

إزالة النترات من المياه الجوفية باستخدام الاحياء المجهرية الفعالة (EM)

محمد برهان علي، مدرس مساعد
قسم هندسة البيئة - جامعة تكريت

الخلاصة

تم في هذا البحث دراسة قابلية الاحياء المجهرية الفعالة المعروفة بـ (EM) على إزالة النترات من المياه الجوفية. تم أخذ وفحص عينات من عدة آبار داخل جامعة تكريت وتبين انها تحتوي على تراكيز قليلة للنترات اقل من 1 ملغم/لتر لذلك تم تحضير المياه المراد معالجتها من خلال إضافة تراكيز معلومة من نترات البوتاسيوم (KNO_3) إلى المياه الجوفية ضمن مدى (50-150) ملغم/لتر لمعرفة قابلية إضافة تراكيز مختلفة من الأحياء المجهرية الفعالة على إزالة النترات حيث تم استخدام نسب مابين (1:250) إلى (1:5000) للأحياء المجهرية. أما فيما يخص ازمان البقاء الهيدروليكية فقد تم استخدام 24 و 48 ساعة. بينت النتائج ان كفاءة إزالة النترات تزداد بزيادة نسبة الاحياء المجهرية الفعالة المضافة إلى وحدة المعالجة ولوحظ ان اعلى كفاءة إزالة بلغت 82% عند التركيز 150 ملغم/لتر وباستخدام نسبة (1:250) للأحياء المجهرية الفعالة وعند زمن بقاء هيدروليكي مقداره 48 ساعة.

الكلمات الدالة: نترات، مياه جوفية، أحياء مجهرية فعالة.

Removal of Nitrate from Groundwater by Using Effective Microorganisms (EM)

Abstract

In this research the ability of effective microorganisms (EM) to remove nitrate from groundwater had been studied. Many samples were taken and tested from several wells in Tikrit University. The tests showed that the samples of groundwater contained a few nitrate concentrations (less than 1 mg/l), so that the wastewater was synthetic solution by adding potassium nitrate (KNO_3) to the groundwater as a nitrate source within the rang of (50 – 150) mg/l. the ratios of EM were used in the experiments ranged between (1:250) to (1:5000). While the hydraulic retention times 24 and 48 were used in the experiments. The result showed that the removal efficiency of nitrate was increased by increasing the ratio of EM in the process unit and the maximum nitrate removal was 82% when the nitrate concentration and EM ratio were 150 mg/l and (1:250) respectively and HRT was 48 hr.

Keywords: nitrate, groundwater, effective microorganisms

المقدمة

يوجد نتروجين النترات بشكل طبيعي في المياه الجوفية وفي مياه الامطار بكميات قليلة وتزداد هذه الكمية في المناطق التي يقوم فيها المزارعون برش الاسمدة غير العضوية والاسمدة الحيوانية على الاراضي المزروعة، وبعد ري الاراضي الزراعية يمكن ان يرشح النتروجين غير المستهلك من قبل النباتات عبر التربة الى المياه الجوفية فضلا عن ان سكان الريف كثيرا ما يستعملون الحفر للتخلص من مياه صرفهم وان التسربات من الحفر يمكن ان تكون مصدرا للنترات التي تصل الى المياه الجوفية. كما ان جميع المركبات الحاوية على النتروجين يمكن ان تتحول الى مركبات النترات وان القابلية الكبيرة لانحلال النترات في الماء وعدم ارتباطها بالتربة يجعلان تلوث المياه الجوفية بها من الامور الشائعة^[1]. وتوجد النترات في الابار السطحية بتركيز اعلى من الابار الارتوازية (العميقة والجوفية) حيث ان الابار المرتكزة بالقرب من مصادر استخدام الاسمدة او القريبة من اماكن تركيز الحيوانات كالمزارع تكون عرضة بشكل كبير للتلوث بالنترات كذلك تتركز النترات في اماكن البناء التي تستخدم فيها المتفجرات حيث تستخدم النترات كاساس لصناعة تلك المتفجرات. ولحماية مستهلكين مياه الشرب الملوثة بالنترات وضعت العديد من المنظمات معايير لتنظيم تركيز النترات حيث حددت (EEC) التركيز بـ(50 ملغم/لتر) بينما حددت الـ(EPA) و(WHO) تركيز النترات المسموح به لا تزيد عن (44 ملغم/لتر).

إن اكثر التأثيرات الصحية للنترات على الانسان تكون مع الاطفال الرضع إذ ان تناولهم مع وجبة حليب مياها حاوية على النترات يؤدي إلى تحول هذه النترات في معدتهم إلى نترات يمكنه الاتحاد مع جزيئات الاوكسجين في خلايا الدم الحمراء مما يؤدي

