

کاربرد ضایعات طبیعی به منظور بهبود مشخصات ته‌نشین پذیری لجن فعال

روح‌اله حسین‌لو^۱ امیر تابی^۲

(دریافت ۸۷/۴/۲۳ پذیرش ۸۸/۲/۷)

چکیده

شاخص حجمی لجن و سرعت ته‌نشینی ناحیه‌ای، معیارهای تعیین میزان ته‌نشین‌پذیری لجن فعال هستند. هدف اصلی این تحقیق، بررسی اثرات ضایعات طبیعی بر مشخصات ته‌نشین‌پذیری لجن فعال بود. این ضایعات که اغلب بدون استفاده بوده و به محیط زیست وارد می‌شوند، ممکن است در ته‌نشین‌پذیری لجن فعال مؤثر باشند. ضایعات طبیعی به کار رفته در این تحقیق شامل ساقه ذرت، پوست بادام، پوست نارگیل، پوست گردو، پوست فندق، پوست تخم مرغ، پوست بادام زمینی و پوست درخت کاج بود. کلیه آزمایش‌های این تحقیق طبق روشهای استاندارد و با سه تکرار و در پنج مرحله انجام شد. مقدار شاخص حجمی لجن فعال نمونه شاهد به‌طور متوسط ۸۲۳ mL/g بود که با افزودن دزهای بهینه ضایعات طبیعی مختلف، مقدار آن به ۱۰۰ mL/g (حدود ۸۸ درصد کاهش) رسید. میانگین سرعت ته‌نشینی ناحیه‌ای برای نمونه شاهد ۱/۲۲۲ متر بر ساعت بود و مقدار آن برای نمونه‌های حاوی مواد افزودنی طبیعی مختلف به حدود ۲ تا ۳ برابر افزایش یافت. اهمیت این افزایش به این خاطر است که متعاقباً می‌توان آهنگ بار سطحی هیدرولیکی حوض ته‌نشینی را نیز بدون کاهش بازدهی آن افزایش داد. بازگشت لجن فعال حاوی مواد افزودنی، ته‌نشین‌پذیری لجن را بهتر نمود. با انجام آزمایش‌های جار، مشاهده شد که مواد افزودنی طبیعی عمدتاً به‌عنوان عوامل سنگین‌کننده و به‌صورت جزئی به‌عنوان عوامل لخته‌ساز عمل کرده و موجب کاهش شاخص حجمی لجن می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: ضایعات طبیعی، لجن فعال، شاخص حجمی لجن، سرعت ته‌نشینی ناحیه‌ای، ته‌نشین‌پذیری.

Application of Natural Wastes to Improve Settleability Properties of Activated Sludge

Rohollah Hossein Loo¹ Amir Taebi²

(Received July 14, 2008 Accepted Apr. 27, 2009)

Abstract

Sludge volume index (SVI) and zone settling velocity (ZSV) are parameters to quantify the settleability of activated sludge. Natural wastes commonly enter the environment as useless material. The assessment of the influence these materials have on activated sludge settleability was the principal objective of this research. Natural wastes used included: maize stalk, almond shell, coconut shell, walnut shell, hazelnut shell, egg shell, peanut hull, and pine bark. The experiments were conducted in five stages and three iterations, based on the standard methods. Average values of SVI for the control (blank) sample was 823 mL/g. The optimum dosage of different natural wastes reduced SVI value to 100 mL/g (88 percent decrease). The average value of ZSV for the control (blank) sample was 1.222 m/h and different natural wastes increased ZSV of the control samples by up to 2 to 3 times. With this increase in ZSV, Surface Overflow Rate (SOR) could also be increased without losing its efficiency. Activated sludge return with natural additives caused an improvement in sludge settleability. Jar tests revealed that natural wastes typically act mainly as ballasting agents and to some extent as coagulator which causes a reduction in SVI.

Keywords: Natural Wastes, Activated Sludge, Sludge Volume Index, Zone Settling Velocity, Settleability.

1. Graduate of Environmental Eng., Dept. of Civil Engineering, Isfahan University of Technology
2. Prof., Civil Eng. Dept., Isfahan University of Technology, (Corresponding Author) (+98 311) 3913830 amirth@cc.iut.ac.ir

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان
۲- استاد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان، (نویسنده مسئول) amirth@cc.iut.ac.ir (۰۳۱۱) ۳۹۱۳۸۳۰

[۱۷]. چودبا و پوجل^۷ نیز از مواد افزودنی معدنی در شرایط افزایش دبی‌های فصلی در تصفیه‌خانه فاضلاب بهداشتی شهر اگوشیم^۸ فرانسه استفاده نمودند که در نتیجه آن، این تصفیه‌خانه توانست در شرایط افزایش بار هیدرولیکی و آلی به بیش از ظرفیت اسمی، از عملکرد نسبتاً خوبی برخوردار شود [۱۸].

در اکثر تصفیه‌خانه‌های ایران مشکل ته‌نشینی لجن وجود دارد و شاید یکی از راه‌های ته‌نشینی بهتر لجن در این تصفیه‌خانه‌ها، استفاده از ضایعات طبیعی باشد. در ضمن ضایعات طبیعی که سازگاری بالایی با محیط زیست دارند، احتمالاً اثر سویی بر جمعیت میکروبی لجن فعال به‌جای نمی‌گذارند. بنابراین هدف اصلی این تحقیق بررسی تأثیر ضایعات طبیعی بر مشخصات ته‌نشینی‌پذیری لجن فعال بود.

