معلومات الكتاب

أسم الكتاب : أساسيات علم تشريح النبات

المؤلف : د. بدري عويد العاني ، د. قيصر نجيب صالح

الطبعة : الثالثة (1988)

* تم أستساخ الكتاب بأشراف موقع محاضرات المرحلة الأولى والثانية لقسم علوم الحياة ، الرابط :

https://sites.google.com/site/lsbodls/

الشعار :

برعاية مكتبة كلية العلوم – جامعة ديالى ، الشعار :

* تخلي الجهات التالية (موقع محاضرات المرحلة الأولى والثانية لقسم علوم الحياة ومكتبة كلية العلوم – جامعة ديالى) طباعة وتوزيع الكتاب على أي شكل من أشكال التجارة الغير قانونية ، كما يقران بحقوق الطبع والنشر والتأليف لمؤلفي الكتاب والغرض من هذا العرض هو للإطلاع على الكتاب الكترونياً فقط بشكل مجاني .

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة بغداد

أساسيات علم تشريح النبات

الطبعة الثالثة

تأليف

الدكتور بدري عويد العاني

الدكتور قيصر نجيب صالح

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة بغداد

أساسيات علم تشريح النبات

الطبعة الثالثة مع تنقيح واضافة

تأليف

الدكتور بدري عويد العاني
استاذ
قسم علوم الحياة / كلية العلوم

الدكتور قيصر نجيب صالح
استاذ
قسم النبات / كلية العلوم / جامعة القاهرة

تنقيح

الاستاذ
الدكتور بدري عويد العاني

الاستاذ المساعد
عباس أحمد الصالح

الاستاذ المساعد
علي حسين المرسومي

١٩٨٨

حقوق الطبع محفوظة لجامعة بغداد

بسم الله الرحمن الرحيم

ديباجة الكتاب

لقد تبنى قسم علوم الحياة منذ سنوات ـ ومن ثم باقي أقسام كلية العلوم بجامعة بغداد ـ فكرة تعريب التعليـــم الجامعي • وتحقيقا لهذا الهدف فقد شكلت لجان متعددة كلفت بتاليف الكتب المنهجية والتعليمات المختبرية باللغة العربية • وعلى الرغم من العقبات التي جابهت العاملين في هذا الحقل ، فقد تم انجاز جميع التعليمات المختبرية تقريبا للموضوعات التي تدرس في قسم علوم الحياة في مختلف سني الدراسة ، وبعض الكتب، وبخاصـــة تلك التي تدرس في السنتين الاوليين من الدراسة الجامعيـة الاولية ، كما وشرع بكتابة رسائل الماجستير باللغة العربية • ويأتي كتاب (أساسيات علم تشريح النبات) واحدا من ثمرات تلك الخطة •

لقد تم اعداد الكتاب بلغة عربية سلسلة بعيدا ـ ما امكـن ـ عن الحشو والتعقيد وذلك وفقا لمفردات المنهج الذى اعتمد من قبل اللجان المختصة بالقسم • وبهدف تعميم الافادة مما في هذا الكتاب من معلومات على نطاق الوطن العربي ، فقد وضعت المصطلحات العربية أو المترجمة أو المعربة جنبا الى جنب مع المصطلح الاجنبي ، توضيحا لمدلولاتها ، وتفاديا لما قد يحصل من لبس أو غموض في بعض المسميات المحلية التي قد تختلف بين قطر وآخر • وقد حقق الاجراء ذاته توفير فرصة أفضل لطلبتنا في البقاء على تماس مع المصطلحات العلمية وما يتضمنه ذلك من مردودات يتجلى أثرها عند رجوعهم للمصادر والنشريات العلمية الاجنبية ، أو عند اكمالهم الدراسة خارج القطر • وعملا بتوصيات اللجنة العلمية بالقسم ولجنة المناهج واللجنة الوطنية للتعريب ، فقد ضمن الكتاب رســـوما توضيحية أو تخطيطية كلما دعت الضرورة لذلك ، وملحقا باهم المصطلحات العلمية في مجال علم التشريح •

ولا يسع المؤلفان ـ وقد انهيا اعداد هذا الكتاب ـ الا أن يعربا عن تقديرهما لرئاسة قسم علوم الحيـــاة ولجنتي المناهج والشؤون العلمية لاسداء مهمة تاليف هذا الكتاب اليهما ، والى عمادة كلية العلوم ورئاسة جامعة بغداد للموافقة على تعضيد تاليفه •

ونحن اذ نفرغ من تاليف هذا الكتاب المنهجي ، بعد ما بذلناه من جهد متاح ، وعلى ضوء ما استعنا به من مراجع وتجارب وخبرات ، نرجو أن يحقق الهدف الذي ألف من أجله ، آملين بهذا أن نكون قـد أسهمنا بقسط متواضع في امداد المكتبة العربية بما هي في أمس الحاجة اليه •

وفي الختام نود ان نتقدم بالشكر والتقدير للاستاذ الدكتور احمد فرج راضي لمراجعته الكتاب والملاحظات القيمة التى أبداها حوله ، والى

مديرية الوسائل التعليمية التابعة للمديرية العامة للمناهج والوسائل التعليمية بوزارة التربية لما قدموه من مساعدة فنية في الكتابة على الاشكال، وفي تصميم الغلاف ، ونخص بالذكر منهم السادة عبدالرزاق مدالله ، ويحيى سلوم العباسي ، وعدي يوسف مخلص ، وفيصل ربيع حمادى •

والله نسأل ان يوفقنا لتقديم المزيد من العطاء لما فيه رفعة امتنا وتقدمها ومجدها كيما تتبوأ مركزها المرموق بين الامم وتعود خير أمة اخرجت للناس •

المؤلفان

بسم الله الرحمن الرحيم

ديباجة

الطبعة الثالثة

جرى تأليف الكتاب المنهجي « أساسيات علم تشريح النّبات » وظهر بطبيعته الآولى عام ١٩٧٧ ، وتم تنقيحه للمرة الآولى وظهرت الطبعَة الثانية للكتاب عام ١٩٧٩ ، واعتمد ككتاب منهجي لتدريس موضوع تشريح النبات في أقسام علوم الحياة بكليات العلوم في سائر الجامعات العراقية . وحيث أنه مضت مدة كافية منذ ظهور الطبعة الثانية للكتاب المذكور ، لذا فان تحديث وتنقيح هذا الكتاب اصبح امراً ضرورياً وذلك ابتغاء سد الثغرات التي شخصت فيه ومواكبة الجديد .

هدا وقد تناولت عملية التنقيح والتحديث هذه مجمل فصُول الكتاب . كما جرت اضافة فصل جديد تحت اسم « التشكيلات النسيجية Chimeras » واضافة فصل آخر يتعلق بمسح عام للجسم النباتي Plant Body جرى دمجه مع مقدمة الكتاب . واضافة الى ماتقدم فقد تم وضع ملحق الاسماء العلمية والانكليزية والمحلية والعربية ، وذلك بالنسبة للنباتات التي ورد ذكرها في متن الكتاب .

وقد تحققت في عملية التنقيح والتحديث هذه اضافات نوعية وكمية بالغة الأهمية في كل فصل من فصول الكتاب بهدف الوصول الى صيغة أفضل .

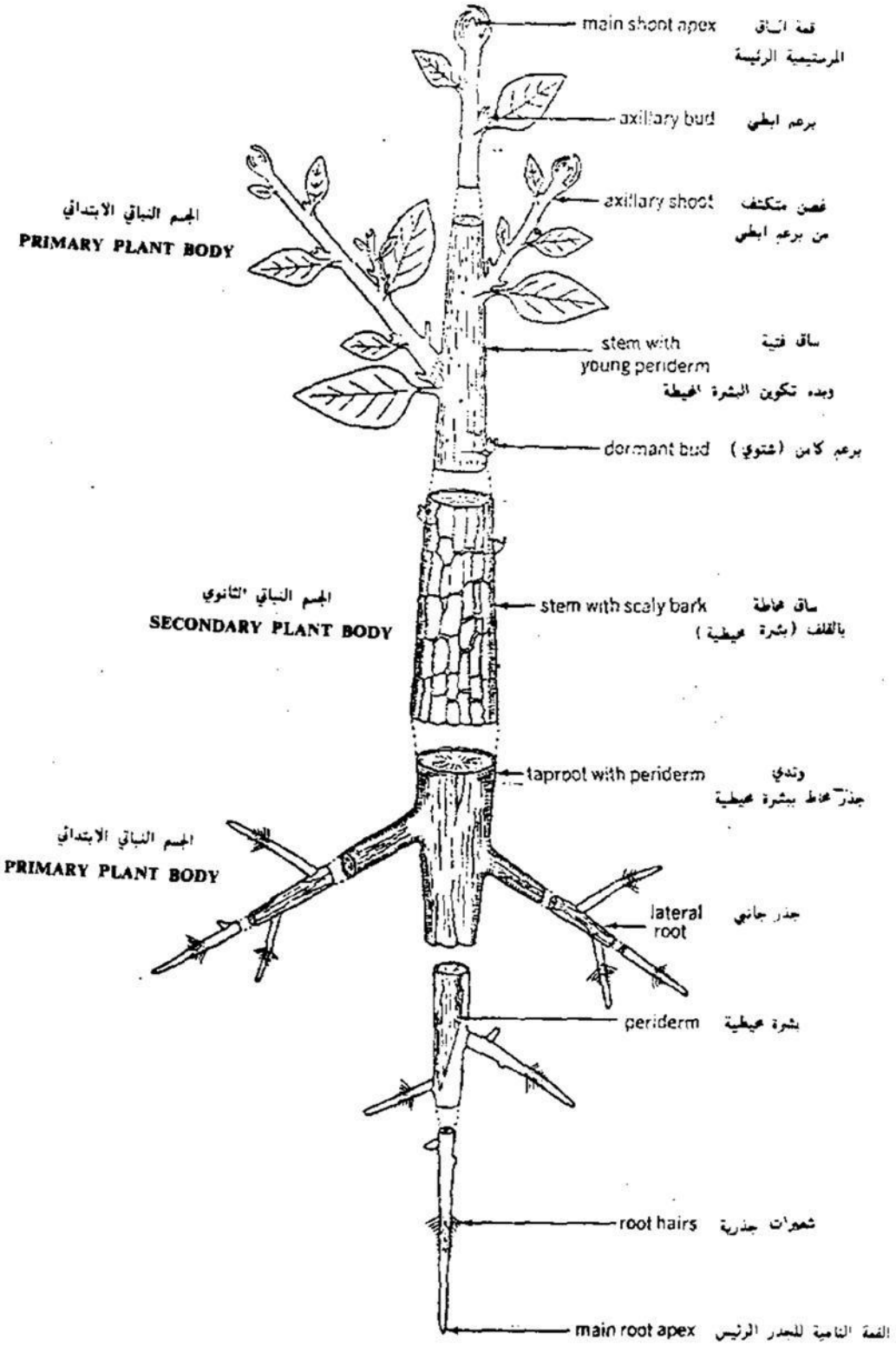
ان اللجنة اذ تفرغ من انجاز تنقيح وتحديث هذا الكتاب ، لتأمل أن تكون قد وفقت في تحقيق التطوير المنشود للكتاب .... كإسهام متواضع لخدمة طلبتنا الأعزاء والايفاء ببعض مايتعين علينا تجاه وطننا الغالي وامتنا العربية الجيدة . والله نسأل انَ يوفقنا دوماً لما فيه الخير والسداد .

ولا يسعنا ونحن نضع الطبعة الثالثة المطورة لهذا الكتاب بين يدي الطالب والباحث والاستَاذ ، إلا ان نتقدم بالشكر الجزيل الى اللجنة التي شكلت بالقسم ، والمؤلفة من الدكتور مجيد الحلي ، والدكتورة منى الجبوري ، والدكتور رعد محسن ، لمراجعتهم مسودة النسخة المنقحة ، ولما ابدوه من اقتراحات وملاحظات هادفة ، آملين ان يستمر الجميع في تقديم المزيد من العطاء لتعزيز وتنشيط حركة التأليف والترجمة في اقسامنا العلمية ومؤسساتنا الجامعية والبحثية . والله الموفق .

لجنة التنقيح

الأثنين ٤ محرم ١٤٠٨ هـ

٣١ / ٨ / ١٩٨٧ م



رسم تخطيطي يوضح الجسم النباتي الابتدائي والثانوي

مقدمة في علم تشريح النبات والجسم النباتي
INTRODVCTION TO PLANT ANATOMY AND THE PLAT BODY

يتضمن هذا العلم دراسة التركيب الداخلي لجسم النبات عن طريق تشريح أعضائه المختلفة ودراسة مواقعها والأنسجة المكونة لهذه الأعضاء وتكيفها للقيام بوظائفها المختلفة . علماً بان التركيز في هذا الكتاب خصّ النباتات الوعائية الراقية بقسطٍ من التفصيل .

ويعتبر هذا العلم أحد فروع علم الشكل Morphology فهو في واقع الأمر دراسة الشكل الداخلي للنبات Internal morphology . ورغم ان النباتات الوعائية الراقية Higher vascalar plants تحضى بالنصيب الأكبر من هذه االدراسة إلا ان النباتات الوعائية الأخرى وغير الوعائية Non-vascular plants لابد للتعرض لها ودراستها كلما كان لهذه الدراسة ارتباط بالموضوع تحت الاعتبار وذلك إما على سبيل المقارنة أو عند دراسة بعض الجوانب التطورية للنباتات المختلفة أو لدى التطرق لبعض النظريات كتلك المتعلقة بالمرستيم القمي Apical meristem .

يبدأ ظهور جسم النبات في النباتات الراقية بتكوين البيضة المخصبة Zygote التي تنقسم انقسامات متتالية معينة مكونة الجنين Embryo . وهذا بدوره ينمو ليكون النبات الكامل الذي يمثل في هذه الحالة الطور البوغي Sporophyte وهو الطور ثنائي المجموعة الكروموسومية Diploid Phase .

ويتكون الجسم النباتي في النباتات الراقية من أعضاء واضحة ومتميزة عادة هي الجذر Root والساق Stem والأوراق Leaves والملحقات الأخرى كالأعضاء التكاثرية Reproductive organs . يبدأ النبات الذي يمثل الجيل البوغي Sporophyte حياته كتركيب بسيط وحيد الخلية يعرف بالبيضة المخصبة Zygote التي تنمو وتتكشف لتكوين الجنين Embryo. نتيجة لانقسامات الخلايا وتوسعها ومايصاحب ذلك من عمليات تخصص Specialzation وتميّز Differentiation وغير ذلك . ولدى انبات البذرة يتكشف الجنين الى بادرة Seedling ومن ثم النبات البالغ Adult plant .

لبذرة النبات الزّهري جنين Embryo وغذاء مخزون Stored food داخل الجنين (في الفلق) او خارجه (السويداء) بالاضافة الى غلاف بذري Seed coat . يتألف الجنين من محور Axis مركزي الموقع ذي نهايتين تمثل احداهما القمة النامية للساق Shoot apex والاخرى القمة النامية للجذر Root apex . وفي الجنين ايضاً زوائد جانبية ممثلة بفلقة واحدة أو أكثر ، ويدعى جزء المحور الواقع تحت الفلق بالسويقة تحت الفلقية Hypocotyl أما الجزء فوق اتصال الفلق بالمحور فيدعى بالسويقة فوق الفلقية epicotyl التي تنتهي بالرويشة Plumule حيث تتحول الى النظام الخضري Shoot system للنبات في المرحلة بعد الجنينية . وقد يتساءل سائل كيف يستطيع الجنين البسيط التركيب من تكوين جسم النبات ذي الخلايا والأنسجة المختلفة ؟ وللجواب على هذا السؤال نقول إن قمتي الساق والجذر تتميزان بوجود منطقة مرستيمية تتزايد فيها الخلايا من ناحية العدد كما يحدث فيها نمو وتكشف وتميز وتخصص يؤدي الى تحويل قمة الساق للجنين الى النظام الخضري Shoot system وقمة الجذر الى النظام الجذري Root system . وباستمرار النمو للأعلى وللأسفل يزداد النبات طولاً واتساعاً وتتضاعف خلاياه حتى يصل الى مرحلة البلوغ ، وعندئذٍ تتكون الأعضاء التكاثرية ممثلة بالأزهار في النباتات الزهرية (Flowering plants (Anthophyta أو المخاريط Cones في عاريات البذور Gymnosperms .

يتكشف الجنين النامي مكوناً نباتاً كاملاً بسبب امتلاكه القدرة الكامنة Potentiality على النمو والمودعة في أنسجته المولدة Meristematic tissues . ونتيجة لنشاط الخلايا المولدة تتخصص بعض الخلايا لتكون الانسجة المستديمة Permanent tissues المختلفة في حين تحتفظ الأخرى بخاصيتها المرستيمية أو المولدة مادام النبات حياً وفعالاً . أما الخلايا التي تسير في طريق التخصص فيطلق عليها مصطلح المشتقات Darivatives حيث تعاني عمليات التميز والتكيف لتتخصص لأداء وظائف معينة مكونة بذلك الأنسجة المستديمة Permanent tissues . وتعاني المشتقات سلسلة من التغيرات التركيبية والوظائفية خلال مرحلة انتقالها من الحالة المرستيمية الى الحالة البالغة وتعرف مجموعة هذه التغيرات بالتميز Differentiation علماً بان هذه التغايرات تؤدي الى اختلاف المشتقات عن الخلايا المرستيمية اولاً وعن بعضها البعض ثانياً . وهذا التكيف للخلايا يؤدي بالنتيجة الى التخصص Specialization ، ومعنى التخصص هو التغير الذي يحصل للخلية ويؤدي الى تحديد وظائفها وقابليتها الكامنة وقدرتها على التكيف تحت الظروف المختلفة . وقد يؤدي التخصص الى زيادة الكفاءة .

