محتويات الخلية

الجدار الخلوي Cell Wall

يحد الخلية النباتية من الخارج جدار واضح المعالم, وهو تركيب غير حي ينتج من مادة البروتوبلاست الحي. باستثناء بعض الحالات فإن معظم الخلايا النباتية لها جدر سميكة أو رقيقة أو منحوتة, ويعتقد بأن وظيفة هذه الجدر هي حماية وتدعيم الخلية كما أنها تحافظ على شكل وتماسك الخلايا النباتية وتنظيم الضغط الازموزي داخلها.

يختلف تركيب الجدار الخلوي من نوع نبات إلى آخر ويصل الاختلاف حتى إلى خلايا النوع الواحد, ويتركب أساسا من مادة السليلوز Cellulose وهي مادة عديدة التسكر تتكون من وحدات مرتبطة من الجلوكوز, تنتج في الخلية ويوجد في بعض النباتات وخصوصاً عديدة الخلايا جدر ثانوية تتميز بتجويفات أو انخفاضات تعرف بالنقر Pits وتحتوي الخلايا ذات الجدر الأولية على نقر أولية وتظهر هذه النقر عندما يكون تكوين جدار الخلية غير متجانس وتقوم هذه النقر بتسهيل مرور المواد من خلية إلى أخرى.

من الصعب الحديث عن صورة واحدة لمكونات الجدار الخلوي.

المركب	خلايا البلوط	خلايا الحنطة	خلايا عباد الشمس
السليلوز	42	36	38
مواد بكتينية	8	13	46
انصاف السليلوز	38	30	8
اللكنين	-	-	8

توجد النقر عادة في الخلايا النباتية غير الحية والتي تلعب دوراً في عمليتي التوصيل والتدعيم في النباتات كالألياف والقصيبات. وفي بعض الأحيان ينمو من جدار الخلية تغلظ فوق النقرة وفي هذه الحالة تعرف النقرة بالنقرة المصفوفة وعند غياب هذا النوع من التغلظ الذي يحيط بالنقرة فإنها تكون من النوع البسيط. كثيراً من النقر تظهر فتحات في غشاء الخلية (وصلات عرضية) والتي عن طريقها تمتد أشرطة سيتوبلازمية رقيقة لتصل الخلايا المجاورة بعضها البعض. تعرف هذه الامتدادات أو البروزات السايتوبلازمية بالبلازمودزماتا Plasmodesmata. كذلك توجد انبوبات دقيقة داخل البلازمودزماتا تتصل اتصالا مباشرا بصهاريج وتجويفات الشبكة الإندوبلازمية لخليتين متجاورتين.

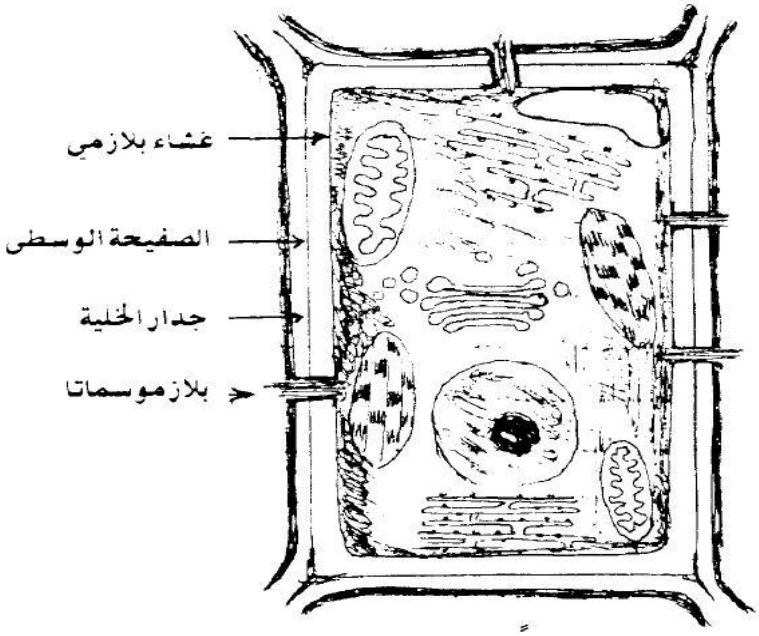
اعتماداً على نمو وشكل الخلية النباتية فإن جدار الخلية يتكون من ثلاث مناطق رئيسية واضحة ومتميزة هي:

