# الفصل الخامس

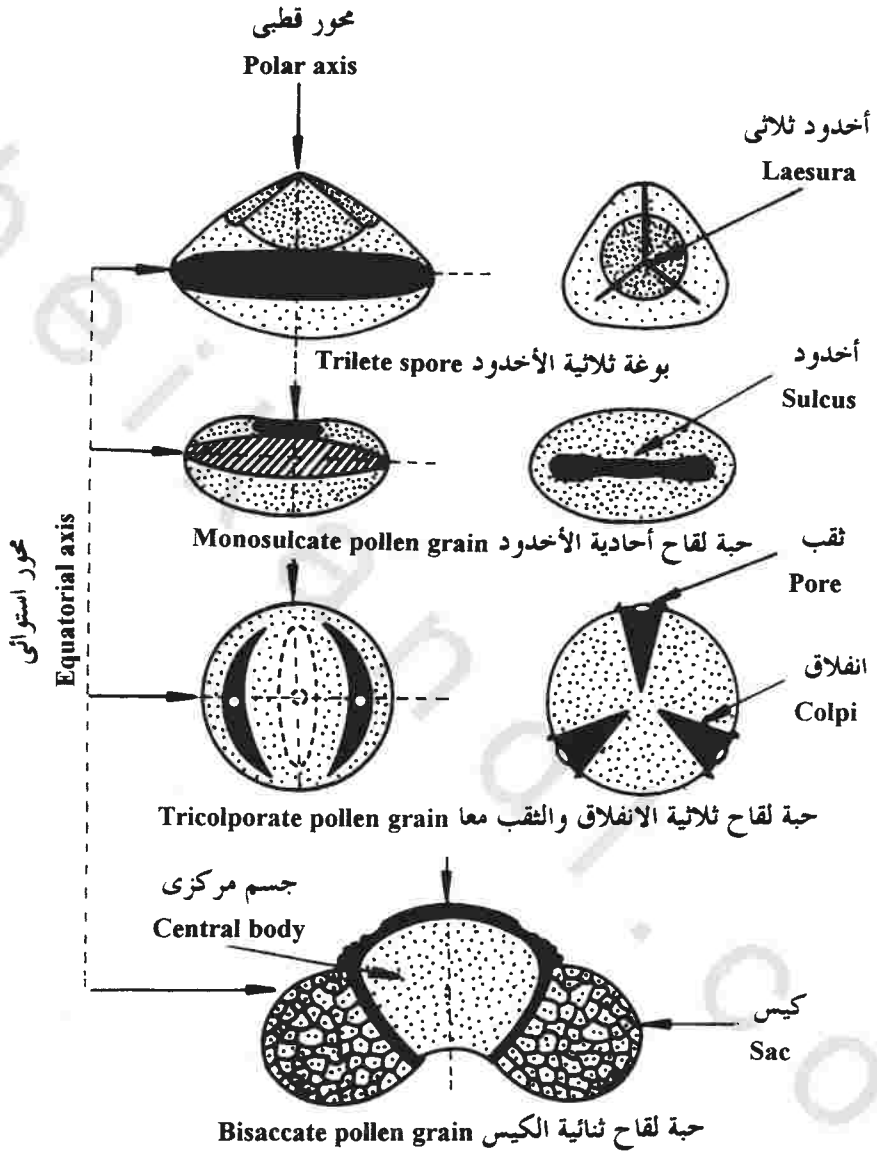
## علم الأحافير النباتية الدقيقة

## Palynology

**• انتشار الأبواغ وحبـــوب اللقـــاح • تطبيقـــات دراسات البالينولوجي • تحضير العينـــات • دراســـة الأحافـــير النباتية الدقيقـــة بالمجـــهر • دورة حيـــاة النباتات • الأبواغ • حبـــوب اللقـــاح • التـــاريخ الجيولوجي**

في بداية القرن الحالي ظهرت في أوروبا أساليب جديدة لدراسة التجمعات النباتية في الأحقاب الزمنية الماضية وعلاقتها بالاستنتاجات المناخية القديمة. ولقد أطلق هايد وويليام (Hyde & Williams, 1944) على هذا العلم مصطلح البالينولوجي (Palynology). ويختص هذا العلم بدراسة حبوب لقاح (Pollen grains) وأبواغ (Spores) النباتات الحديثة وكذلك المتأحفرة الموجودة داخل الصخور الرسوبية، الشكل رقم (٥,١). وفي بداية العقد السادس (الستينيات) قامت شركات النفط باستعمال هذا العلم في الدراسات الطبقية.

إن قابلية انتشار الأبواغ وحبوب اللقاح في الهواء ونقلها بالماء، أيضًا، حتى تترسب مع الرواسب، وبكميات هائلة قد ساعد على فتح آفاق جديدة في الدراسات الطبقية. وقد ثبت أن لهذه الأحافير القابلية على تفسير وإعطاء المعلومات الكافية




الشكل رقم (٥,١). المصطلحات المختلفة لوصف الأبواغ Spores وحبـــوب اللقـــاح Pollen grains (عن: Tschudy, 1969).

للاستنتاجات الطبقيـة والبيئيـة القديمـة. وبازديـاد الحاجـة لهـذا العلـم في تفسـير بعـض المشكلات الجيولوجية فقد ظهرت في العقد السابع لهذا القرن مختبرات متكاملة في معظم شركات النفط العالمية ، وكذلك أُدخل هذا العلم ضمن مناهج التدريس في مختلف جامعات العالم نظراً لتطبيقاته الواسعة في علوم الأرض.

تمتاز الأبـواغ وحبـوب لقـاح النباتـات بجـدار عضـوي مقـاوم يتكـون مـن بوليميرات كاروتينية (Carotenoid polymer) سميت بالسبوروبولينين (Sporopollenins) اشتقاقاً مـن الأبـواغ (Spores). تسـمى حبـوب اللقـاح والأبـواغ بالأحافـير العضويـة الدقيقـة غـير المتمعدنـة (بـالينومورفس Palynomorphs) أو (السـبوروموفس Sporomorphs).

## انتشار الأبواغ وحبوب اللقاح

**Diffusion of the Spores and Pollen Grains**

إن الأساس في تحديد وجود الأبواغ وحبوب اللقاح هو وجود النباتات وكمية إنتاجها من الأبـواغ وحبـوب اللقـاح ونـوع النباتـات ووسيلة انتقال الأبـواغ وحبـوب اللقاح إلى مناطق أبعد من مصدر نشأتها.

ولقـد دلـت الدراسـات الـتي قـام بـها كـل مـن مولـر ورايـت (Muller, 1959; Wright, 1953) أن نسبة حبوب اللقاح والأبواغ المترسبة مع الرسوبيات تتناقص تدريجياً إلى أن تختفي في الطبقات الرسوبية التي تبعد لمسافات بعيدة جداً عن مصدر نشأتها .

تنتشر الأبواغ وحبوب اللقاح بالدرجة الأولى بالرياح ، كما تنتقل أيضاً بالمياه والحشرات. إن المسافة التي تنتقلها تعتمد على حجمها ووزنها وزخرفتها الجدارية وكذلك الظروف الجوية ، كما يمكن وجود الأبواغ وحبوب اللقاح في ارتفاعات تتراوح بين ٣٥٠ - ٦٥٠م فوق سطح الأرض ويمكن أن تحمل لمسافة تصل إلى ١٧٥٠كم (Wright, 1953; Muller, 1959) .

ولدراسة انتشار الأبواغ وحبوب اللقاح يمكن الاعتماد على الدراسة التي قام بها توبير (Tauber, 1965) موضحًا المسارات المختلفة التي تسلكها الأبواغ وحبوب اللقاح لكي تترسب:

**١ – حبوب لقاح وأبواغ تترسب بالقرب من مصدر نشأتها:**

وتتكون من الأبواغ وحبوب اللقاح التي تسقط من الأشجار والأعشاب والشجيرات الصغيرة وتترسب بين الجذوع.

**٢ – حبوب لقاح وأبواغ تترسب بعيداً عن مصدر نشأتها:**

إن بعض الأبواغ وحبوب اللقاح الناتجة من الأشجار والنباتات العشبية تحمل بالرياح إلى الطبقات العليا من الجو. فبعضها تعوقها التيارات المعاكسة فتهبط وتترسب بين الجذوع. والبعض الآخر يُحمل مع مسارات الرياح العليا فوق مستوى الأشجار إلى أن تضعف الرياح ويتغلب وزن البوغة أو حبة اللقاح على قوة الرياح فتسقط مترسبة على سطح الأرض. وبهذه المسارات تنتقل المكونات لمسافات بعيدة جداً كما ذكرناه أعلاه.

**٣ – حبوب لقاح وأبواغ تترسب بواسطة الأمطار:**

عندما تختلط الأبواغ وحبوب اللقاح بالغبار العالق في الهواء فإنها تكون حبيبات دقيقة. فعند هطول الأمطار تصطدم تلك الحبيبات بقطرات مياه الأمطار فتسقط مترسبة على سطح الأرض.

**٤ – حبوب لقاح وأبواغ تترسب على سطح المياه:**

بعد هبوط الأبواغ وحبوب اللقاح فوق سطح الماء في البحار أو الأنهار أو المحيطات وبفعل الأمواج وحركة المياه تنقل هذه المكونات إلى مسافات أبعد تزيد من انتشارها الجغرافي.

## تطبيقات دراسات البالينولوجي

**Application of Palynological Studies**

يستخدم علم البالينولوجي في مجالات عديدة منها:

**١ – دراسة علم الطبقات:**

أدت الأحـداث الجيولوجيـة الـتي حدثـت خـلال أزمنـة معينـة في العصـور الجيولوجية إلى تغيرات عديدة في أشكال الأحافير النباتية خلال الأزمنة الجيولوجية القديمة. فنتيجة تغير الظروف البيئية تغيرت تبعاً لها النباتات القديمة لتتكيف مع الظروف البيئية التي طرأت. ولهذا فإن أي تغير في شكل الأحفورة أو تطورها، أو ظهور أشكال لأنـواع جديـدة أخـرى، يـدل دلالـة واضحـة علـى تغـير في الزمـن الجيولوجـي. وبمقارنـة الرسـوبيات المحتويـة علـى أحافـير حبـوب اللقـاح والأبـواغ مـع رسـوبيات التتابع الطبقي، يمكن تحديد عمر هذه الصخور. وبالتالي فإنـه يمكـن مقارنة وربط عدة مقاطع طبقية حسب محتوياتها لاستنتاج وحدات طبقية تمثـل مرحلة أو زمناً جيولوجياً معيناً.

**٢ – دراسة البيئة القديمة:**

مـن خـلال الدراسـات الكميـة والنوعيـة لحبـوب اللقـاح والأبـواغ يمكننـا تحديـد ظروف الترسـيب، إن كـانت قاريـة، أو سـاحلية أو بحريـة، بالإضافـة إلى التعـرف علـى المناخ الذي كان سائداً زمن الترسيب في المنطقة.

**٣ – دراسة تطور النبات:**

وذلك من خلال دراسة حبوب اللقاح والأبواغ الموجودة في الصخور الرسوبية، وإعادتها ومقارنتها بالنبات الأصل (الأم)، وكذلك معرفة توزيعها الجغرافي في المناطق وتحديد عمرها الجيولوجي.

**٤ – تحديد المصادر النفطية:**

إن ارتفاع درجات الحرارة المحيطة بحبوب اللقاح والأبواغ يؤدي إلى تغير التركيب الكيميائي لجدارها وبالتالي يتغير لونها . وبما أن النفط يتكون خلال درجات حرارة معينة فيمكن تتبع هذه التغيرات في الاتجاهين الأفقي والرأسي لتحديد مصادر النفط.

**٥ – دراسة الحركات الأرضية**

وذلك من خلال دراسة الظروف البيئية القديمة، وتغيرها في العمود الطبقي لمعرفة ارتفاع وانخفاض سطح الأرض، كما يمكن أيضًا التعرف على مناطق الفوالق والطيات، وكذلك تحديد مناطق صعود الصهير الأرضي من خلال القشرة الأرضية الصلبة.

**٦ – التنقيب عن تجمعات الفحم الحجرى:**

حيث أن تكوين تجمعات الفحم الحجرى وبعض المعادن الأخرى المصاحبة له تحدث تغيرات في درجات الحرارة فإنه يمكن استعمال مقياس لون حبوب اللقاح والأبواغ مع تغيرات درجات الحرارة لتحديد مكان تجمعات الفحم الحجري.

**٧ – التنقيب عن مصادر المياه الجوفية:**

من خلال دراسة حبوب اللقاح والأبواغ و إعادتها إلى النبات الأصل وتحديد نوع هذه النباتات وهل هي نباتات موسمية تنمو فقط على مياه الأمطار أو نباتات تتميز بجذور عميقة لها القدرة على سحب المياه الجوفية. يمكننا حفر عدة آبار استكشافية لتتبع حبوب اللقاح والأبواغ التي تنتمي لهذه النباتات وتحديد مصادر المياه الجوفية.

**٨ – تحديد مصادر الرسوبيات:**

من خلال دراسة منطقة مصدر حبوب اللقاح والأبواغ ثم وجودها في رسوبيات منطقة أخرى تستطيع وضع أسهم تشير إلى اتجاه المسار من المصدر إلى مكان الترسيب.

**٩ – تحديد بعض أمراض الحساسية:**

نتيجة انتشار الأبواغ وحبوب اللقاح في الغلاف الجوي تدخل مع الهواء حبوب لقاح وأبواغ إلى الرئتين في حالة الشهيق مما قد يسبب حساسية في الجهاز التنفسي عند بعض الأشخاص، وهذا يتوقف على وقت إزهار النبات، ويختلف من نبات لآخر، كما أنه يختلف أيضًا من إنسان إلى آخر حسب درجة حساسية الجسم لها. ويكون العلاج في مثل هذه الحالات بحقن الجسم بجرعات متفاوتة وبتركيزات مختلفة من حبوب اللقاح والأبواغ المسببة للحساسية، وذلك بعد معالجتها كيميائياً لتصلح للاستخدام الطبي.

**١٠ – تحديد الجريمة:**

وذلك من دراسة حبوب اللقاح والأبواغ التي تتعلق بملابس وحذاء مرتكب الجريمة. فلقد وصف إردتمان (Erdtman, 1943) جريمة قتل في طريق نهر الدانوب في فيينا بالنمسا، وعند تحليل الطين العالق في حذاء أحد المشتبه فيهم، وجد أنه يحمل حبوب لقاح تنتمي إلى العصر الثلاثى (Tertiary) وبما أن المنطقة التي حدثت بها الجريمة تحتوي على صخور طينية معرضة للسطح وممثلة لنفس هذا العصر فلقد تم التأكد من الجاني.

**تحضير العينات Preparation of Samples**

من أحسن أنواع الرسوبيات التي يمكن الحصول منها على كمية كبيرة من حبوب اللقاح والأبواغ هي الصخور الطينية، والطفل وبخاصة إذا كانت سوداء اللون لدلالتها على

وجود كميات كبيرة من المواد العضوية . وإن أفضل أنواع العينات في هذه الدراسة هي عينات اللب (Core samples) في الآبار نظراً للآتي :

١ - قلة احتمال تلوثها بالبيئة الحديثة.

٢ - إمكانية تحديد موقع هذه العينات بالضبط.

٣ - إن العينات لا تكون قد عانت من الأكسدة والتعرية التي تحدث للصخور المعرضة للسطح.

يفضل أن تجمع العينات من مسافات متساوية ، كل ثلاثة أمتار. وهذا يعتمد كلياً على نوع الرسوبيات في تلك المنطقة. بعد جمع العينات مباشرة تحفظ في أغلفة مقفلة جيداً ، وذلك لحفظها من التلوث ، والتقليل من احتمال نمو البكتريا والفطريات فيها.ثم تنقل هذه العينات إلى المختبر حيث تمر بعدة خطوات وفقاً للترتيب الآتي :

١ - تطحن العينة إلى حبيبات صغيرة جافة. أما إذا كانت رطبة فتجفف في فرن معملي في درجة حرارة ٣٥°م. ثم يؤخذ من العينة عشرة جرامات ، توضع في كأس مدرج من اللدائن سعة ٦٠٠ مل.

٢ - تغمر العينة تماماً بمحلول حمض كلوريد الهيدروجين (HCl) ذي التركيز ٢٠٪ لكي تذوب الكربونات الموجودة فيها. عندما يتوقف التفاعل يكمل ملء الكأس بماء مقطر حتى ٦٠٠ مل . وبعد ٢٤ ساعة تكون العينة قد ترسبت في قاع الكأس ويبقى محلول الحامض والماء الذي يسكب بحرص شديد حتى لا ينزلق معه أي شيء من الراسب.

٣ - يغمر الراسب بعد ذلك بمحلول حمض فلوريد الهيدروجين (HF) ذي التركيز ٧٠ ٪ على الأقل وذلك لإذابة جميع أنواع السيليكا. وتُعَدُ هذه الخطوة شديدة الخطورة ، ولذلك يجب الحرص والحذر الشديد نظراً لخطورة حمض (HF) حيث إن أبخرته تذيب الأنسجة وتخترق العظام ، كما أن استنشاقه يؤدي إلى تهتك الرئتين فلابد من استخدامه تحت مفرغة هواء (Fume hood) من الدرجة الأولى مع ارتداء نظارة وقفازات لدنة واقية. كذلك ينبغي أن تكون عملية إضافة الحمض بطيئة حتى إذا حدث فوران شديد نتيجة

لوجود كميات كبيرة من السيليكا في العينة وجب التوقف بسرعة عن إضافة المزيد من الحمض ، وإذا كان الفوران أكثر شدة لدرجة أنه على وشك الخروج عن سطح الكأس ، لزم وقف التفاعل بسرعة وذلك بإضافة ماء مقطر. وبعد ١٢ ساعة من إضافة الحمض يكمل الكأس بالماء المقطر إلى ٦٠٠ مل ويترك لمدة ٢٤ ساعة ، ثم يسكب بعد ذلك المحلول بحرص شديد مع الاحتفاظ براسب العينة المتبقي في قاع الكأس.

٤ - يضاف حمض كلوريد الهيدروجين (HCl) ذو تركيز ٣٠ ٪ لإذابة أكسيد السيليكون الذي تكوَّن نتيجة تفاعل حمض فلوريد الهيدروجين مع السيليكا في الخطوة السابقة. وبعد ٢٤ ساعة يتم سكب محلول حمض كلوريد الهيدروجين بحرص شديد ثم تكرر هذه الخطوة مرة أخرى. وبعد ذلك ينقل الراسب من كأس اللدن إلى كأس زجاجي بيركس (Pyrex) سعة ٦٠٠ مل ثم يضاف إلى الراسب حمض كلوريد الهيدروجين ذو تركيز ٣٠ ٪ حتى نهاية تدريج الكأس ومن ثم يوضع في حمام مائي لدرجة الغليان لمدة أربع ساعات. بعد ذلك يخرج الكأس من الحمام المائي ويترك لمدة ٢٤ ساعة بعدها يتم سكب المحلول ويوضع الراسب في أنبوبة جافة نظيفة لجهاز الطرد المركزي (Centrifuge) .يضاف إلى الراسب ماء مقطر وتوضع الأنبوبة في جهاز الطرد المركزي لمدة عشر دقائق وبسرعة دوران ٢٠٠٠ لفة في الدقيقة. يتم اخراج الأنبوبة وسكب المحلول المائي ويكون الراسب متماسكاً في قاع الأنبوبة نظراً لسرعة لف جهاز الطرد المركزي.

٥ - يضاف بعد ذلك إلى الراسب في أنبوبة جهاز الطرد المركزي محلول يتم تحضيره قبل استخدامه مباشرة من حمض النتروجين ( $HNO_3$) تركيز ٥٠٪ مضافاً إليه نقطتان من حمض كلوريد الهيدروجين النقي المركز (conc. HCl).تسمى هذه الخطوة بمعاملة لوبر (Luber treatment) وتستخدم هذه الخطوة لأكسدة المركبات العضوية. عندما يبدأ التفاعل ويظهر فوران يضاف ماء مقطر بسرعة ثم توضع الأنبوبة في جهاز الطرد المركزي لمدة عشر دقائق بسرعة ٢٠٠٠ لفة في الدقيقة. ثم يسكب المحلول من الأنبوبة بعد إخراجها من جهاز الطرد المركزي.

٦ - يضاف إلى الراسب محلول من صوديوم هكساميتا فوسفات (Sodium hexametaphosphate) وذلك لإذابة المركبات العضوية المؤكسدة الناتجة من الخطوة السابقة ثم توضع العينة في جهاز الطرد المركزي لمدة عشر دقائق بسرعة ٢٠٠٠لفة في الدقيقة. ثم تخرج الأنبوبة ويسكب المحلول ويغسل الراسب بالماء المقطر عدة مرات مع وضع الأنبوبة في كل مرة في جهاز الطرد المركزي لمدة عشر دقائق إلى أن يصبح لون المحلول المائي شفافاً للتأكد من تمام غسيل الراسب. يتم سكب المحلول المائي بحرص شديد.

٧ - يضاف محلول كلوريد الخارصين كثافته ٢ (ZnCl d=2) إلى الراسب ثم توضع الأنبوبة بعد ذلك في جهاز الطرد المركزي بسرعة دوران ١٠٠٠ لفة في الدقيقة لمدة خمس دقائق حيث ينتج من ذلك فصل حبوب اللقاح والأبواغ من الراسب، تجمع على هيئة حلقة سوداء على سطح المحلول مع تمركز الحبيبات الكبيرة من الشوائب في قاع أنبوبة جهاز الطرد المركزي. بعد إخراج الأنبوبة من الجهاز وبعد عملية الفصل يتم نقل الحلقة السوداء إلى أنبوبة أخرى نظيفة حيث يتم تقليل الكثافة بإضافة الماء المقطر مما ينتج ترسب الحلقة العالقة في قاع الأنبوبة، ثم توضع الأنبوبة بعد ذلك في جهاز الطرد المركزي لمدة عشر دقائق وبسرعة ٢٠٠٠ لفة في الدقيقة. ثم تخرج الأنبوبة من الجهاز ويسكب المحلول بحرص شديد.

