المحاضرة الثانية

الخلـية النباتية The plant cell

اثبت العالم الانكليزي روبرت هوك Robert Hook سنة 1665 بعد ان فحص قطعة من الفلين بواسطة مجهرة البدائي, ان نسيج الفلين يتكون من وحدات اطلق على كل وحدة منها اسم خلية Cell. وفي سنة 1676 لاحظ صانع العدسات الهولندي لوفنهوك Leeuwenhock جسيمات خضراء اللون داخل الخلايا النباتية عرفت فيما بعد باسم البلاستيدات الخضراء Cloroplast. وبعد ذلك اكتشف العالم روبرت براون Robert Brown النواة Nucleus, ثم اثبت العالم الالماني شلايدن M. Schleiden ان النواة تحتوي على النوية. وفي سنة 1839 وضع كل من عالم النبات شلايدن وعالم الحيوان الالماني شوان T. Schwann نظرية الخلية Cell theory ((وفحواها ان الخلية هي الوحدة الاساسية لتكوين الكائن الحي وانها تقوم بجميع العمليات الحيوية وانها تنشأ من انقسام خلايا اخرى)), وبعدها توالت الاكتشافات الى يومنا هذا لتشمل ادق التفاصيل التي تشتمل عليها الخلية . لذى **تعرف الخلية** بأنها اصغر تركيب منتظم يمثل الوحدة التركيبية والوظيفية الفسلجية التي يبنى منها الكائن الحي نباتاً كان ام حيواناً .

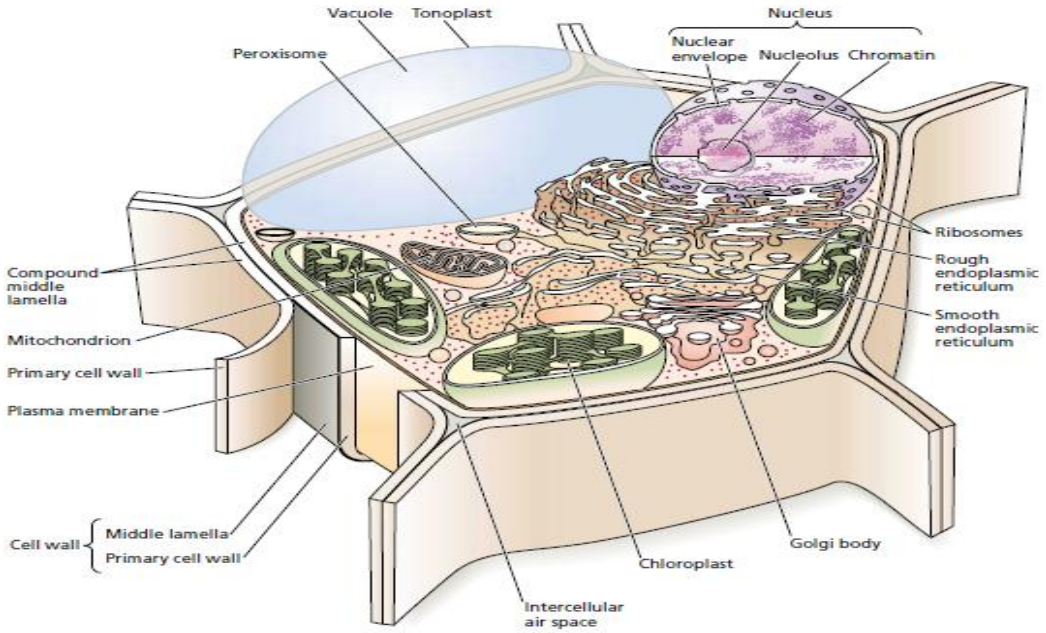
هناك نوعين اسا سيين من الخلايا هما الخلايا طلائعية النوى Prokaryotic cells والخلايا حقيقية النوى Eukaryotic cells وهما يختلفان عن بعضهما بالحجم, والبنية الداخلية وبالعضيات.

جدول يمثل اوجه المقارنة بين الخلايا Prokaryotic cells و Eukaryotic cells.

