

طرح مدیریتی لجن فاضلاب شهری (مطالعه موردی تصفیه خانه شهرک قدس)

- * دکتر علی تراپیان
- ** مهندس لیدا مؤمنی فراهانی

چکیده

بدنبال افزایش روزافزون جمعیت، کمبود منابع آب و لزوم تصفیه فاضلاب، حجم عظیمی از لجن که محصول جانبی تصفیه فاضلاب است، نیاز به دفع به گونه ای ایمن از نظر زیست محیطی دارد. هدف از ارائه طرح مدیریتی، یافتن روش صحیح دفع یا استفاده سودمندانه از لجن می باشد. لجن حاوی مواد آلی، مواد مغذی، پاتوژنها، فلزات سنگین و PCB ها و غیره است. در رابطه با لجن حاصل از تصفیه خانه شهرک قدس با کاربرد طرح مدیریتی ارائه شده، پس از انجام نمونه برداری و انجام آزمایشهای فیزیکی، شیمیایی و میکروبی بر روی لجن خشک مشخص گردید که لجن حاصله مطابق استانداردها و قوانین EPA امریکا به لحاظ میکروبی، واجد شرایط کلاس B، به لحاظ شیمیایی از نظر فلزات سنگین دارای کیفیتی استثنایی (عالی) و دارای مقادیر قابل توجهی از مواد آلی، مغذی و ریزمغذی است که بیانگر ارزش کودی آن است. با بررسی گزینه های مختلف دفع بهترین گزینه، کاربرد در زمین شناخته شد. بدین منظور باغ مهرشهر کرج با توجه به ویژگیهای محل کاربرد لجن کلاس B انتخاب گردید. با انجام آزمایشهای فیزیکی و شیمیایی بر روی نمونه های جمع آوری شده خاک، نرخ بارگذاری لجن بر مبنای نیتروژن (عامل محدود کننده کاربرد) و مساحت کاربرد لجن محاسبه و با اطلاع از میزان کود مصرفی در این اراضی، مقایسه هزینه ای میان مصرف کود شیمیایی و کاربرد لجن صورت گرفت که در نهایت مقرون به صرفه بودن طرح به اثبات رسید.

تهیه چنین طرح مدیریتی برای کلیه تصفیه خانه های در مرحله طراحی و ساخت و یا در حال کار ضروری است، با اجرای آن می توان قوانین و استانداردهای مختص شرایط ایران را برای دفع یا استفاده سودمندانه از لجن وضع نمود.

کلمات کلیدی:

لجن، فاضلاب شهری، تصفیه، طرح مدیریتی، کاربرد لجن در زمین، فلزات سنگین، مواد مغذی، پاتوژنها.

سر آغاز

(Lue-Hing and Kuchenrither, 1992; Priestley, 1991).

قوانین EPA در آمریکا از جامع ترین قوانین در زمینه، کاربرد در زمین، دفع سطحی، کاهش جلب ناقلین (کاهش عواملی در لجن نظیر بو که سبب جلب حشرات، حیوانات موذی، پرندگان و... که موجب انتقال بیماریها می شوند می باشد)، سوزاندن و دفن لجن می باشد (Crites and Tchobanglous, 1998). در کشورهای اروپایی قوانین دفع سخت گیرانه تر و محدودیتهای اعمال شده بیشتر است همچنین بدلیل کمبود زمین کافی برای کاربرد لجن، کاربرد لجن گزینه برتر نبوده و سوزاندن لجن بیشتر مدنظر قرار می گیرد. (Krogmann et al, 1998; Williams, 1999) در زاین به لحاظ فرهنگی، جغرافیایی، تاریخی، کمبود زمین برای کاربرد لجن و وجود تکنولوژیهایی که از مواد حاصل از سوزاندن لجن به نحو احسن استفاده می کنند، کاربرد لجن در زمین گسترش نیافته است (Noguchi and Scandito, 1992).

در ایران لجن بطور سنتی در زمین بکار می رفته است، اما هیچ قانون و مقرراتی در زمینه دفع لجن وجود نداشته و تنها ضوابط و استانداردهائی تحت عنوان ضوابطی درباره جمع آوری، تصفیه و دفع لجن در فصل ششم نشریه شماره ۳-۱۲۹ سازمان برنامه و بودجه ارائه گردیده که منبعث از قوانین EPA امریکاست.

تنها تحقیق عملی در این زمینه مطالعه برخی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، ارزش کودی، میکروبیولوژیکی و بیولوژیکی لجن خشک تصفیه خانه های جنوب و شمال اصفهان و شاهین شهر می باشد. (بینا و امینی، ۱۳۷۸). تاکنون هیچ طرح مدیریتی در زمینه دفع و یا استفاده سودمندانه از لجن فاضلاب در ایران ارائه نگردیده است.

مواد و روشها

اساس کار این تحقیق بر مبنای طرح مدیریتی می باشد که برای تهیه آن مراحل زیر به طور سیستماتیک بایستی طی گردد (Jiddeon, 1996; Sludge Management Plan)
: (Guidance, 1998)

