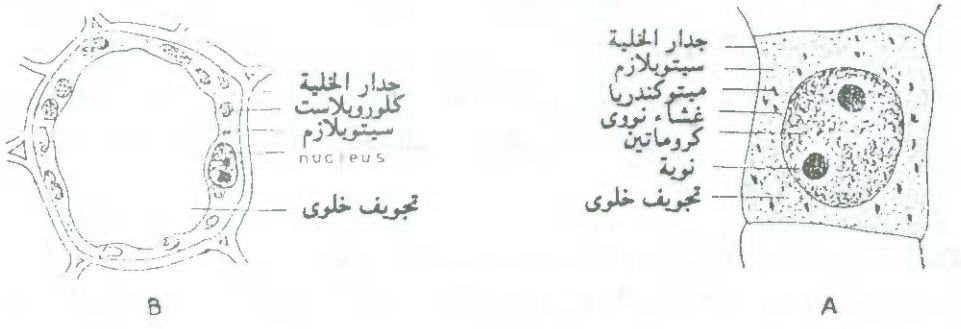
الفصل الثالث عشر

الخلية النباتية THE PLANT CELL

الخلايا سواء كانت نباتية أو حيوانية ، أو كائنات وحيدة الخلية فانها تتميز جميعها ببنية أساسية واحدة . فمثلا البكتريا وبعض الطحالب الخضراء - المزرقة (التى تعتبر حديثا نوعا من أنواع البكتيريا) كان من المعتقد أنها لا تحتوى على أنوية إلا أنه قد وجد أن بها تراكيب مكافئة للنواه وتقوم بكل وظائفها .

وتتلخص الاختلافات الرئيسية بين الخلايا الحيوانية والخلايا النباتية فى أن الخلايا النباتية تحتوى على بلاستيدات PLASTIDS أهمها البلاستيدات الخضراء ، كما أن لها جدار خلوى يغطى غشاء الخلية البلازمى، وبها فجوة عصارية كبيرة أو عدة فجوات داخل السيتوبلازم . كما أنها فى كثير من الأحيان لا تحتوى على الجسم المركزى الذى يتواجد فى الخلايا الحيوانية . وعند تكوين الخلايا البنوية الناتجة عن الانقسام الميتوزى فإن الجدار المتكون بينهما يتكون من الإفرازات الناتجة من جهاز جولجى والتى تترسب داخل السيتوبلازم فاصلة نواتى الخليتين البنويتين عن بعضهما .

وتعتبر البلاستيدات الخضراء من اكثر العضيات الخلوية انتشارا فى الخلايا النباتية ، وتوجد هذه العضيات مدفونة فى سيتوبلازم صاف رائق ، ويظهر على حواف الخلية أو على هيئة أشرطة سيتوبلازمية تمر خلال الفجوة العصارية المركزية للخلية .



(شكل ٨٤)

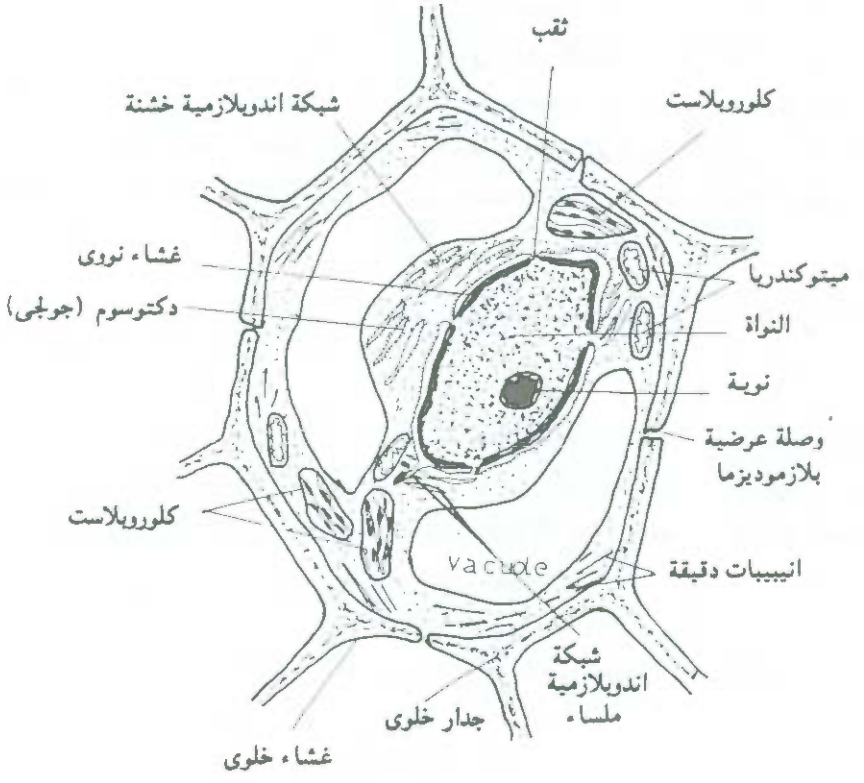
(A) خلية مرستيمية من جذر البصل (B) خلية برنشيمية من ورقة نبات

ويعتبر الماء هو المكون الرئيسى لمحتويات الفجوات العصارية داخل الخلايا النباتية مذابا به الغازات الجوية ، وأملاح ، وسكريات ، وأحماض عضوية ، وبروتينات ذائبة وبعض الحبيبات الصبغية . ويتكون اللون الأحمر فى كثير من الأزهار نتيجة لترسيب صبغيات معينة فى فجوات خلايا بتلات هذه الأزهار . وفى هذه الحالة تكون معظم الصبغيات المألوفة هى **الأنتوسيانين** Anthocyanine وحبيبات الأنتوسيانين هذه هى مصدر اللون الأحمر والأزرق والبنفسجى والتى تظهر فى فصل الخريف فى الأوراق ، والأزهار والفاكهة ، والسيقان النباتية .

