد کلیفرم در ۱۰۰ میلی لیتر)	عملیات تصفیه مورد نیاز با توجه به کیفیت میکروبیولوژیکی فاضلاب
A	آبیاری محصولاتی که به صورت خام مصرف می شوند، آبیاری پارکهای عمومی و مناطق تفریحی و ورزشی	کارگران مصرف کنندگان و عموم مردم	<۱	<۱۰۰۰ (۴)	طراحی استخرهای تثبیت جهت عملیات بیولوژیکی و یا دیگر تصفیه های معادل
B	آبیاری غلات، علوفه، گیاهان صنعتی، چراگاهها و درختان ۵	کارگران	<۱	استانداردی توصیه نشده است	باقی گذاردن ۸ تا ۱۰ روز در استخرهای تثبیت و یا دیگر عملیات جدا سازی کرم و کلیفرم مدفوعی
C	آبیاری مواد دسته B در صورتی کارگران و عموم در معرض فاضلاب نباشد	هیچکس	قابلیت کاربرد ندارد	قابلیت کاربرد ندارد	هر تصفیه ای که برای تکنولوژی آبیاری مورد نظر نیاز است ولی در هر صورت از رسوب سازی اولیه کمتر نباشد

(۱) در حالتهای خاص، مطالب خاص، مطالب جدول باید با بیماریهای محلی، فاکتورهای مرتبط با جامعه و محیط زیست تطبیق کند و کالیبره شود

(2) *Ascaris and Trichuris species and hookworms*

(۳) در جریان زمان آبیاری

(۴) در صورتی که چمن مکانهای عمومی با فاضلاب آبیاری شود شرایط سخت تر در نظر گرفته شود. کمتر یا مساوی ۲۰۰ کلیفرم مدفوعی در ۱۰۰ میلی متر) مانند چمن فضای سبز هتل ها که عموم مردم ممکن است مستقیماً با آن تماس داشته باشند

(۵) در حالت درختان میوه لازم است که آبیاری دو هفته قبل از چیدن میوه ها صورت گیرد و هیچ میوه ای هنگام چیدن نباید روی زمین بیفتد. آبیاری بارانی درختان میوه نیز نباید مورد استفاده قرار گیرد

در بسیاری از کشورها پساب فاضلاب بخش مهمی از منابع آب تجدید شونده را شامل می شود. در بیشتر مناطق خشک استرالیا ایالات متحده آمریکا از پساب فاضلاب در کشاورزی، بهره برداری می شود و آب با کیفیت خوب را جهت مصارف آشامیدنی ذخیره می کنند. سیاست برخی از کشورها همانند عربستان سعودی واردن بر بهره برداری کامل از پساب تصفیه شده استوار است و تا کنون به شکل قابل ملاحظه ای در این زمینه پیشرفت داشته اند. در چین نیز آبیاری با پساب تصفیه شده از سال ۱۹۸۵ به سرعت گسترش یافته و در حال حاضر بیشتر از ۱/۳۳ میلیون هکتار از اراضی آن با این پساب آبیاری می شود. به طور عمومی استفاده فاضلاب در کشاورزی مورد پذیرش قرار گرفته و فواید زراعتی و اقتصادی فراوان آن، این موضوع را به طور کلی تصدیق می کند اما در هر حال این بهره برداری باید حداقل مخاطرات بهداشتی و زیست محیطی را به همراه داشته باشد. با این هدف بسیاری از کشورها کوشش می کنند که راهنماهای استفاده فاضلاب در کشاورزی را با شرایط اجرایی خود تطبیق نمایند تا با استفاده از آن، بتوانند مسائل بهداشتی و زیست محیطی خود را کامل و اطمینان بخش نمایند. آنجاییکه پساب فاضلاب تصفیه شده جانسین بسیار ارزشمندی در آبیاری و کشاورزی است که نقش مهمی را در مدیریت منابع آب بازی می کند. علاوه بر آن استفاده از پساب در

آبیاری محصولات کشاورزی با عت افزایش میزان تولید شده است تحقیقات انجام گرفته در بسیاری از کشورها نشان می دهد که مدیریت مناسب در این رابطه می تواند بازده محصولات حاصل از آبیاری با پساب را زیاد نماید.

