الخلايا النباتية Plant Cells المحاضرة الثانيـة

تعريف الخلية النباتية: Plant Cell

في الكائنات وحيدة الخلية تعتبر الخلية كائن حي كامل بينما في الكائنات الراقية عديدة الخلايا فأنه يوجد تجمع لعدد كبير من الخلايا المختلفة والتي تنتظم بكل دقة لتكون نسيجاً، والأنسجة المختلفة تكون عضواً، والأعضاء المختلفة تكون الكائن الحي سواء كان نبات أو حيوان من خلال عملية النمو Growth والتطور Development أو التغير الشكلي Morphogenesis والتي يحدث خلالها تفاعلات كيمائية وتخصصات وظيفية، وبالرغم من تعدد النواتج التخصصية والوظيفية للخلايا إلا أنها تتشابه إلى حد كبير في احتوائها على عديد من العضيات التي تتم فيها التفاعلات الكيمياوية، كذلك تتشابه في الأغشية البلازمية والأحماض النووية DNA و RNA والتي تعمل كمكونات أساسية في ميكانيكية نقل المعلومات في جميع الخلايا.

الخلية هي الوحدة التركيبية والوظيفية للكائن الحي، وهي تنتج من خلية أخرى موجودة من قبل، وترجع تسميتها بهذا الاسم إلى مشابهتها لشكل خلايا النحل وقد اشتق الاسم الأجنبي (Cell) من المصدر اللاتيني Cellula ومعناه المسكن الصغير. وأول من شاهد الخلية تحت المجهر روبرت هوك Robert Hooke (1665) في قطاع لنسيج الفلين حيث شاهدها كفراغ محدد بجدار وشجعه هذا التركيب العجيب على فحص عينات أخرى من نباتات مختلفة فوجد أن هذا الفراغ أو التجويف يحتوي على عصير أطلق عليه هانشتاين Hanstein (1880) مصطلح البروتوبلاست Protoplast كما اقترح أن يستعمل البروتوبلاست بدلاً من الخلية، ولكن هذا الاقتراح لم يكلل بالنجاح. ومن ثم زاد الاهتمام بدراسة هذا السائل حيث اكتشف روبرت براون Robert Brown (1831) جسماً كروياً أسماه النواة Nucleus عند فحصه لخلايا بشرة نبات من أحد أجناس الـOrchids كما ميز هوجو فون مول Hugo Von Mohl (1846) بين البروتوبلازم والعصير الخلوي Cell sap ثم اقترح كوليكر Kolliker (1862) إطلاق اسم السايتوبلازم Cytoplasm على المادة التي تحيط بالنواة، ومنذ ذلك التاريخ إلى يومنا الحاضر توالت الاهتمامات بدراسة الخلية التي نتج عنها العديد من الاكتشافات لمحتويات الخلية سواء كان ذلك بالمجهر الضوئي أو المجهر الالكتروني مما جعل دراسة الخلية علما قائما بذاته. هذا وقد وجد أن التنظيم الداخلي للخلية يحتم تقسيمها إلى نوعين هما:

1 ـ خلية بدائية النواة Prokaryotic cell:

وهي بسيطة التركيب لا تحتوي على وحدات منفصلة لتظهر وظائف معينة فالحمض الرايبي النووي منقوص الأكسيجين Deoxyribonucleic acid (DNA) ينتشر في جزء كبير من الخلية دون أن يكون ضمن غلاف غشائي مميز والأحياء التي تتصف بهذا النوع من الخلايا هي البكتيريا والطحالب الخضراء المزرقة وتسمى هذه بـ**(كائنات بدائية النواة Prokaryotes)**.

2 ـ خلية حقيقية النواة Eukaryotic cell:

وتتميز هذه الخلية داخلياً إلى أجزاء مميزة تظهر وظائف مختلفة فحمض DNA يتركز في الصبغيات التي بدورها توجد ضمن النواة المحاطة بالغشاء النووي Nuclear membrane، ويقوم بالتمثيل عضيات صغيرة ذات شكل مميز هي البلاستيدات Plastids وتحاط هي الأخرى بغشاء يفصلها عن السايتوبلازم، كما يتم التنفس في الخلية عن طريق أجسام محاطة بغشاء هي الأجسام السبحية Mitochondria، كما تفرز مادة جدار الخلية من أجسام متميزة تأخذ صفة غشائية هي الدكتيوسومات Dictyosomes، ويتم تكوين البروتين بواسطة الأجسام الريبية Ribosomes والشبكة الإندوبلازمية Endoplasmic reticulum (E.R.) وجميع هذه العضيات والأغشية مغمورة في مادة سائلة تسمى البلازم الهلامي Hyaloplasm أو البلازم الأساسي Ground plasm . وهذا النوع من الخلايا تتصف به جميع الأحياء النباتية ماعدا البكتيريا والطحالب الخضراء المزرقة،وتسمى بـ**(كائنات حقيقية النواة Eukaryotes).**

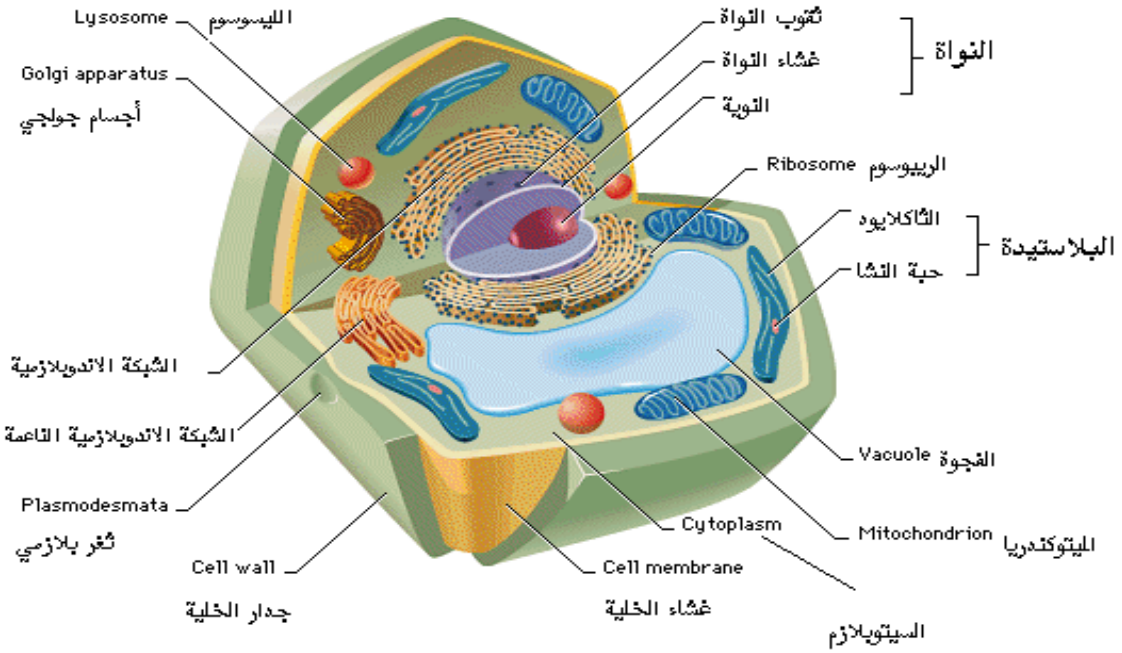
وتختلف أبعاد الخلايا النباتية وأبعاد محتوياتها اختلافا بيناً فمعظم خلايا النباتات الزهرية تتراوح أطوالها بين 5 و30 ميكروميتر كما في الخلايا الإنشائية أو بين 100 و 200 ميكروميتر كما في الخلايا البرنكيمية

