الفصل الثالث

النمو الابتدائى Primary Growth

نمو النباتات الوعائية يعتمد على المرستيم القمى وعليه أيضاً تعتمد النباتات الراقيه فى تكوين كل من الساق والجذور. وأى نمو يترتب عليه اضافة فى الخلايا يكون راجعاً للمرستيم القمى. إذن فأنه يحكم انظمة تكشف الخلايا والانسجة.

ولقد ظهرت اهمية المرستيم القمى فى تكوين اعضاء فى الدراسات التى تمت فى البيئه الصناعية in vito التى كان بها مصدر كربوهيدرات وتم فيها تنمية اجزاء قيمة من الأفرع والجذور.

والنمو الابتدائى متضمناً تكوين الأفرع الجانبية يكون ناتجاً عن نشاط المرستيم القمى. وظائف المرستيم القمى فى النباتات المختلفة تعد متشابهه حتى فى النباتات الغير وعائيه مثل الطحالب والسرخسيات والحزازيات حيث نجد أن النمو الابتدائى محكوم بنشاط الثالوث فى الطحالب وبنشاط الخلية القمية فى السرخسيات والحزازيات فى بعض الانواع مثل Lycopsida لا توجد خليه قميه ولكن المرستيم القمى فى الجذور والساق يتكون من مجموعة منتظمة من الخلايا الجنينية embryonic cells، وفى مغطاه البذور ومعراه البذور نجد أن المرستيم القمى يكون أكثر تعقيداً.

وقد كان هناك اهتمام بدراسة تنظيم المرستيمات القمية من قبل علماء النبات فى أواخر القرن الثامن عشر وذلك لفهم مناطق نمو الاجنه لتسهيل فهم تطورات الأجنه فى لحيوان.

وقد أورد Hanstein عام ١٨٦٨ أن الانسجة الابتدائية المختلفة والتى منها لأبدرمس والقشرة والاسطوانه الوعائية والنخاع لا يمكن تحديد أى نقطة محدده فى طقة الـ Histogen فى القمة النامية تكون مسئولة عن كل نسيج أى أنه لم يقتفى أثر طة تكون أو أصل كل خليه فى النسيج.

هناك تشابه للمرستيمات القمية فى الأفرع مع الجذور فى كثير من النواحى كنها تختلف فى بعض النواحى.

القمه الناميه للفرع

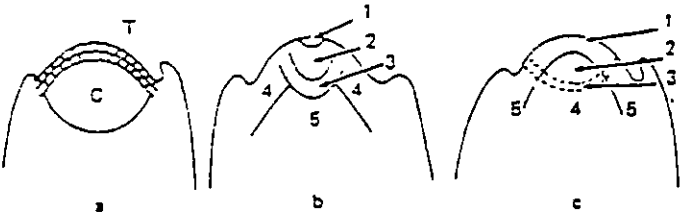
Shoot Spix

١- الطور الخضرى Vegetative Phase

أ- المرستيم القمى Apical meristem

يتشابه المرستيم القمى فى كل من معراة البذور ومغطاة البذور فى الشكل العام غير أن التنظيم الداخلى مختلف فى كل منهما.

وهناك نظريه أوردها Schmidt, 1924 تسمى Tunica-Corpus theory تصنف نظام الانقسام الشائع فى العديد من مغطاة البذور كما هو واضح فى شكل رقم (١) وهو يتكون من جزئين هامين وهما طبقة الـ Tunica، وهى شبكة أو طبقة من الخلايا تمتد حول القمه أو مجموعه من الخلايا القميه الكتليه apical dome وانقساماتها تكون عرضيه أو محيطيه anticlinal divition. أما طبقة الـ Corpus فهى عباره عن كتله من خلايا غير طبقيه وهى تتكون بصورة عشوائيه. فى



شكل رقم (١)

Diagram of zonation patterns in longitudinal sections of dicotyledon and gymnosperm apical meristems. (a) tunica-corpus organization common to some dicoty-ledonss T, tunica; C,a corpus (after Schmidt, 1924). (b) Cytohistoliogical zinatien found in many

gymnosperms; l, apical inital group; 2, central mother cells; 3. transition zond; 4, peripheral zond; and 5, rib meristem zond (after Foster, 1938). (C) Cytohistological zona-tion pattern appilcable to many dicotyledons: l, mantle layers; 2, central mother cell zona; 3 cambial-like zone (often absnt); 4, rib meristem; and 5, peripheral zɔnd (after Popham and Chan, 1950).

معظم معراة البذور، نجد أن نظام الانقسام الطباقى Layring pattern عاده مايكون غائب ولهذا نجد أن القمه الناميه للفرع تختلف فى شكلها عن الشكل الذى ينتمى لنظريه tunica-corpus. ولقد ابرز Suchs, 1878 عدة مناطق متخصصة فى القمة النامية فى الـ Abies pectinata وانقساماتها تأتى فى شكل منحنيات مقعره وكلها تتوالى اسفل المرستيم القمى.