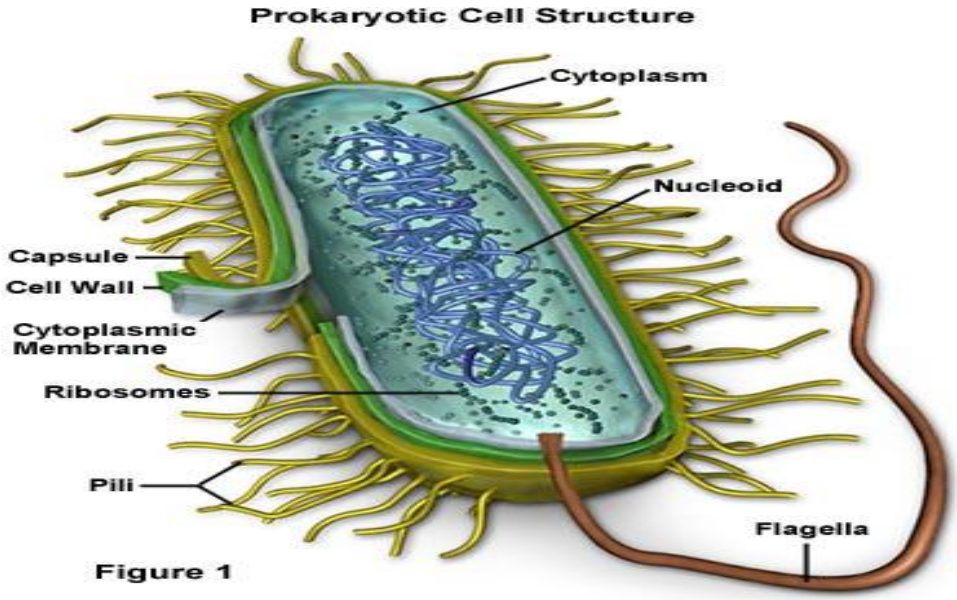
الصفة	Prokaryotic cells	Eukaryotic cells
حجم الخلية	بين 0.5-5 ميكرون	يصل حتى 40 ميكرون
الشكل	وحيدة الخلية	وحيدة الخلية, او كثيرة الخلايا
المادة الوراثية (DNA)	DNA صغير الحجم , حلقي موزع في السايتوبلازم, لا توجد نواة حقيقية ولا نوية ولا كروماسومات تتضمن نسخة واحدة من DNA كروموسوم مفرد	DNA كبير الحجم خيطي يشترك مع البروتينات في تكوين الكروموسومات , وتوجد ضمن النواة, وتوجد نوية. تتضمن الخلايا الجسمية نسختين من كل كروموسوم
الرايبوسومات	صغيرة من النموذج 70S	كبيرة من النموذج 80S
العضيات الخلوية	قليلة العدد ولا توجد عضيات محاطة بغشاء مثل النواة والبلاستيدات والميتاكوندرية	كثيرة ومتنوعة محاطة بغشاء بسيط او مركب وتخصص كل منها بوضيفة محددة
التنفس	يحدث في طيات داخلية من الغشاء الخلوي	يحدث التنفس الهوائي داخل المايتوكوندريا
الجدار الخلوي	يحتوي الهيموسيللوز مع احماض امينية , المركب الاساس الذي يقوي الجدار مادة الميورين	يحتوي عند النباتات الخضراء على الهيموسيللوز, ويكون البكتين المركب الرئيس لدى الفطريات
الاصطناع الضوئي	لاتوجد بلاستيدات خضراء , يتم في حال وجودة فوق الاغشية	يحدث في البلاستيدات الحاوية اغشية يتكدس بعضها فوق بعض
الانقسام الخلوي	انقسام مباشر	انقسام خيطي Mitosis
التكاثر الجنسي	التكاثر الجنسي الحقيقي مفقود ,وقد يصادف ان يكون هناك اقتران يتم خلالة تبادل DNA بين خليتين	يوجد تكاثر جنسي حقيقي يتضمن حدوث انقسام منصفMeiosis
تثبيت الآزوت	بعضها يملك هذه الخاصية	لايملك اي منها هذه الخاصية

اما اهم الصرفات المشتركة بين طلائعيات النواة وحقيقية النواة فهي:

- للغشاء البلازمي بنية متشابه يقوم بدور حاجز ذي نفاذية اصطفائية .
- المعلومات الوراثية المشفرة في DNA تعتمد الرمز الوراثي نفسة.
- نسخ وترجمة المعلومات الوراثية وفق اليات متشابهة.
- طرق اليض مشتركة مثل التحلل السكري , رغم حدوثها في اماكن متباينة (في الغشاء البلازمي للطلائعيات وفي غشاء المايتوكندريا للحقيقيات)



Eukaryotic cell structure



س / تختلف الخلية النباتية عن الخلية الحيوانية بعدة فروق ..؟ ماهي اهم هذه الفروق مع الرسم والتأشير؟

❖ مكونات الخلية النباتية Plant cell components

يمكن تقسيم مكونات الخلية الى ما يأتي:

اولاً- جدار الخلية Cell wall.

ثانيا- بروتوبلاست الخلية ويشمل المحتويات الاتية:

أ - البروتوبلازم او المكونات الحية Protoplasm or living components ويشمل:

1 - السايتوبلازم Cytoplasm
2 - الاغشية الخلوية Cellular membranes
3 - الشبكة الاندوبلازمية Endoplasmic reticulum
4 - الخيوط السايتوبلازمية Plasmodesmata
5 - الرايبوسومات Ribosomes
6 - النواة Nucleus
7 - البلاستيدات Plastids
8 - المايتوكوندريا Mitochondria
9 - اجسام كولجي Golgi body
10 - الاجسام الكروية Spherosomes
11 - الجسم المركزي Centriol
12 - الاجسام الدقيقة Microbodies

ب - المكونات غير الحية Non living components

1 - الفجوات Vacuoles
2 - حبيبات النشأ Starch grains
3 - البلورات Crystals

اولا: الجدار الخلوي The cell wall

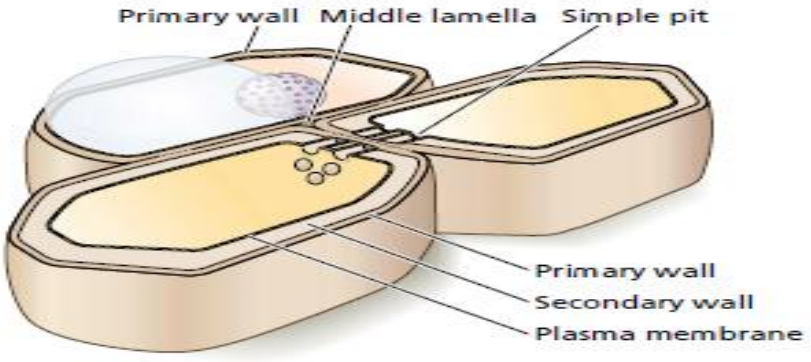
وهو الغلاف الصلب الذي يحيط ببروتوبلاست الخلية النباتية , الذي يعد احد مميزات الخلية النباتية عن الخلية الحيوانية , يتراوح سمكه بين 1-3 مايكرون. وبصورة عامة يعتقد بان جد ار الخلية طبقة غير حية تحيط بالخلية , بالرغم من تزايد اهمية فكرة وجود البروتينات في الجدار الخلوي بعد اكتشاف الحامضان الامينيان Proline وHydroxyproline في جدار الخلية . يمتاز عند بدء تكوينه بكونه رقيقاً للغاية له قابليته عل التمدد والاتساع (المرونة واللدونة) اثناء نمو الخلية والذي لا يعد في اي حال من الاحوال دليلا على حيويته بل بتسع نتيجة لازدياد حجم ونمو بروتوبلاست الخلية.