وتتميز أسطح التلامس بين سيتوبلازم الخلية والفجوات وبين السيتوبلازم وجدار الخلية ، بوجود أغشية سيتوبلازمية خاصة تقوم بالتحكم فى مرور المواد من وإلى السيتوبلازم . وهذه الأغشية السيتوبلازمية غير منظورة ويصعب رؤيتها بالميكروسكوب الضوئى ، ولكن بسبب نشاطات هذه الأغشية فإنه يمكن تمييزها فى بعض الحالات . ويعرف الغشاء الذى يفصل بين السيتوبلازم والفجوات السيتوبلازمية باسم **التونوبلاست** tonoplast أما ذلك الغشاء الذى يحد السطح الخارجى للسيتوبلازم فيعرف باسم **غشاء الخلية** Plasma Lemma . وعند فحص خلية نباتية حية بالميكروسكوب الضوئى فإن السيتوبلازم يبدو فى حركة دوران مستمرة وسريعة ، وقد تساهد الميتوكوندريا ، أو الكلوروبلاست أو المكونات الخلوية الأخرى تتحرك مع السيتوبلازم. ويوضح الفحص الجيد للخلية النباتية تواجد جزيئات صغيرة كرية الشكل تتحرك حركة سريعة جدا داخل الخلية ، وهذه الجزيئات هى الاسفيروسومات (الأجسام الكرية) spherosomes التى قلما تحفظ فى تحضير مثبت . ومن المعتقد بأن هذه الأسفيروسومات تتكون من الشبكة الإندوبلازمية . وفى هذه الحالة تنشأ الأجسام الكرية غير الناضجة immature كبروزات من أنابيب شبيهة بالشبكة الإندوبلازمية ثم تكبر هذه الأجسام الدقيقة وتزداد فى الحجم لتعطى الإسفيروسومات الموجودة فى كثير من الخلايا .وتستمر هذه الزيادة فى الحجم إلى أن يتكون جسم دهنى .

ويمكن أن نستخلص من ذلك أن الإسفيروسومات تكون تركيبا مميزا فى الخلية له علاقة خاصة بانتاج وتخزين الدهون فى الخلية ، ولكن الوظيفة الأكيدة والأساسية للاسفيروسومات غير معروفة بالضبط ، كما وأن الاإسفيروسومات تحاط من الخارج بغشاء ذو طبقة تركيبية واحدة .

وتحتوى الخلية النباتية على نواة واحدة منغمسة فى الستوبلازم وأحيانا تظهر النواة مفلطحة وملامسة لجدار الخلية . وعادة تظهر النويات بوضوح فى الخلايا النباتية الحية .



(شكل ٨٥)
خلية نباتية بالميكرسكوب الإلكترونى

ويسهل فى الخلايا النباتية المثبتة والمصبوغة رؤية جدر الخلايا ، الكلوروبلاستيدات ، الميتوكوندريا الأجسام الدقيقة وأجسام جولجى . كما توجد كتل من المادة الكروماتينية داخل النواة . كما يوجد فى جدار الخلايا النباتية ممرات تعرف بالنقر Plasmodesmata ، تصل الخلايا المتجاورة ببعضها البعض رغم وجود الجدار الخلوى السميك .

التركيب الدقيق للخلية النباتية Ultrastructure of the plant cell

من الطبيعى عند دراسة الخلية النباتية أن تقسم هذه الوحدة الأساسية الى نواة ، كلوروبلاست ميتوكوندريا ، شبكة إندوبلازمية ، أجسام جولجى ، المادة الخلالية الأساسية للسيتوبلازم ، والتونوبلاست . وكل من هذه العضيات الخلوية له وظيفة مختلفة عن الآخر داخل نفس الخلية . ويحيط بكل عضى خلوى أحد الأغشية شبه المنفذة والتى تتكون من مركب ليبوبروتين (دهنى بروتين) معقد . ويقوم غشاء كل عضية بحمايتها من العضيات الدقيقة الأخرى الموجودة معها فى نفس الخلية . وعلى الرغم من أن هذه الأغشية تحافظ على نشاط كل عضية ، إلا أنها تسمح باتصال وتبادل نواتج الأيض مع الوسط المحيط بها .

وقد وجد أن جميع الأغشية الخلوية تتكون من مجموعتين رئيسيتين من المركبات هما الدهون (اللبيدات) والبروتينات.

وهناك عددكبير من الأدلة التى تؤيد النظرية القائلة بأن الدهون والبروتينات تتحد وترتبط معا لتكون جميع الأغشية الحيوانية . وسواء كان هذاالغشاء الخلوى فى خلية نباتية أو حيوانية أو يحيط بالخلية كلها أو جزء منها ، فإن التركيب النموذجى وأبعاد الغشاء الخلوى تكون متشابهة الى حد ما . وتوجد الأغشية الخلوية فى الخلايا النباتية بنسبة أقل مما هى موجودة فى الخلايا الحيوانية ويرجع ذلك إلى انضغاط مادة السيتوبلازم نتيجة لظهور فجوات ضخمة أثناء نمو وتميز الخلايا النباتية . وتحديدها بشريط سيتوبلازمى ضيق على حواف الخلية .

غشاء الخلية The plasma membrane :

يقوم غشاء الخلية النباتية Plasma Lemma باحتواء وفصل الجزء الحى من الخلية Protoplast عن جدار الخلية الخارجى .

ويوجد فى الخلايا النباتية عادة نظام رئيسى أثناء عملية الأيض للتحكم فى الفرق بين الترتيزات للأملاح غير العضوية والمواد خارج وداخل الخلية .