إن النمو الذي يحصل في الجسم النباتي أو في أي جزءٍ منه منذ فترة نشوء الجنين Embryo ولغاية اكتمال استطالته يطلق عليه النمو الابتدائي Primary growth ويحصل هذا بفعل المرستيمات القمية بشكل رئيسي . كما وتسهم المرستيمات البينية Intercalary meristems اضافة الى المرستيمات القمية في بعض النبات كالنجيليات في النمو الابتدائي أيضاً ، ويطلق على الأنسجة التي تتكون أثناء هذا النمو الانسجة الابتدائية Primary tissues . أما الجسم النباتي الذي يتكون من أنسجة ابتدائية خلال النمو الابتدائي فيدعى بالجسم النباتي الابتدائي Primary plant body . في الغالبية العظمى من نباتات ذوات الفلقة الواحدة والحولية من ذوات الفلقتين وكذلك أغلب النباتات الوعائية البدائية Vascvlar cryptogams يكون الجسم النباتي ابتدائياً . أما معظم نباتات ذوات الفلقتين وعارية البذور وبعضاً من ذوات الفلقة الواحدة التي تعاني تسمكاً في السيقان والجذور فيحصل بها نوع آخر من النمو يبدأ بعد اكتمال النمو الابتدائي للجسم النباتي ويسبب زيادة قطرية محسوسة في الأعضاء التي يحصل فيها ، ويدعى بالنمو الثانوي Secondary grawth . وتعرف الأنسجة المتكونة اثناء هذا النمو بالأنسجة الثانوية Secondary tissues ، وينتج عن ذلك جسم نباتي يعرف بالجسم النباتي الثانوي Secondary plant body ، الذي يكون أصلب وأقوى واكثر مقاومة وتعقيداً من الجسم النباتي الابتدائي كما هو واضح في الأشجار والشجيرات عند مقارنتها بالاعشاب . يحصل النمو الابتدائي نتيجة لنشاط المرستيمات الابتدائية Primary meristems التي ينتج عن نشاطها تكوين أنسجة ابتدائية ، ويمكن مشاهدة هذه المرستيمات وتحديدها بسهولة في جنين البذرة ، وكذلك في قمم السيقان والجذور . ويظهر الفحص المجهري للجنين هذه المرستيمات الابتدائية وهي البشرة الاولية Protoderm والكامبيوم الأولي Procamlium والمرستيم الأساسي Ground meristem (شكل ١) وسيتم شرح وتوضيح هذه الأنسجة في فصل قادم .

أما النمو الثانوي الذي يكون الأنسجة الثانوية المكونة للجسم النباتي الثانوي فيتم بفعل مرستيمات اخرى تدعى بالمرستيمات الثانوية Secondary meristems ، ممثلة بالكامبيوم الوعائي Vascular cambium والكامبيوم الفليني Cork cambium or Phellogen . وتتحدد وظيفة الكامبيوم الوعائي بتكوين النسيج الوعائي الثانوي ممثلاً بالخشب واللحاء الثانويين بينما ترتبط وظيفة الكامبيوم الفليني بتكوين البشرة المحيطة Periderm التي تمثل النظام النسيجي الضام في الجسم النباتي الثانوي . والمرستيمات الثانوية التي يطلق عليها أيضاً مصطلح المرستيمات الجانبية Lateral ameristems هي مرستيمات لاجنينية

Non embryonic meristems ولا يبدأ نشاطها إلا بعيداً عن القمم النامية ، وسيتم شرحها وتفصيلها فى فصل قادم .

يتألف الجسم النباتي في النباتات الراقية من ملايين الخلايا تختلف عن بعضها البعض في اشكالها العامة وتراكيبها ووظائفها ومواقعها . وعلينا أن نتذكر بأن الخلايا لاتوجد في الجسم النباتي بهيئة انفرادية بل هي متماسكة مع بعضها حيث اننا اذا فحصنا قطاعاً في أي عضو نباتي نلاحظ أن بعض الخلايا تتجمع لتظهر علاقات طوبوغرافية ووظيفية معينة وتعرف مثل هذه الجاميع بالانسجة Tissues . أي أن النسيج هو مجموعة من الخلايا المقترنة تركيبياً ووظيفياً وذات موقع خاص . وقد تتجمع مجاميع كبرى من هذه الأنسجة لتكوين وحدات كبرى في الجسم النباتي يجمعها ببعضها البعض استمرار طوبوغرافي Topographic continuity أو تشابه وظيفي Physiologic similarity أو كلتا الصفتين معاً فيطلق على مثل هذه المجموعات النسيجية الكبرى اسم الأنظمة النسيجية . ومثالها النظام النسيجي الأساسي Fundamental tissue system والنظام النسيجي الوعائي Vascular tissue system والنظام النسيجي الضام Dermal tissue system . لقد حاول علماء التشريح تصنيف انواع الخلايا الى مجاميع وأنسجة ووضعوا لذلك عدة انظمة بالاستناد الى واحد أو أكثر من الأسس التالية :

أ ـ موقع النسيج في الجسم النباتي .
ب ـ تركيب الوحدات التي يتألف منها النسيج .
جـ ـ وظيفة النسيج .
د ـ أصل نشوء خلايا النسيج ومرحلة نمو هذه الخلايا .

فمثلاً قسمت الأنسجة النباتية استناداً الى مرحلة نموها الى الانسجة المرستيمية Meristematic tissues أو المولدة ، والأنسجة البالغة أو الدائمة Mature or Permanent tissues . كما قسمت مجاميع الخلايا المكونة لنسيج استناداً الى مدى التباين بين خلاياها الى أنسجة بسيطة Simple tissues . وهي تلك التي لاتظهر بين خلاياها فروق أساسية كالنسيج البرنكيمي Parenchyma tissue والكولنكيمي Collenchyma tissue والنسيج الفليني Cork tissue ، والى انسجة معقدة Complex tissues يتألف كل منها من نوعين أو أكثر من الخلايا كاللحاء Phloem والخشب Xylem . ولايفوتنا أن نذكر الأنظمة النسيجية التي تمثل مرتبة أعلى من التعقيد النسيجي . وقد يجابه عالم التشريح بعض الصعوبات في وضع حد فاصل بين نوع أو آخر من الانسجة نظراً لما قد يوجد بين مكونات النسيج من تداخل في بعض الصفات . ومن المفيد

أن نذكر هنا تقسيماً اتبع كثيراً في السابق وهو تقسيم ساكس Julies Von Sachs الذي افترض أن التطور النشوئي للنباتات الراقية من نباتات بسيطة متعددة الخلايا قد واكبه تميز الى طبقة سطحية خارجية Dermal تليها كتلة من الانسجة الداخلية Fundamental التي بدورها تحتوي على أشرطة من خلايا خاصة وعائية Vascular وقد اطلق عليها ساكس مصطلح الانظمة النسيجية حيث اكد على أن النباتات على الرغم من اختلافها مورفولوجياً وتشريحياً إلا أنها تتميز في كونها جميعاً مؤلفة من ثلاثة أنظمة نسيجية رئيسية وهي النظام النسيجي الضام Dermal tissue system والنظام النسيجي الأساسي Fundamental tissue system والنظام النسيجي الوعائي Vascular tissue system وسيرد شرح ذلك تفصيلاً في الفصل الخامس .

اعضاء الجسم النباتي The organs of the plant body

١ ـ الجذر The Root

يقوم الجذر بتثبيت النبتة في التربة وامتصاص الماء والاملاح وخزن المواد الغذائية في كثير من الاحيان حيث يبدو في الحالة الاخيرة متضخماً بأشكال مختلفة . يضمحل الجذر الناشيء من الجذير Radicle في معظم ذوات الفلقة الواحدة وتنشأ بدله من قاعدة الساق مجموعة من الجذور العرضية Adventitious roots وقد تتفرع وتكوّن هذه الجذور مايدعى بالمجموع أو النظام الجذري الليفي Fibrous root system الذي هو من خواص ذوات الفلقة الواحدة ، ويمكن ملاحظة ذلك بوضوح في الرز **Oryza sativa** مثلاً . اما في ذوات الفلقتين فيستمر نمو الجذير ويبقى هو الجذر الرئيسي الذي يمثل الجذر الابتدائي Primary root للنبات . وتتفرع من الجذر الابتدائي فروع جانبية لاتلبث ان تتفرع هي الاخرى مرة أثر مرّة ويطلق عليها مجتمعة مصطلح الجذور الثانوية Secondary roots . ويدعى هذا النظام للجذر بالنظام الجذري الوتدي Tap root system المميز لنباتات ذوات الفلقتين وعاريات البذور .

تبدأ تفرعات الجذر في منطقة النضوج Region of maturation ويتكون الجذر في هذه المنطقة من عدة طبقات هي ، ابتداءاً من الخارج نحو المركز ، طبقة البشرة Epidermis التي هي نسيج واقٍ مكون من طبقة واحدة من الخلايا المرصوفة والمتراصة وهي خالية من الكيوتكل Cuticle بغية تسهيل عملية الامتصاص . تلي البشرة منطقة كثيفة نوعاً ما تدعى بالقشرة Cortex مكونة من خلايا برنكيمية Parenchyma cells محدودة التميز وذات مسافات بينية

واضحة ، علماً بأن الطبقة الاخيرة من خلايا القشرة غالباً ماتتميز بشكل صف مفرد من الخلايا تدعى القشرة الداخلية Endodermis . ومما تجدر الاشارة اليه ان قشرة الجذر تخلو من الخلايا الكولنكيمية Collenchyma cells كما تخلو من الخلايا الكلورنكيمية Chlorenchyma cells الحاوية على البلاستيدات الخضر . ويطلق على ماتبقى من أنسجة الجذر الواقعة داخل القشرة الداخلية مصطلح الاسطوانة المركزية Central cylinder . وتشمل الاخيرة الدائرة المحيطية Pericycle والاسطوانة الوعائية Vascular cylinder بما في ذلك اللب Pith في حالة وجوده . وتلعب الدائرة المحيطية دوراً مهماً في نشوء الجذور الجانبية (الثانوية) كما وينشأ منها جزء من الكامبيوم الوعائي Vascalur Cylinder اضافة الى الكامبيوم الفليني Cork cambium الذي ينشأ في الجذر من هذه الطبقة .

يظهر في النباتات التي يحصل فيها تسمك أو نمو ثانوي نسيج مرستيمي ثانوي بشكل اسطوانة متصلة في الغالب تحيط بالخشب يدعى الكامبيوم الوعائي Vascular cambium . ففي الوقت الذي يكون فيه المرستيم القمي مسؤولاً عن النمو والاتساع الطولي Linear growth للاعضاء النباتية ، يكون الكامبيوم الوعائي مسؤولاً عن النمو القطري Radial growth الذي يزيد في تسمك هذه الاعضاء ، وذلك عن طريق اضافة خشب ثانوي Secondary xylem الى الداخل ولحاء ثانوي Secondary phloem الى الخارج مما يسبب الزيادة القطرية في الجذور التي يحصل فيها نمو ثانوي ، او الاعضاء الاخرى التي يحصل فيها مثل هذا النمو .

٢ ـ الساق The stem

تتميز السيقان بصورة عامة عن الجذور بوجود العقد Nodes والسلاميات Internodes والاوراق Leaves والبراعم Buds والملحقات الاخرى كالحراشف Scales . وتتباين السيقان في اشكالها وحجومها وغير ذلك بما يتلاءم ووظائفها والبيئة التي تعيش فيها . فمن السيقان المحورة الابصال Bulbs والدرنات Tubers والرايزومات Rhizomes والسيقان الغضة Succulent والسيقان الشوكية وغيرها . وكما تتميز السيقان في مظهرها الخارجي فإنها تتميز كذلك في تشريحها الداخلي . تقوم الساق بحمل الاوراق وتعريضها لأشعة الشمس والهواء بالطريقة الملائمة لنوع النبات ومعيشته . تنتهي قمم الساق بالمرستيمات القمية الساقية التي تنقسم خلاياها معطية مشتقات تندفع نحو الاسفل وتندفع هي بالاتجاه المعاكس للجاذبية الارضية عادة . هذا وتقوم الساق بتوصيل الماء والمواد المذابة فيه وكذلك

الغذاء من وإلى أعضاء النبات المختلفة . وتقوم بعض السيقان بخزن الغذاء كما في الكلم **Brassiea olearaceae** var. **gongyldes** ، وخزن الماء كما في الصبير او التين الشوكي **Opuntia** . وتقوم السيقان الفتية بعملية التركيب الضوئي بسبب احتواء خلايا الطبقات الخارجية من قشرتها على بلاستيدات خضراء Chloroplasts بوفرة .

تتميز القمة النامية للساق بعدم انتظامها بسبب وجود الاصول أو البادئات الورقية Leaf primordia والبادئات البرعمية Budprimordia وهي لاتغلف بقلنسوة ، وغالباً ماتغلف هذه القمم عندما تكون في البراعم بأوراق حرشفية محورة أو شعيرات لحماية المرستيمات القمية . عند فحص قطاع مستعرض للساق على مسافة أسفل القمة النامية أو في منطقة النضوج يمكن تمييز الانسجة التالية من الخارج نحو المركز . نسيج البشرة Epidermis المغطاة بالكيوتين Cutin التي هي مادة مقاومة جداً وذات طبيعة دهنية شمعية اما ان تتخلل جدران خلايا البشرة ، او تكون بهيئة طبقة مستمرة يطلق عليها الادمة Cuticle التي تشكل الطبقة السطحية الشمعية التي تغطي بشرة السيقان الفتية والاوراق . ويختلف سمك طبقة الادمة باختلاف الظروف البيئية للنبات . وهذه الادمة غير منفذة للماء والغازات لذا يتم تبادل الغازات وتبخر الماء عن طريق الثغور Stomata التي ستوصف في مكان آخر من هذا الكتاب . وغالباً مايعلو الكيوتكل مختلف أنواع الملحقات المشتقة من البشرة Indumentum . تلي البشرة الى الداخل طبقة القشرة Cortex التي تضم انواعاً مختلفة من الانسجة تتباين في المواقع والوظائف أهمها النسيج البرنكيمي Parenchyma والكولنكيمي Collenchyma والسكلرنكيمي Sclerenchyma . يقوم النسيج البرنيكمي بعملية الخزن ، كما يقوم بعملية التركيب الضوئي Photosythesis في حالة احتوائه على بلاستيدات خضر حيث يطلق عليه في الحالة الاخيرة النسيج الاخضر Chlorenchyma . اما النسيجان الكولنكيمي والسكلرنكيمي فيقومان بوظيفية دعامية Support بسبب تثخن جدران خلاياهما وذلك بطريقة تنسجم مع الوظيفة التي يؤديها كل منهما .

وتجدر الاشارة الى ان منطقة القشرة تكون في الساق أضيق منها في الجذر كما أنها تخلو عادة من القشرة الداخلية Endedermis وفي حالة تميز الطبقة الداخلية لقشرة الساق عن باقي الطبقات فيطلق عليها عندئذٍ مصطلح الغلاف النشوي Starch sheeth .

تقع الاسطوانة المركزية الى الداخل من القشرة وتضم الانسجة الوعائية ،وتكون الانسجة الوعائية منتظمة بشكل عام بهيئة اشرطة Strands في الاجزاء الفتية للساق تدعى الحزم الوعائية Vascular bundles . تترتب الحزم الوعائية في

سيقان ذوات الفلقتين في حلقة واحدة عادة تفصل بين القشرة واللب ، أما في ذوات الفلقة الواحدة فتنتشر الحزم بصورة عشوائية مما لايتم معه تميز النظام النسيجي الاساسي هذا الى قشرة ولب . وتتميز الحزم الوعائية في ذوات الفلقة الواحدة بكونها مغلقة Closed لخلوها من الكامبيوم الحزمي بينما تكون الحزم الوعائية في ذوات الفلقتين من النوع المفتوح Opened vascular bundle لاحتوائها على الكامبيوم الحزمي Fascicular cambium .

لدى حصول النمو الثانوي تتهشم البشرة فيعوض عنها بطبقة البشرة المحيطة Periderm التي تمثل النظام النسيجي الضام الثانوي . وتتألف البشرة المحيطة من ثلاث طبقات هي من الخارج الى الداخل الفلين Phellem والكامبيوم الفيليني Phellogen والقشرة الثانوية Phelloderm . وتتميز البشرة المحيطة بكونها خارجية المنشأ Exogenous في الساق لنشوئها من المناطق الخارجية للقشرة أو من البشرة بينما تكون داخلية المنشأ Endogenous في الجذر لكونها تنشأ في الاخير من الدائرة المحيطة Pericycle . وبسبب تكون طبقة الفلين غير المنفذة للسوائل والغازات فإن البشرة الثانوية تمتلك العديسات Lenticels لتقوم مقام الثغور في عملية التبادل الغازي .

٣ ـ الورقة The leaf

تتميز الورقة في النباتات الزهرية بوضوحها واتساعها أو انبساطها عادة وكفاءتها في وظيفتها الرئيسية وهي التركيب الضوئي Photosynthesis . تحدث هذه العملية الحيوية المهمة جداً للنباتات وللحياة ككل داخل عضيات Orgaelles خلوية خاصة هي البلاستيدات الخضر Chloroplasts التي تحتوي على المادة الخضراء Chlorophyll . والورقة مكيفة تركيبياً ووظيفياً لهذه العملية ، فانبساط نصل الورقة Blade وترتيب الاوراق المعرضة للجو بنظام خاص ومواقع معينة، ورقة النصل الورقي ووجود الثغور كل ذلك يسهل عملية تغلل الاشعة الشمسية الى داخل جميع خلايا الورقة ، ويسهل عملية التبادل الغازي Gas exchange في عمليات التركيب الضوئي والتنفس Respiration والنتح Transpiration . للورقة بشرتان عليا Upper epidermis وسفلى Lower epidermis تحيطان بنسيج برنكيمي متوسط Mesophyll تتخلله حزم وعائية بشكل عروق Veins ذات انظمة خاصة في انتشارها وتفرعاتها في نصل الورقة . غالباً مايتميز للورقة حامل Petiole له اشكال وابعاد مختلفة باختلاف الانواع . وقد يلحق بالورقة اذينات Stipules تتصل بحامل الورقة ، اما اذا امتدت من قاعدة النصل الورقي زوائد جانبية فتسمى هذه الزوائد بالاذينات النصلية Auricles وتكون باشكال

وابعاد مختلفة كذلك . لبشرة الورقة معقدات ثغرية Stomatal Complexes مختلفة الاشكال والانظمة والمواقع والاعداد في الانواع النباتية المختلفة ، وخلايا بشرية اعتيادية Ordinary epidermal Cells . وتتحكم الخلايا الحارسة في فتح وغلق الثغور مما يترتب عليه التحكم في عملية النتح وعمليات التبادل الغازي الاخرى . تنتشر الثغور Stomata على بقية الاعضاء والاجزاء النباتية الفتية المعرضة للضوء وبأنظمة وأعداد وأشكال متغايرة حسب الموقع . فهي توجد على السيقان الفتية وملحقاتها وعلى الأذينات وحوامل الأوراق والأزهار ومختلف الأعضاء الزهرية وملحقاتها ايضاً وعلى الاثمار الفتية كذلك .

يتألف النسيج المتوسط Mesophyll للورقة في ذوات الفلقتين من خلايا حشوية Parencphyma Cells متطاولة متراصة عمودياً على خلايا البشرة وذات اعداد كبيرة من البلاستيدات الخضراء يطلق عليها الخلايا العمادية Palisade Cells . اما بقية الخلايا البرنكيمية في النسيج المتوسط فهي خلايا ذات مسافات بينية واسعة وتكون غير منتظمة الاشكال وذات بلاستيدات أقل كثافة عادة من الخلايا العمادية وتعرف بالخلايا الاسفنجية Spongy cells .

