مجلة أسيوط للدراسات البيئية – العدد الحادى والعشرون (يوليو ٢٠٠١) .

المعالجة الحيوية للملوثات البيئية

الدكتورة / وفاء محروس عامر

أستاذ مساعد التصنيف والفلورا – كلية العلوم – جامعة القاهرة

الملوثات البيئية:

أول من أطلق هذا المصطلح هما هوتزنجر وفيركامب عام ١٩٨١ [١٣]، وعرفاه على أنه : " المواد الكيماوية من أصول صناعية أو طبيعية تتحرر فى الطبيعة بفعل نشاط الإنسان ولها تأثير ضار على البيئة والإنسان " .

مقدمة :

يوجد عشرات الآلاف من الكيماويات تستخدم فى الصناعة والزراعة والمنازل والمستشفيات والمدابغ والمزارع الحيوانية والمسابك ، ويقدر عدد المواد الكيماوية العضوية التى تستخدم فى الصناعة فى الدول النامية بحوالى ٥٠,٠٠٠ مركب وآلاف من المبيدات التى تستخدم لإبادة الأعشاب والحشرات.

ومما يزيد الأمر صعوبة فى تناول موضوع الملوثات الكيماوية من ناحية البحث أو المعالجة هو طبيعة هذه المواد . فهذه المواد لا تقع ضمن ما يتناوله العلماء بالدراسة من حيث أحوال المادة المختلفة ودرجة تفاعلها مع غيرها ونواتج تحللها وتأثيرها على الكائنات بصورة مستفيضة . وبالرغم من أن هذه المركبات لها صفات عضوية إلا أنه لا يمكن تحليلها بالأنزيمات مثلا لأن معظمها مركبات عضوية الأصل تم إحلال ذرات الهيدروجين منها بمجموعات كيماوية ، وبالتالى فقدت خاصية المواد العضوية الأصلية إن كان أصلها سكريات أو أحماض أمينية أو غيرها ؛ ولهذا لا ينطبق عليها قوانين العضوية المعروفة من حيث التفاعل والتحلل وغيرها.

طبيعة ومصادر الملوثات:

تتعدد الملوثات ومصادرها ولكننا سوف نتناول أهم الملوثات البيئية:

١- تحتل مواد الصباغة والأدوية والكيماويات الزراعية الاهتمام الأول حيث أن ٥٠% من المادة المستخدمة من هذه المواد يفقد فى الطبيعة على شكل ملوث [٣]، ونسبة الفقد هذه تحدث على مراحل أثناء التشغيل والاختبار ومخلفات الإنتاج والتعبئة والنقل والاستخدام والفائض من الاستخدام ، وكذلك المركبات الناتجة من تفاعل المنظفات مع بقايا هذه المواد فى كل مرحلة .

٢ – البترول والبتروكيماويات : ففى البترول يتحرر جزء منه على شكل ملوث للبيئة أثناء الاستكشاف والحفر والاستخراج والنقل والاستخدام. والبتروكيماويات الأكثر انتشارا هى أنواع البلاستيك المختلفة وإطارات السيارات.

٣ – تأتى ملوثات أخرى قد يكون لها تأثير بيولوجى ضار جداً على صحة الإنسان والحيوان بصورة مباشرة مثل مخلفات المستشفيات والمنازل والمجازر والمزارع وورش الجلفنة والمسابك.

وتتوزع هذه الملوثات فى البيئة فى ثلاث أماكن رئيسية : (الهواء ، الماء ، التربة) ، ويلخص شكل (١) مسار هذه الملوثات فى الطبيعة وإمكانية تحولها من صورة إلى أخرى.

المعالجة الحيوية:

هى عملية اختيار كائن حى يمكن أن تخلصنا من بعض الملوثات الموجودة فى البيئة المحيطة بنا (ماء – هواء – تربة) . وعند اختيار كائن حي: نبات – حيوان – كائن دقيق (بكتيريا) لإزالة بعض الملوثات البيئية فإن المتوقع لهذه الملوثات أن يكون الناتج هو:

١- عدم تأثر المُلوث المُعالج نهائياً.

٢- إنتاج مركبات جديدة يسهل تحليلها بيئياً.

