الفصل الرابع

قسيم الفطريات ثنائية السوط

Subdivision Diplomastigomycotina

تمتاز فطريات هذا القسيم بأن تكاثرها الجنسي من النوع الأوجوني، ويتم عن طريق الالتصاق الجاميطي بين كل من الانثريدات والأجونات التي تكونت من أغزال فطرية ثنائية المجموعة الصبغية، ويحدث الانقسام الاختزالي داخل الأعضاء الجنسية قبل تكوين اللاقحة، وليس بعدها كما كان يظن سابقاً، أي يكون الانقسام الاختزالي جاميطياً مع الخلايا الجسدية ثنائية المجموعة الصبغية (٢ن) ويتم انعزال الصفات في هذه المرحلة من دورة الحياة. أما تكاثرها اللاجنسي فيتم عن طريق تكوينها لأبواغ سابحة ذات سوطين أحداهما أمامي أملس أو عديم الشعيرات Whiplash والآخر خلفي محاط بشعيرات دقيقة جداً ويسمى بالسوط الشعيري أو الريشي Tinsel وتعيش أفراد هذا القسيم إما في الماء أو رمية فوق المواد العضوية، أو متطفلة على النباتات الراقية ويضم طائفة واحدة فقط هي طائفة الفطريات البيضية.

طائفة الفطريات البيضية

Class Oomycetes

تضم الفطريات البيضية أنواعا كثيرة، تعيش الأنواع البدائية منها مترممة في الماء على بقايا المواد العضوية، ومنها ما يعيش مترمما في التربة وعلى المواد العضوية. أما

الأنواع الأرقى فتعيش متطفلة على النباتات الراقية مسببة لها كثير من الأمراض الهامة. وتتميز هذه الفطريات بخلو غزلها الفطري من الجدر المستعرضة، وتتكاثر أفرادها لا جنسيا بواسطة أبواغ سابحة ذات سوطين متضادا الاتجاه، أحدهما أمامي أملس أو عديم الشعيرات، والآخر خلفي ريشي أو شعيري، وتتكون الأبواغ السابحة داخل حوافظ بوغية متعددة الطرز، أما أعضاؤها الجنسية الذكرية والأنثوية فهي متميزة إلى أنثريدات وأوجونات. وتجدر الإشارة إلى أن الدراسات الحديثة التي أجريت على سيتولوجية الفطريات البيضية قد أثبتت أن معظم أجناس رتب السابروليجنيات والبيرونوسبورات التابعة لتلك الطائفة ذات أغزال فطرية ثنائية المجموعة الصبغية (٢ن)، وهذا يعني بأن الدورة النووية لتلك الفطريات تختلف اختلافا جوهرياً عن بقية الفطريات الأخرى، وأن الانقسام الاختزالي يكون مشيجياً أي يحدث داخل الأعضاء الجنسية الثنائية المجموعة الصبغية من أنثريدات وأوجونات، قبل أن يحصل الاندماج بين محتوياتهما. وينتج عن هذا الانقسام أمشاج ذكرية وأنثوية أحادية المجموعة الصبغية. ويتم الإخصاب بأن تقترب الانثريدة من الأوجونة وتلاصقها، ثم تعطى الأنثريدة أنبوبة إخصاب تخترق جدار الأوجونة وتصل إلى البيضة، ثم تنتقل الأنوية الذكرية مع بعض السيتوبلازم من الأنثريدة إلى الأوجونة خلال هذه الأنبوبة فتخصب البيضة وينتج عن ذلك تكوين البوغ البيضي، وقد تم التوصل إلى اكتشاف هذه الحقيقة لأول مرة بواسطة العالمة إيفا سانسوم (Eva Sansome 1961) عندما كانت تجرى أبحاثها على نوع بيثيوم ديباريانوم. وقد لقي هذا الاكتشاف اهتماما بالغا من قبل العلماء والدارسين، ومن بينهم سانسوم (Sansome 1963, 1965, 1966, 1967)، وبرايزير وسانسوم (Braisir & Sansome 1975) ووين تن وديك (Win-Tin & Dick 1975) الذين اثبتوا بما لا يدع مجالا للشك بأن ثالوس كثير من الفطريات البيضية الذين قاموا

بدراستها تعتبر ثنائية المجموعة الصبغية، وأن الأمشاج (الأنثريدات والأوجونات) هي التراكيب الوحيدة الأحادية المجموعة الصبغية في جميع دورة الحياة، وأن الانقسام الاختزالي في تلك الفطريات يحدث في الحوافظ المشيجية للفطر وليس في البوغ البيضي. وتعتبر هذه الخاصية التي تمتاز بها الفطريات البيضية دون غيرها من الفطريات كافية تماما لفصلها عن بقية الفطريات الأخرى ووضعها في قُسَيْم خاص بها ألا وهو قُسَيْم الفطريات ثنائية السوط.

وتتضمن هذه الطائفة حسب تقسيم سبارو (Sparrow 1976) ست رتب هي:

١- رتبة السابروليجنيات Order Saprolegniales . وهي فطريات مائية مترممة على ما يحتويه الماء من مواد عضوية من بقايا نباتية وحيوانية.

٢- رتبة البيرونوسبورات Order Peronosporales. وهي تعد من أرقى رتب الفطريات البيضية، وتتضمن أنواعا مائية، وبرمائية وأرضية، وتعيش الفطريات الراقية منها كطفيليات إجبارية متخصصة على كثير من النباتات ذات الأهمية الاقتصادية فتسبب لها كثيراً من الأمراض.

٣- رتبة الليبتوميتات Order Leptomitales. وهي رتبة صغيرة تضم فطريات مترممة، وتشبه إلى حد كبير رتبة السابروليجنيات.

٤- رتبة اللاجنيديات Order Lagenidiales. وهي فطريات مائية متطفلة على الطحالب، والأعفان المائية، والحيوانات الأولية، وغيرها من الكائنات التي تعيش في الماء.

٥- رتبة الإيريكاسمات Order Eurychasmales.

٦- رتبة الثروستوكيتريات Order Thraustochytriales.

وسنتناول هنا فقط دراسة الرتبتين الأولى والثانية بشيء من التفصيل.

رتبة السابروليجنيات Order Saprolegniales

تعيش أفراد هذه الرتبة مترممة على البقايا النباتية، والحيوانية في الماء والتربة الرطبة. وقد تشاهد متطفلة على الطحالب أو الحيوانات المائية الصغيرة، أو على الأسماك. وأحيانا تشاهد متطفلة على جذور النباتات الراقية في التربة، وتتكاثر لا جنسيا بواسطة أبواغ سابحة ثنائية الأسواط، وتكون في معظم الأجناس ثنائية الفترة السابحة، وتضم الرتبة خمس فصائل هي:

١- الفصيلة الإكتروجيللية	Family: Ectrogellaceae
٢- الفصيلة الثروستوكيترية	Family: Thraustochytriaceae
٣- الفصيلة الهاليفثورية	Family: Haliphthoraceae
٤- الفصيلة الليبتوجنيلية	Family: Leptolegniellaceae
٥- الفصيلة السابروليجنية	Family: Saprolegniaceae

وتعد الفصيلة السابروليجنية إلى حد كبير من أكثر الفصائل الأربع الأخرى رقيا، وتحتوي على عدد أكبر من الأنواع، وتعتبر بالتالي نموذجاً جيداً لهذه الرتبة، لذا سنكتفي بدراستها فقط.

☐ الفصيلة السابروليجنية Family Saprolegniaceae

تضم هذه الفصيلة ما يقارب من عشرين جنسا ومائة وخمسين نوعا. تعيش معظمها مترممة في الماء، والتربة الرطبة وعلى المواد النباتية والحيوانية. وبعضها يعيش متطفلا على الأسماك أو على بيضها في أماكن تربية الأسماك كبعض أنواع جنسي *سابروليجنيا (Saprolegnia parasitica, S. ferax)* و*أكليا Achlya*، وبعضها يتطفل على الطحالب كأنواع الفطر *أفانوميسس Aphanomyces* أو يتطفل على جذور النباتات

الراقية، أو الحيوانات المائية. يتم التكاثر اللاجنسي لأعضاء هذه الفصيلة بواسطة أبواغ سابحة تأخذ شكلين متعاقبين. أما التكاثر الجنسي، فيتم بتكوين بيضات داخل الأوجونات تتحول بعد تلقيحها بالأنثيروزويدات Antherozoids (التي تتكون داخل الأنثريدات Antheridia) إلى أبواغ بيضية ملقحة.

سندرس مثلا لهذه الفصيلة جنسي *سابروليجنيا وأكليا*.

الوضع التصنيفي لجنس سابروليجنيا **Systematic position of genus *Saprolegnia***

Division: Mastigomycota	قسم: الفطريات السوطية
Subdivision: Diplomastigomycotina	قسم: الفطريات ثنائية السوط
Class: Oomycetes	طائفة: الفطريات البيضية
Order: Saprolegniales	رتبة: سابروليجنيات
Family: Saprolegniaceae	الفصيلة: السابروليجنية
Genus: *Saprolegnia*	جنس: سابروليجنيا

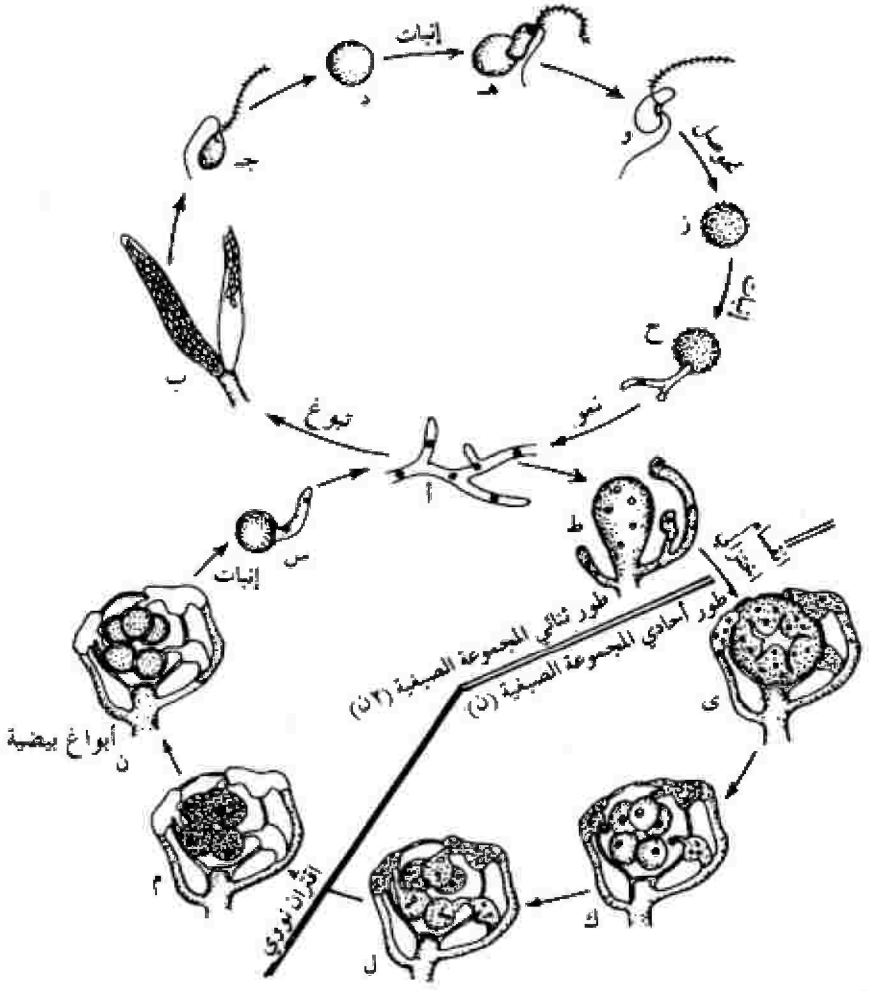
يضم جنس سابروليجنيا حوالي ٣٠نوعاً جميعها تعيش في الماء مترممة على ما به من بقايا نباتية أو حيوانية. وهناك قلة من أنواع تعيش إما في التربة المبتلة، أو متطفلة على ما في الماء من طحالب، وفطريات، ونباتات، وأسماك. ومن الممكن زراعة، وتنمية هذا الفطر في المختبر عند وضع طعم مناسب من بذور نبات الجوت المعقمة مع ذباب ميت في حوض به عينة من ماء عذب من بحيرة، أو مستنقع وتركه بضعة أيام على درجة حرارة الغرفة فسوف نلاحظ نمو فطر *سابروليجنيا* أو بعض الفطريات ذات القرابة لهذا الفطر. وتظهر هذه الفطريات للعين المجردة كشبكة من الخيوط عديمة اللون تحيط بالطعم، كما يمكن أن نلاحظ هذه الفطريات في مياه الأنهار والبحيرات نامية على الأسماك الميتة. والغزل الفطري لهذا الفطر مثله كمثل الأغزال الفطرية في الفطريات البيضية الأخرى عبارة عن خيوط متفرعة، وغير مقسمة متعددة الأنوية

(مدمج خلوي) وتتشعب هذه الخيوط في الوسط الغذائي مولدة فروعا تكاثرية تبرز إلى سطح الماء حيث إن هذا الفطر يعيش ويقضي دورة حياته كاملة تحت سطح الماء.

طرق التكاثر

التكاثر اللاجنسي. يأخذ طرف الخيط الفطري في الانتفاخ، وبعد أن تنساب كمية كبيرة من السيتوبلازم والأنوية إلى الجزء المنتفخ يتكون جدار مستعرض يفصل الجزء المنتفخ (الحافظة البوغية) عن بقية الخيط الفطري (الشكل رقم ٢١ب)، وبعد ذلك تنقسم المحتويات الداخلية العديدة الأنوية إلى بروتوبلاستات أحادية النواة، ثم تتحور هذه البروتوبلاستات أحادية النواة إلى عدد من الأبواغ السابحة، وتكون هذه الأبواغ السابحة التي تتولد داخل الحافظة كمثرية الشكل وذات سوطين متصلين بطرفها الأمامي (الشكل رقم٢١جـ)، وبعد فترة يفقد كل بوغ أسواطه وتتحوصل (الشكل رقم ٢١د)، ويتكون لها جدار خارجي غليظ، وتستطيع الحويصلة أن تقاوم من الظروف ما لا يستطيع الغزل الفطري أن يصمد لها. وعندما تعاود الحويصلة نشاطها يتمزق الجدار الخارجي (الشكل رقم ٢١هـ)، وتندلق المحتويات الداخلية لتكون طرازا آخر من الأبواغ السابحة يتميز كل بوغ بأنه كلوي الشكل Reniform (الشكل رقم ٢١و)، جانبي الأسواط، والسوطان متصلان بالجانب المقعر، أحدهما من الطراز الريشي والآخر من الطراز الكرياجي. وبعد فترة نشاط تأخذ هذه الأبواغ في التحوصل (الشكل رقم ٢١ز)، وتعطي الحوصلة الأخيرة بعد الإنبات فطرا جديدا (الشكل رقم ٢١أ). وتعرف هذه الظاهرة المتمثلة بوجود طرازين من الأبواغ السابحة (كمثرية وكلوية) في دورة حياة الفطر باسم ثنائية التشكيل البوغي Diplanetism كما تعرف الأبواغ بأنها ثنائية التشكل. وهناك ظاهرة أخرى هي ظاهرة التعاقب الحافظي

(أو التوالد المتداخل) Internal proliferation (الشكل رقم ٢٢ب) حيث نجد أن الحافظة الأولى تفرغ محتوياتها من الأبواغ السابحة ثم يأخذ الجدار الفاصل عند قاعدتها بالنمو علويا ليكون حافظة ثانوية تفرغ محتوياتها البوغية ثم يأخذ الجدار الفاصل عند قاعدتها بالنمو علويا ليكون حافظة بوغية ثالثة وهكذا. وهذا التعاقب في تكوين حوافظ



الشكل رقم (٢١). دورة حياة فطر *سابروليجنيا* *Saprolegnia*.

