ARTICLE
JOURNAL OF UNIVERSITY OF BABYLON
For Pure and Applied Sciences (JUBPAS)
Vol.30; No.1.| 2022

Lead Treatment by Eco-|Friendly Techniques

Hala Faez Abdul Hadi Al-Jawahery

[1]Department of Biology-College of Science-University of Babylon
sci.hala.ali@uobabylon.edu.iq

معالجة الرصاص بطرق صديقة للبيئة

حلا فائز عبد الهادي الجواهري
قسم علوم الحياة- كلية العلوم - جامعة بابل
sci.hala.ali@uobabylon.edu.iq

Received:	x/x/2021	Accepted:	x/x/2021	Published:	x/x/2021

ABSTRACT

Lead contamination is an ancient health problem that requires advanced treatment strategies. Here, we review the bioremediation of lead by bacteria, biosorption, exogenous sugars, bioaccumulation, biomineralization and bioaccumulation. The response of bacteria is determined at the molecular level through the expression of specific genes and proteins to combat lead toxicity. Biosorption and biodeposition can be successfully used to clean polluted environments. Bacterial bioremediation can be combined with phytoremediation for a more effective biological treatment. The bioremediation of bacterial lead is limited by environmental conditions, nutrient availability, and the presence of other contaminants from bacterial growth.

Keyword: Bioremediation, Lead, Toxicity, Bacteria, Pollution

الخلاصة

يعد التلوث بالرصاص مشكلة صحية قديمة تتطلب استراتيجيات علاجية متقدمة. هنا، نستعرض المعالجة الحيوية للرصاص بالبكتيريا، والامتصاص الحيوي، والسكريات الخارجية، والتراكم الأحيائي، والتمعدن الأحيائي، والتراكم الأحيائي. يتم تحديد استجابة البكتيريا على المستوى الجزيئي من خلال التعبير عن جينات وبروتينات معينة لمكافحة سمية الرصاص. يمكن استخدام الامتصاص الحيوي والترسيب الحيوي بنجاح لتنظيف البيئات الملوثة. يمكن دمج المعالجة البيولوجية البكتيرية مع المعالجة النباتية من أجل علاج بيولوجي أكثر فعالية. إن المعالجة الحيوية للرصاص البكتيري محدودة بسبب الظروف البيئية، وتوافر المغذيات، ووجود ملوثات أخرى من نمو البكتيريا.

الكلمات المفتاحية: المعالجة الحيوية، الرصاص، السمية، البكتيريا، التلوث.

ISSN: 2312-8135 | Print ISSN: 1992-0652
info@journalofbabylon.com | jub@itnet.uobabylon.edu.iq | www.journalofbabylon.com
مجلة جامعة بابل العلوم الصرفة والتطبيقية مجلة جامعة بابل العلوم الصرفة والتطبيقية

ISSN: 2312-8135 | Print ISSN: 1992-0652
info@journalofbabylon.com | jub@itnet.uobabylon.edu.iq | www.journalofbabylon.com

مجلة جامعة بابل العلوم الصرفة والتطبيقية مجلة جامعة بابل العلوم الصرفة والتطبيقية

الخلاصة

يعد التلوث بالرصاص مشكلة صحية قديمة، وتتطلب إستراتيجيات معالجة متقدمة. هنا، نستعرض بعض الطرق للمعالجة الحيوية المعالجة الحيوية للرصاص بالبكتيريا والامتصاص الحيوي والسكريات الخارجية والتراكم الحيوي والتمعدن الحيوي . تحدد استجابة البكتيريا على المستوى الجزيئي من خلال التعبير عن جينات وبروتينات محددة لمكافحة سُمِّيَّة الرصاص. يمكن استخدام الامتصاص الحيوي والترسيب الحيوي بنجاح لتنظيف البيئات الملوثة. يمكن دمج المعالجة البيولوجية البكتيرية مع المعالجة النباتية من أجل معالجة بيولوجية أكثر فعالية. إن المعالجة الحيوية للرصاص باستخدام البكتريا محدودة بسبب الظروف البيئية وتوافر المغذيات ووجود ملوثات أخرى تحد من نمو البكتيريا.

