رشد بحرانی باکتریهای سولفوره ارغوانی تحت شرایط رقابتی در برکه های تثبیت فاضلاب و تأثیر آن بر کارآمدی فرآیند تصفیه فاضلاب

گاگیک بدلیانس قلی کندی*[۱]، عماد دهقانی فرد[۲] و محمد رضا ساکیان دزفولی[۳]

[۱] تهران، دانشگاه شهید بهشتی، پردیس فنی و مهندسی شهید عباسپور

[۲] کرج، دانشگاه علوم پزشکی البرز، دانشکده بهداشت، گروه مهندسی بهداشت محیط

[۳] اهواز، سازمان آب و برق استان خوزستان

تاریخ دریافت: ۸۹/۷/۵ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱/۲۲

چکیده

باکتریهای ارغوانی قادرند از نور خورشید به عنوان منبع انرژی برای رشد و تکثیر خود استفاده کنند. نظر به اینکه این باکتریها قادر به استفاده از آب به عنوان دهنده هیدروژن نیستند، نیاز به دهنده های احیاشده هیدروژن مانند H_2S ، H_2 یا ترکیبات آلی دارند. در نتیجه در فرآیند فتوسنتز آنها اکسیژن حاصل نمی گردد. آنها باکتریهای ویژه آب هستند و در سطح گسترده ای در منابع آب یافت می شوند. با توجه به تأثیر به سزای رشد بحرانی این گونه باکتریها بر عملکرد برکه های طبیعی تصفیه فاضلاب که از جمله تأسیسات معمول تصفیه فاضلاب در ایران به شمار می روند، بررسی دلایل بروز این پدیده و عوامل مؤثر بر آن از اهمیت زیادی در طراحی و بهره برداری بهینه این گونه تأسیسات برخوردار است. در این مطالعه دلایل رشد باکتریهای سولفوره ارغوانی در برکه های تثبیت فاضلاب بررسی شد. پارامترهای فیزیکی و شیمیایی مؤثر در رشد باکتریها نظیر BOD، COD، اکسیژن محلول، دما و سولفید هیدروژن به طور ماهانه اندازه گیری شدند. نتایج نشان داد که باکتریهای سولفوره ارغوانی در دو دوره زمانی بروز نمودند که اولی در اواسط تابستان (در برکه اختیاری اول) و دومی در اوایل زمستان (در برکه اختیاری سوم) بود. این رشد به دلیل غلظت کم اکسیژن محلول در برکه های اختیاری که به علت بالا بودن بار آلی ورودی و سولفید هیدروژن می باشد، باکتریهای سولفوره ارغوانی بر جلبکها غلبه نمودند. غلظت اکسیژن محلول به پارامترهای متعددی نظیر بار آلی ورودی، شرایط آب و هوایی، فعالیت جلبکها و غیره بستگی دارد. در این مطالعه بار آلی ورودی به عنوان مؤثرترین عامل در رشد باکتریهای سولفوره ارغوانی شناخته شد.

واژه های کلیدی: باکتری سولفوره ارغوانی، رشد بحرانی، برکه تثبیت فاضلاب، تغییرات کیفی.

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۲۱-۷۷۳۱۲۷۸۰ ، پست الکترونیکی: g.badalians@yahoo.com

مقدمه

برکه های تثبیت فاضلاب به عنوان یکی از گزینه های معمول تصفیه فاضلابهای شهری در مناطق مختلف ایران و کشورهای دیگر جهان مطرح می باشند. مزیت این برکه های طبیعی در وهله اول نیاز به تجهیزات و عملیات بهره برداری و نگهداری محدود است (۵، ۱۲، ۱۵ و ۲۲). فرآیند تصفیه در این برکه ها مبتنی بر همزیستی بین گونه های باکتری و جلبک می باشد که یک الگوی اکولوژیکی متفاوت از شرایط رشد این میکروارگانیسمها در محیط خالص است. تغییرات دوره ای pH، دما و شدت نور ممکن است باعث غالب شدن گروه یا گروههای خاصی از میکروارگانیسمها در این گونه برکه ها گردد (۱، ۱۶، ۲۰). ماهیت طبیعی پدیده هایی که در برکه های تثبیت فاضلاب به وقوع می پیوندند، مطالعه و شناسایی عوامل مؤثر بر آنها را تحت شرایط واقعی بهره برداری دشوار می سازد. رشد بحرانی باکتریهای سولفوره ارغوانی در برکه های تثبیت فاضلاب و تأثیر منفی آن بر کیفیت پساب خروجی به دلیل تغییر رنگ، غلظت بالای جامدات معلق و ایجاد بوی شدید

Archive of SID
www.SID.ir

در نتایج تحقیقات متعددی گزارش شده است (۲، ۲۱، ۲۴ و ۲۸).

مشخصه مشترک همه باکتریهای ارغوانی قرارگیری مجموعه زیرساختهای مورد نیاز فتوسنتز بر روی غشای داخلی سیتوپلاسمی است (تیلاکوئیدها). کلروفیل مشخصه این باکتریها در وهله اول باکتریوکلروفیل a می باشد. همه آنها قادرند دی اکسید کربن را از طریق چرخه ریبولوزبیس فسفات تثبیت کنند و از ترکیبات آلی به عنوان دهنده هیدروژن و منبع کربن استفاده نمایند. باکتریهای ارغوانی را بر اساس قابلیت استفاده از گوگرد به عنوان دهنده الکترون یا عدم قابلیت آن به دو دسته باکتریهای سولفوره و غیرسولفوره ارغوانی تقسیم می کنند. باکتریهای سولفوره ارغوانی از جمله باکتریهای گرم منفی هستند که بر اساس سیر تکامل خود در رده گاماپروتئوباکتر و رسته کروماتیال قرار می گیرند (۱۴). رشد این باکتریها محدود به آن دسته از محیطهای آبی است که دارای نور کافی، اکسیژن محلول کم و غلظت متوسط سولفید می باشد. باکتریهای سولفوره ارغوانی به دلیل تولید رنگ مشخص، در شرایط اپتیمم طبیعت قابل تشخیص می باشند. رنگ آنها به دلیل وجود مقادیر زیاد کاروتنوئیدها و کلروفیل a و b است که در غشای داخلی این باکتریها قرار دارند. مهم ترین خصوصیت مشترک تمامی باکتریهای سولفوره ارغوانی، استفاده از ترکیبات احیا شده گوگرد نظیر سولفید هیدروژن یا تیوسولفات به عنوان دهنده الکترون می باشد (۸ و ۲۵).

