اثرات پساب بر کیفیت خاک و آب‌های زیرزمینی (مطالعه موردی ذوب آهن اصفهان)

حمیدرضا رحمانی[۱]

استادیار پژوهشی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران rahmani.hrhr@gmail.com

دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۶ و پذیرش: بهمن ۱۳۹۶

چکیده

استفاده از پسابهای صنعتی به جبران کمبود آب کشور کمک کرده اما از اثرات سوء تخلیه بی‌رویه فاضلابها و خسارت آنها به منابع آب و محیط زیست نمی‌توان چشم پوشی کرد. برای بهره‌گیری مجدد از پسابها نیاز است که به کیفیت آن آگاهی داشته و برای کاربرد آن در بخشهای گوناگون مسائل زیست محیطی حاصله از جمله آلودگی آبهای زیرزمینی در نظر گرفته شود. در این راستا هدف از انجام این تحقیق بررسی کیفیت پساب صنعتی ذوب آهن طی سال ۱۳۸۶ و در فصول مختلف و اثرات آن بر آب زیرزمینی تحت تأثیر پساب صنعتی است. برای انجام پژوهش چاههای آبوافع شده در پایین-دست استخرهای تبخیری پساب ذوب آهن انتخاب شدند. نمونه‌گیری از پساب صنعتی و آب چاههای انتخابی به صورت فصلی صورت گرفت و در نمونه‌ها پارامترهای EC, pH کاتیونها، آنیونها، نیترات، سختی کل، کل مواد معلق، کل املاح محلول و غلظت عناصر سنگین سرب، کادمیم، مس، آهن کرم،منگنز، کبالت و روی اندازه گیری گردید. نتایج نشان داد پساب صنعتی مورد مطالعه جهت تخلیه به آب سطحی یا چاه جاذب از نظر ویژگی‌های $EC,N\text{-}NO_3,BOD,COD,Cl,SO_4^{2-}$ و برای استفاده در آبیاری از نظر ویژگی‌های $EC, SO4^{2-}, Cl, N\text{-}NO3, TDS$ و غلظت عنصر کبالت (مقادیر اندازه‌گیری شده تا ۰/۱۴ میلی گرم در لیتر در مقایسه با حد مجاز ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر) در مقایسه با استاندارد خروجی فاضلابها (سازمان محیط زیست،۱۳۷۳) فراتر از حد مجاز بوده و محدود کننده بودند. در بررسی اثر پساب صنعتی بر آب زیرزمینی مشخص شد، آب زیرزمینی در اطراف واحدصنعتی ذوب آهن دارای محدودیتهای $EC,TDS,N\text{-}NO_3,HCO_3^-,SAR,Cl,SO_4^{2-}$ و غلظت عنصر سنگین Co بود. مقادیر اندازه گیری شده برای عنصر کبالت برابر ۰/۱۴ تا ۰/۲۰ میلی گرم در لیتر در مقایسه با حد مجاز ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر بوده است.

واژه‌های کلیدی: پساب صنعتی ذوب آهن، حد مجازعناصر سنگین، حدود توصیه‌ای

---

۱ آدرس نویسنده مسئول: بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان.

مقدمه

کشور ایران در بین کشورهای خاورمیانه تا سال ۲۰۵۰، ۲۰ تا ۲۵ درصد کاهش بارندگی سالانه را در مقایسه با متوسط بارندگی سالانه (سال‌های ۱۹۹۰-۱۹۶۱) تجربه خواهد کرد (عابدی و نجفی،۱۳۸۰). به علاوه ایران از جمله کشورهایی است که مصرف آب در آن فراتر از استانداردهای بین‌المللی است (نجفی و همکاران،۲۰۰۳). پتانسیل فاضلاب خانگی تولیدی در سطح کشور براساس آخرین سرشماری رسمی سال ۱۳۸۵ به تفکیک شهری، روستایی و کل به ترتیب معادل ۳۶۷۰، ۷۲۷ و ۴۴۰۰ میلیون متر مکعب در سال می‌باشد. محاسبات نشان می‌دهند که براساس سناریوی معمول حجم پساب برگشتی در جوامع شهری و روستایی کشور در سال ۱۴۰۰ به ترتیب، معادل ۴۳۶۹ و ۸۲۳ میلیون متر مکعب و در مجموع معادل ۵۱۹۱ میلیون متر مکعب در سال و براساس سناریوی مطلوب حجم پساب فاضلاب برگشتی در سال ۱۴۰۰ در شهرها و جوامع روستایی به ترتیب معادل ۴۷۰۹ و ۱۱۱۳ و در مجموع معادل ۵۸۲۲ میلیون متر مکعب خواهد بود. ضوابط زیست محیطی استفاده مجدد از آب‌های برگشتی و پساب‌ها (نشریه شماره ۵۳۵ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور).

در تایوان بیش از ۱۰۰۰۰۰ واحد صنعتی وجود دارد که ۲۰ درصد آنها پساب تولید می‌کنند. این پساب‌ها مورد استفاده کشاورزی قرار می‌گیرند. همچنین در تایوان بیش از ۴۰ درصد رودخانه‌ها بطور متوسط تا شدید توسط پساب‌های صنعتی آلوده شده‌اند و دارای استفاده مفید نیستند (EPA/ROC,1998). در بررسی عناصر سنگین در رودخانه می سی‌سی‌پی در سالهای ۱۹۹۱ و ۱۹۹۲ مشخص شد تغییرات کمی در غلظت عناصر سنگین با تغییرات فصلی وجود دارد. از ۳۶ نمونه جمع‌آوری شده در مدت تحقیق، غلظت کادمیم در ۱۱ نمونه از حد ۰/۱، غلظت کرومیوم در ۲۰ نمونه از ۳۶ نمونه از حد ۰/۲ و غلظت سرب نمونه‌ها از حد ۰/۰۶ میکروگرم در لیتر کمتر بود. همچنین همه نمونه‌ها دارای غلظت‌های قابل اندازه‌گیری از مس و اورانیوم بودند (U.S. Geological Survey Circular 1133, 1995).

نتایج بررسی‌ها در یک تحقیق بر پساب صنایع نساجی شهر یزد نشان داد که غلظت هیچ یک از عناصر Cd ،Ni و Pb فراتر از حد مجاز (استاندارد خروجی فاضلاب‌ها، سازمان حفاظت محیط زیست،۱۳۷۳) نبود بلکه محدودیت این پساب‌ها شوری، pH و غلظت بالای برخی کاتیون‌ها و آنیون‌ها ذکر شده است (رحمانی،۱۳۸۲). در یک بررسی دیگر بر پساب صنایع شهر یزد و اثرات آنها بر خاک و آب و گیاه مشخص گردید کلیه پساب‌های مورد بررسی جهت کاربرد در کشاورزی دارای محدودیت pH، TDS، TSS، سولفات، کلر، بی‌کربنات و غلظت عناصر سنگین Cu ،Zn و Cd هستند. در این تحقیق محدودیت آب‌های زیرزمینی کلر، سولفات و بی‌کربنات ذکر شد (رحمانی،۱۳۸۰).