وقد توجد الخلايا العمادية تحت البشرة العليا فقط وهي الحالة الغالبة حيث تدعى الورقة Unifacial leaf أي ذات الوجه المفرد ، أو ان توجد تحت البشرة العليا والسفلى وتدعى الورقة عندئذ ذات الوجهين Bifacial . تقوى الورقة احياناً ببعض الخلايا السميكة الجدران والمتخشبة كالخلايا المتصلبة Sclereids في النسيج المتوسط كما في الاوراق المتصلبة Sclerophylls .

٤ ـ الزهرة The flower

الزهرة هي غصن محور لانجاز وظيفة التكاثر الجنسي في مغطاة البذور Angiosperms أو النباتات الزهرية Anthophyta . وتنشأ الزهرة وتتكشف من برعم زهري وقد تتكشف من قمة ساقية خضرية Vegetative shoot apex بعد أن تعاني تغيرات معينة وتحت ظروف محددة . وتتألف الزهرة من أوراق غلافية عقمية تتمثل بحلقة أو أكثر تدعى بالغلاف الزهري Perianth ، الخارجية منها تدعى بالأوراق الكاسية Sepals التي يطلق عليها مجتمعة مصطلح الكاس Calyx . وحلقة أو اكثر داخلية تدعى بالأوراق التويجية Petals التي تسمى مجتمعة التويج Coralla . وتكون الاوراق الكأسية خضراء اللون عادة أما الاوراق التويجية فتكون ملونة وجذابة في الغالب . وقد تلحق بالاوراق الغلافية للزهرة ملحقات Appendages مختلفة الاشكال والالوان والمواقع . قد لا تتميز

الاوراق الغلافية بعضها عن البعض الآخر أي أن الحلقة الخارجية والحلقة الداخلية للغلاف الزهري تكون ذات وحدات متشابهة كما في العديد من ازهار ذوات الفلقة الواحدة ، ويطلق على مثل هذه الاوراق التي لاتتميز الى اوراق كاسية ولا الى اوراق تويجية مصطلح Tepals . تسمى الاوراق الغلافية المتشابهة مجتمعة Perigone . للاوراق الغلافية ، سواءاً تميزت الى اوراق كاسية واوراق تويجية أو تشابهت ، اهمية تصنيفية كبيرة في عزل مختلف المراتب التصنيفية خصوصاً العائلات Families والرتب Orders . ولا يفوتنا أن نذكر ان الغلاف الزهري قد يفقد كلياً من الزهرة فتسمى الزهرة حينئذ عارية Naked flower ، أو جزئياً ، كفقدان الحلقة الخارجية أو الحلقة الداخلية ، فتسمى الزهرة بناقصة Incomplete flower ، هذا وقد تتضاعف حلقات الغلاف الزهري فتصبح اكثر من حلقتين كما في نباتات من جنس **Jasminum** الذي تعرف بعض انواعه ياسمين ورازقي .

وللزهرة اوراق محورة أو تراكيب خصبة تمثل الاعضاء الزهرية التكاثرية تقع الى الداخل من الغلاف الزهري الذي يحفظها و يحافظ عليها قبل تفتح الزهرة الخارجية منها تسمى الاسدية Stamens أو جهاز التذكير Androecium والداخلية التي تحتل مركز الزهرة تمثل الكربلات Carpels أو جهاز التأنيث او المتاع Gynoecium . فالزهرة الكاملة Perfect flower تمتلك الكاس والتويج والاسدية والكربلات ، وقد تغيب واحدة أو اكثر من الحلقات الزهرية فتوصف الزهرة بكونها غير كاملة Inperfect flower ان فقدان أي من الحلقات الخصبة . تتألف السداة النموذجية الحديثة من حامل رفيع عادة يدعى الخويط Filament يحمل تركيباً كيسياً منتفخاً تتكون فيه حبوب اللقاح يدعى المتك Anther . تقع الاسدية في الزهرة الى الداخل من حلقة التويج ولها اعداد واشكال والوان مختلفة باختلاف انواع الازهار وتتألف من دائرة (حلقة) واحدة أو اكثر ، وقد تلحق الاسدية بملحقات مختلفة الاشكال والالوان والمواقع . قد يكون المتاع بسيطاً اذا تكون من كربلة واحدة ، والكربلة هي ورقة سبورية محورة واحدة كتلك التي تمتلكها زهرة البقوليات Legumes ، أما عندما يتألف المتاع من اكثر من كربلة واحدة فيدعى مركباً أن اتحدت هذه الكربلات وكونت مدقة Pistil مركبة واحدة في الزهرة المفردة ، أو أن تكون للزهرة الواحدة مجموعة كربلات بسيطة سائبة تتجمع في مركز الزهرة أي عدة مدقات بسيطة . للمدقة الحديثة سواءاً كانت بسيطة أو مركبة ثلاثة اجزاء عادة ، جزء قاعدة منتفخ يدعى بالمبيض Ovary تتكون فيه البيوض Ovules له ردهة Locule واحدة أو اكثر ، وللردهة الواحدة بيضة واحدة أو اكثر . يعلو المبيض تركيب نحيف اسطواني عادة يدعى

بالقلم Style يمر من خلاله الانبوب اللقاحي Pollen tule النامي بعد عملية التلقيح Pollination واصلاً الى بيوض المبيض ، وينتهي القلم بتركيب قمي متميز عادة يسمى الميسم Stigma له اشكال والوان وتحورات مختلفة مهمة تصنيفياً . يقوم الميسم باستلام حبوب الطلع Pollen التي تتجانس مع سطحه وسائله فقط ، ويساعد السائل الميسمي Stignatic fluid الذي يفرزه الميسم على التصاق هذه الحبوب ونموها عليه مرسلة الانابيب اللقاحية الحاملة للامشاج الذكرية Male gametes عبر القلم الى المبيض ثم البيوض لتتم عملية الاخصاب Fertilization . أما عملية انتقال حبوب الطلع من المتلك الى الميسم فتدعى بالتلقيح Pollination . تتم العملية الاخيرة عن طريق الهواء أو الحيوانات أو بطرق اخرى . تتكون البيضة المخصبة Zygote بعد عملية الاخصاب وعند هذه المرحلة تبدأ الكربلات بالنمو وتتكون الثمرة عند نضوج المبيض وتتحول البيوض الى بذور .

بما أن الاوراق والأجزاء الزهرية العقيمة منها والمخصبة هي تراكيب ورقية محورة ومتخصصة للزهرة فهي تتخذ نفس الاساس في تراكيبها النسيجية الداخلية فلكل ورقة زهرية محورة بشرتان خارجية وداخلية (تقابل العليا والسفلى في الورقة الخضرية) عدا الاجزاء الاسطوانية وشبه الاسطوانية من الزهرة كالخويط والقلم ، ونسيج متوسط تتخلله عروق أي حزم وعائية . أما تفاصيل بشرة الاجزاء الزهرية وانسجتها الاخرى فتختلف بسبب طبيعة تحور هذه الاجزاء ووظائفها .

الباب الاول
SECTIONT 1

الخلية النباتية
THE PLANT CELL

الفصل الأول : جدار الخلية
الفصل الثاني : المحتويات غير الحية للخلية
الفصل الثالث : المحتويات الحية للخلية النباتية

يختص أحد فروع علوم الحياة بدراسة الخلية من حيث تركيبهـــا وطبيعة مكوناتها وطرق انقسامها والمحتويات المختلفة لها سواء كانت حية protoplasmic أو غير حية mon-protplasmic ويسمى هـــذا الفرع بعلم الخلية Cytology

وفيما يلي شرح موجز لتركيب الخلية النباتية مع التأكيد على تركيب جدار الخلية بالنظر لما لهذا التركيب من أهمية خاصة بالنســبة لتشريح النبات ٠

وتعتبر الخلية وحدة التركيب والوظيفة في سائر الكائنات الحية وان كانت هناك حالات خاصة- كما في بعض الطحالب- لايتركب جسم النبات فيها من خلايا وانما يتكون من قنوات متصلة على شكل مدمج خلوي Coenocyte تنتشر الانوية داخله خلال السيتوبلازم دون وجود جدران أو حواجز داخلية٠ كما ان هناك بعض النباتات الاولية التى يتركب فيها جسم النبات من خلية واحدة تقوم بجميع الوظائف الحيوية ٠

وتتركب الخلية النباتية باستثناء بعض الحالات القليلة كالامشاج Gametes من جـــدار يحيط بجزء من البروتوبلازم داخلـــه يسمى بروتوبلاست Protoplast بحيث يمكن اعتبار الخلية مكونة من جزءين رئيسين هما الجدار والبروتوبلاست ٠

ويعتبر وجود جدار صلب غير حي حاو على مـادة السليولوز عادة صفة مميزة للخلايا النباتية حيث ان الخلايا الحيوانية تفتقر لمثل هـذا الجدار الحقيقي بل تكون محاطة بغلاف أو غشاء بلازمي حي ٠ كمـــا وينعدم الجدار في بعـــض الخلايـــا كخلايـــا السبورات المتحركـــة Motile spores في الطحالب والفطريات، وخلايا الامشاج Gametes

في سائر النباتات . وكذلك في حالة النباتات التي يكون الجسم النباتي فيها كلياً او جزئياً مؤلفاً من مدمج خلوي Coenocyte .

وبالرغم من ان جسم النبات يبدو وكأنه مكون من وحدات منفصلة عن بعضها هي الخلايا الا انه قد ثبت ان الخلايا الحيـــة جميعها تكون متصلة فيما بينها بواسـطة خيوط بروتوبلازمية دقيقة تمر خلال جدر الخلايا تسمى الروابط البلازمية Plasmodesmata ويعتقد انه عن طريق هذه الروابط تعتبر المادة الحية في جسم النبات وكأنها وحـدة مستمرة ومتصلة . لذا فان النظرية الحيوية Organismal theory لا تتفق مع النظرية الخلوية Cell theory في أحد مضامينها الذي يتضمن أن الخلية هي وحدة الوظيفة في الكائنات الحية ، اذ ان النظرية الحيوية ترى ان وحدة الوظيفة تكمن في مجمل المادة الحية للكائن الحي ، وليس في اجزاء بروتوبلازمية منفصل بعضها عن البعض الاخر بهيئة خلايا وهو المضمون الذي تؤكد عليه النظرية الخلوية .

ويحتوى البروتوبلاست على مكونات حية ومكونات غير حية .

وتتركب المكونات الحية للخليـــة Living cell components مما يأتي :ـ

١ـ السايتوبلازم Cytoplasm

٢ـ النـــواة Nucleus

٣ـ البلاستيدات Plastids

٤ـ الميتوكوندريا Mitochondria

٥ـ الشبكة الاندوبلازمية Endoplasmic reticulum

٦ـ الرايبوسومات Ribosomes

٧ـ الدكتيوسومات Dictyosomes (او اجسام كولجي Golgi bodies)

اما المكونات غير الحية للخلية فتشمل بالاضافة الى الجدار الخلوي :

الفجوة العصارية Vacuole ، حبيبات النشا Starch grains ، والقطرات الزيتية Oil droplets والبلورات Crystals ، الحبيبات البروتينية أو الاليرونية Aleurone grains

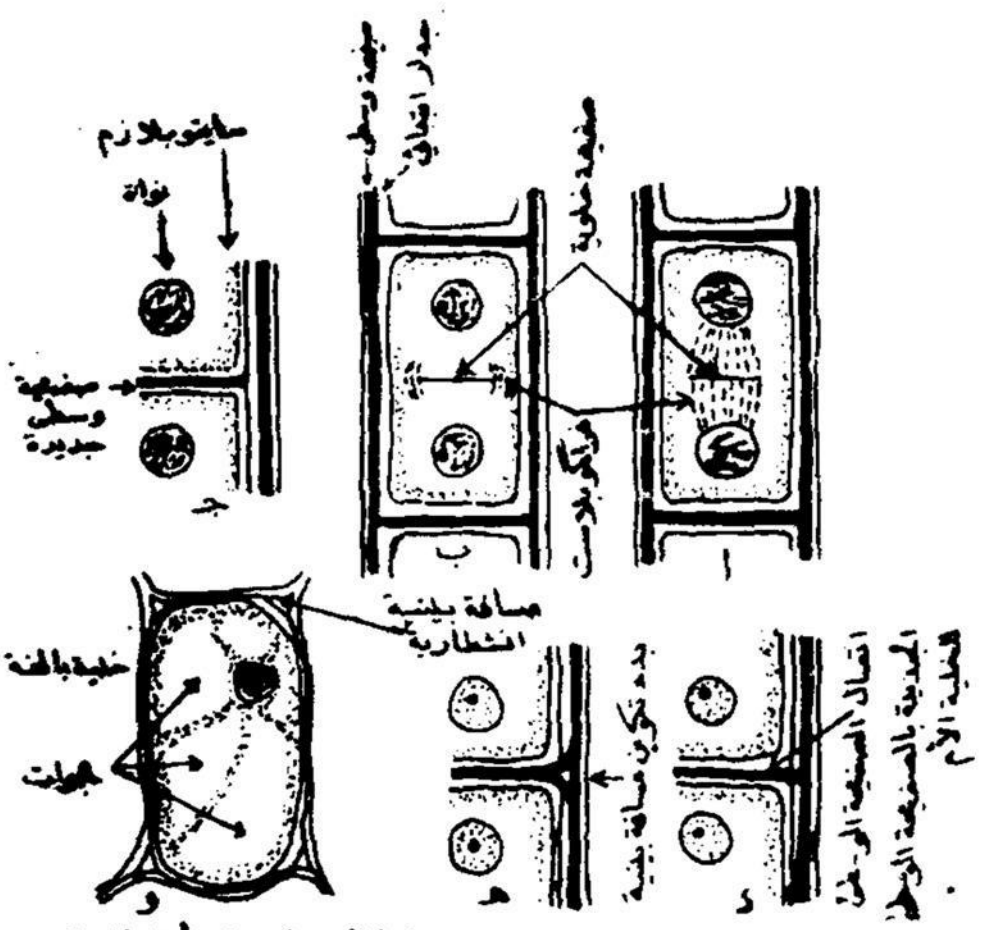
الفصل الاول
CHAPTER 1
جـدار الخليـــة
THE CELL WALL

يوصف الجدار في الخلية النباتية بأنه: جدار حقيقي ميت يتميـز بوجود مادة السليولوز التى تخلو منها الخلايا غير النباتية ويتكون جدار الخلية نتيجة لنشاط بروتوبلاست الخلية ، ولكنه من اجزائها الميتة فهو طبقة غير حية تحيط بالخلية • أما تمدد الجدار واتساعه اثناء نمو الخلية فلا يعتبر بأي حال من الاحوال دليلا على حيويته فهو في هذه المرحلة مـن عمر الخلية يكون رقيقا وقابلا للتمدد لذا فهو يتسع نتيجـة لازدياد حجم ونمو بروتوبلاست الخلية • ويكون الجدار عند بدء تكوينه رقيقـا للغاية ولكن تحدث له بعد ذلك عدة تغيرات سواء في السمك أو في تركيبه الكيميائي •

ويظهر الجدار الخلوي مباشرة بعد الانقسام بشكل منطقة داكنـــة تتكون عند خط استواء المغزل Equator ويطلق عليها اسم فراكموبلاست أو الجسم البرميلي Phragmoplast (شكل ١ ـ ١)

وخلال الفراكموبلاست يظهر الجدار بشكل صفيحة رقيقة تسمى الصفيحة الخلوية Cell plate تكون في البداية في وضع مركزي ثم تمتد تدريجيا نحو الخارج Centrifugal الى أن تصل الى جدار الخلية الام ، وتسمى حينئذ بالصفيحة الوسطى Middle lamella وتتكون الصفيحة الوسطى أساسا من بكتات الكالسيوم والمغنسيوم •

ويقوم بعد ذلك البروتوبلاست بترسيب غشاءين رقيقين على جهتي الصفيحة الوسطى يكونان مايسمى الجدار الابتدائي Primary cell wall وعندما تصل الخلية الى كامل نضجها قد يندمج الجدار الابتدائي



شكل (١-١) خطوات تكوين المسافات البينية الأنشطارية

بالصفيحة الوسطى فيطلق عليه عندئذ اسم الصفيحة الوسطى المركبة Compound middle lamella وللتمييز بين الصفيحة الوسطى المتكونة أصلا والمتميزة عن الجدار الابتدائي وتلك التي اندمجت مع الجدار الابتدائي فقد استعمل لفظ الصفيحة الوسطى البسيطة Simple middle lamella للاولى والصفيحة الوسطى المركبة Compound middle lamella للثانية وتكون الصفيحة الوسطى المركبة في هذه الحالة ثلاثية الطبقة 3-layered.

وفي حالات كثيرة يحدث تغلظ اخر يضاف الى الجدار وذلك بعد وصول الخلية الى كامل نضجها هذا التغلظ يكون جداراً آخر فوق الجدار الابتدائي يعرف بالجدار الثانوي Secondary cell wall الذي يتكون في بعض الخلايا النباتية .

وقد يبدو الجدار الثانوي متميزا بسهولة عن الجدار الابتدائي أو عن الصفيحة الوسطى المركبة الا انه في بعض الحالات يندمج الجـــدار الثانوي بالجدار الابتدائي ولايمكن تمييزه عنه وعندئذ يمكن ان يطلق اسم الصفيحة الوسطى المركبة على الجدارين معاً اضافة الى الصفيحة الوسطى وتصبح الصفيحة الوسطى المركبة في هذه الحالة خُماسية الطبقة 5-layered .

طبقـات الجـــدار Wall Layers

يتميز جدار الخلية النباتية في كثير من الاحيان الى طبقات يختلف بعضهـا عن بعض في كثير من الوجوه بما في ذلك التركيب الكيمياوي. نسبة الماء وبعض الصفات الفيزيائيـة كتأثير الضوء المستقطب Polarized light عليها .

