Bioremediation

Delaxification of heavy metals

ازاله سميه المعادن الثقيله

تعد المعادن الثقيله مثل الرصاص والزئبق والزرنيخ والكاديوم من اخطر المواد التي تلوث التربه والماء واهم مصادر التلوث هي مخلفات ونفايات المصانع ، صهر المعادن ، احتراق الفحم وعوادم السيارات والمبيدات الزراعيه . ان رمي الفضلات الصناعيه في مياه الانهار والبحيرات يؤدي الى ازدياد تركيز ايونات المعادن الثقيله السامه والتي تصل الانسان عبر السلاسل الغذائيه .

يعد التلوث بالمعادن الثقيله احد اهم المشاكل البيئيه وخاصه البيئهالمائيه بعض المعادن اذ تواجدت بتراكيز منخفضه تكون ضروريهلادامه الحياه للكائنات الحيه بضمنها الانسان مثل الحديد والنحاس والمغنسيوم الا ان ارتفاع مستوياتها عن الحد الطبيعي يكون له تأثير سام ، اما المعادن الثقيله الاخرى مثل الرصاص والزئبق والكاديوم فانها غير ضروريه للفعاليات الايضيه للكائنات الحيه وهي لاتتعرض للتكسير وذلك يقود الى تركيزها عبر السلسلهالغذائيه وبالتالي زياده سميتها . ان الخطر من سميه المعادن الثقيله يأتي من قدرتها على التراكم بتراكيز عاليه داخل انسجه النبات والحيوان وصولا الى مستويات التغذيه العليا ومنها الانسان ، اذ ان هذه المعادن تكون ذات الفه عاليه للتداخل مع مركبات الخليه فتعمل على تعطيل وضائف الجزيئات ذات الفه عاليه للتداخل مع مركبات الخليه فتعمل على تعطيل وظائف الجزيئات الاساسيه مثل الانزيمات والبروتينات وكذلك المادهالوراثيهDNA ويمكنها ان تكون مركبات في الانسجه الحيه قد تكون مسرطنه Carcinogenic حتى لو وجدت بتراكيز منخفضه كما انها تسبب امراض الرئه والكبد والعظام لذلك فان ازاله هذه المعادن من البيئه اصبح عمليه ضروريه جدا لحمايه البيئه وصحه الانسان .

تعد الاحياء المجهريه من اكثر الكائنات الحيه التي لها تأثير على المعادن الثقيله في البيئه اذ انها لاتستطيع تحطيم المعادن ولكن تستطيع ان تغير من خصائصها الكيميائيه من خلال عمليات الترسب او تكوين المعقدات او التراكم الحيوي وكذلك الامتزاز الحيوي وبالتالي تؤثر على انتقالها داخل السلاسل الغذائيه .

1-الامتزاز الحيوي Biosorption

هي احد التقنيات المهمه في مجال ازاله المعادن السامه من المخلفات الصناعيه والمياه الطبيعيه وهي تحدث غالبا بواسطه الاحياء المجهريه وهي تفاعلات فيزوكيمياويه تحدث بين ايونات المعادن وخلال الاحياء المجهريه وتعتمد هي الاليه على فكره ان الاحياء المجهريه تمتلك شحنه سالبه من خلال وجود مجاميع فعاله سالبه الشحنه في جدار الخليه وغشائها مثل مجاميع الكاربوكسيل والامين والفوسفات والاميدازول في حين تمتلك العناصر الثقيلهالشحنهالموجبه لذلك فيحدث ارتباط كهربائي اعتمادا على الجاذبيهالكهربائيهالساكنه Electro static Altraction وبعدما يرتبط المعدن بجدار الخليه فان دور النقل الفعال يمثل بنقل المعادن عبرغشاءالخليهللاحياءالمجهريه ومن الامثله على البكتريا التي تمتز المعادن الثقيله هي E coli و Bacillus subtilis و THiobacillusferreoxidans وغيرها .

تجري عمليه الامتزاز الحيوي بواسطه خلايا الاحياء المجهريه الحيه والميته ويكون للفطريات دور كبير في هذه العمليه ومن امثله هذه الفطريات Aspergillusniger و candidautilis وغيرها .

2- تراكم المعادن Metals accumulation

تؤدي الاحياء المجهريه دورا مهما في تجميع المعادن ويمكن استغلال هذه الظاهرهلاغراض صناعيه ولازاله التلوث الناتج من المخلفات المختلفه وقد اجريت العديد من الدراسات لمعرفه طبيعه التجمع اذ ان هناك عده ميكانيكيات مختلفه تشترك في تجمع المعادن من قبل الاحياء المجهريه مثل التبادل الايوني ion exchangeوالادمصاصadsorption والترسيب precipitation والتناسق coordination وتكوين المعقدات Complexation والنقل transport

ا-ion exchange : تحدث هذه الاليه نتيجه عمليه التبادل الايوني عند استبدال ايون موجب محل ايون موجب اخر والذي يشغل الموقع الخاص بالارتباط في جدار الخليه وهكذا فان الايونات الموجبه مثل Mg^{+2} و Ca^{+2} سوف تستبدل بايونات المعادن الثقيله كما وقد تتبادل الايونات الموجبهNa^{+} و k^{+} و Mg^{+2} و Ca^{+2} مع ايونات المعدن Co^{+2} و cd^{+2} و Cu^{+2}و Zn^{+2} في كل من جدار الخليه وغشاء الخليهوالسايتوبلازم

ب- precipitation :

