

التكاثر الجنسي:

تعتمد الفطريات البازيدية على الاقتران البلازمي piasmogamy للحصول على الطور ثنائي النوى من الطور احادي النواة ويتم الاقتران البلازمي اما بالاقتران الجسدي somatogamy او الاقتران البذيري spermatization .
الفطريات البازيدية لا تحمل اعضاء جنسية حيث يتم التكاثر الجنسي عن طريق الخيوط الفطرية الجسدية والاويديات ، فطريات الصدا تعطي بذيرات متخصصة وخيوط فطرية مستقبلية يخصصها الفطر للقيام بالتكاثر الجنسي عن طريق الاقتران البذيري.

التصنيف :

Phylum: Basidiomycota

Subphylum: Pucciniomycotina

Class: Pucciniomycetes

Order: Pucciniales

Family : Pucciniaceae (rust fungi)

Ex: *Puccinia graminis*

تعرف بفطريات الصدا تعيش معظم أفرادها كمرضات نباتية متخصصة على أوراق وثمار وسيقان نباتات المحاصيل الزراعية الهامة خاصة الحبوب مثل مرض صدا الساق الاسود على النجيليات ويطلق عليها اسم الفطريات البازيدية الواطنة lower basidiomycetes .

كما انها تتميز بظاهرة التخصص الفسيولوجي اي ان كل نوع يختص باصابة اصناف معينة من النباتات دون غيرها و تمتاز بتعقيد دورة حياتها وكثرة اطوارها حيث نجد غالبا خمسة اطوار مختلفة تتعاقب بانتظام.

سميت بفطريات الصدا نظرا لظهور بعض اطوارها السبورية على سيقان واوراق النباتات المصابة بشكل بثرات تشبه صدا الحديد ويرجع لون الفطر والسبوريات الى وجود قطرات دهنية توجد داخل خلايا الفطر.

في الاطوار المبكرة يكون الغزل الفطري احادي النواة ثم يصبح ثنائي النوى ينموفي المسافات البينية لانسجة النبات ويرسل ممصاته داخل الخلايا لامتصاص المواد الغذائية. وتظهر الروابط الكلابية على الغزل الفطري ثنائي النوى في انواع قليلة من الاصداء ومن امثلتها *Puccinia graminis* والاصداء لا تكون ثمار بازيدية ويختلف تركيب البازيديا عن الفطريات البازيدية المتباينة (التي تكون heterobasidium) حيث يتم الاقتران النووي داخل تركيب خاص وهو عبارة عن سبور ساكن ذو جدار سميك يطلق عليه بالسبور التيلي teliospore يتكون باطراف خيوط فطرية ثنائية النوى ومعظم الاصداء تقضي فترة الشتاء على صورة الطور التيلي (طور

التشيتية) الذي قد يكون وحيد الخلية او متعدد الخلايا لكن عند حدوث الاقتران النووي يصبح السبور التيلي وحيد النواة ثنائي المجموعة الكروموسومية وبعد انقضاء فترة الشتاء وعودة الظروف الملائمة ينبت السبور التيلي بتكوين انبوب انبات قصير من كل خلية يسمى الخيط الفطري الاولي وتنتقل النواة له ويحدث الانقسام الاختزالي لتكوين اربعة انوية احادية المجموعة الكروموسومية تتوزع بانتظام داخل الخيط الفطري الاولي ثم تتكون ثلاثة حواجز تقسم الخيط الفطري الاولي الى اربع خلايا احادية النواة يظهر على كل منها ذنيب يتكون في نهايته سبور بازيدي تنتقل اليه النواة وبعد نضج السبورات البازيدية يتم قذفها بشدة في الهواء .

نموذج دورة حياة فطريات الصدا

يعتبر علماء الفطريات السبورات التيلية هي الطور التام لفطريات الصدا لانها التراكيب التي يحدث فيها الاقتران النووي والانقسام الاختزالي ، وتوجد خمسة اطوار واضحة في تتابع منتظم خلال دورة حياة فطريات الصدا تتضمن:

Stag 0 : Pycnidial or Spermagonial stage الطور البكنيدي

الاوعية البذيرية تسمى البكنية pycnia تحمل بذيرات spermatia (اعضاء جنسية ذكرية) وخيوط مستقبلة انثوية receptive hyphae .

