إزالة الكروم والرصاص من مياه الصرف الصناعي باستخدام تقنية الأحياء المجهرية الفعّالة

د.محمد هلال , أستاذ
قسم الهندسة الكيمياوية–جامعة البعث
سوريا

د.وليد محمد شيت العبدربه , مدرس
قسم هندسة البيئة–جامعة تكريت
العراق

المهندسة نها حؤا
شركة سكر حمص
سوريا

الخلاصة

تمّ في هذا البحث دراسة معالجة هوائية لمحاليل صناعية لأملاح الرصاص و الكروم باستخدام الأحياء المجهرية الفعّالة. لتحقيق الأهداف المرجوّة من البحث, تمّ استخدام محاليل مائية صنعيه من نترات الرصاص و نترات الكروم المائية بالتراكيز التالية لكل من شوارد الكروم و الرصاص١٠٠,٥٠,١٠,٥ ملغم/لتر و عند pH مساوي الى ٤,٥ و درجة حرارة ثابتة T مساوية الى ٣٠±١ درجة مئوية. أضيفت الأحياء المجهرية الفعّالة إلى المحاليل المختبرة بالنسب الحجمية التالية: ١/٥٠ و ١/١٠٠ و ١/٥٠٠ و ١/١٠٠٠ وكان زمن المعالجة ٢٤ ساعة, حيث تمّ قياس تركيز شوارد الرصاص و الكروم المتبقي في المحلول بعد المعالجة بجهاز الإمتصاص الذري. بينت النتائج التجريبية إنّ كل ١ ملغم/لتر من شوارد الرصاص و الكروم تحتاج إلى ٢٤ ملغم من الأحياء المجهرية الفعالة للوصول إلى نسبة إزالة عظمى تبلغ٩٢,٠% و ٨٢,٦٠% لكل من شوارد الرصاص و الكروم على التوالي. إنّ بزيادة تركيز الأحياء المجهرية الفعالة يزداد سطح الامتزاز و بالتالي تزداد كفاءة الإزالة لهذه العناصر. بينت النتائج أن الأحياء المستخدمة تكون في قمة نشاطها خلال الخمس ساعات الأولى من المعالجة في المفاعل الحيوي, وكذلك ما يقارب ٩٤% من السعة الامتزازية للكتلة الحيوية كما كانت انتقائية الأحياء المجهرية الفعّالة لشوارد الرصاص أعلى منها لشوارد الكروم .

الكلمات الداله: الأحياء المجهرية الفعالة, أزالة الكروم والرصاص, العناصر الثقيلة.

Removal of Chromium and Lead from Industrial Wastewater Using Effective Microorganisms (EM) Technology

Abstract

In this research an attempt is made on the ability of aerobic treatment of synthetic solutions containing lead and chromium using effective microorganisms within the reactor. To achieve the desired objectives of the research, synthetic aqueous solutions of lead and chromium was used in the concentration of chromium and lead ions of 5, 10,50 and 100 mg / l .The work was done at constant pH equal to 4.5 and temperature of 30 ± 1 º C. Effective microorganisms solutions was added to the reactor at Vol.% of 1/50 ,1/100 ,1/500 and 1/1000, with retention time was 24 hours to measure the heavy metals concentration the atomic absorption device was used. The experimental results showed that each 1mg / l of lead and chromium ions need 24 mg of effective microorganisms to achieve removal of 92.0% and 82.60% for lead and chromium respectively. Increasing the concentration of effective microorganisms increases the surface of adsorption and thus increasing the removal efficiency. It is found that the microorganisms activity occur in the first five hours of processing and about 94% of adsorption capacity of biomass will take place. It is also found the selectivity of microorganisms to lead ions is higher than for chromium ions.

Keywords: Effective Microorganisms, Removal of Chromium and Lead, Heavy metals

المقدّمة

تمثل العناصر النادرة والعناصر الثقيلة أهم مشكلة فيما يتعلق باستخدام مياه الصرف المعالجة في البلدان التي توجد بها صناعات ثقيلة. يشكل وجود العناصر الثقيلة في البيئة خطراً كبيراً و هاماً, لأن سميتها تشمل العديد من أشكال الحياة فهي تشكل مركبات كيميائية غير قابلة للتحلل لها تأثير سام على الكائنات الحية[1]. يعتبر استخدام تقنية الأحياء المجهرية الفعّالة أحد التقنيات الحديثة المستخدمة في العالم في الوقت الحاضر. فقد طورت منذ السبعينيات في جامعة Ryukyus أوكيناوا في اليابان في كلية الزراعة من قبل أستاذ البستنة Teruo Higa و تستعمل على نطاق واسع في عدة دول من العالم لأغراض تحسين البيئة و منها محطات المعالجة البيولوجية[2] .

