كلية العلوم

القسم : علم الحياة

السنة : الرابعة

المادة : طحالب وفطريات

المحاضرة : الخامسة/نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية ، تكنولوجيا المعلومات والاتصالات

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960

الشروط البيئية لنمو الفطريات

تتأثر فيزيولوجيا النمو لدى الكائنات الفطرية بعوامل بيئية أساسية منها درجة الحرارة ودرجة الحموضة pH والتهوية والماء والضوء. ويعد انحراف هذه العوامل عن المجالات المثالية لها عاملاً مؤثراً على نمو الفطريات لأن كثيراً من العمليات الحيوية للفطريات تتوقف على هذه العوامل. تستطيع جميع الكائنات الحية الدقيقة البقاء على قيد الحياة في بعض الشروط البيئية المعينة وقد تكون هذه الشروط غير مشجعة لنموها المعتاد، إلا أنها قد تتكيف مع هذه الشروط، كما تستطيع معظم الفطريات النمو في مدى واسع من الشروط البيئية مقارنة بتلك الشروط اللازمة لها لتتم حلقة حياتها، وهذا ما يجب أخذه في الاعتبار عند التحول من الشروط المخبرية إلى الشروط الطبيعية. ويمكن للفطريات عموماً تحمل تطرف أحد العوامل فيما لو كانت العوامل الأخرى قريبة من الدرجة المثلى، إلا أن وجود عدة عوامل متطرفة عن الدرجة المثلى في نفس الوقت يمكنه منع أو إعاقة النمو الفطري. فعلى سبيل المثال يمكن للعديد من الفطريات أن تنمو في درجة حموضة منخفضة pH أقل من 4 والعديد منها يمكنه النمو في ظروف غير هوائية، إلا أن القليل منها يمكنه النمو عندما يكون هناك تصادفاً للـ pH المنخفضة والشروط اللاهوائية, ولهذا فإننا نجد أن المخزون العضوي الذي تراكم عبر السنين في مساحات ملحوظة من الأرض يختفي بمعدل متعاقب عندما يتم غمر هذه الأراضي بالماء سواء لغرض الزراعة أو في الغابات تاركة للفطريات الفرصة لتحرير هذه المواد العضوية الحمضية في ظروف هوائية، بينما لم يحدث ذلك من قبل بسبب وجودها في ظروف لا هوائية. إن تأثير أي عامل بيئي على النمو لدى الفطريات في الشروط المخبرية يمكن أن يعطى مؤشراً إلى حد ما عن تأثيره في الطبيعة , حيث أن لعلاقات التنافس دورها في هذا المجال.

1. **درجة الحرارة:** يمكن تقسيم الفطريات إلى ثلاث مجموعات رئيسية فيما يتعلق باحتياجاتها الحرارية للنمو:

أ- الفطريات محبة للبرودة Psychrophiles Fungi.

ب- الفطريات المحبة للحرارة المعتدلة Mesophiles Fungi.

ت- الفطريات المحبة للحرارة Thermophiles Fungi .