الكلمات المفتاحية: المعالجة الحيوية، الرصاص، السّميّة، البكتريا، التلوث

المقدمة:

استخدام البكتيريا للمعالجة البايولوجيَة للرصاص

وفقًا لتقرير معهد المعايير الصحية والتقييم (IHME)، فإن هنالك 26 مليون شخص معرضون للخطر بسبب زيادة التلوث بالرصاص، بينما تحدث 540.000 حالة وفاة في كل عام بسبب العبء الكبير للتلوث بالرصاص في البلدان النامية(1). يمكن استخدام البكتيريا المتكيفة للعيش بتراكيز عالية من الرصاص في المعالجة الحيوية للرصاص. يمكن استخدام المواقع الملوثة بالرصاص مدَة زمنية طويلة لعزل هذه البكتيريا المقاومة للرصاص (2). إن المعالجة الحيوية للرصاص لاتتضمن فقط إزالته من الموقع الملوث، بل يتعدى إلى إمكانية حدوث عملية استعادة بيئية لذلك الموقع.(3). وجد أن الكائنات الحية الدقيقة المعزولة والموجودة أصلاً في المواقع الملوثة تكون مقاومة بشكل عام لعدد من الملوثات السامة. يمكن استخدام الآليات الجزيئية المختلفة للبكتيريا المقاومة للرصاص لغرض زيادة فرصة نجاح المعالجة البيولوجية الميكروبية (4).

الامتصاص الحيوي لمعالجة الرصاص

إن الامتصاص الحيوي طريقة ذات كفاءة عالية لإزالة المعادن من بين طرق وآليات إزالة الملوثات(5). يمكن للكتلة الحيوية الميكروبية الحية والميتة أن تعمل كماصٍ حيوي جيد. تمتلك البكتيريا كثيراً من الروابط الكيميائية السالبة على سطح الخلية مثل مجموعات الكاربوكسيل والأمين والهايدروكسيل والفوسفات والسلف هيدريل التي يمكن أن ترتبط بالرصاص (5). يمتاز الامتصاص الحيوي باستخدام البكتيريا بصفات معينة مثل الانتقائية والخصوصية لمعدن معين وكفاءة الإزالة العالية.

إن عملية الامتصاص الحيوي الميكروبي هي عملية صديقة للبيئة وغير مكلفة وذات فعالية كبيرة مقارنة بمواد التبادل الأيوني المستخدمة تجارياً (6). تعمل البكتيريا الحية على إحداث التراكم الحيوي للرصاص بالتوافق مع الامتصاص الحيوي الذي يزيد بشكل كبير فعالية البكتيريا لإزالة الرصاص (7)، أما الكتلة الحيوية الميتة للبكتيريا يمكنها أيضًا التخلص من

المعادن من خلال الامتصاص الحيوي، ولا تتطلب الكتلة الحيوية الميتة تزويداً مستمرًا بالمغذيات، ومن ثمّ تقليل تكلفة العملية أثناء الامتصاص الحيوي وأيضًا لا تتأثر الكتلة الحيوية الميتة بالمواد السامة الموجودة في الفضلات الحاوية على الملوث المراد ازالته مما يضمن كفاءة المعالجة (8).

يمكن تقييد البكتيريا على مادة صلبة لعملية الامتصاص الحيوي ويمكن إعادة تدوير الرصاص الممتص بيولوجيًا للتخلص الآمن منه أو استخدامه مرة أخرى. يمكن إجراء معالجة الامتصاص الحيوي في الموقع أو في مفاعل حيوي مستمر. يمكن استخدام البكتيريا المقيدة بشكل متكرر للامتصاص الحيوي ، إذ لا تغسل الخلايا أثناء العملية (1).أظهرت *Bacillus megaterium* الحية امتصاصًا حيويًا عاليًا للرصاص في بيئة قاعدية خاصة في المناطق الجافة اوشبه الجافة الملوثة بالرصاص (9)، أيضًا أظهر كثيرٌ من البكتيريا المقاومة للرصاص القدرة على إنتاج مخثرات طبيعية لامتصاص الرصاص مثل *Pseudomonas marginalis*، إذ يرتبط ارتباطًا مباشرًا بكفاءتها في إزالة الرصاص (2). تتميز مركبات السكريات المتعددة الخارجية بكفاءة عالية في الارتباط بالمعادن بسبب التركيب الكيميائي لتلك المركبات علاوة على ذلك ، يمكن للبكتيريا المنتجة لتلك السكريات الخارجية أن تشكل غشاءً حيويًا يمكنه الارتباط بسهولة بمواد ساندة. يزيد تكوين الأغشية الحيوية الرقيقة من الروابط السطحية المشاركة في الامتصاص الحيوي ومن ثمّ يمنح إمكانات أعلى للمعالجة الحيوية (3). إن تكوين الأغشية الحيوية الرقيقة من قبل البكتيريا المقاومة للرصاص يساعد أيضًا البكتيريا على البقاء في ظل ظروف غير ملائمة. يمكن عزل المعادن الثقيلة بواسطة البكتيريا المنتجة للغشاء الحيوي باستخدام آلية الامتصاص الحيوي (10). ومن ثمّ يمكن استخدام آلية الامتصاص الحيوي للمعالجة الفعالة للرصاص. يمكن استخدام البكتيريا الماصة للرصاص من أجل المعالجة الناجحة للرصاص من الموقع الملوث.

