الخلية النباتية

أثبت العالم الإنجليزى روبرت هوك Robert Hook سنة 1665 ، بعد أن فحص قطعة من الفلين بواسطة ميكروسكوبه البدائى ، أن نسيج الفلين يتكون من وحدات ، أطلق على كل وحدة من هذه الوحدات إسم خلية cell . تحقق هوك من أن خلايا الفلين خلايا ميتة وذلك عندما قارنها بالخلايا الحية الموجودة فى أوراق النبات ، حيث وجد أن الأخيرة تحتوى على ما أسماه بالعصير والذى عرف فيما بعد بالبروتوبلاست protoplast . عقب ذلك بسنوات قليلة حوالى سنة 1676 شاهد صانع العدسات الهولندى أنطون فان لوفنهوك Anton van Leeuwenhock أجساماً خضراء بداخل الخلايا النباتية ، وهذه عرفت فيما بعد باسم البلاستيدات الخضراء . وفى سنة 1833 إكتشف العالم الإنجليزى روبرت براون Robert Brown النواة ، وذلك أثناء فحصه لخلايا نسيج بشرة نبات الأوركيد ، ثم أثبت العالم الألمانى شلايدن M. Schleiden أن النواة تحتوى على نوية . وفى سنة 1829 وضع كلا من عالم النبات شلايدن وعالم الحيوان الألمانى شفان T. Schwann نظرية الخلية cell theory وفحواها أن الخلية هى الوحدة الأساسية لتكوين الكائن الحى وأنها تقوم بجميع العمليات الحيوية وأنها تنشأ من إنقسام خلايا أخرى . وفى سنة 1829 أطلق بركنجى Purkinje اسم بروتوبلازم على المادة الحية للخلية . وفى سنة 1898 إكتشف العالم الإيطالى جولجى C. Golgi جهاز جولجى وذلك فى خلايا حيوانية . وفى سنة 1900 إكتشف العالم الألمانى ألتمان R. Altmann الميتوكوندريات .

تتركب الخلية النباتية الحية (شكل 3/3) من جدار خلوى cell wall يحيط بالبروتوبلاست ، والبروتوبلاست هو اصطلاح أدخله هانشتين Hanstein سنة 1880 ليعرف به جميع مكونات الخلية ما عدا الجدار الخلوى . والبروتوبلاست يتكون من مواد بروتوبلازمية وغير بروتوبلازمية .

مكونات الخلية النباتية

تتكون الخلية النباتية من أجزاء مختلفة كالآتى :

1) بروتوبلاست

(أ) بروتوبلازم (مكونات بروتوبلازمية)