۲- مواد و روشها

در زمان انجام این تحقیق، فاز دوم تصفیه‌خانه فاضلاب شاهین شهر واقع در شمال شهر اصفهان، درگیر مشکل حجیم شدن لجن بود و لذا مایع مخلوط^۹ حوض هوادهی آن، برای انجام آزمایش‌های لازم مورد استفاده قرار گرفت. ضایعات طبیعی به‌کار رفته در این تحقیق شامل ساقه ذرت، پوست بادام، پوست نارگیل، پوست گردو، پوست فندق، پوست تخم‌مرغ، پوست بادام زمینی و پوست درخت کاج بودند که پس از شستشوی کامل، در آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک و سپس آسیاب شدند. مواد آسیاب شده‌ای که از الک شماره ۴۰ (با روزه‌های ۴۲۵ میکرومتر) عبور داده شد، برای انجام آزمایش‌های تحقیق مورد استفاده قرار گرفتند. همه آزمایش‌ها با سه تکرار و در پنج مرحله مجزا برای مقاصد زیر انجام گرفتند:

مرحله اول) به‌دست آوردن دز بهینه ضایعات طبیعی مورد آزمایش؛
مرحله دوم) تعیین ZSV نمونه‌های لجن فعال در مقیاس پایلوتی؛
مرحله سوم) تعیین اثر برگشت لجن بر عملکرد ضایعات طبیعی در جهت کاهش SVI لجن فعال؛
مرحله چهارم) تعیین اثر ضایعات طبیعی بر کیفیت پساب حوض ته‌نشینی؛

مرحله پنجم) تعیین اثر شدت و مدت اختلاط ضایعات طبیعی و ML بر روی SVI.

قبل از انجام تمام مراحل آزمایشی در این تحقیق، مخلوط مواد افزودنی طبیعی و نمونه‌های ML که از داخل حوض هوادهی تصفیه‌خانه فاضلاب شاهین شهر برداشت شده بود، به مدت ۴۵ دقیقه

فرایند لجن فعال، رایج‌ترین روش تصفیه بیولوژیکی در کل دنیا است [۱]. مخازن ته‌نشینی ثانویه نقش مهمی در کارکرد فرایند لجن فعال با رشد مولکولی معلق ایفا می‌کنند، به‌طوری‌که یک حوض ته‌نشینی خوب، قادر است پساب زلال و لجن تغلیظ شده تأمین کند [۲]. مشکل متداول در امر بهره‌برداری از حوضهای ته‌نشینی ثانویه، حجیم شدن لجن^۱ ناشی از تکثیر باکتری‌های رشته‌ای و تشکیل لخته‌های کوچک و سبک است. معمولاً برای ته‌نشینی خوب لجن فعال، وجود لخته‌های بزرگ، محکم و سنگین مطلوب به نظر می‌رسد [۳]. علی‌رغم مطالعات بسیار گسترده روی حجیم شدن لجن، هنوز این مشکل به‌طور کامل برطرف نشده است [۴].

دو معیار معمول برای تعیین کمی خاصیت ته‌نشینی‌پذیری لجن فعال عبارت‌اند از: شاخص حجمی لجن^۲ و سرعت ته‌نشینی ناحیه‌ای^۳ [۲]. SVI، حجمی از لجن بر حسب میلی‌لیتر است که بعد از مدت ۳۰ دقیقه ته‌نشینی، توسط یک گرم جامدات لجن اشغال می‌شود [۵]. کیفیت لجن را می‌توان بر حسب SVI به سه دسته تقسیم‌بندی کرد، لجن با ته‌نشینی خوب ($SVI \leq 100$ mL/g)، لجن با ته‌نشینی متوسط ($100 < SVI \leq 150$) و لجن با ته‌نشینی بد ($SVI > 150$). ZSV، سرعت ته‌نشینی سطح مشترک آب/لجن در شروع آزمایش ستون ته‌نشینی لجن می‌باشد [۲]. به‌عبارت دیگر، ZSV شیب خط برازش شده به داده‌های مربوط به ارتفاع سطح مشترک در مقابل زمان، برای دوره با سرعت ثابت است که معمولاً ضریب تبیین (R^2) بالاتر از ۰/۹۸ دارد [۶ و ۷].

کاربرد ضایعات طبیعی در فاضلابهای صنعتی به‌عنوان جاذب در حذف رنگ و فلزات سنگین به‌طور وسیع مورد بررسی قرار گرفته است. لیکن از تأثیر آن روی بهبود خاصیت ته‌نشینی‌پذیری لجن، اطلاعات چندانی در دسترس نیست [۸-۱۵]. سون-آن و اونگ و همکاران^۴ در قسمتی از تحقیق خود بر روی فاضلاب صنعتی مشاهده کردند که با افزودن سبوس برنج فعال شده^۵، شاخص حجمی لجن کاهش می‌یابد [۱۶]. هامودا و فهیم^۶ زغال چوب و کائولین را به راکتورهای هوادهی سیستم لجن فعال در مقیاس آزمایشگاهی اضافه نمودند و دریافتند که افزایش این دو ماده باعث افزایش بازدهی سیستم در کاهش مواد آلی و بهبود مشخصات ته‌نشینی‌پذیری لجن در حوض ته‌نشینی ثانویه می‌شود

¹ Sludge Bulking

² Sludge Volume Index (SVI)

³ Zone Settling Velocity (ZSV)

⁴ Soon-An Ong et al.

⁵ Activated Rice Husk (ARH)

⁶ Hamoda and Fahim

⁷ Chudoba and Pujol

⁸ Eguisheim

⁹ Mixed Liquor (ML)

با کمپرسور و دیفیوزر هوادهی شدند تا سطح اکسیژن محلول مخلوط به ۱/۷ میلی‌گرم بر لیتر برسد.

در مرحله اول آزمایش‌ها، دزهای مختلفی از مواد افزودنی طبیعی به نمونه‌های ML اضافه و SVI آنها اندازه‌گیری شد. دز اضافه شده به نمونه‌ای که SVI آن برابر با ۱۰۰ mL/g شد، به‌عنوان دز بهینه تلقی گردید. در مرحله دوم آزمایش‌ها برای اندازه‌گیری ZSV از یک ستون استوانه‌ای با جنس پلاکسی گلاس^۱ و به قطر ۲۰ و عمق ۲۰۰ سانتی‌متر استفاده شد. برای تعیین ZSV، موقعیت سطح مشترک لجن / پساب در مقابل زمان ثبت گردید.

در مرحله سوم و چهارم آزمایش‌ها، اثر برگشت لجن حاوی مواد افزودنی طبیعی مورد بررسی قرار گرفت. به‌منظور بررسی اثر برگشت لجن، ۲۵۰ میلی‌لیتر لجن حاوی یک ماده افزودنی طبیعی به ۷۵۰ میلی‌لیتر ML تازه اضافه می‌شد تا حجم کل لجن به یک لیتر برسد. از طریق موازنه جرم، میزان ماده افزودنی طبیعی مورد نیاز برای رسیدن به دز بهینه محاسبه و اضافه می‌گردید و سپس بر روی چنین نمونه‌ای آزمایش SVI و بر روی پساب آن (مایع رویی استوانه آزمایش SVI) پارامترهای pH، کدورت، COD محلول^۲ و TSS طبق روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شدند [۱].