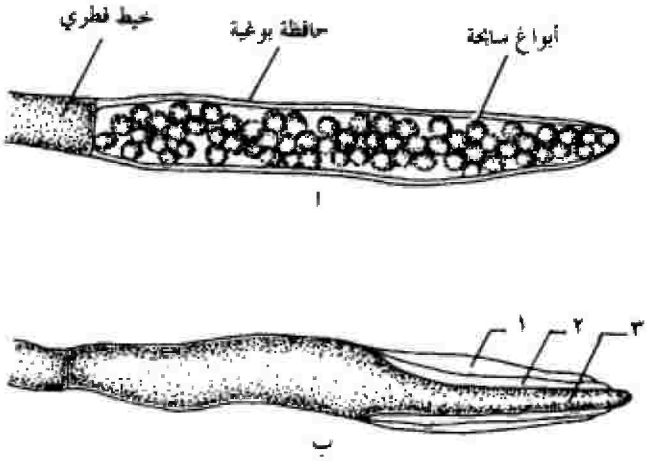
(عن الكسوبولوس وآخرين،١٩٩٦)

الأبواغ السابحة يهدف إلى إنتاج أكبر عدد من الأبواغ السابحة لكي تستطيع بعضها أن تنبت وتعطي الفطر حيث يهلك البعض لصعوبة الظروف الغذائية والبيئية، ويقدر للبعض الآخر البقاء والإنبات وهو ناموس تتبعه سائر الكائنات الحية للإبقاء على الجنس والحياة من الانقراض.

التكـــاثر الجنسي. التكاثر الجنسي في هذا الفطر من الطراز الأوجوني، حيث تتكون الأوجونات عادة فرادى على أطراف الخيوط الفطرية ثنائية المجموعة الصبغية، ولكن في بعض الأحيان تتكون عدة أوجونات بالتتابع (الشكل رقم ٢١ط)، الواحدة تلو الأخرى، وقد تكون هذه الأوجونات محمولة على أطراف خيوط فطرية طويلة، أو خيوط فطرية قصيرة جانبية. وتحتوي الأوجونة على عدد كبير من البيضات الكروية الشكل، قطر الأوجونة عادة أكبر عدة مرات من قطر الخيط الفطري، ويحدها حاجز مستعرض في قاعدتها، وتمتلىء ببروتوبلازم حبيبي متجانس وعديد الأنوية multinucleate ثم ينقسم انقساما اختزاليا بعد أن ينحل كثير من الأنوية إلى عدد من البيضات الأحادية المجموعة الصبغية يتراوح عددها ما بين خمس إلى ثلاثين بيضة عارية أحادية النواة (الشكل رقم٢١ك). وتعدد البيضات في الأوجونة الواحدة يعد صفة بدائية، حيث إنه في الفطريات الأكثر رقيا يختزل فيها عدد من البيضات إلى بيضة واحدة فقط.

وفي الوقت الذي يتم فيه تشكل البيضات داخل الأوجونة. ينبثق من ثالوس الفطر فرع جانبي يأخذ في التقوس والتفرع طرفيا ويسمى بالفرع الأنثريدي، أو الحامل الأنثريدي Antheridiophore (الشكل رقم ٢١ط)، وتوجد الأنثريدات عند الأطراف، وهي متعددة الأنوية. وفي بعض أنواع *السابروليجنيا* ينشأ الفرعان الأنثريدي والأوجوني بجوار بعضهما، وفي أنواع أخرى لا يكونان كذلك، ويزداد الجزء الطرفي

لكل أنثريدة في الحجم قليلا ، ويصبح مملوء بكتلة من البروتوبلازم ، تضم عددا من الأنوية الثنائية المجموعة الصبغية ، ثم تنفصل الأنثريدة بتكوين جدار مستعرض بين الجزء المتضخم وبقية الخيط الفطري ، ثم يحدث انقسام اختزالي داخل الأنثريدة ينتج عنه تكوين أمشاج ذكرية أحادية المجموعة الصبغية. وعند الإخصاب تلتصق الأنثريدات بالأوجونات ، وتبرز منها خيوط دقيقة متخصصة تخترق جدار الأوجونة ويطلق عليها أنابيب الإخصاب Fertilization tubes (الشكل رقم ٢١ي) ، وتنمو هذه الأنابيب باتجاه أنوية البيضات حيث يتمزق الجدار الأوجوني فتنطلق النواة الذكرية ، لتتحد مع نواة البيضة فتلقحها وبذلك تتحد النواتان المشيجيتان الواحدة بالأخرى ، ثم تفرز البيضة الملقحة جدارا سميكا أملسا حول نفسها ، وتتحول إلى طور راكد يطلق عليه اسم البوغ البيضي Oospore (الشكل رقم ٢١ن). تبقى هذه الأبواغ البيضية داخل الأوجونة ولا تنطلق إلى الخارج. وبعد فترة سكون معينة تبدأ بالإنبات (الشكل رقم ٢١س). ونواة هذا البوغ البيضي الساكن هي في الغالب ثنائية المجموعة الصبغية (الشكل رقم٢١ن) ويبدأ الإنبات بانقسام نواة البيضة الملقحة عدة انقسامات غير مباشرة. ويعتقد البعض أن الانقسام الاختزالي يحدث أثناء الإنبات. وهناك رأي آخر يقول بأن الانقسام الاختزالي لا يحدث إلا عند تكوين الأعضاء الجنسية الذكرية والأنثوية (Braisir & Sansome 1975) وعند الإنبات ينتفخ البوغ الساكن وتصبح رقيقة الجدار. ثم تنشأ منها أنبوبة إنبات Germ tube قصيرة غير متفرعة تشبه الخيط الفطري وتخترق جدار الأوجونة المنحل إلى الخارج ويتحول نهاية هذا الخيط الفطري الصولجاني الشكل إلى حافظة بوغية نباتية تحتوي بداخلها على البروتوبلازم الذي ينقسم إلى عدد من الأبواغ السابحة التي تنطلق إلى الماء لتعيد دورة حياة الفطر من جديد (الشكل رقم ٢١).

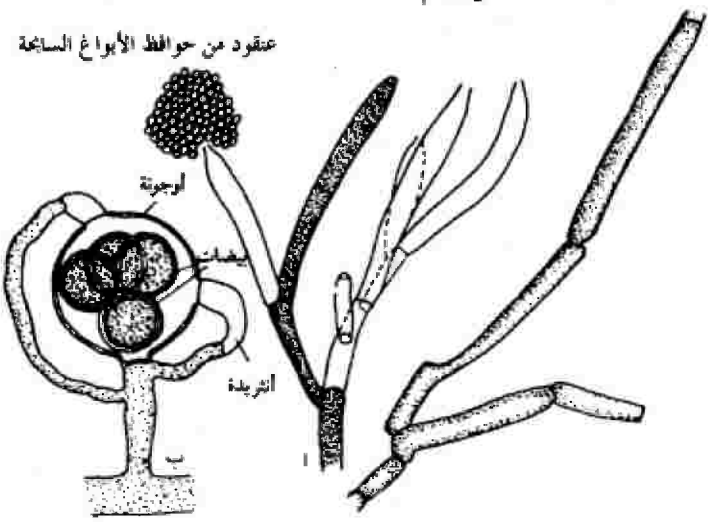


الشكل رقم (٢٢). أ – حافظة بوغية ناضجة لنوع من *سابروليجنيا Saprolegnia*.
ب– ظاهرة التعاقب الحافظي (تكوين حوافظ بوغية داخلية بعملية التجديد
(١،٢) أغلفة فارغة لحوافظ بوغية.
(٣) حافظة بوغية متكشفة.
(عن الكسوبولوس وآخرين، ١٩٩٦م)

جنس أكليا *Achlya*

تختلف أفراد هذا الجنس عن أفراد الجنس السابق في عدم حدوث ظاهرة التعاقب الحافظي، أو التوالد المتداخل، وتنشأ الحوافظ البوغية على شكل فروع جانبية عل الفرع الأصلي، الذي يحمل الحافظة البوغية الأولية أو القديمة (الشكل رقم ٢٣أ). والأبواغ السابحة في هذا الفطر كمثرية الشكل، تتحوصل مباشرة عند انطلاقها من فتحة الحافظة البوغية وتعطي بعد فترة من تحوصلها أبواغ كلوية الشكل ثنائية الأهداب، ولا تعرف في أفراد هذا الجنس عملية التجديد في تكوين الحوافظ البوغية ولكن تتشكل الحوافظ الجديدة الناشئة إلى جانب الحوافظ القديمة (الشكل رقم ٢٤). وقد لاحظ العالم هورن (Horn 1904) أنه في بعض الأنواع تتقطع المشيجة إلى عدد كبير من الأجزاء بتأثير إضافة كمية قليلة جدا من أملاح النحاس إلى مزرعة الفطر، ويطلق

على هذه الأجزاء بالأبواغ الكلاميدية، أو ما تسمى أحيانا بالجيمات أو البراعم Gemmae (الشكل رقم ٢٣جـ)، التي تتكشف إلى حوافظ بوغية قصيرة الأعناق كما في النوع *Achlya racemosa* (الشكل رقم ٢٣).



الشكل رقم (٢٣). *أكليا راسيموزا Achlya racemosa*.

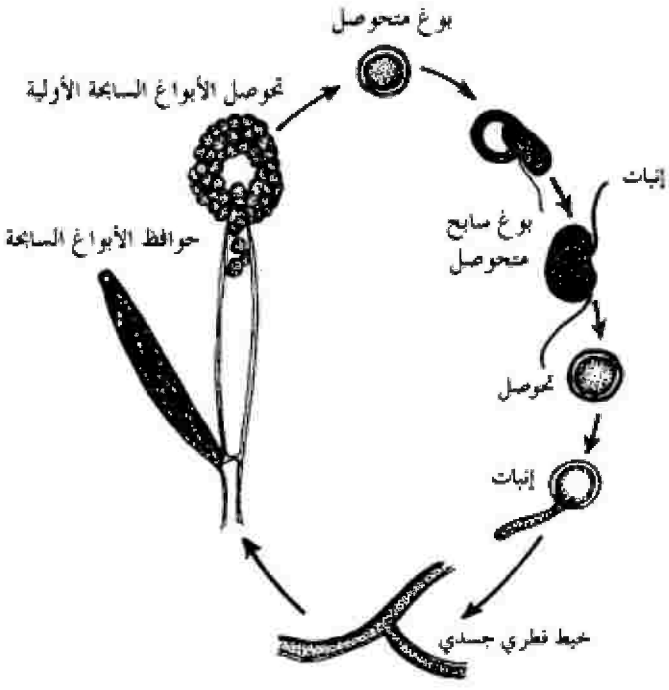
أ – حوامل بوغية متفرعة ينتهي كل منها بمجموعة من حوافظ الأبواغ السابحة.

ب – أوجونة طرفية مع أنثريدات.

جـ – جيمات الفطر *Gemmae*، وهي خلايا غليظة الجدر تشبه الأبواغ الكلاميدية.

وكذلك فإن هذا الجنس يختلف عن الجنس *سابروليجنيا* بأن في بعض أنواعه يختزل عدد البيضات في كل أوجونة إلى عدد قليل يصل في بعض الأحيان إلى بيضة واحدة فقط وهي كما أسلفنا تعد صفة متقدمة في الفطريات، بخلاف جنس *سابروليجنيا* الذي يصل عدد البيضات في بعض أنواعه إلى ٣٠ بيضة.

ويحدث الإخصاب في هذا الفطر عن طريق تكوين أنبوبة إخصاب، وتحيط اللاقحة المتكونة، والتي تسمى بالبوغ البيضي Oospore نفسها بجدار غليظ جدا. وهي تمثل الطور المقاوم في دورة حياة الفطر، وعندما تتوافر الظروف الملائمة فإنها تنبت لتعطي حافظة بوغية واحدة أو أكثر.



الشكل رقم (٢٤). التكاثر اللاجنسي في الفطر *أكليا Achlya*.

رتبة البيرونوسبورات Order Peronosporales

تعتبر هذه الرتبة من وجهة نظر المشتغلين بالفطريات وأمراض النبات من أهم الرتب التابعة لقسم الفطريات السوطية، حيث إن معظم الفطريات التابعة لها تعيش معيشة تطفلية وتسبب أمراضا نباتية خطيرة على كثير من المحاصيل الزراعية الاقتصادية، ويعيش بعض أفرادها في التربة والهواء. ويكون غزلها الفطري غالبا بين خلوي Intercellular، ويرسل إلى داخل خلايا النبات العائل ممصات بسيطة، أو متفرعة لاستيفاء احتياجات الفطر الغذائية (الشكل رقم ٢ب- هـ) وفي بعض الأجناس يكون الغزل الفطري بين خلوي، وداخل خلوي Intracellular وتتميز الوحدات اللاجنسية في الأجناس المختلفة من هذه الرتبة، فهي إما أن تسلك مسلك الحوافظ

البوغية فتنقسم داخليا إلى عدة أبواغ يستطيع كل بوغ أن ينبت ليسبب إصابة جديدة، ويسمى الحامل في هذه الحالة باسم الحامل الحافظي Sporangiophore وفي أجناس أخرى تسلك كل وحدة لا جنسية مسلك الكونيدة فتنبت مباشرة دون انقسام داخلي لتسبب إصابة جديدة.

وهناك من الأجناس ما تختلف فيها طرق الإنبات حسب الظروف البيئية السائدة فيما إذا كانت جفافية، أورطوبية، فتحت الظروف الرطبة تسلك كل وحدة لا جنسية مسلك الحافظة البوغية، أما تحت الظروف الجفافية فتكون الوحدة اللاجنسية كونيدة، وتسمى كل وحدة في هذه الحالة حافظة بوغية كونيدية، ويسمى الحامل بالحامل الحافظي الكونيدي Conidiosporangiophore. وتنقسم هذه الرتبة إلى أربع فصائل تضم في مجموعها حوالي خمسمائة إلى ستمائة نوع موزعة على خمسة عشر جنسا وتختلف فيما بينها حسب نوعية وشكلية الحوامل الكونيدية ما إذا كانت هوائية أو تحت بشرية، وطريقة تفرع الحامل ما إذا كان كاذب المحور، أو صادق الحور أو يتفرع تفرعا ثنائي الشعب (الشكل رقم ٣٦) ويمكن تمييز أفراد كل فصيلة عن الأخرى طبقا لما يأتي :

أ - إذا كانت الحوامل اللاجنسية توجد تحت بشرية أو هوائية أي ينبثق من ثغور أوراق العائل إلى الخارج .

ب- شكلية وانتظام الوحدات اللاجنسية على هذه الحوامل .

