

حذف نیترات به کمک بیوفیلیم میکرو جلبک در حوضچه زیستی جهت تصفیه پیشرفته فاضلاب

رویا مافی غلامی^۱

علیرضا مفرج کوچکی^۲

صادق قاسمی^{۳*}

Sadeghghasemi23@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۱۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۱۵

چکیده

زمینه و هدف: افزایش جمعیت سبب مصرف روز افزون منابع مختلف و منجر به تولید ضایعات و پساب بیش‌تری توسط بشر گردیده است به‌طوری که انواع پساب ها و چگونگی دفع آن ها از چالش های بشر در عصر جدید می باشد. در این تحقیق اثرات پالایندگی بیوفیلیم ریزجلبک‌ها در حذف نیترات از پساب شهری مورد بررسی قرار گرفت.

روش بررسی: بدین منظور تعداد ۴ تیمار با ۳ تکرار تحت دو رژیم حرارتی (۲۵ و ۳۰ درجه سانتی گراد) و نوری (۱۲ و ۲۴ ساعته) قرار داشتند و در طی ۳ روز متوالی و در هر روز ۲ بار نمونه برداری در هر ۱۲ ساعت انجام شد.

یافته ها و بحث: نتایج تحقیق در پایان روز سوم آزمایش (پس از گذشت ۷۲ ساعت) نشان داد که بیوفیلیم میکرو جلبک توانایی حذف زیستی نیترات به میزان ۷۹/۷۶ درصد از پساب را دارد که تحت شرایط دمایی ۳۰ درجه سانتی گراد و تابش نوری ۱۲ ساعته در هر روز، به دست آمد که از این میزان درصد حذف به دست آمده، ۴۱/۸۲ درصد حذف مربوط به فعالیت باکتری های موجود در پساب و ۳۷/۹۴ درصد حذف مربوط به فعالیت میکرو جلبک ها می باشد.

نتیجه گیری: این نتایج، توانایی بیوفیلیم میکرو جلبک ها را در کاهش نیترات پساب و کاربرد آن به عنوان مکمل فرآیند تصفیه ثانویه و پیشرفته پساب شهری نشان می دهد.

واژه‌های کلیدی: ریزجلبک، بیوفیلیم، نیترات، پساب شهری، حذف زیستی.

^۱ گروه محیط زیست، واحد تهران غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

^۲ گروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

^۳ باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران* (مسئول مکاتبات)

Removal of nitrate by Micro - algae biofilm in biological basin to advanced wastewater treatment

Roya Mafi Gholami¹

Alireza mofarej kochaki²

Sadegh Ghasemi^{3*}

Sadeghghasemi23@gmail.com

Accepted Date: May 3, 2025

Date Received: March 8, 2025

Abstract

Introduction and objective: Population growth is leading to increasing consumption of different resources and wastes producing as well as various types of wastewater generation; so different types of waste and their management have become the human challenges in the new era. In this study, the effects of microalgae biofilm refining for nitrate removal in urban wastewater was examined.

Material and method: For this purpose, 4 treatment pilots with 3 repetitions under two regimes of thermal conditions (25 and 30 °C) and lighting hours (12 and 24 hour) were implemented and during the 3 consecutive days and in each day 2 times per 12 hours sampling was carried out .

Results and Discussion: the results at the end of the third day of the experiment (after 72 h) showed that the Micro - algae biofilm was able to remove nitrate up to 79.76 % of wastewater under the conditions of 30°C temperature and the light radiation of 12 hours per day, respectively. This result was obtained from 41.82 percent related to the removal of bacteria in wastewater and 37.94 percent of the removal related to activity Micro – algae.

Conclusions: These achievements show the ability of Micro - algae biofilm in reduction of nitrates from wastewater and its application as a complementary in secondary and advanced urban wastewater treatment process.

Keywords: Micro – Algae, Biofilm, Nitrate, Urban Wastewater, Biological Removed.