الأحياء المجهرية الفعّالة هي عبارة عن منتج حيوي طبيعي يضم مجموعة متوافقة من الكائنات الحية الدقيقة الهوائية و اللاهوائية النافعة المتعايشة ضمن وسط غذائي غني بالمواد اللازمة لنموها, هذه المجموعة من الكائنات الحيّة المجهرية المُخْتَلِفةِ موجودة عادة في الغذاءِ أَو مستعملة في إنتاجِ الأغذية ولها تأثير مفيد على حياة الانسان و الحيوان و النبات و البيئة [2-5]. بين (Kim et.al ٢٠٠٧)[6] أن لسلالات CPB4 القدرة العالية على امتزاز الرصاص و الكادميوم و النحاس و النيكل و الكروم و المنغنيز. كانت الشروط المثالية للمعالجة في درجة حرارة(٤٠-٢٠) درجة مئوية وفي مجال pH يتراوح بين ٤ إلى ٥ و خلال زمن استنبات٢٤ ساعة. بينت التجارب أن أكثر من ٩٠% من العناصر تتجمع بشكل رئيسي على جدران الخلايا و غشاؤها السيتوبلازمي. درس (Khanafari et.al 2008)[7] طريقة الإمتصاص الحيوي(Biosorption) في إزالة شوارد الكروم و الرصاص من المنصرفات الناتجة عن عمليات التعدين و الحاوية في محلولها على ٥٠٠ ملغم/لتر لكل من الكروم و الرصاص. تمت المعالجة باستخدام عصي بكتيريا Bacillus Circulans. كان تركيز المستنبت الحيوي ٥٠٠ ملغم/لتر, ووجد أن القيمة العظمى المزالة في المرشح الحيوي ٧٨ %و٤٠% لكل من الرصاص و الكروم على التوالي, وكانت أقصى إزالة عند قيم pH المعتدلة. وفي بحث قام به [8] (Rivera et.al 2002), أثبت فيه أن إمتزاز البكتيريا على الكاربون المنشط قد عدل من خصائصه السطحية و خفض حجم المسامات. درس الباحث Riveraالامتزاز على عناصر الكروم و الرصاص و الكادميوم في الشروط الحركية والسكونية وغياب وحضور البكتيريا, بيّنت النتائج وجود تغيرات في كثافة الشحنة على سطح الكاربون عندما تمتز عليه البكتيريا وكذلك تغيرات في الخصائص الكيميائية لجدران الخلايا الجرثومية, في حين قامت (EMRO 2000)[9] بالتعاون مع جمعية مدابغ باكستان باستخدام الأحياء المجهرية الفعّالة EM في معالجة الحمأة الناتجة عن المدابغ حيث كان تركيز الكروم قبل المعالجة ٥٠٠ ملغم/لتر وقد اثبتت الدراسة إنخفاض الكروم في الحمأة بعد زمن تماس(٤٠ و٤٥) يوم إلى (٣٢٠ و ٣١٢) ملغم/لتر على التوالي كما وأزيلت الرائحة بشكل نهائي بعد عشرة أيام من زمن التماس.

أهداف البحث

١- معرفة فعّالية الأحياء المجهرية الفعّالة في إزالة الكروم و الرصاص من المنصرفات الصناعية الحاوية عليها ضمن مفاعل يعمل بالنظام الهوائي.

٢- معرفة تأثير زمن التماس بين الأحياء المجهرية الفعّالة و شوارد كل من الكروم و الرصاص على كفاءة المعالجة الهوائية.

المواد و طرائق العمل

المواد المستخدمة في الدراسة التجريبية

الأحياء المجهرية الفعّالة (Effective Microorganism) المستخدمة في الدراسة ذات تركيب مبين بالجدول رقم (١) [11] . تمّ استخدام عصير قصب السكر (المولاس) كمادة مغذية للأحياء المجهرية الفعّالة أثناء عملية التنشيط حيث تمّ تنشيط الأحياء المجهرية الفعّالة كما يلي [6] :

١٠ مل من الأحياء المجهرية الفعّالة بتركيز ١٥ غرام/لتر

٣٠ مل من مولاس سكر القصب

١٨٠ مل من مياه آبار خالية من الكلور

استمر التنشيط سبعة أيام تمّ خلالها مراقبة معدل النمو للأحياء المجهرية وهو موضح بالشكل رقم (١). أما المحاليل المستخدمة في الدراسة فهي أملاح نترات الرصاص $Pb(NO_3)_2$ نقاوته ٩٩,٥ % و نترات الكروم المائية $Cr(NO_3)_3.9H_2O$ نقاوته٩٨%. تمّ ضبط الرقم الهيدروجيني لهذه المحاليل على (٤,٥) باستخدام كل من حمض الآزوت المركز HNO_3 نقاوته ٩٩ % و هيدروكسيد الصوديوم NaOH نقاوته٩٨ %. أما المياه المستخدمة لتحضير هذه المحاليل الصناعية فكانت مياه آبار خالية من الكلور.

طريقة العمل

لتحقيق الأهداف المرجوّة من هذا البحث استخدمت أربع مفاعلات بسعة ١٠٠٠ مل تمّ تحضير ٢ ليتر من محلول نترات الرصاص و نترات الكروم المائية بتركيز ٥ ملغم/لتر ثمّ ضبط الرقم الهيدروجيني عند القيمة٤,٥ , ثم وزّع المحلول٥٠٠ مل في كل مفاعل من المفاعلات الأربعة. أضيفت الأحياء المجهرية الفعّالة المنشطة إلى المفاعلات الأربعة بالتراكيز٦, ١٢, ٦٠ و١٢٠ ملغم (مادة جافة وزناً) أو يمكن القول الأحياء المجهرية الفعالة بالتراكيز أضيفت بالنسب الحجمية التالية: ١/٥٠ و ١/١٠٠ و ١/٥٠٠ و ١/١٠٠٠

وضعت المفاعلات في حاضنة عند الدرجة ٣٠±١ درجة مئوية و زوّد كل مفاعل بجهاز تهوية و محرك كهربائي. تمّ سحب عينات في عدّة فترات زمنية ثمّ رشّحت بجهاز ترشيح باستخدام ورق ترشيح قطر فتحته 0.45µm, ثم قيست تراكيز كل من شوارد الكروم و الرصاص في الراشح بجهاز الامتصاص الذري لمعرفة تركيز شوارد الكروم و الرصاص المتبقي في المحلول . تم إعادة التجربة على كل من شوارد الكروم و الرصاص عند التراكيز (١٠ و ٥٠ و ١٠٠) مغلم/لتر ويبين الشكل رقم (٢) الجهاز التجريبي المستخدم في الدراسة .