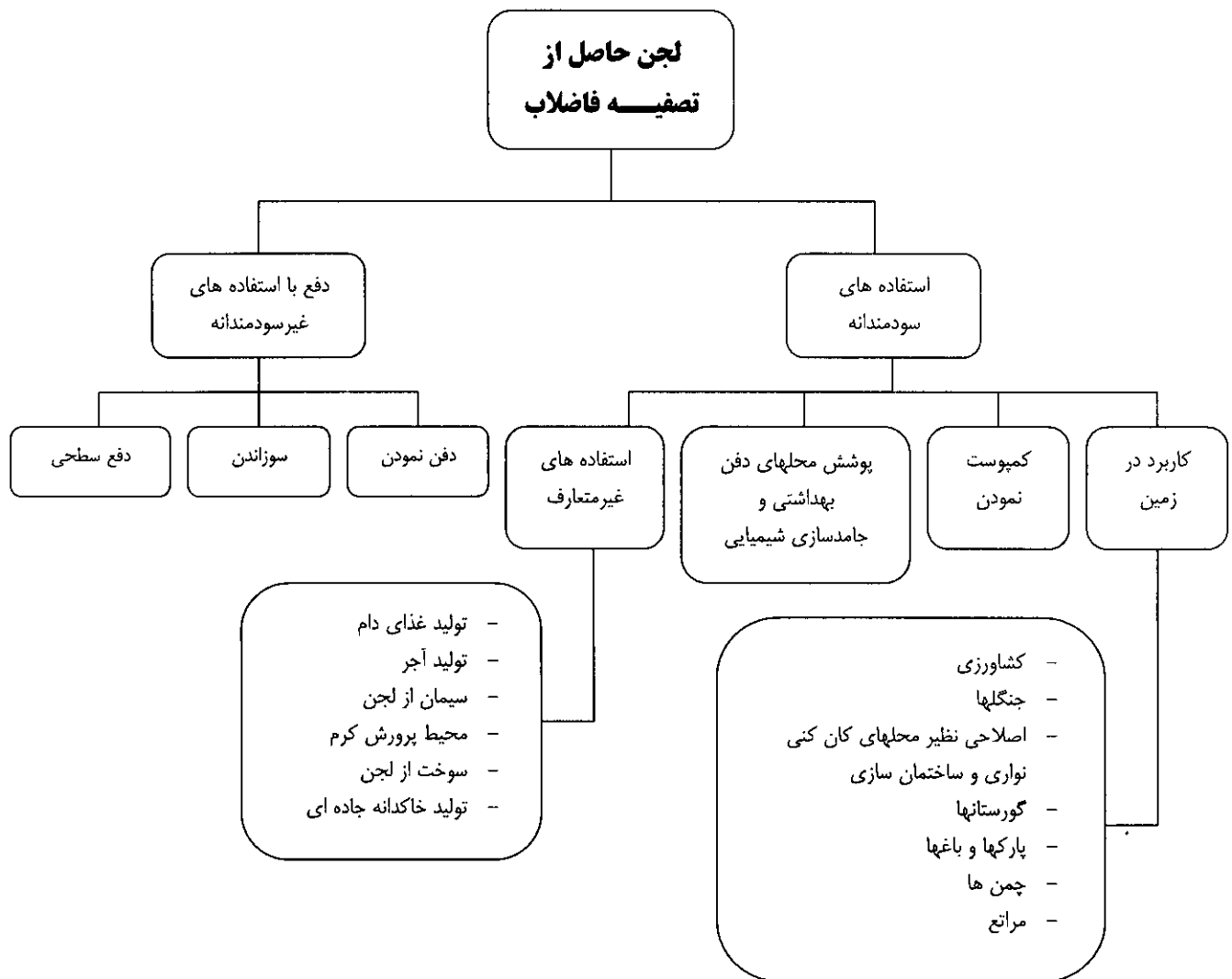
لجن فاضلاب که در روشهای مختلف تصفیه به منظور حذف آلاینده های معلق و محلول از فاضلاب، از طریق جداسازی مواد جامد از مایع یا فعالیتهای بیولوژیکی در تصفیه خانه فاضلاب بدست می آید، در حقیقت نوعی محصول فرعی مهم در فرآیند تصفیه است (موحدیان و دیگران، ۱۳۷۷). طبیعت لجن فاضلاب به فرآیند تصفیه فاضلاب و منبع آن بستگی دارد، پس می تواند مخلوطی از مواد مغذی، با سطوح پایینی از PCB ها، دی اکسین ها و فورانها، سموم کلرینه، هیدروکربنهای آروماتیک چندهسته ای سرطانی، فلزات سنگین، باکتریها، ویروسها، گرمهای انگلی و قارچها، حلالهای صنعتی، آزیستها و فرآورده های نفتی و غیره باشد. هر جزء اصلی لجن اثرات زیست محیطی خود را دارد که در موقع انتخاب روش دفع باید مدنظر قرار گیرد راههای گوناگون دفع در شکل (۱) ارائه گردیده است. تکنولوژیهای دفن لجن همانند اثرات زیست محیطی همراه آن تا حدی توسط انتخاب محل دفع نهائی دیکته می شود. از آنجا که طبیعت چندگانه خطرات و راههای تماس با لجن نیازمند رویکردی جامع برای حفاظت از سلامت عمومی و محیط زیست است، لذا وجود طرح مدیریتی و قوانین استفاده یا دفع لجن فاضلاب مهم هستند.

هدف از این تحقیق ارائه طرح مدیریتی برای لجن تصفیه خانه شهرک قدس و ایجاد زمینه ای برای تدوین قوانین استفاده یا دفع لجن فاضلاب در ایران می باشد.

سوابق تحقیقاتی

مسئله دفع و استفاده سودمندانه از لجن در کشورهای مختلف با توجه به شرایط فرهنگی، تاریخی، اجتماعی، اقتصادی و جغرافیایی آنها متفاوت است.

در ایالات متحده آمریکا و بخشهایی از کانادا و استرالیا کاربرد لجن در زمین از دیرباز مرسوم بوده، قوانین و استانداردهای لازم برای اجتناب از خطرات زیست محیطی ناشی از عدم کاربرد صحیح لجن در زمین وضع و گسترش یافته است



شکل شماره (۱): انواع موارد استفاده از لجن فاضلاب شهری

۱- تحقیقات اولیه که شامل توصیفی از فرایندهای تصفیه بکار رفته و تخمینی از تولید ماهانه لجن خشک و فهرست نمودن و توصیف همه تجهیزات و امکانات بناهای ذخیره سازی و نگهداری لجن، تجزیه شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی لجن و بررسی قوانین بین المللی است.

۲- ارزیابی بازار که شامل مصرف کنندگان بالقوه، نیازهای کمی و کیفی، بهداشت عمومی، تعرفه و قیمت گذاری و ارزیابی است.

۳- موارد مختلف دفع یا استفاده سودمندانه که شامل بررسی گزینه های مختلف دفع یا استفاده سودمندانه، کل هزینه

۴- تجزیه و تحلیل تکنیکی، اقتصادی و مالی، اجتماعی، مخاطرات زیست محیطی و انتخاب متغیرها.

در این مرحله در صورتیکه کاربرد در زمین گزینه برتر باشد مراحل زیر طی می گردد:

الف. انتخاب محل کاربرد شامل ابعاد، مالکیت، مجاورت با ساختمانها، جاده ها و مسیرهای زهکشی، تغییر و تبدیلات عمده محل کاربرد.

ب. تعیین کیفیت فیزیکی و شیمیایی خاک

۱- تحقیقات اولیه که شامل توصیفی از فرایندهای تصفیه بکار رفته و تخمینی از تولید ماهانه لجن خشک و فهرست نمودن و توصیف همه تجهیزات و امکانات بناهای ذخیره سازی و نگهداری لجن، تجزیه شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی لجن و بررسی قوانین بین المللی است.

۲- ارزیابی بازار که شامل مصرف کنندگان بالقوه، نیازهای کمی و کیفی، بهداشت عمومی، تعرفه و قیمت گذاری و ارزیابی است.

۳- موارد مختلف دفع یا استفاده سودمندانه که شامل بررسی گزینه های مختلف دفع یا استفاده سودمندانه، کل هزینه

تصفیه خانه شهرک قدس

تصفیه خانه شهرک قدس بر مبنای معیارهای اجرائی طرح مدیریتی نظیر روش تصفیه فاضلاب، حجم فاضلاب دریافتی، وجود راههای دسترسی و مهمتر از همه امکانات تصفیه و آبیگری لجن انتخاب گردید.

این تصفیه خانه در زمینی به مساحت ۱۳ هکتار در غرب تهران احداث و از سال ۱۳۷۷ مورد بهره برداری قرار گرفته است. این تصفیه خانه برای جمعیتی معادل ۸۵۰۰۰ نفر برآورد شده که امکان توسعه آن برای ۱۳۰۰۰۰ نفر نیز پیش بینی شده است. روش تصفیه در این تصفیه خانه، لجن فعال می باشد که از واحدهای زیر تشکیل گردیده است:

- واحدهای آشغال گیری و دانه گیری
- حوضهای ته نشینی مقدماتی
- حوضهای هوادهی
- حوضهای ته نشینی نهائی
- سیستم برگشت لجن فعال حاصل از حوضهای ته نشینی نهائی به حوضهای هوادهی
- صافی های شنی
- واحد کلرزنی
- سیستم جمع آوری لجن حاصل از حوضهای ته نشینی مقدماتی و لجن فعال اضافی
- حوضهای تغلیظ لجن
- حوضهای هوادهی برای تثبیت هوازی لجن
- بسترهای ماسه‌ای برای خشک کردن لجن تثبیت شده
- مجاری، ایستگاههای تلمبه، وسایل اندازه گیری جریانها و تجهیزات و ادوات کنترل مورد نیاز تصفیه خانه
- محل ذخیره سازی روباز لجن خشک جمع آوری شده از سطح بسترهای خشک کننده.