¹ Department of Environment Engineering, West Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

² Department of Environment (Environment Engineering), Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

³ Young Researchers and Elite Club, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

* (Corresponding Author)

مقدمه

آلودگی آب های زیرزمینی به نیترات یکی از مهم ترین مشکلات زیست محیطی در برخی نواحی دنیا است (۱). استاندارد ایران حداکثر مجاز نیترات در آب آشامیدنی را ۱۰ میلی گرم در لیتر بر حسب نیتروژن تعیین نموده است (۲). راهنمای سازمان بهداشت جهانی، میزان نیترات در آب آشامیدنی را ۱۱ میلی گرم در لیتر بر حسب نیتروژن تعیین نموده است (۳). اگر مقدار یون نیترات موجود در آب آشامیدنی بیش تر از حد مجاز باشد، می تواند سبب بیماری هایی مانند افزایش فشار خون و سرطان معده شود (۴). مطالعاتی که اخیراً بر روی اثرات نیترات بر سلامتی انسان و حیوان انجام شده است، اثر نیترات بر فعالیت غده تیروئید حیوانات و نیز ایجاد مت هموگلوبینمی یا سندرم بچه آبی را نشان می دهد (۵-۸). استفاده از روش های فیزیکی و شیمیایی دارای مشکلات متعددی در حذف نیترات از آب می باشد (۹). تصفیه بیولوژیکی فاضلاب با استفاده از ریز جلبک ها از نظر محیط زیستی دیدگاهی بی خطر در راستای حذف نیتروژن و فسفر محسوب شده و نسبت به سایر روش های موجود کم هزینه تر است.

کشت ریز جلبک در فاضلاب مرحله ای با اهمیت در تصفیه فاضلاب محسوب می شود که افزون بر تصفیه فاضلاب، تولید هم زمان زیست توده نیز انجام می شود که می تواند برای مصارف متعدد به کار رفته و ارزش زیادی دارد. تصفیه زیستی یک انتخاب است که امکان از بین بردن یا انتقال آلاینده های بی ضرر متعدد را با استفاده از فرایندهای بیولوژیکی پیشنهاد می دهد.

نکته قابل توجه در تصفیه پساب ها با استفاده از ریزجلبک ها، هم زیستی و همکاری آن ها با باکتری ها در فرآیند تصفیه است (۱۰). در این هم زیستی اکسیژن تولید شده توسط جلبک طی فرآیند فتوسنتز، توسط باکتری در فرآیند اکسیداسیون مواد آلی موجود در محیط استفاده شده و دی اکسید کربن تولید شده در اثر تنفس باکتریایی، طی فرآیند فتوسنتز، مورد استفاده جلبک ها قرار می گیرد (۱۱). استفاده از بیوفیلیم ها برای حذف آلودگی ها به عنوان یک پدیده مهم، شناخته شده است. در یک بیوفیلیم ممکن است جذب مواد آلی و تغذیه کم تر از زمانی باشد که باکتری ها آزاد هستند ولی پایداری ژنتیکی در آن ها بیش تر است و پلاسمیدها در بیوفیلیم پایداری بیشتری باشند (۱۲). به علاوه الیاف پلی ساکارییدی در ماتریکس پلیمری که عموماً بار منفی دارند، مولکول های معدنی و آلی و ذرات غوطه ور در سوسپانسیون مجاور بیوفیلیم را به دام می اندازند و از آن جایی که میکروفلور درون بیوفیلیم بسیار متغیر است، موادی که به دام

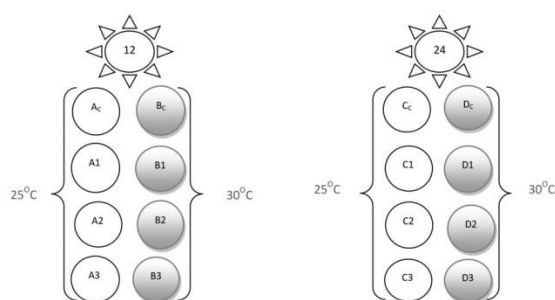
می افتند می توانند به وسیله میکروب ها متابولیزه شوند و به این ترتیب به تصفیه محیط های آبی کمک می کنند (۱۲). در تحقیقی وثوقی و توکلی، با مطالعه یک بیورآکتور با بستر متراکم به منظور حذف نیترات در پساب های صنعتی دریافتند حذف نیتروژن به عنوان یکی از معمول ترین آلاینده های آب های سطحی و زیرزمینی حایز اهمیت است (۱۳)، هم چنین مستأجران و همکاران در بررسی کاهش آلودگی پساب صنعتی توسط جلبک سبز (اسپیروئیر) و جلبک های سبز- آبی (اسیلاتوریا و آنابنا) دریافتند که نوع فاضلاب، جلبک، زمان ماند و اثر متقابل آن ها بر کاهش BOD_5 و COD در سطح یک درصد معنی دار می باشد (۱۴). فولادیان و همکاران در بررسی میزان جذب نیترات و فسفات از پساب تصفیه شده بیمارستانی را به وسیله گیاهان آبی آزولا و لمنا بیان داشتند که میزان فسفات در خروجی راکتورها به طور معنی داری کم تر از میزان ورودی به دست آمد و هم چنین میزان جذب نیترات به وسیله گیاهان مذکور ناچیز حاصل شد (۱۵). با توجه به این که کشور ایران از جمله مناطق مستعد کشت و پرورش ریزجلبک هاست، هدف از انجام این تحقیق، بررسی حذف نیترات به کمک بیوفیلیم میکرو جلبک در حوضچه زیستی جهت تصفیه پیشرفته فاضلاب شهری در طی دوره یک ماهه پرورش آن می باشد.

