طرق التكاثر في الفطريات :

تستطيع الفطريات أن تتكاثر بطريقة أو أكثر من الطرق الآتية :

1- التكاثر اللاجنسي Asexual Reproduction يسمى أحياناً بالتكاثر الجسدي Somatic ، أو التكاثر الخضري Vegetative ، و فيه لا يحدث اتحاد بين أنوية أو بين خلايا ، أو أعضاء .
2- التكاثر الجنسي Sexual Reproduction (يتميز بوجود اتحاد بين نواتين جنسيتين) .

التكاثر اللاجنسي Asexual Reproduction :

- تتكاثر الفطريات لا جنسيا بواسطة خلايا مختلفة الأشكال و الأحجام .
- تنتج أفراداً جديدة دون اتحاد بين أنوية أو خلايا أو أعضاء ذكرية و أخرى أنثوية .
- يعتبر أكثر شيوعا من التكاثر الجنسي .
- حياة الفطر اللاجنسية تتكرر غالباً أكثر من مرة خلال موسم نمو الفطر (يظهر الطور الجنسي في كثير من الفطريات مرة واحدة في نهاية دورة الحياة) .

طرق التكاثر اللاجنسي الشائعة في الفطريات :

1- الطريقة الخضرية أو التفتت (تجزئة الميسيليوم) : Vegetative Fragmentation Method

- يعتبر تفتت و تجزؤ الهيفات و انفصالها هي الطريقة المألوفة للفطريات .
- يتفتت الخيط الفطري لعدة وحدات كل وحدة تحتوي على خلية سليمة أو أكثر .
- هذه الفتاتات الفطرية تستطيع أن تعطى غزلا فطرياً إذا هيئت لها الظروف المناسبة (سواء فسيولوجية و بيئية) .
- معمليا تستخدم تلك الفتاتة الفطرية للمحافظة على نمو المزارع الفطرية على المنابت الصناعية .

2- الانشطار المستعرض Transverse Fission :

- يحدث هذا النوع من التكاثر غالباً في الفطريات وحيدة الخلية مثل فطريات الخميرة.
- يشبه ما يحدث في الخلايا البكتيرية .
- تأخذ كل خلية في الاستطالة ثم تنقسم نواتها إلى نواتين .
- ثم يتخصر وسط الخلية حتى تنفصل إلى خليتين كل خلية تحتوي على نواة واحدة .

3- التبرعم Budding :

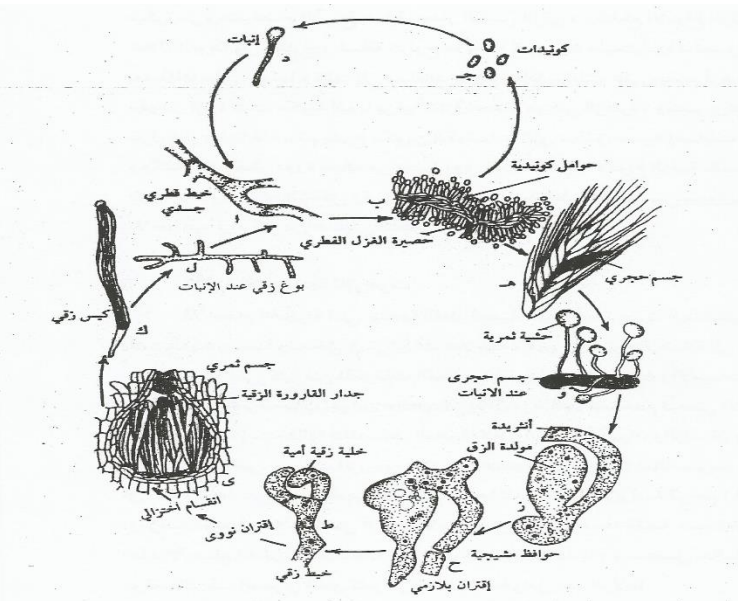
- يبدأ بظهور بروز خارجي من الخلية الأم يسمى برعم Bud .
- تنقسم نواة الخلية الأم أثناء تكوين البرعم و تنتقل إحدى النواتين البنويتين إلى البرعم المتكون .
- يأخذ حجم البرعم في الازدياد وهو ما زال متصلا بالخلية الأم .
- لا يلبث أن ينفصل عنها مكونا فرداً جديداً .
- قد تنتج في بعض الأحيان سلسلة من البراعم لتكون غزلً فطرياً قصيراً .
- ويحدث التبرعم في غالبية فطريات الخميرة ، و بعض فطريا التفحم .

