

نمو الجراثيم المرجعة للكبريتات في أوساط تحتوي الفوسفوجيبسوم

الدكتورة أميمة ناصر*

الدكتور تميم عليا**

(تاريخ الإيداع 12 / 12 / 2011. قبل للنشر في 17 / 5 / 2012)

□ ملخص □

إمكانية استعمال مزيج لجماعات الجراثيم المرجعة للكبريتات (Desulfotomaculum، Desulfotomonas، Desulfovibro) معزولة من تربة ملوثة بمشتقات النفط، ومن المياه العادمة الناتجة عن تكرير النفط، واستعملت للتحويل الحيوي للفوسفوجيبسوم، وتخفيض الاحتياج الكيميائي للأكسجين COD في المياه العادمة الناتجة عن تكرير النفط. والجماعة الأكثر نشاطاً من الجراثيم المرجعة للكبريتات هي تلك التي عزلت من المياه العادمة الناتجة عن تكرير النفط في وسط البوستجات مع الفوسفوجيبسوم كمصدر للكبريتات، وحسب التحول الحيوي للفوسفوجيبسوم على أساس كبريت الهيدروجين المنطلق في الوسط. كما وجد أن الجراثيم المعزولة فعالة جداً في إرجاع الكبريتات من الفوسفوجيبسوم بنسبة (2.23 غ/ل)، وتخفيض (90.07%) من الاحتياج الكيميائي للأكسجين في المياه العادمة الناتجة عن تكرير النفط.

الكلمات المفتاحية: التحول الحيوي للفوسفوجيبسوم . الجراثيم المرجعة للكبريتات - المياه العادمة الناتجة عن تكرير النفط.

*مدرسة - قسم الوقاية البيئية - المعهد العالي لبحوث البيئة - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية
** أستاذ مساعد - قسم الكيمياء البيئية - المعهد العالي لبحوث البيئة - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية

Growth of Sulphate-Reducing Bacteria in Media Containing Phosphogypsum

Dr. Omiema Nasser*
Dr. Tamim Alia**

(Received 12 / 12 / 2011. Accepted 17 / 5 /2012)

□ ABSTRACT □

The possibility of using a mixed community of sulphate-reducing bacteria (SRB) *Desulfotomaculum* , *Desulfovibro* (*Desulfotomonas* bacteria were isolated from soil contaminated with crude oil derivatives and petroleum-refining wastewaters and used to biotransformation of Phosphogypsum and reduction of carbon industrial petroleum-refining wastewaters. The most active community of Sulphate-reducing bacteria was isolated from soil contaminated with industrial petroleum-refining wastewaters in culture Postgate with Phosphogypsum as source of sulphates. The biotransformation of Phosphogypsum, calculated on the basis of amount of hydrogen sulphide in cultures. This isolated bacterium was found to be very effective in reduction of (2.23 g/l) sulfate from Phosphogypsum, with (90.07 %) reduction of Chemical Oxygen Demand in industrial petroleum-refining wastewaters.

Key words: biotransformation of phosphogypsum, sulphate-reducing bacteria SRB, Petroleum-refining, wastewaters.

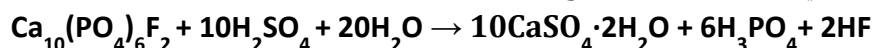
* Assistant Professor, Department of Environmental Protection, Higher Institute for Environmental Research, Tishreen University, Lattakia, Syria.

** Associate professor, Department of Environmental Chemistry, Higher Institute for Environmental Research, Tishreen University, Lattakia, Syria

مقدمة

تنتشر الصخور الفوسفاتية في مناطق مختلفة من العالم، وتأتي سورية في المرتبة الرابعة بين الدول العربية المنتجة للفوسفات بعد المغرب وتونس والأردن، ويعد الصخر الفوسفاتي في سورية أحد الخامات الهامة وهو من مجموعة الأباتيت، ويتواجد في مناطق عديدة في سورية هي: غدير الحمل قرب تدمر - وادي الرحيم قرب دير الزور - الحفة التابعة لمحافظة اللاذقية - والحباري [1].

