كلية العلوم

القسم : علم الحياة

السنة : الرابعة

المادة : طحالب وفطريات

المحاضرة : الثالثة/نظري/ د.سومر

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

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

بيولوجيا الخلية للفطريات Cell biology of the fungi:-

وصفت الوحدات الخلوية الأساسية بأنها خيوط (المفرد: hypha)، قد تكون خيوط الفطريات متفرعة وتسمى كتلتها الكثيفة مايسليوم mycelium. عادة ما يكون شكل الهايفا Hypha عبارة عن خلية أنبوبية تم تطويره من نمو السبور (الشكل ١) ومحاطة بجدار صلب يحتوي على الكايتين. تمتد الهايفا من خلال نمو الطرف القمي tip growth، وتتضاعف بالتفرع ، مما يؤدي إلى إنشاء شبكة جيدة تعرف بالمايسليوم mycelium. تحتوي الهايفات على جميع العضيات بما في ذلك النوى والمايتوكوندريا والرايبوسومات وجهاز كولجي والحويصلات المرتبطة بالغشاء داخل السايتوبلازم المرتبط بغشاء البلازما.والهياكل الخلوية الفرعية المدعومة والمنظمة بوساطة الأنابيب الدقيقة والشبكة الإندوبلازمية.

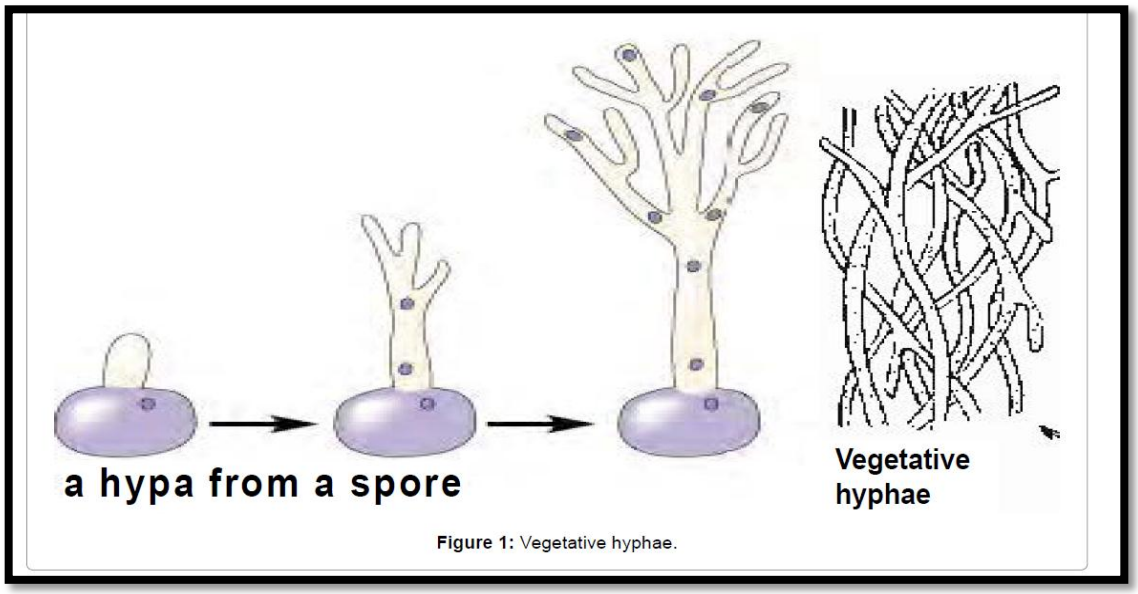


Figure 1: Vegetative hyphae.

كل هايفا hypha عبارة عن أنبوب يتكون من جدار صلب ويحتوي على بروتوبلازم مدبب عند طرفه ـ هذه هي منطقة النمو النشطة (أي منطقة الامتدادextension zone). عادةً ما يتم ملاحظة الحاجز المتقاطع اي الجدران المتقاطعةSepta (cross-walls) ، إذا كان موجودًا ممكن رؤويته تحت المجهر الضوئي. بعض الفطريات تمتلك الحاجز (الذي يقسم الهايفات إلى خلايا منفصلة) على مناطق منتظمة على طول الهايفات . في حالات أخرى ، تتشكل الجدران المتقاطعة فقط لعزل المناطق القديمة أو التالفة من الهايفا أو لعزل التراكيب التكاثرية reproductive structures.

