علاج وصيانة المخطوطات الأثرية

عوامل التلف الطبيعية:

وهذه العوامل تشمل التغيرات المناخية من فصل إلى فصل ومن يوم إلى آخر وما تحدثه هذه التغيرات من اختلافات فى درجة الحرارة ونسبة الرطوبة والإضاءة المرئية وغير المرئية وما يصاحبها من إشعاعات ضوئية وتلعب هذه العوامل دوراً واضحاً فى التأثير المتلف على المخطوطات هذا أن لم يوضع فى الاعتبار التحكم فيها إلى حدود الأمان.

1- الحـــــرارة:

يسبب ارتفاع درجة الحرارة الكثير من المشاكل من مكونات المخطوط الأثرى سواء أوراقه أو جلوده أو اللواصق المستخدمة فى تجليده.

مصـــادر الحرارة:

- مصدر الضوء المباشر مثل الشمس أو الحرارة المنبعثة من المصابيح.
- الجو الخارجى فى حالة المكتبات والمتاحف المفتوحة.
- التدفئة المركزية أو الدفايات الكهربائية القريبة من المخطوطات.

أضرار الحرارة المرتفعة على المخطوطات ومواد الكتابة:

1- ارتفاع درجة الحرارة يؤدى إلى تعجيل التفاعلات الكيميائية المتلفة للورق والجلود مثل تفاعلات التلوث وكذلك سرعة تحلل اللجنين فى الورق والتحلل الحمضى للجلود نتيجة التلوث الجوى بالغازات الحمضية ومن ثم انتشار الحموضة على أسطح المواد الأثرية المختلفة.

2- ارتفاع درجة الحرارة يفقد المخطوط محتواه المائى مما يؤدى إلى فقده خواصه الطبيعية وجفاف أوراقه واصفرارها وسهولة كسرها وتشقق الجلود وانعدام مرونتها وتفتتها وجفاف العجائن اللاصقة للكعوب والأغلفة وتصلبها.

3- هناك بعض الكائنات الدقيقة المحبة لارتفاع الحرارة ومتخصصة فى تحليل السليلولوز والجلود فى مثل هذه الحرارة المرتفعة وهذا يجعلها بلا شك أكثر نشاطاً وإتلافاً للمخطوطات كما أن الحرارة من أسباب تكاثر الحشرات.

4- ارتفاع الحرارة يؤدى إلى حدوث تقادم صناعى للمخطوط ومن ثم سرعة تدهوره وإعطاءه عمراً زمنياً أقل من عمره الحقيقى.

5- تؤثر درجة الحرارة أيضاً على الميكروفيلم (Microfilm) وهى وسيلة تسجيل وحفظ وتداول المخطوطات حيث تصبح الطبقة الجيلاتينة المغطى بها الأفلام لزجة مما يؤدى إلى

التصاق الأفلام وتشويه النص المصور.

6- إذا أضفت إلى ما سبق أن درجة الحرارة السبب الرئيسى فى تغير الرطوبة النسبية وأن تعاقب الحرارة والبرودة خلال فترة زمنية قصيرة يؤدى إلى تلف المواد وتشققها وتفتتها نتيجة التمدد والانكماش المتكرر ومنه نجد أن عامل الارتفاع لدرجة الحرارة من أخطر العوامل التى تتلف المخطوطات.

2- الرطوبة النسبيــة:

أن تلف الأعمال الفنية والمتحفية يبدأ منذ الوقت الذى تصنع فيه تلك الأعمال وتترك على مر الأجيال فتعفن الورق واصفراره وتعفنه وتحلل الجلد كل هذا يعتبر عرضاً طبيعياً ويمكن تفسيره بأنه الاستجابة التى تتكيف بها المواد العضوية مع العوامل المحيطة نظراً لطبيعتها الهيجروسكوبية.

فالمخطوطات سواءاً الورقية أو الرقية بأغلفتها الكرتونية أو الجلدية هى مواد ذات أصل عضوى نباتى أو حيوانى يتغير محتواها المائى تبعاً للرطوبة النسبية المحيطة حيث تزيد وتنتفخ بامتصاصها للماء عند انتقالها من جو جاف إلى جو رطب والعكس صحيح فتجف وتتكرمش عند انتقالها إلى جو جاف غير أن استجابة الورق والجلد للرطوبة يفسره ظاهرتين علميتين أحدهما كيميائية فى حالة الورق حيث أن المجموعة الفعالة فى جزئ السليولوز هى مجموعة OH وهى مجموعة محبة للماء والثانية فيزيائية كما فى حالة اتحاد الجلد بالماء وهو اتحاد فيزيائى والحرارة والرطوبة عاملان مترابطان كمياً ونوعياً حيث أن التغير فى درجة الحرارة يتبعه تغير فى الرطوبة النسبية لذلك يصعب النظر لإحداهما على حده ودائماً هى أول العوامل المؤثرة على المخطوط.

ويقصد بالرطوبة هنا كمية بخار الماء الموجود فى الجو عند درجة حرارة معينة منسوبة دائماً إلى ما يمكن أن يحمله الهواء من بخار الماء فى نفس درجة الحرارة.

3- الضـــــوء:

الضوء من العوامل الهامة التى تلعب دوراً فى إتلاف المخطوطات ولكن تأثيره على المخطوط ليس بدرجة تأثير الملوثات الغازية أو التغيرات الحرارية السابق الحديث عنها.

مصــادر الضـــوء:

1- مصادر الضوء الطبيعى: الشمس هى المصدر الطبيعى الوحيد للإضاءة وهى تعطى أشعة مستمرة.

2- مصادر الضوء الصناعى: المصابيح الكهربائية (التنجستين) اللمبات الفلورسنت (التفريغ

الكهربى) وهى تحتوى على كمية كبيرة من الأشعة فوق البنفسجية تختلف من نوع إلى آخر.

تأثير الضـــــوء:

ويتوقف تأثير الضوء على عدة عوامل:

1- شدة الإضاءة المستخدمة ونوعيتها وطولها الموجى.

2- مدة التعرض للضوء.

3- حساسية المادة للضوء حيث تختلف المواد فى حساسيتها عند التعرض للضوء.

ويمكن تقسيم الضوء العادى إلى ثلاثة أنواع تبعاً للطول الموجى:

1- الإشعاعات الفوق بنفسجية غير المرئية وطولها الموجى من 3000-4000 A.

2- الضوء المرئى من 4000-7600 أنجستروم.

3- الإشعاعات تحت الحمراء غير المرئية وطولها الموجى أعلى من 7600 A.

ومن المعروف أنه كلما قصر الطول الموجى كلما زاد طاقة تردد الإلكترونات وكلما زادت الطاقة كلما كان تأثير الأشعة المسببة لها أخطر وهذا يعنى أن الموجات القصيرة من الضوء المرئى وكذلك الأشعة الفوق بنفسجية تسبب أضراراً متفاوتة.

<u>وعلى هذا الأساس يمكن تقسيم الضرر الحادث للمخطوطات من التعرض إلى الضوء إلى:</u>

أ- **تأثير غير مباشر:** باعتباره مصدر حرارى يساعد على ارتفاع درجة الحرارة وبالتالى يساعد على حدوث الأعراض التى تحدثها الحرارة.

ب- **التأثير المباشر:** كل أنواع الضوء يمكن أن تسبب بهتاناً لألوان الورق واصفرارها فإنه لا يجب أن تعرض الصور والمخطوطات لضوء الشمس المباشر.

ج-**الأكسدة الضوئية:** حيث يتفاعل الضوء مع شوائب الورق كاللجنين فى صورة أكسدة ضوئية تؤدى إلى ظهور البقع الصفراء والبنية فى أماكن التعرض للضوء.

د-**الموجات القصيرة من الضوء:** تعمل على إزالة الألوان الموجودة على الورق والجلد والقماش واضمحلال ألوان المطبوعات والخرائط خاصة الأحبار الحديدية والصبغية فيما يعرف بتأثير الضوء المبيض على حبر الكتابة وأغلفة الكتب الملونة كذلك تعرض الورق فترة طويلة للضوء الأزرق أو الأشعة فوق البنفسجية تجعل الورق هشاً يتقصف ويفقد قوته ونفس الضرر ينتج من التعرض للضوء المباشر لضوء النهار.

يساعد الضوء على تكسير جزيئات السليولوز بتفاعله كيميائياً مع بعض الشوائب فى

الورق مثل الأحماض العضوية واللجنين والأصماغ والغراء والنشا والأصباغ ونواتج أكسدة هذه المواد تهاجم السليولوز وتتفاعل معه حيث تتكسر جزيئاته ويضعف وينتج عن نواتج أكسدة هذه الشوائب ضوئياً زيادة الحموضة والهشاشية وزيادة حساسية الورق للعمليات الكيميائية من مواد قوية وخلافه أو حتى للتداول أثناء عملية الترميم لذلك يجب معاملته بمنتهى الحرص وعموماً تحدث كل هذه الأضرار نتيجة تعرض المخطوط للضوء سواء كان مباشراً أو غير مباشراً طبيعياً أو صناعياً وإن كانت هناك اختلافات فى مدى التأثر بين طرق التعريض وزمنه وأيضاً إلى حساسية الجزء المعرض للضوء من جلد أو ورق إلى أنه يمكن القول أنه كلما كانت الموجات الضوئية أقصر طولاً كانت أكثر ضرراً على المخطوط خاصة أحبار الكتابة وخطورة تعرض المخطوطات لموجات الضوء تكمن فى أن أعراض الإصابة التى يحدثها الضوء كلها أعراض غير عكسية أى لا يمكن علاجها إذا أصبحت أمراً واقعاً على المخطوط وتتوقف سرعة إصابة المخطوطات بالضوء على مدة التعريض وشدة الإضاءة كذلك ونوع ونسب الشوائب الطبيعية فى السليولوز والشوائب الصناعية المضافة إليه مثل الصبغات والألوان وبقايا عمليات تحضير اللب وتصنيع الورق وتركيب الهواء المحيط بالأثر مثل تركيز غاز الأكسجين والرطوبة النسبية وأنواع وتركيز الغازات الملوثة للهواء الجوى.

عوامل التلف الكيميائية:

ويمكن تقسيم هذه العوامل إلى:

أ- عوامل كيميائية خارجية وتتمثل فى:

غازات التلوث الهوائى مثل: غاز ثانى أكسيد الكبريت SO_2

غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S وغاز أكسيد النيتروجين NO_2

وغاز الاوزون O_3 وغاز الأمونيا NH_3

وماء البحر والأدخنة والهالوجينات

الأيروسولات – والغبار والأتربة

ب- عوامل كيميائية داخلية وتتمثل فى:

1- تفاعل الرطوبة مع الحبر الحديدى.

2- وجود بقايا منلفة متبقية عند تصنيع أوراق المخطوطات مثل الكلور والشبه واللجنين.

أولاً: العوامل الكيميائية الخارجية:

غازات التلوث الهوائى:

التلوث الهوائى يشمل الجانب الكيميائى فى التلوث الجوى حيث يختص بدراسة الملوثات الغازية بصفة خاصة ضمن ما يشمله التلوث الجوى من ملوثات غازية وبيولوجية ومناخية ، وهذا لا يعنى الانفصال فى الهدف ، بل يؤكد الاتصال ، فكلاهما يرتبط ارتباطا وثيقا فيما يعرف بعلوم البيئة التى تختص بدراسة التغيرات الطبيعية والكيميائية والبيولوجية التى تحدث فى محيط الحياة من تطور أو تلوث للهواء والماء والتربة وحتى الفضلات وارتباط هذه التغيرات بحياة الإنسان وأنشطته الاجتماعية.

وقد بدا التلوث كمشكلة هامة تشغل عقول العلماء مع بداية الثورة الصناعية واستخدام الوقود والآلة وانتشار الحشرات والمبيدات وازدياد عدد السكان وما تبع ذلك من تغيرات بيئية.

وأهم هذه الملوثات هى الملوثات الكبريتية والنيتروجينية والهالوجينية بالإضافة إلى الأدخنة والغبار.

وتزداد خطورة هذه الملوثات مع سهولة انتقالها مع الهواء من مكان إلى آخر خاصة أن سرعة انتشار هذه الملوثات تزيد كلما قلت كثافتها وزاد حجمها وهذا هو الحال فى المناطق الصناعية والمخطوطات أشد المواد تأثرا بهذه الملوثات.

وفيما يلى أهم هذه الملوثات الكيميائية:

1- غاز ثانى أكسيد الكبريت SO_2:

وينتج من أكسدة واحتراق المركبات الكبريتية الموجودة بشكل شوائب فى الوقود مثل الفحم والزيت والغاز الطبيعى وعادم السيارات والماكينات وكذلك مصانع الكيماويات.

وبصفة عامة تزيد نسبة ثانى أكسيد الكبريت فى أجواء المدن الصناعية حيث ينتج من أكسدة بسيطة لبقايا الكبريت السابقة وتحولها إلى غاز ثانى أكسيد الكبريت ، والذى يتحول إلى حمض الكبريتيك فى وجود أثار طفيفة من أكاسيد الحديد "لاسيما إذا كان الحبر المستخدم فى الكتابة هو الحبر الحديدى" أو أثار من أكاسيد النحاس "المستخدم فى زخرفة الأغلفة".

وحمض الكبريتيك له أثر مدمر على المواد العضوية حيث أنه ثابت وغير متطاير وحارق فى التركيزات المرتفعة للمواد الأثرية العضوية من ورق وقماش كما يحلل الجلد ويبيض الأصباغ ويتلف حتى الحجر الجيرى والرخام ويسبب تآكل الحديد والنحاس والبرونز والفضة.

ولا ينتج ثانى أكسيد الكبريت من المصادر السابقة فقط بل يضاف إليها تحلل المواد العضوية التى يدخل الكبريت فى تركيبها أو من خلال ما يعرف ببكتريا الكبريت.

وفى ظروف الرطوبة النسبية المرتفعة أعلى من 50% يتحول إلى ثالث أكسيد الكبريت وبزيادة الأكسدة يتحول إلى حمض الكبريتيك.

$$SO_2 + H_2O \xrightarrow{Fe} H_2 + SO_3$$
$$SO_3 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4$$

تأثير ثانى أكسيد الكبريت على المواد السليولوزية الأثرية مثل الورق:

يهاجم غاز SO_2 المواد السليولوزية المختلفة حيث يتحول إلى حمض الكبريتيك على أسطح هذه المواد من خلال طبقة الهواء الملاصقة لسطحه وينشط التفاعل فى وجود عامل مساعد مثل أثار من أكاسيد الحديد على سطح أو فى تركيب المادة ويؤدى حمض الكبريتيك إلى إزالة جزئ الماء من جزئ السليلوز أو يسبب أكسدة المادة والتى ينتج عنها كسر فى جزئى السليلوز وتفقد المادة قوتها وتصبح هشه وضعيفة

وكل المواد السليولوزية تهاجم بواسطة غاز ثانى أكسيد الكبريت ولكن بمعدلات تختلف فى شدتها حسب ظروف وعوامل مساعدة أخرى كما يلى:

1- وجود أو عدم وجود العامل المساعد مثل أكسيد الحديد فى تركيب الورق.

2- تركيب ونوعية الورق تلعب دورا مساعدا فى تحلله حيث أن الورق المصنوع قبل عام 1860م والذى استعمل فى صناعته القطن والكتان والقنب هو ورق مستديم قليل التأثر بعوامل التلوث الهوائى.

كذلك وفى وجود معدلات مرتفعة من الحرارة والرطوبة يزداد التأثير المدمر لهذا الغاز وقد وجد أن تعريض عينات من الورق إلى أبخرة غاز SO_2 لوحظ اختلاف التركيب الكيميائى والخواص الفيزيائية لأجزاء مختلفة من الورق بعد التعرض ، حيث زادت الحموضة بانخفاض قيمة PH فى الحواف المعرضة للأبخرة بدرجة أكبر وانخفاض محتوى الألفاسليولوز فى تركيبه ، نتيجة لحدوث التحلل المائى فى السليولوز والذى يتضمن كسر الرابطة الجلوكوزية فى السليولوز وهى رابطة إيثيرية أو أكسجينية حيث تنتج سلاسل أقصر تعرف باسم الهيدروسليولوز مما يؤدى

إلى نقص فى احتمال الثنى بزيادة الحموضة .

من هذا يتضح مدى التأثير الضار لغاز ثانى أكسيد الكبريت على الورق.

2- غاز كبيريتيد الهيدروجين H_2S:

وهذا الغاز أقل خطورة من ثانى أكسيد الكبريت ويتكون نتيجة للنشاط الصناعى والنشاط الفسيولوجى للكائنات الحية وتحلل الفضلات الآدمية والحيوانية بالفطريات ، وينتج كذلك نتيجة لتحلل المطاط الموجود كعازل فى الشبابيك والأرفف والأرضيات والجدران لعزلها عن الرطوبة.

وتقتصر خطورة هذا الغاز فى تفاعله مع فلزات العناصر الداخلة فى زخرفة بعض المخطوطات أو الداخلة فى مواد التلوين فيما عدا الذهب وقد وجد بالتجربة أن وجود نسبة ضئيلة منها فى الهواء الجوى 1حجم فى 600مليون حجم من الهواء كافية لإطفاء بريق المعادن بمجرد التعرض له.

كما أنه يسود الألوان الزيتية البيضاء فيتحول أكسيد الرصاص الأبيض إلى كبريتيد الرصاص الأسود.

وكبريتيد الهيدروجين لا حاجة لإزالته من الهواء إلا إذا وجد بتركيزات عالية.

3- الأكاسيد النيتروجينية NO_2:

" وأهم هذه الأكاسيد أكسيد النيتروجين NO_2 وفوق أكسيد النيتروجين N_2O وتعتبر هذه الأكاسيد مصدر آخر للحموضة فى الورق حيث يتأكسد أكسيد النيتروجين إلى فوق أكسيد النيتروجين الذى يتحول بدوره إلى حامض نيتريك H_2NO_3 وينطلق أكسجين ذرى O يتحد مع أكسجين الهواء O_2 مكونا غاز الأوزون O_3 والحامض المتكون له آثار ضارة على الأوراق والأحبار كما يسبب فوق أكسيد النيتروجين بقعا سوداء على أفلام الميكروفيلم".

ويؤكسد ثانى أكسيد النيتروجين السليولوز إلى أحماض عضوية تلعب دورًا هامًا فى عملية التحلل المائى للسليولوز ، وتؤثر أكاسيد النيتروجين على الألوان والأصباغ حيث تسبب بهتانها بالأكسدة المباشرة.

4- غاز الأوزون O_3:

يتكون غاز الأوزون فى طبقات الجو العليا (الأستراتوسفير) على ارتفاع 20-30 كم من سطح الأرض وبتأثير الأشعة فوق البنفسجية ذات طول موجى أقل من 300نانومتر الساقطة من أشعة الشمس حيث تؤثر على جزئيات الأكسجين فى الغلاف الجوى الخارجى وذلك بانشطار جزئيات الأكسجين إلى ذرات أكسجين نشطة متفاعل مع جزئيات الأكسجين مكونة جزئيات غاز الأوزون فى صورة طبقة مستمرة تحيط بالغلاف الجوى للأرض والتى تمنع نفاذ الأشعة فوق

البنفسجية القصيرة الضارة للإنسان والحيوان وقد تنفذ بعض هذه الأشعة للأرض خاصة فى فصل الصيف وفى وجود رياح منخفضة كذلك عندما يكون هناك كسر فى طبقة الأوزون فى طبقات الجو العليا ويحدث نتيجة وجود عوادم الطائرات النفاثة وما تنتجه من أكاسيد نيتروجينية تبطئ من تكوين غاز الأوزون أو تلتهمه مما يترك فراغ فى طبقة الاوزون لتصبح غير متصلة وبالتالى تنفذ الأشعة فوق البنفسجية الضارة لتصل إلى سطح الأرض بتركيزات عالية ، وفى هذه الحالة قد يصل تركيز الاوزون الطبيعى على سطح الأرض إلى 40-80ملجم/م3 وهذا التركيز يكون مسئولا عن تلف العديد من المواد الأثرية فهو عامل مؤكسد قوى للمواد العضوية وغير العضوية أيضا يتولد غاز الاوزون من مصادر أخرى من صنع الإنسان.

مثل مصادر الضوء الغنية بالأشعة فوق البنفسجية مثل لمبات الزئبق التى تعطى نسبة عالية من الأشعة فوق البنفسجية ذات الموجات الأقصر من 300نانومتر.

ومن مرشحات الهواء بالترسيب الالكترستاتيكى نتيجة مما يتولد عنها من شرارة كهربية تؤدى إلى تأيين جزئيات غاز الأكسجين إلى أكسجين ذرى يتفاعل مع بعض أو أكسجين جزئى لتكوين غاز الأوزون.

ويوجد غاز الأوزون بنسبة كبيرة فى المدن التى تقع فى المناطق الاستوائية ذات الشمس الساطعة والأوزون عامل مؤكسد قوى حيث يتلف جميع المواد العضوية مثل الورق واللواصق الطبيعية مثل الغراء والنشا والأصماغ والجلود حيث يكسر السلاسل الجزئية فى تركيب هذه المواد وذلك بتكسير الروابط بين ذرات الكربون ويزداد خطر الأوزون فى وجود الرطوبة مما يضعف من الخواص الفيزيائية ويؤدى إلى تفتيت وتحلل هذه المواد علاوة على حدوث ظاهرة الاضمحلال والوهن الضوئى للألوان والأحبار.

5- النشادر NH_3:

تتولد نتيجة لإفرازات الإنسان وهى مادة ضارة للسليولوز (الورق) حيث تسبب تحلله القلوى. ونظرا لوجود ثانى أكسيد الكبريت فى الهواء فإن غاز الأمونيا يمتص بواسطة الجلد والقماش والورق حيث يقلل من حموضة هذه المواد ليتكون ملح سلفات الأمونيوم الذى يظهر فى صورة ترسيبات ملحية على سطح هذه المواد فى شكل بلورات متفرعة.

