التأثير البايلوجي على القطع الأثرية في التربة

م. م. أفراح عبدالله جاسم
جامعة سامراء– كلية التربية

المخلص

يعد التأثير البايلوجي أحد العوامل المؤثرة على القطع الأثرية والمتضمنة التلف الذي يحدث بواسطة الكائنات الحية الدقيقة وتحديداً البكتريا، وتعد التربة الخصبة بيئة جيدة لمجموعة كبيرة من الأحياء الدقيقة وأن دور البكتيريا في التربة هو تحويل المركبات العضوية للكاربون والنتروجين والفسفور والكبريت الى عناصر لا عضوية بسيطة وعمليات التلف التي تحدث بالتربة بواسطة الكائنات الدقيقة تتم عن طريق الضغط المتولد عن نمو البكتيريا داخل التربة والتي يتغلغل نشاطها الى داخل الحجر كما تتضمن التفاعلات الكيميائية للبكتيريا أنتاج ما يعرف بالمنتجات الأيضية والتي تكون أحماض عضوية و لا عضوية التي تتفاعل مع الطبقة التحتية مكونة أملاح ، ويتم السيطرة على التلف البايلوجي بالطريقة غير المباشرة عن طريق التحكم في درجة الحرارة ، الرطوبة ، المواد الغذائية والضوء أو الطريقة المباشرة وتشمل الطرق الميكانيكية أو الطريقة الفيزيائية.

The biological effect on archaeological pieces of the soil

A. L. Afrah Abdullah Jassim
University of Samarra
Education College

Abstract

The biological effect is a factors affecting on archaeological pieces including damage which occurs by microorganisms specifically bacteria, the fertile soil is a good environment for a large group of microorganisms, The role of bacteria in soil is the transformation of organic compounds of carbon , nitrogen , phosphorus and sulfur into simple organic elements soil damage by microorganisms is caused by the pressure generated by the growth of bacteria in the soil which penetrates its activity into the stone and chemical reaction of microorganisms include the production of known metabolic products which are organic and inorganic acids that interact with the substrate composed of salts , biodegradation is controlled indirectly by controlling conditions including temperature, humidity, nutrients and light or direct method include mechanical methods and physical methods.

المقدمة

يسمى التلف الذي يحدث بواسطة الكائنات الحية بالتلف البيولوجي وهو يشكل النوع الرئيسي لتلف القطع الأثرية[١] حيث تلعب الكائنات الحية الدقيقة دوراً هاماً لا يقل أهمية وخطورة عن عوامل التلف الفيز وكيميائية وهذه العوامل المختلفة تعمل مجتمعة وتتكامل مع بعضها البعض في إحداث التلف بالقطع الأثرية[٢].

للكائنات الحية الدقيقة دور إيجابي ودور سلبي، يتمثل الدور الإيجابي في زيادة الإنتاج في مجال الزراعة بينما يتمثل الدور السلبي في ظهور الامراض في المحاصيل والنباتات والأشجار ولها فإن فهم أسرار الكائنات الحية الدقيقة في التربة ودورها ونشاطها يتطلب فهماً دقيقاً لخواص التربة الفيزيائية والكيميائية[٣] يعبر عن الكائنات الحية المتواجدة في التربة من جذور وكائنات دقيقة وباقي الأحياء التي تعيش في التربة بالمكون الحي للتربة Biological component حيث تحتوي التربة على أربعة مجاميع رئيسية من الكائنات الحية الدقيقة وهي البكتيريا والطحالب والفطريات والأوليات هذا بالإضافة الى الفايروسات والديدان الأرضية والنباتات والى جانب هذه المجاميع فإن التربة كنظام بيئي Ecosystem تحتوي ايضاً على مركبات معدنية وعضوية وقد أهتمت دراسات قليلة بتقسيم المجاميع الرئيسية في التربة بكتيريا ، طحالب ، فطريات ، أوليات[٤].

١- البكتيريا Bacteria

تعتبر البكتيريا من أصغر الكائنات الحية الدقيقة وهي كائنات وحيدة الخلية ويتراوح شكلها بين الشكل الكروي Cocci shape والشكل العصوي Bacilli shape والشكل اللولبي Spiral shape كما تقسم البكتيريا من حيث متطلبات التهوية الى هوائية Aerobic وغير هوائية Anaerobic وبكتريا لاهوائية اختيارية Facultative anaerobic وكما موضح بالشكل رقم (١) وتوجد البكتريا بأنواع كثيرة ومتباينة الاحتياجات الغذائية فهناك ذاتية التغذية Autotrophs ومتباينة التغذية Heterotrophs وكذلك توجد بكتريا محبة للحرارة العالية Therophiles ومحبة للحرارة المتوسطة Mesophiles ومحبة للبرودة Psychrophiles [٥].