ظرفیت انتخابی برای تصفیه خانه شهرک قدس مطابق جدول (۱) می باشد. مقدار کل لجن فعال مازاد و مقدماتی در شرایط متوسط (روزهای بدون بارندگی) و حداکثر (روزهای بارانی) به ترتیب ۲۴۷ و ۵۰۲ مترمکعب در روز می باشد که وارد

پ. کسب اطلاعات محل کاربرد شامل ابعاد، مالکیت، مجاورت با ساختمانها، جاده ها و مسیرهای زهکشی، تغییر و تبدیلات عمده محل کاربرد.

۵- اجرا که شامل گزارش اجراء مدیریت و بهره برداری و کنترل کیفیت و استفاده می باشد. در مورد کاربرد لجن در زمین موارد زیر باید در نظر گرفته شود:

الف. فعالیتهای مدیریتی محل در ارتباط با روش و زمان کاربرد لجن، محصولات رشد داده شده و تناوب برداشت.

ب. نرخهای پیشنهادی کاربرد لجن بر اساس ترکیب شیمیایی، حاصلخیزی خاک، نیازهای محصول به مواد مغذی و قوانین.

پ. برنامه پایش شامل تناوب آزمایشها برای لجن و خاک (تعیین بافت گیاه و آب زیرزمینی در صورتیکه به پایش شدیدتری اشاره شده باشد).

در طی کلیه مراحل فوق موافقت افکار عمومی و علائق عمومی از مهمترین عوامل موفقیت یک طرح است. پس در مرحله اجرا بایستی به گونه ای برنامه ریزی نمود که کمترین شکایت از سوی اهالی محل صورت گیرد. با برنامه ریزی و مدیریت دقیق و مراقبت دائمی برنامه های کاربرد در زمین و انجام تبلیغات می توان نظر افکار عمومی را جلب نمود.

بر آورد هزینه ها

توسعه هر طرح مدیریتی بر اساس تعریف یک هدف (معمولاً هزینه ها) می باشد. تا بتوان محدودیتهای اجرائی، اجتماعی و زیست محیطی را در این رابطه بهینه سازی کرد. اجرا طرح شامل انتخاب روش تصفیه، هزینه های تصفیه در رابطه با کیفیت خروجی، ذخیره سازی، نقل و انتقال، کنترل بهداشتی و زیست محیطی، نگهداری، اجرایی و احتمالی است.

هزینه بهینه از مجموع هزینه های فوق و کسر عواید حاصل از بازگشت محصول بدست می آید (Rowe and Abdelmajid, 1995)

آزمایش بیولوژیکی شامل تعیین کلی فرم مدفوعی به عنوان شاخص پاتوژنهای موجود در لجن و آزمایشهای شیمیایی شامل تعیین درصد مواد آلی، نیتروژن (آمونیاکی، ازته و کل)، فسفر، پتاس، سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، روی، مس، منگنز و فلزات سنگین شامل کبالت، جیوه، نیکل، کادمیم، سرب، مولیبدن، آرسنیک، سلنیم و کروم می باشند. آزمایشهای فیزیکی شامل تعیین درصد رطوبت، درصد مواد جامد فرار، مواد جامد باقیمانده و ماده خشک بودند.

کلیه آزمایشها مطابق استانداردهای مندرج در منابع امامی، ۱۳۷۵؛ امامی و بهبهانی، ۱۳۷۵؛ علی احمایی، ۱۳۷۲ و Standard Method, 1998 صورت گرفت.

نتایج بدست آمده

برای بررسی کیفیت لجن خشک تولیدی در تصفیه خانه شهرک قدس و مقایسه آن با استانداردها به دلیل نبود قوانین و استانداردهای مختص شرایط ایران به قوانین و استانداردهای EPA امریکا استناد گردید (U.S. EPA, 40 CFR 503). نتایج بدست آمده در سه محور قابل بررسی است:

۱- بررسی کیفیت بیولوژیکی لجن فاضلاب

جدول شماره ۲- نتایج آزمایش کلی فرم مدفوعی برای نمونه های مختلف لجن بیانگر عدم راهبری و مدیریت صحیح تثبیت لجن می باشد. لجن گاهی از شرایط لجن کلاس A (مطابق قوانین EPA دارای دانسیته کلی فرم مدفوعی کمتر از ۱۰۰۰ MPN بر گرم ماده خشک لجن) برخوردار بوده (به خوبی تثبیت گردیده) و گاهی از شرایط لجن کلاس B (دانسیته کلی فرم مدفوعی در لجن کمتر از ۲۰۰۰۰۰۰ MPN بر گرم ماده خشک لجن است)، برخوردار می باشد (به خوبی تثبیت نگردیده).

وارد مراحل تصفیه لجن می گردد (مهندسين مشاور پارس کنسولت، ۱۳۷۰).

جدول شماره (۱): ظرفیت انتخابی

برای تصفیه خانه شهرک قدس

شرح	مرحله اول اجرائی	مرحله توسعه نهائی
مقدار فاضلاب در شرایط غیربارانی ولی شامل نشتیها (day/m^3)	۳۰۰۰	۴۵۰۰
مقدار بار آلودگی بر حسب BOD5(Kg/day)	۴۵۰۰	۷۸۰۰
مقدار بار مواد جامد معلق (Kg/day)	۶۰۰۰	۱۱۰۰۰
مقدار حداکثر ساعتی فاضلاب با احتساب ضریبی حدود ۲ نسبت به مقدار متوسط فاضلاب (Lit/Sec)	۷۰۰	۱۰۰۰
مقدار حداکثر ساعتی فاضلاب در شرایط بارانی (حاوی آب باران) که تمام مراحل تصفیه را طی خواهد کرد. حدود ۳ برابر مقدار متوسط فاضلاب (Lit/Sec)	۱۰۰۰	۱۵۰۰

مأخذ: جدول شماره ۲ و ۳: گزارش مطالعات مرحله اول.

در زمان انجام تحقیق، حجم فاضلاب ورودی به تصفیه خانه ۱۰۰۰۰ مترمکعب در روز یعنی $1/3$ ظرفیت اسمی تصفیه خانه بوده است.

برای تعیین کیفیت فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی لجن حاصل از بسترهای خشک کن، نمونه برداری از سطح بسترهای پر شده، به ترتیب با لجنهای بهاره، تابستانه، پاییزه و زمستانه سال ۱۳۷۹ مطابق استانداردهای موجود (Standard Method, 1998) انجام و نمونه ها به آزمایشگاههای شرکت آب و فاضلاب تهران، شرکت خاک و سنگ و پژوهشکده صنعت نفت برای انجام آزمایشهای مربوطه ارسال گردید.

۲- بررسی کیفیت لجن به لحاظ شیمیایی

جدول شماره ۳ و ۴ - نتایج آزمونهای شیمیایی لجن برای مواد آلی و مغذی، ریزمغذی و فلزات سنگین شاخص جدول (۶)، ارائه گردیده است. پایین بودن سطح فلزات سنگین در لجن به دلیل نبود واحدهای صنعتی در حوزه عملکردی تصفیه خانه شهرک قدس می باشد. مطابق قوانین EPA و مقایسه نتایج حاصله با ستونهای جدول (۶) بیانگر کیفیت استثنایی لجن به این لحاظ است.

بالا بودن میزان مواد آلی، عناصر مغذی و ریزمغذی در لجن بیانگر ارزش کودی آن است.