## ۲- روش کار

محدوده مورد مطالعه برای اندازه گیری فلزات سنگین زمینهای کشت اطراف تصفیه خانه فاضلاب شمال اصفهان می باشد [7]. به منظور تعیین مقدار فلزات سنگین در محصولات بدست آمده از این مزارع ابتدا اطلاعاتی در رابطه با نوع کشت منطقه تحت پوشش، مزارعی که از پساب تصفیه خانه استفاده می کنند و نیز نوع فاضلاب ورودی به این تصفیه خانه جمع آوری شد بعد از این مقدمات از محل مورد نظر بازدید به عمل آمده و از بین مزارع موجود ۶ مزرعه به طور اتفاقی انتخاب شد از این تعداد، مزرعه شماره ۶ از آب چاه و مزارع دیگر از پساب تصفیه خانه برای آبیاری استفاده می گردند. (شکلهای ۱ و ۲)



شکل ۱- برداشت غیر مجاز پساب توسط پمپ تراکتوری در مزارع اطراف تصفیه خانه فاضلاب شمال اصفهان

برای اندازه گیری کلیه فلزات چه ترکیبات معدنی و چه در ترکیبات آلی لازم است که بدون فیلتراسیون نمونه، نمونه ها هضم شوند. عمل هضم برای کاهش مزاحمت مواد آلی و دیگر ذرات همراه فلز و تبدیل وضعیت فلز به فرمی که قابل اندازه گیری با دستگاه جذب اتمی روشهای هضم مختلف بکار برده می شود برای هضم نمونه های گندم ساقه گندم ذرت و خاک از دستگاه هضم مدل ۱ استفاده شده است.



شکل ۲- کشت گیاهان غیر مجاز با پساب

در مطالعه دیگر که در تصفیه خانه های فاضلاب شمال و شرق اصفهان انجام شد ایجاد کشت جایگزین کاشت درخت صنوبر، زربید، گیاه سورگوم و منداب بعنوان کشت جایگزین از سال ۱۳۸۵ تا کنون مورد تحقیق و بررسی قرار گرفته است. در تصفیه خانه فاضلاب شمال ۲۰ هکتار و در تصفیه خانه شرق اصفهان ۳۰۰ هکتار از راضی زیر کشت صنوبر، سورگوم، منداب و زر بید رفته است. در این تحقیق ضمن بررسی مدیریت کشت پساب برای درختان غیر مثمر اثرات آن بر میزان تولید و کیفیت محصول نیز مورد توجه قرار گرفته است.

### ۳- نتیجه گیری

دستیابی به نتایج قابل قبول از اطلاعات بدست آمده در هر تحقیق مستلزم بررسی آماری دقیق و مناسب است بنابراین در رابطه با داده های بدست آمده از بررسی نمونه های خاک و محصول، آنالیز واریانس دو طرفه می تواند ما را در رسیدن به نتایج کلی کمک نماید. هرچند در نمونه های پساب خروجی تصفیه خانه فاضلاب مقدار فلزات سنگین بسیار کمتر از استاندارد است. (جدول زیر) ولی رابطه معنی داری بین تجمع فلزات سنگین گیاهان آبیاری شده با پساب و آب چاه وجود دارد.

الف- با توجه به نتیجه آزمون، بین میانگین غلظت سرب در نمونه های مختلف تفاوت معنی داری وجود دارد. ( $F=12,695$  و  $P<0,001$ ) یعنی جذب سرب در نمونه های مختلف متفاوت است.

ب- با توجه به نتیجه آزمون، بین میانگین غلظت سرب در نمونه های مختلف و محل نمونه برداری رابطه معنی داری وجود دارد ( $F=2,885$  و  $P=0,48$ ) یعنی جذب سرب در نمونه های مختلف در مزارع مختلف متفاوت است. البته لازم به ذکر است که با توجه به مقدار  $P=0,48$  که بسیار نزدیک به سطح معنی دار است ممکن است چنانچه حجم نمونه اضافه شود این تفاوت آشکار گردد.

ج- با توجه به نتیجه آزمون، بین میانگین غلظت کادمیم در نمونه های مختلف تفاوت معنی داری وجود دارد.