6- رزاز ماء البحر:

والذى يحتوى على ملح كلوريد الصوديوم وهى مشكلة المتاحف والمكتبات التى تطل على البحر حيث يترسب كلوريد الصوديوم على محتوياتها وكلوريد الصوديوم له طبيعة هيدروسكوبية حيث تمتص الماء من الجو الرطب وتختزنه وبالتالى ترتفع الرطوبة النسبية على المواد التى تقع عليها مما يؤدى إلى نمو الفطريات لذلك كان هذا العامل من أهم ما تم مراعاته

عند إنشاء مكتبة الإسكندرية.

7- الأدخنـة:

وهى عبارة عن نواتج الاحتراق غير الكامل لأى مادة وتأتى خطورتها من سرعة انتشارها وصعوبة التحكم فيها حيث تتغلل أرفف المخازن وأوراق المخطوطات ، ويرسب ما بها من مواد عالقة فوق الصفحات مسببة تبقعها ، كما تحدث تفاعلات غير مرغوبة على صفحات المخطوط ويمكن معرفة تركيز الأدخنة فى الجو بقياس السواد الذى يظهر على ورقة ترشيح عرضت لهواء المكان المطلوب معرفة تركيز الأدخنة فيه وذلك بوضعها بعد التعريض فى جهاز خاص بقراءة تركيز الأدخنة الذى يعطى درجة انعكاس ضوئى لهذه الورقة. والدرجة المتحصل عليها من الجهاز تقارن بدرجة انعكاس ضوئى لهذه الورقة بورقة ترشيح أخرى من نفس النوع ولم تعرض لمصدر التلوث كسابقتها ، ومقدار النقص بين درجتى الانعكاس يتناسب طرديا مع درجة السواد الواقع على ورقة الترشيح ، التى عرضت لمصدر الأدخنة (الجو) وبالتالى مع تركيز الدخان فى الهواء ، وقد وجد عمليا أن درجة انعكاس الضوء من ورقة الترشيح المقارنة (التى لم تعرض) تصل إلى 85% ومن الطبيعى فإن الضوء المنعكس من الورقة التى عرضت يكون أقل من 85% ، وهذا النقص يتناسب مع تركيز ما امتصه من الأدخنة ، وتفيد ورقة الترشيح هنا فى معرفة تركيز الدخان كما أنه أيضا يمكن تحليل الرواسب التى عليها كيميائيا لمعرفة كمية ونوعية باقى العناصر الملوثة للجو.

8- الهالوجينـات:

تشمل الهالوجينات "الكلور والفلور والبروم واليود" ، وما يهمنا منها الكلور والفلور لما لهما من تأثير ضار على الأوراق والأحبار ، فقد وجد أن الفحم يحتوى على أكثر من 0.7% من الكلورين ، 0.1% من الفلورين وسرعان ما تنتشر فى الجو أثناء عملية الاحتراق ويتكون حمض الهيدروكلوريك وفلوريد الهيدروجين Hp وكلاهما من المواد الضارة للمخطوط.

9- الأيروسـولات:

فى مناطق الغابات والتى بها مجموعة نباتية غزيرة. فإنه تفرز من النباتات الخضراء زيوت طيارة وهى التربنتينات والاستيرات والتى بتفاعلها وتكسرها تعطى الكحولات والأحماض وكذلك التربنتينات والزيوت الطيارة عند تكثفها على الورق وهى مواد عضوية أروماتية أحيانا تتفاعل مع الورق والمواد العضوية الأخرى بشكل ضار.

فضلا عن أنها تتبلمر بواسطة أشعة الشمس بعد تكثفها على المواد الأثرية وتتحول إلى مواد معقدة يصعب إزالتها أو إذابتها كما أن هذه المواد عند تحللها تعطى أحماض عضوية وكحولات وبالتالى ترفع حموضة الورق .

10- الغبـار والأتربـة:

ويقصد بها الحبيبات الصغيرة التى يقل قطرها عن 76 ميكرون والتى يحملها الهواء فى صورة غاز أو رماد خفيف ويمكن تقسمها حسب حجمها إلى :

1- حبيبات كبيرة: والتى يزيد قطرها عن 20 ميكرون وهى ثقيلة نسبيا حيث تستقر على النوافذ والمبانى من الخارج.

2- حبيبـات صـغيرة: وهـى التـى تقل أقطارها عن 15ميكرون وتبقـى معلقـة فـى الهواء حتى تلامس أى أسطح فتستقر عليها .

3- حبيبـات صـغيرة جـدا: وهـى التـى تكون أقطارها أقل من 0.1 من الميكرون وتبقى معلقة فى الهواء بصفة مستديمة.

تنتج المعلقات الصلبة من قذائف البراكين والأتربة والرمال فى المناطق الصحراوية.

أو نتيجـة للاحتـراق غيـر الكامـل للوقـود فـى المنـاطق الصـناعية علـى هيئـة جسـيمات كربونية صغيرة لزجة بفعل المواد القطرانية.

ولا يقتصر دور هذه الجسيمات فى التلف على احتكاكها ميكانيكيا بأسطح المخطوطات مسببة خدوش وتآكل وإزالـة للرسوم والكتابات بل تتعداه إلـى اعتبارها حامل لغاز ثانى أكسيد الكبريت الذى يدمص على سطحها أو احتوائها على آثار من أكسيد الحديد والعامل المساعد لتحول SO_2 إلى حمض الكبريتيك ، كذلك تعتبر حامل للجراثيم الفطرية وبويضات الحشرات. كذلك وفى وجود الرطوبة تؤدى الأتربة إلى تكوين طبقة تلتصق وتطمس ما تحتها من كتابات على الوثائق والمخطوطات مما يصعب معه تنظيفها

ولا يقتصر دور المركبات المعدنية على كونها تحتك ميكانيكيا بأسطح المخطوطات أو على كونها عوامل مساعدة فى تحول SO_2 إلى H_2SO_4 كما فى حالة أكسيد الحديد بل تؤدى إلى انتشار البقع الكيميائية الصفراء أو البنية ، فى وجود الرطوبة النسبية يتحول أكسيد الحديد إلى هيدروكسيد حديديك.

ولا يقف دور الغازات والأتربة على تكوين الحموضة على الورق أو تكسير الوصلات الكربونية فى السليولوز أو انتشار البقع الكيميائية بين الصفحات بل يمتد إلى التأثير الضار على أحبار الكتابة وبعض الخواص الطبيعية للأوراق.

" فقد أجريت دراسة ميدانية فى القاهرة لمعرفة تأثير ملوثات جوها على درجة نصاعة الأوراق ومقاومتها للثنى وأيضا ثبات لون الأحبار وكمية حمض الكبريتيك الممتص داخل الأوراق واستخدمت للدراسة أوراق راكتا 60 ، 70 ، 80 جم/م2 وأوراق الجرائد المعروفة بالستانية واختيرت بعض الأحبار الشائعة الاستخدام (حبر Doris) لمعرفة تأثير الملوثات الجوية على

ثباته اللونى وأجريت القياسات بمنطقة شارع رمسيس "شديد التلوث" ومنطقة كورنيش النيل أمام الهيئة العامة للكتاب "معتدلة التلوث" وقيست درجة نصاعة الأوراق وعتامة الأحبار أسبوعيا فى حين أن مقاومة الثنى وكمية حمض الكبريتيك الممتص داخل الأوراق قيست فى بداية ونهاية فترة الدراسة. أوضحت النتائج أن الملوثات الجوية فى القاهرة لها تأثير متلف للأوراق والأحبار ويتوقف هذا التلف على مستوى وزمن التعرض ونوع الورق المعرض له".

ثانياً: العوامل الكيميائية الداخليـــة:

قد يحدث نتيجة تأثير الحموضة على المخطوطات ويكون بعوامل داخلية أخرى غير التلوث الجوى ، ومن المعروف أن الحموضة فى الورق (الوثائق والمخطوطات) هى أحد الأسباب الرئيسية فى تلفه حيث تؤدى الحموضة إلى فقدان الورق لخواصه الميكانيكية للتحلل المائى لجزيئات السليولوز عن طريق تكسيرها من سلاسل طويلة إلى سلاسل صغيرة ذات وزن جزيئى منخفض وبعدها يصبح الورق هش يتمزق بمجرد لمسه ويتقصف عند ثنيه(.

وتتمثل العوامل الكيميائية الداخلية فى:

1- تفاعل الرطوبة مع الحبر الحديدى.

2- وجود بقايا متلفة متخلفة عن تصنيع أوراق المخطوطات مثل الكلور والشبه واللجنين.

أهم عوامل حموضـــة الـــورق:

1- الحـبر الحديدى:

إن تاريخ صناعة الأحبار يفسر لنا أسباب الحموضة فى المخطوطات فقد حلت الأحبار الحديدية محل الأحبار الكربونية فى العصور الوسطى ونتيجة للتفاعل بين كبريتات الحديدوز وحمض التانيك يتكون حمض الكبريتيك بدرجات تركيز مختلفة تعتمد على تركيز كيماويات التحضير الأولية

أيضاً يتكون هذا الحمض نتيجة لتفاعل كبريتات الحديدوز مع الرطوبة الجوية والذى يؤدى إلى اختراق الحمض المتكون أوراق المخطوط أسفل الكتابة مباشرة ويهاجر هذا الحمض فى مادة الورق وينتشر حول الكتابة.

كما أن إضافة حمض الهيدروكلوريك إلى حبر الكتابة الحديدى قديماً وذلك لإذابة الشوائب الموجودة به زاد من حموضة الورقة وتشوه وهشاشية الورق واختراق الورق أسفل الكتابة.

2- بقايا مواد تصنيـع الورق:

أ- الشب الداخلة فى تركيب الورق كمصدر للحموضة:

يعتبر اللجنين بمثابة المادة الرابطة التى تضم وتقوى ألياف الورق السليولوزية – وبما أنه سبب من أسباب الحموضة لذلك استعلمت الشبه بعد إزالة اللجنين من الورق لتعطيه التماسك والقوة علاوة على دورها فى ترسيب القلفونية على ألياف سليولوز الورق والتغلب على بعض المشاكل الصناعية مثل الرغوة ولتحسين لون اللب الناتج(، ولكن هذا لم يحل مشاكل الصناعة فالشبه تعتبر حمضاً ضعيفاً يسبب هشاشية وغمقان للورقة.

فالشبه هى كبريتات الألومونيوم والبوتاسيوم تتحول فى الورق إلى حمض الكبريتيك بمساعدة الماء أو الرطوبة والتفاعل يحتوى على أيون الهيدروجين الذى يسبب التحلل المائى للألياف الورقية.

ب- بقايا مواد التبييض "الكلور" وتكون حمض الهيدروكلوريك:

الورق المصنوع فى القرن السادس عشر والسابع عشر مصنوع من الخرق البالية البيضاء النظيفة التى لم يضاف إليها أى كيماويات لا زالت حتى الآن تحتفظ بنظافتها وشبابها.

ومنذ القرن التاسع عشر بدأ الصانع إضافة الكلور لتبييض اللب وكنتيجة طبيعية لقصور عملية الغسيل فى صناعة الورق بعد عمليات تبييض اللب تتخلف بقايا من الكلور تتفاعل مع الشبه مكونة كلوريدات الألومونيوم التى تتحول بمساعدة الرطوبة إلى حمض الهيدروكلوريك وهو من الأحماض ذات الأثر المدمر للسليولوز.

3- شوائب طبيعية فى خامات صناعة الورق:

اللجنـــين:

منذ عام 1860م لم تعد الخرق القطنية والكتانية كافية لسد احتياجات صناعة الورق فاستخدمت مصادر أخرى للسليولوز مثل الحشائش والأخشاب والتى تحتوى على من (17-32%) لجنين ويختلف تركيز اللجنين فى النبات وفقاً لعمر النبات حيث يزيد بزيادة العمر.

واللجنين حمض عضوى معقد وإذا لم يزل من لب الخشب فى عملية صناعة الورق فإنه يكون مصدر للمتاعب فى المكتبات حيث يتأكسد فى وجود الضوء إلى نواتج إضافية من المرض العضوى الذى يهاجم ويكسر ألياف السليولوز ويظهر ذلك فى ورق الجرائد الذى يحتوى على نسبة عالية من اللجنين وفى وجود ضوء الشمس يتحول اللجنين إلى أحماض عضوية أو أروماتية تحدث له تبقع وهشاشية خلال عدة أيام..

وتنقل الحموضة من خلال كرتون التجليد أو ورق التجليد الرخيص أو من خلال الصناديق الخشبية التى قد تحفظ فيها المخطوطات أو توضع على أرفف مصنوعة منه تنقل إلى

ورق المخطوطات بما يسمى بظاهرة هجر الحموضة.

عوامــل التلــف البيولوجيـــــة:

الحشــرات:

يمكن تقسيم الحشرات التى تتلف الكتب والمخطوطات إلى:

أ- **حشرات متخصصة فى إصابة المكتبات ومخازن الكتب مثل:** الصراصير ، السمك الفضى ، شبيه السمك الفضى ، النمل الأبيض ، قمل الكتب ، دود الكتب ، دبور الطين ، والعث.

ب- **حشرات غير متخصصة:** وهى تنتقل إلى هذه الأماكن أو تتواجد فيها عن طريق الصدفة وهذا النوع من الحشرات قد يهاجم محتويات المكتبات فى أى لحظة وفى أى مكان حسب الظروف البيئية المناسبة للحشرة أو الإهمال فى مقاومتها.

ومما لا شك فيه أن الكتب والمخطوطات بالمكتبات والمتاحف تلقى اهتماماً أكثر من نظيرتها بالمخازن والتى يكتنفها بعض الإهمال من جراء ضخامة عدد المخزون وقلة عدد الموظفين أو لغياب أخصائيون مقاومة الآفات فى بعض الأحيان ولقد شاهدت هذا بعينى فى مكتبة الأزهر الشريف ودار المخطوطات والتى قال لى مديرها أن سوء التخزين وصل لدرجة وجود ثعابين بمخازن الدار القديم والتى اضطرهم لاستقدام أفراد من الصاعقة لاستخراجها فضلاً عن العرس والفئران وكذلك مخازن وزارة الأوقاف.

ومن ملاحظة ظروف العرض والبيئة المحيطة ومعرفة نوع الحشرة يمكن معرفة مدى ملائمة هذه البيئة لنمو الحشرة وانتشارها أو انقراضها مع الأخذ فى الاعتبار دائماً قدرة الحشرات الرهيبة على التكيف مع الظروف المحيطة مما يعطى عملية الملاحظة المستمرة والدورية أهمية عظمى كطريقة من طرق المقاومة.

فإصابة المخطوطات قد لا تقدر بثمن عندما لا يوجد منها غير نسخة واحدة ولا يمكن ترميمها بالصورة الملائمة وذلك لأن سلوك الحشرة فى التعامل مع المخطوطات هو سلوك مدمر حيث تستخدمها للتغذية والإعاشة عليها.

أعراض الإصابــة بالحشرات:

تظهر الإصابة على هيئة قرض فى أطراف الورق مثلما يحدث مع النمل الأبيض والسمك الفضى والصراصير وقمل الكتب أو على هيئة ثقوب وأنفاق مختلفة الأقطار مثلما يحدث مع دود الكتب أو على هيئة بقع أو لطخ من إفرازات هذه الحشرات كما فى حالة بقع الذباب السوداء أو فضلات السمك الفضى والصراصير الصفراء أو البنية بروائحها المميزة ناهيك عن إمكانية نقل هذه الحشرات للفطريات إلى الورق كالصراصير وقمل الكتب.

تحليل مظاهر الإصابة بالآفات الحشرية:

تعتبر المخطوطات من المواد الغذائية الأساسية للحشرات سواء كانت مواد بروتينية كما فى الجلود والرق والبارشمنت أو مواد سليولوزية كما فى الورق والمخطوطات والكتب بالإضافة إلى النشويات والسكريات فى اللواصق.

لذلك فإن مظهر الإصابة لكل حشرة يتوقف على سلوكها والذى يعد بمثابة بصمته والتى تجعلنا لا نخطؤه عندما نرى مظهر إصابته فأقطار الثقوب وأشكالها ومخلفات الحشرة بالإضافة إلى طبيعة الحشرة وسلوكها هى الأدلة القاطعة على وجودها أضف إلى ذلك أن الحشرة لا تقتصر فى بنائها للإنفاق على غذائها فقط بل لتضع فيه البيض أو لتختفى فيه من الأعداء أو مجرد رغبة فى التدمير.

ومن مظاهر الإصابة أيضاً الإفرازات التى تضعها الحشرة على الورق والبويضات.

كذلك ونظراً لتعدد خامة المخطوط وتنوعها من وَرَقٍ وقماش وَرِقْ والتى يمكن أن توجد كلها فى مخطوط واحد نجد أيضاً العديد من الإصابات الحشرية المختلفة فى المخطوط الواحد.

الآفات المتعددة التغذيـــة:

معظم الآفات تتغذى على مواد مختلفة فناخرات الأخشاب تصيب الأخشاب والكتب والمخطوطات والنمل الأبيض يصيب الأخشاب والكتب وما يصادفه من أى مادة أخرى.

بعض الحشرات مثل السمك الفضى والصراصير وقمل الكتب برغم من تغذيتها بصفة أساسية على اللواصق إلا أن هذا لا يمنعها من قرض الورق أو الجلود أو الأقمشة.

النمل الأبيض Termite:

يكثر النمل الأبيض فى المناطق الاستوائية والنصف استوائية عموماً وفى مصر يكثر النمل الأبيض فى الصعيد فى مناطق الآثار ويسبب النمل الأبيض خسائر اقتصادية تقدر بحوالى 500 مليون دولار فى الاقتصاد العالمى.

حيث تقوم بإتلاف أخشاب المنازل كذلك المنازل الريفية المصنوعة من الطوب اللبن حيث تأتى هذه الحشرة على مساكن قرى بأكملها "كما حدث فى قرية سوادة بالمنيا".

فالنمل الأبيض آفة متعددة الأضرار ذات اقتدار حيوى مرتفع حيث يفتك النمل الأبيض فى هجومه بكل ما يقابله من أساسات وأرضيات خشبية وأثاث خشبى وأقمشة وورق حائط وكرتون وكتب وأوراق وملابس وتحف وسجاد وجلود حتى المبانى الخرسانية ليست مأمونة من غزو النمل الأبيض كذلك يمكن لحشرة النمل الأبيض النفاد من ثقب قطره لا يزيد عن 0.3مم.

كذلك والمواد التى لا يستخدمها النمل الأبيض فى غذاءه والتى تقف حائلاً فى طريقه مثل البلاستيك والمطاط والعازل يستطيع اختراقها عن طريق إفراز مواد كيميائية من غدد خاصة فى مقدمة رأسه.

ويتغذى النمل الأبيض على السليولوز المكون الأساسى للكتب والمكتبات وما بها من مخطوطات حيث تنتشر الحشرة بسرعة فى وقت قصير وتأتى خطورة الإصابة بالنمل الأبيض فى صعوبة ملاحظة الإصابة يهاجم من خلف الدواليب وخزانات الكتب وتخترق طريقها فى أنفاق داخل الأرفف والكتب نفسها.

ولا تتركها إلا وهى على هيئة كتل من اللب وفضلاتها الناتجة من هضم الكتب مستخدمة فى ذلك مخالبها "فكوكها" القوية كالشفرة الأفقية لتقطيع المواد إلى جزيئات صغيرة تتغذى عليها ولقد وجد بأمعاء النمل الأبيض "بروتوزا سوطيه" وهى كائنات وحيدة الخلية تقوم بإفراز أنزيمات خاصة تحلل السليولوز لبناء أجسامها وبعد موتها داخل أمعاء النمل يقوم النمل بهضمها فيما يعرف بالمنفعة المتبادلة بين الكائنات وجدير بالذكر أن قتل هذه الكائنات وحيدة الخلية يؤدى إلى موت النمل جوعاً وتفتقد الحشرات المتقدمة وجود البروتوز أو البكتريا فى قناتها الهضمية وبدلاً منها فإنها تعتمد على الفطريات فى تحليل السليولوز شأنها فى ذلك شأن حشرات النمل التى تزرع الفطريات فى جحورها عمداً لما فى هذه الفطريات من قيمة غذائية عالية توفر له الغذاء الكافى المستديم حيث تقوم بجمع الغذاء من الورق وتقوم بمضغه ثم وضعه فى غرفة خاصة لزراعة الفطر عليه بعد معاملته بقطرات لعاب الشغالات وموادها الإخراجية وبرازها حيث تستفيد من المحتوى النيتروجينى لهذه المخلفات فى زراعة الفطريات.

ويستعمل النمل الأبيض أجزاء من النمو النشط للميسليوم الفطرى من أجزاء أخرى قديمة من الحدائق الفطرية النامية وهى تقوم بزارعة أنواع محددة من الفطريات ولم يغفل النمل الأبيض احتمالية نمو أنواع غير مرغوب فيها من الفطريات والميكروبات والتى ربما تعلق بجسمه أثناء تجوله فلم يحدث فى مزارعة أى نوع من التلوث Contamenation وهو الذى دائماً ما يحدث فى معاملنا وهى الأكثر تطوراً وتكنولوجيا.

السمك الفضى – عديم الأجنحة *Subclass: Apterygota*

الأنواع التى تسكن داخل المبانى: توجد فى المنازل والمخابز والمكتبات والمتاحف حيث تتلف الورق وخاصة المعامل بالنشا أو الصمغ وأغلفة الكتب وخلفية البراويز والبياضات خاصة المعالجة بالنشا كذلك يتلف ورق الحائط والملابس الحريرية. والحشرة تنشط ليلاً وتختبئ خلال النهار حيث تهرب من الضوء إلى الظلام وهناك نوعان من السمك الفضى:

السمك الفضى Silver Fish: يوجد فى الأماكن الرطبة مثل الحمامات والمطابخ والمخازن والمبانى الرطبة والمكتبات والمتاحف والدواليب وخلف ورق الحائط ويكثر وجوده فى المبانى الحديثة حيث لا تزال الحوائط رطبة.

حشرة المدافئ Fire betra: وهى النوع المألوف الذى يعيش فى الأماكن الدافئة حول الأفران والغلايات وأنابيب البخار وهى نشطة ولها القدرة على الحركة السريعة وهى تتغذى على جميع أنواع المواد النشوية وكثيراً ما تصبح آفة تتغذى فى المكتبات على نشا الكتب وأغلفتها والصور الملصقة والملابس والستائر وأنواع التيل والحرير ومعجون نشا أوراق الجدران وفى المخازن تتغذى على الورق وعلى الأغذية التى تحتوى على النشا ، وتتغذى هذه الحشرات أساساً على المواد الكربوهيدارتية كذلك على قدر من البروتين حيث أنها حشرة رمية تتغذى على الفضلات العضوية أن وجدت.

