باکتریهای بدون سولفور ارغوانی

و تأثیر آنها بر عملکرد برکه‌های تثبیت فاضلاب در جمهوری یمن*

مترجم: احد جعفری*

چکیده:

درکشور جمهوری یمن که منطقه‌ای نیمه بیابانی است، تصفیهٔ فاضلاب از دو جنبهٔ کنترل بیماریهای واگیردار و استفاده از پساب آن برای کشاورزی حائز اهمیت است. تجربه نشان داده که برکه‌های موجود به علت حذف کم BOD و ایجاد بو، در خیلی از موارد مناسب نیستند. فاضلاب خام خانگی که به برکه‌های تثبیت فاضلاب شهر صنعا وارد می‌شوند دارای BOD، COD، TSS و سولفات بالائی هستند. مقدار آمونیاک نیز در این فاضلابها بسیار زیاد است. (۱۵۰-۲۰۰mg N-[NH_3+NH_4^+ J/L). گرمای هوا، بار آلی زیاد و حضور سولفیدها که به علت احیای سولفاتهاست، جملگی سبب رشد باکتریهای فتوتروفیک بدون سولفور ارغوانی[1] دربرکه‌های اختیاری می‌شود. این باکتریها سبب اکسیده شدن سولفید به سولفات و تغییر رنگ آب به صورتی متمایل به قرمز می‌شوند و همچنین باکدرکردن آب رشد جلبکها را مختل می‌نمایند. طبق بررسیهای آزمایشگاهی مقادیر زیاد آمونیاک سبب کاهش رشد جلبکها در بخشهای وسیعی از برکه‌ها شده، در نتیجه اکسیژن محلول در حوضچه کاهش یافته و متابولیسم کربن به صورت کامل انجام نمی‌شود. اکسیژن محلول کم به نوبهٔ خود سبب می‌شود که میکروبها سولفاتها را احیا کرده و مقدار سولفات کاهش یابد. اطلاعات حاصل از آزمایشات صحرائی در یمن نشان می‌دهد که حداقل زمان ماند در برکه‌های اختیاری بین ۲۵ - ۲۰ روز می‌باشد تا جلبکها فرصت رقابت با باکتریهای ارغوانی را داشته باشند.

واژه‌های کلیدی:

آمونیاک، سمّیت جلبکی، هیدروژن سولفوره، ترکیبات بدبو، باکتریهای ارغوانی، استفادهٔ مجدد، RhodoPseudomonas، احیای سولفاتها، برکه‌های تثبیت فاضلاب، یمن

مقدمه:

توسعهٔ سریع شهرها در کشور یمن منجر به افزایش میزان فاضلاب شهری شده است (سلیمان ۱۹۹۰). لذا به منظور کنترل بیماریهای واگیردار، تصفیهٔ فاضلاب اهمّیت روزافزونی می‌یابد. عملی‌ترین روش تصفیهٔ فاضلاب در یمن استفاده از برکه‌های تثبیت فاضلاب است زیرا هم زمین ارزان قیمت است، هم این روش قابل اعتمادتر بوده و پسابی تولید می‌نماید که می‌توان از آن برای کشاورزی استفاده نمود (در حال حاضر از این برکه‌ها استفاده می‌شود). گرمای هوا موجب افزایش کارائی این

*- دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی اصفهان

1-RhodoPseudomonas

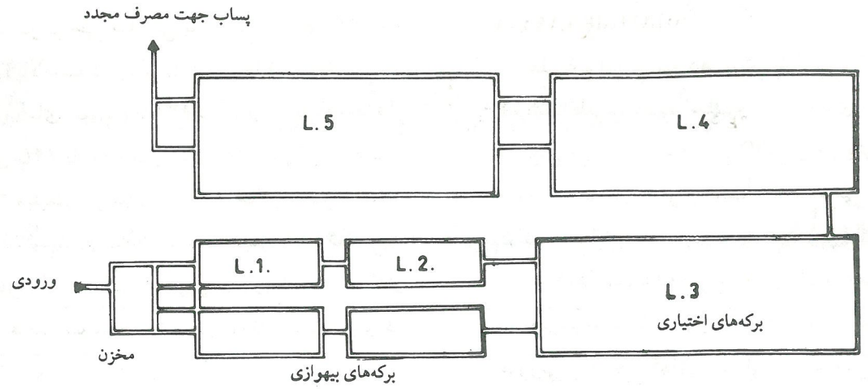
برکه‌هاست. در نواحی ساحلی یمن (ناحیهٔ تیحما) دما و رطوبت هوا بالاست در حالی‌که در صنعا (با ارتفاع ۲۳۰۰ متر از دریا) دمای هوا بین ۱۳/۵ تا ۲۳/۵°C بوده و مقدار رطوبت بین ۴۵٪ تا ۶۰٪ می‌باشد. مقدار بارش در صنعا حدود ۲۰۰ میلیمتر در سال است در حالی‌که میزان تبخیر ۱۰ برابر آن است. دامنهٔ تغییرات تابش خورشید بین ۲-۱/۲ کیلوژول به سانتیمتر مربع در روز است. تعدادی برکه تثبیت فاضلاب ساخته شده و تعداد بیشتری نیز در دست اجراست.