٨ - يضاف إلى الراسب محلول هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH) ذي تركيز ١٠٪ ثم توضع الأنبوبة في حمام مائي ساخن جداً لمدة ١٠ دقائق ثم يرشح الراسب بواسطة شبكة نحاسية اتساع فتحاتها (٢٠٠ ميكرون) ثم يضاف إلى الراسب المرشح ماء مقطر ثم توضع في جهاز الطرد المركزي لمدة عشر دقائق بسرعة ٢٠٠٠ لفة في الدقيقة. والمقصود من هذه الخطوة هو تعادل الراسب بعد الحموض التي تمت المعالجة بها في الخطوات السابقة.ثم يسكب المحلول المائي وتكرر عملية الغسيل بالماء المقطر عدة مرات إلى أن يصبح لون المحلول المائي في الأنبوبة شفاف تماماً.

٩ - يضاف إلى الراسب خليط من الجلسرين النقي والماء المقطر والفينول بتركيز ٣٠ ٪ ثم توضع الأنبوبة في جهاز الطرد المركزي لمدة عشر دقائق بسرعة ٢٠٠٠ لفة في الدقيقة ثم تخرج الأنبوبة ويسكب المحلول وتوضع الأنبوبة في وضع مقلوب لمدة ساعتين حتى يتم التخلص من أى قطرات مائية متبقية في الراسب.

١٠ - بماصة دقيقة مدرجة (Pipetman Gilson) يضاف إلى الراسب كمية محدودة من الجلسرين النقي تتراوح بين ٢٠٠ - ٤٠٠ ميكروليتر تبعاً لحجم الراسب المتبقي في الأنبوبة ثم يخلط الراسب جيداً بمحلول الجلسرين النقي ثم يعاد سحب الخليط بالماصة على أن يكون الفرق بين مقدار كمية الجلسرين النقي المضاف وبين المقدار النهائي هو حجم الراسب الفعلي، وعلى أساسه يخفف الراسب بالجلسرين النقي بنسبة ١ : ١٠ حتى نحصل على محلول تكون فيه حبوب اللقاح والأبواغ غير متراكمة مما يسهل رؤيتها بوضوح في القطاع تحت المجهر.

١١ - تؤخذ كمية مقدارها ٥٠ ميكروليتراً من المخلوط السابق بعد التخفيف ثم توضع على شريحة زجاجية نظيفة وتغطي بغطاء زجاجي رقيق، وتلصق بمادة الهيستولاك النقي (Histolaque).

## دراسة الأحافير النباتية الدقيقة بالمجهر

## Palynological Microscopic Studies

تتم دراسة الأحافير النباتية الدقيقة بالمجهر الضوئي النافذ ذي التكبير العالي نظراً لدقة حجمها، إذ إن أغلبيتها تقارب ١٥ - ٣٠٠ ميكرون، ولهذا نحتاج لفحص هذه الأحافير إلى مجهر ذي تكبير ٤٠٠ و ١٠٠٠ وذلك لدراسة جميع التفاصيل الدقيقة بالأحفورة. يمكن تصويرها بجهاز تصوير يكون مركباً فوق المجهر كما يمكن حساب تكبير الصورة من خلال حسابات بين مساحة الأحفورة في الصورة ومساحة الأحفورة ذاتها تحت المجهر.

لزيادة الدراسة التفصيلية لبعض أنواع حبوب اللقاح والأبواغ تدرس بالمجهر الإليكتروني وذلك بالتقاط مفرداتها من الراسب ونقلها على شريحة زجاجية بماصة أو

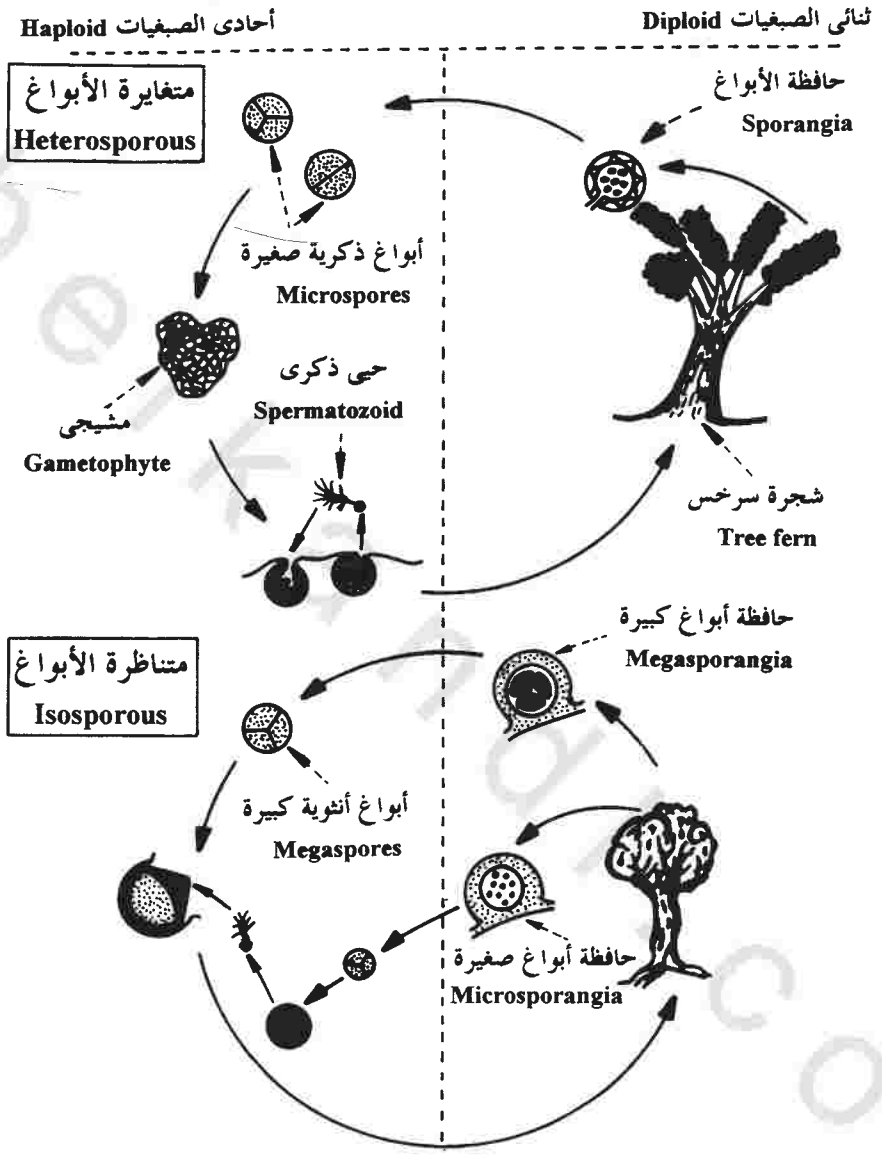
بجهاز خاص يثبت على عدسة المجهر. يستعمل لهذه العملية مجهران، الأول لالتقاطها والآخر للتثبيت على قرص المجهر الإليكتروني مع استعمال لاصق معين في التثبيت. ولقد بينت الدراسات الواسعة بهذا المجال أن الشمع الأسود جيد لهذا الغرض. بعد هذه العملية يتم التصوير الإلكتروني لإتمام الدراسة والإلمام التام بالتفاصيل.

## دورة حياة النباتات الوعائية اللابذرية

## Life Cycle of the Cryptogam Vascular Plants

تنتج النباتات أجساماً تناسلية تعرف بالأبواغ (Spores) تخرج من حافظة الأبواغ (Sporangia). قد تكون هذه الأبواغ متغايرة في الشكل (Heterosporous) أو متشابهة في الشكل بحيث لا يمكن تفريقها أو تميزها وتسمى متناظرة الأبواغ (Isosporous) رغم أنها تحتوى على أبواغ ذكرية وانثوية. تكون الأبواغ المتشابهة صغيرة في الحجم عادة وسريعة الانتقال بالرياح والمياه. هنا تكون الأبواغ الذكرية صغيرة (Microspores) وهي تنتقل بسهولة. أما الأبواغ الانثوية فتكون كبيرة (Megaspores) ، تلك التي يكون نقلها أقل . تنقسم الخلايا البوغية الوالدة (Spore mother cells) انقسامًا اختزالياً مكونة البوغة الرباعية (Spore tetrad) وذلك داخل كيس اللقاح (Pollen sac) أو الحافظة البوغية الصغيرة. ويتكون من كل خلية أربع خلايا مكونة بذلك حبوب اللقاح (Pollen grains) كما هو الحال في النباتات غير المزهرة (Gymnosperm) والنباتات المزهرة (Angiosperm) .يسمى هذا الانقسام بالجيل البوغي، يلي ذلك اختراق حبة اللقاح للمبيض حيث يحدث اندماج نووي بين حبة اللقاح والبيوضة ويسمى بالجيل المشيجي.

لذا فإن دورة حياة النباتات تحتوي على جيلين مختلفين هما الجيل المشيجي (Gametophyte) والجيل البوغي (Sporophyte) ويعرفان بظاهرة تعاقب الأجيال (Alternation of generation) يختلف كل منهما عن الآخر في المظهر والحجم والتركيب والفرق الرئيسي بين هذين الجيلين هو عدد الصبغيات (Chromosomes) الموجودة في خلايا كل منهما. فالجيل المشيجي أحادى الصبغيات (Haploid) ، أما الجيل البوغي فثنائي الصبغيات (Diploid) ، الشكل رقم (٥,٢).




الشكل رقم (٥,٢). دورة حياة النباتات الوعائية اللابذرية

. (Traverse, 1988 :عن) Cryptogam vescular plants

## الأبواغ
## Spores

يتكون البوغ (Spore) نتيجة تكاثر النباتات الوعائية (Vascular plant). هذا ويمكن للأبواغ أن تتكون نتيجة تكاثر الطحالب والفطريات والبكتريا، ولكنها لا تحفظ في الصخور. تتميز الأبواغ بجدار مقاوم لتأثير درجات الحرارة والضغط بعد الدفن. تنقل الأبواغ بكميات كبيرة من مكان تكونها إلى مسافات بعيدة وتترسب في البحار والبحيرات والأنهار، ولذلك فإن أحافير الأبواغ تُعَدُ هامة من حيث المقارنة الطبقية بين الصخور الرسوبية بعضها ببعض. ومن خلالها يمكن تحديد النبات الأصل فيكون من السهل دراسة البيئة القديمة والظروف الترسيبية.

### الوصف التفصيلي Systematic Description

وضع العالمان الألمانيان بوكورني وكرمب (Potonie&Kremp,1955& 1956) الأسس الرئيسية في الوصف التصنيفي للأبواغ اعتماداً على صفات شكلية مثل:

١ - الشكل العام (General shape).

٢ - الأخاديد (Sulci).

٣ - سمك الجدار (Thickness of wall).

٤ - الزخرفة الجدارية (Wall ornamentation).

٥ - الأبعاد (Dimensions).

### ١ - الشكل العام General shape

لما كانت الأبواغ ذات أبعاد ثلاثة، لذا فإنه من الصعب تحديد شكل ثابت لها من خلال الرؤية المجهرية، فهي توصف من خلال شكل الحدود الخارجية الجانبية في المنظر الجانبي الإستوائي (Equatorial view) و المنظر القطبي (Polar view). وبما أن الأبواغ تحفظ في الصخور مضغوطة من الوجهين العلوي والسفلي وكذلك تحفظ عند تحضيرها

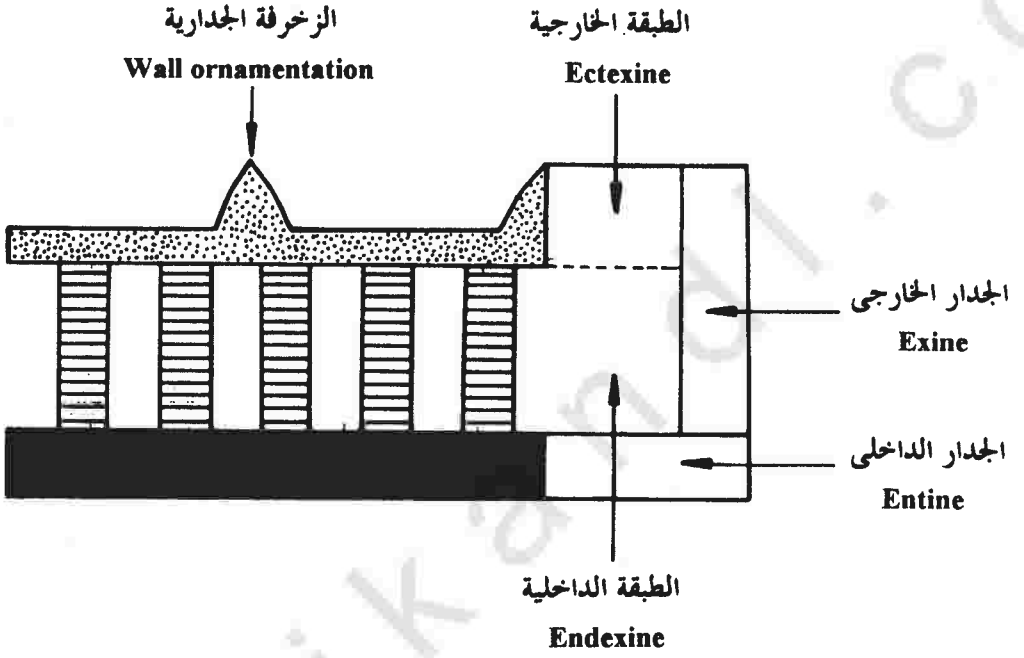
في الشرائح الزجاجية، لـذا فإنها تلتصـق على الشريحة بسطحها العلـوى، أو السفلي. ومن هذين السطحين يمكن تحديد عدة أشكال للأبـواغ كالشـكل الدائري (Rounded)، والبيضـــي (Oval)، والمثلـــث (Triangular)، والمتطـــاول (Elongated)، والمغـــزلي (Fusiform)، والأسطوانـــي (Cylendrical)، والكـــروي (Spherical)، والمنبســـط (Flattened).

### ٢ – الأخاديد Sulci

تحتوي أبواغ النباتات على أخاديد انفلاقية مرتبة وثابتة للجنس أو النوع الواحـد من الأبواغ. تساعد هذه الأخاديد على ظهور النبتة الوليدة بالانتفـاخ التدريجي وبـروز النبتة الوليدة منها. هـذا ويُعَـدُ شـكل وموقـع هـذه الأخـاديد ذو أهمية كبيرة في وصـف وتصنيف الأبواغ.

### ٣ – الجدار Wall

للجدار وظيفة مهمة وهي حماية النبات المشيجي داخله من الجفاف ومن هجوم الأحياء الأخرى عليه وكذلك الانبات السريع حيـث ينتفـخ لتخـرج منـه النبتـة الوليـدة. وعلى ذلك فإن الأبـواغ تحتـوي علـى جدارين يسمى الجـدار الداخلي منـهما (Entine) ويسمى الجدار الخارجي (Exine)، كما هو موضح بالشكل رقـم (٥,٣). ويُعَـدُ الجـدار الداخلي جدار الخلية العـادي الـذي يـتركب مـن مـادة السـيليلوز، وهـي الطبقـة الـتي تتمدد بسرعة لتكوين النبتة الوليدة. أما الجدار الخارجي فيُعَدُ غطاء ذا مقاومة عاليـة، يـتركب مـن السـبوروبولينين (Sporopollenin). هـذا ويُعَـدُ الـتركيب الكيميـائي للسبوروبولين معقـداً جـداً وهـو مـدار جـدل بـين البـاحثين إلى الآن. وقـد وجـد أن السلسـلة الـتي تقـع بـين ($C_{90}H_{134}O_{20}$) وحتـى ($C_{90}H_{142}O_{35}$) أقـرب الـتراكيب المكتشفة له بالإضافة إلى مواد شـحمية وسـيليولوزية مكونـة مركبـات عضويـة معقـدة وصلبة من البوليمر الكـاروتيني (Carotenoid polymer) المقـاوم للصدمـات وعديـم الذوبان في الحموض.




الشكل رقم (٥,٣): قطاع عرضي في جدار الأبواغ وحبوب اللقاح (عن:Huang, 1972) .

obeikandl.com

وتتميز الأبواغ المتأحفرة بوجود الجدار الخارجي فقط واختفاء الجدار الداخلـي، وذلـك لصلابـة ومقاومـة الجـدار الخـارجي للظـروف البيئيـة القاسـية، خـلال الفـترات الزمنيـة الطويلـة، الـتي مـرت علـى حفـظ الأبـواغ في سـجل الأحافير داخـل الصخـور الرسوبية للعصور الجيولوجية القديمة.

ولقـد اكتشـف ثـاوس ورث (Southworth, 1973) أن الجـدار الخـارجي يتكـون مـن طبقتـين مختلفتـين في الـتركيب الكيميـائي، و لقـد أضـاف رولي وآخريـن (Rowley *et al.*, 1981) أن الطبقـة الداخليـة (Endexine) صفيحيـة الشـكل، بينمـا الطبقـة الخارجية (Ectexine) حبيبية الشكل وذلـك مـن خـلال دراسـة الجـدار الخـارجي (Exine) بالمجهر الإلكتروني الماسح (SEM).

مـن أهـم خصـائص مـادة السـبوروبولينين أنـها إذا تعرضـت لدرجـات حـرارة وضغط أعلى من المعدلات الطبيعية فإن لونـها يتغير نتيجـة ازديـاد نسـبة الكربـون فيـها. ولقد لفتت هذه الخاصية انتباه واهتمام الجيولوجيين في شركات النفـط (Staplin, 1974) في تحديد مناطق وجود النفط بها.

### الزخرفة الجدارية Wall ornamentation

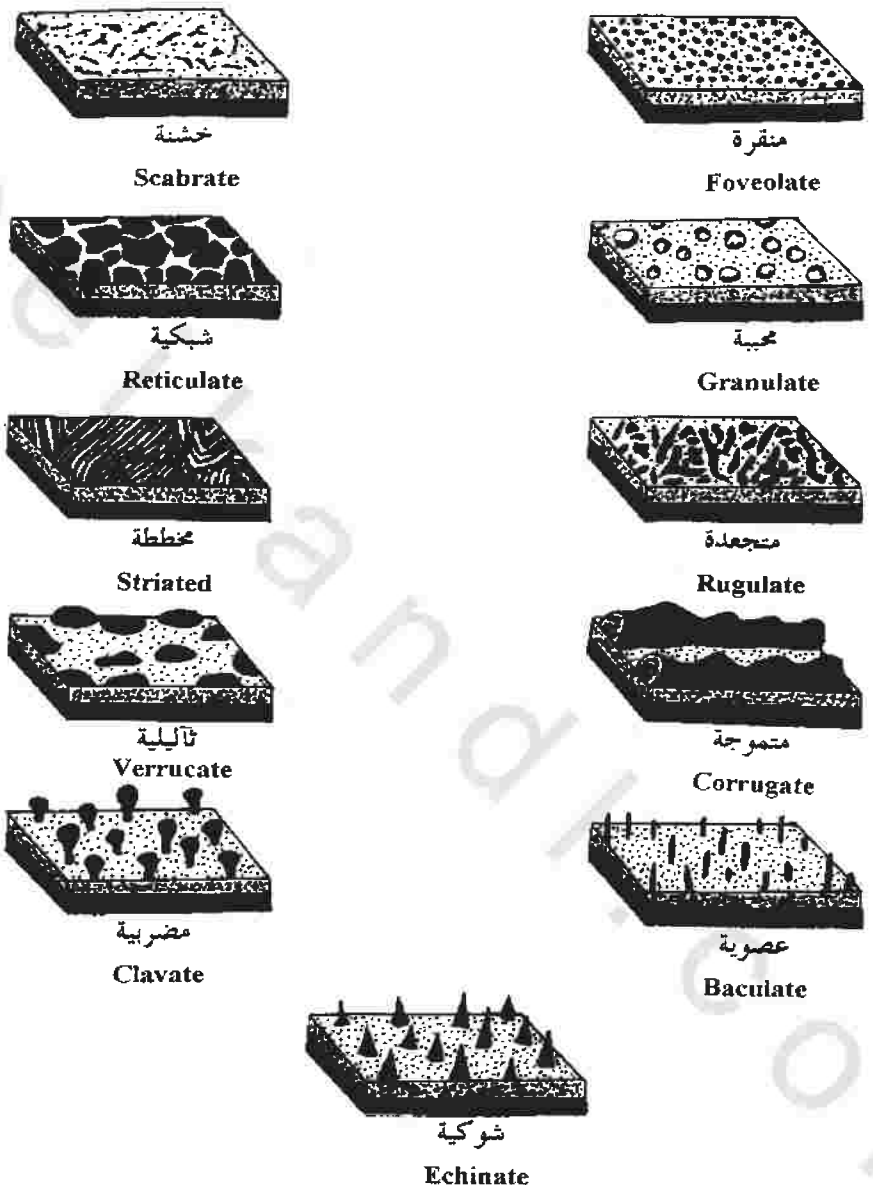
تتميز الأبواغ بوجود عنـاصر زخرفيـة منتظمـة بشـكل معـين في الجـدار الخـارجي وتكون ثابتة في النوع الواحد مـن الأبـواغ. ومـن أهـم أنـواع الزخرفـة الشـائعة، الشـكل رقم (٥,٤):

**١ – الخشنة Scabrate**

يحتـوي الجـدار الخـارجي (Exine) أحيانـاً علـى بـروزات دقيقـة جـداً، ممـا يعكـس الشكل الخشن للسطح الخارجي.

**٢ – الثآليلية Verrucate**

يحتوى الجدار الخارجي (Exine) أحياناً على نتوءات قاعدتها شـبه دائريـة أو غـير منتظمة وقمتها دائرية أو مستوية وغير مدببة.




الشكل رقم (٥,٤). الزخرفة في الأبواغ وحبوب اللقاح (عن:Tschudy, 1969).

**٣ – المحببة Granulate**

وهـي احتـواء الجـدار الخـارجي (Exine) علـى نتـوءات كمـا في الزخرفـة الثآليليـة ولكنها أكبر حجماً وهي منتظمة دائرية أو بيضية.

**٤ – المضربية Clavate**

يحتوي الجدار الخارجي (Exine) أحياناً على بروزات تكون قمتها كروية ومحمولة على عنق.