بسیاری ازگونه های باکتریهای سولفوره ارغوانی، به رنگ ارغوانی بوده و گونه های دیگری به رنگ نارنجی تیره تا قهوه ای، صورتی یا قرمز شناسایی شده اند. رشد باکتریهای مذکور تنها در آن دسته از محیطهای آبی ممکن است که نور با طول موج معینی از آن عبور می کند. همچنین باید دی اکسید کربن، نیتروژن و فرم احیا شده گوگرد یا هیدروژن نیز در محیط وجود داشته باشد. باکتریهای سولفوره ارغوانی در بخش بی هوازی برکه ها که در زیر ناحیه فعالیت جلبکها، سیانوباکترها و سایر باکتریهای هوازی می باشد، رشد و تکثیر می نمایند. باکتریهای فتوتروف به دلیل وجود پیگمانها در دستگاه فتوسنتز آنها در سوسپانسیونهای غلیظ به رنگهای سبز، سبز–آبی، ارغوانی–صورتی، قرمز و قهوه ای مشاهده می شوند. این رنگهای متفاوت به دلیل نوع و ترکیب کمی پیگمانهای مذکور است. کلروفیلها عامل جذب طول موج نوری در گستره آبی (حداکثر < ۴۵۰ nm) و قرمز و ماورأی قرمز (۶۵۰–۱۱۰۰ nm) می باشند. عامل اصلی جذب نور در گستره طول موج برابر ۴۰۰–۵۵۰ nm کاروتنوئیدها هستند. لذا طول موج نوری که باکتریهای سولفوره ارغوانی به آن نیاز دارند متفاوت از طول موج نوری است که جلبکها و سیانوباکترها از آن استفاده می کنند. بنابراین باکتریهای سولفوره ارغوانی قابلیت استفاده از طول موج نور لایه بالایی برکه تثبیت را که در اشغال ارگانیسمهای هوازی می باشد، دارا هستند. تبدیل ترکیبات بودار سولفوره به عنصر سولفور یا سولفات توسط این باکتریها، یکی از عوامل مهم کنترل بو در برکه های اختیاری است (۲۷).

نتایج مطالعات متعددی نشان دهنده حضور باکتریهای سولفوره ارغوانی، بخصوص گونه هایی که فاضلاب حاوی سولفید را تصفیه می کنند، در برکه های بی هوازی است. نتایج مطالعات Cooper (1975) نشان دهنده حضور گونه *Thiopedia rosea* در برکه بی هوازی فاضلاب صنایع اندودکاری و گونه *Chromatium sp.* در برکه بی هوازی فاضلاب صنایع پتروشیمی می باشد (۹). در هیچکدام از این موارد، مشکل بو گزارش نشده است. نکته قابل تأمل در این گزارشها عدم اختلال مؤثر بر عملکرد برکه ها با وجود افزایش بار آلودگی ورودی به آنها و تغییر رنگ پساب خروجی است. از سوی دیگر گونه *Chromatium sp.* به عنوان گونه غالب باکتریهای سولفوره ارغوانی در برکه تثبیت فاضلاب صنایع فرآیندی ماکیان توسط (۱۹۷۰) Meredith و Pohland شناسایی و مقدار pH و دمای بهینه رشد و تکثیر آنها به ترتیب برابر ۷/۵ و ۲۶/۵ درجه سانتی گراد تعیین گردید (۱۹). همچنین وجود آهن به عنوان یک

Archive of SID

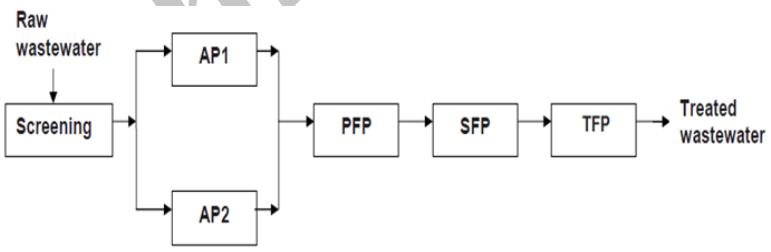
www.SID.ir

عامل بازدارنده در اکسیداسیون سولفید هیدروژن اعلام شد (۱۹). نتایج مطالعات دیگری که توسط Sletten (۱۹۷۰) و Singer انجام پذیرفت، نشان دهنده گونه غالب *Rhodothece* در برکه بی هوازی فاضلاب دامپروری است (۱۹). نتایج مطالعات McFarlane (۱۹۷۰) و Melcer حضور گونه های *Thiocapsa roseopersicina* و *Chromatium sp.* در برکه بی هوازی تصفیه فاضلاب صنایع بسته بندی گوشت، دامپروری و فاضلاب شهری را تأیید می نمایند (۱۸). نتایج مطالعات Wenke (۱۹۸۱) و Vogt نشان دهنده حضور غالب گونه *Thiopedia rosea* در برکه تصفیه فاضلاب صنایع تولید خوراک دام می باشد (۳۰).

حضور باکتریهای سولفوره ارغوانی در برکه های بی هوازی به دو دلیل حائز اهمیت است. از سویی این باکتریها با تجزیه سولفید هیدروژن به عنوان دهنده الکترون جهت انجام فرآیند فتوسنتز، موجب حذف عامل اصلی تولید بو در برکه ها می شوند و از سوی دیگر در فرآیند حذف BOD در برکه ها نقش اساسی ایفاء می کنند. همچنین دارای قابلیت تجزیه ترکیبات سمی آمین دار و تولید مواد ویروس کش هستند (۱۰).

با این حال باید توجه داشت که فرآیند عبور نور مورد نیاز جلبکها در برکه های اختیاری به دلیل حضور اجتماع باکتریهای سولفوره ارغوانی در پساب خروجی برکه های بی هوازی با مشکل مواجه می گردد. در مطالعاتی که در بالا به آنها اشاره شد، کانال ابتدایی جریان خروجی از برکه بی هوازی، به عنوان حوضچه ته نشینی جهت حذف گونه *Thiopedia rosea* در نظر گرفته شد. آزمایشهای میکروسکوپی لجن ته نشین شده در این کانال نشان داد که فلوکهایی مشاهده می شوند و این نظریه را که گونه *Thiopedia rosea* در اثر تغییر شرایط محیطی موجب تشکیل فلوک شده است را تقویت نمود (۲۴).

در این مطالعه، پارامترهای شیمیایی و بیولوژیکی در حین رشد باکتریهای سولفوره ارغوانی پایش شده و ارتباط بین آنها و رشد این باکتریها مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین عملکرد برکه های تثبیت فاضلاب هویزه جنوبی بررسی شده و راهکارهای ارتقای راندمان و رفع معضلات مربوط به رشد باکتریهای سولفوره ارغوانی در این تصفیه خانه، مورد بررسی قرار گرفته است.