مدلهای زیادی برای طراحی برکه‌های اختیاری وجود دارد (WHO/EMRA، ۱۹۸۷). این مدلها یا براساس آنالیزهای ریاضی یا بر مبنای مفاهیم اصولی‌تر مثل میزان تابش خورشید (همان‌طور که برای محاسبهٔ میزان تولید اکسیژن توسط جلبکها به‌کار می‌رود) ونهایتاً میزان پذیرش بار آلی قابل قبول می‌باشد. در پرو بارگذاری آلی بین ۲۰۰-۴۰۰ Kg BOD/ ha.day به ندرت تولید بو می‌نماید؛ بین ۴۰۰-۷۰۰ Kg BOD/ ha.day بوی کم به‌طور مکرر و بوی زیاد به ندرت تولید می‌شود. در حالی‌که در مقادیر بالاتر بوی کم و زیاد هر دو بطور دائم وجود دارد (یانز ۱۹۸۰). از آنجایی که دمای هوا، عرض جغرافیایی و میزان بارش در صنعا و پرو مشابه هستند، این مورد در صنعا نیز صادق است.

طبق تحقیقات مک گری و پسکاد براساس آنالیزهای برازشی، ارتباط معنی‌داری بین حداکثر بار سطحی قابل قبول و حداقل درجه حرارت ماهانه هوا (Ta) وجود دارد. برای صنعا (Ta=۱۳/۵°C) میزان بارگذاری طراحی ۲۱۵kg BOD/ha.day=۱/۰۹۹۳$^{۱۳/۵}$×۱/۰۹۹۳$^{۱۳/۵}$×۶۰/۳ درنظر گرفته می‌شود. آرتور در سال ۱۹۸۳ نمونهٔ تعدیل شده از معادلهٔ خطی معادلهٔ پسکاد و مک‌گری را ارائه داد که میزان بارگذاری را در صنعا ۲۱۰ kg BOD/ha.day پیشنهاد می‌کنند. آرسیوالا پیشنهاد می‌کند که عرض جغرافیائی را می‌توان به عنوان شاخص تابش خورشید و دمای هوا به حساب آورد؛ با درنظر گرفتن این موارد میزان بارگذاری در صنعا می‌تواند به ۲۸۰kg BOD/ha.day (WHO/EMRA,۱۹۸۷) برسد.

علیرغم این پیشنهادها برای طراحی، کارکرد برکه‌ها همیشه مطلوب نبوده است و در برکه‌های موجود در یمن مسائلی چون بو، حذف کم BOD و افزایش شدید رنگ صورتی متمایل به قرمز بعضاً مشاهده می‌شود. همچنین در دیگر مناطق گرمسیری مانند هند و پرتقال رنگ صورتی در برکه‌ها مشاهده می‌شود (رمان و همکاران ۱۹۷۰؛ پینهیروو همکاران ۱۹۸۷). در متون قدیمی این رنگ صورتی را به جلبکهای صورتی نسبت می‌دادند، اما در حال حاضر باکتریهای ارغوانی را مسئول این پدیده می‌دانند (آلبسترو همکاران ۱۹۹۱؛ هوقتون و مارا ۱۹۹۲). این تحقیق نشان می‌دهد برکه‌هایی که دارای رنگ قرمز متمایل به صورتی هستند از عملکرد ضعیفی برخوردار می‌باشند. البته این مسئله در مورد سایر برکه‌های این کشور نیز صادق می‌باشد.