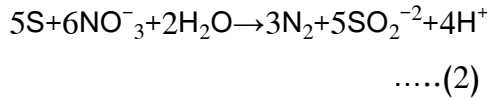
إلى استنزاف الاوكسجين وتسبب بـ(methemoglobinemia) الذي يعرف بازرقاق الاطفال وفي حالات كثيرة يسبب ضرر بالدماغ او الموت بسبب نقص الاوكسجين^[2]. لذلك من الضروري إزالة النترات من المياه الجوفية حيث قام (Liessens et al., 1993)^[3] باستخدام مفاعل ذات الوسط العائم لإزالة النترات من المياه الجوفية وتم إضافة الميثانول كمصدر للكربون وبينت النتائج بأنه بالإمكان إزالة 17 ملغم/لتر من النترات عند زمن مكوث هيدروليكي مقداره (15) دقيقة عند تسليط حمل عضوي (2.03 Kg N/m³.d). في حين قام (الحسين وآخرون، 2008)^[1] باستخدام مفاعل السرير المميع منقوص الأوكسجين للتخلص من النترات الموجودة في مياه الجوفية، حيث تم استخدام مادة الميثانول كمصدر للكربون. كان تركيز النترات في الماء الخام الداخل إلى المفاعل 84 mg/l وبينت النتائج ان كفاءة الإزالة تصل إلى 99.9% عند زمن مكوث هيدروليكي مقدره 4.5 ساعة. أما (Magram, 2010)^[4] فقد قام بدراسة تأثير اربعة انواع من مصادر الكربون (ethanol, acetic acid, dextrose, formic acid) على كفاءة إزالة النترات من مياه مصنعة باستخدام ماء مقطر مضافا اليه نترات الصوديوم بحيث اصبح تركيز النترات 200 ملغم/ لتر، وتم استخدام مفاعل لاهوائي ذات الجريان الصاعد وبينت النتائج ان افضل إزالة تحقق عند استخدام مادة ethanol حيث ان معدل النترات المتبقي وصل إلى 15 ملغم/لتر.

معالجة المياه الجوفية الملوثة بالنترات

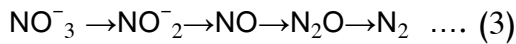
هناك عدة طرق لإزالة النترات من المياه الجوفية منها الفيزيائية والكيميائية والبايولوجية.

1- الطرق الفيزيائية والكيميائية: تشمل

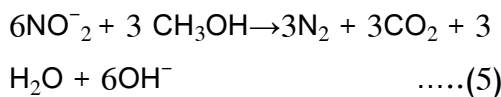
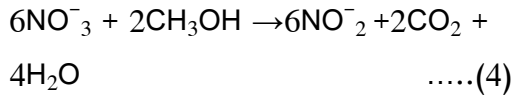
الطرق الفيزيائية والكيميائية للتخلص من النترات:



اما في حالة استعمال البكتريا العضوية التغذيةية Heterotroph Bacteria فان هذه البكتريا تستعمل لايشها الكربون والنتروجين، كما وانها تحصل على طاقتها من المغذيات الغنية بالكربون كاللايثانول او الميثانول او حامض الخل او الكلوكوز وعندما يكون الوسط منقوص الاوكسجين Anoxic فانها تستطيع ان ترجع النترات الى نترتير ثم الى اوكسيد النترتير Nitric Oxide واوكسيد النترتير وغاز النتروجين كما في المعادلة رقم (3)^[6] :-



يطلق على عملية تحويل النترات إلى غاز النيتروجين بـ (Denitrification) بواسطة انواع مختلفة من البكتريا ومنها *pseudomonas* حيث تتحول النترات اولاً إلى نترتير ومن ثم إلى غاز النيتروجين وكما في المعادلة رقم (4) و(5) :



هنالك العديد من أوجه التشابه ما بين عمليات عكس النترجة (Denitrification processes) وعمليات الحمأة المنشطة (Activated sludge processes) حيث ان كلاهما يحتوي على مفاعل واحواض ترسيب وعملية تدوير، وفي عمليات الحمأة المنشطة يتم إضافة الاوكسجين إلى المفاعل حيث يستخدم كمستقبل للإلكترونات في حين في عملية عكس النترجة تعتبر النترات الموجودة في مياه

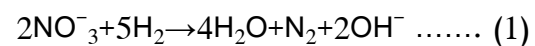
أ- التناضح العكسي: هي العملية التي يستخدم فيها فرق الضغط لاحداث انتقال الماء من طرف المحلول المركز (الضغط العالي) عبر غشاء نصف نفاذ إلى طرف المحلول الاقل تركيزاً (الضغط المنخفض). وهناك عدة عوامل تؤثر في العملية مثل الضغط المطبق على الماء الملوث بالنترات ودرجة حرارة الماء ونوع الغشاء المستعمل والصيانة للنظام.^[5]

ب- التبادل الايوني: في عملية التبادل الايوني ترشح المياه الملوثة عبر اسطوانة محملة بحبيبات (Resins) تبادل شوارد النترات بشوارد الكلور او شوارد البيكاربونات المرتبطة بحبيبات (Resins). ولكن يجب الانتباه لان الرزينات تفضل تبادل شوارد الكبريتات ثنائية التكافؤ ان وجدت في الماء على شوارد النترات احادية التكافؤ. وهناك رزينات انتقائية تحل هذه المشكلة باحتجازها النترات في المقام الاول لكن سعتها التبادلية اقل.

ج- التقطير: وتتضمن هذه الطريقة تبخير الماء ثم تكثيف البخار الناتج للحصول على مياه منزوعة المعادن وخالية من النترات. من مساوئ هذه الطريقة الكلفة العالية اللازمة لصيانة الانابيب بصورة مستمرة.

2- العمليات البايولوجية لإزالة النترات من

المياه الجوفية: تستخدم العمليات البايولوجية لازالة النترات من المياه الجوفية بأستعمال البكتريا الذاتية التغذيةية او عضوية التغذيةية. في حالة أستعمال البكتريا الذاتية التغذيةية Autotrophic Bacteria يتم إزالة النترات اما بوجود الهيدروجين وكما في المعادلة رقم (1):



او بوجود الكبريت وكما في المعادلة رقم (2):

5- الفطريات (Fungi).