در بررسی کیفیت پساب واحد صنعتی پلی‌اکریل مشخص شد این پساب دارای محدودیت‌های TDS، TSS، $N\text{-}NO_3$، HCO_3، Cl^- و SO_4^{2-} و غلظت عناصر سنگین Cr، Cd، Zn، Cu، Co و Mn برای آبیاری است. بررسی کیفیت پساب کارخانه رنگرزی زهره نیز نشان داد این پساب جهت استفاده در آبیاری دارای محدودیت‌های $N\text{-}NO_3$، HCO_3^-، TDS، TSS، و Cl^- است (رحمانی،۱۳۸۲).

سیمونس وهمکاران (۲۰۰۹) در ارزیابی خاک اراضی کشاورزی تحت کشت گندم آبیاری شده با پساب در مدت ۲۰ تا ۳۰ سال، افزایش ۵۰ درصدی قابلیت هدایت الکتریکی در کرت‌های آبیاری شده با پساب نسبت به کرت‌های آبیاری شده با آب چاه را گزارش کردند.

سولیز و همکاران (۲۰۱۱) اثر کاربرد پساب را در اراضی مکزیک با سابقه ۲۰ سال آبیاری با پساب، بر حاصلخیزی خاک، تجمع فلزات سنگین در خاک، گیاه و شیر گاوهایی که از علوفه آبیاری شده با پساب تغذیه

کرده بودند مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعات آن‌ها، نشان داد که هر چند استفاده از پساب باعث افزایش حاصلخیزی خاک شده است اما افزایش غلظت فلزات سنگین سمی در خاک وگیاه را در پی داشته است. همچنین نتایج تجزیه شیمیایی شیر گاوها نشان داد که مقدار مس، سرب و روی در شیر آنها تفاوت معنی‌داری با شیر گاوهایی که از علوفه سالم استفاده کرده بودند داشته است.

آسولین و نارکسیس (۲۰۱۱) تاثیر کاربرد پساب فاضلاب را بر روی خصوصیات هیدرولیکی خاک بررسی نمودند و گزارش کردند که مقدار شدت نفوذ و هدایت هیدرولیکی کاهش یافت. سینگ و همکاران (۲۰۱۲) و اگروال (۲۰۱۲) کاربرد پساب را بر روی خاکی با بافت سنگین بررسی کردند و گزارش نمودند که استفاده از پساب فاضلاب به عنوان آب آبیاری باعث بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و میزان مواد غذایی فسفر، نیتروژن و پتاسیم خاک گردیده و بر شوری، قلیاییت و اسیدیته خاک تاثیر معنی‌داری نداشته است.

در مطالعه‌ای که توسط مسونا و همکاران (۲۰۱۰) در زیمباوه برای مشخص کردن اثرات طولانی مدت آبیاری با فاضلاب بر روی غلظت فلزات سنگین در خاک و تجمع آن در گیاه ذرت انجام گردید مشخص شد که استفاده از فاضلاب به صورت بلند مدت در خاک و گیاه باعث تجمع فلزات سنگین گردیده است که آن تا حدودی فراتر از حد مجاز برای انسان و مصرف دام بود. همچنین در این مطالعه مشخص گردید که میزان pH در خاکی که در معرض فاضلاب بوده است اسیدی‌تر از خاکی است که در آن هیچ فاضلابی استفاده نشده است.

مجیری (۲۰۱۱) اثرات پساب فاضلاب بر روی تجمع فلزات سنگین در خاک و گندم را با دو روش آبیاری کرتی و قطره‌ای در منطقه‌ی فریدون شهر اصفهان بررسی کرد. در این مطالعه نمونه‌گیری خاک از عمق ۰ تا ۲۰ سانتیمتری اراضی کشت گندم انجام و خصوصیات خاک مانند pH، هدایت الکتریکی خاک، ماده آلی، میزان آهن، منگنز و نیکل قبل و بعد از آزمایش تعیین گردید. نتایج نشان داد که فاضلاب شهری منجر به افزایش فلزات سنگین در گندم در هر دو روش آبیاری کرتی و قطره‌ای گردید و تجمع فلزات سنگین در روش آبیاری کرتی دارای اهمیت بیشتری نسبت به روش آبیاری قطره‌ای بود.

جعفرنژادی و همکاران (۱۳۹۳) در ایستگاه مرکز تحقیقات کشاورزی استان خوزستان مطالعه‌ای را در زمینه‌ی بررسی اثرات فاضلاب تصفیه شده بر آلودگی میکروبی و شیمیایی خاک و گندم انجام دادند. نتایج آنها نشان داد، کادمیم کل خاک کمتر از ۱/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بود. همچنین میانگین غلظت کادمیم قابل جذب گیاه نسبت به خاک اولیه اندکی کاهش یافت. تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای فاضلاب در مقایسه با آب معمولی تأثیر معنی‌داری بر غلظت عناصر دانه و غلظت کادمیم بذر نداشت. همچنین میانگین غلظت کادمیم قابل جذب در هر مرحله از رشد، نسبت به غلظت اولیه خاک افزایشی نشان نداد. از نظر جمعیت میکروبی در طی مراحل مختلف رشد گندم در تیمارهای فاضلاب شامل ۵۰ درصد آب معمولی و ۵۰ درصد فاضلاب و تیمار آبیاری کامل با فاضلاب، تفاوتی آماری بین تیمارهای فاضلاب مشاهده نشد. این موضوع نشان دهنده وجود محدودیت‌های رشدی در این شرایط بود؛ بنابراین، هر چند در این پژوهش مصرف فاضلاب همراه با آب معمولی، بر آلودگی میکروبی و شیمیایی درخاک و گندم ایجاد نکرد، اما باید توجه داشت کاربرد طولانی مدت این منابع احتمالاً سبب تجمع آلودگی شده و برای خاک و محصولات کشاورزی مشکلاتی را ایجاد خواهند نمود. با توجه به سوابق تحقیق فوق، هدف از انجام این تحقیق بررسی کیفیت پساب صنعتی ذوب آهن طی فصول مختلف و اثرات آن بر آب زیرزمینی منطقه مورد مصرف پساب صنعتی در عرصه کشاورزی است.

روش تحقیق

جهت بررسی کیفیت پساب واحد صنعتی ذوب آهن و آب زیرزمینی منطقه تحت آبیاری توسط پساب، از پساب وارد شده به حوضچه‌های تبخیری و چاههای آب واقع شده در پایین دست حوضچه‌های تبخیری بصورت فصلی (در هر فصل در یک دوره ٤٨ ساعته (هر هشت ساعت یک نمونه گرفته شده آنگاه از ترکیب نمونه‌ها در هر ٢٤ ساعت یک نمونه مرکب بدست آمد))، طی سال ١٣٨٦ نمونه‌گیری شد. نمونه‌ها بلافاصله به آزمایشگاه منتقل و آنالیزهایی شامل سختی کل، آنیونها، کاتیونها، pH ,TDS, TSS $N\text{-}NO_3$, BOD, COD و غلظت عناصر سنگین Cr, CO, Ni, Fe, Pb, Cd, Zn, Cu بر نمونه‌ها انجام شد.