در سال ۱۹۸۲ جهت جمع‌آوری فاضلاب روز افزون بخش قدیمی شهر، سیستم جمع‌آوری فاضلاب خانگی در صنعا احداث شد. این سیستم درحال حاضر ۱۳۰۰۰ انشعاب خانگی دارد. در سال ۱۹۸۶ به عنوان راه حل موقت، برکه‌های ارزان قیمتی احداث شد که هم‌اکنون ۸۰۰۰-۸۵۰۰ m^3 فاضلاب در روز را دریافت می‌کنند این سیستم شامل ۲ حوضچه بیهوازی است که به صورت تناوبی کار می‌کنند و سالانه لجنروبی می‌شوند و تصفیهٔ نهایی در سه حوضچهٔ اختیاری که به دنبال هم قرار گرفته‌اند انجام می‌شود (شکل ۱). با درنظر گرفتن ۱۰ نفر در هر خانه، تولید سرانه فاضلاب در هر روز ۶۵-۶۰ لیتر است. چون حجم فاضلاب کم است غلظت آن بسیار زیاد است. با زمان ماند ۳-۲ روز در برکه‌های بیهوازی مقدار قابل توجهی از COD,BOD,TSS فاضلاب کاهش می‌یابد که دلیل آن زیاد بودن مواد معلق در فاضلاب خام و دمای بالای آن است. تجزیه و تحلیل اطلاعات مربوط به فاضلاب ورودی و پساب خروجی برکه‌های بیهوازی نشان می‌دهد که فرآیند اصلی برای کاهش COD_{tot} ، عمل ته‌نشینی است. دمای بالای فاضلاب خام (۲۳-۲۰°C) برای



ابعاد حوضچه‌های بیهوازی: l_1 و l_2 ۹۸×۴۸×۲m

ابعاد حوضچه‌های اختیاری: l_3 ۱۹۴×۱۰۸×۱/۵m

l_4 ۱۹۴×۹۲×۱/۵m

l_5 ۲۰۷×۹۲×۱/۵m

شکل ۱ـ جانمایی و ابعاد برکه‌های تثبیت فاضلاب صنعا

فرآیندهای تجزیهٔ بیولوژیکی مانند فرآیند تولید متان، احیای سولفات، تولید ترکیبات بدبو مانند آمونیاک و هیدروژن سولفوره مناسب است.

مواد و روشها:

از کیت صحرایی DR/2000 (شرکت هاک) جهت اندازه‌گیری آمونیاک، سولفات و هیدروژن سولفوره در محل نمونه‌برداری استفاده گردید. آزمایشات مربوط به COD,BOD,TSS طبق استاندارد متد انجام شد (APHA,۱۹۹۲). بعد از صاف کردن نمونهٔ فاضلاب توسط فیلتر کاغذی واتمن (GF/C) آزمایش BOD_{filt} و COD_{filt} انجام گردید. آزمایشات فیزیکی (PH و دما) در محل انجام شد آزمایشات شیمیائی در روز نمونه‌برداری انجام شده و در صورت ضرورت مراقبتهای لازم برای نگهداری نمونه انجام گرفته است. شفافیت رنگ نمونه در محل نمونه‌برداری توسط آزمایش secchi disk اندازه‌گیری شد.

جهت بررسی سمّیت آمونیاک برای جلبکها فلاسکهای حجمی با ۲۰۰ml از پساب خروجی حوضچه l_5 که به رنگ صورتی است پر شده و با آب مقطر رقیق شده و یا با ترکیبات آمونیاک (مانند آمونیوم کلراید) غنی می‌شود تا غلظتهای نهایی ازت به میزان ۱۲۰ ، ۸۰ ، ۱۶۰ ، ۲۰۰ ، ۲۷۵ میلیگرم در لیتر به صورت $N\text{-}[NH_3+NH_4^+]$ برسد. pH اولیه در تمام نمونه‌ها توسط NaoH در حد ۷/۶ نگه داشته شد. نمونه‌ها در زیر نور ممتد توسط دستگاه (Philips TLD 58W/SS) و در دمای ۲۰°C نگهداری شد. رنگ نمونه‌ها درنظر گرفته شده و زمان لازم برای تغییر رنگ نمونه از صورتی به سبز ثبت شد. در عین حال تغییرات pH نیز درنظر گرفته شد.

جهت تعیین نوع ارگانیسمهای مسئول در رنگ صورتی حوضچه‌ها و جهت تعیین گونه‌های غالب جلبکها، تشخیص میکروسکوپی روش رنگ‌آمیزی و رشد کنترل شده در محیط کشت انجام شد. همچنین جذب طیف نور in vivo (بدون استخراج) و in vitro (با استخراج به‌وسیلهٔ کلروفرم) تعیین شد.