❖ تكوين جدار الخلية cell wall formation

بداية تكون الجدار الخلوي يحدث عند الخطوات الاخيرة لانقسام النواة في عملية الانقسام غير المباشر وفي الطور الانفصالي Anaphase منه, إذ يتكون غشاء يفصل بين البروتوبلاستين يعرف بالصفيحة الخلوية Cell plate. تتجمع اقساماً من الشبكة الاندوبلازمية في وسط الخلية التي تتحول الى جدار بكتيني يعرف بالصفيحة الوسطى Middle lamella تتكون اساساً من بكتات الكالسيوم والمغنيسيوم التي تربط الخلايا المتجاورة مع بعضها البعض. يعقب ذلك حدوث ترسيب على جانبي الصفيحة الوسطى مكونة الجدار الابتدائي Primary wall وهذا الجدار يتكون اساساً من السليلوز مختلطاً معه مركبات اخرى مثل الهيميسليلوز والبكتين وغيرها من المواد وهذا الجدار يكون رقيقاً ومرناً وقابل للتمدد والنمو تبعا لازدياد حجم الخلية, وقد تحتوي بعض الخلايا على الجدار الاولي فقط كالخلايا البرنكيمية , دون الجدار الثانوي Secondary wall الذي يعقب الجدار الاولي والذي يترسب بعد تمام نمو الخلية في الحجم . ويتكون عادة من ثلاث طبقات , الوسطية منها سميكة, اما الطبقتان الخارجية والداخلية فرقيقتان ويتركب الجدار الثانوي من السليلوز اساساً , وتختلط معه مركبات اخرى غير سليلوزية اهمها اللكنين والسوبرين.

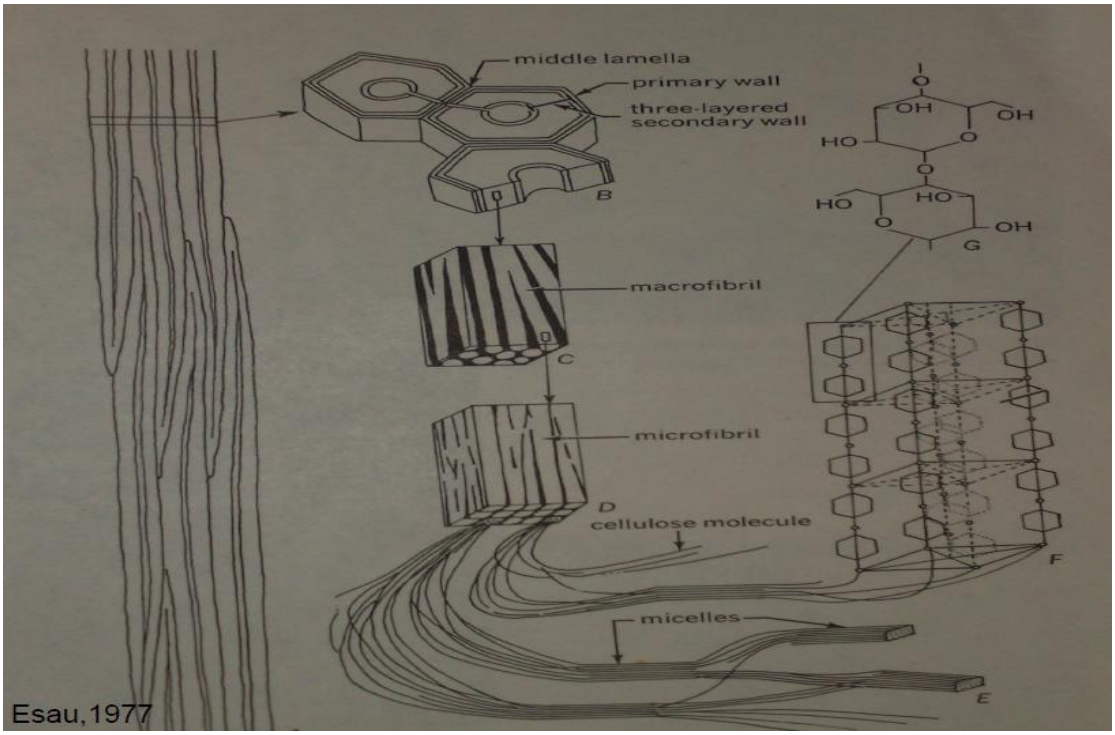
يمثل الجدول التالي المقارنة بين الجدار الاولي والثانوي:

مواد المقارنة	الجدار الاولي	الجدار الثانوي
السيليلوز	نسبة واطئة (10%)	نسبة عالية (50%)
الهيميسيليلوز والبكتين	نسبة عالية	نسبة واطئة
مدى تجمع الالياف	نسبة واطئة	نسبة عالية
طول سلاسل السيليلوز	حوالي 0.5 ميكرون	حوالي 5- 10 مايكرون
نسيج الليفات	الليفات مبعثرة	الليفات مرتبطة بطبقات وملتفة مع بعضها
مدى المرونة	نسبياً عالية	نسبياً واطئة
نوعية النمو (اضافة مواد جديدة الى الجدار)	اضافة النمو في السطح بعملية Aposition او بعملية التداخل	النمو سطحياً Aposition