وعلى أي حال فإن المدى الحراري لهذه المجموعات يختلف عن مثيله الخاص بالجراثيم لأن هناك القليل من الفطريات التي تنمو على درجة حرارة 37°م (درجة حرارة جسم الإنسان)، والحد الأعلى للنمو لأي فطر يتراوح بين 62 إلى 65°م. في المقابل بعض أنواع الجراثيم يمكنها النمو الأمثل على 70 إلى 80°م. إن معظم الفطريات هي وسطية الحرارة حيث تنمو ضمن مدى حراري يتراوح بين 10 إلى 33 °م على الرغم من اختلاف درجات تحملها للحرارة داخل هذا المدى , وبدرجة مثلى بين 20 إلى 28°م. تنمو الفطريات في الشروط العادية بشكل طبيعي على درجة حرارة 22 إلى 25°م، ومن سوء الحظ أن العديد من الجراثيم يمتلك في الشروط الطبيعية مدى مشابه لهذا، فعلى سبيل المثال: إن كل من *Rhizobium* و *Agrobacterium* وهي عبارة عن جراثيم مصاحبة للجذور تمتلك حداً علوياً من المدى الحراري قرابة 30°م. وإن حوالي 100 فطر يعتبر محباً للحرارة المرتفعة بدرجة حرارة صغرى حوالي 20°م ومثلى قريبة من 40°م وقصوى تمتد من 50 إلى 60°م مع وجود تباينات داخل هذا المدى، إلا أن هذه الفطريات تكون شائعة في الكومبوست في أعشاش الطيور وفي الأراضي المشمسة. إن أحد الأمثلة الهامة هو فطر *Aspergillus fumigatus* والذي يمكنه النمو في مجال حراري من 12 إلى 55°م متفوقاً على معظم الفطريات وسطية الحرارة والمحبة للحرارة المرتفعة , وقد وجد نامياً بشكل عادي في الكومبوست وكذلك على الحبوب المتعفنة إلا أنه يمكن أن ينمو أيضاً على المواد الهيدروكربونية في الكيروسين المحترق، ويمكن أن ينمو أيضاً داخل الرئتين بعد استنشاقه في صورة أبواغ كونيدية محمولة بالهواء, أو يمكنه أن يستعمر الفتحات الجراحية وينمو داخل أنسجة جسم المرضى الذين تم زرع أعضاء لهم. وهو لذلك يكون شائعاً ويحتل أماكن كثيرة بشكل فعال. يكون القليل من الفطريات محبة للحرارة المنخفضة (أو متحملة للبرودة), أي تمتاز بقدرة علي النمو على أو تحت الصفر المئوي وبحدود عليا حوالي 20°م, هذه الفطريات تتضمن العديد من الخمائر والأنواع الخيطية في مناطق العالم الباردة والأنواع القليلة التي تسبب تزنخ اللحوم في حالة

التخزين بالتبريد كفطريات *Cladosporium herbarum* وفطر *Thamnidium elegans* كما وجدت في اللحوم المحفوظة بالتبريد, إلا أن نموها الطبيعي يكون على سطح الأوراق النباتية في التربة. يمتاز فطر *Thamnidium* بقدرته علي تحليل البروتينات المخزنة لذا فإنه يمتلك فعالية للنمو على شرائح اللحم الباردة. تسبب أعفان الثلوج أضراراً خطيرة لمحصول الحبوب أو الكلأ العشبي عندما تغطيها الثلوج فترة طويلة. ففي الأجزاء الشمالية من الولايات المتحدة الأمريكية تنمو أنواع فطريات *Typhula* (وهو من الفطريات الزقية) والتي تنتج أجساماً حجرية Sclerotia يمكنها أن تبيد حتى50 % من محاصيل الحبوب الشتوية كل عام. كما أن أنواع الفطر *Pythium* المحبة للبرودة تسبب مشاكل مشابهة في اليابان. ويعد شائعاً في بريطانيا أن نرى محاصيل حبوب أو أعشاب مدمرة بواسطة فطريات *Monographella nivalis* و *Fusarium nivale* ، وعلى الرغم من أن هذه الفطريات هي ضعيفة التطفل إلا أنها تغزو النباتات وتؤدي إلى تعفن أنسجتها عندما تضعف مقاومتها نتيجة تعرضها لدرجات الحرارة المنخفضة المترافق مع الضوء الخافت. ويمكن للإضافات الموسمية من التسميد النيتروجيني أن تجعل العشب مهيئاً لأن يهاجم بالفطريات بسبب أن النيتروجين يعيق النمو الصلب، مسبباً ضعفاً للنباتات.