قبل از آنالیز نمونه‌ها، هر نمونه به دو قسمت تقسیم گردید یک بخش جهت اندازه‌گیری عناصر سنگین (با افزایش اسید نیتریک غلیظ به نمونه به نسبت یک درصد و نگهداری در یخچال در دمای کمتر از چهار درجه سانتیگراد) تحت حفاظت قرار گرفت (pH نمونه‌ها به زیر دو رسانده شد) (APHA,1995) و بخش دوم نمونه برای اندازه گیری‌های شیمیایی غیر از عناصر سنگین مصرف گردید. لازم به ذکر است برای اندازه‌گیری شاخص‌های آلودگی (BOD, COD) جداگانه نمونه‌گیری انجام شد. در نمونه‌ها سولفات بروش توروبیدو متری (کدورت سنجی) (APHA,1995)، کلراید بوسیله تیتراسیون پتانسیومتریک با محلول نیترات نقره (APHA,1995)، کلسیم و منیزیم با تیتراسیون توسط ورسین (Page et al ,1982)، نیترات با روش احیای نیترات به نیتریت توسط سولفات هیدرازین، COD (اکسیژن خواهی شیمیائی) با استفاده از روش اکسیداسیون توسط دی‌کرومات پتاسیم و BOD (اکسیژن خواهی بیوشیمیائی) به روش میکروبیولوژی و اندازه‌گیری اکسیژن محلول نمونه در ابتدا و بعد از پنج روز توسط دستگاه BOD_5 تعیین گردید. مواد معلق (TSS) و مواد جامد محلول (TDS) به روش استاندارد اندازه‌گیری شدند (APHA ,1995). برای اندازه‌گیری غلظت عناصر سنگین در نمونه‌های حفاظت شده، از دستگاه جذب اتمی با کوره گرافیت استفاده گردید (APHA ,1995). نتایج با حدود مجاز، غلظت معمول و بحرانی عناصر سنگین مقایسه و تجزیه و تحلیل گردید.

نتایج و یافته‌ها

جدول ١ مقادیر اندازه‌گیری شده پارامترهای مختلف در پساب واحد صنعتی مورد بررسی را در فصول مختلف نشان می‌دهد. طبق داده‌های این جدول و با توجه به استاندارد خروجی فاضلاب‌ها (سازمان محیط زیست،١٣٧٣)، رهنمودهای ارایه شده توسط آیرز و وستکات (١٩٨٥) و حدود توصیه‌ای (EPA/ROC,1989) می‌توان گفت: اسیدیته نمونه‌ها در طی سال و در فصول مختلف تغییرات چندانی ندارد. تغییرات کلی اسیدیته دامنه ٧ تا ٧/٧ را داراست. با توجه به حدود مجاز pH (٨/٥ – ٦/٥)، نمونه‌های پساب محدودیتی جهت استفاده از پساب در کشاورزی یا تخلیه آن به آب سطحی یا چاه جاذب از نظر pH نداشتند.

قابلیت هدایت الکتریکی پساب در فصول مختلف دارای تغییرات زیادی است. بطوریکه دارای بیشترین قابلیت هدایت الکتریکی در فصل بهار و کمترین قابلیت هدایت الکتریکی در فصل پائیز و زمستان است. بالا بودن قابلیت هدایت الکتریکی در بهار و تابستان را می‌توان به ورود زه‌آب از اراضی کشاورزی به زهکش مرتبط دانست.

شکل ۱ نمایی از استخرهای تبخیری(ذخیره پساب) واحد صنعتی ذوب آهن اصفهان

شکل ۲ نمایی دیگر از استخرهای تبخیری(ذخیره پساب) واحد صنعتی ذوب آهن اصفهان(سمت راست تابلو هشدار نصب شده در ضلع شرقی یکی از استخرها و سمت چپ یکی ازاستخرهای تبخیری بدون پساب را نشان می دهد)

شکل ۳ نمایی از زهکش استخرهای تبخیری(ذخیره پساب) (سمت راست) و نمایی از خروجی پساب از استخرهای تبخیری و ورود به زهکش(سمت چپ)

شکل ۴ نمایی از زهکش استخرهای تبخیری(ذخیره پساب) واحد صنعتی ذوب آهن اصفهان(سمت راست زهکش به همراه ساختمان پمپاژ پساب برای اراضی کشاورزی و سمت چپ زهکش را در مجاورت مزارع نشان می دهد)

در فصل بهار و تابستان در اراضی کشاورزی کوددهی همراه با آبیاری مداوم می‌تواند املاحی را وارد زهکش استخرهای این واحد صنعتی نماید. از طرف دیگر تبخیر از سطح پساب استخرها در بهار و تابستان بیشتر و از طرفی در زمستان آب حاصل از بارندگی‌ها به استخرها اضافه می‌شود. همچنین این واحد صنعتی دارای فاضلاب-های مختلف شامل فاضلاب صنعتی، فاضلاب نمک، فاضلاب فنل و فاضلاب‌انسانی است که همگی به استخرها تخلیه می‌شوند که ممکن است ترکیب آنها با زمان از جمله فصل تغییر کند. با توجه به داده‌ها و حدود توصیه‌ای (EPA/ROC,1989) (۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) می‌توان اشاره کرد که پساب این واحد صنعتی از نظر قابلیت هدایت الکتریکی برای استفاده در کشاورزی یا تخلیه به آب سطحی یا چاه جاذب در فصول پائیز و زمستان محدودیتی ندارد اما در فصول بهار و تابستان دارای محدودیت زیاد می‌باشد. کل املاح محلول (TDS) پساب نیز نشان داد که پساب در فصول بهار و تابستان جهت استفاده در کشاورزی دارای محدودیت زیاد است. نیتروژن نیتراتی پساب روند یا وضعیتی که قابلیت هدایت الکتریکی و TDS دارند داراست. طبق نظر آیرز و وستکات (۱۹۸۵) غلظت نیتروژن نیتراتی چنانچه کمتر از پنج میلی‌گرم در لیتر آب آبیاری باشد محدودیتی جهت استفاده ندارد اما ملاحظه می‌شود که غلظت نیتروژن نیتراتی در فصول پائیز و زمستان ۰/۸ تا ۱ و در فصول بهار و تابستان ۱۶۵/۸ –۱۹/۵ میلی‌گرم در لیتر است که بیانگر وضعیت بسیار محدود کننده پساب در فصول بهار و تابستان جهت استفاده در کشاورزی است. همچنین جهت تخلیه پساب به آب سطحی و چاه جاذب (حد مجاز از نظر سازمان محیط زیست (۱۳۷۳) به ترتیب ۵۰ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر است) پساب از نظر نیتروژن نیتراتی در فصول بهار و تابستان محدود کننده است.