بالإضافة إلى طيف واسع من العناصر الغذائية والعناصر والأيونات المهمة للنبات والحيوان والأحياء المجهرية. عندما يلامس هذا المنتج الحيوي الوسط الحاوي على المادة العضوية فإنه يخلف مواد مفيدة مثل الفيتامينات والحوامض العضوية والمعادن وممانعات التأكسد. ويبين الجدول (1) التحليل الكيميائي والبكتريولوجي لهذا المنتج الحيوي^[10].

ويستخدم هذا المنتج على نطاق واسع في دول عدة في العالم لأغراض تحسين البيئة ومنها استخدامه في معالجة مياه الصرف الصحي، إذ يحسن من أداء محطات المعالجة البيولوجية من خلال توفيره المغذيات اللازمة لنمو الحمأة المنشطة فضلاً عن توفيره لطيف واسع من الأحياء المجهرية النشطة التي تدعم تعداد الأحياء المجهرية في الحمأة المنشطة. وقد بينت المنشورات العلمية حول استخدام هذه التقنية في محطات معالجة مياه الصرف الصحي أنه يحسن من عملية ترسيب الحمأة في أحواض الترسيب الثانوي مما يخفض من قيمة دليل حجم الحمأة (SVI) كما ويقلل من الرائحة الناتجة من خلال إزالته للأمونيا، فضلاً عن كونه يعمل كمانع للصدأ ويخفض التوصيلية الكهربائية ويسيطر على الأحياء المجهرية المرضية وينظم الدالة الحامضية للمياه المعالجة. ومن فوائدها في مجال معالجة مياه الفضلات هي تقليل الحمل العضوي وكذلك الحمأة^[11].

وقد أكد (Freitag, 2000)^[12] على إن إضافة (EM) إلى أنظمة المعالجة اللاهوائية سوف يقلل من كل المواد غير المرغوب بها. حيث قام (Usher, 2008)^[13] باستخدام EM لمعالجة مياه فضلات معامل السكر باستخدام برك متعاقبة عدة (Ponds) لمدة (4.5) شهر، إذ توصل إلى سيطرة عالية على الروائح وإزالة عالية لـ COD إضافة إلى

الفضلات مصدر للاوكسجين والنيتروجين يستخدم كمستقبل للإلكترون. وعند استخدام الحمأة المنشطة لازالة الملوثات العضوية فإن الكربون يعتبر هو الملوث ويتم إضافة الاوكسجين للتخلص منها وفي عملية عكس النترجة تعتبر النترات هي الملوثات ويتم إضافة الكربون إلى وحدة المعالجة^[7].

الأحياء المجهرية الفعالة

تكنولوجيا الأحياء المجهرية الفعالة هي تقنية مثبتة وفعالة تستخدم لتطوير أنظمة زراعية وبيئية صحية. تم اكتشاف هذه التكنولوجيا في السبعينيات من القرن الماضي بواسطة (تيرو هيجا) البروفيسور والأستاذ في علم زراعة البساتين بجامعة (ريكيوس) بمدينة (اوكنواوا) اليابانية ولا تزال هذه التقنية تتوسع في أبحاثها ونظرياتها.

إن الكائنات الدقيقة الفعالة أو ما يختصر بمصطلح (EM) هي إحدى أهم التقنيات الشائعة للاستفادة من الميكروبات (ذات الفائدة) التي تستخدم الآن على نطاق العالم^[8]. ومن الاستخدامات الأخرى للأحياء المجهرية الفعالة هي معالجة المياه الملوثة وتستخدم مع الخلطات الخرسانية إذ تكسيها مقاومة أعلى وتوجد (EM) بصورة مركزة وتستخدم بنسب تخفيف تتراوح ما بين (100:1) إلى (40000:1) وحسب الاستخدام^[9]. ويتكون (EM) بصورة رئيسية من خمسة أنواع من المجاميع البكتيرية وهي:

- 1- بكتيريا التمثيل الضوئي (Phototrophic Bacteria).
- 2- خميرة الخبز السكرومايسس سيرفيسيا (Saccharomyces Cerevisiae).
- 3- بكتيريا حامض اللاكتيك (Lactic Acid Bacteria).
- 4- البكتريا الشبيهة بالفطريات (Actinomycetes).

هيدروليكية مقدارها 24 و 48 ساعة. والمفاعلات المستخدمة مشابهة لما تم استخدامه من قبل (حوري، 2011)^[16] والشكل (1) يبين صورة فوتوغرافية للمفاعلات أثناء فترة التشغيل.

النتائج والمناقشة

يبين الشكل (2) العلاقة ما بين تركيز النترات وكفاءة الإزالة عند زمن بقاء هيدروليكي مقداره 24 ساعة ونسبة (1:5000) للـ(EM)، يلاحظ من خلال الشكل إن أعلى كفاءة إزالة وجدت عند التركيز 100 ملغم/لتر وبلغت 44% في حين بلغت كفاء الإزالة 15% و 30% عند التراكيز 50 ملغم/لتر و 150 ملغم/لتر على التوالي.