تتكون الاوعية البذيرية او البكنية بعد اصابة العائل بالسبور البازيدي حيث تظهر حشية رقيقة من خيوط فطرية احادية النواة تحت بشرة العائل النباتي والطور البكني يتكون على السطح العلوي للأوراق من الغزل الفطري الابتدائي الاحادي النواة الذي يتغلل بين انسجة العائل ويظهر في صورة وعاء دورقي الشكل يسمى بالوعاء البكني له فتحة ضيقة عند قمته ostiol يخرج منها مجموعة مختلطة من الخيوط الفطرية بعضها يسمى خيوط الاستقبال receptive hyphae وبعضها خيوط عقيمة وأخرى تقوم بإفراز محلول سكري جاذب للحشرات، كما يتكون على قاع الوعاء حوامل سبورية قصيرة أسطوانية الشكل تحمل سلاسل من السبورات البكنية pycniospores شفافة وحيدة النواة من جنس واحد (سالبية أو موجبة)، تضغط تلك الجراثيم على بشرة العائل فتمزقها وتظهر تلك الجراثيم من فتحة الوعاء البكني، يجذب المحلول السكري الحشرات التي تعمل بدورها على نقل السبورات البكنية من وعاء بكني سالب إلي وعاء بكني آخر موجب أو العكس وبذلك تتم عملية الإخصاب التي يبدأ بعدها تكون الطور الأيشي الذي يظهر على السطح السفلي للأوراق في وضع مقابل تقريبا للطور البكني.

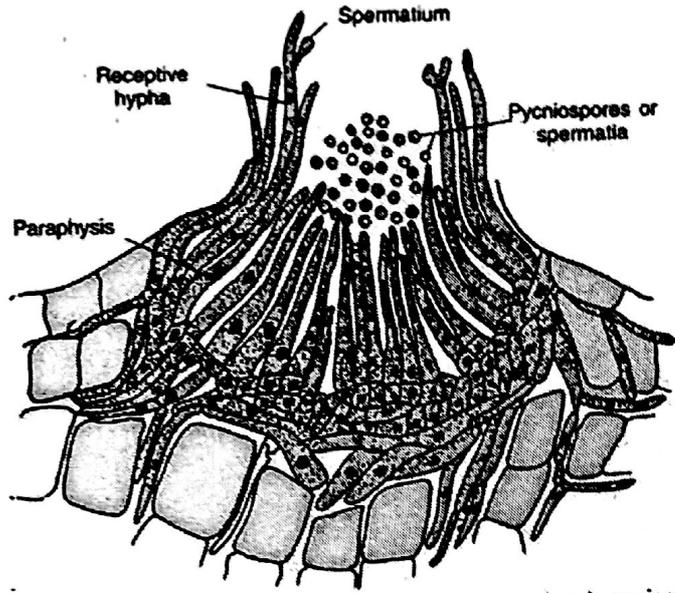
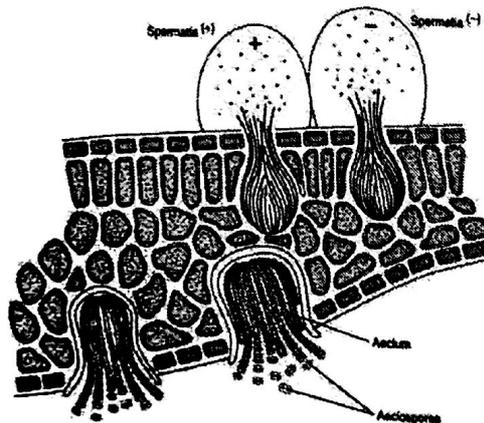


Fig. 14.18. *Puccinia graminis tritici*. A mature spermatogonium in section.

Stage I: Aecial stage الطور الايشي

بثرات ايشية aecia تحمل سبورات ايشية aeciospores .