جدول ۱ مقادیر اندازه‌گیری شده پارامترهای مختلف در پساب واحد صنعتی ذوب آهن در فصول مختلف

پارامتر مورد اندازه‌گیری	*بهار	*تابستان	**پائیز	**زمستان
pH	۷-۷/۶	۷/۲ – ۷/۷	۷/۳	۷/۵
(dS/m)EC	۷/۷ – ۲۲/۲۶	۳/۷ – ۱۶/۱۶	۰/۸۴	۱/۴۸
(mg/l)N-NO_3	۵ – ۱۹/۵	۲/۸ – ۱۶۵/۸	۰/۸	۱/–
سختی کل ((mg/l	۳۰۰ –۲۸۸	۱۳۰۰–۱۲۰۰	۲۰۰	۳۵۰
(mg/l)TDS	۱۴۵۸۲ – ۱۷۰۸۷	۱۰۴۴۴/۸ –۱۰۶۹۴/۴	۵۳۷/۶	۹۴۷/۲
(mg/l)TSS	۶۲	۶۰	۳۶	۴۰
(mg/l) BOD	۳۰ – ۴۵	۶ – ۱۵	۵۵	۵۲
(mg/l)COD	۷۰ – ۹۴	۵ –۴۴/۸۲	۱۱۰	۱۱۵
(meq/l)CO_3^-	–	–	–	–
(meq/l)HCO_3^-	–	–	۲	۲
(meq/l)Cl^-	۲۰۰۰–۱۶۰۰	۴۵–۳۲	۳/۲	۷
(meq/l)SO_4^{2-}	–	۵ –۱۸/۲	۲/۳	۴/۷۸
(meq/l)Na^+	۴/۴–۴۲/۹	۲۸/۵ – ۳۵	۴/۵	۷/۷۵
(meq/l)Ca^{2+}+Mg^{2+}	۶- ۵۶	۲۴-۲۶	۴	۷
(meq/l)RSC	–	–	۲	۰/۲۹
SAR	۲/۵۴–۸/۱۱	۸/۰۸–۸۵/۹۰	۳/۱۸	۴/۱۴

** مقادیر اندازه‌گیری شده در یک نمونه مرکب *مقادیر اندازه‌گیری شده در چند نمونه مرکب

پارامتر BOD پساب در کلیه فصول از نظر استفاده در کشاورزی محدودیتی ندارد اما جهت تخلیه پساب به آب سطحی یا چاه جاذب در دو فصل پائیز و زمستان از حد مجاز فراتر است و دارای محدودیت می‌باشد. برای COD نیز محدودیتی جهت استفاده از پساب در کشاورزی وجود ندارد اما مقادیر COD در

فصول پائیز و زمستان از حد مجاز جهت تخلیه پساب به آب سطحی و یا چاه جاذب بالاتر است (حد مجازBOD و COD در پساب برای آبیاری به ترتیب برابر ۱۰۰ و ۲۰۰ و برای تخلیه پساب به آب سطحی و یا چاه جاذب به ترتیب برابر ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر است). کل مواد معلق پساب از حد مجاز (۱۰۰ میلی گرم در لیتر) جهت آبیاری با پساب در کلیه فصول کمتر است.

غلظت بی‌کربنات طبق نظر آیرز و وستکات (۱۹۸۵) جهت استفاده از پساب در آبیاری دارای محدودیت کم تا متوسط در فصول پائیز و زمستان و بدون محدودیت برای فصول بهار و تابستان است (بی‌کربنات طبق نظر آیرز و وسکات در غلظت کمتر از ۱/۵ میلی اکی والان بر لیتر بدون محدودیت بوده اما در غلظت ۱/۵ تا ۸/۵ میلی اکی والان بر لیتر دارای محدودیت کم تا متوسط می باشد).

غلظت کلر درفصول بهار، تابستان، پائیز و زمستان به ترتیب برابر ۷۱۰۰۰-۵۶۸۰۰/۵/۱۵۹۷-۱۱۳۶، ۱۱۳/۶ و ۲۴۸/۵ میلی گرم در لیتر است. غلظت کلر پساب برای تخلیه پساب به آب سطحی در کلیه فصول از حد مجاز (۶۰ میلی‌گرم در لیتر) فراتر بوده و محدود کننده است اما جهت استفاده از پساب در آبیاری یا تخلیه به چاه جاذب غلظت کلر در فصول بهار و تابستان از حد مجاز (۶۰۰ میلی گرم در لیتر) فراتر بوده و دارای محدودیت است. همچنین طبق استاندارد EPA غلظت کلر در فصول بهار و تابستان از حد توصیه‌ای (۱۱۰۰ میلی گرم در لیتر) بسیار بالاتر است. طبق نظرآیرز و وستکات (۱۹۸۵) نیز جهت استفاده از پساب در آبیاری سطحی غلظت کلر در پساب در فصل پائیز بدون محدودیت (کمتر از چهار میلی اکی والان بر لیتر)، در فصل زمستان دارای محدودیت کم تا متوسط (۴ تا ۱۰ میلی اکی والان بر لیتر) و در فصول بهار و تابستان دارای محدودیت زیاد است.

غلظت سولفات در پساب در فصول تابستان، پائیز و زمستان به ترتیب بر حسب میلی‌گرم در لیتر برابر ۸۷۳/۸-۲۴۰ و ۱۱۰/۴ و ۲۲۹/۴ است. طبق استاندارد خروجی فاضلاب‌ها (۱۳۷۳) (حد مجاز برای آبیاری ۵۰۰ و برای تخلیه به چاه جاذب یا آب سطحی ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتراست) غلظت سولفات جهت استفاده پساب در آبیاری یا تخلیه آن به آب سطحی یا چاه جاذب در فصل تابستان دارای محدودیت بالا بوده اما در فصول دیگر بدون محدودیت است. حد توصیه‌ای EPA برای سولفات در آب آبیاری برابر ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر است؛ بنابراین غلظت سولفات نمونه‌ها از حداکثر غلظت توصیه شده سولفات برای آبیاری کمتر است.

از مجموع خصوصیات شیمیایی مورد بررسی پساب واحد صنعتی مورد بررسی (جدول ۱) پارامترهای کلراید، سولفات COD,BOD $N\text{-}NO_3$,TDS, جهت تخلیه پساب به آب سطحی و چاه جاذب و جهت استفاده از پساب برای آبیاری پارامترهای HCO_3, SAR, TDS $N\text{-}NO_3$، کلراید و سولفات محدود کننده بودند. تحقیقات انجام شده بر پساب واحدهای صنعتی نساجی یزد بیانگر محدودیت بسیاری از پارامترهای مورد بررسی بوده است. در این تحقیق جهت تخلیه پساب به آب سطحی پارامترهای pH، TDS، TSS، سولفات، کلر، روی و کادمیم، جهت تخلیه پساب به چاه جاذب TDS، سولفات، کلر، روی و کادمیم و جهت آبیاری اراضی کشاورزی با پساب از نظر pH، شوری، TDS، TSS، سولفات، کلر، بی‌کربنات، مس، روی و کادمیم پساب محدودکننده بوده است (رحمانی،۱۳۸۰ و ۱۳۸۲). مقایسه نتایج تحقیق حاضر و نتایج حاصل از بررسی پساب صنعتی نساجی یزد نشان می‌دهد بسیاری از خصوصیات شیمیایی از جمله TDS، سولفات، کلر و بی‌کربنات در هر دو بررسی از پارامترهای محدودکننده برای استفاده از پساب برای آبیاری است. لذا می‌توان گفت پساب خروجی صنایع مورد بررسی در این دو استان از نظر استاندارد خروجی فاضلاب‌ها در کشورمان دارای پارامترهای محدود کننده از نظر استاندارد خروجی فاضلاب‌ها (۱۳۷۳) هستند که نیازمند توجه و کنترل و نظارت بیشتر بر خروجی فاضلاب‌هاست.