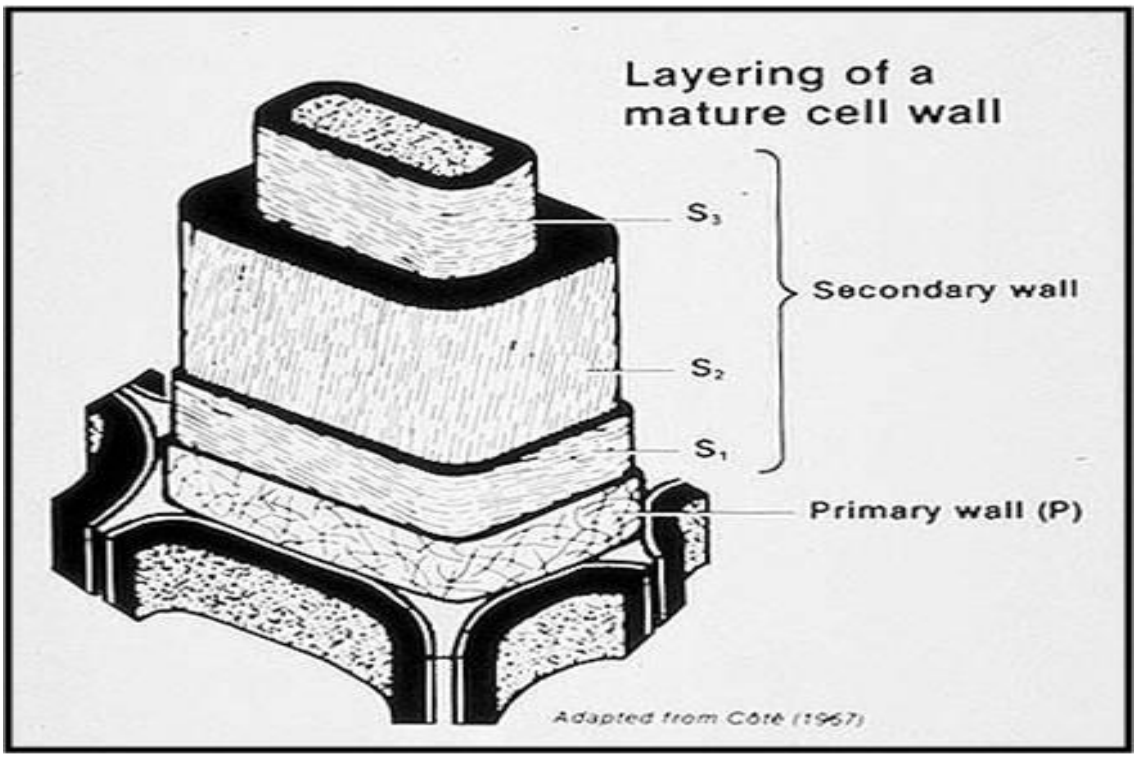
شكل توضيحي يمثل خلايا نباتية يلاحظ فيما بينها الجدر الفلصلة

من خلال دراسة التركيب الدقيق لجدار الخلية باستعمال الميكروسكوب الالكتروني وجد ان جدار الخلية مكون من شبكات السلاسل السيليلوزية المكونة من العديد من جزيئات الكلكوز , إذ تتكون **السلاسل** السيليلوزية من التحام **جزيئات** سيليلوزية متبلورة ومتوازية مع جزيئات سيليلوزية غير متبلورة غير المتوازية , ثم تتحد 100 سلسلة من السلاسل السيليلوزية المتبلورة وغير المتبلورة لتكون ما يسمى بالليفات الاولية Micelle التي تعد اصغر وحدة في بناء جدار الخلية. تتحد ما يقرب 20 من Micelles لتكون تركيب اكبر يدعى بالليفات الصغيرة Microfibril , والتي يتجمع 250 من الاخيرة لتكون تركيباً يسمى بالليفات الكبيرة Fibrils .



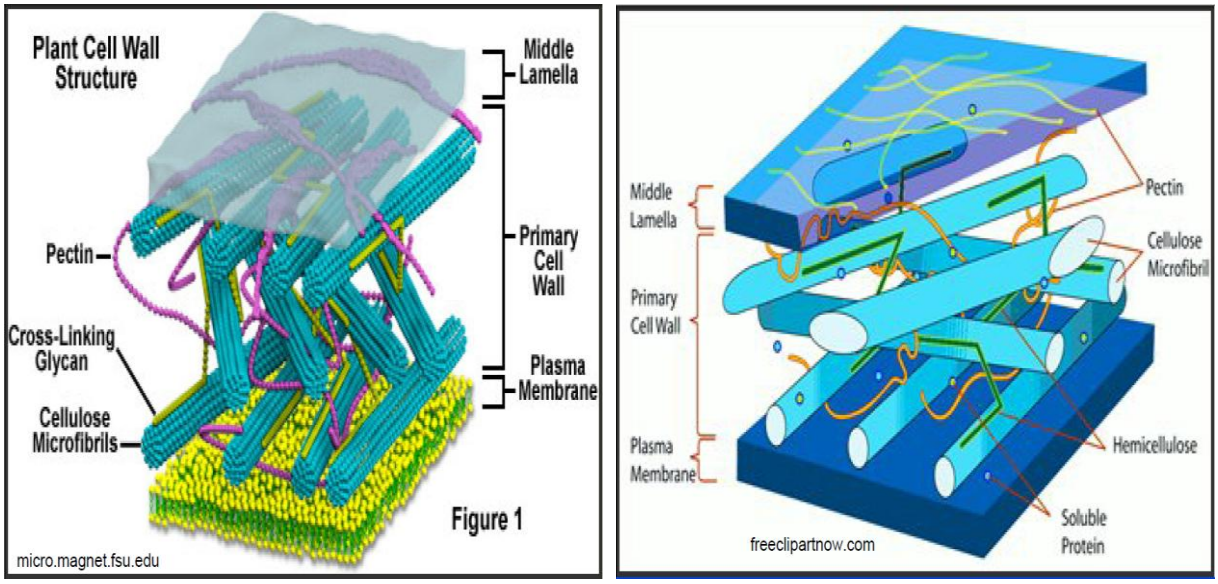
رسم تخطيطي يوضح تركيب جدار الخلية

ان الترتيب الطبيعي لليفات الصغيرة في كل من الجدار الاولي والثانوي للخلايا يكون مختلفاً , ففي الجدار الاولي للخلايا التي ستصبح متطاولة تكون الليفات الصغيرة متوازية عامودية اوموازية للمحور الطولي للخلية , وفي الخلايا الكروية الشك ل فان ترتيبها متداخلة شبكية. اما في الجدار الثانوي فان الليفات الصغيرة تكون متوازية ومائلة على المحور الطولي , وفي حالة تكون الجدار الثانوي من اكثر من طبقة واحدة (ثلاث طبقات) فان اتجاه م يل الليفات يختلف من طبقة لاخرى . وترجع مرونة الجدار الابتدائي الى انخفاض نسبة السليلوز المتبلور وارتفاع نسبة السليلوز غير المتبلور والحالة معكوسة بالنسبة للجدار الثانوي , لهذا نجد ان السليلوز المتبلور يوجد بنسب منخفضة في جدر الخلايا الحديثة وتزداد هذه النسب مع كبر الخلايا في السن حتى تصل نسبته الى 90% في جدر بعض الالياف النباتية.