وفى عام ١٩٣٨ درس Foster الصفات الفسيولوجيه فى المناطق المرستيميه فى معراة البذور وقد حدد خمس مناطق فى القمه النامية لشجرة شعر البنت Ginkgo. spp. ومنطقة القمة الناميه تتوسطها الخليه الأميه المركزيه وتمثل الطبقة المحيطيه اكبر نسبة، وهناك منطقة الانتقال شبه كامبيوميه ومنها تنشأ الطبقة المحيطيه وكذلك ينشأ منها [غالباً مايكون غائب] المرستيم العرقى rib meristem اسفلها.

والمنطقة المحيطيه هى التى ينشأ عنها التفرعات الجانبيه Lateral appendages وكذلك البشره والقشره ونسبه لابأس بها من الأسطوانه. ومنطقة المرستيم العرقى، هى منطقة انقسام خلوى تحدث غالباً عمودياً على محور الساق وبذلك تتكون صفوف افقيه من الخلايا والمرستيم العرقى له اهمية فسيولوجيه عظمى فى استطالة الأفرع.

وخلايا المناطق المختلفه فى قمة اشجار معراة البذور يمكن مع تحوير بسيط أن تشابه خلايا العديد من مغطاه البذور (Popham, Chan, 1950, Clowes, 1961) والمرستيمات القميه فى وحيدة الفلقات المعمره تلقت اهتمام محدود من الدراسة بمقارنتها بالنباتات ذات الفلقتين الخشبيه ومعراه البذور.

وهناك تفاوت على مستوى الأنواع فى شكل المرستيم القمى وكذلك بين خلايا المناطق المختلفه. المرستيمات القمية مختلفة فى الشكل والحجم والتركيب الداخلى، ليس فقط بين الأنواع ولكن أيضاً على مختلف الأعمار، والمكان والأحوال الفسيولوجية.

وفى الواقع نجد أن المرستيم القمى فى الساق قد يظهر به مناطق محدوده ولكن بعد فتره من النمو والتطور، نجد أن القمه يبرز فيها المناطق المختلفه بوضوح كما فى معظم معراه البذور.

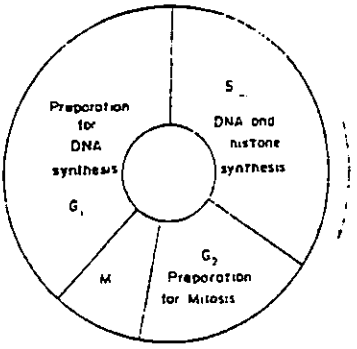
وهناك تباين بين اراء العلماء لتحديد الوظائف أو الادوار المورفوجينيه morphogenic roles لهذه المناطق المختلفه فى القمه الناميه – وقد يكون ذلك راجعاً لتغيير حجم الخلية وشكلها وانتفاخها أو استطالتها ومدى امكانية صبغ هذه المناطق وكذلك مستويات انقسام الخلية.

وأكد Buvat, 1952, 1953, 1955 أن الخلايا المتمدده (كبيرة الفجوه العصاريه) Vaculated cells تنتج الخلايا الأميه المركزية فى معراة البذور، وبعض من مغطاه البذور أو مايقابلها من خلايا فى طبقة الـCorpus فى مغطاة البذور الأخرى ونشاط متيوزى أقل مما فى المنطقة المحيطيه وهى تشكل طبقه خامله وتدفع عادة لاعلى بفضل الأنقسام المتيوزى واستطاله منطقة المرستيم العرقى اسفله، ومن هنا نجد أن القمه الخضريه هى meristem d'attente أو المرستيم المنتظر Waiting meristem ويحدث له انقسامات ميتوزيه قليله، وهو يحمل لأعلى إلى أن تتحول أو تصل القمه بالمرحله الى الاكثار أو (التكاثر) reproductive stage وفى هذا الوقت ووفقا للعالم Buvate, 1952 فإن مناطق المرستيميات المحيطيه والعرقيه وكذلك الخلايا الأميه المركزيه فى القمه تصبح نشطه جداً وتساهم بصورة مباشره فى النمو المبكر فى النورات والازهار.

انقسام الخلايا وتمددها

Cell divition and Cell Vacuolation

نمو النباتات عديدة الخلايا يشمل كل من الزياده فى انقسام الخلايا وزيادة فى حجم الخلايا وليس هناك حدود فاصله بين العمليتين. فنجد أن المنطقة القمية يحدث بها انقسام خلايا ويتبعها بعدة ميللميترات منطقة الزيادة فى حجم الخلايا وفى الاعضاء التى يتم تكوينها مثل الأوراق والثمار، نجد أن نمطى الانقسام والاستطالة يستقلا بمرور الوقت.



. Scheme of the mitotic cell cycle. After mitosis (M) the daughter cells enter the G1 phase, towards the end of which there is preparation for DNA synthesis. DNA and histone synthesis take place in the following S phase, and the chromosomes are replicated so that the cell DNA content is doubled. The cell then enters the G2 phase, which represents a period of preparation for mitosis involving condensation of the chromosomes.