AP- برکه بی هوازی
PFP- برکه اختیاری اول
SFP- برکه اختیاری دوم
TFP- برکه اختیاری سوم

شکل ۱- شمای کلی تصفیه خانه فاضلاب هویزه جنوبی

مواد و روشها

مشخصات محلی و اقلیمی منطقه هویزه: شهر هویزه در ۱۵ کیلومتری جنوب شهر سوسنگرد، در عرض جغرافیایی ۴۸ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۳۱ درجه شرقی و با ارتفاع ۲۰-۱۷ متر بالاتر از سطح دریا واقع شده است. رودخانه نیسان که شاخه ای از رودخانه کرخه می باشد، شهر هویزه را به دو بخش شمالی و جنوبی تقسیم نموده

www.SID.ir

که در هریک از این بخشها یک تصفیه خانه فاضلاب از نوع برکه تثبیت اجرا شده است. عملیات ساخت تصفیه خانه هویزه جنوبی در سال ۱۳۶۴ آغاز شد که جمعیت معادل و نهایی (۲۵ سال بعد) تحت پوشش آن به ترتیب برابر ۹۰۰۰ و ۲۱۰۰۰ نفر برآورد گردید. این تصفیه خانه از دو برکه بی هوازی موازی و برکه های اختیاری اول، دوم و سوم پس از آنها تشکیل شده است و پساب خروجی آن برای مصارف کشاورزی مورد استفاده قرار می گیرد. شمای کلی تصفیه خانه در شکل ۱ نشان داده شده است.

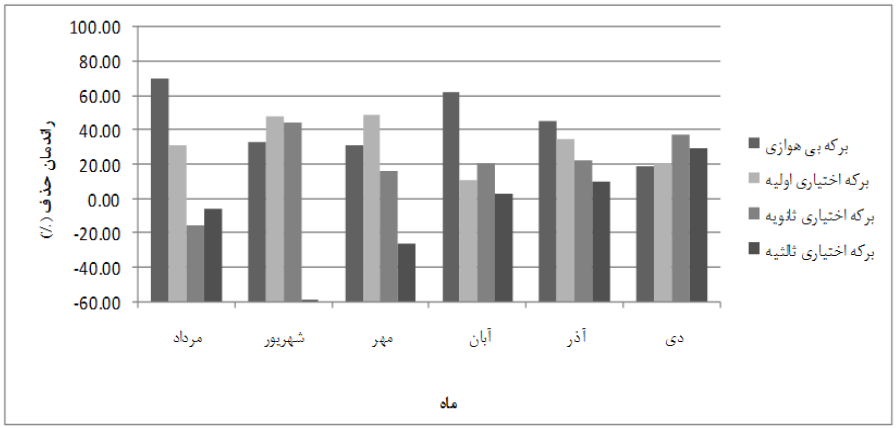
شهر هویزه دارای آب و هوای گرم و شرجی می باشد. حداکثر دمای هوا در این شهر (در دوره مطالعه) ۵۱ درجه سانتی گراد و حداقل آن ۳- درجه سانتی گراد بوده و متوسط دما در سردترین ماه سال برابر ۷/۶ درجه سانتی گراد می باشد. میانگین بارندگی در این شهر ۷ میلی متر و میانگین رطوبت نسبی سالانه برابر ۵۹/۳۱ درصد می باشد.

با توجه به شکل ۱، تصفیه خانه هویزه جنوبی مطابق با مدلهای متداول تصفیه خانه های فاضلاب به روش برکه تثبیت بوده که متشکل از برکه های بی هوازی و اختیاری می باشند. جدول ۱، خصوصیات فیزیکی و عملیاتی تصفیه خانه را نشان می دهد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و عملیاتی تصفیه خانه فاضلاب هویزه جنوبی

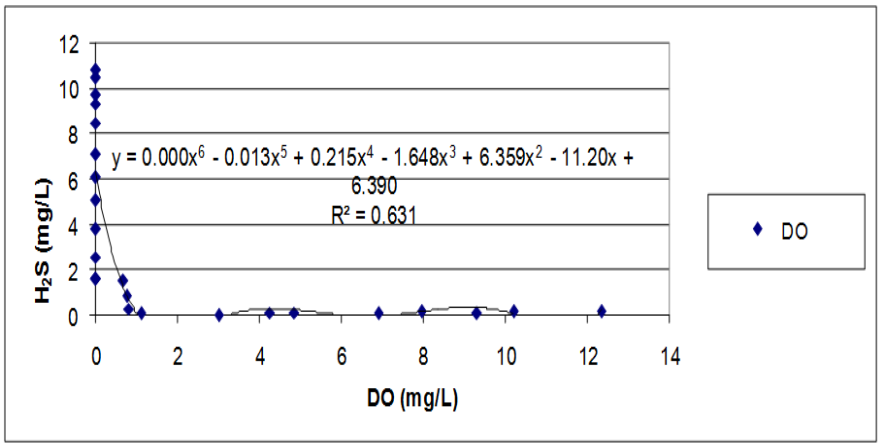
اجزاء	مساحت (m^2)	عمق (m)	حجم (m^3)
برکه بی هوازی ۱	۱۱۰۲/۵	۲/۵	۲۷۵۶
برکه بی هوازی ۲	۱۱۰۲/۵	۲/۵	۲۷۵۶
مجموع بی هوازی	۲۲۰۶	–	۵۱۵۲
برکه اختیاری اول	۴۲۲۵	۲/۵	۱۰۵۶۲/۵
برکه اختیاری دوم	۴۲۲۵	۲/۵	۱۰۵۶۲/۵
برکه اختیاری سوم	۴۲۲۵	۲/۵	۱۰۵۶۲/۵
مجموع اختیاری	۱۲۶۷۵	–	۳۱۶۸۷/۵
مجموع کل	۱۴۸۸۰	–	۳۶۸۳۹/۵