ويعد الفوسفوجيبسوم من أهم المنتجات الثانوية الناتجة عن صناعة السماد الفوسفاتي في سورية، حيث يتشكل من معاملة الصخر الفوسفاتي بحمض الكبريت، وينتج حمض الفوسفور وفق المعادلة الآتية [2]:



apatite (phosphate) rock

phosphogypsum

والفوسفوجيبسوم عبارة عن مادة صلبة بوردرة (تشبه الطحين)، رطبة رمادية اللون، وتصنف كمواد سلتية أو سلتية رملية، ويبلغ إنتاجه السنوي في سورية أكثر من (720) ألف طن، ويخزن في أكوام بالقرب من معمل السماد الفوسفاتي إلى الجنوب الغربي من مدينة حمص. ومن المتوقع زيادة كمية هذه النفايات بمعدل 2 مليون طن سنوياً على مستوى العالم هذا ويعد الفوسفوجيبسوم منذ مدة طويلة مشكلة هامة في البلدان المنتجة لحمض الفوسفور ومنها سورية، وتعد هذه المشكلة تحدي عظيم لعلماء البيئة والمهتمون بالنفايات الناتجة من الصناعات المختلفة [3].

وتكمن خطورة الفوسفوجيبسوم على البيئة المحيطة كتلوث المياه والتربة في المناطق المجاورة بسبب خصائصه الحمضية التي تعود لكبريتات الكالسيوم، إضافة لحمض الفوسفور وحمض الكبريت وتراكيب أخرى كمركبات الفلوريد، والمعادن الثقيلة، وخصوصاً الكاديوم والرصاص [4،5]، ومن جهة أخرى تعد المياه العادمة كالمياه العادمة الناتجة عن تصفية وتكرير النفط (مصفاة حمص) مصدر غني بالمركبات العضوية ملوثاً لاحتوائه على الهيدروكربونات والكحول والألدهيدات والفينولات، وهي مشكلة بيئية خطيرة.

حيث إن التفكك الطبيعي للمخلفات يتم ببطء شديد ويمتد لعقود، وهذا يعد مشكلة لا بد من إيجاد حلول لها بابتكار طرق جديدة تسرع عملية التفكك، واستعادة المركبات المفيدة من هذه المخلفات إن أمكن، بهدف تحقيق الحد الأدنى للمخلفات من جهة، وللتلوث البيئي من جهة أخرى. اقترحت حتى الآن عدة حلول للاستفادة من الفوسفوجيبسوم وذلك بتحويله إلى الإسمنت وحمض الكبريت [6] أو كبريتات الأمونيوم، والطباشير، واستخدامه بالزراعة، أو استعماله في مواد البناء [7].

والتوجه العالمي اليوم هو نحو اتباع طرق المعالجة الحيوية للمخلفات الصناعية والزراعية... الخ باعتبارها من الطرق الصديقة للبيئة، وذلك باستخدام الأحياء الدقيقة، وبشكل خاص الجراثيم المرجعة للكبريتات التي تقوم بدور [8،9] فعال في معالجة المخلفات الصناعية كالفوسفوجيبسوم

كما أكد العديد من الباحثين على ضرورة تنقية المياه العادمة الناتجة عن تكرير النفط، وذلك بإغنائها بنفايات صلبة بهدف التحطيم الحيوي المباشر لهاتين النفايتين الصناعيتين الخطرتين، وذلك في مزيج من البيئات التي تتيح النمو الأعظمي للجراثيم المرجعة للكبريتات، والتي تستعمل الكبريتيد الناتج وتساوم في تخفيض الكبريتات، كمصدر طاقة، بأكسدتها إلى الكبريت [10،11،12].

حيث توجد الجراثيم المرجعة للكبريتات في البيئات اللاهوائية الغنية بالكبريتات والمواد العضوية، وتستمد الطاقة اللازمة لها من هذه المواد، مع الكبريتات التي تعد المستقبل النهائي للالكترونات، والمصدر المفضل للالكترونات المرجعة

للكبريتات هي مركبات ناتجة عن عملية التخمر التي تتشكل خلال الهضم اللاهوائي (لاكتات، بيروفات، فورمات، خلات) بالإضافة إلى الكحولات (إيتانول، بروبانول، بوتانول) (13) للمادة العضوية .
كما توجد في البيئات المائية وفي التربة والينابيع الساخنة، والنفط الخام. والمخلفات الثانوية الكبريتية، والمخلفات الثانوية الصناعية المائية الغنية بالكبريتات (صناعات الورق، مخارج الغاز الطبيعية، مصبات الأنهار، خزانات المياه المالحة، وأماكن تآكل الحديد [14,15]