شكل رقم (٢)

انقسام الخلايا يرتبط بتعدد خلايا العضو، وقد درست الانويه أثناء الانقسام دراسات مكثفة، الانقسامات المتعاقبه للانوية تشمل تكوين الكروموسومات وعملية الانقسام المتيوزى تتبادل مع فترات تكون فيها النواه فى مرحلة الراحة interphase والانقسام المتيوزى يتضمن تضاعف عدد الكروموسومات والتى تنقسم بالتساوى معطيه خليتين وبالتالي نجد أن كمية الـ DNA يجب أن تتضاعف فى نفس المرحلة قبل أن تشرف على طور الـprophase. المرحلة الدقيقه من تمثل الـDNA يمكن أن تتحدد أو تعين بانسجة النبات المغذيه مثل قمم الجذور باستخدام الثيميدين المشع radioactive thymidine (واحد من ثواعد الـ DNA) فى المراحل المختلفه وتعيين الوقت الذى يصبح فيه مُصنّعاً فى الـDNA. وكذلك يمكن حصر عدد DNAS لكل نواه spectrophotometrically لتقدير الوقت الذى يحدث فيه تضاعف كلى لل DNA لكل نواه. هذه التكنيكات توضح مرحلة تمثيل DNA المعروفه ب S (phase) ، أما الفتره الباقيه لمرحلة فتبدأ وتتبع مرحله S والتى فيها لايحدث تمثيل لل DNA وتعرف ب G_1 (Gl. (G_1) وطور (Gap_1) (G_2) وطور (Gap_2) على التوالى وطول الدورة فى G_1,G_2

يختلف حسب الانواع. اثناء مرحلة الراحة نجد أن معظم DNA يحدث لها امتداد extended ولكن اثناء الـprophase للانقسام الميتوزى نجد انها تصبح متماسكة Compacted ومتحلزنه ومتشابكة Coiled كنتيجة للتغيرات الواقعه على البروتينات المرتبطة. وبعد الانقسام لميتوزى نجد أن المواد الكروموسوميه تتجه لعمليات فك التماسك أو التحلزن والتى تؤدى إلى ظروف أو أحوال ممتده فى الانويه التى تمر بمرحلة الراحه والشكل رقم (٢) عبارة عن رسم تخطيطى لمراحل أنقسام الخلايا – وانقسام الخلايا يشمل تضاعف العضيات لمختلفه مثل البلاستيدات والميتوكوندريا وابسط نوع من البلاستيدات هى البلاستيدات الابتدائيه والتى ينشأ منها بعد ذلك البلاستيدات الملونه والبلاستيدات من العضيات التى يمكن أن يحدث فيها تضاعف ١/٢ ذاتى Semi autonomous والتى لها قدره على التضاعف بالانقسام أو التبرعم budding ومعظم النباتات الراقيه تحتويب الكثير إلى العديد Several to many من البلاستيدات ولكن يوجد هناك اختلافات كبيره فى عدد البلاستيدات بين خلايا الانواع المختلفه. وبصفه عامه عدد البلاستيدات فى الخليه يبقى ثابت تقريبا مما يؤكد بأن تعدد (تكاثر) البلاستيدات يبقى أو يحدث مع انقسام الخلايا. وعموما فإن توزيع الحليه الا. للبلاستيدات المتكونه يكون عشوائيا .

وفى المناطق الطرفيه من الجذور والأفرع والتى يحدث بها الانقسم الحلوى نجد أن الخلايا تعتبر صغيره نسبياً وتحوى نواه كرويه تقع فى وسط السيتوبلازم وهى لم تعد بعد منتفخة (أو متمدده) وتميل للدكانه بسبب الصبغات ونجد أن الجدار الخلوى يكون رقين وكنتيجة للانقسام، فان كل خليه من الخلايا المنقسمه يكون حجمها نصف حجم الخليه لأم، هذه الحلايا تبدا فى الاستطاله ولكن نمو هذه الخليه يتعلق بتمثيل السيتوبلازم ومواد الجدار الخلوى وليس الانتفاخ (الامتلاء أى تكون العصارة) Vacuolation وحيث ان عدد الحلايا فى منطقة الاستطاله يميل للبقاء ثابتا (على الأقل لفتره محدوده) فإنه من الطبيعى أن الخلايا فى هذه المنطقة لاتستمر أو تبقى كلها قادره على الانقسام. هذا لوضع يمكن ايضاحه كما فى حالة الحليه القميه الفرديه فى بعض الطحالب والحزازيات وبعض السراخس حيث نجد ان الحليه القميه عندما تنقسم ينتج عنها خليه فى الجانب الخارجى والتى تصبح هى الخليه القميه الجديده والحيه

المنقسمه الاخرى فى الجانب المجاوروالتى ينتج عنها نسيج متكشف من الثالوث أو الفرع. هذهالخليه المنقسمه عادة ماتنهج انقسامات متعدده ولكن نجد مشتقات هذه الخلايا تفقد قدرتها على الانقسام ومن هنا نجد أن الخليه القمه بينما تبقى مرستيميه ثابته، فان نواتج الانقسام (الخلايا المنقسمه) قادرة فقط على الانقسام بصورة محدوده فيما بعد. فى حالة مغطاه البذور ومعراه البذور نجد ان هناك مجموعة من الخلايا تعتبر مرستيميه موجوده فمثلا فى منطقة القمه الناميه الجذريه فى Allium وجد أن الخلايا تتضاعف اطوالها لتصبح حوالى ٣٠ مثل للخلايا حديثه الانقسام وقد وجد فى انسجه اخرى انها تصل إلى ١٥٠ مثل فى الحجم عندما يحدث لها انتفاخ أو تمدد.