في دراسة عملية وجد ان البكتريا السالبة لصبغة غرام Enterobacter agglomerans قــد ازالت 76.7 ملغم / لتر من أصل 3. 77 ملغم / لتر (11) كما وجد انه تم معالجة الرصاص بواسطة *Staphylococcus vastus* اذ كانت نسبة الازالة 60 %(12)

وامتزت بكتريا *Acinetobacter baumanni* 40ملغم/ لتر من الرصاص(13)

كما وجــد في العديد من الدراسات أن الخلايا المقيدة يكون الامتزاز لها أعلى من الخلايا الحرة وهذا ما وجده (14) من قدرة بكتريا Bacillus subtilis على امتزاز الرصاص بمقدار 25 ملغم/ لتر بالنسبة للخلايا البكتيرية الحرة في حين كانت 29 ملغم/ لتر بالنسبة للخلايا المقيدة .

التمعدن الأحيائي والترسيب البيولوجي للرصاص

تعمل آلية ترسيب الرصاص خارج الخلية وبينما تكون حركة الرصاص داخل وخارج البكتيريا تكون مقيدة ومحددة. تساعد عملية التمعدن الحيوي أو الترسيب للرصاص أيضًا في تقييد نقل الرصاص من موقع ملوث إلى مواقع أخروتتصف

ISSN: 2312-8135 | Print ISSN: 1992-0652 | www.journalofbabylon.com | jub@itnet.uobabylon.edu.iq | info@journalofbabylon.com

مجلة جامعة بابل العلوم الصرفة والتطبيقية مجلة جامعة بابل العلوم الصرفة والتطبيقية

هذه الطريقة بكونه أولاً: يساعد التمعدن الحيوي/الترسيب الحيوي في السيطرة على التلوث وثانيًا: يساعد في تركيز المعدن الثقيل في موقع يمكن أن يساعد بشكل أكبر في تسهيل عملية استخراج المعادن في موقع معين (15). التمعدن الحيوي هو تغيير كيميائي للمعادن الثقيلة بتحويلها بايولوجيًا إلى حالة معدنية صلبة. التمعدن الحيوي للرصاص هو عملية سريعة وفعالة مفيدة لإعادة تدوير المعادن الثقيلة. تسبب البكتيريا ترسيب كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ ، وتولد بيئة قاعدية لتكوين حجر الجير. ان ترسيب الرصاص يكون مفضل بصورة كبيرة بالبيئة القاعدية وفي حالة تكوين حجر الجير. يساعد التمعدن الحيوي والتلبد الناجم عن البكتيريا في إزالة Pb^{2+} من الموقع الملوث عن طريق الترسيب المشترك للرصاص مثل $Pb_5(PO_4)_3OH$ (16) تعد البكتيريا لاعبًا مهمًا في الدورة الكيميائية الحيوية التي يمكن أن تساعد في انتقال المعادن الثقيلة من حالة إلى أخرى عن طريق تغيير البيئة البيوكيميائية المحيطة (15)