وهي الطور الثاني من دورة الحياة (الكلمة مشتقة من aikia وتعني الضرر وتشير الى بثرات الاصابة التي تضر بالعائل وتنشأ الايشيات التي يكونها الفطر وهي عبارة عن مجموعة من الخلايا الفطرية ثنائية النوى تتكون داخل انسجة العائل الذي اقتحمه الفطر وتعطي سلاسل من السبورات بتوالي انقسام الانوية وتزاوجها وفي اغلب انواع الاصداء تنقسم الخلايا المحيطة عند قاعدة الايشيا انقسامات متتالية ينشأ عنها جدار يحيط بالسلاسل السبورية يتخذ شكل الكاس المقلوب وهذا الجدار هو الجراب الثمري الذي تشقه السلاسل السبورية وتحرر ويبقى طرف الجراب الثمري على شكل شفة عند حافة الايشيا ومع نضجها تتحلل الخلايا المفككة وتتفصل السبورات وعندما تكون الايشيا على اوراق العائل تستقر عند السطح السفلي وتظهر خلال البشرة السفلي.



Stage II: Uredial stage الطور اليوريدي

يورديات uredia تحمل سبورات يوريدية urediospore التي تعتبر الطور المتكرر في الاصداء وهي تتولد في تراكيب تشبه الكويمات الكونيدية acervulus تسمى التراكيب اليوريدية uredia نسبة الى لونها المحمر وتتكون من غزل فطري ثنائي الانوية ناشئ من انبات سبورات ايشية او يوريدية (تنشا من سبور يوريدي لانها طور متكرر اي ان السبور اليوريدي ينبت ويعطي سبور يوريدي اخر ويكرر الاصابة) . وتظهر تحت بشرة العائل ثم تضغط عليها من الداخل وتمزقها لتخرج السبورات اليوريدية محمولة على اعناق طويلة وتكون عادة كروية الى بيضوية الشكل ذات جدران سميكة تغطيها اشواك دقيقة تبدو عديمة اللون لكنها تحتوي على صبغة حمراء تظهر اللون فقط في التكتلات السبورية.

يعتبر هذا الطور اكثر الاطوار فاعلية في انتشار الفطر ويبدأ ظهوره في نهاية الربيع ليستمر طوال الصيف (سبورات صيفية) ويعتبر الطور الكونيدي لانه الطور الوحيد المتكرر في دورة الحياة فاذا انبتت اعطت غزل فطري ثنائي النوى ينتج في مدى ايام قليلة تراكيب يوريدية وسبورات يوريدية جديدة بحيث يتم انتاج مجموعة اجيال يوريدية في الموسم الواحد.

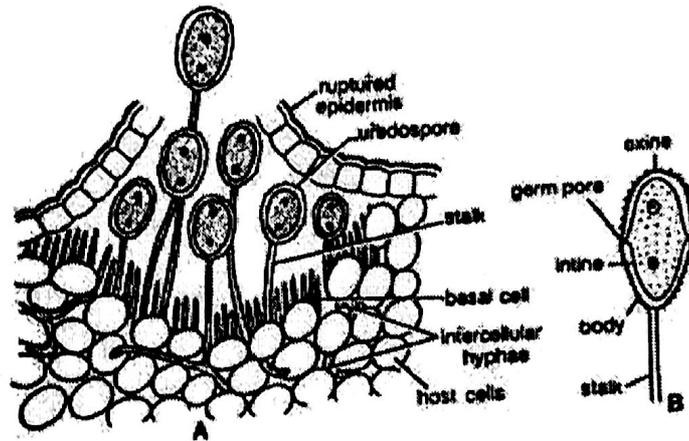


Fig. 4 (A-B). *Puccinia graminis* : T.S. wheat leaf passing through a uredosorus, (B) A urediospore

Stage III : Telial stage الطور التيلي

تيليات telia تحمل سبورات تيلية teliospores . التيليات هي عبارة عن مجموعة من خلايا ثنائية النواة تعطي سبورات تيلية التي تختلف على نطاق واسع وتعتمد في تصنيف هذه المجموعة فقد تكون معنقة او جالسة وقد توجد مستقلة عن بعضها او تجمعها مادة جيلاتينية او قد تتحد من جوانبها على هيئة مجموعات صغيرة او طبقات او اعمدة. وقد تتكون من اكثر من خلية وفي هذه الحالة تكون كل خلية قادرة على اعطاء خيط فطري اولي. وقد تكون عديمة اللون او بني محمر وتختلف بالشكل والحجم وتكون ملساء او مشوكة او باشكال اخرى.