در مرحله آخر آزمایش‌ها، به‌منظور تعیین اثر شدت و مدت اختلاط مواد افزودنی و ML بر روی SVI لجن فعال، از دستگاه جارتست استفاده شد و سه گزینه زیر مورد آزمایش قرار گرفتند:

- ۱- دور تند ۱۰۰ دور در دقیقه به مدت ۳ دقیقه و دور کند ۶۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه؛
- ۲- دور تند ۱۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲ دقیقه و دور کند ۳۰ دور در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه؛
- ۳- دور تند ۲۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲ دقیقه و دور کند ۴۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه.

۳- نتایج و بحث

داده‌های SVI اندازه‌گیری شده در مقابل دز ماده افزودنی در شکل ۱ رسم شده است. هر کدام از داده‌های این شکلها، مربوط به میانگین سه مرتبه آزمایش است. در شکل ۱، منحنی‌های درجه دوم برازش شده به داده‌ها و نیز دزهای بهینه مشخص شده‌اند. لازم به ذکر است که طبق تعریف، دز بهینه هر ماده افزودنی، آن است که SVI لجن را به ۱۰۰ mL/g برساند. دزهای بهینه به‌دست آمده برای مواد افزودنی طبیعی مختلف در جدول ۱ آورده شده است. SVI لجن فعال نمونه شاهد به‌طور متوسط برابر با ۸۲۳ mL/g بود که با افزودن دزهای

بهینه مواد افزودنی طبیعی مختلف، مقدار آن به ۱۰۰ mL/g (حدود ۸۸ درصد کاهش) رسید. خوشبختانه، این مقدار کاهش در میزان SVI لجن فعال توسط ضایعات طبیعی، می‌تواند از اهمیت زیادی برخوردار باشد. یکی از بزرگ‌ترین مزیت‌های استفاده از ضایعات طبیعی به‌منظور کاهش SVI و کنترل مشکل حجیم شدن لجن، طبیعی این مواد است که معمولاً اثر سوء بر زیست جرم^۳ به جای نمی‌گذارد و اگر به‌همراه لجن مازاد از سیستم لجن فعال دفع شوند و به‌عنوان کود به مصارف کشاورزی برسند، هیچ مشکلی به وجود نمی‌آورند.

در شکل ۲، داده‌ها و نمودارهای حاصله برای محاسبه ZSV نمونه شاهد و نمونه‌های حاوی مواد افزودنی طبیعی مختلف آمده است. هر کدام از داده‌های این شکلها، مربوط به میانگین سه مرتبه آزمایش است. به‌عنوان مثال برای نمونه شاهد (شکل ۲-الف)، با توجه به نمودار خطی برازش شده با ضریب تبیین ۰/۹۹۲ و معادله به‌دست آمده، ZSV که همان شیب خط راست می‌باشد، برابر با ۲/۰۳۶ cm/min یا ۱/۲۲۲ m/h است. میانگین ZSV و ضریب تبیین خط برازش شده برای محاسبه ZSV نمونه‌های مختلف ML در جدول ۱ آورده شده است.

آهنگ بار سطحی هیدرولیکی^۴ بر مبنای سرعت ته‌نشینی ناحیه‌ای، با استفاده از رابطه زیر تعیین می‌شود [۲]

$$SOR = \frac{(ZSV) \times 24}{SF} \quad (1)$$

که در آن، SOR آهنگ بار سطحی هیدرولیکی ($m^3/m^2.d$)، ZSV سرعت ته‌نشینی ناحیه‌ای (m/h)، عدد ۲۴ ضریب تبدیل از m/h به m/d و SF ضریب اطمینان (از ۱/۷۵ تا ۲/۵) است.

با توجه به جدول ۱، با افزودن مواد طبیعی مختلف، مقدار ZSV حدود ۲ تا ۳ برابر افزایش می‌یابد. این افزایش ZSV از آن نظر حائز اهمیت است که طبق رابطه ۱ با افزایش ZSV، آهنگ بار سطحی هیدرولیکی نیز افزایش می‌یابد و این بدان معنی است که می‌توان بدون توسعه سازه‌ای حوض‌های ته‌نشینی ثانویه موجود، ظرفیت هیدرولیکی آنها را افزایش داد.

در مرحله سوم آزمایش‌ها، اثر برگشت لجن^۵ به‌طور ناپیوسته بر روی مشخصات ته‌نشینی‌پذیری لجن فعال و کیفیت پساب، تعیین شد که نتایج به دست آمده در شکل ۳ ترسیم شده است. هرکدام از داده‌های این شکل، مربوط به میانگین سه مرتبه آزمایش است. همان‌طور که از شکل پیداست، مقدار متوسط SVI در همه موارد از ۸۲۳ میلی‌گرم بر لیتر به حدود ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کاهش یافته

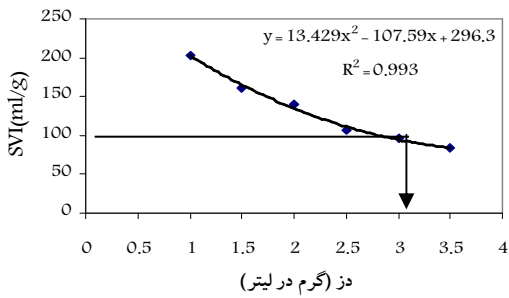
³ Biomass

⁴ Surface Overflow Rate (SOR)