٢-تقسم البكتيريا من حيث طبيعة تواجدها في التربة

توفر التربة الخصبة بيئة جيدة لمجموعة كبيرة من الاحياء الدقيقة وان تعداد البكتيريا في التربة يتعدى تعداد جميع المجاميع الأخرى مجتمعة من ناحية العدد والانواع وتقسم الى نوعين[٦]:

- البكتيريا المستوطنة أو الأصيلة Indigenous تسكن في التربة بصفة دائمة وتتكاثر فيها وتساهم في النشاط الكيميائي الحيوي بها وتتميز هذه الكائنات بمقدرتها على تحمل ومقاومة الظروف غير الملائمة حيث يمكن ان تظل ساكنة دون نشاط لفترات زمنية طويلة.
- البكتريا الغازية Invaders وتصل هذه الأنواع الى التربة مع مياه الامطار او عن طريق دخول الأنسجة المريضة او مخلفات الانسان وتظل هذه الأنواع حية لفترة من الوقت كما انها لا تشارك بصورة فاعلة في التحولات الكيميائية في التربة .

٣- فعالية الأحياء الدقيقة الحيوية والجيولوجية في التربة

أن أهم دور تلعبه الميكروبات هو عملية تحويل المركبات العضوية للكاربون والنيتروجين والفسفور والكبريت الى عناصر لا عضوية بسيطة بحيث تصبح جاهزة لاستخدامها من النباتات بمثابة عناصر مهمة حيوية[٧]، وليست التربة بالبساطة التي تبدو عليها وإنما هي مجتمع معقد التكوين يحدث فيه تفاعلات متعددة شبيهة بالتفاعلات التي تحدث في أي كائن حي ولكنها أكثر تعقيداً لذا فأن التربة ليست مادة واحدة متجانسة بل هي مجموعة من المواد تشكل نظام معقد يتكون من أربعة مكونات وكما موضح بالشكل رقم (٢) تشمل المكون الصلب Solid component ، المكون السائل Liquid component ، المكون الغازي Gaseous component ، والمكون الحي Biological component[٨]، هناك أنواع بكتيرية تنتج انزيمات محللة للبروتينات المتواجدة في التربة مثل *Clostridium histolyticum* و

Clostridium sporogenes ويأتي بعدها الاجناس الـ *Proteus* و *Pseudomonas* وجنس *Bacillus* ، وإن الحوامض الامينية الناتجة عن تحلل البروتينات تتعرض لأحدى العمليتين فهي اما ان تستهلك على شكل غذاء من قبل الأحياء الدقيقة أو أنها تتعرض لمهاجمة الأحياء وتتحول الى مواد بسيطة ؛ كما تلعب الأحياء الدقيقة وخصوصاً البكتريا والفطريات دوراً مهماً في عملية تفسخ وتحلل الانسجة النباتية والحيوانية الميتة والمترسبة في التربة وان نشاط هذه الاحياء مهم جداً وذلك لإسترجاع الـ CO_2 الى الجو حيث يستغل من قبل النبات مرة اخرى للبدء بعملية بناء ضوئي[٩].

٤- عوامل التلف البيولوجية المتلفة للأثار الرخامية Biodeterioration Factors on Marble Objects

التلف البيولوجي للرخام لا بد له من توفير ظروف بيئية مناسبة لتواجده وأهمها الضوء والغذاء (العناصر المعدنية ، المواد العضوية) ودرجة الحرارة والرطوبة المناسبة بالإضافة الى عدم وجود التلوث الجوي والذي قد يؤثر تأثيراً مباشراً على نمو بعض الكائنات الحية الدقيقة وتكمن عمليات التلف التي تحدث بواسطة الكائنات الحية الدقيقة عن طريق عمليات الضغط المتولد عن نمو الكائنات الحية فالكائنات الحية الدقيقة لا تنمو على السطح Epilithic organisms فقط ولكن يتغلغل نشاطها الى داخل الحجر Endolithic organisms[١٠] وتعتبر البكتريا الضوئية Autrotrophic Bacteria والبكتريا ذاتية التغذية Hetrotrophic من أنواع البكتريا التي تسبب اضرار خطيرة بمواد البناء حيث انها تفرز حامض السيتريك والاوكزاليك وحامض الكربونيك حيث تنتج بيكربونات الكالسيوم نتيجة تفاعل الكالسيوم مع CO_2 بواسطة البكتيريا كما في المعادلة الاتية[١١].