۳- بررسی کیفیت فیزیکی لجن

جدول شماره (۵) - پایین بودن درصد رطوبت و بالا بودن ماده جامد خشک در لجن و در نتیجه بوی کم لجن تثبیت شده، مطابق قوانین EPA منجر به کاهش جلب ناقلین خواهد شد. با مقایسه کیفیت شیمیایی لجن با استانداردهای EPA گزینه های مختلف دفع، بررسی و گزینه برتر انتخاب می گردد (مؤمنی، ۱۳۷۹-۱۳۸۰).

جدول شماره (۲): نتایج انجام آزمایش تعیین کلی فرم مدفوعی نمونه های لجن

شماره آزمایشگاه	مشخصات نمونه لجن	تاریخ نمونه برداری	تعداد کلی فرم مدفوعی MPN/100ml
۵	بهاره	۱۳۸۰/۲/۲۹	۱۲۰
۱۴	بهاره ۱	۱۳۸۰/۳/۲۷	۸۰۰
۱۵	بهاره ۱	۱۳۸۰/۳/۲۷	۱۳۰۰۰
۶	تابستانه	۱۳۸۰/۲/۲۹	۲۳۰
۱۶	تابستانه ۱	۱۳۸۰/۳/۲۷	۶۰۰
۱۷	تابستانه ۱	۱۳۸۰/۳/۲۷	۲۱۰۰
۳	پائیزه	۱۳۸۰/۲/۹	۱۱۰۰
۱۸	پائیزه ۱	۱۳۸۰/۲/۲	۱۶۰۰۰<
۱۹	پائیزه ۲	۱۳۸۰/۳/۲۷	۵۰۰۰
۲۰	پائیزه ۳	۱۳۸۰/۳/۲۷	۱۶۰۰۰۰<
۴	زمستانه	۱۳۸۰/۲/۹	۲۳۰۰
۲۱	زمستانه ۱	۱۳۸۰/۲/۲	۱۶۰۰۰<
۲۲	زمستانه ۲	۱۳۸۰/۳/۲۷	۱۶۰۰۰۰<
۲۳	زمستانه ۳	۱۳۸۰/۳/۲۷	۱۶۰۰۰۰<

جدول شماره (۳): نتایج آزمایشهای شیمیایی لجن

LAB. No.	مشخصات نمونه	عناصر mg/kg بر مبنای وزن خشک									
		سدیم Na	پتاسیم K	فسفر P	ازت کل	ازت آمونیاکی	ازت نیتراته	PH	ECx10 ^۳	کلر CL	کربن آلی O.C
۵	لجن بهاره	۵۵۶۶/۰۳	۱۰۰۰/۴	۳۰۰۰	۴۷۰۸	۱۵۲۸	۱۷۹/۸	۶/۳۲	۲/۲۸	۳۷۹۴	۴۶/۰۲
۶	لجن تابستانه	۵۴۱/۴	۷۹۱/۸	۲۵۰۰	۴۸۱۵	۱۷۹۷/۶	۱۲۷/۳	۶/۶	۲/۶۶	۵۷۶۲/۳	۴۱/۱۴
۳	لجن پائیزه	۶۱۵/۳	۷۶۵/۰۵	۳۳۰۰	۶۲۰۶	۸۵۰/۱۱	۱۶۸/۵	۶/۵	۱/۷۶	۷۹۷۸/۵	۲۸/۴۲
۴	لجن زمستانه	۶۶۴/۵	۹۳۶/۲۵	۲۷۰۰	۵۸۸۵	۱۰۲۹/۹	۲۷۲/۳	۶/۴	۲/۳۰	۷۹۷۸/۵	۳۹/۷۸
	میانگین	۵۹۶/۸	۸۷۳/۴	۲۶۲۵	۵۴۰۳/۵	۱۳۰۱/۴	۱۹۴/۵	۶/۴۶	۲/۲۲۵	۶۳۷۸/۳	۴۱/۳۴

جدول شماره (۴): نتایج انجام آزمایشهای شیمیایی و فیزیکی بر روی ۴ نمونه لجن اخذ شده از بسترهای خشک کننده تصفیه خانه شهرک قدس

LAB No.	مشخصات نمونه	عناصر mg/kg بر مبنای وزن خشک															
		Hg	Cr	Co	Cd	Pb	Ni	Fe	Zn	Mn	Cu	Se	Mo	آرسنیک	B	کلسیم Ca	منیزیم Mg
۵	لجن بهاره	-/۱۰۷	۲۱/۹۳	۶/۴۲	۰/۰۰	۱۳۸/۰۳	۲۷/۲۸	۵۱۳۲/۶	۸۵۷/۶۶	۱۳۷/۵	۱۹۹/۶	<۰/۱	<۰/۳۵	۰/۱۲	۸/۸	۲۵۷۳۷	۲۹۴۲/۵
۶	لجن تابستانه	-/۰۹	۲۱/۹۳	۱۴/۴۴	۰/۰۰	۱۱۹/۳	۲۴/۰۷	۴۶۵۸/۲	۵۷۵/۳	۱۷۱/۳	۱۲۸۳۳	<۰/۱	<۰/۳۵	۰/۱۰	۸/۵	۲۴۴۰۹	۲۸۲۵/۵
۳	لجن پاییزه	-/۴۶۵	۱۷/۱۲	۲/۸۲	۰/۰۰	۸۱/۸۶	۱۶/۵۹	۵۲۰/۳	۵۶۴/۸	۱۸۵/۶	۵۹/۳	<۰/۱	<۰/۳۵	۰/۰۰	۷/۵	۲۸۷۵۶	۲۳۴۳/۵
۴	لجن زمستانه	-/۱۷	۲۰/۸۷	۳/۲۱	۰/۰۰	۱۷۶/۰۲	۱۶/۵۹	۵۰۰/۷	۶۰۶/۶	۱۳۰/۵۳	۱۶۵/۸۵	<۰/۱	<۰/۳۵	۰/۰۰	۹/۰	۲۴۳۲۴	۲۸۸۹
	میانگین	-/۲۰۸	۲۰/۴۶	۷/۲۲	۰/۰۰	۱۲۸/۸	۲۱/۱۳	۵۰۰/۵	۶۵۱/۹	۱۵۶/۳۴	۱۳۲/۳۷	<۰/۱	<۰/۳۵	۰/۱۱	۸/۴۵	۲۵۹۱۴	۳۹۸۲/۶

جدول شماره (۶): غلظتهای فلزات و نرخهای بارگذاری

از قوانین EPA.503

(۱) اجزاء اصلی	(۲) غلظت سقف mg/kg ^(I)	(۳) نرخ بارگذاری اجزاء اصلی تجمع یابنده kg/ha ^(II)	(۴) غلظت اجزاء اصلی برای کیفیت استثنایی mg/kg ^(III)	(۵) نرخ سالانه بارگذاری اجزاء اصلی kg/ha.yr ^(IV)
آرسنیک	۷۵	۴۱	۴۱	۲/۰
کادمیم	۸۵	۳۹	۳۹	۱/۹
کروموم V				
مس	۴۳۰۰	۱۵۰۰	۱۵۰۰	۷۵
سرب	۸۴۰	۳۰۰	۳۰۰	۱۵
جیوه	۵۷	۱۷	۱۷	۰/۸۵
مولیبدن	۷۵			
نیکل	۴۲۰	۴۲۰	۴۲۰	۲۱
سلنیم	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۵/۰
روی	۷۵۰۰	۲۸۰۰	۲۸۰۰	۱۴