**٥ – العصوية Baculate**

وهـي احتـواء الجـدار الخـارجي (Exine) علـى نتـوءات قمتـها مسـننة أو منشـارية وغير متفرعة قاعدتها مستديرة.

**٦ – الشوكية Echinate**

يحتوي الجدار الخارجي (Exine) أحياناً علـى نتـوءات ذات ارتفـاع، قمتـها مدببـة وقاعدتها مستديرة.

**٧ – المتموجة Corrugate**

يحتوي الجدار الخارجي (Exine) أحياناً على بروزات طوليـة، قاعدتـها مقوسـة، وفي بعض الحالات تلتحم هذه البروزات مكونة شبكة غير منتظمـة ذات قمـم متموجـة الشكل.

**٨ – المتجعدة Rugulate**

يحتوي الجدار الخارجي (Exine) أحياناً على بـروزات ذات قـاعدة طوليـة مقوسـة وغير منتظمة الشكل وتكون القمم فيها مسطحة أو دائرية.

**٩ – المنقرة Foveolate**

يحتوي الجدار الخارجي (Exine) أحيانـاً علـى تقعـرات علـى هيئـة نقـر دائريـة ولا تشكل شبكة مترابطة.

**١٠ – الشبكية Reticulate**

وهي احتواء الجدار الخارجي (Exine) على بروزات طولية متشابكة فيما بينها مكونة الشكل الشبكي.

**١١ – المخططة Striated**

يحتوي الجدار الخارجي (Exine) أحياناً على بروزات طولية متوازية تقريباً مع بعضها مع وجود منخفض بين كل خطين جداريين.

**الأبعاد Dimensions**

يتراوح حجم أغلبية الأبواغ بين ٢٠ ميكروناً إلى مليمترين. كما أن الحجم التقريبي لنوع البوغة ثابت ومهم في التعرف عليها، الشكل رقم (٥,٥). ومما ينبغي التذكير به أن هناك عوامل ربما تؤثر وتحدث تغييراً في حجم بعضها نتيجة لطرق التحضير في المختبر.

كذلك فإن الأبواغ المتأحفرة تكون مسطحة تقريباً، ولهذا يمكن إجراء القياسات عليها في سطح واحد حيث يقاس طول الخط الواصل بين القطبين وكذلك طول الخط الاستوائي.

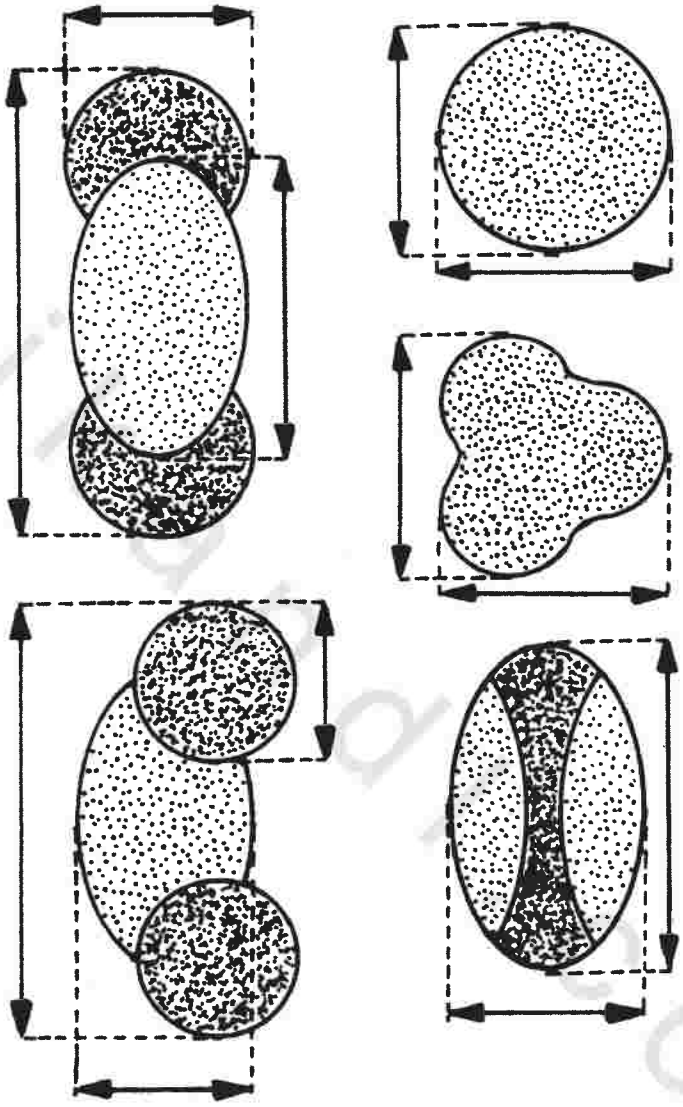
إضافة إلى هذه المقاييس فهناك صفات أخرى في الأبواغ يلزم مراعاتها مثل طول وعرض الأخدود، وحجم الأشكال الزخرفية وغيرها إذا ما أريد تحديد نوع البوغة الواحدة.

**التصنيف Classification**

هناك نوعان من التصنيف للأبواغ هما التصنيف الشكلي والتصنيف النباتي:

**١– التصنيف الشكلي Morphological classification**

بناءً على الأسس الرئيسية التي سبق مناقشتها قسمت الأبواغ إلى مجموعات، وباستمرارية التدرج في التقسيم يمكن الوصول إلى تحديد الجنس (Genus) والنوع (Species).



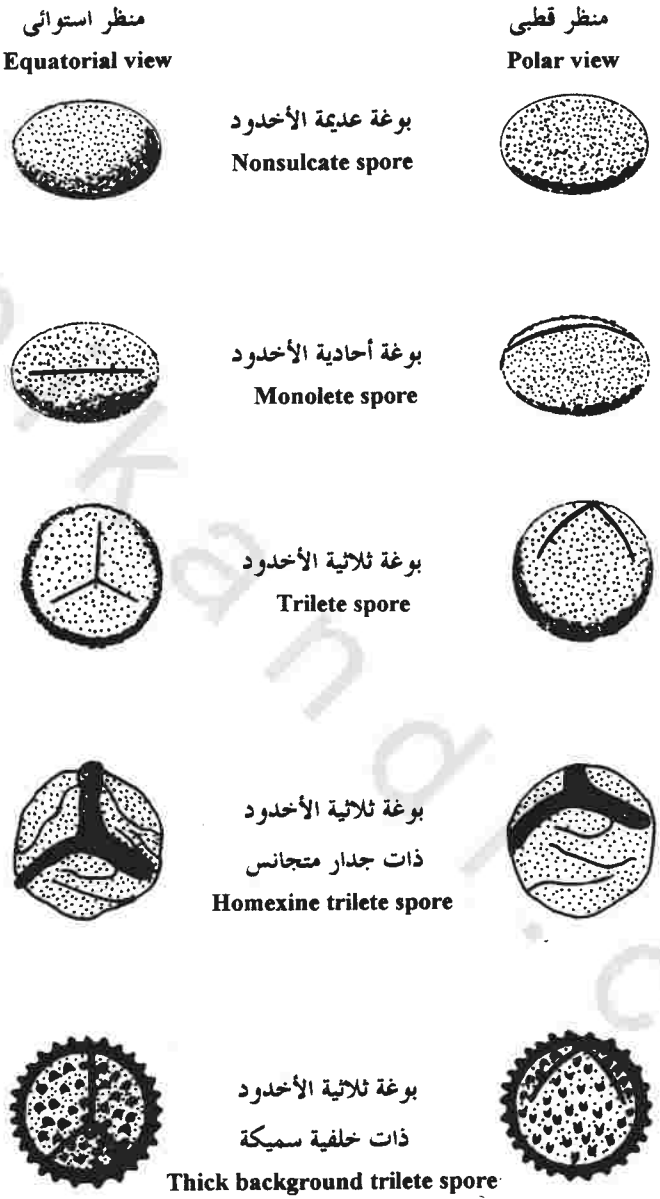
الشكل رقم (٥،٥). قياس أبعاد الأبواغ وحبوب اللقاح (عن: Huang, 1972).

هذا ووجدت بعد ذلك أفكار أخرى في تصنيف الأبواغ، فعلماء البالينولوجي، في شركات النفط، اختصروا الوقت بإعطاء كل نوع مميز شكلياً، رقماً تسلسلياً، وبهذا يمكنهم حفظها في الكمبيوتر، وعند دراسة شرائح تحتوي على أبواغ ذات مواصفات معينة، يمكن تحديد النوع فيها من خلال مقارنتها مع المعلومات المخزونة. يؤدي التصنيف الشكلي إلى تقسيم الأبواغ إلى ثلاثة مجاميع، الشكلان رقما (٥,٦) و(٥,٧) وهما:

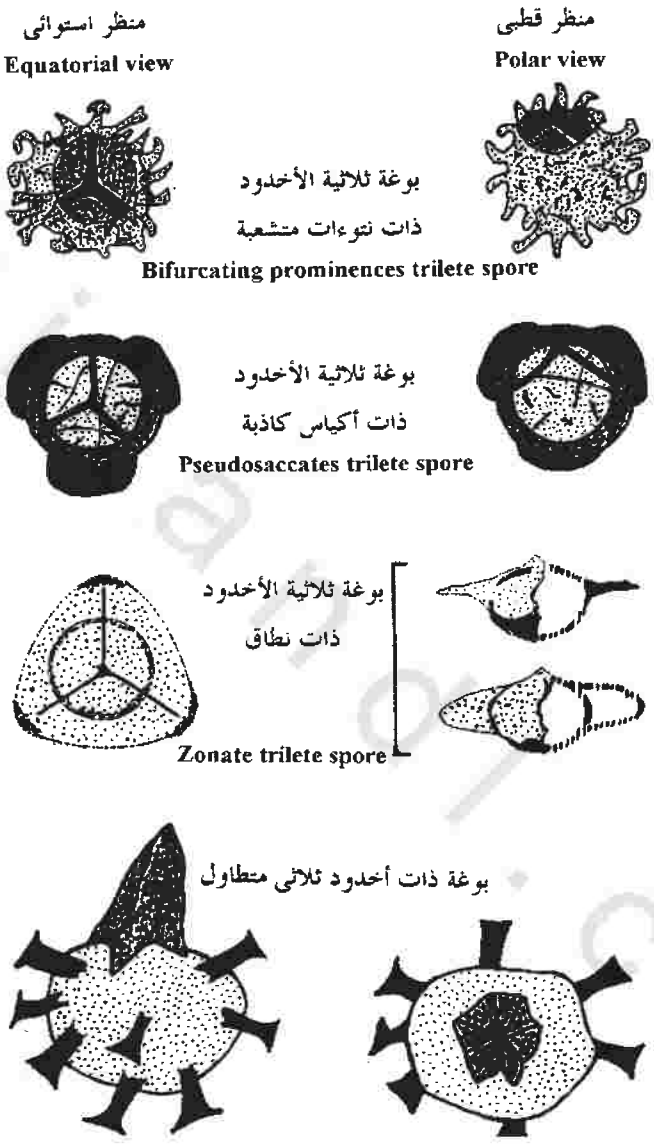
أ ) **أبواغ عديمة الأخاديد Nonsulcate spores :** وهي تلك الأبواغ التي ليس لها أخاديد أحادية أو ثلاثية حيث تكونت في صورة منفردة. هذا ويندر على العموم وجود هذا النوع من الأبواغ، إذ تهمل في حالة دراسة الأبواغ القديمة.

ب) **أبواغ أحادية الأخدود Monolete spores** : وهي من الأنواع الأقل شيوعاً حيث يكون الانقسام المنصف متعاقباً ومؤدياً إلى تكوين أبواغ مفلطحة ومزودة بسطحي اتصال فقط، يفصلهما خط أخدودي واحد يسمى علامة أحادية (Monolete mark) حيث تنشأ النبتة الوليدة من خلال هذه الفتحة.

جـ) **أبواغ ثلاثية الأخدود Trilete spores**: وهي نواتج النباتات الوعائية ذات الأبواغ الحرة. حيث تتكون هذه الأبواغ من الانقسام المنصف المتزامن للخلية البوغية الأصلية. تكون البوغة المتكونة كروية أو منبسطة ذات ثلاثة سطوح اتصال (Three contact areas).تقسم هذه السطوح الثلاثة خطوط تسمى خطوط الأخدود الثلاثي (Laesurae) متشعبة من نقطة واحدة بزوايا كل منها ١٢٠ درجة. وعند تجمعها تمثل علامة ثلاثية (Trilete mark). يأخذ الأخدود الثلاثي تحت المجهر شكل انفلاق بسيط يمكن تمييزه باختلافات سمك الجدار أو الزخرفة الجدارية وأحياناً يأخذ شكل بروز بسيط إلى أعلى بطول خطوط الأخدود الثلاثي. تضم هذه المجموعة الأبواغ التي تحتوي على ثلاثة أخاديد حيث يكون تماثلها شعاعياً ويمكن تقسيمها هي الأخرى إلى:




الشكل رقم (٥,٦). الأشكال المختلفة للأبواغ (عن: Traverse, 1988) .




الشكل رقم (٥,٧). الأشكال المختلفة للأبواغ (عن:Hughes, 1969) .

• **ذات جدار متجانس Homoexine**: وهي تضم الأبواغ البسيطة التي لا تحتوي على نطاق (Zone) في محيطها الخارجي، ومن أمثلتها جنس ترايلايت *Triletes*.

• **ذات خلفية سميكـــة Thick background**: وهي تضم الأبواغ التي تتميز بوجود سمك في الجهة الخلفية للجدار الخارجي (Exine)، ومن أمثلتها جنس سيمبوسبوريت *Cymbosporites*.

• **ذات النتوءات المتشعبة Bifurcating prominences**: وهي تضم الأبواغ التي تحتوي على نتوءات تكون نهايتها مشابهة لخطاف السفينة ومن أمثلتها جنس آسيروسبورا *Acyrospora*.

• **ذات الأكياس الكاذبة Pseudosaccates**: وهي تضم الأبواغ التي تتميز بأن الطبقتين الداخلية(Endexine) والخارجية(Ectexine) للجدار الخارجي (Exine) غير مرتبطتين بأعمدة بل تكونان منفصلتين، كما أن الجسم المركزي فيها يحتوي على الجدار الداخلي في الوسط محاطاً داخل كيس غشائي، وهذا الكيس الغشائي يحتوي على الجدار الخارجي. من أمثلة هذه المجموعة جنس رابدوسبوريت *Rhabdosporites*.

• **ذات نطاق Zonate** : وهي تضم الأبواغ التي تتميز بامتداد جانبي للجدار الخارجي (Exine) يحيط بالبوغة على شكل نطاق، ومن أمثلتها جنس آمبيتى سبوريت *Ambitisporites*.

• **أخدود ثلاثي متطـــاول Elongated triletes**: وهي تضم الأبواغ الأنثوية الكبيرة وتكون على شكل حجاب حاجز على طول خطوط الاخدود الثلاثي مثل جنس آرسيلايت *Arcelites*.

### ٢ – التصنيف النباتي Botanical classification

إن التعرف على النباتات الأصلية من أجل تحديد البيئة القديمة وتطور النباتات يستلزم دراسة مجموعات الأبواغ ومحاولة إعادتها إلى النبات الأصل باستثناء الأبواغ المنثورة (Dispersive spores) غير معروفة الأصل النباتي. وتُعَدُ الأبواغ المنثورة مهمة

جداً في الدراسات الطبقية مثل جنس آنسيروسبورا *Ancyrospora* الذي يُعَدُ أحفورة نباتية مرشدة (Index fossil) للعصرين الديفوني (Devonian) والكربوني (Carboniferous) كما أنه يعطى الدلالة على رسوبيات البحيرات. تتميز أبواغ هذا الجنس بالشكل الكروي وهي ذات أخدود ثلاثي، يتراوح حجمها بين ٤ - ٤٠٠ ميكرون مع وجود نتوءات ذات نهايات ثنائية التفرع ، ربما تكيفت بهذا الشكل من أجل الانتشار بالحشرات.

إن التصنيف الذي وضعه برازيي (Brasier, 1980) مع اعتماده أيضاً على دراسات بولد وفيولر وتيبو (Bold, 1957; Fuller & Tippo, 1949)، أتاح المجال الواسع لتحديد نوع النبات الأصلي. ولقد وضع هذا التصنيف اعتماداً على الوصف التفصيلي للأبواغ، من حيث تركيب الجدار الخارجي (Exine)، ونوع الفتحات والشكل العام والتماثل والزخرفة والأبعاد ، وكذلك تم الربط بين أجناس الأبواغ، بأجناس النباتات الوعائية القديمة، حسب دراسات بعض العلماء. ولقد قام هؤلاء العلماء بدراسة الأبواغ مباشرة من حافظات الأبواغ المتأحفرة وبذور النباتات مع مقارنتها مع ما يشابهها في وقتنا الحاضر، وهي موضحة في اللوحات المصورة عن (El-Sabrouty, 1984). ولقد قسمت النباتات الوعائية التي تعيش على الأرض اليابسة إلى الأقسام التالية :

**قسم النباتات البسلوتية Division: PSILOTOPHYTA**

**طائفة: البسيلوتوبسيدا Class : PSILOTOPSIDA**

**رتبة : البسيلوتات Order : PSILOTALES**

**عائلة: بسيلوتية Family: PSILOTACEAE**

رغم أن المدى الزمني الجيولوجي لمجموعة نباتات هذا القسم بدأ منذ العصر السيلوري العلوي (Upper Silurian) ومازالت موجودة حتى وقتنا الحالي، فإن هذه النباتات صغيرة الحجم، بدون أوراق، وتحمل حافظة أبواغ محمولة على الساق ومعرضة للعراء مباشرة. تتميز دورة الحياة في هذه النباتات بالتجانس البوغي مع وجود

أبواغ متناظرة (Isospores) مثل جنس أنيوروسبورا *Aneurospora* {لوحة رقم (٥,٣)، صورة (٥) في نهاية الفصل} .وبمعنى آخر لا يمكن تمييز أبواغ أنثوية عن أبواغ ذكرية فيها، وتحوي أخدوداً ثلاثياً أو أحادياً.

نذكر على سبيل المثال أبواغ جنس سيمبوسبوريت *Cymbosporites* التي وجدت في العصر الديفوني وهي التي يتراوح حجمها بين ٣٥ - ٦٥ ميكروناً، ذات أخدود ثلاثي، شبه دائرية الشكل وتكون الزخرفة الجدارية فيها حبيبية عصوية أو ملساء مع تفرع نهايات الأخدود الثلاثي إلى تفرع ثنائي، وترتبط هذه التفرعات مع بعضها مكونة مناطق اتصال منفصلة. ومن الممكن إعادة أبواغ هذا الجنس إلى مجموعة نباتات الأصل (الأم) جنس رينيا *Rhynia* .

مثال آخر أبواغ جنس ريتيوسوتريليت *Retusotriletes* التي وجدت أيضا في العصر الديفوني والتي يتراوح حجمها بين ٢٠ - ٦٠ ميكروناً، شكلها شبه دائري وخالية من الزخرفة الجدارية، ذات أخدود ثلاثي وتكون أطراف الأخدود مستديرة ومتصلة مع بعضها بموازاة خط الإستواء. ومن الممكن اعادة أبواغ هذا الجنس إلى مجموعة نباتات الأصل (الأم) جنس بسيلوفايتون *Psilophyton*.

| | |
|---|---|
| قسم : النباتات الميكروفيلية | **Division: MICROPHYLLOPHYTA** |
| طائفة: الأجلوسوبسيدا | **Class : AGLOSSOPSIDA** |
| رتبة : الليكوبوديات | **Order: LYCOPODIALES** |
| عائلة: ليكوبودية | **Family: LYCOPODIACEAE** |
| طائفة: الجلوسوبسيدا | **Class: GLOSSOPSIDA** |
| رتبة : اللبيدودندرات | **Order: LEPIDODENDRALES** |
| عائلة: لبيدودندرية | **Family: LEPIDODENDRACEAE** |
| رتبة : السلاجينلات | **Order: SELAGINELLALES** |
| عائلة: سلاجينلاوية | **Family: SELAGINELLACEAE** |

بدأ المدى الزمني لنباتات هذا القسم منذ العصر السيلوري العلوي (Upper Silurian) ولازالت موجودة حتى وقتنا الحاضر. تتراوح أطوال النباتات الليكوبودية (النباتات العشبية) بين ٣٠ م، كما هو الحال في نبات جنس لبيدودندرون *Lepidodendron*، من العصر الكربوني العلوي (Upper Carboniferous) إلى أطوال الأعشاب الصغيرة، التي تعيش في وقتنا الحالي مثل جنسي سيلاجينيلا *Selaginella* وليكوبوديم *Lycopodium*. تتميز نباتات هذه المجموعة بأوراق صغيرة حول الساق بينما تنمو حافظة الأبواغ على أوراق خاصة مكونة أشكالاً مخروطية. وغالباً ما تكون أبواغ هذه النباتات ثلاثية الأخدود ونادراً ما تكون أحادية الأخدود.

كذلك تتميز أبواغ جنس ليكوسبورا *Lycospora*، والتي وجدت في الفترة الزمنية الجيولوجية بين العصر الديفوني (Devonian) والعصر البرمي (Permian) بأن أحجامها تتراوح بين ٢٠ - ٥٠ ميكروناً وهي شبه دائرية الشكل مع جدار أملس وذات أخدود ثلاثي يمتد إلى الجدار، ويمكن إعادة هذا الجنس إلى مجموعة نباتات جنس لبيدودندرون *Lepidodendron*. ومن ضمن الأبواغ التي تعود إلى نفس هذه المجموعة أيضاً من النباتات، جنس ترايلايت *Triletes* والتي وجدت في الفترة الزمنية الجيولوجية بين العصر الديفوني وحتى وقتنا الحاضر وتتراوح أحجام أبواغ هذا الجنس بين٢٠٠-٤٠٠ ميكرون وهي ذات أخدود ثلاثي و الشكل العام دائري والزخرفة الجدارية ملساء.