وعملية الانتفاخ هذه يحكمها اسموزيه المحلول الموجود داخل الخلايا وإذا طبقنا هذه الفكره على امتصاص الماء بواسطة الخليه فإنه بصفه عامه نجد أن قدره الخلية على امتصاص الماء تعود إلى جهد الماء (Ψ) Water potential والذى يساوى للضغط أو الجهد الاسموزى II للمحلول الموجود داخل عصارة الخليه + ضغط الانتفاخ (P) أو ضغط الجدار Wall or turger pressure ويمكن تمثيل ذلك بالمعادلة الآتية:

$$\Psi = P + II$$

ومن هنا نجد أن امتصاص الماء قد يرتبط بالتغيرات فى الجهد الاسموزى أو ضغط الجدار أو كلاهما. والدراسات التى تمت على التغيرات فى العلاقات الاسموزيه لمحلول الفجوه اثناء النمو أوضحت انه ليس هناك مايؤكد على التغييرات فى الجهد الاسموزى وبعد ذلك يتطور الجهد الاسموزى وذلك عندما يحدث تخفيف لمحلول أو عصارة الخلية إلا أن السكريات والاملاح والاحماض العضويه تحافظ على الاسموزيه.

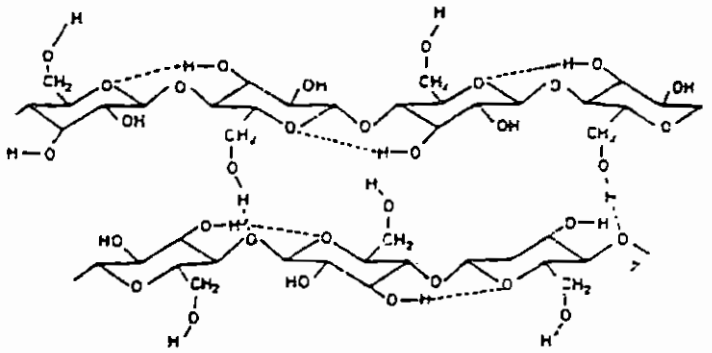
وعلى الرغم من أن القدر الأعظم فى الزياده فى حجم الخليه يرجع إلى امتصاص الماء، إلا ان سيتوبلازم جديد يتكون وكذلك مادة الجدار الخلوى وبالتالى تزيد من الوزن الجاف للخليه.احيانا تتكون الاستطالة او الانتفاخ فى انسجة الجروح فى منطقة القمه الناميه ولاتكون هناك حدود فاصله بين منطقة الانقسام والانتفاخ ولكن فى قمة الجذور تكون واضحه وانقسام خلايا منطقة الانتفاخ تكون قليله. وقد وجد أن معدل التنفس يزداد فى هذه المنطقة حيث تزداد العمليات الفسيولوجيه المختلفه التى تتطلب طاقه مثل تمثيل البروتين ومعدل النشاط فى هذه الخلايا يكون عالى بمقارنتها بالخلايا التى لها

نفس الحجم ولكنها ناضجة وهى تعتبر انشط من الخلايا المرستيميه فى معدل التنفس لكل خليه حيث أن الخلايا المرستيميه تحوى على سيتوبلازم أقل.

نمو الجدر الخلوية Growth of Cell Wall

أوضحت الدراسات بالميكروسكوب الالكترونى ان الجدار الخلوى للنباتات الراقيه تتكون من شبكه من السليلوز (ميكرو فبرلات) والسليلوز موجود على هيئه سلاسل مستقيمه من وحدات جلوكوز (B, 1-4 linked glucose) مرتبطه بروابط ١، ٤، والتى تتجمع لتكون ميكروفبرلات والسلاسل تقع موازيه لبعضها البعض فى تنظيم محكم جدا ولهذا فإن الميكروفبرل له تركيب بلورى عالى Para-crystallune structure والسلاسل ترتبط مع بعضهم من خلايا مجاميع H فى المواقع ٦ فى احدى السلاسل مع ذرات الاكسجين (O_2) فى سكر الجلوكوز (O_5)glycosidic oxygens) بسلسلة اخرى.

وهناك ترابط بين الجزيئات من خلال روابط intra-molecuar بين مجاميع OH فى المواقع ٣ وتستخدم ذرة الاكسجين فى وحدات الجلوكوز على نفس السلسله كقنطره اتصال وهذا الشكل يوفر متانه شديده للميكروفبرل كما هو موضح بالشكل التالى رقم (٣) الذى يوضح الروابط المختلفه فى سلسلة السيليوز.