1- سيتوبلازم

2- نواة

3- ريبوسومات

4- بلاستيدات

5- ميتوكوندريات

6- أجسام كروية

7- جهاز جولجى

8- أنابيب دقيقة

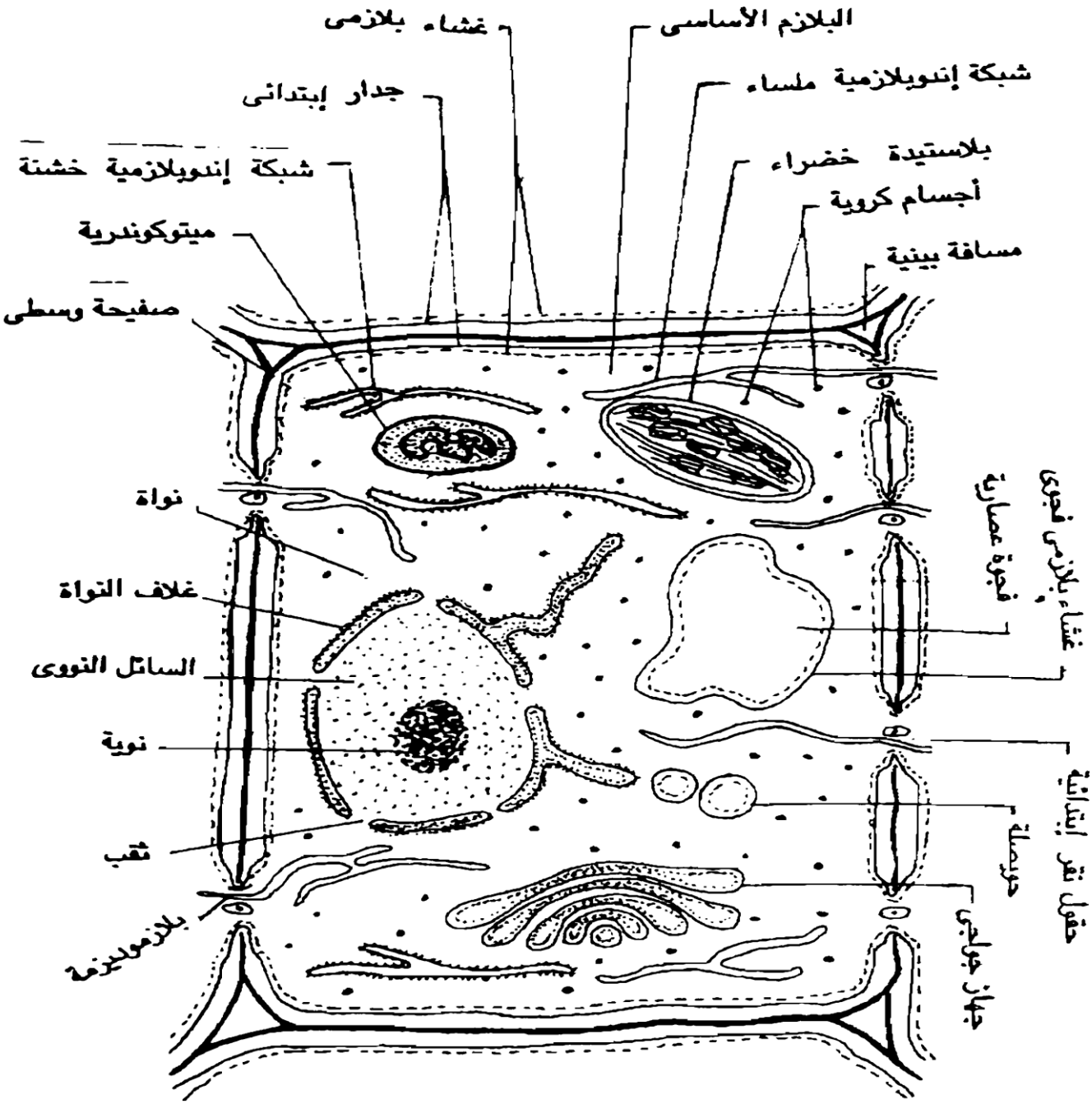
9- بيروكسيسومات

(ب) مكونات غير بروتوبلازمية

1- فجوات عصارية

2- مواد غير حية مثل النشا والدهون والبروتين والبلورات

2) جدار خلوى



(شكل 3/3) : قطاع فى خلية نباتية

البروتـوبلازم

يقصد بالبروتوبلازم protoplasm المادة الحية للخلايا ، والبروتوبلازم مادة هلامية غير متجانسة ، ويتضح بالفحص الميكروسكوبى الدقيق تكونها من محلول غروى متجانس نسبياً يعرف بالسيتوبلازم ، يوجد معه مكونات أخرى أكثر كثافة وهى النواة والريبوسومات والبلاستيدات والميتوكوندريات والأجسام الكروية وأجهزة جولجى والأنابيب الدقيقة والبيروكسيسومات. يتكون البروتوبلازم أساساً من بروتينات وأحماض نووية ودهون وماء.

يمتاز البروتوبلازم بعدة خواص أهمها الحركة والحساسية والتحول الغذائى والتكاثر والنمو. يوجد أنواع من الحركة motility للبروتوبلازم ، أهمها الحركة الانسيابية وفيها يتحرك السيتوبلازم فى إتجاهات عديدة داخل الخلية ومن خلية إلى أخرى خلال قنوات سيتوبلازمية تعرف بالبلازمودزمات plasmodesmata. الحساسية irritability هى قدرة البروتوبلازم فى الاستجابة للمؤثرات الخارجية. يمكن إظهار ذلك بالإسراع أو بالإقلال من حركة البروتوبلازم بتعريض الخلايا لمؤثر ميكانيكى أو كهربائى أو طبيعى. التحول الغذائى metabolism ينتج عن النشاط الإنزيمى للبروتوبلازم ويشمل عمليات الهدم catabolism وعمليات البناء anabolism. ظاهرة التكاثر reproduction وينتج عنها زيادة عدد وحدات البروتوبلاست. ظاهرة النمو growth ينتج عنها زيادة حجم النبات وتكشفه. ويمكن مشاهدة ظاهرتى التكاثر والنمو فى مناطق النمو كالقمم النامية للسيقان والجذور.