جدول شماره (۵): نتایج آزمایشهای فیزیکی لجن

LAB No.	مشخصات نمونه	بر حسب درصد		
		رطوبت	مواد جامد ثابت شده	مواد فرار
۵	لجن بهاره	۰/۵۸	۳۶/۴۵	۶۳/۵۵
۶	لجن تابستانه	۱/۲۲	۳۳/۷۵	۶۶/۲۵
۳	لجن پاییزه	۱/۶	۲۷/۱۴	۷۲/۸۶
۴	لجن زمستانه	۲/۱	۲۹/۷	۷۰/۳۰

I: جدول (۲) از قوانین ۵۰۳، بر مبنای وزن خشک

II: جدول (۳) از قوانین ۵۰۳، بر مبنای وزن خشک

III: جدول (۴) از قوانین ۵۰۳، بر مبنای وزن خشک

IV: جدول (۵) از قوانین ۵۰۳

V: از ۲۵ فوریه ۱۹۹۴، مطابق اعلام قانون گذار فدرال، کروموم و مقادیر

مولیبدن از جداول ۲، ۳ و ۴ حذف شده و مقدار سلنیم در جدول ۳ از ۳۶

به ۱۰۰ افزایش یافته است.

بررسی گزینه های مختلف دفع لجن

گزینه نخست سوزاندن است که بدلیل افزایش آلودگی هوای تهران، هزینه بر بودن ساخت، راه اندازی و راهبری کوره سوزاندن و وجود زمینهای کافی برای به کارگیری لجنی با چنین ارزش کودی رد می شود.

گزینه دفن بهداشتی همراه با زباله نیز بدلیل حجم عظیم زباله تولیدی در تهران، همچنین بدلیل هزینه های حمل و دفن و ارزش کودی لجن رد می شود. گزینه کمپوست نمودن نیز به دلیل افزایش آلودگی هوای تهران، هزینه های ساخت و راه اندازی تجهیزات و عدم راهبری صحیح رد می شود.

گزینه دفع در زمین (کاربرد در زمین و دفع سطحی، دو روش مدیریت طبیعی لجن می باشند) با مقایسه نتایج آنالیز کیفی لجن با نگاره های شکلهای ۲ و ۳ قابل بررسی است.

برای کاربرد در زمین مطابق شکل ۲، لجن بایستی حداقل دارای شرایط لجن کلاس B و فلزات سنگین موجود در آن دارای غلظت سقف آلوده کنندگی (ستون ۲ جدول ۶) باشد. از آنجا که لجن تصفیه خانه شهرک قدس دارای شرایط لجن کلاس B فرض شده و به لحاظ فلزات سنگین نیز دارای کیفیت استثنایی (ستون ۴ جدول ۶) و واجد شرایط کاهش جلب ناقلین می باشد، لذا با در نظر گرفتن شرایط کاربرد لجن کلاس B با سطوح بسیار پایین فلزات سنگین، می توان لجن را با اعمال نیازمندیهای مدیریتی، پایش و ثبت و حفظ گزارشات در زمینهای کشاورزی، جنگلی، مراتع و اصلاحی بکار برد. نیازی به محاسبه نرخ کاربرد لجن بر اساس فلزات سنگین نیست ولی نرخ کاربرد بر اساس نیتروژن بایستی محاسبه گردد.

کاربرد لجن حاصل از تصفیه خانه شهرک قدس در اراضی زیر بررسی گردید (مؤمنی، ۱۳۷۹-۱۳۸۰).

۱- کاربرد لجن در اراضی جنوب تهران: بدلیل استفاده از فاضلاب خام و پساب سایر تصفیه خانه ها در این اراضی، کاربرد لجن تثبیت شده با سطوح بسیار پایین فلزات سنگین منجر به بی مفهوم شدن مفهوم تصفیه می باشد.

۲- در اطراف محل تصفیه خانه (نظیر پارک پردیسان): با توجه به شرایط کاربرد لجن کلاس B بدلیل مجاورت این محلها با مناطق مسکونی و جاده های عبوری و مورد استفاده عموم بودن آنها امکان پذیر نمی باشد.

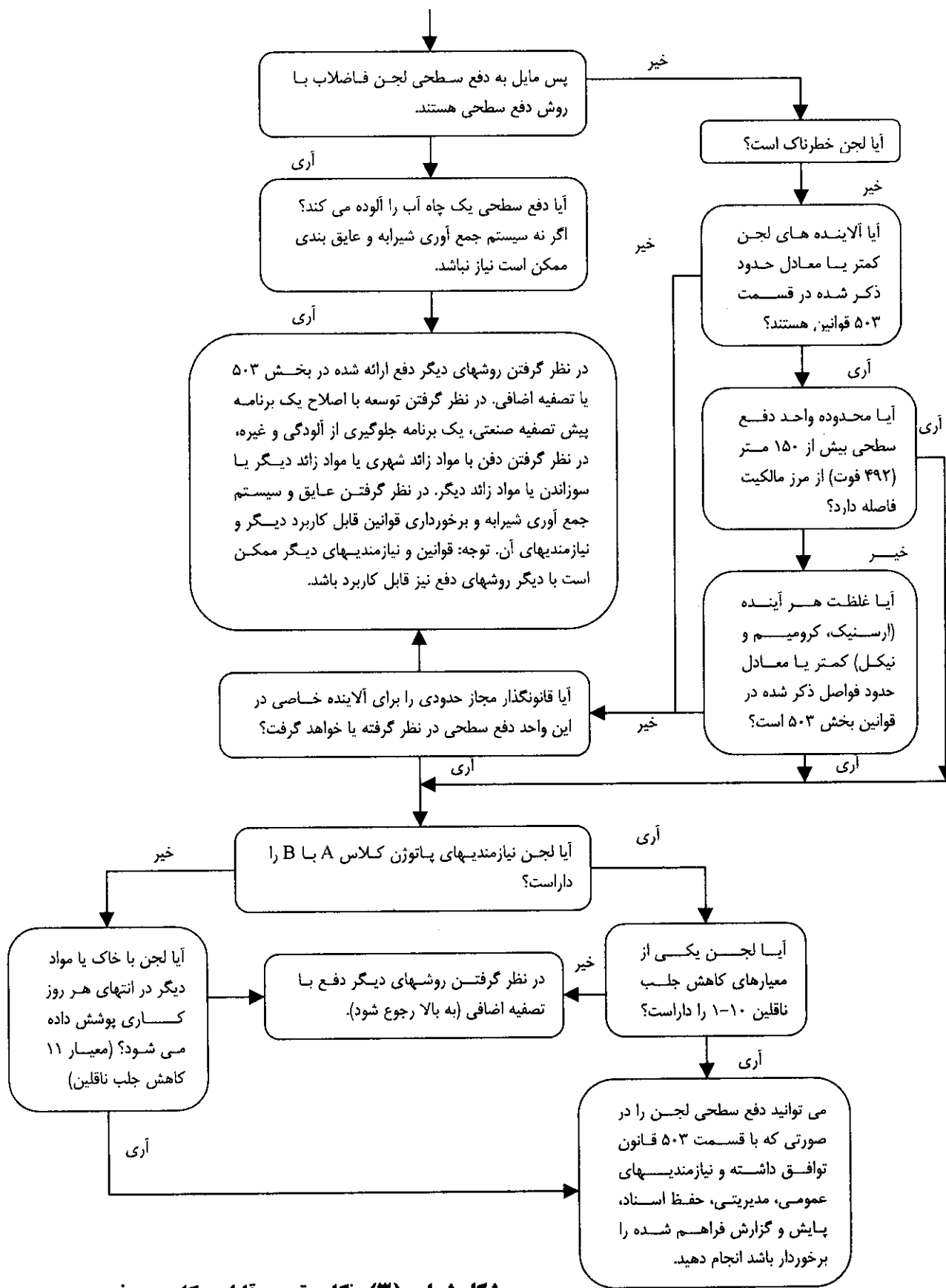
۳- کاربرد لجن در اراضی باغ مهرشهر و نهالستان کمال آباد که زیر نظر بنیاد مستضعفان اداره می شدند بررسی و به دلیل اقتصادی بودن فعالیتها در این اراضی، باغ مهرشهر کرج برای کاربرد لجن در زمین انتخاب شد.