النتائج و المناقشة

تأثير تغير تركيز كل من شوارد الرصاص و الكروم والأحياء المجهرية الفعّالة في المحلول المعالج على كفاءة الإزالة

تبين النتائج في الشكل(٣) والشكل (٤) أنه يمكن لهذه الأحياء المجهرية الفعّالة العمل في التراكيز العالية للمعادن الثقيلة مما يجعل إمكانية استخدامها في المياه الشديدة التلوث بشكل واسع . فقد وجد عند تركيز ثابت للأحياء المجهرية الفعّالة (EM) مساوي إلى ٦ ملغم انخفاض كفاءة الإزالة بزيادة تركيز شوارد الرصاص و الكروم, حيث بلغت عند التركيز ٥ ملغم/لتر (٥٨ و ٥٣,١)% لكل من الرصاص و الكروم على التوالي. إلاّ أنّة عند تزايد تركيز شوارد الرصاص و الكروم إلى القيمة 100 ملغم/لتر , لوحظ انخفاض كفاءة الإزالة لتكون (١٧,٤ و ١٤,٩٢)% لكل من شوارد الرصاص و الكروم . يبدو بشكل عام انخفاض الكفاءة عند تزايد تركيز شوارد كل من الرصاص والكروم. كما يلاحظ من الشكلين أنه عند كمية للأحياء المجهرية الفعالة (EM) مساوية إلى ١٢٠ ملغم وعند تركيز لشوارد

الرصاص و الكروم ٥ ملغم/لتر فإنّ كفاءة الإزالة تأخذ قيماً أعلى بسبب زيادة سطح التماس بين الأحياء المجهرية الفعّالة وشوارد الكروم و الرصاص فتكون ٩٠,٢٠% و ٨٥,٧٠% لكل من شوارد الرصاص و الكروم على التوالي .أما عندما تكون كمية الأحياء المجهرية الفعالة EM= ٦ ملغم تنخفض كفاءة الإزالة بسبب تناقص تركيز الأحياء المجهرية الفعّالة. فعند كمية الأحياء ٦ ملغم و تركيز أولي لشوارد الكروم و الرصاص ٥ ملغم/لتر تكون كفاءة الإزالة ٥٨,٠٠% و ٥٣,١٠% لشوارد الرصاص و الكروم على التوالي.

تأثير زمن المعالجة على كفاءة الإزالة لكل من شوارد الرصاص و الكروم عند تراكيز مختلفة من المحاليل المدروسة

لوحظ من خلال النتائج التجريبية المبينة في الشكل (٥) والشكل (٦) أن كفاءة الإزالة في المستويات المختلفة من تراكيز الكروم والرصاص كانت متأثرة بزمن بقاء الأحياء المجهرية الفعّالة بتماس مباشر مع شوارد كل من الكروم و الرصاص في المياه المعالجة فعند تركيز أولي ٥ ملغم/لتر لكل من شوارد الكروم والرصاص و كمية للأحياء المجهرية الفعّالة (EM) مساوية إلى ١٢٠ ملغم وكانت كفاءة الإزالة بعد خمس ساعات من بدء المعالجة ٨٦,٤٠%و ٨٣,٢٠% بالنسبة لشوارد الرصاص والكروم على التوالي, و بعد ٢٤ ساعة من المعالجة كانت نسبة الإزالة ٩٠,٢٠%و ٨٥,٧٠% بالنسبة لشوارد الرصاص و الكروم على التوالي .أي أنّه حوالي ما يقارب ٩٤% من السعة الامتزازية للكتلة الحيوية استهلكت في الخمس ساعات الأولى من زمن المعالجة و ٧% فقط من السعة الإمتزازية استهلكت عند تمام ٢٤ ساعة من بدء المعالجة الهوائية في المفاعل الحيوي.

و قد سلكت الأحياء المجهرية الفعّالة نفس السلوك عند كل النسب المقررة في الدراسة ولكل تراكيز الأملاح المستخدمة في الدراسة وكما هو مبين في الأشكال (٧-١٢).