رسم تخطيطي لترتيب الليفات الصغيرة في الجدار الاولي والثانوي لجدار الخلية

مما سبق يتضح ان الجدار الخلوي عبارة عن هيكل شبكي من سلاسل السليلوز تتجمع في حزم تفصلها فراغات, وتتجمع الحزم في لويفات صغيرة تفصلها ايضاً فراغات , وكذا الحال بتجمع اللويفات الصغيرة في الجدر الثانوية بهيئة لويفات كبيرة تفصلها ايضاً فراغات , تترسب في هذه الفراغات المختلفة مواد مختلفة , تختلف حسب نوع الجدار ونوع وعمر الخلية , ففي الجدار الابتدائي تمتلئ اساساً باللكنين , وفي جدر البشرة يترسب الكيوتين , وفي جدر خلايا الفلين يترسب السوبرين.



رسم توضيحي يمثل اهم مكونات جدار الخلية وترتيب

وظيفة الجدار الخلوي هو حفظ مكونات الخلية من المحيط الخارجي , كما يعطي الخلية الصلابة والمتانة.

❖ المكونات الكيميائية لجدار الخلية Chemical composition of Cell wall

يتكون الجدار الخلوي من هيكل سيليلوزي تتداخل معه بعض المركبات الكيمياوية اهمها:

1 -السيليلوز Cellulose مادة كاربوهيدراتية تكون الهيكل الاساس للجدر الخلوية يتكون من سلسلة طويلة من وحدات سكر الكلوكوز مترابطة معاً وتتراوح عدد جزيئات سكر الكلوكوز في جزيئة السيليلوز الواحدة بين 3000-8000 جزيئة , والسيليلوز منفذ للماء والذائبات بصورة تامة, تصطبغ الجدران السيليلوزية باللون عند معاملتها باليود ثم حامض الكبريتيك.

2 -الهيميسيليلوز Hemicellulose وهو مركب كاربوهيدراتي معقد يوجد في الجدران الاولية للخلايا , يتكون من خليط من تجمعات سكرية خماسية الكاربون مثل Arabinose والزايلول وسكريات سداسية مثل سكر المانوز. ويعتقد انها تعمل على ربط السيليلوز بالمركبات الغير سيليلوزية.

3 -المواد البكتينية Pectic Substances وتشمل البكتين وحامض البكتيك يوجد في الجدار الاولي للخلية وكذلك في الصفيح ة الوسطى بشكل بكتات الكالسيوم والمغنيسيوم . وللبكتين خواص غرويه فهو محب للماء ووجوده في جدران الخلايا يكسبها اللدانة والمرونة نتيجة لاحتفاظه بنسبة عالية من الماء.

4 -اللكنين Lignin وهو مجمعات من مركبات فينولية Phenyl Propanoids ويوجد في الصفائح الوسطى والجدرا ن الاولية وكذلك في الجدران الثانوية لأوعية وقصبات الخشب والخلايا السكلرنكيمية . واللكنين يكسب الخلايا صلابة , إذ تعرف عملية تلكنن الجدران بمادة اللكنين بعملية اللكننة Lignification حيث يرتبط اللكنين بأواصر كيمياوية مع السكريات المتعددة الاخرى للجدار . تتلون الجدران الملكننة بلون اصفر عند معاملتها بمحلول كبريتات الانيلين.

5 -الدهون Fatty Substances ويشمل السوبرين Suberine الكيوتين Cutin والشموع Waxes وهذه تمثل بوليميرات لإحماض دهنية تختلف فيما بينها في محتواها من مجاميع الكاربوكسيل كما تختلف في خواصها الكيميائية والفيزيائية . يوجد الكيوتين عادة مع السيليلوز في جدران خلايا نسيج البشرة (الاقسام الهوائية)...؟لماذا, ويطلق على تحمل الجدران الخلوية بمادة الكيوتين التكيتن Cutinization , وتمثل هذه العملية الجدار الخارجي لجدران خلايا البشرة وجدران ما بين الخلايا لهذا النسيج , وتزداد نسبة الكيوتين في طبقات الجدار المختلفة باتجاه الخارج الى ان تصبح مكونة من كيوتين نقي وخالي من السيليلوز وتعرف بطبقة الادمة التي تكون مختلفة في النباتا من حيث السمك تبعاً لبيئة النبات . اما السوبرين فيوجد مع السيليلوز في جدران خلايا الفلين ويطلق على عملية تحمل الجدار بعملية التسوبر Suberization . اما الشموع فتضاف بطرز مختلفة فوق طبقة الكيوتكل (الجدران الخارجية للبشرة) فتكسب بعض التراكيب النباتية كالثمار والاوراق المظه ر الصقيل اللماع. ونظراً لكون المواد الدهنية في المواقع الخارجية لجسم النبات ولكونها غير منفذة للماء فهي تقوم بوظ ائف وقائية ضد الحشرات والطفيليات , كما انها تحمي النبات من الجفاف وفقدان الماء . توجد هذه

المواد بدرجة اقل في المناطق الداخلية للنبات فقد يتكون كي وتكل داخلي للبذور اما السوبرين فيوجد في جدران خلايا القشرة الداخلية Endodermis وكذلك في خلايا القشرة الخارجية Exodermis كما قد يوجد السوبرين مع الكيوتين في جدران خلايا النسيج المتوسط للورقة في المناطق المقابلة للغرف الهوائية.

