

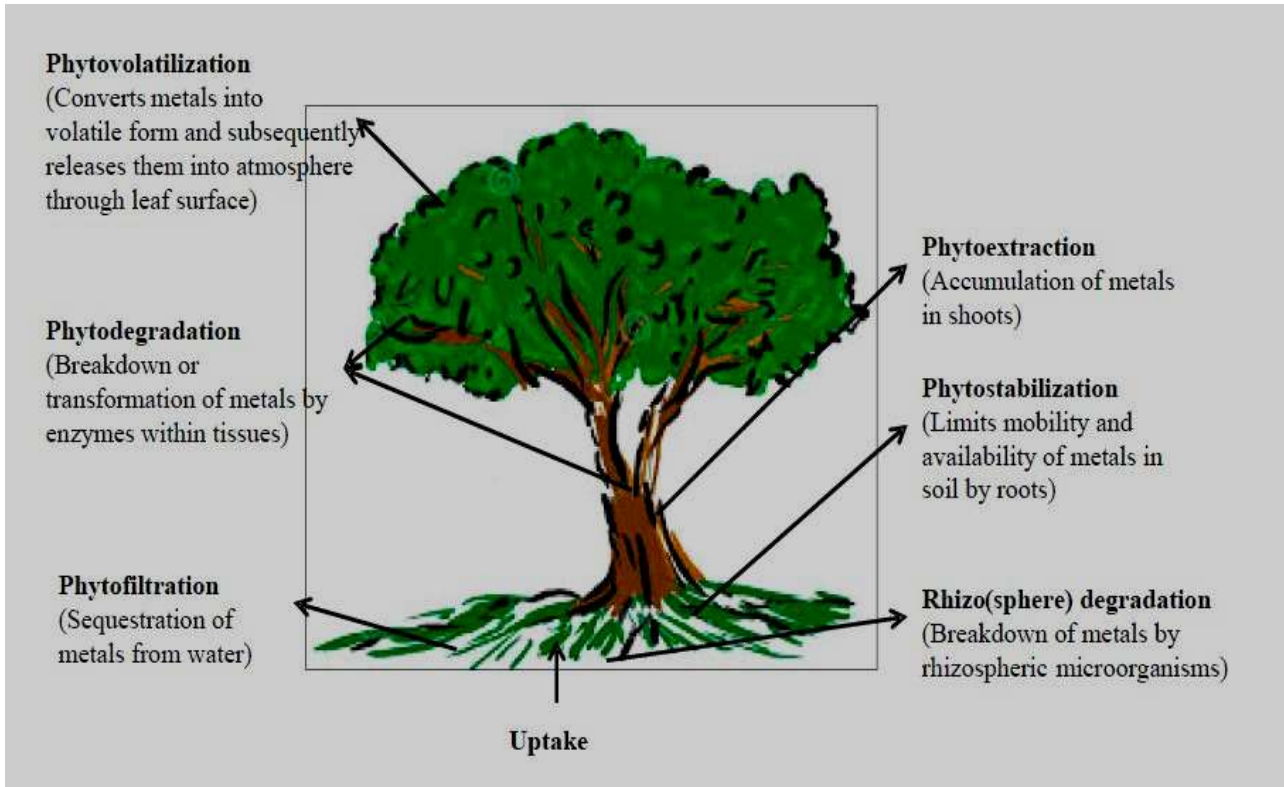
وتتماز **Phytoremediation** بما يأتي:

- 1- انها طريقة رخيصة لتنظيف البيئة
- 2- مفيدة جداً في المواقع الضحلة ذات المستويات القليلة من الملوثات
- 3- مفيدة في معالجة انواع مختلفة من الملوثات البيئية
- 4- فعالة في الاماكن التي تحتاج الى طرق تنظيف ميكانيكي عمل الاصلاح البيئي بالنباتات

### المعالجة باعتماد التقنيات النباتية **Phytoremediation**

تعرف المعالجة باعتماد تكنولوجيا استخدام النباتات **Phytoremediation** بانها استخدام النباتات في الطبيعة في معالجة وتخفيف او اعادة تاهيل المواقع الملوثة والمحافظة على استقرارها . يمكن ان تستخدم هذه المعالجات للمياه السطحية او الجوفية معاً وتشمل المعالجة بهذه الطريقة جميع العمليات البيئية والحيوية والكيميائية والطبيعية التي تقوم بها النباتات والتي تؤثر على معالجة الطبقات الملوثة. وتشمل المعالجة باعتماد التقنيات النباتية عدة عمليات مؤثرة على نوعية البيئة.