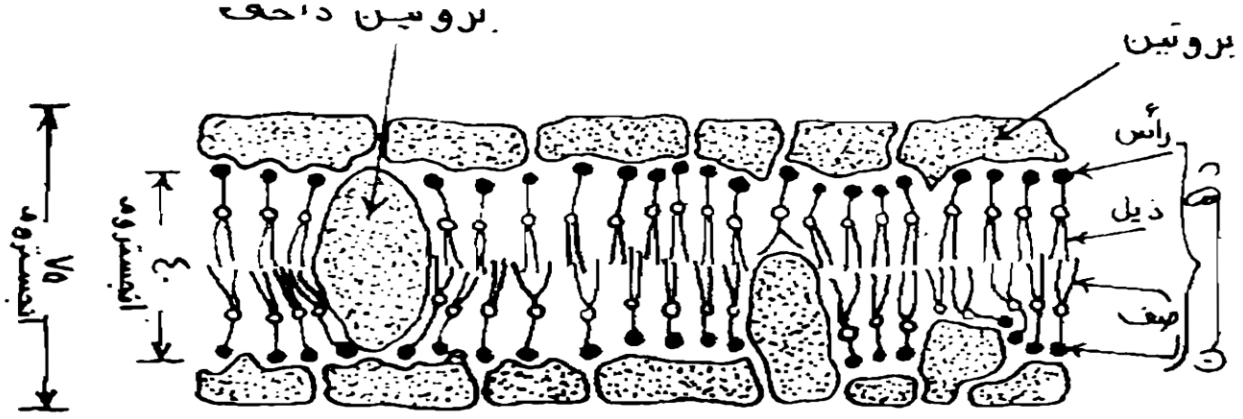
السيتوبلازم

السيتوبلازم cytoplasm هو المادة الغروية الأساسية للبروتوبلازم ويتكون من البلازم الأساسى والأغشية البلازمية والشبكة الأندوبلازمية.

البلازم الأساسى groundplasm عبارة عن محلول غروى حقيقى يختلف فى لزوجته باختلاف الخلية ونوعها وعمرها ، ويحتوى على الماء بنسبة 85- 90 %،

كما يحتوى على أنواع مختلفة من البروتينات والدهون فى حالة غروية وسكريات وأملاح فى حالة ذائبة ، وهو المحلول الذى ينغمس فيه بقية أجزاء السيتوبلازم.

يمتاز السيتوبلازم بأغشيته البلازمية plasma membranes فمنها ما يشاهد فى مناطق تلامسه مع الجدر الخلوية داخلياً وتعرف بالأغشية البلازمية الخارجية ectoplasts ، ومنها ما يغلف الفجوات العصارية وتعرف بالأغشية البلازمية الفجوية tonpoplasts. الأغشية البلازمية الخارجية والفجوية تغلف البلازم الأساسى ، وتمتاز بارتفاع نسبة البروتينات والدهون بها عن البلازم الأساسى. والغشاء البلازمى رقيق سمكه حوالى 75 انجستروم ويتكون من طبقتين بروتينيتين يوجد بينهما طبقة ثالثة دهنية. ويظهر الغشاء البلازمى عند الفحص بالميكروسكوب الإلكترونى كخطين غامقى اللون سمك كل منهما حوالى 17 أنجستروم هما طبقتى البروتين. ويفصل بينهما طبقة رائقة سمكها حوالى 40 أنسجتروم هى الطبقة الدهنية. وقد وجد أن طبقة البروتين تتكون من جزيئات بروتين منفصلة كما يتخلل طبقة الدهن جزيئات بروتين. وطبقة الدهن تتكون من جزيئات دهن متراصة فى صفين بجانب بعضها البعض وكل جزئى يتكون من رأس head محب للماء وذيل tail كاره للماء (شكل 4/3).