أ- **الصفيحة الوسطى The middle lamella:** طبقة وسطى رقيقة من مادة بين خلوية تتكون بين خليتين متجاورتين أثناء عملية انقسام الخلايا النباتية. تتركب الصفيحة الوسطى من البكتين, الكالسيوم, السليلوز, ومواد أخرى مبلمرة. تظهر الصفحية الوسطى كمادة كثيفة لزجة بسبب كثافة وصلابة البكتين. في الأنسجة النباتية تعمل الصفيحة الوسطة كمادة بين خلوية أسمنتية لربط جدر الخلايا بعضها البعض لتكوين الأنسجة ولهذا السبب توجد بين الجدران الابتدائية للخلايا المتجاورة.

ب- **الجدار الأولي للخلية The primary cell wall:** يوجد هذا الجدار في جميع الخلايا النباتية, ويتكون من الترسيبات والإفرازات الأولية للبروتوبلاست على غشاء الخلية, وأثناء المراحل المكبرة لنمو وتكوين الخلية يعتبر هذا الجدار أول جدار خلوي حقيقي, ويكون رقيقا نوعاً ما ومرن قابل للشد والتمدد مع زيادة حجم الخلية, سمك هذا الجدار يتراوح بين 1-3 ميكرون ويتركب من مادة البكتين مع مواد شبيهة السليلوز والسليلوز ومواد عديدة التسكر أخرى غير سليلوزية.

الجدار الأولي للخلية يظهر بوضوح في الخلايا الإنشائية ويكون خال من النقر والتغلظات غير المنتظمة ما عدا في حالة وجود البلازمودزماتا. من الصعب في بعض الأحيان التمييز بين الجدار الأولي والصفيحة الوسطى بسبب التجانس الشديد لهذا الجدار.

جـ - الجدار الثانوي The secondary wall: مع زيادة نمو الخلية وتوقف الجدار الأولي عن الاتساع في مساحة السطح يظهر الجدار الثانوي, وتكون الخلية في هذا الوقت قد توقفت عن النمو, وفي كثير من الخلايا تموت المحتويات الحية في الخلية وتختفي بعد تكوين الجدار الثانوي. يتركب هذا الجدار من السليلوز وشبيهات السليلوز ومواد رسوبية أخرى تعمل على زيادة سمك الجدار مثل اللجنين, السوبرين, الكيوتين, وشمع الكيوتين. يتركب هذا الجدار في كثير من الفطريات والخمائر من الكيتين.



يتم تصنيع السليلوز والمواد الأخرى المؤلفة للجدار الخلوي عن طريق حويصلات كولجي وبمساعدة من الغشاء البلازمي والشبكة الإندوبلازمية. بينت الفحوصات المجهرية التي أجريت على الجدران الخلوية لأنواع مختلفة من الخلايا النباتية بأن هذا الجدار مؤلف من شبكة دقيقة من الالياف التي تقع ضمن حشوة تشبه الهلام تعمل على ربط هذه الألياف مع بعضها. ففي الطحالب تقوم حويصلات كولجي ببناء شبكة من الألياف الدقيقة المتشابكة طولياً ومحورياً وذلك بأستخدام مواد مثل حامض البيريودك والفضة الحامضية وبمساعدة إنزيم Glycosyl transferase تقوم حويصلات كولجي بعد ذلك بإفراز هذه المواد نحو السطح الخلوي الخارجي.

الاختلاف الأساسي بين بنية خلايا النباتات (تحتوي على جدار خلية صلب) وبنية خلايا الحيوانات هو السبب غالباً وراء قدرة الحيوانات على الحركة مقارنةً بالنباتات (بشكل عام). توفر جدران الخلية النباتية إطاراً ميكانيكياً قوياً. وكذلك وقاية ضد مسببات المرض والجفاف, وتحافظ على شكل الخلية واتجاه نمو الخلية. تسمح جدران الخلايا النباتية للماء والجزيئات الصغيرة بالمرور خلال ثقوبها بسهولة, ولكنها تقاوم الانتفاخ أو التوسع الذي يحصل في الخلية المحصورة.

البلاستيدات Plastids

استخدم مصطلح البلاستيدات لأول مرة من قبل العالم شيمبر Schimper عام 1883. البلاستيدات هي أوضح الأجزاء الخلوية النباتية المفحوصة تحت المجهر, وتوجد في جميع النباتات وتظهر في الخلايا بأشكال وأحجام والوان مختلفة.