يعد الأس الهيدروجيني عاملاً مهماً لتحديد قابلية ذوبان المعادن الثقيلة، إذ يسهل ارتفاع درجة الأس الهيدروجيني عمليتي ترسيب الرصاص وتقييده. تتأثر قابلية ذوبان هايدروكسيدات وكاربونات وفوسفات المعادن بقيمة الأس الهيدروجيني، وينتج عن النيتروجين العضوي تكوين الأمونيا (بفعل بكتيريا Nitrosomonas) التي تتحول إلى الأمونيوم عند ذوبانها في الماء ومن ثمّ ارتفاع قيمة الأس الهيدروجيني للوسط بشكل طبيعي ، ويعمل هذا التحفيز المايكروبي في زيادة الرقم الهيدروجيني مما يسهل عملية الاحتفاظ بالرصاص في سطح التربة عن طريق ترسيب الكاتيونات (17). البكتيريا الحاملة لجين pbrA تعمل على نقل أيون الرصاص خارج الخلية في حين طرح الفوسفات غير العضوي بواسطة البكتريا الحاملة لجين pbrB يعمل على ترسيب الرصاص ومنع إعادة دخول الرصاص إلى الكائنات الحية الدقيقة. تعمل أنظمة الجينات pbrA و pbrB للبكتيريا على إزالة سموم الرصاص عن طريق الترسيب والتقييد على سطح الخلية ويمكن تطبيق هذا النظام البكتيري في الحقل الزراعي لتجنب تراكم الرصاص في النباتات، إذ لا يمكن للنباتات امتصاص الرصاص المترسب (18).تكون حبيبات السايدروفور التي تنتجها الكائنات الدقيقة معقدات مع الرصاص وتمنع حركة الرصاص، إذ يؤثر التركيز العالي للرصاص بشكل إيجابي على إنتاج السايدروفور بواسطة المايكروبات الذي يمكن استخدامه لتحقيق أقصى قدر من تقييد الرصاص. إن *Pseudomonas aeruginosa* (سلالة 4EA) لها القدرة على إنتاج السايدروفور عند التعرض للرصاص، إذ يمكن استخدام هذه السلالات المايكروبية كمواد حيوية في الحقول الملوثة جنبًا إلى جنب مع الحديد (Fe) لتحقيق أقصى قدر من تقييد الرصاص (19) فئة أخرى من البكتيريا التي يمكن أن تعمل بشكل جيد لترسيب الرصاص هي بكتيريا phosphate–solubilizing (PSB) مثل *Atrophaeus*, Paenibacillus *macerans*, *Vibrio proteolyticus*, and *Xanthobacter agilis* والتي تعمل على إطلاق الفوسفات، وتساعد في إتاحة المزيد من الفوسفات لتفاعل الرصاص وتقييده، فيتفاعل الرصاص مع الفوسفات ومن ثمّ ينتج الرصاص المعدني غير القابل للذوبان بدرجة كبيرة ولهذا يعد استخدام بكتريا PSB مرة أخرى طريقة فعالة من حيث التكلفة وصديقة للبيئة للتقليل من سمية الرصاص (20). يمكن لبكتريا *Leclercia adecarboxylata* أن تقييد الرصاص على شكل (lead hydroxyapatite) و(pyromorphite). تفرز بكتريا PSB أيضًا كثيراً من الأحماض العضوية منخفضة الوزن الجزيئي مثل حامض الجلوكونيك وحامض الأكساليك وحامض

ISSN: 2312-8135 | Print ISSN: 1992-0652 | www.journalofbabylon.com | jub@itnet.uobabylon.edu.iq | info@journalofbabylon.com

مجلة جامعة بابل العلوم الصرفة والتطبيقية مجلة جامعة بابل العلوم الصرفة والتطبيقية

المالونيك وحامض الخليك وحامض الفورميك وحامض الستريك وحامض السكسينيك مما يقلل من درجة حموضة الوسط ويذيب الفوسفات للتفاعل مع الرصاص. يترسب الرصاص عند التفاعل مع الفوسفات القابل للذوبان ومن ثمّ يتم تقييده (21). يمكن استخدام آليتي التمعدن والترسيب الحيوي للرصاص من أجل المعالجة الناجحة للرصاص في المواقع الملوثة ولهذا يمكن استخدام البكتيريا التي تظهر خصائص التمعدن والترسيب الحيوي للرصاص موقعياً لمعالجة التربة الحقول الزراعية والمياه.