جدول ۲ دامنه غلظت عناصر سنگین مورد بررسی در نمونه‌های پساب را در فصول مختلف در مقایسه با حدود مجاز استاندارد خروجی فاضلاب‌ها (سازمان محیط زیست،۱۳۷۳) و حدود توصیه‌ای (EPA/ROC,1989) نشان می‌دهد. تغییرات غلظت عناصر سنگین در پساب با تغییر فصل دیده می‌شود به طوریکه غلظت بیشتر عناصر در فصل بهار حداکثر و در فصل زمستان به حداقل می‌رسد. از نظر آماری نیز اختلاف میانگین غلظت عناصر سنگین در پساب بین فصول مختلف غالبا در سطح یک درصد و در مواردی در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. علت تغییرات غلظت عناصر در استخرهای تبخیری با فصل را می‌توان تبخیر بالاتر از سطح پساب استخرها در فصول گرم و افزایش آب حاصل از بارندگی در فصول سرد و همچنین تغییر ترکیب پساب در اثر فعالیت واحد صنعتی با زمان می‌توان ذکر کرد.

با توجه به حدود مجاز غلظت عناصر سنگین، غلظت کلیه عناصر اندازه‌گیری شده در پساب (جدول ۲) جهت تخلیه پساب به آب سطحی و چاه جاذب در محدوده مجاز قرار داشته و محدودیتی ندارند. برای استفاده از پساب برای آبیاری تنها عنصر Co دارای غلظت بیش از حد مجاز برده (سازمان حفاظت محیط زیست،۱۳۷۳) و محدودیت دارد اما در مقایسه داده‌ها با حدود مجاز آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA/ROC ,1989) غلظت عناصر سنگین کرم، کبالت و کادمیم دارای غلظت فراتر از حدود ذکر شده برده و محدودیت دارند. از نظر آماری نیز مقایسه میانگین غلظت عناصر سنگین پساب در فصول پاییز و زمستان نسبت به استاندارد خروجی فاضلاب‌ها (سازمان حفاظت محیط زیست،۱۳۷۳) در سطح پنج درصد و در مقایسه با استاندارد آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA/ROC ,1989) در فصول پاییز و زمستان در سطح یک درصد و در فصل بهار در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. همچنین از نظر آماری حداکثر غلظت عناصر سنگین در پساب در مقایسه با استاندارد خروجی فاضلاب‌ها (سازمان حفاظت محیط زیست،۱۳۷۳) معنی‌دار نبود اما در مقایسه با استاندارد آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA/ROC ,1989) در سطح پنج درصد معنی‌دار بود.

جدول ۲ دامنه غلظت عناصر سنگین مورد بررسی در نمونه های پساب در فصول مختلف در مقایسه با حدود مجاز استاندارد خروجی فاضلاب ها (سازمان محیط زیست،۱۳۷۳) و حدود توصیه‌ای بر حسب میلی گرم در لیتر(EPA/ROC,1989)

عنصر	فصل				(سازمان محیط زیست،۱۳۷۳)			EPA/ROC, 1989
	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	تخلیه به آب سطحی	تخلیه به چاه جاذب	برای آبیاری	برای آبیاری
Cu	۰/۰۳ – ۰/۰۸	۰/۰۲ – ۰/۰۴	۰/۰۱ – ۰/۰۲	<LOD – ۰/۰۲	۱	۱	۰/۲	۰/۱
Zn	۰/۰۱ – ۰/۱۹	۰/۰۱ – ۰/۱۸	۰/۰۱ – ۰/۰۹	<LOD – ۰/۰۷	۲	۲	۲	۲
Fe	۰/۲۸ – ۰/۳۰	۰/۰۸ – ۰/۱۵	۰/۰۵ – ۰/۴۱	<LOD – ۰/۱۰	۳	۳	۳	۵
Pb	<LOD – ۰/۰۶	LOD–۰/۰۲۳	<LOD	<LOD – ۰/۰۱	۱	۱	۱	۲
Cd	<LOD – ۰/۰۲	<LOD – ۰/۰۱	<LOD	<LOD	۰/۱	۰/۱	۰/۰۵	۰/۰۱
Ni	۰/۰۲۳ – ۰/۰۴۲	<LOD – ۰/۰۳	<LOD – ۰/۰۰۷	<LOD	۲	۲	۲	–
Cr	<LOD – ۰/۱۳	<LOD	<LOD	<LOD	۰/۵	۱	۱	۰/۱
Co	۰/۰۷ – ۰/۱۴	<LOD – ۰/۰۴	<LOD –۰/۰۲۲	<LOD – ۰/۰۱	۱	۱	۰/۰۵	۰/۰۵

LOD(Limit of Detection)

جداول ۳ و ٤ مقادیر اندازه‌گیری شده برخی پارامترها را در آب چاه‌های مورد بررسی نشان می‌دهند و با توجه به استاندارد خروجی فاضلاب‌ها (سازمان محیط زیست،۱۳۷۳)، رهنمودهای ارایه شده توسط آیرز و وستکات،۱۹۸۵ و حدود توصیه‌ای (EPA/ROC,1989) مقایسه داده‌ها با حدود مجاز مذکور به‌شرح زیر می‌باشد.

pH نمونه‌های آب در کلیه چاه‌ها و در فصول مختلف در محدوده مجاز برده و محدودیتی جهت استفاده از آب چاه‌ها در آبیاری یا تخلیه به آب سطحی یا چاه جاذب وجود ندارد.

جدول ۳ مقادیر اندازه‌گیری شده برخی پارامترها در فصول مختلف در چاه‌های آب منطقه مورد بررسی

پارامتر	شماره چاه	بهار	تابستان	پائیز	زمستان
pH	۱	۷/۳	۷/۶	۶/۸	۷/۵
	۲	–	۷/۵	۷/۲	۷/۶
	۳	–	۷/۵	۶/۹	۷/۴
	۴	–	–	۶/۸	–
EC (dS/m)	۱	۸	۲۵	۲۳/۳	–
	۲	–	۱۹/۰۱	۱۹/۳۵	۴/۰۴
	۳	–	۱۸/۱۵	۱۸/۸	۵/۵۲
	۴	–	–	۱۷/۴۳	–
$N\text{-}NO_3$ (mg/l)	۱	–	–	–	–
	۲	–	–	۶۷/۲	۶/۰
	۳	–	–	۶۲/–	۴/۵
	۴	–	–	۶۶/۵	–
سختی کل (mg/l)	۱	۱۲۵۰	–	–	–
	۲	–	۳۴۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰
	۳	–	۲۲۰۰	۱۷۰۰	۱۵۵۰
	۴	–	–	۱۶۰۰	–
کل املاح محلول TDS (mg/l)	۱	۵۱۲۰	–	–	–
	۲	–	۱۲۱۶۶	۱۲۳۸۴	۲۵۸۵
	۳	–	۱۱۶۱۶	۱۲۰۳۲	۳۵۳۳
	۴	–	–	۱۱۱۵۵	–