أهمية البحث وأهدافه

- تكمن أهمية البحث في تخفيف عبء التلوث البيئي لمولوثين في حال ترك كل منهما منفرداً عن الآخر هما الفوسفوجيبسوم، والمياه العادمة الناتجة عن تصفية وتكرير النفط، وذلك من خلال استرجاع الكبريت الموجود في الفوسفوجيبسوم بطريقة حيوية، أي الاستفادة من المخلفات، بما يحقق المردود الاقتصادي الجيد الناتج عن استرجاع الكبريتات من جهة، وتخفيف عبء التلوث البيئي من جهة أخرى.
- يهدف البحث إلى المعالجة الحيوية للفوسفوجيبسوم من خلال استخدام جراثيم متخصصة باسترجاع من الفوسفوجيبسوم، وتحديد مؤشر الـ Chemical Oxygen Demand COD الكبريتات وقياس كمية الكبريتات المتفككة، وكمية كبريت الهيدروجين المنتجة خلال مدة التخمر والتي تعد مؤشراً لفعالية الطريقة الحيوية المقترحة.

طرائق البحث ومواده

جمع العينات: تم جمع ثلاثة أنواع من العينات

1. الفوسفوجيبسوم: جمعت العينات من المخلفات الناتجة عن الشركة العامة للسماد الفوسفاتي في محافظة حمص.
2. التربة الملوثة بمركبات نفطية: جمعت عينات التربة من مواقع ملوثة بمركبات نفطية في أكياس خاصة من البولي إيثيلين.
3. المياه العادمة الناتجة عن تصفية وتكرير النفط: جمعت عينات من مياه عادمة ناتجة عن مصفاة تكرير النفط في بانياس وذلك في عبوات خاصة من البولي إيثيلين. ونقلت إلى المختبر، تم إجراء بعض التحاليل بشكل مباشر، وتم وضع بعض العينات لمدة يوم واحد في الثلاجة بدرجة الحرارة (-2) مئوية، تجنباً لأية تحولات رئيسية، كيميائية وحيوية يمكن أن تطرأ عليها خلال فترة الدراسة.

عزل الأحياء الدقيقة المرجعة للكبريتات:

- تم عزل الأحياء الدقيقة من التربة الملوثة بمشتقات نفطية (تربة قريبة من مصفاة نفط، محطة بنزين) في الوسط المغذي الصلب، ومن المياه العادمة الناتجة عن تكرير النفط، حيث استعملت طريقة الوسط المغذي السائل وطبقت الطريقة الآتية:
- أخذت ترب من مواقع الدراسة ووضعت في أرلنماير سعة 100 ميلي ليتر مع 5 غرام من الفوسفوجيبسوم، وتم تغطيتها بشكل مناسب.
 - بعد ذلك تم إضافتها إلى الأوساط الاصطناعية بنسبة (10:1) (تربة: وسط) .
 - تم استعمال وسط البوستجات Postgate [16] مع مصدرين مختلفين للكربون (لاكتات، كحول) كل على حدى [17] .

وسط إيمرسن Emerson المزود بزيت وقود.

وسط إيمرسن المعدل الذي استبدل فيه وقود النفط بالفينول (0.5 غ/ل) [18].

درجة مئوية بغية عزل الأحياء الدقيقة الكبريتية القادرة على تحقيق التحويل الحيوي من الفوسفوجيبسوم.

- طريقة معلق آغار مشكل من المياه العادمة الناتجة عن تكرير النفط ووسط غني بالمادة المغذية: وسط البوستاج مع الفينول، أو وسط إيمرسن مع زيت الوقود، وضعت في أنابيب اختبار، حيث احتوت كل الأوساط على كبريتات الصوديوم بتركيز تعادل محتوى الكبريتات في 5 غرام من الفوسفوجيبسوم في اللتر (بحدود 2.5 غرام كبريتات في اللتر)، بعد ذلك تم تلقح الأوساط بالمياه العادمة باستخدام الأنابيب الشعرية الزجاجية المعقمة.
- تم إغلاق الأرنمايرات سعة (300) ميلي لتر الحاوية على الأوساط المغذية بإحكام بوساطة سدادات مطاطية، يمكن ثقبها بسهولة بواسطة أبرة سيرنك ملائمة، من أجل تزويد أوساط التجربة بالمياه العادمة وسحب العينات، ونسبة المحفز إلى الوسط كانت (10:1)، حضنت الأوساط في درجات حرارة (30,35,37) درجة مئوية بغية عزل الأحياء الدقيقة الكبريتية القادرة على تحقيق التحويل الحيوي من الفوسفوجيبسوم، بمعزل عن الضوء.