وعلى هذه الاسس يمكن تمييز الطبقات التالية في الجدار الخلوي :ـ

١ ـ الصفيحة الوسطى Middle Lamella

ويطلق عليها ايضا المادة البينية Intercellular substance التى تقوم بربط الجدارين الابتدائيين المتصلين بها .. وتتركب الصفيحة الوسطى بشكل أساس من بكتات الكالسيوم والمغنسيوم الا انها قد تحتوى على مواد اخرى مثل اللكنين كما في العناصر الناقلة في الخشب . وتبعـا لتأثيرها على الضـوء المستقطب Polarized light توصف الصفيحة الوسطى بكونها غير فعالة ضوئيا Optically inactive أو متجانسة isotropic

٢ ـ الجدار الابتدائي Primary Cell Wall

يمثل الجدار الابتدائي أول جزء من الجـدار يضاف من قبـل البروتوبلاست على الصفيحة الوسطى وتحصل اضافته في المراحل التى تكون

فيها الخلايا لا زالت في حالة نمو في السطح وفي الحجم · ويتكون الجدار الابتدائي من مواد بكتية Pectic substances وسليولوز ومواد غير سليلوزية متعددة السكريات Non-cellulosic polysaccharides ومواد اخرى ·

وبالنظر لوجود مادة السليولوز في الجدار الابتدائي فانه يوصف بكونه فعال ضوئيا optically active أو غير متجانس ضوئيا Anisotropic وذلك بسب وجود الياف السليلوز مرتبة بشكل منسق (شكل ١ـ٢) مما يؤدي الى انحراف الضوء المستقطب عند مروره خلالها ·

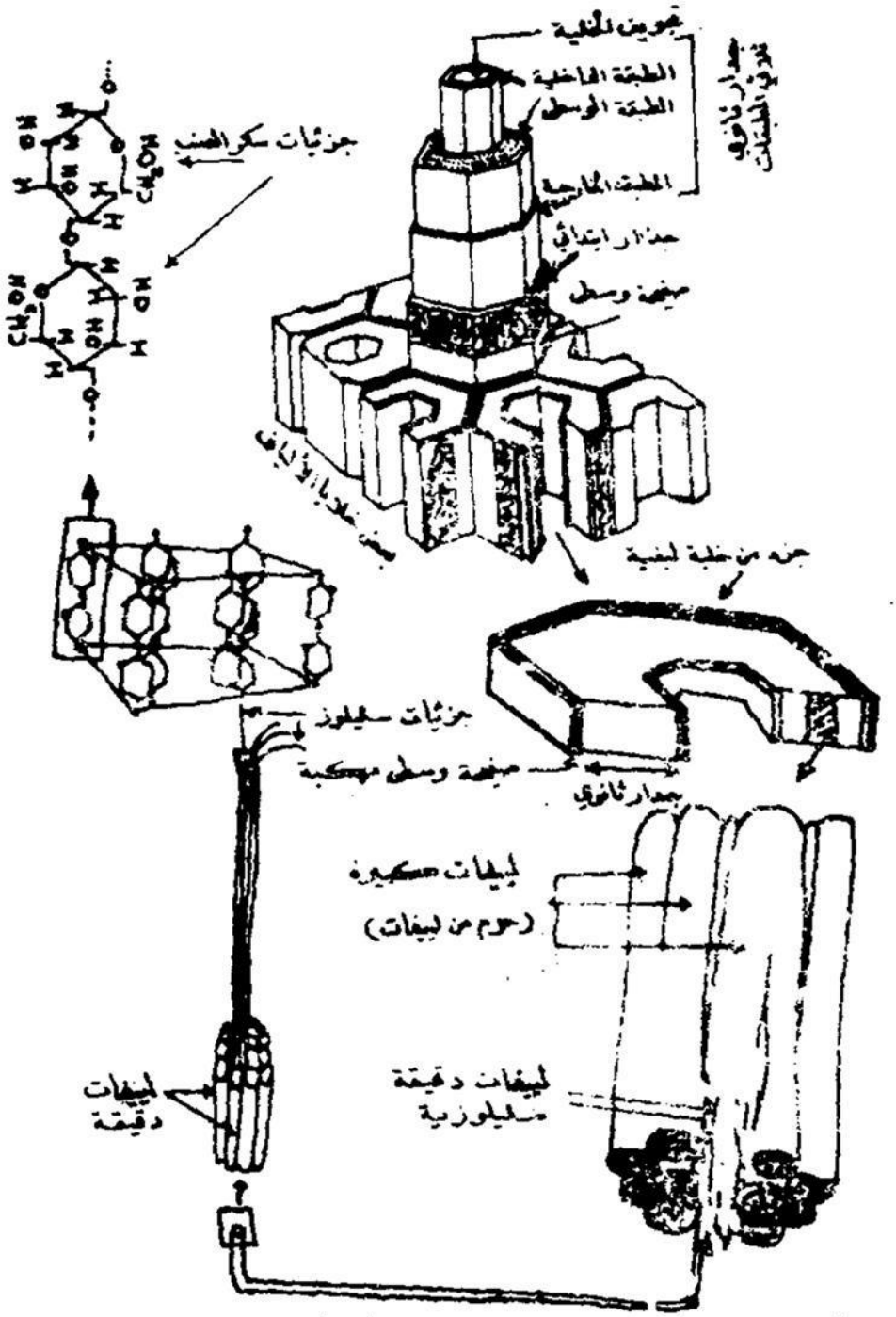
لقد أظهرت الدراسات بالمجهر الالكتروني أن السليلوز في الجدار يكون على هيئة حزم من لييفات يطلق عليها اللييفات الكبيرة Macrofibrils وتتكون الاخيرة بدورها من مجموعة من وحدات اصغر يطلق على كل منها لييفة دقيقة Microfibril · وفي السليلوز المتبلور Crystalline cellulose تكون اللييفات الدقيقة متوازية مع بعضها ، غير أنها لا تكون كذلك في السليلوز غير المتبلور ·

وفي الجدار الابتدائي للخلايا التى تميل للاستطالة يكون اتجاه اللييفات الدقيقة بصورة مستعرضة ، اما في الخلايا التى تميل الى الشكل الكروي فتكون اللييفات على هيئة شبكة متداخلة مما يقلل من فاعليتها في حرف الضوء المستقطب · اما في الجدران الثانوية فتكون اللييفات الدقيقة متوازية ومائلة على اتجاه المحور الطولي · كما انها تختلف عادة في الطبقات المختلفة للجدار الثانوي ·

وتتألف كل لييفة دقيقة من حزمة من الوحدات ، تمثل كل وحدة سلسلة من جزيئات السليلوز (شكل ١ـ٢) ·

ان نسبة السليلوز المتبلور crystalline cellulose في الجدار الابتدائي تكون قليلة مقارنة مع السليلوز غير المتبلور Amorphous cellulose

لذا تكون طبيعته مرنة ، بينما تزداد نسبة السليلوز المتبلور في الجدار الثانوي حتى قد تصل الى ٩٠٪ من مجموع السليلوز .



شكل (١-٢) تفاصيل طبقات الجدار في الألياف على مختلف مستويات التنظيم

وعلى نفس الاساس تعتبر الصفيحة الوسطى متجانسة ضوئيا

isotropic او غير فعالة ضوئيا Optically inactive وذلك لكونها مكونة من مادة البكتات التى ليس لها صفات بلورية كما هى الحال في تناسق جزيئات الكلوكوز في مادة السليلوز لذا فلا يحصل انحراف للضوء المستقطب عند مروره خلالها ٠

ويوجد الجدار الابتدائي في سائر الخلايا النباتية وقد يبقى هو الجدار الوحيد في الخلية كما في حالة الخلايا المرستيمية Meristematic cells ومعظم الخلايا البرانكيمية Parenchyma والخلايا الكولنكيمية collenchyma ومعظم خلايا البشرة Epidermis

ويتميز الجدار الابتدائي بكونه يحيط عادة بخلايا تبقى حية وفعالة بعد النضج وذلك عندما يبقى هو الجدار الوحيد بالخلية ٠ كما أنه يتميز بانه رقيق نسبيا الا في حالات خاصة ٠ وعند وجود تراكيب شبيهة بالنقر في الجدار الابتدائي ، يطلق عليها حقول النقر الابتدائية ٠ Primary pit fields

الجدار الثانوي Secondary Cell Wall

وهو الجدار الذى يضاف على الجدار الابتدائي في بعض أنواع من الخلايا وذلك بعد اكتمال النمو السطحي والحجمي للخلية ، أي أن تكوين الجدار الثانوي يبدأ بعد وصول الخلية الى حجمها النهائي ٠ كما انه يتميز بكونه يزيد في سمك الجدار بصورة مطردة دون ان يحدث زيادة في سطح الجدار ٠

والمواد التى تدخل في تركيب الجدار الثانوي تتكون من السليلوز cellulose الذى يؤلف في الغالب الجزء الاكبر من الجدار والسكريات المتعددة غير السليلوزية noncellulosic polysaccharides هذا بالاضافة الى مواد اخرى مثل اللكنين lignin والسوبرين Suberin ويتميز الجدار الثانوي بخلوه من المواد البكتيه، الحقيقية True pectic substances

ويوصف الجدار الثانوي عادة بانه مرّ بتغيرات غير عكسية

Irreversible changes في السمك وفي التركيب الكيميائي خلافا لما يحدث بالجدار الابتدائي حيث يمكن ان يتغير سمك الجدار أو تركيبه الكيميائي ، لذا توصف التغيرات الحاصلة في الجدار الابتدائي بكونها قابلة للانعكاس Reversible .

وغالبا ما يكون الجدار الثانوي مقترنا بخلايا تموت بعد تمام نضجها خلافا لما عليه الحال في الجدار الابتدائي ٠

ويتميز الجدار الثانوي في كثير من الاحيان الى طبقات متميزة كيميائيا وفيزيائيا ويمكن في أحيان كثيرة ملاحظة هذه الطبقات عند فحص الجدار مجهريا بواسطة المجهر المركب الاعتيادي ، كما انها تختلف عن بعضها في اتجاه الليفات الدقيقة عند فحصها بالمجهر الالكتروني ٠

والجدار الثانوي ـ وكذا الجدار الابتدائي ـ يتم تكوينهما والبروتوبلاست مازال حيا ٠٠ اما اذا فقدت الخلية حيويتها فلا يمكن حدوث اية زيادة في سمك الجدار ولا في تركيبه الكيميائي عادة . لذا توصف التغيرات التي تحصل في الجدار الثانوي بكونها غير عكسية Irreversible .

وخلافا لما عليه الحال في الجدار الابتدائي فان الجدار الثانوي يقتصر وجوده على أنسجة وخلايا معينة حيث يوجد في :ـ

١ـ العناصر الناقلة في الخشب Tracheary elements كالاوعية Vessels والقصيبات Tracheids

٢ـ النسيج السكلرنكيمي Sclerenchyma كالالياف fibres والخلايا الصخرية Stone cells

٣ـ بعض الخلايا البارنكيمية كتلك التي في نسيج الخشب ٠

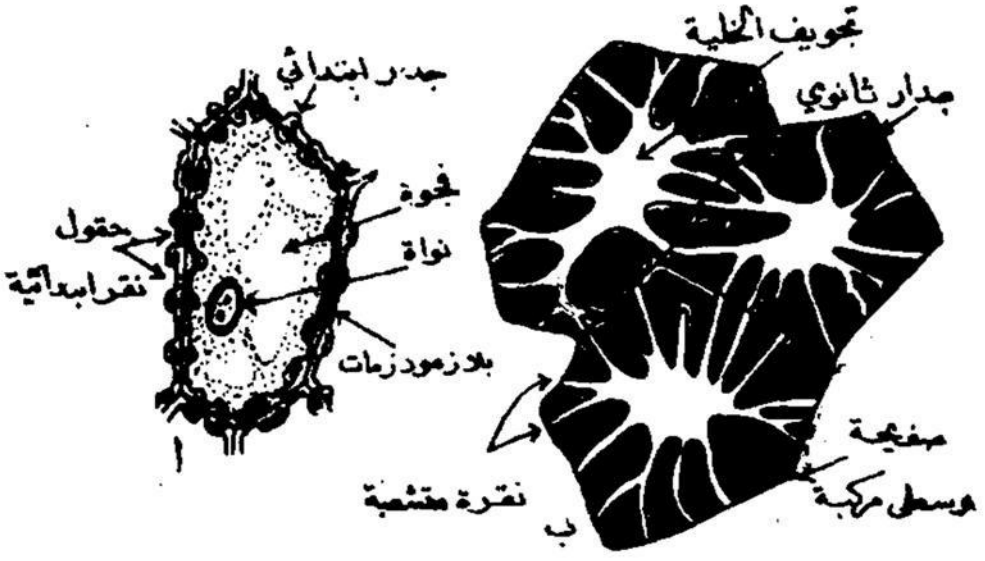
٤ـ النسيج الفليني cork .

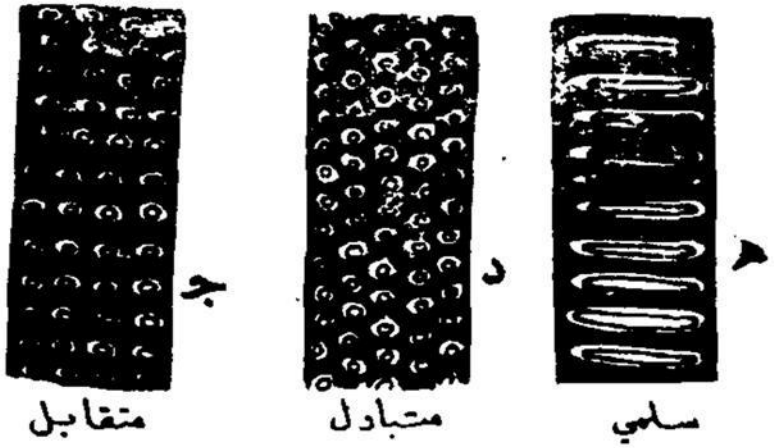
٥ـ في بعض طبقات البشرة كتلك التي في الصنوبريات والنباتات دائمة الخضرة وخلايا الفيلامين Velamen الموجودة في الاوركيدات (السحلبيات) Orchids ، والتي تمثل بشرة مركبة تحاط خلاياها بجدران ثانوية ، وهي موجودة في الجذور الهوائية لهذه النباتات ٠

النقر PITS

تنشأ النقر في بادىء الامر على هيئة ما يسمى بحقول النقر الابتدائية

Primary Pit Fields (شكل ١ـ٣) والتى تظهر بالجدار الابتدائي عند تمدده نتيجة نمو البروتوبلاست وزيادته في الحجم ويزداد وضوحها





شكل (١ـ٣) بعض أنواع النقر وترتيبها

أ- حقول النقر الأبتدائية من بشرة ورقة حرشفية للبصل.
ب- النقر المتشعبة في الخلايا الصخرية لقار المرجان.
جـ ، د ، هـ انواع من ترتيب النقر .

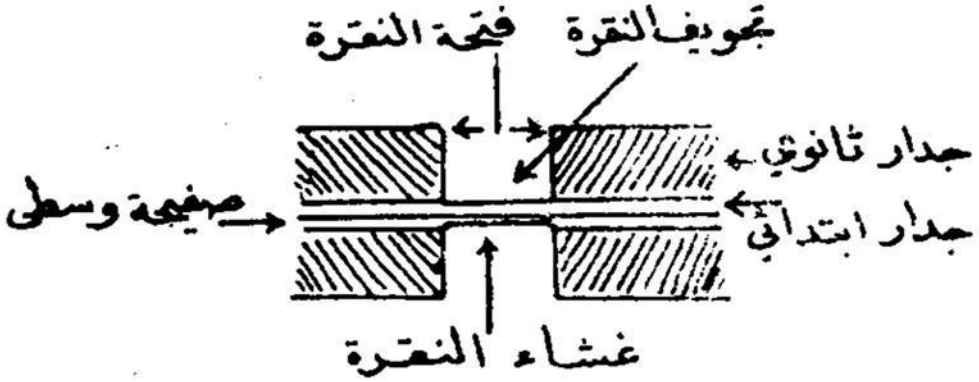
بازدياد الجدار الابتدائي في السمك ، حيث تمثل هذه الحقول مناطق رقيقة

في الجدار الابتدائي · وعندما يتكون الجدار الثانوي تظهر النقر بشكل واضح على هيئة تجاويف أو انخفاضات ·· وعادة تظهر هذه النقر متقابلة في الخلايا المتجاورة ويفصلهما عن بعضهما غشاء رقيق يتألف أساسا من الصفيحة الوسطى · ويسمى التجويف في هذه الحالة بتجويف النقرة Pit cavity ويسمى الغشاء الذى يفصل بينهما بغشاء النقرة Pit membrane · وبعبارة اخرى فان النقرة تتميز فيها التراكيب الاتية (شكل ١ـ٤) :

١ ـ غشاء النقرة Pit membrane المكون من الصفيحة الوسطى وقسم رقيق من الجدار الابتدائي :

٢ـ **تجويف النقرة** Pit cavity يقع بين الغشاء وتجويف الخلية

٣ـ فتحة النقرة Pit aperture وهى الفتحة الموجودة في نهاية تجويف النقرة عند التقائه مع تجويف الخلية Cell lumen



شكل (١ـ٤) تركيب النقرة البسيطة . زوج نقري بسيط يوضح الأجزاء المختلفة للنقرة

انواع النقر Types of Pits

يمكن تمييز الانواع المختلفة من النقر الى ما يأتي :

١ـ .. حقول النقر الابتدائية Primary Pit Fields

وهذه تظهر بالجدار الابتدائي عند تمدده نتيجة نمو البروتوبلاست

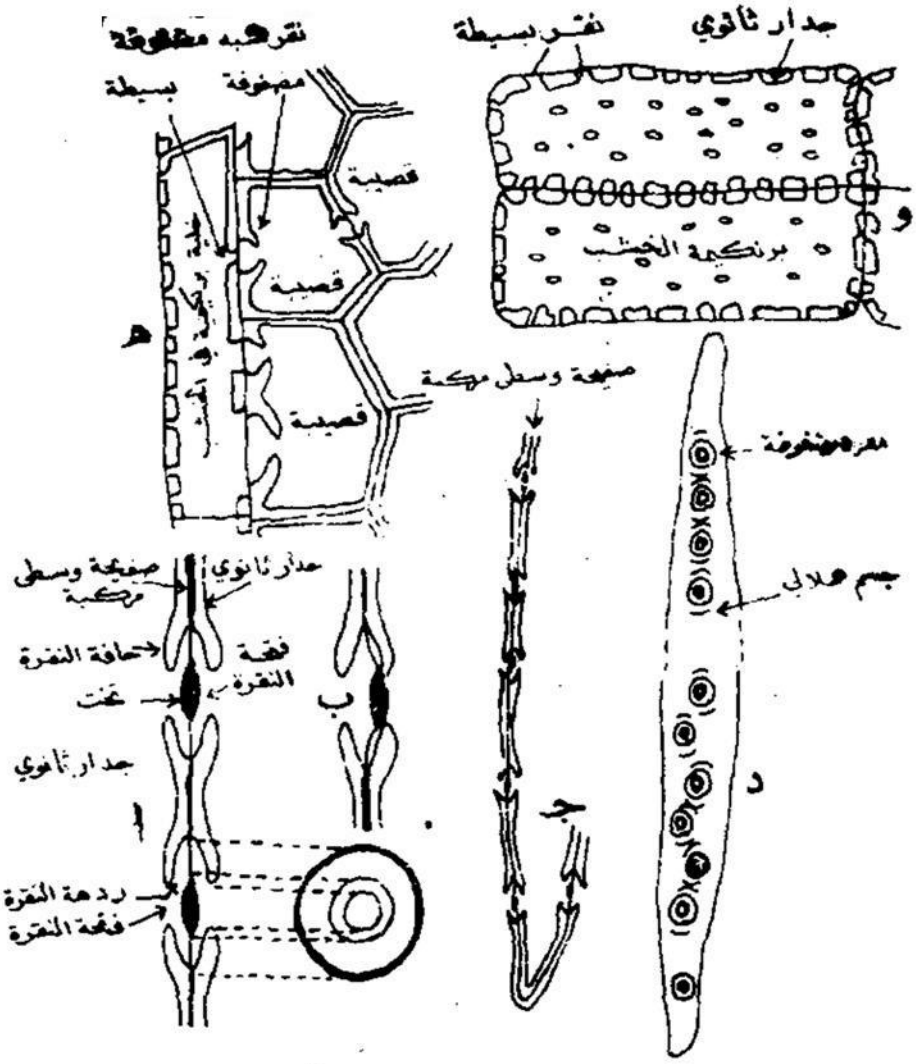
وزيادته في الحجم ويزداد ظهورها بازدياد سمك الجدار (شكل ١ـ١٣)٠ وتبدو حقول النقر الابتدائية في المنظر الجانبي بما يشبه المسبحة حيث يتكون الجدار الابتدائيّ من مناطق رقيقة تمثل حقول النقر الابتدائية ومناطق سميكة على التوالى ٠ وهذه الحقول تظهر بشكل واضح في الخلايا الحية التى لم تتغلظ بعد بجدار ثانوي ٠ وتتميز هـــذه الحقول بوجود روابط بلازمية Plasmodesmata تمر خلالها ٠