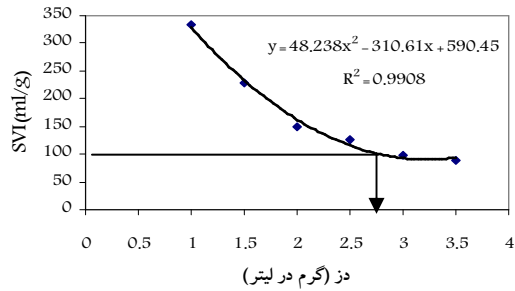
⁵ Sludge Return

¹ Plexiglas

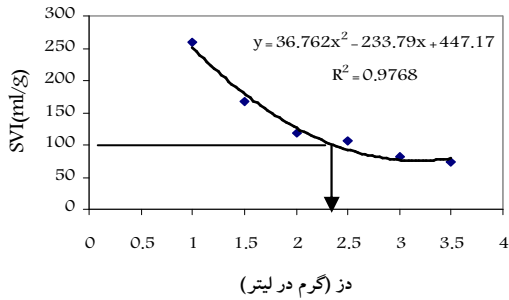
² Solubel COD



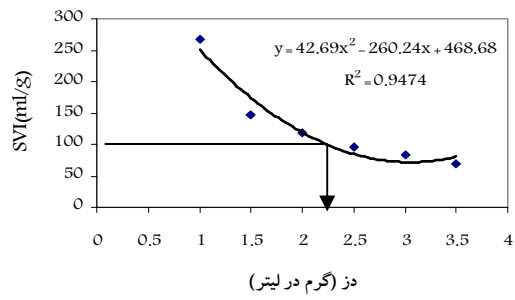
(ب)



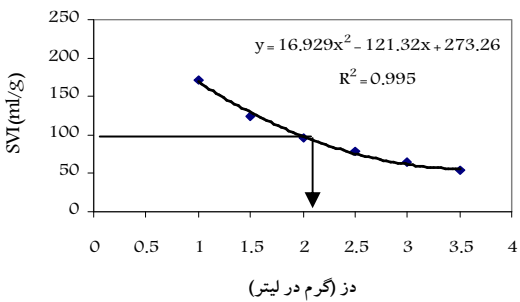
(الف)



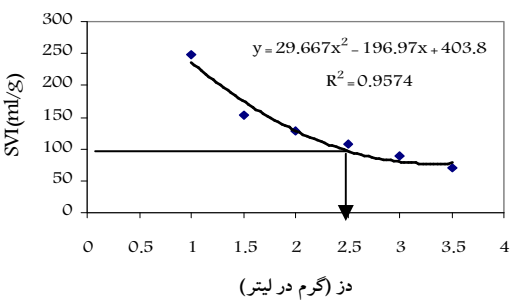
(د)



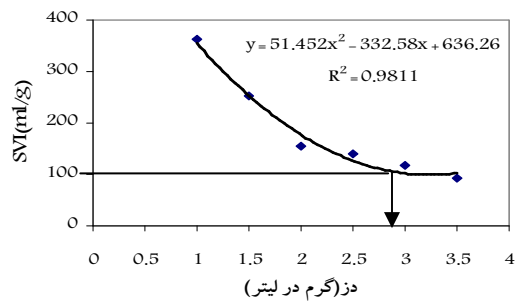
(ج)



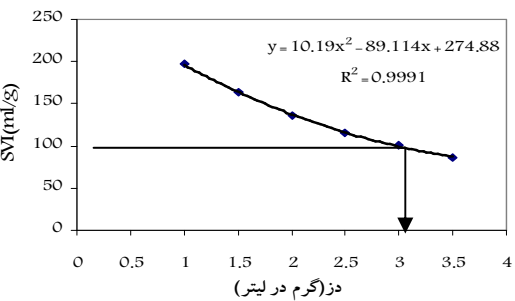
(و)



(هـ)



(ح)

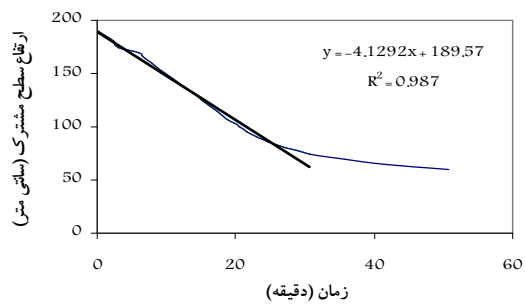


(ز)

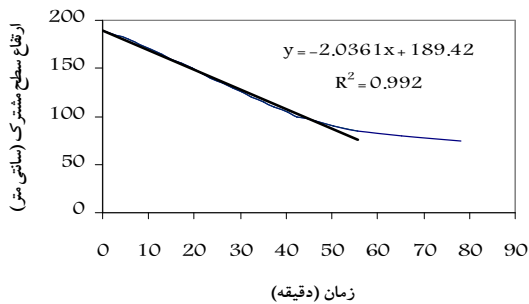
شکل ۱- اثر ضایعات طبیعی روی SVI لجن فعال حاوی: (الف) ساقه ذرت، (ب) پوست بادام، (ج) پوست نارگیل، (د) پوست گردو، (ه) پوست فندق، (و) پوست تخم مرغ، (ز) پوست بادام زمینی، (ح) پوست درخت کاج

جدول ۱ - دز بهینه، میانگین ZSV و ضریب تبیین خط برازش شده برای نمونه شاهد و نمونه های حاوی ضایعات طبیعی مختلف

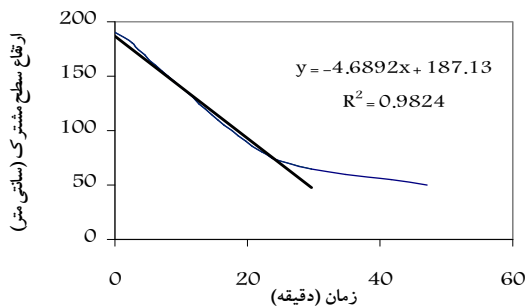
نوع سوسپانسیون	دز بهینه (g/L)	میانگین ZSV (m/h)	ضریب تبیین (R ²) منحنی برازش شده
ML نمونه شاهد (بدون ماده افزودنی)	۲/۷۷۴	۱/۲۲۲	۰/۹۹۲۰
ML حاوی ساقه ذرت	۲/۸۱	۲/۴۷۸	۰/۹۸۷۰
ML حاوی پوست بادام	۲/۲۳۸	۲/۹۳۳	۰/۹۸۹۹
ML حاوی پوست نارگیل	۲/۳۶۲	۲/۸۱۴	۰/۹۸۲۴
ML حاوی پوست گردو	۲/۴۳۵	۲/۷۶۵	۰/۹۹۱۰
ML حاوی پوست فندق	۱/۹۶۸	۲/۹۰۹	۰/۹۹۰۹
ML حاوی پوست تخم مرغ	۲/۹۷۳	۳/۲۹۳	۰/۹۸۴۱
ML حاوی پوست بادام زمینی	۳/۰۸	۲/۵۵	۰/۹۸۶۱
ML حاوی پوست درخت کاج		۲/۷۵۳	۰/۹۸۴۴