٣- إنتاج مركبات خاملة غير ضارة بالبيئة.

٤- إنتاج مركبات أقل خطورة من المركب الأصلى .

ويجب اختبار النواتج جيداً حتى لا تكون أكثر خطورة.

استخدام الكائنات الدقيقة لاختبار تلوث التربة:

يختلط ثلثا الأراضى فى هذا الكون بالكائنات الدقيقة ، وهذه الكائنات هامة فى عمليات الهدم ، وتحلل المواد العضوية وخاصةً السام منها ، وهى العامل الرئيسى فى دورة الكربون والنيتروجين والفوسفور والكبريت فى الطبيعة وتحافظ على استمرارية هذه العناصر فى التربة بقدر كاف لحياة النبات والحيوان. وهناك العديد من البكتيريا والفطريات التى تلعب دوراً هاماً فى استمرارية خصوبة التربة.

وهذه الحالة المركبة للتربة من وجود كائنات عديدة يجعل التدخل فى التربة لمعالجتها حيوياً باستخدام الكائنات الدقيقة يحتاج إلى جهد علمى دقيق حتى لا تتأثر وظائف أو أعداد باقى الكائنات الموجودة مما يضر بالتكوين الطبيعى للتربة.

وتوجد عدة طرق لقياس التلوث فى التربة بسبب الكيماويات منها : قياس معدل تنفس التربة (إنتاج كائنات التربة لثانى أكسيد الكربون) والنشاط الإنزيمى للتربة مثل تحلل اليوريا باليورياز ومركبات الفوسفات بالفوسفاتيز. وفى حالة قياس درجة التلوث باستخدام كائن ميكروبى يجب أن نختار كائن حساس للتلوث مثل بكتيريا النيترة ، وهى المسؤولة عن أكسدة الأمونيا إلى نترات. وهناك عدة طرق تم ذكرها فى برنامج الأيزو (ISO 14238) كما أن هناك قوانين منظمة تحدد تأثير الملوثات على كائنات التربة [٢١] .

استخدام النباتات المتطورة لاختبار تلوث التربة:

تعتبر جذور النباتات من أنشط الأسطح البيولوجية ، وتم تجربة طرق عالمية عديدة لقياس درجة سمية الملوثات على النباتات المتطورة ، ومن هذه الطرق (ISO 1129 & OECD 208) ، وتشترك هاتان الطريقتان فى أن درجة تأثير الملوث تقاس بتأخر نمو الجذر وتثبيط عملية الإنبات وخروج البادرات فوق سطح الأرض . وعند اختبار تلوث التربة يراعى استخدام محاصيل تتميز بسرعة النمو مثل الفول والكرنب والخس واللفت والقمح والفجل و..... إلخ .

وهناك أصناف من جنس الكبر .*Brassica* sp تكمل دورة حياتها فى ٣٥ يوماً مما يتيح للباحث حساب سرعة الإنبات وسرعة النمو وإنتاجية البذور ودرجة خصوبة البذور وغيرها فى فترة وجيزة .

وهناك مشروع ألمانى يجرى العمل به الآن تحت عنوان " الطرق البيولوجية لمعالجة التربة " يستخدم فيها الفجل و الـ Oat لقياس درجة تلوث التربة.

أنواع الملوثات تبعاً لطبيعتها الكيماوية:

يمكن تقسيم ملوثات التربة ذات الخطورة العالية إلى أربع مجموعات:

١- معادن ثقيلة	Heavy metals
٢- ثنائى الفينول عديد الكلورين	Polychlorinated Biphenyl
٣- هيدروكربونات أروماتية عديدة الحلقات	Polycyclic hydrocarbons
٤- مبيدات حشرية كلورونية	Chlorinated pesticides

ويندرج تحت كل عنوان مجموعة كبيرة من المركبات تم ذكرها فى منشورات منظمة البيئة العالمية (Federal Environmental Agency) ، وكذلك تم تحديد التركيز الحرج لهذه الملوثات وسوف نذكر بعضها فى جدول (١).