إن ما تمّ التوصل إليه في هذا البحث ينسجم مع ما توصل إليه (Kim et.al ٢٠٠٧) [6] حيث وجدوا أنّ لبكتيريا CPB4 القدرة على إمتزاز العناصر الثقيلة و قد بلغ زمن المعالجة لهذه البكتيريا ٢٤ ساعة . و بينت النتائج أنّ فعالية امتزاز الرصاص تصل إلى ٢٤-٢٧% خلال ٣ دقائق الأولى من بدء المعالجة و تزداد خلال ساعتين, إلاّ أنها تصل إلى قيمة عظمى مقدارها ٩٠% بعد ٢٤ ساعة . مع التنوية أنّ بكتيريا CPB4 هي أحد مكونات الأحياء المجهرية الفعّالة ويتفق ما تمّ التوصل إليه في هذا البحث مع ما توصل إليه(Khanafar et.al 2008)[7] ,حيث وجد أنّه عند تركيز بكتيريا **Bacillus Circulans** قدره ٥٠٠ ملغم/لتر تمّ تخفيض حوالي ٦٥% من شوارد الرصاص و ٤٨% من شوارد الكروم خلال زمن معالجة تراوح بين (٧٢ -٩٦) ساعة , مع التنوية أنّ هذه البكتيريا **Bacillus Circulans** هي أحد مكونات الأحياء المجهرية الفعّالة موضوع هذا البحث.

دراسة انتقائية الأحياء المجهرية الفعّالة لكل من الكروم و الرصاص عند زمن تماس٢٤ hr بين الأحياء المجهرية الفعّالة و المحلول المعالج

بينت الدراسة أن للأحياء المجهرية الفعالة انتقائية خاصة للرصاص أكثر منها للكروم, و لوحظ ذلك من خلال الأشكال(13-١٦), حيث وجد أن الأحياء المجهرية الفعّالة التي أضيفت بالتراكيز المعتمدة في هذه الدراسة كانت انتقائيتها في كل التراكيز لشوارد الرصاص أكثر منها لشوارد الكروم, كما وجد أن كفاءة إزالة الأحياء لهذه العناصر

تـنخفض بانخفـاض تركيزهـا ولكنهـا حافظـت علـى انتقائيتهـا للرصـاص فـي كـل التراكيـز و ذلـك فـي شروط تجريبية ثابتة من الرقم الهيدروجيني مساوي إلـى ٤,٥ و درجـة الحـرارة ٣٠±١ درجـة مئويـة و زمـن التمـاس ٢٤ ساعة . ينسجم مـا تـمّ التوصـل إليــه فــي هــذا البحــث مــع مــا توصــل إليــه (Khanafar)[7] حيث كانت انتقائية **Bacillus Circulans** للرصـاص أكثـر منهـا للكـروم , ففـي محلـول احتـوى علـى ٥٠٠ ملغم/لتـر مـن مسـتنبت حيوي لـ **Bacillus Circulans** تبين أن نسبة الإزالـة ٧٨% بالنسـبة للرصـاص و ٤٠% بالنسـبة للكروم .

كما تنسجم نتائج هذا البحث مع النتائج التي حصل عليها (Kim et.al ٢٠٠٧)[6] حيث تبين لديه أن الأحياء العصوية CPB4 (**Bacillus spp**) لـديها القدرة العالية علـى تحميل العناصر الثقيلـة و مــن ضــمنها الرصــاص و الكــروم, و قــد كانــت انتقائيتها للرصاص أعلى منها للكروم.

الإستنتاجات

١-بزيادة تركيز كل من شوارد الرصاص و الكروم فـي المحلـول المعـالج تـنخفض كفـاءة الإزالـة لكـل منهما عند كل التراكيز المدروسة للأحياء المجهرية الفعّالــة, وقــد وجــد أنّ التركيــز الأمثــل لشــوارد الرصاص و الكروم الذي يعطي أعلى كفاءة هو 5 ملغم/لتر .

٢-بزيـادة تركيـز الأحيـاء المجهريـة الفعالـة يـزداد سـطح الامتـزاز لشـوارد الرصـاص و الكـروم علـى جسم الأحيـاء, و بالتـالي تـزداد كفـاءة الازالـة لهـذه العناصر

٣-أن النسبة المثلى للأحياء مـع المحلـول المعـالج هـي ٥٠/١ , وأنّـه فـي محلـول ذو تركيـز أولـي لشـوارد كـل مـن الرصـاص و الكـروم٥ ملغم/لتـر يحتاج إلى ١٢٠ ملغم من الأحياء المجهرية الفعالة للوصول إلى نسبة إزالة عظمى تبلغ ٩٢% بالنسبة لشـوارد الرصـاص و ٨٢,٦٠% بالنسـبة لشـوارد الكـروم . أي أنـه كـل ١ ملغم/لتـر مـن الكـروم و الرصــاص تحتــاج إلــى ٢٤ ملغــم مــن الأحيــاء المجهرية الفعالة .

4-إنّ الميـاه المعالجـة الصـناعية المسـتخدمة فـي الدراسة تصل إلى التركيز التوازني بعد ٢٤ ساعة مـن زمـن التمـاس بينهـا و بـين الأحيـاء المجهريـة الفعّالــة, و تكـون الأحيـاء المسـتخدمة فـي قمـة نشـاطها خـلال الخمـس سـاعات الأولـى مـن زمـن المعالجة.

٥-أثرت شوارد كل من الكروم و الرصاص على مجموعـات الهيدروكسـيل و الكربوكسـيل فـي خلايـا الأحيـاء المسـتخدمة , و بينـت البـارومترات المقاسـة أنّ الإمتزاز الحيوي الأمثل يكون في التركيز الأقل لشوارد كل من الكروم و الرصاص.

٦-انتقائيــة الأحيــاء المجهريــة الفعّالــة لشــوارد الرصاص أعلى منها لشوارد الكروم.