باغ مهرشهر کرج

باغهای مهرشهر کرج در سال ۱۳۴۴ توسط شمس پهلوی جهت امر باغداری در دو قطعه زمین مجزا به مساحت کل ۳۶۲ هکتار واقع در بلوار امام خمینی (ره) مهرشهر کرج تأسیس گردید. در سال ۱۳۵۸ به بنیاد مستضعفان و جانبازان تحویل شد و در سال ۱۳۷۵ باغ ۳۰۰ هکتاری مهرشهر به آزادراه تهران - شمال واگذار گردید و در سال ۱۳۷۸ تحت سرپرستی واحد عمران شهرک قدس درآمد و از تاریخ ۱۳۷۹/۱۱/۱ به شرکت آتی ساز تحویل و هم اکنون زیر نظر آن اداره می شود.

در حال حاضر کل مجموعه باغ ۳۵۲ هکتار می باشد که ۲۷۰ هکتار آن باغهای سیب، گلابی، آلو، بادام، زردآلو، گیلاس، گردو، هلو، شلیل و سیب گلاب و درختان حاشیه ای کبوده، چنار و گردو می باشند. مابقی اراضی زمینهای زراعی قابل اجاره است که در آنها گوجه فرنگی، لوبیا، گل کلم، کرفس و کاهو کشت می شود. در این مجموعه ۹ حلقه چاه با عمق بیش از یک متر وجود دارد. علوفه رشد کرده در نقاط باز و زیردرختان به مصرف خوراک دام می رسد. پس سه کاربری عمده باغداری، صیفی کاری و تا حدی مرتعداری در این اراضی در جریان است.

شیب این اراضی حدود سه درصد است که خطر روان آب سطحی وجود ندارد. نفوذپذیری خاک متوسط بوده و سطح آبهای زیرزمینی پایین است. اراضی این باغ به دلیل وسعت زیاد فاصله قابل توجهی تا مناطق مسکونی دارند.



شکل شماره (۳): نگاره تعیین قابلیت کاربرد دفع

نمونه ها پس از جمع آوری و تهیه ۷ نمونه مرکب برای انجام آزمایشهای فیزیکی و شیمیایی مطابق استانداردهای مندرج در منابع (علی احیایی ۱۳۷۲ و ۱۳۷۶) به آزمایشگاههای مربوطه ارسال گردید. نتایج آزمایشها در جداول (۷، ۸ و ۹) ارائه گردیده است.

با توجه به مناسب بودن ویژگیهای ظاهری برای کاربرد لجن برای کسب اطلاعات دقیقتر از وضعیت خاک آن نمونه برداری از خاک در سه قطعه که تغییرپذیری داشته اند از اعماق ۳۰-۶۰، ۶۰-۹۰، ۹۰-۳۰ سانتیمتری با اوگر دستی و مطابق استانداردهای مؤسسه تحقیقات خاک و آب انجام گردید.

جدول شماره (۷): نتایج انجام آزمایشهای شیمیایی بر روی نمونه های جمع آوری شده از باغ مهر شهر کرج

بر حسب درصد	عناصر mg/kg بر مبنای وزن خشک													مشخصات نمونه	LAB No.		
	C.E.C	کلرل	هدایت الکتریکی Ex	PH	تانس K	ازت نیتراته N-NO ₃	ازت آمونیاکی N-NH ₄	ازت کل N	فسفر P	B بر	پتاسیم K	سدیم Na	منیزیم Mg			کلسیم Ca	عمق نمونه برداری cm
۱/۱۲	۱۸/۰	۲۳/۵	۱/۴۱	۷/۴	۳۱۶	۳۷/۸	۱۲/۶	۹/۰	۱۰/۴	-/۱۶	۱۸/۲	۸۹/۷	۷۲/۹۶	۱۱۲/۲۲	۰-۳۰	باغ (ابتدومیانه)	۷
۰/۴۵	۱۶/۲	۲۳/۵	۱/۱۶	۷/۸	۱۸۰	۲۲/۴	۱۰/۵	۶/۰	۲/۰	-/۲۸	۵/۰	۹۴/۳	۴۸/۶۴	۸۸/۱۸	۳۰-۶۰	باغ (ابتدومیانه)	۸
۰/۲۹	۱۴/۶	۳۹/۰/۰۶	۱/۹۵	۷/۸	۱۲۶	۱۶/۸	۱۱/۲	۴/۰	۲/۰	-/۰۸	۴/۳	۱۵۸/۷	۷۲/۹۶	۱۵۲/۳	۶۰-۹۰	باغ (ابتدومیانه)	۹
۰/۹۶	۱۵/۲	۲۴۸/۲۲	۱/۵۹	۷/۸	۲۹۰	۲۵/۰	۵/۶	۹/۰	۵/۲	۰/۳	۱۸/۲	۸۲/۸	۹۷/۲۸	۱۶۰/۳۲	۰-۳۰	صیفی کاری	۱۰
۱/۱۱	۱۶/۲	۲۶۵/۹۵	۱/۴۳	۸/۱	۲۷۰	۲۵/۲	۵/۶	۹/۰	۳/۶	-/۰۸	۱۵/۳	۱۵۸/۷	۴۳/۸	۱۱۲/۲۲	۰-۳۰	باغ (انتها)	۱۱
۰/۲۵	۱۵/۲	۴۷۸/۷۱	۲/۹۴	۸/۱	۱۲۰	۱۱/۲	۵/۶	۴/۰	۴/۰	-/۱۶	۴/۶	۳۴۵	۳۳/۰۵	۸۸/۱۸	۳۰-۶۰	باغ (انتها)	۱۲
۰/۴۵	۱۴/۲	۹۲/۱/۹۶	۲/۷۳	۷/۹	۸۶	۱۲/۶	۴/۲	۴/۰	۸/۰	-/۲۸	۲/۸	۵۱۵/۲	۶۸/۱	۱۹۲/۴	۶۰-۹۰	باغ (انتها)	۱۳