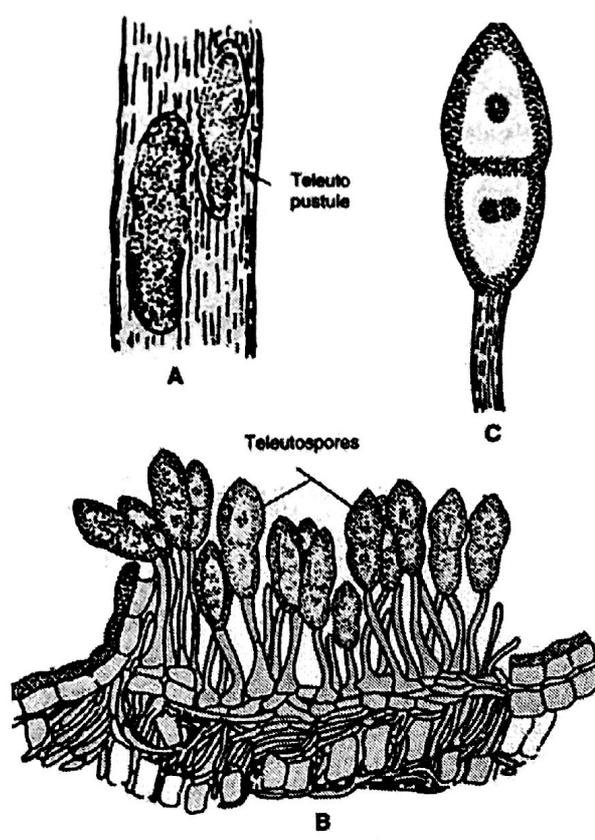


Fig. 14.16 (A-C). Telial stage of *Puccinia graminis tritici*.
 A. Teleutoori on wheat; B. A section through the teleutosorus;
 C. Single teleutospore with a fusion nucleus in each cell.

Stage IV: Basidial stage الطور البازيدي

خيوط فطرية اولية تحمل سبورات بازيدية basidiospores .

تعمل برودة الشتاء على تمام النضج الفسيولوجي للسبورات التيليتية وفي بداية الربيع يحدث اقتران بين النواتين (السالبة والموجبة) الموجودتين بكل خلية ليتكون بذلك نواة واحدة ثنائية المجموعة الكروموسومية ثم تنقسم تلك النواة انقسامين متتاليين اولهما اختزالي والثاني عادي ، ليتكون بذلك اربعة أنوية أحادية وفي نفس الوقت تنبت السبورات التيليتية مكونة حاملا بازيديا تمر خلاله الأنوية الأربعة وتتوزع على امتداد البازيديوم ثم يتكون جدار عرضي يفصل بين تلك الأنوية ويصبح الحامل البازيدي مقسما إلى أربع خلايا بكل منها نواة أحادية. يبرز بعد ذلك من كل خلية نتوء صغير تمر إليه النواة الأحادية لتكون بذلك سبور بازيدي ويظهر على الحامل البازيدي أربعة سبورات بازيدية نصفها موجب الطراز والنصف الآخر سالب الطراز ، وهي سهلة الانفصال عن الحامل البازيدي كروية أو بيضية الشكل وحيدة النواة ذات جدار رقيق سهلة الإنبات ، تنبت عند سقوطها على العائل المناسب وتعطي خيوط فطرية أحادية النواة ، يكون الأوعية البكنية التي إما أن تكون موجبة أو سالبة تبعاً لنوع السبورات البازيدية المكونة لها. والسبورات البازيدية لا تتحمل الظروف البيئية القاسية لذلك تفقد حيويتها بسرعة ما لم تسقط على العائل المناسب.