وبين 50 ميكروميتراً إلى عدة سنتيمترات كما في الألياف. أما خلايا البكتيريا فتتراوح أطوالها بين 0.5 و 5 ميكروميتر، كما تختلف أبعاد المحتويات الخلوية فالبلاستيدات تتراوح أبعادها بين 2 و10 ميكروميتر بينما الأجسام السبحية تكون بين 0.5 و 5 ميكروميتر، والأجسام الريبية 0.2 ميكروميتر، ونظراً لصغر أحجام الخلايا ومحتوياتها فإن القياسات المترية الكبيرة لا تصلح لقياسها ولهذا فهي تقاس بوحدات صغيرة هي:

1 - الميكرومتر ويرمز له بالرمز (μ m) ويساوي $\frac{1}{1000}$ من المليمتر.

2 - والمليميكرومتر ويرمز له بالرمز(m μ) أو النانومتر ويرمز له بالرمز(nm) ويساوي $\frac{1}{1000000}$ من المليمتر.

وقد أعطى كلاوس وجونيبر Clowes and juniper (1968) الأرقام التالية للأعداد المتوقع وجودها في الخلية الواحدة وهي نواة واحدة وعشرون بلاستيدة و700من الأجسام السبحية و400 من أجسام جولجي و 500.000 من الأجسام الريبية و500.000.000 أو أكثر من الجزيئات الإنزيمية التي تمثل 10آلاف نوع جميعها مغمورة في البلازم الهلامي. وتجدر الإشارة إلى أن تركيب الخلية النباتية يشتمل على البروتوبلاست وجدار الخلية.



نظــرية الخلية :

تشترك كل الكائنات الحية في إنها تتكون من خلايا وبعد أن علمنا أن الخلية الحية تستطيع بمفردها أن تكرر مادتها الوراثية وأن تستخدم معلوماتها الوراثية لبناء البروتين وأن تستهلك وتنتج الطاقة بها. وهكذا تكون الخلية هي الأساس لكل صور الحياة بالرغم من إن لكل خلية دور ووظيفة حيوية تختص بها. ولهذا تعرف الخلية بأنها وحدة النشاط الحيوي والتي تحاط بغشاء حي شبه منفذ والتي يمكنها أن تكرر نفسها بالانقسام الخلوي عندما تعزل على بيئة مغذية مناسبة. أو تعرف بأنها أصغر جزء من الكائن الحي والذي يحوي الخواص والصفات المميزة للمادة الحية . والفكرة الشائعة أن الخلية هي الوحدة الأساسية للحياة تسمى بنظــرية الخليــة.

شكـل الخلية Cell Shape :

بالنسبة للنبات يختلف شكل الخلايا على حسب شكل العضو وكذلك نشاط الخلية نفسها مثل خلايا الأوراق والجذور والخلايا الحارسة للثغور والشعيرات حيث يختلف شكل كل خلية حسب وظيفتها ويتلائم معها تماماً. وبالنسبة لخلايا النبات والحيوان يلاحظ أن خلايا الحيوان تُهيّأ أحياناً للحركة بينما في النبات لا تتحرك. كذلك توجد في الحيوان خلايا عضلات وأعصاب وعظام.

حجـم الخليــة Cell Size :

أصغر حجم للخلايا يوجد في البكتيريا التي يتراوح قطرها بين 0.2 - 0.5 ميكرون بينما أكبرها بيضة النعامة التي يصل قطرها إلى 15 سم. ويتحكم في حجم الخلايا العديد من العوامل مثل نسبة النواة إلى السايتوبلازم فمن المعروف إن النواة تنظم نمو ووظيفة السايتوبلازم وبقاء الخلية ككل، فبالرغم من إن الخلية يمكنها أن تعيش قليلا بدون نواة إلا إنها تبدو في هذه الحالة بدون عقل مدبر ينظم لها وظائفها، ومن جهة أخرى فالنواة تنتج وسائل بناء البروتين فهي تحدد كمية السايتوبلازم التي يمكن أن تتحكم فيه. وهناك بعض الخلايا التي تحوي أكثر من نواة مثل طحلب النوستوك، كما يتحكم في الحجم النسبة بين حجم الخلية ومساحة سطحها ولسطح الخلية أهمية كبيرة في التحكم في مرور السوائل منها واليها وكذلك الغازات والغذاء.

تركيب الخلية النباتية:

الخلايا تختلف في الوظيفة والتركيب فضلا عن اختلافها في الشكل والحجم وتعقد الجدار. تتكون الخلية من جزئين متميزين هما البروتوبلاست وجدار الخلية .

أولاً: البروتوبلازم: Protoplast

وهو يمثل وحدة البروتوبلازم الموجود ضمن خلية واحدة وهو من الناحية الكيمياوية نظام من مواد عضوية ولا عضوية، المكونات العضوية الرئيسية للبروتوبلازم هي البروتينات، اللبيدات، الكاربوهيدرات وحوامض عضوية والبروتين هو أكثر المواد توفراً، أما المواد اللاعضوية هي الماء والأملاح والغازات، الماء يشكل 85 – 90 % من الوزن الطري الفعال للبروتوبلاست، أما الأملاح اللاعضوية فتكون حوالي 1%. كلما ازداد المحتوى المائي للبروتوبلازم كلما زادت فعاليته الأيضية وهذه نلاحظها عند إنبات البذور وتتجلى أهمية البروتوبلازم في إمكانيته الفسلجية. ويتميز البروتوبلازم بطبيعته الغروية على الرغم من وجود كثير من المواد الذائبة فيه وترجع هذه الطبيعة الغروية للبروتوبلازم لوجود البروتينات حيث تتيح البروتينات سطوح مساحية غير محدودة والتي تساعد على وجود الظروف الضرورية للادمصاص Adsorption والحركة الكيمياوية ومن ثم التفاعلات اللازمة للحياة وعلى هذا يعتبر النظام الغروي أساس لمظاهر المادة الحية.