6 -السيليكا Silica وهي مادة معدنيۃ تترسب في جدران الخلايا لبعض الانسجة النباتية وخاصة بشرة الحشائش وعندئذ تصبح حوافي اوراقها حادة ومسننة .

7 -التانين Tannin والراتنجات Resins والاصماغ Gums ويكثر وجود هذه المركبات في جدر الخشب الصميمي ومعضمها تسبب زيادة متانة الخشب الصلب مقارنة بالخشب الرخو .

❖ نمو جدار الخلية Growth of cell wall

يعتقد بان السبب في التوسع الحاصل في جدار الخلية الاولي يكون بسبب نمو الخلية , ويظهر ان الضغط الانتفاخي يلعب دوراً مهماً في عملية نمو جدار الخلية , كما تشترك الهرمونات النباتية(كالاوكسين) بطريقة ما في عملية نمو الجدار , ولابد من ان نعلم ان ترسب الجدار الثانوي على الجدار الاولي يعني ان نمو الخلية قد اكتمل وتوقف . وقد اختلفت الآراء حول كيفية النمو والترسيب في الجدار الخلوي , لذا وضعت نظريات مختلفة منهما نظريتان قديمتان هما نظرية التداخل والترا كم التان عدلتا بعد استعمال المجهر الالكتروني بنظرية النمو الموزايكي والنمو الشيكي المتعدد ونظرية اتساع البروتين.

1 - نظرية التداخل Intussusception Theory

تفسر هذه النظرية زيادة النمو في مساحة الجدار , أذ تفترض النظرية ان نمو واستطالة الخلية يؤدي الى اتساع المسافات بين الليفات الصغيرة المكونة لجدار الخلية لذى فان ملء هذه المسافات بليفات صغيرة جديدة تكون مواد جديدة للجدار يمنع تمزقه.

2 - نظرية التراكم Aposition

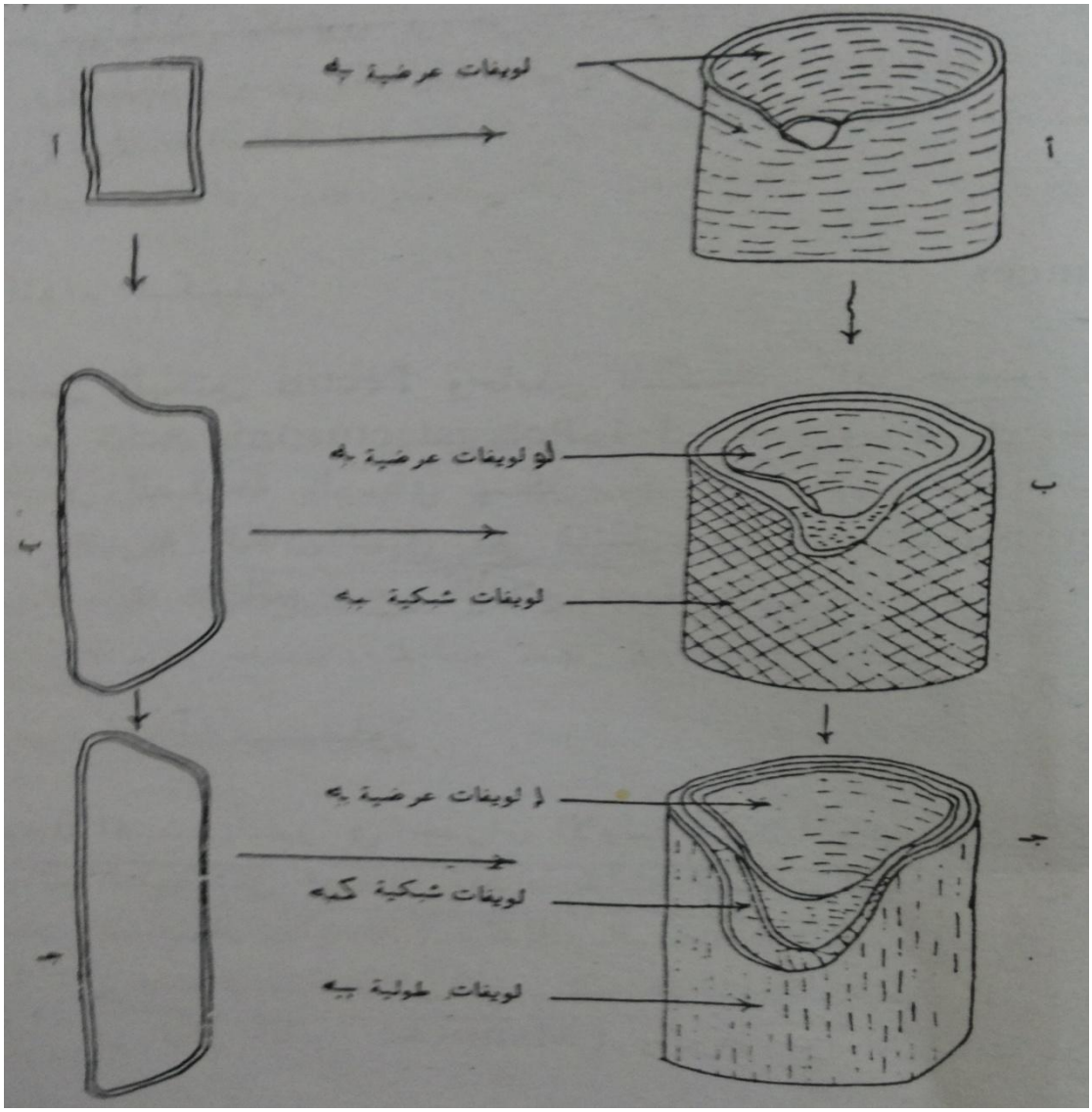
تفسر هذه النظرية الزيادة في سمك الجدار , إذ تفترض النظرية ان نمو الجدار الخلوي يرجع الى تكون مواد جديدة تضاف فوق مواد الجدار السابق اي ان النمو يحدث بشكل طبقات بعضها فوق بعض .