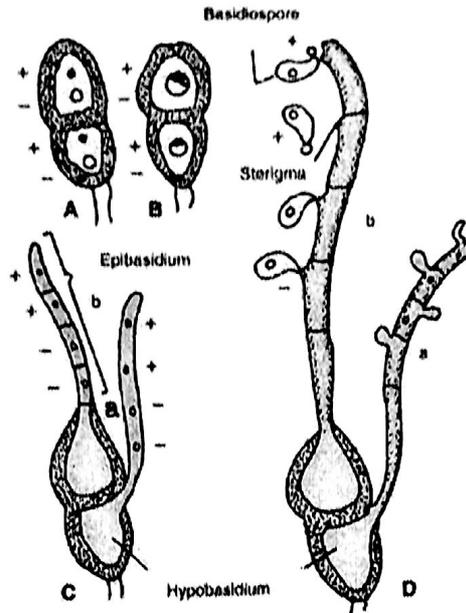
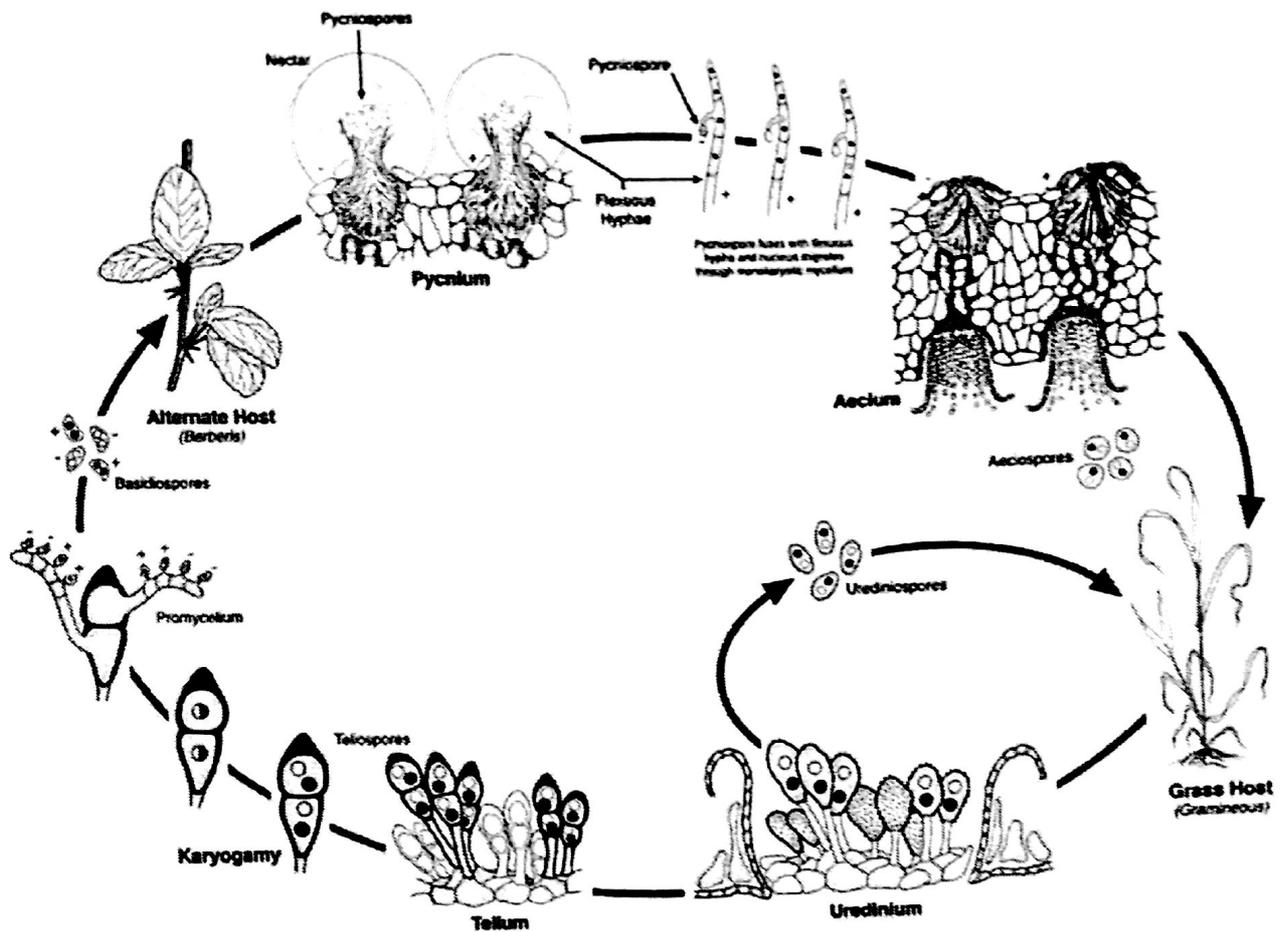


Fig. 14.17 (A-D). *Puccinia graminis tritici*. A. Young teleutospore; B. mature teleutospore; C. germinating teleutospore and meiosis; D. basidial stage.