A- المكونات البروتوبلازمية (المكونات الحية)

1- السايتوبلازم والأغشية البلازمية:

يظهر السايتوبلازم في الخلية الفعالة كمادة سائلة متجانسة يحيط به من الخارج غشاء يدعى بالغشاء البلازمي Plasmalemma أو Plasma Membrane أو الاكتوبلاست (Ectoplast) وهو الذي يبطن جدار الخلية النباتية. الأغشية السايتوبلازمية حية وفعالة لها القابلية على النمو والالتئام في حالة حدوث تشققات، ولها نفاذية انتخابية يعتمد مرور المواد المذابة خلالها على حجم وطبيعة هذه المواد وطبيعة الغشاء.

اظهر المجهر الالكتروني إن السايتوبلازم يتكون من تركيب معقد من الأغشية يسمى الشبكة الاندوبلازمية Endoplasmic reticulum وتتكون الشبكة الاندوبلازمية من تجاويف محاطة بغشاء وهذه التجاويف مزدوجة الخطوط وتوجد الرايبوسومات على الأغشية المحيطة للخطوط.

وظيفة الشبكة الاندوبلازمية :

* تعمل كجهاز لنقل المواد والإنزيمات من مكان لأخر في الخلية.
* لها علاقة وثيقة بعملية تخليق البروتينات لوجود الرايبوسومات على سطحها.
* تؤدي الشبكة الاندوبلازمية دورها في تخليق المواد الدهنية والكلايكوجين.

السايتوبلازم والنواة يكونان معا نظاما فسلجياً متكاملا كلاهما يحتاج الآخر حتى يبقى حي، حيث إذا أخرجت النواة من السايتوبلازم أو انقسم إلى قسمين فالأول الذي يحتوي على نواة يعيش والأخر الذي لا يحتوي على نواة لا يستطيع الاستمرار في العيش.

الروابط البلازميـة Plasmodesmata :

مفردها (Plasmodesma) وهي خيوط سايتوبلازمية في خط استواء الخلية المتصلبة حول خيوط الشبكة الاندوبلازمية خلال تكوين الصفيحة الوسطى، وهذه الخيوط تخترق الجدر الخلوية ويعتقد إنها تعمل كطرق موصلة في غاية الأهمية للماء والمواد الأخرى عبر الخلايا، والخيوط البلازمية قد توجد متجمعة في جزء من الجدار يعرف بحقول النقر الأولية وهي مساحات رقيقة في جدر الخلايا.

2- الـنـــــواة Nucleus:

اكتشفت النواة سنة 1835 بواسطة العالم Robert Brown ومنذ ذلك الحين نالت كما هائلا من البحوث لدراسة دورها المؤثر المتحكم في التوريث والنشاط الخلوي، فالنواة تتحكم وتدير تمثيل جميع البروتينات التي تتضمن الأنزيمات التي تساعد على معظم إن لم يكن جميع التفاعلات البنائية في الخلية، والنواة في الخلية الفتية عبارة عن جسم كروي منغمس في السايتوبلازم. وفي الخلية الناضجة تسكن النواة في أحد جوانب الخلية بتأثير تكون الفجوة العصارية. وقطر النواة 5 – 10 ميكرون، وتحاط النواة بغشاء مزدوج يعرف بالغلاف النووي Nuclear envelope وهو متصل بالشبكة الاندوبلازمية كما يحوي هذا الغلاف على مسام أو ثقوب Pores ويظهر اتصال بين السايتوبلازم والعصير النووي.

تعتبر النواة اكبر العضيات الخلوية، شكلها وهي ليست في حالة انقسام يكون شبه كروي أو مفصص، وتتمتع بأهمية كبيرة لأنها تؤدي دور القيادة في خلايا حقيقية النواة. تحتوي الخلية على نواة واحدة أو أكثر، خلايا بعض الفطريات والطحالب تحتوي على أكثر من نواة داخل الخلية.

وظائف الغلاف النووي Nuclear envelope:

1- يفصل بين العمليات التي تجري داخل النواة والعمليات التي تجري في أجزاء أخرى من الخلية.
2- حماية المادة الوراثية من التلف أي يمنع وصول أية مواد أو جزيئات كيميائية مضرة بالكروموسومات.

النواة تحمل جميع المعلومات الوراثية على شكل DNA وتستطيع الحفاظ على هذه الذخيرة الوراثية بفضل تضاعف الـ DNA، وهي المسؤولة عن تركيب الـ mRNA الرسول ونقل الشفرة الوراثية من النواة إلى السايتوبلازم.

النوية Nucleolus أو النويات Nucleoli: توجد داخل النواة جسيمات صغيرة مستديرة الشكل قد تكون نوية واحدة أو أكثر، تتكون النوية من حامض RNA وفوسفوليبيدات وبروتين. النويات لزجة وشبه صلبة أكثف من العصير الخلوي وتبدو كثيفة وتتلون بشدة لاحتوائها المرتفع من DNA والـ RNA أما وظيفتها:

* إنها جهاز لإنتاج الرايبوسومات.
* مسؤولة عن تصنيع rRNA .

3- البلاستيدات Plastids:

البلاستيدات هي عضيات مميزة للنبات وهي عادة مستديرة أو بيضويه أو قرصية الشكل قطرها حوالى 4-6 ميكرون وتحاط بغشاء مزدوج وبداخلها حشوة، تحاط البلاستيدات بغشاء مزدوج يسمي الغلاف Envelope مع تراكيب أخرى في الحشوة أو الستروما Stroma تسمى الكرانا Grana وهي

على شكل أقراص وتتكون من 5-50 من الأكياس المفلطحة وهي التي تحوي الكلوروفيلات. البلاستيدات تحوي عادة DNA و RNA ولهذا فهي يمكن أن تتكاثر مستقلة عن انقسام الخلية ويعتقد أنها تنشأ من البلاستيدات الأولية Proplastids. توجد البلاستيدات بكثرة في الأنسجة التي تقوم بعملية التركيب الضوئي في جميع النباتات عدا الواطئة كالفطريات، البكتريا وبعض الطحالب وهي من الخصائص التي تميز النبات من الحيوان، وقد يوجد في الخلية بلاستيدة واحدة أو أكثر.