تتواجد عاده المعادن الثقيله على هيئه ايونات موجبه الشحنهCations وتكمن خطورتها بكونها تتواجد بهيئه ذائبه لذلك تنتقل عبر السلاسل الغذائيه تساهم انواع من البكتريا بتحويل هذه الايونات الذائبه الى املاح غير ذائبه وبالتالي يمكن التخلص من سميتها ةتسمى عمليه التخلص من العناصر الثقيله بهذه الطريقه بالترسيب ومن اهم الاحياء المجهريه التي تساهم بهذه العمليه هي البكتريا المختزله للكبريت SRB ، تقوم هذه البكتريا باختزال الكبريتات تحت الظروف اللاهوائيه وتكوين الكبريتيد $S^{=}$ كما في المعادله :

$$So_4^{=} + 8H^{+} \rightarrow \quad H_2S + H_2o$$

يتفاعل الكبريتيد الناتج مباشره مع المعدن الذائب ليتحول الاخير بعد ذلك الى كبريتيد المعدن غير الذائب

مثال :

راسب $S^{=} + Cu^{+2} \rightarrow CuS\downarrow$

راسب $Hg + S^{=} \rightarrow HgS\downarrow$

في هذه العمليه تحول الايون الذائب الى ملح غير ذائب يمكن ان يترسب وبالتالي نتخلص من سميه هذا المعدن وفي البيئات الاهوائيه تمثل هذه الميكانيكيهالمهمه لترسيب المعادن . وقد وجد ان SRB لها دور فعال في ترسيب معدن البولونيوم PO على شكل كبريتيد المعدن عند تواجد مستويات عاليه من الكبريتيد .

*اليه مقاومه الكائنات الحيه للمعادن الثقيله وتأثيراتها السميه :

تحتاج الكائنات الى كميات قليله من الايونات الموجبه لنموها وتكاثرها وتقسم هذه الايونات الى قسمين تبعا الى تركيزها المطلوب :

Macronutrients-1 : مثل البوتاسيوم والحديد والمغنسيوم والكالسيوم والصوديوم ويحتاجها الكائن الحي في مستويات معينه ولايحدث النمو بغياب هذه العناصر لانها تدخل في تركيب المركبات المهمه .

Micronutrients-2 : او المعادن النزره مثل المنغنيز والنحاس والخارصين والكوبلت يحتاجها الكائن الحي بتراكيز منخفضه وتعد منشطات للانزيمات

تؤثر المعادن الثقيله على الخلايا البكتريه بطرق مختلفه منها :

1-ترتبط مع مجموعه (-SH) والذي يؤدي الى تثبيط فعاليه بعض الانزيمات

2-تؤدي الى ايقاف النمو في الخلايا بسبب ارتباطها بالبروتينات الخلويه

3-تؤدي الى اعاقه او سد المجاميع الفعاله في الجزيئات الحيويه

4-تسبب اضرار في غشاء الخلي هاو تغيير في خصوصيه الانزيم مما يؤدي الى خلل في وظائف الخلي هاو حدوث ضررا في DNA مؤدي الى الطفرهالوراثيه .

تستخدم بعض الكائنات الحيه مثل البكتريا والطحالب والفطريات وكذلك بعض انواع النباتات العديد من الاليات للتخلص من التأثيرات السامه الناتجه من بعض المعادن ومن هذه الاليات :

1-اطلاق بعض المواد العضويه خارج الخليه ترتبط بالايوناتالحره للمعادن وتجعلها بشكل غير حر مثل انتاج الحوامض العضويهCitric و cactic و fumaric و oxalic و malic والتي من الممكن ان تعمل كعامل كلابي Chelate للمعادن السامه ، اذ تكون جزيئات معدنيه عضويه metallo- organic molecules

2-ارتباط ايونات المعادن بجدار الخليهاو حصول تغير في نفاذيه غشاء الخليه ويطلق على هذه الاليات التي تحدث خارج الخليه بالاستبعاد Exclusion

3- تمتلك الاحياء المجهريه اليات مميزه مثل اليه plasmid- encoded والتي تكون متخصصه بانتزاع المعادن الثقيله وطرد الايونات الموجبهالثنائيه التكافؤ غير المرغوب بها من خلال غشاء الخليه .

4- الترسيب الميكروبي للمعادن الثقيله كمركبات غير ذائبه مثل Sulfides و carbonate و hydroxides و phosphate وبذلك يمكن اختزال التراكيز الموجوده من الايونات السامه .

5- تلجا الكائنات الحيه الى ازاله سميه المعادن داخل الخليهinternal detoxification بعمليات الاكسده والاختزال الحيوي لايونات المعادن

تستخدم طرق عديده للتخلص من التلوث الناتج عن تواجد العناصر الثقيله في فضلات المياه الصناعيه قبل اطلاقها الى البيئه منها طرائق غير بايلوجيه مثل عمليات الترسيب الكيميائي و

والاكسده والاختزال الكيميائي والتبادل الايوني والترشيح والعمليات الالكتروكيميائيه وغيرها وهذه الطرق محدوده الاستخدام لانهالاتتضمن ازاله كامله لايونات المعادن فضلا عن الحاجه الى انظمه للمتابعه والتحكم وكذلك تكوين مخلفات سامه تحتاج الى معاملات اخرى للتخلص منها .

اما الطرق البايلوجيه فتتضمن التراكم الحيوي والامتزاز الحيوي بواسطه الكائنات الحيه وتعد من افضل الطرق البديله في ازاله ايونات المعادن الثقيله من المحاليل المائيه حيث توفر ثلاث فوائد وهي :

1-ان العمليات البايلوجيه يمكن اجراءها في موقع التلوث.

2-لا تنتج مخلفات ملوثه للبيئه.

3-تكون قليله الكلفه من الناحية الاقتصادية.