(شكل 4/3) : الغشاء البلازمى الخارجى

قطاع عرضى فى جزء من غشاء بلازمى خارجى

والأغشية البلازمية أغشية حية إختيارية النفاذية selective permeable أى لها القدرة على التحكم فى دخول الذائبات والمذيبات ، كما أنها تحتوى على أنزيمات وحاملات أيونات وجزيئات تساعد على مرور أيونات وجزيئات خاصة فى اتجاه عكسى بالنسبة للإتجاه الطبيعى لمنحدر التركيز ، وذلك تبعاً لاحتياجات الخلية ، وهذا يعرف بالنقل النشط active transport• عادة يوجد اختلاف فى النفاذية الاختيارية لكل من الغشاء البلازمى الخارجى والغشاء البلازمى الفجوى فمثلاً نجد فى الطحلب الأخضر فالونيا *Valonia* أن الغشاء البلازمى الخارجى ينفذ المغنسيوم ، بينما لا ينفذه الغشاء البلازمى الفجوى ، لهذا نجد المغنسيوم موجود فى البلازم الأساسى ولا يوجد فى الفجوة العصارية لهذا الطحلب•

الشبكة الأندوبلازمية endoplasmic reticulum عبارة عن أنابيب وحويصلات دقيقة متشابكة منغمسة فى البلازم الأساسى وجدرها تماثل فى تركيبها الغشاء البلازمى• الشبكة الإندروبلازمية قد تكون ملساء أو خشنة (شكل 3/3) ، ويرجع خشونة النوع الأخير إلى أنها تحمل على سطوحها أجسام دقيقة تعرف بالريبوسومات ribosomes• تتصل الشبكة الإندوبلازمية بالغشاء البلازمى الخارجى وبالغلاف النووى ، كذلك قد تتصل بجهاز جوّلجى• يعتقد أن وظيفة الشبكة الإندوبلازمية هى سهولة تمرير المواد داخل الخلية أو تخزينها وخاصة المركبات البروتينية• فالبروتين الذى يتكون على الريبوسومات يمر إلى تجاويف الشبكة الإندوبلازمية ويتجمع فيها وقد ينتقل بعد ذلك إلى جهاز جولجى أو يرشح إلى السيتوبلازم• ومن المعروف أن الشبكة الإندوبلازمية يحدث لها تبرعم وتنفصل منها حويصلات تحتوى على البروتين وتتحرك عبر السيتوبلازم لتلتحم بالغشاء البلازمى وتفرغ محتوياتها خارجه أو تلتحم بأغشية جهاز جولجى لتفرغ محتوياتها بداخله وبذلك تنقل محتويات الشبكة الإندوبلازمية إلى جهاز جولجى•

النـــواة

النـواة nucleus جسم كـروى أو بيـضاوى ، تختلـف أحجامهـا كثيـراً حسب نوعيـة الخليـة ونـوع النبـات فهـى كبيـرة نـسبياً وتتوسـط عـادة الخليـة فـى الخلايـا المرستيمية ، وصغيرة نسبياً وتوجد عادة جانبياً فى الخلايا البالغة. تحتوى الخلية النباتية للنباتات الراقية على نواة واحدة عادة ، إلا أنه فى بعض الحالات كما فى الأنابيب اللبنية latex tubes نجد أن الخلية الواحدة تحتوى على عديد من النوايات. ومن المعروف أن الخلية تموت إذا فصلت منها النواة ، إلا أن الأنابيب الغربالية الناضجة تستمر حية برغم خلوها من النواة. ويرى البعض أن الأنبوبة الغربالية تكون دائماً على صلة وثيقة بخلية مرافقة أو أكثر ، كل خلية مرافقة لها نواتها التى تخدمها وتخدم الأنبوبة الغربالية المجاورة.

تختلف النواة عن السيتوبلازم فى زيادة لزوجة السائل النووى عن السيتوبلازم وفى زيادة نسبة الأحماض النووية فى النواة عن السيتوبلازم.