m^3 ۲۲۵۰ = فاضلاب تصفیه شده روزانه

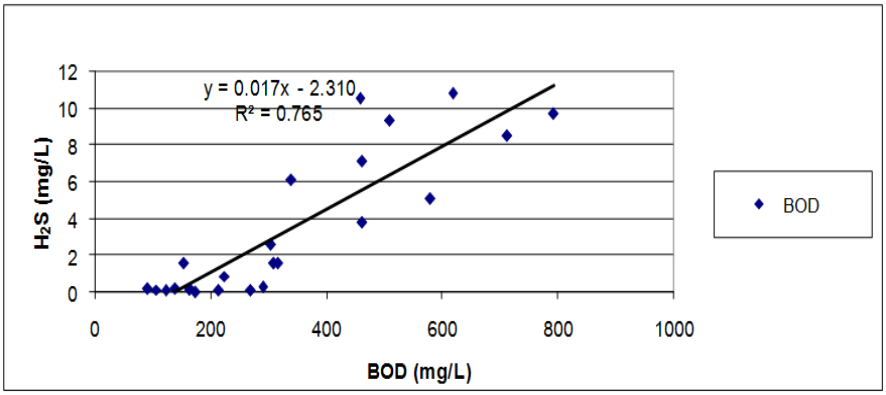


شکل ۲- میزان حذف بار آلی (**BOD**) در تصفیه خانه هویزه جنوبی در ماههای مختلف

www.SID.ir



شکل ۳- ارتباط بین غلظت H_2S و DO در برکه تثبیت فاضلاب هویزه جنوبی



شکل ۴- ارتباط بین غلظت H_2S و BOD در برکه تثبیت فاضلاب هویزه جنوبی

نمونه برداری: نمونه های فاضلاب از ورودی و خروجی هر برکه و به طور ماهانه برداشت شد. نمونه های فاضلاب، از نوع مرکب بوده که در بازه زمانی ۴۸ ساعته برداشت شده بود. نمونه مرکب می‌تواند از جمع آوری مقادیر آب از مکانهای مختلف یک منبع و یا مجموعه‌ای از آب گردآوری شده از محلهای مختلف در زمانهای مختلف تشکیل گردد. نمونه ها توسط ظروف ۲ لیتری شیشه ای و از عمق ۱ متری برداشت شده، سپس به یک ظرف ۳۰ لیتری منتقل شده و برای انجام آزمایشهای فیزیکوشیمیایی آماده شد (۳۱). نمونه برداری در دوره زمانی تیرماه تا دی ماه سال ۱۳۷۸ انجام شد.

پارامترهای آنالیز شده: این پارامترها شامل BOD، اکسیژن موردنیاز شیمیایی (COD)، اکسیژن محلول (DO)، دما، pH، سولفید (S^{-2})، سولفات (SO_4^{-2}) و سولفید هیدروژن (H_2S) می باشد. همچنین جهت اندازه گیری جمعیت میکروبی مخلوط باکتریهای سولفوره ارغوانی، کلروفیل a و b به روش اسپکتروفتومتری اندازه گیری شد. سوسپانسیون حاوی سلولهای زنده باکتریهای سولفوره ارغوانی به دلیل دارا بودن کلروفیل باکتریایی a، دارای قابلیت جذب نور در طول موج ۸۹۰ nm–۸۳۰–۵۹۰–۳۸۰ می باشند. این سوسپانسیون در شرایطی که گلبولهای سولفور عنصری تشکیل می شوند، صورتی مایل به سفید و در زمان مصرف گلبولها به رنگ صورتی ارغوانی تبدیل می شوند. به همین جهت، طول موج ۵۲۰ nm که حداکثر جذب نور سوسپانسیون می باشد در این مطالعه انتخاب گردید (۱۷).

برای سنجش میزان جریان ورودی و خروجی به برکه ها، از پارشال فلوم استفاده شد که در ابتدای کانالهای ورودی به برکه ها قرار داشت. تمامی آزمایشهای انجام شده در این

www.SID.ir

مطالعه مطابق کتاب روشهای استاندارد آب و فاضلاب می باشد (۷).

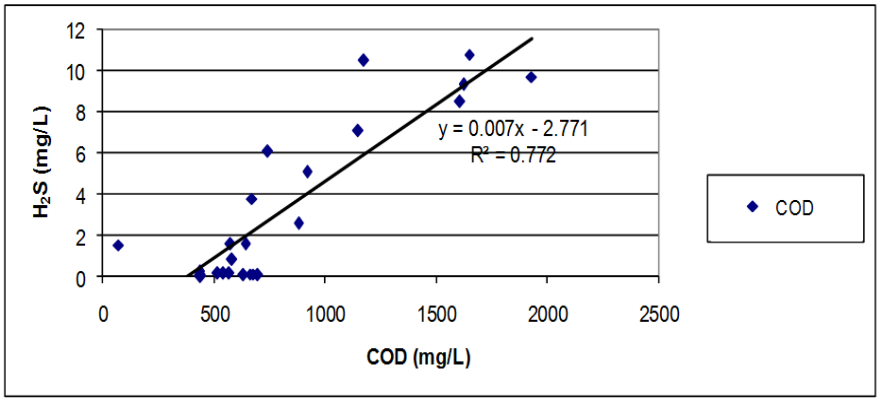
نتیجه گیری و بحث

نتایج به دست آمده در این مطالعه بر حسب هر مرحله و همچنین تمام تصفیه خانه در دوره مورد مطالعه در جدول ۲ آورده شده است. میانگین غلظت متوسط BOD و COD فاضلاب ورودی به ترتیب برابر ۵۹۱/۱۷ mg/L و ۱۵۲۰/۳۳ بوده که بسیار فراتر از مقادیر طراحی آن که ۲۱۶ mg/L و ۵۵۰ بودند، می باشد. بنابراین فاضلاب خام هویزه را می توان به عنوان فاضلاب با خصوصیات قوی (از لحاظ BOD و COD) طبقه بندی نمود (۲۶). راندمان حذف BOD و COD در برکه های بی هوازی تصفیه خانه با زمان ماند هیدرولیکی (HRT) ۱/۲۲ روز، به ترتیب برابر ۴۳/۷۸ و ۵۸/۰۷ درصد بودند. این مقادیر در برکه های اختیاری اول، دوم و سوم با HRT=۴/۷، به ترتیب برابر با ۳۰/۷۹ و ۰/۰۵-، ۲۶/۰۱ و ۲۱/۰۱، ۱/۳۷ و ۳/۸۴- بود.

میزان حذف بار آلی در تصفیه خانه هویزه جنوبی در ماههای مختلف در شکل ۲ نشان داده شده است. تأثیر تغییرات دما بر روی میزان حذف بار آلی ناشی از BOD کاملا مشخص می باشد؛ بنابراین از میانگین ماهانه حذف بار آلی استفاده شد.