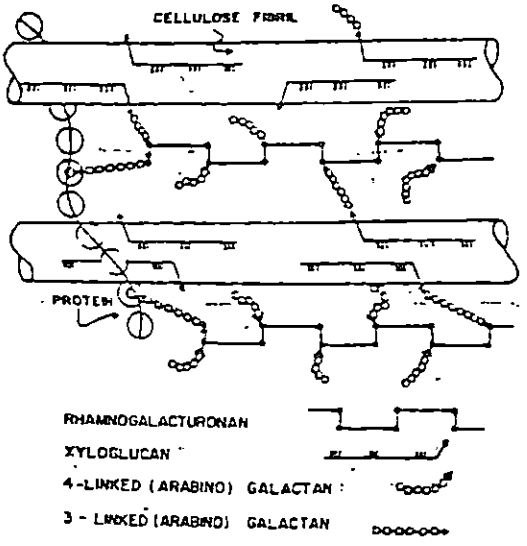
β-1,4 linked chains of cellulose, showing the hydrogen bonding between adjacent chains, and the intra-molecular bonding between adjacent glucose units in the same chain. (From W. D. Bauer in *The Molecular Biology of Plant Cells*, (Ed.) H. Smith, Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1977.)

شكل رقم (٣)

والميكرو فبرلات مطموره داخل شبكه من سكريات عديده غير سليلوزيه والتى تشمل السكريات الخماسيه (Pentoses) والسكريات الخماسيه الاخرى xylose و arabinose، والـHexoses (اى السكريات السداسية) مثل الجلوكوز، جالاكتوز، المانوز والزايلو جلو كان xylogluncans يتكون من ترابط الجلوكوز من الرابطه B, 1:4 مع الزيلوز من جانب السلسلة المختلفة أما فى حالة arabinogalactans فقدتكو ذات سلاسل مستقيمه او متفرعه وهذه المكونات تعرف بالهيمسيليلوز.

وكذلك نجدان هناك سكريات عديده وحدتها البنائيه galacturonic acid وتكون مايعرف بالبكتين. ويحتوى الجدار الابتدائى على تركيب بروتينى يحتوى قدرعالى من الحامض الامينى الـhydroxy proline ايضا هناك تضارب على ترابط المكونات المختلفة ولكن هناك تداخل بين المكونات قد يكون تعاونى او غير تعاونى Covalent, or mom-covalent.

والشكل رقم (٤) عبارة عن رسم توضيحى لبعض المركبات المبلمره فى الجدار الأولى لخلية الـSycamore وكيفية التحامها مع بعضها.

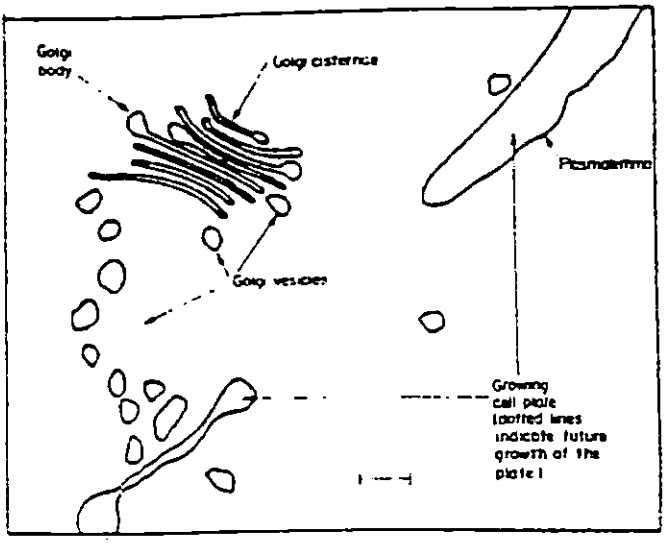


Schematic representation of the polymeric components of sycamore primary cell walls and their interconnections. Xyloglucans are co-crystallized with the cellulose glucan chains on the surface of the microfibrils. Some of the reducing ends of the xyloglucans are glycosidically attached to the mixed arabinogalactan side chains of the rhamnogalacturonan chains, which themselves are attached to the structural protein. (From W. D. Bauer, in *The Molecular Biology of Plant Cells*, (Ed.) H. Smith, Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1977.)

شكل رقم (٤)

بالنسبة للجدار الخلوى الموجود فى النباتات وحيدة الفلقه فإنها تختلف عن النباتات ثنائية الفلقه فى طبيعة مكونات الشكبة matrix

فتكوين جدر خلايا جديده بين الخلايا المنقسمه التى تعقب الانقسام الميتوزى فى النواه تبدأ مع ظهور عدد كبير من الحويصلات Vesicles فى المستوى الاستوائى للمغزل equator plante of the spindle هذه الحويصلات تتكون بواسطة اجسام جولوجى وهى تحتوى على كميات كبيره من عديدات التسكر التى منها تتكون مادة الجدار الخلوى فى المرحلة الاولى وتعرف بالصفيحة الخلوية Cell palne وذلك من خلال تلاحم او ترابط الحويصلات والشكل رقم (٥) يوضح تلك الخطوات.