4- تكوين وحدات خاصة :

- تستطيع كل وحدة لا جنسية تحت ظروف مناسبة أن تعطي غزلاً فطرياً جديداً .
- الوحدات اللاجنسية عبارة عن طرز للنمو فقط (بمعنى أنها ليست مهيأة للصمود ضد الظروف البيئية غير الملائمة) .
- هذه الوحدات تعد بمثابة وحدات لسرعة انتشار الفطر أثناء الظروف البيئية الملائمة .
- بعض هذه الوحدات اللاجنسية مهيأة داخلياً و فسيولوجياً للصمود ضد الظروف عير الملائمة .
- أمثلة على الوحدات اللاجنسية و التي تعد بمثابة طرز نمو (أكثر منها جراثيم حقيقية) الأويدات Oidia و مفردها Oidium ، و الجراثيم المفصلية Arthrospores .
- تتكون كل من Oidia و Arthrospores بالتخصر الجزئي بين الخلايا و تحتفظ كل وحدة بكافة خواصها الأصلية .
- تنتشر مثل هذه الطريقة بين بعض الفطريات المتطفلة لكي تستطيع أن تنتشر أثناء وجود العائل و توفر الظروف البيئية الملائمة .

5- تكوين الأجسام الحجرية Sclerotia :

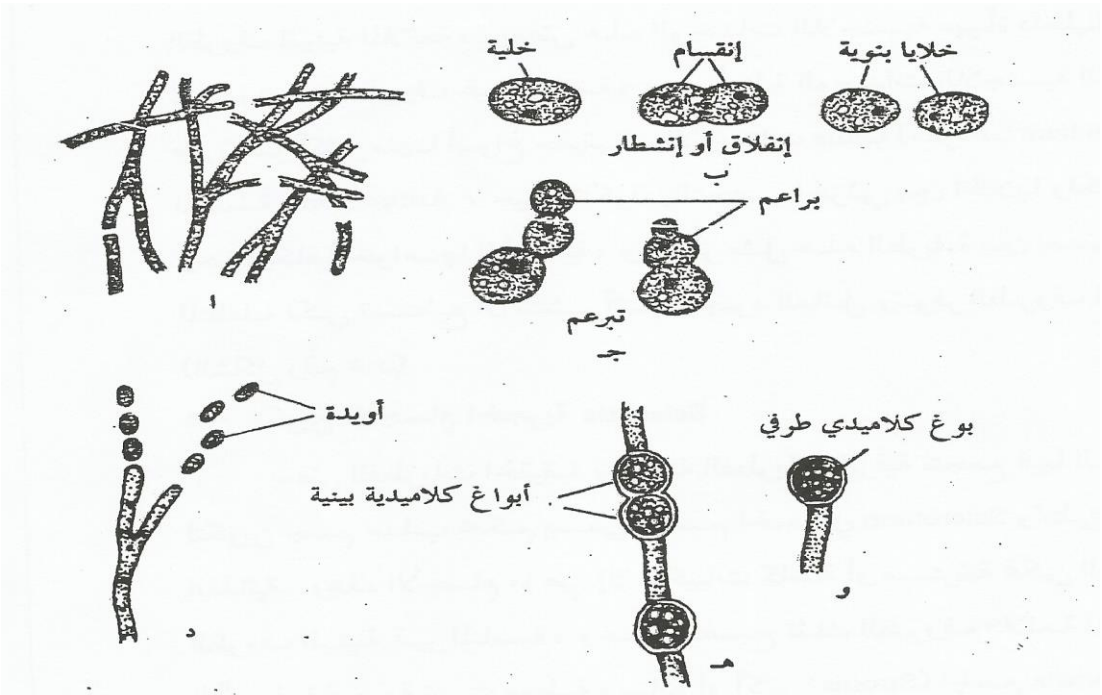
- بعض الفطريات الحقيقية خاصة الفطريات الزقية ، تتجمع فيها الهيفات الفطرية لتكوين جسم صلب محكم يسمى الجسم الحجري Sclerotium ، وتمتلئ خلاياه بالمواد الغذائية .
- هذه الأجسام عبارة عن تراكيب كامنة أو مستريحة تمكن الفطر من تحمل الظروف البيئية غير المناسبة .
- عندما تصبح الظروف البيئية ملائمة للفطر فإن تلك الأجسام الحجرية تنبت معطية وسادة أو أكثر Stroma (الجمع Stromata) .