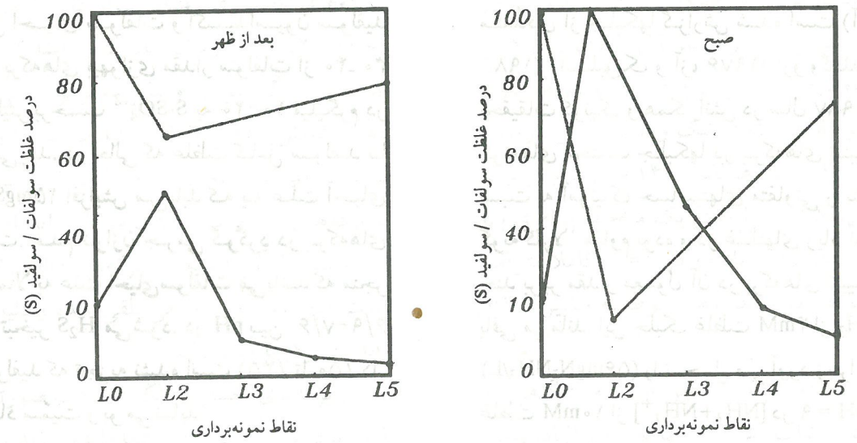
استخراج ۱۰ میلی‌لیتر نمونه خروجی با افزودن ۳۰۰ میکروگرم اسیدکلریدریک غلیظ و جوشاندن آن به مدت ۳۰ دقیقه انجام شد. نمونه تا دمای اتاق سرد شده و عمل استخراج با افزودن ۱۰ میلی‌لیتر کلروفرم و جوشاندن آن به مدت ۱۵ دقیقه انجام شد. بعد از سانتریفیوژ (باسرعت ۲۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه) و تبخیر نمونهٔ تغلیظ شده تحت آزمایش اسپکتروفتومتری در طول موجهای ۱۱۰۰ ـ ۴۰۰ نانومتر قرار گرفت.

نتایج و بحث:

فاضلابهای خانگی در صنعا ۳ تا ۴ برابر غلیظتر از فاضلابهای معمولی است به ویژه غلظت آمونیاک در این فاضلابها تقریباً ۷ برابر حالت معمولی است (جدول ۱) همین حالت برای مناطق دیگر یمن مشاهده شده است. وجود فاضلاب با غلظتهای بالا درکشورهای خشک و نیمه خشک گزارش شده است که احتمالاً به دلیل مصرف کم آب است. تجزیهٔ سریع اوره در فاضلابروها در دمای ۲۰-۲۵C موجب افزایش غلظت آمونیاک می‌شود.

بارحجمی پیشنهادی برای دماهای بیش از ۲۲°C ، ۳۰۰ $gBOD/m^3.day$ است. بار حجمی برکه‌های بیهوازی در صنعا که در حد ۳۴۰ $gBOD/m^3.day$ است، قدری بیشتر از مقدار پیشنهادی برای جلوگیری از تولید بو است (WHO/EMRA,۱۹۸۷). از طرف دیگر بار حجمی سولفات که در حدود ۵۰g $SO_4^{-2}/m^3.day$ می‌باشد از مقدار مجاز ۵۰۰g $SO_4^{-2}/m^3.day$ که به منظور جلوگیری از انتشار بو پیشنهاد شده بسیار کمتر است (مارلوپریسون۱۹۸۷). در سال ۱۹۹۲ سه برکه اختیاری سری با بار سطحی بطور متوسط ۲۵۰kg BOD/ha.day شروع به کار کردند که بر اساس مقدار ذکر شده در مراجع قابل قبول است. با این حال راندمان این برکه‌ها که فقط سی‌وپنج درصد BOD_{filt} را حذف می‌کنند رضایت بخش نیست (جدول ۱). با فرض اختلاط کامل و زمان ماند هیدرولیکی ۱۵ روز و دمای ۲۰°C ($KBOD=۰/۲۳d^{-1}$) ، BOD_{filt} پساب خروجی باید ۱۵ mg/lit باشد (نود درصد BOD_{filt} حذف می‌شود).

هر سه برکه اختیاری کدورت بالا و رنگ صورتی متمایل به قرمز تندی را نشان می‌دهند و عمق دید در آزمایش secchi disk به هیچ‌وجه بیشتر از ۱۰ cm نبود. غلظت سولفید در فاضلاب خام هرگز از ۲mg S^{-2}/lit بیشتر نبود. در حالی‌که غلظت آن در پساب خروجی حوضچه بیهوازی l_2 تقریباً بالا بود بخصوص در ساعات اولیه صبح که جریان فاضلاب کم است (۱۵ـ۵ mg S^{-2}/L). در برکه‌های اختیاری مقدار سولفید به ساعات روز بستگی داشت (شکل ۲).



شکل (۲) مقدار سولفید نسبی (-) و سولفات (...) در ساعات ۶ صبح و ۴ بعد از ظهر در برکه‌های صنعا. حداکثر سولفید روزانه که در پساب خروجی حوضچه بیهوازی l_2 یافت می‌شود. سولفات فاضلاب خام ورودی ۱۰٪ درنظر گرفته شده است.