د- با توجه به نتیجه آزمون، بین میانگین غلظت کادمیم در نمونه های مختلف و محل نمونه برداری رابطه معنی داری وجود ندارد ( $F=2,095$  و  $p=0.119$ )

الف- با توجه به نتیجه آزمون، بین میانگین غلظت نیکل در نمونه های مختلف تفاوت معنی داری وجود دارد ( $F=27$  و  $p<0/001$ ) یعنی جذب نیکل در نمونه های مختلف متفاوت است.

ز- با توجه به نتیجه آزمون، بین میانگین غلظت نیکل در نمونه های مختلف و محل نمونه برداری رابطه معنی داری وجود ندارد ( $F=0/789$  و  $p=0/573$ ).

همچنین مطالعات میکروبی در کشت گیاهان با پساب نشان می دهد در دو عمق مورد نظر، بین باکتریهای هوازی لاکتوز مثبت، کلی فرم کل و کلی فرم مدفوعی در تمام نمونه های خاک آبیاری شده با آب چاه نسبت به خاک آبیاری شده با فاضلاب تصفیه شده بین دو تیمار، تفاوت معنی داری دیده شد ولی برای عمق ۱۵-۵ سانتیمتری برای باکتری کلی فرم مدفوعی بین دو تیمار تفاوت معنی داری مشاهده نگردید. در تمام نمونه ها در اعماق ۵-۱۵ و ۱۵-۵ سانتیمتری از سطح خاک در دو تیمار مورد آزمایش تعداد کلی فرم کل از کلی فرم مدفوعی بیشتر بود و با افزایش عمق کاهش باکتریها نمایان بود. همچنین مشاهده می گردد که کلی فرمهای کل و مدفوعی در نمونه های خاک آبیاری شده با فاضلاب تصفیه شده نسبت به نمونه های آبیاری شده با آب چاه بیشتر بودند. تعداد کلی فرم کل در نمونه های خاک آبیاری شده با فاضلاب تصفیه شده در عمق ۵-۰ سانتیمتری  $775 \pm 15427$  MPN/100ml و کلی فرم مدفوعی  $225$  MPN/100ml و در عمق ۱۵-۵ سانتیمتری کلی فرم کل  $440 \pm 9797$  MPN/100ml و کلی فرم مدفوعی  $154$  MPN/100ml  $\pm 2883$



±۱۹۰۷ بودند در حالی که در خاک آبیاری شده با آب چاه (آب معمولی) در عمق ۵-۰ سانتیمتری باکتریهای کلی فرم کل  $MPN/100ml 1917 \pm 3220$  و کلی فرمهای مدفوعی از  $MPN/100ml 465 \pm 1917$  و در عمق ۱۵-۵ سانتیمتری تعداد کلی فرم کل  $MPN/100ml 929 \pm 2567$  و برای کلی فرم مدفوعی  $MPN/100ml 326 \pm 1717$  متغیر بودند [7]

غلظت فلزات سنگین در پساب تصفیه خانه فاضلاب شمال (بر حسب Mg/L)

عنصر	پساب تصفیه اولیه		پساب تصفیه ثانویه		کیفیت آب برای کشاورزی	
	محدوده	متوسط	محدوده	متوسط	کوتاه مدت	دراز مدت
As	<۰,۰۰۵-۰,۰۳	<۰,۰۰۵	<۰,۰۰۵-۰,۰۲۳	۰,۰۰۵	۰,۱	۱۰
B	<۰,۰۱-۲,۵	۱	<۰,۰۱-۲,۵	۰,۷	۰,۷۵	۲
Cd	<۰,۰۲-۶,۴	<۰,۰۲	<۰,۰۰۵-۰,۰۱۵	۰,۰۰۵	۰,۰۱	۰,۰۵
Cr	<۰,۰۵-۶,۸	<۰,۰۵	<۰,۰۰۵-۱,۲	۰,۰۲	۰,۱	۲۰
Cu	<۰,۰۲-۵,۹	۰,۱	<۰,۰۰۶-۱,۳	۰,۰۴	۰,۲	۵
Hg	<۰,۰۰۰۱-۰,۱۲۵	<۰,۰۰۰۹	<۰,۰۰۱-۰,۰۰۰۲	۰,۰۰۵	-	-
Mo	<۰,۰۰۱-۰,۰۲	<۰,۰۰۸	<۰,۰۰۱-۰,۰۱۸	۰,۰۰۷	۰,۰۵	۰,۰۱
Ni	<۰,۰۱-۱,۵	<۰,۰۱	<۰,۰۰۳-۰,۰۰۶	۰,۰۰۴	۲	۰,۲
Pb	<۰,۰۲-۶	<۰,۰۲	<۰,۰۰۳-۰,۰۰۳۵	۰,۰۰۸	۲۰	۵
Se	<۰,۰۰۵-۰,۰۲	<۰,۰۰۵	<۰,۰۰۵-۰,۰۲	۰,۰۰۵	۰,۰۵	۰,۰۲
Sn	<۰,۰۲-۰,۲	<۰,۰۱۲	<۰,۰۰۴-۱,۲	۰,۰۰۴	۱۰	۲