والفصائل التي تنتمي إلى هذه الرتبة هي :

١ - الفصيلة البيثية Family : Pythiaceae

٢ - الفصيلة البيرونوسبورية Family: Peronosporaceae

٣- الفصيلة الألبوجينية Family: Albuginaceae

٤ – الفصيلة البيرونوفيثورية Family: Peronophythoraceae

☐ الفصيلة البيثية Family Pythiaceae

تعيش أفراد هذه الفصيلة إما رمية حيث يعيش الكثير منها في التربة وتنمو أفرادها على البيئات الصناعية، وتتمكن أغلب أنواعها من تكوين الأكياس البوغية والأبواغ على الآجار العادي، أو تعيش كطفيليات اختيارية التطفل حيث يسبب بعض أفرادها أمراضا خطيرة للنبات، ويعيش الفطر داخل خلايا النبات Interacellular ونادرا بين خلايا النبات Intercellular، وتمتاز بأن حوامل الأكياس البوغية فيها تكون هوائية، ولا تتميز هذه الحوامل شكليا عما تحتها من أغزال فطرية، ويكون تفرع الحامل تفرعا كاذب المحور، بمعنى أن الفرع الرئيسي ينتهي نموه بتكوين وحدة طرفية، ثم يأخذ الفرع الجانبي التالي للطرف في تكوين وحدة طرفية أخرى. ومن ثم تكون هذه الوحدات اللاجنسية متدرجة من حيث الأحجام (الشكل رقم ٣٠).

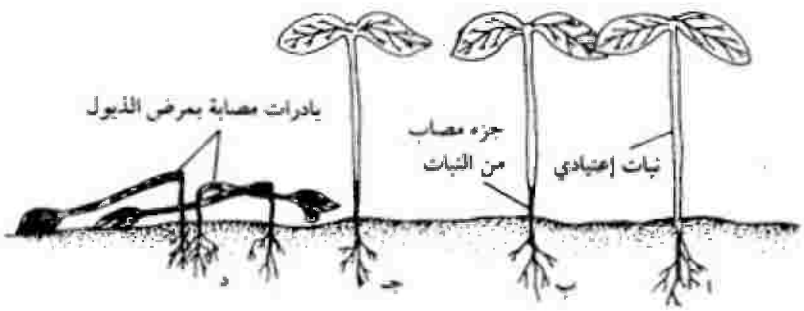
وتشتمل هذه الفصيلة على جنسين هما بيثيوم *Pythium* وفيتوفثورا *Phytophthora*.

الوضع التصنيفي لجنس بيثيوم **Systematic position of Genus *Pythium***

Division Mastigomycota	قسم: الفطريات السوطية
Subdivision: Diplomastigomycotina	قسم: الفطريات ثنائية السوط
Class: Oomycetes	طائفة: الفطريات البيضية
Order: Peronosporales	رتبة: البرونوسورات
Family: Pythiaceae	الفصيلة: البيثية
Genus: *Pythium*	جنس: بيثيوم

يضم هذا الجنس حوالي ٧٠ نوعا جميعها تقريبا منتشرة في جميع أنحاء العالم، بعضها يعيش في الماء ويتطفل على بعض طحالب المياه العذبة، ومعظمها يعيش مترمما على ما يوجد بالتربة الرطبة من بقايا مواد عضوية متحللة، أو تعيش كطفيليات اختيارية التطفل أي أن باستطاعتها أن تصيب بعض النباتات الراقية، وتسبب لها

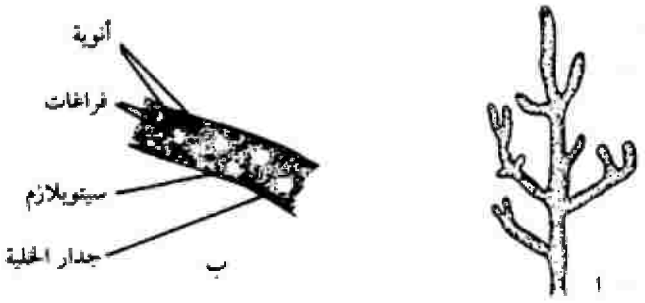
أمراضا مختلفة. وتحدث الإصابة في أغلب الأحيان في دور البادرة من نمو العائل. ومن أخطر أنواع الجنس بيثيوم النوع المسمى بيثيوم ديباريانوم *Pythium debaryanum* إذ هو أحد المكونات الفطرية المسببة لمرض وتعفن أنسجة بعض النباتات، ويسمى بالخناق، أو سقوط البادرات Damping off of seedlings (الشكل رقم ٢٥)، خاصة في بيوت الزراعة المحمية، ويتطفل هذا الفطر على أنواع كثيرة من نباتات الزينة والخضروات والمحاصيل، وخصوصا بادرات القمح حيث يساعد على انتشار المرض تجمع البادرات والرطوبة العالية في التربة. وهو مرض عالمي الانتشار ويصيب أنسجة النبات العائل قرب سطح التربة فيخترق القشرة ويعيش على الساق والجذور، ونادرا على الأوراق وذلك داخل خلايا النبات فيسبب موتها. ويتطفل الفطر المسبب للمرض بأن تخترق هيفاته خلايا أنسجة البذرة النابتة أو البادرة، ثم ينتشر خلال وداخل خلاياها فيؤدي إلى موتها، ثم بعد ذلك تعيش هيفات الفطر مترممة على بقايا الأنسجة الميتة، والمواد العضوية التي قد توجد في التربة إلى أن يحين موعد زراعة البذور في الموسم التالي فيهاجمها الفطر من جديد.



الشكل رقم (٢٥). مرض الذبول في البادرات المتسبب عن الفطر بيثيوم ديباريانوم *P.debaryanum* .

أ- بادرة عادية ب،جـ - بادرات مصابة

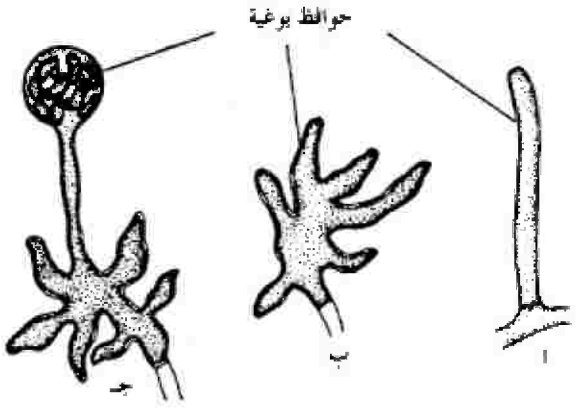
د- بادرات مصابة بمرض الذبول .



الشكل رقم (٢٦). جزء من الخيط الفطري لفطر بيثيوم *Pythium*.

أ- ميسيليوم كثير التفرع وغير مقسم

ب- جزء مكبر من الخيط الفطري



الشكل رقم (٢٧). أنواع مختلفة من الحوافظ البوغية الموجودة في فطر بيثيوم *Pythium* .

أ- حافظة بوغية مستطيلة (خيطية) لفطر بيثيوم مونوسبرمام *P.monospermum*.

ب- حافظة بوغية مستطيلة ومتفرعة لفطر بيثيوم أفانيدرماتم *P.aphanedermatum*.

جـ- حافظة بوغية بيضية لفطر بيثيوم ديباريانم *P.debaryanum*.

وميسيليوم هذا الفطر جيد التكشف فيتكون من هيفات دقيقة شفافة متعددة الأنوية وعديمة الجدر المستعرضة ، وكثيرة التفرع ، وسواء كان نموها داخل أنسجة العائل أو خارجها أو على البيئات الصناعية (الشكل رقم ٢٦).

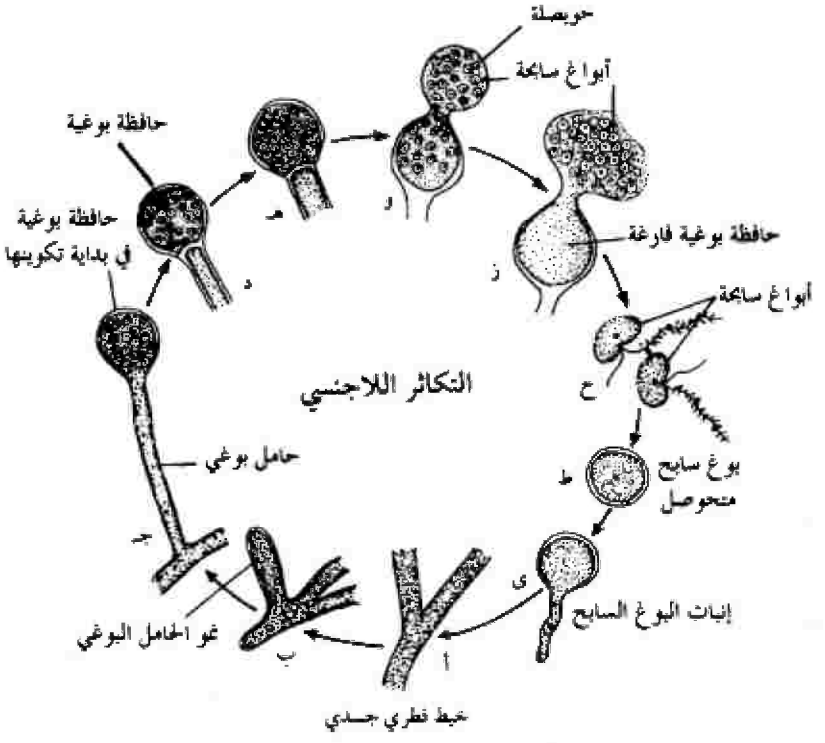
طرق التكاثر

يتكاثر فطر بيثيوم بطريقتين هما التكاثر اللاجنسي والتكاثر الجنسي.

التكاثر اللاجنسي. يحدث هذا التكاثر بتكوين أبواغ سابحة ثنائية السوط تتكون داخل الحوافظ البوغية، التي تنشأ على أطراف الخيوط الفطرية (الشكل رقم ٢٧)، أو على خلاياها الوسطية وتتكون بكثرة، وهي كروية الشكل، أو خيطية أو بيضية وتختلف في شكلها تبعا للأنواع المختلفة للفطر (الشكلان رقما ٢٧، ٢٨). ولا يمكن تمييز الحوامل البوغية لتلك الحوافظ بسهولة عن بقية الغزل الفطري. والحوافظ البوغية تكون في بداية تكوينها ممتلئة بسيتوبلازم كثيف وعدد كبير من الأنوية (الشكل رقم ٢٨جـ)، وفي الظروف الرطبة، وكثرة الماء فإنه يخرج من الحافظة البوغية أنبوبة ضيقة وقصيرة تتوسع مكونة حويصلة Cyst (الشكل رقم ٢٨و) شبيهة بفقاعة الصابون، ثم ينساب بروتوبلازم الحافظة البوغية خلال الانبوبة إلى الحويصلة (الشكل رقم ٢٨ز)، وفي داخل الحويصلة ينقسم البروتوبلاست إلى عدد كبير من الأبواغ السابحة الكلوية الشكل ذات السوطين الجانبين، ثم بعد ذلك تندفع الأبواغ السابحة واحدة تلو الأخرى من الحويصلة بعد انفجارها، وتنتشر في جميع الاتجاهات (الشكل رقم ٢٨ح). وبعد فترة من انطلاقها تسبح خلال غشاء رقيق من الماء الموجود في التربة ثم تأخذ في الاستقرار والتحوصل (الشكل رقم ٢٨ط)، بعدها تنبت بواسطة تكوين أنبوب إنبات (الشكل رقم ٢٨ي)، لتكون هيفا خضرية (الشكل رقم ٢٨أ)، وإذا صادف هذا البوغ النابت وجود عائل مناسب فإنه يخترق بشرته عن طريق الثغور وتحدث الإصابة من جديد.

وتجدر الإشارة إلى أن إنبات الحوافظ البوغية لفطر بيثيوم يعتمد بدرجة كبيرة على الظروف البيئية المحيطة بالفطر. ففي الظروف الجفافية والحرارة العالية فإن الحوافظ البوغية لا تنتج أبواغ سابحة، ولكن بدلا منها تنبت هذه الحوافظ مباشرة بطريقة تشبه

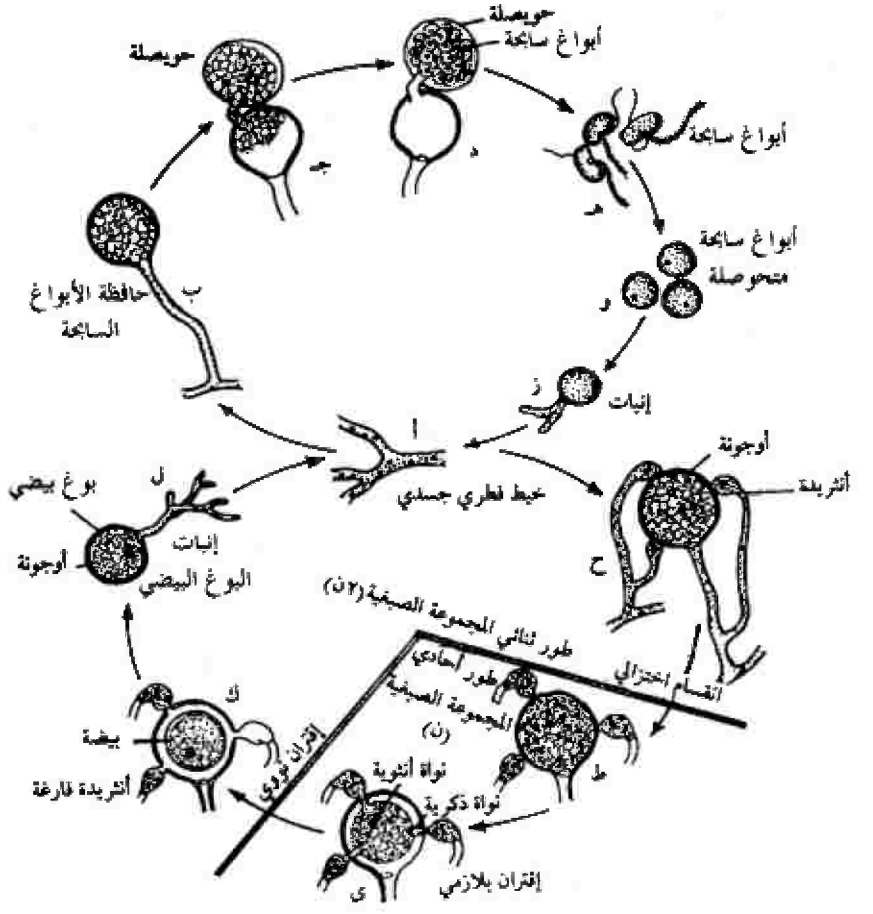
إنبات الأبواغ الكونيدية، فيتكون انبوب إنبات مباشرة بدلا من تكوين الأبواغ السابحة.



الشكل رقم (٢٨). التكاثر اللاجنسي في فطر بيثيوم ديباريانم *P.debaryanum*.
(عن باندي وتريفيدي ١٩٧٩م)

التكاثر الجنسي. يحدث التكاثر الجنسي في الفطر بيثيوم ديباريانوم (الشكل رقم ٢٩) داخل أنسجة النبات العائل وذلك عندما يموت الأخير ويعيش الفطر على أنسجته الميتة، ونظرا لأن هذا الفطر يعد من الفطريات المتطفلة اختياريا فإنه من الممكن أن يتكاثر جنسيا على البيئات الصناعية المستحضرة في المعمل مثل بيئة آجار دقيق الذرة، أو بيئة البطاطس والدكستروز PDA وقد درس كثير من الباحثين مثل مكين (Mckeen 1975)، وهاسكينز (Haskins 1976) وغيرهم التكاثر الجنسي في هذا الفطر،

ووجدوا أنه يمتاز بأن أعضاؤه الجنسية الذكرية والأنثوية تنشأ جميعها من خيطين فطريين متجاورين من نفس الغزل الفطري المنبثق من بوغ واحد أو من أجزاء مختلفة من نفس الخيط، ويطلق على مثل هذا النوع من الفطريات بأنه متشابه الثالوس Homothallic وتتكون الأعضاء الجنسية الانثوية (الأوجونات) Oogonia (الشكل رقم ٢٩ح)، كانتفاخات على أطراف بعض الهيفات، أوفي بعض الأحوال تكون هذه



الشكل رقم (٢٩). دورة حياة فطر بيثيوم ديباريانم *P.debaryanum*.