يعتمد تصنيف البلاستيدات على وجود أو عدم وجود الصبغات Pigments، فالبلاستيدات التي ليست فيها صبغات هي بلاستيدات عديمة اللون، بينما التي فيها صبغات تسمى بلاستيدات ملونة.

ومن اهم انواع البلاستيدات:

1- البلاستيدات الأولية Proplastids: وهي التي تنمو وتكون أنواع البلاستيدات الأخرى.

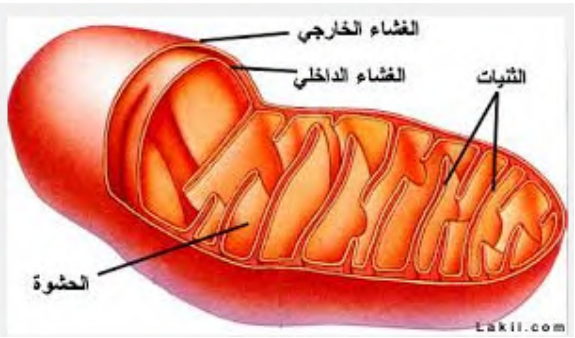
2- البلاستيدات الخضراء Chloroplasts: وهي تحوي صبغات الكلوروفيلات والكاروتين، ولها علاقة بعملية التركيب الضوئي حيث تكون ثابتة من حيث الشكل والحجم بعكس الملونة. يتراوح قطرها في النباتات الراقية 4 – 6 مايكرون ويعزى اللون الأخضر إلى وجود الكلوروفيل. ووظيفتها إنها تحول الطاقة الضوئية المستمدة من أشعة الشمس إلى طاقة مخزونة في الغذاء المصنع على صورة سكريات ونشويات ويخزن السكر الزائد في البلاستيدة على هيئة نشأ .

3- البلاستيدات الملونة Chromoplasts: ذات ألوان مختلفة الأصفر، البرتقالي، الأحمر ويرجع اللون إلى احتوائها على صبغات كاروتينية شكلها مختلف أما كروي، عصوي أو مفصص. منها البلاستيدات الملونة في الجزر وفي بعض الثمار، الأزهار والجذور. هناك مواد ملونة ذائبة في العصير الخلوي كالانثوسيانين التي توجد في جذور الجزر الأحمر والبنجر.

4- البلاستيدات عديمة اللون Leucoplastids: هي كتل صغيرة من البروتوبلازم غير واضحة التحديد ومتفاوتة في الحجم وغير ثابتة الشكل وتتجمع عادة قرب النواة وتوجد عادة في الخلايا البالغة البعيدة عن الضوء كنخاع الساق وكثير من أجزاء النبات الأرضية وفي خلايا البشرة، وهي لا تحتوى على الكلوروفيل والكاروتين، وتنتج بروتينات وزيوت ويمكنها أن تخضر إذا تعرضت للضوء. أشكالها تتغير بسهولة، بالغة المرونة، تتكسر بسهولة لها علاقة باختزال الماء، وتعتبر البلاستيدات عديمة اللون أماكن لتجميع النشا وتسمى بلاستيدات نشوية Amyloplasts وهي تلعب دورا هاما في تمثيل النشا في خلايا أعضاء معينة مثل درنات البطاطا واندوسبيرم حبوب الذرة، أو لتخزين البروتين وتسمى بلاستيدات بروتينية Proteinoplasts، أو لتخزين الدهون فتسمى بلاستيدات دهنية Elaioplasts.

4- المايتوكوندريا Mitochondria:

الميتوكوندريا مفردها Mitochondrion وهي جسيمات لها عديد من الأشكال والصور محاطة بوحدتين غشائيتين يضمان بداخلهما الحشوة Stroma و الـ RNA وأنزيمات دورة كربس ومركبات عديدة من نواتج التفاعلات الأنزيمية والسيتوكرومات مما يبين أن وظيفتها هي القيام بعملية التنفس. وهي أجسام بروتوبلازمية حية تنشأ من مايتوكوندريا سابقة وتوجد مطمورة في السايتوبلازم شكلها غالبا اسطواني متطاول طولها (5–10) مايكرون وعرضها(0.5–1) مايكرون. تتواجد في خلايا حقيقية النواة بأعداد كبيرة وتوجد في الخلايا في المناطق عالية الطلب من الطاقة.



إن عدد المايتوكوندريا في الخلايا النباتية اقل مما في الحيوانية وذلك نظرا لوجود البلاستيدات الخضراء في الخلايا النباتية، لذا فان المايتوكوندريا هي العضية أو الجسيمة الوحيدة المنتجة للطاقة في الأنسجة غير الحاوية على الكلوروفيل. تتركب المايتوكوندريا بصورة رئيسية من بروتينات ولبيدات وتتميز بوجود أغشية مزدوجة، الغشاء الداخلي يتميز بوجود طيات

وان هذه الطيات تعتبر صفة مميزة للمايتوكوندريا إنها تزيد من مساحة سطحها الداخلي وتساعدها في انجاز الفعاليات الأنزيمية والتنفسية. إن الدور الرئيسي للمايتوكوندريا في عملية التنفس هو هدم المواد العضوية مثل الكاربوهيدرات والدهون التي يتم على خطوات وينتج عنه طاقة يستخدمها الكائن الحي في أداء وظائفه الحيوية. تحتوي المايتوكوندريا على DNA، أي لها مادة وراثية خاصة بها تخزن معلومات وراثية خاصة بتصنيع البروتينات (أي إن لها شبه استقلال وراثي)، ويملأ الفراغ الداخلي للمايتوكوندريا بسائل يسمى الحشوة Matrix .

5- الرايبوسومات Ribosomes:

توجد الرايبوسومات في الخلية أما بمصاحبة الشبكة الإندوبلازمية أو حرة في السايتوبلازم أو في المايتوكوندريا أو البلاستيدات ويتراوح قطرها بين 0.1 – 0.3 ميكرون وتحتوي على 50-60 % حمض RNA و 40 – 50 % بروتين أي إنها عبارة عن تجمع من جزيئات الـ RNA والبروتين ويطلق على الـ RNA المشترك في بناء الرايبوسوم بـ RNA الرايبوسومي (r- RNA) وتوجد الرايبوسومات عادة بمجاميع عنقودية أو بشكل سبحي أو عديدات الرايبوسومات Polyribosomes وهي الاماكن النشطة لبناء البروتينات عندما ترتبط بالـ RNA الرسول أو (m-RNA).