نتایج قبلی کشت سورگوم بعنوان گیاهی که در ایران ذرت خوشه‌ای نامیده می‌شود نشان می‌دهد که هیچگونه آلودگی میکروبی و فلز سنگین در آبیاری با پساب در دانه و ساقه این گیاه مشاهده نمی‌شود. این گیاه از نظر اهمیت در بین غلات در دنیا بعد از گندم، برنج، ذرت و جو در مقام پنجم قرار دارد. توده‌های زراعی بومی سورگوم در ایران در مناطق جنوب خراسان، سیستان، کرمان، اصفهان، یزد، گیلان، مازندران و بندر جنوبی به طور پراکنده وجود دارد. دانه‌های گیاه سورگوم حاوی نشاسته است که می‌توان از آن در جهت تولید بیواتانول استفاده کرد. با توجه ساختار این گیاه در سال‌های اخیر تولید اتانول و سوخت‌های زیستی از سورگوم مورد توجه محققان قرار گرفته است. در این راستا محققان دانشگاه اصفهان تحقیقاتی (دکتر المدرسی استاد دانشگاه اصفهان و همکاران) را در این زمینه برای تولید سوخت زیستی اجرا کردند. همچنین گیاه منداب نیز جهت تولید بیودیزل در این تصفیه خانه مورد تحقیق قرار گرفت که نتایج حاکی از محصول دهی مناسب و کم خطر این دو گیاه می‌باشد (شکل ۳).

درخت صنوبر *Populus* به خانواده *Salicaceae* تعلق دارد و بومی نواحی مختلفی در نیمکره شمالی است. در خانواده این گیاه ۳۵-۲۵ گونه گیاهی شناخته شده اند که درختانی خزانپذیر با ارتفاعی متنوع بین ۱۵ متر الی ۵۰ متر هستند که قطر تنه برخی از آنان می‌تواند تا حدود ۲,۵ متر رشد کند. پوسته تنه درختان جوان صاف، سفید رنگ، با ته مایه‌ای از رنگ خاکستری و یا خاکستری تیره است درختان صنوبر دورگه نسبت به نمونه‌های معمول این درختان از رشدی سریعتر برخوردار هستند به نحوی که سرعت رشد آنها ۱۰-۶ برابر بیشتر از انواع معمولی است و می‌توانند در طی یک سال حدود ۲۴۰-۱۸۰ سانتیمتر رشد کنند. در شرایط آب و هوایی خشک می‌توان این درختان را هفته‌ای یک مرتبه آبیاری کرد. درختان صنوبر خشکی را تحمل می‌کنند (شکل ۴) اما اگر آبیاری شوند، از سلامتی بیشتری برخوردار خواهند بود. از چوب صنوبر در صنایع گوناگون از قبیل جعبه سازی، مبلمان سازی، کبریت سازی، صنایع کاغذ و نئوپان و درب و پنجره سازی و خراطی می‌باشد.