التركيز الحرج لبعض الملوثات :

يُعرف هذا التركيز بأنه أعلى تركيز للملوث يمكن للجسم البيولوجى تحمله وإذا تعدت المادة هذا التركيز أصبحت ضارة . ويختلف تأثير الملوث باختلاف استخدام الأرض ومدة ملامسة الإنسان لها (جدول ٢) . وقدُ روعى فى هذا الجدول تأثير هذه الملوثات على الإنسان بالدرجة الأولى ، ومن الجدول يمكننا استقراء الآتى :

تحتوى أرض الملاعب على أقل تركيز حرج للمواد الملوثة ويزيد هذا التركيز فى الأماكن السكنية وتصل أعلى معدلاتها فى الأماكن الصناعية. وتختلف التركيزات طبقاً لخطورة هذه المواد فمثلاً الألدرين لا تتعدى نسبته فى أرض الملعب ٢ مج/كجم تربه فى حين يصل تركيز الرصاص إلى ٢٠٠ مج/كجم تربة فى نفس المكان [٢١] .

جدول (١) : التركيز الحرج واستخدام الأرض

Substance	التركيز الحرج Trigger level µg/Kgm soil	المادة
Antimony	10	أنتيمون
Arsenic	10	زرنيخ
Lead	25	رصاص
Cadmium	5	كادميوم
Chromium, total	50	مجموعة الكروميوم
Chromate	8	كرومات
Cobalt	50	كوبلت
Copper	50	نحاس
Molybdenum	50	موليبدنم
Nickel	50	نيكل
Mercury	1	زئبق
Selenium	10	سيلينيم
Zinc	500	زنك
Tin	40	قصدير
Cyanide, total	50	مجموعة السيانيد
Cyanide, easy releasable	10	السيانيد سهل التحرر
Fluoride	750	الفلوريد
Mineral Oil hydrocarbons	200	هيدروكربونات زيتية معدنية
Benzol	1	بنزول
Aldrin	0.1	الدرين
DDT	0.1	د.د.ت
Phenol	20	فينول
Naphthalene	2	نفتالين
Polychlorinated biphenyls (PCB6)	0.50	ثنائى الفينول عديد الفلورين
Polynucleararomatic hydrocarbons (PAH)	0.20	هيدروكربونات عديدة الأنوية الأروماتيه

جدول (٢) : التركيز الحرج واستخدام الأرض

Substance	Playing grounds ملاعب	Resi-dential مناطق سكنيه	Parks/ Recreation حدائق - مواقف	Industrial Areas الأماكن الصناعية	المـــادة
	[mg/ Kg dry matter]				
Arsenic	25	50	125	140	زرنيخ
Lead	200	400	1,000	2,000	رصاص
Cadmium	10	20	50	60	كادميوم
Cyanide	50	50	50	100	سيانيد
Chromium	200	400	1,000	1,000	كروميوم
Nickel	70	140	350	900	نيكل
Mercury	10	20	50	80	زئبق
Aldrin	2	4	10		ألدرين
Benzo(a)pyrene	2	4	10	12	بنزو (أ) بيرين
DDT	40	80	200		د.د.ت
Hexachlorobenzene	4	8	20	200	بنـــزين سداســـى الكلور
HCH (compounds)	5	10	25	400	مركبـــــــــات الهيدروكربونات
Pentachlorophenol	50	100	250	250	فينـــــول ثمـــانى الكلور
PCB	2	4	10	200	ثنـــائى الفينـــول عديد الكلورين

أهمية المعالجة الحيوية:

١- تحويل المركبات الغير نشطة إلى مركبات نشطة .

٢- إزالة المواد التى تستغرق وقت طويل لتتحلل مثل البلاستيك .

٣- تحويل الملوثات إلى مركبات آمنة أو على الأقل غير نشطة .

٤- المحافظة على حياة الإنسان .

٥- المحافظة على المصادر البيئية .

٦- معالجة الملوثات التى لا يمكن معالجتها كيماوياً مثل الأسفلت .

٧- الحد من استعمال الكيماويات فى معالجة الملوثات .

٨- إنقاذ حياة الحيوانات والنباتات المائية .

٩- تنظيف التربة من الملوثات وإعادة استخدامها .

١٠- المحافظة على المصادر المائية وإعادة استخدام المعالج منها .