جدول ۱-کیفیت فاضلاب خانگی و پساب خروجی برکه‌های صنعا
(متوسط ۱۰نمونه) (ارقام داخل پرانتز مقدار انحراف از استاندارد است).

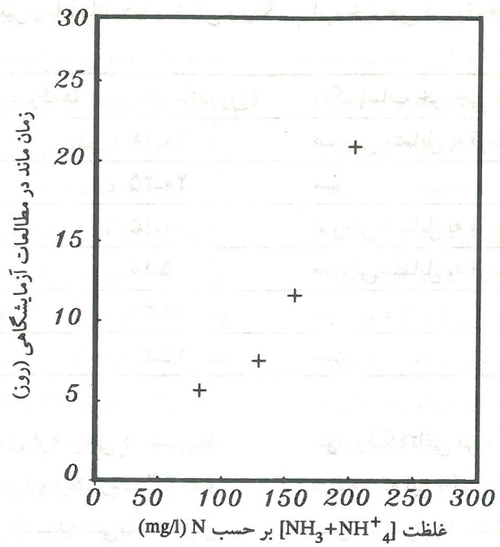
پارامتر	فاضلاب خام	برکه‌های اختیاری		برکه‌های بیهوازی	
(mg/l)		حذف	خروجی	حذف	خروجی
BOD_{ToT}	۸۰۰(–)	۴۵٪	۱۰۰(۱۵)	۸۰٪	۱۸۰(۵۵)
BOD_{filt}	۴۷۰(۹۵)	۳۵٪	۸۰	۷۵٪	۱۲۰(۲۴)
COD_{ToT}	۱۶۰۰(۲۲۹)	۱۰٪	۳۴۰	۷۵٪	۴۱۰(۹۰)
COD_{Filt}	۶۱۰(۱۵۷)	۲۵٪	۲۶۰	۵۵٪	۲۸۰(۷۰)
TSS	۸۴۰(۱۵۵)	–	–	۹۰٪	۸۰(۲۳)
$N\text{-}[NH_3+NH_4^+]$	۱۵۰-۲۰۰	بدون تغییر	۱۵۰	کاهش	۱۵۰
$S\text{-}So_4^{-2}$	۳۰-۴۰	افزایش	۲۰-۳۰	کاهش	۱۰-۲۰
pH	۷/۲-۷/۹	افزایش	۷/۹-۸/۲	کاهش	۶/۸-۷/۲

طبق اظهارات بهره‌برداران از برکه‌های تثبیت فاضلاب، برکه‌های اختیاری در اوایل صبح بیشترین بو را تولید می‌نماید. این مطلب با تغییرات سولفید در روز و با تجربیات به‌دست آمده در هندوستان مبنی بر این که باکتریهای فوتوتروفیک در برکه‌ها در حضور نور خورشید قادر به اکسیده کردن سولفید به سولفات هستند مطابقت دارد (رامان و همکاران، ۱۹۷۰).

نقش ترکیبات سولفور در برکه‌ها بسیار پیچیده است زیرا شامل احیای سولفات و اکسیداسیون سولفید می‌باشد. در برکه‌های بیهوازی مقدار سولفات از ۴۰- ۳۰ میلی‌گرم در لیتر برحسب $S\text{-}SO_4^{-2}$ به ۲۰-۱۰ میلیگرم در لیتر کاهش می‌یابد. در حالی که غلظت کامل سولفید تا حداکثر $15mgS^{-2}/l$ افزایش می‌یابد که به علت احیای سولفاتهاست. عدم توازن جرمی گوگرد در برکه‌های بیهوازی احتمالاً به علت **احیای سولفات می‌باشد** که منجر به تشکیل و تبخیر H_2S می‌شود. در pH بین ۶/۹-۷/۶ بخشی از سولفید که تجزیه نشده است (۳۵٪ تا ۵۰٪ کل سولفید) ایجاد سمّیت و بو می‌نماید.