الريبوسومات

الريبوسومات ribosomes أجسام بروتوبلازمية صغيرة ، توجد حرة فى السيتوبلازم أو على أغشية الشبكة الإندروبلازمية الخشنة (شكل 3/3) ، كما توجد فى داخل البلاستيدات الخضراء والميتوكوندريات. الريبوسومات الموجودة فى البلاستيدات الخضراء والميتوكوندريات أصغر حجماً عن المعتاد.

يتركب الريبوسوم من وحدتين غير متساويتين فى الحجم ، الوحدة الواحدة كروية إلى بيضاوية تقريباً ، وتتكون من خليط من البروتين وحمض الريبوز النووى RNA (شكل 3/9). والتمييز بين حجم كل من الوحدتين يكون على أساس سرعة الترسيب عند تعريضهم لقوة طاردة مركزية قوية ultracentrifugation.

ترتبط الريبوسومات عادة فى مجاميع بواسطة حمض ريبوز نووى رسول RNA m• وتعرف تلك المجاميع بعديد الريبوسومات polysomes أو polyribosomes• ويعتبر عديد الريبوسومات أماكن تخليق البروتين فى الخلية (شكل 8/3)• ويعمل حمض الريبوز النووى الرسول كقالب لتصنيع البروتين• ولا تتم بلمرة الأحماض الأمينية مباشرة ، ولكن يتطلب ذلك وجود نوع آخر من حمض الريبوز النووى وهو حمض الريبوز الناقل t RNA• ويختلف نوع t RNA بإختلاف نوع الحمض الأمينى•

البلاستيدات

البلاستيدات plastids هى أجسام بروتوبلازمية لها القدرة على النمو والانقسام ، سواء كانت فى خلايا مرستيمية أو خلايا بالغة• وتنشأ البلاستيدات من أجسام صغيرة توجد فى خلايا الأنسجة وتعرف بمبادىء البلاستيدات proplastids أو تنشأ من انقسام البلاستيدة الخضراء إلى بلاستيدتين•

لا توجد البلاستيدات فى بعض النباتات الدنيئة كما فى البكتريا والفطريات• تحتوى الخلية الواحدة على بلاستيدة واحدة كما فى بعض أنواع الطحالب• أما فى النباتات الراقية فغالباً ما تحتوى خلاياها على عديد من البلاستيدات•

تقسم البلاستيدات على أساس غياب أو وجود صبغات معينة إلى بلاستيدات خضراء وبلاستيدات ملونة وبلاستيدات عديمة اللون• ويمكن للبلاستيدات أن تتحول من صورة إلى أخرى ، والبلاستيدات الخضراء تتحول فى الثمار والأزهار الصغيرة إلى بلاستيدات ملونة فى الثمار الناضجة والأزهار الكاملة النمو كما فى حالة ثمار الطماطم• ويمكن أيضاً للبلاستيدات العديمة اللون أن تتحول إلى بلاستيدات خضراء عند تعرضها للضوء كما فى درنات البطاطس•

1- البلاستيدات الخضراء Chloroplasts : هى بلاستيدات ذات لون أخضر وذلك لاحتوائها على أصباغ الكلوروفيل وأهمها كلوروفيل أو وكلوروفيل ب ،

وأصباغ الكاروتين ومنها الكاروتين والزانثوفيل• كما تحتوى على كل من الحمض النووى RNA و DNA• كذلك تحتوى االبلاستيدات الخضراء على ريبوسومات أصغر فى الحجم من الريبوسومات العادية وكذلك يمكنها الانقسام والتكاثر• تختلف البلاستيدات الخضراء فى الحجم وغالباً ما تكون ذات أشكال قرصية أو بيضاوية فى النباتات الراقية•

وظيفة البلاستيدة الخضراء تحويل الطاقة الضوئية المستمدة من اشعة الشمس إلى طاقة مخزنة فى الغذاء المصنع الذى يكون على صورة سكريات ونشويات. ويخزن السكر الزائد فى البلاستيدة على هيئة نشا وتتم هذه الخطوة فى الحشوة. والنشا المتكون فى البلاستيدة الخضراء يسمى بالنشا الانتقالى أو التمثيلى.