الأوساط

أ- وسط البوستاج C [16] أو وسط البوستاج المعدل فيه (4.5 غ/ل) كبريتات الصوديوم استبدل بـ

(5 غ/ل) فوسفوجيبسوم، مضافاً له اللاكتات (5.2 غ/ل)، كحول (3 مل/ل)، كمصدر وحيد للكربون.

ب- وسط إيمرسن: (0.07 غ/ل) فوسفات البوتاسيوم الهيدروجينية، كبريتات المغنيزيوم (0.5 غ/ل)،

مستخلص خميرة (4 غ/ل) ماء مقطر (750 مل). ماء حنفية (250 مل) بين (0.3 مل/ل)، وقود

نفط (5 مل/ل).

يضاف مشعر ريزازورين resazurin بتركيز (0.001 غ/ل) لكل الأوساط كمؤشر لظروف الإرجاع في

الوسط.

التحاليل الفيزيوكيميائية

- تم إجراء التحاليل الكيميائية وفق [19,20].
- تم قياس الشوارد N-NO₃, N-NO₂, N-NH₄, P-PO₄ باستعمال الطرق اللونية باستخدام جهاز السبيكتروفوتومتر . [21]
- تم قياس درجة الحموضة بوساطة جهاز pH-meter.

H₂S تقدير

- يتم وضع حجم معين من العينة في دورق سعته (500 مل) ثم نضيف كمية معلومة من محلول البود القياسي بحيث تكون الكمية زائدة عن كمية كبريت الهيدروجين H₂S المتوقعة
- نكمل الحجم بالماء المقطر إلى (20 ml)K، ثم نضيف حمض كلور الماء.
- نعاير باستخدام محلول ثيوسلفات الصوديوم (N0.025)
- يستخدم كاشف النشا إلى أن يختفي اللون الأزرق ونسجل الحجم المستهلك بالميلي وليكن (A ml)

$$\text{mg/l H}_2\text{S} = \{400 (A - B)\} / \text{ml X}$$

X حجم العينة (ml)

قياس COD

تم قياس الاحتياج الكيميائي للأكسجين COD باستخدام نظام مغلق للأكسدة، حيث يؤمن تماس أكبر مع المادة المؤكسدة، ويعتمد مبدأ الاختبار على أكسدة المواد العضوية بإضافة كمية كافية من ثنائي كرومات البوتاسيوم بدرجة حرارة (150) مئوية، وبوجود وسيط من الفضة ضمن وسط حمضي، حيث تتم أكسدة الكربون إلى ثنائي أكسيد الكربون وأكسدة الهيدروجين إلى ماء على حساب ثنائي الكرومات، ويتحول الكروم من كروم سداسي التكافؤ إلى كروم ثلاثي التكافؤ، وبعد انتهاء التفاعل يعاير ما تبقى من ثنائي كرومات بواسطة كبريتات الحديد النشارية، ويستخدم كاشف الفيروئين ليشير إلى نقطة انتهاء تفاعل المعايرة.

تقدير الكبريتات

- تشكيل عكارة كبريتات الباريوم
- نضع حجم معين من العينة الى أرلنماير سعة (250ml)
- ثم نضيف كاشف الاستخلاص *
- * كاشف الاستخلاص نضع (30 ml) من Hcl + (300 ml) ماء مقطر + (100 ml) كحول 95%+
- 75 غرام من كلوريد الصوديوم + 50 مل NaCl غليسيرول
- نخلطها بشكل جيد
- نضيف حبيبات من كلوريد الباريو (BaCl₂)
- نحضر منحنى قياسي باستخدام كبريتات الصوديوم (Na₂SO₄)
- قياس الامتصاصية بجهاز سبيكتروفوتومتر على طول الموجة (420 نانو متر)
- $$A = \frac{mg\ SO_4}{l} = \frac{(mg\ SO_4 * 1.000)}{A}$$
- mg SO₄: تأخذ من المنحنى القياسي
- A حجم العينة (ml)

تقدير الأزوت

- نضيف حجم معين من العينة إلى قارورة كداهل ، نضبط الـ pH عند (9.5)، ثم نضيف محلول توازن البورات، نقطر إلى حمض البوريك (2%) ثم نضعه في أرلنماير سعة (500 ml) ونمدده بالماء المقطر مع إضافة كاشف نسلر.
- نضيف (88 ml) من (0.1 N NaOH) إلى (500ml) من (0.025 M) رباعي يورات الصوديوم ونمدد إلى لتر.