المعالجة الحيوية لملوثات الماء والتربة باستخدام النباتات المائية:

١ ــ السرجسم والأولفا *Sarrgasum & Ulva* :

أوضحت الدراسة التى أجراها Fathy أن مسحوق بعض الطحالب مثل السرجسم والأولفاُ ترسب الملوثات من العناصر الثقيلة وبالتالى يمكن استخدام المياه مره أخرى كما أن طحلب الأولفا يمتص كمية كبيرة من الكروميوم [٩].

٢ ــ البوتاموجيتن بكتنيتس *Potamogeton pectinatus*

يعيش هذا النبات مغموراً فى الماء العذب وله القدرة على إمتصاص الملوثات خاصةً من المياه القلوية ذات الحرارة العالية والمحتوية على تركيزات عالية من الأيونات المذابة مثل الكبريت والكلورين [١]. ويستخدم أيضاً هذا النبات لمعالجة التربة المشبعة بالماء (hydrosoil) ، والتى تحتوى على تركيزات عالية من المواد العضوية [١٦، ١٨].

٣ ــ ميريوفيلم سبيكاتم *Myriophyllum spicatum*

يعيش هذا النبات مغموراً فى الماء العذب وله القدرة على تنقية المياه الملوثة بمواد عضوية ونيترات ونيتروز وكبريت ويمكنه أن يتحمل نسبه من المواد العضوية فى الوسط تتراوح ما بين ٢٠-٣٠%.

٤ــ نخشوش الحوت *Ceratophyllum demersum*

يعيش هذا النبات مغموراً فى الماء العذب ويمكن استخدامه لمعالجة المياه التى تحتوى على نسبه عاليه من الكربوهيدرات ونسبة عالة من الأكسجين ويعالج أيضاً التربة المشبعة بالماء والتى تحتوى على نسبة عالية من البوتاسيوم والكبريت والقلوية [٥].

٥ ــ البوتاموجيتن كرسبس *Potamogeton crispus*

يعيش هذا النبات مغموراً فى الماء العذب ويمكن استخدامه لمعالجة المياه الراكدة والتى تحتوى على نسبة عالية من الأكسيجين الذائب والكبريت ، وكذلك التربة القلوية المشبعة بالماء والتى تحتوى على نسبة ضئيلة من الفوسفات والمواد العضوية [٥].

٦ – ورد النيل *ichhornia crassipes*

يعيش هذا النبات عائم على سطح الماء العذب غالباً وإن كان فى السنوات الأخيرة أظهر تحملاً للملوحة حيث بدأ ينمو فى البحيرات المرة . ولهذا النبات قدرة فائقة على امتصاص العناصر الثقيلة مثل الكادميوم – النحاس – الحديد – الزنك من التربة المشبعة بالماء [٤] .

٧ – الحجنة *Phragmites australis*

ينمو هذا النبات فى البرك الضحلة و الأراضى الرطبة المهجورة. وقد استرعى هذا النبات فى السنوات الأخيرة انتباه العلماء لاستخدامه لمعالجة التربة والماء من الملوثات ومن أبرز هؤلاء العلماء :

Gersberg, *et al* (1986); Cooper & Boon (1987) and Williams, *et al* (1994).

ولهذا النبات بعض المميزات التى تجعله قادراً على المنافسة فى مجال المعالجة الحيوية منها سرعة تكاثره بالريزومات وإمكانية نموه بعد التخلص من أجزاءه الخضرية وتظل ريزوماته حيه فى التربة الجافة من ٨–٩ سنوات ، وإعطاؤه كمية من الوزن الجاف بعد حرقه قليلاً إذا ما قورنت بكمية النمو الخضرى له ، وكذلك ينمو فى وسط واسع الأُس الهيدروجينى ٦,٩ –٩,٣ [٢٠] .

حالات دراسية على أماكن ملوثة:

١ – المعالجة الحيوية لنفايات البترول (القطران) باستخدام النباتات البرية :

أثبتت التجارب التى أجراها حجازى [١١] على الأرض الملوثة بالقطران فى قطر على ساحل الخليج العربى أن بعض النباتات البرية مثل :

Aizoon canariense, Anabasis satifera, Atrilex leucoclada, Fagonia indica, Salsola imbricata, Senecio glaucus, Sporobolus arabicus, Suaeda aegyptiaca and Zygophllum quatarense.