$$CaCo_3 + CO_2 + H_2O \longrightarrow Ca(HCO_3)_2$$

وتعتبر البكتيريا المؤكسدة للكبريت Sulphur Oxidizing Bacteria من اخطر الأنواع التي تسبب تلف الأحجار الجيرية والتي تحتوي على نسبة عالية من الكبريت ووجود اقل نسبة من الرطوبة والبكتريا المؤكسدة للكبريت من جنس *Thiobacillus* حيث تعمل على انتاج حامض الكبريتيك الذي يقوم بمهاجمة مكونات البناء العضوية مثل الاخشاب وخاصة العناصر الخشبية المعمارية المطمورة في التربة وتهاجم البكتريا اساسات المباني والجدر الخلوية وتتلف الاغشية النقرية وتثبت النتروجين داخل الخشب وتستخدم المواد الغذائية وتحفر انفاقاً في طبقة S_2, S_1 وتبدأ عملية اختراق الجدر الخلوية عندما تلتصق البكتريا بسطح طبقة S_3 وتنعدم مع الانقسامات الخلوية البكتيرية الى كل من طبقتي S_2, S_1 وتكوين الانفاق ينتج بسبب تحلل السليولوز واللجنين[١٢].

اما بكتيريا النتروجين Nitrogen Fixing bacteria هذا النوع من البكتيريا يوجد على الأحجار المتواجد عليها مخلفات الطيور وتقوم هذه البكتيريا بأكسدة الأمونيا وتحولها الى حامض النيتروز وتحولها الى حامض النيتريك وعندما تتفاعل مع كربونات الكالسيوم المكون الرئيسي للرخام تحولها الى نترات الكالسيوم القابلة للذوبان في الماء وتقوم الأمطار في معظم الأحيان بإزالتها وقد ارجع كاوفمان سبب تلف الأحجار الكربوناتية الى التلف البيولوجي الناتج عن عملية النترنة Nitrification والبكتيريا المسؤولة عن ذلك تسمى *Nitrosomas Nitrobacter* وقد ذكر Krumbein ان املاح نترات الكالسيوم قد تنتج عن البكتيريا فوق اسطح الأحجار وهذه الاملاح تكمن خطورتها من تحولها المستمر من الطور الرطب الى الطورالجاف مما يسبب نشأة الشقوق والشروخ الدقيقة في الحجر[١٣] .

٥- المواد العضوية التي يتم تحللها بواسطة الكائنات الدقيقة

عند موت الكائن الحي فإن الأحماض الأمينية وأيضاً المركبات ذات الأوزان الجزئية الصغيرة مثل الكربوهيدرات يحدث لها امتصاص مباشر من قبل المحللات .أما المركبات ذات الأوزان الجزئية العالية مثل الدهون والنشا وكذلك المركبات المكونة للهيكل الخارجي للخلية أي جدر الخلايا كالسيلولوز و الهيميسيلولوز واللجنين يتم تكسيرها بواسطة الفطريات والبكتيريا عن طريق أنزيمات تقوم هذه الأخيرة بإفرازها والتي تعمل على تحليل المركبات ذات الأوزان الجزئية الصغيرة حتى يمكن الاستفادة منها من قبل الكائنات الحية[١٤].

٦- المكونات الخلوية التي تتعرض لعملية التحلل هي

١- البر وتينات ٢ – الكايتين ٣- السيلولوز ٤ – اللجنين ٥- الهسميسيلولوز ٦- الدهون.

١- البروتينات Proteins

تمتاز البروتينات بصعوبة في تركيبها حيث أنها ترتبط مع مركبات عديدة السكر Polysaccharides فتكمن هنا بعض الصعوبة في عملية امتصاصها فعلى سبيل المثال البروتينات الليفية مثل الكيراتين (Keratin) التي لها وزن جزيئي عالي يصعب امتصاصها أو الاستفادة منها من قبل الكائنات الحية، لذلك توجد كائنات تعمل على تحليلها مثل بعض الـ *Actinomycetes* وهي عبارة عن بكتيريا خيطيه. (ex. *Streptomyces*) وبعض الفطريات مثل ال *Penicillium* وكذلك الـ *Keratinomyces* ومن الجدير بالذكر أن البروتينات هي مركبات كربونية تحمل في تركيبها كثيراً من النيتروجين[١٥].

٢-الكايتين Chitin

مصدر هام للكربون في البيئة ويوجد في تركيب الهياكل الخارجية للحشرات وكذلك في تركيب جدر خلايا الفطريات. جزئيات الكايتين عبارة عن تجمع لوحدات N-1 اسيتيل جلوكوز

أمين ترتبط مع بعضها بروابط جليكوسيدية من نوع بيتا (١ - ٤) يتحلل الكايتين غالباً بواسطة: الـ *Actinomycetes* مثال:

Streptomyces, Nocradia, Micromonospora, Actinoplanes, Streptosporangium

وكذلك بعض البكتيريا مثال:

Clostridium,Micrococcus,Flavobacterium, Chromobacterium, Bacillus, Pseudomonas.