تمتلك بعض الحواجز واحدة من أكثر المسامات - مثلا يقسم الحاجز الهايفا إلى سلسلة من اجزاء الهايفا المترابطة ، بدلاً من خلايا منفصلة. في حين خيوط الخلايا المخروطية **Coenocytic hyphae** تفتقر إلى الحاجز (الشكل ٢).

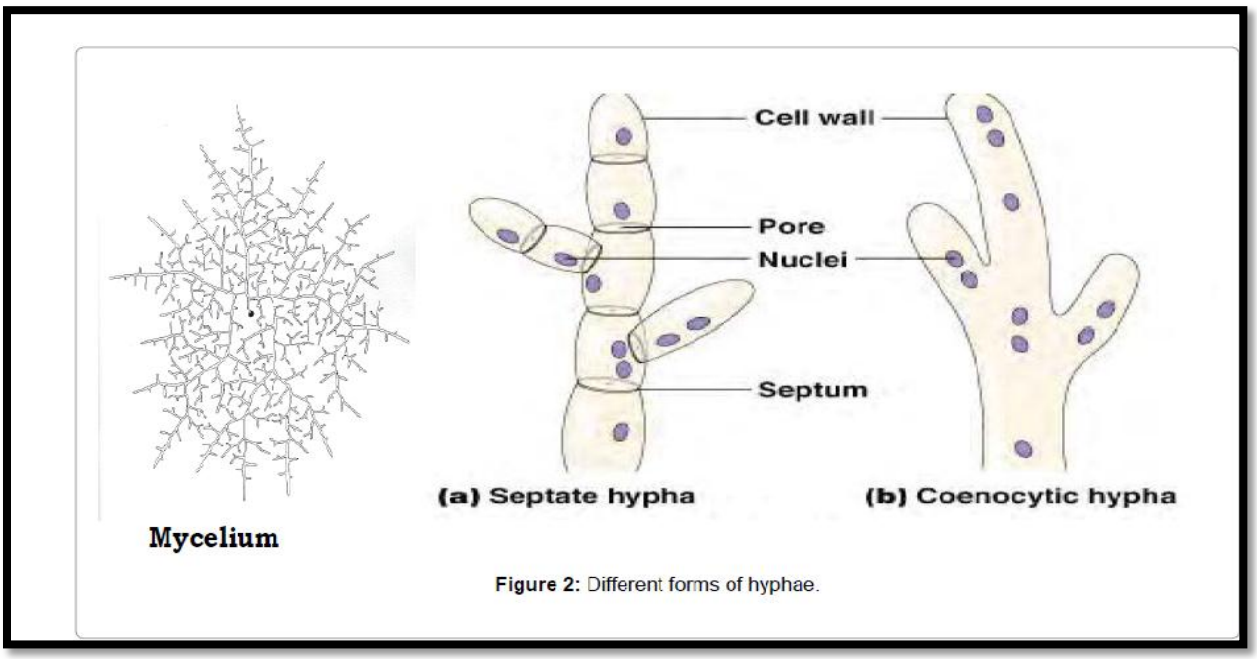


Figure 2: Different forms of hyphae.

يرتبط غشاء البلازما ارتباطًا وثيقًا بجدار الهايفا وفي بعض المناطق حتى أن تكون ملتصقة به بشدة مما يجعل من الصعب تحلل الهايفات . تحتوي كل خلية أو جزء خيطي عادةً على نواة واحدة أو أكثر. في الأنواع التي تمتلك الحاجز مسامًا مركزية كبيرة**large central pore** ، وسوف يكون عدد النوى داخل اجزاء الهايفا غير ثابت لأن النوى قادرة على المرور بين الأجزاء المجاورة ، عبر مسام الحاجز المركزي. اما بالنسبة للعضيات السايتوبلازمية الأخرى هي تلك الموجودة بشكل شائع في جميع الخلايا حقيقية النواة مثل:

١. النوى: الغلاف النووي الصغير (١-٢ ميكرومتر) لا يتحلل أثناء الانقسام ، والكروموسومات غير مميزة. في المنطقة القمية هناك ١-٥٠ نواة، الحامض النووي الفطري أقل تعقيدًا من حقيقيات النوى الأخرى - عدد أقل من أجزاء الحامض النووي المتكررة مقارنةً بحقيقيات النوى الأخرى (أقل من ١٠٪ مقابل ٣٥٪ في الثدييات).
٢. المايتوكوندريا: استطالة مع الكرستا شبيهة بالصفائح.
٣. الشبكة الإندوبلازمية: قنوات مرتبطة بالغشاء الضيق.
٤. جهاز كولجي: الصهاريج الحلقية ليست بشكل أكوام مفلطحة.