إن هذه النباتات يمكنها أن تعطى نمواً مثالياً فى هذه التربة الملوثة التى يصل تركيز القطران بها إلى ٢٠% من وزن التربة. ولكن معالجة هذه التربة بالنباتات يستلزم بعض الاحتياطات منها :

عمر المكان المُلوث وكمية القطران المتصلبة ونسبة الرطوبة وحجم المكان المراد معالجته وطريقة تراكم القطران وكذلك الظروف المناخية المحيطة مثل درجة الحرارة والضوء والمطر وغيرها .

فنمو النباتات يساعد على تهوية التربة وزيادة معدلات المواد العضوية بها كما أن وجود نسبة قليلة من القطران يزيد من قدرة التربة الرملية على الاحتفاظ بالماء.

٢ ــ المعالجة الحيوية للمعادن الثقيلة :

أثبتت التجارب التى قام بها على وسلطان [٤] أن بعض النباتات المائية مثل ورد النيل ونخشوش الحوت لهما خاصية امتصاص العناصر الثقيلة من الماء والتربة المشبعة بالماء فمثلاً ورد النيل قادر على امتصاص المنجنيز والنحاس والنيكل والرصاص أما نخشوش الحوت فله القدرة على امتصاص الحديد والمنجنيز والنحاس من المخلفات السائلة للمصانع .

٣ ــ المعالجة الحيوية لمخلفات مصانع المطاط:

تم استخدام نبات ورد النيل فى الثمانينيات فى ماليزيا للتقليل من معدل التلوث فى مخلفات مصانع المطاط السائلة. وقد أثبتت النتائج أن نمو النبات لمدة عشرة أيام فى هذه المياه يجعلها تتخلص من ٤٣% من المواد الصلبة ، ٧٩% من المواد العالقة ، ٩٢% من الأكسجين الناتج من مصادر عضوية (COD) ، ٩٨% من الأكسيجين الناتج من مواد بيولوجية (BOD) ، ٥٦% من النيتروجين [١٤].

٤ - المعالجة الحيوية لمخلفات معاصر زيتون النخيل:

تم أيضاً استخدام نبات ورد النيل فى ماليزيا لمعالجة مخلفات معاصر زيت النخيل. وأثبتت التجارب أن نسبة الملوثات تتراجع إلى أقل من الربع بشرط تجديد النبات المستخدم كل عشرة أيام .

كما أن هناك إسهامات بحثية فى مصر تشير إلى أن نبات الحجنه له القدرة على تخليص التربة من الملوثات وخاصة المعادن الثقيلة.

ولكن هناك تساؤلات حول استخدام النباتات الراقية فى تنقية ومعالجة التربة منها :

١- طول فترة المعالجة والتى قد تصل إلى عشرة سنوات.
٢- وجود كمية من النباتات المُعالجة للتربة والغير صالحة للاستخدام ويراد التخلص منها بطريقة آمنة لا تسمح للملوثات الرجوع إلى التربة مرة أخرى أو إلى الماء.
٣- وجود عوائق بشرية حيث أنه يجب على الإنسان المحيط بهذه المنطقة أن يَعلم مدى أهمية استمرار هذا النبات فى النمو وأن لا يتدخل إلا بما هو مطلوب فقط.
٤- عوائق اقتصادية حيث أن هذه النوعية من المعالجة تجعل التربة أو الماء غير قابل للاستخدام فترة من الزمن بل ينفق عليها أموالاً طائلة للعلاج.
٥- وجود بعض النباتات المُعالِجة مثل الـ *Brassica* sp. المستخدمة فى حقول التجارب فى ألمانيا تؤكل من الإنسان.

فهل لدى الإنسان الوعى لأن يتجنب أكل هذه النباتات فى هذه المناطق ؟

المعالجة الحيوية للملوثات باستخدام الكائنات الدقيقة:

يجب إجراء بعض الاختبارات قبل استخدام كائن دقيق لمعالجة التربة منها:

١- التعرف على نوع الملوث وطريقة وجوده (منفرد – مختلط).
٢- الكشف عن درجةُ سمية هذا الملوث.
٣- تحديد مقدرة مقاومة الكائن الدقيق للملوث.
٤- دراسة النواتج المتوقعة لعملية المعالجة.
٥- تحديد تكلفة المعالجة.
٦- تحديد زمن المعالجة.