في حين يبين الشكل (3) العلاقة ما بين تركيز النترات وكفاءة الإزالة عند زمن بقاء هيدروليكي مقداره 24 ساعة ونسبة (1:2000) للـ(EM)، يلاحظ من خلال الشكل إن كفاءة الإزالة ازدادت تدريجياً مقارنة مع نسبة (1:5000) نتيجة لزيادة كمية الاحياء المجهرية الفعالة الموجودة في المياه المعالجة حيث بلغت أعلى كفاءة إزالة 47% أيضاً عند التركيز 100 ملغم/لتر وإنخفضت عند التركيزين 50 ملغم/لتر و 150 ملغم/لتر حيث بلغت 22% و 40% على التوالي.

أما الشكل (4) فيبين العلاقة ما بين تركيز النترات وكفاءة الإزالة عند زمن بقاء هيدروليكي مقداره 24 ساعة ونسبة (1:1000) للـ(EM)، يلاحظ من خلال الشكل إن كفاءة الإزالة ازدادت أيضاً مع زيادة نسبة الاحياء المجهرية الفعالة مما يدل على إن كفاءة الإزالة تتناسب طردياً مع كمية الاحياء المجهرية الفعالة الموجودة في مياه المعالجة ويلاحظ أيضاً إن أعلى كفاءة إزالة وجدت عند التركيز 150 ملغم/لتر وبلغت 60%، وكانت كفاءة

توفير في كلفة المعالجة بمقدار 37%. أما (Sung- Hee, 2001)^[14] فقد توصل إلى إزالة عالية للنيتروجين والفسفور من مياه الفضلات وصلت إلى 90% بالنسبة للنيتروجين و 100% بالنسبة للفسفور باستخدام EM1 في المفاعل اللاهوائي المتبوع بمفاعل هوائي.

الجانب العملي

تضمن الجانب العملي اخذ عينات من بئر قرب كلية الزراعة في جامعة تكريت، حيث تم فحص العينات وتبين انها تحتوي على نترات بتراكيز قليلة جداً (اقل من 1 ملغم/لتر) وتم الفحص باستخدام الطريقة المقدمة من قبل (APHA, AWWA,) (WPCF, 1995) وهي (Ultraviolet Spectrophotometric method) وبأستخدام جهاز نوع 530-VIS spectrophotometer/UV صنع Japan لذلك تم إضافة تراكيز معلومة من نترات البوتاسيوم (KNO_3) إلى المياه الجوفية ضمن المدى (50-150) ملغم/لتر^[15] لمعرفة قابلية الاحياء المجهرية الفعالة (EM) على إزالة النترات بنسب مختلفة تراوحت ما بين (1:250-1:5000)، فعلى سبيل المثال تدل النسبة (1:250) إلى إضافة 1 مل من الاحياء المجهرية الفعالة لكل 250 مل من المياه الجوفية.

المفاعلات المستخدمة في التجارب

تم استخدام نظام الجرعة في التجارب الذي هو عبارة عن ثلاثة احواض زجاجية سعة كل حوض (4 لتر) بأبعاد (14 x 14 x 23) سم مغلقة من الأعلى بغطاء زجاجي محكم الغلق لضمان توفر الظروف اللاهوائية ولضمان مزج متكامل للمياه الجوفية مع (EM) تم استخدام مازجة كهربائية في كل حوض ولضمان استمرار التيار الكهربائي تم ربطها بعاكسة كهربائية. تم استخدام أزمان بقاء

- (62%) عند التركيز 100 ملغم/لتر ومن (74-82%) عند التركيز 150 ملغم/لتر. في حين يلاحظ من الشكل (8) الذي يبين العلاقة ما بين تركيز النترات و كفاءة الازالة عند استخدام نسبة (5000:1) للـ(EM) إن كفاءة الازالة تزداد بشكل ملحوظ مقارنة مع استخدام نسبة (250:1) حيث ازدادت كفاءة الازالة من (15-25%) ومن (44-52%) ومن (30-48%) للتركيز 50 و 100 و 150 ملغم/لتر على التوالي مما يدل على ان الاحياء المجهرية الفعالة في حالة كون نسبتها قليلة فإنها تحتاج إلى زمن بقاء هيدروليكي اكبر لكي تزداد كفاءتها في إزالة النترات كون ان زمن البقاء الهيدروليكي الاكبر يوفر مدة تماس اكبر للاحياء المجهرية مع النترات.

الاستنتاجات

- تزداد كفاءة الازالة للنترات مع زيادة نسبة الاحياء المجهرية الفعالة المضافة إلى وحدة المعالجة.
- تزداد كفاءة الازالة بزيادة تركيز النترات في المياه المعالجة.
- أعلى كفاءة إزالة وجدت عند التركيز 150 ملغم/لتر عند استخدام الأحياء المجهرية الفعالة بنسبة (250:1).
- عند استخدام نسبة قليلة للاحياء المجهرية الفعالة المضافة إلى وحدة المعالجة فإنها تحتاج إلى زمن بقاء هيدروليكي أعلى لكي تكون كفوءة في إزالة النترات.

المصادر

- 1- الحسين، حمود محمد حمود وحجاز، سلوى وضاي، محمد (2008). "معالجة المياه الجوفية الملوثة بشوارد النترات في مفاعل

الإزالة 18% و 45% عند التركيزين 50 ملغم/لتر و 100 ملغم/لتر على التوالي.