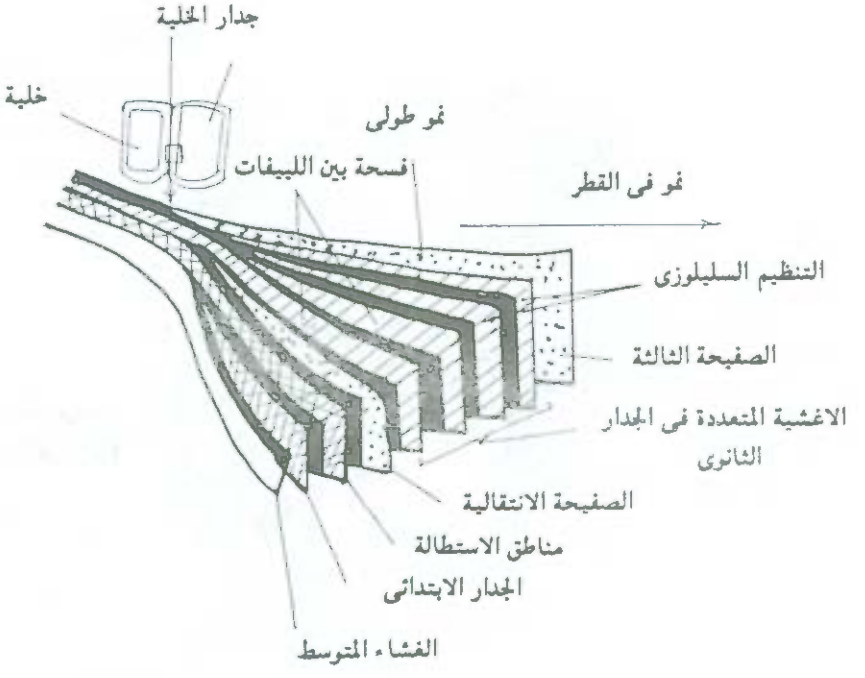
ويختلف التركيب الكيميائى لغشاء الخلية كذلك وجميع الأغشية الخلوية فى الخلايا النباتية عن تراكيب معظم الأغشية الخلوية الحيوانية ، ففى الأغشية الاخيرة تتركب الليبيدات

بصفة أساسيـــة من الكولستـــرول والفسفولبيدات ، بينما تتكون لبيـــدات الأغشـــية الخلويـــة النباتيـــة مـــن فسفولبيدات (أساسا ليسيسين وجليكولبيدات) والاسترولات (تتكون من Sterol -B- sistosterol spinosterol) والجزء البروتينى فى الأغشية الخلوية النباتية فانه يتكون من عدد كبير من الوحدات البروتينية .

(شكل ٨٦)
خلية نباتية بالميكروسكوب الالكترونى

وتوضح صور الميكروسكوب الألكترونى للخلايا النابتية أن الأغشية الخلوية تتبع نفس البنيان الأساسى للاغشية الحية . ويتكون كل غشاء من هذه الأغشية من خط مضيئ لامع

يقع بين خطين داكنين . ويعتقد بأن هذه الأغشية تتكون من طبقة مركزية ثنائية من الليبيدات محصورة بين طبقتين أحاديتين من البروتين .



(شكل ٨٧)
شكل يوضح الطبقات المختلفة فى جدار خلية نباتية

جدر الخلايا Cell walls :

يحد الخلية النباتية من الخارج جدار واضح المعالم ، وهو تركيب غير حى ينتج من مادة البروتوبلاست الحية . وباستثناء بعض الحالات فإن معظم الخلايا النباتية لها جدر سميكة أو رقيقة أو منحوتة Sculptured ويعتقد بأن وظيفة هذه الجدر هى حماية وتدعيم الخلية كما أنها تحافظ على شكل وتماسك الخلايا النباتية . ويتكون جدار الخلية أساسا من مادة السيليلوز

Cellulose وهى مادة عديدة التسكر تتكون من وحدات مترابطة من الجلوكوز) تنتج فى الخلية ويوجد فى بعض النباتات - وخصوصا عديدة الخلايا - جدر ثانوية تتميز بتجويفات أو انخفاضات تعرف بالنقر Pits وتحتوى الخلايا ذات الجدر الأولية على **نقر أولية** Primary pits وتظهر هذه النقر عندما يكون تكوين جدار الخلية غير متجانس وتقوم هذه النقر بتسهيل مرور المواد من خلية إلى أخرى .

وتوجد النقر عادة فى الخلايا النباتية غير الحية والتى تلعب دورا فى عمليتى التوصيل والتدعيم فى النباتات كالالياف والقصيبات . وفى بعض الأحيان ينمو من جدار الخلية تغلظ فوق النقرة وفى هذه الحالة تعرف النقرة **بالنقرة المصفوفة (المحفوفة** bordered pits) وعند غياب هذا النوع من التغلظ الذى يحيط بالنقرة فانها تكون من النوع البسيط . وباستعمال طرق خاصة بصباغة الأنسجة النباتية فإن كثيرا من النقر تظهر فتحات فى غشاء الخلية (**وصلات عرضية**) والتى عن طريقها تمتد أشرطة سيتوبلازمية رقيقة لتصل الخلايا المجاورة بعضها البعض . وتعرف هذه الامتدادات أو البروزات السيتوبلازمية **بالبلازمودزماتا** Plasmodesmata . كذلك توجد انبيوبات دقيقة داخل البلازمودزماتا تتصل اتصالا مباشرا بصهاريج وتجويفات الشبكه الإندوبلازمية لخليتين متجاورتين . واعتمادا على نمو وشكل الخلية النباتية فإن جدار الخلية يتكون من ثلاث مناطق رئيسية واضحة ومتميزة هى مادة بين خلوية تعرف باسم الصفيحة الوسطى ، وجدار الخليـة الأولى وجدار الخلية الثانوى .

أ - **الصفيحة الوسطى** The middle lamella :

وهى طبقة رقيقة من مادة بين خلوية تتكون بين خليتين متجاورتين أثناء عملية انقسام الخلايا النباتية . وتتركب الصفيحة الوسطى من **البكتين** Pectin ، والكالسيوم ، والسيليلوز ، ومواد أخرى مبلمرة . وبسبب كثافة وصلابة البكتين فإن الصفيحة الوسطى تظهر كمادة جيلاتينية لزجة . وفى الأنسجة الخشبية تكون الصفيحة الوسطى شديدة التلجنن (بها وفرة من مادة اللجنين lignin) ، وتعمل هذه الصفيحة فى الأنسجة النباتية كمادة بين خلوية اسمنتية لربط جدر الخلايا بعضها البعض لتكوين الأنسجة ولذلك فهى توجد بين الجدران الإبتدائية للخلايا المتجاورة .