إزالة الرصاص عن طريق المعالجة النباتية المعززة بالميكروبات

تؤثر سمّيّة الرصاص على نمو النبات وقدرته على المعالجة النباتية، إذ إن لاختلاف قابلية ذوبان الرصاص تأثير على امتصاص النبات للرصاص، كما أن البكتيريا المقاومة للرصاص تعمل بكفاءة بالاشتراك مع بعض النباتات للمعالجة الحيوية للرصاص،في حين أن بعض أنواع البكتيريا المقاومة للرصاص التي تكون داخلية النمو في النبات تمتلك أيضًا خصائص تعزز نمو النبات. من خلال إنتاج إندول 3- حمض أسيتيك (IAA) و 1-أمينوسيكلوبروبان-1-كربوكسيلات (ACC) ديأمينيزوالسايدروفوروتثبيت النيتروجينوإذابة الفوسفات (22).يمكن استصلاح التربة الملوثة بالرصاص باستخدام الميكروبات المعززة لنمو النباتplant growth-promoting microbes (PGPM) التي تعمل في النهاية على تحسين جودة التربة وخصوبتها (23) ، إلى جانب ذلك تمتلك البكتيريا أيضًا أنشطة مضادة للأكسدة تساعد في معادلة الإجهاد التأكسدي في النبات (24). إن النباتات التي تمتلك خصائص تحمل المعادن والتراكم المفرط والكتلة الحيوية العالية والغطاء الأرضي تعد الأفضل مثالياً للمعالجة النباتية، ومع ذلك يمكن تحقيق كل هذه الخصائص للنبات باستخدام المايكروبات المعززة لنمو النبات التي تعيش بعلاقة تكافلية مع النباتات. وقد أجريت تجربة ميدانية باستخدام المعالجة النباتية بمساعدة المايكروبات وأظهرت استجابة موجبة لمعالجة الرصاص الحيوية مثل *Bacillus subtilis* و *Capsicum annuum* (23).

يظهر Mesorhizobium loti HZ76 تعايشاً مجهريًا مع *Robinia pseudoacacia* ، الذي يمكن استخدامه في المعالجة النباتية للرصاص في منطقة التعدين كما لوحظ أن إضافة بكتريا *Mesorhizobium loti HZ76* المقاوم للرصاص إلى النبات يدعم نمو ذلك النبات، ويساعد أيضًا في معالجة المعادن(25)

إن إنزيم Aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase, الذي تنتجه بعض أنواع البكتيريا يقوم بتحليل السلائف(أصول المواد) المطلوبة لتخليق الإيثيلين بالنبات وبنفس الاتجاه يعد انخفاض إنتاج الإيثيلين في النباتات أفضل لنمو النبات في ظل ظروف الإجهاد. إن بكتريا *Acinetobacter sp.* Q2BJ2 و *Bacillus sp.* Q2BG1 المقاومتين للعناصر الثقيلة يحتويان على نشاط انزيمaminocyclopropane1-carboxylate deaminase يزيد من الكتلة الحيوية للنبات وكذلك إجمالي امتصاص الرصاص في البيئة الملوثة بالرصاص (26). يحفز حامض الإندول 3-أسيتيك الذي تنتجه بعض أنواع البكتيريا نمو الجذور الجانبي والعرضي بينما يثبط نمو الجذر الأولي (25).

ISSN: 2312-8135 | Print ISSN: 1992-0652 | www.journalofbabylon.com | jub@itnet.uobabylon.edu.iq | info@journalofbabylon.com

مجلة جامعة بابل العلوم الصرفة والتطبيقية مجلة جامعة بابل العلوم الصرفة والتطبيقية