در pH بین ۷/۲ تا ۷/۹ بخشی از آمونیاک به صورت NH_3 آزاد در می‌آید. در pH ۷/۵ پنج درصد آمونیاک به‌صورت $N\text{-}NH_3$ آزاد در می‌آید که غلظت آن ۱۰ میلی‌گرم در لیتر برحسب $N\text{-}NH_3$ است. مشاهدات نشان می‌دهد که غلظت آمونیاک در برکه‌های اختیاری بین ۲۰۰-۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر برحسب $N\text{-}[NH_3+NH_4^+]$ می‌باشد. میزان سمّیت بالقوه آمونیاک (بخصوص NH_3غیر یونیزه) برای گیاهان آبی (جلبک‌ها) کاملاً مشخص است (کونیک و همکاران ۱۹۸۷، پیرسون و همکاران، ۱۹۸۷a) و تأثیر بازدارندهٔ آمونیاک غیر یونیزه در رشد گونه‌های متعدّدی از جلبکها گزارش شده است (آبلیویک و آز، ۱۹۸۶) (آبلیویک و آز، ۱۹۷۶؛ آزو وگلدمن، ۱۹۸۲). تحقیقات کونیک و همکارانش در سال ۱۹۸۷ نشان داد که گونه‌های مختلف جلبکها در برکه‌های تثبیت فاضلاب نسبت به آمونیاک حساسیتهای متفاوتی را نشان می‌دهند. گونه کلرلا[1] مقاوم بوده و در غلظتهای زیاد آمونیاک، حتی چند برابر مقدار معمول آن در برکه‌های تثبیت فاضلاب، باقی می‌ماند. این جلبک غلظت ۴mM از NH_3 غیر یونیزه (۵۶mgN-NH_3/L) را تحمل می‌آورد زیرا این گونه در غلظت ۱۰mM از $[NH_3+NH_4^+]$ در pH = ۹ رشدمی‌کند حال آنکه غلظت NH_3 در برکه‌ها کمتر از ۲mM است. طبق

1-Chlorella



شکل ۳ : اثر غلظت $N\text{-}[NH_3+NH_4^+]$ بر رشد جلبکها تحت شرایط آزمایشگاهی در ۲۰°C دما و pH حدود ۷/۶ و یا تابش مداوم نور، علامت (+) نشان دهنده تغییر رنگ از صورتی به سبز و افزایش pH می‌باشد.

گزارش ماتوسیاک (۱۹۷۷) کلرلا ولگاریس[1] حتی در غلظت ۶۰۰میلی‌گرم در لیتر برحسب $N\text{-}[NH_3+NH_4^+]$/L در pH از ۸ تا ۹ (معادل NH_3 5-15mM)نیز رشد می‌نماید.

در مقابل، رشد جلبکهای سبز اوگلنا[2] که به‌عنوان جلبکهای غالب در برکه‌های صنعا شناخته شده‌اند، در غلظت ۹۰ میلی‌گرم در لیتر $N\text{-}[NH_3+NH_4^+]$ در pH=۸/۵ پنجاه درصد کاهش می‌یابد (پیرسون و همکاران ۱۹۸۷a). طبق اظهارات کونیک و همکارانش درسال ۱۹۸۷، رشد اوگلنا در غلظت ۱۴۰ میلی‌گرم در لیتر برحسب $N\text{-}[NH_3+NH_4^+]$ در یک محیط بافری با pH=۸/۳ به شدت کاهش یافته و در pH=۹ کاملاً متوقف می‌شود. این توقف در رشد فقط مربوط به تغییرات pH نیست.

در برکه‌های صنعا نیز مانند تجربیات آزمایشگاهی در اثر غلظت زیاد آمونیاک رشد جلبکها به تأخیر افتاد. شکل (۳) نشان می‌دهد که برای رشد جلبکهای سبز در غلظتهای زیاد آمونیاک و فعالیت فتوسنتزی و اکسیداسیون کربن حداقل ۱۵-۱۰ روز وقت لازم است. چون نمونه‌ها بعد از عبور جریان از برکه‌های اختیاری تهیه می‌شوند، از این روز زمان پیشنهادی در برکه‌های اختیاری بین ۲۵-۲۰ روز است. بررسی عملکرد برکه‌های تثبیت فاضلاب در یمن نشان می‌دهد که برای اطمینان از رشد جلبکها در برکه‌های اختیاری زمان ماند ۲۵-۲۰ روز لازم است (جدول ۲). وقتی زمان ماند کم باشد پساب آخرین حوضچه بزرگ صورتی متمایل به قرمز در می‌آید که نشان دهندهٔ کاهش حذف BOD و تولید بو است (جدول۲).

به علت عملکرد ضعیف برکهٔ اولیه، تقریباً تمام بارآلی آن به برکه‌های دوم و سوم انتقال می‌یابد. این امر بدان معنی است که بارآلی هریک‌از برکه‌ها، ۷۰۰kgBOD/ha.day است. این مقدار بار، اضافی تلقی شده و دلیل پایین بودن راندمان برکه‌ها همین است.