فيزيولوجيا تحمل الحرارة: إن القدرة على النمو في درجات الحرارة المتطرفة يتضمن التكيف الكلي للكائن الحي الدقيق، وليس فقط امتلاك القدرة على التحمل. وقد اتجه الباحثون نحو التركيز على تحمل حقيقيات النواة للحرارة المتطرفة, ويوجد القليل من المعلومات فيما يتعلق بفيزيولوجيا تحمل الفطريات للحرارة. ومن غير الممكن على الإطلاق احتمال أن تكون الآليات واحدة في مختلف مجموعات الكائنات الحية الدقيقة. ولكي يحدث النمو بشكل طبيعي فإنه على الأغشية البلاسمية أن تحتفظ بلزوجتها ونفاذيتها, ويبدو أن جميع الكائنات الحية الدقيقة تحتفظ بهاتين الصفتين من خلال تغييرها لمكونات أغشيتها من الدهون. تكون الأحماض الدهنية المشبعة أكثر صلابة مقارنة بالأحماض الدهنية غير المشبعة عند نفس درجة الحرارة. وبمقارنة 9 فطريات محبة للحرارة المرتفعة و 9 فطريات متوسطة تحمل الحرارة ظهر أن الفطريات المحبة للحرارة المرتفعة كانت محتوية على نسب مرتفعة بشكل ثابت من الدهون المشبعة إلى

الدهون غير المشبعة في أغشيتها البلاسمية، فعندما تنمو الفطريات المحبة للحرارة المرتفعة بالقرب من درجاتها المنخفضة فإنها تغير من التركيب الدهني لأغشيتها ولذلك فإن نسب عدم التشبع تكون أعلى، وعلى أية حال فإن هذه ليست صفة خاصة لدى الفطريات المحبة للحرارة المرتفعة لأن الأنواع المحبة للحرارة المتوسطة قد أظهرت نفس الاستجابة عند تنميتها علي درجات حرارة مختلفة داخل المدى الحراري الخاص بها. إن السمة المميزة للفطريات المحبة للحرارة المرتفعة تتجلى في أن إنزيماتها ومكوناتها الريبوزومية تكون أكثر ثباتاً لارتفاع درجة الحرارة مقارنة بالفطريات التي تكون وسطية الحرارة عند استخلاصها واختبارها خارج الخلية. وقد ظهر هذا بوضوح في حالة الخمائر المحبة للحرارة المرتفعة بالإضافة إلى الجراثيم. يعزى ثبات تحمل الحرارة للإنزيمات إلى الارتباط المتزايد بين الأحماض الأمينية بالقرب من مواقع النشاط الإنزيمي, متضمناً روابط عديدة من الروابط الهيدروجينية المتأثرة بالحرارة. إن إنزيم تركيب الكلوتامين في جراثيم *Bacillus stearothermophilus* لا يكون بصفة عامة ثابتاً حرارياً عند استخلاصه واختباره مخبرياً, ولكنه يمكن أن يصبح ثابتاً عند إضافة خليط من أيونات NH_4^+ والكلوتامين أو ATP والكلوتامين والتي من المحتمل أن تكون السبب في هذا الثبات في الجراثيم. تحتوي الفطريات المحبة للحرارة بالتأكيد على نسبة عالية من الأحماض الدهنية غير المشبعة توجد في أغشية خلاياها. وتختلف الريبوزومات الموجودة لديها أيضاً عن تلك الموجودة في متوسطة تحمل الحرارة، حيث وجد أن الريبوزومات المستخلصة من خميرة *Candida gelida* المحبة للحرارة أقل ثباتاً عن تلك الموجودة في فطر *C. utilis* المتوسط التحمل للحرارة. إن فقدان ثبات هذه المواد أمكن إحداثه بواسطة طفرات في مكونات بروتين الحمض النووي (RNA) للريبوزومات. ومع ذلك فإن أهمية هذه الدراسة أخذت في الاعتبار أنه لا يحدث طفرات في الريبوزومات علي درجة حرارة أقل من50°م. والمثير للدهشة هو أن الريبوزومات المعزولة من الفطر *C. gelida* فقدت 70 % من قدرتها على تركيب السلاسل الببتيدية بعد تعرضها لدرجة حرارة 30°م لمدة 5 دقائق وفقدت 100% بعد تعرضها لدرجة40°م لمدة 5 دقائق بينما ريبوزومات *C. utilis* لم تتأثر على الإطلاق بهذه المعاملات. وفي المقارنات الأكثر تقدماً لهذين النوعين فإن إنزيمات تركيب RNA الناقلة (والتي توصل الأحماض الأمينية