تعرف البلاستيدات بأنها نوع من عضيات الخلية النباتية الموجودة في السايتوبلازم والتي لها علاقة وطيدة بعمليات الأيض, وتعتبر من التراكيب المميزة للخلايا النباتية. تكون البلاستيدات ذات أشكال مختلفة فمنها ما تكون ذات شكل كروي أو بيضوي أو صفيحيه أو صولجانيه ولكن شكلها ثابت في خلايا النسيج الواحد. وتحتوي البلاستيدات على حبيبات صبغية (مثل الكلوروفيل والمواد الكاروتينية) بجانب محتويات أخرى مثل النشأ.

نشأة وتكوين البلاستيدات

تنشأ البلاستيدات داخل الخلايا النباتية كبلورات شعرية مزدوجة الغلاف لا تلبث أن تكبر في الحجم مع وجود الضوء وتدعى بعد ذلك بالبلاستيدات الأولية أو البروبلاستيدات Proplastids وتوجد هذه البلاستيدات في الخلايا النباتية البنوية وتكون صغيرة جداً بحيث يصعب تمييزها بالمجهر الضوئي غير أنها تلاحظ باستعمال المجهر الإلكتروني وربما تعتبر مصدر نشوء جميع أنواع البلاستيدات في النباتات الراقية.

تعتبر البلاستيدات الأولية عضيات خلوية ذاتية الوجود في الخلية كما أنها تحاط بغشاء خارجي ثنائي. ينمو الغشاء الداخلي للبلاستيدة الأولية بوجود الضوء ويعطي حويصلات صغيرة ترتب نفسها لتكون أقراصاً أكبر حجماً داخل العضية. أما في الظلام فتتكون تراكيب أنبوبية شبكية الترتيب. عند وضع هذه البلاستيدات الأولية في الضوء, فإن الترتيب الشبكي هذا يتغير إلى الشكل الصفائحي المعروف للكلوربلاستيده وبذلك تتأثر عملية نمو البلاستيدات بالنقص في الضوء.

عندما ينمو النبات في ضوء منخفض تتجمع الحويصلات المتكونة في البلاستيدات الأولية مكونة جسما واحداً أو أكثر من الأجسام الصفائحية الأولية Pro-lamellar bodies. وفي بعض الأحيان تشكل الحويصلات الناتجة نموذجاً بلوريا مكوناً انيبوبات منتظمة الشكل. وعند تعرض هذه النباتات للضوء مرة أخرى فإن الحويصلات تنمو وتتحد مرة ثانية مكونة الشكل الصفائحي والمعروف بالجرانا Grana.

حجم البلاستيدات

حجم البلاستيدات يكون بين 4-6 مايكرومتر وهو ثابت في الخلية الواحدة. ويختلف حجم البلاستيدات تبعاً للآتي:

- الخلايا النباتية التي تعود للنباتات متعددة المجموعة الكروموسومية Polyploid ذات بلاستيدات كبيرة الحجم مقارنة مع حجمها في خلايا النباتات ثنائية المجموعة Diploid.
- حجم البلاستيدات في النباتات الظلية أكبر مما في خلايا النباتات المعرضة للشمس.
- في النباتات الشمسية المعيشة يكون حجم البلاستيدات في الأجزاء المعرضة للضوء أكبر من بلاستيدات خلايا النبات نفسه غير المعرضة للضوء أو قليلة الإضاءة.

عدد البلاستيدات

عدد البلاستيدات في خلايا النبات ثابتاً نوعا ما في النوع الواحد حيث يتراوح عددها ما بين بلاستيدة واحدة كبيرة الحجم كما هو الحال في الكلاميدوموناس إلى 20-40 بلاستيدة في خلايا النباتات الراقية. هذا العدد عرضة للزيادة والنقصان اعتماداً على انقسامها أو تحطمها تبعاً لحاجة وظروف الخلايا.

توزيع البلاستيدات

يتغير موقع البلاستيدات في الخلايا بسبب حركة السايتوبلازم والحركة الأميبية النسبية للبلاستيدات, فهي غالباً ما تتجمع حول النواة أو بجوار الجدار الخلوي ولكنها قد تتوزع في السايتوبلازم بصورة متجانسة. وتتوزع البلاستيدات بعدد كبير في الأجزاء المعرضة للضوء نتيجة للحركة مقارنة مع توزيعها في حالة الظلام.