٧- تحديد طريقة التخلص من الميكروبات المستخدمة فى هذا الغرض.
٨- تحديد الأس الهيدروجينى للوسط.
٩- تحديد درجة الحرارة والرطوبة للوسط.
١٠- اختيار الكائن الدقيق المناسب.
١١- دراسة تأثير نواتج المعالجة على الكائن المستخدم.
١٢- دراسة الجدوى الاقتصادية لعملية المعالجة.

١ ــ تأثير الكائنات الدقيقة على الأماكن الملوثة بالقطران:

فى المناطق المعتدلة المناخ فى العالم يوجد أكثر من ١٠٠ نوع من البكتيريا والخمائر والفطريات لها القدرة على تحليل الهيدروكربونات [٨،١٥]. ونواتج معالجة التربة الملوثة بالهيدروكربونات بالكائنات الدقيقة يزيد من قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء ويسهل حركة المواد الغذائية ، ويساعد على سرعة ونمو النبات ، وتقل نسبة تبخر المياه فى الأراضى الرملية التى يختلط بها القطران [١١] ، وتتغير تبعاً لذلك الصفات الكيموفيزيائية للتربة بعد عمليات المعالجة بالكائنات الدقيقة .

٢ــ المعالجة الحيوية باستخدام الكائنات الدقيقة المُهندسة وراثياً:

فى السنوات القليلة الماضية استرعى انتباه العلماء البحث عن كائنات دقيقة لها القدرة على معالجة الملوثات الصعبة التحلل مثل الهيدروكربونات ومختلف مشتقات البترول وجدير بالذكر أن أول صنف من البكتيريا المُهندسة وراثياً تم إنتاجه فى الولايات المتحدة لتحليل الهيدروكربونات البترولية [٣].

وُتجرى الأبحاث الآن على قدم وساق لاستنباط أصناف من الكائنات الدقيقة لها القدرة على المعالجة الحيوية للملوثات البيئية لما تتصف به هذه الكائنات من سهولة الاستخدام والنقل وقلة الوزن الجاف وسهولة تكاثرها وقلة وقت عملية المعالجة. ولهذا فهى تتفوق على النباتات الراقية فى قدرتها على المعالجة الحيوية.

ولعل من أصعب عمليات المعالجة الحيوية هى معالجة الملوثات الموجودة فى خليط حيث أنه يندر وجود نبات واحد أو كائن دقيق واحد له القدرة على معالجة التربة من كل

الملوثات فى آن واحد أو بنسبة متساوية. وهذه المعالجة تستغرق وقتاً طويل وقد يستلزم القيام بمعالجة أخرى بكائن آخر.

وإن كانت عملية التخلص من الملوثات أو معالجتها بالطرق الحيوية هى الحل المطروح للبحث من قبل العلماء فيظل الحل الأساسى الذى نملكه ويمكننا تنفيذه هو التحكم فى كمية ونوعية الملوثات المنبعثة من نشاط الإنسان وكذلك التقليل من حجم هذه الملوثات حتى نختزل حجم المشكلة أو على الأقل لا تتفاقم سريعاً. فنحن أمناء على هذا الكوكب ويجب علينا أداء الأمانة ونؤمنه لأحفادنا بصورةُ تمكنهم من العيش بأمان حتى يرضى عنا الله ونستحق أن نكون خلفاؤه على الأرض.

المراجـــع :

[1] Aboal, M.; Prefasi, M. & Asencio, A. D. 1996. The aquatic microphytes of the transvase Tajo-Sergura irrigation system, Southeast Spain. Hydrobiologia, 340: 101-107.

[2] Adams, R. S. & Ellis, R. 1990. Some Physical and chemical changes of the soil brought about by saturation with natural gas. Proceeding of Soil Science of America, 24: 41-45.

[3] Alexander, M. 1987. Microbial technologies to overcome environmental problems of persistent pollutants. Publication of the United Nations Environment Programme, Nairobi, p. 5-15.