يختلف الطرف المتنامي growing tip من الناحية الهيكلية والوظيفية عن بقية الهايفا في التالي:

١. يبدو السايتوبلازم أكثر كثافة.

٢. لا توجد عضيات رئيسية في الطرف الأقصى.

٣. في الطرف الأقصى ، هناك تراكم للحويصلات المرتبطة بالغشاء membrane-bound vesicles ، القمي الكتلة الحويصلية (المعقدة) Vesicular Cluster (complex) (AVC) - والتي تلعب دورًا مهمًا في النمو القمي. قد تكون الفجواتVacuoles مرئية في الهايفات تحت القمية ، على الرغم من صغر حجمها في البداية ، يكبرون ويندمجون مع بعضهم البعض ؛ يقومون بتخزين وإعادة تدوير المستقلبات الخلويةcellular metabolites ، على سبيل المثال الإنزيمات والعناصر الغذائية. في الأجزاء الأقدم من الهايفا ، قد يتحلل البروتوبلازم تمامًا ، ويعود الى

١. التحلل الذاتي (الهضم الذاتي)autolysis (self-digestion) أو في البيئات الطبيعية غير المتجانسة
٢. التدهور بسبب أنشطة الكائنات الحية الدقيقة الأخرى (الشكل ٣).

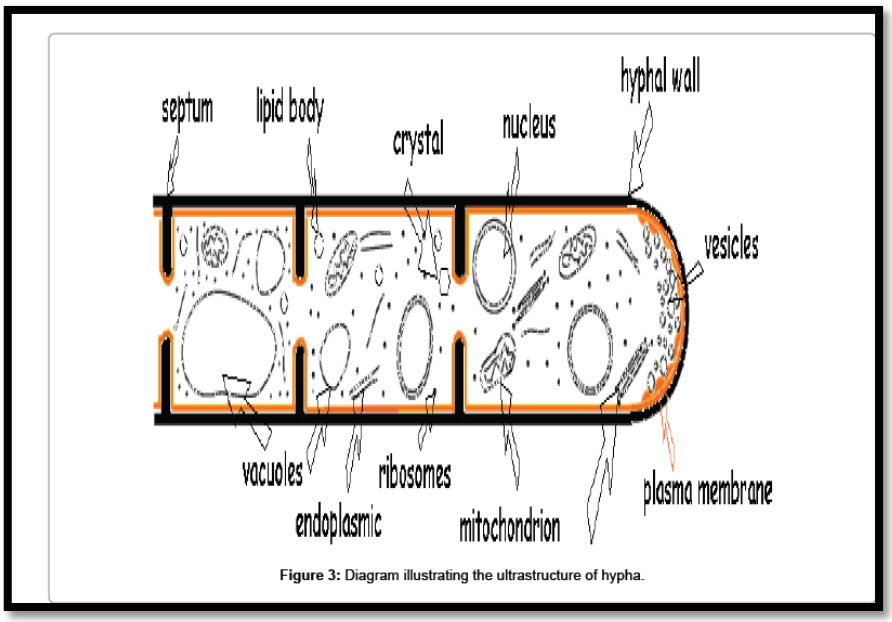


Figure 3: Diagram illustrating the ultrastructure of hypha.