تقدير الأمونيا في المحلول المقطر

- نضيف (3) قطرات من الكاشف المزدوج إلى المحلول المقطر ونعاير الأمونيا مع (0.02 N) H₂SO₄ ونسجل الحجم المستهلك
- $$mg/l\ NH_4 = (A * 0.28 * 1.000) / S$$
- A = حجم H₂SO₄ المستهلك ب (ml)
- S = حجم العينة
- * أحمر الميتيل + أزرق الميتلين

تقدير الفوسفور

- نضع حجم معين من العينة + $N11 H_2SO_4$ + فوق كبريتات الأمونيوم نمزج جيداً ونغلي لمدة (30- 40) دقيقة.
- نبرد ثم نمدد تقريبا إلى (40 ml) ونرشح.
- ثم نضيف مولبيدات الأمونيوم وطرطرات البوتاسيوم والأنتيموان ثم نمزج جيداً.
- ثم نضيف حمض الأسكوربيك ونمزج جيداً.
- بعد خمس دقائق نقيس الامتصاصية عند طول موجة (650 nm) بواسطة السيكتروفوتوميتر .

تقدير الكالسيوم Ca^{2+}

- تم تقدير الكالسيوم بطريقة المعقد اللوني Complexmetric

تقدير المغنيزيوم Mg^{2+}

- تم تقدير المغنيزيوم بالطريقة الطيفية (ASA- ELA Unicam SP 90 A)

النتائج والمناقشة

بينت التحاليل التي تم إجراؤها في هذا البحث بعض مؤشرات التركيب الكيميائي لكل من الفوسفوجيبسوم، كما هو موضح في الجدول (1) والمياه العادمة الناتجة عن تكرير النفط، كما هو موضح في الجدول (2).

الجدول 1. التركيب الكيميائي للفوسفوجيبسوم المدروس

المركب	المحتوى % (w/w)
SO_4^{2-}	59.8
PO_4^{3-}	1.7
Ca^{2+}	21.6
Mg^{2+}	0.07

الجدول 2. التركيب الكيميائي للمياه العادمة الناتجة عن تكرير النفط المدروسة

المحتوى	المؤشرات المدروسة
6.6	PH
2987	COD (mg O ₂ /L)
168.4	Sulphates (mg SO_4^{2-} /L)
12	Phosphates (mgP- PO_4^{3-} /L)
6.2	Ammonium nitrogen (mg N/L)
0	Nitrite nitrogen (mg N/L)
0	Nitrate nitrogen (mg N/L)
33.6	Chlorides mg Cl/L

إن الأحياء الدقيقة اللاهوائية قادرة على تحقيق التحول الحيوي للفوسفوجيبسوم في الدرجة (30 و 35 و 37) مئوية، ولكن أفضلها في الدرجة (35) مئوية، ودرجة الحموضة المعتدلة (PH=7.2)، وقد عزلت هذه الأحياء من المياه العادمة الناتجة عن تكرير النفط، ومن البيئات الملوثة بالمشتقات النفطية.

وقد بينت النتائج كما هو موضح في الجدول (3) أن أعلى نشاط للجراثيم المرجعة للكبريتات هي تلك التي عزلت من تربة ملوثة بمياه عادمة ناتجة عن تكرير النفط، والتي تم تمييزها على وسط البوستجات، الذي أضيف إليه الفوسفوجيبسوم كمصدر للكبريتات، حيث تقاس قيمة التحول الحيوي بناء على كمية كبريت الهيدروجين المنطلقة في الأوساط.