وتتميز أبواغ جنس دنسوسبوريت *Densosporites* التي وجدت في العصرين الديفوني والكربوني (Devonian & Carboniferous) بأحجام تتراوح بين ٢٨ - ٤٨ ميكروناً، وهي ذات أخدود ثلاثي درجة لونه تختلف عن درجة لون البوغة نفسها وممتد إلى الجدار. أما الزخرفة الجدارية فإنها إما ملساء، أو ذات زخرفة شوكية. ويمكن إرجاع هذه الأبواغ إلى الأصل مع مجموعة نبات جنس سيلاجينيلا *Selaginella* {لوحة رقم (٥,٣)، صورة (٧) في نهاية الفصل}.

تتميز أبواغ جنس آركايوبيريساكاس *Archaeoperisacas* والتي وجدت في العصر الديفونـي العلـوي (Upper Devonian) والعصـر الكربونـي (Carboniferous) بأحجـام تـتراوح بـين ٥٠ - ١٠٠٠ ميكـرون. وهـي آحاديـة الأخـدود و شـكلها العـام بيضـي وجدارهـا سميـك ويمكـن إرجـاع هـذه الأبـواغ إلى مجموعـة نبـات الأصـل جنـس كريستوفوفيشيا *Kristofovichia*.

| | |
|---|---|
| **قسم: النباتات المفصلية** | **Division: ARTHROPHYTA** |
| **طائفة: الأرثروبسيدا** | **Class : ARTHROPHIDA** |
| **رتبـــة: السفينوفيلاتس** | **Order: SPHENOPHYLLALES** |
| **عائلة: سفينوفيلية** | **Family: SPHENOPHYLLACEAE** |

عُثر على نباتات هذا القسم في صخور العصر الديفوني (Devonian)، ومـازالت موجـودة حتى وقتنـا الحـاضر. وهـذه النباتـات غالبـاً مـا تكـون عشبية وبخاصـة في وقتنـا الحالي. والجدير بالذكر أن هناك شجرة من نباتات السفينوفيلية تعـرف بجنس كالامـايت *Calamites*، حيث تُعَدُ من أحسن النباتات التي تميز العصر الكربوني (Carboniferous)، فـهذه الأشـجار تنمـو إلى ارتفـاع يصـل لحـوالي ثلاثـين مـتراً وسمـك السـاق قـد يصل إلى ثلاثة أمتار، وتعتبر الغابات التي ندثرت من العصر الكربوني ، والتي احتوت علـى هـذه الأشـجار أسـاس طبقـات الفحـم الحجـرى الـتي تكونـت في منطقـة فرجينيـا (Gillespie *et al.*, 1978). وتتميز هـذه المجموعـة مـن النباتـات بـأن السـاق تكـون متميزة بوجود مفاصل، تحمل كل مفصلة حلقة محورية من تفرعات أصغـر أو أوراق صغـيرة، تقع حافظات الأبواغ في نهاية الساق أو في نهاية التفرعات.

إن غالبية الأجزاء المخروطية لشجرة الكالامايت Calamites تحمل أبواغاً تسـمى جنس كالاموسبورا *Calamospora*، تتميز بأحجام تتراوح بين ٣٠ - ١٠٠٠ ميكرون وهي كروية الشكل، ذات جدار رقيق مع وجود أخدود ثلاثي قصير جداً.

| | |
|---|---|
| قسم : النباتات البتيرية | **Division: PTERIDOPHYTA** |
| طائفة:الليتوسبورانجيوبسيدا | **Class:LEPTOSPORANGIOSPSIDA** |
| رتبة : الفليكات | **Order: FILICALES** |
| عائلة: بوليبودية | **Family: POLYPODIACEAE** |
| عائلة: أوزمندية | **Family:OSMUNDACEAE** |
| عائلة: شيزياوية | **Family: SCHIZAEACEAE** |
| عائلة: جليكينية | **Family: GLEICHENIACEAE** |
| عائلة: سياثياوية | **Family: CYATHEACEAE** |

ويحتوي هذا القسم على السرخسيات (Ferns) القادرة على تكوين أوراق نباتية كبيرة (Macrophylls). اكتشفت هذه النباتات في العصر الديفوني (Devonian)، ولازالت موجودة حتى وقتنا الحاضر. وهي أكثر النباتات المتورقة. و السرخسيات البرية متجانسة الأبواغ، وأبواغها ذات أخدود ثلاثي أو آحادي وحجمها يتراوح بين ١٥ - ٩٠ ميكروناً وذات تنوع كبير في الزخرفة الجدارية.

تتميز أبواغ جنس بوليبودوسبوريت *Polliipodosporites* بأنها ثنائية التماثل، آحادية الأخدود، ذات طول يصل إلى ٤٠ ميكرونًا. يتميز الجدار فيها بالزخرفة الثآليلية أو العصوية، وينتج هذه الأبواغ نباتات سرخسية من جنس بوليبوديم *Polipodium* {لوحة رقم (٥,٣)، صورة (٩) في نهاية الفصل}.

هناك أبواغ السرخسيات التي تعود إلى العصر الكربوني (Carboniferous) أيضاً مثل جنس أوليجوساربيا *Oligoscarpia* وهذه يصل حجمها إلى ٣٠ ميكروناً ذات شكل شبه مثلث، ثلاثية الأخدود وجدارها أملس. أما أبواغ الأشجار السرخسية من جنس كونيوبتريس *Coniopteris* وقد وجدت في العصر الجوراسي (Jurassic) فإن حجمها يصل إلى ٥٥ ميكرونًا، مثلثة الشكل، ثلاثية الأخدود، جدارها سميك وزخرفتها حبيبية أو ثآليلية.

## التاريخ الجيولوجي
## Geological History

إن التغيرات في الشكل الخارجي للأبـواغ تمـت بصـورة سـريعة خـلال الجـزء المتوسـط وكانت هذه التغيرات الشكلية في الأبواغ نتيجة التطور المستمر لهـا وبخاصة في بداية ظهورها، إذ زامن تطور النباتات الوعائية تطور وصغـر حجـم الأبـواغ ووجودهـا بكميات كبيرة في الرواسـب القاريـة والبحريـة معـاً ممـا جعلـها مـن أهـم الأحافـير في الدراسات الطبقية.

### العصر السيلوري Silurian Period

ظـهرت النباتـات الوعائيـة اللابذريـة (Cryptogam vascular plants) في العصـر السيلوري وبخاصة نباتات البسيلوتات PSILOTALES في مناطق مختلفـة مـن العـالم. أمـا في شمال إفريقيا فقد عُثر على نباتات الليكوبوديات LYCOPODIALES . نتيجة لظهور النباتات الوعائية البرية وازدياد أنواعها في هذا العصر فقـد ظـهرت أبـواغ هـذه النباتـات أيضاً وعُثر عليها محفوظة بصورة جيدة بين رسوبيات هذا العصر.

لقـد ظـهرت في الفـترة الزمنيـة للعصـر السـيلوري السـفلي أول الأبـواغ ذات الأخدود الثلاثي (Trilete) البسيط و ذات الجدار السـميك الأملس، والشـكل المثلـث، مثل جنس ريتيوسوترايلايت *Retusotriletes*.

أمـا في العصـر السيلوري المتوسـط، فظـهرت أول أنـواع الأبـواغ ذات الزخرفـة الجدارية مثل جنس آمبيـتي سـبورا *Ambitispora* وجنـس أدينتـم *Adiantum* {لوحـة رقـم (٥,٤)، صورة (٥) في نهاية الفصل}.

أما السـيلوري العلـوي فإنه يتميز بظهور أنواع مختلفـة مـن الأبـواغ، ذات الخطـوط الشـعاعية والجـدار السـميك الأملـس مثل جنـس أيمفـاني سـبورا *Emphanispora*. كذلـك ظهرت أيضًا الأبواغ ذات الزخرفة المزدوجة مثل جنس سيبوسبورا *Cymbospora*. ولقـد بلغ حجم الأبواغ خلال العصر السلوري ٢٥ ميكروناً تقريبا.

**العصر الديفوني Devonian Period**

خلال الديفوني السفلي، زاد انتشار النباتات الوعائية البرية، وظهرت أجناس مختلفة من نباتات البسيلوتات، والليكوبوديات، مثل نبات باراجواناثيا Baragwanathia، وآستيروكسيلون Asteroxylon، وبسيلوفيتون Psilophyton، ورينيا Rhynia و زوستيروفيلم Zosterophyllum. ولقد تميزت هذه الفترة الزمنية بالانتشار الواسع لجنس أيمفاني سبورا *Emphanispora* بأنواعه المختلفة ذي الزخارف المزدوجة وكذلك انتشار جنس آمبيتي سبورا *Ambitispora* ذي النتوءات المدببة في الجهة الخلفية وجنس رابدوسبورا *Rhabdospora* {لوحة رقم (٥,٤)، صورة (٩) في نهاية الفصل} . كما ظهرت أيضاً أنواع أخرى من جنس ريتيوسوتريلايت *Retusotriletes* ذي السمك الدائري في مركز الأخدود، وفي هذه الفترة زاد حجم الأبواغ إلى ١٠٠ ميكرون، كما ظهرت أيضاً أبواغ كبيرة الحجم تصل إلى٢٠٠ ميكرون.

خلال الديفوني المتوسط ظهرت نباتات السرخسيات (Ferns)، هي مما ينتج أبواغًا متنوعة الأجناس إضافة لنباتات الليكوبوديات عديدة الأجناس، وقد كانت هذه قد ظهرت في مرحلة الديفوني السفلي. وتتميز هذه المرحلة بظهور وأبواغ ذات جدار سميك وأخدود ثلاثي قصير ونتوءات كبيرة الحجم عصوية الشكل، مثل جنس ريستريكيا *Raistrickia* وأبواغ ذات زوائد غشائية برؤوس الأخدود الثلاثي وذات الكيس الكاذب (Pseudosacate)، مثل جنس رابدو سبورا *Rhabdospora* الذي يحتوي في تركيبه على فجوة بين الجدار الخارجي (Exine) والغشاء الخارجي، كما ظهرت أيضاً الأبواغ ذات الامتداد الجانبي الغشائي الواسع مثل جنس ساماري سبورا *Samarispora*. ويتراوح حجم الأبواغ في هذه الفترة بين ٦٠٠ - ١٠٠٠ ميكرون .كما زادت نسبة الأبواغ الأنثوية الكبيرة التي يتجاوز حجمها ٢٠٠ ميكرون مثل جنس جراندي سبورا *Grandispora*، الذي يحتوي على نتوءات مدببة طويلة في الجسم المركزي، مع امتداد غشائي جانبي، وأخدود ثلاثي قصير، وجدار أملس. كذلك ظهرت أبواغ تحتوي على

زخرفة في الجهة الخلفية مثل جنس بيهاريسبورا *Biharispora* إضافة لوجـود كميات كبيرة من الأبواغ الذكرية، التي يقل حجمها عن ٢٠٠ ميكرون.

وقد انتشرت نباتات السفينوفيلات SPHENOPHYLLALES خلال الديفونـي العلوي بالإضافة للنباتات البرية الوعائية السابقة.وتميزت هذه الفترة الزمنية بظهور الأبواغ ذات الأخدود الآحادي مثل جنس آركابيريساكيوس *Archaeperisacus*، كما ظهرت أبـواغ ذات امتداد غشائي جـانبي أيضـاً، مثـل جنـس سـبيلايوترايلايت *Spelaeotriletes*.كذلك تميزت هذه الفترة بظهور أبواغ ذات أخدود ثلاثي سميك ذي حلقة خارجية سميكة، مثل جنس دينسو سبورا *Denospora* وأبواغ ذات ثلاثة خطـوط مرتفعة عن السطح قصيرة وموازية للأخدود الثلاثي، مثل جنس فايلوثيكوترايلايت *Phyllothecotriletes* وجنس أبيكيوليريتيوسي سـبورا *Apiculiretusispora* {لوحـة رقـم (٥,٣)، صورة (٤) في نهاية الفصل}. إضافة لما سبق فقد ظهرت الأبـواغ الكبيرة أيضاً مثل جنس جرانـدي سـبورا *Grandispora*، ذات النتـوءات الطويلـة والأسـطوانية في الشكل. و ظهرت أبواغ كبيرة الحجم ١٠٠ - ٤٥٠ ميكروناً ذات أخـدود ثلاثي يحتوي في خطوطه على أغشية عالية عمودية على السطح الأمامي للبوغة، ولهـذا تحفـظ البوغة في أغلب الأحيان على جانبها ويحتوي سطحها الخلفي على زخرفة أو نتوءات مثل جنس لاجينيكيولا *Lagenicula*.

### العصر الكربوني Carboniferous Period

تمتاز هذه الفترة بظهور أبواغ ذات امتداد غشائي رقيـق وذات أخـدود ثلاثي مـع وجـود ثقوب في الغشاء، مثل جنس سبيلايوتريلايت *Spelaeotrilates*، كمـا ظـهرت أبواغ ذات شكل ثلاثي مقعر أيضاً مثل جنس ولاتـزي سبورا *Waltzispora*، وأبـواغ ذات شكل ثلاثي مقعر، ومزود بزوائد في الحواف الخارجيـة ملسـاء وسميكـة عنـد رؤوس المثلث البوغي، مثل جنس ترايكيترايت *Triquitrites*، وأبواغ ذات شكل ثلاثي مقعر ومزود بزوائد منشارية وسميكة في رؤوس المثلث البوغي مثل جنـس ترايبارتـايت *Tripartites*. كذلك ظهرت أبـواغ عديمـة الفتحـة ومحفوظـة في كيـس بيضـي الشـكل،

سميت هذه الأبواغ بما ظهور نبات الكورديت التابع لنباتات عارية البذور. وقد ظهرت في هذه الفترة أيضاً أبواغ ثلاثية الأخدود تظهر لأول مرة مثل جنس لايكو سبورا *Lycospora*. أما الأبواغ آحادية الأخدود فهي نادرة في هذه الفترة، مثل جنس لايفيجاتي سبورا *Laveagatispora*. إن معظم الأبواغ السابق ذكرها في هذه الفترة مجهرية صغيرة (أقل من ١٠٠ ميكرون) أما الأبواغ الكبيرة فمنها جنس ترايلت*Trilete* الذي يتراوح حجمها بين١٨- ٤٠٠٠ ميكرون، مثل جنس لاجينيكيولا *Lagenicula* ذات الحاجز الغشائي في خط الأخدود الثلاثي وعمودية على السطح الأمامي للبوغة، إضافة إلى الانتشار الواسع لجنس جراندي سبورا *Grandispora* وجنس زونوترايليت *Zonotriletes* {لوحة رقم (٥,٣)، صورة (٦) في نهاية الفصل} وجنس كليوكي سبورا *Klukispora* {لوحة رقم (٥,٤)، صورة (٣) في نهاية الفصل}، وجنس بنكتاتي سبورا *Punctatispora* {لوحة رقم (٥,٤)، صورة (١٠) في نهاية الفصل}.

لقد استمرت النباتات الضخمة في الانتشار خلال الكربوني العلوى، حيث تميزت هذه الفترة بظهور أبواغ ذات عدة أكياس غشائية. كما تتميز هذه الفترة بانتشار الأبواغ أحادية الأخدود مثل جنس لافيجاتي سبورا *Laevigatispora*. وانتشرت في هذه الفترة أيضاً أبواغ سميت بما قبل حبوب اللقاح تحتوي على كيس آحادي يحتضن البوغة بالكامل تاركاً فراغاً بين الجدار البوغي والكيس مثل جنس فلورينايت *Florinites*. كذلك انتشرت أبواغ تحتوي على زوائد في المحيط الخارجي للبوغة بين رؤوس الأخدود الثلاثي للبوغة، مثل جنس رينسكو سبورا *Reinschospora* وجنس كراسي سبورا *Crassispora*. ويتضح لنا مما سبق أن الأبواغ الصغيرة المجهرية التي يقل حجمها عن ٢٠٠ ميكرون كانت منتشرة في هذه الفترة.

### العصر البرمي Permian Period

يتميز هذا العصر بظهور جنس أيراكي سبورا *Iraqispora* ذي شكل مثلثي وذي أخدود ثلاثي منتفخ مع وجود ثلاثة خطوط داكنة موازية للأخدود الثلاثي في كل

منطقة ، وظهور جنس كوردايتينا *Cordaitina* ذي أخدود ثلاثي قصير وسمك دائري في نصف المسافة بين مركز الأخدود الثلاثي والمحيط الخارجي والمنطقة الخارجية تكون مزخرفة ، مثل نوعي كوردايتينا بالمي *Cordaitina balmei* وكوردايتينا ترنجيولارا *Cordaitina triangulara*.

**العصر الترياسي Triassic Period**

نتيجة للتغير النباتى بين العصر البرمي والعصر الترياسي فقد تغيرت تبعاً لذلك أبواغ هذه النباتات. وظهرت أجناس كثيرة من الأبواغ لأول مرة مثل جنس كونكافي سبورا *Concavispora* المتكون من شكل شبه مثلث ذي أخدود ثلاثى به منطقة داكنة في الجهة الأمامية تحيط بالأخدود الثلاثى ولقد فسرت هذه المنطقة الداكنة على أنها اختلاف في سمك الجدار مثل نوع كونكافي سبورا لانزنسيس *Concavispora lunzensis* . من جهة أخرى فلقد انتشرت الأبواغ الكبيرة في هذا العصر مثل جنس ناثورستي سبورا *Nathorstispora* المتكون من جسم مزخرف بنتوءات قصيرة وذات غشاء طويل يمتد عمودياً فوق خطوط الأخدود الثلاثي ، وجنس ماتونيا *Matonia* {لوحة رقم (٥,٣)، صورة (١٠) في نهاية الفصل} .

**العصر الجوراسي Jurassic Period**

في بداية هذا العصر ازداد انتشار جنس أوسموندا *Osmunda* {لوحة رقم (٥,٤)، صورة (٢) في نهاية الفصل} الذي يتميز بشكل كروي وزخرفة حبيبية كثيفة وأخدود ثلاثي يصل إلى نهاية المحيط الخارجي. كما شهدت نهاية هذا العصر ظهور أجناس مختلفة من الأبواغ مثل جنس بيلو سبورا *Pilospora* المتميز بشكل شبه مثلث وذي أخدود ثلاثي ونتوءات شوكية طويلة مستديرة في رؤوس المثلث البوغي ، وجنس سيكاتريكوسي سبورا *Cicatricosispora* {لوحة رقم (٥,٣)، صورة (١) في نهاية الفصل} المتكون من بوغة ثلاثية الأخدود ومزخرفة بضلوع متوازية في الجهتين الخلفية والمحيطية للبوغة وكذلك جنس جليخينيا *Gleichenia* {لوحة رقم (٥,٣)، صورة (٣) في نهاية الفصل} ،

المتكون من بوغة ثلاثية الأخدود، تصل نهايات الأخدود فيها إلى جدار البوغة وذات زخرفة حبيبية وجنس فيلوبو سبورا *Filobospora* أيضاً، والمتكون من بوغة ثلاثية الأخدود ونطاقية المحيط مع تزايد سمك رؤوس المثلث البوغي وجنس كونتيني سبورا *Contignispora*، المتكون من بوغة ثلاثية الأخدود ذات شكل شبه مثلث مع تزايد سمك المحيط الذي يكون مزخرفاً بضلوع سميكة متوازية فيما بينها متصلة بمحيط البوغة.

هذا وقد انتشرت في العصر الجوراسي عدة أشكال من الأبواغ الكبيرة التي وجدت في العصور السابقة، مثل جنس ترايليت *Triletes*. ولقد ظهر لأول مرة جنس مينيري سبورا *Minerispora*، ذو الامتداد الغشائي الجانبي والحواجز الغشائية العالية الممتدة على خطوط الأخدود الثلاثي، وجنس تومسونيا *Thomsonia*، المتكون من جسم مركزي شبه كروي مع وجود شعيرات أو أشواك كثيفة مرتبة على خطوط الأخدود الثلاثي أو حولها مع وجود حواجز غشائية عمودية. وظهر كذلك جنس سياسيا *Cyathea* {لوحة رقم (٥,٤)، صورة (٤) في نهاية الفصل} وجنس شيزيا *Schizea* {لوحة رقم (٥,٤)، صورة (٦) في نهاية الفصل} وجنس ماتوني سبورا *Matonispora* {لوحة رقم (٥,٤)، صورة (٧) في نهاية الفصل} وجنس موهريا *Mohria* {لوحة رقم (٤، ٥)، صورة (٨) في نهاية الفصل}.

### العصر الطباشيري Cretaceous Period

مع بداية هذا العصر ازداد انتشار وتنوع الأجناس التي ظهرت في نهاية العصر الجوراسي، مثل جنس ترايلوبو سبورا *Trilobospora* وجنس بايلوسي سبورا *Pilosispora* وجنس سيكاتريكوسيس سبورا *Cicatricosispora* {لوحة رقم (٥,٣)، صورة (١) في نهاية الفصل}، وظهرت أنواع لأول مرة مثل جنس أمبارديسي سبورا *Impardesispora* وهي بوغة مثلثة الشكل، رؤوس المثلث فيها مستديرة والمناطق بين رؤوس المثلث شديدة التقعر، والجدار ذو زخرفة حبيبية في الجهة الخلفية، وزخرفة ثآليلية في رؤوس المثلث البوغي، وجنس آبنديسي سبورا *Appendisispora* مثلث

الشكل، ذو أخدود ثلاثي سميك يمتد إلى خارج المثلث البوغي على شكل زوائد مركزة موازٍ لخط الاستواء، وذو زخرفة مضلعة تقع في الجهة الخلفية وجنس توروكيوسي سبورا *Taurocusispora*، المتكون من دائرة سميكة تحيط بالبوغة، إضافة إلى زخرفة تجعدية، وأحياناً ثآليلية تقع في الجهة الخلفية للبوغة، وأخدود ثلاثي سميك يشكل حاجزاً متوسط الارتفاع فوق الجهة الأمامية، ويصل إلى نهاية محيط البوغة وجنس ريتيتريليت *Retitriletes* المتكون من بوغة ثلاثية الأخدود مزودة بأغشية عمودية وعالية متقاطعة مكونة شكلاً شبكياً ذا خمسة أضلاع.