وتتلف الورق الحساس للصور والنشا واللواصق التى توجد فى كعوب الكتب وأغلفتها وتتلف أيضاً ألوان الجواش فى الصور والحبر الهندى فى المخطوطات وهى منتشرة فى جميع بقاع العالم وفى المتاحف والمكتبات ومنها:

السمك الفضى المصرى *Thermobia aegyptiaca*: وهى تنتمى لنفس الرتبة التى تنتمى إليها الحشرة السابقة والحشرة الكاملة جسمها مبطط ومغطى بحراشيف فضية اللون وقرون الاستشعار خيطية طويلة والعيون المركبة صغيرة ولا توجد عيون بسيطة.

يتكون البطن من 11 حلقة ويوجد فى مؤخرة البطن قرنان شرجيان مقسمان إلى حلقات بينهما زائدة وسطية مقسمة أيضاً إلى حلقات.

مظاهر الإصابة:

السمك الفضى حشرة ليلية النشاط تنتشر فى المناطق الحارة وتفضل الأماكن الرطبة وتتغذى على أنواع مختلفة من الأغذية كالملابس والنايلون وأوراق الكتان التى يدخل النشا فى تركيبها كما تتلف الصور المعلقة على الحوائط فتأكل منها مساحات غير منظمة وتتلف السجاجيد المفروشة والمتروكة بدون نظافة وتسمى هذه الحشرة فى الوجه القبلى "الشحيمة" نظراً لملمسها الشحمى الناعم وتنتشر بكثرة فى الأماكن التى لا تمتد إليها أعمال التنظيف وتقل فيها الحركة.

وفى حالات الإصابة الشديدة يظهر قرض فى الورق يبدأ سطحياً وينتهى بتآكل بأحرف الورق الخارجية وأحياناً الداخلية فى ثقوب غير متساوية الحواف.

وباستخدام عدسة مكبرة يمكن ملاحظة قشور السمك الفضى على الورق المصاب ، وبالنسبة

للورق المقوى يكون هناك تآكل سطحى غير منتظم الحواف أما بالنسبة للكتب فإن الحشرة تأكل اللاصق الذى يربط الغلاف بالكتاب وفى النهاية يؤدى هذا إلى انفصال الغلاف تماماً.

الفضلات الإخراجية للسمك الفضى لوحظ أنها قد تأخذ لون الورق الذى تتغذى عليه إذا كان ملوناً أو تكون سوداء إذا كان الورق أبيض وجدير بالذكر أن السمك الفضى فى حالات التجمعات الكبيرة يصاب بحالة من حالات التوحش حيث يفترس بعضها البعض بجانب اشتداد ضررها على المواد المحيطة.

قمل الكتب والقلف *Order: psocoptera (psocids) family: liposcelis sp*:

حشرات صغيرة جداً مبططة (فى حجم رأس الدبوس أو أصغر) طولها من 1–2 مم – يتلون جسمها من الرمادى الفاتح إلى الأبيض المصفر يصعب ملاحظتها بالعين المجردة رأسها كبيرة نسبياً ، والفم من النوع القارض وللفك السفلى لا سينيا صلبة وعصوية الشكل تنغمر قاعدتها فى تجويف بصندوق الراس بينما تحتك قمتها فى المادة الغذائية ومن هنا اشتق اسم الرتبة ، الصدر الأمامى صغير الحجم ، البطن 9 حلقات واضحة ، القرون الشرجية غائبة ، معظم الأنواع غير مجنحة ولبعضها أجنحة غشائية رقيقة.

أماكن تواجدها:

توجد هذه الحشرة فى الطبيعة تحت أقلاف الأشجار المتساقطة وتحت الحشائش والأوراق الجافة وعلى الأخشاب الرطبة.

وتوجد داخل المبانى فى المتاحف والمكتبات ومخازن الورق القديم فى الكتب والأوراق المهملة لذلك تسمى بقمل الكتب أو قمل الأتربة ، كذلك تتواجد على الأسوار والنباتات وأعشاش الطيور ، يعزى إليها نقل جراثيم الفطريات بواسطة شعيرات الجسم وهى تتغذى على العفن الفطرى الذى ينمو على المواد العضوية فى وجود الرطوبة العالية والحشرة تفضل الأماكن المظلمة المغلقة لمدة طويلة والتى ترتفع فيها الرطوبة مع الدفء.

مظهر الإصابة والضـــــرر:

تتغذى هذه الحشرة على المادة اللاصقة لأغلفة الكتب وبقايا المواد الحيوانية والنباتية المتحللة كالفطريات والطحالب كذلك تتغذى على الدقيق ومنتجات الغلال وتهاجم المجموعات الحشرية الأخرى فى المتاحف حيث تتغذى على قشورها وشعرها وأجنحتها كذلك بعض أنواعها تتغذى على قلف الأشجار.

الصراصير *Cockroaches*: *Order: Dictyoptera*

الأضـــرار:

تسبب الصراصير أضراراً بالغة للأثاث والكتب وورق الحائط والمفروشات ، حيث تتغذى على العجينة اللاصقة فى أغلفة الكتب وتقرض أقمشة تجليد الكتب "الكعوب" للوصول إلى اللواصق ونادراً ما تتغذى داخل الكتب المقفولة ، كذلك تفرز الصراصير سائلاً أسود يتلف أى مادة يسقط عليها.

العـث **The Brown House moth**:

وهى حشرات موجودة فى كل مكان ما عدا أفريقيا وأمريكا الغربية حيث توجد أنواع أخرى من العث مثل *Tinu lasp tinea sp*.

وهذه الحشرة يرقاتها بيضاء لا شعرية سوداء الرأس دودية طولها2/1 بوصة الطور اليافع مجنح يضع البيض فى الشقوق والأرضيات والحوائط وأى مكان آخر وتتغذى على الملابس وجلد الماشية المصنوع منه أغلفة الكتب ولسبب غير معروف فإن جلد الماعز من الجلود المحببة لهذا العث ولهذه الحشرة 4 دورات حياة فى السنة عاده فى الطقس الدافئ ومن أنواعها.

عث ورق الحائط ***tapetzell*** Trichophaga:

دود الكتب ***Anobiidae* (Book Worms)**:

وهو اسم شائع يدل على اليرقات ، هذه اليرقات والخنافس اليافعة غير الواضحة ترى فقط عندما تقلقها فى أماكن اختبائها داخل الأخشاب.

ففى المكتبات تضع الخنافس بيضها على حواف الكتب وتفضل الحواف الداخلية قرب الأرفف عندما تفقس البويضات تخترق طريقها خلال الكتب مكونة أنفاقاً فى الصفحات وأغلفة كتب هذه اليرقات تفرز مادة شبه صمغية لتبطن أنفاقها والتى أحياناً تؤدى إلى التصاق الصفحات مع بعضها. وفضلات هذه الحشرة مثل التراب الناعم الذى يوجد فى الأنفاق وعلى أرفف الكتب بينما تتحول الحشرة إلى العذراء فى الأنفاق ولكن عند خروجها من الشرانق تكون الأطوار اليافعة مجنحة تتغذى وتحفر طريقها إلى السطح لتكوين جيل آخر.

والخنافس اليافعة أقل ضرراً من اليرقات ودود الكتب يتلف الصفحات المطبوعة حيث يصبح النص لا يمكن فهمه والإصابة تجعل ورق الكتب سهل التمزق ، وأحياناً أخرى الإفراز المخاطى المتجمد المبطن للأنفاق يلصق الصفحات مع بعضها بشدة بطريقة يصعب فكها إلا بتلف أجزاء من هذه الصفحات.

ومن أنواع دود الكتب:

1- خنفساء الجلود ***Dermestes maculatus***:

وتتغذى يرقاتها على الجلود بأنواعها والجبن وتشترك الخنافس فى التلف الذى يحدث لهذه المواد وغيرها من فراء وريش ومومياوات محنطة.

وتتغذى أيضاً على الرق والبارشمنت حيث تحدث ثقوباً مستديرة ذات حواف مستديرة غير منتظمة فضلاتها تتميز بأنها صغيرة سوداء لامعة.

2- خنفساء السجاد ***Anthrenus scrophulaariae*** :

وهى أكثر الحشرات انتشاراً فى جمهورية مصر العربية وزاد من انتشارها كثرة استعمال السجاجيد بالمنازل والحشرة الكاملة صغيرة بيضاوية لونها أسود مغطى بحراشيف تكسبها لوناً رمادياً وهى تتغذى على الجلد المدبوغ والمصبوغ نباتياً.

3- خنفساء الأثاث ***Anthrenus Fasciatus***:

وهى من آفات الأثاث المنجد تشترك الحشرة واليرقة فى التلف حيث تحدث الحشرة ثقوباً بالجلود أو الأغلفة الجلدية والأنسجة الكتانية ، بينما تحول اليرقات الورق إلى كتل مكونة من ألياف الورق مختلطة ببقايا جلد اليرقات المنسلخ فيظهر بلون أسود قذر والإصابة تكون دائماً داخلية غير مرئية فى أغلب الأحيان مما يؤخر اكتشافها فضلاً عن تلون الحشرة بلون العائل وقدرتها على الطيران والتنقل بين الكتب السليمة والمصابة كذلك تصيب الخشب الرقيق والجلود والمواد التى يصنع منها أغلفة الكتب.

القـــوارض:

تسبب القوارض ضرراً بالغاً بالآثار العضوية خاصة الخشبية أو ما من مادتها كالمخطوطات والنسيج وذلك نظراً لسلوكها الغذائى فى القرض والحفر ولك أن تتخيل أن القوارض تتلف سنوياً ما يكفى لتغذية 130 مليون إنسان.

هناك فصائل من القوارض أكثر شيوعاً وانتشاراً مثل الفأر المنزلى والذى يصبح على استعداد للتزاوج بعد 1–2 يوم بعد الولادة والإخصاب بعد ساعتين من التزاوج ويعتمد على نفسه بالغذاء بعد 3 أسابيع ويعيش من 1.5–2 سنة.

الاستخدام الخاطئ:

– يعد التناول الآدمى بصورة سيئة من العوامل التى تؤدى إلى تشوه وتلف المخطوطات أو المطبوعات، وهذا التناول يشمل أى شكل من أشكال التعامل مع مثل هذه الأشياء.

– فالتقليب العنيف للصفحات يؤدى إلى تمزيقها وترك بصمات من أثر الأصابع المبتلة بالعرق والدهون والتى تتحول إلى بقع واتساخات دهنية.

– تحديد الصفحات عن طريق ثنى إحدى زواياها مما يؤدى فى المدى البعيد إلى انفصال هذه الزوايا من مكان الثنى ، وكذلك وضع الكتاب بشكل خاطئ أما فى أماكن حفظه على الأرفف أو أماكن الإطلاع يؤدى إلى إجهاد وتفكك الملازم من منطقة الكعب "العمود الفقرى للكتاب".

– ترتيب الكتب على الأرفف بدون عناية يؤدى إلى بعض التلفيات حيث يجب وضع المراجع الثقيلة من موسوعات وقواميس ودوائر المعارف والكتب ذات الأغلفة اللينة يجب وضعها بصورة أفقية وغير ذلك من الكتب بالأغلفة السميكة القوية والكتب العادية توضع رأسية مع ترك مسافة بينها للتهوية ، كذلك تحريك أو تناول الكتاب براحة اليد وليس بأصبع واحد والذى يؤدى إلى تلف كعب الكتب.

– العادات السيئة عند الإطلاع مثل التدخين وتناول المشروبات والتى يؤدى إلى تطاير الشرر أو الدخان داخل الورق فيؤدى إلى اصفرار الورق وزيادة حموضته نظراً لوجود النيكوتين والأحماض العضوية فى تركيب الدخان.

– كذلك من العادات السيئة وضع العلامات داخل الكتب سواء بالأقلام الرصاص أو الحبر أو الكوبيا أو لصق علامات أو ما إلى غير ذلك والذى يعتبر تلفاً متعمداً يصعب إزالته.

– كذلك حوادث سرقة الكتب والمخطوطات سواء السرقة الفردية أو الجماعية.

– الترميم الخاطئ باستعمال شرائط من السليوتيب والتى بمرور الوقت يصعب إزالتها والتى تؤدى إلى تلف واصفرار الأجزاء أسفلها.

– ارتباط الإنسان بالحيوانات الأليفة مثل القطط والكلاب والقرود والطيور والتى يمكن أن تتلف بعض المخطوطات أو الكتب النادرة سهواً.

الفطر: الكائنات الحية الدقيقة:

تشمل الكائنات الدقيقة مجموعة من الميكروبات الصغيرة جداً لا يمكن رؤيتها إلا بالميكروسكوب ولكنها ذات قدرة على إحداث الكثير من المظاهر المرئية للعين تدل على وجودها وتتمثل هذه الكائنات فى الفطريات والبكتريا والاكتينوميستات.

وخطورة هذه الكائنات أنها واسعة الانتشار تنتقل مع الهواء حيثما اتجه ولا يخلو مكان ما من الهواء وبالتالى لا يخلو أيضاً من هذه الميكروبات وهذه الكائنات ترتبط ارتباطاً وثيقاً بما سبق التفصيل فيه من اختلاف درجة الحرارة ونسبة الرطوبة وأيضاً شدة الإضاءة والملوثات الغازية فإذا ما ارتفعت نسبة الرطوبة وانتظمت درجة الحرارة وتوفر الظلام أو قلت شدة الإضاءة مع وجود العناصر الغذائية الكربونية والبروتينية التى تكون أوراق وجلود المخطوطات فإن جراثيم هذه الكائنات تنمو بصورة سريعة ومعدل تكاثر عال جداً وتتغلغل فى نسيج الأوراق ومكونات الجلود مسببة للمخطوط تبقعات لونية تنتشر على صفحاته مع إفرازات لزجة تعمل على التصاق الصفحات مع بعضها وتماسك الملازم وتحجر المخطوط ككتلة واحدة.

وتتميز هذه الكائنات بقدرتها على التجرثم عند تغير الظروف المحيطة بها كحدوث جفاف وارتفاع فى درجة الحرارة فتكمن هذه الجراثيم وتبقى فى حالة سكون غير متأثرة بالتغيرات المناخية حولها إلى أن تصبح الظروف ملائمة لنموها ، فسرعان ما تنبت مكونة مزرعة ميكروبية جديدة تبدأ فى الانتشار وإصابة المخطوط من جديد.

وتعتمد هذه الكائنات فى طريقة إصابتها لأوراق وجلود المخطوطات على إفراز أنزيمات متخصصة تستطيع تكسير سليولوز الأوراق وبروتين الجلود والرقوق ويعرف إنزيم تكسير السليولوز بالسليوليز Cellulase Enzyme بينما الإنزيم المحلل للجلود والرقوق يعرف باللايبيز Lipase Enzyme وهذه الإنزيمات ما هى إلا مواد عضوية معقدة حساسة جداً للتغير فى درجة الحرارة ودرجة الحموضة والقلوية وتأثير الإنزيمات على الأوراق يأخذ شكل الليونة وضعف الألياف مع إمكانية تداول الأوراق دون أن تنكسر ، وهذا يختلف بالطبع عن تأثير الحموضة على الأوراق والتى تأخذ شكل الاصفرار والهشاشية والقابلية للكسر إذا ثنيت أو تداولت بين الأيدى ولكن لسوء الحظ تحدث الإصابات معاً الإصابة بالكائنات الدقيقة مع الإصابة الحامضية نظراً لارتباط كلا منهما بارتفاع نسبة الرطوبة.

وهكذا نجد أن هذه الكائنات بما لها من انتشار واسع ، وقدرة فائقة على النشاط وسرعة التكاثر وإمكانية التجرثم عند الظروف البيئية غير الملائمة وما تنتجه من إنزيمات متخصصة فى تكسير مكونات المخطوط يجعلها مصدراً خطراً لا يستهان بمقاومته ، حماية للمخطوطات. وفيما يلى نستعرض دور

هذه الكائنات وعلاقتها بتدهور المخطوط.

الفطريـــات:

الفطريات هى مشتقة من الكلمة الإغريقية ميكربيولوجى ومعناها من الوجهة الاشتقاقية هى دراسة فطريات عيش الغراب ، وذلك لأن فطريات عيش الغراب كانت من الفطريات التى اهتم بها المشتغلون بالعلوم الطبيعية وذلك قبل اختراع المجهر أو أى نوع من العدسات البسيطة ، ولم تبدأ الدراسات التقسيمية للفطريات إلا بعد اختراع" ليفنهوك" للمجهر فى القرن السابع عشر.

الصفـات العامة للفطريـات:

1- نباتات خالية تماما من البلاستيدات الخضراء (الكلوروفيل) والأنثوسيانين ولكن يوجد بها صبغ الكاروتين بكثرة .

2- تشبه فطريات الطحالب من حيث تركيبها الخضرى ، فهى إما وحيدة الخلية كما فى فطر الخميرة أو خيطية أو تتشابك خيوطها لتكوين تراكيب خلوية تشبه البارنشيما وتسمى بالبارنشيما الكاذبة.

3- تتكون أغلب الفطريات من خيوط مجهرية تعرف بالخيوط الفطرية تأخذ فى التفرع والتداخل لتكون غزلا يرى بالعين المجردة يسمى الغزل الفطرى.

4- الخيوط الفطرية قد تكون مقسمة إلى خلايا أو غير مقسمة ، وهذه الصفة تستخدم للتمييز بين المجموعات المختلفة.

5- جدار الخلية يختلف تركيبه عن مثيله فى النباتات الراقية فهو يتكون من نوع خاص من السليولوز المحتوى على عنصر النيتروجين يعرف بالسليولوز الفطرى ، ويشبه كيتين الحشرات ويبطن الجدار سيتوبلازم يحتوى على نواة واحدة أو أكثر صغيرة الحجم.

6- تختزن فطريات المواد الغذائية على هيئة زيوت أو جيلوكوجين ولا يوجد النشا مطلقا فيها.

7- تختلف الفطريات فى طريقة تغذيتها عن النباتات الخضراء ، فهى لا تحتوى على كلوروفيل الذى يلزم لعملية التمثيل الضوئى وتكوين المواد السكرية من ثانى أكسيد الكربون والماء ولذلك فإنها تعتمد فى غذائها العضوى على مصادر مختلفة قد تكون كائنات حية أو مواد عضوية ميتة للحصول على احتياجاتها ، أى أنها عضوية التغذية، مثل البكتريا وتعرف الفطريات التى تعتمد على كائنات حية بالفطريات المتطفلة ، أما الفطريات التى تعتمد على مواد عضوية ميتة ، فهى تسمى بالفطريات المترممة وتعيش بعض الفطريات معيشة تبادل منفعة مع غيرها من النباتات وتعرف بالفطريات المتكافلة مثل الفطريات الأشنية، التى تعيش متكافلة مع

الطحالب لتكون الأشن.

8- للفطريات القدرة على إفراز عدد كبير من الإنزيمات يختلف عددها ونوعها باختلاف البيئات التى تنمو فيها فتساعد هذه الإنزيمات الفطريات على تحليل وتفكك المواد العضوية المعقدة إلى مواد بسيطة تستطيع أن تمتصها وتستفيد منها مباشرة ، وتنفرد بعض الفطريات المتطفلة بإفراز إنزيم السليوليز الذى يعمل على تكسير مادة السليولوز وإنزيم البكتينيز إلى يحلل مادة الصفيحة الوسطية لجدر خلايا العائل ويذيبها، فتتمزق مما يهيئ للفطر منفذا إلى داخل الخلايا وبهذه الطريقة تتمكن الخيوط الفطرية من التعمق فى أنسجة العائل.

9- توجد الفطريات فى التربة ، وتعيش فى الماء ، وتنثر جراثيمها فى الهواء فإذا وجدت وسطا ملائما ودرجة حرارة مناسبة للنمو نبتت ، ونمت مكونة غزلاً فطريًا ظاهرًا ، فتنمو الفطريات الرمية على بقايا النباتات والحيوانات الميتة أو على مواد عضوية مختلفة، أما الفطريات المتطفلة فتحصل على غذائها من فطريات أخرى أو من بعض الطحالب.

كما تتطفل على النبات والحيوان والانسان مسببة أمراضا تسمى بالأمراض الفطرية، فإذا أصيبت النباتات بمثل هذه الأمراض فإنها تؤدى إلى خسائر فادحة وكذلك تسبب الفطريات للإنسان أمراض القراع، وأمراض جلدية أخرى.

10- تحتوى بعض أنواع الفطريات على أنزيمات تساعد على إتمام بعض التحولات الكيميائية التى ينتج عنها مواد ذات أهمية اقتصادية مثل الكحول والأحماض العضوية مثل حمض الستريك ، وبعض الأحماض الدهنية المستخدمة فى الطب وتفرز بعض الفطريات إنزيمات تساعد على نضج أنواع الجبن مثل الروكفورد .

11- المضادات الحيوية: من أهم المواد التى تفرزها بعض الفطريات لأنها تستخدم فى علاج الأمراض الناشئة عن تطفل البكتريا الضارة فى جسم الإنسان والحيوان.

تغذية الفطريـــــات:

تحتاج الفطريات إلى مركبات عضوية للحصول على الطاقة والكربون الذى تستخدمه الخلايا العادية فى التمثيل الغذائى ، هذا وتتنوع المركبات العضوية والغير عضوية المتاحة لاستيطان الفطريات على الورق فى صور عديدة ، وبالإضافة إلى تحليل الفطريات للكربوهيدرات والاستفادة منها ، فهى تستطيع أيضا أن تحلل الدهون والبروتين كما اتضح أن وجود مركبات غير عضوية معدنية كالفوسفات والبوتاسيوم والكبريت والماغنسيوم وأيضا مركبات العناصر الدقيقة كالحديد والمنجنيز والزنك ، والتى يمكن أن تضاف إلى لب الورق فى صورة آثار دقيقة

جدا، فهى ضرورية لنمو الفطر ولكن عند وجودها بكميات كبيرة تؤدى إلى حدوث سمية للفطر ، وعندئذ تعتبر مواد مثبطة للفطر.