6- أجهزة كولجي Golgi Apparatus أو الدكتيوسومات Dictyosome :

تبدو أجسام كولجي في المجهر الالكتروني عبارة عن كومة مكدسة من 5- 15 من الأغشية المرتبطة والمفلطحة والمنبسطة وعديد من الحويصلات الكروية الصغيرة تظهر كمجموعة حول هذه الأغشية ويطلق على هذه الأوعية والحويصلات أجهزة كولجي. وتتشابه أغشية أجسام كولجي مع أغشية الشبكة الاندوبلازمية وتحتوي الحويصلات على منشئات الجدار الخلوي (مثل عديدات التسكر وبروتينات ومركبات أخرى) وهذه المركبات تتراكم داخل الحويصلات ثم تنتقل عند إتمام الانقسام الميتوزي إلى الصفيحة الوسطي أو سطح الخلية وترسب مواد الجدار الخلوي على السطح البيني؛ أي إن أجسام كولجي والشبكة الاندوبلازمية يلعبان دورا هاما في تكوين الجدار الخلوي.

<u>وظيفة الدكتيوسومات (جهاز كولجي):</u>

* نقل البروتينات من الشبكة السايتوبلازمية إلى الجسيمات الخلوية الأخرى.
* إفراز السكريات.
* تفرز من خلايا قلنسوة الجذور النباتية سكريات مخاطية تساعد في انزلاق قمة الجذر عندما يخترق التربة.

B- المكونات غير البروتوبلازمية (غير الحية):

1- الفجـــوات Vacuoles :

توجد الفجوات على هيئة تجاويف داخل السايتوبلازم مملوءة بسائل مائي أو العصير الخلوي Cell sap وتتغير مكوناته من خلية إلى أخرى ويمكن الكشف عنه بسهولة في الخلايا الفتية وتزداد كميتها بشكل ملحوظ مع نمو الخلايا وتطورها، وهي عبارة عن مساحة محاطة بغشاء وتوجد الفجوات العصارية مبعثرة في السايتوبلازم في الخلايا الحديثة الميرستيمية حيث تمتلئ الخلية بالسايتوبلازم الكثيف وعند نضج الخلية تتجمع هذه الفجوات مع بعضها لتكون فجوة واحدة كبيرة في وسط الخلية وتكون محاطة بغشاء هو جزء من الغشاء البلازمي الداخلي Tonoplast وهو غشاء اختياري النفاذية وتدفع الفجوة عند تجمعها من الفجوات الصغيرة السايتوبلازم ليلاصق الجدار كطبقة رقيقة.

من وظائف الفجوة المحافظة على استمرارية ضغط الامتلاء Turger pressure للخلية وهو هام جدا للتركيب الدعامي وللتحكم في حركة الماء. كما أن من مهام الفجوة تخزين المواد الأساسية اللازمة للنشاط التمثيلي للخلية وتخزين منتجات التمثيل الثانوية والمركبات الدفاعية للخلية والسامة وهكذا يحتوي العصير على مواد كالسكريات والأحماض العضوية والأملاح المعدنية والغازات والصبغات والقلويدات والدهون

والتانينات وأحيانا البلورات وعادة يكون الـ pH للعصير الخلوي حامضياً إلا أنه في بعض الأحيان قد يتراوح بين 1 – 11 حسب مكوناته.

2- مواد ايضية أخرى:

تنتج هذه المواد عن الفعاليات الخلوية وتكون أما على هيئة مواد مخزونة أو على هيئة نفايات. المواد الأيضية المعروفة الكاربوهيدرات (السكريات، النشأ)، السليلوز، مواد بروتينية، لبيدات وبعض الأملاح على هيئة بلورات، حليب نباتي وقلويدات. إن المواد الأيضية تؤلف الجزء الغير حي من البروتوبلاست لكن وجودها ضروري فسيولوجياً.

ثانياً: جدار الخلية Cell Wall:

تحتاج الكائنات الحية إلى دعامات ميكانيكية لكي يكون لها شكلها المحدد ففي عالم الحيوان أعطى الله الصلابة لتلك الكائنات عن طريق الجهاز العظمي، آما في النباتات ونتيجة عدم احتوائها على مثل ذلك الجهاز فالتدعيم لا يكفي أن يكون من خلال ضغط الامتلاء المائي داخل الخلايا والذي يساعد بالطبع على التدعيم الميكانيكي لذلك يعتمد النبات في التدعيم بشكل أساسي في بناء الجدار الخلوي الصلب السليولوزي ولا يقتصر دور الجدار في التدعيم فقط بل يتعداه للقيام بوظائف أخرى فالجدار يشترك في امتصاص وانتقال الماء والمعادن وفي الإفراز وفي بعض النشاط الأنزيمي. كما يعتقد علماء أمراض النبات أن الجدر الخلوية ومكوناتها تلعب دورا هاما في مقاومة المرض بإعاقة اختراق الطفيليات.

ويقوم البروتوبلاست الحي بإنتاج وتعضيد الجدار الخلوي. وبالطبع فهناك خلايا لا يدوم فيها البروتوبلاست طويلاً (مثل تلك المتخصصة في وظائف التوصيل والتدعيم مثل الخشب). وينتج البروتوبلاست مكونات الجدار الخلوي ويرسبها ملاصقة للسطح الخارجي للغشاء البلازمي. والمركب الرئيسي للجدار هو السيليلوز وتشكل المواد البكتينية والهيميسيليلوز واللجنين والسوبرين والبروتينات مواد الترسيب التي تشكل الجدر الثانوية المانحة لصلابة الجدر الخلوية. ثم تأتى الصفيحة الوسطي والتي تلصق الخلايا مع بعضها وتتكون من حمض البكتيك وأملاح غير ذائبة لحمض البكتيك مثل بكتات الكالسيوم والمغنسيوم وكميات ضئيلة من البروتوبكتينات.