٢ ـ النقر البسيطة Simple Pits

يعتبر وجود النقر مميزا للجدران الثانوية ، فان كانت هذه النقر ذات قطر متجانس تقريبا خلال الجدار أطلق عليها اسم النقر البسيطة وتتميز بها التراكيب السابق ذكرها وهى الفتحة والتجويف والغشاء ٠ وتوجد النقر البسيطة في بعض الخلايا البرنكيمية المحتوية على جـدار ثانوي كما انها موجودة في كثير من العناصر الناقلة في الخشب بالاضافة الى وجودها في الالياف وفي أنواع اخرى من الخلايا ٠

٣ ـ النقر المضفوفة Bordered Pits

وهى التى ينفصل فيها الجدار الثانوي عن غشاء النقرة ويمتد الى داخل الخليـــة متدرجا في الرقة ومكونا ما يعـرف بالضفة Border (شكل ١ـ٥) ولا تلتقى حواف الضفة في الوسط بل تظل متباعدة لتكون فتحة مركزية هى فتحة النقرة ٠ كما ان غشاء النقرة قد لا يظل رقيقا بل يتغلظ في الوسط مكونا مايسمى بالتخت Torus ويتخلف مابين الضفة وغشاء النقرة فراغ يعرف بغرفة النقرة Pit chamber أو الردهة ٠ ويكون قطر التخت اكبر قليلا من قطر فتحة النقرة ٠ ويتكون التخت من مواد جدارية ابتدائية ٠ وباستثناء بعض الحالات الشـــاذة فان وجود التخت في النقر المضفوفة يعتبر صفة مميزة للنباتات التالية :ـ



شكل (١-٥) بعض أنواع النقر والتشكيلات النقرية في خشب الصنوبر

ا- زوج نقري مضغوف الوجهين في مقطع طولي مماسي.

ب- نقرة مرتشفة.

جـ- جزء من قصيبة يظهر أزواج النقر المضغوفة في مقطع طولي مماسي.

د- قصيبة تظهر فيها النقر المضغوفة في المظهر السطحي.

هـ- نقر بسيطة مضغوفة وشبه مضغوفة كما تظهر في المقطع المستعرض للخشب

و- نقر بسيطة في المظهر المماسي والسطحي لخلايا برنكيمة الخشب (عن ضيغ مصرف)

١ ـ رتبة الصنوبريات Coniferales

٢ ـ رتبة العلديات Gnetales

٣ ـ رتبة الجنكوالات Ginkgoales

وجميعها من عاريات البذور.

ومما تجدر الاشارة اليه أنه حتى في نباتات هذه الرتب فان وجود

التخت يكون مقتصرا على النقر مضفوفة الوجهين Bordered pit pairs ولا وجود له في النقر نصف المضفوفة ٠

٤ ـ النقر المتشعبة أو القنوية Ramiform or Branched Pits

تظهر هذه النقر عندما يزداد سمك الجدار زيادة كبيرة فان النقر تصبح عميقة وتتخذ شكل قنوات تصل مابين تجويف الخلية وسطحها ٠ وكثيرا ماتكون هذه القنوات متشعبة كما هي الحال في الخلايا الحجرية Brachysclereids (stone cells) الموجودة بشمار المرموط ٠

اقتران النقر Pit Combination

غالبا ما تقترن النقر الموجودة على جانب من الجدار بواحدة أو أكثر من النقر المماثلة أو المغايرة لها على الجانب الاخر ويطلق على النقرتين المقترنتين معا مصطلح الزوج النقري Pit pair ٠ وفيما يلي أهم التشكيلات الناتجة عن اقتران النقر :

١ ـ الزوج النقري البسيط Simple pit pair وفيه تقترن نقرة بسيطة على جانب من الجدار باخرى مماثلة على الجانب الاخر كتلك الموجودة في الخلايا البرنكيمية ذات الجدران الثانوية ٠

٢ ـ الزوج النقري المضفوف Bordered pit pair وفيه تقترن نقرة مضفوفة على جانب من الجدار باخرى مماثلة على الجانب الاخر ٠ ويمكن ملاحظة ذلك في الجدران الفاصلة بين عنصرين ناقلين من عناصر الخشب ٠

٣ ـ الزوج النقري نصف المضفوف Half-bordered pit-pair أو Semi-bordered pit-pair (شكل ١ـ٥ هـ) وفيه تقترن نقرة مضفوفة على جانب من الجدار باخرى بسيطة على الجانب الاخر ٠ يلاحظ ذلك في الجدران الفاصلة بين عنصر ناقل من

عناصر الخشب (قصيبة أو وعاء) وبين خلية برنكيمية حيث تكون النقر المضفوفة على جانب القصيبة أو الوعاء ، والنقرة البسيطة على جانب الخلية البرنكيمية ·

٤ ـ التنقر مركب الجانب Unilaterally compound pitting وفيه تقترن نقرة واحدة في جانب من الجدار باكثر من نقرة في الجانب الاخر ·

٥ ـ النقرة العمياء Blind pit وفيها تكون النقرة الموجودة على جانب من الجدار غير مقترنة باخرى في الجانب الاخر ، كما في النقر التي تقابلها مسافة بينية . أو التي تتكون في الجدران الفاصلة بين القصيبات والالياف . اذ أن النقرة الموجودة على الجانب المواجه لتجويف خلية القصيبة لاتقابلها أية نقرة من جهة الجدار المواجهة للخلية الليفية وذلك لاعتبارات وظيفية .

الروابط البلازميه Plasmodesmata

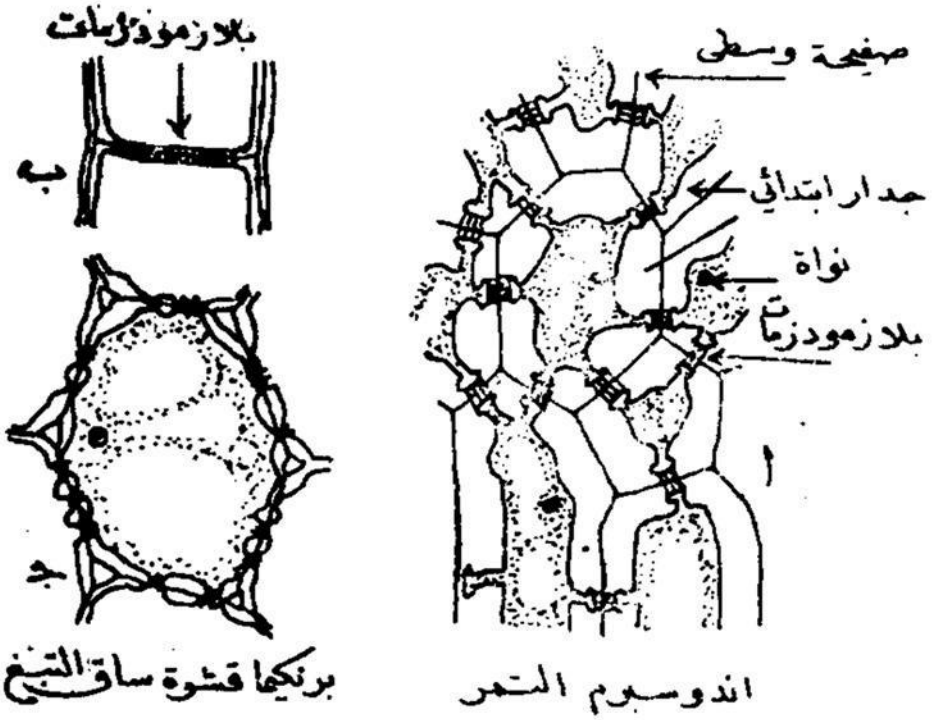
هي خيوط بروتوبلازمية تربط مابين بروتوبلاست خلية وبروتوبلاست خلية مجاورة (شكل ١ـ٦) · وهنـــاك عدة أدلة على ان هذه التراكيب حقيقية حية ذات طبيعة بروتوبلازمية منها :ـ

١ ـ وجودها في جدران الخلايا الحية فقط وعدم وجودها في جدران الخلايا الميتة ·

٢ ـ تتشابه هذه التراكيب مع بقية السايتوبلازم من حيث ميلهـــا للاصطباغ بالصبغات الخاصة بالسايتوبلازم ·

٣ ـ تعطى تفاعلات موجبة مع انزيمات الاكســـــدة Oxidases كما يفعل السايتوبلازم ·

٤ ـ عند تبلزم الخلية يبتعد السايتوبلازم عن الجدار الا في مناطق معينة من الجـدار يبقى فيها السايتوبلازم مرتبطا به وتمثل هذه المناطق موضـــع مرور الروابط البلازمية · ولو تركت الخلايا في محلول عالي الاسموزية حتى تتقطع هذه الخيوط تحصل بلزمـة دائمة Permanent plasmolysis ويتعذر عندها اعادة الخلية الـى



شكل (١-٦) انتشار البلازمودزمات في :

أ- ، جـ - يقتصر وجود البلازمودزمات على حقول النقر الأبتدائية في ب منتشرة في سائر الجدار

حالتها الطبيعية . أما لو بقيت هذه الخيوط سليمة فمندئذ يمكن ان تعود الخلية الى حالتها الطبيعية وتصبح ممتلئة Turgid وذلك اذا وضعت في الماء النقي أو في محلول واطيء الازموزية Hypotonic وفي هذه الحالة تكون البلزمة مؤقتة Temporary plasmolysis وتوجد الروابط البلازمية في معظم الخلايا مقترنة بالحقول الابتدائية للنقر في الجدار الابتدائي .

وقد وجدت هذه الروابط في النباتات الراقية كما وجدت في كثير من النباتات الواطئة بما فى ذلك السرخسيات Pteridophyta والخرازيات Bryophyta والطحالب الحمر Rhodophyta (Red algae) . كما ثبت وجود هذه الروابط البلازمية في جميع الخلايا الحية فقد لوحظت في الخلايا المرستيمية وفي الانسجة الدائمة الحية .

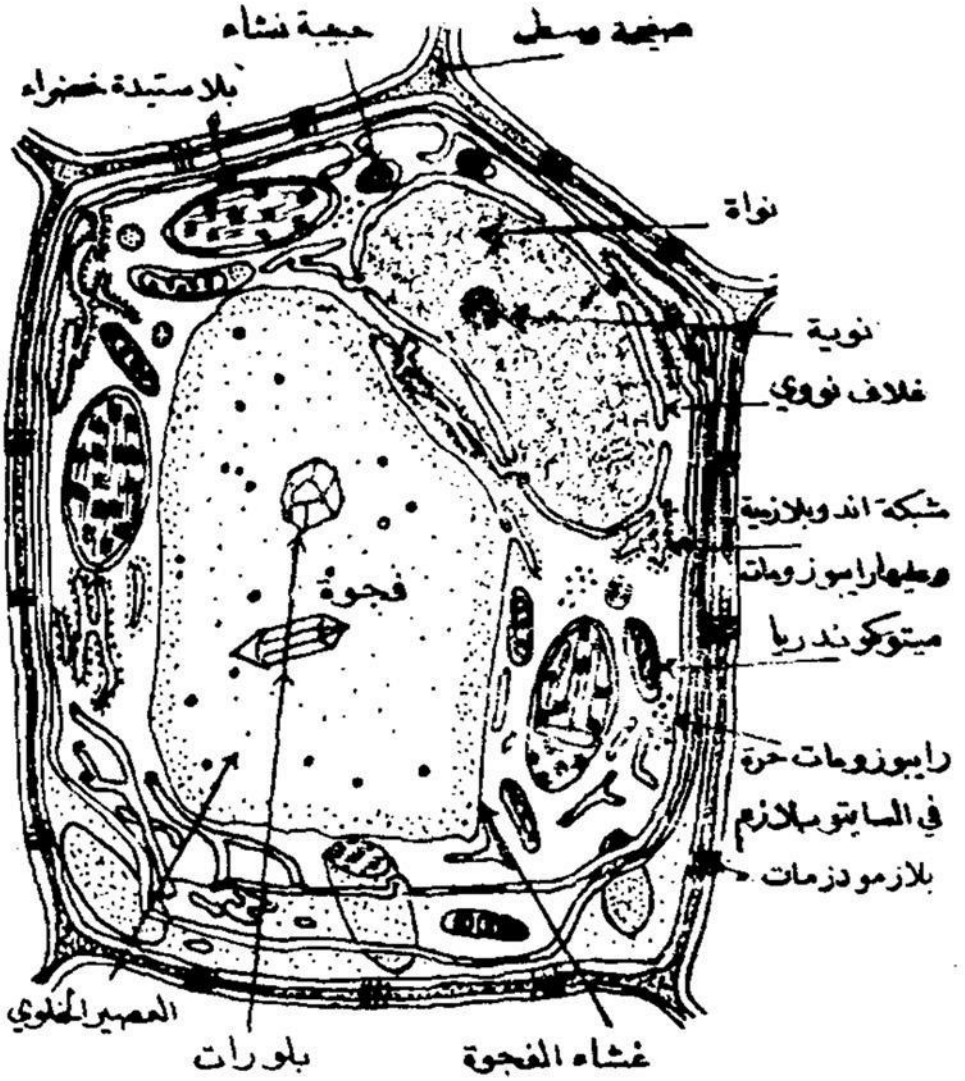
أما بالنسبة لوظيفتها فقد وجد انها تلعب دورا هاما في نقل الماء والمواد الاخرى من بروتوبلاست خلية الى خلية اخرى .. كما تقوم بنقل الحوافز Impulse بين الخلايا المتجاورة Adjacent cells .

الفصل الثاني
CHAPTER 2
المحتويات غير الحية للخلية النباتية
NON LIVING COMPONENTS OF PLANT CELL

الفجـــوات Vacuoles

تتميز معظم الخلايا الحية في النبات بوجود فجوات تحتوى بداخلهـا على ســـائل يطلق عليه العصير الخلـــوي cell sap ويفصلها عـــن السايتوبلازم غشاء يطلق عليه غشاء الفجوة Vacuole membrane or (Tonoplast) وبالاضافة الى ذلك قد توجد بالفجوة محتويات اخـرى كالبلورات وحبيبات النشا وما الى ذلك مما يعتبر نواتج أيضية أو مواد مختزنة • وغشـــــاء الفجوة ذو نفاذية تفاضلية Differentially permeable حيث انه يسمح لبعض المواد بالمرور ولا يسمح لغيرهـــا •• وهذا الدليل بالاضافة الى أدلة اخرى مستخلصة من استعمال الصبغات أو الدراسات بالمجهر الالكتروني تشير الى أن هذا الغشاء ليس مجرد حد فاصل بين الفجوة والسايتوبلازم بل يمثل غشاءاً حقيقياً . وقد أظهرت الدراسات التي استعمل فيها المجهر الالكتروني ان غشاء الفجوة هو غشاء مفرد Single unit membrane .

ويختلف عدد الفجوات باختلاف نوع الخلية وعمرها والمنطقة التى توجد بها •• والعضو الذى توجد به هذه المنطقة • وعلى العمـــوم تكون الفجوات صغيرة جدا ومتعددة في المراحل المبكرة للنمو بينما يكبر حجمها ويقل عددها في الخلية الواحدة بمرور الزمن •• ففي الخلايا المرستيمية مثلا تكون هناك فجوات صغيرة جدا الا أن هناك بعض الخلايا المرستيمية كخلايا الكمبيوم تتميز بكونها غنية الفجوات بحيث تكاد تضاهي أو تزيـد كمية الفجوات أو العصير الخلوى الموجود فيها على بعض خلايا الانسجة الدائمة (شكل ٢ـ١) •



شكل (٢-١) رسم توضيحي لخلية نباتية كما تبدو تحت المجهر الألكتروني.