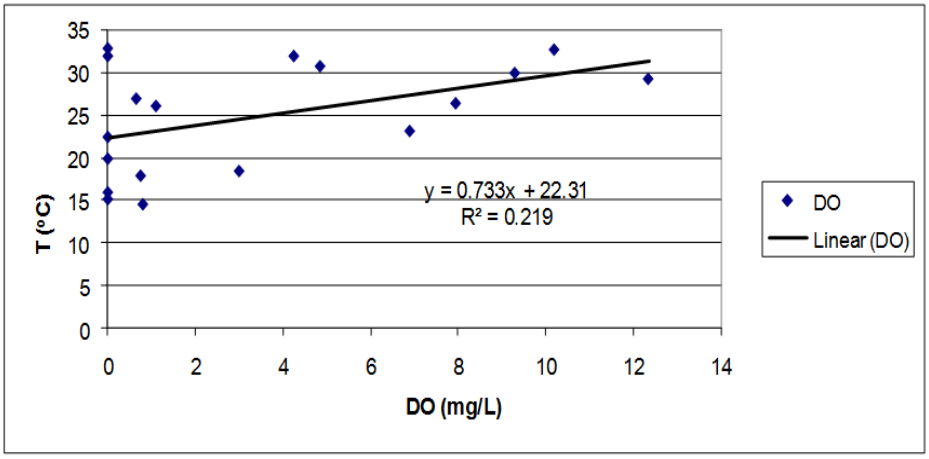
با وجود اینکه در این مطالعات افزایش قابل توجه غلظت اکسیژن خواهی بیوشیمیایی فاضلاب خام ورودی (BOD) در فصل تابستان مشاهده نگردید، اما بار سطحی و بار حجمی آلی ورودی به برکه های تثبیت به دلیل انجام امور مربوط به تخلیه لجن و تعمیرات و عدم استفاده از برکه های بی هوازی حدودا به دو برابر میزان معمول افزایش یافت (در ابتدای فصل تابستان به نوبت یکی از برکه های بی هوازی از مدار بهره برداری خارج می شود).

رشد و تکثیر جلبکهای سبز وابستگی زیادی به غلظت H_2S دارد. شکل ۳ نشان دهنده وجود همبستگی بین غلظت H_2S و غلظت DO می باشد (R^2 =۰/۶۳)، در همین حال، غلظتهای BOD و COD دارای همبستگی قوی با غلظت H_2S هستند (R^2=۰/۷۶) برای BOD و R^2=۰/۷۷ برای COD). بنابراین می توان بیان نمود که H_2S به عنوان یک عامل بازدارنده رشد جلبکهای سبز می باشد (شکل ۴ و ۵). در گستره دمایی ۳۵ – ۲۰ درجه سانتی گراد با وجود شرایط مناسب رشد و تکثیر جلبکها در برکه های اختیاری و تأثیر آن بر افزایش غلظت اکسیژن محلول، افزایش مصرف اکسیژن محلول مشاهده می گردد که به دلیل فعالیت زیستی بیشتر باکتریها و غالب شدن باکتریهای سولفوره ارغوانی می باشد. لذا همبستگی بین افزایش دما و غلظت اکسیژن محلول وجود ندارد (R^2=۰/۲۱) (شکل ۶).



شکل ۵- ارتباط بین غلظت H_2S و COD در برکه تثبیت فاضلاب هویزه جنوبی

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۶- ارتباط بین غلظت DO و دمای هوا در برکه تثبیت فاضلاب هویزه جنوبی

در نتیجه پردازش نتایج بررسیهای کیفی آزمایشگاهی حاصل با استفاده از نرم افزارهای Excel و SPSS [۴] به ویژه در رابطه با تولید اکسیژن که نشانه حضور و فعالیت جلبکها می باشد، رابطه زیر حاصل گردید:

$DO\ (mg/L) = -0.355\ H_2S + 0.165\ ^{\circ}C$ (رابطه ۱)

رابطه ۱ که حاصل این مطالعات می باشد، نشان می دهد که تولید اکسیژن محلول رابطه معکوس و نسبتاً ضعیف با میزان سولفید هیدروژن دارد و سولفید هیدروژن تولیدی در حقیقت به عنوان مانعی در راه رشد و تکثیر جلبکهای سبز عمل می کند و با دما رابطه مستقیم ولی ضعیف دارد.

$T = 22.31 + 0.733\ (DO)$ $R^2=0.219$ (رابطه ۲)

$H_2S = 0.0001\ (DO)^6 - 0.013\ (DO)^5 + 0.215\ (DO)^4 - 1.648\ (DO)^3 + 6.359\ (DO)^2 - 11.20\ (DO) + 6.390$

$R^2=0.631$ (رابطه ۳)

بالا بودن ضریب همبستگی بین DO و H_2S نشان دهنده این است با افزایش غظت H_2S، غلظت DO کاهش یافته و در نتیجه H_2S مانع از رشد جلبکها به عنوان تولیدکنندگان اکسیژن در برکه های تثبیت می شود. همچنین به علت اینکه DO و H_2S به صورت گاز در فاضلاب حضور داشته و با توجه به محدودیت حلالیت گازها در مایعات، حضور H_2S موجب می شود که قسمتی از DO از محیط خارج شود. روابط رگرسیون مربوط به H_2S و BOD، همچنین H_2S و COD به ترتیب زیر حاصل شده است:

$H_2S = 0.017\ (BOD) - 2.310$ $R^2=0.765$ (رابطه ۴)

$H_2S = 0.007\ (COD) - 2.771$ $R^2=0.772$ (رابطه ۵)

بزرگی و مثبت بودن ضریب همبستگی در روابط ۴ و ۵، نشان می دهد که بین غلظت H_2S با BOD و COD رابطه قوی وجود داشته که با افزایش BOD و COD فاضلاب ورودی، غلظت H_2S افزایش خواهد یافت. همچنین کاهش غلظت سولفید و اسیدهای چرب فرار در برکه های تثبیت بر افزایش رشد و تکثیر باکتریهای سولفوره ارغوانی تأثیر به سزایی دارد (۳، ۶، ۲۳، ۲۴ و ۲۸).

جدول ۲- میانگین و درصد حذف BOD و COD فاضلاب ورودی در قسمتهای مختلف تصفیه خانه فاضلاب هویزه جنوبی

نوع برکه		BOD (mg/L)	COD (mg/L)
بی هوازی	ورودی	۵۹۱/۱۷	۱۵۲۰/۳۳
	خروجی	۳۳۲/۳۳	۶۳۷/۵۰
	راندمان حذف (٪)	۴۳/۷۸	۵۸/۰۷
اختیاری اول	ورودی	۳۳۲/۳۳	۶۳۷/۵۰
	خروجی	۲۳۰/۰۰	۶۳۷/۸۳
	راندمان حذف (٪)	۳۰/۷۹	-۰/۰۵
اختیاری دوم	ورودی	۲۳۰/۰۰	۶۳۷/۸۳
	خروجی	۱۷۰/۱۷	۵۰۳/۸۳
	راندمان حذف (٪)	۲۶/۰۱	۲۱/۰۱
اختیاری سوم	ورودی	۱۷۰/۱۷	۵۰۳/۸۳
	خروجی	۱۶۷/۸۳	۵۲۳/۱۷