ومن هنا يمكن اعتبار المواد المالئة التى تضاف لزيادة العتامة فى الورق مثل كربونات الكالسيوم ، وهى فى نفس الوقت مواد مثبطة لنمو الفطر كما يمكن اعتبار الحبر الحديدى من هذا المنطلق أفضل من الحبر الكربونى من حيث مقاومة الأوراق المكتوبة به للفطريات.

الرطـــوبـــــة:

إن وجود الماء من الاحتياجات الضرورية لنمو الفطر ، والمساعدة فى حدوث تلف للمخطوطات ، والمخطوطات التى تخزن أو تعرض فى جو جاف تحتفظ بخواصها الطبيعية ولكن فى وجود محتوى رطوبة أكثر من 20% يؤدى إلى حدوث هجوم سريع بواسطة الفطريات ، وبطبيعة الحال تختلف الفطريات فى قدرتها على النمو فى محتوى رطوبة أقل من ذلك ، وقد وجد أن *Aspergillus* ينمو فى مستوى رطوبة أقل من 15% ، ولكن يجب الأخذ فى الاعتبار أن وجود قليل من الرطوبة النسبية هام جدا لاحتفاظ أوراق المخطوطات بخواصها الطبيعية ؛ لذلك فإن محتوى الرطوبة يقاس على أساس الوزن الجاف للمادة وليس على أساس احتياج الفطر للماء المتاح فيه.

ولقد وجد أن بعض الفطريات تنمو على البيئات الجافة مثل أنواع *Aspergillus* حيث يمكن لجراثيمها الإنبات فى مستوى منخفض من الماء أقل من 0.78_{aw} وتتحمل بعض أنواع فطر *Penicillium* ظروف الجفاف بدرجة أقل من فطر *Aspergillus* حيث يمكن لجراثيمها الإنبات عند مستوى مائى يتراوح بين $0.78-0.84_{aw}$ وينتشر التابع لجنس *Penicilium* فى تربة المناطق ذات المناخ المعتدل أكثر من انتشار الأنواع التابعة لجنس *Aspergillus* وخاصة إذا كان المحتوى المائى للتربة عالياً وعلى العكس من ذلك تنتشر أنواع الجنس *Aspergillus* أكثر فى التربة قليلة الرطوبة ذات درجة الحرارة العالية

الحـــــــرارة :

أغلب الفطريات المحللة لمكونات المخطوط الأثرى محبة لدرجات الحرارة المتوسطة حيث تنمو فى المدى الحرارى يتراوح من 10 : 40°م ، بينما الدرجة المثلى تكون بين 20 : 30°م ، والفطريات التى تتحمل درجات الحرارة العالية وكذلك المحبة لها تنمو عند درجات حرارة عالية فى مدى يتراوح ما بين 20: 50°م ، ولكن عدد قليل من الفطريات التى تنمو على المخطوطات توجد فى هذا المدى وعلى كل حال فإن حفظ المخطوطات لمدة طويلة فى درجة حرارة مرتفعة وفى مكان واحد يحدث لها تلفا سريعا.

الضـــــــوء :

التراكيب الثمرية للفطريات الحقيقية عرفت باستجابتها للضوء ، حيث أنها من الكائنات المحبة للضوء ، والغالبية العظمى من تلك الفطريات تتأثر بالضوء خاصة الفطريات المسببة لإتلاف السليولوز حيث يؤثر الضوء على شكل أجسامها الثمرية مؤثرا فى البداية على تجرثم وشكل الفطريات التى تحلل الخشب والضوء المظلم أو القريب من الأشعة فوق البنفسجية عند طول موجى 300 : 370 انجستروم، والتى عرفت بتأثيرها على تكوين الأعضاء التكاثرية الجنسية واللاجنسية لبعض الفطريات.

ومن دراسة حديثة أوضحت أن الضوء عامل مهم لتعقيد تكوين الجراثيم فى الفطريات البازيدية التى تحلل السليولوز بالإضافة إلى ذلك فإن الضوء القريب من الأشعة فوق البنفسجية والضوء الأزرق ، يعمل على تحضير وإنتاج الصبغات فى بعض الفطريات ، والتى تعمل على حماية مكونات جزء من العوامل الضارة للأشعة فوق البنفسجية ، وبالعكس فإن تأثير الضوء على نمو الهيفا يعتبر أقل أهمية.

كما أن للضوء تأثير على النظام الإنزيمى للفطريات وتوجد أمثلة عديدة على حدوث زيادة أو تثبيط فى الإنزيمات الأخرى.

تقسيم الفطريـــات:

يعتمد تقسيم الفطريات على صفتين أساسيتين:

أ- انقسام الخيط الفطرى أو عدم انقسامه.

ب- نوع الجراثيم المتكونة بعد التزاوج الجنسى ، فقد تكون جراثيم زقية أو جراثيم بازيدية ،وعلى هذا الأساس تقسم الفطريات إلى:

1- الفطريات الطحلبية: وفيها يكون الغزل الفطرى عادة غير مقسم.

2- الفطريات الزقية: فيها يكون الغزل الفطرى مقسما بواسطة جدر مستعرضة تتكون جراثيمها الجنسية داخل كيس خاص يسمى الزق.

3-الفطريات البازيدية ،وفيها يكون الغزل الفطرى مقسما بواسطة جدر مستعرضة وتتكون جراثيمها الجنسية خارج تركيب خاص صولجانى الشكل يعرف بالبازيدة.

4- الفطريات الناقصة: وفيها يكون الغزل الفطرى مقسما داخليا بجدر مستعرضة وتختلف عن الفطريات الأخرى فى أن دورة حياتها ناقصة حيث أنه لا يعرف فيها التكاثر الجنسى أى أنها لا تكون جراثيم زقية أو بازيدية.

ولقد وجد أن الفطريات تتغذى على الأقمشة والورق والجلد والصبغات والخيوط والمواد

اللاصقة المختلفة مثل النشا والجيلاتين والكازين وخلافه من مكونات الكتاب، وأكد دكتور حسام عبد الحميد أن بعض الفطريات يمكنها تحطيم من 10: 60% من ألياف الورق السليولوزية خلال 3 أشهر فى تجربة أخرى مشابهة للجانب التجريبى الذى أجراه الباحث أكد أن خواص الورق الطبيعية انخفضت من 50: 60% ، حيث أن الورق أصبح ضعيفا ، وأن لونه أصبح بنيا غامقا وقد يتبقع بألوان مختلفة مثل البنفسجى والأخضر وغيرها ، ويصبح الورق رقيقا أو شفافا أو مثقبا نتيجة للنشاط الفطرى.

كذلك وجد أن حموضة الورق تزداد ثلاثة مرات خلال عدة شهور ، وبالتحليل ظهر فى الورق حمض الأوكساليك بنسبة 5% ، كذلك تزداد الرطوبة فقد يصبح ملمس الورق لزجا لدرجة قد تؤدى إلى التصاق صفحات الكتاب ببعضها.

تتركز الإصابة دائما فى الصفحات الأولى والأخيرة من المخطوط على هيئة بقع لونية؛ لأن الفطريات تنمو فى صورة مسطحات وبرية تشبه القطن أو القطيفة أو الدقيق. وبذلك تزيل السطح المصقول للورقة وتحطم ألياف السليولوز.

تفرز الفطريات طبقات تترك أثرا على الورق ويصعب إزالتها.

الألوان التى تنتج من الإصابة الفطرية تتدرج من الأصفر المحمر إلى البنى وكذلك الرمادى والبنفسجى والأخضر البنى والأحمر الغامق ، فقد لوحظ أن الفطريات تهاجم أنواع الورق المختلفة بدرجات متفاوتة معتمدة على تركيب الورق نفسه ، وعلى نوع الفطريات ودرجة تمييزها لأنواع الورق المختلفة ، حيث وجد عموما أن الورق المصنوع من ألياف القماش الملصوقة بالنشا والجيلاتين يكون أكثر تعرضًا للإصابة كما وجد أن الورق الذى يحتوى على كمية كبيرة من نشارة الخشب يكون أقل تعرضا للمهاجمة بالفطريات مثل ورق الجرائد

البكتريــا وأنواعهــا:

البكتريا كائنات واسعة الانتشار توجد فى طبقات مختلفة من التربة والماء والهواء كما توجد على الجلد وفى الفم وفى القنوات الهضمية للإنسان والحيوان ، وهى تختلف فى أشكالها حسب أجناسها وأنواعها ، ويمكن للبكتريا أن تعيش فى درجات متباينة من الحرارة سواء مرتفعة أو منخفضة وتفضل معظم البكتريا المعيشة فى الوسط المعتدل الحموضة أو القلوى.

أحجام وأشكال البكتريا:

يمكن تمييز البكتريا إلى أربعة أشكال رئيسية هى الكروية والعصوية واللولبية أو الحلزونية والخيطية.

أ- البكتريا الكرويــة:

وهى تشتمل على الخلايا البكتيرية المستديرة أو البيضاوية ، وقد تتجمع الخلايا الكروية فى عدة أشكال تبعاً لطريقة انقسام الخلية وترتيب الخلايا المنقسمة وقطر الخلية يتراوح بين 0.7–1.2 ميكرون.

1- بكتريا كروية منفردة: وتتواجد الخلايا منفردة وهى بكتريا مترممة تعيش فى الماء والهواء.

2- بكتريا كروية ثنائية: وفيه تنقسم الخلية فى مستوى واحد وتترتب الخلايا الناتجة من الانقسام فى أزواج مثل بكتريا السيلان.

3- بكتريا كروية رباعية: وفيه تنقسم الخلية فى مستويين مختلفين متعامدين على بعضهما ، وتبقى الخلايا الأربعة الناتجة عن الانقسام ملتصقة ببعضها وهى بكتريا مترممة.

4- بكتريا كروية مكعبة: وفيها تنقسم الخلية البكتيرية ثلاثة أو أربعة انقسامات فى ثلاث مستويات متعامدة لتنتج 8 أو 16 خلية تظل ملتصقة ببعضها مكونة مكعباً من الخلايا وتعيش مترممة.

5- البكتريا السبحية: تنقسم الخلية البكتيرية إلى العديد من الانقسامات ولكن فى مستوى واحد وتظل ملتصقة ببعضها فى شكل سبحى.

6- البكتريا العنقودية: وفيها تنقسم الخلية انقسامات فى مستويات مختلفة بدون انتظام منتجة شكلاً يشبه عنقود العنب.

ب- البكتريا العصوية:

تتميز هذه البكتريا بالشكل العصوى أو الأسطوانى ، بعضها عصوى قصير والأخر عصوى طويل ، ومعظمها ذات نهايات أو أطراف مستديرة ، والبعض الأخر ذات أطراف مدببة والخلايا ذات أقطار تتراوح من 0.5 إلى 1.25 ميكرون وأطوال تتراوح بين ميكرون واحد إلى عديد من الميكرونات ، ويمكن تقسيم البكتريا العصوية تبعاً لترتيب الخلايا وعددها إلى.

1- بكتريا عصوية منفردة:

وهى خلايا منفردة ومنها البكتريا المسببة لمرض الدفتريا ، وكذلك مرض التيفود ومرض الدوسنتاريا وقد تظهر هذه البكتريا فى تجمعات من ثلاث خلايا على شكل Y مثل بكتريا الدرن (السل الرئوى) والجذام.

2- بكتريا عصوية سبحية:

وتكون موجودة فى سلاسل ذات حركة وتشتمل على الطراز الثلاثة الآتية:

1- بكتريا حلزونية: وهى حلزونية الشكل متصلبة الجدار تتحرك غالبيتها بواسطة أسواط.

2-بكتريا ضمية: وهى واوية أو ضمية الشكل متصلبة الجدار وتتحرك بأسواط.

3- البكتريا المنثنية: وهى ليست بكتريا حقيقية ولكنها وسط بين البكتريا والبروتوزوا لولبية الشكل ليس لها جدار صلب وتتحرك حركة دودية بالالتواء والانثناء ، ومنها نوع يسبب مرض الزهرى .

ج- البكتريا الخيطية:

تتكون من خيط متفرع غير مقسم ورفيع مقارنة بالخيوط الفطرية وتتكاثر البكتريا الخيطية بواسطة كونيدات أو جراثيم تتكون عند أطراف الخيط عن طريق تكوين حواجز عرضية ، ويتكون جدار البكتريا الخيطية من نفس مادة جدار الأنواع الأخرى من البكتريا كما تتميز البكتريا الخيطية بقدرتها على إفراز مضادات حيوية مثل الاستربتومايسين والتتراسيكلين إلى جانب أن بعضها يسبب أمراضاً للنبات مثل مرض الجرب فى البطاطس.

التغذية فى البكتيريا:

تختلف البكتريا عن النباتات الخضراء فى عدم احتوائها على الكلوروفيل وبالتالى فى عدم قدرتها على القيام بعملية التمثيل الضوئى ، إلا أنه فى بعض الأنواع التى تعرف بالبكتريا الحمراء أو الأرجوانية فإنها تحتوى على صبغتين أحدهما شبيه ة بالكلوروفيل النباتى وتعرف بالكلوروفيل البكتيرى والثانية تعرف بصبغة الأرجوانى البكتيرى وهاتين الصبغتين تمكن البكتريا المحتوية عليها من القيام بالتمثيل الضوئى أما البكتريا الخضراء فإنها تحتوى على الكلوروفيل البكتيرى أساساً ، وهى أيضاً تقوم بعملية التمثيل الضوئى.

معظم أنواع البكتريا غير ذاتية التغذية أى أنها لا تستطيع تكوين مواد عضوية معقدة من مواد بسيطة مثل CO_2 والماء ولابد أن يحتوى غذاؤها على مصدر عضوى غنى بالطاقة مثل السكريات ، وبذلك فإن هذه البكتريا تحصل على احتياجاتها من الطاقة من المادة العضوية لكائنات ميتة أو من مواد عضوية متحللة وتعرف البكتريا فى هذه الحالة بالرميات وتسمى الحالة بالترمم وقد تحصل البكتريا على ما تحتاجه من مواد عضوية من كائنات حية فى هذه الحالة تعرف البكتريا بأنها طفيليات وتسمى الحالة بالتطفل.

بعض أنواع البكتريا ذاتية التغذية فهى تحصل على الطاقة اللازمة لها من ضوء الشمس

أو من أكسدة بعض مواد غير عضوية توجد فى الوسط الذى تعيش فيه وتسمى البكتريا فى الحالة الأولى بأنها ذاتية التغذية ضوئياً وذلك كما فى البكتريا كروماتيم كما تسمى البكتريا التى تأخذ طاقتها من أكسدة مواد غير عضوية بأنها ذاتية التغذية كيماوياً كما فى بكتريا الكبريت غير الملونة وبكتريا الحديد وبكتريا التأزت.

تحصل بكتريا الكبريت غير الملونة على الطاقة اللازمة لها من أكسدة كبريت الأيدروجين إلى كبريت ثم إلى حمض كبريتيك كما يأتى:

$$2H_2S + G_2 \rightarrow 2S + 2H_2O + 65000\ Ca$$
$$2S + 2H_2O + 3O_2 \rightarrow 2H_2\ SO_4 + 284000\ Ca$$

وتحصل بكتريا الحديد على الطاقة اللازمة لها من أكسدة أملاح الحديدوز إلى أملاح حديديك ، كما يأتى:

$$4Fe\ CO_3 + O_2 + 6H_2O \rightarrow 4Fe\ (OH)_3 + 4\ CO_2 + 51000\ Ca$$

أسس التغذية فى البكتريا:

يعتبر الماء هو المتطلب الأساسى لجميع المخلوقات الحية وهو ضرورى كغذاء لجميع المخلوقات وبفحص مكونات الخلايا لجميع الأحياء يبدو واضحا انه بالإضافة إلى الهيدروجين والأكسجين يجب أن يكون الكربون والنيتروجين فى متناول هذه الأحياء بكميات كبيرة نسبيا- وتحتاج إلى الكبريت والفوسفور بكميات أصغر إلى حد ما ، وتوجد عناصر البوتاسيوم والماغنسيوم والكالسيوم والحديد والنحاس والزنك والمولبيديم ، فبعض هذه العناصر ضرورية كالزنك والنحاس والمولبيديم يحتاج إليها النبات لنشاط مجموعات من إنزيمات خاصة ، ولأنها تلعب دور العامل المساعد فى الخلية فإن البكتريا تطلبها بكميات صغيرة تسمى هذه العناصر (Trace elements).

عناصر النمـــو:

وهى مركبات عضوية تتطلبها أنواع خاصة من البكتيريا والفطريات بالإضافة إلى مصادر الطاقة الأساسية ولا تستطيع البكتريا أن تنمو بدونها ومن أمثلة هذه المركبات بعض الأحماض الأمينية والفيتامينات وكذلك بعض الهرمونات وبعض المواد الأخرى تسمى البيوتينات، وهذه المواد تتطلبها البكتريا بكميات صغيرة جدا.

التركيب الإنزيمى:

من المعروف أن حجم البكتريا صغيرة ورغم ذلك فإن متوسط ما تحتويه خلية واحدة حوالى مليون جزء من الإنزيمات المختلفة لكى تقوم بعمليات الأيض المختلفة.

بعض منتجات الأيض فى البكتريا:

بالإضافة إلى العدد الكبير من الإنزيمات التى تفرزها البكتريا فإنه يوجد منتجات أيضية أخرى اثنان منهما يستحقان الاهتمام:

1- أصباغ بكتيرية . 2- سموم بكتيرية.

كثير من أنواع البكتيريا تستطيع أن تكون ألوان خاصة مميزة ويوجد نوعين من هذه الأصباغ.

أ- أصباغ داخلية وهى التى تبقى مرتبطة بجسم الخلية ولا تنفذ أو تذوب فى الوسط الخارجى ، ويمكن رؤيتها والتعرف عليها.

ب- أصباغ خارجية ، وهى تستطيع أن تذوب بسهولة فى الوسط الخارجى.

وتربية البكتيريا هوائيا من العوامل الهامة لتكوين الأصباغ ، فالأصباغ تتكون عادة فى درجة حرارة 15°م أحسن منها عند درجة حرارة 37 °م وهى تلعب دورًا هاماً فى عمليات التنفس فى البكتيريا.

نمو وتكاثر البكتيريا:

استعمال كلمة النمو فى علم البكتريولوجى تعنى الزيادة فى الكتلة الخلوية سواء أكان ذلك للخلية الواحدة أو لمجاميع من الخلايا، فتلك المكونة للمستعمرة أو المزرعة البكتيريا ، وتستعمل كلمة التكاثر لتشير إلى الزيادة فى عدد الخلايا وتستعمل كلمة نمو البكتيريا هنا للإشارة إلى كل الزيادة فى الكتلة وفى تعداد الخلايا.

عملية التكاثر الخلوى:

وتتلخص عملية التكاثر عند بدء الخلية فى النمو بزيادة محتوياتها البروتوبلازميةوينتج عن ذلك زيادة فى طول وحجم الخلية البكتيرية ، وعقب زيادة الخلايا المقبلة على الانقسام فى الحجم والطول تبدأ الخلايا فى الانقسام إلى خليتين ويحدث ذلك بتكوين غشاء سيتوبلازمى عرضى يكون متصل بالغشاء السيتوبلازمى للخلية الأم ، ثم ينشق الغشاء العرضى الذى يفصل بين الخليتين الجديدتين إلى خليتين منفصلتين نتيجة لتكون جدار خلوى بينهما ويعقب ذلك انشقاق الجدار الخلوى العرضى المتكون بدوره إلى طبقتين، والخليتين الجديدتين إما أن ينفصلا عن بعضهما مباشرة أو يظلا ملتصقتين ليكونا سلسلة من الخلايا أو تجمعات مختلفة ويحدث التكاثر فى البكتريا بأكثر من شكل.

أ- **طريقة الانشطار الثنائى:** وهو أن الخلية البكتيرية تنقسم نتيجة لنمو عرضى يتكون من مادة الجدار الخلوى ينشأ من منطقة الجدار ممتدا بداخل الخلية حتى يفصلها إلى خليتين وأن الجدار المتكون لا يلبث أن يزدوج ليسهل انفصال الخلايا الجديدة المتكونة.

ب- طريقة التبرعم: وفى هذه الطريقة تبرز نتوءات من الخلايا الأم يزداد حجمها ثم تنفصل عنها مكونة خلايا جديدة وهذه الطريقة تشابه كثيرا عملية التبرعم التى تميز تكاثر الخميرة ، وتكاثر البكتيريا بطريقة الانشطار الثنائى من أكثر أنواع التكاثر شيوعا، وتحت ظروف مناسبة .

فخلية بكتريا واحدة تستطيع الانقسام بعد كل 20 دقيقة فى الظروف المناسبة لتعطى

أعدادا هائلة من الخلايا بعد وقت قصير، فلو استمر التكاثر لمدة 48ساعة فإن عدد الخلايا المتكونة سوف يعطى حوالى 4000مرة مثل كتلة الكرة الأرضية. ولكن لحسن الحظ أن تكاثر البكتريا بهذه الصورة لا يحدث فى الطبيعة وذلك لعدة أسباب أهمها:

أ- استهلاك المواد الغذائية اللازمة لتكوين خلايا جديدة.

ب- تجمع المواد السامة الناتجة من عمليات الأيض الغذائى .

ح- انخفاض أو زيادة الرقم الهيدروجينى pH للوسط الغذائى .

تأثير البكتيريا:

ودور البكتريا فى إتلاف المخطوطات أقل فى الدرجة من دور الفطريات لاحتياجها إلى نسبة رطوبة مرتفعة تزيد عن 90% ودرجة حرارة أعلى من الفطريات تصل إلى 30°م لذلك فإن خطورة البكتريا فى تحليل السليولوز أو الجلود لا تظهر إلا فى حالة ارتفاع نسبة الرطوبة كتسرب قطرات المطر إلى المخطوطات أو الغمر المباشر بالماء من خلال أسقف المخازن أو شقوق الجدران أو فى حالة حدوث فيضانات أو سيول أو حوادث سقوط الكتب فى الماء مباشرة.