أما الأبواغ الكبيرة فتوجد منها أصناف مختلفة ومن هذه الأصناف الموجودة في هذا العصر جنس ريكينوسي سبورا *Recinosispora* المتكون من جسم كروي وأخدود ثلاثي. أما الجدار فيتألف من طبقتين وزخرفة شبكية، يتراوح حجمه بين ٣٠٠ - ٦٢٠ ميكروناً وجنس بيروبولوسي سبورا *Pyrobolospora* المتكون من شبكة واسعة من نتوءات مجوفة وطويلة في الجهة الخلفية مع وجود حاجز عال على خط الأخدود الثلاثي، وكذلك جنس توديا *Todea* {لوحة رقم (٥,٣)، صورة (٢) في نهاية الفصل}.

**العصر الثلاثي Tertiary Period**

ظهرت في هذا العصر بعض الأجناس المستمرة حتى وقتنا الحاضر، ففي عصر الأيوسين Eocene ظهر لأول مرة جنس أنثوسيرس *Ancotheras* {لوحة رقم (٥,١)، صورة (٣) في نهاية الفصل}.

أما في عصر الأوليجوسين Oligocene فقد ظهر لأول مرة جنس أنوجراما *Annogramma* {لوحة رقم (٥,١)، صورة (١) في نهاية الفصل} وجنس أنيميا *Anemia* {لوحة رقم (٥,٤)، صورة (١) في نهاية الفصل} وجنس بتيريدا *Pterida* {لوحة رقم (٥,٣)، صورة (٨) في نهاية الفصل}.

أما في عصر الميوسين Miocene فلقد ظهر لأول مرة جنس ريكيا *Riccia* {لوحة رقم (٥,٢)، صورة (٣) في نهاية الفصل}. هذا بالإضافة إلى تطور بعض الأجناس

خلال هذا العصر مثل جنس شيزيا *Schizea* {لوحة رقم (٥,٢)، صورة (١) في نهاية الفصل} ، إلى جانب استمرارية وجود بعض الأجناس التي ظهرت في العصور السابقة.

إن الدراسات الطبقية للأبواغ الحديثة للعصر الرباعي قليلة لا تتعدى استنتاج التجمعات النباتية فقط. ويرجع ذلك إلى عدم ظهور أنواع جديدة من الأبواغ ذات الأهمية الطبقية، بل تعتبر الأنواع الحالية امتداداً للعصور السابقة.

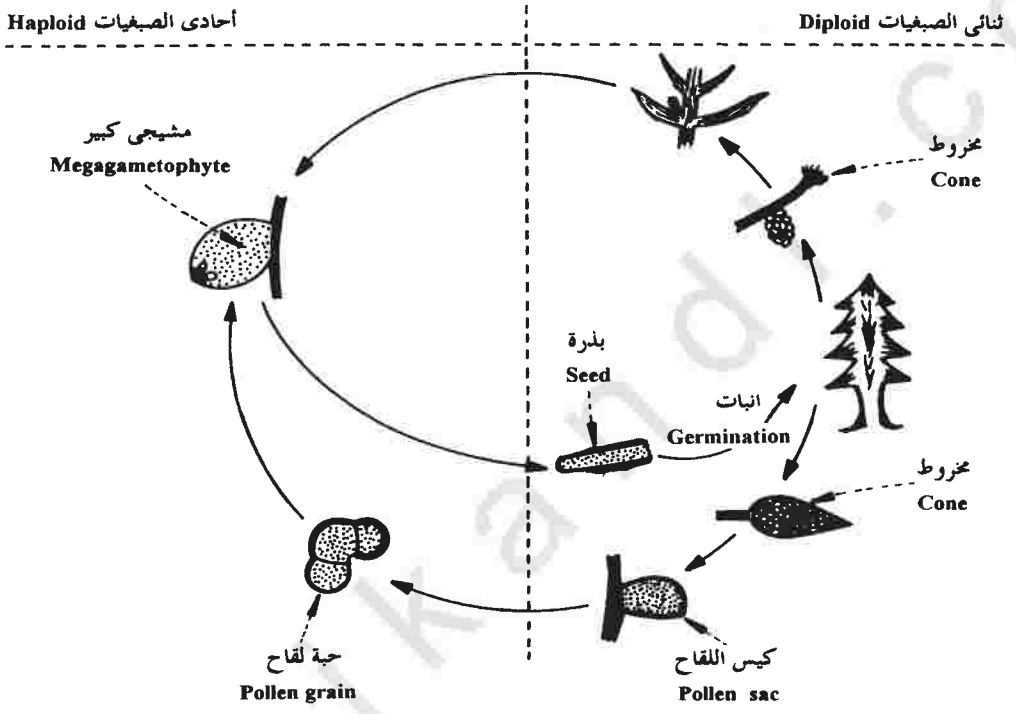
## حبوب اللقاح
## Pollen Grains

إن حبوب اللقاح أو ما يطلق عليها، أيضاً، في تجمعها بغبار اللقاح (غبار الطلع) هي حبوب لقاح النباتات حاملة البذرة (Seed bearing)، وخاصة النباتات الزهرية. تنتشر هذه الحبوب بالرياح والمياه أو الحشرات ليتم التلقيح.

يشبه انتشار حبوب اللقاح انتشار الأبواغ، ولكن هدف حبة اللقاح هو الوصول إلى المخروط الأنثوي مباشرة لبدء عملية التلقيح. إن طبيعة التلقيح تختلف من مجموعة إلى أخرى:

### ١ – عارية البذور Gymnosperm

ويقصد بها الصنوبريات ومثيلاتها، حيث تستقر حبة اللقاح بعد انتشارها بالرياح على البيضة. هذا وينمو من حبة اللقاح أنبوب لقاح (Pollen tube) طويل وذلك لترتبط الحبة مع خلايا البيضة من خلال فتحة تسمى الفويهة (Micropyle). تمر الخلايا الجرثومية إلى أسفل هذا الأنبوب ثم يحدث التلقيح الذي يؤدي إلى تكوين جيل بذري داخل المخروط. إن هذه البذرة (Seed) مكسوة بغطاء يساعد على حفظ وتغذية النبتة الوليدة داخلها، الشكل رقم (٥,٨). وهذا يمثل الطور الرئيسي للتكاثر والانتشار. لقد ظهرت أول النباتات عارية البذور والحاملة للبذرة في العمود الجيولوجي خلال العصر الكربوني المتوسط (Middle Carboniferous)، مع أن الأحافير التي تشبه عارية البذور قد عُثر عليها في صخور العصر الديفوني العلوي (Upper Devonian).




الشكل رقم (٥,٨). دورة حياة النباتات عارية البذور Gymnosperm (عن :Traverse, 1988).

### ٢ – كاسية البذور Angiosperm

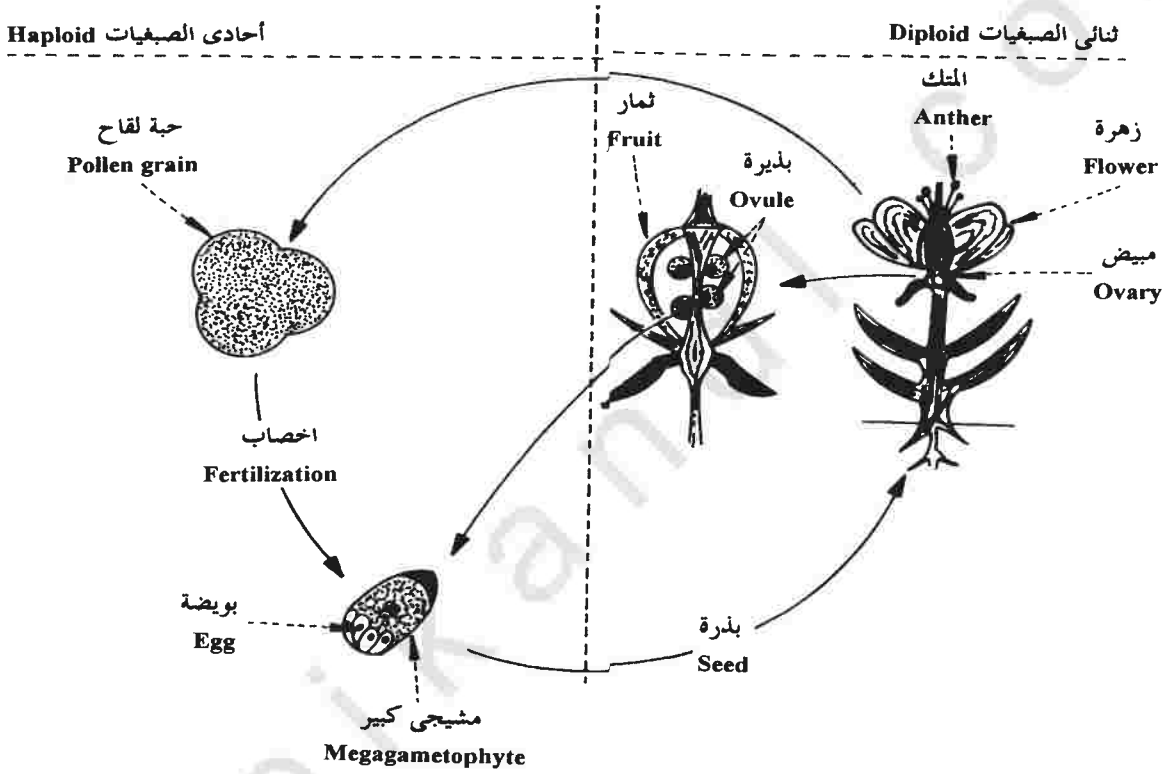
وتسمى وعائية البذور أيضاً. والمقصود بها النباتات المزهرة التي تتميز بوجود غطاء واقٍ للبيضة الأنثوية، وذلك باحتوائها داخل غطاء خارجي يسمى الخباء(Carpel). يستمر الخباء في البروز إلى أعلى مكوناً ما يسمى بحامل السمة (Style)، في نهايته عقدة تسمى الميسم (Stigma) لتمسك الحبة الملقحة. إن أوعية اللقاح أو ما يسمى بالمتك (Anther) تكون محمولة أيضاً على ساق يسمى العضو الذكري (Stamen) .ويحرر المتك حبوب اللقاح إلى الرياح ، والماء والحشرات ويحدث أثناء التلقيح (Pollination) نمو أنبوب اللقاح أسفل حامل الميسم أيضاً، وذلك من خلال الفويهة وحتى الوصول إلى البيضة. وبعد التلقيح تتكون البذرة وتحمي نفسها من الطقس والحشرات المخربة بالجدار العضوي الصلب، الذي يحيط بها، الشكل رقم (٥,٩). لقد اكتشفت هذه النباتات الزهرية لأول مرة في صخور العصر الطباشيري المتوسط (Middle Cretaceous) وهي تُعَدُ أساس الأحافير النباتية الرئيسية على الأرض.

### الوصف التفصيلي Systematic Description

إن الأسس الرئيسية المتبعة في الوصف التفصيلي لحبوب اللقاح هي نفسها التي اتبعت في الوصف التصنيفي للأبواغ مع وجود بعض الاختلافات في التسمية عند تقسيم حبوب اللقاح على أساس الثقوب.

### التصنيف Classification

كما ذكرنا سابقاً في الأبواغ فإن هناك نوعين من التصنيف : التصنيف الشكلي والتصنيف النباتي :




الشكل رقم (٥,٩). دورة حياة النباتات كاسية البذورAngiosperm (عن:Traverse, 1988).



obeikandl.com

### ١ – التصنيف الشكلي Morphological classification

اعتماداً على الصفات الشكلية مثل الشكل العام وعدد الثقوب وسمك الجدار والزخرفة الجدارية والأبعاد، قسمت الأشكال أرقام (٥,١٠)، (٥,١١)، (٥,١٢) حبوب اللقاح إلى ما يلي:

#### أ) حبوب اللقاح عديمة الانفلاقات والأخاديد والثقوب

**Inaperturate pollen grains**

وتشمل حبوب اللقاح الخالية من أي انفلاق أو أخدود أو ثقب لنشأة النبتة الوليدة، وعلى سبيل المثال جنس بوبيوليوس *Populus* الذي يمثل حبوب لقاح شجرة الحور.

#### ب) حبوب اللقاح ذات انفلاق (ذات أخدود) ذات ثقب

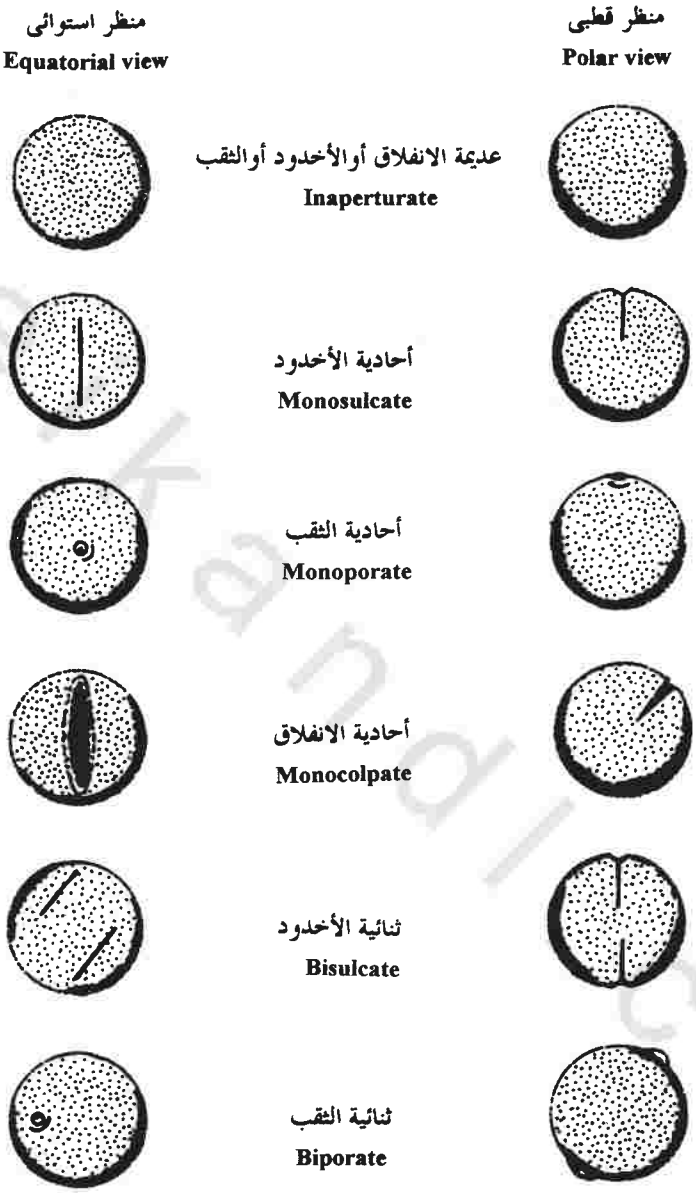
**Colpate (Sulcate) porate pollen grains**

وهي حبوب اللقاح الحاملة للمشيجي الذكري، وحجمها أقل من ١٠٠ ميكرون. يمكن تقسيمها إلى ثلاث مجموعات، اعتماداً على عدد الثقوب والأخاديد والانفلاقات فيها وقد توجد في الأشكال الآتية:

#### ١ – آحادية الانفلاق (آحادية الأخدود) آحادية الثقب

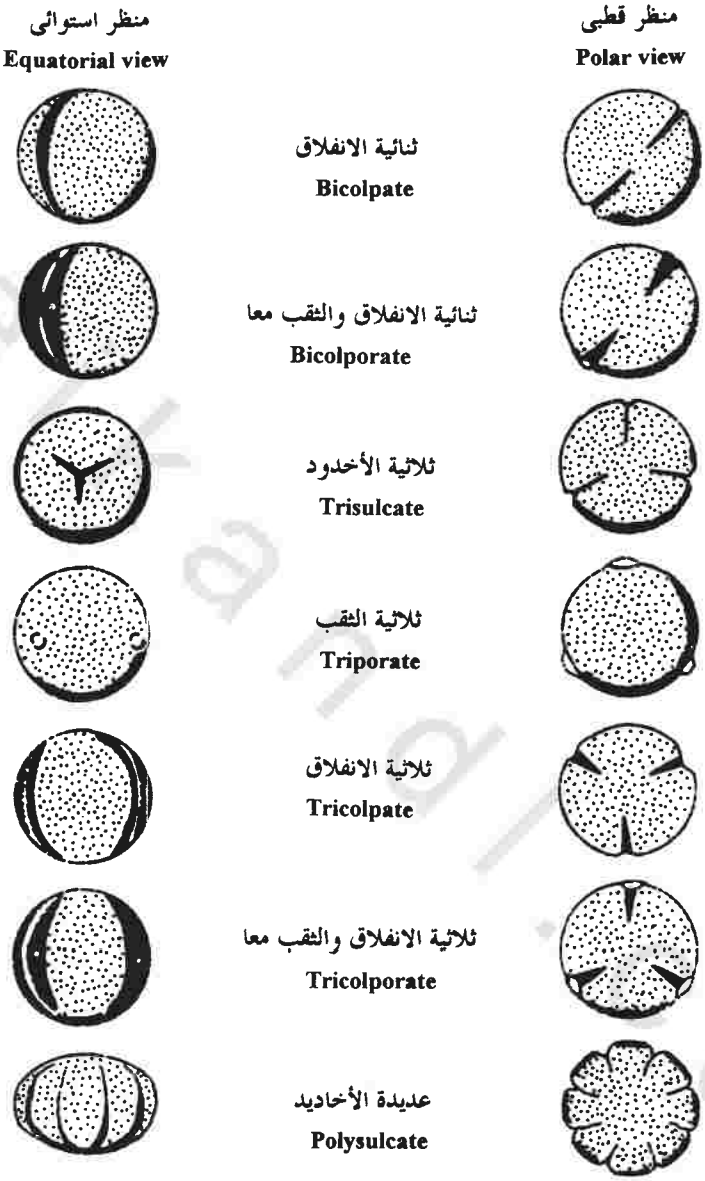
**Monocolpate (Monosulcate) Monoporate**

تقع الثقوب الجنينية في حبوب اللقاح في خط استوائي (Equatorial line) وذلك لأن الثقوب والانفلاقات و الأخاديد في حبوب اللقاح تقع في السطح الخلفي أثناء وجودها متلاحمة ببعضها في البوغة الرباعية (Spore tetrad). يسمى الشق المتكون في خط الاستواء بالأخدود (Sulcus) الخلفي، بينما يسمى الشق العمودي على خط الاستواء بالانفلاق الاستوائي (Colpi)، وفي بعض الحالات يوجد ثقب واحد فقط في المنطقة الخلفية لحبة اللقاح.



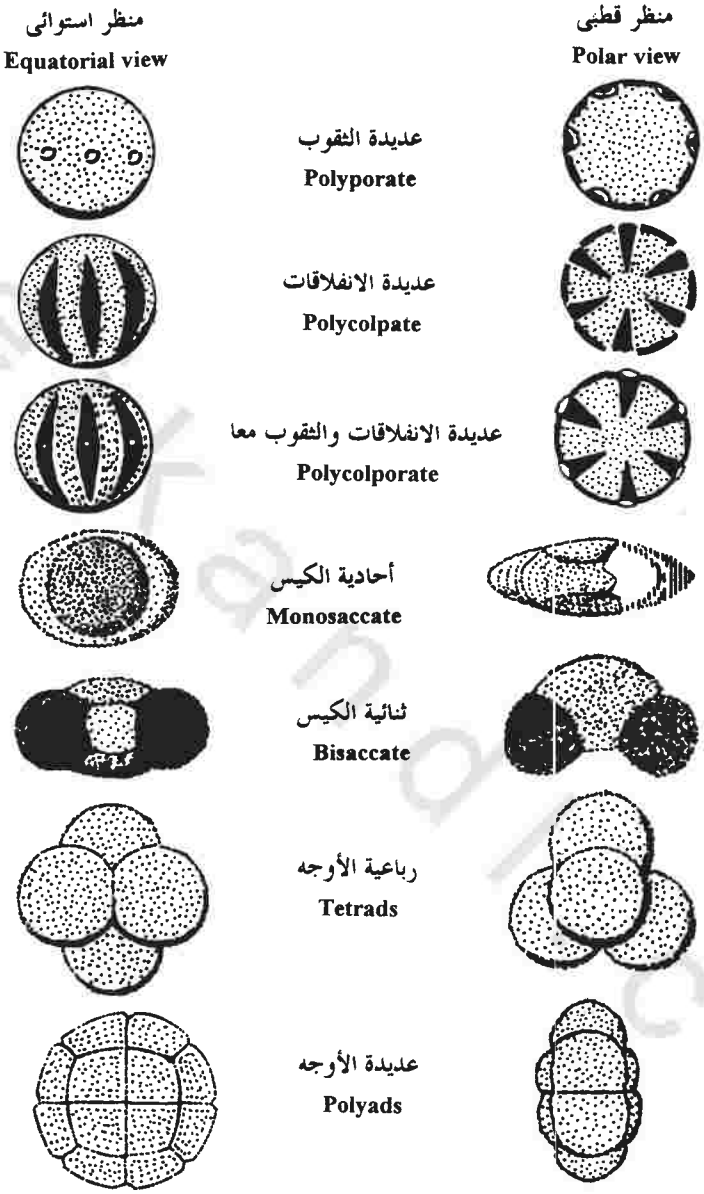

الشكل رقم (٥,١٠). الأشكال المختلفة لحبوب اللقاح Pollen grains

(عن:Traverse, 1988).




الشكل رقم (٥,١١). الأشكال المختلفة لحبوب اللقاح Pollen grains

(عن: Traverse, 1988).




الشكل رقم (٥,١٢). الأشكال المختلفة لحبوب اللقاح Pollen grains

(عن: Traverse, 1988).

تسمى حبوب اللقاح التي تحتوي على أخدود واحد فقط بآحادية الأخدود (Monosulcate)، وهي ممثلة لعاريات البذور، وكاسية البذور ووحيدة الفلقة. أما حبوب اللقاح التي تحتوي على ثقب واحد فقط فتسمى آحادية الثقب (Monoporate)، وإن وجد أخدود يحيط بحبة اللقاح فتسمى حبوب لقاح بنطاقية الأخدود (Zonosulcate).