تتضمن عملية الـ **phytoremediation** عدة عمليات تؤدي بالنهاية الى تحليل اوزالة، او تثبيت الملوثات وتتضمن هذه العملية



### 1 — Phyto extraction الانتزاع

وتتضمن هذه العملية امتصاص العناصر الملوثة من قبل جذور النباتات وبالتالي تجمعها في الجزء العلوي من النباتات من ثم ازلتها عند عملية الحصاد. هذه العملية تكون مهمة في معالجة التلوث بالعناصر Ag, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Zn, B,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{234}\text{U}$  كذلك تكون مهمة في معالجة التربة الملوثة بـ  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{234}\text{U}$ , As, se,  $^{10}\text{sr}$ , هذه الطريقة تكون مهمة اساساً في ازالة هذه العناصر من التربة وكذلك ممكن ان تكون ذو اهمية في ازالة هذه العناصر من المياه، sludge، المياه الجوفي. يمكن استخدام النباتات لازالة المعادن من التربة او تغيير حركتها في التربة او في المياه الجوفية من خلال 3 اليات من المعالجة بالنباتات هي الانتزاع النباتي والترشيح الجذري والاستقرار النباتي وايصالها الى الاجزاء الخضراء في النبات فهناك بعض النبات التي تسمى Hyperaccumulator او ذوات القدرة العالية على التراكم تستطيع امتصاص كميات كبيرة او غير اعتيادية من المعادن بالمقارنة مع الاخرين. فبعد السماح للنباتات ان تنمو لفترة معينة، تحصد واما تحول الى رماد او الى سماد لاعادة المعادن ويمكن اعادة العملية عدة مرات الى ان يخفظ مستوى المعادن في الوسط الى الحد المقبول. وفي حالة تحويلها الى رماد يجب التخلص من الرماد عن طريق الدفن في مناطق طمر المخلفات وعند الطمر في نفس المنطقة المعالجة يجب ان يكون حجم الرماد اقل من 10% من حجم المعالجة

وافضل المعادن للمعالجة بهذه الطريقة هي النيكل والزنك والنحاس لان الغالبية العظمى من 400 نوع من النباتات لها القدرة على امتصاص كميات كبيرة من هذه المعادن.



## 2- الاستقرار النباتي Phytostabilisation:

ويطلق عليها ايضاً مصطلح in-place inactivation او phytoimmobilization

تتضمن هذه العملية تقليل حركة الملوثات بالتربة وذلك من خلال امتصاصها وتجمعها بالجذور او ادمصاصها او ترسيبها على الجذور او تغيير تكافئها في المنطقة الجذرية وتكون هذه مهمة في ازالة الـ Pb, Cr, Hg. كما ممكن ان تكون مهمة في ازالة الملوثات العضوية ( organic contaminants) من التربة. ان افضل فرص تطبيق التقنيات النباتية يكون في الترب الملوثة قليلاً والرواسب الطينية والمياه حيث ان المادة المعالجة ستكون على عمق قليل او متوسط والمنطقة المعالجة تكون كبيرة لذا تكون التقنيات الزراعية اقتصادية وعملية لكلا الزراعة والحصاد.