لذلك فإن عفن السليلولوز (عفن الورق البكتيرى) لا يشكل خطراً مباشراً تحت الظروف العادية بالمكتبات ومخازن الكتب حتى عند ارتفاع الرطوبة بالجو المحيط.

والبكتريا توجد فى مخازن الكتب فى الهواء فى صورة جراثيم طائرة أو على الأرفف أو قد تهاجم السليولوز والجلود وتسمى عفن الورق أو عفن الجلد ولكن يحدث هذا فى حالة وجود الماء. من هذا يظهر أنه فى الظروف العادية لا ضرر من البكتريا على الكتب ومكوناتها والخطر الوحيد من البكتريا هو على الإنسان فإن الكتب تمثل ناقلاً للعدوى بالبكتريا المرضية عندما يستعمل الكتاب شخص مريض بمرض معدٍ ثم شخص سليم خاصة الكتب التى يستعملها الأطفال وهناك بعض البكتريا الضارة بالكتب والمخطوطات ولكنها نادراً ما توجد فى المكتبات ومتاحفها ويزيد من احتمال إصابة المكتبات بالبكتريا وجود بقع من اللعاب أو المخاط أو الدهون أو مواد أخرى نتيجة الاستعمال الآدمى.

الأشـــــن: LICHENS

يتكون الاشن من فطر وطحلب متكافلين وهذا التكافل هو أحسن أنواع التكافل فى المملكة النباتية ، وثالوث الأشن مزدوج أى يتكون من ميسليوم فطر وطحلب والأول يكون الجزء الأكبر من الثالوث أما خلايا الطحلب فتنتشر داخل الميسليوم وهى التى تكون المواد السكرية خلال عملية التمثيل الضوئى ، حيث تزود الفطر بما يحتاجه من المواد السكرية فى حين يتولى الفطر حمايتها وامتصاص الماء لها.

وتنقسم الأشن على حسب شكل الثالوث إلى ثلاثة أنواع:

1- الأشن القشرية: وهى تظهر على سطح الصخور والأحجار فى صورة قشور رقيقة.

2- الأشن الورقية: وهى عريضة مفلطحة تشبه الأوراق ، وتوجد على سطح التربة أو الصخور ، كما توجد عالقة بقلف الأشجار .

3- الأشن الشجرية: وهى متفرعة كشجيرة صغيرة وهى إما أن تنمو على سطح التربة أو معلقة على أغصان الأشجار.

والنوعين الأخيرين هما اللذان يصيبا المخطوطات الورقية بالتلف.

وتنقسم الأشن على حسب المجموعة التى ينتمى إليها إلى قسمين:

1- الأشن الزقية Ascolichens وفيها ينتمى الفطر إلى الفطرية الزقية.

2- الأشن البازيدية Basidioliehens وينتمى الفطر فيها إلى الفطريات البازيدية.

التركيب التشريحى للثالوس:

إذا درسنا قطاعا عرضيا فى ثالوث الاشن نلاحظ الطبقات التالية:

1- **القشرة العليا:** وهى تتكون من هيفات الفطر متماسكة مع بعضها

2- **الطبقة الطحلبية:** وهى عبارة عن هيفات غير متماسكة للفطر تنتشر بينها خلايا طحلبية ، وكان يظن أن الخلايا الطحلبية ما هى إلا جونيدات أو خلايا تكاثر لا جنسى، ولهذا سميت هذه الطبقة ومازالت تسمى فى بعض المراجع بالطبقة الجونيدية Gonidial layer

3- **النخاع:** وهو ما يتكون من هيفات غير متماسكة.

4- **القشرة السفلى:** تتكون من هيفات قوية متماسكة وفى بعض الحالات يوجد بين النخاع والقشرة السفلى طبقة طحلبية ثانية:

التكاثـــر: يوجد نوعان من التكاثر هما:

1- التكاثر الخضرى:

ويتم تكوين وحدات خضرية تسمى سوريديات وهى عبارة عن أجسام صغيرة مستديرة تتكون من خلية أو أكثر من خلايا الطحلب محاطة بهيفات الفطر وعندما تتكون هذه الوحدات يصبح سطح الثالوث العلوى كأنه مغطى بمسحوق رمادى اللون. وتنتشر هذه الوحدات بواسطة الهواء حتى تسقط فى بيئة مناسبة فتنبت لتعطى ثالوسا جديدا.

2- التكاثر الجنسى:

وفيه يتكاثر الفطر على حسب المجموعة التى ينتمى إليها ، فإذا كان من الفطريات الزقية فإنه بعد التزاوج الجنسى يكون الجراثيم الزقية داخل زقاق ، أما إذا كان ينتمى للفطريات البازيدية فإنه يكون الجراثيم البازيدية على بازيدات . وتفصل الجراثيم الزقية أو البازيدية مع الخلايا الطحلبية الملتصقة بها ، فإذا سقطت فى مكان مناسب نما الأثنين معا وكونا ثالوسى أشن جديدا وفى بعض الحالات تفصل الجراثيم الزقية أو البازيدية وحدها دون الخلايا الطحلبية ، وفى هذه الحالات لابد أن تسقط فى بيئة تحتوى على الطحلب المناسب وإلا فلن يتكون أشن جديد .

وتعتبر الأشن من أوسع النباتات انتشارا فى الطبيعة ، فهى تنتشر فى المناطق الباردة والحارة ولكن انتشارها أوسع فى البيئة الباردة ، وهى تكون مع النباتات الحزازية الكساء الخضرى لمنطقة التندرا القطبية.

وترجع أهمية الأشن فى الطبيعة إلى أنها تعتبر من النباتات الأولى التى تغزو المناطق غير الصالحة. فهى التى تظهر أولا على سطح الصخور ، وبذلك تساعد على تفتيتها بما يجعلها مهيأة لغزو نباتات أخرى، كما وأن المواد الدبالية الناتجة بعد موتها تمهد البيئة الصالحة لظهور أجيال أخرى من النباتات.

وتتميز الأشن بقدرتها الكبيرة على مواجهة الجفاف الشديد ، ومعظمها له القدرة على امتصاص الماء من الهواء الرطب مباشرة.

وتستغل بعض أنواع الأشن كغذاء فمن الأشنة المعروفة باسم سيترايا يمكن استخراج مادة هلامية ذات قيمة غذائية كبيرة ، وفى بعض أنواع الأشن يمكن إنتاج بعض الأصباغ مثل صبغة عباد الشمس . وقد فصلت من بعض الأشن أنواع من المضادات الحيوية تشبه فى تأثيرها البنسلين والاستربتومايسين. ومما يذكر أن الأشن القشرية والورقية تنتشر بوفرة ملحوظة بطول منطقة ساحل البحر الأبيض فى الإقليم المصرى.

طرق التكاثر:

1- التكاثر الخضرى: وفيها تنفصل أجزاء من الآشنة الأصلية ، وينمو كل جزء إلى ثالوس جديد.

2- السوريدات (Soredia): وهى أجزاء دقيقة من الثالوس الأشنى قابلة للانفصال حيث تتكون كل سوريدة من خلية طحلبية أو أكثر يحيط بها الخيط الفطرى ، وتستطيع كل سوريدة تحت الظروف المناسبة أن تعطى ثالوسا أشنياً جديداً ، وتعد السوريدات بمثابة أعضاء خضرية خاصة لتكاثر الأشن.

3- الجراثيم الفطرية: حيث يتكاثر المكون الفطرى للاشنة حسب المجموعة الفطرية التى ينتمى إليها ، ففى الفطريات الزقية يكون التكاثر بواسطة جراثيم زقية وفى الفطريات البازيدية بجراثيم بازيدية.

الاكتينوميستات: Actinomycetes

وتكون هذه المجموعة رتبة من البكتيريا وهى تشابه الفطريات فى تركيبها الخيطى المتفرع فى بعض الأجناس وخيوط الاكتينوميستات أسطوانية أكثر من الفطريات وقطرها لا يزيد عن ثلاثة ميكرون وتشابه هذه المجموعة باقى مجموعات البكتيريا فى غياب النواة الحقيقة. وتشمل هذه التربية عدة صور وأجناس فيما يلى:

أ- جنس Mycobacterium وقد يكون عصوى أو به تفرع بدائى على هيئة حرف Y, L, T ، ويتميز أفراد هذا الجنس بأنه يصطبغ بالصباغة الصامدة للأحماض .

ب- جنس Actinomyces متفرع تفرعا دقيقة وتتميز خيوطه بأنه مقسم أيضا ، وهو من النوع الهوائى.

ج- جنس Streptomyces وهو متفرع وغير مقسم ويتكاثر عن طريق كونيدات مثل الفطريات الحقيقة ، ومعظم أنواع هذا الفطر توجد فى التربة ، ولها أهمية فى أن كثيرا من أنواعها ينتج المضادات الحيوية الهامة.

والاكتينوميستات بكتيريا محيطية الاسواط وتكون جراثيم وتكون ميسليوم وغير متحركة وهى هوائية عصوية دقيقة مستقيمة أو منحنية فتظهر عند الصبغ محتوية على أجزاء داكنة وهى صامدة للأحماض لا تقبل الصبغات العادية بسهولة لاحتوائها على مواد شمعية ويشمل هذا الجنس نوع واحد يسبب مرض السل أما الأنواع الأخرى فهى غير ضارة وتنتشر فى التربة وتتميز بقدرتها العالية على مهاجمة المواد العضوية التى لا تذوب فى الماء وكذلك المواد شديدة المقاومة لعملية الانحلال مثل شمع البرافين والكولسترول.

والأكتينوميستات لا تتحمل الحموضة وان بعضها ذو درجة مثلى pH 8.5 على الجانب القلوى وعند نموها فى بيئة متعادلة من المواد العائلة لها مثل المخطوطات وغيرها من المواد الأثرية فإنه ينتج عنه أحماض أو قلويات مما يغير الـ Ph للعائل.

والأكتينوميستات لا تقبل الصبغات لاحتوائها على مواد شمعية ويشمل هذا الجنس نوع واحد يسبب مرض السل أما الأنواع الأخرى فهى غير ضارة ومنتشرة فى التربة وتتميز بقدرتها العالية على مهاجمة المواد العضوية التى لا تذوب فى الماء وكذلك المواد شديدة المقاومة لعملية الإنحلال مثل شمع البرافين والكوليسترول.

والاكتينوميستات تشمل اكثر من عائلة بعضها اكثر نشاطا فى تحليل المركبات السليولوزية ويعتبر جنس الاستربتومايسس أنشط الأجناس فى هذا التحليل ، وأهم أجناس هذه المجموعة فى تحليل السليولوز:

Setreptomyces albus, Setreptomyces flavus, Setreptomyces griseus, lavendulae, streptmyces antibiotics, thermomonosporal curvata.

وهناك أنواع أخرى من أجناس الـ *micromonospora* والـ *Nocardia* والـ *Actinomyces* ونوعيات الإصابة بهذه الأجناس قد تحدث تبقعا ملونا كما فى جنس الـ *streptomyces* أو لا يحدث تبقعا ملونا كبقية الأجناس باستثناء الـ *Nocoradia* التى قد تعطى بعض الألوان. وأهم أنواع الاستربتومايسس التى تلعب دورًا فى تلف وإصابة الجلود والرقوق والورق.

Streptomyces gray series, Streptomyces white series, Streptomyces Green series, Streptomyces Red series, Streptomyces page series.

طرق العلاج والترميم

وتتشعب طرق العلاج والترميم وتتعدد على حسب حالة المخطوط المراد علاجه.

فهناك من يبدأ بعمليات التعقيم للقضاء على الحشرات والفطريات أولاً وذلك حتى يوقف نشاطها ويمنع انتقالها إلى غيرها فى حالة تأخير هذه العمليات. ثم بعد ذلك تجرى عمليات الترميم الأخرى ، وهناك من يؤخر عملية التعقيم لحين الانتهاء من عمليات الترميم الأخرى حتى تكون هى الخاتمة لعمليات الترميم والتى تمثل أولى عمليات الصيانة الدورية.

ولكن كما ذكرنا فإن حالة الأثر هى المرجع دائماً للمرمم وهى التى تملى عليه بأى العمليات يبدأ أو بأيها ينتهى.

عمليات علاج التلف الميكروبيولوجى:

علاج المخطوطات المصابة بالحشرات:

المكافحة الميكانيكية:

وتعتمد على استخدام بعض الوسائل الميكانيكية للقضاء على الآفة مثل:

1- إقامة الحواجز وذلك بعمل حواجز حول الأماكن المصابة حتى لا تنتقل الإصابة إلى مكان آخر أو ما يسمى بالعزل وذلك بعمل قنوات مملوءة بالماء مع الكيروسين حتى لا تنتقل الحشرات الزاحفة.

2- تغطية الأبواب والنوافذ بسلك لمنع الحشرات الطائرة دون حدوث أى تغيير فى علمية التهوية.

المكافحة الفيزيقية:

الحشرات بصفة عامة لها مدى حرارى ورطوبى ملائم لنموها وتكاثرها مما يعطى إمكانية استقلال هذه الظواهر فى ضبط الكثافات العددية لبعض الآفات الحشرية وتعتبر هذه إحدى الوسائل الجيدة داخل المبانى والأماكن المغلقة المتاحف مثلاً ويستخدم التبريد كإجراء وقائى عند تخزين المواد العضوية ذات القيمة الفنية لدى الإنسان كالمخطوطات مثلاً وذلك على درجة حرارة أقل من 40° ف – لا يؤدى إلى قتل جميع الحشرات المتواجدة بهذه الأماكن ولكن تصبح

الحشرات الموجودة ساكنة حيث تتوقف عن النشاط فى درجات الحرارة المنخفضة ، وكذلك رفع درجة الحرارة إلى حدود المدى غير الملائم لنمو وتكاثر الحشرات ويمكن كذلك الاستفادة من هذه الظاهرة فى تعقيم الذكور بواسطة أشعة جاما.

المكافحة الكيميائيـــة:

وفى هذه الطريقة يتبع أسلوب العلاج الكيميائى للحد من الإصابة الحشرية أو إبادة الأطوار الحشرية الضارة.

– أهم أسس المقاومة هى النظافة العامة والفحص الدورى لفتارين العرض بالمتاحف ودواليب الكتب وصناديق الحفظ والتخزين والأرفف والمخازن مع وضع مواد سامة طاردة مثل البارادكس أو الثيمول الزائد فى الكحول الإيثيلى كمبيد فطرى.

– التدخين بالثيمول حيث تستعمل بلورات الثيمول المسلط عليها لمبات حرارية لتبخير الثيمول فى صندوق محكم ويمكن استخدام ورق النشاف المشبع بمحلول الثيمول المذاب فى الكحول كعامل وسيط.

– التدخين بالرادكس حيث توضع الكتب مفتوحة على شكل مروحة فى صندوق محكم ومستو ويوضع البرادكس بتركز عالى لا يقل عن 0.5 ك برادكس لكل 5م^3 من الفراغ ويتم التبخير لمدة 24 ساعة عند درجة حرارة 16°م وفى المتحف البريطانى تستخدم تركيبة من النفثالين والكلورفورم والكيروزوت وتوضع فى الأركان مع السيلكاجيل.

علاج المخطوطات المصابة بالكائنات الحية الدقيقة:

توفر سطوح أوراق المخطوطات المختلفة بيئة مناسبة لنمو كثير من الفطريات والبكتريا ولقد جذب هذا الموضوع اهتمام عديد من الباحثين لدراسة النمو السطحى لهذه الفطريات سواء المتطفلة منها أو المترممة وما يسببه نموها من أضرار لأوراق هذه المخطوطات التى تنمو عليها وتتأثر هذه الأحياء الدقيقة النامية على سطوح هذه الأوراق بالعوامل البيئية من حولها مثل الإشعاع الشمسى والحرارة والرطوبة النسبية كما تتأثر تلك الأحياء بالمعاملات الكيميائية للأوراق الداخلة معها أثناء عملية صناعتها.

كما تتداخل هذه الأحياء الدقيقة فى نموها على سطوح الأوراق مع بعضها حيث تتأثر بالمواد الثانوية الناتجة من تمثيلها الغذائى إذ يفرز بعضها مواد تشجع نمو بعض الأحياء الدقيقة من حولها بينما قد تثبط نفس هذه المواد أحياء دقيقة أخرى ويلعب هذا التوازن بين الأحياء الدقيقة النامية على سطوح الأوراق دوراً كبيراً فى تحديد سيادة إحداها.

وتنمو الأحياء الدقيقة المختلفة على سطوح الأوراق المترممة وقد تنمو معها أحياء دقيقة

أخرى وتتداخل عشائر هذه الأحياء الدقيقة فيما بينها مؤثرة ومتأثرة بما تفرزه من مواد مشجعة للنمو أو مثبطة له ، ومتنافسة بعضها مع بعض على العناصر الغذائية المحدودة على سطوح الأوراق وعلى ذلك فإن هذه الأحياء الدقيقة المترممة تعمل على الحد من الدور الضار الذى يمكن أن تقوم به الأنواع الأخرى والذى يمكن أن يستفاد منه فى المكافحة الحيوية وهذه الأسس يجب وضعها دائماً فى الحسبان عند إجراء عمليات المكافحة.

أولاً: تأثير العوامل الطبيعيــة:

هناك عوامل تؤثر على نمو الكائنات الحية الدقيقة وأهم هذه العوامل هى الحرارة والرطوبة والضغط والإشعاع ولذلك بالتحكم فى هذه العوامل فانه يمكن قتل أو وقف نشاط الكائنات الحية الدقيقة.

أ- الحـــرارة:

تعيش الكائنات الحية الدقيقة فى مدى حرارى يتراوح من 10-50ْم وأن أى ارتفاع أو انخفاض عن هذا المدى يؤدى إلى قتل هذه الكائنات وجدير بالذكر أن هناك أنواع من البكتريا تتحمل درجات الحرارة العالية.

ب- الرطوبـــة:

تنمو معظم الكائنات الحية الدقيقة فى مدى مرتفع من الرطوبة النسبية لذلك فالتحكم فى الرطوبة وجعل جو المكتبات والمتاحف ومخازن الكتب أكثر جفافاً يحد من انتشار هذه الكائنات.

جـ- الضغـــط:

ويقصد به الضغط الأسموزى وهو تركيز الأملاح فى الوسط الخارجى لأجسام هذه الكائنات والذى بدوره ينتقل إليها حيث تنتقل من الوسط الأعلى تركيزاً إلى الوسط الأقل تركيزاً وهذه الخاصية لها دوراً كبير فى عمليات استخدام المثبطات مع هذه الكائنات ولقد وجد أيضاً أن هناك أنواعاً كثيرة من البكتريا غير حساسة لهذه الظاهرة.

د- الضــوء (الإشعاع):

يعد الضوء من العوامل الضارة بالكائنات الدقيقة التى ينقصها الكلوروفيل ومن المعروف أن الآثار المبيدة للضوء المرئى أو الأشعة غير المرئية ترجع إلى تأثيرها الحرارى فالأشعة البنفسجية من 2400-3000 أنجستروم لها قدرة كبيرة على الإبادة والأشعة من 2500-2800 أنجستروم لها قدرة عالية ومتخصصة فى قتل الكائنات الحية الدقيقة وهى التى تستعمل فى غرف العمليات كذلك استعمال أشعة جاما والتردد العالى للتيار وتردد الموجات فوق الضوئية من الوسائل التى تثبت كفاءتها فى قتل الكائنات الحية الدقيقة.

ولكن يجب مراعاة أن الأشعة ذات الطول الموجى القصير كالأشعة البنفسجية لها أثر

سلبى على مكونات المخطوط الأثرى حيث تسبب له ظاهرة الوهن الضوئى.

ثانياً تأثير العوامل الكيميائية:

تسبب العوامل الكيميائية موت الكائنات الحية الدقيقة وفى هذه الحالة تسمى بالمبيدات والتى يلجأ الإنسان لاستعمالها فى معركته ضد الميكروب الذى يهاجمه ويهاجم متعلقاته وآثاره وتراثه المدون ولذلك لابد أن يكون تأثير هذه المبيدات السام على الميكروب فقط ، ويعد فساد تركيب الخلية عن طريق التدخل فى أحدى عمليات الأيض هو المبدأ العلمى الذى تعمل عليه هذه المبيدات الميكروبية.

المثبطـــات:

وهى عدد من المركبات العضوية التى تشابه فى تركيبها وحدات البناء الخلوى للأحماض الأمينية والفيتامينات لذلك تستخدم كمثبطات ومن أمثلة هذه المركبات عقار السلفا والمضادات الحيوية كالبنسيلين والباكيتراسين والاسترتبوميسين والبكتريسيدال.

المبيدات الميكروبية:

وهى المواد الكيمائية التى تسبب إبادة الميكروب وهى مواد سامة للإنسان والكائنات الأخرى ويطلق على تلك التى تستخدم منها سطحياً اسم المطهرات.

أ- القلويـــــات:

وهى تؤدى إلى وقف نشاط الكائنات الدقيقة ومن أمثلتها هيدروكسيد الصوديوم 5% والذى يستعمل فى تطهير مخازن الكتب.

ب- الكحولات:

وهى تؤدى إلى قتل خلايا الكائنات الدقيقة ومن أمثلتها الكحول الإيثيلى والكحول الميثيلى.

ج- الألدهيدات:

يعتبر الفورمالدهيد من العوامل الفعالة فى إبادة كل من الكائنات الحية الدقيقة والحشرات على حدٍ سواء برغم سميته ورائحته النفاذة ويسمى تجارياً بالفورمالين وهو محلل مائى للفورمالدهيد تركيزه 37-40% فورمالدهيد مع قليل من الكحول الميثيلى ويستخدم هذا المحلول بطريقتين.

الطريقة الأولى:

تستعمل صندوق محكم الغلق فى وسطه شبكة سلك ليوضع عليها الكتب والمخطوطات المصابة ثم يوضع إناء بأسفله سخان كهربى به محلول 17-20% فورمالين وبتشغيل السخان يتصاعد غاز الفورمالين ويستمر العمل لمدة 12 ساعة.

الطريقة الثانية:

وذلك بتوليد غاز الفورمالين من تفاعل الفورمالدهيد وبرمنجانات البوتاسيوم بكميات متساوية فى صندوق محكم الغلق.