حيث سجلت في وسط الأحياء الدقيقة المعزولة من المياه العادمة الناتجة عن تكرير النفط أعلى تخفيض للكبريتات بالغة قيمة (23.2 غ/ل) أي ما يعادل نسبة إزالة بلغت (83.58%)، وقد ترافقت مع إنتاج أكبر كمية لكبريت الهيدروجين في الوسط، والتي بلغت (1.48 غ/ل)، وهي أعلى من تلك المسجلة في وسط الأحياء الدقيقة المعزولة من التربة الملوثة بمشتقات نفطية (تربة قريبة من محطة بنزين، تربة قريبة من مصفاة نفط).

الجدول 3. قيم المؤشرات المدروسة في وسط التخمر المكون من الفوسفوجيبسوم المعامل بالأحياء الدقيقة المعزولة من كل من المياه العادمة الناتجة عن تكرير النفط والترب الملوثة بالمشتقات النفطية خلال مدة التخمر

المؤشرات المدروسة	الأحياء الدقيقة الكبريتية المعزولة من تربة ملوثة بمركبات نفطية				الأحياء الدقيقة الكبريتية المعزولة من مياه عادمة ناتجة عن تكرير النفط
	تربة قريبة من محطة بنزين		تربة قريبة من مصفاة نفط		مياه عادمة ناتجة عن تكرير النفط
	وسط البوستاج مع اللاكتات + 5 غ فوسفوجيبسوم	وسط البوستاج مع إيتانول + 5 غ فوسفوجيبسوم	وسط البوستاج مع اللاكتات + 5 غ فوسفوجيبسوم	وسط البوستاج مع إيتانول + 5 غ فوسفوجيبسوم	وسط البوستاج + 5 غ فوسفوجيبسوم
Reduction of sulfate SO_4^{2-} (g/l)	2.03	2.15	2	1.97	2.23
COD reduction (g O2/l)	1.94	2.06	1.87	2	2.15
COD المزالة / المرجعة SO_4^{2-} ($t_0 - t_{max}$)	1.06 – 1.51	1.12 – 1.6	0.99 – 1.24	1.04 – 1.13	1.12 – 1.94
COD المزالة / المرجعة SO_4^{2-}	0.955	0.958	0.935	1.01	0.96
كمية كبريت الهيدروجين الناتجة (غ/ل) H_2S	1.18	1.29	1.14	1	1.48
COD المزالة / الناتجة H_2S	1.64	1.59	1.64	2	1.45
COD المزالة النسبة المئوية	81.27	86.30	78.34	83.78	90.07
SO_4^{2-} النسبة المئوية المرجعة	76.08	80.58	74.96	73.83	83.58

حيث أن - Reduction of sulfate SO_4^{2-} (g/l) : كمية الكبريتات المرجعة في الوسط خلال مدة التخمر .

- Reduction COD (g O₂/L) : كمية الاحتياج الكيميائي للأكسجين المزالة في الوسط خلال مدة التخمر .

- SO_4^{2-} (g/l) / المرجعة COD (g/l) المزالة : كمية الاحتياج الكيميائي للأكسجين المزالة على كمية

الكبريتات المرجعة في الوسط خلال مدة التخمر .

- H_2S (g/l) الناتجة / COD (g/l) المزالة : عامل تحويل المادة العضوية إلى غاز كبريت الهيدروجين خلال

مدة التخمر .

كما بينت النتائج أن الأحياء الدقيقة المعزولة من تربة قريبة من محطة بنزين على وسط البوستاجت مع الفوسفوجيبسوم كمصدر للكبريتات ومصادر مختلفة للكربون (كحول، لاكتات) أعطت كمية من كبريت الهيدروجين بلغت (2.29 غ/ل)، (1.18 غ/ل) على الترتيب، هذه الكمية ناتجة عن تخفيض كمية الكبريتات والتي بلغت (2.15 غ/ل)، (2.03 غ/ل) على الترتيب.

وهي أكبر من تلك الكمية الناتجة عن الأحياء الدقيقة المعزولة من تربة قريبة من مصفاة نفط على وسط مماثل بمحتواه للوسط السابق ذكره.

بينما بالنسبة للاحتياج الكيميائي للأكسجين (COD) فقد سجلت أعلى قيمة لتخفيضه في وسط الأحياء الدقيقة المعزولة من المياه العادمة الناتجة عن تكرير النفط وبلغت القيمة (2.15 غ/ل) أي مايعادل نسبة إزالة (90.07 %)، وهي أعلى من تلك القيمة المسجلة في وسط الأحياء الدقيقة المعزولة من التربة الملوثة بمشتقات نفطية (تربة قريبة من محطة بنزين)، والتي بلغت (2.06 غ/ل)، أي مايعادل نسبة إزالة (86.30 %).