يزيد إنتاج سايديروفور من البكتيريا من توافر الحديد للنبات (26 و 27)، كما وجد ان ربط المعدن بالسايديروفور يعزز من عملية استخلاص المعادن بواسطة النباتات(26) تعمل عزلة *Bacillus* sp MN3-4 على تعزيز نمو النبات وتقليل السمية النباتية في النباتات عن طريق إنتاج إندول 3حامض و السايديروفور، وبهذا يمكن تطبيق مثل هذه السلالات على الحقول الزراعية الملوثة لتجنب التأثير السام للتلوث على المحاصيل (27). وجد أن لبكتريا *Pseudomonas sp.* القدرة على إنتاج هرمونات تعزز نمو النبات وSiderophore، ويمكنها أيضًا إذابة الفوسفات. كل هذه الخصائص يمكن أن تسهم في نمو النبات والمعالجة الحيوية للرصاص (18) ذكرت دراسة أخرى أن بكتريا *Bacillus subtilis* تزيد من حركة الرصاص في التربة مما يساعد في المعالجة النباتية حتى في درجات الحرارة المنخفضة (8). يؤدي الرصاص إلى إبطاء نمو النبات، ويقلل من كفاءة المعالجة النباتية من خلال الارتباط بالمكونات الرئيسية للتربة مثل المواد العضويةأو غير العضوية مما يجعل الرصاص غير متاح لامتصاص النبات الذي يمكن التغلب عليه عن طريق اضافة بعض البكتريا المقاومة للرصاص للمواقع الملوثة، ومن ثمّ تزيد هذه البكتيريا من قابلية ذوبان الرصاص، ومن ثمّ تعزز امتصاص الرصاص الكلي من قبل النبات. تفرز البكتيريا أحماضاً عضوية مثل أحماض الجلوكونيك والأكساليك والفورميك واللاكتيك..إلخ مما يقلل من درجة الحموضة، ويزيد من قابلية ذوبان الرصاص بشكل طبيعي. تعد *Brevibacterium frigoritolerans* YSP40 و *Bacillus paralicheniformis* YSP151 مايكروبات تعزز نمو النبات وتعالج الرصاص بشكل كبير(29). يعمل الارتباط التكافلي للبكتيريا المقاومة للرصاص مع النباتات على تحسين امتصاص النباتات للعناصر الغذائية (30)

تلعب الكائنات الدقيقة دورًا مهمًا في الدورة البيوجيوكيميائي للمادة، وتدفق الطاقة ،تزيد *Bacillus megaterium* من التوافر الحيوي للرصاص في التربة القاعدية ومن ثمّ يمكن استخدامه للمعالجة الحيوية للرصاص في الترب القاعدية في المناطق الجافة أو شبه الجافة، كما يرتبط محتوى الفوسفات في أي موقع ارتباطًا إيجابيًا بالرصاص المتاح، إذ إن زيادة مستوى الفوسفات القابل للذوبان بواسطة الكائنات الحية الدقيقة يعززمن امتصاص الفوسفات في النبات، كمثال على ذلك وجد ان بكتريا *Bacillus megaterium* (بكتيريا فوسفورية) لها القابلية على إذابة الفوسفات بشكل طبيعي لنمو النبات، وتنتج أيضًا متعدد السكريات الخارجية المهم في إزالة المعادن الثقيلة بكفاءة (9). تعزز الكائنات الحية الدقيقة المختلفة إذابة الرصاص مما يتيح امتصاص الرصاص بواسطة المحاصيل (31)، أيضاً إن إضافة السماد الحيوي جنباً إلى جنب مع المايكروبات المعززة لنمو النبات يمكن أن تساعد في تثبيت الرصاص وتقليل تراكم الرصاص في النباتات، فقد استخدم مثل هذه الأنواع من المايكروبات لتجنب تراكم المعادن السامة بواسطة المحاصيل (32). علاوة على ذلك،تعمل المايكروبات المعززة لنمو النبات أيضًا على إذابة المعادن الثقيلة بحيث تصبح متاحة بيولوجيًا لامتصاصها بواسطة النباتات (32 & 28). وهكذا تساعد البكتيريا النباتات في تعزيز قدرتها على معالجة الرصاص الحيوية من خلال آليات مختلفة. يمكن أن يكون الجمع بين المعالجة البكتيرية والمعالجة النباتية مفيدًا لتحقيق معالجة حيوية عالية للرصاص واستعادة المواقع الملوثة بيئيًا. يمكن أن تساعد الأبحاث الإضافية في اتجاه العلاقة التكافلية بين النبات والبكتيريا وتأثيرها في معالجة الرصاص في تطوير تقنية فعالة للمعالجة الحيوية للرصاص.

ISSN: 2312-8135 | Print ISSN: 1992-0652 | www.journalofbabylon.com | jub@itnet.uobabylon.edu.iq | info@journalofbabylon.com

مجلة جامعة بابل العلوم الصرفة والتطبيقية مجلة جامعة بابل العلوم الصرفة والتطبيقية

Conflict of interests.

There are non-conflicts of interest.

References

1- Rahman Z, Thomas L, Singh VP (2019) Biosorption of heavy metals by a lead (Pb) resistant bacterium, staphylococcus hominis strain AMB-2. J Basic Microbiol 59(5):477–486.

2- Bowman N, Patel D, Sanchez A, Xu W, Alsaffar A, Tiquia-Arashiro SM (2018) Lead-resistant bacteria from Saint Clair River sediments and Pb removal in aqueous solutions. Appl Microbiol Biotechnol 102(5):2391–2398.