والفجوة اما ان تكون عديمة اللون أو تتخذ ألواناً معينة . ويعتبر الماء المكون الرئيسي للعصير الخلوي حيث يكون مع المحتويات الاخرى اما محاليل حقيقية أو محاليل غروية ٠٠ وهذه تشمل الاملاح والسكريات والاحماض العضوية والاحماض الامينية والاميدات ومركبات بروتينية ودهنية وغيرها ٠٠ وقد توجد أيضا مواد دباغية Tannins وصبغات كالانثوسيانين Anthocyanin ٠ وتصنف هذه المواد كلها مع المواد غير الحية Ergastic substances وهذه اما ان تكون مواد مختزنة Stored material يمكن استعمالها في الوقت المناسب في عمليات البناء أو انها تمثل نواتج عرضية

لبعض عمليات التحول الغذائي أو فضلات · والعصير الخلوى كزج الا انه أقل لزوجة من السايتوبلازم كما انه قد يكون قاعديا في بعـــض الخلايا وحامضيا في خلايا اخرى ويمكن الكشف عن هذا بسهولة باستعمال صبغة الاحمر المتعادل Neutral red ·

ويختلف التركيز في العصير الخلوى باختلاف الخلايا ·· وقد يزداد التركيز عن حد معين وبذلك تترسب المواد الذائبة فيه على شكل بلورات · كما يحدث عند فقد الخلايا لبعض مائها في البذور الجافة التى قد تنخفض نسبة الماء فيها الى عشرة بالمائة أو أقل ، علما بان الماء في الحالة الاعتيادية قد يصل الى ٨٥ـ٩٥٪ ·

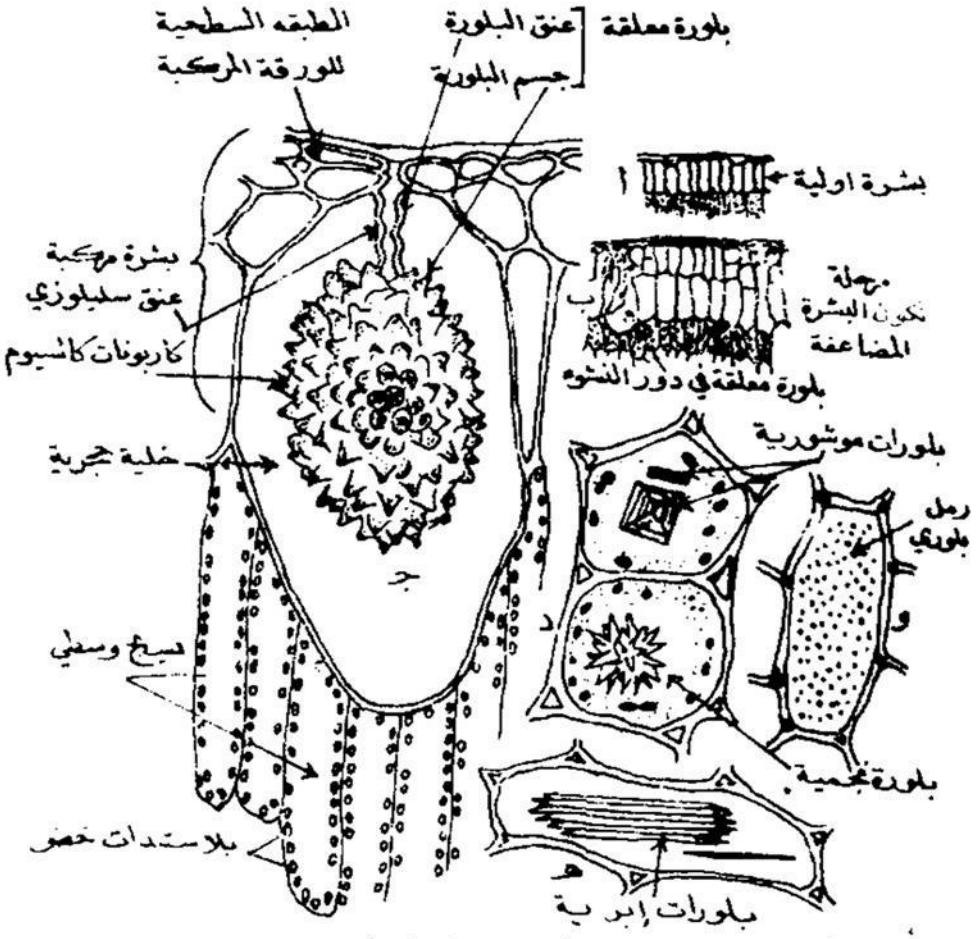
وتلعب الفجوات دورا هاما في كثير من العمليات الحيوية خاصة فيما يتملق بالعلاقة المائية بين النبات والمحيط الخارجي وكذلك في تعزيز آلية انتقال المواد المختلفة من منطقة الى اخرى خلال جسم النبات · كما انه من المعروف ان الخلية النباتية لكى تقوم بأنشطتها الحيوية على الوجـه الاكمل لابد ان تكون في حالة امتلاء Turgidity وذلك يعتمد على الفجوة العصاريه ·

وبالاضافة الى ذلك فان الخلايا الممتلئة تقوم بدور هام في تقوية النبات من الناحية الميكانيكية ولاسيما بالنسبة للاجزاء الفتية ·

البلـــورات Crystals

توجد البلورات في كثير من أنواع الخلايا النباتية · وهذه المكونات غير الحية للخلية تكون متباينة في اشكالها وتركيبها الكيمـاوي وان كان معظم البلورات تتكون من أوكسالات الكلسيوم أو كربونات الكلســـيوم والنوع الاول من البلورات أي اكسالات الكالسيوم لها اهميتها ومغزاها بالنسبة لحيـــاة البروتوبلازم وحيويته ، حيث ان حامض الاوكساليك يعتبر من الحوامض السامة ولذلك تحوله الخلايا الى مركبات غير ذائبة على هيئة بلورات تقلل الى أكبر حد ممكن من تأثيره السام ·

من البلـــورات ماتكون موجودة بمفردها Solitary اي توجـــد البلورة بصورة منفردة كما هو الحال في البلورات الموشورية Prismatic أو تتجمع بشكل كتل بلورية Crystal masses تسمى وردية أو نجمية Rosette or Druses وقد تكون بشكل حزم من بلورات ابرية رفيعة وهذه تسمى رافيدات أو بلورات ابريه Raphides or Needle crystals (شكل ٢ـ٢) .



شكل (٢-٢) انواع مختلفة من البلورات

أ، ب، جـ ـ مراحل نشوء البشرة المضاعفة والبلورة المعلقة (الموصلة الحجرية) في خلايا بشرة نبات المطاط Ficus .

د ـ خليتان من سويق ورقة بيكونيا تحويان بلورات موشورية ونجمية .

هـ ـ بلورات إبرية من نبات لالة عباس Mirabilis

و ـ بلورات رملية في خلايا من جنس Solanum

ومن الانواع الاخرى للبلورات مايسمى بالبلورة المعلقة أو الحويصلة الحجرية Cystolith ، وفيها يكون جسم البلورة Body مكونا من كاربونات الكالسيوم ، أما العنق stalk فهو مركب أساسا من مادة السليلوز ويتدلى من الجدار المماسى الخارجي لخلايا البشرة بالنسبة لبعض النباتات ، بينما يتصل طرفه الاخر بالبلورة • ويطلق على الخلية الحاوية على الحويصلة الحجرية مصطلح الخلية الحجرية Lithocyte اركيس الحويصلة الحجرية Lithocyst • ولا يقتصر وجود هذا النوع من البلورات على خلايا البشرة ، بل قد توجد كذلك في الخلايا البرنكيمية •

يشيع وجود بلورات الحويصلة الحجرية في بعض الفصائل النباتية مثل عائلة Ocanthaceae والعائلة القرعية أو القثائية Cucurbitaeae والعائلة التوتية Moraceae ومنها نبات تين المطاط **Ficus elastica** ولذلك اذا ما عولج قطاع من ورقة نبات تين المطاط بحامض الهيدروكلوريك HCl المخفف ذابت البلورة في الحامض وبقى العنق •

كما يوجد ايضا نوع خاص من البلورات يسمى البلورات الكروية Sphaerocrystals وهذا يوجد في درنات بعض النباتات كنبات الداليا Dahlia وهذه البورات تكون من مادة الانيولين Inulin • وقد تكون بلورات اوكسالات الكالسيوم على شكل مسحوق يشبه الرمل فيطلق عليها البلورات الرملية Sand crystals كما في البطاطس Solanum tuberosum

الحبيبات النشوية Starch Grains

يعتبر النشا من أهم المواد المختزنة في الخلايا النباتية وهو مادة كربوهيدراتية متعددة السكريات تمثل سلسلة طويلة من جزيئات سكر الجلوكوز • ويوجد النشا على شكل حبيبات يطلق عليها الحبيبات النشوية • وتتكون الحبيبات النشوية في البلاستيدات الخضر وكذلك في البلاستيدات عديمة اللون وتختلف الصفات المظهرية لحبيبات النشا باختلاف النباتات ويرجع ذلك الى :

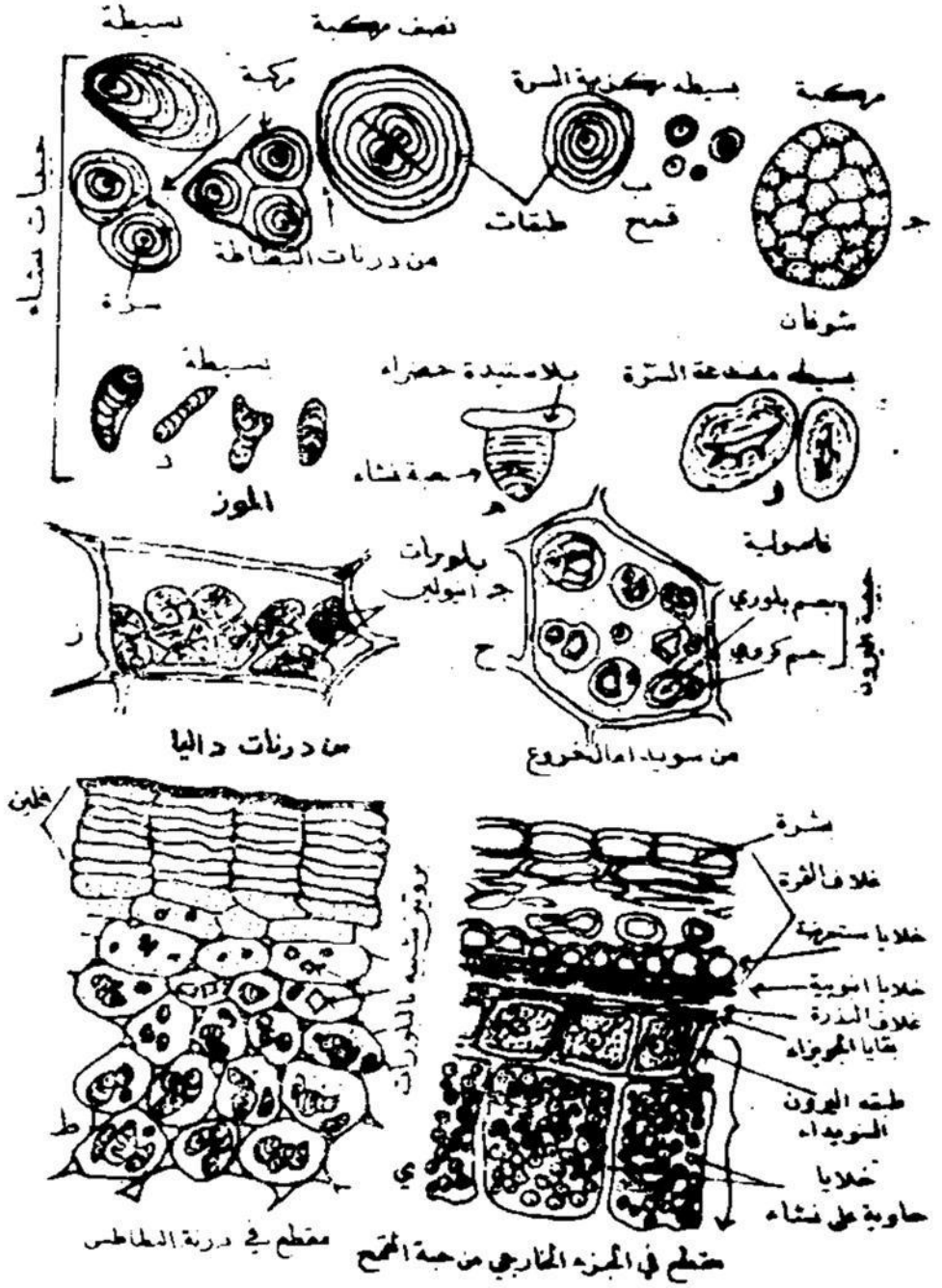
١ ـ موقع وشكل مركز تكوين الحبة والذى يسمى السرة Hilum
٢ ـ وجود أو عدم وجود طبقات Layers or stratifications
٣ ـ حجم وشكل الحبيبات النشوية .
٤ ـ طبيعة هذه الحبيبات من حيث انها بسيطة أو مركبة أو شبه مركبة ..

ويعتمد تكوين الحبيبات النشوية على الظروف الفسيولوجية المرتبطة بالبلاستيدات الخضر والبيض وكذلك على كمية سكر الكلوكوز ودرجة الحموضة وكثير من العوامل الاخرى كالضوء والحرارة وتوفر الانزيمات اللازمة . والبلاستيدات البيض لا تقوم بصنع النشا من مواد أولية غير عضوية انما تصنعه من سكريات بسيطة وتختزنه بداخلها .

ويختلف شكل السرة فقد تكون دائرية وذلك في معظم الاحيان الا انها قد تتخذ أشكالا اخرى . فقد تكون متصدعة cracked كما في البقليات . أما بالنسبة للطبقات فقد تكون واضحة كما في البطاطا ولكنها قد لا تكون مميزة كما في نباتات اخرى عديدة . ويعلل ظهور الطبقات الى اختلاف المحتوى المائي للطبقات النشوية بعضها عن البعض .

وبالنسبة لوضع السرة فقد يكون مركزيا concentric كما في البزاليا او غير مركزي Excentric كما في الموز Musa (شكل ٢ ـ ٣) .

وقد تكون حبيبة النشا بسيطة simple اذا ترتبت جميع الطبقات حول سرة واحدة . وتعتبر الحبيبة شبه مركبة semi-compound اذا كانت لها سرتان أو أكثر وتترتب الطبقات حول كل منها ثم ترتب بعد ذلك حولها معا . أما الحبيبة المركبة Compound فتحتوى على أكثر من سرة ولكن يوجد حاجز بين كل سرتين متجاورتين وتترتب الطبقات حول كل منها بصورة مستقلة ولا تندمج مع بعضها. وفي درنات البطاطا يمكن ملاحظ الانواع الثلاثة .



شكل (٤-٣) أ الى و نماذج مختلفة من حبيبات النشاء البسيطة والمركبة وشبه المركبة ز ـ بلورات انيولين ـ وهو مادة كربوهيدراتية تتكون لدى غليانها سكر العنب (فركتوز). ط ـ مقطع يوضح منطقة وجود النشاء في درنة البطاطس
ي ـ مقطع في حبة القمح يوضح وجود حبيبات البروتين والنشاء .

وتعتبر دراسة الاوصاف المختلفة لحبيبات النشا واشكالها ذات أهمية كبرى في الصناعة والتجارة وذلك لان التعرف على مصادر النشا عن طريق

هـذه الدراسة يمنـــع غش الانواع الجيـــدة بالانواع الاخرى الرديئة والرخيصة الثمن ٠

الحبيبات الاليرونية Aleurone Grains

توجد المادة البروتينية في الخلايا النباتية والحيوانية على السواء ، وتعتبر من أهم المواد الغذائية اذ انها تكون الجـزء الرئيسى والاساسى في تركيب المادة الحية ٠ كما أنها تؤلف الاساس في الانزيمات المختلفة التى تتركب عادة بصورة رئيسية من المادة البروتينية ٠ وفضلا عن ذلك فـان البروتينات كثيرا ما تدخل في تراكيب هامة جدا في الخلية كالكروموسومات والنواة والسايتوبلازم وغيرها، وغالبا ما تكون بشكل مايسمى بالبروتينات المقترنة conjugated proteins

وتوجد البروتينات في الخلايا النباتية بشكل مختزن ، غالبا مايكون على شكل حبيبات تســمى بالحبيبات الاليرونية Aleurone grains التى يكثر وجودها في سائر الاجزاء النباتية خاصة سويداء البذور كما في الخروع والحنطة والذرة وغيرها ٠

وحبيبة الاليرون قد تكون مستديرة او بيضية في شكلها وتتكـــون الحبيبة في اندوسبرم الخروع من جسم شبه بلوري يسمى crystalloid ويتكون من بروتـين (البيومـين Albumin وجسم اخـــر كروي يســمى globoid وهو عبارة عن بروتين (Globulin) متحد مع ملح مزدوج من فوسفات الكالسيوم والمغنسيوم ويحيط هذين الجسمين غلاف واحد هـو غلاف الحبيبة ٠

أما في الباقلاء أو البزاليا وغيرها من البقوليـات فتكون الحبيبات الاليرونية صغيرة غير متبلورة وغير متميز بها الجسم البلوري أو الجسم الكروى ٠ وتكون الحبيبات الاليرونية ممتزجة مع حبيبات النشا في نفس الخلايا ٠

أما في حبة القمح فتوجد طبقة خاصة تقع تحت أغلفة الحبة مباشرة تسمى بالطبقة الاليرونية Aleurone layer تحتـــوى خلاياها على حبيبات اليرونية دقيقة تليها الى الداخل طبقات عديدة تســمى الطبقات

النشوية starchy layers وهى الطبقات التى تحتوى على الحبيبـــات النشوية (شكل ٢ـ٣) ٠

وبالاضافة الى المكونات السابقة غير الحية للخليـــة توجد مكونات اخرى تنتمي الى النواتج الايضية كالاحماص العضوية والاملاح والاصباغ والعطور وغير ذلك ٠ وهذه المحتويات غير الحية للخليّة والتى توجد امـا بشكل مواد مختزنة او نوع وسطية Intermediate products أو على شكل فضلات Waste materials فانها توجد على شكل مـــواد يمكن ان تتحول في أية لحظة فتصبح جزءا من المادة الحية ٠٠ لذلك فان الحد الفاصل الدقيق الذى يفصل بين أية مادة غير حية عن المادة الحية يعتبر من الامور الصعبة حيث ان هنالك تحولات يمكن ان تنقل بعـض المواد الحية الى تراكيب غير حية أو العكس ٠

ومن المحتويات غير الحية في الخلية المواد الدباغية أو التنين Tannin ، وهي مجموعة متباينة من مشتقات الفينول يشيع انتشارها في الانسجة النباتية . وقد تكون موجودة في الفجوة أو في السايتوبلازم ، كما قد توجد ايضاً في الجدار . وقد تكون بهيئة خلايا منعزلة Idioblasts أو بهيئة طبقة مستمرة . وقد توجد في كثير من النباتات في الاوراق أو مقترنة مع النسيج الوعائي ، وفي البشرة المحيطة Periderm ، وفي البذور ، كما توجد في الثمار غير الناضجة Unripe fruit .

ومن الجدير بالذكر أن المواد الفينولية ـ ومنها الدباغية ـ ذات أهمية من الناحية التصنيفية ، حيث أن وجودها وطبيعة تركيبها يمكن اعتمادها كدليل مساعد في هذا الشأن .

ومن المواد الاخرى الأيضية التي يشيع وجودها ايضاً من الخلايا النباتية الدهون Fats ، والزيوت Oils ، والشموع Waxes وغيرها .