مواد و روش ها

۱- جمع آوری میکرو جلبک

میکرو جلبک ها از یکی از مزارع در مجتمع پرورش ماهیان گرمابی آزادگان در جنوب شهر اهواز با مختصات ۴۸ درجه و ۳۹ دقیقه طول شرقی و ۳۹ درجه و ۱ دقیقه عرض شمالی جمع آوری گردید. نمونه ها توسط تور پلانکتون گیری با چشمه ۳۰ میکرون از محیط استخر جمع آوری و در ۴ ظرف ۰/۵ لیتری ریخته شده و به همراه ۱۰ لیتر آب استخر پرورش ماهی به مکان آزمایش به صورت زنده منتقل گردید. در ابتدا شمارش میکرو جلبک ها در آزمایشگاه انجام شد که به علت نرسیدن به حد نصاب $10^6 \times 1/5$ "سلول در لیتر"، ادامه کار ایجاد شرایط مناسب برای رسیدن به حد نصاب تعداد میکرو جلبک ها بود (۱۶). به همین منظور در دو ظرف ۶ لیتری، یک لیتر آب حاوی میکرو جلبک های جمع آوری شده و یک لیتر آب استخر پرورش ماهی ریخته شد و در هر ظرف یک هواده و هیتز نصب گردید و هر کدام تحت دمای ۲۵ درجه سانتی گراد و تابش نور ۲۴ ساعته قرار گرفتند. بعد از ۴۸ ساعت نگهداری در شرایط فوق و رشد میکرو جلبک ها در آب، تعداد آن ها به $10^6 \times 1/5$ سلول در لیتر رسید.

آویزان گردیدند. آزمایش در دو اطلاق کشت مجزا انجام و برای تامین اکسیژن جهت مهیا نمودن شرایط رشد میکروجلبک ها و همزیستی آن‌ها با باکتری ها، از ۲ پمپ هوای اکواریومی استفاده شد که در این تحقیق مقدار DO (اکسیژن محلول) با میانگین ثابت و بین ۵/۴ تا ۵/۷ میلی گرم در لیتر به هر یک از ظرف های نمونه وارد گردید. برای هر تیمار و تکرارهای آن از ظرف های ۶ لیتری مشابه استفاده گردید که قبل از مصرف با مواد ضد عفونی به خوبی شسته و چند مرتبه با آب شهری تمیز و در فضای کار خشک شدند.



شکل (۱) - ترکیب چینش تیمارها
Figure. 1- The arrangement of treatments

مطابق چینش و شرایط تیمارهای ذکر شده در شکل (۱)، مقدار ۳ لیتر از پساب مورد استفاده در هر یک از ۴ ظرف تیمارهای شاهد (بدون حضور میکروجلبک ها) ریخته شد و در ۱۲ ظرف دیگر، مقدار ۱ لیتر از میکروجلبک ها با غلظت مشخص و شمارش شده به ۳ لیتر پساب اضافه گردید، پس از گذشت ۷۲ ساعت وقفه که به منظور ایجاد شرایط سازگاری میکروجلبک ها با پساب و نیز به حد نصاب رسیدن مجدد تعداد میکروجلبک ها به ازای هر لیتر در نظر گرفته شد، در طی ۳ روز متوالی و به صورت ۲ بار در طول هر شبانه روز (به فاصله هر ۱۲ ساعت) پس از ثبت pH توسط یک دستگاه pH متر پرتابل، از هر ظرف به میزان ۲۰۰ میلی لیتر برداشت شد و پس از فیکس کردن نمونه های برداشت شده توسط ۰/۲ سی سی H_2SO_4 (اسید سولفوریک)، نمونه ها جهت سنجش نیترات به روش اسپکتروفتومتری، به آزمایشگاه منتقل گردید.