وحبة اللقاح التي تحتوي على ثقب واحد مثل جنس فستيوكا *Festuca* أو ذات أخدود واحد مثل جنس فوينكس *Phoenix* أو نطاقية الأخدود مثل جنس كلاسوبوليس *Classopollis*.

### ٢ – ثنائية الأنفلاق (ثنائية الأخدود) ثنائية الثقوب

**Bicolpate (Bisulcate) Biporate**

وهي حبة اللقاح التي تحتوي على ثقبين مثل جنس كوخييم *Cokhiaum* أو أخدودين مثل جنس توفيلدا *Tofielda*.

### ٣ – ثلاثية الانفلاق (ثلاثية الأخدود) ثلاثية الثقوب

**Tricolpate (Trisulcate) Triporate**

تسمى حبوب اللقاح الناتجة من الأزهار كاسية البذور ووحيدة الفلقة بحبوب اللقاح ثلاثية الانفلاق (Tricolpate). وجاءت هذه التسمية من الأخاديد الثلاثة التي تحتويها. ومن الممكن أن تتقلص الأخاديد الثلاثة إلى ثقوب صغيرة مكونة حبوب لقاح ثلاثية الثقوب (Triporate).

ومن أمثلة حبة اللقاح التي تحتوي على ثلاثة ثقوب جنس لوماتيا *Lomatia* أو ثلاثة أخاديد جنس ريتيكولبوريت *Reticolporites* أو ثلاثة أخاديد وثقوب معاً جنس ساليكس *Salix*.

### ٤ – عديدة الانفلاقات (عديدة الأخاديد) عديدة الثقوب

**Polycolpate (Polysulcate) Polyporate**

إن حبوب اللقاح التي تحتوي على أكثر من ثلاثة انفلاقات تسمى عديدة الانفلاقات (Polycolpate) والتي تحتوي على أكثر من ثلاثة ثقوب تسمى عديدة الثقوب(Polyporate) والتي تحتوي على أكثر من ثلاثة انفلاقات وثقوب تسمى عديدة الانفلاقات والثقوب معًا (Polycolporate).

وحبة اللقاح التي تحتوي على عدة ثقوب أو عدة انفلاقات أو عدة أخاديد أو تحتوي على الأخاديد والثقوب معاً، نذكر منها على سبيل المثال جنس فراكسينيوس *Fraxinus* متعدد الانفلاقات وجنس بلانتاجو *Plantago* متعدد الأخاديد وجنس بوليجونيوم *Polygonium* متعدد الأخاديد والثقوب معاً.

### جـ) حبوب لقاح ذات أكياس Saccate pollen grains

وهي حبة اللقاح التي تحتوي على الجسم المركزي المرتبط بكيس غشائي واحد أو أكثر من كيس وبالأشكال الآتية:

#### ١ – آحادية الكيس Monosaccate

وهي حبة اللقاح التي تحتوي على كيس واحد فقط يحيط بالجسم المركزي. فإذا كان هذا الكيس ثلاثي الأخدود كان تماثلها شعاعياً، أما إذا كان آحادي الأخدود فتماثلها ثنائي مثل جنس فلورينايت *Florinites*.

#### ٢ – ثنائية الكيس Bisaccate

وهي حبة اللقاح التي تحتوي على كيسين مرتبطين في كلٍ من جانبي الجسم المركزي ويكون التماثل ثنائيًا مثل جنس بودوكاربيوس *Podocarpus* {لوحة رقم (٥,٧)، صورة (١٢) في نهاية الفصل}.

**د) حبوب اللقاح رباعية الأوجه وعديدة الأوجه Tetrads and Polyads**

وهي حبة اللقاح التي لها أربعة، أو عديدة الأوجه جميعها متساوية ومتماثلة مثل جنس ألبيزيا *Albizzia* {لوحة رقم (٥,٨)، صورة (١٢) في نهاية الفصل}.

**٢ – التصنيف النباتي Botanical Classification**

إن مقارنة نباتات وحبوب اللقاح المتأحفرة من العصرين الثلاثي والرباعي مع مثيلاتها الموجودة في وقتنا الحالي، تدلنا على وجود استمرارية لأجناس النبات وأشكال حبوب اللقاح. لهذا فإن الباحثين في هذا المجال يفضلون تسمية حبوب اللقاح المتأحفرة بنفس الاسم المستعمل لحبة اللقاح المماثلة الموجودة في وقتنا الحالي والموضحة في اللوحات المصورة عن (El-Sabrouty, 1984) وعلى هذا الأساس يمكن تصنيف حبوب اللقاح المتأحفرة كالآتي:

**أ) عارية البذور Gymnospermae**

تضم النباتات السرخسية ذات البذور (Seed fern) والصنوبريات (Conifers) والسيكادات (Cycads). يحاط النبات المشيجي الأنثوي في هذه النباتات داخل بيضة. أما المشيج الذكري فيكون داخل حبة لقاح آحادية الأخدود وثنائية التماثل ويحدث التلقيح في بذرة ذات عنق.

تُعَدُ السرخسيات ذات البذور منقرضة فقد عاشت بين العصر الكربوني وحتى العصر الطباشيري. وتتميز السرخسيات بأنها تنتج حبوب لقاح متغيرة في الشكل، ثلاثية أو أحادية الأخدود مثل جنس مونولت *Monolete*، وهي حبة لقاح ثنائية التماثل وذات أخدودين متصلين ببعضهما في الجانب الخلفي لتكوين أخدود واحد وهي تمثل نبات جنس وايتليسيا *Whittleseya*.

أما السيكادات فقد نشأت في العصر الترياسي ونمت وانتشرت في العصرين الجوراسي والطباشيري، حيث بقى بعض منها حتى عصرنا الحالي، وهي تنتج حبوب

لقاح آحادية الكيس وثنائية التماثل، مثل جنس سـيكادوبايت *Cycadopites* الـذي كـان منتشراً جداً في حقب الحياة المتوسطة.

أما الكورديت (Cordaitales) فقد انتشرت بصورة كبيرة في العصر الكربوني كما وجدت بين العصر الديفوني المتأخر والعصر الترياسي أيضاً. تنتج هذه النباتات حبوب لقاح يقارب حجمها من ١٠٠ ميكرون وهي آحادية الأخدود وذات كيس هوائي منفرد مثل جنس فلورينايت *Florinites* الذي وجد بين العصرين الكربوني والبرمي.

أما الصنوبريات (Conifers)، التي وجدت بين العصر البرمي وحتى عصرنا الحاضر فلها أهمية كبرى حيث ازدهرت وانتشرت خلال الفترة من العصر الترياسي إلى العصر الجوراسي. وتتميز حبوب اللقاح المنتجة من هذه النباتات بأنها أحاديـة الأخـدود وثنائية الكيس وذات جدار أملس، مثل جنس بينيوس *Pinus* { لوحة رقم (٥,٦)، صورة (١) في نهاية الفصل} الذي يتراوح حجمه بين ٥٠ - ٧٥ ميكروناً وبه كيسان هوائيان وهو ذو زخرفة في كل من الجانبين الخلفيين. وتُعَدُ حبوب اللقاح من جنس كلاسوبوليس *Classopollis* {لوحة رقم (٥,٧)، صورة (٥) في نهاية الفصل} ممثلة للصنوبريات وكانت منتشرة انتشاراً واسعاً في الفترة ما بين العصر الترياسي المتأخر والعصر الطباشيري وهي طويلة أو كروية الشكل ذات أخدود ثلاثي في الجهة الأمامية وفتحة واحدة في الجهة الخلفية. وكذلك جنس آروكارياسايت *Araucariacite* الـذي يتراوح حجمه من ٦٠ - ٩٥ ميكرونا فإنه ذو شكل كروي والأكزين الرقيق ذو الزخرفة الحبيبية. عاش هذا الجنس من العصر الجوراسي إلى عصرنا الحالي.

**ب) كأسية البذور Angiospermae**

وتسمى بالنباتات المزهرة أيضاً. واكتشفت منذ العصر الطباشيري واستمرت إلى وقتنا الحاضر. يكون النبات المشيجي في هذه النباتات محفوظاً داخل بيضة مع وجود الميسم وحامل الميسم. ويولد النبات المشيجي في المتك (Anther)، ويتكون على شكل حبة اللقاح. إن هذه التركيبات التكاثرية تسمى الكأسية. فالتلقيح يحدث في البيضة ويولد البذور.

إن كثيراً من النباتات المزهرة تلقحها الحشرات .أما البقية من النباتات المزهرة فتُلقح بالرياح مثل الحشائش أو بالمياه، مثل الحشائش المائية.إن حبوب لقاح النباتات كأسية البذور عادة ما تكون ذات جدار خارجي سميك مع وجود فتحات نبتية خلفية، كما أن هذه النباتات تحتوي على نوعين وهي أحادية الفلقة (Monocotyledonae) وثنائية الفلقة (Dicotyledonae).

إن حبوب لقاح النباتات آحادية الفلقة تشبه حبوب لقاح نباتات السيكادات آحادية الأخدود، مثال ذلك حبوب لقاح نخيل التمر من جنس فوينيكس *Phoenix* التي تأخذ شكل القارب ويتراوح حجمها بين ١٢ - ٣٠ ميكروناً وتكون ذات جدار خارجي (Exine) سميك وأملس وذات أخدود آحادي عميق. تسمى حبوب اللقاح هذه جنس بالمايبولينايت *Palmaepollenites*، التي عُثر عليها في رسوبيات العصر الطباشيري المتأخر وحتى وقتنا الحالي. مثال آخر لحبوب اللقاح جنس مونوبوريت *Monoporites* ذو الشكل الكروي وأحادي الفتحة وذو جدار خارجي (Exine) رقيق أملس. ومنتشر في الباليوسين وحتى وقتنا الحاضر، وهو ينتمي إلى حشائش الفيسكو من جنس فستيوكا *Festuca*. كذلك فإن حبوب لقاح جنس كلافاتيبولينايت *Clavatipollenites* وجدت من العصر الطباشيري السفلي وهي تعتبر من أقدم حبوب لقاح كأسية البذور وتكون أحادية الأخدود ذات شكل بيضي وجدار خارجي عصوي الزخرفة.

أما حبوب لقاح النباتات ثنائية الفلقة، ومثال ذلك حبوب لقاح شجرة البلوط من جنس كركيوس *Quercus* { لوحة رقم (٥,٥)، صورة (٣) في نهاية الفصل} التي يتراوح حجمها بين ٣٠ - ٣٦ ميكروناً. وهي تنتمي لشجرة جنس كركوابولينايت *Quercoipollenites* والتي عُثر عليها في رسوبيات العصر الطباشيري العلوي وحتى وقتنا الحالي. مثال آخر حبوب لقاح شجرة البتولا من جنس بيتيولا *Betula* التي تنتج حبوب لقاح يتراوح حجمها بين ٢٠ - ٤٠ ميكروناً وتكون مفلطحة الشكل وثلاثية الفتحات أو عديدة الفتحات مثل جنس بتيولايبولينايت *Betulaepollenites*، التي عُثر

عليها في رسوبيات العصر الطباشيري وحتى وقتنا الحالي. مثال أخـر أيضـا حبـوب لقـاح شـجرة الـدردار مـن جنـس فراكسـينيوس *Fraxinus* الـتي تتمـيز حبـوب لقاحـها برباعيـة المحيط الخارجي وتكون مفلطحة وعديدة الأخاديد ويكون جدارها الخارجي (Exine) ذا زخرفة شبكية مثل جنس فراكسينوابوليناىت *Fraxinoipollenites*.

**جـــ) حبوب اللقاح النموذجية Normapolles**

وهي حبوب اللقاح مثلثة الشكل ذات ثلاثة ثقوب في رؤوس المثلث، الشكلان رقما (٥,١٣) و (٥,١٤)، يتكون الجدار الخـارجي (Exine) مـن طبقتـين متميـزتين مثـل جنس نيودوبوليس *Nudopollis*

إنها مجموعة من حبـوب اللقـاح تُعَـدُ نواتـج لنباتـات زهريـة، ولكنـها منقرضـة، عاشت بين العصر الطباشيري العلوى والباليوجين السفلي. ونذكر منها:

**١ – جنس نيودوبوليس *Nudopollis***

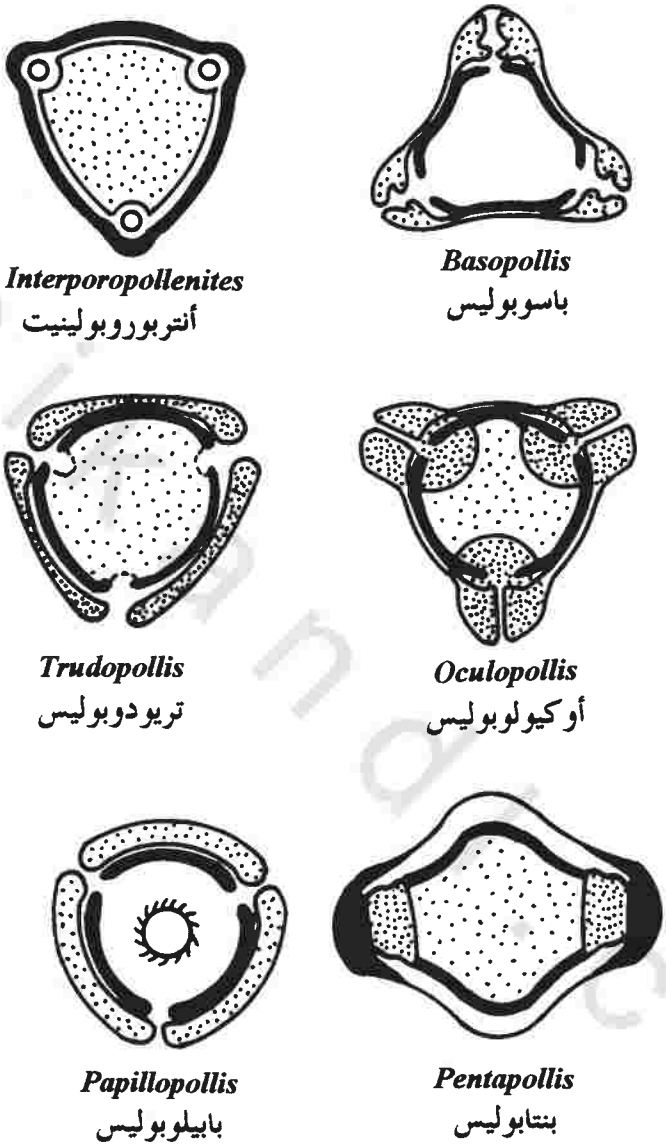
يتميز هذا الجنس بأن الجدارالخـارجي يـزداد سمكـه لتكويـن قنـاة ضيقـة تمتـد إلى الداخل، وأما الجدار الداخلي فهو غير واضح ولا يمكن تمييزه عن الخارجي.

**٢ – جنس تريودوبوليس *Trudopollis***

يتميز بوضوح الجدار الداخلي عن الجدار الخـارجي مـع وجـود حـاجب غشـائي نصف دائري محدب إلى الداخل يغلق القناة المتكونة من الفتحات الثلاث.

**٣ – جنس بليكابوليس *Plicapollis***

يتميـز بوجـود طيـات ثلاثيـة التشـعب علـى الجـدار الداخلـي .ينفصـل الجـدار الداخلي في كل منطقة الفتحـات الثلاث عـن الجـدار الخـارجي لتكويـن فجـوة بينـهما، حيث يتسع الجدار الخارجي لتكوين قناة، حجم الفتحة فيها من الداخل يسـاوي ثلاثـة أضعاف حجمها من الخارج.

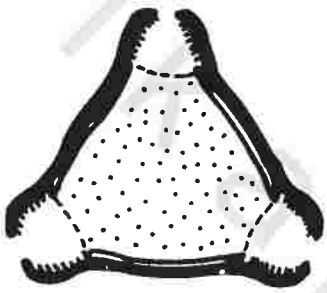



الشكل رقم (٥,١٣). حبوب اللقاح النموذجية Normapolles

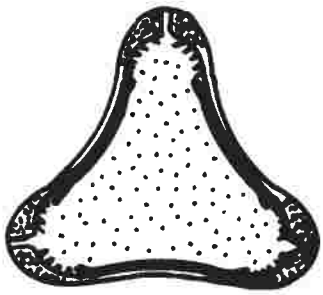
(عن: Tschudy, 1969).

*Sporopollis* سبوروبوليس

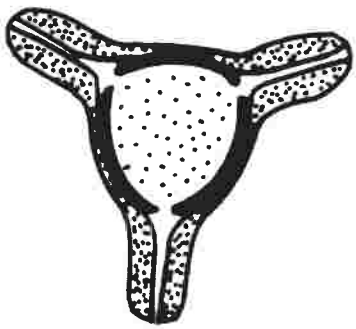
*Plicapollis* بليكابوليس



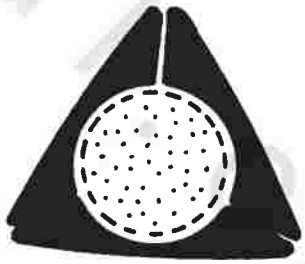
*Vacuopollis*
فاكيوبوليس



*Conclavipollis*
كنكلافيبوليس



*Extratriporopollenites*
اكستراترايبوروبولينيت



*Nudopollis*
نيودوبوليس

الشكل رقم (٥,١٤). حبوب اللقاح النموذجية Normapolles

(عن: Tschudy, 1969).

### ٤ – جنس كونكلافيبوليس *Conclavipollis*

يتميز بأن مناطق الفتحات الثلاث تحتوي كل منها على حلقة ضيقة من الخارج تؤدي إلى قناة ذات بروزات شوكية عمودية على سطح الجدار الخارجي، أما الجدار الداخلي فواضح.

### ٥ – جنس باسوبوليس *Basopollis*

يتميز بأن مناطق الفتحات الثلاث تحتوي على قنوات معقدة ومتجهة إلى الداخل وأن الجدار الداخلي يكون واضحاً. لا يوجد غشاء يغلف القناة من الداخل.

إن حبوب اللقاح النموذجية مهمة جداً في الدراسات الطبقية للانتشار الواسع لهذه الحبوب بين العصر الطباشيري العلوي والعصر الثلاثي، إضافة إلى تطورها السريع، كما أن بداية ظهور هذه الحبوب تؤكد الانتشار الواسع للنباتات الزهرية كأسية البذور في الأرض خلال النصف الثاني من العصر الثلاثي (Tertiary Period).

## التاريخ الجيولوجي
## Geological History

تتميز حبوب اللقاح بالتغير في الشكل طيلة الأزمنة الجيولوجية المختلفة . ففي العصر الكربوني ظهرت النباتات عارية البذور (Gymnosperm) واستمرت التغيرات بأشكال مختلفة في التركيب بداية بحبوب اللقاح أحادية الكيس (Monosaccate) ثم ثنائية الكيس (Bisaccate) ثم عديدة الأكياس (Polysaccate). وفي العصر الجوراسي ظهرت أنواع من حبوب اللقاح ثلاثية الفتحات، أو ثلاثية الفتحات والأخاديد معاً، واستمرت حتى وقتنا الحاضر. أما حبوب اللقاح النموذجية (Normapolles) فظهرت بين نهاية العصر الطباشيري وحتى الأوليجوسين. كما لوحظ وجود خطوط تطورية في حبوب اللقاح خلال الدراسة التي أجراها (Nichols & Otti, 1978) على جنسي موميبايتس *Momipites* وكاريبولينايتس *Caryopollenites*.

### العصر الكربوني Carboniferous Period

بـدأت النباتـات الضخمـة تنتشـر في بدايـة العصـر الكربونـي إضافـة إلى ظـهور مجموعات كبيرة أخرى من النباتـات ومنها نباتـات عاريـة البـذور (Gymnosperm). هـذا وظـهرت لأول مـرة نباتـات سرخسـية عاريـة البـذور، ونباتـات قلبيـة (Cordaites). فقـد كونت هذه النباتات مع نباتات الليكوبوديات والسفينوفيلات غابات كثيفة، خلال هذا العصر، أدت إلى تكوين الفحم الحجري في منـاطق مختلفـة مـن العـالم. واسـتمر ظـهور أنواع جديدة من حبوب اللقاح التي ميزت هـذا العصـر. فلقـد تمـيز هـذا العصـر بانتشـار حبوب اللقاح ثنائية الكيس، ومن أمثلتها جنس *Disaccite* الذي يكون الجسم المركـزي فيه ثلاثي الأخدود أو عديم الفتحـة . كمـا ظـهر جنـس فايسـوليوس *Phaesolus* {لوحـة رقم (٥,٧)، صورة (٨) في نهاية الفصل} .

### العصر البرمي Permian Period

من أهم مميزات هذا العصر هو ازدهار وانتشار حبوب اللقاح ثنائية الكيـس ذات الزخرفـة المضلعـة الطوليـة وتعـدد أجناسـها. ومـن أهمـها حبـوب اللقـاح ثنائيـة الكيـس المخططة، مثل جنس سـترياتوبودوكاربايت *Striatopodocarpites* ذي الشـكل الكـروي الـذي يحتـوى علـى أربعـة خطـوط طوليـة وكيسـين جـانبيين أكـبر حجمـاً مـن الجسـم المركزي، وكذلك جنس سترياتايت *Striatites* الذي يكون الجسم المركزي فيـه بيضاويـاً أو كروياً مع وجود خطوط طولية وأخرى عمودية وكيسين جانبيين أصغر حجماً في الجسم المركزي، ويمثلها نوع سترياتايت ميديـوس *Striatites medius* البـالغ مـن الحجـم ٥٢ - ٧٢ ميكروناً وهو جسم مركزي بيضي يحتوي على عدد من الخطوط يـتراوح بـين ستة و ثمانية خطـوط طوليـة في الجـانب الأمـامي، وحـوالي ثلاثـة خطـوط عموديـة مـن الجانب الخلفـي، وأن الكيـس الجـانبي أقصـر مـن ارتفـاع الجسـم المركـزي. كذلـك ظـهر جنـس رودونيافـالون *Rhodognaphalon* {لوحـة رقـم (٥,٧)، صـورة (٤) في نهايـة الفصـل}، وجنـس بيداليـا *Pedalia* {لوحـة رقـم (٥,٧)، صـورة (٩) في نهايـة

الفصل} ، وجنس ديسبلتسيا *Desplatsia* {لوحة رقم (٥,٨)، صورة (٦) في نهاية الفصل}.