(عن الكسوبولوس وآخرين، ١٩٩٦م)

الخلايا الوسطية للهيفا. وعند بداية تكوين الأوجونات فإن كمية كبيرة من السيتوبلازم والأنوية تهاجر من الخيط الفطري إلى داخل الأوجونة التي تنفصل عن بقية الخيط الذي تتكون عليه بواسطة حاجز عرضي، وفي المرحلة الأولى من تكوين الأوجونة فإنها تنقسم إلى جزئين أحدهما جزء مركزي محبب يسمى البلازم البيضي Ooplasm والآخر محيطي اسفنجي يحيط بجدار الأوجونة يسمى البلازم المحيطي Periplasm وبعد فترة تبدأ الأنوية الموجودة داخل الأوجونة بالتحرك نحو البلازم المحيطي حيث تبقى هناك وتتحلل كلها فيما بعد ما عدا نواة واحدة تظل نشطة في البروتوبلازم المركزي الذي يتزايد في الحجم مشكلا بيضة الأوجونة Oosphere وهي كروية الشكل رقيقة الجدار وحيدة النواة محاطة بطبقة من البروتوبلازم المحيطي. أما الأعضاء الجنسية المذكرة (الأنثريدات) Antheridia (الشكل رقم ٢٩ح)، فتتمركز قريبا جدا من الأجونات، وغالبا ما يحدث هذا على ذات الخيط الفطري أو على هيفات مجاورة لها، وتقع الأنثريدة أسفل الأوجونة مباشرة وهي مستطيلة أو صولجانية الشكل إلى حد ما وأصغر حجما من الأوجونة، وهي إلى جانب ذلك عديدة الأنوية وتنفصل عن بقية الغزل الفطري بواسطة حاجز عرضي، وعند نضج الأنثريدة فإنها تتميز إلى جزئين، الأول جزء مركزي وحيد النواة يطلق عليه المشيج الذكري Male gamete، والثاني جزء خارجي عديد الأنوية يطلق علية البلازم المحيطي Periplasm وقد يحيط بكل أوجونة أنثريدة واحدة، أو أكثر قد يصل عددها إلى ست (الشكل رقم ٢٩ح). وتجدر الإشارة إلى أن فطر بثيوم *ديباريانوم* يتبع في تكاثره الجنسي النمط العام للفطريات البيضية الأخرى، فقد ذكر كل من إيفا سانسوم (Eva Sansome 1975) وبرايزير وسانسوم (Brasier & Sansome 1975) أن الانقسام الإختزالي في تلك الفطريات يحدث في الحوافظ المشيجية (الأنثريدات والأوجونات) وليس في البوغ البيضي، ومعنى ذلك أن ثالوس هذا الكائن ثنائي المجموعة الصبغية، وأن الأمشاج الذكرية والأنثوية هي

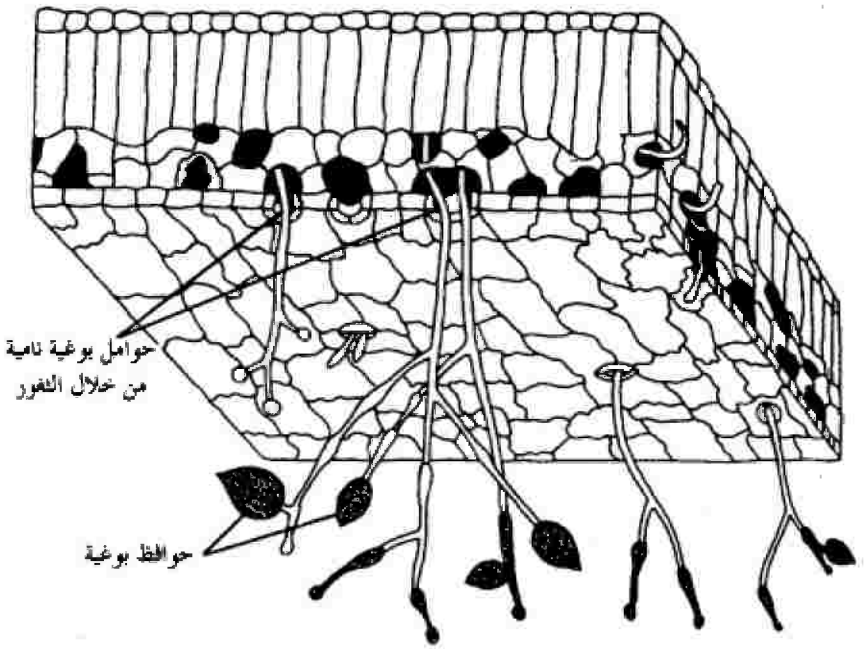
التراكيب الوحيدة الأحادية المجموعة الصبغية في جميع دورة حياة الفطر. ويتم الإخصاب بأن ترسل كل أنثريدة أنبوبة إخصاب دقيقة تنفذ داخل جدار الأوجونة والبلازم المحيطي لتلتقي بالبلازم البيضي حيث تنتقل خلالها النواة الذكرية وتتحد بعد ذلك مع نواة البيضة فيحدث الإخصاب، وتتكون اللاقحة، أو البيضة المخصبة (الشكل رقم ٢٩ط، ي)، التي حينئذ تحيط نفسها بجدار سميك وحينذاك تصبح بوغة بيضية Oospore (الشكل رقم ٢٩ك)، وبعد فترة من السكون ينبت البوغ البيضي ويعطي أنبوب إنبات حيث تنقسم نواته الثنائية المجموعة الصبغية عدة انقسامات غير مباشرة ينتج عنها تكوين عدد كبير من الأنوية. وفي ظروف درجات الحرارة العالية نسبيا (٢٨°م) فإن البوغ البيضي ينبت مباشرة عن طريق تكوين أنبوبة الإنبات لتعطي ميسيليوم جديد (الشكل رقم ٢٩ل). أما عند درجات الحرارة المنخفضة (١٠-١٧°م) فإن أنبوبة الإنبات يقف نموها عندما يصل طولها إلى ٥-٢٠ميكرومتر، وتنتهي بتكوين كيس، أو حويصلة رقيقة الجدار تهاجر إليها جميع المحتويات الحية في البوغة البيضية من بروتوبلازم وأنوية حيث يتشكل البروتوبلاست إلى عدد كبير من الأبواغ السابحة التي تضغط على جدار الحويصلة فينفجر وتتحرر الأبواغ السابحة لتنمو وتعطي غزل فطري جديد (Drechsler 1952).

جنس *فيتوفثورا* *Phytophthora*

تعيش أنواع هذا الفطر معيشة رمية عند غياب النبات العائل، ولكنها تتحول سريعا إلى فطريات طفيلية عند وجود العائل المناسب، وقد تعيش بين خلايا النبات فيرسل فيها ممصاته، وفي كلتا الحالتين يقضي على النبات بإتلاف أنسجته الداخلية.

وتختلف الأنواع التابعة لجنسي *بيثيوم* و*فيتوفثورا* عن بعضهما في شكل الحوافظ البوغية التي تتكون في كل منهما، ففي الفطريات التابعة لجنس *فيتوفثورا* تكون الحافظة البوغية ليمونية الشكل ذي حلمة طرفية (الشكل رقم ٣٠) بينما في الأنواع

التابعة للجنس بيثيوم تكون الحوافظ البوغية كروية، أو غير منتظمة في الشكل، كما يمكن تمييز الفطريات التابعة للجنسين المذكورين على أساس إنبات الحوافظ البوغية، ففي حالة الفطر بيثيوم يحدث إنبات الحافظة البوغية بأن تنطلق محتوياتها خلال أنبوبة قصيرة إلى حويصلة تشبه فقاعة الصابون حيث يحدث تجزئة لمحتوياتها إلى أجزاء يتكون كل منها من بوغ هدبي. بينما في حالة فطر *فيتوفثورا* فإن تجزئة محتويات الحافظة البوغية عند الإنبات يحدث في داخل الحافظة نفسها، ولا تتكون حويصلة بوجه عام، وحتى إذا تكونت هذه فإن الأبواغ الهدبية تتميز داخل الحافظة البوغية الحقيقية ومن ثم تنتقل إلى الحويصلة كأبواغ هدبية ناضجة تتحرر بانفجار جدار الحويصلة وتخرج إلى الخارج.



الشكل رقم (٣٠) قطاع تخطيطي عمودي في ورقة نبات البطاطس المصاب بفطر *فيتوفثورا انفستانس* ***Phy tophthora infestans*** توضح الحوامل والحوافظ البوغية.

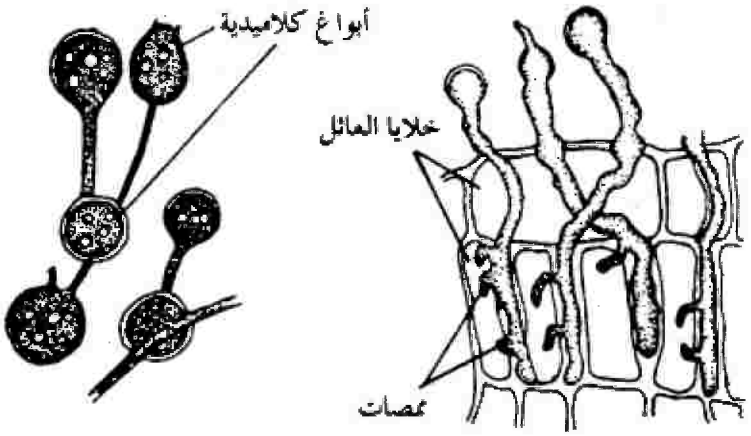
(عن واير وآخرين، ١٩٨٢م)

ويضم جنس *فيتوفثورا* حوالي ٧٥ نوعا أهمها من الناحية الاقتصادية الفطر *فيتوفثورا انفستانس Phytophthora infestans* الذي يسبب تعفنا لدرنات البطاطس، والطماطم ويطلق على المرض اسم الندوة، أو اللفحة المتأخرة في البطاطس والطماطم Potato late blight (الشكل رقم٣١)، ويعد هذا المرض من أخطر أمراض البطاطس، وقد كان السبب الرئيسي في حدوث المجاعة الأيرلندية عام ١٨٤٥م وهجرة الكثير من سكان أيرلندا إلى أمريكا عندما ظهر المرض بحالة وبائية، كما أنه قد يصيب بعض نباتات الفصيلة الباذنجانية الأخرى مثل الطماطم والباذنجان وغيرها. ونظرا لأهمية المرض المتسبب عن هذا الفطر فسوف نتطرق بصورة موجزه إلى الأعراض والتأثيرات المختلفة كما يلي:

تظهر أعراض المرض على الأجزاء الهوائية من النبات، وكذلك على الدرنات، فتظهر الإصابة على قمة أو حواف الوريقات بشكل بقع ميتة غير محددة ثم تتسع حتى تعم سطح الوريقات بكاملها ثم يتحول لونها إلى الأسود، وتظهر على السطح العلوي للوريقات أوضح منها على السطح السفلي. وبعد أن يتغذى الفطر على أنسجة العائل الورقية وفي وجود الرطوبة العالية يظهر على السطح السفلي للوريقات زغب أبيض، أو رمادي اللون عند حواف البقع، وهو عبارة عن تلك الحوامل البوغية والحوافظ البوغية للفطر المسبب، وتخرج هذه الحوامل في مجاميع من خلال فتحات الثغور. أما في الطقس الجاف والحرارة المرتفعة فتبقى بقع الإصابة صغيرة الحجم ومحدودة، وتصبح الأوراق المصابة هشة سهلة التكسر. وعلى السيقان تظهر بقع مشابهة لتلك الموجودة على الأوراق وتمتد الإصابة من قمة النبات إلى أسفله، وتمتد البقع حول الساق التي تجف، وتتشقق طوليا لتصبح سهلة الكسر أيضا. أما على درنات البطاطس فتتميز الإصابة بظهور بقع داكنة غائرة نوعا ما على سطح الدرنة، وإذا كشطت الدرنة يظهر عفن جاف لونه بني محمر تحت سطح البشرة بسمك ١ إلى ٢سم.

الشكل رقم (٣١). أوراق نبات البطاطس مصابة بمرض اللفحة المتأخرة المتسبب عن فطر *فيتوفثورا انفستانس P. infestans*.

وتصاب ثمار الطماطم في أطوار نموها كافة وتظهر الإصابة غالبا على قمة الثمرة على شكل بقع بنية غائرة تكبر في الحجم حتى تعم الثمرة بكاملها. ويعد فطر *الفيتوفثورا* من الفطريات البيضية المتطفلة اختياريا، وينمو داخل أنسجة النبات إما في المسافات البينية التي توجد بين الخلايا أو داخل خلايا العائل (الشكل رقم ٣٢)، وهيفاته غير مقسمة بجدر عرضية، وتحتوي كل منهما على العديد من الأنوية، ويطلق على هذه الهيفات بالمدمج الخلوي Coenocytic ولكن من الممكن ملاحظة بعض الحواجز العرضية في أجزاء الميسيليوم الأقدم عمرا عند بداية تكوين التراكيب التكاثرية. وترسل هيفات الفطر ممصات Haustoria إلى داخل خلايا العائل لامتصاص المادة الغذائية منها وهذه الممصات إما أن تكون صولجانية، أو خطافية، أو حلزونية.



الشكل رقم (٣٢). (أ) غزل فطري بين خلوي لفطر *فيتوفثورا كلوكاسياي P.colocasiae* يوضح الممصات داخل خلايا العائل.

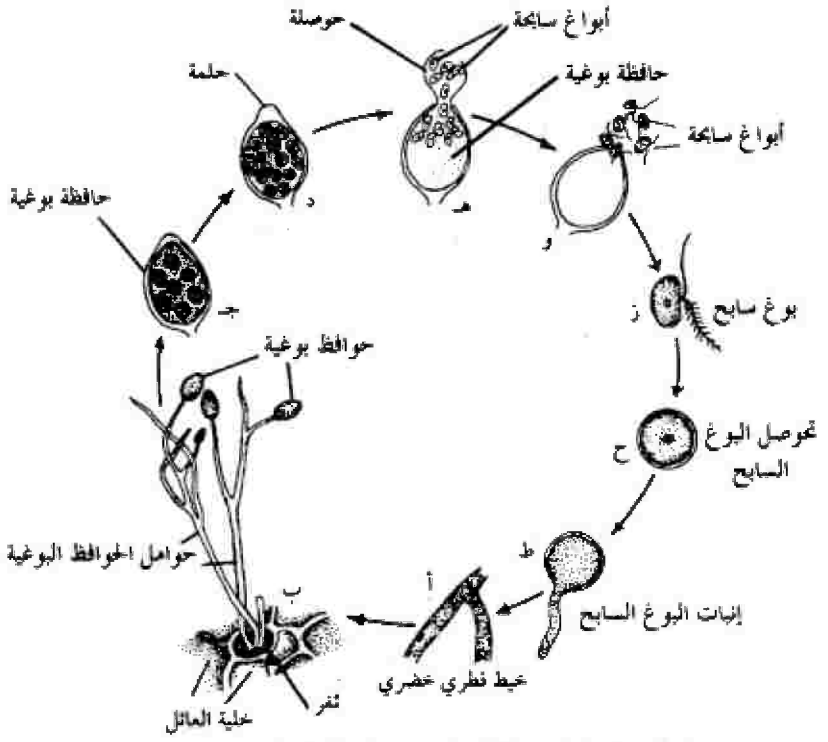
(ب) أبواغ كلاميدية نابتة ومكونة الحافظة البوغية.