ويلاحظ من خلال الشكل (5) الذي يبين العلاقة ما بين تركيز النترات وكفاءة الازالة عند زمن بقاء هيدروليكي 24 ساعة ونسبة (500:1) للـ(EM) إن كفاءة الازالة ازدادت مع زيادة كمية الاحياء المجهرية الفعالة لكافة التركيز ووجدت أعلى كفاءة عند التركيز 150 ملغم/ لتر وبلغت 62% وذلك لكون تركيز النترات عالي مما يسهل من عملية الازالة وكلما قل تركيز النترات ادى إلى صعوبة إزالتها من المياه المعالجة وهذا واضح من خلال الشكل أعلاه حيث انخفضت الكفاءة الازالة عند التركيزين 50 ملغم/لتر و 100 ملغم/ لتر وبلغت 25% و 50% على التوالي.

أما الشكل (6) فيبين العلاقة ما بين تركيز النترات وكفاءة الازالة عند زمن بقاء هيدروليكي مقداره 24 ساعة ونسبة (250:1) للـ(EM)، يلاحظ من خلال الشكل ان اعلى كفاءة إزالة وجدت عند هذه النسبة مقارنة مع النسب المستخدمة السابقة مما يؤكد نظرية التناسب الطردي ما بين كفاءة الازالة وتركيز الاحياء المجهرية الفعالة، حيث بلغت كفاءة الازالة 32% و 57% و 74% عند التراكيز 50 و 100 و 150 ملغم/ لتر على التوالي.

أما فيما يخص زمن البقاء الهيدروليكي 48 ساعة تم استخدام نسبتين للاحياء المجهرية الفعالة هي اقل نسبة (5000:1) و اكبر نسبة (250:1)، حيث يبين الشكل (7) العلاقة ما بين تركيز النترات وكفاءة الازالة عند استخدام نسبة (5000:1) للـ(EM)، يلاحظ من خلال الشكل إن كفاءة الازالة ازدادت ولكل بنسبة قليلة كون إن غالبية النترات قد تم إزالتها عند زمن البقاء الهيدروليكي 24 ساعة حيث إزدادت الكفاءة من (32-40%) عند التركيز 50 ملغم/لتر ومن (57

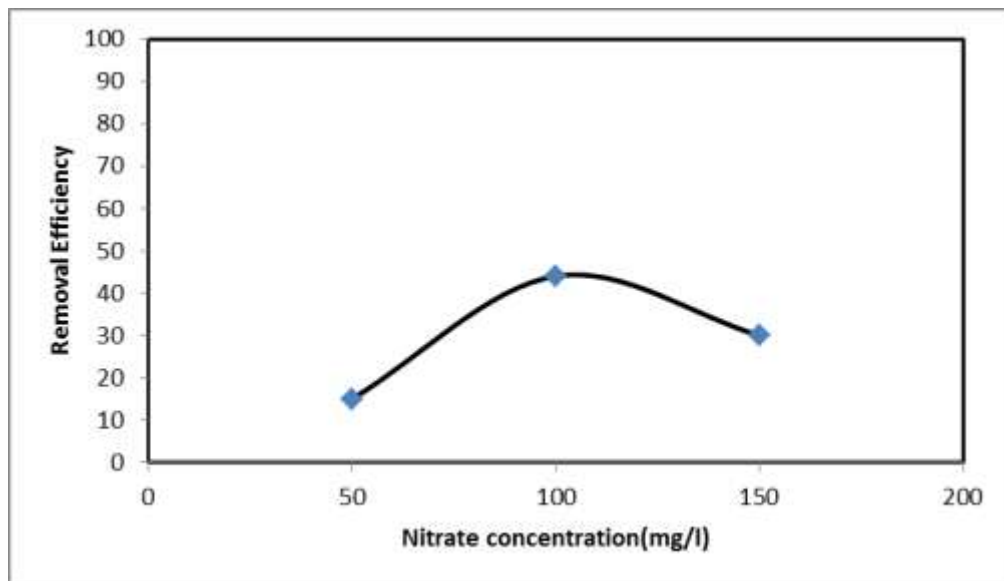
- and Co-Prosperity in North Korea for the Preservation of Environmental, Agricultural, Economic, and Cultural Integrity
- 10- المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا العربية السورية، مختبر الدراسات البيئية، الجمهورية العربية السورية. (2003)
- 11- EM Technology (1998). "Effective Microorganisms for a sustainable Agriculture and Environment", EM Tech. Product 1, <http://emtech.org/prod01.htm>.
- 12- Freitag G. (2000). "The use of Effective Microorganisms in Organic Waste Management", Effective Microorganisms@emtrading.com
- 13- Usher W. (2008). "The Use of Effective Microorganism Technology in the Wastewater Treatment Ponds of the Belize Sugar Industries Ltd", Belize Agro-Enterprise Limited-BAEL.
- 14- Sung-Hee Roh, Young-Jae Yum and Sun-LL Kim (2001). "Removal of Nitrogen and Phosphorus in the Wastewater by Effective Microorganisms", Applied Chemistry, Vol.5, No.2, PP.180-183.
- 15- Dahab Mohamed F. and Lee Young Woon , (1988) "Nitrate Removal from Water Supplies Using Biological Denitrification", Journal (Water Pollution Control Federation), Vol. 60, No. 9, WPCF, pp. 1670-1674
- 16- حوري، سماهر محمد (2011). "دراسة تأثير بعض العوامل التشغيلية للخلية الكهروحيوية على قابلية نزع ماء الحمأة المنشطة باستخدام المعالجة الهوائية واللاهوائية" رسالة ماجستير، كلية الهندسة، جامعة تكريت.
- السريير المميع"، مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية المجلد الرابع والعشرون - العدد الثاني.
- 2- Vasiliadou I.A., Karanasios K.A., Pavlou S. and Vayenas D.V. (2009) "Experimental and modelling study of drinking water hydrogenotrophic denitrification in packed-bed reactors" Journal of Hazardous Materials, 165, 812-824, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.10.067>.
- 3- Liessens, J., Germonpre, R., Beernaert, S. and Verstraete, W. (1993). "Removing nitrate with a methylotrophic fluidized bed" J. AWWA 85, PP.144-154.
- 4- Magram Saleh Faraj, (2010). "Drinking Water Denitrification in a Packed Bed Anoxic Reactor: Effect of Carbon Source and Reactor Depth", Journal of Applied Sciences 10(7): 558-563.
- 5- Casey, T.J., (1997)"Unit treatment processes in water and wastewater engineering". Jone Wiley & Sons.
- 6- Tchobanoglous, G. (1991) "Water Engineering Treatment; Disposal and Reuse", Mc Graw - Hill, Ince pp 432-437.
- 7- SUNDSTROM, DONALD and KLEI, HERBERT (1979). "WASTEWATER TREATMENT" Revised by Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs. PP. 162-163.
- 8- Higa T. (1991)."Effective Microorganisms: A biotechnology for Mankind", In. J.F Parr. S.B and C.E Whitman Proceeding of the First International Conference on Kyusei, Nature Farming U.S. Department of Agriculture Washington, D.C., USA.
- 9- Higa T. (2004)" Effective Microorganisms For Sustainable Community Development", A National Case Study of Cooperation