تتميز بداية هذا العصر بوجود الجليد بين الهند واستراليا وجنوب إفريقيا وكذلك بوجود الغابات الضخمة ، وظهور أشجار الجنكة Ginkgo الصينية لأول مرة.

**العصر الترياسي Triassic Period**

مع نهاية العصر البرمي و بداية العصر الترياسي حدث تغيير شديد في أصناف النباتات وخاصة في النباتات عارية البذور ، فقد ظهر لأول مرة نبات السيكادات وزاد انتشار نبات الجنكة والنباتات القلبية. أما النباتات الأخرى مثل السرخسيات والأسفينية والسايلوبدية فكانت في تناقص مستمر في هذه الفترة الزمنية.

في هذا العصر انتشرت حبوب اللقاح ثنائية الكيس وخاصة المخططة منها بنسبة أكبر مما كانت عليه في العصر البرمي ، ومن الأجناس التي لها أهمية في هذه الفترة جنس أوفاليبوليس *Ovalipollis* ، الذي يتميز بوجود كيسين ضيقين يحيطان بالنهايتين الجانبيتين للجسم المركزي وأخدود آحادي مستقيم وجنس سايكادوبايت *Cycadopites* ذو الشكل البيضي والأخدود الآحادي في المنطقة الخلفية ويكون الجدار أملس وجنس جنيتاسيابولينايت *Gnetaceaepollenites* ذو الشكل الكروي المتطاول والمحتوي على أخاديد طولية ، ومن الأشكال التي تمثل هذا الجنس في وقتنا الحالي وتُعَدُ امتداداً له ، جنس أيفيدرا *Ephedra* {لوحة رقم (٥,٨)، صورة (٨) في نهاية الفصل}. ولقد ظهر لأول مرة في هذا العصر جنس كلاسوبوليس *Classopollis* كروي إلى بيضي الشكل مع وجود فتحة جنينية ثلاثية أو رباعية في الجهة الأمامية وثقب شبه دائري في الجهة الخلفية وذو زخرفة خطية دقيقة حول خط الاستواء.كذلك ظهرت أجناس أخرى مثل جنس أيودس *Iodes* {لوحة رقم (٥,٧)، صورة (١) في نهاية الفصل} ، وجنس أبريوس *Abrus* {لوحة رقم (٥,٧)، صورة (٦) في نهاية الفصل} ، وجنس بوهيميا *Bauhimia* {لوحة رقم (٥,٧)، صورة (١١) في نهاية الفصل}.

**العصر الجوراسي Jurassic Period**

يتميز هذا العصر باستمرارية وجود أجناس العصور السابقة ماعدا جنس أوفاليبوليس *Ovalipollis* الذي اختفي في هذا العصر . وظهرت أجناس لأول مرة ميزت هذا العصر مثل جنس أيوكوميدايت *Eucomiidites* ذي الأخدود الآحادي من الجهة الخلفية وأخدود محيطي من الجهة الأمامية التي تظهر عند انضغاطها بمظهر ثلاثية الأخدود غير المتجانسة ومن أهم أنواعه في هذا العصر نوع أيوكوميدايت ترويدسوني *Eucomiidites troedssoni*، كذلك ظهر جنس سايسالبينيا *Caesalpinia* {لوحة رقم (٥,٨)، صورة (٥) في نهاية الفصل}.

**العصر الطباشيري Cretaceous Period**

لقد تميز العصر الطباشيري بتأثير عوامل بيئية شملت الكرة الأرضية بالكامل وتمثلت في زحف المياه البحرية على الأرض اليابسة. ولقد انتهى هذا العصر بأعظم حركة أرضية بانية للجبال. واستمرت هذه العوامل البيئية حتى أوائل العصر الثلاثي حيث قل اندفاع البحر فوق اليابسة ولكن مع قليل من الحركات الأرضية التي كونت الشكل المعاصر للأرض اليابسة. خلال هذا العصر كان الطقس متغيراً بين الحار الاستوائي والبارد القطبي مما كان له الأثر الأكبر على النباتات خلال هذا العصر. فمع بداية العصر الطباشيري ظهرت النباتات المزهرة والورود الحقيقية التابعة لكأسيات البذور ولهذا نلاحظ في هذا العصر الانتشار الواسع لحبوب اللقاح ثلاثية الأخاديد وثلاثية الفتحات والأخاديد معا وكذلك المتعددة الأخاديد وحبوب اللقاح النموذجية.

ففي العصر الطباشيري السفلي ازدادت وانتشرت وتنوعت الأجناس. نذكر منها على سبيل المثال جنس ترايكولبيت *Tricolpite* المستدير في الشكل، الذي يحتوي على ثلاثة أخاديد وزخرفة جدارية اسفنجية وجنس كلافاتيبولينايت *Clavatipollenites* آحادي الأخدود وذا الجدار السميك.

أما في العصر الطباشيري العلوي فقد بدأ ظهور حبوب اللقاح النموذجية التي تتميز بوجود فجوة متكونة من انفصال الجدار الخارجي (Exine) عن الجدار الداخلي (Entine) مع وجود أعمدة (Columellae) في المنطقة الداخلية للجدار الخارجي (Exine) مثل جنس كمبلكسييوبوليس *Complexiopollis* وجنس بسيدوبليكابوليس *Pseudoplicapollis* وجنس سانتالاكسايت *Santalaxite* .

ومن حبوب اللقاح المميزة والتي ظهرت لأول مرة في هذا العصر جنس ترايكولبيت *Tricolpites* دائري الشكل ذو ثلاثة أخاديد وجدار خارجي سميك وجنس ريتيترايكولبيت *Retitricolpites* مثلث الشكل ذو جدار خارجي سميك وزخرفة شبكية وثلاثة أخاديد وجنس ترايكولبوروبولينيت *Tricolporopollenites* مثلث الشكل ذو جدار خارجي سميك وثلاث فتحات مع ثلاثة أخاديد. كما ظهرت أجناس أخرى مثل جنس أتريبلكس *Atriplex* {لوحة رقم (٥,٧)، صورة (٣) في نهاية الفصل}، وجنس بومبكس *Bombax* {لوحة رقم (٥,٧)، صورة (٧) في نهاية الفصل}، وجنس بلانكونيلا *Planchonella* {لوحة رقم (٨، ٥)، صورة (٩) في نهاية الفصل}.

## العصر الثلاثي Tertiary Period

يتميز هذا العصر بهدوء الحركات الأرضية التي سادت العصر الطباشيري وتراجع البحر مما أدى إلى تكون بيئة المستنقعات وانخفاض درجة حرارة الطقس فانقرضت نتيجة لذلك نباتات وحيوانات مختلفة وظهرت حيوانات ونباتات أخرى متكيفة مع الظروف البيئية الجديدة.

من حبوب اللقاح التي ظهرت لأول مرة في بداية هذا العصر جنس نيودوبوليس *Nudopollis* مثلث الشكل ذو ثلاث فتحات في رؤوس المثلث وقناة الفتحة طويلة وتتكون من عدة صفائح وكذلك جنس تريودوبوليس *Trudopollis* المتميز بوجود فراغ بين الجدار الداخلي (Entine) والجدار الخارجي (Exine) ودون وجود تراكيب أخرى بينهما، وجنس كاريابولينايت *Caryapollenites* كروي الشكل حيث يلتصق الجداران

الداخلي والخارجي مع وجود فتحة ظاهرة داخل الجدار الخارجي (Exine) وفجوة أخدودية دائرية وثلاث فجوات نصف دائرية حول الفتحات الثلاث، وجنس موميبايت *Momipites* مثلث الشكل ويكون المركز محتوياً على دائرة بجدار أقل سمكاً وجنس روابيت *Rhoipites* معيني الشكل ثنائي الأخاديد والفتحات ويوجد منه في وقتنا الحالي أنواع ذات زخرفة ثآليلية.

إضافة لهذه الأجناس فلقد تم التعرف أيضا على أجناس كثيرة أخرى منها جنس تيليا *Tillia* الذي عُثر عليه في الأيوسين والأوليجوسين ويتميز بالشكل المثلث والزخرفة الشبكية، وأن لجدار الخارجي (Exine) سميك، وجنس ديرفيلا *Diervilla* دائري الشكل مع وجود ثلاث فتحات ونتوءات قصيرة اسطوانية الشكل ومدببة النهايات، وجنس أينابرتيروبولينايت *Inaperteropollenites* دائري الشكل ذوأربع فتحات وزخرفة جدارية شبكية وجنس بنكتوبولينايت *Punctopollenites* مغزلي الشكل ذو فتحتين في النهايات وزخرفة جدارية مثقبة وجنس تيتراكولبوروبولينايت *Tetracolporopollenites* بيضي الشكل ذو أربعة أخاديد وفتحات معاً وزخرفة جدارية دقيقة، وجنس جيوجلنسبولينايت *Juglanspollenites* دائري الشكل وذو فتحات عديدة، وجنس فاجيوسبولينيت *Faguspollenites* آحادي الأخدود مع وجود منطقة داكنة حول الأخدود وجدار خارجي (Exine) سميك وزخرفة حبيبية وجنس باسوبوليس *Basopollis* وهو من حبوب اللقاح النموذجية ذو ثلاث فتحات في كل واحدة غرفتان متعاقبتان، الأولى في الجدار الخارجي (Exine) وتتصل بالثانية المتكونة بين الجدارين الداخلي والخارجي.

وقد تميز العصران المايوسين والبلايوسين بما يلى:

١ - قلة عدد أنواع الأحافير النباتية المنتشرة فيهما.

٢ - قلة عدد أنواع الأحافير النباتية المنقرضة فيهما أيضا.

٣ - وجود حبوب لقاح لمجموعة من النباتات العشبية والخشبية والتي تستّعمل كدليل لعمر متأخر عن المايوسين والبلايوسين.

٤ - نمو نسبة عالية من النباتات الحالية قرب الطبقات التي تحتوي على الكثير من أحافير هذه النباتات خلال المايوسين والبلايوسين.

٥ - تمركزت المجموعات النباتية في دوائر بيئية خلال هذين العصرين.

ومن أهم الأجناس التي تمت دراستها في بعض المناطق من الباليوسين Paleocene هي: جنس تريومفيتا *Triumfetta* {لوحة رقم (٥,٨)، صورة (١) في نهاية الفصل}، وجنس بيوكانانيا *Buchanania* {لوحة رقم (٥,٨)، صورة (٢) في نهاية الفصل}، وجنس بوليجالا *Polygala* {لوحة رقم (٥,٨)، صورة (٧) في نهاية الفصل}، وجنس ستركيوليا *Sterculia* {لوحة رقم (٨، ٥)، صورة (١١) في نهاية الفصل}.

أما من عصر الأيوسين Eocene فلقد تمت دراسة جنس آلكورنيا *Alchornea* {لوحة رقم (٥,٧)، صورة (٢) في نهاية الفصل}، وجنس أوبركيولينا *Operculina* {لوحة رقم (٥,٨)، صورة (٣) في نهاية الفصل}.

ومن عصر الأوليجوسين Oligocene تمت دراسة جنس جاسمينيوم *Jasminum* {لوحة رقم (٥,٧)، صورة (١٠) في نهاية الفصل}، وجنس ميليا *Melia* {لوحة رقم (٥,٨)، صورة (٤) في نهاية الفصل}.

ومن أهم الأجناس التي تمت دراستها من المايوسين:

جنس يوليوس *Ulmus* وجنس آسير *Acer* وجنس كيركيوس *Quercus* وجنس بينيوس *Pinus* وجنس شيفيرديا *Shepherdia* وجنس ليونيكا *Leonica* وجنس جيوجلانس *Juglans* وجنس آلنيوس *Alnus* وجنس أيفيدرا *Ephedra* {لوحة رقم (٥,٥)، صورة (١) في نهاية الفصل} وجنس كالبوكاليكس *Calpocalyx* {لوحة رقم (٥,٨)، صورة (١٠) في نهاية الفصل} وجنس لينيوم *Linum* {لوحة رقم (٥,٨)، صورة (١٣) في نهاية الفصل}.

**العصر الرباعي Quaternary Period**

يتميز العصر الرباعي باحتوائه على أحافير نباتية متشابهة بنظيراتـها مـن النباتـات الموجودة في وقتنا الحالي بالإضافة إلى بعض بقايا الأجناس والأنواع من العصـر الثلاثي وذلك في النطاق الواحد حيث تسـتمر العوامـل البيئيـة والظـروف المناخيـة علـى مـا هـي عليها في النطاق الواحـد والممتـدة مـن العصـر الربـاعي إلى وقتنـا الحـالي. ففـي الولايـات المتحدة الأمريكية عُثر في العصر الرباعي علـى بقايـا أجنـاس مـن العصـر الثلاثـي.أمـا في أوروبا فإن بعض بقايا أنواع من العصر الثلاثي عُثر عليها في أوائل العصر الرباعي.

والجديـر بـالذكر أن العصـر الربـاعي يتمـيز بانتشـار حبـوب لقـاح الأعشـاب والحشائش والشجيرات، وأن هذه الخاصية ينفـرد بـها العصـر الربـاعي فقـط دون بـاقي العصور السابقة، نظراً للعوامل البيئية التي تساعد على نمو مثل هذه النباتات. كما عُـثر في العصر الرباعي أيضاً على بعض أحافير نباتية جليدية يمكن منها استنتاج المناخ، مثـل أنواع نباتات جبال الألب المتجمدة وغير الموجودة في العصور السابقة للعصر الربـاعي، وتعتبر هذه النباتات مميزة للعصر الرباعي.

## لوحـــــــة رقم (١,٥)

١ ، ٢ - أنوجراما *Annogramma* sp.

١ - الشكل العام General shape (X3000)

٢ - الزخرفة الجدارية Wall ornamentation (X5000)

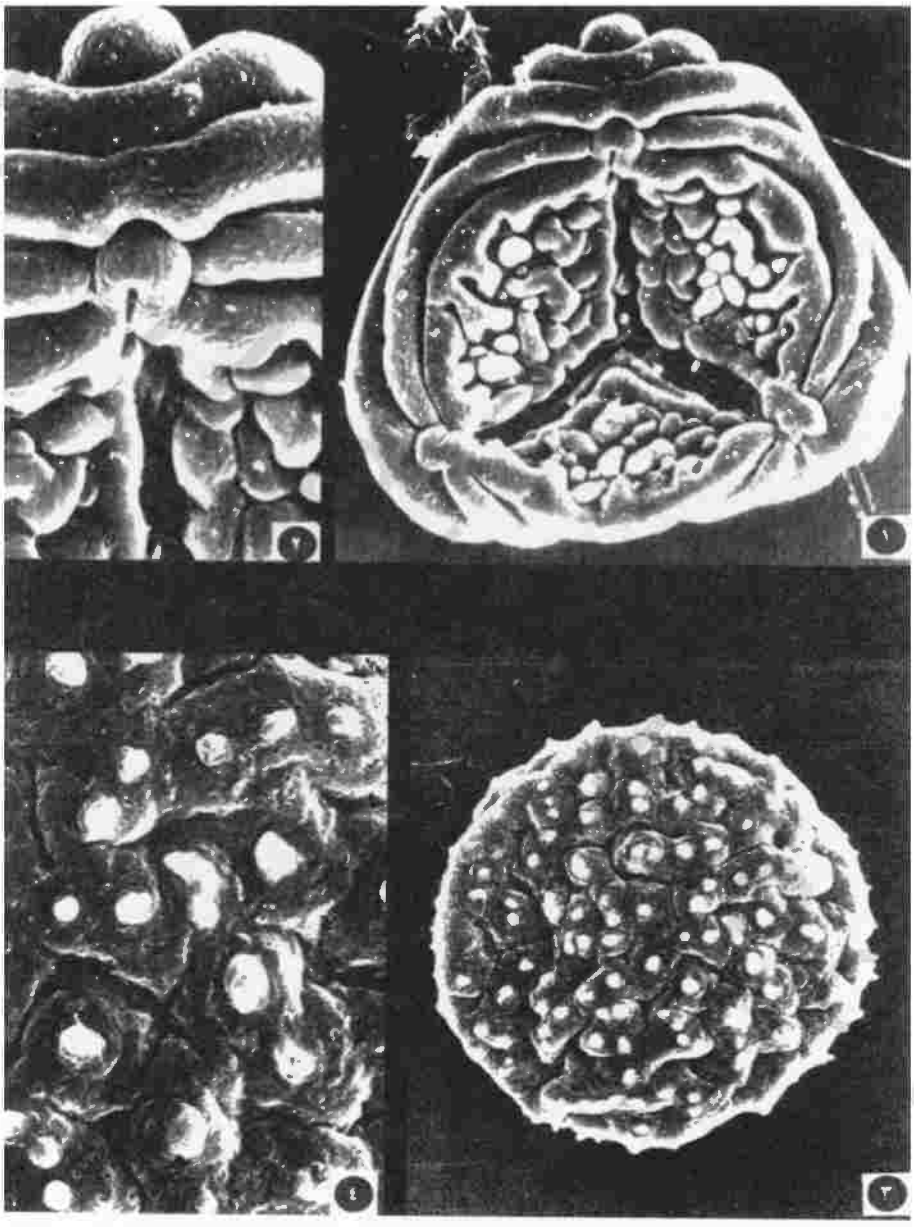
٣ ، ٤ - أنثوسيرس *Anthoceras* sp.

٣ - الشكل العام General shape (X3000)

٤ - الزخرفة الجدارية Wall ornamentation (X5000)

obeikandl.com

**لوحـــــة رقم (٥,١)**



## لوحـــــــة رقم (٥,٢)

١ ، ٢ - شيزيا *Schizea* sp.

١ - الشكل العام General shape (X3000)

٢ - الزخرفة الجدارية Wall ornamentation (X5000)

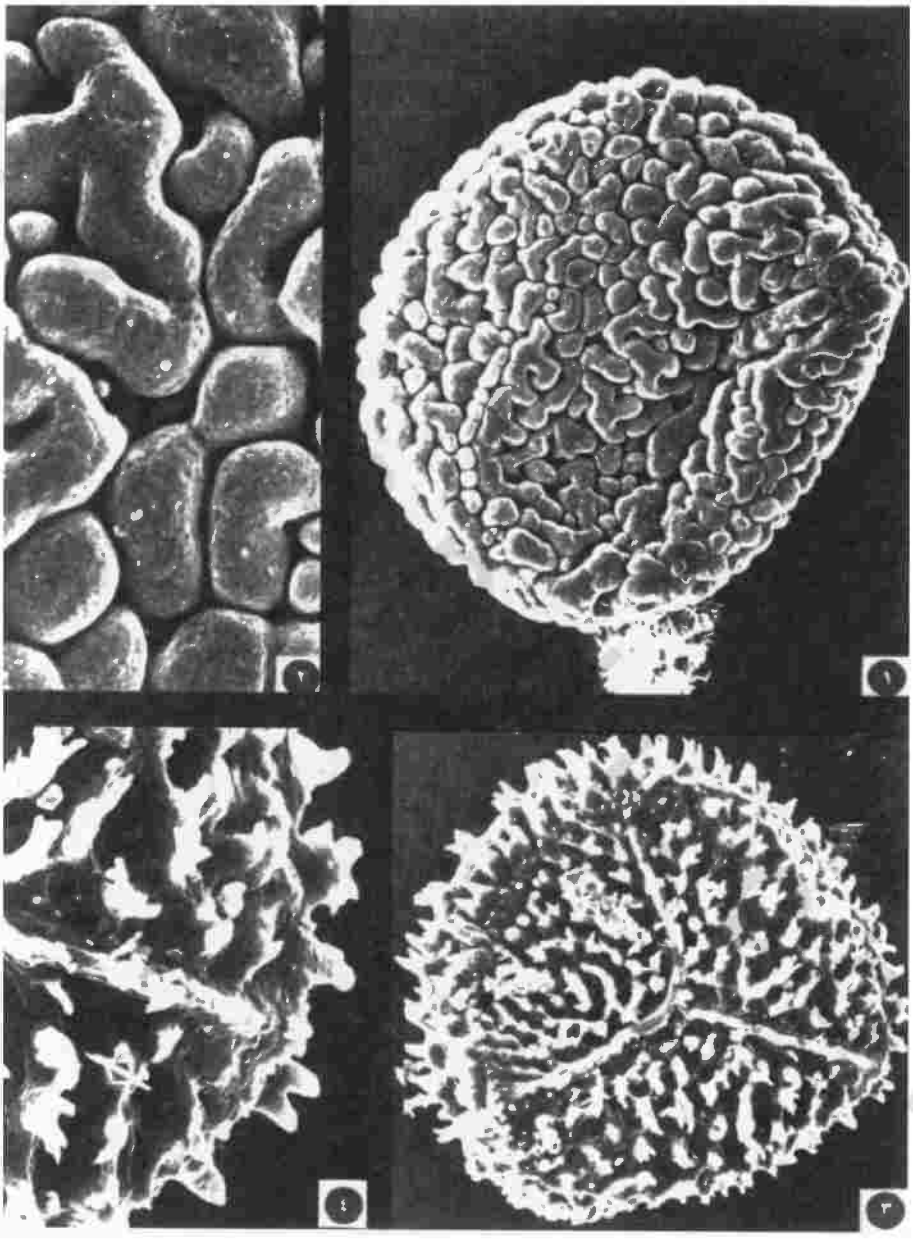
٣ ، ٤ - ريكيا *Riccia* sp.

٣ - الشكل العام General shape (X3000)

٤ - الزخرفة الجدارية Wall ornamentation (X5000)

obeikandl.com

**لوحـــــة رقم (٥,٢)**



## لوحـــــــة رقم (٥,٣)

١ - سيكاتريكوسي سبورا (X1000) *Cicatricosispora* sp.

٢ - توديا (X1000) *Todea* sp.

٣ - جليخينيا (X1000) *Gleichenia* sp.

٤ - أبيكيوليريتيوسي سبورا (X1000) *Apiculiretusispora* sp.

٥ - أنيوروسبورا (X1000) *Aneurospora* sp.

٦ - زونوترايليت (X1000) *Zonotriletes* sp.