وكذلك الفطريات التي تعمل في وسط حامضي مثل:

Trichoderma, Mortierella, Verticillium, Paecilomyces, Gliomastix[16].

٣- السيلولوز

هو المكون الأساسي لجدر الخلايا النباتية حيث يمثل ٩٤% من تركيب الجدار الأولى و٤٥% من تركيب الجدار الثانوي وبالتالي فهو بدون شك اكثر المركبات انتشارا في الطبيعة وهو لا يذوب في الماء ويتكون من سكر ال Glucose ويرتبط مع بعضه البعض بواسطة رابطة glycosidic Bond b1-4 وقد يصل الوزن الجزيئي لجزئ السيلولوز حوالي مليون دالتوان ويصل عدد وحدات الجلوكوز المكونة لجزئ السيلولوز ما يقارب ١٥٠٠٠ جزيء الكائنات المحللة تقوم بإفراز أنزيمات مثل مجموعة أنزيمات Cellulase التي تعمل على إماهه Hydrolysis بحيث يتم تحويله إلى سيلوبيوز Cellobois وهو ذو وزن جزيئي قليل أي جزيئين من الجلوكوز[١٧].

ويتم تحلل السيلولوز بواسطة أنزيمات Cellulase على مرحلتين:

١- المرحلة الأولى: يقوم بإفقاد السيلولوز الشكل البلوري المعقد له وذلك بواسطة تكسير الروابط الجليكوسيدية وكذلك بواسطة كسر الروابط الهيدروجينية بين الجزيئات.

٢ ـ المرحلة الثانية: يتم تحويل السيلولوز إلى سيلوبيوز Cellubiose ثم يتم تحويل السيلوبيوز إلى جلوكوز بواسطة أنزيم Cellobiase وبذلك يتحول إلى مركب كربوني يمكنه الذوبان في الماء و يمكن بالتالي استغلاله من قبل الكائنات الحية[١٨].

٤- اللجنين

أحد المكونات الأساسية لجدار الخلية وخصوصاً الجدار الثانوي Secondary Cell Wall حيث يمثل ما يقرب من ٥٠%. واللجنين له وزن جزيئي عالي من ناحية كيميائية ويتميز اللجنين بصعوبة تحلله حيث يمكن أن يمكث في التربة آلاف السنين ويمكن تحليله بواسطة عدد قليل من الكائنات الدقيقة معظمها من الفطريات البازيدية[١٩].

٥-الهيميسيلولوز

يعد من الكربوهيدرات المتعددة غير متجانسة تتواجد في معظم الاجزاء فالهيميسيلولوز ناتج من تجمع سكريات خماسية من نوع زيلوز وأرابينوز أي بنتوزات مرتبطة مع حامض الجلوكورونيك وقد يكون الهيميسلولوز عبارة عن تجمع سكرات سداسية كالمانوز والجلاكتوز كما هي الحال في بعض أصناف الأشجار وتبلغ طول السلسلة حوالي ٢٠٠ وحدة[٢٠].

٧- أنواع التحلل أو نواتج تحلل المواد العضوية Type of Decomposition

اختلافات الكائنات المحللة واختلاف أنزيماتها المحللة من حيث التخصص وتنوع تركيب المواد العضوية خاصة النباتية منها بالإضافة لتنوع الظروف البيئية هي الأسباب في ظهور أنواع مختلفة كيميائياً وفيزيائياً من المركبات العضوية خصوصاً خلال مراحل تحللها وعلى هذا يوجد للتحلل أنواع مختلفة عن بعضها باختلاف المواد المتحللة وكذلك بالاختلاف في مراحل التحلل للعضو ويعتمد الاختلاف هنا على الشكل الفيزيائي وكذلك على اللون الناتج[٢١].

وهناك ثلاث أنواع من تحلل الخشب:

1- Brown Rot or Cubic Rot التحلل البني أو العفن البني (المكعب)

2- White Rot or Fibrous Rot التحلل الأبيض أو العفن الليفي

3- Soft Rot التحلل الطري

١- التحلل البني أو التحلل المكعب Brown rot or Cubic rot

وهو العفن الناتج عن تحلل السيلولوز المكون لجدار الخلية النباتية بسرعة أكبر منها من تحلل اللجنين، فبذلك يبقى اللجنين لفترة أكبر ويأخذ الخشب المتحلل اللون البني وهو لون اللجنين وكذلك الشكل المكعب نظراً لتركيب للجنين نفسه تتغلغل الخيوط الفطرية إلى داخل الخشب وتقوم بتفكيك النسيج الخشبي وتفرز أنزيماتها المحللة للسيلولوز[٢٢].