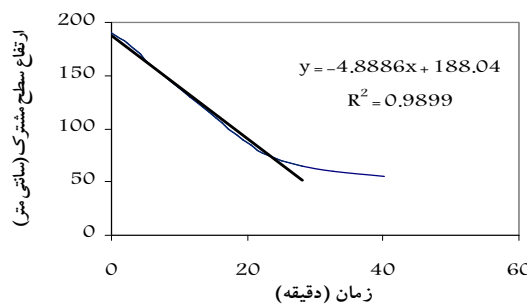
(ب)



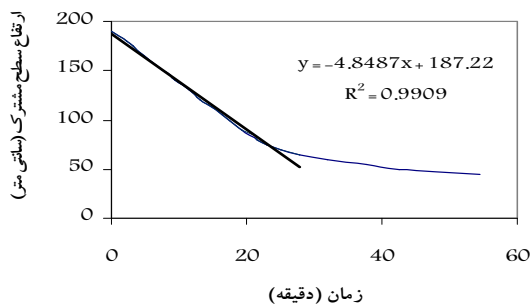
(الف)



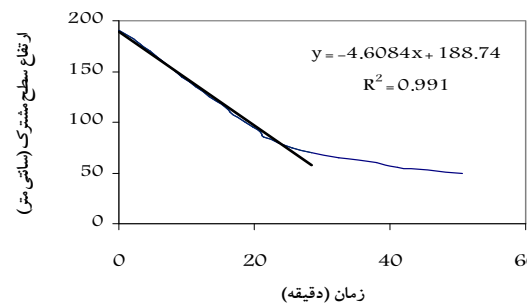
(د)



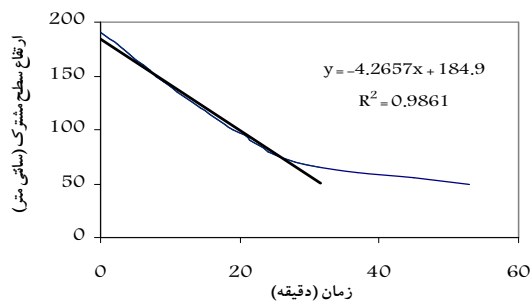
(ج)



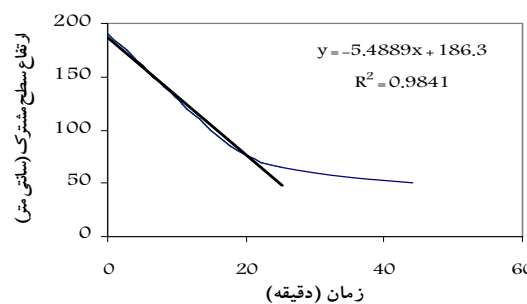
(و)



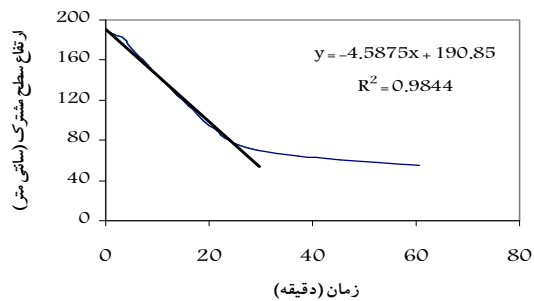
(هـ)



(ح)

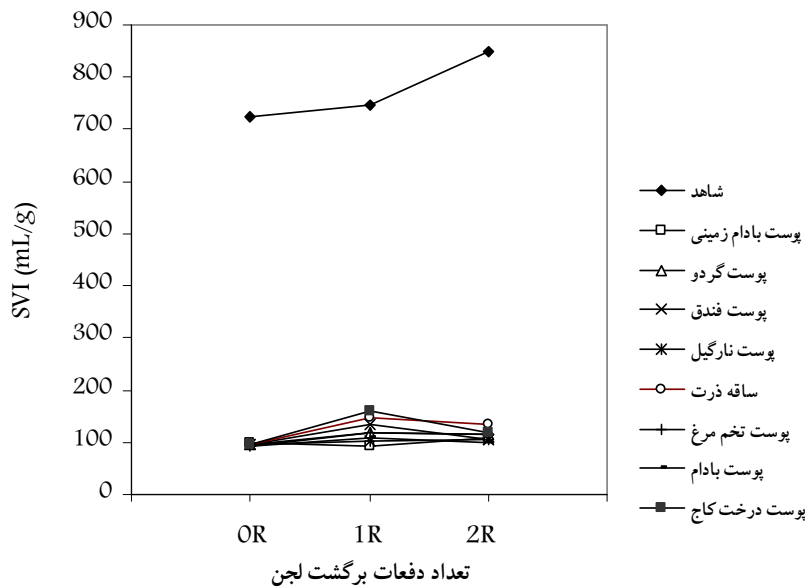


(ز)



(ط)

شکل ۲- موقعیت سطح مشترک آب / لجن در مقابل زمان در آزمایش ستون ته نشینی و خط راست برازش شده به قسمت خطی منحنی‌ها برای محاسبه ZSV نمونه‌های حاوی: (الف) شاهد، (ب) ساقه ذرت، (ج) پوست بادام، (د) پوست نارگیل، (ه) پوست گردو، (و) پوست فندق، (ز) پوست تخم مرغ، (ح) پوست بادام زمینی، (ط) پوست درخت کاج



شکل ۳- تغییرات ایجاد شده در SVI لجن فعال نمونه شاهد در اثر افزودن ضایعات طبیعی مختلف و در شرایط: بدون برگشت لجن (OR)، با یک بار برگشت لجن (1R) و با دو بار برگشت لجن (2R)