3 - نظرية النمو الموزايكي Mosaic Growth Theory

تبنى هذه النظرية على وجود مساحات دقيقة من الجدار الابتدائي يتخللها السيتوبلازم ويحدث في هذه المساحات تخليق لسيتوبلازم جديد يؤدي الى زيادة كميتة , وبالتالي الى ابتعاد اللويفات الصغيرة عن بعضها وكبر سطح الخلية . يلي ذلك تكون لويفات صغيرة اخرى تملأ هذه الفراغات الدقيقة.

4 - نظرية النمو الشبكي المتعدد Multinet Growth Theory

تعتقد هذه النظرية ان نمو الجدار الاولي يتم بطريقة التراكم مع تغير اتجاه الليفات الصغيرة في الطبقات المختلفة , إذ تكون الليفات الصغيرة الجديدة القريبة من غشاء البلازما في وضع افقي او عامودي على محور الخلية وتتحول تدريجياً تلك الطبقات من الليفات الى وضع شبكي ثم تصبح عمودية (طولية) اي موازية لمحور الخلية ويحدث اتساع الخلية وبذلك تنمو.



5 - نظرية اتساع البروتين Extension Theory

تفترض هذه النظرية ان البروتين الغني بالحامض الاميني Hydroxy proline الموجود في الجدار يحتوي على اواصر Disuide (-S-S-) التي تربط السكريات المضاعفة وتصبح هذه الاواصر ضعيفة في حالت الاختزال بعع من التفاعلات الحيوية التي يعتقد بأن الاوكسين Auxin يحفزها وبالتالي تزداد خاصية الليونة غير العكسية لجدار الخلية وبفعل الظغط الانتفاخي يحدث نمو جدار الخلية او نمو الخلية.

❖ النقر Pits

اثناء تكون الجدار الخلوي لا يتم ترسيب مواد الجدار على الجدار بانتظام بل تترك مساحات محدودة منخفضة عن باقي سطح الجدار , بها عادة ثقوب دقيقة تمر خلالها في الخلايا الحية شرائط سايتوبلازمية تعرف بالخيوط السايتوبلازمية Plasmodesmata تصل سايتوبلازم الخلايا المتجاورة بعضها مع البعض الاخر. ومن انواع النقر مايأتي:

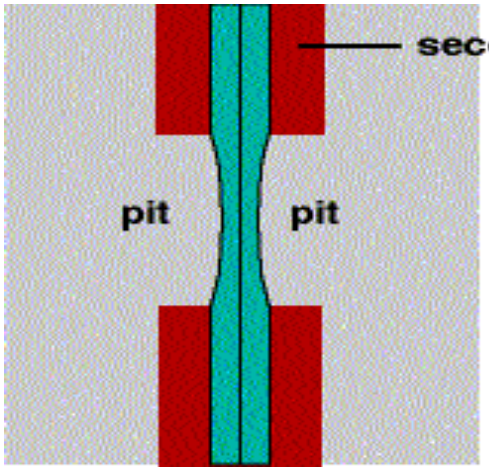
1 -حقول النقر الابتدائية Primary pit fields

تظهر عند تكون الجار الابتدائي فوق الصفيحة الوسطى , حيث ان تكون الجدار لايتم بنفس السمك في جميع اجزائه, بل تترك مساحات رقيقة تعرف بحقول النقر ويطلق عليها مبادئ النقر Primordial pits , وخلال حقول النقر الابتدائية تمر الخيوط السايتوبلازمية . توجد هذه النقر في الخلايا الحية ذات الجدر الابتدائية مثل الخلايا البرنكيمية والانابيب الغربالية والخلايا المرافقة.

2 -النقر البسيطة Simple pits

اثناء تكون الجدار الثانوي فوق الجدار الابتدائي , تترك مساحات صغيرة بدون تغلظ (عادة في منطقة حقول النقر الابتدائية), تظهر في المنظر السطحي كثقوب دائرية , وفي القطاع العرضي كقنوات منتظمة القطر في جدار الخلية . وغالباً ما يقابل كل نقرة في خلية نقرة اخرى في الخلية المجاورة , وتسمى النقرتان البسيطة المتجاورتان بالزوج النقري البسيط Simple pit pair , وقد تكون النقرة على جانب من الجدار غير مقترنة بأخرى في الجانب الاخر وتسمى في هذه الحالة بالنقر العمياء Blind pit كما النقر التي تقابلها مسافات بينية , او التي تتكون في الجدران الفاصلة بين القصيبات والالياف.

تتركب النقرة البسيطة من **غشاء النقرة** pit membrane المكون من الصفيحة الوسطى وقسم رقيق من الجدار الابتدائي ويعد الجدار الفاصل بين نقرتين متجاورتين , **وتجويف النقرة** pit cavity والذي يقع بين الغشاء وتجويف الخلية , و**فتحة النقرة** pit aperture وهي الفتحة الموجودة في نهاية تجويف النقرة عند التقائه مع تجويف الخلية . وتوجد النقر البسيطة في خلايا البشرة المغلظة والخلايا البرنكيمية المغلظة والاسكلرنكيمية وبعض الاوعية الخشبية والقصيبات.