طرق التكاثر

يتكاثر الفطر بطريقتين هما التكاثر اللاجنسي، والتكاثر الجنسي.

التكاثر اللاجنسي. يحدث هذا النوع من التكاثر عن طريق تكوين حوافظ بوغية Sporangia (الشكل رقم ٣٣ب)، التي تنشأ على خيوط فطرية خاصة، وتخرج الحوامل الحافظية للفطر على شكل مجاميع مكونة من حامل واحد إلى خمسة من خلال فتحات الثغور في حالة الأوراق، وخلال العديسات، أو الأماكن المجروحة في حالة الدرنات، وهي شفافة عديمة اللون متفرعة تفرعا كاذب المحور وغير محدودة النمو وتحمل في نهايتها الحوافظ البوغية التي تكون أيضا شفافة ليمونية الشكل ذات حلمة طرفية (الشكل رقم ٣٣جـ، د). ويعتمد إنبات الحوافظ البوغية في فطر *فيتوفثورا* على عوامل كثيرة منها الرطوبة، والحرارة وطبيعة وسط النمو. فعند الرطوبة العالية والحرارة المنخفضة فإن محتويات هذه الحوافظ تنقسم لتكوين أبواغ سابحة (الشكل رقم ٣٣هـ)، وتنطلق هذه الأبواغ إلى الخارج عن طريق ثقب طرفي (الشكل رقم ٣٣و)، وبعد فترة نشاط تستقر

وتتحوصل (الشكل رقم ٣٣حـ)، ثم تنبت وتخترق أنسجة العائل لتحدث إصابة جديدة (الشكل رقم ٣٣ط).



الشكل رقم (٣٣). التكاثر اللاجنسي في فطر *فيتوفثورا* *Phytophthora* sp.

أما في ظروف الرطوبة المنخفضة والحرارة العالية فإن الحوافظ البوغية تسلك مسلك الكونيدات، وتنبت مباشرة بدلا من تكوين أبواغ سابحة لتعطي أنبوبة إنبات تتخذ طريقها خلال الثغر، وتسبب إصابة جديدة للنبات، وعلى هذا فيلاحظ أن المرض يكون أكثر خطورة في المناطق الجافة.

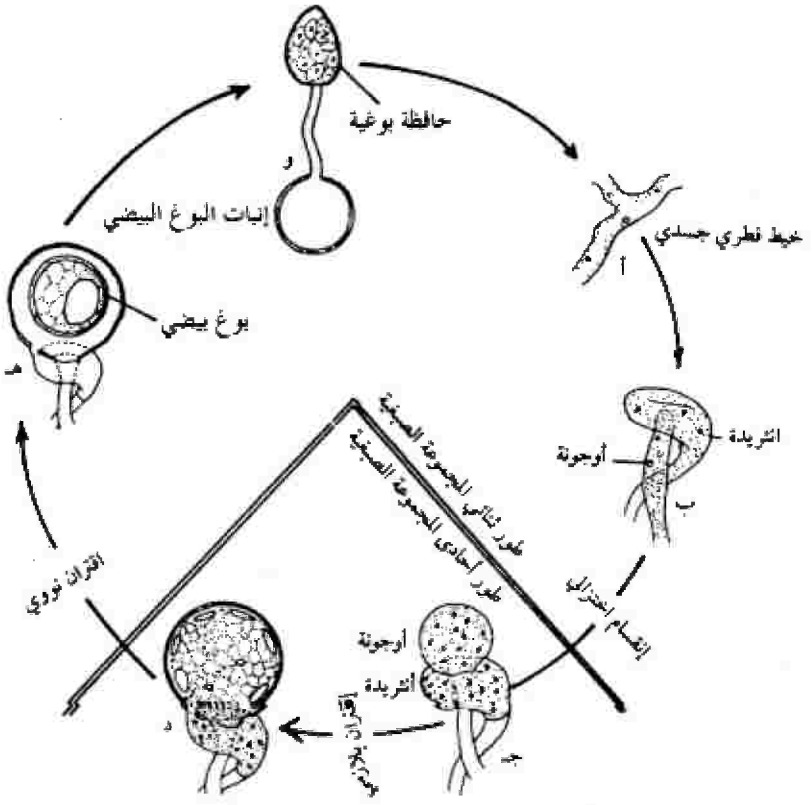
التكاثر الجنسي. وهو نادر الحدوث على النباتات المصابة، لأن الفطر عادة يمضي فترة الشتاء في الطبيعة في الأنسجة المصابة على هيئة ميسيليوم ينشط في بداية الموسم الجديد. وربما يرجع السبب في ندرة تكون الأبواغ البيضية *لفيتوفثورا انفستانس* إلى أن

الفطر متباين الثالوس أي لا يحدث التزاوج الجنسي إلا بين خيطين فطريين كل منهما مستمد من غزل فطري متميز وينبثق من بوغ واحد. ولذلك فالتكاثر الجنسي في هذا الفطر (الشكل رقم ٣٤) يحدث بين أنثريدات وأوجونات متضادة الطرز التزاوجية .

وكان العالم كلينتون (Clinton 1911) أول من أكتشف المرحلة الجنسية لفطر *فيتوفثورا انفستانس*، وقد نشر بذلك تقريرا حول تكوين الأبواغ البيضية في مزرعة نقية. وينتج أثناء تكاثرة الجنسي أعضاء جنسية متميزة، أنثوية وذكرية. وتتكون الأعضاء الأنثوية (الأوجونات) في نهاية فرع الخيط الفطري (الشكل رقم ٣٤ب)، ويبدأ تكوينها بتضخم كروي خيطي ثم انتقال الأنوية والسيتوبلازم إلى الجزء المتضخم ، وبعد ذلك بقليل يتكون جدار مستعرض يعزل الجزء المنتفخ (الأوجونة) عن بقية الخيط الفطري (الشكل رقم ٣٤جـ). وتحتوي كل أوجونة على بيضة واحدة أحادية النواة تحاط بطبقة من البروتوبلازم المحيطي Periplasm ، الذي تنحل فيه جيمع الأنوية الأخرى، وفي نهاية خيط فطري آخر وبالقرب من هذا النوع أو بعيدا عنه، تظهر الأعضاء الذكرية (الانثريدات) التي تتكون على هيئة خيوط منتفخة عند النهاية البعيدة للخيط كما يظهر جدار مستعرض خلف هذا الجزء المنتفخ مباشرة حيث تبدو الأنثريدة على شكل استطالة ثخينة (الشكل رقم ٣٤ب، جـ) .

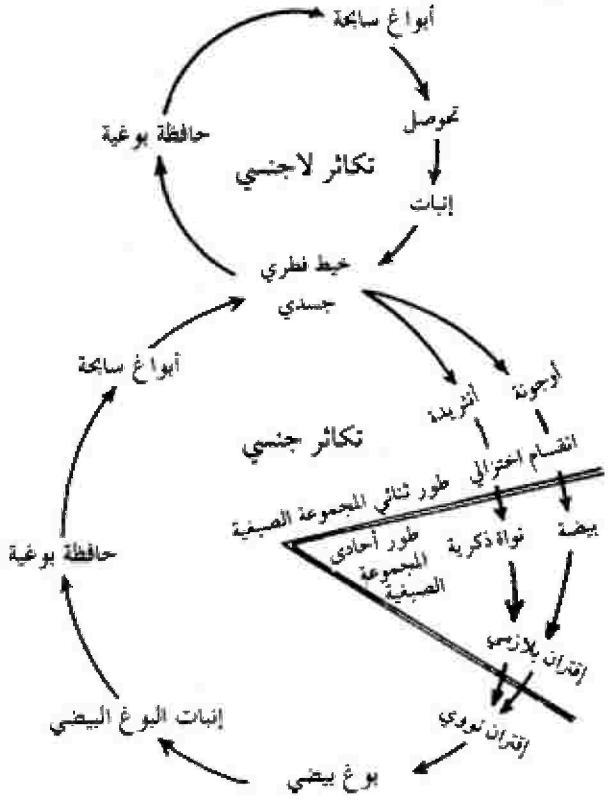
ويتبع الفطر في تكاثره الجنسي النمط العام للفطريات البيضية الأخرى، فالانقسام الاختزالي يحدث داخل الأعضاء الجنسية من أنثريدات وأوجونات (وليس في البوغ البيضي كما هو سائد من قبل)، قبل أن يحصل الاندماج بين محتوياتهما، لأنهما قد تكّونا أصلا من أغزال فطرية ثنائية المجموعة الصبغية، ولقد تم إثبات ذلك مؤخرا بواسطة كل من برايزير وسانسوم (Brasier & Sansome) كما أسلفنا، وينتج عن ذلك الانقسام تكوين أمشاج ذكرية وبيضات أحادية المجموعة الصبغية ويتم الإخصاب بينهما بأن تخترق الأوجونة الانثريدة والأخيرة ما زالت في طور التكوين. وتظهر الأوجونة في هذه الحالة

فوق الأنثريدة كتركيب كروي للشكل (الشكل رقم ٣٤جـ)، ولذلك تبدو الأنثريدة على هيئة قمع حول قاعدة الأوجونة الناضجة. وتحصل عملية الاندماج السيتوبلازمي أثناء اختراق الأوجونة الأنثريدة (الشكل رقم ٣٤د)، ثم بعد ذلك تحصل عملية الاقتران النووي، ويتكـــون البوغ البيضي داخل الأوجونة (الشكل رقم ٣٤هـ)، وهي ذات جدار سميك وغالبا تكون ملساء ومقـــاومة للظروف غـــير الملائمة. ينبت البوغ البيضي مباشرة بعد نضجها، أو بعد فترة كمون ثم تنقسم نواتها المتكونة عدة انقسامات غير مباشرة ينتج عنها تكوين عدد كبير من الأنـــوية، وعند حدوث الإنبات



الشكل رقم (٣٤). المراحل المختلفة للتكاثر الجنسي في فطر فيتوفثورا انفستانس *p.infestans*.

يرسل البوغ البيضي خيطا فطريا قصيرا وغير مقسم ينتهي عادة بكتلة كروية ينتقل إليها البروتوبلاست عديد الأنوية، ويطلق عليها الحافظة البوغية (الشكل رقم ٣٤و)، التي تحتوي بداخلها عددا كبيرا من الأبواغ السابحة ثنائية السوط بالطريقة نفسها التي تتكون بها الحوافظ من الأغزال الفطرية.



الشكل رقم (٣٥). مخطط توضيحي ملخص دورة حياة فطر *فيتوفثورا Phytophthora*.

وفي بعض الأحيان ينمو أنبوب الإنبات المتكون مباشرة من البوغ البيضي ويتطور إلى غزل فطري جديد (الشكل رقم ٣٤أ). ويمكن تمثيل دورة حياة فطر *فيتوفثورا* بالمخطط الموضح بالشكل رقم (٣٥).

□ الفصيلة البيرونوسبورية Family Peronosporaceae

تعد هذه الفصيلة أكثر الفصائل الأربع التي تضمنتها رتبة البيرونوسبورات. وتعيش جميع أنواعها كطفيليات إجبارية على النباتات الزهرية ولا يمكن زراعتها في منابت غذائية صناعية. وأفرادها تسبب أمراضا لكثير من النباتات تعرف بأمراض البياض الزغبي Downy mildews ، فهي تعد من أعظم الفطريات أهمية من الوجهة الاقتصادية حيث تصيب بعض المحاصيل الزراعية الهامة ، وتسبب لها أضرارا بالغة الخطورة.

وسميت هذه المجموعة من الأمراض بالبياض الزغبي نسبة إلى وجود نموات ، أو بثرات زغبية بيضاء اللون ، أو رمادية ، وهي الحوامل البوغية للفطر ، وتبدو كما يدل الاسم كزغب الطير. وأعراض المرض تظهر في الغالب على الأوراق ، وقد تظهر أيضا على السوق والثمار ، ولا تلبث أوراق النبات المصاب أن تذبل ، وتصفر ثم تموت ، وقد يصيب الموت النبات كله.

وتختلف هذه الفصيلة عن الفصيلة البيثية Pythiaceae ولكنها تشبه الفصيلة الألبوجينية Albuginaceae في أن أجناسها كلها تعيش حياة إجبارية التطفل. وتوجد خيوط الفطر بين خلايا النبات العائل وممصاتها تشبه ممصات أفراد الفصيلة الألبوجينية في كونها مستديرة الشكل ولكنها قد تكون خيطية أو متفرعة ، وتخرج حوامل الأبواغ الكونيدية عبر المسام الموجودة على السطح السفلي للورقة ، وتتكون الأبواغ الكونيدية بشكل فردي وليست في سلاسل كما هو الحال في أفراد الفصيلة الألبوجونية ، وكذلك يكون البوغ عديد الأنوية ، وتنمو في أغلب الأحيان بتكوين أبواغ سابحة.

الصفات العامة لأمراض البياض الزغبي ومسبباتها

تشترك أمراض البياض الزغبي في صفات عامة من حيث الأعراض وطريقة الإصابة والظروف البيئية المسببة للإصابة وطرق مكافحة المرض. ويمكن تلخيص تلك الصفات في النقاط التالية:

١- تبدأ الأعراض على شكل بقع أو مساحات خضراء فاتحة اللون على السطح العلوي للأوراق، ويتقدم الإصابة يتحول لونها إلى الأصفر ثم إلى البني دلالة على اختفاء مادة اليخضور وموت النسيج، ويقابل هذه البقع على السطح السفلي للورقة نموات زغبية رمادية اللون وهي عبارة عن الحوامل البوغية للفطر التي تخرج من خلال الثغور الهوائية إلى سطح العائل.

٢- الفطريات المسببة لأمراض البياض الزغبي إجبارية التطفل.

٣- التطفل فيها داخلي، حيث ينمو الغزل الفطري داخل أنسجة العائل بين الخلايا ويرسل ممصات دقيقة تخترق جدر الخلايا لامتصاص المواد الغذائية منها. وتختلف أشكال الممصات حسب نوع الفطر المسبب للمرض، فقد تكون كروية إلا أنها في كثير من الأنواع تكون خيطية بسيطة، أو متفرعة ملتفة.

٤- يرتبط كل جنس، أو كل نوع من هذه الفطريات في تطفله بعائل واحد، أو عدة عوائل خاصة.

٥- تحدث إصابة النبات بأحد هذه الفطريات وذلك بإرسال أنبوبة إنبات تنشأ من إنبات البوغ السابح، أو من إنبات الحافظة البوغية مباشرة، وتخترق هذه الأنبوبة أنسجة النبات العائل عن طريق الثغور فتحدث الإصابة.