جدول شماره (۸): نتایج انجام آزمایشهای شیمیایی و فیزیکی نمونه خاک باغ مهر شهر کرج

آرسنیک As	مولیبدن Mo	کلسیم K	مس Cu	منگنز Mn	روی Zn	آهن Fe	نیکل Ni	سرب Pb	کادمیوم Cd	کوبالت Co	کروم Cr	جیوه Hg	عمق نمونه برداری cm	مشخصات نمونه	LAB No.
۰/۲۸۴	<۰/۳۵	<۰/۱	۳۵/۳۱	۱۰۵۷/۷	۷۷/۴۱	۳۱۴۳۷/۷	۳۳/۱۷	۵۶/۷۱	-/۰۰	۱۶/۰۵	۳۲/۶۴	-/۱۹۳	۰-۳۰	باغ (ابتدومیانه)	۷
۰/۲۸۴	<۰/۳۵	<۰/۱	۵۲/۴۳	۱۰۵۷/۷	۸۹/۹۳	۲۳۷۲۱	۴۰/۱۲	۳۷/۴۵	-/۰۰	۱۷/۶۶	۳۰/۵	-/۲۴	۳۰-۶۰	باغ (ابتدومیانه)	۸
۰/۲۷۳	<۰/۳۵	<۰/۱	۴۷/۰۸	۹۵۴/۹۷	۷۹/۵۰۱	۲۵۸۴۴/۶	۳۸/۵۲	۵۰/۲۹	-/۰۰	۱۶/۰۵	۳۰/۵	-/۱۳۳	۶۰-۹۰	باغ (ابتدومیانه)	۹
۰/۲۹۴	<۰/۳۵	<۰/۱	۴۰/۶۶	۸۳۷/۸۱	۸۵/۷۶	۴۴۵۸۲	۴۰/۱۲	۳۷/۴۵	-/۰۰	۲۸/۳۶	۲۴/۱	-/۰۷	۰-۳۰	صیفی کاری	۱۰
۰/۲۷۷	<۰/۳۵	<۰/۱	۱۹/۲۶	۹۴۸/۰۲	۸۱/۸	۲۴۱۴۹/۹	۳۸/۵۲	۳۷/۴۵	-/۰۰	۱۴/۴۴	۲۵/۶۸	-/۰۵۳	۰-۳۰	باغ (انتها)	۱۱
۰/۲۸۶	<۰/۳۵	<۰/۱	۲۹/۹۶	۹۶۱/۹	۷۳/۲۴	۲۹۱۵۱/۱	۴۰/۱۲	۸۷/۷۲	-/۰۰	۲۳/۰۰	۲۶/۷۵	-/۱۰	۳۰-۶۰	باغ (انتها)	۱۲
۰/۲۷۵	<۰/۳۵	<۰/۱	۳۷/۰۲	۹۳۷/۲	۶۹/۰۲	۲۶۸۶۵	۳۸/۵۲	۷۵/۴۴	-/۰۰	۳۱/۵۶	۲۵/۶۸	-/۰۷	۶۰-۹۰	باغ (انتها)	۱۳

جدول شماره (۹): نتایج انجام آزمایشات فیزیکی بر روی نمونه های جمع آوری شده از باغ مهرشهر

شماره آزمایشگاه	مشخصات نمونه	عمق نمونه برداری cm	بر حسب درصد			
			Sand	Silt	Clay	S.P.
۷	باغ (ابتداومیانه)	۰-۳۰	۲۰	۴۷	۳۳	۴۶
۸	باغ (ابتداومیانه)	۳۰-۶۰	۲۳	۴۴	۳۳	۴۳
۹	باغ (ابتداومیانه)	۶۰-۹۰	۲۷	۴۲	۳۱	۴۱
۱۰	صیفی کاری	۰-۳۰	۲۵	۴۴	۳۱	۴۳
۱۱	باغ (انتها)	۰-۳۰	۲۸	۴۳	۲۹	۴۴
۱۲	باغ (انتها)	۳۰-۶۰	۲۹	۴۲	۲۹	۲۸
۱۳	باغ (انتها)	۶۰-۹۰	۲۸	۴۷	۲۵	۴۲

بحث و نتیجه گیری:

نتایج حاصله بیانگر سطوح پایین مواد آلی، عناصر مغذی و ریزمغذی در خاک و نیاز این اراضی به کوددهی می باشد. لجن به عنوان یک کود بیولوژیک می تواند جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی و دامی باشد.

محاسبه نرخ بارگذاری لجن بر مبنای نیتروژن

میزان نیتروژن قابل دسترس گیاه حاصل از لجن از فرمول زیر محاسبه می گردد (Crites and Tchobanglous, 1998; Rhyner et al, 1995)

$$L_N = [NO_3 + K_u(NH_4) + f_n(N_o)]F$$

که NO_3 ، بر حسب mg/kg یا درصد ازت نیتراته، K_u ، میزان فراربت ازت آمونیاکی، NH_4 میزان ازت آمونیاکی بر حسب mg/kg یا درصد، f_n نرخ معدنی شدن نیتروژن آلی است که به عوامل اقلیمی، شرایط خاک و ... بستگی دارد و به طور تقریبی در اینجا ۰/۵ در نظر گرفته شده است. N_o میزان نیتروژن آلی است که از تفاضل میانگین ازت آمونیاکی و نیتراته از ازت کل حاصل می شود. F نیز فاکتور تبدیل است که برای واحدهای متریک ۱۰۰۰ می باشد. پس در مورد لجن شهرک

قدس می شود:

$$N_N = [(0/0.195 + 1(0/13.01) + 0/5 [0/39.08] \times 1000/1000$$

$$L_N = kg/ton$$

میزان تن بر هکتار لجن موردنیاز برای تأمین نیتروژن موردنیاز درختان سیب از فرمول $L_p = U_p / L_N$ محاسبه می شود که U_p میزان جذب نیتروژن توسط درختان سیب بر حسب kg/ha و L_N نیتروژن قابل دسترس حاصل از لجن می باشد (Crites and Tchobanglous, 1998).

با توجه به حداکثر تولید سیب به میزان ۲۰ تن بر هکتار میزان جذب نیتروژن به طور خالص ۱۷/۵ کیلوگرم بر هکتار در نظر گرفته شده که تقریبی بوده و نیاز به مطالعات و کار میدانی در محل دارد.

$$L_p = 17/5 \text{ kg/ha} \quad 2/45 \text{ kg/ton} = 5 \text{ Ton/ha}$$

با توجه به میزان لجن خشک حمل شده به باغ که حدود ۵۴ تن می باشد، محوطه موردنیاز برای کاربرد این میزان لجن بر مبنای درختان سیب ۱۱ هکتار و بر مبنای درختان گلابی ۸ هکتار و برای محصولات صیفی نظیر گوجه فرنگی تنها ۱ هکتار برای ماکزیمم تولید ۲۴ تن بر هکتار می باشد (Crites and Tchobanglous, 1998).

برای محصولات صیفی با توجه به نیاز شدید این محصولات به ازت معدنی د رمدت کوتاه رشدشان، اجاره ای

میزان کود شیمیایی مصرفی در اراضی حدود ۳۰۰-۲۰۰ کیلوگرم کوه اوره، ۲۵۰-۲۰۰ کیلوگرم کود فسفات و ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار کود پتاس می باشد. قیمت هر کیلوگرم کود اوره ۳۱۷ ریال و هر کیلو کود فسفات آمونیم ۴۵۰ ریال می باشد. از آنجا که مساحت کل باغ ۲۷۰ هکتار می باشد پس میزان هزینه کود مصرفی اگر ۲۵۰ کیلوگرم کود اوره بر هکتار در نظر گرفته شود، معادل ۲۱۳۹۷۵۰۰ ریال خواهد شد. از آنجا که لجن حمل شده به باغ ۵۴ تن می باشد که برای حدود ۱۱ هکتار از اراضی باغ سیب کافی خواهد بود، کود شیمیایی اوره لازم برای این ۱۱ هکتار ۲۷۵۰ کیلوگرم می باشد که با توجه به قیمت کود اوره معادل ۸۷۱۷۵۰ ریال خواهد شد. پس لجن موجود به جای ۲۷۵۰ کیلوگرم کود اوره در باغ سیب عمل خواهد کرد. لجن مذکور علاوه بر دارا بودن نیتروژن حاوی سایر مواد مغذی و ریزمغذی لازم برای درختان نیز می باشد که نیاز به کوددهی سایر عناصر را از بین می برد و با احتساب قیمت سایر کودها (برای مثال آهن کیلویی ۷۰۰۰۰ ریال) کاربرد لجن مقرون به صرفه خواهد بود. البته محاسبات فوق تقریبی بوده و نیاز به مطالعات بیشتر در محل کاربرد دارد.