أهم ميزة تميز الخلية النباتية عن الحيوانية هو وجود جدار خلوي غير بروتوبلازمي في خلايا معظم النباتات وعدم وجوده في الخلايا الحيوانية ولكن قليلاً من الخلايا النباتية لا يوجد بها مثل هذا الجدار منها الأبواغ السابحة في الطحالب والفطريات والخلايا التناسلية في كل من النباتات البدائية والراقية.. الجدار الخلوي يغلف البروتوبلاست ويحدد شكل الخلية وانه تركيب متين نسبيا شبه صلب، على درجة عالية من المرونة يمكن مقاومته للشد والضغط. الجدران في الخلية تكون شبكة متراصة في جسم النبات. الجدار الخلوي هو احد النواتج الأيضية للبروتوبلاست ويمثل مادة غير حية يفرزها البروتوبلاست.

تركيب جدار الخلية:

يتميز جدار الخلية مجهرياً إلى ثلاثة أجزاء يمكن ذكرها حسب النشأة والتكوين وهي الصفيحة الوسطى، الجدار الابتدائي والجدار الثانوي.

1 - الصفيحة الوسطى Middle Iamella:

وهي مكونة من مواد بين خلوية Intercellular substances غير متبلورة وغير نشطة ضوئياً وتتكون أساساً من مواد بكتينية Pectic substances قد تتحد مع الكالسيوم، كما قد تدخل مادة اللجنين في تكوينها وخاصة في الأنسجة الخشبية، وتربط الصفيحة الوسطى بين الخلايا المفردة لتكوين النسيج وتقع بين الجدر الابتدائية للخلايا المتجاورة وتظهر تحت المجهر بوضوح نظراً لاختلاف موادها عن بقية أجزاء الجدار ولكن عندما تتلكنن فإنه يصعب التمييز بينها وبين أجزاء الجدار الأخرى وخاصة عندما تتلكنن هذه الأجزاء، وتسمى عندئذ بالصفيحة المركبة Compound middle lamella وتشمل الصفيحة الوسطى

والجدار الابتدائي وجزء من الجدار الثانوي، وتوجد الصفائح المركبة في القصيبات والألياف، وترجع صلابة الصفيحة الوسطي في المراحل المتأخرة من تكوين الجدار الخلوي لوجود أملاح الكالسيوم والمغنسيوم لحمض البكتيك وكذلك عديدات التسكر مثل السيليلوز وفي بعض الاحيان اللجنين.

2 - الجدار الابتدائي Primary wall:

أول طبقة تضاف إلى الصفيحة الوسطى بعد تكونها وبذلك تكون الصفيحة الوسطى مادة واقعة بين جدارين ابتدائيين تابعين لخليتين متجاورتين. (الجدار الابتدائي في الأساس يتكون من مواد سليلوزية فيمتاز بمرونته)، هو الجدار الأساسي والأول الذي يتكون أثناء نمو الخلية إذا أخذ بعين الاعتبار أن الصفيحة الوسطى عبارة عن مواد بكتية وليست جداراً متميزاً كما أنه الجدار الوحيد في كثير من أنواع الخلايا، ويتكون من مادة السليولوز وأشباه السليولوز، وقد يدخل اللجنين في تركيبه في بعض الخلايا، وهو غير متماثل ضوئياً ويختلف سمكه من خلية إلى أخرى حسب ترسب مادة السليولوز فقد يكون رقيقاً كجدر خلايا اندوسبيرم بذرة نخيل البلح. وينمو الجدار الابتدائي في مساحة السطح مع بدء الخلية بالنمو كما يتبع ذلك فترة متصلة أو منفصلة من النمو في سمكه. ومن الخلايا التي تتميز بوجود جدر ابتدائية فقط الخلايا الإنشائية ومشتقاتها الحديثة وكذلك الخلايا الحية مثل الخلايا البرنكيمية والخلايا الكولنكيمية والخلايا الغربالية وعناصر الأنابيب الغربالية والخلايا المرافقة.

3 - الجدار الثانوي Secondary wall:

هو الجدار الذي يلي الجدار الابتدائي في التكوين ويتكون أساساً من السليولوز وأشباه السليولوز، وقد يتغير هذا التركيب نتيجة لترسب مادة اللجنين ومواد أخرى مختلفة، ويبدأ ترسب مادة الجدار الثانوي عادة بعد توقف الجدار الابتدائي عن الزيادة في مساحة السطح وهو الوقت الذي تقف فيه الخلية عن النمو والاستطالة ويرى بعض العلماء أن الطبقة الأولى من الجدار الثانوي تعاني من الاستطالة بسبب ترسبها قبل أن تقف الخلية عن النمو والاستطالة. ويتكون هذا الجزء من جدار الخلية في جميع خلايا النبات بل في خلايا معينة كالخلايا التي تفقد بروتوبلازمها عند البلوغ مثل الألياف والقصيبات والأوعية وبرنكيما الخشب. ويتكون الجدار الثانوي في الألياف والقصيبات من ثلاث طبقات تختلف عن بعضها البعض طبيعياً وكيميائياً، ويعزي هذا الاختلاف لتلك الطبقات إلى اتجاه الليفات التي تتكون منها كل طبقة.

النــقر Pits

تتميز جدر الخلايا النباتية بوجود انخفاضات أو تجاويف متفاوتة في العمق والاتساع تسمى بحقول النقر الابتدائية Primary pit-fields وذلك في حالة وجودها في الجدر الابتدائية بينما تسمى بالنقر الثانوية في حالة وجودها في الجدر الثانوية وتتكون النقرة من تجويف النقرة Pit aperture والفرق بين النقر وحقول النقر الابتدائية طفيف إذ يتكون غشاء النقرة من الصفيحة الوسطى في حقول النقر الابتدائية بينما يتكون غشاء النقرة من الصفيحة الوسطى والجدار الابتدائي في النقر كما أن عدد حقول النقر الابتدائية كبير بحيث يظهر الجدار سبحي الشكل. أما بعض النقر فيمكن أن تتكون الواحدة منها على أكثر من حقل نقري ابتدائي كما قد تشاهد الروابط السايتوبلازمية من خلال حقول النقر الابتدائية حيث توجد في الخلايا الحية.
وتقسم النقر إلى الأنواع التالية:

1- نقر بسيطة Simple pits: وفيها يتم ترسب الجدار الثانوي طبيعياً في تجويف النقرة حيث يبقى التجويف وفتحة النقرة باتساع واحد، وعادة تتقابل كل نقرتين بسيطتين، ويسمى هذا النوع زوجاً من النقر البسيطة Simple pit-pair كما في الألياف والخلايا الحجرية.