٦- بعد حدوث الإصابة وتوفر الظروف الملائمة للفطر تبدأ عملية التكاثر اللاجنسي، فتخرج من فتحات الثغور حوامل بوغية ذات نمو محدود يختلف

شكلها وطريقة تفرعها باختلاف الجنس المسبب للمرض، ويمكن تمييز الأجناس عن بعضها بواسطة شكل وطريقة تفرع هذه الحوامل (الشكل رقم ٣٦). أما تمييز الأنواع المختلفة لكل جنس فيكون عادة حسب نوع العائل النباتي وينتهي كل حامل بوغي بحافظة بوغية واحدة، أو أكثر وهي قد تكون بيضية أو مستديرة الشكل. وعند نضج هذه الحوافظ فإنها تنفصل عن حواملها بسهولة وتنتشر بواسطة الرياح.

٧- إنبات الحوافظ البوغية يختلف باختلاف الظروف المحيطة بالمرض، ففي الظروف الجفافية فإن الحوافظ البوغية تنبت مباشرة أي بإرسال أنبوبة إنبات كما هو الحال في الأبواغ الكونيدية. أما في الظروف الرطبة وانخفاض درجات الحرارة فإن الحوافظ البوغية تنمو نموا غير مباشر وذلك بتكوين أبواغ سابحة (هدبية) لكل منها سوطان جانبيان تسبح بواسطتهما في الماء الموجود على سطح العائل، ثم تستقر وتفقد أسواطها وتحيط نفسها بجدار رقيق ثم تنبت بإرسال أنبوبة إنبات لتصيب العائل.

٨- قرب نهاية موسم نمو النبات العائل يبدأ الفطر في التكاثر الجنسي وذلك بتكوين أبواغ بيضية داخل الأنسجة في المسافات البينية، وتحتاج هذه الأبواغ إلى فترة سكون لبعض الوقت، وتعمل على نقل المرض من موسم إلى آخر لأنها تستطيع أن تتحمل الظروف البيئية غير المناسبة من درجات حرارة مرتفعة، أو برودة قاسية، أو جفاف.

هناك أكثر من ٣٠٠ نوع تتبع هذه الفصيلة، ولكن أبرزها الأنواع التالية:

١- *بلازموبارا فيتيكولا* *Plasmopara viticola*

ويسبب مرض البياض الزغبي في العنب.

٢- *بيرونوسبورا باراسيتيكا* *Peronospora parasitica*

ويسبب مرض البياض الزغبي لأفراد الفصيلة الصليبية مثل الفجل واللفت.

٣- *بريميا لاكتيوكي* *Bremia lactucae*

ويسبب مرض البياض الزغبي في الخس.

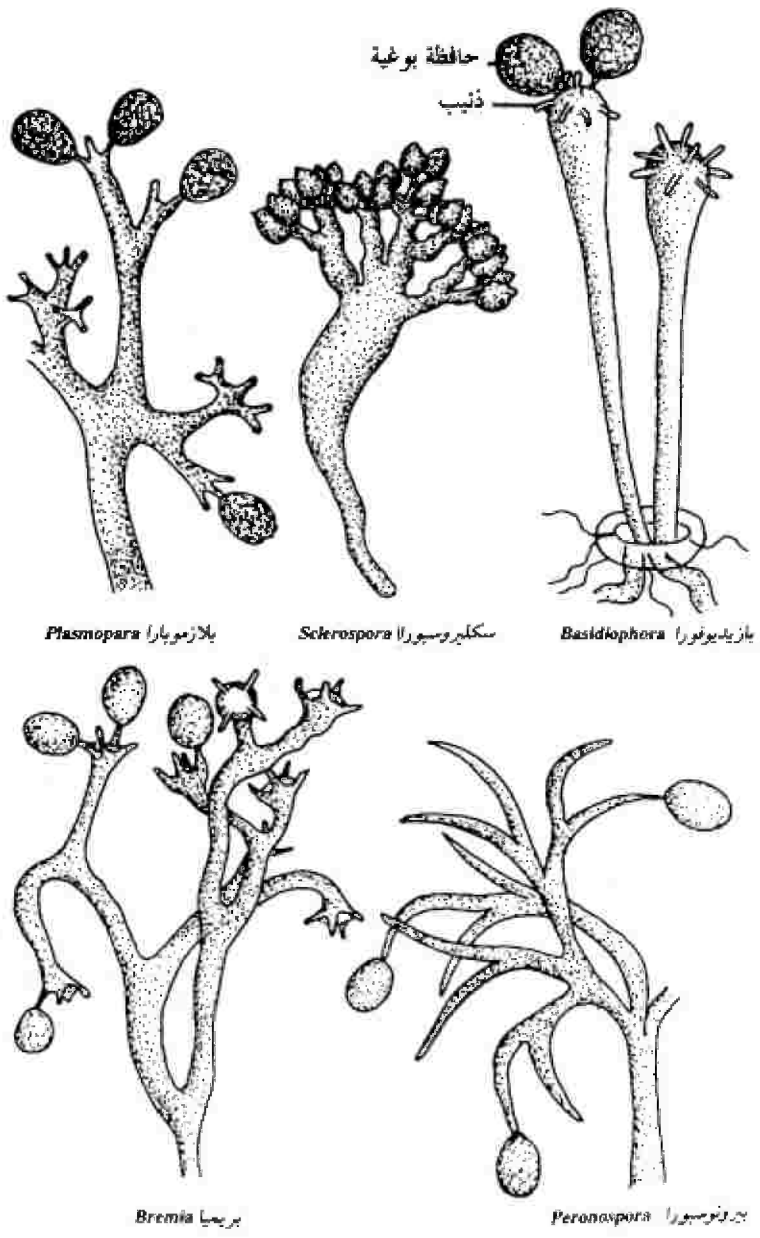
٤- *سكليروسبورا جراميكولا* *Sclerospora graminicola*

الذي يسبب مرض البياض الزغبي للنجيليات.

ويمكن التمييز بين الأجناس الفطرية السابقة مورفولوجيا بطريقة شكل وتفرع حوامل الحوافظ البوغية، ووضع هذه الحوافظ على الحوامل (الشكل رقم ٣٦) وهي من الصفات الهامة من الناحية التصنيفية التي يمكن بواسطتها التعرف على هذه الأجناس كما يلي:

١- جنس *بلازموبارا* *Plasmopara*

يتميز هذا الجنس بأن حوامل الحوافظ البوغية فيه رفيعة نسبيا وتتشكل بأعداد كبيرة، ويخرج منها محاور أو فروع عديدة تكاد تكون على زوايا قائمة مع المحور الأصلي، وهذه الفروع تتفرع بدورها تفرعا صادق المحور. الأطراف النهائية للفروع غير مستدقة عليها نتوءات مستديرة قليلا ويحمل كل فرع في نهايته حافظة بوغية، ومن أهم الأنواع التابعة لهذا الجنس النوع *بلازموبارا فيتيكولا* الذي يسبب مرض البياض الزغبي في العنب حيث تخرج حوامل الحافظة البوغية من السطح السفلي للورقة المصابة.



الشكل رقم (٣٦). حوامل الحوافظ البوغية المميزة لخمسة أجناس من الفصيلة البيرونوسبورية
(عن الكسوبولوس وآخرين، ١٩٩٦)

٢- جنس بريميا *Bremia*

في هذا الجنس يتفرع الحامل البوغي تفرعا ثنائي الشعب، ونهاية الفرع تكون منتفخة على شكل جسم على هيئة الصحن قليل العمق، ويوجد على حافته عدد من الأعناق القصيرة الدقيقة تسمى ذنيبات Sterigmata (من ٢ إلى ٤) تحمل كل منها حافظة بوغية واحدة. ومن أشهر الأنواع التابعة لهذا الجنس نوع *بريميا لاكتيوكي* الذي يتطفل على نبات الخس وكذلك النوع *بريميا جرامينيكولا* الذي يتطفل على النباتات النجيلية.

٣- جنس بيرونوسبورا *Peronospora*

تكون الحوامل البوغية متفرعة تفرعا ثنائي الشعب، الأطراف النهائية منحنية مستدقة، ومدلاة حيث تعطي شكل المخلب Claw shaped، تحمل كل منها حافظة بوغية واحدة، ويتبع هذا الجنس عددا من الأنواع أهمها: *بيرونوسبورا السبانخي P.spinaciae (P.effusa)* الذي يتطفل على نبات السبانخ، *وبيرونوسبورا التطفلي P.parasitica* ويتطفل على نباتات الفصيلة الصليبية وتشبه أعراضه أعراض البياض الزغبي في العنب. *وبيرونوسبورا التبغي P.tabacina* الذي يتطفل على نبات التبغ. وأخيرا فطر *بيرونوسبورا شلبيناي P.schleideni (p.destructor)* ويتطفل على نبات البصل، حيث تبقى أبواغ الفطر في جذر البصل لتصيب الأوراق الجديدة في العام التالي.

٤- جنس سكلروسبورا *Sclerospora*

في هذا الجنس يكون شكل المحور الأصلي لحامل الحوافظ البوغية شجيري غليظ وقصير وتوجد الأفرع فقط عند قمة هذا المحور، وتحمل في نهايتها الحوافظ البوغية

المفردة، وتتطفل معظم أنواعه البالغة ١٣ نوعا على نباتات الفصيلة النجيلية، وخاصة قصب السكر، والذرة المزروعة في المناطق الاستوائية. وأشهر الأنواع التابعة لهذا الجنس النوع النجيلي، *سكليروسبورا جراميتيكولا*.

وتتبع دورات حياة جميع أنواع الفصيلة البيرونوسبورية نفس النمط العام، الذي يشبه مثيله في أفراد الفصيلة البيثية، ولذا فسنقتصر على دراسة ووصف دورة حياة الفطر المسبب لمرض البياض الزغبي في العنب كمثل لهذه الفصيلة نظرا لأهميتة من الناحية الاقتصادية.

الوضع التصنيفي لجنس بلازموبارا **Systematic position of Genus *plasmopara***

Division: mastigomycota	قسم: الفطريات السوطية
Subdivision: diplomastigomycotina	قسم: الفطريات ثنائية السوط
Class: Oomycetes	طائفة: الفطريات البيضية
Order: peronosporales	رتبة: البيرونوسورات
Family: Peronosporaceae	الفصيلة: البيرونوسورية
Genus: *Plasmopara*	جنس بلازموبارا

يضم هذا الجنس ما يقارب ٢٠ نوعا منتشرة على نطاق واسع، وأهم هذه الأنواع من وجهة النظر الاقتصادية النوع *بلازموبارا فيتيكولا P.viticola* الذي يتطفل على العنب ويسبب له مرضا يسمى مرض البياض الزغبي في العنب Downy mildew of grapes وهو ينمو كمتطفل بين خلوي داخل الأوراق والفروع الصغيرة مسببا لفحتها، أو تبقعها (الشكل رقم ٣٧)، وقد يصيب كذلك الثمار فيعفنها، وتبدأ الأعراض المبكرة بتكوين بقع صفراء شاحبة مختلفة في الحجم والشكل على السطح العلوي للورقة، وعند الظروف البيئية المناسبة يظهر على السطح السفلي للأوراق بياض زغبي واضح في لون اللبن. وميسيليوم الفطر عديد الأنوية، متفرع وغير مستقيم ويوجد بين الخلايا مرسلا ممصات صغيرة كروية الشكل رقيقة الجدار تخترق

جدر خلايا العائل وتمتص الغذاء من بروتوبلازم العائل، وبعد فترة من النمو الميسيليومي تتجمع الخيوط الفطرية متكتلة تحت فتحات الثغور التي على السطح السفلي للورقة.

الشكل رقم (٣٧). ورقة عنب مصابة بمرض البياض الزغبي المتسبب عن الفطر *بلازموبارا فيتيكولا* *Plasmopara viticola*.

طرق التكاثر

تشبه دورة حياة أنواع هذه الفصيلة بصفة عامة مثيلتها في أفراد الفصيلة البيثية التي سبق وصفها، وعلى هذا فإن فطر *بلازموبارا فيتيكولا* يتكاثر لا جنسيا وجنسيا كما يلي:

التكاثر اللاجنسي. في الظروف البيئية الملائمة لنمو الفطر، أي بعد أن يثبت الغزل الفطري نفسه جيدا داخل العائل، يكون تجمعات كثيفة من الخيوط الفطرية في

التجاويف تحت ثغور الأوراق والفروع الغضة ويخرج من فتحة الثغر الواحد عددا من الخيوط الفطرية التي تنمو في الاتجاه الرأسي معطية حوامل الحوافظ البوغية المتفرعة (كل حامل يعطي من ٢ إلى ٦ أفرع رئيسية) ويتفرع كل فرع من هذه الفروع الرئيسية بدوره إلى عدة فروع كل منها وحيد الشعبة وبزاوية قائمة أيضا وينتهي كل من هذه الفروع بعدد من البروزات، أما ما يسمى بالذنيبات التي يتراوح عددها ما بين ٢ إلى ٤ وهي قصيرة جدا ورفيعة ويحمل كل بروز حافظة بوغية مفردة ليمونية الشكل، وتتراوح أبعادها من (٥-٣١×١١-١٨) ميكرو ميتر، وتسبب الأعداد الكبيرة من حوامل الحوافظ البوغية المظهر الزغبي الذي يظهر على السطح السفلي للأوراق المصابة. وتتكون الحوافظ البوغية بحدوث انتفاخ عند نهاية البروز، ثم ينفصل هذا الانتفاخ بحاجز عرضي وتنقسم نواة الحافظة البوغية التي استقرت في الانتفاخ قبل انفصاله لتعطي عدد من الأنوية تجعل الحافظة البوغية عديدة الأنوية حيث تحاط كل نواة بطبقة ستيوبلازمية وغشاء وتتشكل بداخلها الأبواغ السابحة (الشكل رقم ٣٨). عندما يتم نضج هذه الحوافظ فإنها تنفصل من البروز بسهولة وتحمل بواسطة التيارات الهوائية والأمطار لمسافات بعيدة حيث تسبب إصابات جديدة على نباتات أخرى سليمة.

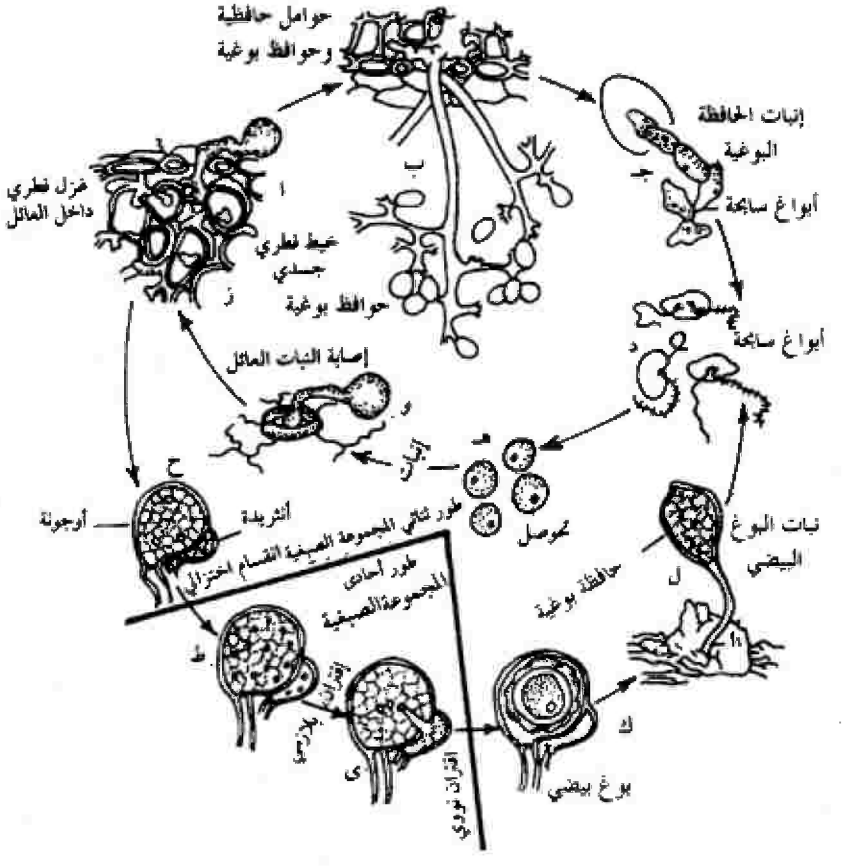
وتحدث إصابة العائل نتيجة إنبات الحافظة البوغية، حيث تعطي عدد من الأبواغ السابحة التي تخرج من فتحة طرفية في الحافظة حيث تسبح هذه الأبواغ السابحة في الغلاف المائي الموجود على سطح العائل فترة قصيرة من الوقت، ثم تستقر وتفقد أسواطها ثم تفرز غشاء خلويا حول نفسها فتتحوصل، بعد ذلك تنبت مرة ثانية مكونة أنبوب إنبات يدخل نسيج العائل عن طريق فتحات الثغور، وينمو بين خلاياه محدثا إصابة جديدة. ويتم الفطر هذه الدورة في مدة تتراوح بين ٥ إلى ١٨ يوما تبعا لظروف

الحرارة والرطوبة السائدة وقت حدوث الإصابة. وانسب درجات الحرارة الملائمة لحدوث العدوى تنحصر بين ١٨ إلى ٢٤°م.