در برکه‌های اختیاری رنگ فاضلاب صورتی متمایل به قرمز بوده و آزمایش Secchi disk عمق دید راکمتر از ۱۰

1-Chorella vulgaris
2-Euglena

جدول ۲-رابطهٔ بین زمان ماند هیدرولیکی و رنگ پساب خروجی در برکه‌های اختیاری در یمن

موقعیت برکه‌ها	زمان ماند(روز)	رنگ پساب خروجی در محل
صنعا	۱۲-۱۰	صورتی متمایل به قرمز
دهامر	۲۵-۲۰	سبز
البیدا	۱۵-۱۰	صورتی متمایل به قرمز
عدن	۱۰-۵	صورتی متمایل به قرمز
هدیدا	۳۰-۲۵	سبز
تئیز	۳۰-۲۵	سبز

سانتی‌متر نشان می‌دهد. باکتریهای ارغوانی در شرایط بیهوازی معمولاً به صورت فتوتروفیک رشد کرده و سولفید را به سولفور و سولفات اکسیده می‌نمایند. این باکتریها دارای باکتریوکلروفیلهایی هستند که به رنگ صورتی متمایل به قرمز است. کدورت زیاد، نفوذ نور را کم کرده و فعالیت فتوسنتزی جبلک را کاهش می‌دهد. به این ترتیب تودهٔ جلبکها از بین رفته یا حداقل ناپایدار می‌شوند. این مورد در سال ۱۹۹۱ توسط آلبسترو همکارانش در کنیا و در سال ۱۹۹۲ توسط هوقتون ومارا در فلسطین اشغالی مشاهده شده است. هوقتون ومارا رابطهٔ معکوس بین کلروفیل a و باکتریوکلروفیل a را چنین بیان کرده‌اند:

اگر تعداد باکتریهای ارغوانی زیاد شود، تودهٔ جلبکها کاهش می‌یابد.

طبق گزارش تروپر و پفنینگ در سال ۱۹۸۱، انجام آزمایش اسپکتروفتومتری روی پساب خروجی برکهٔ شمارهٔ ۵ نشان می‌دهد که حداکثر جذب نمونه‌های حاوی باکتریوکلروفیل با حداکثر جذب نمونه‌های حاوی باکتریهای ارغوانی مطابقت دارد. از آنجایی که سولفور آزاد موجود در سلولهای ترسیبی به صورت میکروسکوپی قابل مشاهده نیست، فرض می‌شود این باکتریها جزو باکتریهای بدون سولفور ارغوانی هستند. این باکتریها در آبهای سطحی که حاوی بارآلی زیاد و سولفید نسبتاً کمی هستند یافت شده و کربن مورد نیاز خود را از CO_2 و ترکیبات آلی به‌دست می‌آورند و به عنوان باکتریهای فتوتروفیک تلقی می‌شوند. بررسیهای میکروسکوپی نشان می‌دهد که این باکتریها از نوع رودوسپودوموناس[1] هستند. این موضوع با مشاهدات کنیا و فلسطین اشغالی که باکتریهای گوگرددار ارغوانی (گونهٔ تیوپدیا[2]) را مسئول اکسیداسیون سولفیدها می‌دانند مطابقت ندارد (آلبستر و همکاران ۱۹۹۱). عامل رنگ صورتی فاضلاب در برکه‌های پرتقال بدلیل وجود باکتریهای گونهٔ کروماتیاسیه[3] است (پینهیرو و همکاران، ۱۹۸۷). شدت رنگ صورتی - قرمز با شدت تابش نور خورشید تغییر می‌کند. بدیهی است که باکتریهای فتوتروفیک ارغوانی، فتوسنتزی هستند زیرا این باکتریها در محیطهایی که وضعیت نور خوبی دارند تجمع می‌یابند. هنگام ظهر که شدت تابش آفتاب زیاد است این باکتریها به قسمتهای عمیقتر برکه می‌روند. هنگام صبح و عصر به قسمت فوقانی برکه می‌آیند. از هندوستان نیز در این مورد گزارش رسیده است (رامن و همکاران، ۱۹۷۰) که در مواقع ابری رنگ برکه‌ها به صورتی تیره تغییر می‌یابد.

رنگ صورتی متمایل به قومز بیشتر در بخشهای اولیه برکه‌ها و جلبکهای سبز نیز فقط در بخشهای انتهایی برکه‌ها یافت می‌شوند. وزش باد سبب می‌شود در بخشهای دیگر این برکه‌ها نیز رنگ صورتی مشاهده شود. این امر حاکی از نوسان زیاد DO در برکه‌ها و نهایتاً در