كما تعرف هو استخدام انواع معينة من النباتات لتقييد حركة الملوثات في التربة والمياه الجوفية من خلال امتصاص وتراكمها بواسطة الجذر او ادمصاصها او ترسيبها حول محيط الجذور وهذه العملية تقلل من حركة الملوثات وتمنع هجرتها في المياه الجوفية او الهواء وايضاً تقلل تواجدها الحيوي للدخول في السلسلة الغذائية وهذه التقنية يمكن ان تستعمل لاعادة بناء الغطاء النباتي في المواقع التي فقدت غطائها النباتي بسبب التراكيز العالية من المعادن في سطح الترب او الاماكن المتعرضة للعبث او التخريب الطبيعي ويتم ذلك باستخدام النباتات ذات القدرة العالية لتحمل المعادن Metal tolerant species.

### 3- Rhizofiltration الترشيح الجذري

ويطلق عليها مصطلح phytofiltration ايضاً يتم بهذه العملية ازالة العناصر الملوثة من التربة او مياه الفضلات عن طريق او امدصاصها او ترسيبها على جذور النباتات. تقوم جذور النباتات بخلق ظروف معينة بالقرب من الجذور او على الجذور يتم من خلالها ترسيب الملوثات على الجذور او في المنطقة الجذرية. تكون هذه الميكانيكية مهمة في معالجة Zn, Mn, Pb, Cd, Cu, Fe, Ni, Cr وكذلك ايضاً تلعب دور مهم في معالجة  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{236}\text{U}$

**الترشيح الجذري:** هو استخدام جذور النباتات لامتصاص الملوثات الموجودة في المحاليل المحيطة بها وهي تشبه الانتزاع لكن تختلف عنه في انها تخلص الماء من الملوثات وليس التربة ويمكن زراعة النباتات الجذرية في البيوت الزجاجية في مياه ملوثة مجلوبة من اماكن ملوثة او زراعة النباتات مباشرة في الاماكن الملوثة في الطبيعة حيث تقوم النباتات بامتصاص الماء والملوثات ذائبة فيه وعندما تنتشع الجذور بالملوثات تحصد النباتات وعلى سبيل المثال استخدام نبات زهرة الشمس لازالة الملوثات المشعة من مياه الاحواض في محطة تشرنوبل. هناك العديد من النباتات التي تستطيع استخلاص ومراكمة العناصر الثقيلة من المناطق الملوثة ، لكن تذكر احدى الدراسات بأنه حتى الوقت الحالي لم يكتشف نبات يناسب عمليه الاستخلاص لانه وحسب ما اوردته تلك الدراسه فان النبات المناسب لابد ان يكون ذو صفات مميزه ومن هذه الصفات هي:

- 1- سرعه النمو
- 2- المجموع الجذري العميق والكثيف
- 3- الكتلة الحيوية الكبيرة
- 4- سهوله الحصد والقطع
- 5- مراكمه مدى واسع من العناصر الثقيله
- 6- تحمل مستويات عالية من العناصر

ولفهم آليه التراكم في النبات سواء من الناحيه الفسيولوجية أو الكيموحيوية أو جزيئية لا بد من أخذ بعض الاعتبارات حيث يعد تراكم العنصر في الخلية دالة على قدرة الامتصاص وارتباطه في الموقع داخلها ، لكن التراكم على مستوى النبات أكثر تعقيدا حيث الحواجز التي لا بد من أخذها في الحسبان. هناك العديد من الآراء حول هذه الاعتبارات بالنسبة للنبات الكامل وهي:

- حركه الأيون في محلول التربة ومدى تيسره
- امتصاص الأيونات بواسطة الجذور
- نشاط الأحياء الدقيقة في المحيط الجذري

- تأثير المواد المفترزة من الجذور وتفاعلات الأكسده والاختزال
- نقل الأيونات في الجذر إلى الخشب كفاءه التحميل أو التخزين في الجذر
- نقل العناصر إلى المجموع الخضري
- توزيع العناصر في مواردما في الورقة



#### 4- التطاير Phytovolatilisation

**التطاير:** هو امتصاص ونقل الملوثات بواسطة النبات وتحريرها الى الجو متطايرا او على شكل بخار من الاوراق فقد لوحظ ان اشجار الغرب *Popular sp.* في دراسة خاصة لها القدرة على تطاير 90% من مادة Trichloroethylene (TCE) الممتصة أي استخدام قدرة النباتات على امتصاص الملوثات من وسط النمو وتحويلها بعد ذلك الى مواد متطايرة تنتقل الى الجو. يمكن أن يحدث مع الملوثات الموجودة في التربة والرواسب أو المياه، وقد وجد أن تحدث مع المركبات العضوية المتطايرة.