جدول (1): التركيب الكيميائي والبكتريولوجي للأحياء المجهرية الفعالة (EM)

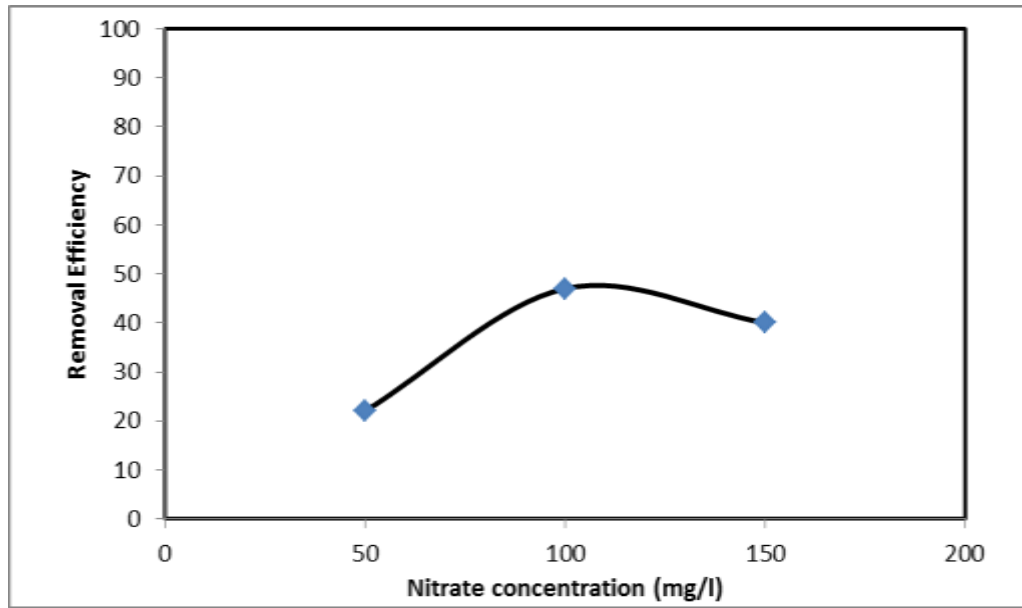
المحتوى	التركيز	الرمز
الماء	96.5%	H ₂ O
نتروجين النترات	23	NO ₃ -N
نتروجين الأمونيا	489	NH ₄ -N
الفسفور الكلي	8.06	PO ₄ -P
صوديوم	268.7	Na
بوتاسيوم	2034	K
حديد	9.14	Fe
الزنك	1.33	Zn
منغنيز	2.43	Mn
نحاس	0.81	Cu
زرنيخ	Max 0.05	As
زئبق	Max 0.05	Hg
كاديوم	Max 0.05	Cd
رصاص	03.0	Pb
المنيوم	22.0	Al
كوبالت	01.0	Co
كروم	09.0	Cr
نيكل	11.0	Ni
فناديوم	02.0	V
ملاحظة: تركيز جميع العناصر بالمليغرام/لتر		
بالإضافة إلى احتواء العينة على مزيج من المركبات العضوية التالية		
الكحول الأيثلي	Ethanol	حامض البرويانويك
البروبانول	Propanol	حامض الزبدة
حامض الخليك	Acetic Acid	الألجينات
بالإضافة إلى احتواء العينة على مزيج الأحياء المجهرية التالية والتي تعتبر من الأنواع الحميدة		
بكتريا التمثيل الضوئي (Photosynthetic Bactreia)		بكتريا حامض اللاكتيك (Lactic Acid)
Rhadopseudomonasplustris		Lactobacillus plantar
Rhadobactersphacrodex		Lactobacillus easei
		Streptococcus laetis
التعداد العام للمستعمرات البكتيرية		2.6 * 10 ⁶ ml
إضافة إلى احتواء العينة على خميرة الخبز Saccharomyces cerevisiae		