دورة حياة الفطر *Puccinia graminis*

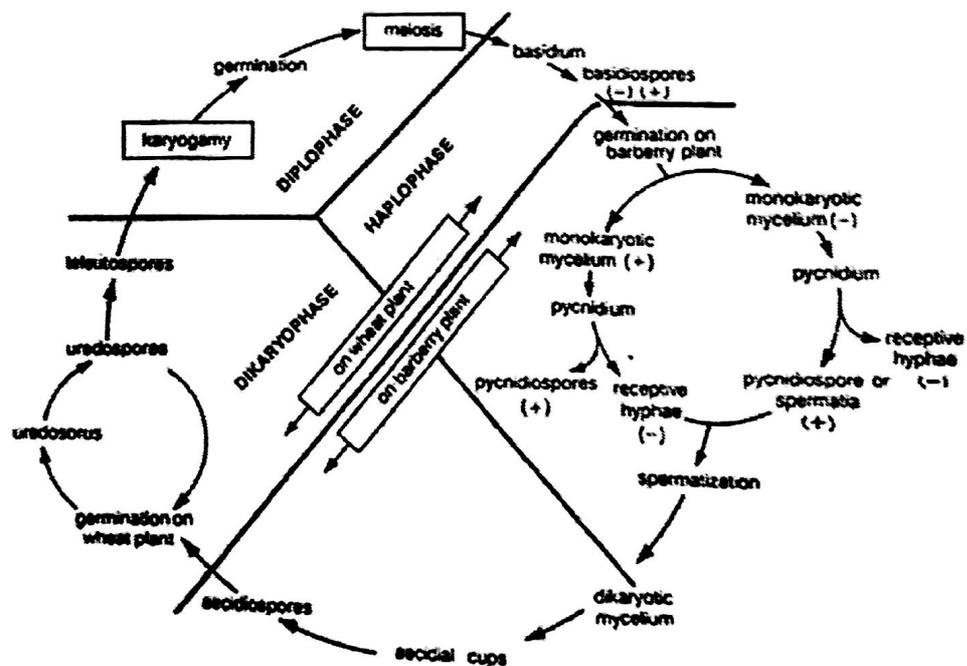
يسبب الفطر مرض صدأ الساق الاسود على نبات الحنطة balck stem rust of wheat يكمل دورة حياته على عائلين (نبات الحنطة وهو العائل الابتدائي ونبات البربري وهو العائل الثانوي).

فطر صدأ القمح من الأصداء ثنائية العائل إذ يمضي دورة حياته على عائلين مختلفين حيث يكون الطورين البكني والأيشي على نبات الباربري Berbery أما الطورين اليوريدي والتيلي فيتكونان على القمح. السبورات اليوريديّة كروية أو بيضوية الشكل بنية اللون وتتكون من خلية واحدة ذات جدار مزدوج شفاف اللون تظهر عليه أشواك دقيقة. والسبورات التيلية لها عنق طويل شفاف تتكون من خليتين جدارهما سميك وأكثر سمكا عند قمة الجرثومة تنبت بعد فترة السكون ويتكون عليها حامل بازيدي يحمل اربعة جراثيم بازيدية تنتقل بواسطة الهواء لتصيب نبات الباربري الذي يتكون عليه الطور البكني والأيشي ثم تنتقل السبورات الايشية بالهواء لتصيب القمح ويتكون عليه البثرات اليوريديّة والتيلية وبذلك تتم دورة حياة مرض الصدأ.



دورة حياة الفطر *Puccinia graminis*

والمخطط التالي يبين تفصيل دورة الحياة للفطر *Puccinia graminis*



Subphylum: Ustilaginomycotina

Class: Ustilaginomycetes

Order: Ustilaginales (smut fungi)

Ex: *Ustilago maydis*

يطلق على هذه الرتبة اسم التفحمت او فطريات التفحم نسبة الى ما تنتجه من كتل سبورية على شكل غبار اسود شبيه بالسخام.