#### 5- Phytodegradation التحلل (التآكل)

استخدام المعالجة النباتية **Phytoremediation** لمعالجة الملوثات العضوية التاكل (التفتت) **Phytodegradation (Phytotransformation)** هو تفتيت او تحليل الملوثات الممتصة من قبل النباتات خلال العمليات الحيوية داخل النبات او تكسير المركبات الملوثة المحيطة بالنباتات عن طريق تأثير الانزيمات التي تفرزها النباتات . فالملوثات العضوية المعقدة تحول الى جزيئات ايسط تخزن في انسجة النبات للمساعدة في اسراع النمو فالنباتات تحتوي انزيمات (مواد

بروتينية) تحلل وتعجل التفاعلات الكيميائية وبعضها يحلل بقايا الذخائر الحربية وبعضها يفتت المذيبات الكلوريدية مثل (TCH) trichloroethylene وبعضها يحلل مبيدات الاعشاب.

### 6- تأكل الجذري او التحفيز (Rhizodegradation (Phytostimulation):

(او المساعدة النباتية في المعالجة الحيوية) وهو تحليل المركبات او تحطيمها في التربة المحيطة بالجذور (Rhizosphere) خلال نشاط الاحياء المجهرية المحفزة بواسطة جذور النباتات وهي اوطا من العملية السابقة فالاحياء المجهرية مثل الخمائر والفطريات والبكتريا تحلل وتحطم المواد العضوية للحصول على المغذيات والطاقة فهي بذلك تحول المركبات المؤذية للانسان وتحولها الى مواد غير مؤذية بعملية تسمى المعالجة الحيوية Bioodegradation فالنتائج الطبيعية المفزة من الجذور مثل السكريات والكحولات والحوامض تحوي الكاربون العضوي الذي يوفر غذاءً للاحياء المجهرية في التربة ويساعدها للقيام بفعاليتها الحيوية . كذلك جذور النباتات تساعد على ارخاء التربة وتسهيل انتقال الماء خلالها.

### Rhizodegradation التحفيز

يتم هذا من خلال خلق ظروف معينة في المنطقة الجذرية تساعد على عملية التحلل البيولوجي(Biodegradation) من خلال زيادة حجم وفعالية احياء التربة والتي تؤدي الى تحطم اوزالة سمية الملوثات العضوية (organic contaminant) هذه الميكانيكية مهمة في معالجة حالات تلوث التربة في الملوثات العضوية مثل مشتقات البترول الهيدروكاربونية والمبيدات وغيرها من المركبات العضوية

### 7- استخدام المعالجة بالنباتات للسيطرة الهيدروليكية على الملوثات

#### The use of Phytoremediation for Hydraulic control of Contaminants

النباتات يمكن ان تعمل كمضخة هيدروليكية عندما تصل جذورها الى مستوى المياه الباطنية وتبني كتلة كثيفة من الجذور التي تمتص كميات هائلة من الماء . مثلاً اشجار الغريب تستطيع ان تمتص وتبخر من 50-300 غالون ماء من المياه الباطنية وان هذه المياه المسحوبة من الارض تقلل ميل الملوثات السطحية للتحرك نحو المياه الباطنية ومنه الى مياه الشرب . ان استخدام النباتات كي تمتص بسرعة كميات كبيرة من الماء للسيطرة على حركة المياه تحت السطحية يسمى السيطرة الهيدروليكية وهناك عدة تطبيقات لهذه الطريقة مثل نباتات حواف الانهار Riparian corridors او الاشرطة الحاجزة buffer strips وكذلك قبعات الكساء الخضري vegetation caps او الغطاء النباتي.