شکل ۳- کشت سورگوم در تصفیه خانه فاضلاب شرق با پساب برای تولید بیواتانول



شکل ۴- کشت درختان صنوبر با پساب در تصفیه خانه شمال

- این درختان سریع‌الرشد، ۱۵ - ۱۰ برابر درختان جنگلی چوب‌تولید می‌کنند و از نظر گونه متنوع هستند. چون صنوبرها در منطقه‌های آب و هوایی مختلف قابل کشت می‌باشند و از خود سازگاری نشان داده‌اند، فعالیت‌های پژوهشی بر روی این درختان قابل توجیه و دارای اهمیت می‌باشد
- ویژه گی‌های درختان صنوبر در مقایسه با سایر درختان جنگلی :
- ۱- به سادگی با قلمه تکثیر می‌یابد.
  - ۲- رشد آن سریع است .
  - ۳- به صورت تک درخت و یا عمده و یا به عنوان بادشکن و دیواره‌های سبز مورد استفاده قرار می‌گیرد .
  - ۴- عمدتاً دارای چوب سفید و یکدست است .
  - ۵- درآمد حاصل از صنوبر کاری قابل توجه است.
  - ۶- طول مدت برگشت سرمایه کوتاه است.



نتایج تحقیق در تصفیه خانه های شمال و شرق اصفهان نشان داد که قطر تنه این درختان پس از دو سال آبیاری با پساب ۲۵ سانتیمتر و ارتفاع آن به ۴ متر رسیده است و می تواند جایگزینی مناسب برای کشت غیر مثمر محسوب شود.



شکل ۵- مزارع درخت صنوبر و زر بید با آبیاری پساب برای تولید چوب دسته کلنگ و بیل

کاشت درخت زرد بید که دارای پاجوشهای یکساله می باشد در تصفیه خانه فاضلاب شمال مورد کاشت قرار گرفت که از چوب آن می توان برای دسته کلنگ، بیل و جارو فراشی استفاده نمود. گونه های متعددی از درختان بید از قبیل بید مشک، بید سیاه، زردبید، سرخ بید، بیدمجنون، بید مرجانی، بید دره، جربید، فوکا، جودانک و فشفشه در اغلب نقاط ایران وجود دارند. درخت بید در نواحی نیمه خشک، نیمه مرطوب و مرطوب انتشار دارد. درخت زرد بید یا زر بید به عنوان گونه ای مناسب برای توسعه فضای سبز کاشته می شود. همچنین از آن در مزارع به عنوان بادشکن هم استفاده می شود. از چوب این درختان که بسیار سبک هستند و دارای وزن مخصوص پائینی می باشند، در تهیه و تولید سازه های سبک و همچنین کاغذسازی، کبریت سازی، جعبه سازی، دسته بیل، کلنگ و ... استفاده می شود. پوست بید دارای مازوج است و در چرم سازی و رنگرزی مصرف می شود. تکثیر آنها عموماً به وسیله قلمه و پیوند صورت می گیرد و از گونه های نسبتاً سریع رشد نیز می باشد.

تخصیص پساب به صنایع نیز بعنوان یک گزینه مطرح می باشد که برخی از صنایع همانند فولاد مبارکه اصفهان با انعقاد قرارداد فاینانس و ایجاد تصفیه پیشرفته تکمیلی در پی استفاده مجدد از پساب بهمیزان ۱۲۰ لیت در ثانیه در صنعت می باشند.

## ۴- نتیجه گیری کلی

- ۱- متوسط غلظت های سرب و کادمیم و نیکل در پساب خروجی تصفیه خانه فاضلاب شمال اصفهان از ماکزیمم غلظت های مجاز (جدول) کمتر است.
- ۲- در خاک مزارع آبیاری شده با پساب تصفیه خانه فاضلاب شمال اصفهان مقادیر قابل ملاحظه ای سرب، کادمیم و نیکل وجود دارد که در محدوده معمول قرار دارد.

- ۳- مقادیری از سرب ، کادمیم و نیکل در گندم و ساقه گندم ( محصولات مزارع آبیاری شده با پساب ) وجود دارد که بعضی از این مقادیر از محدوده پیشنهاد شده (جدول) بیشتر می باشد
- ۴- بقاء و تعداد باکتریهای کلی فرم کل و مدفوعی در نمونه های خاک با گذشت زمان کاهش می یابد .لذا آلودگی میکروبی در صورتیکه محصول با خاک تماس نداشته باشد کم می شود .
- ۵- از سورگوم و منداب می توان بعنوان کشت جایگزین در آبیاری پساب استفاده نمود و محصول بیو اتوانول و بیودیزل تولیدی عاری از فلزات سنگین و میکروب می باشد .
- ۶- درخت صنوبر علاوه بر تولید چوب می تواند در تلطیف هوا و کنترل ریز گردها مفید باشد.