بررسی قابلیت هدایت الکتریکی و کل املاح محلول نمونه‌ها نشان داد قابلیت هدایت الکتریکی و کل املاح محلول آب کلیه چاه‌ها در فصول مختلف از حداکثر مقدار توصیه شده برای آبیاری (3ds/m) (EPA/ROC,1989) بالاتر است. همچنین استفاده از آب این چاه‌ها برای کشاورزی طبق نظر آیرز و وستکات دارای پیامد بد یا محدودیت زیاد (3ds/m) می‌باشد. غلظت نیتروژن نیترائی نمونه‌ها در مقایسه با استاندارد خروجی فاضلاب‌ها (سازمان محیط زیست،۱۳۷۳)، نشان داد که استفاده از آب چاه‌ها جهت تخلیه به آب سطحی یا چاه جاذب در فصل پائیز دارای محدودیت می‌باشد. جهت استفاده از آب چاه‌ها در کشاورزی طبق نظر آیرز و وستکات (۱۹۸۵) در کلیه شرایط دارای پیامد کم تا متوسط و بد می‌باشد. لذا نیتروژن نیترائی به عنوان یک محدودیت جهت استفاده از آب چاه‌ها در تابستان مطرح است (غلظت نیتروژن نیترائی ۳۰-۵ میلی‌گرم در لیتر در پساب دارای محدودیت کم تا متوسط و غلظت فراتر از ۳۰ میلی‌گرم در لیتر دارای محدودیت زیاد است).غلظت بی‌کربنات نمونه‌ها نشان میدهد که بر طبق نظر آیرز و وستکات (۱۹۸۵) آب چاه ها دارای محدودیت یا پیامد کم تا متوسط برای استفاده در کشاورزی است.

مقادیر SAR و قابلیت هدایت الکتریکی نمونه‌ها در مقایسه با حدود داده شده توسط آیرز و وستکات (۱۹۸۵) نشان می‌دهد که آب چاه‌ها برای استفاده در آبیاری هیچ مشکل نفوذپذیری ایجاد نخواهند کرد؛ اما اگر مقادیر سدیم را به تنهایی در نظر بگیریم خطر سدیم در آب و سمیت یون ویژه در حد بالا وجود دارد. غلظت کلر در چاه شماره ۱ برابر ۱۵۶۲، در چاه ۲ برابر ۳۵۵۰۰-۷۱۰، در چاه ۳ برابر ۲۱۳۰۰-۷۴۵/۵ و در چاه ٤ برابر ٤۲٦۰۰ میلی گرم در لیتر می‌باشد. طبق استاندارد

خروجی فاضلاب‌ها (۱۳۷۳)، از نظر غلظت کلر، استفاده از آب چاه‌ها از نظر کلر جهت تخلیه به آب سطحی دارای محدودیت بسیار شدید و برای تخلیه به چاه جاذب یا استفاده در آبیاری نیز دارای محدودیت زیاد می‌باشد. همچنین چاه‌های آب در مقایسه غلظت کلر آنها با حداکثر غلظت توصیه شده برای آبیاری توسط EPA نیز دارای محدودی بسیار زیاد هستند. طبق نظر آیرز و وستکات (۱۹۸۵) نیز آب کلیه چاه ها از نظر غلظت کلر، دارای پیامد بد و یا محدودیت زیاد برای آبیاری می‌باشند. غلظت کلر چاه‌های آب می‌تواند سبب بروز علائم سمیت حتی در گیاهان متحمل به کلر شود.

غلظت سولفات در کلیه چاه‌ها جهت تخلیه به آب سطحی یا چاه جاذب و یا استفاده در آبیاری دارای محدودیت زیاد است (استاندارد خروجی فاضلاب-ها،۱۳۷۳). همچنین مقادیر سولفات نمونه‌ها از حداکثر غلظت توصیه شده برای آبیاری (۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر) (EPA) در کلیه چاه‌ها بالاتر است. در این ارتباط غلظت سولفات بر حسب میلی‌گرم در لیتر برابر ۲۳۰٤-۲۱۳٦(فصل بهار)، ۳۱۲۰-۸۵۹/۲ (فصل تابستان) و ۱۸۸٦/۳-۱٦۸۰ میلی‌گرم در لیتر (فصل پاییز) بوده که در کلیه موارد از حد مجاز فراتر است.

جدول ۴ دامنه مقادیر اندازه‌گیری شده پارامترهای مختلف طی فصول مختلف سال درچاه‌های آب

پارامتر	چاه‌های آب			
	۱	۲	۳	۴
$(meq/l)CO_3^{2-}$	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰
$(meq/l)HCO_3^-$	۴/۴	۲/۴	۳/۶	-
$(meq/l)Cl^-$	۴۴	۲۰ – ۱۰۰۰	۲۱ – ۶۰۰	۱۲۰۰
$(meq/l)SO_4^{2-}$	۴۴/۵ – ۴۸/۰	۱۷/۹ – ۶۵/۰	۳۵/۰ – ۳۹/۳	-
$(meq/l)Na^+$	۷۳/۰	۲۱/۳ – ۵۰/۰	۳۲/۹ – ۴۴/۰	۸۰
$(meq/l)Ca^{2+}+Mg^{2+}$	۲۵/۰	۲۰ – ۶۸	۳۱ – ۴۴	۳۲
SAR	۲۰/۷	۱۱/۲ – ۶/۷	۹/۶ – ۸/۴	۲۰
RSC	۰	۰	۰	۰

طبق نظر آیرز و وستکات (۱۹۸۵) اگر SAR آب آبیاری از هشت تجاوز کند خطر نفوذپذیری خیلی زیاد بوده و کلاس سدیمی S4 را خواهد پذیرفت؛ بنابراین با توجه به جدول ٤، آب چاه‌های مورد بررسی دارای SAR بسیار بالاتر از هشت بوده (دامنه ٦/۷ تا ۲۰ را داراست) که دارای محدودیت زیاد در استفاده از آن‌ها از نظر خطر نفوذپذیری است.

با محاسبه کربنات کلسیم باقیمانده (RSC)(Residual Sodium Carbonate) مقادیر آن برای هر چهار چاه مورد بررسی برابر صفر بوده و از نظر کربنات کلسیم باقیمانده آب چاه‌ها محدودیتی ندارند.

جدول ۵ میانگین غلظت اندازه‌گیری شده عناصر سنگین Cd, Co, Fe, pb, Zn, Cu, Ni و Cr را در چاه‌های آب مورد بررسی نشان می‌دهد.