عدم قدرة هذه الفطريات على تحليل اللجنين ناتج عن عدم امتلاكها لأنزيمات قادرة على تحليل اللجنين حيث يعتبر اللجنين مركب صعب ومعقد التركيب في عملية التحلل وإن الصعوبة في تحلل اللجنين لها فوائد كبيرة من حيث أن بقايا اللجنين العضوية التي تحتوي على عناصر غذائية كثيرة تستمر في التحلل ببطء محرره بالتدرج عناصر غذائية مهمة لتغذية النبات بالإضافة أن البقايا الأخرى الغير متحللة هي المكون الأساسي لمادة الذبال Humus التي تبقى في التربة مدة تتراوح حتى ١٥٠٠ عام معطية للتربة خصائص فيزيائية (امتصاص واحتفاظ بالماء) وغذائية (تحرير عناصر غذائية بالتدرج) وبذلك يكون لها دور كبير في تحسين جودة التربة من جميع النواحي البيئية[٢٣].

٢- التحلل الأبيض White Rot

في هذا النوع من التحلل يكون معدل تحلل اللجين أسرع منه من تحلل السيلولوز والهيميسيلولوز وذلك بسبب امتلاك الكائنات المحللة لأنزيمات قادرة على تحليل اللجنبن دون السيلولوز والهيميسيلولوز وتكون نتيجة التحلل بقايا ذات لون ابيض مصفر أحيانا وذو تركيب كيميائي ليفي وهو تركيب مادة السيلولوز ويعتبر هذا التركيب وهذا الشكل ذو أهمية بيئية مطلقة خصوصا في المناطق الحارة حيث يتميز هذا النوع من التحلل بالقدرة الكبيرة على امتصاص الماء[٢٤] .

٣- العفن الطري Soft Rots

وظيفة الفطريات المسببة لهذا النوع من التحلل هي أضعاف المقاومة الميكانيكية للخشب حتى يكون من السهل تغلغل الفطريات المحللة بداخل النسيج الخشبي وكذلك هناك دور للفطريات التي تسبب هذا النوع من التحلل في إدخال الرطوبة وهي أيضا عامل هام لدخول الحشرات[١٧]، التحلل الطري يحدث من بعض فطريات ال Ascomycota مثل: *Globosum ghatomium* وكذلك من بعض الفطريات الناقصة ال Deuteromycota مثل: *Alternaria Stysanus* كذلك نجد أن هناك فطريات قادرة على تحليل المركبات الثلاث الأساسية ومن أهم الأنزيمات التي تحتويها الفطريات المُحللة نجدPhenol oxydase,Endogluconase,Cellulose [٢٥].

٨- الكائنات المحللة ومراحل التحلل

قام العالم Karik في عام ١٩٧٤ بتصنيف الكائنات المحللة معتمداً في ذلك على قدرتهم الأنزيمية وعلى لحظة ظهورهم ومدى تأثيرهم على الوسط المحيط بهم خصوصاً على المواد العضوية التي ينمون عليها[٢٦]، وعلى هذا الأساس قسمت الكائنات المحللة كالأتي:

(A) كائنات تعيش داخل الخلايا النباتية: تشمل الفطريات المسببة للمرض العفني و الفطريات الملونة للخشب.

(B) كائنات تحلل مكونات الخشب: تشمل

(a) كائنات ذات قدرة ضعيفة على التحلل مثال البكتيريا وفطريات التحلل الطري.

(b) كائنات ذات قدرة كبيرة على التحلل مثال فطريات White Rot و فطريات Brown Rot [٢٧].

ولقد وزع هذه الكائنات بناءً على ظهورها الزمني على الأجزاء النباتية الساقطة والمكدسة والتي تسقط وكيفية أو نتائج هذا التأثير الفطري ولهذا فقد أعطى ثلاث مراحل رئيسية للتحلل:

١- مرحلة الاستيطان stage Colonization

وهي عبارة عن أولى مراحل التحلل التي تتم بواسطة الكائنات الحية وهي مرحلة فيها يتم موت الخلايا الحية في المصدر الخشبي ويمكن أن تتميز الأنسجة الخشبية البادئة في التحلل بوجود بعض الخلايا الحية في النخاع وكذلك في نسيج اللحاء وفي الأشعة النخاعية. وهذه الخلايا قد تسبب بعض المقاومة للتحلل وفي هذه المرحلة تتدخل كائنات حية لها القدرة على التغلب على هذه المقاومة هذه المرحلة تتميز كذلك بوجود الفطريات ذات القدرة الضعيفة على التحلل مثل الفطريات الملونة Wood coloring fungi وكذلك Soft rot fungi هذا بالإضافة للكائنات التي تعيش داخل الخلايا مثل البكتيريا Bacteria والحشرات التي تستوطن تحت قشور الأشجار وفطريات السطح ومعظم الفطريات التي تظهر في مرحلة Colonization هي فطريات تابعة لقسم Basidiomycota هذه المرحلة ما هي إلا مرحلة أضعاف للروابط وتهيئة للمرحلة الهامة التي تليها[٢٨].

٢- مرحلة التحلل stage Decomposition

وهي المرحلة الأساسية التي يظهر فيها تأثير الفطريات المحللة حيث تعمل الفطريات المحللة على المواد المستوطنة في المرحلة الأولى ويبدأ في هذه المرحلة تأثير أنزيمات الفطريات البازيدية Basidiomycota وهذه المرحلة تبدأ منذ سقوط الأفرع الخشبية مثل الأفرع، السيقان والجذوع والأوراق . ومن أهم هذه الكائنات فطريات White Rot fungi و Brown Rot fungi التابعة لقسمي الفطريات الزقية والبازيدية Ascomycota والـ Basidiomycota وفي فترة متأخرة من هذه المرحلة يبدأ ظهور الحشرات الهاضمة ولكن كل نوع من الحشرات يختلف ظهوره عن الآخر[٢٩].

٣- مرحلة الاندماج Incorporation stage

هي المرحلة الأخيرة من التحلل التي تبدأ من نشاط الحشرات وكذلك يتكون في هذه المرحلة ظهور بعض الفطريات مثل بعض انواع ال *Penicillium* التي تقوم جميعها بالهدم التام ومزج مكونات الأخشاب العضوية المحللة تماماً بالتربة وكذلك يوجد دور لبعض انواع البكتيريا في ذلك في هذه المرحلة يكون تكون مادة ال Humus وهي مادة الدبال وهي عبارة عن بقايا الأخشاب التي أصبحت لزجة ويتم اختلاطها بالتربة وتبقى هذه المادة لمدة طويلة بالتربة ويتم تحويلها تدريجياً إلى مواد معدنية عن طريق عملية Mineralization التي تقوم بها البكتيريا وبعد عملية المعدنة فإن هذه المواد تصبح قابلة للامتصاص بواسطة النباتات لتعود من جديد[٣٠].

٩-علاج التلف البيولوجي Treatment of Biodeterioration

نظراً لان التلف البيولوجي للأثار الحجرية يؤثر على الناحية الجمالية حيث يؤدي الى تشويه مظهرها علاوة على فقدان الأثار الحجرية متانتها وتماسكها ولعلاج التلف البيولوجي والسيطرة عليه يجب دراسة أسباب مهاجمة الكائنات الحية الدقيقة للأحجار والعوامل المختلفة التي تؤثر على نموها وقبل إزالة مظاهر التلف البيولوجي يجب القضاء على أسبابه والكائنات الحية الدقيقة المسببة له ويتم ذلك بالطرق الأتية[٣١]:

الطرق غير المباشرة Indirect Methods

تتم معالجة التلف وذلك عن طريق تحويل البيئة المحيطة بالأثر الحجري الى بيئة غير مساعدة لنمو الكائنات الحية الدقيقة وذلك عن طريق التحكم في درجة الحرارة والرطوبة والمواد الغذائية والضوء وهذه العوامل ممكن السيطرة عليها في المتاحف والمخازن أما في البيئات المفتوحة فمن الصعب التحكم فيها ولكن هذا لا يمنع من تخفيف حدتها عن طريق عمل مظلات فوق الأثار المكشوفة لمنع تعرضها للبلل عن طريق المطر وعمل عزل الأسطح عن الأرضية عليها بالإضافة الى العناية بتنظيفها بصفة دورية وإزالة المواد الغذائية التي قد تترسب عليها وتكون بيئة مناسبة لنمو الكائنات الحية الدقيقة[٣٢].