نتایج

۱- نتایج اندازه گیری غلظت نیترات در تیمارهای مختلف (A,B,C,D)
نتایج اندازه گیری غلظت نیترات در ۴ تیمار مختلف در جدول (۲) و شکل (۲) نشان داده شده است. با توجه به نتایج به دست آمده، باگذشت هر چه بیش تر زمان، راندمان حذف نیترات افزایش می یابد که علت این موضوع، جذب نیترات توسط

۲- پساب مورد استفاده

پساب خام مورد نیاز این آزمایش از کانال مشترک خروجی ۳ حوض ته نشینی اولیه قبل از اضافه شدن بار میکروبی (لجن برگشتی به حوض هوادهی) تصفیه خانه فاضلاب چنیبه اهواز که در مختصات جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱۶ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۳۷ دقیقه طول شرقی قرار دارد، توسط بشکه ای ۲۰ لیتری جمع آوری و به مکان آزمایش منتقل گردید. جدول (۱) میزان پارامترهای اولیه نمونه پساب را قبل از انجام آزمایشات نشان می دهد.

جدول (۱) - مقدار پارامترهای اولیه نمونه پساب تهیه شده قبل از انجام آزمایش

Table 1- The basic parameters of water samples taken before the test

واحد	مقدار اندازه گیری شده	پارامتر
Mg/l	۲۵/۷	NO_3^-
-	۸/۱	pH
Mg/l	۲۱۲	BOD_5
Mg/l	۳۷۰	COD

۳- نحوه تیماربندی و انجام آزمایشات

در این تحقیق میکروجلبک ها در ۴ تیمار متفاوت و هر کدام با ۳ تکرار، جهت کاهش خطای آزمایشات به پساب مورد آزمایش، اضافه و مورد بررسی قرار گرفتند که ترکیب چیدمان تیمارها در شکل (۱) نشان داده شده است. تیمار A با متغیرهای دمای ۲۵ درجه سانتی گراد و ۱۲ ساعت تابش نور در یک روز، تیمار B با متغیرهای دمای ۳۰ درجه سانتی گراد و ۱۲ ساعت تابش نور در یک روز، تیمار C با متغیرهای دمای ۲۵ درجه سانتی گراد و ۲۴ ساعت تابش نور در یک روز و تیمار D با متغیرهای دمای ۳۰ درجه سانتی گراد و ۲۴ ساعت تابش نور در یک روز می باشند. همچنین در هر یک از ۴ شرایط تیمارهای فوق، یک نمونه ی شاهد (D_C, C_C, B_C, A_C) از پساب مورد استفاده بدون حضور میکروجلبک ها با شرایط مشابه دمایی و نوری، جهت ارزیابی روند و سهم حذف نیترات توسط باکتری های موجود در پساب، در نظر گرفته شد.

برای تامین روشنایی از ۲ لامپ مهتابی فلورسنت سفید ۴۰ واتی به میزان ۵۰۰-۲۵۰۰ لوکس و نیز برای تامین دماهای مورد نظر از هیترهای آبی W50 با قابلیت تنظیم از ۲۰ تا ۳۵ درجه استفاده شد. لامپ ها در فاصله ۵۰ سانتی متری از تیمارها که سطح روشنایی کاملاً یکنواختی را برای تیمارها ایجاد کند،

ساعت) با ۷۹/۷۶ درصد حذف می‌باشد که تحت شرایط دمای ۳۰ درجه سانتی گراد و تابش روزانه نور ۱۲ ساعته به‌دست می‌آید. در کشت ریز جلبک‌ها کنترل پارامترهای رشد از اهمیت ویژه ای برخوردار است. یکی از پارامترهای رشد، میزان نور است. در کشت ریز جلبک‌ها شدت نور پایین و بالا موجب کاهش میزان رشد می‌شود هرچند که شدت نور بالا تا حد معینی باعث القا تولید برخی ترکیبات با ارزش می‌گردد (۱۷). نتایج به‌دست آمده با نتایج تحقیق عزیز و همکاران مطابقت دارد (۱۸).