المصادر

1- EM Pakistan" EM Technology In Petroleum Industry", (No Date) URL:http//:www.embiotech.org

2- Hega; T. and Parr; J. F.,"Beneficial Effective Microorganisms for a Sustainable Agriculture and Environment", International Nature Farming Research Center, Atami, Japan 1994.

3- Shintani, M.,"A Microorganisms Used for the Production of EM-1" EMRO USA Effective Microorganisms, 2005.

4-Ibo, Z. and James H," Example of an Integrated Biosystem, Incorporating Effective Microorganisms", Water Management Conference, Worcester Polytechnic Institute, 16 June 2004

5- Nathan; S. And Robert; A. P, "Effective Microorganism (EM) and Wastewater Systems", University of New England, 2003.

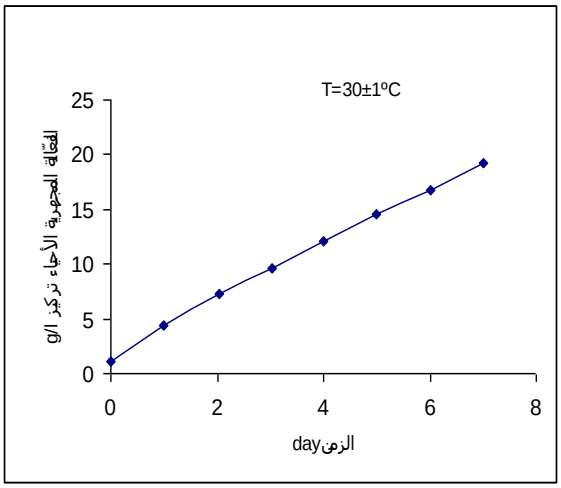
6- Kim S. U, Y.H. Cheong, D.C. Seo, J.S. Hur, J.S. Hero and J.S. Cho "Characterization of Heavy Metal to Lerance and Biosorption Capacity of Bacterium Strain CPB4", (Bacillus spp.)" doi: 10.2166/wst.2007.

7-Khanafari A., S. Eshghdoost, A. Mashinchian " Removal of Lead and Chromium from Aqueous Solution by Bacillus Circulans Biofilm", Iran. J. Environ. Health . Sci. Eng., 2008, Vol. 5, No. 3, pp. 195-200

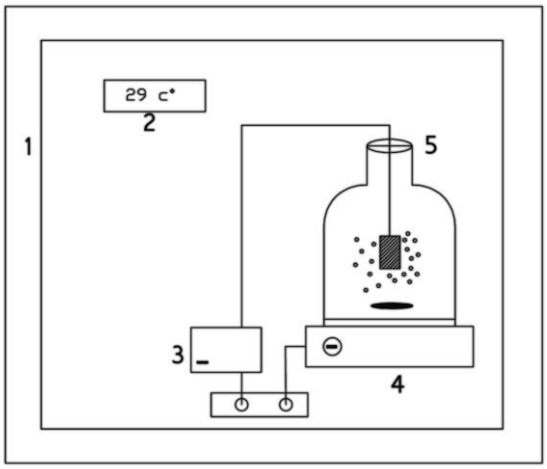
8-Rivera-Utrilla, I. Bautista-Toledo, M.A. Ferro-Garc´ıa, C. Moreno-Castilla, "Bioadsorption of Pb(II), Cd(II), and Cr(VI) on Activated carbon from Aqueous Solutions", Carbon 41 (2003) 323–330-2002.

9-EM RESEARCH ORGANIZATION for Middle East & Central Asia, "Tannery Sludge Bioremediation and its Reuse in Agriculture Using EM Technology" ,EASTERN LEATHER COMPANY; Sheikhupura road Pakistan (2002)
URL:http://www.nec.com.pk

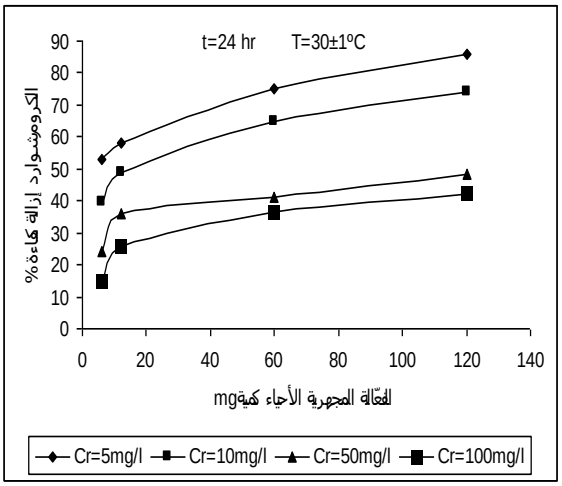
١٠- مختبر الدراسات البيئية, المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا, الجمهورية العربية السوريــة " شهادة فحص مكونات مادة الـ EM " ٢٠٠٥.