3- Pepi M, Borra M, Tamburrino S, Saggiomo M, Viol A, Biffali E, Balestra C, Sprovieri M, Casotti R (2016) A Bacillus sp. Isolated from sediments of the Sarno River mouth, Gulf of Naples (Italy) produces a biofilm biosorbing Pb (II). Sci Total Environ J 562:588–595.

4- Du H, Chen W, Cai P, Rong X, Feng X, Huang Q (2016) Competitive adsorption of Pb and Cd on bacteria–montmorillonite composite. Environ Pollut 218:168–175.

5- Mohapatra RK, Parhi PK, Pandey S, Bindhani BK, Thatoi H, Panda CR (2019) Active and passive biosorption of Pb(II)using live and dead biomass of marine bacterium Bacillus xiamenensis PbRPSD202: kinetics and isotherm studies. J Environ Manage 247:121–134.

6- Li D, Xu X, Yu H, Han X (2017b) Characterization of Pb2+ biosorption by psychrotrophic strain pseudomonas sp. I3 isolated from permafrost soil of Mohe wetland in Northeast China. J Environ Manage 196:8–15.

7- Sharma B, Shukla P (2021) Lead bioaccumulation mediated by Bacillus cereus BPS-9 from an industrial waste contaminated site encoding heavy metal resistant genes and their transporters. J Hazard Mater 401:123285.

8- Cai Y, Li X, Liu D et al (2018) A novel Pb-resistant Bacillus subtilis bacterium isolate for co-biosorption of hazardous Sb(III) and Pb(II): thermodynamics and application strategy. Int J Environ Res Public Health 15(4):702–719.

9- Li X, Liu X, Bao H, Wu T, Zhao Y, Liu D, Li X, Yang T, Yu H(2018) A Novel high biosorbent of Pb-resistant bacterium isolate for the removal of hazardous lead from alkaline soil and water: biosorption isotherms In vivo and bioremediation strategy. Geomicrobiol J 35(3):174–185.

10- Kumari S, Das S (2019) Expression of metallothionein encoding gene bmtA in biofilm-forming marine bacterium pseudomonas aeruginosa N6P6 and understanding its involvement in Pb(II) resistance and bioremediation. Environ Sci Pollut Res 26(28):28763–28774.

11- Ozturk, A.; Artan,T.; Ayar ,A.(2004).Biosorption of nickle (II) and Copper (II) ions from aqueous solution by Streptomyces Colicolor A3(2). Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 24:105-111

12- Pena. I , Picazo. J.J ,Rodrigueu- Avail .C and Rodrigueu- Avail. I (2014) . J. Antimicrob .Agents 43(5) 460-464.

13- Rodriques, C.E.; Quesada, A.; Rodriguez, E.(2006). Nicklebiosorption by Acinetobacterbaumannii and Psedomonusaeroginosa isolated from industrial waste water. Brazillian Journal of Microbiology. 37:465- 467

14- Suwalee ,T . Unchalee ,T . Waranya , W . Varee ,W and Dwip , Kitayaporn . (2005) . development of multiplex pcr for the detection of total coliform bacteria for Eescherichia coli and clostridium perfringens in drinking water . southeast asian j trop med public health 6 (1) : 162-169.

15- Utami U, Harianie L, Dunyana NR, Romaidi (2020) Lead-resistant bacteria isolated from oil wastewater sample for bioremediation of lead. Water Sci Technol 81(10):2244–2249.

16- Zhang K, Xue Y, Xu H, Yao Y (2019a) Lead removal by phosphate solubilizing bacteria isolated from soil through biomineralization. Chemosphere 224:272–279.

17- Huang DL, Zeng GM, Jiang XY, Feng CL, Yu HY, Huang GH, Liu HL(2006) Bioremediation of Pb-contaminated soil by incubating with Phanerochaete chrysosporium and straw. J Hazard Mater 134(1–3):268–276.

18- Manzoor M, Abid R, Rathinasabapathi B, De Oliveira LM, da Silva E,Deng F, Rensing C, Arshad M, Gul I, Xiang P, Ma LQ (2019) Metal tolerance of arsenic-resistant bacteria and their ability to promote plant growth of Pteris vittata in Pb-contaminated soil. Sci Total Environ 660:18–24.