أنواع البلاستيدات

1- البلاستيدات غير الملونة أو البيضاء Leukoplasts

يوجد هذا النوع من البلاستيدات عادة في الأوراق النباتية متعددة الألوان والسيقان والجذور والخلايا الجنينية إضافة للأجزاء النباتية غير المعرضة للضوء. تسمى البلاستيدات غير الملونة تبعاً لنوع خزينها من المواد. فالبلاستيدات المخزنة للنشأ تدعى Amyloplast والمخزنة للدهون Elaioplasts أو Oleosomes والمخزنة للبروتين Proteinplasts. يمكن الكشف عن هذه البلاستيدات بواسطة الطرق الهستوكيميائية مثل معاملة الخلايا النباتية باليود للكشف عن البلاستيدات النشوية التي تصبح زرقاء اللون.

يمكن للبلاستيدات غير الملونة التحول إلى بلاستيدات ملونة تبعاً لحاجة النبات ويلاحظ مثل هذا التحول واضحاً في ثمار الطماطم حيث تتحول البلاستيدات عديمة اللون أولاً إلى بلاستيدات خضراء اللون ثم حمراء اللون عند نضج هذه الثمار.

2- البلاستيدات الملونة Chromoplasts

يرجع اللون المميز للبلاستيدات الملونة إلى وجود مواد مختلفة من الكاروتينات, واللون النموذجي لها هو الأصفر, والبرتقالي, والأحمر وعلى الرغم من أن بعضها قرصي الشكل إلا أن البعض الآخر منها يكون مغزليا أو مثلثيا أو كرويا أو على هيئة أجسام قضيبية الشكل, توجد هذه البلاستيدات في الأوراق التويجية والأزهار والأثمار والأجزاء الملونة الأخرى.

البلاستيدات الملونة هي نفسها بلاستيدات خضراء اختفى منها الكلوروفيل وأصبح غير سائد كما هو الحال في أوراق فصل الخريف والتي توجد فيها الكاروتينات كحبيبات رئيسية سائدة بعد تكسير وتحلل مادة الكلوروفيل في فصل الخريف.

تحتوي هذه البلاستيدات على كمية قليلة من الكلوروفيل وتكون ذا فعالية قليلة بالنسبة إلى عملية البناء الضوئي. ومن أشهر هذه البلاستيدات هي البلاستيدات الحمراء Lycopene في الطماطم والبلاستيدات البرتقالية في الجزر وغيرها. وفي الطحالب تحتوي البلاستيدات على صبغات خاصة مثل الصبغة الحمراء الفيكوارثرين Phycoerythrin والزرقاء الفيكوسيانن Phycocyanin.

3- البلاستيدات الخضراء Chloroplastids

يرجع لونها الأخضر المميز إلى وجود كميات كبيرة من الحبيبات الخضراء والمعروفة بالكلوروفيل. وتختلف البلاستيدات الخضراء في الشكل والحجم من نوع إلى آخر, فمثلاً تكون في أوراق النباتات الراقية كروية أو بيضاوية أو قرصية الشكل. كما أن الطحالب تحتوي على واحدة أو اثنين من البلاستيدات الضخمة فنجانية الشكل أو مستطيلة أو حلزونية.

تشغل البلاستيدات الخضراء حوالي 20% من حجم الخلايا للأوراق, بينما يبلغ عددها في الخلية الواحدة من النباتات الراقية من 20 إلى 40.

البلاستيدات الخضراء في النباتات التي تنمو في الظلال تكون أكبر حجماً وتحتوي على كمية كبيرة من الكلوروفيل أكثر من تلك التي توجد في النباتات التي تنمو في ضوء الشمس. ويتحكم في حجم هذه البلاستيدات بعض الصفات الوراثية والجنسية فمثلاً في الخلايا كثيرة العدد الكروموسومي Polyloid تكون أكبر من مثيلاتها الموجودة في الخلايا زوجية العدد الكروموسومي Diploid.

توجد البلاستيدات الخضراء أحيانا موزعة توزيع متساو أو متجانس في السايتوبلازم. ولكنها غالب ما تكون كثيفة التواجد بجانب النواة أو ملاصقة للحواف الداخلية للخلية. وعادة يعتمد توزيع هذه البلاستيدات داخل الخلية على شدة الضوء المتعرض له النبات, ويزداد عددها عن طريق الانقسام ويتم ذلك باستطالة البلاستيدة فاصلا إياها إلى جزئين متساوين.