٧ - سيلاجينيلا (X1000) *Selaginella* sp.

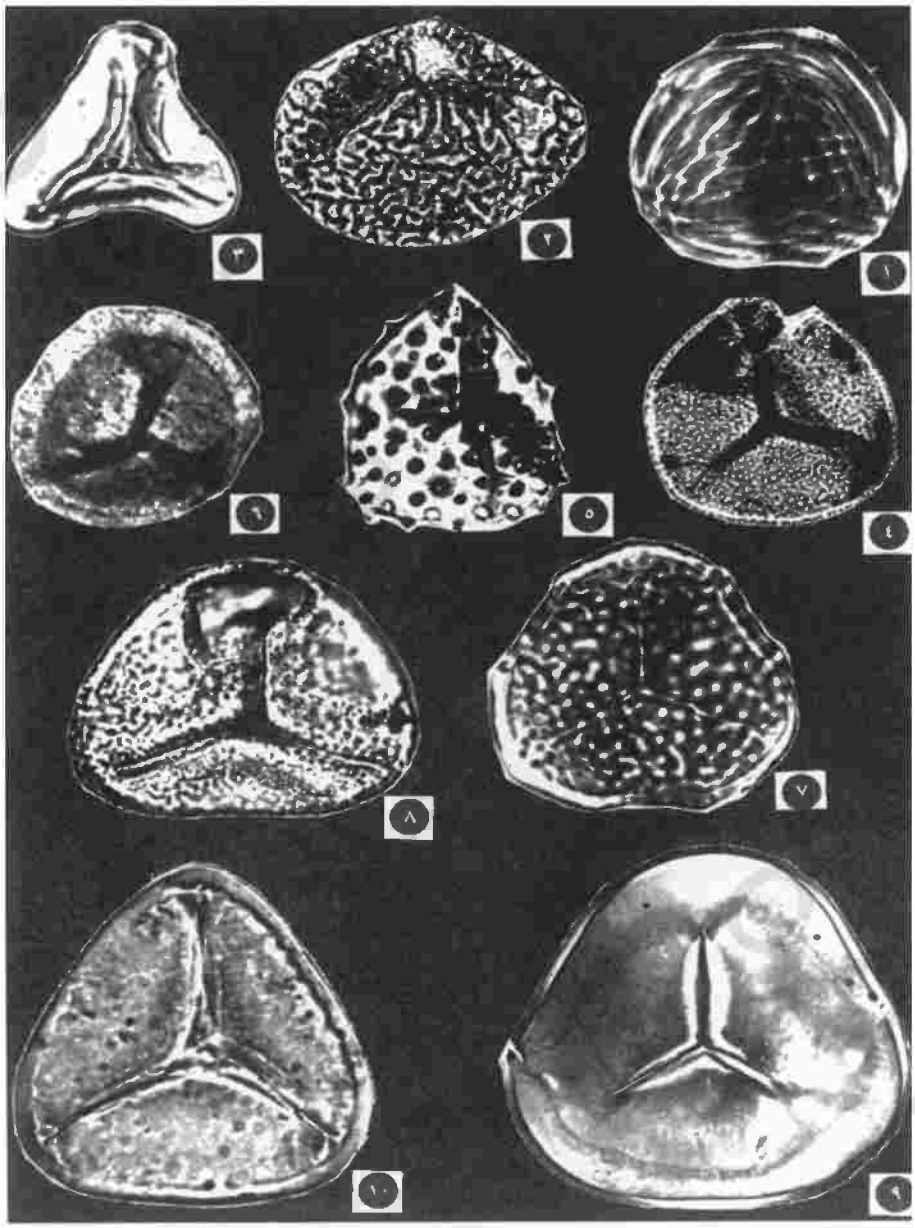
٨ - بتيريدا (X1000) *Pterida* sp.

٩ - بوليبوديم (X1000) *Polypodium* sp.

١٠ - ماتونيا (X1000) *Matonia* sp.

obeikandl.com

**لوحـــــــة رقم (٥,٣)**



## لوحـــــــة رقم (٤,٥)

١ - أنيميا (X1000) *Anemia* sp.

٢ - أوسموندا (X1000) *Osmunda* sp.

٣ - كليوكي سبورا (X1000) *Kluki*spo*ra* sp.

٤ - سياسيا (X1000) *Cyathea* sp.

٥ - أدينتم (X1000) *Adiantum* sp.

٦ - شيزيا (X1000) *Schizea* sp.

٧ - ماتوني سبورا (X1000) *Matoni*spo*ra* sp.

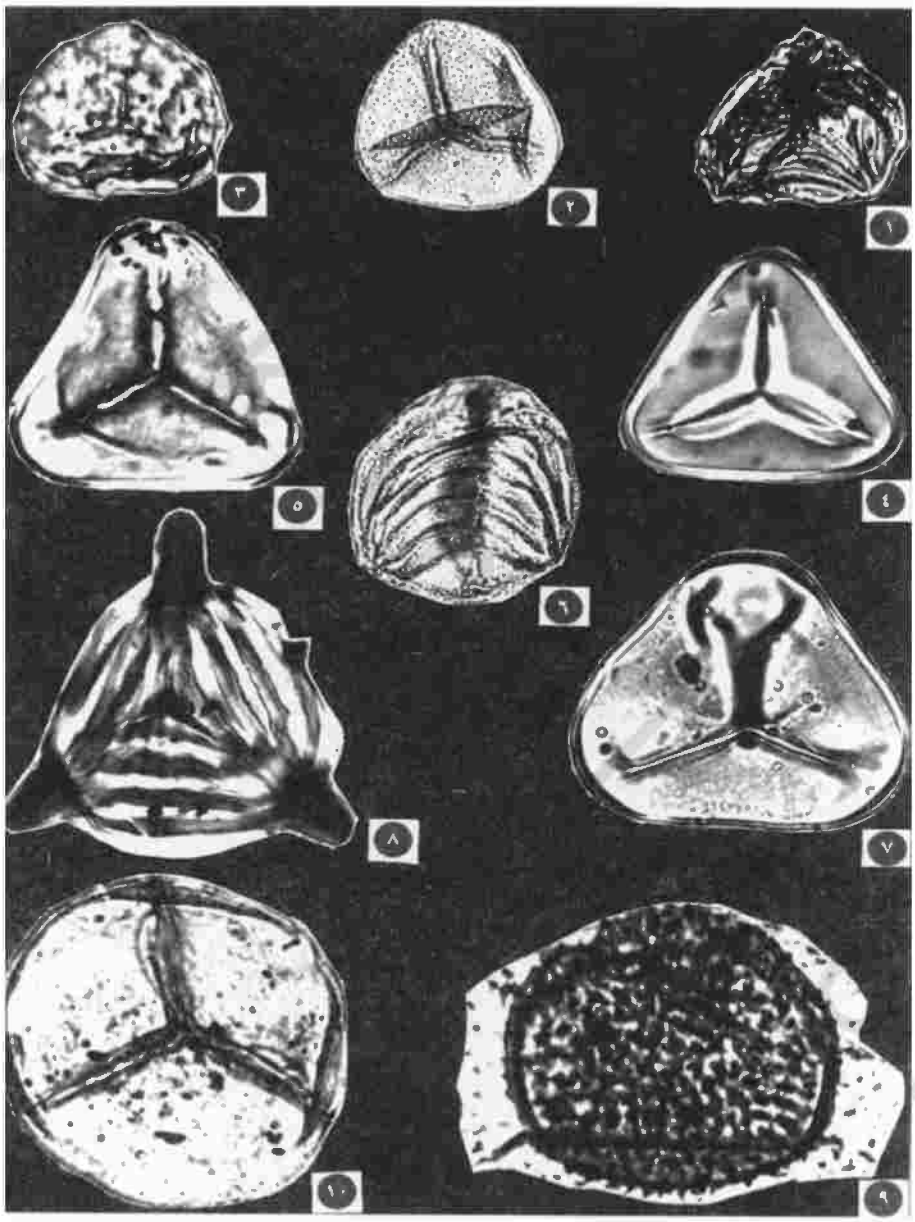
٨ - موهريا (X1000) *Mohria* sp.

٩ - رابدوسبورا (X1000) *Rhabdo*spo*ra* sp.

١٠ - بنكتاتي سبورا (X1000) *Punctati*spo*ra* sp.

obeikandl.com

**لوحـــــة رقم (٥,٤)**



## لوحـــــــة رقم (٥,٥)

١ - ٢ - أيفيدرا *Ephedra* sp.

١ - الشكل العام General shape (X3000)

٢ - الزخرفة الجدارية Wall ornamentation (X5000)

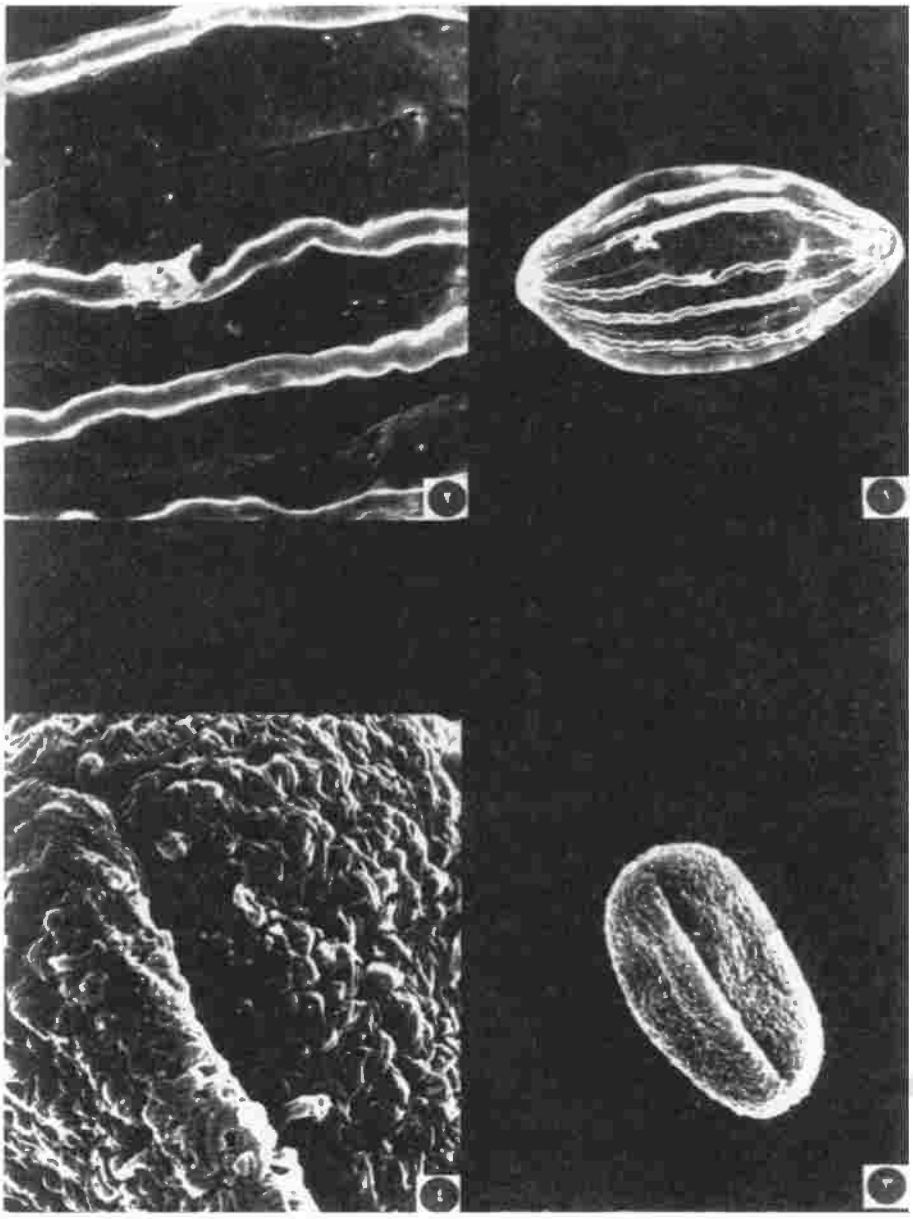
٣ - ٤ - كركيوس *Quercus* sp.

٣ - الشكل العام General shape (X3000)

٤ - الزخرفة الجدارية Wall ornamentation

obeikandl.com

## لوحـــــة رقم (٥,٥)



## لوحـــــــة رقم (٥,٦)

١ الى ٨ - بينيوس *Pinus* sp.

١ - الجسم المركزي Central body (X3000)

٢ - الزخرفة الجدارية للجسم المركزي
Wall ornamentation of central body (X5000)

٣ - ثنائية الكيس Bisaccate (X3000)

٤ - الزخرفة الجدارية للكيس Wall ornamentation of saccate (X5000)

٥ - الشكل العام للكيسين المرتبطين بجانبي الجسم المركزي
General shape (X3000)

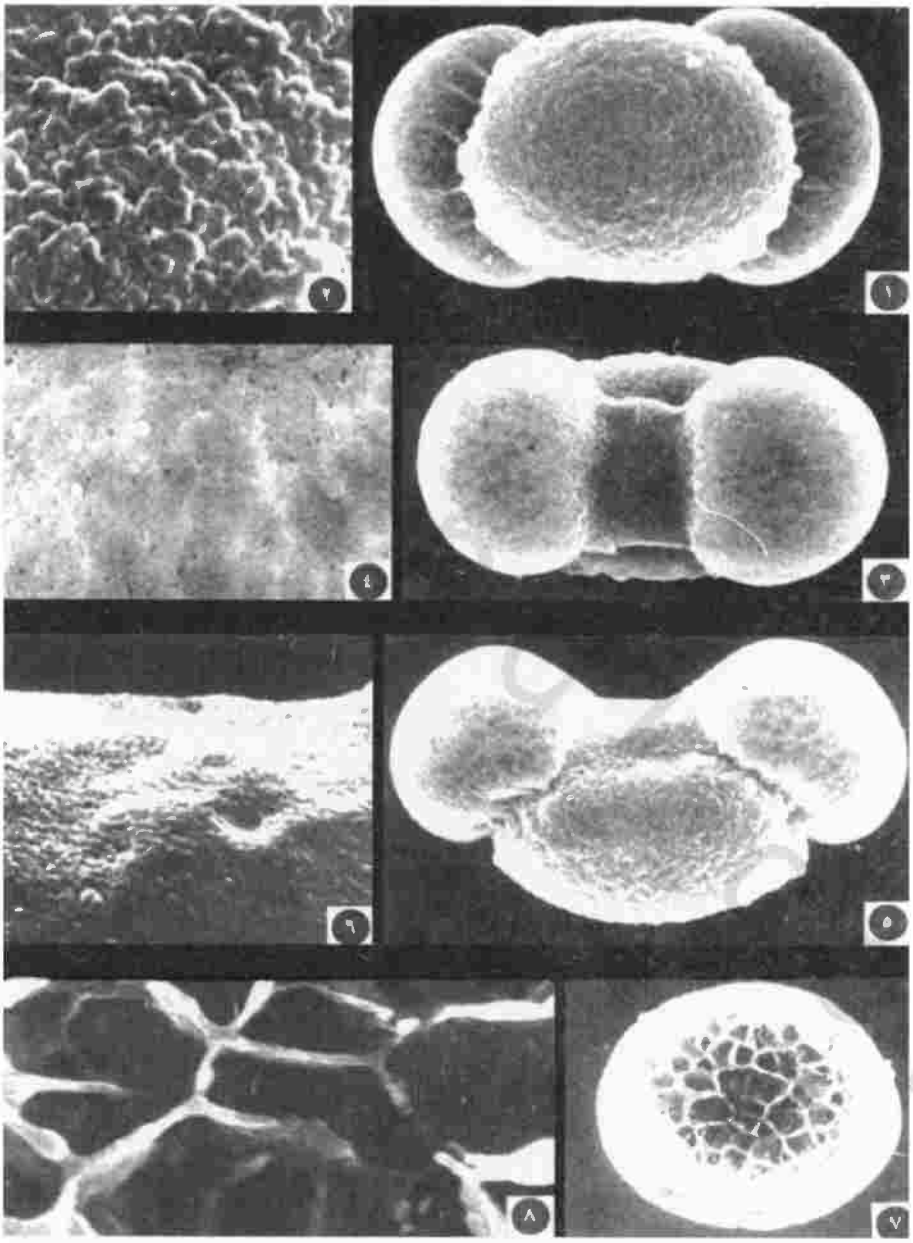
٦-الزخرفة الجدارية بين الكيسين
Wall ornamentation between the bisaccate (X5000)

٧ - قطاع فى الكيس Thin section in the saccate (X3000)

٨ - التركيب الداخلي للكيس Internal structure of the saccate (X5000)

obeikandi.com

**لوحـــــة رقم (٥,٦)**



## لوحـــــــة رقم (٥,٧)

١ - أيودس *Iodes* sp. (1000)

٢ - آلكورنيا *Alchornea* sp. (X1000)

٣ - أتريبلكس *Atriplex* sp. (1000)

٤ - رودونيافالون *Rhodognaphalon* sp. (1000)

٥ - كلاسوبوليس *Classopollis* sp. (X1000)

٦ - أبيريوس *Abrus* sp. (X1000)

٧ - بومبكس *Bombax* sp. (X1000)

٨ - فايسيوليوس *Phaseolus* sp. (X1000)

٩ - بيدالیا *Pedalia* sp. (X1000)

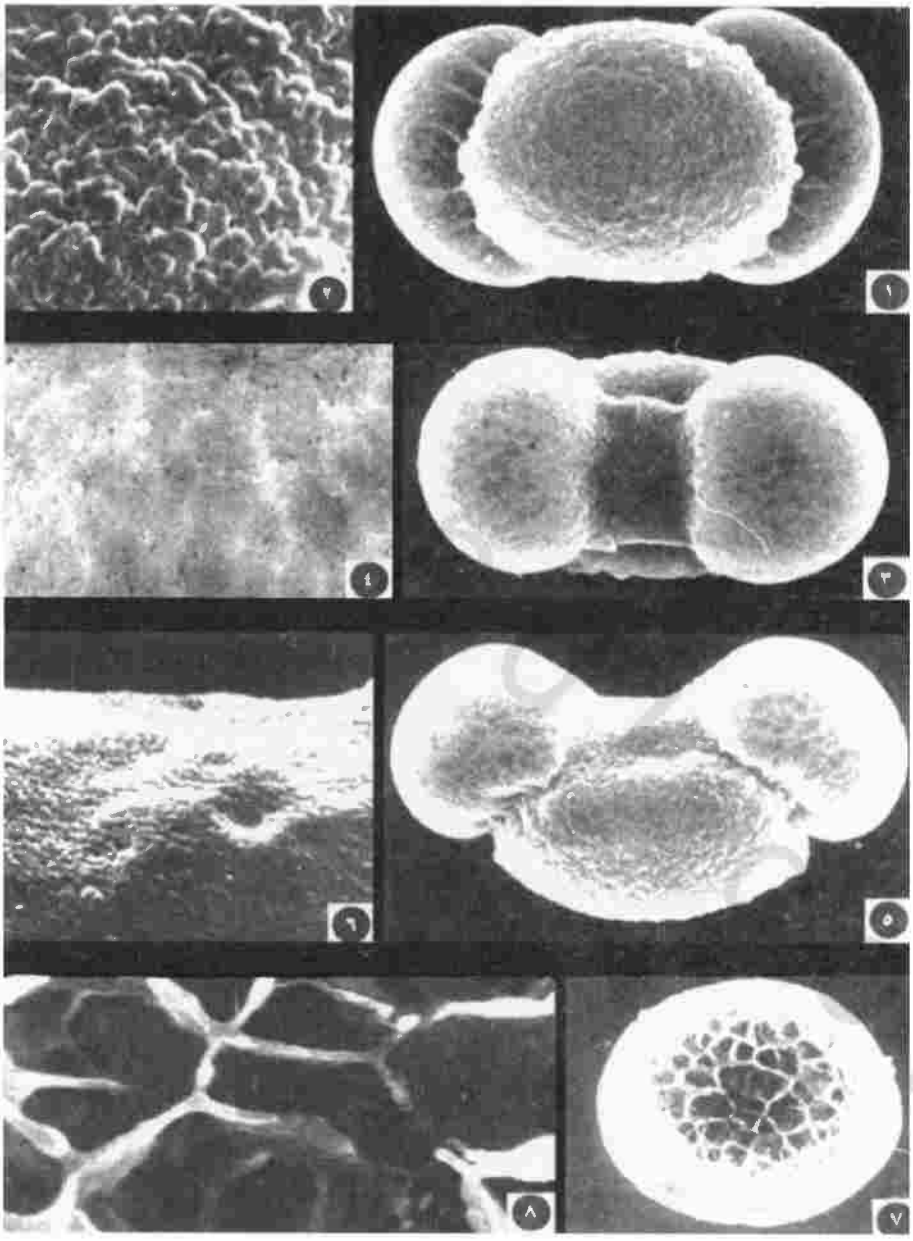
١٠ - جاسمينيوم *Jasminum* sp. (X1000)

١١ - بوهيميا *Bauhimia* sp. (X1000)

١٢ - بودوكاربيوس *Podocarpus* sp. (X1000)

obeikandl.com

**لوحـــــة رقم (٥,٧)**



## لوحـــــــة رقم (٥,٨)

١ - ترييومفيتا *Triumfetta* sp. (X1000)

٢ - بيوكانانيا *Buchanania* sp. (X1000)

٣ - أوبركيولينا *Operculina* sp. (X1000)

٤ - ميليا *Melia* sp. (X1000)

٥ - سايسالبينينا *Caesalpinia* sp. (X1000)

٦ - ديسبلتسيا *Desplatsia* sp. (X1000)

٧ - بوليجالا *Polygala* sp. (X1000)

٨ - أيفيدرا *Ephedra* sp. (X1000)

٩ - بلانكونيلا *Planchonella* sp. (X1000)

١٠ - كالبوكاليكس *Calpocalyx* sp. (X1000)

١١ - ستركيوليا *Sterculia* sp. (X1000)

١٢ - ألبيزيا *Albizia* sp. (X1000)

١٣ - لينيوم *Linum* sp. (X1000)

obeikan.com

**لوحـــــــة رقم (٥,٨)**