مقایسه داده‌ها با استاندارد خروجی فاضلاب‌ها (سازمان محیط زیست،۱۳۷۳) نشان می‌دهد غلظت عناصر Ni, Cu, Cd, pb, Zn و Cr در کلیه چاه‌ها جهت مصرف آب چاه‌ها برای آبیاری یا تخلیه به آب سطحی یا چاه جاذب کمتر از حدود مجاز بوده و دارای هیچگونه محدودیتی نمی‌باشند. در مورد عنصر Co جهت تخلیه آب چاه‌ها به آب سطحی یا چاه جاذب محدودیتی وجود ندارد؛ اما برای استفاده از آب چاه‌ها برای آبیاری دارای غلظت بیش از حد مجاز بوده و دارای محدودیت می‌باشد. در مورد عنصر Fe آب چاه‌های ۱،۲ و ٤ هیچ‌گونه محدودیتی برای کلیه مصارف ندارد اما در چاه ۳ مصرف آب برای آبیاری یا تخلیه به آب سطحی یا چاه جاذب دارای محدودیت می‌باشد.

در مقایسه داده‌ها با حدود توصیه‌ای EPA (EPA/ROC,1989) مشخص شد که غلظت عناصر Co و Cr در کلیه چاه‌ها، Cu در چاه شماره ۲ و Fe در چاه شماره ۳ دارای غلظتی فراتر از حداکثر غلظت توصیه شده برای آبیاری بوده اما سایر عناصر دارای غلظتی کمتر از حدود توصیه‌ای می‌باشند.

در مقایسه میانگین غلظت عناصر سنگین در آب چاه‌های مورد بررسی مشخص گردید همبستگی بین چاه-های ۱ و ۲ برابر ۰/۶۵۸، برای چاه‌های ۲ و ۳ برابر ۰/۵۲٤، برای چاه‌های ۲ و ٤ برابر *۰/۷٤۸، برای چاه‌های ۳ و ٤ برابر **۰/۹۲ و برای چاه‌های ۱ و ٤ برابر ۰/۳۷٦ بود (* مقایسه میانگین در سطح پنج درصد و ** مقایسه میانگین در سطح یک درصد معنی‌دار است).

مقایسه غلظت عناصر سنگین آب چاه‌ها با استاندارد خروجی فاضلاب‌ها (سازمان محیط زیست،۱۳۷۳) از نظر آماری معنی‌دار نبود اما با حدود توصیه‌ای EPA (EPA/ROC,1989) در سطح پنج درصد معنی‌دار بود.

جدول ۵ – میانگین غلظت عناصر سنگین در آب چاه‌های مورد بررسی

عنصر	چاههای آب (میلی گرم در لیتر)				(سازمان محیط زیست،۱۳۷۳)
	۱	۲	۳	۴	برای آبیاری
Cu	۰/۰۲۵	۰/۱۲۵	۰/۰۹	۰/۰۳۵	۰/۲
Zn	۰/۰۹	۰/۱۶	۰/۲۵	۰/۱۵	۲
Fe	۰/۰۷	۰/۲	۱۹/۸	۰/۴۶	۳
Pb	۰/۰۶	۰/۰۷۵	۰/۱۳	۰/۰۹	۱
Cd	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰۵
Ni	۰/۰۵۵	۰/۰۵۶	۰/۱۷۵	۰/۰۶	۲
Cr	۰/۱۲۵	۰/۱۲۵	۰/۲۵	۰/۱۵۵	۱
Co	۰/۱۴	۰/۱۷۵	۰/۲	۰/۱۴۶	۰/۰۵

در مجموع محدودیت‌های خصوصیات شیمیایی آب چاه‌ها را می‌توان شوری، بی‌کربنات، کل املاح محلول، نیتروژن نیترائی، کلر، سولفات و SAR ذکر کرد. باتوجه به پارامترهای محدود کننده فوق می‌توان گفت آب چاه‌های مورد بررسی دارای محدودیت اصلی شوری بوده که خود سبب افزایش غلظت بعضی از آنیون‌ها و کاتیون‌ها گردیده است. ضرورت دارد با توجه به EC بالای این آب‌ها و مصرف آنها به عنوان آب آبیاری، مدیریت زراعی مناسب جهت جلوگیری از شور شدن خاک به عمل آید.

مقایسه غلظت عناصر سنگین اندازه‌گیری شده با حدود مجاز (جدول ۵) بیانگر این است که جهت تخلیه آب چاه‌ها به آب‌های سطحی یا بررسی کیفیت آنها به عنوان آب زیرزمینی تنها غلظت عنصر آهن از حد مجاز فراتر بوده و سایر عناصر زیر حد مجاز قرار داشته و محدودیتی ندارند. جهت استفاده از آب چاه ها برای آبیاری غلظت عناصر Co و Fe فراتر از حد مجاز بوده و محدود کننده هستند. طبق حداکثر غلظت توصیه شده عناصر سنگین در آب آبیاری و مقایسه نتایج با این حدود می‌توان اظهار داشت که غلظت عناصر سنگین Cu ,Cr Co, و Fe دارای غلظت فراتر از حدود پیشنهادی بوده و برای استفاده از آب چاه‌ها برای آبیاری دارای محدودیت است.

نتایج بررسی آب چاه‌های تحت تأثیر استخرهای ذوب آهن نشان داد در مقایسه با حدود مجاز (سازمان حفاظت محیط زیست،۱۳۷۳) آب چاه شماره ۳ برای تخلیه به آب سطحی از نظر عنصر آهن دارای غلظت فراتر از حد مجاز بوده و سایر عناصر سنگین مورد بررسی محدودیتی ندارند. مقایسه داده‌ها با حدود توصیه‌ای (EPA/ROC,1989) نشان داد غلظت عناصر سنگین Co Cu, Cr, و Fe دارای غلظت فراتر از حدود مجاز و توصیه‌ای بوده و محدود کننده بودند؛ اما در مقایسه با استاندارد خروجی فاضلاب‌ها (۱۳۷۳) تنها عنصر کبالت

دارای غلظت بیش از حد مجاز بوده و از این نظر محدود کننده می‌باشد.

نتیجه‌گیری

پساب صنعتی مورد بررسی در مقایسه با استاندارد خروجی فاضلاب‌ها (۱۳۷۳) و جداول رهنمودهای کیفیت آب آبیاری (آیرز و وستکات، ۱۹۸۵)، دارای محدودیت‌هایی از جمله COD, BOD, SAR, TDS، کلراید، نیترات، سولفات و غلظت عناصر سنگین CO برای تخلیه پساب به آب سطحی، چاه جاذب و استفاده به عنوان آب آبیاری است.

محدودیت‌های خصوصیات شیمیایی آب چاه-های مورد بررسی را می‌توان شوری، بی‌کربنات، کل املاح محلول، نیتروژن نیتراتی، کلر، سولفات و SAR ذکر کرد. در واقع محدودیت اصلی آب چاه‌ها شوری بوده که خود سبب افزایش غلظت بعضی از آنیون‌ها و کاتیون‌ها گردیده است. ضرورت دارد با توجه به EC بالای این آب‌ها و مصرف آنها به عنوان آب آبیاری، مدیریت زراعی مناسب جهت جلوگیری از شور شدن خاک به عمل آید.

جهت استفاده از آب چاه‌ها برای آبیاری در مقایسه با استاندارد خروجی فاضلاب‌ها (۱۳۷۳)، غلظت عنصر Co فراتر از حد مجاز بوده و محدود کننده است.