الطرق المباشرة Direct Methods

وهذه الطرق تعمل على إبادة الكائنات الحية الدقيقة وهي مفيدة لأوقات معينة إذا كانت الظروف البيئية مساعدة للنمو فإن مميزات العلاج السابقة تفقد سريعاً وهذ الطرق تشمل:

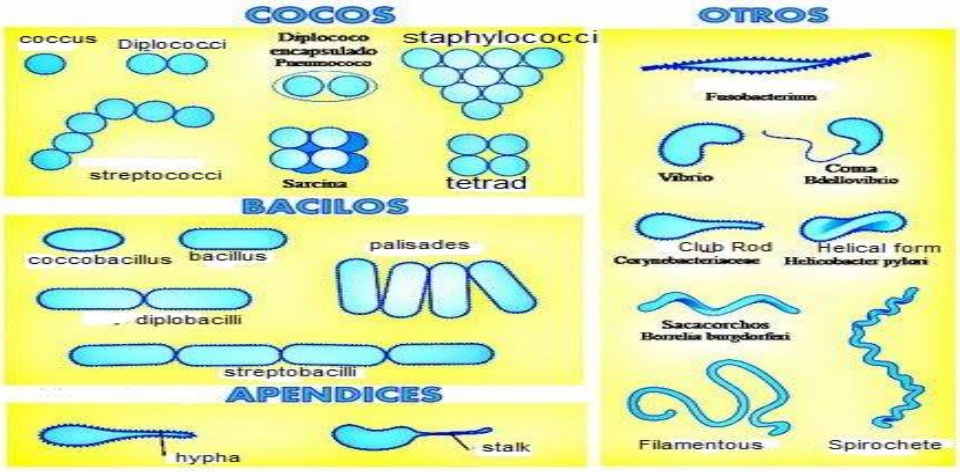
أ-الطرق الميكانيكية Mechanical Methods

وتهدف هذه الطرق الى إزالة القشور ذات الأصل البيولوجي والتركيب البنائي ويستخدم لذلك مختلف أنواع الفرو والفرش الخشنة والناعمة وقبل الإزالة يضاف محلول قلوي (5% من الأمونيا) والذي ينفش وينعم الثالوث ويسهل عملية الإزالة[٣٣].

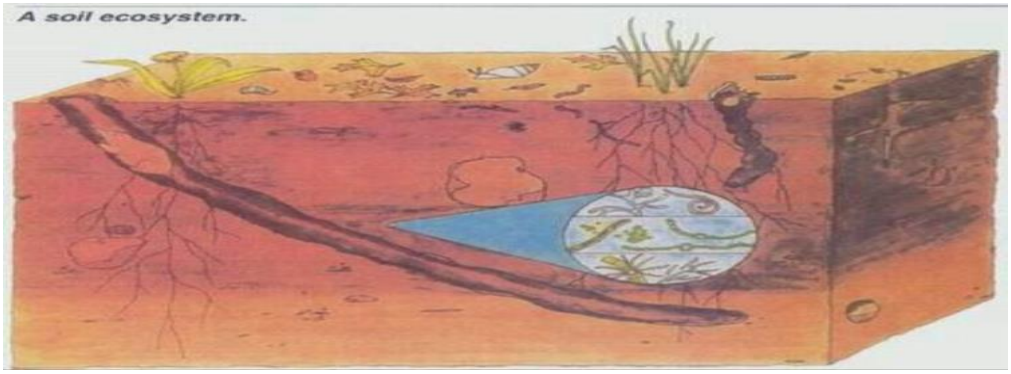
ب- الطرق الفيزيائية Physical Methods

وتستخدم الإشعاعات الإلكترومغناطيسية، الأشعة فوق البنفسجية، الأشعة تحت الحمراء، أشعة كاما والموجات القصيرة وذلك لإستخدامهم في التعقيم وإبادة الكائنات الحية الدقيقة كما يمكن استخدام المجالات الكهرومغناطيسية ذات التردد العالي[٣٤].

الملاحق



شكل (١) اشكال البكتريا(**Benson,2005**)



شكل (٢) مكونات التربة (الزعبي واخرون ،٢٠١٣)

هوامش البحث:

ملاحظة: سأذكر هنا معلومات كاملة عن المصادر والمراجع عند ذكرها لأول مرة مما يغنينا عن اعداد جريدة للمصادر والمراجع.

(١) كرونين، ج. أم، روبنسون ، د . س (٢٠٠٦)، ترجمة الدكتور عبدالناصر عبدالرحمن الزهراني . أساسيات ترميم الأثار، النشر العلمي والمطابع ، جامعة الملك سعود، ص١١٥-١١٦.

(٢) عبدالله، إبراهيم محمد (٢٠١٤)، ترميم وصيانة الأثار الرخامية، دار المعرفة الجامعية، ص١٢٤-١٢٦.

(٣) الشيخ حياتي ، الصديق أحمد المصطفى (٢٠١١) ، ميكروبيولوجيا التربة البيئي، كلية الزراعة ، جامعة الخرطوم ، دار جامعة الخرطوم للطباعة والنشر ، الخرطوم _السودان، ص١-٢٤ .