2- البلاستيدات الملونة Chromoplasts : هى بلاستيدات ذات ألوان مختلفة، عدا اللون الأخضر ، فمنها الأصفر والبرتقالى والأحمر ، ويتوقف اللون على نوع الصبغة الكاروتينية الموجودة ومقدارها. تختلف البلاستيدات الملونة كثيراً فى الشكل فمنها القرصى والكروى والعصوى والشريطى والخيطى والحلزونى والمفصص وعديد الأضلع والبلورى (شكل 11/3). وهذه البلاستيدات هى المسئولة عن اللون فى الأزهار والثمار كما فى الطماطم وبعض أنواع الجذور كالجزر.

تتكون البلاستيدة الملونة من كتلة كثيفة تسمى الحشوة stroma وتغلف بغلاف يتكون من غشائين كما فى البلاستيدة الخضراء. يوجد بالحشوة حويصلات قليلة العدد جدرانها غشائية وخيوط دقيقة fibrillar elements غير معروف طبيعتها ، ومحتويات كروية الشكل غير محاطة بأغشية ويعتقد أنها تحتوى على الصبغات الكاروتينية الصفراء وهى كثيرة العدد ، وتختلف كثيراً فى الحجم وقد يصل قطرها إلى 500 نانومتر.

ومما يميز البلاستيدات الملونة أن لها القدرة على التمدد بدرجة كبيرة وذلك لكى تلائم شكل بلورات الصبغات التى قد تتبلور بداخلها.

وظيفة البلاستيدات الملونة غير معروفة بالضبط.

3- البلاستيدات عديمة اللون Leucoplasts : هى بلاستيدات لا تحتوى على صبغات ، ذات أشكال متعددة كما فى البلاستيدات الملونة ، ويمكن أن يتغير شكلها لأنها ذات قدرة عالية على التمدد والمطاطية ، توجد البلاستيدات عديمة اللون

فى الخلايا البالغة غير المعرضة للضوء كالدرنات والكورمات وفى أندوسبرم وفلقات البذور.

تقوم البلاستيدات عديمة اللون بتكوين وتخزين المواد الغذائية فمنها ما يختص بالنشا ويعرف بيلاستيدات النشا ومنها ما يختص بالدهون وتعرف **بيلاستيدات الدهن.**

الميتوكوندريات

الميتوكوندريات mitochondria هى أجسام بروتوبلازمية حية لها القدرة على النمو والإنقسام ، وتشاهد مغمورة فى سيتوبلازم الخلايا النباتية المختلفة وبخاصة الخلايا المرستيمية ، ولكنها تضمحل وتختفى من الأنابيب الغربالية.

تشاهد الميتوكوندريات بأشكال مختلفة منها الكروى والعصوى والخيطى ، والشكل العصوى هو الغالب (شكل 12/3 أ). تتركب الميتوكوندرية من بروتينات ذائبة تعرف بالحشوة matrix ويوجد بها DNA على هيئة جزء وسطى يخرج منه خيوط وريبوسومات أصغر من حجمها المعتاد وحبيبات غامقة دقيقة electron-opaque granules غير معروف وظيفتها (شكل 12/3). تغلف الحشوة بغلاف يتكون من غشائين بينهما فراغ. يتكون كل غشاء من طبقتين بروتينيتين بينهما طبقة دهنية ، الغشاء الداخلى متعرج وذو نتوءات تمتد للداخل تسمى رشراشات cristae ، ويوجد على الغشاء الداخلى للميتوكوندريات آلاف من جسيمات دقيقة يتركب كل منها من رأس كروى وساق أسطوانية جوفاء ، وقاعدة أسطوانية متصلة بالغشاء (شكل 12/3 ب).

ويعتقد أن هذه الجسيمات تحتوى على الأنزيمات اللازمة لتحويل مركب أدينوسين ثنائى الفوسفات الذى يرمز له بالرمز ADP إلى مركب أدينوسين ثلاثى الفوسفات الذى يرمز له بالرمز ATP. وكذلك فإن الميتوكوندريات تحتوى على الأنزيمات المختلفة اللازمة لدورة كريس وكذلك إنزيمات السيتوكروم. لهذا فتظهر أهمية الميتوكوندريات فى أنها تقوم بتفاعلات التنفس لإعطاء الطاقة لمختلف أنشطة الخلية.