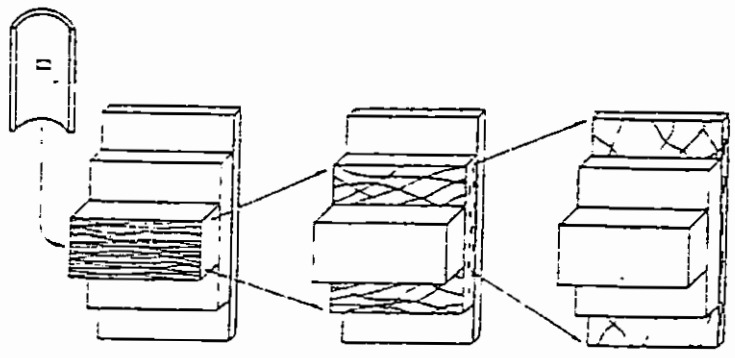
Association of Golgi bodies with cell plate. Scale = 200 nm. (From Bryant, 1976.)

شكل رقم (٥)

والصفيحة الخلوية تتكون اولا فى مركز الخليه ثم تمتد اطرافها جهة الخارج وذلك من خلال اضافه جزئيات جديده أو محتويات او مكونات اجسام جولوجى التى تقع فى الجانب المحيط بالصفيحة إلى أن تتحد مع الجدر الجانبيه. وأغشيه الحويصلات تتحد مع اجسام جولجى لتكوين مايعرف ب plasmalemma لكل خليه منقسمه وبروتو يلازم الخلايا المنقسم يبقى متصلا بواسطة شرائط غشائيه خلال الجدر مكونا البلازمودرما.

وعديدات التسكر تكون اول طبقة فى الجدار الخلوى وهى (الصفيحة الوسطى) والتى تحتوى على نسبة عالية من حمض galacturonic يتم تمثليها فى اجسام جولجى بعد ترسيب او تراكم مادة الصفيحة الوسطى فإن سلاسل السليلوز تتكون فى كل جانب لكل منهما (الخلتيتين) وذلك لتكوين الجدار الابتدائى. وبعد تكون الصفيحة الخلوية، نجد ان كثيرا من المواد الغير سليلوزيه يحدث لها تراكم اثناء التكوينات الاضافيه للجدار الخلوى. هذه المواد يتم تمثيلها بواسطة اجسام جولجى Golgi apparatus وهذه الماده يتم نقلها فى السيتو بلازم عبر البلازما لليما plasma Lemma إلى داخل الجدار الخلوى ومن ناحية اخرى نجد أن سلاسل السليوز تتكون فى السطح الداخلى للجدار مجاورة للبلازما لليما. والانزيمات لها دور فى تمثيل السليلوز وهى موجودة على اغشية جهاز جولجى وهذا فإنها تقوم بوظيفتها (أى الانزيمات) فى عملية لحم الحويصلات مع البلازماليما.

وفى الخلايا التى تمضى فى الاستطالة اثناء انتفاخ او امتلاء الخليه Vacuolotion يبدأ تراكم (بناء) رص Pay down السلاسل بزاويه عموديه right angle على محور الاستطالة (اى عرضيا) ولكن اثناء استطالة الجدار الخلوى او تمدده فإننا نجدأن السلاسل تبدأ فى الشد من الجانبين Pulled-out ولهذا فإنها تصبح قريبة من الاتجاه الطولى والشكل رقم (٦) يوضح المبدأ فى نمو لحدار لخلوى حيث تظهر كيفية ترتيب الميكروفبرلات فى الجدار الحلوى.



The multinet concept of cell wall growth showing (left to right) re-orientation of microfibrils as successive stages wall extension. (From P. A. Roelofsen, *Adv. Bot. Res.* 2, 69–150.

شكل رقم (٦)

واثناء النمو نجد ان ميكروفبرلات عرضيه جديده تضاف إلى داخل الجدار، لذلك فإنه عند عمل قطاع خلال الجدار نجد أن هناك انتقال تدريجى فى الانتقال من الاتجاه العرضى إلى الطولى فى زاويه الميكروفبرلات فى الانتقال من الداخل إلى الخارج كما فى الشكل اعلاه – فى الخلايا التى لايحدث لها استطاله ولكنها تظل متجانسه الاقطار iso diamertric اثناء النمو فإننا نجد أن رص الميكروفبرلات يكون عشوائيا وغير معروف مالذى يحكم اصل عملية تراكم السلاسل فى اى نوع من الخلايا ولكن وجد أنها عادة ماترص موازيه للانابيب الدقيقه micro tubeles وقد اقترح أن يطلق عليها التركيبات الاسطوانية المستطاله elongated clyinderiacal structures ذات الاقطار التى تتراوح بين .nm 23-27 وتتواجد فى الطبقات الضامه للسيتوبلازم واكثر من ذلك نجد أن المعاملة بال الكولشيسين Colchicine الذى يؤدى إلى تدمير الانبوبيات الدقيقه نجد انه يؤدى إلى ارباك نظام لميكروفبرلات ولكنه لايمنع تراكمها ولقد بدا للبعض ان الانابيب الدقيقة تحكم بطريقة غير معروفه طريقه وضع أو رص الميكروفبرلات بالزوايا المعروفه بواسطة اجهزة تمثيل السليلوز.