الشكل رقم (١٠٧). دورة حياة فطر كلافيسبس بربورية *C. purpurea*.

6- تكوين أبواغ كلاميدية Chlamydospores :

- في الفطريات الحقيقية تغلف الخلايا بجدار سميك و تخزن بها مواد غذائية و ذلك قبل الانفصال عن بعضها البعض ، تسمى عندئذ بالبوغة الكلاميدية .
- الأبواغ الكلاميدية إما أن تكون مفردة أو في سلاسل أو بينية و أحياناً تكون طرفية .
- تعمل كأبواغ كامنة أو مستريحة .
- تستطيع أن تقاوم المؤثرات المناخية .
- عندما تتهيأ لها الظروف الملائمة فإنها تنبت معطية ميسليوم جديد .
- توجد هذه الأبواغ بكثرة في أجناس ميوكر ، البيثيوم و الفيوزاريوم .



الشكل رقم (٥). الطرق المختلفة للتكاثر الخضري في الفطريات الحقيقية.

أ – التجزؤ ب – الانفلاق جـ – التبرعم

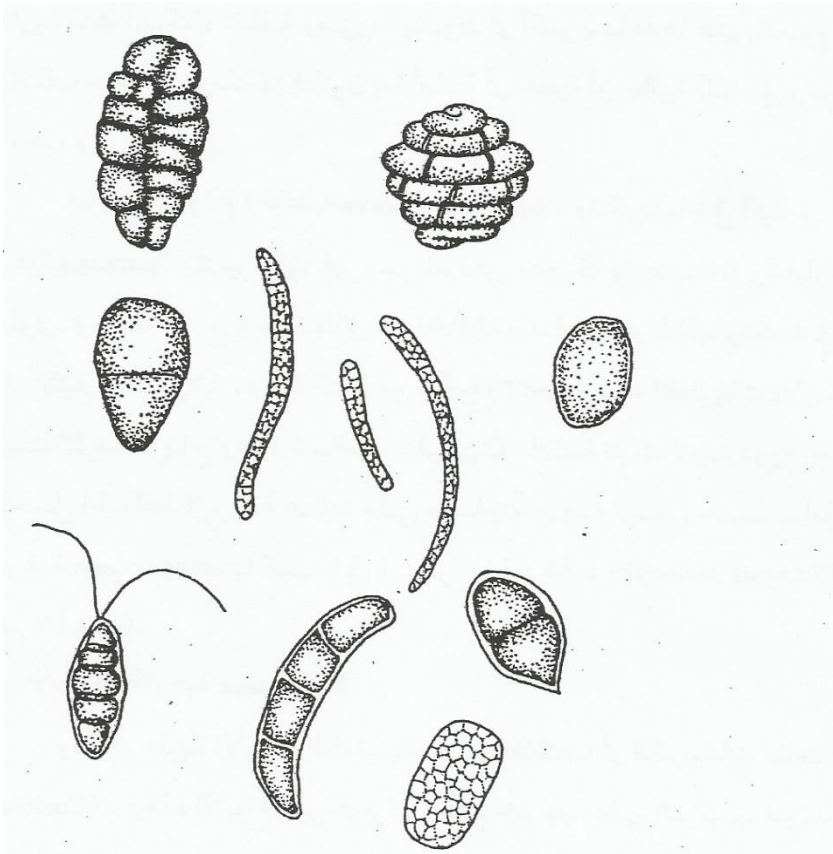
د – تجزؤ الغزل الفطري إلى أوايدات.

هـ– أبواغ كلاميدية بينية.

و – أبواغ كلاميدية طرفية.

7- إنتاج الأبواغ (الجراثيم) Spores :

- تعد الأبواغ أو الجراثيم أكثر طرق التكاثر اللاجنسي شيوعا بين الفطريات .
- تتفاوت تلك الأبواغ في اللون و الحجم و عدد الخلايا .
- فقد تكون شفافة أو داكنة اللون .
- تلك الأبواغ تقاس بالميكروميتر و ذلك لدقتها .
- يختلف طول البوغ من ميكروميتر واحد أو أقل إلى ملليمتر واحد أو أكثر قليلاً .
- توجد أما منفردة أو على صورة تجمعات .