إلى الريبوزومات) وإنزيم Decarboxylase (والذي يحول حمض البيروفيك إلى أسيت ألدهيد أثناء التخمر الكحولي) قد تأثر حيث أن الفطر *C. gelida* عالي الحساسية للحرارة. لذلك فإن هذه الخمائر إجبارية الحرارة المنخفضة حيث تمتلك العديد من المكونات الحساسة للحرارة والتي تحدد الحد الحراري الأعلى لنموها. تتجه الدراسات الحديثة على الفطريات المحبة للحرارة المنخفضة نحو التساؤل لماذا معظم هذه الفطريات لا تستطيع النمو على درجات الحرارة الأكثر انخفاضاً؟ فهي تمتلك محاليل خلوية كافية لمنع السيتوبلاسما من التجمد على درجة صفر مئوية. وفي أي حالة تستطيع الفطريات زيادة مستوي المحاليل عندما يكون ذلك ضرورياً. أظهرت الدراسات الحيوية أن التفاعلات الكيميائية يمكن أن تحدث على درجة الصفر المئوي، لذلك فإنه حتى الفطريات وسطية الحرارة تكون قادرة النمو على هذه الدرجة. ووجد أن منخفضات ووسطيات الحرارة تختلف في قدرتها على تجميع الريبوزومات. فعند تحويل وسطيات الحرارة إلى درجة حرارة أقل من حدها الأدنى فأنها تستمر في تركيب البروتين لفترة بسيطة إلا أن الريبوزومات لا تستطيع الالتصاق مرة أخرى بالـ mRNA عند اكتمال دورة تركيب البروتين. وعلى درجات الحرارة المكافئة فإن منخفضات الحرارة تستمر في تركيب البروتينات.

2. تركيز شوارد الهيدروجين في الأوساط الغذائية: ينمو العديد من الفطريات ضمن مدى من الحموضة pH بين 4-8.5 وأحياناً 3-9. ودرجة الـ pH المثلى للعديد من الفطريات تتراوح بين 5-7. وتوجد تباينات داخل هذا المدى الطبيعي. تكون العديد من الأنواع الفطرية متحملة للحموضة، منها بعض الخمائر التي تنمو في أمعاء الحيوانات، وبعض الفطريات الخيطية كأنواع الفطريات *Fusarium* و *Aspergillus* و *Penicillium* القادرة على تحمل درجة حموضة تصل إلى pH=2، إلا أن درجة الـ pH المثلى لها تتراوح بين 5.5-6، وفي الواقع فإن الفطريات المحبة للحموضة يبدو أنها نادرة، وأكثر الأمثلة وضوحاً هو *Acontium velatum* الذي ينمو في حامض كبريتيك 1.25 عياري، فهو يستطيع بدء النمو علي pH = 7 ولكنة يخفض الـ pH بسرعة في الوسط المغذي إلى حوالي 3 والتي من المحتمل كونها مطابقة للدرجة المثلى لنموه. وهناك العديد من البيئات الحامضية الطبيعية حيث تستطيع الفطريات المحبة أو المتحملة للحموضة النمو

عليها وعلى النقيض من ذلك هناك القليل جداً من البيئات القلوية التي تستخدم في نمو الفطريات على الرغم من أن العديد من الفطريات ينمو حتى pH من 10-11 في الوسط المغذي كالفطرين *Fusarium oxysporum* و *Penicillium variabile*؛ وفي جميع الحالات التي تمت دراستها فإن الفطريات التي استطاعت النمو في وفرة من الـ pH قد وجد أنها تمتلك pH خلوي حوالي 7، والـ pH الخلوي يمكن قياسه بشكل خاص في مستخلصات الخلايا الممزقة أو باستخدام كواشف الـ pH مثل الأحمر المتعادل والذي يمتص بالخيوط الفطرية الحية. وعلى أية حال فإن أكثر الطرق دقة تتضمن إدخال الكترودات قياس الـ pH إلى داخل الخيوط الفطرية أو تحميل هذه الخيوط بكاشف فلورسنتي حساس للـ pH والذي يستطيع النفاذية خلال الغشاء البلاسمي. ويبدو بأن السيتوسول الفطري يمتلك قوة أو سعة تنظيمية قوية حتى عند تغير الـ pH الخارجي بمقدار عدة وحدات، فإن تغيرات pH السيتوسول بمقدار 0.2-0.3 وحدة على الأكثر.