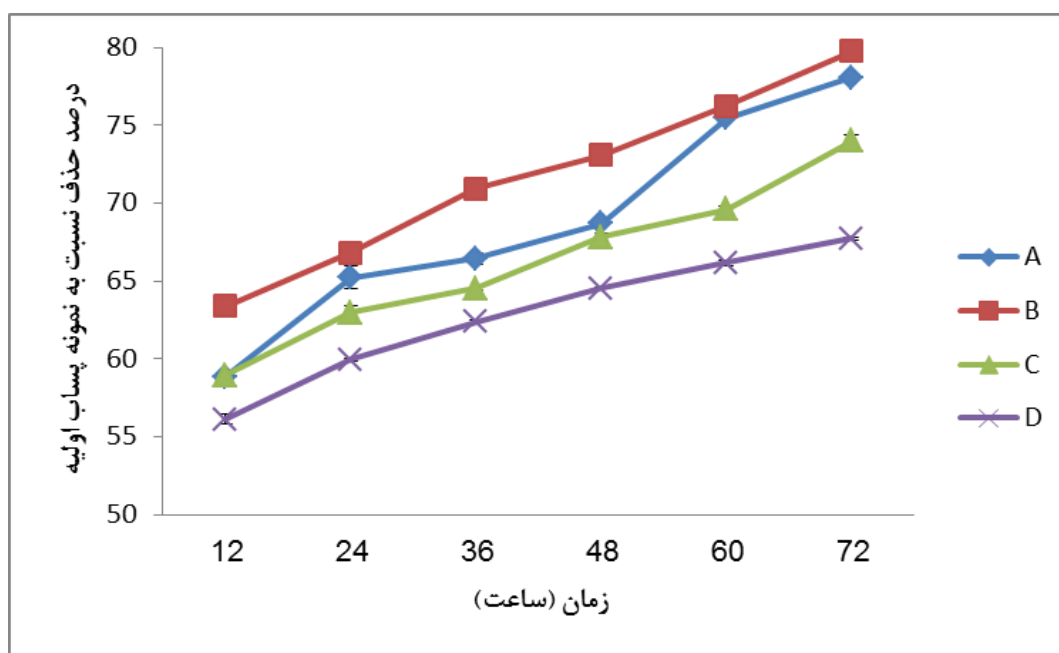
میکروجلبک‌ها و رشد و افزایش سریع آن‌ها با گذشت زمان می‌باشد. حذف مواد مغذی توسط سلول‌های ریزجلبکی مطابق با تراکم سلولی و فعالیت متابولیکی شان می‌باشد. جذب نیتروژن توسط ریزجلبک‌ها در طی فعالیت‌های متابولیکی از فرآیندهای اصلی است. در واقع نیتروژن دومین ماده مغذی بسیار مهم برای ریزجلبک‌ها پس از کربن می‌باشد که می‌تواند بیش از ۱۰ درصد بیوماس را شامل شود. طبق نتایج به‌دست آمده بهترین درصد حذف نیتروژن در تمام ساعات آزمایش و در تمام تیمارها مربوط به تیمار B در پایان روز سوم (گذشت ۷۲

جدول (۲) - میانگین غلظت نیترات در تیمارهای مختلف دمایی و نوری

Table 2- Average nitrate concentrations at different temperatures and light treatments