وقد يعود ذلك إلى أن الأوساط المستخدمة رغم احتوائها في بداية الحضانة على كمية مماثلة من الفوسفوجيبسوم والكربون العضوي، لكن بعد الزراعة على هذه الأوساط، وأثناء نمو الأحياء الدقيقة تغيرت قيم كل من الفوسفوجيبسوم والاحتياج الكيميائي للأكسجين، وبالتالي أصبحت الشروط في الأوساط المزودة بالكحول واللاكتات أقل ملائمة لنمو الجراثيم المرجعة للكبريتات، ومن المحتمل حدوث حالات التضاد مع المجموعات الأخرى من الجراثيم المسؤولة عن مراحل الإزالة للمركبات العضوية [22].

إذاً في تقييم فعالية التحويل الحيوي في وسط المياه العادمة الناتجة عن تكرير النفط مؤشران يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار كمية الكبريتات المرجعة في الوسط، وكمية كبريت الهيدروجين الناتجة.

كما بينت الدراسة أنه يمكن تحقيق التحويل الحيوي للفوسفوجيبسوم بشكل جيد في الأوساط التي تحتوي على الفوسفوجيبسوم كمصدر للكبريتات ومصادر مختلفة للكربون نتيجة نمو ونشاط الجراثيم المرجعة للكبريتات، والتي تعمل على تخفيض نسبة الكبريتات، وتحرير كبريت الهيدروجين.

يعتمد نشاط الجراثيم المرجعة للكبريتات بدرجة كبيرة على توفر الكبريتات في الوسط، إضافة إلى الكبريتات الموجودة على شكل الفوسفوجيبسوم، وبالتالي تعمل هذه الجراثيم على تحطيم المادة العضوية من جهة وإزالة الكبريتات وتحويلها إلى كبريت الهيدروجين من جهة أخرى، وبناء عليه نجد أن العامل COD / H_2S سجل قيمة بلغت (1.45) في وسط الأحياء الدقيقة المعزولة من المياه العادمة الناتجة عن تكرير النفط وهي أقل من تلك المسجلة في الأوساط الأخرى، وقد يعزى انخفاض العامل المدروس وتسجيله أفضل قيمة إلى النشاط العالي للجراثيم المرجعة للكبريتات، وزيادة فعاليتها، وبالتالي تحقيق التوازن بين الكمية المتكدة COD والكمية المنتجة من كبريت الهيدروجين

الاستنتاجات والتوصيات

1. يمكن استعمال خليط من الجراثيم المرجعة للكبريتات التي تتمتع بطيف تغذية واسع من أجل النمو بهدف التحطيم الحيوي للفوسفوجيبسوم والمادة العضوية في الأوساط المدروسة.
2. إن الاستعمال الفعال للجراثيم الكبريتية لإزالة الملوثات المختلفة يتطلب القدرة على استعمال طيف واسع من الركائز.

3. إن أعظم كمية ذائبة للفوسفوجيبسوم أزيلت من الوسط الذي يحتوي المياه العادمة الناتجة عن تكرير النفط، والتي ترافقت مع أعلى نسبة إزالة لكل من الكبريتات والمادة العضوية.
4. تحققت نسبة جيدة لتخفيض الكبريتات من نفاية الفوسفوجيبسوم في الوسط المدعم بالكحول واللاكتات كمصدرين مختلفين للكربون.