تتميز البلاستيدات الخضراء بقدرتها العالية على مقاومة التغيرات الازموزية والمثبتات, كما أن لها القدرة على الاختزال ومن صفات هذه العضيات أنها تنتفخ عند وضعها في الماء المقطر.

صبغة الكلوروفيل

تعتبر هذه الصبغة الاكثر شيوعاً واهمية من الانواع الاخرى من الصبغات لما لها من دور مهم في التمثيل الضوئي واطلاق الاوكسجين الضروري للطاقة في جميع الانظمة الحياتية. تعتمد الحياة على هذه الصبغة ويعتقد بأن كل ذرة اوكسجين نستخدمها في التنفس وكل ذرة كاربون في اجسامنا لا بد وان مرت بوقت ما خلال هذه الصبغة. يتمركز الكلوروفيل في الاجزاء الخضراء من النبات والطحالب وبعض البكتيريا. توجد هذه الصبغة بأربعة انواع هي كلوروفيل A و B و C و D وتختلف فيما بينها في امتصاصها للضوء بأطوال موجية مختلفة. ينتشر النوعان A و B في بلاستيدات خلايا النباتات الراقية والطحالب بينما تنتشر الانواع A و C و D في البكتيريا الخضراء-المزرقة.

بلاستيدات الخلايا الخضراء النباتية تحتوي على كلوروفيل A وB بكمية كبيرة ويمثل النوع A اكثر من ثلاثة ارباع الكلوروفيل ويكون أخضر مزرق من حيث اللون مقارنة مع اخضر مصفر في كلوروفيل B. يمثل الكلوروفيل A بالصيغة الكيماوية $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$ بينما يمثل الكلوروفيل B بالصيغة الكيماوية $C_{55}H_7O_6N_4Mg$.

بناء الكلوروفيل

يبنى الكلوروفيل بوجود الضوء وباستخدام مركبات عضوية وذلك استناداً إلى شفرات وراثية معينة. يستمد كل من الكاربون والهيدروجين والأوكسجين في جزيئات الكلوروفيل من السكريات وتعمل البادرات على بناء أول كلوروفيل لها من السكريات المخزونة فيها لا تلبث هذه أن تستخدم السكريات الناتجة عن التمثيل الضوئي في

البناء بعد ذلك إضافة لوجود النتروجين والمغنسيوم والحديد. يحدث الشحوب الكلوروفيلي Chlorotic والذي يؤدي إلى اصفرار النباتات نتيجة لعدم بناء الكلوروفيل بسبب نقص المغنسيوم والحديد والنتروجين, كما يحدث الاصفرار نتيجة لعدم تعرض النبات للضوء مما يؤدي إلى توقفه عن بناء الكلوروفيل بسبب توقفه عن بناء السكريات اللازمة لذلك يحدث ما يسمى بالشحوب الظلامي Etiolation.

إضافة للكلوروفيل تحتوي الخلايا النباتية على صبغات أخرى مثل اشباه الكاروتينات والكاروتينات والزانثوفيلات والأنثوسيانين.

وظيفة البلاستيدات الخضراء

تقوم البلاستيدات الخضراء بوجود الضوء بتحويل ثاني أوكسيد الكربون والماء إلى مواد كربوهيدراتية وأوكسجين عن طريق التمثيل الضوئي (عملية تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كيميائية والمواد الغذائية الناتجة من هذه العملية تستخدمها جميع النباتات والحيوانات في عمليات الأيض أو التحول الغذائي الخاصة بها). ويعني هذا أن الكلوروفيل في النبات تحول وتختزن الطاقة الضوئية من الشمس إلى طاقة كيميائية في المواد الغذائية, تتحرر هذه الطاقة أثناء عمليات الأكسدة التي تتم بواسطة أنزيمات الميتوكوندريا. ويعني ذلك أن الكلوروفيل يقوم بعملية التمثيل الضوئي في وجود الضوء بينما تقوم المايتوكوندريا بعمليات الأكسدة الفسفورية التي لا تعتمد على وجود الضوء. ويدل تحرر الأوكسجين أثناء عملية التمثيل الضوئي واستعماله اثناء عملية الأكسدة الفسفورية, على أن العملية الأولى تعتبر مختزنة للطاقة أما العملية الثانية فهي منتجة أو مخرجة للطاقة.