ب - **الجدار الأولى للخلية** The primary cell wall :

ويوجد هذا الجدار فى جميع الخلايا النباتية ، ويتكون من الترسيبات والافرازات الأولية للبروتوبلاست على غشاء الخلية ، ويعتبر أول جدار خلوى حقيقى يتكون أثناء المراحل المبكرة لنمو وتكوين الخلية . وهو رقيق نوعا ما ومرن وقابل للشد والتمدد مع زيادة حجم الخلية ، ويتراوح سمك الجدار الأولى من ١ - ٣ ميكرون ويتركب من مادة البكتين مع مواد شبيهة السيليلوز والسيليلوز ومواد عديدة التسكر أخرى غير سيليلوزية . ويظهر الجدار الأولى للخلية بوضوح فى الخلايا الانشائية وهو خال من النقر والتغلظات غير المنتظمة ما عدا فى حالة وجود **البلازمودزماتا** Plasmodesmata . وبسبب التجانس الشديد لهذا الجدار فإنه يصعب فى بعض الأحيان التمييز بين جدار الخلية الأولى والصفيحة الوسطى ولذلك يطلق عليهم مجتمعين الجدار الأولى .

جـ - **الجدار الثانوى** The secondary wall :

يظهر الجدار الثانوى مع زيادة نمو الخلية وتوقف الجدار الأولى عن الإتساع فى مساحة السطح ، وتكون الخلية فى هذا الوقت قد توقفت عن النمو ، وفى كثير من الخلايا تموت المحتويات الحية فى الخلية وتختفى بعد تكوين الجدار الثانوى . يتبع هذا الجدار الاخير من زيادة ترسيبات المواد المتكونة من البروتوبلاست . ويتركب الجدار الثانوى من السيليلوز وشبيهات السيليلوز ومواد رسوبية أخرى تعمل على زيادة سمك الجداروذلك مثل الجنين ، والسوبرين ،والكيوتين ، وشمع الكيوتين . وفى كثير من الفطريات والخمائر ، يتركب جدار الخلية الثانوى من الكيتين chitin . ويقترن وجود الجدار الثانوى بالخلايا التى تفقد الحياة بعد اكتمال نضجها كالألياف والخلايا الصخرية .

ويتركب الجدار الأولى للخلية من ليبفات سليلوزية منتشرة فى عدة اتجاهات ، أما الجدار الثانوى فانه يتركب من ليبفات سيليلوزية كثيفة ومتوازية ومضغوطة مع بعضها اكثر من مثيلاتها بالجدار الأولى (Muhlethaler, 1961) ، وبمعنى آخر فإن الجدار الثانوى يتكون من عدة طبقات متميزة ، وأن ليبفات كل طبقة تكون متوازية ولكن ليبفات الجدار الأولى تكون موجهة بزاوية مع بعضها البعض ، ويبدأ تكوين الجدار الثانوى من السطح الداخلي للجدار الابتدائى ،ويتكون الجدار الثانوى من ثلاث طبقات : الأولى وهى الخارجية ، والثالثة

وهى الطبقة الداخلية الملاصقة للجدار الأولى ، وطبقة متوسطة . ويسمى هذا النوع بالنمو **نحو المركز** Centripetal . وقد يكون التغلظ فى الجدار الثانوى متجانسا أو غير متجانس ، ونظرا لأن هذا الجدار سميك فانه يحتوى على نقر تسمح باتصال بروتوبلازم الخلايا النباتية المتجاورة ، وكذلك تبادل المواد بينها ، وفى بعض الأحيان يوجد جدار ثالث رقيق للخلية النباتية .

مادة السيتوبلازم والشبكة الإندوبلازمية :

The cytoplasmic matrix and endoplasmic reticulum

تحتوى الخلايا النباتية الإنشائية والإبتدائية على سيتوبلازم وكميات قليلة من الأغشية الخلوية . وقد يكون من الصعب رؤية أو مشاهدة هذه الأغشية لأنها مغطاة بكميات هائلة من الريبوسومات وتظهر هذه العضيات حرة أو منفردة فى السيتوبلازم . ولقد أمكن باستعمال مثبت الجلوترالدهيدGlutraldehyde . مشاهدة جهاز من الانيبوبات فى السيتوبلازم يبلغ متوسط محيطها حوالى ٢٥٠ أنجستروون وتمتد لعدة ميكرونات . ومن المحتمل أن تلعب هذه الانيبوبات دورا ما فى تكوين جدار الخلية .

ويمكن مشاهدة الشبكة الإندوبلازمية المحببة وغير المحببة فى الخلايا النباتية المتميزة differentiated وتبدو الشبكة الإندوبلازمية غير المحببة واكثر شيوعا فى الخلايا المرتبطة بانتاج الإسترويدات التى تلعب دورا معينا فى أيض المواد الكربوهيدراتية وتقل الايونات كما هو الحال فى العناصر الغربالية والخلايا المرافقة للحاء .

وتشاهد هذه الشبكة الإندوبلازمية بوضوح فى البلازمودزماتا . أما الشبكة الإندوبلازمية المحببة فإنها تكون تامة التكوين وواضحة جدا فى الخلايا المنتجة للمواد البروتينية كما هو الحال فى الشعيرات الغدية لأوراق بعض النباتات .