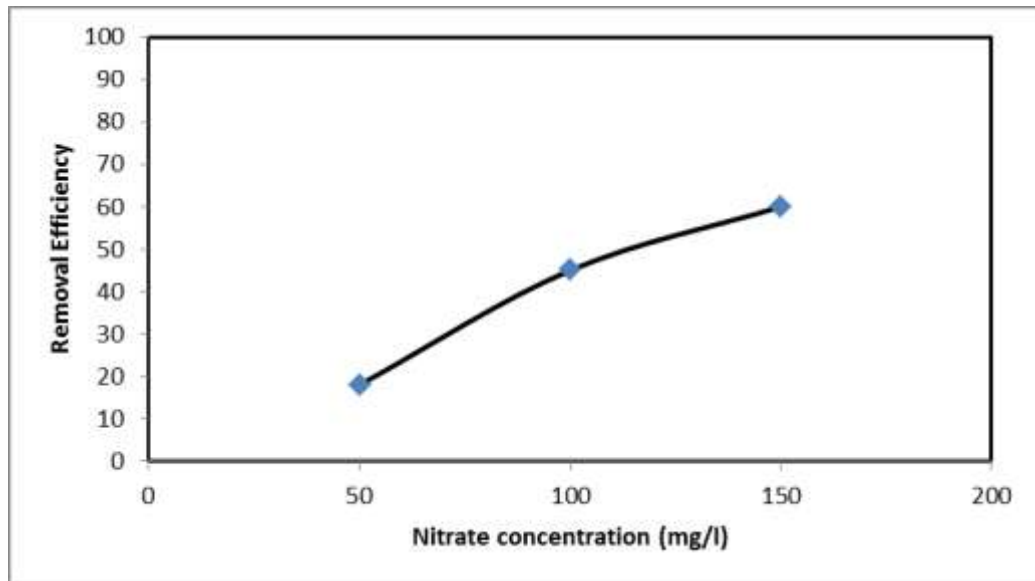
الشكل (1): صورة فوتوغرافية للمفاعلات أثناء فترة التشغيل



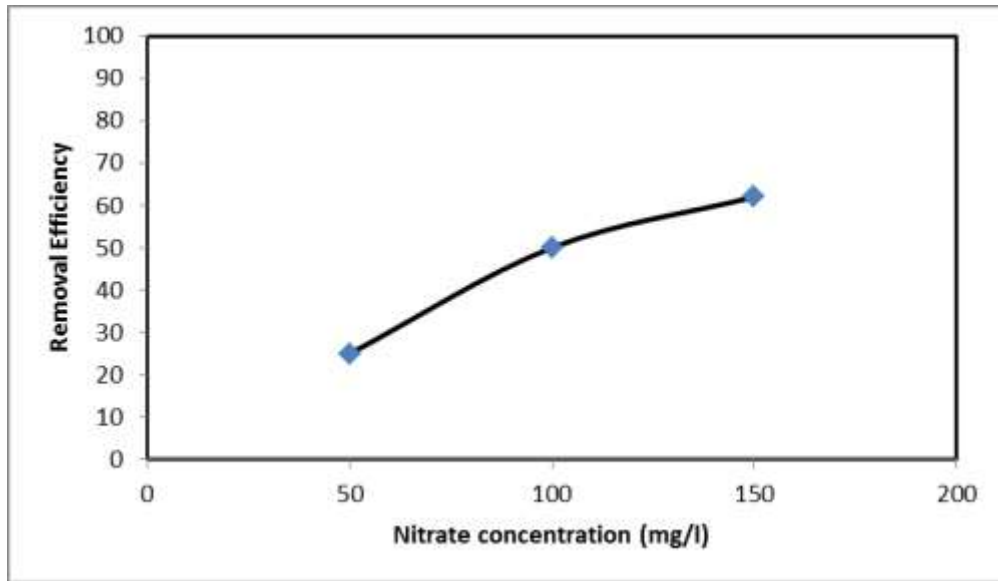
الشكل (2): علاقة ما بين تركيز النترات وكفاءة الإزالة عند زمن بقاء هيدروليكي 24 ساعة ونسبة (5000:1) للـ (EM)



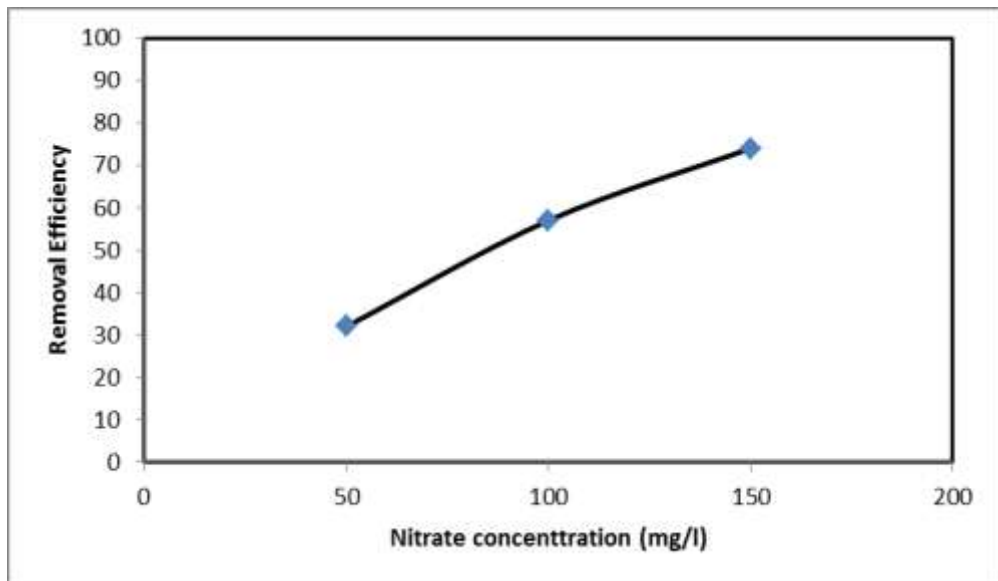
الشكل (3): علاقة ما بين تركيز النترات وكفاءة الإزالة عند زمن بقاء هيدروليكي 24 ساعة ونسبة (2000:1) للـ(EM)