د- الأحمـاض: **وتنقسم إلى**:

1- أحماض معدنية: قوتها الإبادية عالية جداً مثل حمض البوريك يقتل البكتريا.

2- أحماض عضوية: مثل حمض الخليك – واللاكتيك – والبنزوك – والسالسيليك وهى مؤثرة فى البكتريا وفطريات العفن.

هـ- الفينولات:

يعتبر الفينول (حامض الكربوليك) مبيداً قياسياً تقارن به كل المبيدات الأخرى وتستخدم فى محلول مائى بتركيز 5%.

و- الفلزات الثقيلة وأملاحها:

مثل أملاح الفضة والزئبق والنحاس وكلوريد الزئبقيك.

ز- العوامل المؤكسدة:

مثل أملاح برمنجانات البوتاسيوم وهيبوكلوريت الصوديوم والكالسيوم ذات التأثير القاتل للبكتريا.

ح- الرقم الهيدروجينى PH:

وجد أن البيئات الشديدة الحموضة من 4-6 والبيئات شديدة القلوية من 8-9 توقف نمو وتكاثر الخلايا البكتريا.

ط- تداخل العوامل المختلفة:

هناك عوامل طبيعية وكيميائية عديدة تؤثر على نمو وموت الكائنات الحية الدقيقة وفى الحقيقة فإن تأثير أى عامل من العوامل لا يمكن اعتباره بمفرده إذ أن العوامل المختلفة الأخرى قد تغير كثيراً من تأثير هذا العامل.

علاج المخطوطات بالمحاليل الكيميائية:

تنظيف الورق: يتم تنظيف الورق قبل ترميمه بالطرق الآتية:

أ- التنظيف الميكانيكى

ويقصد به إجراء عملية تنظيف للمخطوطات دون استعمال أى سوائل أو محاليل لإزالة الأتربة والاتساخات غير الملتصقة باستخدام الفرش الناعمة وماكينات شفط الأتربة الناعمة أو باستخدام الأساتيك مع الحرص والتأكد من أن الأستيكة لا تترك أثراً على المخطوط ولا تحدث به تلف حيث تبدأ الحركة من المنتصف إلى الأطراف كذلك وتأكد من إزالة البقايا المتخلفة عن

استخدام الأستيكة كذلك يمكن استعمال لبابة الخبز الطازج الخالية من الزيوت والدهون أو استعمال عجائن صناعية تشبه أستيكة الفحم ويمكن استعمال المشرط فى إزالة الرواسب الشمعية البارزة بحرص.

ب- التنظيف الكيميائى (الندى):

باستخدام المحاليل المائية أو الهكسان أو التولوين أو الأسيتون أو البريدين أو الداى ميثيل فورماميد لإزالة الاتساخات ذات الأصل العضوى والمشتملة على أحبار حساسة للمحاليل المائية ويتم التنظيف بوضع ورق نشاف أسفل البقع لمنع انتشار المنظف أو الغسيل فى أحواض تحتوى على المزيل.

طرق إزالـة البقـع المختلفـــة:

تنتج البقع من الأكسدة الضوئية للجنين أو من النموات الفطرية أو من الإصابات الكيميائية أو الأدخنة وهى تعتمد بالدرجة الأولى على إما إزالة البقعة أو استخلاصها أو استخدام مواد التبييض ويتم ذلك بواسطة المحاليل أو المنظفات باستخدام ورق نشاف أو فى أحواض الغسيل مع الحرص بعدم تحريك الورقة وهى مبتلة أو تناولها من أطرافها لذلك يستخدم حامل من الورق المقوى أو البولى إيثيلين أو من الشاش التى تلتصق به الأوراق ويرفعان سوياً لمكان التجفيف ثم ترفع الحوامل وهى ما زالت مبتلة وتترك لتجف بين ورق نشاف مع تغيره من وقت إلى أخر،ومن أهم البقع التى تتعرض لها المخطوطات واشهر طرق ومواد إزالتها:

أ- بقع الورنيش: باستخدام الكحول أو محلول مخفف من النشادر فى الماء.

ب- بقــع القطران: بالبيريدين النقى بوضع الجزء الملوث بالبقعة بين ورقتى نشاف مبتلتين بالبيريدين حتى لا تنتشر البقعة فيما حولها.

جـ- بقع الزيوت والدهون: تزال بمكواه ساخنة بين ورقتى نشاف أو تزال باستخدام البنزين أو البيريدين النقى أو الكلوروفورم أو الهكسان أو التولوين.

د- بقع الشمع: تزال بالمشرط أو الاستخلاص بالبنزين الهسكان أو التولوين بين ورقتين نشاف.

هـ- بقع الأصماغ العضوية أو الراتنجات: تزال بالبيريدين أو المورفولين.

و- بقــع الحـــــبر: استعمال الداى ميثيل فورماميد مع وضع ورق ماص أسفل البقعة ويمكن استخدام الأستون أو الكحول فى حالة الحبر الجاف ويمكن استخدام حمض الأوكساليك 5% أو حمض الستريك 10% أو محلول كلورامين (ت) 2% أو محلول الهيبوكلوريت 5%.

ز- إزالة أشرطة السليوتب: بمخلوط الهكسان أو التولولين أو البنزين.

ح- بقع الشاى والقهوة: تزال بمخلوط فوق أكسيد الهيدروجين والكحول النقى بنسب متساوية

ويمكن استخدام محلول البوراكس 2% أو بيربورات الصوديم 2% لنفس الغرض.

ط- النشـــا: يزال بتعريض الأوراق لبخار الماء باستخدام فرشاه ناعمة.

ى- بقع الذباب (فضلات الذباب): يستخدم المشرط لإزالة البارز منها بحرص شديد وبعدها يستخدم محلول 1:1 من فوق أكسيد الهيدروجين والكحول والتبييض بعدها باستخدام كلورامين (ت).

ك- بقع الصمغ العربى: يزال بالماء الدافئ أو محلول حامض الخليك المخفف 1% مع ضرورة الشطف بالماء ومعادلة الحموضة بهيدروكسيد الباريوم 2%.

ل- ألوان الجواش والألوان الأخرى: تنقع فى محلول الماء الدافئ والصابون المتعادل ثم تشطف بالماء وتبيض بمحلول الكلورامين (ت) 2% ويعاد شطفها بالماء.

م- الأحمـاض:

تعادل بواسطة محلول مائى مخفف من بيكربونات الصوديوم.

- كفاءة المذيب العالمى:

يسمى الماء بالمذيب العالمى لشيوع استخدامه فى إزالة عدد كبير من الأملاح وإزالة السواد من الورق القديم وإزالة الأحماض الحرة من أليف الورق والمواد السطحية الغريبة للقابلة للذوبان فيه ويزيد الماء من متانة الورق القديم عند معالجته به حيث يعوض الروابط الهيدروجينية المكسورة بين جزيئات السليولوز ويعيد للورقة ليونتها ومرونتها بزيادة محتواها المائى بعد جفافها ولما كانت معظم معالجات ترميم الورق تحتاج إلى استخدام المحاليل المائية قام العالمان Tang & Gonse عام 1979 بنشر مقال عن تأثير عملية الغسيل بالماء على خواص التقادم وتوصلت دراستهم إلى أن الماء عالى النقاء يقلل فعلياً من عمر الورق عن طريق تجريده من عناصر الحماية مثل الكالسيوم حيث أنه إذا كان تركيز أملاح الكالسيوم أو الماغنسيوم فى ماء الغسيل مرتفعاً بدرجة كافية يؤدى إلى ترسيب الأملاح على الورق والتى تعطل مفعول عوامل الأكسدة للتحلل المائى.

- الإنزيمات:

وهى مواد عضوية معقدة تعمل كعامل مساعد لتكسير أو هضم المواد العضوية المعقدة إلى مواد بسيطة تذوب فى الماء مثل إنزيم الكولاجينيز يهضم البروتين "الكولاجين" وكذلك إنزيم الأميليز يهضم النشا.

ولا تستعمل الإنزيمات بحرية حيث تحتاج إلى ظروف يمكن التحكم فيها من حيث درجة الحرارة والحموضة وتركيز الوسط المائى علاوة على مراعاة أن سطح الأوراق المصقول ما هو إلا مادة بروتينية أو نشوية يمكن أن يؤثر عليها الإنزيم ولا يزال استعمال الإنزيمات فى التنظيف

قيد البحث.

ع- اختبار حساسية الأحبار:

تؤخذ قطعة صغيرة من القطن المعقم وتبلل بالمحلول المطلوب اختبار حساسية الحبر له وتوضع فوق حرف أو كلمة من الكتابة لمدة خمس دقائق وترفع القطنة وتفحص الكلمة بعدسة تكبير لتحليل انتشار الأحرف أو ثباتها إذا ما انتقل الحبر إلى القطن أو بقى ثابتاً وفى حالة حساسية الحبر لمحلول المعالجة وتعزل استبداله بمحلول أخر يمكن استخدامه بعد عزل الكتابة أولاً ثم استخدام المحلول ويتم العزل بالدهان إما بالفنيل أسيتات فى حالة حساسية الحبر للماء والدهان بالجيلاتين فى حالة إذا كان الحبر حساس للمذيبات العضوية وبعد إتمام عملية المعالجة يمكن إزالة هذه المواد العازلة بمخلوط الأسيتون والكحول للفنيل أسيتات والماء الدافئ للجيلاتين.

- إزالة الحموضة:

زيادة الحموضة فى مكونات المخطوط تعنى انخفاض تركيز أيون الهيدروجين ليصبح أقل من (PH=5) ومصادر الحموضة كما ذكرنا كثيراً منها ما هو مكتسب من ظروف التخزين كالغازات الكبريتية والنيتروجينية ومنها ما هو فى تركيب الأوراق كاللجنين والشبة ومواد التبييض وإزالة الحموضة بحيث يصل الرقم الهيدروجينى إلى (P H 8-6) أمراً هام للإبقاء على الأوراق والجلود حيث أن بقاء الحموضة يعمل على استمرار تأكل ودمار المخطوط حتى بعد ترميمه واستكمال صيانته وفى عملية إزالة الحموضة لا يجب أن تضر الطريقة والكيماويات بطبيعة الورق.

طرق إزالة الحموضة:

أولاً: الأوراق المكتوبة بأحبار غير حساسة للماء:

1- استخدام الماء H_2O:

ويتم ذلك بغمر الأوراق فى الماء لمدة ساعة أو أكثر دون أى إضافات وهى تخلص الورق من جزء كبير من حموضته الزائدة.

2- استخدام كربونات الكالسيوم $Ca\ CO_3$:

وقد ثبت إنها أفضل المواد فى زيادة عمر الأوراق ولقد فتح هذا الطريق لاستخدام مركبات الكالسيوم لمعادلة الحموضة فى الوثائق والمخطوطات.

3- هيدروكسيد الكالسيوم $Ca\ (OH)_2$:

ويحضر المحلول من 2كجم هيدروكسيد كالسيوم لكل 100سم^3 ماء ويرجع تأثيره إلى اتحاد هيدروكسيد الكالسيوم مع حمض الكبرتيك مكوناً كبريتات كالسيوم والتى تستقر على سطح

الورق وتحميه من تكون الحموضة مستقبلاً وقد ثبت علمياً أن هيدروكسيد الكالسيوم أكفأ مركبات الكالسيوم فى معادلة الحموضة.

$$Ca\,CO_3 + H_2O \longrightarrow Ca\,(OH)_2 + H_2\,SO_4$$

$$Ca\,SO_4 + CO_2 + H_2O \longrightarrow Ca\,CO_3 + H_2\,SO_4$$

4- استعمال ماء الجير متبوعاً ببيكربونات الكالسيوم:

حيث يتم غمر الأوراق المصابة بالحموضة فى حوضين متتالين الأول من هيدروكسيد الكالسيوم والثانى من كربونات الكالسيوم.

أ- حيث تغمر الأوراق فى محلول 0.15% هيدروكسيد كالسيوم لمدة 20 دقيقة

$$Ca\,(OH)_2 + H_2\,SO_4 \longrightarrow Ca\,SO_4 + H_2O$$

ب- تنقل الأوراق إلى محلول 0.15% بيكربونات كالسيوم لمدة 20 دقيقة حيث تتفاعل بيكربونات الكالسيوم مع الزيادة من هيدروكسيد الكالسيوم فى الورق وتكون كربونات الكالسيوم التى ترسب فى ألياف الورق كمادة واقية

$$Ca\,(HCO_3)_2 + Ca\,(OH)_2 \longrightarrow Ca\,CO_3 + H_2O$$

جـ- تجفف الأوراق فى الهواء حيث تتحول البيكربونات الزائدة فى الأوراق إلى كربونات كالسيوم باتحادها بثانى أكسيد الكربون من الجو

$$Ca\,(HCO_3)_2 + CO_2 \longrightarrow Ca\,CO_3 + CO_2 + H_2O$$

وكربونات الكالسيوم المتكونة تعمل كمنظم عند زيادة الحموضة فى المستقبل باتحادها مع الحامض المحتمل تكوينه

$$Ca\,CO_3 + H_2\,SO_4 \longrightarrow Ca\,SO_4 + CO_2 + H_2O$$

وعموماً يمكن زيادة تركيز محاليل هيدروكسيد الكالسيوم وبيكربونات الكالسيوم طبقاً لحالة الحموضة التى تعانى منها الأوراق ولقد أجريت دراسة عن تأثير أملاح الكالسيوم على صفحات الورق ووجد أن متانة الورق زادت بنسبة 28% عنها لنفس الورق قبل معادلة حموضتها لمحاليل أملاح الكالسيوم وكذلك قيست متانة أوراق عرضت للضوء لمدة 28 يوم بعد معاملتها لأملاح الكالسيوم ومتانة أوراق أخرى من نفس النوع عرضت لنفس الضوء ونفس المدة غير معالجة بأملاح الكالسيوم وجد أن المتانة قلت فى حالة الأوراق المعالجة بالكالسيوم بنسبة 7% ووصلت إلى 22% فى حالة الأوراق غير المعالجة.

5- استخدام بيكربونات الماغنسيوم $Mg\,(HCO_3)_2$:

يحضر بإذابة 1.5جم من كربونات الكالسيوم فى لتر ماء مقطر ثم إمرار غاز ثانى أكسيد الكربون فى المحلول ليتحول إلى بيكربونات الماغنسيوم غير الثابتة والتى يجب تحضيرها

وقت استعمالها

$$Mg\ CO_3 + H_2O + CO_2 \longrightarrow Mg\ SO_4 + {}_2H_2\ O + {}_2CO_2$$

وتستعمل وفقاً للمعادلات الآتية:

$$Mg\ (HCO_3)_2 + H_2\ SO_4 \longrightarrow Mg\ SO_4 + {}_2H_2\ O + {}_2CO_2$$

وتحمى الورقة من الحموضة فى المستقبل كالآتى:

$$Mg\ CO_3\ {}_4H_2\ SO_4 \longrightarrow Mg\ SO_4 + H_2\ O + CO_2$$

ثانياً: الأوراق المكتوبة بأحبار حساسة للماء:

فى هذه الحالة يستبدل الماء بالكحول ويستخدم هيدروكسيد الباريوم وخلات الماغنسيوم بدلاً من هيدروكسيد الكالسيوم وبيكربونات الكالسيوم.

1- هيدروكسيد الباريوم **$B(OH)_2\ 8H_2O$**:

ويتم ذلك برش الورقة المصابة بالحموضة بمحلول مخفف من بلورات هيدروكسيد الباريوم (المحتوى على 8 أجزاء ماء) والمذاب فى الكحول المثيلى بواقع 2جم فى 100سم^3 كحول.

وتأثير هيدروكسيد الباريوم مزدوج الفائدة حيث يتحد مع الحامض ($H_2\ SO_4$) مكوناً كبريتات باريوم غير ذائبة.

$$B\ (OH)_2 + H_2\ SO_4 \longrightarrow B\ SO_4 + {}_2H_2O$$

والزيادة من هيدروكسيد الباريوم تتحد مع ثانى أكسيد الكربون من الجو مكونة كربونات باريوم والتى تترسب فى ألياف الورق وتحميه من الحموضة فى المستقبل.

$$B\ (OH)_2 + CO_2 \longrightarrow B\ SO_4 + H_2\ O + CO_2$$

وعندما تكون هناك زيادة من الحموض تتحد مع كربونات الباريوم

$$B\ CO_3 + H_2\ SO_4 \longrightarrow B\ SO_4 + H_2\ O + CO_2$$

2- خلات الماغنسيوم **$Mg(OOCCH_3)_2$**:

يحضر بإذابة الملح فى الكحول بنسبة 4% ويستعمل لإزالة الحموضة رشاً أو غمراً باستخدام فرشاه ناعمة حيث تتحد خلات الماغنسيوم مع الحامض فى الورق وتكون كبريتات الماغنسيوم الغير ذائبة وحامضة الخليك.

$$Mg\ (OOCCH_3)_2 + H_2\ SO_4 \longrightarrow Mg\ SO_4 + CH_3\ COOH$$

ومن عيوبها أنها تنتج حمض الخليك الضعيف والذى يؤثر على أختام الرصاص أو الرسومات المستعمل فيها أملاح الرصاص أو الفضة وكذلك ألوان الرصاص البيضاء والتى تسود عند تفاعلها مع حمض الخليك ، يتطاير حمض الخليك المتكون وتتحد كبريتات الماغنسيوم مع ثانى أكسيد الكربون الجوى CO_2 مكون كربونات الماغنسيوم التى ترسب على سطح الورقة.

$$Mg\,(OOCCH_3)_2 + CO_2 \longrightarrow Mg\,CO_3 + CH_3\,COOH$$
$$Mg\,CO_3 + H_2\,SO_4 \longrightarrow Mg\,SO_4 + CO_2 + H_2\,O$$

كما أسلفنا لا تستخدم هذه الطريقة فى حالة وجود رسومات أو زخارف أو حليات تدخل فيها أملاح الرصاص أو الفضة ولكن لهذه الطريقة ميزة هامة جداً وهى إمكانية استخدامها لإزالة الحموضة بأى من المذيبين الماء أو الكحول لذلك فهى تصلح فى حالة الأحبار الحساسة للماء وغير الحساسة للماء.

3- التعفير بكربونات الكالسيوم:

وهى تستخدم فى حالة الأحبار التى تتشلفط بالمحاليل الكحولية والمائية حيث يتم تعفير الأوراق المصابة بمادة كربونات الكالسيوم حيث تتحد مع الحامض وتكون كبريتات الكالسيوم غير الذائبة كما تمنع هجرة الحموضة من صفحة لأخرى بين صفحات المخطوط وإن كانت هذه الطريقة ليست بكفاءة المحاليل إلا أنها أفضل بكثير من عدم محاولة التغلب على الحموضة لسبب ما.

- التبييض **Pleaching**:

الهدف من عملية تبيض الورق هو التخلص من البقع اللونية أيا كان مصدرها سواء كانت ناتجة من سقوط مواد غريبة ملونة أو مصدرها التركيب الداخلى وكأمثلة لهذه البقع: البقع البنية الناتجة من الأكسدة الضوئية للجنين أو من آثار أكاسيد الحديد الموجودة فى الأتربة والغبار أو البقع الملونة الناتجة من نمو الكائنات الحية الدقيقة وكذلك بقع الألوان والأحبار والتى يصعب إزالتها بطرق التنظيف السابقة وهذه الطريقة تعتمد على استخدام مواد كيميائية قادرة على أكسدة واختزال اللون وتحويله إلى اللون الأبيض والتحكم فى درجة البياض يعتمد على فترة تعرض البقعة للمحلول وسرعة غسيلها ووقف تأثير المحلول المستخدم عليها.

وقد جرب التبييض الكيميائى عن كثب كما أن الثوابت العامة للاستخدام الأمن معروفة جيداً والتبييض يجب أن يحدث مع الاحترام الكامل لما صنعه الإنسان والانتباه الكامل لطرق الاستعمال لكى يتم بأمان والتفاعلات الكيميائية التى تتم أثناء عملية التبييض إما أن تكون تفاعلات أكسدة أو تفاعلات اختزال للخامات الملونة كما أن عملية التبييض من الصعب أن تقتصر على البقعة أو اللطخات المراد إزالتها فهناك عناصر أخرى قد تتلف بسبب التفاعلات وعلاوة على التبييض فإن عوامل الأكسدة تسبب تغيرات عبارة عن نقص فى درجة التبلمر فى جزئ السليولوز (الوهن) وزيادة فى أكسدة مجموعة الكربونيل وفقد كبير فى الخواص الطبيعية.

أولاً: التبييض باستخدام المواد المؤكسدة:

1- استخدام محلول البوراكس أو بيربروات الصوديوم 2%:

كمحلول مبيض ضعيف يستخدم غمراً لمدة تختلف حسب تركيز اللون ثم الغسيل بالماء فى النهاية.

2- استخدام محلول الكلورامين (ت): Choloramine (T)

ويفيد فى حالة الورق الذى يحمل أحباراً أو نقوشاً تتأثر بالماء حيث يمكن استخدامه موضوعياً مع الاستخلاص للبقعة بورق ترشيح يوضع أسفلها ويحضر محلول الكلورامين (ت) بنسبة 2% فى الماء الدافئ (50-60°م) ويحضر قبل الاستعمال مباشرة وبعد الاستخلاص يغسل مكان البقعة جيداً بالماء وفى حالة انتشار البقع واتساعها يمكن استخدامه بالغمر مع الأخذ فى الاعتبار تغيير المحلول لسرعة تحل الكلورامين (ت) وفقده كلوره الذرى ومشكلة الكلورامين (ت) أنه يرتبط بقوة بألياف الورق بدرجة يصعب إزالته.

3- استخدام برمنجانات البوتاسيوم وحامض الأوكساليك:

تستخدم هذه الطريقة فى حالة الورق النسيجى ويتم بغمر الورق فى حوضين الأول 0.05% برمنجانات البوتاسيوم المحمضة بأثار من حمض الأرثوفوسفورك وفى الثانى محلول 2% حمض الأوكساليك ويستمر تبادل الغمر حتى الوصول للنتيجة المطلوبة ، بعدها تغسل الأوراق بمحول النوشادر فى الماء ثم فى الماء الجارى لمدة 24 ساعة لتخلص من آثار أملاح البوتاسيوم.