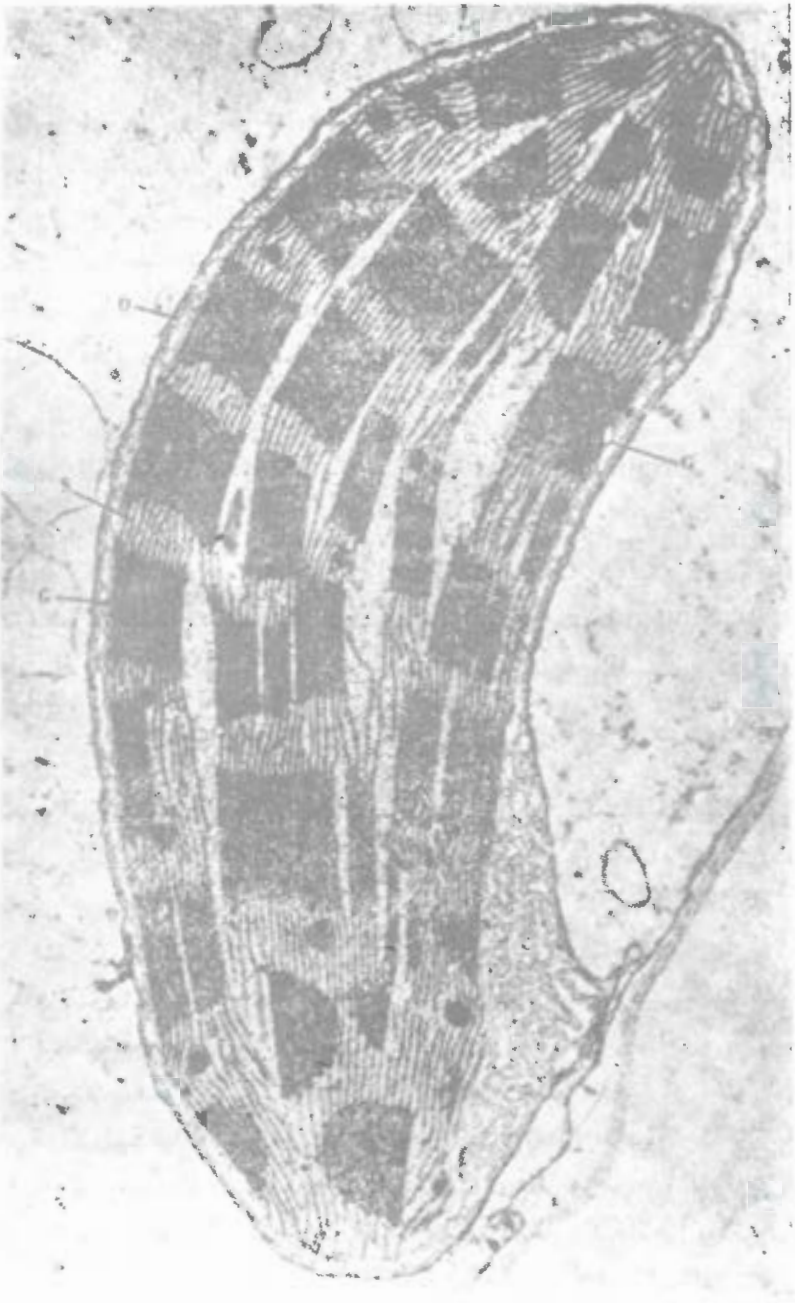
وعند بداية تكوين الأوراق يمكن رؤية الشبكة الإندوبلازمية المحببة وغير المحببة ، ولكن بعد تميز الخلايا تظهر كميات قليلة من الريبوسومات وتحتوى عناصر الشبكة الإندوبلازمية غير المحببة على تجويفات ممتلئة بمحلول معين ، كما وأنها تحتل مساحات كبيرة من السيتوبلازم وتتشابه وظيفة الشبكة الإندوبلازمية فى كل من الحيوان والنبات .

جهاز جولجى Golgi apparatus :

أوضح استعمال الميكروسكوب الالتكترونى العديد من مكونات الخلية النباتية التى لم يكن من المتيسر رؤيتها بالميكروسكوب الضوئى باستعمال الصبغات الخاصة بها . وقدكشف الميكروسكوب الإلكتروني عن وجود جهاز جولجى فى الخلايا النباتية فى صورة أجسام هلالية أو مقوسة مقوية تعرف **بالدكتيوسومات** dictyosomes وتشبه أجسام جولجى هذه مثيلاتها فى الخلايا العصبية للحيوانات اللافقارية والخلايا الجرثومية التناسلية وتختلف عن أجسام جولجى فى الخلايا الجسدية للفقاريات وتنتشر دكتيوسومات جولجى هذه أو الجولجيوسومات في السيتوبلازم ولا توجد فى مكان محدد منه كما هو الحال فى الخلايا الطلائية الحيوانية مثلا . وتتركب الدكتيوسومات من عصبات صغيرة مقوسة ذات **صهاريج** أوانتفاضات مفلطحة Cisternae ، والتى تتسع من طرفيها كما هو الحال فى دكتيوسومات اللافقاريات . وتبرز من هذه الصهاريج **حويصلات** vesicles صغيرة حاملة المواد الإفرازية المنتجة من أجسام جولجى . وهذه الحويصلات هى التى تتجمع فى منطقة الصفيحة الوسطى فى المرحلة النهائية للانقسام الميتوزى وتكون صفيحةالخلية التى تفصل بين نواتى الخليتين البنويتين الناتجتين . وهناك العديد من الأدلة التى تبرهن على الدور المهم للدكتيوسومات فى تكوين المواد الإفرازية بالخلية وكذلك تكوين صفيحة الخلية والأغشية الخلوية المختلفة فى الخلية النباتية . وقد وجد أن الدكتيوسومات تحتوى على بعض الإنزيمات مثل بيروفوسفاتيز الثيامين Thiamine pyrophosphatase وثنائى فوسفاتيز الأدينوزين adenosine diphosphate .

الميتوكوندريا The mitochondria :

يتشابه تركيب الميتوكوندريا فى كل من النبات والحيوان ، ولكن الاختلاف الوحيد فى أن ميتوكوندريا الخلاياالنباتية تحتوى على حواجز وزوائد Cristae قليلة من الغشاء الداخلى ومادتها الداخلية اكبر من تلك الموجودة فى الخلايا الحيوانية. أما الخلاياالنباتية التى تقوم بعملية التمثيل الضوئى أو الكلوروفيللى فإنها تحتوى على ميتوكوندريا ذا ت حواجز داخلية أكثر من تلك الموجودة فى الخلايا النباتية الاخرى .



(شكل ٨٨)

كلوروبلاست (بلاستيدة) فى خلية من اوراق الحنطة تمثل :

(G) جرانا (S) ستروما (حشوة) بين الجرانا

البلاستيدات The plastids :

البلاستيدات هى نوع من عضيات الخلية النباتية الموجودة فى السيتوبلازم والتى لها علاقة وطيدة بعمليات الأيض. وتعتبر البلاستيدتا وجدر الخلايا من التراكيب المميزة للخلايا النباتية . وتوجد البلاستيدات فى جميع النباتات ما عدا البكتريا وبعض الطحالب والفطريات . وللبلاستيدات أشكالا مختلفة فمنها المسطح والقرصى والحلزونى وغيرهما ، وتحتوى البلاستيدات على حبيبات صبغية (مثل كلوروفيل والمواد الكاروتينية) بجانب بعض محتويات أخرى مثل النشا .