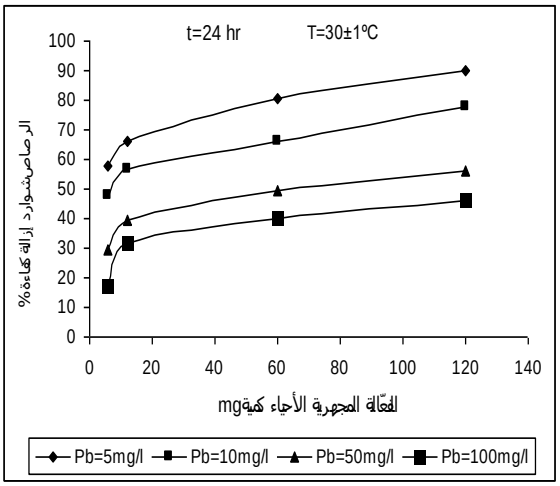
شكل رقم (١) يوضح تركيز الأحياء المجهرية مع زمن الأقلمة



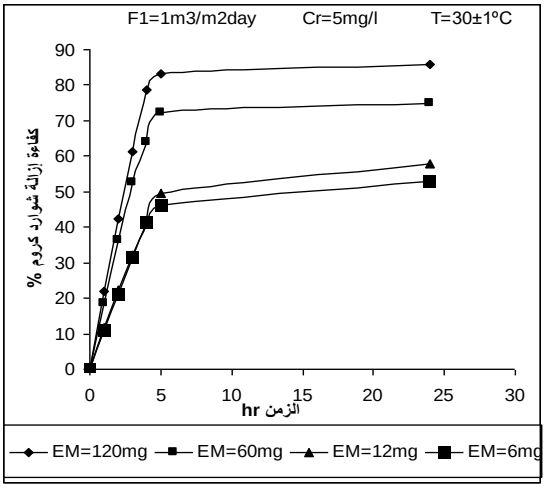
شكل رقم (٢) يوضح المنظومة المستخدمة في تنفيذ الدراسة



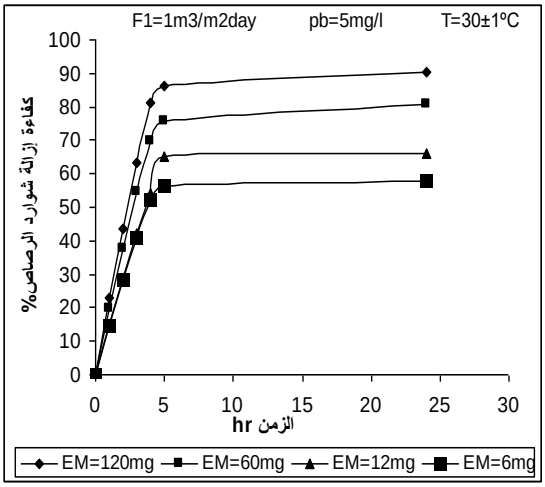
شكل (٣) كفاءة إزالة الكروم عند مختلف التراكيز الكتلة الحية المطبقة الإبتدائية ومختلف تراكيز



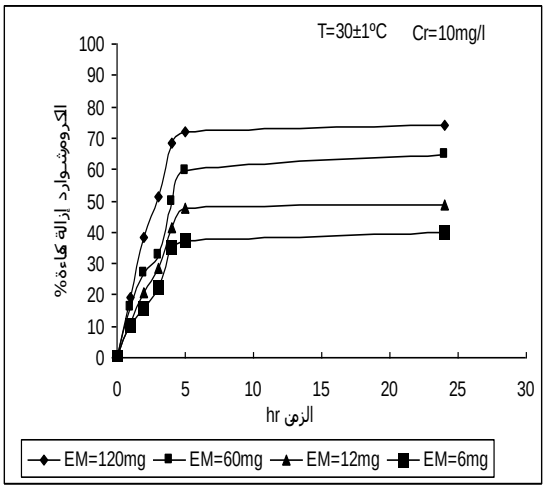
شكل (٤) كفاءة إزالة الرصاص عند مختلف التراكيز الإبتدائية ومختلف تراكيز الكتلة الحية المطبقة



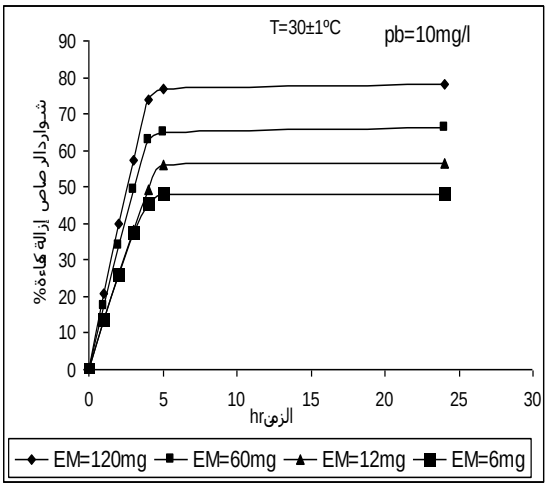
شكل (٥) تغاير كفاءة إزالة الكروم مع زمن التماس عند مختلف تراكيزالكتلة الحية المطبقة وتركيز أولي مقداره(٥ ملغم/لتر)