(٤) الزعبي، محمد منهل ; الحصني ،أنس مصطفى، درغام ، حسان (٢٠١٣)، طرائق تحليل التربة والنبات والمياه والأسمدة .الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، ص ٩-١٠ .

(5) Benson (2005), Microbiological Applications Laboratory Manual in General Microbiology.8thEdition .The McGraw-Hill Companses,p46-47.

(6) Lakshman Samaranayake (2012), Essential Microbiology for dentistry. 4th Edition CHURCHILL LIVINGSTONE ELSEVIER ,p55-56 .

(٧) الزيدي ، حامد مجيد (٢٠٠٠)، علم الأحياء المجهرية النظري، الطبعة الثانية، دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل، ص٣٧٦-٣٨١.

(٨) حسين وحيد الكعبي (٢٠١٦)، مسامية التربة، جامعة بابل، العراق.

(٩) الزيدي، حامد مجيد، المصدر السابق، ص٣٧٦-٣٨١.

(١٠) عبدالله، إبراهيم محمد (٢٠١٤)، ترميم وصيانة الأثار الرخامية، ص٣٥-٦٠.

(١١) وفاء أحمد ابو السعود، عوامل تلف الاثار، ٢٠١٢، كلية الاثار، القاهرة – مصر، ص٨٠-١٢٠.

(١٢) عبدالله، إبراهيم محمد (٢٠١١)، علاج وصيانة المباني، الطبعة الأولى، دار الوفاء لدنيا الطباعة والنشر، الإسكندرية، ص٢٧٠-٢٧٢.

(١٣) عبدالله، إبراهيم محمد (٢٠١٤)، ترميم الأثار الخشبية عناصر معمارية– فنية– زخرفية، دار المعرفة الجامعية، ص١١٦-١١٧.

(١٤) محمد عبدالهادي (١٩٩٧)، دراسة علمية في ترميم وصيانة الاثار العضوية، مكتبة زهراء الشرق، القاهرة– مصر، ص١٧٣-١٧٨.

(١٥) محمد احمد سلطان (٢٠٠٥) ، الخامات النسيجية ، دار المعارف، بيروت – لبنان، ص ١٣٤-١٤٢.

(١٦) المصدر نفسه، ص ١٣٤-١٤٢.

(١٧) المصدر نفسه.

(١٨) أماني محمد كرورة (٢٠٠٤) ، أثر الاصابة البيولوجية على تدهور وتلف المخطوطات الورقية مع علاج وترميم مخطوط اسلامي مصاب ، مؤتمر الفيوم الرابع ، جامعة الفيوم، مصر، ص ٢٨-٣٥.

(١٩) حسين وحيد الكعبي (٢٠١٦)، مسامية التربة ، جامعة بابل ، العراق .

(٢٠) المصدر نفسه.

(21) Mendes. Luis. F. 1981. Notes et description de thysanoures du nouveau monde. Nouvelle Vol. 11, no 3, p 221 – 231 .

(22)Maria Teschler. Nicola, Friedrich W. Rosing(2012). Decomposition of organic matter in Anthropology. Social Science Journal, P: 323.

(٢٣) حسين وحيد الكعبي(٢٠١٦)، مسامية التربة ، جامعة بابل ، العراق .

(24) Sims, G. K. and A. M. Cupples. Factors Controlling Degradation of Pesticides in Soil. Pesticides Science 1999, Vol 55, P: 598 – 601.

(٢٥) حسين وحيد الكعبي (٢٠١٦)، مسامية التربة ، جامعة بابل ، العراق.

(26)Sims, G. K. and A. M. Cupples, Op. Cit., Vol 55, P: 598 – 601.

(27)Maria Teschler. Nicola, Friedrich W. Rosing, Op. Cit., P323.

(28)Sims, G. K. and A. M. Cupples. Op. Cit., Vol 55, P: 598 – 601.

(29) Ibid., P: 598 – 601.

(30) Ibid.

(٣١) أماني محمد كرورة (٢٠٠٦)، التحكم في اسباب التلف البيولوجي بالمتاحف والمكتبات، المؤتمر التاسع للاتحاد العام للآثاريين العرب ، مصر، ص ٢٠-٣٠.

(٣٢) عبدالله ، إبراهيم محمد (٢٠١٤)، ترميم وصيانة الأثار الرخامية، ص٣٥-٦٠.

(٣٣) محمد عبدالهادي، المصدر السابق، ص١٧٣-١٧٨ .

(٣٤) المصدر نفسه، ص١٧٣-١٧٨ .