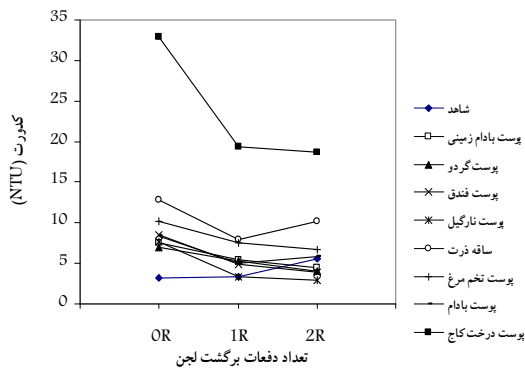
اثر هر ماده افزودنی طبیعی بر روی کیفیت پساب نمونه شاهد با علامت (+) یا (-) مشخص شده است و عدم وجود علامت، معرف معنی دار نبودن اثر این ماده بر روی کیفیت پساب نمونه شاهد می باشد. علامت (+) نشان دهنده افزایش اثر و علامت (-) نشان دهنده کاهش اثر بر روی کیفیت پساب نمونه شاهد است. معنی داری اثر ضایعات طبیعی مختلف بر روی کیفیت پساب با آزمون *Dannett's t-test* با سطح اطمینان ۹۹ درصد (سطح معنی داری ۱ درصد) تعیین شد. همان طور که در جدول ۲ مشاهده می شود، در مرحله بدون

است. با توجه به نتایج به دست آمده، دیده می شود که با برگشت دادن لجن، اثر مواد افزودنی طبیعی در پایین آوردن مقدار SVI همچنان پابرجاست. نتایج مرحله چهارم آزمایش ها مربوط به اثر یک و دو بار برگشت لجن روی pH، کدورت، COD محلول و TSS پساب (مایع رویی ستون ته نشینی) در شکل ۴ نشان داده شده است. کل آزمایش های این مرحله با سه تکرار انجام شد و هر کدام از داده های شکلها، مربوط به میانگین سه مرتبه آزمایش است. جدول ۲ اثر معنی داری هر یک از مواد افزودنی طبیعی را بر روی pH، کدورت، COD محلول و TSS پساب نشان می دهد. معنی دار بودن

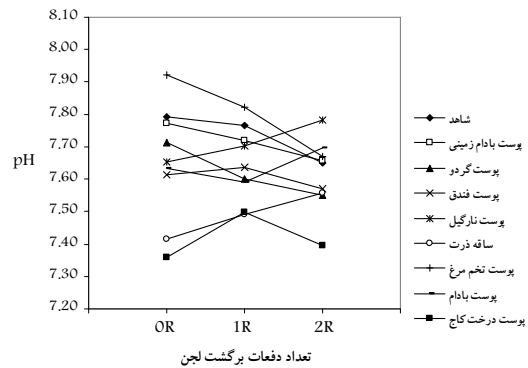
جدول ۲- معنی داری اثر ضایعات طبیعی بر کیفیت پساب نمونه شاهد

نوع ماده افزودنی	مرحله بدون برگشت لجن				مرحله با برگشت لجن			
	TSS (mg/L)	COD محلول (mg/L)	کدورت (NTU)	pH	TSS (mg/L)	COD محلول (mg/L)	کدورت (NTU)	pH
نمونه شاهد	۴۴	۵۶/۱۱	۵/۵۸	۷/۶۵	۱۲۵	۵۴/۱۵	۳/۲۴	۷/۷۹
ساقه ذرت	۲۷ (-)	۲۴۷/۶۷ (+)				۵۹۲/۳۸ (+)		۷/۴۲ (-)
پوست بادام	۲۲ (-)							۷/۶۳ (-)
پوست نارگیل	۲۲ (-)				۴۷ (-)			۷/۶۵ (-)
پوست گردو	۱۸ (-)				۶۶ (-)			
پوست فندق	۱۷ (-)				۴۹ (-)			۷/۶۱ (-)
پوست تخم مرغ	۲۳ (-)							۷/۹۲ (+)
پوست بادام زمینی	۶۹ (+)							
پوست درخت کاج		۴۱۰/۸۳ (+)	۱۸/۷ (+)	۷/۴ (-)		۶۳۷/۱۳ (+)	۳۲/۹۳ (+)	۷/۳۶ (-)

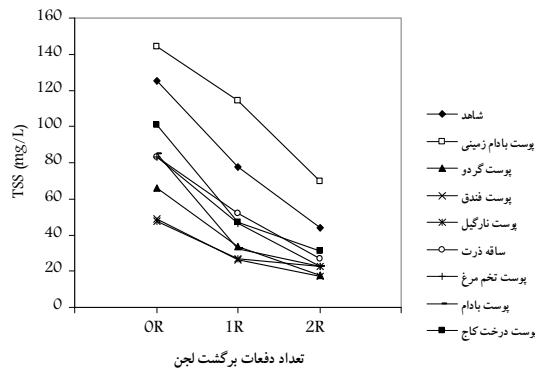
علامت (+) نشان دهنده افزایش معنی داری و علامت (-) نشان دهنده کاهش معنی داری این پارامترها بر کیفیت پساب نمونه شاهد است.



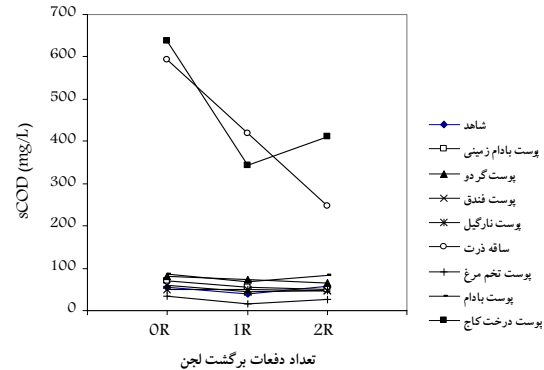
(ب)



(الف)



(د)



(ج)