الفصل الثالث

CHAPTER 3

المحتويات الحية للخلية النباتية

LIVING COMPONENTS OF PLANT CELL

تشمل المحتويات الحية للخلية النواة والسايتوبلازم ومايلحق بها من تراكيب حية . فبالنسبة للسايتوبلازم هنالك الاغشية السايتوبلازمية Cytoplasmic membranes والشبكة الاندوبلازمية Endoplasmic reticuium كما ان هنالك العضيات الاخرى Organelles الموجودة داخل السايتوبلازم كالمايتوكوندرية Mitochondria والرايبوسومات Ribsomes والبلاستيدات Plastids والدكتيوزومات Dictyosomes وغيرها . وقد قدر بعض العلماء أن العدد التقريبي لهذه العضيات Organelles في الخلية النباتية هو : نواة واحدة ، ٢٠ بلاستيدة ، ٧٠٠ ميتاكوندرية ، ٤٠٠ دكيتوسوم ٥٠٠,٠٠٠ رايبوسوم ، ٥٠٠,٠٠٠,٠٠٠ جزيئة انزيم تمثل ١٠,٠٠٠ نوعاً مختلفاً من انواع الانزيمات

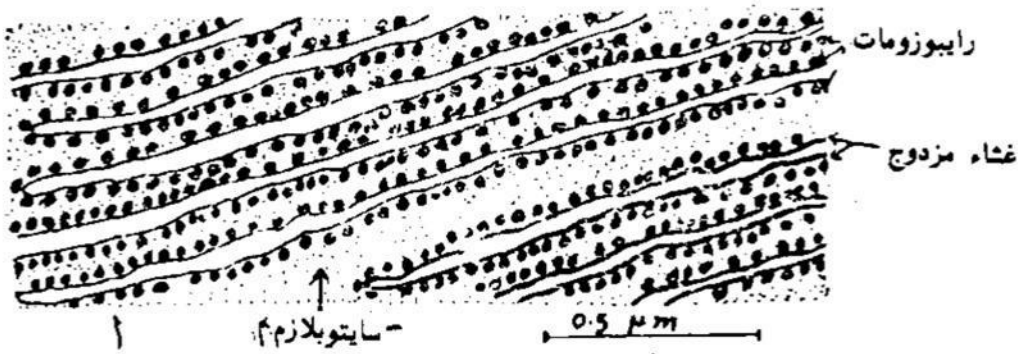
السايتوبلازم Cytoplasm

يستخدم مصطلح السايتوبلازم للدلالة على المادة الحية الموجودة بين النواة من جهة والغشاء البلازمي الخارجي من جهة اخرى والمحتوى على تراكيب حية اخرى كالبلاستيدات والميتوكوندريا والرايبوسومات وهى تراكيب تعتبر مكونات حية للخلية موجودة داخل السايتوبلازم . وبذلك يمثل السايتوبلازم الجزء الاساسى من البروتوبلاست كما ان هناك تراكيب غشائية كثيرة يمكن اعتبار بعضها جزءا من السايتوبلازم ومماثلتها كاغشية سايتوبلازمية بينما تعتبر الاخرى تابعة للتراكيب المحيطة بها .. مثال ذلك الاغشية المحيطة بالبلاستيدات والميتوكوندريا وغيرها . ومما يجدر ذكره أن أي تركيب حي او غير حي موجود في السايتوبلازم لا يمكن أن يوجد دون فاصل غشائي يفصله عن السايتوبلازم .

ويتميز في السايتوبلازم جزء يشكل ارضية السايتوبلازم وهى منطقة متجانسة نسبيا ونسمى Ground cytoplasm وتوجد ضمن ارضية

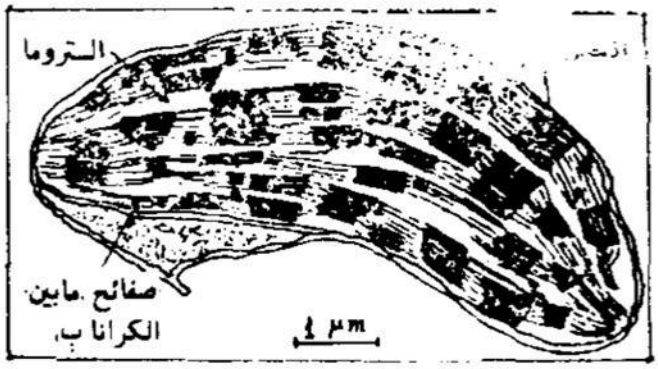
السايتوبلازم تراكيب واغشية وتجاويف مختلفة الحجم والشكل تمثل مكونات معينة لها وظائف محددة · ويظهر السايتوبلازم تحت المجهر كمادة هلامية نصف سائلة شفافة أكثر كثافة ولزوجة من الماء ويكون الماء في كثير من الاحيان ٨٥ـ٩٠٪ من الوزن الطري للخلايا · وتقل هذه النسبة الى أقل من هذا بكثير في الانسجة الكامنة كالحال في البذور الجافة حيث تنخفض نسبة الماء الى ١٠ـ١٥٪ من الوزن الطري · اما المواد العضوية وغير العضوية فاما ان تكون بشكل محاليل حقيقية True solutions او محاليل غروية Colloidal solutions وتمثل الاملاح والمواد السكرية المجموعة الذائبة بشكل أيوني أو جزيئي أما بقية المواد العضوية فتوجد على شكل محاليل غروية · ومن اهم هذه المواد البروتينات والمواد الدهنية والكاربوهيدرات غير الذائبة · وتعتبر الخاصية الغروية من أهم ما يساعد على قيام العمليات الحيوية داخل الخلية ولاسيما الانزيمية منها ·

ولقد اجريت دراسات مختلفه على السايتوبلازم لغرض التعرف على خواصه المختلفة واستخدمت في ذلك طرق مختلفة من بينها المجهر ذي الاشعة فوق البنفسجية Ultraviolet microscope والمجهر ذي الضوء المستقطب Polarized microscope والمجهر الالكتروني Elestron microseope وغير ذلك · وكلها تشير الى ان السايتوبلازم هو شبكة بروتينية قابله للتغير باستمرار وتكون مطمورة في المحلول المائي للسايتوبلازم وهذه الشبكات هي سلاسل طويلة من نوع متعددة الببتيدات Polypeptides وارتباط هذه السلاسل تكون الشبكة البروتينية والتى تسمى بالشبكة الاندوبلازمية Endoplasmic reticulum · ومما يدل على التغير المستمر للسايتوبلازم ما يلاحظ في حالات كثيرة من سيولة السايتوبلازم والتى يطلق عليها Cytoplasmic streaming



الشبكة الاندوبلازمية والرايبوزومات

ب



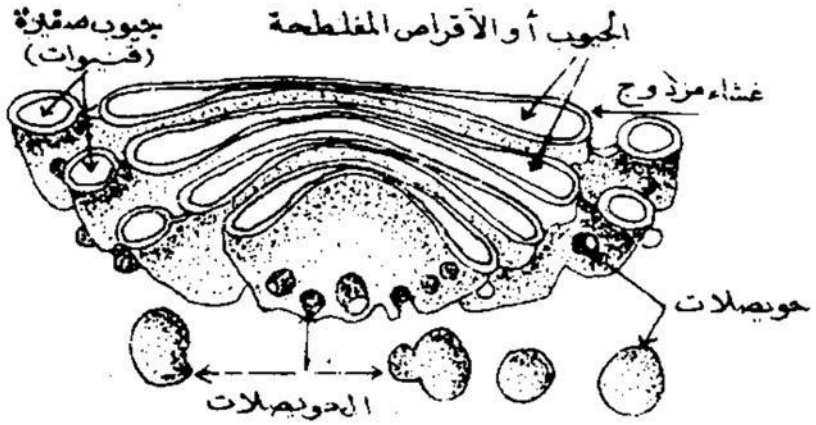
بلاستيدة خضراء من ورقة نبات الذرة

شكل (٣ ـ ١) أ ـ جزء من الشبكة الاندوبلازمية كما تبدو تحت المجهر الالكتروني وتبدو عليها الرايبوزمات .

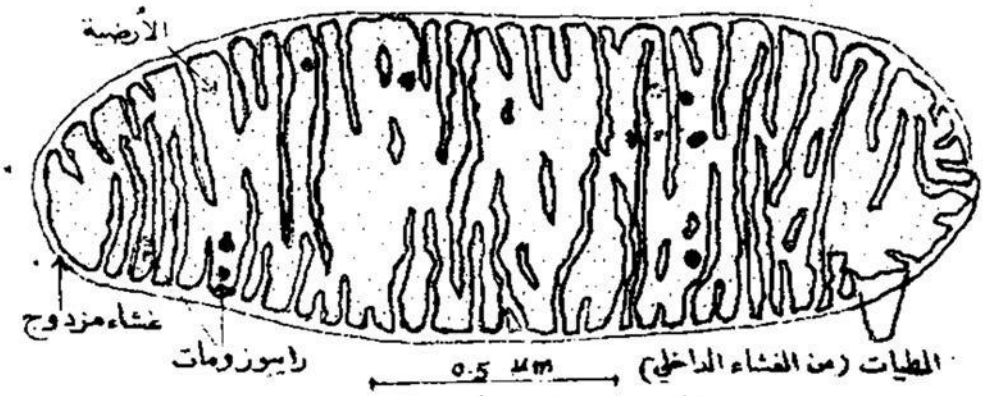
ب ـ بلاستيدة خضراء كما تبدو تحت المجهر الالكتروني

الميتوكوندريا Mitochondria

وهي تراكيب تظهر في السايتوبلازم كعصي قصيرة أو خيوط رقيقة طولها حوالي ١ ـ ٣ مايكروميتر موجودة في الخلايا النباتية والحيوانية على حد سواء . وهي أكثر لزوجة واغمق لوناً من السايتوبلازم ، ويمكن ملاحظتها بوضوح في الخلايا الحية بعد صبغها بالصبغة الحيوية أخضر يانس Janus green . وتتكون معظمها من بروتين ودهون ، كما أنها تحوي الحامض النووي الزايبوزي RNA ، وعدد من الانزيمات التنفسية ، وعلى هذا الاساس فهي تمثل مراكز حدوث التفاعلات المنتجة للطاقة . كما تحوي الميتوكوندريا الحامض النووي DNA الذي يكون كثير الشبه بذلك الموجود في البكتريا . وعلى هذا الأساس فإن الميتوكوندريات تمثل نظاماً بيولوجياً أكثر تكاملاً من الرواشح Viruses التى تكون مقتصرة على نوع واحد فقط من الحامض النووي (أما RNA فقط أو DNA فقط) .



أ- الدكتيوزومات (اجسام گولجي)



ب- الميتوكوندريا

شكل (٣-٢) أ- الدكتيوزومات كما تبدو في الشكل التخطيطي المستنبط من المجهر الالكتروني.
ب- الميتوكوندريا كما تبدو تحت المجهر الألكتروني.

وقد أظهر المجهر الالكتروني ان سطح الميتوكوندرة مكون من غشائين رقيقين سمك كل منهما حوالي ٤٠ انكستروم ، ويكون الغشاء الداخلي ذا تجعدات داخلية عميقة تسمى الطيّات الميتوكوندريّة أو الاعراف Mitochondrial cristae ، وتعتبر اسطحها مجال حدوث تفاعلات التنفس ، حيث توجد عند هذه السطوح انزيمات خاصة بدورة كربس Krebs cycle ، وبعض الانزيمات الخاصة ببناء الأدنيوسين ثلاثي الفوسفات ATP ، لذا فإن الميتوكوندرات تمثل مراكز بناء المواد الغنيّة بالطاقة ، ومراكز لخزن الطاقة . كما توجد العديد من الانزيمات مقترنة مع الغشاء الخارجي أو في أرضية أو سدى Matrix هذه العُضيات .

وتحصل في الميتوكوندريا عملية الفسفرة حيث يجري بناء الأدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP من الأدينوسين ثنائي الفوسفات ADP في عملية يطلق عليها مصطلح الفسفرة التأكسدية Oxidative phosphorylation . ويسود الاعتقاد بأن الميتوكوندرات ربما تكون قد بدأت وجودها في الأصل ككائنات بدائية النواة Prokaryotes ، ثم اتخذت طريقها الى داخل خلايا حقيقية النواة Eukaryotes ضمن علاقة تعايشية Symbiotic relationship ، ثم تحولت عبر بلايين السنين الى عضيات Organelles داخل تلك الخلايا . وقد وجد مؤخراً أن الغشاء الخارجي للميتوكوندريا ـ وهو ذو نفاذية انتخابية Selective ـ شبيه بالغشاء البلازمي بينما الغشاء الداخلي شبيه بالغشاء المحيط بالبكتريا الأرجوانية اللاّكبريتية Purple non sulfur bacteria . إن هذه الحقيقة ، مضافاً لهذا كون الميتوكوندرات تمتلك حامض DNA ، جزيئتهُ حلقية شبيهة بتلك الموجودة في البكتريا ، تعزّز فكرة العلاقة التعايشية هذه ، التي ربما تكون قد حصلت أصلاً خلال عملية التطور ، ومن ثم تحولت الى عضي Oraganelle بداخل الخلية .

وتجدر الاشارة هنا الى أن الميتوكوندرات لها القدرة على النمو الذاتي والانقسام .

الرايبوسومات Ribosomes

وهي تراكيب على هيئة حبيبات غاية في الدقة يمكن رؤيتها بالمجهر الالكتروني (شكل ٣ ـ ١) . وتتركب الرايبوسومات من الحامض النووي r RNA وبروتينات ، أي أنها تمثل بروتينات نووية ، كما تحوي انزيمات خاصة بعمليات البناء ولاسيما بناء البروتينات . وغالباً ماتكون الرايبوسومات في خلايا حقيقية النواة مقترنة مع غشاء الشبكة الاندربلازمية ، مكونة بذلك الشبكة الاندوبلازمية الخشنة Rough endoplasmic reticulum (RER) ، (شكل ٣ ـ ١ ـ أ) ، وقد يوجد بعضها الآخر منتشراً في السايتوبلازم دون أن يقترن بالشبكة الاندوبلازمية ، كما أنها قد تكون موجودة في بعض العضيات الخلوية كالميتوكوندريا والبلاستيدات الخضر . وتمثل الرايبوسومات المراكز الرئيسة لصنع البروتينات .

النواة Nucleus

تتميز الخلية الحية للكائنات حقيقية النواة Euharyotes بوجود تركيب محدد كروي الشكل عادة بداخل السايتوبلازم يطلق عليه مصطلح النواة Nucleus .

وتوجد النواة بشكل متكامل في الخلية الحية التي هي ليست في حالة انقسام فعلي . وهذا الطور كان يطلق عليه خطأً مصطلح طور الراحة Resting stage غير ان من الانسب استخدام مصطلح الطور البيني Interphase للدالة على هذا الطور لكونه يقعُ في الفترة مابين انقسامين فعّالين متتاليين . وتكون النواة في الطور البيني كاملة التركيب يحدها من الخارج غلاف مزدوج Nuclear envelope يبدو تحت المجهر مُؤلفاً من وحدتين غشائيتين تفصل بينهما مادة بينية . ويفصل الغلاف النووي بين مكونات النواة الاخرى من جهة وبين السايتوبلازم من جهة أخرى . ويكون معظم النواة مؤلفاً من كتلة جلاتينية هي العصير النووي Nucleoplasm (karyoylmph) ، تمتد بداخلها الخيوط الكروماتينية التي تبدو في هذه المرحلة وكأنها شبكة Reticulum وهي تمثل الكروموسومات في هذا الطور ، وبذلك فهي الجزء الذي يحمل المادة الوراثية . كما تضم النواة في الطور البيني نوية واحدة Nucleolus أو أكثر . وعند انقسام الخلية تتحول الشبكة النووية الى الكروموسومات Chromosomes التي تحمل العوامل الوراثية أو الجينات Genes التي تنتقل من خلال عملية انشطار الكروموسومات ـ الى الخلايا البنوية Daughter celles الناتجة عن الانقسام . والشبكة النووية او الكروماتينية تتألف أساساً من بروتينات مقترنة Nucleoproteins مؤلفة من بروتين مقترن مع الحامضُ النووي DNA . وتوجد النواة في الخلايا الحية لمعظم الاحياء حقيقية النواة ، الاّ ان بعض الخلايا قد تفقد نواتها في المراحل البالغة للخلية كما هي الحال في الوحدات المنخلية Sieve membrs في لحاء عاريات البذور ومغطاة البذور ، وكذلك في كريات الدم الحمر Erythrocytes في الانسان وباقي اللبائن . كما تُفقد النواة في الخلايا والانسجة النباتية التي تموت عند النضج .

وفي الكائنات غير حقيقية النواة كالبكتريا والطحالب الخضر المزرقة لاتوجد نواة نموذجية ، حيث تكون المادة النووية مفتقرة للغلاف النووي وللنوية وباقي المكونات الاخرى ، وتكون المادة الوراثية عادة ممثلة بحلقة كروموسومية واحدة موجودة في السايتوبلازم ، وبذلك فانها لاتكون معزولة عن السايتوبلازم بغلاف نووي ، لذا أطلق على مثل هذه الكائنات بدائية النواة Prokaryotes .

لقد أظهر المجهر الالكتروني ان الغلاف النووي يمتلك عدداً من الثقوب التي يتم من خلالها الاتصال المباشر بين النواة والسايتوبلازم . ويبلغ قطر الثقوب مابين ٣٠ الى ١٠٠ نانوميتر ، اما المسافات التي تفصل الثقوب عن بعضها فتتراوح مابين ٥٠ الى ٨٠ نانوميتر . ويفصل بين وحدتي الغشاء 2 unit membrane اللتين تؤلفان الغلاف النووي حيّز لازالت وظيفته غير معلومة . وتجدر الاشارة هنا الى ان

الثقوب الموجودة في الغلاف النووي يجب ان لا ينظر اليها على أنها ممرات حرّة يمكن للمواد أن تمر خلالها دون ضوابط ، بل هي في حقيقة الامر ممرات أو قنوات تتخللها جزيئات بروتينية تتحكم في دخول أو خروج المواد من والى النواة . ان هذه الحقيقة تكسب الغلاف النووي صفة انتخابية Selective تسمح لبعض المواد من الدخول خلال القنوات بينما تعيق أو تمنع مواداً أخرى بغض النظر عن حجومها النسبية . وتعمل جزيئات التحكّم البروتينية هذه كالباب ، يمكن أن يفتح ليسمح بمرور بعض المواد ، بينما يوصد بوجه مواد أخرى . ويبدو ان دخول وخروج المواد عبر الثقوب يتضمن في الاساس نوعين من الجزيئات العملاقة هما :

(١) بروتينات مصنعة في السايتوبلازم ، تدخل الى النواة لتسهم في بناء بعض الاجزاء أو المكونات داخل النواة ، أو تعمل كعوامل مساعدة في الفعاليات النووية .

(٢) جزيئات من حامض RNA أو معقد بروتيني للحامض النووي الرايبوزي Protein-RNA complex تمر من النواة الى السايتوبلازم .

كما وتجدر الاشارة أيضاً الى أن الغلاف النووي ذو طبيعة دينامية ، حيث أن عدد الثقوب يزداد في الغلاف في المراحل الحيوية الفعالة ـ كالتي تسبق عملية الانقسام الخيطي مباشرة ـ بينما يقل عددها عندما تكون حيوية الخلية واطئة أو خاملة Quiescent .

وفي الخلايا النباتية الناضجة غالباً ماتتخذ النواة موقعاً محيطياً قريباً من الجدار ، أما في الخلايا الحيوانية فيكون موقع النواة مركزياً في الغالب ، ويبدو أن الموقع المركزي يتم تحقيقه بمساعدة خويطات دقيقة Microfilaments توجد بهيئة شبكة تعمل على تثبيت النواة بموقع مركزي في الخلية .