تیمارها	ساعت ۱۲		ساعت ۲۴		ساعت ۳۶		ساعت ۴۸		ساعت ۶۰		ساعت ۷۲	
	مقدار اندازه گیری شده (Mg/l)	میانگین درصد حذف نسبت به نمونه پساب اولیه	مقدار اندازه گیری شده (Mg/l)	میانگین درصد حذف نسبت به نمونه پساب اولیه	مقدار اندازه گیری شده (Mg/l)	میانگین درصد حذف نسبت به نمونه پساب اولیه	مقدار اندازه گیری شده (Mg/l)	میانگین درصد حذف نسبت به نمونه پساب اولیه	مقدار اندازه گیری شده (Mg/l)	میانگین درصد حذف نسبت به نمونه پساب اولیه	مقدار اندازه گیری شده (Mg/l)	میانگین درصد حذف نسبت به نمونه پساب اولیه
A	۱۰/۵۷±۰/۱۵a	% ۵۸/۸۷	۸/۹۳±۰/۷۲b	% ۶۵/۳۵	۸/۶۲±۰/۳۳b	% ۶۶/۴۵	۸/۰۴±۰/۰۶c	% ۶۹/۵۲	۶/۳۰±۰/۱۷d	% ۷۵/۴۸	۵/۶۴±۰/۲۱e	% ۷۸/۰۵
B	۹/۴۱±۰/۳۴a	% ۶۳/۳۸	۸/۵۲±۰/۲۶b	% ۶۶/۸۴	۷/۴۷±۰/۲۳c	% ۷۰/۹۳	۶/۹۲±۰/۲۴d	% ۷۳/۰۷	۶/۱۰±۰/۱۲e	% ۷۶/۲۶	۵/۲۰±۰/۱۷f	% ۷۹/۷۶
C	۱۰/۵۴±۰/۳۴a	% ۵۸/۹۸	۹/۵۱±۰/۳۹b	% ۶۲/۹۹	۹/۱۱±۰/۱۰b	% ۶۴/۵۵	۸/۲۶±۰/۲۰c	% ۶۷/۸۵	۷/۸۱±۰/۲۴d	% ۶۹/۶۱	۶/۶۸±۰/۳۸e	% ۷۴
D	۱۱/۲۷±۰/۳۰a	% ۵۶/۱۴	۱۰/۲۹±۰/۱۳b	% ۵۹/۹۶	۹/۶۶±۰/۱۰c	% ۶۲/۴۱	۹/۱۱±۰/۰۳d	% ۶۴/۵۵	۸/۶۹±۰/۲۰e	% ۶۶/۱۵	۸/۲۹±۰/۱۱e	% ۶۷/۷۴

حروف غیر مشابه نشان از اختلاف معنی دار است (p < ۰/۰۵).



شکل ۲- میانگین درصد حذف نیترات در تیمارهای A, B, C, D.

Figure. 2- The average percentage of nitrate removal in treatments A, B, C, D.

نتیجه گیری

بسیاری از گونه های جلبکی، به آلودگی های موجود در پساب ها مقاوم اند و سریعاً در محیط غنی از نیتروژن و فسفر مستقر می شوند و با استفاده از این مواد جهت رشد می توانند موجب حذف نیتروژن و فسفر پساب گردند و این مورد بیانگر کارایی سیستم پرورش میکروجلبک ها، در جایگزینی فرآیند تصفیه ثانویه پساب به منظور حذف مواد مغذی از آن ها محسوب می گردد. (۲۰). در این تحقیق فرآیند حذف نیترات از پساب به وسیله بیوفیلم میکروجلبک ها بررسی شد. طبق نتایج به دست آمده از آزمایش، در تمامی تیمارها غلظت نیترات در ۱۲ ساعت اول اندازه گیری بیشترین مقدار غلظت را داشته و در ساعت پایانی به مراتب این غلظت به کمترین مقدار موجود رسیده است. در این تحقیق بیشترین درصد حذف نیترات مربوط به تیمار B با ۷۹/۷۶ درصد حذف بود که تحت شرایط دمایی ۳۰ درجه سانتی گراد، تابش نوری ۱۲ ساعته و در ساعات پایانی روز سوم آزمایش (۷۲ ساعت) به دست آمد. همچنین مشخص گردید که از این میزان درصد حذف به دست آمده، ۴۱/۸۲ درصد حذف مربوط به فعالیت باکتری های موجود در پساب و ۳۷/۹۴ درصد حذف مربوط به فعالیت فیتوپلانکتون ها می باشد. این نتایج، توانایی بیوفیلم میکروجلبک را در کاهش نیترات پساب و کاربرد آن به عنوان یک تصفیه پیشرفته پساب شهری نشان می دهد.

از سویی طبق نتایج میانگین غلظت نیترات در تیمارهای A و C در ساعات ۲۴ و ۳۶ فاقد اختلاف معنی دار بود ($p > 0.05$). میزان نیترات در سایر ساعات اختلاف معنی دار داشت ($p < 0.05$). همچنین میانگین غلظت نیترات در تیمارهای B و D در اغلب ساعات دارای اختلاف معنی دار بود ($p < 0.05$).