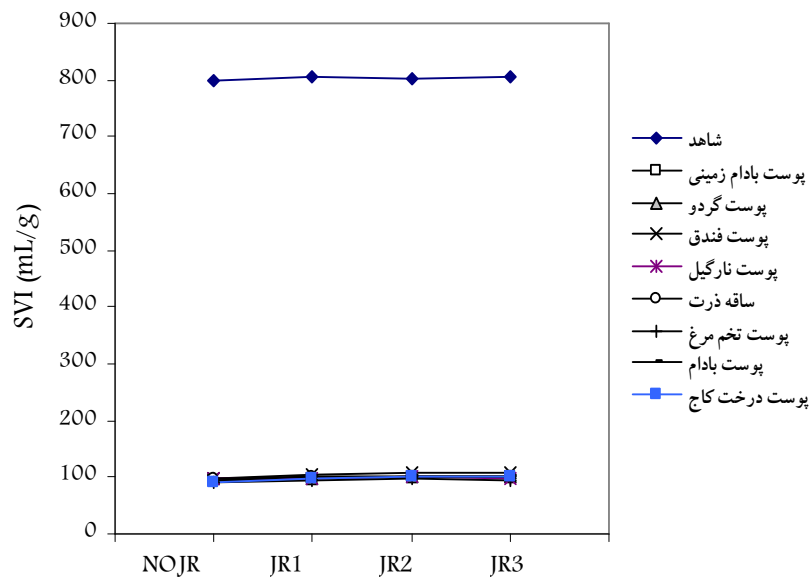
شکل ۴- تغییرات ایجاد شده در کیفیت پساب نمونه شاهد در اثر افزودن ضایعات طبیعی مختلف: (الف) pH، (ب) کدورت (ج) sCOD، (د) TSS

معنی داری موجب افزایش COD محلول پساب فاضلاب نمونه شاهد گردیده‌اند. بقیه مواد افزودنی تأثیر قابل توجهی بر روی COD محلول پساب فاضلاب نمونه شاهد ندارند. در ضمن اثر این دو ماده در افزایش COD محلول پساب با برگشت لجن، کاهش یافته است و لذا برگشت لجن تأثیر خوبی بر روی COD محلول پساب داشته است. این افزایش در COD محلول پساب فاضلاب نمونه شاهد در اثر افزودن ساقه ذرت و پوست درخت کاج، احتمالاً به خاطر حل شدن قسمتی از این ماده در فاضلاب است. به این صورت که قسمت محلول، از صافی رد شده و موجب بالا رفتن COD محلول پساب می‌شود.

جدول ۲ نشان می‌دهد که در مرحله بدون برگشت لجن پوست نارگیل، پوست گردو و پوست فندق موجب کاهش TSS پساب نمونه شاهد شده‌اند. برگشت لجن، تعداد مواد افزودنی که موجب کاهش TSS پساب فاضلاب نمونه شاهد می‌شوند را افزایش می‌دهد. در ضمن برگشت لجن موجب می‌گردد که پوست بادام زمینی، TSS پساب فاضلاب نمونه شاهد را به‌طور معنی داری افزایش دهد. افزایش TSS پساب توسط پوست بادام زمینی احتمالاً به خاطر لایه نازک سفید رنگی است که در داخلی‌ترین قسمت پوست بادام زمینی و نزدیک هسته قرار دارد. این لایه نازک سفید رنگ، بسیار سبک بوده و موجب بالا رفتن TSS پساب

برگشت لجن (OR)، شش ماده افزودنی اثر معنی داری را بر روی pH نمونه شاهد داشتند. ساقه ذرت، پوست بادام، پوست نارگیل، پوست فندق و پوست درخت کاج موجب کاهش pH نمونه شاهد و پوست تخم مرغ موجب افزایش pH نمونه شاهد شدند. با برگشت لجن، تعداد مواد افزودنی طبیعی که باعث تغییر معنی دار در pH نمونه شاهد می‌شوند کاسته شد. بنابراین، برگشت لجن حاوی مواد طبیعی، اثر کمتری بر روی pH پساب به جای می‌گذارد. در مجموع ملاحظه می‌شود که ضایعات طبیعی، اثر بارزی روی pH نمونه شاهد ندارند و تأثیر این مواد جزئی است. با توجه به جدول ۲، ملاحظه می‌شود که تنها پوست درخت کاج باعث افزایش کدورت پساب فاضلاب نمونه شاهد شد و بقیه مواد افزودنی طبیعی تأثیر نداشتند. همچنین دیده می‌شود که با برگشت لجن، میزان افزایش کدورت پساب توسط پوست درخت کاج کم شد و لذا برگشت لجن تأثیر مثبتی بر روی کاهش کدورت پساب داشته است. از آزمایش‌های این مرحله نتیجه‌گیری می‌شود که اکثر مواد افزودنی طبیعی، معمولاً باعث افزایش کدورت پساب نمی‌شوند و خوشبختانه این مواد همراه با لجن فعال ته‌نشین گردند.

نتایج ارائه شده در جدول ۲ نشان می‌دهد که در مرحله بدون برگشت لجن، تنها ساقه ذرت و پوست درخت کاج به‌طور



شکل ۵- اثر مدت و شدت اختلاط روی SVI لجن فعال در شرایط مختلف: بدون آزمایش جار (NO JR)، با آزمایش جار حالت اول (JR1)، با آزمایش جار حالت دوم (JR2) و با آزمایش جار حالت سوم (JR3)

۲- میانگین SVI لجن فعال نمونه شاهد به طور متوسط 823 mL/g بود که با افزودن دزهای بهینه مواد افزودنی طبیعی مختلف، مقدار آن به 100 mL/g (حدود ۸۸ درصد کاهش) رسید.

۳- میانگین ZSV برای نمونه لجن فعال شاهد $1/222 \text{ m/h}$ بود که پس از افزودن مواد افزودنی طبیعی مختلف حدوداً ۲ تا ۳ برابر افزایش یافت. با افزایش ZSV، می توان آهنگ بار سطحی هیدرولیکی را نیز افزایش داد. این بدان معنی است که در شرایط شوک هیدرولیکی، با کاربرد ضایعات طبیعی می توان مانع از کاهش بازدهی حوض ته نشینی ثانویه سیستم لجن فعال شد.

۴- برگشت لجن، از اثر مواد افزودنی طبیعی در پایین آوردن SVI لجن فعال نمی کاهد و حتی در مواردی باعث بهبود آن می شود. مواد افزودنی طبیعی بر روی pH فاضلاب تأثیری ندارند. تنها پوست درخت کاج موجب افزایش کدورت پساب می شود. همه مواد افزودنی طبیعی به جز پوست بادام زمینی موجب کاهش TSS پساب می شوند. در مورد COD محلول نیز به استثناء ساقه ذرت و پوست درخت کاج که باعث افزایش COD محلول پساب می شوند، بقیه مواد تأثیری روی COD محلول پساب ندارند.