الشكل رقم (٦). طرز مختلفة من الأبواغ الفطرية اللاجنسية.

تنقسم الأبواغ حسب الكيفية التي تـُحمل بها و طرق تكوينها إلى مجموعتين :

1-الأبواغ الداخلية Endospores :

و هي تتكون داخل حافظة أو كيس و من أشكالها الآتي :

أ- الأبواغ السابحة Zoospores :

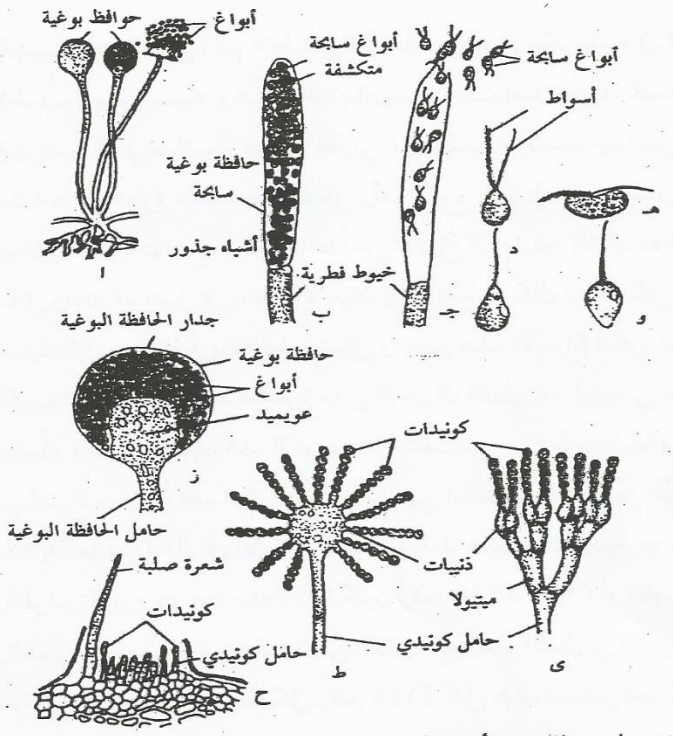
- تتكون داخل حافظة يطلق عليها Zoosporangium .
- تظهر هذه الأبواغ في دورة حياة كثير من الفطريات المائية Aquatic fungi ، أو تلك الفطريات التي تميل للعيش في وسط رطب .
- الأبواغ السابحة عبارة عن كتلة بروتوبلازمية عارية ذات أشكال مختلفة و مزودة بسوط أو أكثر، يساعدها على السباحة .
- هذه الأسواط يختلف عددها و مكانها (قد تكون أمامية أو خلفية أو جانبية) . (شكل 7 ب ، ج ، د ، هـ ، و) .

ب- الأبواغ الحافظية Sporangiospores :

- تتكون داخل أكياس أو حوافظ بوغية Sporangia .
- تتميز بأنها غير مسوطة (غير متحركة) .
- تحاط عادة بجدر خلوية .
- عندما تنضج فإنها تنطلق من الحافظة بعد تمزقها أو تحللها .
- تعتمد في انتشارها على التيارات الهوائية .
- تنتج بواسطة الفطريات الأرضية بوفرة حيث تنثرها الرياح .
- عندما تسقط تلك الأبواغ على بيئة ملائمة تنبت لتعيد دورة حياة الفطر .
- تـُحمل الحوافظ البوغية عادة على هيفا متخصصة تسمى حامل الحافظة البوغية Sporangiophore .
- مثال لذلك فطر عفن الخبز *Rhizopus stolonifera* (شكل 7 أ ، ز) .

2-الأبواغ الخارجية Exospores :

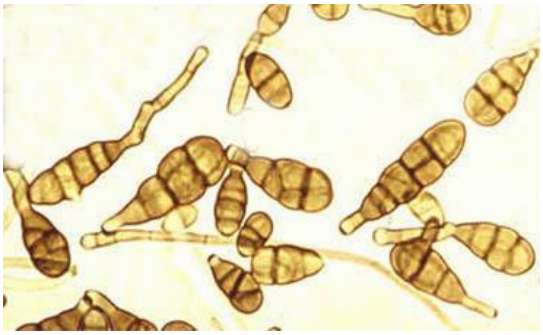
- يطلق عليها الأبواغ الكونيدية Conidiophores أو الكونيدات Conidia (المفرد Conidium).
- هذه الأبواغ غير متحركة .
- تنتظم خارجيا على الحوامل الكونيدية Conidiophores (كما في فطر الأسبيرجللس و البنيسيليوم (شكل 7 ط، ي) .