تتطفل التفحمت على النباتات ولكنها ليست اجبارية التطفل ومن السمات الاساسية للتشابه والاختلاف بين التفحمت والاصداء ما يلي:

١. المجموعتان تنتجان السبورات التيلية ولكن
 - أ- في الاصداء تتكون السبورات التيلية من خلايا طرفية في الغزل الفطري.
 - ب- في التفحمت تتكون عادة من خلايا بينية.
 ٢. تتكون السبورات البازيدية في المجموعتين من انبات السبورات التيلية ولكن:
 - أ- تتولد السبورات البازيدية في الاصداء على ذنبيات محددة العدد وهي اربع في الغالب وتقذف بقوة.
 - ب- لا تتولد السبورات البازيدية في التفحمت على ذنبيات ولا تتكون باعداد محددة ولا تقذف بقوة.
 ٣. اغلب الانواع في المجموعتين تفتقر الى الثمرة البازيدية ولكن:
 - أ- في انواع قليلة ضمن التفحمت تنتج بالفعل تراكيب كاسية الشكل تتكون داخلها السبورات التيلية.
 ٤. في المجموعتين ينمو الغزل الفطري بين الخلايا ويحصل على الغذاء خلال الممصات.
 ٥. من المعروف ان الغزل الفطري ثنائي النوى يكون الروابط الكلابية لكن:
 - أ- الروابط الكلابية نادرة في الاصداء.
 - ب- يشيع وجود الروابط الكلابية في التفحمت.
 ٦. تمتاز دورة حياة الاصداء كونها تكتمل بمضيفين Heterosocious مع الاطوار الخمسة كاملة في حين ان التفحمت تكتمل دورة حياتها في مضيف واحد Autoecious وتقتصر على طورين التيلي والبازيدي.
- التكاثر اللاجنسي: بتكوين الكونيديات والتبرعم . التكاثر الجنسي: بين خليتين متوافقتين جنسيا او سبورين بازيديين او كونيديتين او بين البراعم الناتجة على هذه التراكيب.

التراكيب الجسدية

تقع الخيوط الفطرية بين خلايا العائل وترسل الممصات لاختراق الخلايا والحصول على الغذاء، الغزل الفطري الابتدائي لا يلبث الا فترة قصيرة اذا تحصص عملية ازدواج النوى على الفور، والغزل الفطري الثانوي ثنائي النوى هو الطور الجسدي الاساسي في دورة الحياة. الروابط الكلابية معروفة في الغزل الفطري وفي موعد تكوين السبورات يزداد نمو الغزل الفطري وتتكون حواجز وتتكتل الخيوط الفطرية لتتحول الى بثرات تفحمية كبيرة قد تتغطي بغلاف او تبقى دونه. تحتوي هذه التفحمت على السبورات التيلية وهي التراكيب المميزة للرتبة حيث ان في كل خلية من الخيوط الفطرية المتكتلة يتكور البروتوبلاست ويطلق الجدار بمادة جيلاتينية ثم

يفرز البروتوبلاست جدار سميك حوله ليتحول الى سبور تيلي منفرد ولكن السبورات التيلية تتماسك فيما بينها تماسكا وثيقا وتجمعها البثرة كما تمتاز السبورات التيلية بانها كروية الشكل صفراء او بنية ذات جدار املس او مشوك او شبكي ويستحث انباتها بدرجات الحرارة المنخفضة وتقسّم هذه الرتبة الى عوائل بالاعتماد على طريقة انبات ونوع وسلوك السبورات البازيدية.