[4] Ali, M. M. & Soltan, M. E. 1999. Heavy metals in aquatic Macrophytes, water and hydrosoils from the River Nile, Egypt. J. Union Arab Biologists. 9(B): 99-115.

[5] Ali, M. M.; Springuel, I. V. & Yacoub, H. A. 1999. Submerged plants as bioindicators for aquatic habitat quality in the River Nile. J. Union Arab Biologists. 9(B): 403-418.

[6] Atlas, R. M. & Bartha, R. 1972. Anthnie van Leeuwenhoek. J. Microbiology Serol. 39: 257-271.

[7] Cooper, P. E. & Boon, A. G. 1987. The use of Phragmites for wastewater treatment by root zone method: The UK Approach. P. 153. (in: Reddy, K. R. & Smith, W. H. eds) Aquatic plants for water treatment and resource recovery. Magnola Publication Inc. Orland, Florida.

[8] Ellis, R. & Adams, R. S. 1961. Contamination of soils by petroleum hydrocarbons. Advances in Agronomy. 13: 192-216.

[9]Fathy, A. 1999. Interactive effects of marine algal powder and chromium on growth, pigments content and the pattern of some metabolic components of Lemna minor L. Bioremediation of Environmental Pollutants. Faculty of Science, Zagazig University, Egypt. 2nd December.

[10] Gersberg, R. M.; Elkins, B. V.; Lyon, S. R. & Goldman, C. R. 1986. Role of aquatic plants in wastewater treatment by artificial wetlands. Water Research. 20: 263-368.

[11]Hegazy, A. K. 1997. Plant succession and its optimization on tar-polluted coasts in the Arabian Gulf Region. Environmental Conservation. 24(2): 149-158.

[12]Herbes, S. R. & Schwall, L. R. 1978. Appl. Environ. Microbio. 35: 306-316.

[13]Huntzinger, O. & Veerkamp, W. 1981. In: Microbial Degradation of Xenobiotics and Recalcitrant Compounds. P. 3-45. FEMS Symposium No.12 Academic Press London.

[14]John, C. K. 1984. Use of water hyacinth in the treatment of effluents from rubber industry. (in: Thyagarajan ،G. ed " .Water Hyacinth". Proceedings of the International conference of water hyacinth). United Nations Environment Programme, Nairobi. P. 699.

[15]Johnson, D. R. & Frederick, L. R. 1971. Effect of injections of propane into soil microbial activity. Agronomy Journal. 63: 573-578.

[16]Kantrud, H. A. 1990. Sago pond weed (Potamogeton pectinatus L.): A literature review. United States Dept. of the Interior Fish and Wildlife Service, Washington, pp. 90.

[17]Mohd, A. B. ; Seng, O. K. & Ghin, Y. B. 1984. Advanced treatment of palm oil mill effluent using water hyacinth. (in: Thyagarajan, G. ed. " Water Hyacinth". Proceedings of the International conference of water hyacinth). United Nations Environment Programme, Nairobi. P. 673-698.

[18]Paullin, D. G. 1973. The ecology of submerged aquatic macrophytes of Red Rock Lackes National Wildlife. Refuge Montana. M. Sc. Thesis. Univ. of Montana, Missourla. pp.171 .

[19]Quercia, F. 1999. Risk Asssessment of contaminated sites in Europe. Lecture in Workshop " :Remediation Technologies: Applicability and Economic Viability in northern Africa and Middle East, Cairo University. Egypt. 24-28 October.

[20]Serag, M. 1996. Ecology and biomass of Phragmites australis (Cav.) Trin. Ex. Steud. In the northeastern region of the Nile Delta, Egypt. Ecoscience. 3(4): 473-482.

[21]Terytze, K. 1999. Harmonization of soil investigation methods for assessing soil contaminants. Lecture in Workshop " : Remediation Technologies: Applicability and Economic Viability in northern Africa and Middle East, Cairo University. Egypt. 24-28 October.

[22]Williams, J.; Bahgat, M. M.; May, E.; Ford, M. & Bulter, J. 1994. The removal of pathogenic microorganisms during sewage treatment in gravel bed hydroponic constructed wetlands. P. 200-209. (in: Proceeding of a conference on wetland systems for water pollution control, IAWQ, Gunagzhou.