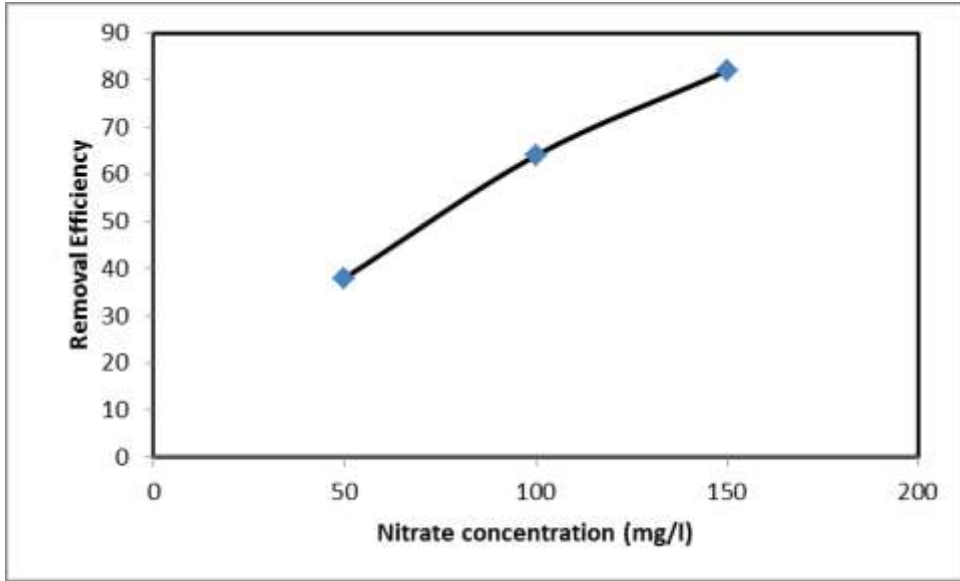
الشكل (4): علاقة ما بين تركيز النترات وكفاءة الإزالة عند زمن بقاء هيدروليكي 24 ساعة ونسبة (1000:1) للـ(EM)



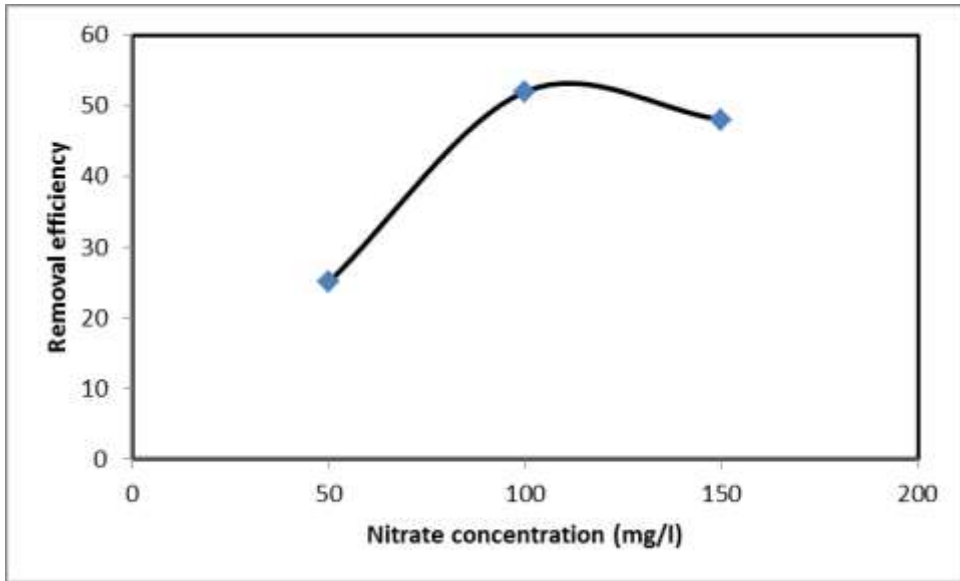
الشكل (5): علاقة ما بين تركيز النترات وكفاءة الإزالة عند زمن بقاء هيدروليكي 24 ساعة ونسبة (500:1) للـ(EM)



الشكل (6): علاقة ما بين تركيز النترات وكفاءة الإزالة عند زمن بقاء هيدروليكي 24 ساعة ونسبة (250:1) للـ(EM)



الشكل (7): علاقة ما بين تركيز النترات وكفاءة الإزالة عند زمن بقاء هيدروليكي 48 ساعة وتركيز (250:1) للـ(EM)



الشكل (8): علاقة ما بين تركيز النترات وكفاءة الإزالة عند زمن بقاء هيدروليكي 48 ساعة وتركيز (5000:1) للـ(EM)