واستخدام برمنجانات البوتاسيوم ليس به مشكلةه الكلورامين (ت).

4- كلوريت الصوديوم **Sodium Chlorite**:

يستخدم بطريقتين إما بمفرده أو مخلوطاً بمواد أخرى للحصول على غاز ثانى أكسيد الكلورين المؤكسد بالألوان حيث يحضر المحلول بتركيز 0.5% فى الماء الدافئ ثم تغمر فيه الأوراق حتى درجة البياض المطلوب وبعد ذلك ترفع وتغسل وتجفف وتفرد بالمكبس.

5- فوق أكسيد الهيدروجين: Hydrogene pero Oxide

يرجع تأثير فوق أكسيد الهيدروجين إلى الأيون السالب (O_2) الذى يتكون عندما يتأين فوق أكسيد الهيدروجين إلى شقيه عند إضافة وسط قلوى مثل بيكروبونات الصوديوم.

$$H_2O_2 \rightleftharpoons O \rightleftharpoons H_2O$$

ويعتبر أنسب الطرق لإزالة بقع الأوراق بالغمر إذ لا يؤدى إلى تغير فى خواص الورق الطبيعية أو الكيميائية ويتم التبييض كما يلى:

أ- يحضر محلول التبييض بإضافة 50سم^3 من محلول فوق أكسيد الهيدروجين (30%) إلى كل لتر ماء ، ثم يضاف إليه 1جرام من بيكربونات الصوديوم كذلك 1 جرام من كبريتات الماغنسيوم لكل 2 لتر من المحلول.

ب- بعد تنظيف الأوراق من الأتربة العالقة تغمر فى محلول التبييض وتترك إلى أن تكتسب البياض المطلوب.

ج- ترفع الأوراق وتغسل فى ماء جارى لمدة 15 دقيقة لإزالة أثار المحلول.

د- ترفع الأوراق وتترك لتجف ثم تفرد بالمكبس وفائدة كبريتات الماغنسيوم هو منع تحلل فوق أكسيد الهيدروجين إلى غاز الأكسجين والماء حتى يستمر مفعوله كمحلول مبيض وهذه هى الطريقة التى تم استخدامها فى الجانب التطبيقى.

6- هيبوكلوريت **الصوديوم Sodium Hypo Chlorite:**

أ- تغمر الأوراق المبقعة فى حوض التبييض المحتوى على محلول من 5-10% هيبو كلوريت الصوديوم مع ملاحظتها حتى تصل لدرجة البياض المطلوب.

ب- تنقل الأوراق إلى محلول 2% ثيوسلفات صوديوم (ملح الهيبو) لإزالة أثار الكلورين.

ج- تغسل الأوراق فى ماء جارى لمدة 15 دقيقة ثم بعد ذلك فى محلول حامض ضعيف مثل حمض 0.02% هيدروكلوريك لإزالة التأثير القاعدى للهيبو أى أن العمل يتم فى أربعة أحواض.

الأول به محلول 5-10% هيبو كلوريت الصوديوم ، والثانى به محلول 2% هيبو مزيل الكلور ، والثالث حمض ضعيف 0.02% هيدروكلورك لمعادلة القلوية ، والرابع به ماء جارى لمدة 15 دقيقة.

ثانياً: التبييض باستخدام المواد المختزلة:

حديثاً تم الانتباه إلى مواد التبييض المختزلة وقدمت ابحاثاً عديدة عن مواد التبييض المختزلة وجد فيها أن الصوديوم يوروهيدريد والتتراميثيل وإثيل الأمونيوم يوروهيدريد هما الأأمن استخداماً فى ترميم الورق وطبقاً لهذه الابحاث لا توجد نتائج توضح الأثر الكيميائى السلبى على السليولوز كنتيجة للتبييض باستخدام عوامل مختزلة وتمتاز عوامل الاختزال فى التبييض بأنها تجعل الورق أقل عرضه للتأثر بالأكسدة فى المستقبل.

ومواد الاختزال عبارة عن هيدرو سلفيتات ذائبة وأهمها هيدروسلفيت الصوديوم وهيدروسلفيت الزنك ويتم التبييض هنا بمعزل عن الهواء نظراً لسرعة تحلل الهيدرو سلفيتات بالأكسدة الذائبة ولا تُعرض الأوراق المعاملة إلا بعد تمام التبييض.

وتتلخص طريقة التبييض فى:

1- الغمر فى محلول 0.5% هيدروسلفيت الصوديوم فى الماء وتترك حتى الوصول لدرجة البياض المطلوبة.

2- تغسل الأوراق فى ماء جارى وتفرد بالمكبس لمدة يوم كامل.

ثالثاً : التبييض باستخدام الضوء:

وهى عملية انتشرت فى السنوات القليلة الماضية وهى تبييض الورق باستخدام الضوء سواء من الشمس أو من الإضاءة الصناعية فى وجود حمام مائى أو ورق مندى وهى فى الأصل عملية أكسدة وكانت وسيلة التبييض الوحيدة المتوفرة فى القرن الثامن عشر وعادت الآن برغم أو ربما بسبب التطور الكيميائى ويفضل التبييض بالضوء العديد من المرممين بسبب أنه غير كيميائى ويسهل التحكم فيه وله تأثير مقبول غير أنه برغم كل من ما سبق من مميزات يمكن أن يكون مصدراً للوهن degradation عندما تتعرض له الورقة فى ظروف جافة لذلك فإن عديد من العلماء يبحثون فى تأثير الضوء على الورق من زوايا مختلفة وتوصلت روبرت فيلر Robert Feller إلى أن التبييض بالضوء للورق الخالى من اللجنين فى الظروف الرطبة لا يسبب أى تلف لتركيب السليولوز والوهن الذى يحدث فى الورق الجاف فى الواقع ينسب بدرجة أكبر لأسباب حرارية وكذلك أثبت Keiko Keyes With santucci على نوعية جيدة من الورق الخالى من اللجنين تعرضت لشمس كاليفورنيا أثبتوا أنه لا يوجد أى أثر للوهن الضوئى للألياف.

وتناول Diane تأثير التبييض بالضوء على الورق المغمور فى حمام مائى والمحتوى على ألياف ممزوجة حيث ثبت أنه لم يحدث أى تغير يذكر فى المتانة يمكن أن ينسب إلى التعرض للضوء.

- التطريــة:

وهى من العلميات الضرورية للأوراق والجلود عند تعرضها للجفاف وفقد محتواها المائى ومعاناتها من التشقق والالتفاف ولأن الأوراق والجلود ذات طبيعة هيجروسكوبية تفقد وتكتسب الرطوبة من الجو وسبق أن عرفنا الضرر الذى يحدث فى حالة ارتفاع نسبة الرطوبة به كضعف أليافها وإصابتها بالفطريات والحشرات.

أما الجفاف فمضاره كثيرة على الأوراق مثل تصلبها وقابليتها للكسر أثناء التداول وإصفرار لونها لتأثير الحرارة على شوائبها مثل اللجنين. وتشقق وتصلب وتكسر الحروف بالنسبة للجلود المصنوع منها أغلفة الكتب ولعلاج هذا الجفاف تستخدم محاليل تطرية خاصة عبارة عن مخاليط من الكحول والجلسرين بنسب متفاوتة طبقاً لدرجة الجفاف التى يعانى منها المخطوط ويضاف على هذه المحاليل نسبة 2% من الثيمول كمادة حافظة ومادة التطرية هى الجلسرين التى يحملها الكحول كوسيط ناشر من ناحية ومن ناحية أخرى كمعقم للأوراق وفيما يلى النسب

المستعملة للتطرية لمركز بحوث الصيانة والترميم بالهيئة العامة للكتاب.

- **الورق شديد الجفاف:**425سم^{3}إيثانول + 75سم^{3}جلسرين +20سم^{3}ماء + 20سم^3 ثيمول 2%.

- **الورق المتوسط الجفاف:** 450سم^3 إيثانول + 75سم^3 جلسرين + 20سم^3 ماء + 20سم^3 ثيمول 2%.

- **الورق قليل الجفاف:** 480سم^3 + 20سم^3 جلسرين + 20سم^{3}ماء + 20سم^3 ثيمول 2%.

ولعلاج الجفاف بالنسبة للجلود المستخدمة فى الأغلفة هناك ثلاث طرق:

1- مرهم اللانولين وزيت الخروع بنسبة (3 أجزاء : جزء) بالترتيب ويوضع المزيج على النار ويقلب حتى تمام الانصهار والخلط ويترك ليبرد ويستعمل للدهان بقطعة قماش ناعمة ونظيفة.

2- مرهم اللانولين وأحد أحماض الاستياريك واللاكتيك مضافة إليه هيدروكسيد البوتاسيوم وحامض البوريك فيما يعرف بتركيبة العالم Plumb.

3- الكحول وزيت الخروع بنسبة (2 أجزاء : 3 أجزاء) على الترتيب.

4- يمكن رش الجلود بـ Spray لتطرية وتلميع الجلود يعرف بالـ Vinyl Magic Spray كذلك يحفظ الجلود من الحشرات والفطريات.

5- استخدام الفازلين لتطرية الجلود.

ـ فك المخطوطات الملتصقة المتحجرة:

المخطوطات بحكم مكوناتها الورقية والجلدية تتأثر بما حولها من ظروف بيئية وعوامل جوية وأحياء حشرية أو ميكروبية والتى قد تؤدى إلى تماسك أوراق المخطوط وتحجرة وتشوة شكلة بحيث يصبح قالب متماسك تكثر به النموات الفطرية والبكتيرية وتزيد به الرطوبة النسبية والإفرازات الصمغية والبقع اللونية والأحماض العضوية ويحتاج لعناية خاصة فى عملية الفك ومهارة وقدرة فائقة فى التحكم فى نزع الورقة تلو الأخرى دون حدوث تسلخات أو قطوع .ويتم الفك كالآتى:

1- تعريض الأوراق لبخار الماء بكمية كافية ووقت مناسب وكافى لتشبعها وتليين المواد اللاصقة بينها.

2- يمكن نقع الأوراق المتحجرة فى محلول مكون من الكحول والماء والجلسرين بنسبة 0.1:1:2 على التوالى وهى طريقة أكثر أمناً وفى الطريقتين السابقتين ، يجب الأخذ فى الاعتبار حساسية الأحبار للطريقة المستخدمة وإضافة مادة حافظة كالثيمول وهيدروكسيد الباريوم لمعادلة الحموضة مع مراعاة عملية غسيل الأوراق بالماء والكحول لاستخلاص أثار الكيماويات والأملاح

المتبقية من عمليات المعالجة.

- تقوية المخطوطات **Sizing**:

الأوراق والجلود المصابة تعانى بصفة عامة من ضعف أليافها وعدم تماسكها بشكل يسمح بتداولها بين الباحثين لذلك يجب تقويتها وذلك باتباع الطرق الآتية:

1- تقوية الأوراق بالرش أو الدهان بأى من المحاليل الآتية:

- محلول جيلاتين 2% مضافاً إليه 0.5% جلسرين 0.5% صابون سائل متعادل ويحضر المحلول بإذابة الجيلاتين فى الماء 40°م والترشيح ثم يضاف الجلسرين والصابون وبعدها يصبح المحلول جاهزاً للاستخدام مع مراعاة تسخينه قبل الاستعمال مباشرة.

- محلول النشا مضافاً إليه ميثيل السليولوز بنسب متساوية مع ضرورة وجود مادة حافظة بتركيز مناسب.

- محلول كربوكسى فنيل سليولوز بتركيز 3% فى الماء.

- يمكن استخدام النايلون بتركيز 3-4% فى أحد المذيبات العضوية وتفضل هذه الطريقة فى حالة الأحبار الحساسة للماء.

- يمكن استخدام الصوديوم كربوكسى ميثيل سليولوز $Sod.cmc_s$ فى عمليات التقوية حيث أنه يكون روابط قوية بين رقائق الورق ، كذلك يمكن خلطه بعجينة نشا القمح لإعطائه القوام لتصبح أهم ميزة للمخلوط هى عملية التقوية الجافة وذلك عندما يكون العمل الفنى المراد تقويته شديد الحساسية للماء أو أن يكون الورق من النوع متغير الأبعاد فمحلول ($Sodcmc_s$ 7H) 2.5% لزج جداً وغير ندى أو مبتل لذلك يدهن خلف الصفحات لتدعيم الورق دون حدوث تمدد أكثر من اللازم للورق أو اختراق مزيداً من الماء لسطح الورقة.

علاج المخطوطات بالترميم:

والترميم هو المرحلة قبل النهائية حيث يسبقها عمليات التعقيم والمعالجات الكيميائية ويليها عملية التجليد.

والترميم هو عملية تكنولوجية دقيقة ذات عرف خاص ثابت عالمياً أو فى الوقت ذاته هى عملية فنية ذوقية جمالية تحتاج إلى حس عال ومهارة فائقة وحساسية مفرطة.

وبمفهوم أخر هى إعادة الأثر إلى شكل أقرب ما يكون إلى شكله الأصلى قبل إصابته ويمكن تعريف ترميم المخطوط بأنه لمسة اليد الجمالية ذات الحس والذوق الفنى الخاص لإزالة بصمات الزمن وهى محصلة العديد من العوامل الطبيعية والكيميائية والبيولوجية التى تؤدى فى النهاية إلى ضعف قوى تماسك المخطوط وحدوث تشوهات شكلية وفقد أجزاء منه.

وللترميم خطوات أساسية يتبعها أخصائى الترميم ضماناً لسلامة المخطوط وتمشياً مع كل جديد فى مجال الترميم وأهم هذه المخطوطات.

– المحافظة على أثرية المخطوط.

– تصوير المخطوط تصويراً تسجيلياً لمتابعة عملية الترميم قبل وبعد الترميم وذلك لإبراز دور المرمم ومهارته فى الترميم وحجم المجهود المبذول وهو يعتبر سلاح ذو حدين لأنه إما يبرز مهارته أو يبرز ضعفه ومن ثم تعرضه للعقاب واللوم وكذلك تكشف الغش والتزوير الذى يحدث.

– استخدام الخامات الطبيعية والبعد عن الخامات الصناعية بقدر المستطاع.

– التعرف على الإصابة ونوع الحشرة أو الفطر المسبب لها من خلال الفضلات أو البقع اللونية أو الرائحة أو حالة المخطوط.

– يجب أن تكون عملية الترميم عملية عكسية يمكن فكها عند اكتشاف طرق أحدث بما يتماشى مع التطور فى هذا المجال.

ومما تقدم يتضح ان مهنة الترميم من المهن النادرة نظراً لما ينبغى أن يتوفر فى شاغلها من صبر وعلم وخبرة وقدرة على الإحساس والتذوق الجمالى والذى ينعكس على عمله.

وقبل الحديث عن عمليات الترميم هناك خامات تستخدم فى معظم هذه العمليات ومنها اللواصق والعجائن.

1- اللواصـــــق:

أ- اللاصق النشوى:

ويحضر فى مركز بحوث الترميم بالهيئة العامة للكتاب كما يلى:

– يضاف 2 جرام من الجيلاتين مع 2 جرام من الصمغ العربى إلى 60سم^3 ماء دافئ 50°م مع التقليب حتى يصبح المحلول متجانس.

– يخلط 15 جرام دقيق أبيض مع 5 جرام كربوكسى ميثيل سليولوز فى 100سم^3 ماء بارد ويقلب الخليط.

– ينقل المحلول الجيلاتينى إلى كأس به 120سم^3 ماء ˚50م فى حمام مائى ثم يضاف إليه مخلوط الدقيق والكربوكسى مع الاستمرار فى التقليب فى الحمام المائى الذى يغلى لمدة 3–4 ساعات حتى ينضج المخلوط.

– يترك المخلوط حتى يبرد ويضاف له 3سسم^3 جلسرين وقليل من الفورمالين أو الثيمول كمادة حافظة.

ب- لاصق الإيثيلين جليكول:

وهو لاصق نموذجى تتوفر فيه كل المميزات ويحضر كالتالى:

– يخلط 5 جرام نشا مع 3سم^3 إيثيلين جليكول فى 24سم^3 ماء فى حمام مائى درجة حرارته ˚85م ولمدة 30 دقيقة ثم يبرد المخلوط ثم يضاف إليه 6سم^3 من الأيزوبروبانول ويقلب حتى يتم الخلط ويحفظ هذا المخلوط كمعجون لحين الاستخدام حيث يخفف بالكحول الإيثانول بنسبة 4 أجزاء من المخلوط إلى جزء من الكحول الإيثيلى.

وبمقارنة هذا اللاصق باللاصق السابق نجد أنه تم استبدال الدقيق والجيلاتين والجلسرين والفورمالين وحل محله إيثيلين جليكول والنشا والكحول الأيزوبروبيلى مع تقليل المحتوى المائى حيث أن الأول محلول والثانى معجون وذلك للتغلب على نمو الكائنات الدقيقة وإعطاء اللاصق اللون والرائحة وقوة الالتصاق المطلوبة حتى مع التخزين.

ويمكن استخدام كل من الميثيل سليولوز والصوديوم كربوكسى ميثيل سليولوز كلواصق حيث أنه من خواصهم.

1– درجة اللزوجة العالية فى التركيزات المنخفضة وعدم حدوث رغوة سطحية علاوة على قدرتهم الفائقة فإنهم غير ساميين.

2– تواجدهم فى أحجام مختلفة تتراوح من الحبيبات الخشنة إلى الناعمة وفى درجات لزوجة مختلفة فى المحاليل.

3– يمكن خلطهم بعجينة نشا القمح لاكتساب القوام المناسب.

4– يمكن استخدام الصوديوم كربوكسى ميثيل سليولوز فى التقوية.

5- يستخدم كعجائن ومن ثم يمكن استخدامهم فى ملء الثقوب.

2- العجائـــن:

أ- عجينة لب الورق:

تتكون من لب ورق جاهز أو ورق نسيجى متخمر وتستخدم لترميم الثقوب الناتجة عن الحشرات وتجهز كالآتى:

- يقطع الورق النسيجى الأبيض إلى أجزاء صغيرة ويغطى بمحلول ساخن 2% جيلاتين ويترك مغموراً لمدة 24 ساعة ثم يقلب بعد ذلك ويضاف له اللاصق النموذجى نسبة (1:1) مع الورق.

- يضاف 1% أكسيد تيتانيوم ، 5% كربوكسى ميثيل سليولوز وقليل من الثيمول ويمكن استبدال الورق النسيجى بعجينة جاهزة من لب الورق المتعادل.

ب- عجينة Whatman cellulose pwoder CF11 مع CM أو Sod. CMC:

حيث يمكن استخدام الكربوكسى ميثيل أو الصوديوم كربوكسى ميثيل مع مسحوق السليولوز ناصع البياض ويمكن الحصول على درجات الألوان منه بإضافة قليل من المسحوق الغامق أو الفاتح حسب لون الورق المراد ترميمه.

إن إضافة 3% من كربوكسى ميثيل أو 2.5% من الصوديوم كربوكسى ميثيل السليولوز كافية لعمل عجينة صلبة لملء الفجوات والثقوب باستخدام أدوات دقيقة ثم تترك لتجف فى الهواء.

3- الورق المصبوغ **Dyed paper**:

وتستخدم فى استكمال الهوامش والأجزاء الناقصة وتخليق البراويز الكاملة وتستخدم أوراق مختلفة السمك (80،70،60 جرام/م^3) حيث يتم صباغتها بالصباغات الطبيعية كالشاى أو البن أو الصباغات المخلطة والتى تستخدم أصلاً فى صناعة الورق مع مراعاة أن يكون اللون مماثل للون الأوراق المراد ترميمها فضلاً عن استخدام أنواع معينة من الورق فى الترميم مثل ورق الجرائد الأبيض والورق اليابانى والورق الشفاف المتعادل.

أنــواع وطرق الترميـــــــم:

لكل نوع من التلف أسلوب خاص فى ترميمه فالقطوع غير الثقوب غير الهوامش المتآكلة غير الأجزاء الناقصة والتفتت والتكسر والضعف العام.

وهناك عدة أراء لتناول هذه التلفيات فهناك رأى يناصريرميم هذه التلفيات كلاً على حدى

فيما يعرف بالترميم اليدوى وهناك من يناصر عملية ترميم كل التلفيات مجمعة مرة واحدة فيما يعرف بالترميم الآلى.

أولاً: الترميم اليــدوى:

يعد الترميم عميلة يدوية خاصة يقوم فيها المرمم بإصلاح التلف بيده باستخدام أدواته التى يصنعها وينتقيها بنفسه لمساعدته فى أداء وظيفته والترميم اليدوى أكثر دقة وأكثر أمناً فى المحافظة على المخطوط والترميم معروف عالمياً بأنه مهنة يدوية وأن الترميم الآلى إنما يستخدم فى الحالات التى يصعب ترميمها يدوياً.

1- ترميم القطوع:

القطوع نوعان:

القطوع الحادة: التى ليس بها ألياف على جانبى القطع ويستخدم فى ترميمها شريط ضيق جداً من ورق الشفاف المتعادل يوضع على جانبى القطع من الجهتين بعد دهانه باللاصق.

القطع المائلة: والتى بها ألياف على جانبى القطع ويتم ترميمها بأن تدهن الألياف على جانبى القطع باللاصق وتضم بحرص شديد وتضغط براحة اليد.

والقطوع السابقة الحادة والمائلة توجد منتشرة فى الصفحات لذلك فهى إما أن تكون قطوع نصية أى فى النص أو هامشية أى فى الهوامش أو نصية هامشية وأصعبها هو القطوع النصية لما تتطلبه من حرص فى التعامل مع الكتابة على جانبى القطع.

2- ترميم الكسور:

والتى تنتج دائماً عن الحموضة المرتفعة لذلك يفضل إزالة الحموضة قبل عملية الترميم والتى تعرف هنا بطريقة السندوتش.

– حيث يتم تثبيت النص بعد تجميعه على ورق شفاف متعادل من ناحية واحدة وفى نفس الوقت استكمال الأجزاء الناقصة بورق متعادل مصبوغ وبنفس سمك ورق المخطوط ويتم ذلك كالآتى:

– يتم تجميع النص بالطريقة السليمة والصحيحة ووضعه فوق ورق جرائد مصبوغ ومن نفس سمك ورق النص وترك الأجزاء المفقودة.