تحوي النواة على واحد أو أكثر من الاجسام الكروية التي لا يفصلها عن باقي محتويات النواة أي غشاء ، ويطلق عليها مصطلح النويات Nucleoli ، وهي تنشأ من كروموسومات خاصة وذلك بواسطة تراكيب يطلق عليها منظّمات النويات Nucleolar organizers . والنوية غنية جداً بالبروتينات ، كما يوجد بها الحامض النووي rRNA الذي يشكل حوالي ٥٪ من وزن النوية . ويتراوح عدد النويات في الخلايا مابين ٢ الى ١٠ في الخلايا الجسمية Somatic cells ، غير أنها غالباً ما تندمج بعد تكوينها فيقل عددها الى واحدة أو اكثر . وبظهور الكروموسومات خلال عملية الانقسام الخيطي Mitosis يحدث اختفاء النوية وكذلك الغلاف النووي عند نهاية الطور التمهيدي Late prophase . غير أن النويات والغلاف النووي تعود للظهور ثانية في الطور النهائي Telophase .

والنويات أجسام أكثر كثافة من السائل النووي ، وكثيراً ماتحوي بداخلها أجسام شبه بلورية . وقد ثبت دور النوية في صنع الحامض النووي الرايبوزي الذي يدخل في تركيب الرايبوزومات وهو الـ r RNA .

معقد كولجي Golgi Complex

في خلايا الكائنات حقيقية النواة Eukaryotic تتميز عضيات Organelles غشائية بهيئة جيوب مفلطحة أو اقراص يطلق عليها الصهاريج Cisternae ، يحدها غشاء رقيق ، وتتصل عند اطرافها بحويصلات Vesicles تختلف في عددها وأشكالها تبعاً لنوع الخلية ونشاطها . وقد سميت هذه التراكيب أجسام كولجي Gòlgi bodies نسبة للعالم والطبيب الأيطالي الذي شاهدها لأول مرة في بعض الخلايا الحيوانية في القرن التاسع عشر . ويستخدم مصطلح معقد كولجي Golgi complex للدلالة على مجمل أجسام كولجي الموجودة في الخلية مجتمعة . وكان المعتقد في السابق أن أجسام كولجي يقتصر وجودها على الخلايا الحيوانية فقط ، غير أنه ثبت وجودها في الخلايا النباتية ايضاً ، كما ثبت ارتباطها نشوئياً ووظيفياً بالشبكة الاندوبلازمية Endoplasmic reticulum (E.R.) . ويتراوح عدد أجسام كولجي في بعض الخلايا الحيوانية بين ١٠ الى ٢٠ ، بينما يصل عددها في بعض الخلايا النباتية الى بضع مئات . وكثيراً مايطلق عليها في الخلايا النباتية مصطلح الدكتيوسومات Dictyosomes ، غير أن مصطلح أجسام كولجي أصبح استعماله مألوفاً في الخلايا الحيوانية والنباتية .

وإن وجود هذه التراكيب بوفرة في الخلايا الحيوانية والنباتية ذات النشاط الافرازي يشير الى الدور الذي تلعبه هذه العضيات في الوظائف الافرازية . وعلى الرغم من عدم وجود اتصال مباشر ودائم بين اجسام كولجي وبين الشبكة الاندوبلازمية ، إلا أن هنالك ارتباطاً وظيفياً واضحاً بينهما . حيث أن البروتينات واللبيدات التي تصنع في الشبكة الأندوبلازمية الخشنة Rough endoplasmic reticulum والملساء Smooth E.R. على التوالي يجري نقلها بواسطة قنواة مرتبطة بالشبكة الاندوبلازمية ، أو بهيئة حويصلات تنفصل عن الاخيرة وتنقل الى أجسام كولجي . ويجري تحويل المواد البروتينية والدهنية (اللبيدات) الى تراكيب أكثر تعقداً وذلك باتحادها مع السكريات المتعدد Poly saccharides الموجودة في اجسام كولجي . إن جميع السكريات المتعدد في الخلية يجري بناؤها في اجسام كولجي ، حيث قد تتحد مع البروتينات لتكوين معقد بروتيني كربوهيدراتي Glycoprotein ، أو مع الدهون لتكوين معقد دهني كربوهيدراتي Glycolipid . وتتجمع هذه المركبات المعقدة على هيئة افرازات عند نهاية الجيوب أو الصهاريج Cisternae . وتنفصل هذه الافرازات عن طريق

تكوين حويصلات صغيرة Vesicles يجري انتقالها الى مناطق معيّنة من الخليه حيث توجد حاجة الى تلك المواد .

ويختلف تركيب الأغشية في المناطق المختلفة من اجسام كولجي ، حيث تكون في المركز كثيرة الشبه بأغشية الشبكة الاندوبلازمية ، بينما تصبح في المناطق الخارجية للخلية اكثر شبهاً بالغشاء البلازمي Plasma membrane . إن نهايات الصهاريج التي تنشأ منها الحويصلات تكون خالية من البروتينات المساعدة Catalytic proteins وهي بذلك تشابه الغشاء البلازمي في هذا الشأن . وتجدر الاشارة هنا أن اجسام كولجي خالية من الرايبوسومات ، لذا فهي غير معنية بصنع البروتينات ، مما يميزها تركيبياً ووظيفياً عن الشبكة الاندوبلازمية الخشنة R.E.R. .

إن الدور المهم الذي يقوم به معقد كولجي في العديد من الفعاليات الافرازية يجعل هذه العضيات الخلوية تراكيباً مهمة في تكوين الصفيحة الوسطى Cell plate وبالتالي في تكوين الجدار ـ في الخلايا النباتية ، وكذلك في نمو الغشاء البلازمي اثناء نمو الخلايا الحيوانية والنباتية ، كما انها تساعد في عزل بعض الانزيمات من خلايا الكائنات حقيقة النواة ضمن حويصلات بهيئة لايسوسومات Lysosomes أو بيروكسيسوومات Peroxisomes ، أو كلايوكسيسومات Glyoxisomes أو غيرها .

البلاستيدات The Plastids

أجسام بروتوبلازمية ذات قابلية على الانقسام ، موجودة في السايتوبلازم وتفصلها عنه اغشية مزدوجة . وتعتبر البلاستيدات صفة مميزة للخلايا النباتية ، حيث انها غير موجودة في الخلايا الحيوانية ، كما أنها معدومة في الفطريات وفي خلايا الكائنات بدائية النواة كالبكتريا Bacteria والطحالب الخضر المزرقة Cyanophyta . وفي الانسجة النباتية المرستيمية تكون البلاستيدات موجودة بحالة بدائية يطلق عليها البلاستيدات الأولية Proplastids . والاخيرة تمثل صيغة غير متميزة للبلاستيدات حيث تكون الانظمة الغشائية الداخلية فيها غير متميزة في هذه المرحلة ، لكنها تتحول تدريجياً خلال عملية تميز الخلايا الى بلاستيدات من نوع أو آخر .

ويختلف عدد البلاستيدات باختلاف الخلايا ونوع النبات وهي أن وجدت قد يصل عددها الى بضع مئات في الخلايا التي تقوم بعملية التركيب الضوئي Photosynthesis في بعض النباتات الراقية . وعلى العموم تكون البلاستيدات قليلة العدد كبيرة الحجم في النباتات الواطئة بينما تكون صغيرة الحجم كثيرة العدد في بعض النباتات الراقية . وفي بعض الطحالب قد يقتصر عددها على واحدة فقط كما في طحلب كلاميدوموناس **Chlamydomonas** .

وعلى الرغم من اختلاف البلاستيدات في ألوانها واشكالها ، إلا أن بعضها قادر على التحول من نوع الى نوع آخر كما يتضح ذلك عند نضج ثمار الطماطة اذ تتحول من عديمة اللون الى خضراء ثم اخيراً تصبح ملونة .

وكالحال بالنسبة للميتوكوندريات فإن البلاستيدات هي الاخرى تمثل عضيات معقدة ربما كانت هي الاخرى قد نشأت خلال المراحل القديمة من تطور الاحياء بهيئة حياة تكافلية بين كائنين احدهما شبيه بالبكتريا ، اتخذ طريقة الى داخل كائن آخر وحيد الخلية ، حيث يقوم الاخير بتوفير المأوى الذي يعيش فيه الكائن الاول . وعبر بلايين السنين أصبح الكائن الداخلي احد العضيات Orgnelle ، ممثلاً بالبلاستيدة في هذه الحالة . إن احتواء البلاستيدات على جزيئة DNA حلقية شبيهة بتلك الموجودة في البكتريا ، اضافة الى اسباب اخرى تعزز فكرة الحياة التعايشية للأصل الذي بدأته البلاستيدات ، شأنها في ذلك شأن الميتوكوندرات التي سبقت الاشارة اليها .

ان النظرية التكافلية Symbiont theory التي تفسر الأصل التطوري المحتمل لبعض العضيّات الخلوية Organelles أصبحت الآن مقبولة الى حد كبير من قبل بعض علماء الاحياء والمعنيين بالتطور Evolution . ان الميتوكوندريات الموجودة في جميع الخلايا الحية للكائنات حقيقية النواة Eukaryotes ، والبلاستيدات الخضر Chloroplasts الموجودة في الكائنات حقيقية النواة القادرة على ممارسة عملية التركيب الضوئي ، تعتبران الاساس الذي يعزز فكرة النظرية التكافلية .

ويمكن تصنيف البلاستيدات الى ثلاثة انواع رئيسة هي :

١ . البلاستيدات الخضر Chloroplasts
٢ . البلاستيدات الملونة Chromoplasts
٣ . البلاستيدات عديمة اللون Leucoplasts

وفيما يأتي شرح موجز لكل نوع من أنواعها .

البلاستيدات الخضر Chloroplasts

تتركب البلاستيدات الخضر من غشاء خارجي مزدوج يُحيط بالمحتويات الباقية المؤلفة من أرضية سائلة أو شبه سائلة يطلق عليها السَّدَى Stroma توجد بها تراكيب حبيبية يطلق عليها الحبيبات Grana التي تتصل بها الصبغات (شكل ٣ ـ ١ ـ ب). ولدى دراستها بالمجهر الالكتروني يمكن ملاحظة ان الحبيبات مؤلفة من تراكيب غشائية معقدة، مكونة أقراصاً غشائية Thylakoids تكون منضدة فوق بعضها البعض كما تنضد النقود المعدنية. وتكون كل مجموعة بهذا الشكل أحدى حبيبات الگرانا. وتمتد بين الحبيبات تراكيب غشائية مزدوجة بحيث تكون هنالك اتصالات مابينها، ويطلق على تلك الامتدادات الغشائية مصطلح الاغشية مابين الحبيبات Intergrana lamellae (شكل ٣ ـ ١).

في معظم النباتات الراقية توجد في البلاستيدات الخضر أربعة انواع من الصبغات هي :

كلوروفيل أ Chlorophyll A (C_{55} H_{72} O_5 N_4 Mg)
كلوروفيل ب Chlorophyll B (C_{55} H_{70} O_6 N_4 Mg)
كاروتين Carotene (C_{40} H_{56})
زانثوفيل Xanthophyll (C_{40} H_{56} O_2)

ويوجد كلوروفيل أ في جميع الاحياء حقيقية النواة التي تقوم بعملية التركيب الضوئي Photosynthetic eukaryotes اضافة الى الطحالب الخضر المزرقة Cyanophyta (يطلق عليها أيضاً Cyanobacteria or Blue-green algae). ويمثل كلوروفيل أ الصبغة الفعالة في عملية التركيب الضوئي بالنسبة لتلك الجاميع من الكائنات، كما أنه يشكل الجزء الاكبر من الصبغات الكلوروفيلية، حيث يؤلف من أوراق النباتات الخضر حوالي ثلاثة أرباع مجمل المحتوى الكلي للكلوروفيل.

اما كلوروفيل ب فيوجد مع كلوروفيل أ في النباتات الوعائية Tracheophyta والحزازيات Bryophyta، وفي الطحالب الخضر Chlorophyta والطحالب اليوغلينية Euglenophyta. وفي معظم الطحالب الاخرى يغيب كلوروفيل B ويستعاض عنه بنوع أو آخر من أنواع الكلوروفيلات اضافة الى كلوروفيل A.. ففي الطحالب البنيّة Phaeophyta والدايوتومات (Diatoms) Chrysophyta يوجد كلوروفيل C بدلاً من B، اما في الطحالب الحمر (Red algae) Rhodophyta فيوجد كلوروفيل D بدلاً عنه، بينما يوجد كلوروفيل E

في الطحالب الخضر الصفر Xanthophyta . وتتباين الطحالب أيضاً في الصبغات الاضافية الاخرى غير الكلوروفيل ، حيث توجد صبغة الفيوكوزانثين Fucoxanthin في الطحالب البنيّة وصبغة الفايكوبيلين (أو الفايكوأريثرين) Phycobilins (Phycoerythrin) في الطحالب الحمر ، وصبغة الفايكوسيانين Phycocyanin في الطحالب الخضر المزرقة ، وهكذا .

اما في البكتريا القادرة على ممارسة التركيب الضوئي Photosythetic bacteria حيث لايوجد كلورفيل A ، فانها تمتلك نوعاً خاصاً من الكلوروفيل هو بكتريوكلوروفيل Bacteriochlorophyll في البكتريا الارجوانية Purple bacteria أو كلوروفيل كلوروبيوم Chbrobium chlorophyll في بكتريا الكبريت الخضراء Green sulfur bacteria .

ويجدر الاشارة هنا الى انه في خلايا الكائنات حقيقية النواة التي تقوم بعملية التركيب الضوئي تستطيع صبغات فعالة من كلورفيل A فقط من اقتناص الطاقة الضوئية وتحويلها الى طاقة كيميائية ، اما باقي الصبغات ، بما في ذلك كلوروفيل B و C و D و E والكاروتينيات فكلها عبارة عن صبغات مساعدة ، تستطيع اقتناص الطاقة ، لكنها لا تستطيع تحويلها الى طاقة كيميائية ، بل تنقلها فوراً الى كلوروفيل A حيث تتمكن الصبغة الاخيرة من خزنها في جزيئات السكر المصنوعة .

ويدخل في تركيب البلاستيدات الخضر اللبيدات Lipids والبروتينات Proteins بنسبة متساوية تقريباً ، كما لوحظت فيها الرايبوزومات ، هذا اضافة الى الحامض النووي DNA الموجود على هيئة حلقة شبيهة بالحلقة الكروموسومية للبكتريا . ويلاحظ في البلاستيدات الخضر النشطة المعرضة للضوء بعض حبيبات النشاء ، التي لاتلبث ان تتحول الى سكر ذائب ينتقل الى خارج البلاستيدة . ومن الجدير بالذكر ان البلاستيدات الخضر قادرة على بناء المادة الغنية بالطاقة (وهي الأدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP) من الأدينوسين ثنائي الفوسفات ADP وذلك بعملية يطلق عليها الفسفرة الضوئية Photophosphorylation ، وكذلك تكوين $NADPH_2$.

البلاستيدات الملونة Chromoplasts

وهي بلاستيدات ذات ألوان مختلفة كالأحمر والأصفر والبرتقالي وغير ذلك . ويعزى الاختلاف في اللون الى نوعية الصبغات الملونة الموجودة في العضو النباتي ونسبتها . فزيادة نسبة الكاروتين ينتج عنها تكون اللون الأحمر ، بينما ينتج عن زيادة الزانثوفيل اللون الاصفر وهكذا . ومما تجدر الاشارة اليه ان البلاستيدات الملونة يمكن ان توجد في أي جزء من اجزاء النبات ، اذ لايشترط وجود الضوء

لتكوينها ، خلافاً لما عليه الحال بالنسبة للبلاستيدات الخضر التي توجد فقط في الأعضاء المعرضة للضوء . وعلى ذلك فالبلاستيدات الملونة يمكن وجودها في تبلات الأزهار وفي الثمار وفي الجذور وغيرها . وفائدة البلاستيدات الملونة للنبات يصعب حصرها بشكل محدد. ففي الازهار يمكن تعليل وجودها لجذب الحشرات وبالتالي فهي تساعد في عملية التلقيح الذي يعتبر ضرورة من ضروات التكاثر الجنسي في النباتات الراقية .

كما ان بعض الدراسات تشير الى ان وجود الصبغات الملونة يعمل على تخفيف التأثير الضار الناتج عن شدة الضوء الساقط على الأوراق عندما تكون شدته عالية ، كما انها تلعب دوراً مهماً في امتصاص الطاقة الضوئية وتحويلها الى كلوروفيل A حيث يتم تحويلها بواسطة الأخير الى طاقة مخزونة .

ان الكاروتينات التي تنتجها النباتات تعتبر المصدر النباتي الأساسي لانتاج فيتامين A بالنسبة للانسان والحيوانات . حيث ان كل جزيئة من كاروتين بيتا Betacarotene تكوّن لدى تحللها المائي جزيئتين من جزيئات فيتامين A ، وتتم هذه العملية في مناطق معينة من أنسجة الانسان أو غيره من الحيوانات الاخرى .

البلاستيدات عديمة اللون Leucoplasts

توجد البلاستيدات عديمة اللون في خلايا الأجزاء النباتية غير المعرضة للضوء . لهذا فهي موجودة في الجذور والبذور وفي الدرنات والأعضاء الاخرى التي تكوّن النشاء . وفي مثل هذه الاعضاء تتحول السكريات الذائبة المتكونة في الاجزاء الخضراء الى حبيبات نشوية Starch grains داخل هذه البلاستيدات . واذا تعرضت البلاستيدات عديمة اللون للضوء فانها تتحول الى بلاستيدات خضر Chloroplasts ، كما هو ملاحظ لدى تحول ثمار الطماطة غير الناضجة ، وكذلك في الأوراق الحرشفية الخارجية للبصل . وقد تتحول البلاستيدات عديمة اللون الى بلاستيدات ملونة ـ بعد تحولها الى بلاستيدات خضر ـ كما يحدث في الحمضيات والتمر والطماطة . كما يمكن ان يحصل العكس ، حيث يمكن ان تتحول البلاستيدات الخضر الى عديمة اللون لدى حجب الضوء عنها . ووظيفة البلاستيدات عديمة اللون في الاساس هي تكوين النشاء وتخزينه ، لذا يطلق على البلاستيدات هذه مصطلح بلاستيدات النشاء Amyloplasts . وهناك نوع خاص من البلاستيدات عديمة اللون هو البلاستيدات الزيتية Elaioplasts التي تقوم بصنع وخزن الزيوت .

ومن الجدير بالذكر ان الزيوت يمكن ان تصنع ايضاً في الشبكة الاندوبلازمية الملساء SER كما سبقت الاشارة الى ذلك . ويكثر وجود البلاستيدات الزيتية في

الحزازيات وكذلك في نباتات ذوات الفلقة الواحدة . وتشير احدى الدراسات التي اجريت على هذا النوع من البلاستيدات في نبات السوسن Iris انها تقوم بتكوين النشاء اضافة الى الزيوت .