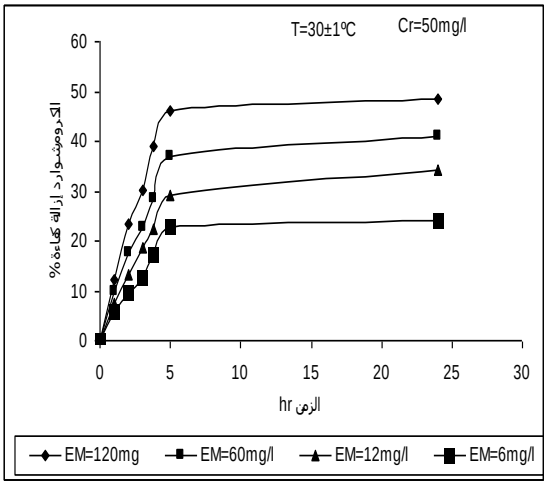
شكل (٦) تغاير كفاءة إزالة الرصاص مع زمن التماس عند مختلف تراكيزالكتلة الحية المطبقة وتركيز أولي مقداره(٥ ملغم/لتر)



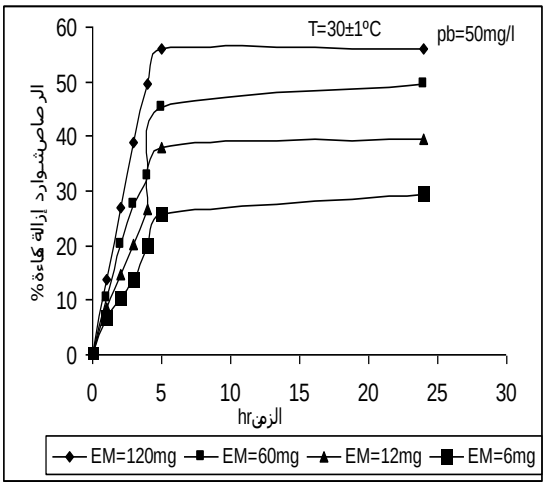
شكل (٧) تغاير كفاءة إزالة الكروم مع زمن التماس عند مختلف تراكيزالكتلة الحية المطبقة وتركيز أولي مقداره(١٠ ملغم/لتر)



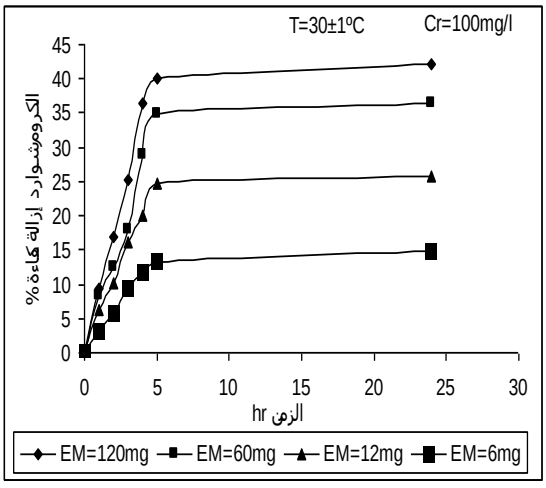
شكل (٨) تغاير كفاءة إزالة الرصاص مع زمن التماس عند مختلف تراكيزالكتلة الحية المطبقة وتركيز أولي مقداره(١٠ ملغم/لتر)



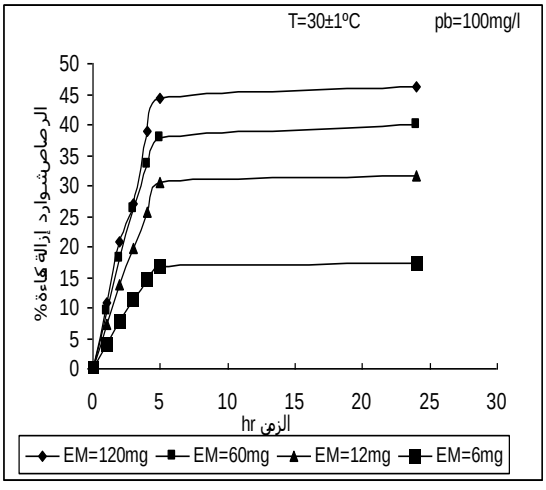
شكل (٩) تغاير كفاءة إزالة الكروم مع زمن التماس عند مختلف تراكيزالكتلة الحية المطبقة وتركيز أولي مقداره(٥٠ ملغم/لتر)



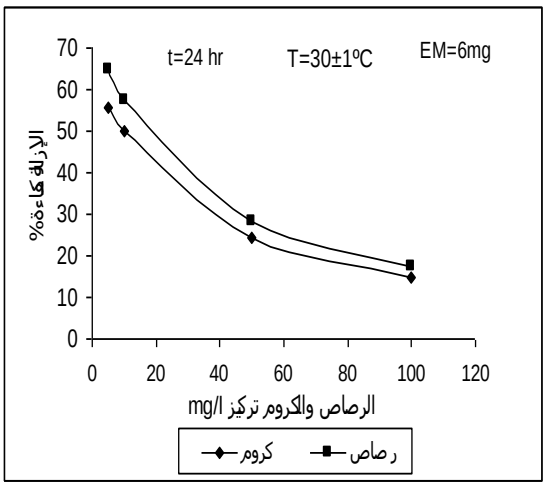
شكل (١٠) تغاير كفاءة إزالة الرصاص مع زمن التماس عند مختلف تراكيزالكتلة الحية المطبقة وتركيز أولي مقداره(٥٠ ملغم/لتر)