1-Rhodospeudomonas 2-Thiopedia
3-Chromatiaceae

خروجی است. سولفیدها تأثیر سویی روی این سیستم می‌گذارند و می‌توانند آن را از کنترل خارج نمایند. به محض این که تعداد باکتریهای ارغوانی زیاد شود، جلبکها با سمّیت و کدورت روبرو خواهند شد، DO کاهش یافته و با ذخیرهٔ کامل سولفات دوباره سولفید بیشتری توسط باکتریهای احیاکنندهٔ سولفات تشکیل می‌شود. برکه هایی که در وضعیت مناسبی کار نمی‌کنند در کاهش کلیفرمهای مدفوعی نیز راندمان چندانی ندارند. زمانی که مقدار جلبکها کم باشد، pH بالاتر از ۹ نمی‌رود و در نتیجه کلیفرمهای مدفوعی حذف نمی‌شوند (پیرسون و همکاران ۱۹۸۷ b). چون در یمن از پساب برکه‌ها برای کشاورزی استفاده می‌شود، حذف ناچیز کلیفرمها خطراتی را از نظر بهداشتی بدنبال دارد.

نتیجه گیری

تولید پساب عاری از عوامل بیماریزا برای جلوگیری از شیوع بیماریهای واگیردار و استفاده از پساب جهت کشاورزی از اهمیت خاصی برخوردار است و استفاده از فاضلاب در کشاورزی تا حد زیادی در پایداری مدیریت منابع آب نقش دارد. راندمان تعداد زیادی از برکه‌های اختیاری در یمن، ازنظر تولید جلبک، حذف BOD و حذف عوامل بیماریزای مدفوعی رضایت بخش نیست در حالی‌که برکه‌های بیهوازی در حذف COD,BOD,TSS راندمان بالایی دارند. با توجه به دمای بالای فاضلاب، فرآیند تولید متان و احیای سولفاتها به راحتی انجام می‌شود. این برکه‌ها تولید بو می‌کنند که به دلیل آزاد شدن آمونیاک و هیدروژن سولفوره است. فاضلابهای خانگی در یمن از غلظت مواد آلی زیادی برخوردارند. بخصوص غلظت زیاد آمونیاک ۲۰۰-۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر در pH= ۷/۲-۸/۲ احتمالاً سبب تولید NH_3 ۰/۵-۱/۵ mM آزاد می‌شود. سمّیت آمونیاک تا حدودی سبب کاهش رشد اوگلنا در برکه‌های تثبیت فاضلاب در صنعا می‌شود.

در بررسی اکولوژی آن دسته از برکه‌های اختیاری که کدورت بالا و رنگ صورتی متمایل به قرمز دارند، این نتیجه به‌دست می‌آید که باکتریهای بدون سولفور ارغوانی جمعیت غالب این برکه‌ها را تشکیل داده و در زمان ماند هیدرولیکی کمتر از ۲۵-۲۰ روز با جلبکهای سبز اوگلنا رقابت می‌کنند. مقادیر زیاد NH_3 و همینطور غلظت بسیار زیاد سولفید در ورودی برکه‌های اختیاری موجب کاهش رشد جلبکها می‌شود. با توجه به بار آلی زیاد در بخشهای اولیه برکه‌های اختیاری، این برکه‌ها برای رشد باکتری رودسپودوموناس[1] که سولفید رابه سولفات اکسیده می‌کند مناسب هستند. رشد باکتریها در لایهٔ فوقانی آب سبب کاهش نفوذ نور و کاهش فتوسنتز جلبکها می شود. چون فعالیت باکتریهای فتوتروفیک در شب کم است، سولفید تولید شده در برکه‌های بیهوازی در خروجی این برکه‌ها تجمع و به برکه‌های اختیاری انتقال می‌یابد. نتیجهٔ این امر افزایش میزان هیدروژن سولفوره بخصوص در ساعات اولیهٔ صبح است و این موضوع یعنی تولید بو توسط بهره‌برداران تصفیه‌خانه‌ها گزارش شده است.

بررسیهای آزمایشگاهی و همچنین آزمایشات انجام شده برروی چند برکه در یمن نشان می‌دهد که حداقل زمان ماند برای اطمینان از رشد جلبکها در برکه‌های اختیاری ۲۵-۲۰ روز است. اقدامات لازم برای بهبود وضعیت تصفیه شامل توسعهٔ برکه‌های اختیاری، جلوگیری از ایجاد جریان اتصال کوتاه در برکه‌ها و هوادهی اضافی است. این هوادهی موجب می‌شود سنتز کلروفیلهای باکتریایی محدود شده و در نتیجه از قدرت رشد باکتریهای ارغوانی کاسته می‌شود.

★ Purple Non-sulfur Bacteria and Their Influence on Waste Stabilisation Pond Performance in the Yemen Republic S. Veenstra, F. A. Al-Nozaily and G.J.Alaerts

1-Rhodospeudomonas