نمو الفطرياتFungal growth :-

يعرف النمو الفطري بأنه زيادة في حجم الكائن الحي لا رجعة فيه ، وعادة ما يكون مصحوبًا بزيادة في الكتلة الحيويةbiomass . تبدو مايسليا الفطريات Mycelial fungi توسعا في نمو الهايفات

، مصحوبًا بزيادة في الكتلة الحيوية. ان الفطريات وحيدة الخلية (مثل الخمائر) قد تظهر زيادة في حجم الخلية الفردية ، مصحوبة بزيادة في الكتلة الحيوية. ومع ذلك ، بشكل جماعي ، فإن عدد خلايا الخميرة داخل مزرعة (أي تركيز الخلية) قد يزيد أيضًا ، مما يؤدي إلى زيادة الكتلة الحيوية بالوسط الزرعي ككل.

تظهر المستعمرات الفطرية Fungal coloniesتمايزًا من الحافة إلى مركز المستعمرة وكالاتي:-

١. منطقة الامتدادThe extension zone : تتقدم الهايفات في الاوساط الزرعية الحديثة. تميل الأنماط المتفرعة بزاوية ٩٠ درجة و monopodial. ان ترتيب الفروع لإعطاء الأكثر فعالية لاستعمار واستخدام المواد في الوسط ، ويتم توجيه نمو الهايفات لتجنب الهايفا الأخرى. بالآلية غير معروفة ، ولكن ربما يتعلق بالتدرجات الغذائية وتدرجات السموم.

٢. المنطقة المنتجةThe productive zone : هنا تحدث الزيادة الكبيرة في الكتلة الحيوية. بصيغة تشكيل المايسيليوم الهوائيAerial mycelium formed ، والهايفات يزداد سمكها.

٣. منطقة الثمارThe fruiting zone : توقف اكتساب الكتلة الحيوية ، وتشكلت الأبواغ وهذا يعادل المرحلة الثابتة في batch culture.

٤. منطقة الشيخوخةAgeing zone : توجد خيوط مفرغة أو فارغة ، يحدث التحلل الذاتي هذا يعادل إلى مرحلة الانحدار في batch culture.

إذا رسمنا الكتلة الحيوية أو تركيز الخلايا كنمو فطري مع مرور الوقت ، فقد نحصل على منحنى النمو المميز التالي على شكل حرف S (الشكل ٤).

منحنى النمو المميز على شكل حرف Characteristic S-shaped growth curve.S :-

١ـ معدل نمو الخلايا أو انقسامها بطيء جدا. الخلايا الفطرية تتكيف مع ظروف النمو. إنها الفترة التي تنضج فيها الفطريات الفردية ولا تكون قادرة بعد على الانقسام. خلال هذه المرحلة من دورة نمو الفطريات ، يتم تخليق الحامض النووي الرايبي ، والإنزيمات وغيرها الجزيئات تحدث. لذلك في هذه المرحلة ، لا تكون الخلية الفطرية بطور الراحة او السكون.

٢ـ يبدأ النمو أو انقسام الخلية بالتسارع إلى المرحلة الأسية ـ عندما ، على سبيل المثال ، مع كائن وحيد الخلية (مثل أنواع الخميرة) ، تنتج أي خلية واحدة اثنين في فترة زمنية معينة ، ينتج هؤلاء ٢ ٤ ، ينتج ٤ ٨ ، ٨ ينتج ١٦ وهكذا. هذا أسي المرحلة (المنطقة الحمراء المركزية في الرسم البياني المقابل) تمثل الفترة التي يكون فيها الفطر ينمو أو يتكاثر بسرعة أكبر. المعدل الفعلي لهذا النمو يعتمد على ظروف النمو التي تؤثر على تواتر أحداث انقسام الخلايا واحتمال حدوثها كلا

الخلايا البنوية على قيد الحياة. تستمر هذه المرحلة حتى تصبح واحدة أو أكثر من المغذيات بشكل محدود ، يصبح الأوكسجين مستنفدًا و / أو تتراكم المنتجات الثانوية الأيضية إلى مستويات سامة.