Archive of SID
www.SID.ir

	راندمان حذف (٪)	۱/۳۷	-۳/۸۴
مجموع	راندمان حذف (٪)	۷۱/۶۱	۶۵/۵۹

جدول ۳- نرخ بار آلی سطحی و متوسط دمای هوا در قسمتهای مختلف تصفیه خانه فاضلاب هویزه جنوبی

ماه	نرخ بار آلی سطحی	نرخ بار آلی سطحی	متوسط دمای هوا (^{o}C)
	مبانی طراحی kgBOD5/ha.d	شرایط واقعی kgBOD5/ha.d	
برکه اختیاری اول			
مرداد	۴۵۵	۳۶۲	۳۱
شهریور	۴۷۴	۷۱۴	۳۲/۳
مهر	۳۹۴	۷۴۸	۲۷/۳
آبان	۳۴۰	۷۱۵	۲۴/۵
آذر	۲۸۵	۷۹۹	۲۱/۷
دی	۲۱۲	۱۳۶۹	۱۷/۷۵
برکه اختیاری دوم			
مرداد	۴۷۰	۲۵۰	۳۲
شهریور	۴۸۱	۳۸۲	۳۲/۹
مهر	۳۸۸	۳۸۷	۲۷
آبان	۳۰۱	۶۳۴	۲۲/۵
آذر	۲۵۲	۵۲۴/۵	۱۹/۹۵
دی	۱۸۲	۱۰۹۲	۱۶
برکه اختیاری سوم			
مرداد	۴۵۳	۲۸۷/۵	۳۰/۸
شهریور	۴۷۰	۲۱۴	۳۲
مهر	۳۷۸	۳۲۶	۲۶/۴۵
آبان	۳۷۲	۵۰۲	۲۶/۱۴
آذر	۲۱۶	۴۰۷	۱۷/۹۵
دی	۱۷۰	۶۸۴	۱۵/۲

نتایج این مطالعه در دو فصل از سال نشان دهنده رشد باکتریهای سولفوره ارغوانی در گستره زمانی ماههای مرداد تا دی می باشد. در این گستره زمانی مطالعات، میانگین دمای هوا ۲۵/۴ درجه سانتی گراد و حداکثر دمای هوا برابر ۵۰ درجه سانتی گراد بود. در نتیجه، میزان تبخیر بیشتر و مصرف بیشتر اکسیژن محلول به دلیل افزایش فعالیت میکروارگانیسمها مشاهده می گردد. به دلیل افزایش رشد و تکثیر باکتریهای سولفوره ارغوانی (افزایش غلظت H_2S)، میزان فعالیت جلبکها کاهش یافته (کاهش غلظت DO) و در نتیجه مشکلات مربوط به رشد این باکتریها را تشدید می نماید. بنابراین می توان نتیجه گیری کرد که همزمان با کاهش فعالیت جلبکهای سبز، افزایش میزان رشد و تکثیر باکتریهای سولفوره ارغوانی مشاهده می گردد.

نتایج نشان دهنده رشد بحرانی باکتریهای سولفوره ارغوانی در دو دوره زمانی یعنی در ماههای مرداد تا شهریور و آبان تا دی می باشد که در دوره اول برکه های اختیاری اول و دوم و در دوره دوم، برکه های اختیاری سوم درگیر شده بودند. لازم به ذکر است که با افزایش رشد باکتریهای سولفوره ارغوانی، فرآیندهای متان سازی در برکه های اختیاری نیز شدت بیشتری می یابد که سبب تبدیل آنها به برکه های بی هوازی می گردد (۲۴).

بررسی نتایج برای برکه های بی هوازی حکایت از ورود بار بیش از اندازه در ماههای مرداد و شهریور دارد و در ماههای بعد، علی رغم افزایش بار سطحی ورودی نسبت به بار مجاز، با توجه به کاهش دما حتی برکه های اختیاری نیز به سمت بی هوازی شدن میل می کنند و در ماههای دی و بهمن، بوی H_2S در برکه های اختیاری اول و دوم و تا حدودی نیز سوم احساس شد. به همین دلیل هم در دی ماه، پدیده ظهور باکتریهای سولفوره ارغوانی و این بار در برکه اختیاری سوم، مجدداً بروز می نماید. با توجه به میزان سولفید ناشی از عملکرد بی هوازی در برکه های اختیاری اول و دوم همراه با افزایش فعالیت متان سازی، تشکیل سولفید و انتقال آن به برکه اختیاری سوم، پدیده بروز باکتریهای سولفوره ارغوانی را توجیه می نماید. لذا با توجه به اینکه اکسیداسیون سولفیدها به طور عام، وظیفه اصلی باکتریهای سولفوره ارغوانی است، با کاهش سولفیدها بر اثر عملکرد این باکتریها، علی رغم وجود بار آلی بالا، جمعیت آنها رو به کاهش می گذارد.

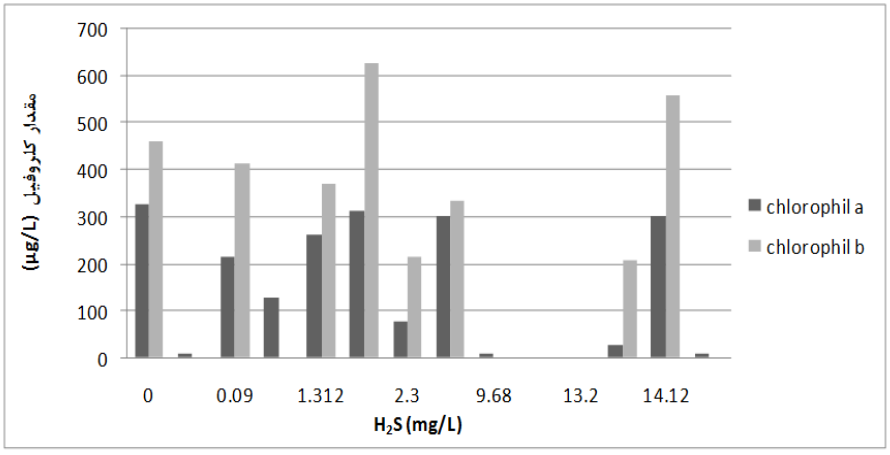
Archive of SID

www.SID.ir

بررسیهای میکروسکوپی انجام شده در خصوص گونه های مختلف جلبک در زمان بروز پدیده رشد باکتریهای سولفوره ارغوانی در برکه های تثبیت تصفیه خانه هویزه جنوبی نشان داد که گونه کلامیدوموناس در برکه ها حضور داشته و در نتیجه می توان بیان نمود که این گونه از جلبکها در مقابل سولفید موجود در برکه ها از مقاومت زیادی برخوردار است. البته لازم به ذکر است که جمعیت آن نسبت به باکتریهای سولفوره ارغوانی بسیار کاهش یافته بود. مطالعات انجام شده در خصوص برکه بیرشیوا نیز نتایج مشابهی را نشان داده بود (۱۳). در این مطالعه، گونه شاخصی از باکتریهای سولفوره ارغوانی مشاهده نگردید.