الأجسام الكروية

الأجسام الكروية spherosomes أجسام بروتوبلازمية صغيرة كروية (شكل 3/3) توجد فى الخلايا النباتية ، وتشابه الليسوسومات lysosomes الموجودة فى الخلايا الحيوانية. يتكون الجسم الكروى من حشوة كثيفة بروتينية تحاط بغشاء مفرد حيث يتكون من طبقة بروتين خارجية يليها للداخل طبقة دهنية. توجد الأجسام الكروية بكثرة فى الخلايا المخزنة للمواد الدهنية حيث تخزن بها الدهون ، وتقل أعدادها مع الإنبات وتحلل الدهون ، ويتوافق ذلك مع زيادة أعداد الأجسام الصغيرة microbodies. وهى تحتوى على أنزيمات تقوم بتحليل الجزيئات الكبيرة للمواد الداخلة فى تركيب بروتوبلازم الخلية وخاصة الدهون. ومن المعروف أن هذه الأنزيمات تبقى غير نشطة مادامت موجودة داخل الأجسام الكروية ، أما عند تمزق جدار هذه الأجسام فإن الأنزيمات تنطلق لتساعد على هدم محتويات الخلية وموتها وذلك عند كبر الخلايا فى السن وكما يحدث فى الأوعية الخشبية والألياف والقصيبات عند نضجها.

جهاز جولجى

يعرف جهاز جولجى Golgi apparatus باسم ديكتيوسوم dictyosome ، وتنتشر الديكتيوسومات فى البلازم الأساسى. ويتكون كل ديكتيوسوم من مجموعة أقراص تسمى سسترنات cisternae متراصة فوق بعضها ، وتحتوى بداخلها مركبات عديدة مثل البروتينات والكربوايدرات. وجدار كل قرص عبارة عن غشاء يتكون من بروتينات ودهون ، ويخرج من حواف هذه الأقراص أنابيب عديدة متفرعة ومتشابكة تنتهى عادة بحويصلات (شكل 13/3).

أنابيب دقيقة

الأنابيب الدقيقة microtubules عبارة عن أنابيب طويلة غير متفرعة جوفاء تختلف فى أطوالها كثيراً ، قطرها الخارجى حوالى 25 نانومتر وقطر التجويف حوالى 15 نانومتر ، يتكون جدار الأنبوبة الدقيقة من وحدات بروتينية protofilaments كروية كثيرة متلاصقة ، تشكل خيوطاً بروتينية تتلاصق ثلاثة عشر منها متجاورات لتكون الجدار • تدخل الأنابيب الدقيقة فى تكوين الأهداب والأسواط وكذلك فى تكوين خيوط المغزل حيث تلعب دوراً هاماً فى إنقسام الخلية ، ويعتقد أنها تحدد مكان إنقسام النواة كما تتحكم فى إتجاه ترسيب اللويفات السيليلوزية فى الجدار الخلوى وبذلك تتحكم فى شكل الخلية النهائى•

بيروكسيسومات

البيروكسيسومات peroxisomes عبارة عن حويصلات قطرها حوالى 1 ميكرون ويوجد بداخلها محلول متجانس من البروتين وهى تحتوى على إنزيمات عديدة مختصة بإنتاج وتحليل مركبات فوق الأكسيد مثل فوق أكسيد الإيدروجين H_2O_2 والذى يقوم بتحليله إنزيم الكاتاليز • ولهذه الأجسام دور رئيسى فى القيام بعملية التنفس الضوئى photorespiration•

مكونات الخلية غير البروتوبلازمية

تحتوى الخلية النباتية بجانب البروتوبلازم على مكونات أخرى غير حية لا تدخل فى تركيب البروتوبلازم• توجد هذه المكونات فى صورة ذائبة أو غير ذائبة فى العصير الخلوى cell sap ، الذى يوجد فى الفجوات العصارية vacuoles• وقد توجد المكونات غير البروتوبلازمية فى السيتوبلازم على هيئة بلورات أو فى صور غير ذائبة عادة•