٣- سيبدأ النمو في التباطؤ (التراجع) وقد يتبع ذلك مرحلة ثابتة. لا يوجد خلالها أي تغيير ملحوظ في تركيز الخلية أو الكتلة الحيوية. هذه المرحلة هي المرحلة الثابتة(stationary phase) قيمة ثابتة اذ ان أن معدل نمو الفطريات يساوي معدل الموت الفطري

٤-أخيرًا موت الخلايا وتحللها - مما يؤدي إلى انخفاض في عدد الخلايا و / أو الكتلة الحيوية يلاحظ في هذا الطور

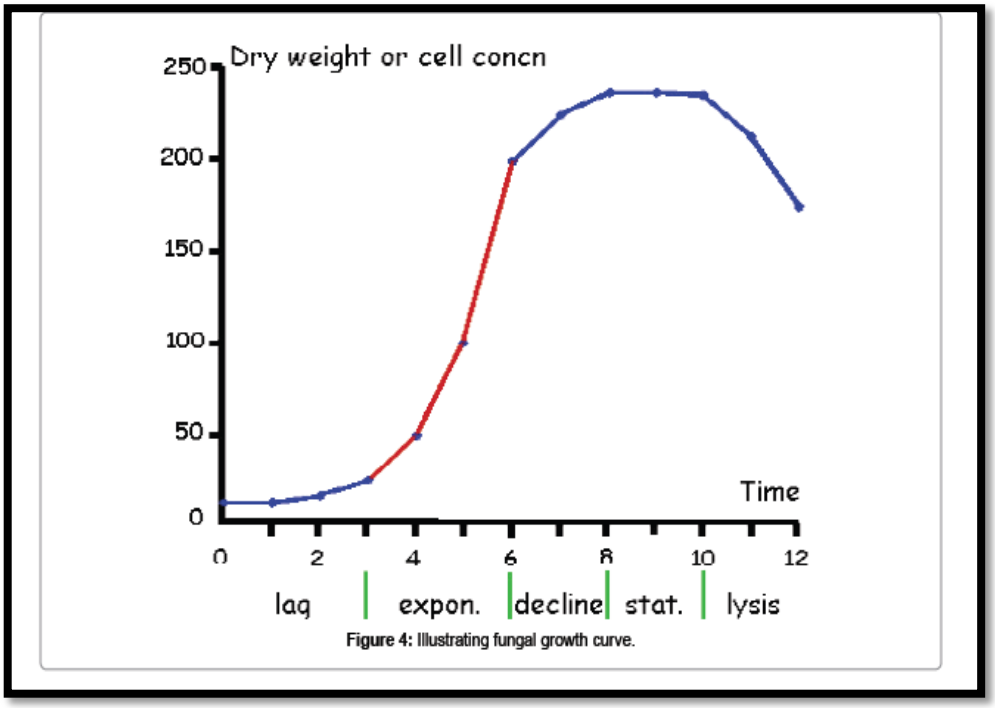


Figure 4: Illustrating fungal growth curve.

إن تعريف مصطلح النمو في الفطريات بصورة عامة يختلف باختلاف الشكل الخضري، بعض العلماء عرف النمو على أنه الزيادة في عدد الأنوية وعدد الخلايا وحجمها أو في كمية المادة البنائية غير الحية. علماء آخرون عرفوا النمو أنه الزيادة في كتلة أو عدد الخلايا، من هذين التعرفين يمكن أن نستنتج بأن النمو يكون في تضاعف المادة الحية أو البروتوبلاست وهذا التضاعف يختلف باختلاف الشكل الخضري للفطريات وكما يلي:

١ـ نمط النمو الخميري

ويشمل هذا النمط الخمائر المتبرعمة والمنشطرة وأن هنالك علاقة بين النمو والتكاثر إذ أن تضخم البروتوبلاست الناتج من نمو الخميرة المتبرعمة (Budding yeast) يحفز تكوين البرعم الذي ينفصل بعد الزيادة في الحجم ليكون خلية جديدة. تتكرر هذه العملية وتتضاعف الخلايا في عددها. اما في الخميرة

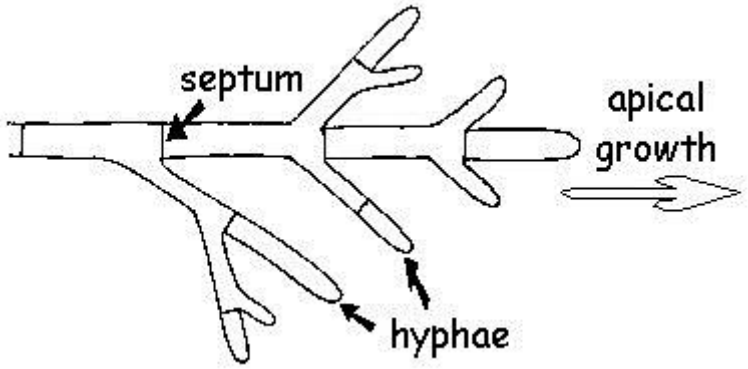
المنشطرة فتتضخم الخلية الأم ثم تنشطر إلى خليتين كل منها ينمو إلى حجم الخلية الأم وبذلك يكون نمو الخميرة يعني زيادة في عدد الخلايا المستقلة.