نشأة وتكوين البلاستيدات Origin and development of plastids

يعتقد أن البلاستيدات تنشأ داخل الخلايا النباتية من تراكيب دقيقة واضحة فى السيتوبلازم تعرف باسم البلاستيدات الأولية أو **البروبلاستيدات** Pro-plastids وتوجد البلاستيدات الأولية هذه فى الخلايا النباتية البنوية والتى تنتقل إليها عن طريق الإنقسام .

وتعتبر البروبلاستيدات عضيات خلوية ذاتية الوجود فى الخلية كما أنها تحاط بغشاء خارجى ثنائى Double membran . وفى وجود الضوء ينمو الغشاء الداخلي للبلاستيدة الأولية ويعطى حويصلات صغيرة ترتب نفسها لتكون أقراصا أكبر حجما داخل العضية . أما فى الظلام فتتكون تراكيب أنبوبية شبكية الترتيب . وعند وضع البروبلاستيدات هذه فى الضوء ، فان الترتيب الشبكى هذا يتغير إلى الشكل الصفائحى المعروف للكلوربلاستيده وبذلك تتأثر عملية نمو البلاستيدات بالنقص فى الضود . فعند نمو النبات فى ضوء منخفض تتجمع الحويصلات المتكونة فى البروبلاستيدات مكونة جسما واحدا أو أكثر من الأجسام **الصفائحية الأولية** Pro-lamellar bodies . وفى بعض الأحيان تشكل الحويصلات الناتجة نموذجا بللوريا مكونا أنيبوبات منتظمة الشكل . وعند تعرض هذه النباتات للضوء مرة أخرى فإن الحويصلات تنمو وتتحد مرة ثانية مكونة الشكل الصفائحى والمعروف بالجرانا Grana. ويتحكم فى النمو الكلى للكلوروبلاستيده عدد من الجينات التى تقوم بتنظيم تكوين الشكل الصفائحى والبنية الجزئية له .

انواع البلاستيدات Types of plastids :

١ - البلاستيدات البيضاء (الليكوبلاستيدات leucoplasts) :

هذه البلاستيدات عديمة اللون توجد عادة فى الاوراق النباتية متعددة الألوان والسيقان والجذور والخلايا الجنينية والخلايا التناسلية وفى أجزاء النبات المختلفة غير المعرضة للضوء . وتعمل الليكربلاستيدات كمنتج للنشا وكمركز تخزينى للبروتينات والدهون . كما أن بعض الليكوبلاستيدات تنتج بعض الزيوت الأساسية .

(٢) البلاستيدات الملونة (الكروموبلاستيدات) Chromoplasts :

يرجع اللون المميز للكروموبلاستيدات إلى وجود مواد مختلفة من الكاروتينات ، واللون النموذجى لها هو الأصفر ، والبرتقالى ، والأحمره وعلى الرغم من أن بعضها قرصى الشكل إلا أن البعض الآخر منها يكون مغزلى أو مثلثى ذاوى Angular ، أو كرى أو على هيئة أجسام قضيبية الشكل .

ومن المحتمل أن تكون البلاستيدات الملونة هى نفسها بلاستيدات خضراء اختفى منها الكلوروفيل وأصبح غير سائد كما هو الحال فى أوراق فصل الخريف والتى توجد بها الكاروتينات كحبيبات رئيسية سائدة بعد تكسير وتحلل مادة الكلوروفيل فى فصل الخريف .

وفى بعض الحالات تنمو الكروموبلاستيدات مباشرة مع البروبلاستيدات (البلاستيدات الأولية) . وتحتوى الكروموبلاستيدات على العديد من الحبيبات الصبغية (الليكوبين) Lycopen فى الطماطم الحمراء وكذلك الفيكوارثرين Phycoerythrin والفيكوسيان Phycocyan فى الطحالب .

(٣) الكلوروبلاستيدات The chloroplastids :

وهى بلاستيدات خضراء يرجع لونها المميز إلى وجود كميات كبيرة من الحبيبات الصبغية الخضراء والمعروفة بالكلوروفيل . وتختلف الكلوروبلاستيدات فى الشكل والحجم من نوع إلى آخر ، فمثلا تكون فى أوراق النباتات الراقية كروية أو بيضاوية أو قرصية الشكل .