التكاثر الجنسي. كما سبق الإشارة إليه فإن دورة حياة هذا الفطر يتبع نفس النمط العام، الذي يشبه مثله في فطر "بيثيوم" و "*فيتوفثورا*" مما سبق وصفه بالتفصيل، ويمكن تلخيص التكاثر الجنسي لهذا الفطر كما يلي:

عندما تبدأ أنسجة النبات العائل في التحلل بسبب الموت يستجيب لها الفطر بتكوين أعضاء جنسية من أوجونات، وأنثريدات التي توجد متغلغلة داخل أنسجة النبات (الشكل رقم ٣٨ح). فالأوجونة تحتوي على بيضة واحدة بداخلها عدد كبير من الأنوية التي سرعان ما تتلاشى كلها ما عدا نواة واحدة تنقسم انقساما أخيرا معطية نواتين تندثر إحداهما وتبقى الأخرى التي هي نواة البيضة Oosphere والتي تحاط بكتلة سيتوبلازمية كثيفة. أما العضو الذكري (الأنثريدة) فهي تحتوي على عدد كبير من الأمشاج الذكرية (الأنثيروزويدات Antherozoides) ويتم التلقيح والإخصاب بين بيضة ومشيج ذكري واحد وتحصل عملية الإندماج السيتوبلازمي أثناء اختراق الأنثريدة للأوجونة (الشكل رقم ٣٨ط). ثم بعد ذلك تحصل عملية الاقتران النووي (الشكل رقم ٣٨ي)، ثم تحيط البيضة المخصبة (اللاقحة) نفسها بجدار غليظ ثم تتحول فيما بعد إلى بوغ بيضي ساكن Oospore (الشكل رقم ٣٨ك)، كروي الشكل تتراوح أقطاره بين ٢٥ إلى ٣٥ ميكروميتر، وله جدار سميك مجعد وخشن الملمس وذو لون بني-برتقالي، ويستطيع البوغ البيضي الساكن وهو على هذا الحال أن يقاوم كل الظروف البيئية غير الملائمة التي قد يتعرض لها الفطر، ثم تمضي هذه الأبواغ الساكنة فترة الشتاء في المناطق الدافئة داخل أنسجة أوراق العنب القديمة المصابة التي تسقط في التربة وتختلط بها، وتظل الأبواغ على هذا الحال حتى حلول فصل الربيع التالي. وعندما تتوفر لها الظروف البيئية الملائمة من حرارة ورطوبة وذلك في أوائل موسم نمو النبات

العائل فإن البوغ البيضي يعاود نشاطه وينبت مكونا حاملا بوغياً قصيرا يحمل في نهاية الحافظة البوغية (الشكل رقم ٣٨ل)، ثم تنبت الحافظة المتكونة وتنطلق منها الأبواغ السابحة (الشكل رقم ٣٨د)، التي تسبح في الماء وتصيب الأجزاء السفلى من النبات وبذلك تحدث الإصابات الأولية، يتبعها فترة حضانة مدتها من ١٠ إلى ٢٤ يوما ثم تظهر النموات الزغبية، وبذلك يعيد الفطر دورة حياته من جديد (الشكل رقم ٣٨).

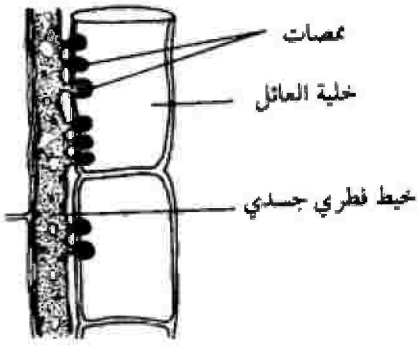


الشكل رقم (٣٨). دورة حياة فطر *بلازموبارا فيتيكولا* *P.viticola*.

(عن الكسوبولوس وآخرين، ١٩٩٦)

☐ الفصيلة الألبوجينية Family Albuginaceae

تشمل هذه الفصيلة جنسا واحدا فقط هو جنس *البوجو Albugo*، ويضم هذا الجنس أكثر من ٢٥نوعا تعيش جميعها حياة طفيلية إجبارية Obligate parasite وتسبب أمراضا للنباتات الزهرية ولا يمكن زراعة هذه الأنواع في المزارع الفطرية الصناعية وهي بذلك تشبه أفراد الفصيلة البيرونوسبورية، وتختلف عن أفراد الفصيلة البيثية التي يمكنها أن تتطفل تطفلا اختياريا. وتعرف الأمراض المتسببة عن الأنواع المختلفة من جنس البوجو بالأصداء البيضاء White rust diseases حيث يكون الطفيل مساحات بيضاء لامعة على السوق والأوراق. ويمتاز الغزل الفطري في أفراد هذه الفصيلة بأنه متفرع وغير مقسم وينمو في المسافات البينية ويرسل ممصات بسيطة مستديرة أو بيضية الشكل في داخل الخلايا المجاورة لاستيفاء احتياجاته الغذائية (الكل رقم ٣٩). وتتميز هذه الفصيلة بأن الحوامل البوغية تتولد تحت البشرة، ويحمل كل حامل بوغي سلسلة من الحوافظ البوغية الكونيدية، فتنقسم داخليا تحت الظروف الجفافية فتنبت كل وحدة مباشرة كبوغ كونيدي ويسبب إصابة جديدة، وتشترك هذه الفصيلة في هذه الخاصية مع الفصيلتين السابقتين والتابعتين لنفس الرتبة.



الشكل رقم (٣٩). فطر *البوجو كانديدا*، قطاع خلال ساق النبات العائل يبين الغزل الفطري بين الخلوي للطفيل، وكذلك ممصات الفطر الأصبعية الشكل داخل خلايا العائل.

وتمتاز الأنواع المختلفة لجنس *البوجو* بأنها تتكيف لتتطفل على مجموعات نباتية معينة أي أنها متخصصة، وينحصر تطفل كل نوع على عائل محدد خاص به. وأهم هذه الأنواع هي:

١ - *البوجو كانديدا Albugo candida* ويتطفل على نباتات الفصيلة الصليبية وعلى الأخص الكرنب واللفت والفجل وهو النوع الوحيد من بين الأنواع الأخرى الذي يسبب مرضا بالغ الأهمية الاقتصادية.

٢ - *البوجو بورتيولاكي A.portulacae* ويتطفل على نبات الرجلة.

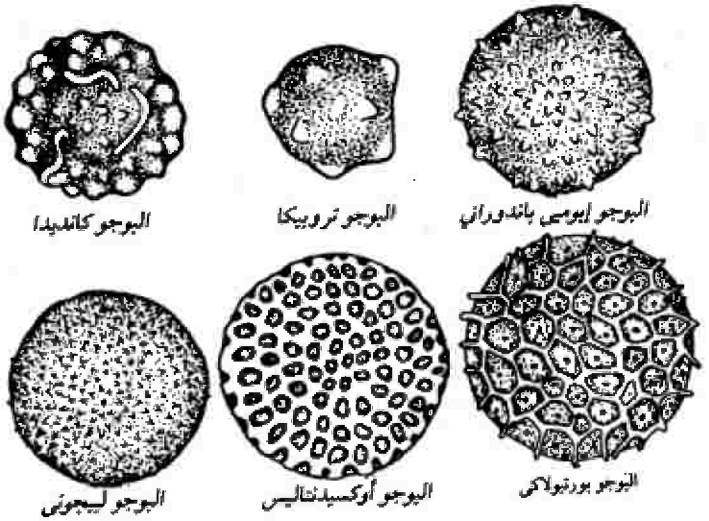
٣ - *الوجو أيبوميا A.ipomoeae-panduranae* ويتطفل على نبات البطاطا الحلوة.

٤ - *البوجو أكسيد يتاليس A.occidentalis* ويتطفل على نبات السبانخ.

٥ - *البوجو ترويكا A.tropica* .

٦ - *البوجو ليبيجوني A.lepigoni* .

وتعد صفة البوغ البيضي Oospore وشكلها معيارا نافعا للتمييز بين أنواع فطر «*البوجو*» آنفة الذكر (الشكل رقم ٤٠).



الشكل رقم (٤٠). أبواغ بيضية ملقحة Oospores في ستة أنواع من فطر *البوجو* .*Albugo* sp.

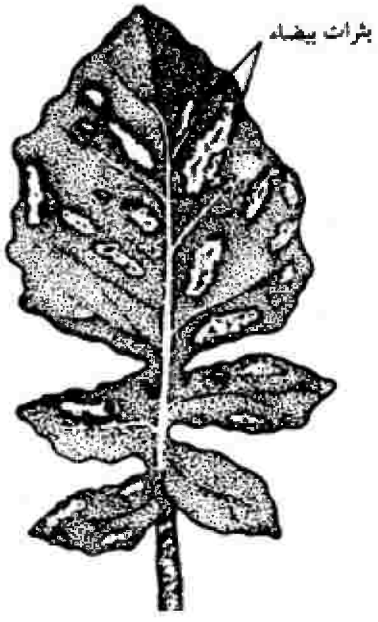
الوضع التصنيفي لجنس البوجو Systematic position of Genus *Albugo*

Division: mastigomycota	قسم: الفطريات السوطية
Subdivision: diplomastigomycotina	قسيم: الفطريات ثنائية السوط
Class: Oomycetes	طائفة: الفطريات البيضية
Order: peronosporales	رتبة: البرونوسورات
Family: Albuginaceae	الفصيلة:الألبوجينية
Genus: *Albugo*	جنس: البوجو

يضم جنس *البوجو* أكثر من٢٥ نوعا أهمها من الناحية الاقتصادية النوع *البوجو كانديدا* *A. candida* (pers.) kuntze أو ما يسمى أحيانا *Cystopus candidus* (pers.) de Bary وهو فطر متطفل تطفلا إجباريا ويسبب مرضا فطريا للنباتات يعرف بمرض الصدأ الأبيض في النباتات الصليبية White rust of crucifers (الشكل رقم ٤١)، وهذا المرض يعد من أقدم الأمراض النباتية في العالم، ويشاهد على كثير من النباتات التابعة للفصيلة الصليبية، وخاصة ذات الأهمية الاقتصادية كالفجل، واللفت، والكرنب وغيرها فيسبب رداءة نوعيتها وعدم تكون بذورها، وهو واسع الانتشار، وترجع تسمية الفطر بالصدأ الأبيض لمشابهته لمرض الصدأ العادي (الأسود) المعروف في القمح والذي يسببه الفطر *باكسينيا جرامينيس* وذلك من حيث تكوين الأبواغ في بثرات Sori (المفرد Sorus) ومن حيث انتظامها في سلاسل بطريقة متشابهة للأبواغ الأسيدية التي سنتعرض لها بمزيد من التفاصيل فيما بعد.

ويصيب الفطر كل أعضاء النبات ما عدا الجذور، وتتمثل الأعراض الخارجية للمرض في ظهور بثرات بيضاء لامعة شمعية مختلفة الشكل والحجم ويبلغ قطرها بين ١-٢مم وقد تتقارب وتتصل بعضها ببعض مكونة مساحة كبيرة نسبيا ثم تنفجر أخيرا وتصبح ذات مظهر دقيقي. وتتكون البثرات على السيقان، والأوراق، وأحيانا على الثمار، ويسبب ذلك تشويها للأزهار والثمار، ويعيش الغزل الفطري داخل المسافات البينية لأنسجة النبات العائل، وهو عديد الأنوية دون جدر مستعرضة عادة، ويرسل

داخل خلايا العائل ممصات Haustoria مستديرة صغيرة الحجم وعديدة تمتص من داخلها المواد الغذائية اللازمة لنمو الفطر.

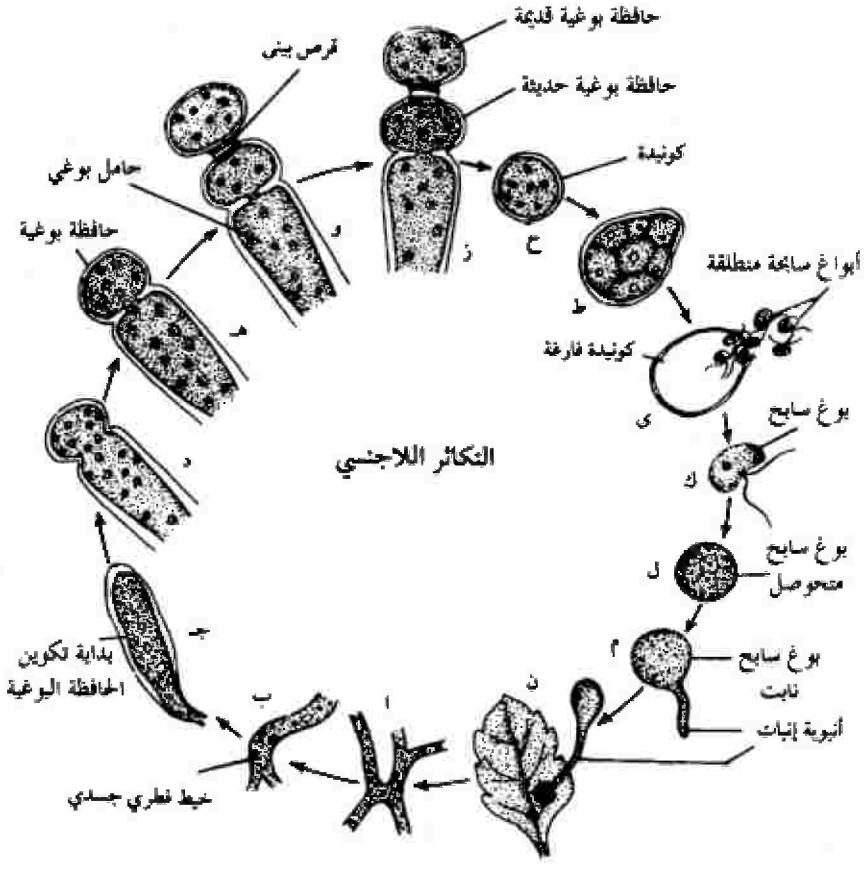


الشكل رقم (٤١). ورقة نبات الخس مصابة بمرض الصدأ الأبيض المتسبب عن الفطر *كانديدا Albugo candida*.