– ترش أوراق النص بمحلول تطرية ثم تترك لتجف.

– يدهن ورق شفاف متعادل بحجم أبعاد النص دهاناً منتظماً باللاصق ويوضع فوق أوراق النص بعد تشربها محلول التطرية وهى ما زالت فوق ورق الجرائد ثم يضغط باليد مع الفرد برفق ثم يوضع بين ورقتى زبدة بين مكبسين من الكرتون فيصبح النص بين سندوتش من ورق

الجرائد وورق الشفاف.

– ثم بعد ذلك يتم إزالة الزائد من ورق الجرائد من الناحية الخلفية وذلك باستخدام مشرط مع الحرص ولهذه الطريقة ميزة هامة جداً وهى أن الأجزاء الناقصة تستكمل دون عناء.

3- ترميم الثقوب:

تنتج الثقوب من الإصابات الحشرية وتختلف الثقوب وتتنوع من حشرة إلى أخرى ويستخدم لترميم الثقوب عجينة لب الورق والتى سبق أن تحدثنا عنها.

حيث تملأ الثقوب بحرص شديد بعجينة لب الورق باستخدام أدوات دقيقة.

4- ترميم الأجزاء الناقصة:

والأجزاء الناقصة إما أن تكون جزءاً من الهامش أو حتى يمكن أن تكون الهوامش الأربعة حيث يبقى الجزء النصى فقط ويمكن أن تكون جزء من النص نفسه.

وهنا يتم استكمال الأجزاء الناقصة بورق مشابه من حيث النوع واللون والسمك مع الأخذ فى الاعتبار المحافظة على أبعاد الورق الأصلية دون زيادة أو نقصان.

ترميم الزوايا أو الهوامش أو الجزء المفقود داخل النص:

يحضر جزء من الورق المصبوغ والمناسب لشكل الجزء المفقود.

يتم برد الحواف بصورة متقابلة بالتبادل بين الورق المستخدم فى الترميم والورق المراد ترميمه حيث تفيد عملية البرد فى خلق سطح خشن وألياف بسيطة تساعد على الدمج والالتصاق وفى الوقت نفسه عدم زيادة سمك الأوراق فى منطقة اللحام.

ثم تدهن الحواف التى تم بردها باللاصق ويضم الجانبين براحة اليد ثم تترك لتجف تحت ورق شمع تحت ضغط خفيف.

ترميم الهوامش الأربعة (عمل برواز):

حيث لم يبقى من ورقة المخطوط سوى النص ولذلك يتم تخليق برواز متصل حول ما تبقى من صفحة المخطوط ويتم عمله بطريقتين:

أ- عمل البرواز بطريقة القص:

حيث يتم وضع ورقة المخطوط فوق ورقة الترميم المناسبة من حيث اللون والسمك والمقاس اتجاه الألياف الطولية والعرضية فى كلاهما ثم يتم تحديدها بالقلم الرصاص على ورقة الترميم ويمكن تثبيتها بدبوسين أثناء عملية التحديد لضمان عدم تحركها ثم بعد ذلك يتم تفريغ ورق الترميم من داخل خط القلم الرصاص بحجم أصغر قليلاً حيث يترك شريط ضيق جداً ويمكن الاستفادة من الجزء النصى فى تحديد هذا الشريط بصورة متساوية فى كل أجزاؤه حيث

يثبت على بعد 2ملى من الخط الأول ويتم عمل خط أخر ويتم العمل فى الاتجاهات الأربعة بنفس الطريقة. بعد ذلك يتم برد الشريط الضيق فى ورقة الترميم بصنفرة ثم دهانه باللاصق وتثبيت النص بحرص شديد وهذه الطريقة تبين مهارة المرمم وخبرته حيث يمكن استنباط أفكار كثيرة تجعل عمله أكثر دقة وأكثر جمالاً.

ب- عمل البرواز بطريقة اللصق والتقشير:

وهى طريقة أسهل كثيراً من الطريقة السابقة حيث يتم اختيار ورقة الترميم المناسبة ثم تثبت فوقها ورقة المخطوط النصى عن طريق دهان حوافها بمسافة 2 ملى فى كل حوافها ثم توضع وتثبت بحرص شديد وتضغط تحت ورق الشمع ثم بعد ذلك يتم تقشير الجزء المقابل للجزء النصى أى تكشف عنه بحرص شديد باستخدام المشرط.

والاختلاف هنا برغم سهولة العمل هو أن جزء اللحام يكون سمكه أكبر من باقى أجزاء الورقة وأن استخدام المشرط يحتاج لمهارة خاصة.

5- ترميم التلفيات يدوياً فى عملية واحدة (عملية التدعيم):

حيث يتم بأكثر من طريقة تختلف باختلاف سمك الورق وحجم الإصابة به فهناك التدعيم بشق ورقة المخطوط والتدعيم بالورق النسيجى.

التدعيم بشق ورقة المخطوط:

إذا كان سمك ورقة المخطوط مناسباً وحجم الإصابة به كبيرة حيث تنتشر به ثقوب الحشرات بصورة كبيرة فإنه يمكن شق ورقة المخطوط وذلك بدهانها من الناحيتين باللاصق بشكل متجانس مع الحرص فى عدم ترك أجزاء دون دهان ثم يكبس بين قطعتين شاش داخل ورقة شمع وتترك لتجف حتى تمام عملية الالتصاق.

بعد ذلك يتم نزع قطعتى الشاش عن بعضهما حيث تأخذ كل قطعة وجه من ورقة المخطوط. يجهز ورق الترميم بنفس لون ورقة المخطوط ونفس المقاس وتدهن من الناحيتين باللاصق ويتم ضم قطعتى الشاش لها وتترك لتجف تحت ضغط ثم بعد ذلك يتم إزالة قطعتى الشاش بالماء الدافئ ويمكن أن ينبثق عن هذه الطريقة طريقة نزع النقوش والحليات والزخارف من على أغلفة الكتب المتهالكة وإعادة تركيبها على أغلفة جديدة حيث يتم دهان الزخارف والحليات فقط بالدهان ونستكمل العمل السابق.

التدعيم بالورق النسيجى:

تستعمل هذه الطريقة فى حالة الورق الضعيف ذا السمك القليل وينتشر به الإصابة من ثقوب الحشرات أو من الحموضة الناتجة عن استخدام الحبر الحديدى والتى تصبح معه الورقة

متآكلة فى أماكن الكتابة لذلك يتم دهان الورقة كلها باللاصق بصورة متجانسة وخفيفة ثم يتم تثبيت الورق النسيجى عليها أو يتم دهان الورق النسيجى وإسقاط الورقة المراد حمايتها وهنا يتم تدعيم الورقة بصورة طبيعية جداً حيث أن اللاصق من أصل سليولوزى والورق النسيجى هو نسيج السليولوز والتدعيم هنا يتم من جهة واحدة.

وهذه الطريقة تفضل عن الطريقة الآلية لهذا الغرض وهو ما سنوضحه فى حينه.

ثانيـــاً: الترميـم الآلـــى:

وهو يستخدم لترميم كل التلفيات الموجودة فى الأوراق مرة واحدة وذلك باستخدام معلق لب الورق أو باتباع أسلوب التدعيم بالرقائق وانتشار هذا النوع من الترميم محدود جداً بالنسبة للمخطوطات وشائع فى المطبوعات.

1- الترميم الآلى باستخدام معلق لب الورق فى المـاء:

يستخدم لذلك آلة تسمى Leaf casting machine مجهزة لهذا الغرض وبها إناء يوضع فى قاعه الورق المطلوب ترميمه يعلوه معلق لب الورق حيث يتم شفط وترسيب هذا المعلق فوق سطح الورق المصاب وتكون كمية لب الورق محسوبة وزناً ومساحة حسب شدة تلفيات الورق فتمتلئ الثقوب وتلتحم القطوع وتستكمل الأجزاء الناقصة وتصبح الورقة خالية من أى تلفيات يلى ذلك تجفيف الورقة تحت ضغط ولكن يراعى هنا اختبار حساسية الحبر للماء وذلك لمراعاة عملية عزل الكتابة قبل إدخال المخطوط فى الماكينة.

كذلك يراعى أن يكون للورقة سمك مناسب حيث أن هذه العملية لا تحدث إلا فى حالات الورق السميك.

2- الترميم الآلى بالفرد بالرقائق Lamination:

وتهدف هذه الطريقة إلى التقوية السطحية للأوراق التالفة بلصق رقائق شفافة على سطحها وهى ملائمة للمطبوعات أكثر منها للمخطوطات وذلك لأنها عملية غير استرجاعية وهذا أول شرط من الشروط الواجب توافرها فى عمليات ومواد الترميم.

لذلك اقتصرت هذه العملية على المطبوعات والمخطوطات الميئوس من ترميمها يدوياً وتعتمد هذه الطريقة على استخدام الحرارة والضغط لدمج الغلاف البلاستيكى (رقائق من أسيتات السليولوز) مع صفحة المخطوط ويتم ذلك بوضع الورق المراد ترميمه بين رقيقتين two films من خلات السليولوز وتغطى أسطح الرقيقتين بورق نسيجى أبيض وبذلك يكون ترتيب العملية كالآتى:

tissue paper ثم Film ثم المخطوط ثم Film ثم tissue paper ثم تضغط الورقة

بما حولها عند درجة حرارة ˚48:43م تحت ضغط 700 رطل على البوصة المربعة.

من عيوب هذه الطريقة:

أ- غير استرجاعية.

ب- استخدام رقائق أسيتات السليولوز وهو مثل البولى إيثيلين وهى مادة مختلفة عن مادة الورقة وورق tissue paper ومهما طالت المدة لابد أن تنفصل وهنا يحدث تدمير كامل للورقة.

ج- استخدام الحرارة يؤثر على الخواص الطبيعية للأوراق المعالجة.

ترميم الغلاف (التجليد الترميمى):

وهو يعنى ترميم جلدة المخطوط بأجزائها المختلفة من كعب وأغطية جانبية وخطوط اتصال وهو ما يعرف بعملية المادة تجليد وتقوية المخطوط مع المحافظة على أثريته وقدمه وما به من زخارف ونقوش تحكى دلائل وخصائص عصر كتابته.

وما حديثنا عن فن تجليد الكتاب وخطواته إلا لتكون هادياً لنا لإصلاح وترميم ما قد يحدث لأى من هذه الخطوات من تفتت أو قدم أو تمزق أو اضمحلال.

وطبقاً للحالة التى يظهر عليها كعب وغلاف المخطوط تتحدد طريقة الإصلاح والترميم سواء فك الكعب أو ترميمه دون فك ويتم كالآتى:

أ- نزع الغلاف القديم:

عملية نزع الغلاف من العمليات الدقيقة حيث نلجأ إلى تطرية الكعب بمحلول ميثيل سليولوز لفك التصاق الغلاف به وبالدفع الخفيف من الداخل يمكن فصل الغلاف عن كعب المخطوط وفى حالة عدم نجاح عملية التطرية نلجأ إلى فتح جلدتى الغلاف للخلف وضمهما فوق بعضهما وجذبهما قليلاً للخلف مع الضغط على جسم الكتاب براحة اليد الأخرى وباستعمال المشرط يمكن تخليص الغلاف من الكعب بقطع البطانة والشاش والأشرطة.

وبعد ذلك يغمر الغلاف فى أحد محاليل التطرية لفصل الجلد عن الكرتون حيث تجرى للجلد عمليات الترميم المعتادة كإزالة الحموضة ومعالجات أخرى لما به من نقوش ورسوم نادرة.

بعد ذلك يتم فك الكعب بواسطة الدق بشاكوش برفق لكسر الغراء وتقطيع الخيوط فينفصل الكتاب إلى ملازم ولا يفوتنا تسجيل ملاحظات الكعب ونوع التجليد ونوع الحياكة وطريقة تشابك الخيوط وعدد الوريقات فى الملزمة والتى تكون إما ثنائية أو رباعية أو سداسية أو ثمانية باعتبار أنها هذه الخصائص علامات مميزة لأثرية المخطوط يجب المحافظة عليها.

ثم بعد ذلك يتم تنظيف كعوب الملازم مما قد يكون بها من أثار الغراء والخيوط.

ترسل الملازم لمعل الترميم لإجراء عمليات الترميم المختلفة والتى سبق الحديث عنها ثم تعود بعد ذلك إلى معمل التجليد والذى يعيد ترتيبها كما كانت.

ب- الإصلاح والترميم:

يتوقف على حسب طبيعة الجزء المصاب ونوع الإصابة نم شديدة إلى متوسطة ومن إصابة يسهل ترميمها بدون فك الكعب وأخرى لابد من فك الكعب لترميمها.

ج- التجليد الترميمى لجلد كعب المخطوط:

إذا كانت مهمة جلدة المخطوط هو الحفاظ والحماية للمخطوط فهى أيضاً بحاجة إلى من يحافظ عليها ويحميها وخاصة أن دورها وموقعها يجعلها عرضة لكل عوامل التلف وبصفة خاصة كعب الغلاف المعرض دائماً على أرفف المكتبات والمخازن علاوة على ما يتعرض له مخلع الكتاب من عمليات ثنى أثناء عملية الفتح والغلق للكتاب وهذه المشكلة كانت واضحة جليه فى الموسوعة التى أجرى الباحث عليها الجانب التطبيقى.

حيث تظهر كل الأغلفة شبه منفصلة فى جزء المخلع من أثر الفتح والغلق.

1- جلد الكعب المتآكل والمتفتت:

يتم تقويته أولاً باللانولين وزيت القرنفل ويتم استخدامه كبديل لزيت الخروع حيث أنه أقل منه لزوجه مما يساعد على سرعة تشرب الجلد له فضلاً عن رائحته المميزة والمقبولة ولقد أعطى نتائج ممتازة.

ثم بعد ذلك يتم نزع الكعب الجلدى عن كعب الكتاب بالطريقة التى سبق توضيحها وتنظيف مكانه وتغريته من جديد وإعادة تثبيت الكعب فى مكانه.

2- جلد الكعب المفصول عن الملازم:

فى هذه الحالة يكون الكعب حالته جيدة ولكنه منفصل عن باقى الملازم حيث يتم تغرية كعب الكتاب بالغراء الساخن الخفيف ويترك حتى يصبح لزجاً ويعاد إليه الكعب المفصول ويخدم حتى يبرد ويثبت فى مكانه ويلف عليه شريط لفترة لضمان عملية تثبيته.

3- إعادة تركيب جلد الكعب الأصلى:

قد يحمل الكعب بعض الزخارف والنقوش والكتابات الأثرية النادرة والتى يجب الاحتفاظ بها على كعب المخطوط وهذا يعنى ضرورة الاحتفاظ بجلدة الكعب مهما كانت حالتها من الضعف أو التمزق وفى حالتى الضعف والتمزق والانفصال والأجزاء المفقودة لذلك تمت عملية التطرية والفرد والتقوية أولاً ثم بعد ذلك تمت عملية التجميع على شريط من الورق لتحديد أماكن وشكل الأجزاء المفقودة ثم بعد ذلك تم استكمال الأجزاء المفقودة يجلد من نفس النوع والشكل

والسمك وطريقة الدباغة والصباغة ليس هذا فحسب بل أن الأجزاء المفقودة والتى تحمل زخارف وكتابات تم استكمال زخارفها وكتاباتها بنفس الطريقة من حيث بنط الكتابة وطريقة الكتابة وشكل الحروف بالضغط والحرارة (البصمة) بورق الذهب مع الأخذ فى الاعتبار دائماً التمييز ولو البسيط بين الأصل والأجزاء المستكملة.

بل أن العملية كانت أصعب حيث أن الأجزاء المفقودة كانت تحمل أجزاءًا من الكتابات والزخارف لذلك كان يجب مراعاة المساحة بين الحروف وحجمها وسمكها وفونت كتابته.

ثم بعد ذلك تم استبدال الكعب الأصلى بكعب جديد ثم تثبيته فى مكانه ثم بعد ذلك تم تثبيت الكعب الأصلى فوقه مع مراعاة.

أ- تطرية الكعب الأصلى باللانولين.

ب- برد حروف الكعب الأصلى بسكين حتى يقل سمكها وفى الغالب يكون هذا الجزء بطبيعته ضعيف متآكل من كثرة فتح وغلق الكتب حيث أنه جزء المخلع وهو السبب فى الانفصال.

ج- تخشين سطح الجلد بحكه بورق زجاجى للمساعدة فى الالتصاق بينه وبين الكعب الأصلى.

د- يتم دهان الكعب الأصلى باللاصق النشوى متوسط الكثافة ثم بعد ذلك تخديم الكعب وضبط أحرفه وزواياه فوق الكعب الجلدى الجديد.

4ـ استبدال الكعب الجلدى التالف أو تعويض الكعب المفقود:

قد يتطلب الأمر تخليق كعب جديد ليحل محل الكعب المفقود أو التالف ويتم ذلك باختيار نوع الجلد المناسب من حيث اللون – السمك وطريقة دباغته ثم يتم تفصيل الكعب بالطريقة المعتادة مع الأخذ فى الاعتبار وجود زيادات فى العرض التى تسمح بدمجه مع الأغطية الجلدية الجانبية للمخطوط وتبرد أحرف هذه الزيادات بدهان الكعب الجديد عدا أحرفه المبرودة ويلصق فوق كعب المخطوط ثم يرقق 1سم بطول جلد كسوة الغلاف على جانبى خط اتصال الغلاف بالكعب.

ويغرى هذا الجزء المكشوف من الكرتون الغلاف للغراء الساخن الخفيف وبالمثل يغرى أحرف الكعب الجلدى المبرودة من أعلى فقط وتدمج تحت الجزء المرفوع من الجوانب ويخدم الجميع جيداً ثم تثنى الأحرف أعلى وأسفل الكعب على الكرتون كالمعتاد وقد تضاف فى هذه العملية أشرطة من الجلد لتقوية أماكن الاتصال بين الكعب والغلاف.

5ـ إعادة تثبيت الملازم:

عندما تتلف خياطة الكعب وبالتالى تتفكك الملازم القريبة من الغلاف من مقدمة

المخطوط ونهايته وإعادة تثبيت هذه الملازم شئ ضرورى جداً.

والتثبيت يتم إما بإعادة خياطة كعب المخطوط أو بمحاولة إيجاد بدائل لإعادة الخياطة وهنا وجود البدائل أفضل للأسباب الآتية:

1- المحافظة على مقدمة المخطوط ونهايته والتى قد تتعرض للتلف فى حالة محاولة إعادة حياكته وخاصة أنها دائماً تحمل زخارف وكتابات.

2- التعامل مع المخطوط بحكمة مبدأ المحافظة على أثريته وندرته فالأولى مراعاة ذلك لذلك يتم فك غلاف المخطوط بالطرق السابقة ثم بعد ذلك نضبط أحرف الأوراق وكعوب الملازم فى مكانها ثم يغرى شريط من الورق الرقيق المقوى (ورق الكرافت) بأبعاد الكعب ويلصق فوقه كعب الكتاب وتخدم ثم يترك ليجف ويعاد تثبيت الكعب فوقه ويمكن خلق خياطة جديدة بحيث تؤدى إلى تثبيت الملازم والأوراق علاوة على إمكانية تدعيم خط الاتصال بين الكعب وجناحيه بهذه الخيوط عند اندغامها بين كرتون الغلاف وجلده.

6- ترميم المخلـــــع:

ويقصد به ترميم خط الاتصال بين الكعب والغلاف والذى يمكن أن يصل لحالة من الضعف تؤدى لانفصال أحد جناحيه عند الكعب ويتم ذلك بتدعيم خط الاتصال باستخدام شريط من الجلد الرقيق اللين القوى أو الورق النسيجى بطول خط الاتصال وبعرض أكبر قليلاً من مساحة المخلع وبعد ذلك يتم رفع بطانة الغلاف ويدهن الشريط بعد برد حوافه من الجهتين ويدمج بين كرتون الغلاف وبطانته من جهة وبين كعب المخطوط وجلدته من الجهة الأخرى فيصبح بمثابة وصلة جديدة لتتحمل فتح وغلق المخطوط.

7- إصـــلاح وترميم قمة وذيـــل جلد الكتـــاب:

يتعرض الكعب الجلدى للتمزق والضعف وهذا أكثر وضوحاً فى رأسه وزيله والذى يقع عليهما حمل الكتاب على الأرفف وكذلك جذب الكتاب منهما فى حالة تناولهما من على الأرفف.

ولترميمه يتم فك الجزء المثنى على كرتون الكعب ويوضع بداخله حشو عبارة عن شريط من الجلد بطول الجزء المرفوع وبعرض أكبر قليلاً من عرض الكعب حتى يتجاوز المخلع من جهة الغلاف وذلك لإعطائه القوة والمتانة وأكثر من ذلك زيادة فى ربط الغلاف بالكعب وقد تم ذلك فى معظم كتب المجموعة الـ24 جزء التى تفسر وتشرح الموسوعة.

8- إصلاح وترميـم أركـان الأغلفـــة:

تتعرض هذه الأركان للتلف لتحملها وزن الكتاب ولبروزها وتتوقف مدى تحملها على نوعية الكرتون المستخدم والجلد الذى يغطيه مما يحدث نوعاً من التآكل أو الكسور أو فقد الجلد

أو الكرتون.

لذلك يمكن تقويتها بالحقن بمحلول البولى فينيل أسيتات PVA فتستخدم هذه الطريقة عندما يكون الجلد بحالة سليمة مع تقوس فى حافة الركن ويتم الحقن دون رفع للجلد.

أما فى حالة كسر الكرتون الداخلى فيتم رفع الجلد ويعالج الكرتون بالتقوية باللواصق النشوية ثم يعاد لصق الجلد كما كان وفى حالة فقد الجلد بتلفه وتآكله أو لأى سبب أخر يتم تعويضه بجلد أخر ويمكن أن يكون ذلك بشكل زخرفى مقبول.

لذلك فى حالة فقد الكرتون والجلد معاً يمكن عمل زوايا من معدن تحل محل الأجزاء المفقودة ويمكن أن تكون هذه الزوايا لها شكل زخرفى.