الشكل رقم (٧). طرز مختلفة من الأبواغ اللاجنسية

أ – حوافظ بوغية، حوامل بوغية وأبواغ حافظية في فطر رايزوبس ستولونيفر.
ب – حافظة بوغية أسطوانية تحتوي على أبواغ سابحة مكتشفة.
جـ– حافظة الأبواغ السابحة وقت خروج الأبواغ.
د – أبواغ سابحة ابتدائية إحداها ثنائية السوط والأخرى أحادية السوط الأمامي.
هـ– أبواغ سابحة ثانوية ثنائية السوط.
و – أبواغ سابحة ثانوية أحادية السوط الأمامي.
ز – حافظة بوغية ناضجة في فطر رايزوبس ستولونيفر تحتوي على الأبواغ الحافظية.
ح – قطاع في الاسيرفيوله لفطر كولتوتريكم تبين الشعرة الصلبةوالكونيدات المحمولة على الحوامل الكونيدية.
ط – حامل كونيدي لفطر الأسبيرجيللس ينتهي بصف واحد من الذنيبات التي تحمل سلاسل من الكونيدات.
ي – حامل كونيدي شبيه بالفرشاة لفطر البنيسيليوم ينتهي بصفين من الذنيبات التي تحمل سلاسل من الكونيدات.

- تختلف الأبواغ الكونيدية في الشكل ، و اللون و الحجم و الترتيب ، عدد الخلايا .
- قد توجد منفردة كما في فطر بيثيوم و فيتوفثورا أو في سلاسل كما في فطرتي البنيسيليوم و الأسبيرجللس .
- قد توجد في مجاميع حيث تبقى معلقة داخل قطرة مخاطية على شكل رأس لامع كما في شبه الجنس سيفالوسبوريوم .
- بعض الفطريات تنتج شكل واحد من الأبواغ الكونيدية .
- معظم الفطريات ينتج أكثر من شكل واحد قد يصل في بعض الأحيان إلى أربعة أشكال .(شكل رقم 6) .
- يتوقف تصنيف كثير من الفطريات على شكل و حجم هذه الأبواغ الكونيدية و لونها .
- هذه الكونيدات إما أنها تتولد مباشرة على الأغزال الفطرية .
- أو قد تتولد على حوامل منبثقة منها جانبياً .
- مقسمة بحواجز عرضية إلى عدد من الخلايا كما هو الحال في الأبواغ الكونيدية لفطر هلمنثوسبوريوم *Helminthosporium* sp و فطر فوزاريوم *Fusarium* .
- أو تظهر الحواجز العرضية و الطولية ، ويصبح البوغ كتلة من الخلايا ، كما هو الحال في الأبواغ الكونيدية لفطر ألترناريا Alternaria .
- كل هذه المعايير تعد من الأهمية بمكان لتصنيف الفطريات و التعرف عليها في شتى المجالات.



الحوامل الكونيدية :

- تتكون بصورة منفردة على سطح الميسليوم .
- أو تتكون بصورة مجتمعة في الداخل .
- أو على تركيبات خاصة .

تختلف فيما بينها في الشكل و منها :

أ- الوعاء البكنيدي Pycnidium :