به دلیل عدم تماس محصولات باغی با خاک و از آنجا که قسمتهائی از باغ برای تفرج نیز گاهی استفاده می شود و کارگران مرتباً در آنجا در رفت و آمدند، لذا بهتر است برای ۳۰ روز پس از کاربرد لجن، دسترسی محدود گردد.

در قسمتهائی که علوفه برای خوراک دام برداشت می شود ۳۰ روز پس از کاربرد لجن علوفه نباید برداشت شود.

برای پایش نیز هر دو یا سه ماه یک بار کیفیت لجن تعیین و هر ساله با گذاشتن تیمار وضعیت خاک محل کاربرد آزمایش گردد تا میزان واقعی کوددهی با لجن و میزان نیاز به کود تکمیلی مشخص گردد.

تشکر و قدردانی

انجام این تحقیق بدون حمایت مالی معاونت محترم

بودن این اراضی و عدم آگاهی کشاورزان از مخاطرات ناشی از عدم کاربرد صحیح لجن، ترجیح داده می شود که لجن در این اراضی بکار نرود.

امکان پذیری اقتصادی طرح

برای برآورد هزینه ها در انتخاب روش تصفیه ظرفیت تأسیسات طراحی شده، زمین در دسترس و قیمت آن، نزدیکی به شهر و مناطق کشاورزی و عوامل دیگر باید در نظر گرفته شود. هزینه های تصفیه شامل سرمایه گذاری، برآورد هزینه های بهره برداری و نگهداری و کنترل و پایش کیفیت فاضلاب و لجن است. هزینه های ذخیره سازی و حمل نیز با توجه به دو نوع ذخیره سازی روباز و روبسته، هزینه های مربوطه، هزینه ساختمان، زمین و نگهداری می باشد. در تصفیه خانه شهرک قدس از قطعه زمین درختکاری شده حاشیه ای برای ذخیره سازی روباز لجن استفاده می شود (هر یک از دو روش ذخیره سازی روباز و روبسته مزایا و معایب خود را دارند که در هنگام طراحی تصفیه خانه و روش دفع باید مدنظر قرار گیرد).

هزینه حمل لجن با کامیون به باغ مهرشهر مبلغ ۱۸۰۰۰۰۰ ریال می باشد.

کنترل مخاطرات بهداشتی و آلودگیهای زیست محیطی در رابطه با دفع و یا استفاده سودمندانه از لجن تصفیه شده انجام می شود. برآورد این مورد مشکل می باشد.

کنترل روزانه کیفیت فاضلاب موجب تغییرات مناسب در موقعیتهای مختلف در سیستم می باشد.

کنترل و پایش بر اساس قیمتهای واقعی نمونه گیری از فاضلاب و لجن در شرایط عادی و فوق العاده برآورد می شود. پارامترهای اصلی شامل COD, BOD, TSS فلزات سنگین، کلی فرم مدفوعی و PCBهاست.

از آنجا که نحوه کاربرد لجن و پخش آن بر روی زمین و سپس جای دادن آن درون خاک با عملیات کشت و کار در زیر سطح زمین می باشد، تنها هزینه پخش لجن روی زمین وجود دارد که در مورد مصرف کودهای شیمیایی و دامی نیز صادق است.

Jiddeon, O. 1996. Management modeling of integrative wastewater treatment and reuse system, water and science technology 33: (10-11): 95-105.

Krogmann, U. et al. 1998. Biosolids and sludge management, J. Water Env. Research. 70(4): 557-581.

Lue-Hing-C, Z. R. D, Kuchenrither. R. 1992. Municipal Sewage Sludge Management Processing, Utilization and Disposal Vol. 4 Technomic Publishing Co. Inc.

Noguchi, H. B. and Scandito, B. 1992. To long term experiment of applying sludge fertilizer to agricultural land, J. Institution of Water and Environment Management, 6 (5): 576-582.

Priestley. A. J. 1991. Report on Sewage Sludge Treatment and Disposal, Environmental Problems, and Research Needs from Australian Perspective, CSIRO, File//A/Reportd/Csiro Sewage Sludge.

Rhyner. R. C. et al. 1995. Waste Management and Resource Recovery CRC. Press.

Rowe, D. and Abdelmajid, I. 1995. Handbook of Wastewater Reclamation and Reuse, Lewis Publishers by CRC Press, Inc.

Sigger, R. B., and Heman, G. J., 1993. Land Application Requirements of the New Sludge Rules, Water/Engineering & Management, 140(8): 30-31.

Sigmund, T. W., and Sieger, R. B., 1993. The new surface disposal requirements, Water/Engineering & Management, 140(9): 18-19.

Sludge Management Plan Guidance Created 5 March 1996. Edited 10 September 1998. Preparing a Sludge Management Plan.

Standard Method for Examination of Water and Waste water. 1998.

U.S.EPA, 40 CFR 503. Revised. 1997. Standard for Use or Disposal of Sewage Sludge.

Williams, P.T. 1999. Waste Treatment and Disposal, John Wiley & Sons.

پژوهشی دانشگاه تهران میسر نبوده، بدینوسیله از مساعدتهای بعمل آمده تشکر و قدردانی می گردد.

منابع مورد استفاده

امامی، ع. ۱۳۷۵. روشهای تجزیه گیاه. جلد اول (شماره ۹۸۲) مؤسسه تحقیقات خاک و آب.

امامی، ع. بهبهانی، ع. ۱۳۷۵. روشهای آزمایشگاهی تجزیه کودهای شیمیایی (شماره ۷۰۷) مؤسسه تحقیقات خاک و آب.

بینا، ب و امینی، ا. ۱۳۷۸. بررسی کیفیت کیفیت لجن تصفیه خانه های اصفهان و مقایسه با استانداردهای زیست محیطی برای مصارف مختلف، دومین سمینار کشوری بهداشت محیط.

ضوابط فنی بررسی و تصویب طرحهای تصفیه فاضلاب شهری، برنامه و بودجه، نشریه شماره ۳، ۱۲۹، فصل ششم.

علی احيائي، م. ۱۳۷۲. روشهای تجزیه شیمیایی خاک جلد اول (شماره ۸۹۳) مؤسسه تحقیقات خاک و آب.

علی احيائي، م. ۱۳۷۶. روشهای تجزیه شیمیایی خاک جلد دوم (شماره ۱۰۲۴) مؤسسه تحقیقات خاک و آب.

موحیدیان، عطا و تکدستان، ۱۳۷۷. ضوابط بهداشتی جهت استفاده و یا دفع لجن فاضلاب، مجله آب و فاضلاب شماره ۲۷: ۴۱-۵۱.

مؤمنی، ل. (۸۰-۱۳۷۹). ارائه الگوی طرح مدیریتی لجن فاضلاب شهری (مطالعه موردی تصفیه خانه شهرک قدس) پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران.

مهندسين مشاور پارس كنسولت ۱۳۷۰، خلاصه گزارش تصفیه خانه فاضلاب شهرک قدس.

Crites,R., and Tchobanglous, G. 1998. Small and Decentralized Wastewater Management Systems. Singapore, Mc Grow-Hill, 1083 pp.