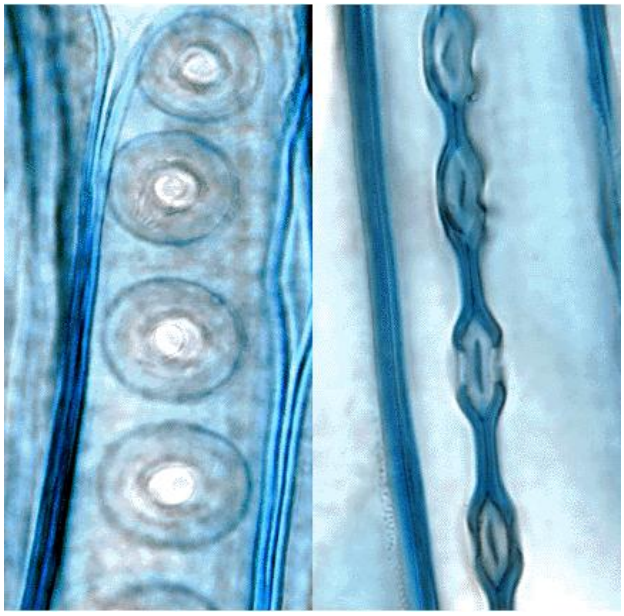


نقرة بسيطة

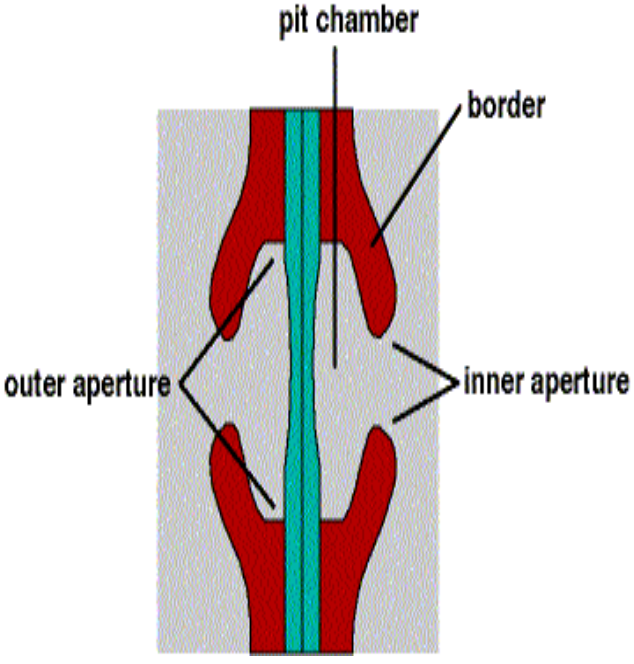
3 -النقر المضفوفة Bordered pit

تتميز بحدوث تغلظ جزئي في منطقة النقرة , وبان الجدار الثانوي المتكون ينفصل عن الجدار الابتدائي نامياً فوق النقرة بشكل قبة تحيط بغشاء النقرة وتجويفها , وتاركاً فتحة مركزية صغيرة تعرف بفتحة النقرة . وفي قليل من كاسيات البذور وفي كثير من عاريات البذور وخاصة المخروطيات يحدث علاوة على ما سبق تغليظ مصمت غير منفذ للماء في شكل عدسة محدبة الوجهين وذلك في منتصف غشاء النقرة يعرف بالسرة Torus ويكون قطر السرة اكبر بقليل من قطر فتحة النقرة. ولذلك فان النقر المضفوفة ذات السرة تعمل على تنظيم مرور الماء في الاوعية الخشبية والقصيبات وغيره ا من الخلايا , فلعلة صمام امان يعمل على مواجهة تغيرات الضغط المائي داخل الاوعية الخشبية والقصيبات , كما تعمل ايضاً على عدم قطع اعمدة الماء في نسيج الخشب بواسطة الفقاعات الهوائية , وبذلك تزيد من كفاءة النسيج في توصيل الماء والاملاح الذائبة من الجذر الى المجموع الخضري.

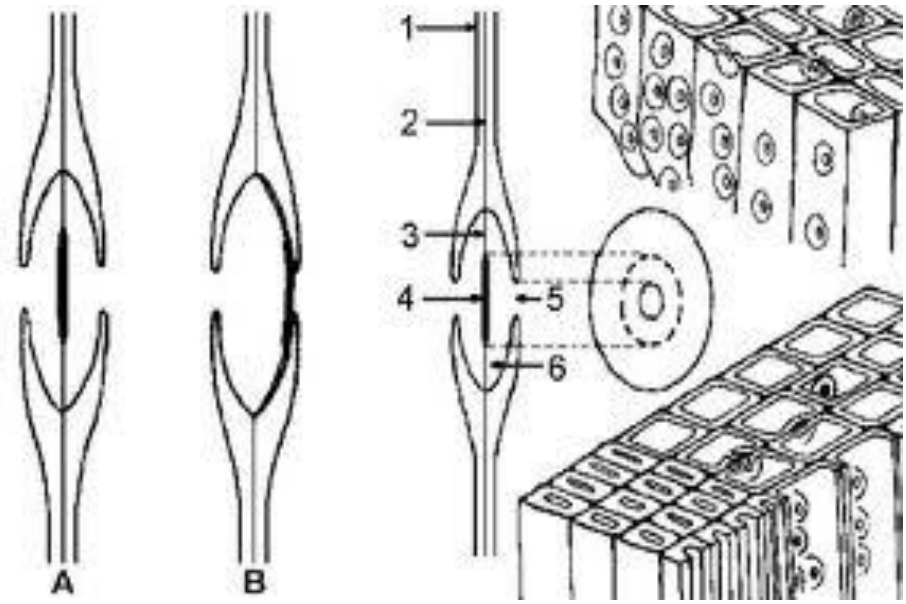
تتكون النقر المضفوفة في ازواج عادة, فعند اقتران نقرة مضفوفة على جانب من الجوانب مع اخرى مماثلة على الجانب الاخر فتدعى زوج نقري مضفوف Bordered pit pair كما في عنصرين ناقلين من عناصر الخشب, وعند اقتران نقرة مضفوفة على جانب من الجدار بأخرى بسيطة على الجانب الاخر فتدعى زوج نقري نصف مضفوف Half Bordered pit pair كما في النقر بين عنصر ناقل من عناصر الخشب قصيبة او وعاء وبين خلية برنكيمية.



مقطع تشريحي طولي وعرضي للنقر المضفوفة



نقرة مضفوفة



رسم توضيحي يوضح الية عمل غشاء النقرة(السرة) في تنظيم عملية مرور الماء بين الخلايا