به نظر می رسد محدودیت‌های اصلی در پساب مورد بررسی و آب چاه‌ها شوری و غلظت کبالت است؛ بنابراین می‌توان علت شوری و غلظت بیش از حد مجاز آب چاه‌ها را احتمالا تاثیر پساب استخرهای تبخیری بر آب چاه‌ها دانست.

توصیه می‌شود با توجه به نشت پساب استخرهای تبخیری به آب زیرزمینی، تصفیه کامل پساب صنعتی قبل از ورود به استخرها انجام شود و بخشی از روند تصفیه پساب را منوط به پالایش در استخرها نشود. لازم است غلظت کبالت در پساب خروجی قبل از استخرهای تبخیری اصلاح شود.

رهیافت ترویجی

الف) مزایا، معایب و هشدارها در مورد استفاده از پساب‌ها به عنوان آب نامتعارف بشرح زیر است:

مزایای استفاده از پساب‌ها عبارتند از:

۱- جبران کمبود منابع آبی به عنوان یک منبع آب پایدار

۲- این گونه آب‌ها دارای عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم بوده و برای گیاه سودمند است.

۳- دارای کربن آلی بوده و کمبود آن را در خاک‌های فقیر از این ماده مرتفع میکند.

٤- بواسطه کربن آلی موجود در خود سبب نفوذپذیری و ساختمان بهتر خاک می شوند.

مضار استفاده از پساب‌ها به شرح زیر می‌باشد:

۱- این گونه آب‌ها می توانند حاوی آلودگی‌های مختلف باشند که لازم است قبل از مصرف بررسی گردند. این آلودگی‌ها شامل آلودگی میکروبی، آلودگی به غلظت فراتر از حد مجاز عناصر سنگین و یا بعضی از ترکیبات آلی پایدار می‌باشد.

۲- قبل از استفاده لازم است کلیه آلودگی های پساب بررسی و با حدود مجاز مقایسه گردند. آنگاه محدودیت‌ها مشخص و رفع گردیده سپس استفاده گردند.

۳- بعنوان یک هشدار همواره باید مدنظر داشت که: پساب‌ها اگرچه حاوی عناصر غذایی و کربن آلی هستند، لازم است از نظر آلایندگی مورد نظر قرار گیرند.

ب) در استفاده از پساب های صنعتی موارد زیر لازم است رعایت شود:

۱- پساب‌های صنعتی غالبا در مقایسه با استاندارد خروجی فاضلاب‌ها (۱۳۷۳) و جداول رهنمودهای کیفیت آب آبیاری (آیرز و وستکات، ۱۹۸۵)، دارای محدودیتهایی از جمله COD, BOD, SAR,TDS، کلراید، نیترات و

سولفات برای تخلیه پساب به آب سطحی، چاه جاذب و استفاده به عنوان آب آبیاری هستند.

۲- توصیه می‌شود با توجه به نشت پساب از استخرهای تبخیری به آب زیر زمینی، تصفیه کامل پساب صنعتی قبل از ورود به استخرها انجام شود و بخشی از روند تصفیه پساب منوط به پالایش در استخرها نشود.

فهرست منابع

۱. جعفرنژادی، ع. و موسوی‌فضل، س. م.۱۳۹۳، بررسی اثرات فاضلاب تصفیه شده برآلودگی میکروبی وشیمیایی خاک وگندم. نشریه پژوهش آب درکشاورزی.جلد۲۸.شماره ۳ .

۲. رحمانی .ح.ر، ۱۳۸۲، خصوصیات شیمیایی و غلظت عناصر سنگین سرب، کادمیم و نیکل در پساب واحدهای صنعتی شهر یزد، مجله محیط شناسی، سال ۲۹، شماره۳۱، صفحات ۳۱ تا ۳۶.

۳. رحمانی ح.ر، ۱۳۸۰، شناخت وبررسی منابع آلوده کننده مهم صنعتی خاک و آب و گیاه در استان یزد ، گزارش نهایی طرح ملی مصوب شورای پژوهش‌های علمی کشور، دانشگاه یزد .

٤. سازمان حفاظت محیط زیست (معاونت تحقیقاتی)، ۱۳۷۳، استاندارد خروجی فاضلابها ، دفتر محیط انسانی سازمان حفاظت محیط زیست .

5. APHA, 1995. Standard methods for the examination of water and wastewater prepared and published by APHA, AUWA and WEF, 19th ed .
6. Assouline, S. and Narkis, K. 2011. Effects of long-term irrigation with treated wastewater on the hydraulic properties of a clayey soil. Water Resources Research, 47(8): 1-12.
7. Ayers. R.S and D.W. Westcot, 1985,Water quality for agriculture, F.A.O. Paper No.29.
8. Chen ,Z.S.,S.L.Lo and H.C.Wu.,1994,Summary analysis and assessment of rural soils contaminated with Cd in Taoyuan, project of Scientific Technology Advisor Group (STAG),executive Yuan.Taipei,Taiwan .
9. Christen, E. W. , Quayle, W.C. , Marcous, M.A. , Arienzo, M. and Jayawardance, N.S. 2010. Winery wastewater treatment using the land filter technique. Journal of Enviromental Management. No 91, pp: 1986-1997.
10. Contaminants in the Mississippi River, U.S. Geological Survey Circular 1133, 1995, Heavy metals in the Mississippi River, by Garbari, G. R et al., Reston Virginia, Edited by Robert . H. Meade . **http://water.er.usgs.gov/pubs/circ1133/heavy-metals.html**
11. EPA/ ROC , 1998 , Environmental information of Taiwan , ROC , Environmental Protection Agency (EPA) , Taipei , Taiwan , ROC.
12. EPA/ROC , 1989, Final reports of heavy metals contents in Taiwan Agricultural soils , 4 vols . Taiwan , ROC.
13. Masona, Ch. , Mapfaire, L. , Mapurazi, S. , and Makanda, R. 2011. Assessment of Heavy Metal Accumulation in Wastewater Irrigated Soil and Uptake by Maize Plants (Zea Mays L) at Firle Farm in Harare. Sustainable Development, 4(6):132-137.
14. Mojiri, A. and Hamidi, A.A. 2011. Effects of Municipal Wastewater on Accumulation of Heavy Metals in Soil and Wheat (*Triticum aestivum* L.) With Two Irrigation Methods. Romanian Agricultural Research. No 28.
15. page .A.L , R. H . Miller , and D. R. keeney , 1982 , The methods of soil analysis part2 : Chemical and microbiological properties , 2nd. , Soil Science Scociety, Inc . Madison .
16. Simmone, R. W. , Ahmadi, W. , Noble, A. D. , Blummel, M. , Evans, A. , and Weckenbrock, P. 2009. Effect of long-term un-treated domestic wastewater reuse on soil quality wheat grain and straw yield and attributes of fodder quality. Irrigation and drainage systems. 24: 95-112.

17. Singh, A. and Agrawal, M. 2012. Effects of waste water irrigation on physical and biochemical characteristics of soil and metal partitioning in beta vulgaris L. Agricultural Research, 1(4): 379–391.