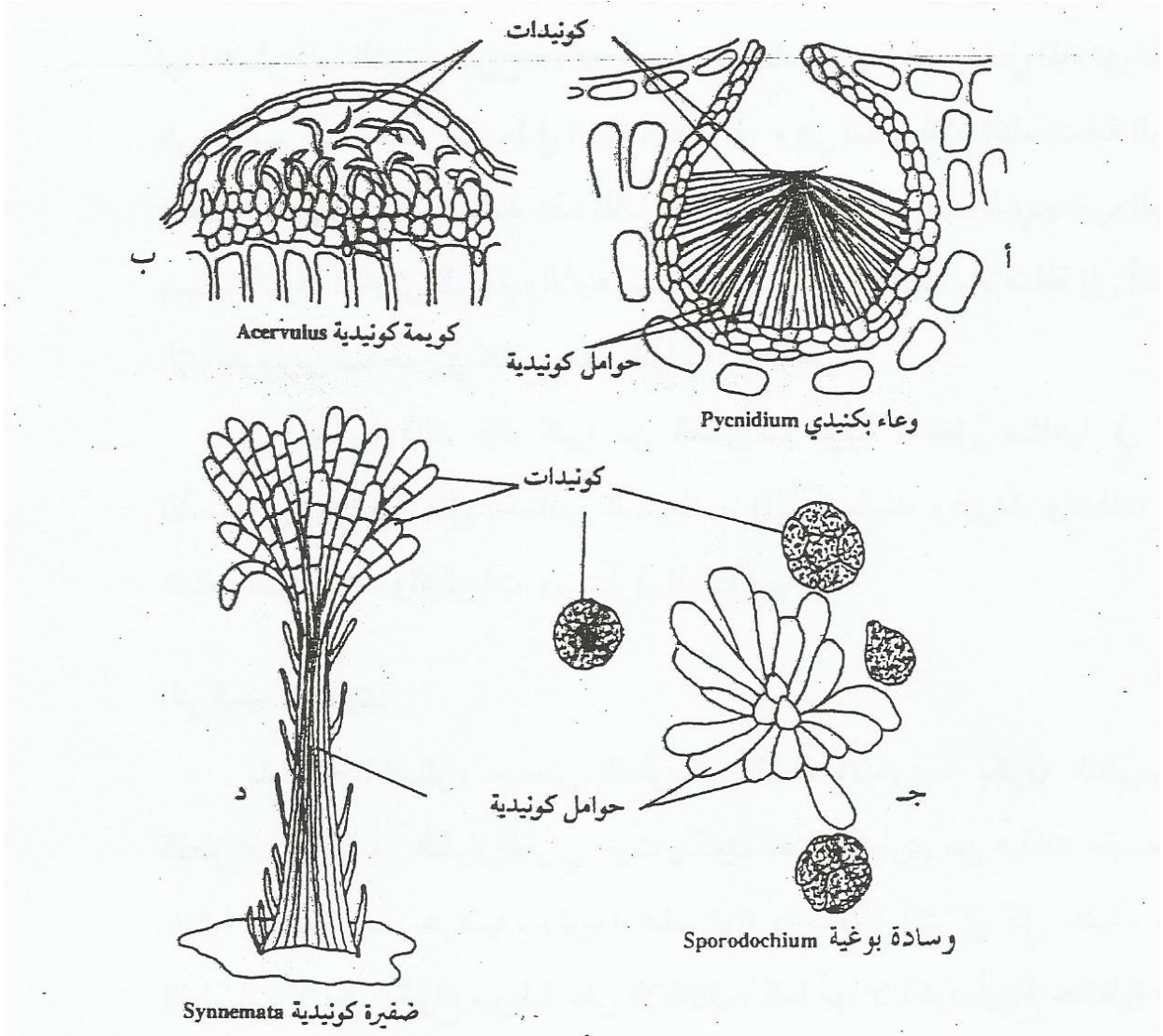
- وعاء يشبه الدورق أو الفنجان .
- يكون عادة مدفوناً في الوسط الذي ينمو عليه .
- به فتحة (فوهة) Ostiole تخرج عن طريقها الأبواغ و التي تسمى الأبواغ البكنيدية Pycnidiospores ، تخرج على هيئة كتل أو لولب طويل أو خيوط رفيعة .

ب- الكويمة الكونيدية (أسيرفولة) Acervule :

- تركيب قليل الإنخفاض .
- طبقي الشكل .
- يتكون من وسادة هيفية تحمل حوامل قصيرة تتكون عليها الأبواغ الكونيدية ، التي تتعرض للخارج بعد تمزق بشرة العائل .

ج- أسبوررودوكيوم Sporodochium :

- هو تركيب يشبه التركيب السابق إلا أن الوسادة الهيفية واضحة التكوين .
- الحوامل الكونيدية متزاحمة و متداخلة و طويلة .
- عادة يظهر هذا التركيب في كثير من الفطريات كما في أفراد الفصيلة الستلبيلية Stilbellaceae و منها فطر *Graphium rigidum* .



الشكل رقم (٦٧). اربعة طرز من الأجسام الثمرية اللاجنسية التي يمكن مشاهدتها بكثرة في الفطريات الزقية.