وقد تلعب الانابيب الدقيقه Micro tubeles دورا فى تحديد مكان تكون الصفيحه الخلويه ومكان التحامها مع الجدار الخلوى – فى الخلايا المستديمه نجد الأنابيب الدقيقه تقع فى السيتوبلازم الخارجى داخل البلازماليما بالضبط. الخلايا التى تتجه للانقسام والتى لم تدخل نواتها مرحلة الـprophase نجد ان انابيب الجدار تختلف ونجد ان شريطا مكونا من عدد هائل من الأنابيب يظهر على السيتوبلازم الخارجى بجوار الجدران الطوله وعمودى على محور الخليه.

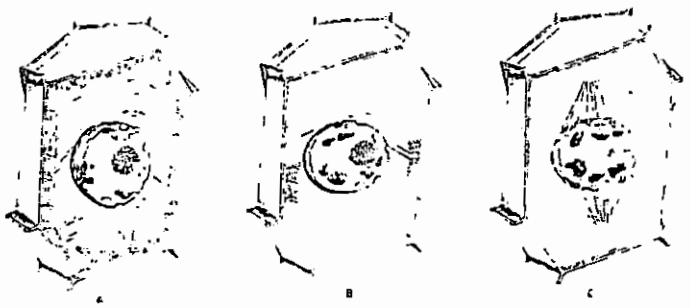


Diagram of changes in microtubules at cell division. (Prints supplied by Dr Myron Ledbetter, reproduced from *Symposium Int. Soc. Cell. Biol.* 6, 1967.)

شكل رقم (٧)

هذه الحزم التى تظهر فى بداية طور البروفيز pre prophase تتواجد متراصه عموديا على محور الخليه بصورة ملتفه حول السيتوبلازم وذلك فى وسط الخليه عندما تشكل الصفيحه الخلويه فإنها تتلحم مع الجدر الجانبيه للخلايا المنقسمه فى الموقع الذى يحدث فيه انقسام شرائط طور الـpre-prophase هى التى تحدد فى الواقع مكان ومنشأ الصفيحة الخلوية.

والشكل رقم (٧) يوضح كيفية حدوث التغيرات فى الـMicrotubles أثناء أنقسام الخليه. أيضا نمو الجدار الخلوى يرتبط بالجهود المتولده عن ضغط الانتفاخ. المرونه (اللدونه) plasticity الزائده فى الجدار الخلوى اثناء مرحلة الانتفاخ Vacuolation وقد تبين أن الأنواع المختلفه من الروابط التى تتحدد مع المكونات المختلفه للجدار يجب ان تتحطم اثناء نمو الجدار ومن الممكن يكون هذا نتيجةلنشاط الانزيمات المحلله مائيا hydrolyic enzumes.

تكشف الخلية Cell Differentiation

على مستوى الخلية، يعرف لفظ التكشف بمفهومين:

١ – قد يطلق على نمو الخلايا الناضجه بمختلف تخصصاتها داخل العضو أو النسيج.

٢ – قد يستخدم للتعرف على التغييرات التى تحدث اثناء النمو للخلايا المرستيميه حتى تصبح خلايا ناضجه وهى عادة تشمل الانتفاخ Vacuolation والاستطاله elongation وهنا نطلق لفظ نضج maturation على العمليات التى تؤدى إلى تكوين خلية جديده من الخلايا المرستيميه.

عاده مايكون النضج مرتبطا بانتفاخ او امتلاء الخلية والاستطالة. الخلايا التى تمضى للنظج قد تظهر تغيرات اضافيه محدوده جديده فى تركيبها مثل تكوين النسيج البرانشيمى، او قد تكون هناك تغيرات كبيره مثل تكوين انسجه ولحاء. فهى مسالك مختلفة اثناء النضج والتى تؤدى إلى حدوث التشكف، وبالاضافة إلى ظهور تغييرات مرئيه فأن هناك اختلافات او تغييرات كيموحيويه ترتبط ايضا مع التكشف.

وهنا نجد ارتباط بين التغييرات الكيموحيوية والتغير فى التركيب الخلوى يمكن ملاحظته بالميكروسكوب الالكترونى وقد اظهرت الدراسات على مختلف الانسجه انه

عموما تتكون اجسام صغيره فى الخلايا النباتية الحية المتكشفه وتشمل ميتكوندريا، اجسام جولجى (ديكستوم Dictyosome) فى البلاستيدات والشبكه الاندوبلازميه ولكن هناك بعض الاستثناءات مثل الانابيب الغربالية التى تصاحب معظم القصيبات اثناء التكشف. نجد ان الميتكوندريا ايضا يتغير عددها وتركيبها فى مختلف انواع الخلايا وتبدى اجسام جولجى حالات من النشاط والخمول (سكون) (quiescent) مرتبطة بحالة نمو الجدار الخلوى وكذلك الافراز والى غير هذا.

والشبكه الاندوبلازميه تختلف فى توزيعها ومواقعها فى مختلف انواع الخلايا المتخصصه. خصوصا تلك المسئوله عن الافراز ومن الجسيمات التى تبدى اختلافات بينّه فى مختلف انواع الانسجه نجد البلاستيده، حيث ان تركيبها يختلف حسب تواجدها فهى تختلف فى الورقة عن نسيج التخزين والثمار أو الأزهار أو اجزائها مثل البتلات.