۵- دو عامل مؤثر در فرایند انعقاد و لخته سازی یعنی شدت و مدت اختلاط، تأثیر چندانی روی کاهش SVI ندارند و به نظر می رسد که احتمالاً این مواد به عنوان عوامل سنگین کننده عمل می کنند و توسط این مکانیسم باعث کاهش SVI نمونه ها می شوند.

می شود. به طور کلی رفته ملاحظه می شود که ضایعات طبیعی، غلظت TSS پساب را کاهش می دهند، زیرا با افزایش خاصیت ته نشین پذیری لجن توسط مواد افزودنی طبیعی، از غلظت TSS پساب کاسته می شود.

به منظور تعیین اثر شدت و مدت اختلاط بر روی مشخصات ته نشین پذیری لجن فعال از دستگاه جار تست با سرعت های همزن و مدت های اختلاط مختلف تند و کند استفاده شد که نتایج مربوطه در شکل ۵ نشان داده شده است. هر کدام از داده های این شکلها مربوط به میانگین سه مرتبه آزمایش است. با توجه به این شکل، ملاحظه می شود که شدت و مدت اختلاط ضایعات و ML تأثیر قابل ملاحظه ای بر SVI لجن فعال ندارد و به نظر می رسد که این ضایعات به عنوان لخته ساز عمل نمی کنند و به احتمال زیاد همانند عوامل سنگین کننده باعث کم شدن SVI لجن فعال می شوند.

۴- نتیجه گیری

از یافته های این تحقیق، نتایج زیر قابل استنتاج است:

۱- ضایعات طبیعی همچون ساقه ذرت، پوست بادام، پوست نارگیل، پوست گردو، پوست فندق، پوست تخم مرغ، پوست بادام زمینی و پوست درخت کاج به خوبی باعث کاهش SVI لجن فعال می شود و لذا این مواد از پتانسیل لازم برای رفع مشکل حجیم شدن لجن در تصفیه خانه های کشور برخوردارند و خوشبختانه این مواد با محیط زیست نیز سازگاری بسیار بالایی دارند.

- 1- Seka, A.M., Wiele, T.V.D., and Verstraete, W. (2001). "Feasibility of a multi component additive for efficient control of activated sludge filamentous bulking." *J. Water Res.*, 35(12), 2995-3003.
- 2- Tchobanoglus, G., and Burtaon, F. (2003). *Wastewater engineering: Treatment and reuse*, 4th Ed., McGraw-Hill, Metcalf and Eddy Inc., New York.
- 3- Jin, B., Wilén, B., and Lant, B.M. (2003). "A comprehensive insight into floc characteristics and their impact on compressibility and settleability of activated sludge." *J. Chem. Eng.*, 95, 221-234.
- 4- Martins, A.M.P., Pagilla, K., Heijnen, J.J., and Loosdrecht, M.C.M. (2004). "Filamentous bulking sludge- a critical review." *J. Water Res.*, 38 (4), 793-817.
- 5- APHA. (1998). *Standard methods for examination of water and wastewater*, 20th Ed., American Public Health Association, Washington DC.
- 6- Wu, R.M., Lee, D.J., Wang, C.H., Chen, J.P., and Tan, R.B. (2001). "Novel cake characteristics of waste-activated sludge." *J. Water Res.*, 35(5), 1358-1362.
- 7- Jean, D.S., Lee, D.J., and Chang, C.Y. (2001). "Direct sludge freezing using dry ice." *J. Adv. Environ. Res.*, 5, 145-150.
- 8- Gong, R., Sun, Y., Chen, J., Liu, H., and Yang, C. (2005). "Effect of chemical modification on dye adsorption capacity of peanut hull." *J. Dyes Pigments.*, 67, 175-181.
- 9- Meyer, V., Carlsson, F.H.H., and Oellermann, R.A. (1992). "Decolourization of textile effluent using a low cost natural adsorbent material." *J. Water Sci. Technol.*, 26(5-6), 1205-1211.
- 10- Isa, M.H., Lee, Lang, S., Asaari, F.A.H., Hamidi, Aziz, A., Ramli, N.A., and Dhas, J.P.A. (2007). "Low cost removal of disperse dyes from aqueous solution using palm ash." *J. Dyes Pigments.*, 74, 446-453.
- 11- Santhy, K., and Selvapathy, P. (2006). "Removal of reactive dyes from wastewater by adsorption on coir pith activated carbon." *J. Bioresource Technol.*, 97, 1329-1336.
- 12- Demirbas, O., Karadag, A., Alkan, M., and Dogan, M. (2008). "Removal of copper ions from aqueous solutions by hazelnut shell." *J. Hazard Mater.*, 153, 677-684.
- 13- Farajzadeh, M. A., and Monji, A. B. (2004). "Adsorption characteristics of wheat bran towards heavy metal cations." *J. Sep. Purif. Technol.*, 38, 197-207.
- 14- Meunier, N., Blais, J. F., and Tyagi, R. D. (2002) "Selection of a natural sorbent to remove toxic metals from acidic leachate produced during soil decontamination." *J. hydrometallurgy*, 67, 19-30.
- 15- Kuh, S.E., and Kim, D.S. (2000). "Removal characteristics of cadmium ion by waste egg shell." *J. Environ. Technol.*, 21(8), 883-890.
- 16- Ong, S.A., Lim, P.E., and Seng, C.E. (2003b). "Effects of adsorbents and copper(II) on activated sludge microorganisms and sequencing batch reactor treatment process." *J. Hazard Mater.*, 103, 263-277.
- 17- Hamoda, M. F., and Fahim, M. A. (1984). "Enhanced activated sludge waste treatment by the addition of adsorbents." *J. Environ. Pollut.*, 36(3), 283-294.
- 18- Choduba, P., and Pujol, R. (1996). "Activated sludge plant facing grape harvest period- Acase study." *J. Water Sci. Technol.*, 34(11), 25-32.