2- نقر مضفوفة Bordered pits: وفيها يتقوس الجدار الثانوي على تجويف النقرة مكوناً الضفة Border وبهذا تكون فتحة النقرة أضيق من تجويفها وغالباً ما تتقابل كل نقرتين مضفوفتين فيسمى هذا الوضع زوجا من النقر المضفوفة Bordered pit-pair كما هو الحال في القصيبات والأوعية وأحياناً

تتقابل نقرة مضفوفة وأخرى بسيطة ويسمى هذا الوضع بالنقرة نصف المضفوفة Half bordered pit-pair كما في الجدر المشتركة بين الألياف والقصيبات أو القصيبات وبرنكيما الخشب، وتتميز النقر المضفوفة أحيانا بوجود تضخم في غشاء النقرة يسمى بالتخت Torus كما في قصيبات المخروطيات وعندما يكون الجدار الثانوي سميكاً يتكون للنقرة قناة Pit canal ذات فتحتين إحداهما داخلية وتفتح إلى تجويف الخلية Cell Iumen والأخرى خارجية وتفتح إلى تجويف النقرة.

3- النقرة العمياء Blind pit: وهنا تقابل النقرة إحدى المسافات البينية وحينئذ تسمى النقرة العمياء كما في خلايا النسيج البرنكيمي.

تكوين جدار الخلية Formation of cell wall

يبدأ تكوين الجدار أثناء الانقسام غير المباشر للخلية حيث تنقسم النواة Karyokinesis بالخلية الأم إلى نواتين ثم تنقسم بعدها المواد الأخرى (السايتوبلازم) Cytokinesis وفي هذه الأثناء يبدأ تكوين الجدار حيث تتجمع الفراجموبلاست في الطور النهائي Telophase على هيئة برميل وفي الوقت نفسه تتجمع مادة الصفيحة الخلوية في منطقة خط استواء الفراجموبلاست والمكونة من حويصلات تفرز عن طريق الدكتيوسومات مكونة بذلك الصفيحة الخلوية Cell plate داخل الفراجموبلاست والتي تقسم البروتوبلاست إلى قسمين ثم تتجمع الأنابيب الدقيقة على محيط الصفيحة الخلوية مكونة بذلك الغشاء البلازمي الخارجي لكل من الخليتين، وتزداد الصفيحة الخلوية بالنمو حتى تتصل بالجدار الأصلي للخلية الأم مكونة بذلك الصفيحة الوسطى والتي تفصل تماماً البروتوبلاست مكونة بذلك خليتين جديدتين، ثم تترسب بعد ذلك على جانبي الصفيحة الوسطى مادة السليولوز مكونة بذلك الجدار الابتدائي لكل من الخليتين والذي يستمر ترسيبه حتى تقف الخلية عن الاستطالة وما يترسب بعد ذلك من مواد سليولوزية أو غيرها تكون الجدار الثانوي.

التركيب الكيميائي:

يتكون جدار الخلية أساساً من هيكل سليولوزي ومواد أخرى مختلفة نوجزها فيما يلي:

1 - السليولوز Cellulose

وهو المادة الرئيسة في بناء الهيكل الأساسي لجدار الخلية، والسليولوز مركب كربوهيدراتي عديد التسكر، محب للماء ويكون على صورة متبلورة ورمزه n(C6H10O5) وهو كثير الشبه بالنشا وجزيئاته على صورة سلسلة طويلة تحتوي على حوالي 1000 جزئ من الجلوكوز متصلة مع بعضها البعض بجسور من الأوكسيجين فيها روابط جلوكوسيدية ويتفاوت طول السلسلة الواحدة الذي قد يصل إلى 4 ميكروميترات، وتترتب الجزيئات بنظام معين في جدار الخلية ولذلك فلها خاصيتان الاستقطاب الضوئي والانكسار الثنائي، والسليولوز مادة منفذة للماء والمواد الغذائية، وعند معالجة الجدر السليولوزية باليود ثم إضافة حمض الكبريتيك بتركيز 66٪ فإنها تصطبغ باللون الأزرق.

2 - أشباه السليولوز Hemicelluloses

هي مجموعة غير متجانسة من عديد السكريات ذات درجات ذوبان معينة وتتكون على هيئة سلاسل وحداتها سكريات خماسية (C5H10O5) منها الأرابينوز والزيلوز، وسكريات سداسية (C6H12O6) منها المانالات والجالاكتوزات، وتعطي أشباه السليولوز لوناً أحمر عند معاملتها بأحمر روثينيم Ruthenium red.

3 - المواد البكتية Pectic substances

هي مواد غير متبلورة غروية محبة للماء بشدة وتكّون الصفيحة الوسطى من جدار الخلية، وأحياناً تدخل في تكوين الجدار الابتدائي، وتوجد هذه المواد في ثلاث صور هي البكتين الأولى Propectin والبكتين

Pectin وحمض البكتيك Pectic acid، وتشبه إلى حد كبير المواد شبه السليولوزية إلا أنها ذات درجات ذوبان مختلفة.

4 - الصموغ والمواد المخاطية Gums and mucilages

وهي مواد كربوهيدراتية مركبة قريبة الشبه بالمواد البكتية كما أن لها خاصية الانتفاخ بالماء، وتوجد في النبات نتيجة للاضطرابات الفسيولوجية والمرضية مسببة تحللاً لجدر الخلايا وخاصة جدر الخلايا الخارجية في عديد من النباتات المائية وفي أغلفة البذور.

5 - اللجنين Lignin

وهو أهم مواد الجدار التي تضاف بعد تكوينه وتركيبها الكيميائي غير معروف بدقة، ويعتقد بأنها بوليمرات ذات محتوي كربوني عال متميز عن المواد الكربوهيدراتية، ويتكون أساساً من فينيل البروبان في صورة مختلفة، واللجنين ناتج نهائي للأيض يعمل كمادة أساسية إضافية لجدار الخلية، وهو مادة صلبة منفذة للماء والمواد الغذائية، قد تدخل في تركيب كل من الصفيحة الوسطى والجدار الابتدائي ولكنها مادة أساسية للجدار الثانوي. ويعطي اللجنين لوناً أحمر عند معاملته بصبغة الصفرانين وكذلك محلول فلوروجليسينول Phloroglycenol solution مضافاً إليه قطرات من حمض الهيدروكلوريك المركز.