طرق التكاثر

يتكاثر فطر البوجو كانديدا بطريقتين هما التكاثر اللاجنسي والتكاثر الجنسي.

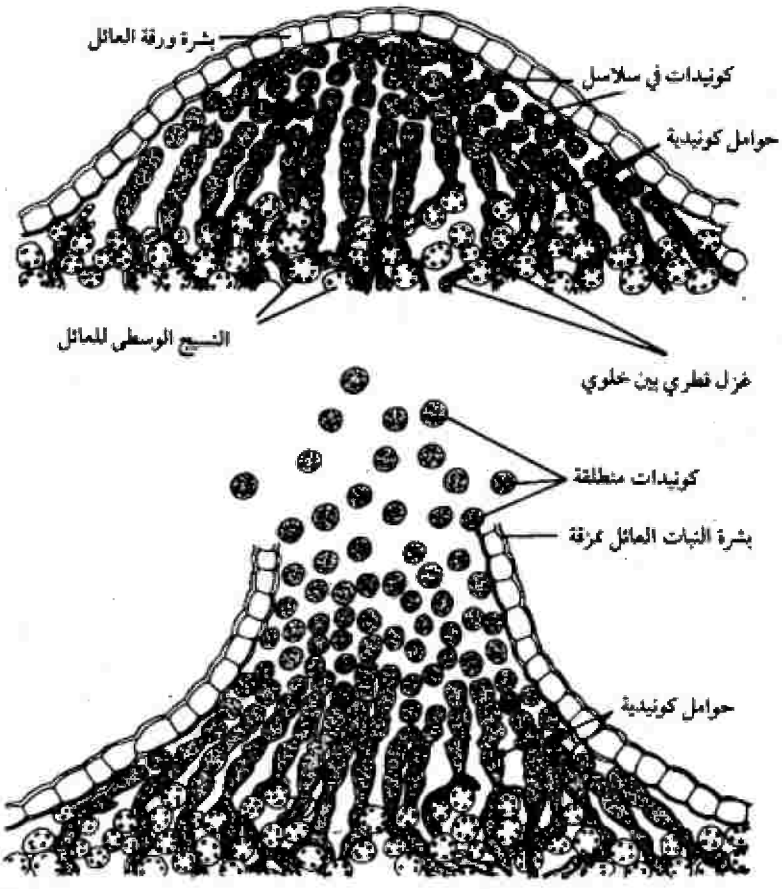
التكاثر اللاجنسي. بعد فترة معينة من نمو الغزل الفطري خضريا داخل أنسجة النبات العائل يكون أثناءها قد استنفد الكثير من المواد الغذائية الموجودة في العائل، يبدأ بعد ذلك في عملية تكاثر لا جنسي لحفظ نوعه، وإكثاره (الشكل رقم ٤٢). وتبدأ هذه العملية بتجمع الخيوط الفطرية وتزاحمها وتغلظها تحت بشرة العائل، ثم يعطى هذا



الشكل رقم (٤٢). المراحل المختلفة للتكاثر اللاجنسي في فطر *البوجو كانديدا Albugo candida*.
(عن باندي وتريفيدى ١٩٧٩)

الغزل الفطري أفرعا رأسية عمودية على سطح الورقة تسمى الحوامل البوغية أو الكـــونيدية Sporangiophores or conidiophores (الشكل رقم ٤٣ج، د) وهي صولجانية الشكل، ويحتوي البروتوبلاست داخل الحامل البوغي ما يقارب من ١٢ نواة، ويكون الجزء الطرفي من الحامل محاطا بجدار رقيق، بينما يحاط الجزء السفلي بجدار مغلظ كثيرا. وتستمر الأطراف العلوية من الحوامل في الاستطالة وباستطالتها تضغط على بشرة

العائل فتسبب انفصالها عن الأنسجة التي تحتها، وبذلك تتخذ بثرة الإصابة ذلك المظهر الأبيض اللامع الذي يشبه الشمع، وتقتطع من هذه الأطراف الرأسية للغزل الفطري خلايا مستديرة من الخارج إلى الداخل. أي أن أكبرها سنا يكون أبعدها عن الغزل الفطري، وأحدثها سنا يكون أقربها إلى الفرع الرأسي (الشكل رقم ٤٣ز). أما الأجسام المستديرة التي تقتطع منها في سلاسل يفصل عن بعضها البعض أقراص جيلاتينية Disjunctor تساعد على انفصالها، فتسمى حوافظ بوغية، أو كونيدات (الشكل رقم ٤٣و،ز)، ويبلغ قطرها بين ١٢ إلى ١٨ميكروميتر وهي شفافة وتحتوي بداخلها على خمس إلى ثمان أنوية، ويؤدي استمرار تكوين هذه السلاسل من الحوافظ البوغية على تتابع، ويكون انفصالها من الخارج إلى الداخل وتنتشر بواسطة الهواء، أو غيره من وسائل آلية لتصيب عوائل نباتية جديدة إذا وجدت ظروفا ملائمة لإنباتها. وتتوقف طريقة إنبات الحافظة البوغية لإصابة العائل الجديد على الظروف البيئية التي يحدث فيها الإنبات، فعندما تكون درجات الحرارة منخفضة والرطوبة عالية، فإنها تنبت بصورة غير مباشرة حيث تنقسم المحتويات الداخلية للحافظة إلى عدد من الوحدات التناسلية المتحركة التي تصل إلى ١٢ وحدة في كل حافظة (الشكل رقم ٤٣ح،ط)، وهي كلوية الشكل وذات سوطين متصلين بالجانب المقعر، أحدهما ريشي والآخر أملس، وتعرف هذه الوحدات بالأبواغ السابحة (الشكل رقم ٤٣س،ك)، هذه الأبواغ تسبح في الغلاف المائي لفترة وجيزة، ثم تفقد أسواطها، وتتحول إلى بوغ متحوصل Encysted spore (الشكل رقم ٤٣ل)، حيث ينبت بعدها مباشرة مكوناً أنبوبا بوغيا (الشكل رقم ٤٣م)، يتخذ طريقه من خلال الثغور إلى داخل نسيج النبات وينتج غزلا فطريا في المسافات البينية للعائل ثم يرسل ممصاته داخل خلايا العائل ليحصل منها على الغذاء اللازم، وبذلك يسبب إصابة جديدة لنبات عائل

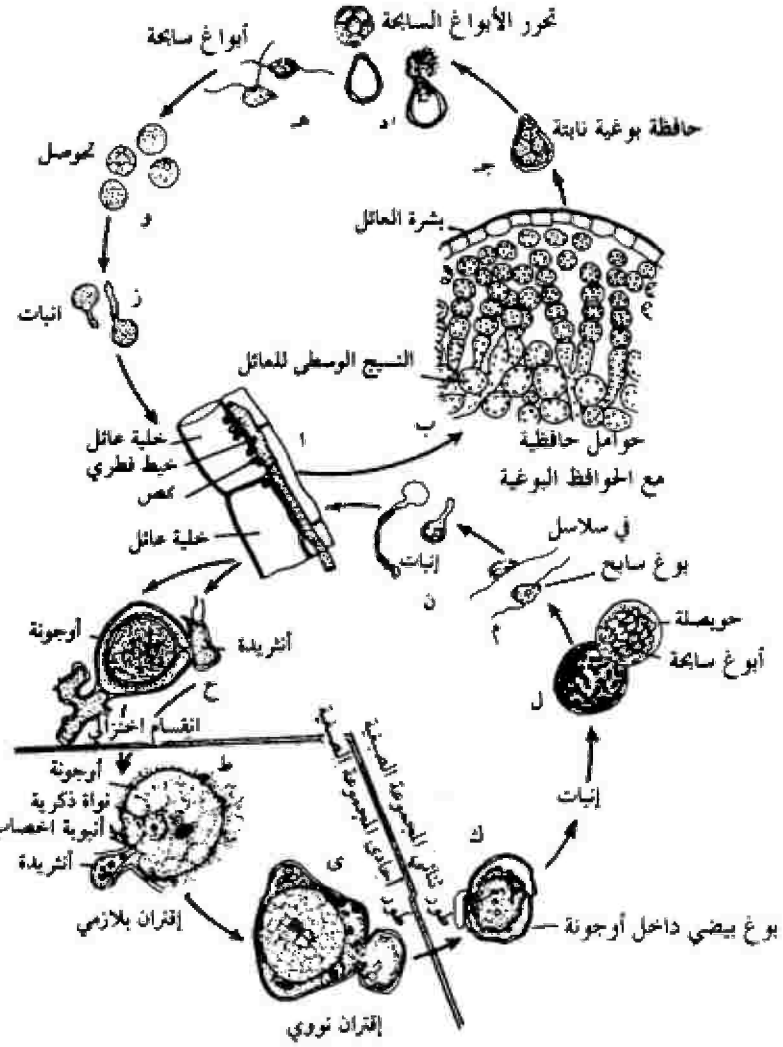


الشكل رقم (٤٣). قطاعات مستعرضة في ورقة أحد النباتات الصليبية المصاب بمرض الصدأ الأبيض المتسبب عن فطر *البوجو كانديدا* مارا بالبثرة، وتظهر فيها هيفات الفطر المنتشرة بين الخلايا، وتبرز منها حوامل الحوافظ البوغية الصولجانية الشكل التي ينتهي كل منها بسلسلة من الكونيدات.

(عن واير وآخرين، ١٩٨٢)

جديد (الشكل رقم ٤٣ن). وإذا كانت درجات الحرارة مرتفعة نسبيا والجو جافا أو قليل الرطوبة فإن الحافظة البوغية تنبت مباشرة دون انقسام داخلي، وإنتاج أبواغ سابحة لتعطي أنبوبا بوغيا وتعرف الوحدة اللاجنسية في مثل هذه الحالة بالبوغ

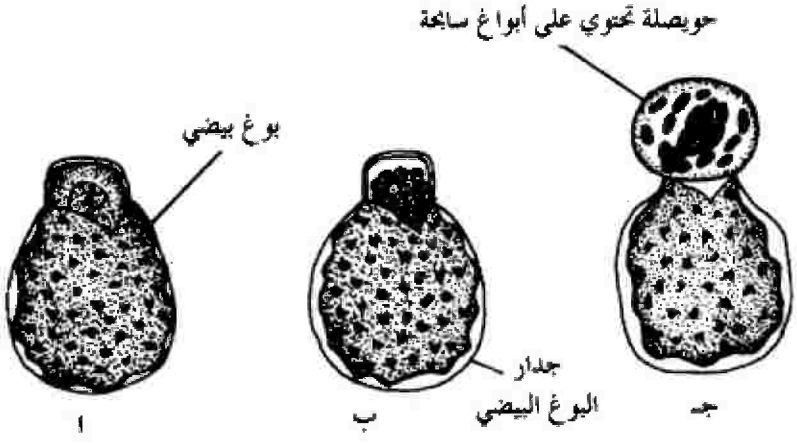
الكونيدي Conidium ويطلق على الحامل البوغي الذي يحمل سلاسل الكونيدات بالحامل الكونيدي. وتتكرر الإصابة خلال موسم نمو النبات بواسطة تكوين حوافظ بوغية جديدة ليعيد بذلك الفطر دورة حياته اللاجنسية.



الشكل رقم (٤٤). دورة حياة فطر *البوجو كانديدا Albugo candida*.

(عن الكسوبولوس وآخرين، ١٩٩٦)

التكاثر الجنسي. يحدث التكاثر الجنسي (الشكل رقم ٤٤) في الظروف البيئية غير الملائمة لنمو الفطر فعندما يبدأ النبات العائل بالجفاف، وتقترب حياته على الانتهاء، عند ذلك تتكون في الأنسجة العميقة من النبات العائل أعضاء جنسية للفطر (الشكل رقم ٤٤ح)، هذه لأعضاء الجنسية تتميز إلى عضو جنسي أنثوي يسمى أوجونة، وهي كروية الشكل تنشأ كانتفاخ عند نهاية الهيفا يحتوي بداخلها على بيضة واحدة عديدة الأنوية، وعضو جنسي ذكري يسمى الأنثريدة صولجانية الشكل عديدة الأنوية أيضا وتنشأ كنهاية لهيفا قريبة من الأوجونة وتلتصق بها عند النضج. ولقد أظهرت الدراسات الحديثة التي قام بها كل من سانسوم وسانسوم (Sansome & Sansome 1974)، أنه في أثناء التكاثر الجنسي للفطر فإن الإنقسام الاختزالي يحدث داخل الأعضاء الجنسية من أوجونات وأنثريدات وينتج عن ذلك تكوين بيضات وأنوية ذكرية أحادية المجموعة الصبغية (الشكل رقم ٤٤ط)، فعند الإخصاب نجد أن الأنثريدة تعطى أنبوبة إخصاب تخترق جدار الأوجونة حتى تصل إلى البيضة، وتمر عن طريقها أنوية الأنثريدة إلى داخل البيضة، وتنجح نواة ذكرية واحدة فقط في إخصاب نواة البيضة (الشكل رقم ٤٤ي)، في حين تختفي جميع الأنوية العديدة الأخرى، ونتيجة الإخصاب تتكون اللاقحة (الشكل رقم ٤٤ك). وهي كروية الشكل، وتتراوح أبعادها بين ٤٠ إلى ٥٥ ميكروميتر وسرعان ما تفرز هذه اللاقحة حول نفسها جدارا سميكا (وتعرف حينئذ بالبوغ البيضي Oospore) من ثلاث طبقات متميزة، سطحه الخارجي غير مستو، ويحتوي على بعض العلامات المميزة التي تختلف باختلاف نوع الفطر، حيث يستخدم شكل الجدار لتشخيص نوع الفطر (الشكل رقم ٤٥)، وتبقى هذه الأبواغ البيضية داخل نسيج العائل إلى أن يموت وتتحلل أنسجته فتتحرر منها، وتبقى لفترة في داخل التربة حيث تقاوم الظروف البيئية غير الملائمة بفضل جدارها



الشكل رقم (٤٥). أ،ب،جـ الأطوار المختلفة في إنبات البوغ البيضي في نوع *البوجو Albugo*

السميك الذي يحفظها من المؤثرات الخارجية. وبعد أن تمضي فترة سكون تختلف طولا، وقصرا باختلاف الظروف المحيطة بالفطر فإن أنويتها تنقسم عدة انقسامات غير مباشرة mitosis، وكل نواة تحيط نفسها بجزء من السيتوبلازم وتصبح بوغ سابح، ثم يتمزق جدار البوغ البيضي السميك من أحد جوانبه ويخرج منه كيس يحتوي على عدد كبير من الأبواغ السابحة يزيد على المائة بوغ (الشكل رقم ٤٤ل)، كل بوغ كلوي الشكل ثنائي السوط (الشكل رقم ٤٤م)، أسواطه جانبية أي محمولة على جانب واحد وهو الجانب المقعر. وتسبح هذه الأبواغ المتحركة بحرية في الوسط المائي بمساعدة أسواطها، وإذا صادفت عائلاً مناسباً فإنها تنبت مباشرة لتعطي كل منها أنبوب إنبات (الشكل رقم ٤٤ن)، يخترق ثغور النبات العائل ويكون غزلا فطريا داخليا في المسافات البينية للعائل لتبدأ الإصابة من جديد (الشكل رقم ٤٤أ).