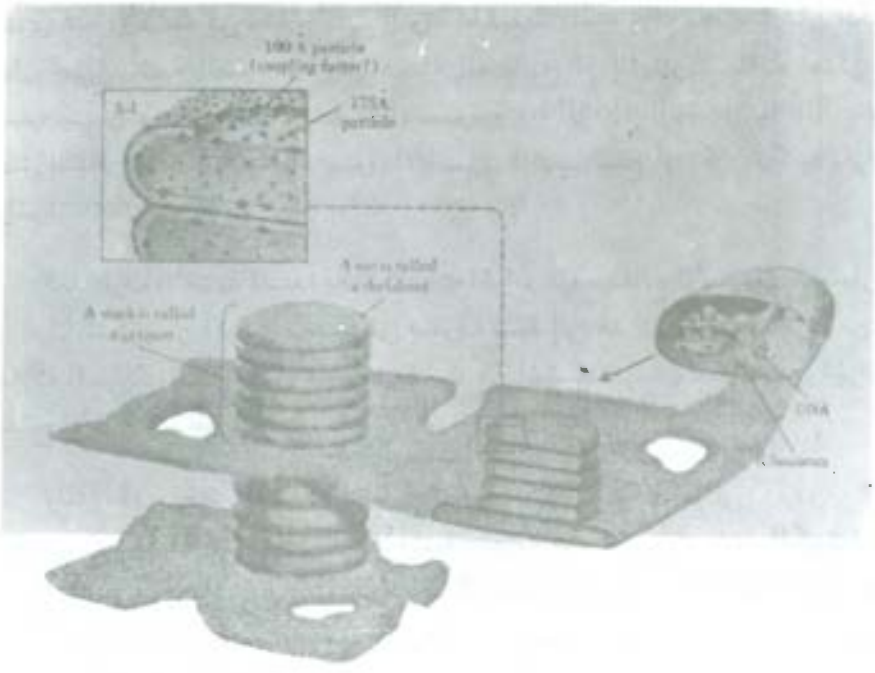
كما وأن الطحالب تحتوى على واحدة أو اثنتين من البلاستيدات الضخمة فنجانية الشكل أو مستطيلة أو حلزونية . وتشغل الكلوروبلاستيدات حوالى ٢٠٪ من حجم الخلايا للأوراق . وقد وجد أن عدد الكلوروبلاستيدات فى الخلية الواحدة من النباتات الراقية يتراوح من ٢٠ الى ٤٠ كلوبيلاستيده . وتعتبر الكلوربلاستيدات من العضيات الكبيرة نسبيا في الخلايا النباتية حيث يبلغ محيطها من ٤ - ٦ ميكرون ويبلغ سمكها من ٥ر الى ١ميكرون ، وقد وجد أن كلوروبلاستيدات النباتات التى تنمو فى الظلال تكون أكبر حجما وتحتوى علي كمية كبيرة من الكلوروفيل أكثر من تلك التي توجد فى النباتات التى تنمو فى ضوء الشمس . ويتحكم فيحجم الكلوروبلاستيدات بعض الصفات الوراثية والجنسية فمثلا كلوروبلاستيدات الخلايا **كثيرة العدد الكروموسومى** Polyploid تكون أكبر من مثيلاتها الموجودة فى الخلايا **زوجية العدد الكروموسومى** diploid .

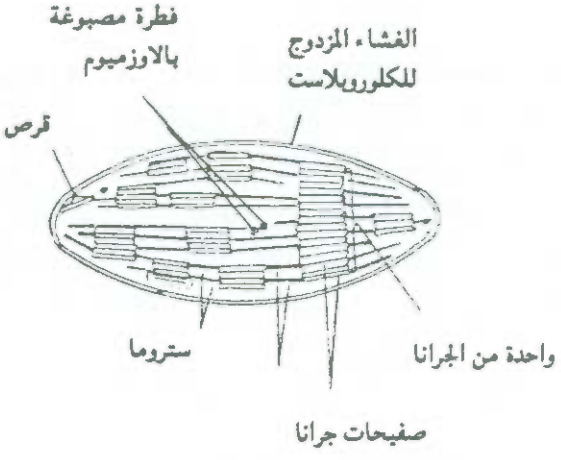
وتوجد الكلوروبلاســـتيدات أحيانا موزعة توزيعا متساويا أو متجانسا فى السيتوبلازم ، ولكنها غالبا ما تكون كثيفة التواجد بجانب النواة أو ملاصقة للحواف الداخلية للخلية . وعادة يعتمد توزيع الكلوروبلاستيدات داخل الخلية على شدة الضوء المتعرض له النبات . والكلوروبلاستيدات من العضيات ذاتية الوجود فى الخلايا النباتية وتتزايد الكلوروبلاستيدات فى العدد عن طريق الانقســـام ويتم ذلك باستطالة البلاستيده فاصلا إياها الى جزئين متساويين . وتتميز الكلوروبلاستيدات بقدرتها العالية على مقاومة التغيرات الأسموزية والمثبتات ، كما وأن لها القدرة العالية على الإختزال ومن صفات هذه العضيات أنها تنتفخ عند وضعها فى الماء المقطر .

تركيب الكلوروبلاستيدات Structure of chloroplastids :

عند فحص الخلايا النباتية بالميكروسكوب الضوئى تظهر الكلوروبلاستيدات على هيئة حبيبات دقيقة تسمى **بالجرانا** grana . وتوجد هذه الحبيبات مدفونة فى المادة الخلالية للكلوروبلاستيده والتى تسمى الحشوة أو **ستروما** stroma . ومن ناحية أخرى وجد أنه بفحص هذه العضيات بالميكروسكوب الإلكترونى يتضح أنها تتكون من تراكيب داخلية على درجة عالية من التنظيم والترتيب . ويحد كل كلوربلاستيده غشاءان : الخارجى منها يشبه إلى حد كبير غشاء الخليه ، أما الغشاء الداخلى فهو يشبه أغشية أو مكونات الجهاز الغشائى للكلوروبلاستيده ذاتها .

وبالإضافة الى الغشاء الخارجى ثنائى التركيب توجد أنظمة غشائية داخلية تتكون من مجموعة من الأكياس المفلطحة والمغلقة تسمى بالصفائح او **بالثيلوكيدات** Thyllokids ،





(شكل ٨٩)

صورة بالمكيروسكوب الالكترونى لتركيب بلاستيدة (كلوروبلاست) فى احد النباتات الراقية .

وتحتوى هذه الأغشية فى الخلايا ذات **النواة الحقيقية** Eucaryotic cells على الكلوروفيل وجهاز تحويل أشعة الضوء ، وتمثل هـذه الصفائح أو الثيللوكيـدات أماكن وانتاج الأكسيجيـن وعمليات الفسـفرة الضـوئية Photophosphorylation . وعندما تلتصق الثيللوكيـدات الراحدة فـوق الأخـرى فإنهـا تنتج أو تكون تركيبا يعرف باسم **الجرانم** granum .