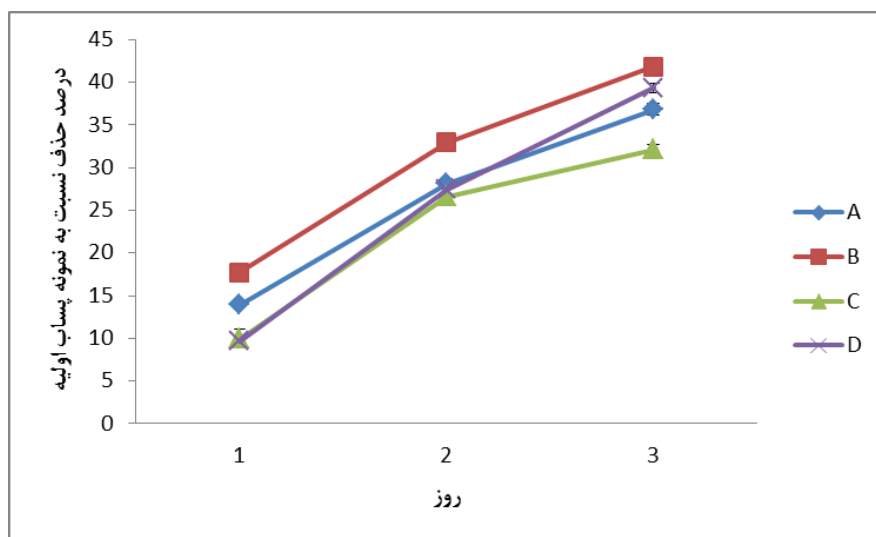
۲- نتایج اندازه گیری غلظت نیترات در تیمارهای شاهد (A_C, B_C, C_C, D_C)

میزان درصد حذف زیستی نمونه های مختلف نیترات در تیمارهای شاهد (A_C, B_C, C_C, D_C) نسبت به مقدار نمونه پساب اولیه در جدول (۳) و شکل (۳) نشان داده شده است. کاهش میزان نیترات در نمونه های شاهد (بدون حضور میکروجلبک ها) نشان دهنده حذف بیولوژیکی نیترات، ناشی از فعالیت باکتری های موجود در پساب می باشد. فعالیت این باکتری ها شامل سوخت و ساز سلولی و مصرف اکسیژن موجود در پساب و تجزیه مواد آلی موجود می باشد. طبق نتایج به دست آمده بهترین درصد حذف بیولوژیکی توسط باکتری ها در تمام ساعات و در تمام تیمارها، مربوط به تیمار B تحت شرایط دمایی ۳۰ درجه سانتی گراد و تابش نور ۱۲ ساعته در هر روز می باشد. نتایج به دست آمده با نتایج تحقیق کوپینگ و همکاران مطابقت دارد (۱۹).

جدول (۳) - نتایج اندازه گیری نمونه های شاهد در تیمارهای مختلف

Table 3- Results of measurement witness samples at different treatments

روز	شاهد A _C	شاهد B _C	شاهد C _C	شاهد D _C
روز سوم	مقدار اندازه گیری شده (Mg/l) 25°C:12h ۲۲/۱۲±۰/۱۰	مقدار اندازه گیری شده (Mg/l) 30°C:12h ۲۱/۱۴±۱/۰۲	مقدار اندازه گیری شده (Mg/l) 25°C:24h ۲۳/۱۴±۱/۱۴	مقدار اندازه گیری شده (Mg/l) 30°C:24h ۲۳/۲۲±۰/۵۸
روز دوم	۱۸/۴۸±۰/۵۹	۱۷/۳۴±۰/۶۸	۱۹/۸۷±۰/۳۵	۱۸/۶۵±۰/۶۷
روز اول	۱۶/۳۴±۰/۶۶	۱۴/۹۵±۰/۰۶	۱۷/۱۹±۰/۶۴	۱۵/۵۸±۰/۵۵
درصد حذف نسبت به نمونه پساب اولیه	۳۶/۸۰	۴۱/۸۲	۳۳/۱۱	۳۹/۳۷
درصد حذف نسبت به نمونه پساب اولیه	۱۳/۹۲	۱۷/۷۴	۹/۹۶	۹/۶۴