إن انقسام الأبواغ السوطية في الكيس البوغي لأنواع الفطريات *Phytophthora* و *Pythium* يمكن استحثاثها بشكل تجريبي من خلال التبريد المفاجئ. وقد وجد أنه بواسطة استخدام كواشف الـ pH الفلورسنتية أن pH السيتوسول قد ارتفع بشكل تحولي من 6.84 إلى 7.04 بواسطة هذه المعاملة , ولا يحدث انقسام لأي من الأبواغ السوطية إذا جرى حقن دقيق للكيس البوغي بواسطة محلول منظم من pH =7 لمنع حدوث تغير لـ pH السيتوسول.

التأثير البيئي للـ pH: تكون دراسة التأثير البيئي أسهل كثيراً تحت الشروط المخبرية مقارنة بالطبيعة لأن الـ pH ليس عاملاً مفرداً، فمع حدوث تغيرات في الـ pH يمكن حدوث العديد من الأشياء الأخرى التي تؤدي إلى حدوث مشكلات مرتبطة بهذا. فعلى سبيل المثال تؤثر الـ pH على الشحنات النهائية لبروتينات الغشاء مع تغيرات لاحقة في امتصاص العناصر الغذائية. وتؤثر أيضاً الـ pH على درجة تلازم الأملاح المعدنية والاتزان بين CO_2 الذائب وشوارد البيكربونات. تمتلك الأراضي ذات الـ pH المنخفض مستويات سامة بشكل كبير من شوارد العناصر الصغرى المتاحة مثل شوارد الألمنيوم Al^{3+} أو المنغنيز Mn^{2+} أوالنحاس Cu^{2+} أو المولبدنيوم، Mo^{3+} ، وعلى العكس من ذلك فإن الأراضي ذات الـ pH المرتفع يمكن أن تكون فقيرة في شوارد العناصر الأساسية مثل

الحديد Fe^{3+} أو الكالسيوم Ca^{2+} أو المغنسيوم Mg^{2+} . مع ذلك فإن الاستجابة للـ pH بشكل عام في الشروط المخبرية تكون مشابهة لمثيلاتها في الطبيعة، فعلى سبيل المثال أنواع الفطر *Pythium* بشكل عام غير متحملة للـ pH المنخفض إلا أنها تتواجد في الأراضي على pH بين 4-5 وفطر *Stachybotrys chartarum* يكون موجود بشكل أساسي في الأراضي القاعدية والقريبة من التعادل , وأنواع الفطر *Trichoderma* تميز الأراضي الحامضية. يمكن للفطريات تغيير درجة الـ pH المحيطة بها ولذلك فإنها تساهم إلى حد ما في تهيئة بيئتها، وإن أكثر الطرق العامة لفعل ذلك تكون من خلال انتخاب الشوارد الممتصة والمتبادلة. فمثلا شوارد NH_4^+ تمتص كبديل لشوارد الهيدروجين, ولذلك فان الـ pH الخارجي يمكن أن ينخفض إلى 4 أو أقل مؤدياً إلى تثبيط النمو للفطريات الأكثر حساسية للحامضية مثل فطريات *Pythium*، وعلى العكس من ذلك فإن امتصاص شوارد النيتريت يمكن أن تسبب زيادة الـ pH الخارجي. كما تستطيع الفطريات أيضاً أن تفرز أحماضاً عضوية والتي يمكنها خفض الـ pH الخارجي. إن بعض الكائنات الدقيقة المسببة لأعفان الأنسجة النباتية تفرز كميات كبيرة من حامض الحماض (حمض الأوكزالك) ويبدو أن هذا يلعب دوراً في قدرتها المرضية. فعلى سبيل المثال إن كلاً من الفطرين *Sclerotium rolfsii* و *Sclerotinia sclerotiorum* تفرز حامض الأوكزالك في الأنسجة النباتية مسببة انخفاض الـ pH إلى 4. وتفرز إنزيمات محللة للبكتين ذات الـ pH الأمثل لها في الحامضية، وإن أحد أدوار حامض الأوكزالك ربما يكون تكوين معقدات مع شوارد الكالسيوم التي ينتزعها من جدر الخلايا النباتية فتصبح الخلايا سهلة التحلل بواسطة إنزيمات تحلل البكتين. يمكن أن يساهم الـ pH البيئي في توجيه النمو الفطري كما وجد الباحثان Edwards and Bowling من خلال رسم خريطة الـ pH لأسطح الأوراق النباتية باستخدام ميكروالكترويد. فقد وجد أن تدرج الـ pH لأكثر من وحدة واحدة ثبت حدوثه بشكل موضعي حول الثغور المغلقة أي أنه لم يكن هناك تدرج أو قليل منه أمكن اكتشافه حول الثغور المفتوحة، وهذا يحدث بشكل حقيقي عندما تكون فتحة الثغر متحكماً فيها بشكل طبيعي بواسطة الضوء أو الظلام وعندما يتحكم فيها بشكل تجريبي بواسطة الكيماويات. يؤدي الهرمون النباتي حامض الأبسسيك إلى غلق الثغور في الضوء، بينما ناتج الاستقلاب الفطري الفيوزيكوكين (من الممرض النباتي