٢-النمو البلازمودي Plasmodial growth

ويحدث في الفطريات الهلامية حيث يكون الجسم الخضري بشكل بلازموديوم (كتلة بروتولازمية متعددة الانوية محاطة بغشاء الخلية يشبه الاميبا) في هذا النوع قد يتضاعف البروتوبلاست في أي جزء من البلازموديوم وهذا يدل على أن جزء من البلازموديوم قادر على التوالد بنفسه.

٣-النمو القمي Apical growth

ويحدث في الفطريات الخيطية حيث يتركز النمو عند قمة الخيوط الفطرية التي يسري فيها بروتوبلاست جديد باستمرار قادم من المنطقة تحت القمية، كما أن هنالك تجمع فمي للحويصلات السايتوبلازمية التي ترسل الى قمة الخيط لتجهيز المصدر الكافي لغشاء سايتوبلازمي جديد، أن النموذج العام للنمو القمي في الخيط الفطري تتضمن الاشتراك المباشر للشبكة الاندوبلازمية ER والديكتيوسومات والحويصلات السايتوبلازمية Macro and Microvesicles والاخيرة تتحد مع الغشاء البلازمي وتفرغ مادتها الأساسية التي إما أن تكون إفرازية تحوي على انزيمات هدم الجدار وبعضها يحوي على مواد بناء الجدار فتعمل جميعاً على تمدده كما في الشكل:



العوامل البيئية (الفيزيائية) المؤثرة في نمو الفطريات

١- درجة الحرارة Temperature

تتباين الفطريات من حيث مدى درجات الحرارة التي تستطيع أن تنمو فيها وعادة تتراوح ما بين ٠°م و ٥٥°م أو أكثر أما الحرارة المثلى فتتراوح ما بين ٢٠-٣٠°م. واعتماداً على درجات الحرارة تقسم الفطريات إلى ثلاث مجاميع:

١- الفطريات المحبة لدرجات الحرارة المعتدلة Mesophilic fungi: والتي تنمو بدرجات حرارة معتدلة ضمن المدى ١٠-٤٠°م، أما الدرجة المثلى Optimum temperature لنموها فتكون ما بين ٢٥-٣٥°م وتضم غالبية الفطريات.
٢- الفطريات المحبة لدرجات الحرارة الواطئة Cold-Loving or Psychrophilic fungi: وهي الفطريات التي تنمو في درجات حرارة واطئة تصل بعض الأحيان إلى الصفر وضمن المدى العام ٥-٣٠°م والدرجة المثالية لنموها هي ١٥°م.
٣- الفطريات المحبة لدرجات الحرارة المرتفعة Heat-loving or Thermophilic fungi: وهي التي تنمو بدرجات حرارية ضمن المدى ٢٠-٥٥°م وقد تصل إلى ٥٨°م، أما الدرجة المثلى لنموها فتكون ٤٠°م وتتواجد عادة في المناطق الحارة وأكوام القش.

٢-التركيز الايوني للهيدروجين أو الاس الهيدروجيني pH:

إذ تفضل الفطريات النمو في الوسط القريب من المتعادل الى الحامضي ما بين الرقم الهيدروجيني ٣-٦، وتنمو الخمائر بدرجة حموضة تصل الى ٢، ويتغير الرقم الهيدروجيني في المزرعة الفطرية مع زيادة نمو الفطر وفعاليته بسبب تراكم العديد من النواتج الايضية مثل الامونيا والأحماض العضوية، CO_2 وغيرها مما يجعل الوسط أقل ملائمة.

