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

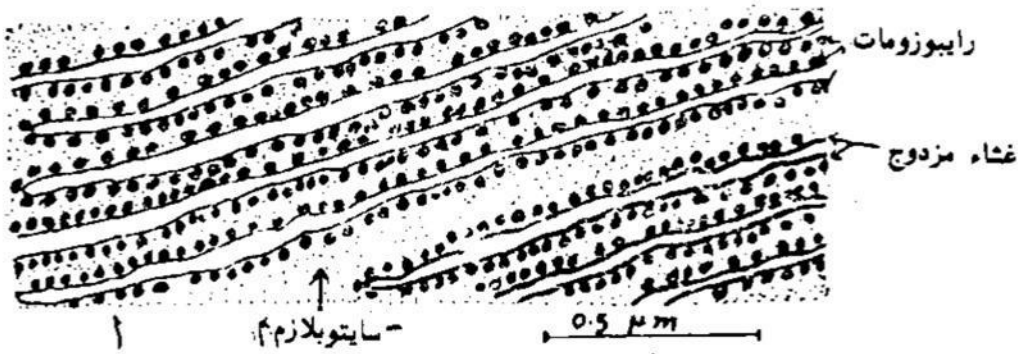
السايتوبلازم Cytoplasm

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

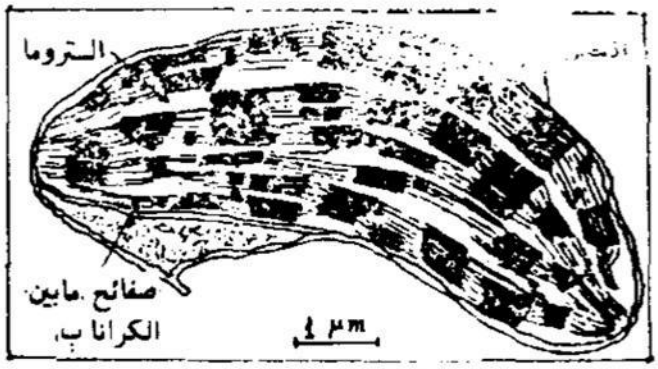
السايتوبلازم تراكيب واغشية وتجاويف مختلفة الحجم والشكل تمثل مكونات معينة لها وظائف محددة · ويظهر السايتوبلازم تحت المجهر كمادة هلامية نصف سائلة شفافة أكثر كثافة ولزوجة من الماء ويكون الماء في كثير من الاحيان ٨٥ـ٩٠٪ من الوزن الطري للخلايا · وتقل هذه النسبة الى أقل من هذا بكثير في الانسجة الكامنة كالحال 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



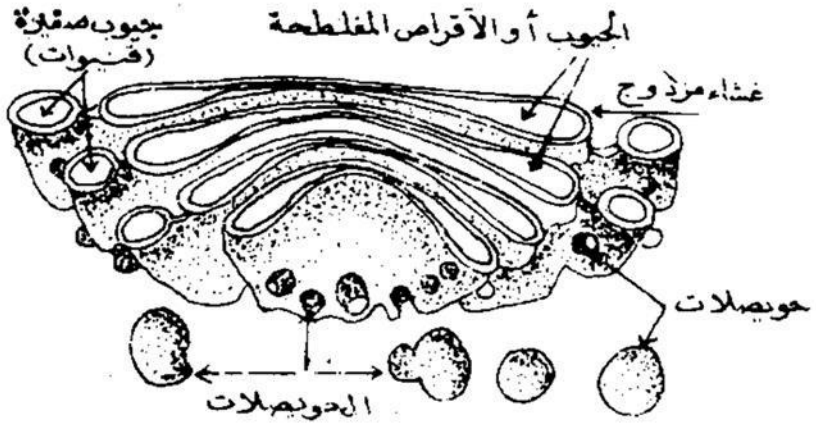
بلاستيدة خضراء من ورقة نبات الذرة

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

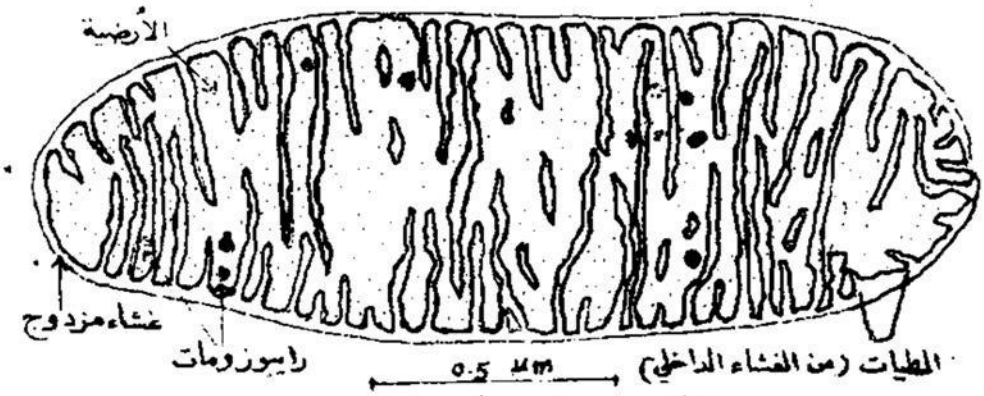
ب ـ بلاستيدة خضراء كما تبدو تحت المجهر الالكتروني

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 .