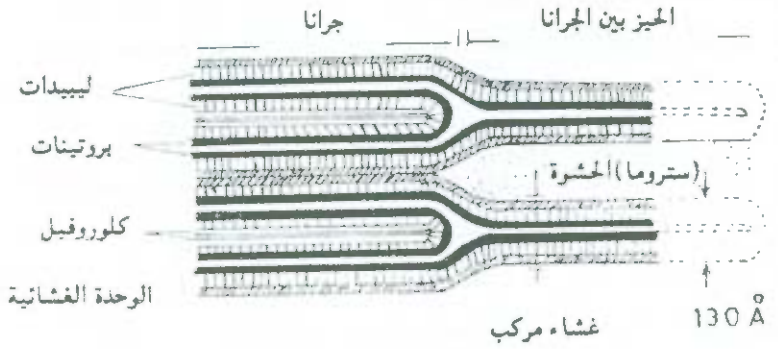
كما نعرف الأغشية الممتدة بين تكدسات الجرانم هذه بصفائح الأستروما . وبعبارة أخرى فإن الجرانا تتكون من أكياس مكدسة فى صفوف تشبه إلى حد كبير أعمدة مكونة من أقراص العملات المعدنية والتى تتصل مع بعضها بواسطة أغشية تعرف بالصفائح بين الجرانا وتمتد الصفائح الأخيرة هذه خلال الإستروما .

ولقد أظهر فحص أغشية الجرانا تحت قوة تكبير عالية (حوالى ٣٠٠ر٠٠٠ مره) وجود حبيبات دقيقة جدا على هذه الأغشية وتعرف هذه الحبيبات باسم **الكونتاسومات** quantasomes ويعتقد بأنها تمثل الوحدات الرئيسية لعملية التمثيل الضوئى فى الخلية ، وتوجد حبيبات الكلوروفيل الصبغية وغيرها من الحبيبات الصبغية الأخرى فى طبقة واحدة بين صفائح الجرانا ، ولقد وجد الباحثون أن كل كونتاسومه تحتوى على حوالى ٢٣٠ جزئ كلوروفيل .

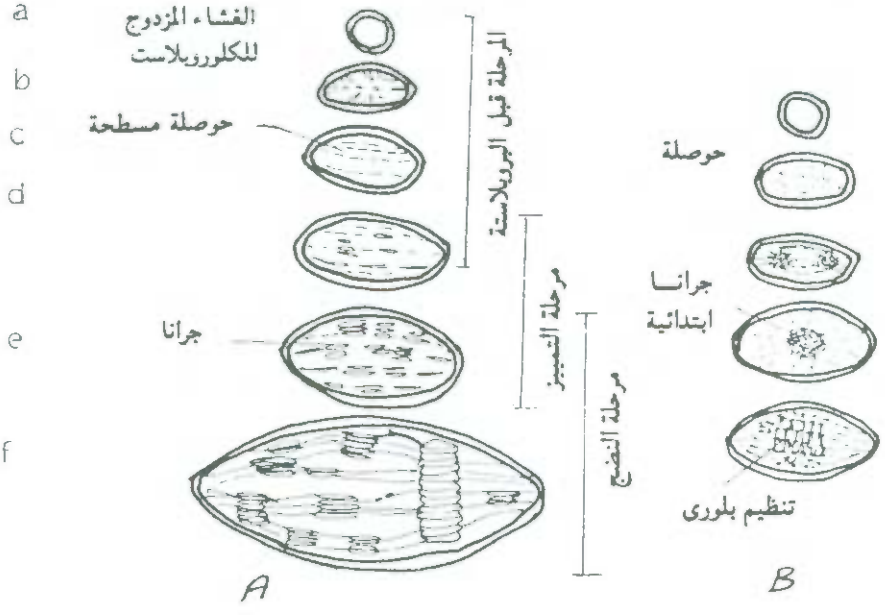
وتحتوى الأستروما وهو الجزء غير الغشائى بالكلوروبلاستيده على الإنزيمات اللازمة لعملية تثبيت ثانى اكسيد الكربون وتحويله إلى سكر . كما وأنها تحتوى على الريبوسومات التى تلعب دورا هاما فى تكوين وتخليق البروتينات داخل الخلية . وتحتوى الإستروما أيضا على قطرات دهنية وحبيبات نشوية وأجسام **بيرينودية** Pyernoid bodies والأحماض النووية DNA & RNA وزيادة على ذلك فإن الاستروما تحتوى على بعض السيتوكرومات وفيتامينات ك ، ه وبعض الدرات المعدنية مثل الحديد والنحاس والمنجنيز والزنك بالإضافة إلى وجود الماغنسيوم فى جزئ الكلوروفيل .

وظيفة البلاستيدات الخضراء Punction of chloroplasts :

تقوم البلاستيدات الخضراء فى ضوء الشمس بتحويل ثانى أكسيد الكربون والماء إلى مواد كربوهيدراتية وأكسجين عن طريق عملية التثميل الضوئى أو الكلوروفيللى . وتعتبر



(شكل ٩٠)
التنظيم الجرينى للكلوروبلاست



(شكل ٩١)
نمو بروبلاستمدة

عملية التمثيل الضوئى هذه من أهم العمليات الكيميائية الحيوية الواسعة حيث يتم بواسطتها تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كيميائية والمواد الغذائية الناتجة من هذه العملية تستخدمها جميع النباتات والحيوانات فى عمليات الأيض أو التحول الغذائى الخاصة بها . ويعنى هذا أن الكلوروفيل فى النبات تحول وتختزن الطاقة الضوئية من الشمس إلى طاقة كيميائية فى المواد الغذائية . وتتحررهذه الطاقة المختزنة اثناء عمليات الأكسدة التى تتم بواسطة أنزيمات الميتوكوندريا . ويعنى ذلك ان الكلورفيل يقوم بعملية التمثيل الضوئى فى وجود الضوء بينما تقوم الميتوكوندريا بعمليات الاكسدة الفسفورية التى لا تعتمد علي وجود الضوء . ويدل تحرر الأكسجين أثناء عملية التمثيل الضـــوئى واستعماله اثناء عمليـــة الاكسدة الفسفورية ، على أن العملية الأولى تعتبر مختزنة للطاقة endergonia أما العمليـــة الثانية فهى منتجة أو مخرجة للطاقة exergonic .

وبالنسبة لنواة الخلية النباتية والكروموسومات وكذلك بالنسبة لعمليتى الإنقسام المباشر Mitosis والانقسام الإختزالى Meiosis فإنها تشبه مثيلاتها فى الخلايا الحيوانية وسوف نتناول شرح هذه التراكيب والعمليات في أبواب لاحقة مستعينين بأمثلة توضيحية حيوانية ونباتية .