## ۵- پیشنهادات

- در پایان لازم به نظر می رسد طبق نتایج و تحقیقات به عمل آمده به ذکر چند پیشنهاد پردازیم
- بالا بردن راندمان تصفیه خانه به لحاظ کیفیت بیولوژیکی و پاتوژنی و گندزدایی لازم و بهینه جهت مصرف پساب خروجی تصفیه خانه های مذکور و در اختیار قراردادن پساب با کیفیت مطلوب جهت اراضی کشاورزی اطراف تصفیه خانه و جبران خسارت خشکسالی امر غیر قابل اجتناب است .
  - با توجه به حساسیت محیط زیست و مراکز بهداشتی در استفاده از پساب ارائه الگوی کشت بر اساس مسزان پساب، شرایط محلی و اقتصادی الزامی است .
  - به نظر می رسد بهترین کشت برای پساب که به محیط زیست نیز آسیب نرساند درختان صنوبر و زر بید که فقط از چنّب آنها استفاده می شود باشد .لذا باید از کشاورزان استمداد نمود که برای اقتصادی نمودن آن اقدام نمایند.

## ۶- مراجع

1. Abdel-Ghaffar A.S-EL-Attar H.A. and ELsokkary L.H. (1988) Egyption experience in the treatment and use of sewage and sludge in agriculture. Ch .17. treatment and Use of sewage Effluent for Irrigation M.B pescod and A (eds). Butterworths –sevenoaks.kent
2. Buras N. Duek L. Niv S. Healt Servicces (1987) Titel 22 .California Code of Regulations .Sections . 60301 et seq .waste water Reclamation Criteria .Berkeley
3. Zachman. D.W, Block.R(1994), Water , Air , Soil Pollution , an international Jornal of environmental pollution , 78/3-4 , (1994) . , P(317)

۴. استفاده مجدد از پساب در کشاورزی .(دکتر عظیمی)

۵. استانداردهای استفاده از پساب در آبیاری

۶. آقای کردبانی پرویز . خشکسالی و راههای مقابله با آن در ایران . انتشارات دانشگاه تهران چاپ دوم ۱۳۸۶

۷. پایان نامه کارشناسی ارشد مرضیه وحید دستجردی - دانشکده بهداشت محیط - دانشگاه علوم پزشکی

اصفهان ۱۳۸۵

## **Investigating the pattern of cropping in reuse of urban sewage effluent** **author**

**Seyyed Mohammad Mousavi**

**Head of monitoring the operation of Isfahan wastewater treatment plants,  
m\_musave@yahoo.com**

### **Abstract**

Along with a case study of irrigation with effluent treatment plants in north and east of Isfahan The use of effluent treatment wastewater for irrigation in recent years has become increasingly important due to successive droughts. Considering the agricultural needs of crops, the type of cultivation, the quality of the effects of pathogens, the toxins and heavy metals in the wastewater on agricultural inputs and their entry into the food cycle should be considered. In this study, the study of reuse of waste water from wastewater treatment plant, irrigation methods, quantitative and qualitative agricultural needs, and the use of wastewater in other countries, to study the case of agricultural land cultivation around the north and east of Isfahan wastewater treatment plant and the effects of wastewater irrigation The accumulation of heavy metal products, the effect of pathogenic agents on the soil and agricultural products, and also the planting of effluent in the northern and eastern refineries of Isfahan, are considered as an alternative and sanitary culture model. The results of this study indicate that there is a statistically significant relationship between the concentration of cadmium and nickel in plants and irrigated soil with northern effluent treatment plant in Isfahan compared to irrigated with water (well or river) has it . In this study, a suitable cropping pattern has been proposed as an alternative to cultivating fruit plants The cultivation of poplar trees, willow seedlings, sorghum and mandab plants, which have the potential for wood, bioethanol and bio diesel production, have been investigated in the East of Isfahan wastewater treatment plant. This paper seeks to introduce it as a suitable plant for irrigation of wastewater treatment plant is.

**Keywords: Irrigated agriculture with wastewater , Wastewater treatment plant wastewater,  
Alternative cultures with wastewater**