التركيب المجهري لجدار الخلية

يتكون جدار الألياف والقصيبات (تحت المجهر الضوئي المركب) من طبقات، كما تتكون الطبقات السميكة من صفيحات Lamellae قد تكون مركزية أو قطرية الانتظام أو تكون ذات تنظيم معقد، كما يمكن مشاهدة التركيب الدقيق للصفيحات بمعاملة الجدار بمواد معينة تعمل على انتفاخه فتظهر الصفيحات بوضوح. جدار الخلية يتكون من خيوط مجهرية أو لييفات Fibrils، وعلى هذا الأساس يتكون الجدار من نظامين الأول لييفات سليولوزية والثاني نظام مستمر من فراغات شعرية دقيقة، تمتلئ باللجنين في جدر الألياف والعناصر التوصيلية، أو الكيوتين في جدر خلايا البشرة أو السيوبرين في جدر خلايا الفلين، أو أشباه السليولوز في معظم جدر الخلايا البرنكيمية أو مواد عضوية أخرى وبلورات دقيقة أو محلول مائي في جدر خلايا الأنسجة الطرية، وتكوّن المواد التي بين اللييفات المادة غير السليولوزية. ويرى بعض العلماء بأن الطبقات المكونة لجدر العناصر التوصيلية والخلايا السكلرنكيمية هي نتيجة لوجود مادة اللجنين والمواد البكتية وأشباه السليولوز ومواد أخرى تترسب بين لييفات السليولوز، أو هي نتيجة لضعف تكوين بعض طبقات السليولوز أو نتيجة لاتجاه اللييفات الدقيقة Microfibrils في طبقات جدار الخلية المختلفة.

وتجدر الإشارة إلى أن التركيب الدقيق لجدار الخلية قد اتضح باستعمال المجهر الإلكتروني، حيث يمكن تلخيص تركيب السليولوز في جدار الخلية بالنقاط التالية:

يتميز جدار الخلية إلى صفيحات تتكون من لييفات كبيرة Macrofibrils تكون شبكة ثلاثية الأبعاد تتماسك مع شبكة موازية من المساحات الشعرية الدقيقة المملوءة بالمادة غير السليولوزية، عرض هذه اللييفات الكبيرة حوالي 0.4 - 0.5 ميكروميتر وتتكون كل لييفة كبيرة من حزم من اللييفات الدقيقة Microfibrils عرضها حوالي 20 - 30 ميكرومتر وأن هذه اللييفات الدقيقة تتكون من لييفات أولية Elementary fibrils عرضها 3 – 5 ملليميكرومتر وبها 100 جزئ سليولوز في المقطع العرضي. كما وجد أن عدد جزيئات الجلوكوز المختزل Glucose residues في جزئ السليولوز للجدر الثانوية لخلايا الألياف مختلف، قد يتراوح بين 500 – 10000 وأطوالها بين 0.25 - 5 ميكروميتر.

أما تركيب الجدر الابتدائية فقد نال نصيباً وافياً من الدراسة والبحث حيث يتكون من تركيب صفيحي ولكن تختلف زوايا اللييفات المتقاطعة من جدار خلية إلى أخرى وفي الصفيحات المختلفة، كما أنها قد تختلف حتى في أجزاء مختلفة من جدار الخلية الواحدة. وقد اختلفت الآراء حول كيفية نمو وترسيب جدار الخلية وقد برزت عدة نظريات مختلفة أهمها:

* **نظرية التداخل Intussusception theory** وتفترض أن نمو جدار الخلية ينتج عن تكوين مواد جديدة للجدار تتداخل بين الليفات الدقيقة السابقة عند نمو الخلية واستطالتها المؤدي إلى اتساع المسافات بين الليفات الصغيرة المكونة للجدار، وهذا يمنع من رقة الجدر وتمزقها عند نمو الخلية واستطالتها.
* **نظرية التراكم Apposition theory** وتفترض أن نمو جدار الخلية ينتج عن تكوين مواد جديدة تترسب فوق مواد الجدار السابقة مما يؤدي إلى الزيادة في سمك الجدار وليس زيادة في مساحته.
وقد عدلت هاتان النظريتان بعد فحص جدار الخلية بالمجهر الإلكتروني إلى نظريتين حديثتين هما:
1- نظرية النمو الفسيفسائي Mosaic growth theory وتفترض أن الليفات الدقيقة في بعض مناطق من الجدار تتباعد نتيجة لضغط الامتلاء Turgor pressure وكبر حجم الخلية وتترسب ليفات جديدة في المساحات الناتجة عن تباعد الليفات السابقة.
2- نظرية النمو الشبكي المتعدد Multinet growth theory وتفترض أن التغلظ والزيادة في مساحة سطح الجدار الابتدائي تنتج بانفصال الليفات الدقيقة العرضية وتبادل اتجاهاتها في صفيحات الجدار الأولى من عرضية تقريباً إلى طوليه وتكون صفيحات جديدة ذات ليفات دقيقة عرضية تضاف الى ناحية المركز.

الصفات المشتركة للحياة:
قبل أن نترك الكلام عن الخلية يجب أن نعلم السمات المشتركة للكائنات الحية والتي تمثلها الخلية النباتية التي نحن بصدد دراستها فنجد إن أهم تلك الصفات هي:
1 – الحركة 2– التكاثر 3- النمو 4 - التمثيل الغذائي 5 - الحساسية 6 - التنظيم.

الفرق بين الخلية الحيوانية والخلية النباتية:
تتشابه الخلية النباتية مع الخلية الحيوانية في نواح كثيرة منها:
يوجد في الخليتين نواة وشبكة اندوبلازمية ومايتوكوندريا وأجسام كولجي وغشاء خلوي.
أما أوجه الاختلاف فهي:
1- الخلايا النباتية تحتوي على غلافين عوضا عن غلاف واحد، خارجي سليلوزي (جدار)، وداخلي ملتصق بالخارجي ويبطنه غشاء سايتوبلازمي بينما تحتوي الخلية الحيوانية غشاء واحد رقيق سايتوبلازمي.
2- الغلاف السليلوزي هيكلي يعطي للخلية شكلها المميز ويكون غالباً مضلعاً أما في الخلية الحيوانية فالغلاف غير مضلع حسب أنواع الخلايا ووظائفها.
3- تحتوي كل الخلايا النباتية على عضيات خلوية سايتوبلازمية تدعى البلاستيدات الخضر تقوم باصطناع كل المواد اللازمة لاستهلاك الكائن الحي النباتي بينما لا تحتوي الخلايا الحيوانية على البلاستيدات.
4- فجواتها كبيرة ومتطورة باستثناء الخلايا المرستيمية (الجنينية) التي لها فجوات صغيرة جداً أو معدومة بينما الجهاز الفجوي صغير وغير متطور في الخلية الحيوانية.
5- لا يوجد في معظم الخلايا النباتية جسيم مركزي بينما يوجد في كل الخلايا الحيوانية جسيم مركزي.