٣-الماء والرطوبة Water and humidity

تتباين الفطريات من حيث حاجتها إلى الماء، فالفطريات المائية Aquatic fungi تحتاج إلى الماء بصورة سائلة لكي تنمو فيه، وقسم من الفطريات يكتفي برطوبة عالية والبعض الآخر يستطيع تحمل الجفاف عن طريق تكوين تراكيب مقاومة كالأجسام الحجرية أو السبورات الكلاميدية، ويتطلب نمو الفطريات حداً أدنى للرطوبة وقد تستفيد من هذه الظاهرة في حفظ الأغذية والمحاصيل الزراعية وذلك يخفض محتواها من الماء إلى درجة معينة تمنع نمو الفطريات فيها.

٤-الضوء Light

تختلف الفطريات اختلافاً كبيراً من حيث حاجتها إلى الضوء بالرغم من أن الضوء لا يؤثر بصورة مباشرة على النمو إلا أن بعض الضوء يكون ضرورياً

لتكوين الأبواغ كما يلعب الضوء دوراً في انتشار أبواغ بعض الفطريات حيث تكون الحوامل الحافظية في هذه الفطريات موجبة الانتحاء الضوئي وتقذف أبواغها اتجاه الضوء. أما العراهين (Mushrooms) التي يتناولها الإنسان فتنمو بصورة أفضل في الكهوف المظلمة وأن الضوء العالي يثبط نموها.

٥-الاوكسجين (O2)

إن الغالبية العظمى من الفطريات هي هوائية إجبارية Obligate aerobic حيث تحتاج إلى الاوكسجين لنموها ولكن توجد بعض الأنواع التي تكون لاهوائية إجبارية Obligate anaerobs خاصة التي تعيش في المياه الآسنة ومياه المجاري والتي تعود إلى الفطريات البيضية إذ تستطيع أن تعيش بغياب الاوكسجين نتيجة حصول تحورات تركيبية أو فسلجية فيها.

إن الفطريات تحتاج أن تتنفس كسائر الأحياء الاخرى لغرض أكسدة المواد العضوية التي تتغذى عليها ومن ثم تحرير الطاقة للقيام بالأعمال الحيوية المختلفة، كما تحتاج الفطريات إلى الاوكسجين لبناء التركيب الخلوي إذ يدخل في تركيب الأحماض الدهنية المشبعة والستيرولات Sterols وغيرها، فالفطريات تتنفس وتوجد ثلاثة أشكال من التنفس حسب طبيعة الفطر الذي يستمد طاقته من أكسدة مركبات عضوية وتحرير الالكترونات من تلك المركبات وتحويلها إلى مستلم معين:

١- اذا كان المستلم للالكترونات مركبات عضوية فالعملية تدعى بالتخمر Fermentation.
٢- إذا كان المستلم للالكترونات مركبات لا عضوية فالعملية تدعى التنفس اللاهوائي.
٣- إذا كان المستلم الآخر للالكترونات هو الاوكسجين فالعملية تدعى بالتنفس الهوائي.

السبورات الفطريةFungal sporulation:-

العديد من الفطريات (وليس كلها) قادرة على تكاثر الأبواغ الجنسية وغير الجنسية. ان العديد من الفطريات قادرة على إنتاج أكثر من نوع واحد من السبورات- لكل منها دوره الخاص اذ تلعب في دورة حياة الفطر. تلعب البيئة دورًا مهمًا في التحديد ما إذا كانت الفطريات تشكل سبورات جنسية أو لاجنسية. تتشكل السبورات بشكل شائع كفطر يستنفد مصادر طاقته. قد تشارك مجموعة متنوعة من المحفزات البيئية في تحديد أي نوع من السبورات تكونت. بعض الفطريات غير قادرة على تكوين السبورات في ظل الظروف من العناصر الغذائية العالية وبالتالي تستمر تلك الفطريات في النمو خضريا بكثرة ظروف المغذيات. على سبيل المثال ، تتطلب العديد من الفطريات المتعفنة للخشب

wood rotting fungi التلقيح والنمو على كتل خشبية قبل تشكيل القاعدة الأساسية في المختبر. بالنسبة للآخرين ، استنفاد المغذيات الرئيسية تحفز عملية تكوين السبورات. تحفز نسب الكربون / النيتروجين المنخفضة تكوين هايفات arthrospores ، في بعض الفطريات ، في حين استنفاد الكربون بغض النظر عن حالة النيتروجين يؤدي إلى تكوين الكونيديا (*Fusarium*) في حالات أخرى تؤثر درجة الحرارة على التكوين sporocarps.