أ – وعاء بكنيدي في فطر *ستوريا Septoria*

ب – كويمة كونيدية «أسيرفيولة» في فطر *مارسونينا Marsonina*

جـ– وسادة بوغية «سبورودوكيوم» في فطر *ابيكوكم Epicoccum*

د– ضفيرة كونيدية «سينيماتا» في فطر *أرثروبوتريم Arthrobotryum*

التكاثر الجنسي في الفطريات Sexual Reproduction .

- معظم الفطريات الحقيقية تتكاثر جنسياً .
- باستثناء الأفراد التابعة لمجموعة الفطريات الناقصة (Deuteromycetes) ، الذي يكون الطور الجنسي غائباً أو غير معروف .

يتضمن التكاثر الجنسي في الفطريات الحقيقية الاتي :

- اندماج نواتين متوالفتين من مشيجين احدهما أو كلاهما متحرك .
- أو من اندماج خليتين خضريتين لنفس الثالوس .

يوجد ثلاث مراحل مميزة لعملية التكاثر الجنسي في الفطريات و التي تحدث عادة بصورة متتابعة و تتلخص فيما يلي :

1- الإقتران البلازمي Plasmogamy .

- يطلق عليه أحياناً بالإتحاد الخلوي .
- فيه يحدث اندماج بين بروتوبلاستي خليتين مما يعمل على اقتراب النوى داخل نفس الخلية .

2- تلاقتران النووي Karyogamy .

- هو الخطوة الثانية في التكاثر الجنسي للفطريات .
- فيه تندمج نواتان كل منهما أحادية المجموعة الصبغية Haploid (N) لتكون اللاقحة Zygote وهي ثنائية المجموعة الصبغية Diploid (2N) .

3- الانقسام الاختزالي Meiosis .

- هو الطور الثالث من أطوار التكاثر الجنسي .
- وهو يتبع الاقتران النووي مباشرة أو بعد فترة .
- في هذا الطور تبدأ النواة الثنائية المجموعة الصبغية بالانقسام الاختزالي منتجة عدد من الأنوية أحادية المجموعة الصبغية .
- تدخل تلك الأنوية في تكوين الأبواغ الجنسية .

دورة الحياة الجنسية الحقيقية المشار إليها أعلاه تحدث في تتابع منتظم .

فيما يلي الطرق التي يتم بها اقتراب الأنوية المتوالفة في عملية الاقتران البلازمي لأنه يعد بمثابة بدء هذه العملية ، و يتحقق عادة بأحد الأنماط الأربعة التالية .

1- **تزاوج جنسي متشابه الأمشاج Isogamy :**
- يحدث بين أمشاج تتشابه شكلاً و حجماً و مسلكاً .

2- **تزاوج جنسي متباين الأمشاج Heterogamy :**
- يحدث بين أمشاج تتباين شكلاً و حجماً و مسلكاً .
- تتميز إلى أمشاج كبيرة و أخرى صغيرة .
- فيه لا يحدث التزاوج إلا بين كل مشيج كبير و آخر صغير .
- تعرف الحوافظ المنتجة للأمشاج الصغيرة بالحوافظ المشيجية الصغيرة الذكرية .
- تعرف الحوافظ المنتجة للأمشاج الكبيرة بالحوافظ المشيجية الكبيرة الأنثوية .
- يحدث هذا عادة في الفطريات البدائية .

3- **فقدان الأمشاج لأهدابها و بقائها داخل الحافظة المشيجية الكبيرة المنتجة لها :**
- فتعرف في هذه الحالة المشيج الكبير بالبيضة Oosphere .
- الحافظة المشيجية الكبيرة فتعرف باسم الأوجونة Oogonium(الأسكوجونة Ascogonium).
- أما الحافظة المشيجية الصغيرة فتعرف عندئذ باسم الأنثريدة Antheridium .
- و تعرف الأمشاج الصغير التي تنتجها باسم السابحات الذكرية .
  - في التناسل الأووجوني ، أحد الأمشاج يظل ساكناً و مستقراً بينما يتحرك الأخر و هذا يزيد فرصة اللقاء بين هذه الأمشاج .
  - في التناسل الأووجوني البدائي بين الفطريات تحتوي الأووجونة على عدد كبير من البيضات.
  - في التناسل الأكثر رقيا يختزل عدد البيضات إلى بيضة واحدة .

4- **هناك طراز رابع من التناسل الجنسي تتميز به فطريات العفن دون غيرها من الفطريات ، و هو يختص بالتزاوج ، أو بالاتحاد بين أجزاء خضرية من الخيط الفطري.**