المراجع

1. كناكري، سلوى . تقرير عن إمكانية استخدام الصخر الفوسفاتي في التسميد المباشر منشورات هيئة الطاقة الذرية- قسم التطبيقات الزراعية- دمشق . 1990 .
2. Gadd,G.M.; White,C., Mixed Sulfate-Reducing Bacterial Cultures For Bioprecipitation Of Toxic Metals:Factorial And Re- Sponse-Surface Analysis Of Dilution Rate,Sulfate And Substrate Concentration.Microbiol. 1996.142,197.
3. Kowalski,W.; Przytocka-Jusiak,M.,Wolicka,D.,Holub W., Biotransformacja Fosfogipsu W Podlozjach Zawierajacych Związki Organiczne Stanowiacie Gtowne Zanie-Czyszczenia Roznych Pty Nnych Odpadow Organiczny Ch.Bi-Otechnologia Srodowiska, 1995. 213-220.
4. A.Davister, Belgium ., Phosphogypsum Awaste (More Or Less Harmful) Or A Resource? Presented At The Ifa Technical Conference, Marrakech, Morocco , September.,1998.
5. Schroeder,J.,Lewandowski,M.,Gorecki,H., Zieba,S.,Kuzko, A., Przerob Fosfogipsu Na Krede Nawozowa W Warunkach Zch ,P Olice".Przemysl Chemiczny, 1984. 63 (8),406.
6. -Sowinski,A.; Kuberska,J.; Kubiak,E.,.Wstepna Analiza Ekonomiczna Metod Utylizacji Fosfogipsu.Przemysl Chemiczny, 1996. 65 (12),645.
7. Hanna,A.A.; Abu-Ayana; Y.M.; Ahmed, S.M.,.Phosphogypsum Utilization –Part Iii:As Adhesive Filler And Com Posite Materials.Journal Of Materials Science And Technol Ogy, 2000.16 (4),439.
8. Kowalski,W.; Wolicka,D.; Holub,W.; Przytocka-Jusiak M., Biotransformacja Fosfogipsu W Hodowlach Beztlenowej Mikroflory Namnazanej Z Roznych Srodowisk Na Podlozjach Z Etanolem.Inzynieria Srodowiska,2000.45,211.
9. Przytocka-Jusiak,M.; Kowalski,W.; Rzeczyc- Kam.,Błaszczyk M.; Mycielski,R., Microbiologi- Cal Phosphogypsum Transformation Products In Thermophilic Anaerobic Cultures.(In Polish).Biotechnologia. 1995.29,103.
10. Telang A. J; Jenneman G. E; Voordouw G., Sulfur Cycling In Mixed Cultures Of Sulfide-Oxidizing And Sulfate- Or Sulfur- Reducing Oil Field Bacteria. Can J. Microbiol. 1999.45, 905.
11. Deswaef S.; Salmon T.; Hiligsmann S.; Taillieu X.; Milande N.; Thonart Pn; Cruine M. 1996.Treatment Of Gypsum Waste In A Two Stage Anaerobic Reactor. Water Sci. Tech. 34, 367.
12. Kaufman E.N.; Little M.H.; Selvaraj P.T. Recycling Fgd Gypsumtocalciumcarbonate And Elemental Sulfur Using Mixed Sulfatereducing Bacteria With Sewage Digest As Acarbon Source. J.Chem.Technol.Biotechnol. 1996. 66, 365.
13. Poradnik Inzyniera -Cukrownictwo,Wnt,Warszawa,247, 1988.

14. Widdel, F., Microbiology And Ecology Of Sulfate And Sulfur- Reducing Bacteria. Zehnder A.J.B.(Ed.). Biol. Of Anaerob . Microorg., Wiley & Sons, New York. 1988.
15. Gibson ,G.R.,. Physiology And Ecology Of The Sulfate-Reduc-Ing Bacteria. J.Appl.Bacteriol . 1990.69,769.
16. Postgate J. R., The Sulphate Reducing Bacteria. 2nd Ed., Cambridge University Press, Cambridge. 1984.
17. Rzczycka, M.; Blaszczyk, M.,. Growth And Activity Of Sulphate-Reducing Bacteria In Media Containing Phosphogypsum And Different Sources Of **Carbon. Polish Journal Of Environmental Studies,2005. Vol. 14, No (6).**
18. Wolicka D.; Kowalski W.; Boszczyk-Maleszak H., Biotransformation Of Phosphogypsum By Bacteria Isolated From Petroleum-Refining Wastewaters. Polish Journal Of Microbiology.2005, 2, 54.
19. راين، جون؛ اسطفان، جورج؛ الرشيد، عبد. تحليل التربة والنبات دليل مختبري. المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة، إيكاردا، حلب، سورية، 2003.
20. Apha, Awwa, Wef., Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater. 1985 , 545.
21. Hermanowicz W.; Dożańska W.; Sikorowska C.; Kelus J., Physical And Chemical Research Of Wastewater. Warszawa . 1972.
22. Hao O. J.; Chen J. M.; Huang L. J.; Buglass R. L., Sulfate-Reducing Bacteria. Critical Rev. Environ. Sci. 1996, Technol. 26, 155.