همانطور که در بالا اشاره شد، رشد باکتریهای سولفوره ارغوانی به غلظت H_2S و آن هم به غلظت BOD و COD فاضلاب وابستگی زیادی دارد. یکی از دلایل اصلی رشد باکتریهای سولفوره ارغوانی در این مطالعه، بار آلی سطحی بود که معمولاً بالاتر از مقادیر طراحی برکه ها بود (جدول ۳). نتایج نشان داد که میزان بار آلی ورودی به برکه ها در ماههای شهریور تا دی، افزایش قابل ملاحظه ای یافته بود. با این حال، به دلیل کاهش غلظت H_2S (به دلیل ادامه بالا بودن بار آلی ورودی) میزان رشد باکتریهای سولفوره ارغوانی کاهش یافته بود. بر اساس تجربیات (۱۹۹۲) Houghton و Mara در صورت افزایش بار آلی در برکه های اختیاری اول، تعداد جلبکها کاهش و تعداد باکتریهای سولفوره ارغوانی افزایش می یابد (۱۳). همچنین بر اثر مرگ جلبکها، غلظت H_2S افزایش می یابد که در نتیجه افزایش رشد باکتریهای سولفوره ارغوانی حاصل می گردد (۱۱، ۲۳، ۲۴ و ۲۹).

کلروفیل a و b را می توان به عناوین شاخصی از رشد جمعیت میکروبی مخلوط باکتریهای سولفوره ارغوانی دانست (۱۷). با توجه به نتایج مربوط به سنجش میزان کلروفیل a و b، رابطه بین غلظت H_2S و کلروفیل a و b، در شکل ۷ ارائه شده است. می توان دریافت که با تغییرات غلظت H_2S، میزان کلروفیل a و b، به میزان زیادی تغییر می یابد که البته این تغییرات در مورد کلروفیل b بیشتر می باشد. با این حال نمی توان روند خاصی را بین افزایش غلظت H_2S و کلروفیل a و b یافت که این نشان می دهد برای رشد باکتریهای سولفوره ارغوانی، شرایط نسبتاً پایداری از نظر غلظت H_2S باید موجود باشد.



شکل ۷- ارتباط بین غلظت H_2S و مقدار کلروفیل a و b در برکه تثبیت فاضلاب هویزه جنوبی

نتیجه گیری

رشد باکتریهای سولفوره ارغوانی وابستگی زیادی به تأمین شرایط بی هوازی و تشکیل نواحی حاوی سولفید داشته که این شرایط در برکه های تثبیت فاضلاب امکان پذیر می باشد. نتایج این مطالعه نشان داد که باکتریهای سولفوره ارغوانی دارای ظرفیت آنزیمی برای تجزیه مواد آلی را دارا

www.SID.ir

بوده که این شرایط در برکه های تثبیت مهیا می باشد. باکتریهای سولفوره ارغوانی در دو دوره زمانی بروز نمودند که اولی در اواسط تابستان (در برکه اختیاری اول) و دومی در اوایل زمستان (در برکه اختیاری سوم) بود. این رشد به دلیل غلظت کم اکسیژن محلول در برکه های اختیاری که به دلیل بالا بودن بار آلی ورودی و سولفید هیدروژن می باشد، باکتریهای سولفوره ارغوانی بر جلبکها غلبه نمودند. غلظت اکسیژن محلول به پارامترهای متعددی نظیر بار آلی ورودی، شرایط آب و هوایی، فعالیت جلبکها و غیره بستگی دارد. در این مطالعه بار آلی ورودی به عنوان مؤثرترین عامل در رشد باکتریهای سولفوره ارغوانی شناخته شد. یکی از راههای کاهش اثرات مربوط به رشد باکتریهای سولفوره ارغوانی، کاهش بار آلی ورودی به برکه های تثبیت می باشد. به همین جهت می توان غلظت BOD ورودی را با رقیق سازی فاضلاب ورودی با پساب خروجی از تصفیه خانه کاهش داد. البته در این صورت، بار سطحی ورودی به برکه ها افزایش یافته و در نتیجه مشکل همچنان پابرجا می ماند که می توان با ساخت برکه های موازی، نسبت به کاهش بار سطحی اقدام نمود. راهکار دیگر افزایش غلظت اکسیژن محلول در برکه های اختیاری می باشد که با عمل هوادهی مصنوعی قابل دستیابی است. همچنین با توجه به اینکه برکه اختیاری سوم دارای کارآمدی حذف بسیار کم و حتی منفی در حذف BOD و COD می باشد، می توان از این برکه ها به عنوان برکه های موازی استفاده نمود.

منابع

۱. بدلیانس قلی کندی، گ. ۱۳۸۸. طراحی تصفیه خانه فاضلاب. چاپ اول، انتشارات آییژ، تهران.

۲. بدلیانس قلی کندی، گ. ۱۳۸۵. میکروبیولوژی کاربردی آب و فاضلاب. چاپ سوم، نشرنوپردازان، تهران.

۳. بدلیانس قلی کندی، گ، ریاحی، ر، صالحی،س. تابستان ۱۳۸۷. بهینه سازی راهبری تصفیه خانه های فاضلاب به روش لجن فعال از طریق جلوگیری از رشد و تکثیر بحرانی باکتری مایکروتریکس پارویسلا، مجله زیست شناسی ایران، جلد ۲۱، شماره ۳، ۴۵۶-۴۶۶.

۴. پیکران مانا، ن.، وهابزاده رودسری، ح.، اسدپور، ی.، آق، ن.، حسینی، ه.ش. اسفند ۱۳۸۹. مقایسه بیومتریک سیست، ضخامت لایه کوریون و ناپلی آرتمیا در سه زیستگاه مختلف ایران، مجله زیست شناسی ایران، دوره ۲۳، شماره ۶، ۸۵۰-۸۵۷.

5. Agunwamba J.C. (2001). Effect of tapering on the performance of waste stabilization ponds, Water Research, 35, 1191-1200.

6. Angelica P.S., Tommy H., J. Overmann J. (1993). Physiology of purple sulfur bacteria forming macroscopic aggregates in great sippewissett salt marsh, Massachusetts, FEMS Microbiology Ecology, 12, 225-235.