Fusicoccum amygdale) يسبب فتح الثغور في الظلام. تدخل العديد من ممرضات النبات من خلال الثغور ويمكن توجيهها من خلال إشارات طوبوغرافية، إلا أن Edwards و Bowling وجدا أن تدرج الـ pH ربما يكون مسؤولاً عن ذلك بسبب أن أنابيب إنتاش فطر الصدأ *Uromyces viciae -fabae* تعبر بشكل متكرر نحو الثغور المفتوحة ولا يكون ذلك عبر الثغور المغلقة. ولاختبار ذلك أقيمت تجارب استخدمت فيها قطع من أسطح الأوراق مفتوحة الثغور وضعت فوق بيئة الأغار ذات pH = 6 - 7 فعندما أنتشت أبواغ فطر الصدأ هذا فوق قطع الأوراق كانت هناك نسبة عالية بشكل معنوي من أنابيب الإنتاش التي وجدت مستقرة فوق فتحات الثغور في حالة الـ pH = 6 مقارنة مع pH = 7 موحياً بأنها تنمو في اتجاه الـ pH المنخفض.

3. التهوية : تنمو معظم الفطريات حياة هوائية حتماً وهي بشكل طبيعي تحتاج إلى الأكسجين على الأقل في بعض أطوارها . وحتى الخميرة *Saccharomyces cerevisiae* والتي يمكنها النمو بشكل مستمر بواسطة تخمر السكريات في ظروف لا هوائية فإنها تحتاج إلى الأوكسجين للتكاثر الجنسي والأكثر من ذلك ما نعرفه عند مناقشة تأثيرات الأوكسجين على النموات الإعاشية، وبناءً على ذلك فإن الفطريات يمكن أن تقسم إلى 4 مجاميع سلوكية:

1) تكون بعض الفطريات هوائية حتما حيث ينخفض نموها بشكل ملحوظ لو انخفض الضغط الجزئي للأوكسجين (PO_2) كثيراً عن مثيله الجوي (0.21). علي سبيل المثال: ينخفض نمو الفطر المسبب لمرض Take-all في الحبوب حتى لو كان الـ PO_2 = 0.18. تكون ثخانة الطبقة المائية حول الخيط الفطري في هذه الحالات حرجاً بسبب الانتشار البطيء للأوكسجين خلال الماء, كما يحدث في أشباه الجذور لفطر *Armillaria mellea* .

2) يكون العديد من الخمائر والعديد من الفطريات المشيجية مثل: *Fusarium oxysporum* و *Mucor hiemalis* و *Aspergillus fumigatus* هوائية اختيارية فهي تنمو في ظروف هوائية، إلا أنها يمكنها أيضاً أن تنمو في غياب الأوكسجين من خلال السكريات المتخمرة. وحصيلة الطاقة تكون منخفضة كثيراً وناتج الكتلة الحيوية يكون غالباً أقل من 10% مقارنة بمثيله في المزارع جيدة التهوية كما عرف ذلك

مكتبة A to Z