ISSN: 2312-8135 | Print ISSN: 1992-0652
info@journalofbabylon.com | jub@itnet.uobabylon.edu.iq | www.journalofbabylon.com

19- Naik MM, Dubey SK (2011) Lead-enhanced siderophore production and alteration in cell morphology in a Pb-resistant Pseudomonas aeruginosa strain 4EA. Curr Microbiol 62(2):409–414.
20- Yuan Z, Yi H, Wang T, Zhang Y, Zhu X, Yao J (2017) Application of phosphate solubilizing bacteria in immobilization of Pb and Cd in soil. Environ Sci Pollut Res 24(27):21877–21884.
21- Teng Z, Shao W, Zhang K, Huo Y, Li M (2019b) Characterization of phosphate solubilizing bacteria isolated from heavy metal contaminated soils and their potential for lead immobilization. J Environ Manage 231:189–197.
22- Bouquet D, Lepinay A, Gaudin P, Jean-Soro L, Le Guern C, Lichtfouse E, Lebeau T (2020) A new assay of bacterial selection with Pb reveals an unexpected effect of Pb on bacterial behavior: implications for remediation. Environ Chem Lett 18(3):983–992.
23- Abdelkrim S, Jebara SH, Saadani O, Abid G, Taamalli W, Zemni H, Mannai K, Louati F, Jebara M (2020) In situ effects of Lathyrus sativus- PGPR to remediate and restore quality and fertility of Pb and Cd polluted soils. Ecotoxicol Environ Saf 192:110260.
24- Yu S, Liang J, Bai X, Dong L, Liu X, Wei Y, Li Y, Huang S, Qu J (2018) Inoculation of plant growth-promoting bacteria Bacillus sp. YM-1 alleviates the toxicity of Pb to pakchoi. Environ Sci Pollut Res 25(28):28216–28225.
25- Fan M, Liu Z, Nan L, Wang E, Chen W, Lin Y, Wei G (2018) Isolation,characterization, and selection of heavy metal-resistant and plant growth-promoting endophytic bacteria from root nodules of Robinia pseudoacacia in a Pb/Zn mining area. Microbiol Res 217:51–59.
26- Zhang YF, He LY, Chen ZJ, Zhang WH, Wang QY, Qian M, Sheng XF (2011) Characterization of lead-resistant and ACC deaminaseproducing endophytic bacteria and their potential in promoting lead accumulation of rape. J Hazard Mater 186(2–3):1720–1725.
27- Shin MN, Shim J, You Y, Myung H, Bang KS, Cho M, Kamala Kannan S, Oh BT (2012) Characterization of lead resistant endophytic Bacillus sp. MN3-4 and its potential for promoting lead accumulation in metal hyperaccumulator alnus firma. J Hazard Mater 199–200:314–320.
28- Yongpisanphop J, Babel S, Kurisu F, Kruatrachue M, Pokethitiyook P (2019) Isolation and characterization of Pb-resistant plant growth promoting endophytic bacteria and their role in Pb accumulation by fast-growing trees. Environ Technol 41(27):3598–3606.
29- Yahaghi Z, Shirvani M, Nourbakhsh F, de la Pena TC, Pueyo JJ, Talebi M (2018) Isolation and characterization of Pb-solubilizing bacteria and their effects on pb uptake by Brassica juncea: Implications for microbe-assisted phytoremediation. J Microbiol Biotechnol 28(7):1156–1167.
30- Jebara SH, Abdelkerim S, Fatnassi IC, Chiboub M, Saadani O, Jebara M (2015) Identification of effective Pb resistant bacteria isolated from Lens culinaris growing in lead contaminated soils. J Basic Microbiol 55(3):346–353.
31- An F, Diao Z, Lv J (2018) Microbial diversity and community structure in agricultural soils suffering from 4 years of Pb contamination. Can J Microbiol 64(5):305–316.
32- Wang M, Chen S, Han Y, Chen L, Wang D (2019) Responses of soil aggregates and bacterial communities to soil-Pb immobilization induced by biofertilizer. Chemosphere 220(12):828–836.

ISSN: 2312-8135 | Print ISSN: 1992-0652
info@journalofbabylon.com | jub@itnet.uobabylon.edu.iq | www.journalofbabylon.com

مجلة جامعة بابل العلوم الصرفة والتطبيقية مجلة جامعة بابل العلوم الصرفة والتطبيقية