7. APHA (2005). Standard Methods for the Examination of water and wastewater, 24th ed., American Public Health Association, Washington, D. C.

8. Cho J.C., Stapels M.D., M. R.M, et al. (2007). Polyphyletic photosynthetic reaction center gens in oligotrophic marine Gammaproteobacteria, Environmental Microbilogy,9.1456-1463.

9. Cooper D., M. Rands M., Woo C. (1975). Sulfide reduction in fellmongery effluent by red sulfur bacteria, Journal of Water Pollution Control Federation, 47, 2088-2100.

10. Freedman D., Koopman B., Lincoln E.P. (1983). Chemical and biological flocculation of purple sulphur bacteria in anaerobic lagoon effluent, Journal of Agricultural Engineering Research, 28, 115-125.

11. Guyoneaud R., Wit R.D., Matheron R., Caumette P. (1998). Impact of macroalgal dredging on dystrophic crises and phototrophic bacterial blooms (red waters) in a brackish coastal lagoon, Oceanologica Acta, 21, 551–561.

12. Hamdy A., Rabia N., Hamdy S. (2006). Study of waste stabilization pond geometry for wastewater treatment efficiency, Ecological Engineering, 28, 25-34.

13. Houghton S.R., Mara D.D. (1992). The effects of sulfide generation in waste stabilization ponds on photosynthetic populations and effluent quality, Water Science and Technology, 26.1759-1768.

Archive of SID
www.SID.ir

14. Imhoff J.F. (2005). Order I.Chromatiales ord. nov., in: Bergey's manual of systematic bacteriology, Springer, New York, 2005.

15. Kaya D., F. Dilek F., Gokcay C.F. (2007). Reuse of lagoon effluents in agriculture by post-treatment in a step feed dual treatment process, Desalination, 215, 29-36.

16. Kayombo S., Mbwette T.S.A., Mayo A.W., Katima J.H.Y., Jorgrnsen S.E. (2002). Diurnal cycles of variation of physical–chemical parameters in waste stabilization ponds, Ecological Engineering, 18.

17. Matsuyama M. (2004). Phylogenic status of a purple sulfur bacterium and its bloom in Lake Kaiike, The Japanese Society of Limnology, 5, 95-101.

18. McFarlane P., Melter H. (1977). The occurrence of purple sulfur bacteria in anaerobic lagoons-theory and application, in: 32nd Industrial Waste Conference, Purdue University,497-506.

19. Meredith J., Pohland F. (1970). Some observatid& of purple sulfur bacteria associated with waste stabilization ponds, Purdue Engng Extension Series, 137, 699-707.

20. Murakani K., Inomari Y., Sudo R., Kurihara Y. (1992). Effect of temperature on prosperity and decay of genetically engineered micro-organisms in a microcosm system, Water Science and Technology, 26, 2165.

21. Nair C. (1992). Pollution control through water conservation and wastewater reuse in the fish processing industry, Water Science and Technology, 22, 113-121.

22. Nelson K.L., Cisneros B.J. (2004). Tchobanoglous G., Darby J., Sludge accumulation, characteristics, and pathogen inactivation in four primary waste stabilization ponds in central Mexico, Water Research, 38, 111-127.

23. Sinha S.N., Banerjee R.D. (1997). Ecological role of thiosulfate and sulfide utilizing purple non-sulfur bacterial of a riverrine ecosystem, FEMS Microbiology Ecology, 24, 211-220.

24. Sirianuntapiboon S., Srikul M. (2006). Reducing red color intensity of seafood wastewater in facultative pond, Bioresource Technology, 97, 1612-1617.

25. Tank M., V. Thiel V., Imhoff J.F. (2009). Phylogenetic relationship of phototrophic purple sulfur bacteria according to pufL and pufM gens, International Microbiology, 12, 175-185.

26. Tchobanoglous G., Burton F.L. (2003). Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse, McGraw Hill, New York.

27. USEPA (1983). Design manual for municipal wastewater stabilization ponds, in, NSCEP.

28. Veenstra S., Al-Nozaily F.A., Alaerts G.J. (1995). Purple non-sulfur bacteria and their influence on waste stabilisation pond performance in the Yemen Republic, Water Science and Technology, 31, 141-149.

29. Villanueva J., Grimalt J.O., Wit R.D., Brendan J.K., Maxwell J.R. (1994). Sources and transformations of chlorophylls and carotenoids in a monomictic sulphate-rich karstic lake environment, Organic Geochemistry, 22, 739-757.

30. Wenke T., Vogt J. (1981). Temporal changes in a pink feedlot lagoon, Applied Environmental Microbial, 41, 381-385.

31. Yaghoubi M., Echihabi L., Foutlane A., Bourchich L., Jellal J.,Wittland C.,Yachioui M. (2000). The performance of the waste stabilization pond system at Boujaad, Morocco, Water Science and Technology, 42, 9-11.

Archive of SID

www.SID.ir

Effects of critical growth of Purple sulfur bacteria on waste stabilization pond under contest condition and their influence on performance efficiency of wastewater treatment

Badalians Gholikadi G.[1], Dehghanifard E.[2] and Sakian Dezfouli M.R.[3]

[1] **Power and Water University of Technology (PWUT), Tehran, I.R. of Iran**

[2] **Environmental Health Engineering Dept., School of Public Health, Alborz University of Medical Sciences, Karaj, I.R. of Iran**

[3] **Water and Power Company of Khuzestan, Ahwaz, I.R. of Iran**

Abstract

Purple bacteria could use sunlight as an energy source for their growth and reproduction. Since these bacteria are not able to use hydrogen of water as an electron donor, they need to use reduced forms of hydrogen like H_2S, H_2 or organic matters in which oxygen molecules are not produced in their photosynthesis process. These bacteria are of specified organisms in water found in many water resources. Because of their growth effects on wastewater stabilization ponds which have been considered as common wastewater facilities in Iran, investigations on their growth condition and important affecting parameters have been considered for design and operation of such facilities. The occurrence reasons of purple sulfur bacteria (PSB) in waste stabilization ponds were investigated. Physical and chemical parameters which affect on PSB growth like BOD_5, COD, dissolved oxygen (DO), temperature, and hydrogen sulfide (H_2S) were observed monthly. Results showed that the PSB dominated in two periods, which the first was in midsummer (in primary facultative pond) and the second was in midwinter (in tertiary facultative pond). This condition was occurred by low DO concentration in facultative ponds due to high organic loading rate (OLR) and also high concentration of H_2S which were caused overcoming of the PSB over algae. Results showed that the OLR was the main affecting parameters in the overcoming of PSB.

Keywords: Purple sulfur bacteria, Wastewater, stabilization pond, Southern Hovaizeh

Archive of SID

www.SID.ir