يحدث تكوين السبورات في نطاق درجات حرارة أضيق من النمو الخضري وبالمثل ، يبدو أن عملية تكوين السبورات يتطلب ظروفًا هوائية في معظم الحالات. في بعض الفطريات ، والضوء يبدأ التراكيب الجنسيةsexual structures في *Pleospora* وهو الفطر الذي ينمو على أسطح النبات ، تحرض الأشعة فوق البنفسجية تشكيل ascocarps. الضوء اللازم لبدء basidiocarp في*Schizophyllum* والذي يعمل على تحلل خشب ومع ذلك ، هناك حاجة إلى الضوء والليل لإكمال تكوين البوغ *Pilobolus* ، فطر روثdung fungus

<u>الغرض من تكوين السبورات Purpose of sporulation :-</u>

1. **التشتتDispersal : تضمن الأبواغ أن جزءًا صغيرًا من جبلة الفطريات fungus protoplasm ، على نطاق واسع ومشتت بكفاءة بعيدًا عن الموقع الذي يشغله الكائن الحي حاليًا ، على سبيل المثال الأبواغ الحيوانية ، الأبواغ البوغية ، الكونيديا.**
2. **الحفظ Preservation : تحافظ أنواع معينة من السبورات على إمكانية النمو في نفس الموقع لأنها توفر وسيلة يمكن للفطر من خلالها البقاء على قيد الحياة في البيئة غير المواتية الشروط ، على سبيل المثال oospores، zygospores، chlamydospores.**
3. **الاختلاف الجينيGenetic variation : يوفر التبويغ الجنسي إمكانية الاختلاف الجيني.**

<u>العوامل المؤثرة على نوع تكوين السبورات Factors influencing the type of sporulation :-</u>

١-النمط الجيني للأنواع - لكل نوع برنامج جيني خاص به.

٢-النمط الجيني للمايسليوم - قد تتصرف إحدى السلالات بشكل مختلف عن سلالة أخرى.

٣-مدى النمو الجسدي - غالبًا ما يكون قدرًا معينًا من النمو ضروريًا قبل حدوث عملية تكوين السبورات

٤-الظروف البيئية الخاصة - على سبيل المثال درجة الحرارة والضوء والعناصر الغذائية المحددة.

<u>الخصائص العامة للسبورات الفطرية:-</u>

١ـ تمثل السبورات انتشارًا مجهريًا أو تكاثر للبقاء على قيد الحياة ينتج عن معظم الأنواع من الفطريات.

٢ـ تختلف السبورات الفطرية في الحجم والشكل واللون.

٣ـ قد تكون الأبواغ الفطرية أحادية الخلية أو متعددة الخلايا على سبيل المثال ، الكونيديا التي تنتجها

أنواع *Alternaria* متعددة الخلايا.

٤ـ تمتلك بعض الأبواغ سطحًا محكمًا أو مزخرفًا. على سبيل المثال ، uredospores من

Melampsora epita (الممرض المسبب لصدأ الصفصاف causal pathogen of willow rust).

٥ـ البروتوبلازم في معظم (وليس كل) الأبواغ محاطة بجدار صلب ، وهو غالبًا أكثر سمكًا ومتعدد الطبقات من الخلايا الجسدية أو الهايفات ، قد تكون مشربة مع أصباغ (مثل الميلانين) والدهون.

٦ـ غالبًا ما تحتوي السبورات على كميات كبيرة من احتياطيات المغذيات التي قد تستغرق شكل من أشكال الدهون والتريهالوز والجليكوجين.

٧ـ محتوى مائي منخفض نسبيًا.

٨ـ بينما تكون في طور السكون ، فإنها تظهر معدل منخفض من النشاط الأيضي.

٩ـ تختلف في الوظائف الأساسية التي تخدمها ، والتي قد تشمل أمثلة ـ التشتيت إلى موقع أو مضيف جديد ، والبقاء في نفس الموقع وزيادة التنوع الجيني.

١٠ـ كما أنها تتنوع في طرق تكوينها وإطلاقها وتفرقها.

مكتبة A to Z