شکل (۳) - میانگین درصد حذف نیترات در نمونه های شاهد تیمارهای A, B, C, D

Figure. 3-Average percentage of nitrate removal in witness samples treatments A, B, C, D

منابع

- 12- Mesdaghinia. Alireza, 1999, Accelerating phosphorus removal from wastewater with changes in bioreactor, Second National Conference on Environmental Health. Ministry of Health, Treatment and Medical Education, Tehran University of Medical Sciences and Health Services.
- 13- Vosoughi. Manouchehr and Tavakoli. Majid, 2005, Studies of a packed bed bioreactor for nitrate removal in industrial wastewater, Journal of Environmental Sciences, Volume 3. Issue 9.
- 14- Mostajaran. Akbar and Yahyaabadi. Sima, 2006, Reducing industrial wastewater pollution by green algae (spirogyra) and blue-green algae (Oscillatoria and Anabaena), Quarterly Scientific Research Journal of Water and Wastewater, Volume 17. Issue 1.
- 15- 16- Foladian. Abbas and Alizadeh. Behrouz, 2011, Study of the growth rate and absorption of nitrate and phosphate from treated hospital wastewater by aquatic plants Azolla and Lemna, 14th National Conference on Environmental Health, Yazd, Iran. Sukacova, K., Trtílek, M., Rataj, T., 2015. Phosphorus removal using a microalgal biofilm in a new biofilm photobioreactor for tertiary wastewater treatment. water research Journal, 71: 55–63.
- 16- Riahi. Hossein, 2002, Algology, Alzahra University Publications.
- 17- Aziz, M.A., Ng, W.J. 2009. Feasibility of wastewater treatment using the activated algae process. Bioresource Technology, 40(3): 205-208.
- 18- Koenig, L.M., Demacedo, J.S. 2004. Urban secondary sewage: an alternative medium for the culture of *Tetraselmis chuii* (Prasinophyceae) and *Dunaliella viridis* (Chlorophyceae). Brazilian Archives of Biology and Technology, 47(3): 451-459.
- 19- Kian Mehr. Hormozdiar, 1992, Fundamentals of Algology, Jihad Daneshgahi Publishing House, Mashhad.
- 1- Della Rocca, C., Belgiorno, V., Meric, S., 2007. Overview of in-situ applicable nitrate removal processes. Desalination, 204(1-3): 46-62.
- 2- Iran Environmental protection Agency. Environmental Standards and Criteria.
- 3- World Health Organization. Guidelines for drinking water quality. WHO Pub .2004 .1(3):417-420.
- 4- Till, B A., Weathers, L.J., Alvarez, P.J., 1998. Fe(0)-supported autotrophic denitrification. Environmental Science & technology, 32(5): 634-639.
- 5- Weyer, P.J., Cerhan, J.R., Kross, B.C., Hallberg, G.R., Kantamneni, J., Breuer, G., 2001. Municipal drinking water nitrate level and cancer risk in older women: the Iowa women health study. Epidemiology, 12(3):327-338.
- 6- Ward, M.H., Dekok, T.M., Levallois, P., Brender, J., 2005. Drinking water Nitrate and health – recent findings and research needs. Environ Health Perspect, 113:1607-1614.
- 7- Coss, A., Cantor, K.P., Reif, J.S., Lynch, C.F., 2004. pancreatic cancer and drinking water and dietary sources of nitrate and nitrite. Am J Epidemiol, 159:693-701.
- 8- Oztürk, N., Bektaş, T.E. 2004. Nitrate removal from aqueous solution by adsorption on to various materials. J Hazard Mater, 112:155-162.
- 9- Yang, G., Lee, H.L. 2005. Chemical reduction of nitrate by nanosized iron: kinetics and pathways. Water research, 39(5): 884-894.
- 10- Faramarzi. Mohammad Ali, Foroutan Far. Hamid and Shakibaei. Mojtaba, 2010, Microalgae Biotechnology, Tehran Medical Sciences Publications.
- 11- Munoz, P., Guieysse, B., 2006. Algal-bacterial processes for the treatment of hazardous contaminants: a review. Water Research, 40: 2799-2815.