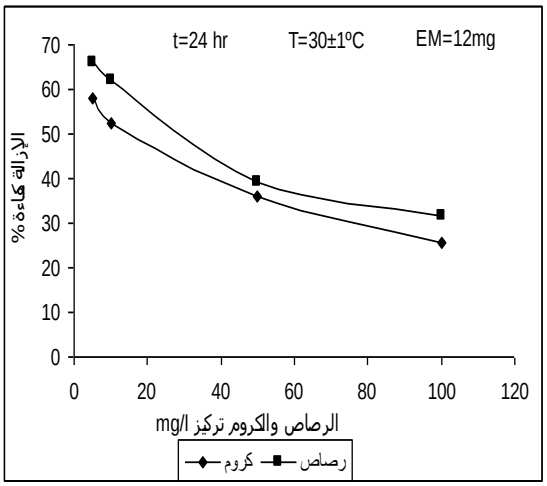
شكل (١١) تغاير كفاءة إزالة الكروم مع زمن التماس عند مختلف تراكيزالكتلة الحية المطبقة وتركيز أولي مقداره(١٠٠ ملغم/لتر)



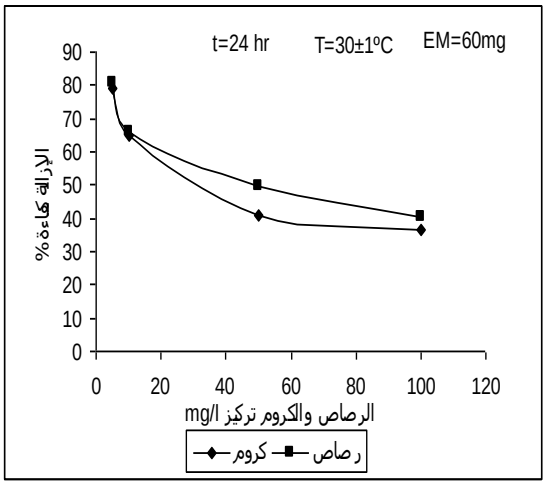
شكل (١٢) تغاير كفاءة إزالة الرصاص مع زمن التماس عند مختلف تراكيزالكتلة الحية المطبقة وتركيز أولي مقداره(١٠٠ ملغم/لتر)



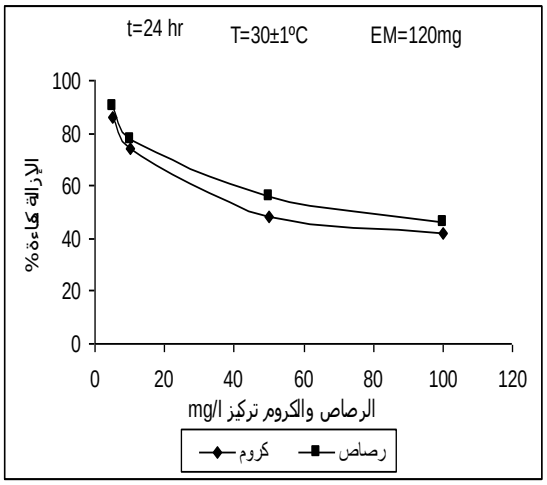
شكل (١٣) إنتقائية الأحياء المجرية الفعالة عند عند نسبة إضافة ٦ ملغم ولمختلف تراكيز الكروم والرصاص



شكل (١٤) إنتقائية الأحياء المجرية الفعالة عند عند نسبة إضافة ١٢ ملغم ولمختلف تراكيز الكروم والرصاص



شكل (١٥) إنتقائية الأحياء المجرية الفعالة عند عند نسبة إضافة ٦٠ملغم ولمختلف تراكيز الكروم والرصاص



شكل (١٦) إنتقائية الأحياء المجرية الفعالة عند عند نسبة إضافة ١٢٠ ملغم ولمختلف تراكيز الكروم والرصاص

جدول (١) التركيب الكيماوي والبكتريولوجي للمنتج الحيوي (أي أم ١) [10]

المكون	التركيز	الوحدة	الرمز
نسيبة الماء	96.5	وزناً%	H2O
أزوت النترات	23	mg/l	N-NO3
أزوت الامونيا	489	mg/l	N-NH4
الفسفور الكلي	8.06	mg/l	P-Po4
صوديوم	268.7	mg/l	Na
بوتاسيوم	2034	mg/l	K
حديد	9.14	mg/l	Fe
توتياء	1.33	mg/l	Zn
منغنيز	2.43	mg/l	Mn
نحاس	0.81	mg/l	Cu
زرنيخ	Max 0.05	mg/l	As
زئبق	Max 0.05	mg/l	Hg
كادميوم	Max 0.05	mg/l	Cd
رصاص	0.03	mg/l	Pb
المنيوم	0.22	mg/l	Al
كوبالت	0.01	mg/l	Co
كروم	0.09	mg/l	Cr
نيكل	0.11	mg/l	Ni
فاناديوم	0.02	mg/l	V
بالإضافة إلى أحتواء العينة على مزيج الأحياء المجهرية التالية والتي تعتبر من الأنواع الحميدة			
بكتريا التمثيل الضوئي (*Photosynthetic*)		بكتريا حامض اللاكتيك (*Lactic Acid*)	
Rhadopseudomonas		*Lactobacillus plantaru(ATCC8014)*	
Rhadobacter		*Lactobacillus easei(ATCC7469)*	
		Streptococcus laetis(IFO12007)	
التعداد العام للمستعمرات البكتيرية		2.6*10^6/ml	
إضافة لاحتواء العينة على خميرة(IFO0203)Sacchromyces cerevisiae			