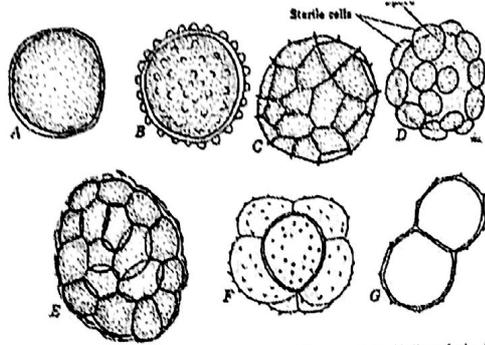
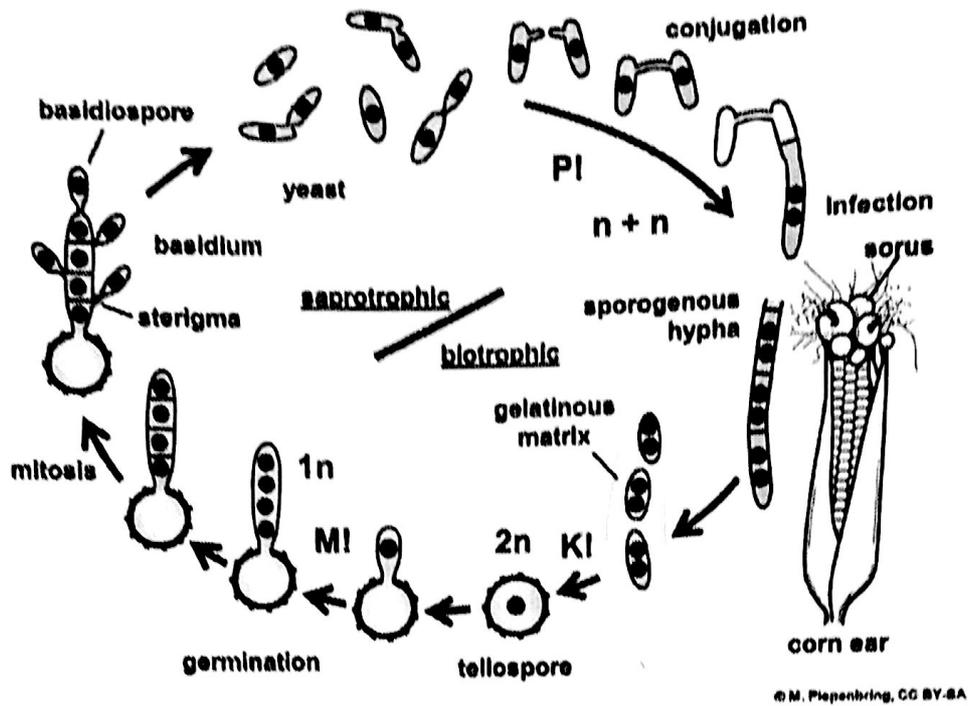


Figure 26-17. Various types of smut spores (teliospores). A. *Ustilago levis*. B. *Ustilago maydis*. C. *Tilletia caries*. D. *Urocystis cepulae*. E. *Tubercina trititit*. F. *Thecophora seminis-convolvuli*. G. *Schroeteria delastrina*. E-G, redrawn by permission from *The British Smut Fungi*, by G. C. Ainsworth and Kathleen Sampson (1960). Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey.

دورة حياة الفطر *Ustilago maydis* (يسبب مرض التفحم العقدي على الذرة common smut of corn)

فطر ثنائي الشكل dimorphic يمتلك طور خميري رمي (saprotrophic) yeast stage يوجد في الطبيعة عند عدم توفر العائل المناسب وعند وجود العائل (الذرة) يتحول الطور الخميري الرمي الى الطور الخيطي ثنائي النوى اجباري التطفل dikaryotic stage (obligately) parasitic ويعتبر هذا الفطر متغاير الثلاس heterothallic فعند وجود سلالتين خميرتين متوافقتين جنسيا (+ و -) تقترن فيما بينها لتكون الطور الخيطي المتطفل ثنائي النوى.

يحدث الاقتران النووي داخل السبور التيلي الحديث ثنائي النوى ليعطي سبور ناضج وحيد النواة ثنائي المجموعة الكروموسومية تاخذ بالانبات او تمر بفترة ركود وعند الانبات يتشقق جدار السبور وينبعث الخيط الاولي على شكل انبوب انبات قصير ثم تنتقل النواة ثنائية المجموعة الكروموسومية الى الخيط الاولي ويحدث انقسام اختزالي وتتكون اربع انوية احادية المجموعة الكروموسومية وينقسم الخيط الفطري الاولي بحواجز عرضية الى اربع خلايا احادية النواة، ثم تنقسم النواة في كل خلية انقسام اعتيادي فتعطي نواتين تنتقل واحدة منها الى برعم جانبي الذي يعتبر السبور البازيدي ويحدث ازدواج نووي بين سبورات بازيدية ثنائية متبرعمة من السبورات البازيدية الاولية او بين سبور بازيدي مع خيط فطري من سلالة اخرى وتتم دورة الحياة عن طريق الخيط الفطري ثنائي النوى اما احادي النوى فيكون قصير الامد حيث يعطي الغزل الفطري الثانوي الكرات التفحمية (البثرات) التي تتكون فيها السبورات التيلية.



Life cycle of *Ustilago maydis*