تكشف البلاستيدة والخلية The plastid and cell Defferntiation

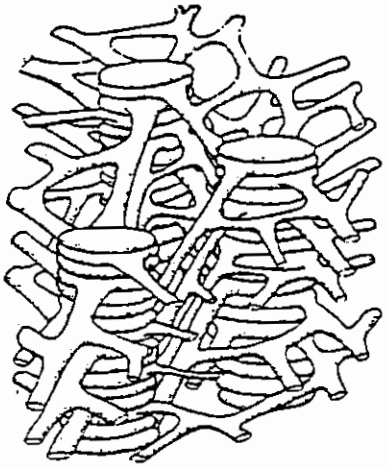
تتكون البلاستيدات الناضجه من البلاستيدات الأوليه proplastids والتى تكون صغيره فى تركيبها وتتواجد فى الخلايا المرستيميه والخلايا الاخرى والبلاستيدات الأولية تتضاعف بانقسامها وتتوزع بين الخلايا المنقسمه عند الانقسام، والبلاستيدات مختلفة الطراز فهناك عدة أنواع منها:

١ – البلاستيدات الخضراء Chloroplasts والتى تحتوى على صبغات الكلورفيل بصور سائدة رغم وجود صبغات الكاروتين Carotenoids مثل الزانثوفيل xanthophyll.

٢ – البلاستيدات الملونه Chromoplasts والتى تحتوى على قدر ضئيل أو لاتحتوى على صبغة الكلوروفيل ولهذا نجدأن الالوان الصفراء، البرتقالية أو الحمراء من الكاروتينات تكون مرئية والتى تميز لون الازهار والثمار واوراق الخريف.

٣– البلاستيدات الغير ملونه Leucoplastis وهى لاتحتوى صبغات وتشمل البلاستيدات التى تختص وظائفها بانتاج مواد التخزين مثل النشا (amyloplast) أو الدهون (elaioplast) على الرغم من أن البلاستيدات الخضراء تأخذ اشكالا مختلفه واحجاما مختلفه فى الطالحالب إلا أنها تكون منتظمه فى النباتات الراقيه وهى محاطه بغشاء مزدوج وتتكون من شبكة عديمة اللون عصارية تسمى strana ومن اكياس

غشائيه تعرف ب thylakoids وهى التى تكون مترابطة فى اقراص تعرب ب grana والـthylakoids الدائريه ترتبط مع بعضها من الخارج بواسطة اغشية موصله. والشكل رقم (٨) التالى عبارة عن نموذج للجرانا والأغشيه الموصله

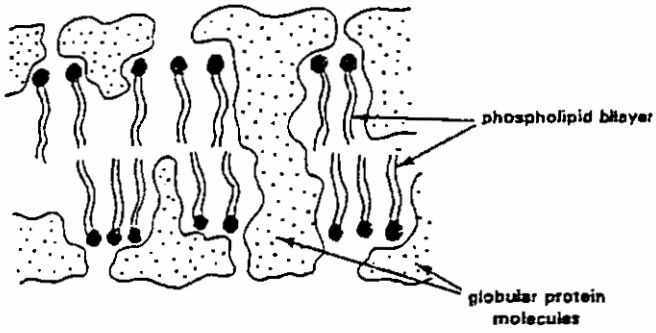


. Three-dimensional model of grana with interconnecting membrane system in higher plant chloroplast. (From T. E. Weir *et al.*, *Jour., Ultrastructural Res.*, 8, 122, 1963.)

شكل رقم (٨)

بعضها ببعض فى البلاستيدات الخضراء للنباتات الراقيه.

والأغشيه التى تحيط بالـthylakoids تتكون من الليبدات والبروتين والتى ترتبط بها أو تتحد بها الكلوروفيللات شكل رقم (٩). ويكون الضوء عاده ضرورى لنمو البلاستيده من مرحلة البلاستيده الاوليه بالتبرعم budding off من الغشاء الداخلى من الحويصلات المسطحه platlened والتى تكون الصفيحة ثانائية الجدار المنتفخه فى thylakoids وتتكون كل صبغات الكلوروفيل وعموما إذا حفظت الشتلات فى ظلام مستمر، بدلاً من ان تتكون الحويصلات المكونه لل thylakoids الطبيعية نجد أن الماده التى تتراكم على هيئه طبقات مسطحة تتكون على هيئة تعرف باجسام prolamellar (صفائح بدائية). هذه الصفائح البدائيه تتكون من انابيب دقيقة وتتوزع فى اتجاهات ثلاثية 3- dimensional من سلاسل بللوريه والبلاستيدات التى تتكون فى الظلام بهذه الطريقه تعرف ب etioplasts وإذا تعرضت الباردات المعرضه من قبل للظلام إلى الضوء،



Modern interpretation of the structure of the cell membrane

شكل رقم (٩)

يحدث تغييرات ملحوظه وبسرعه حيث نجد ان جسم الصفائح الابتدائية proalmerllar والاغشيه تتحطم والمادة يعاد تمثيلها لأعطاء تركيب غشاء طبيعى للبلاستيده الملونه المعروف فى انسجه الورقه النامیه فى الضوء وتتكون صبغة الكلورفيلل.

الجدار الخلوى والتشكف : The Cell Wall and defferentiation

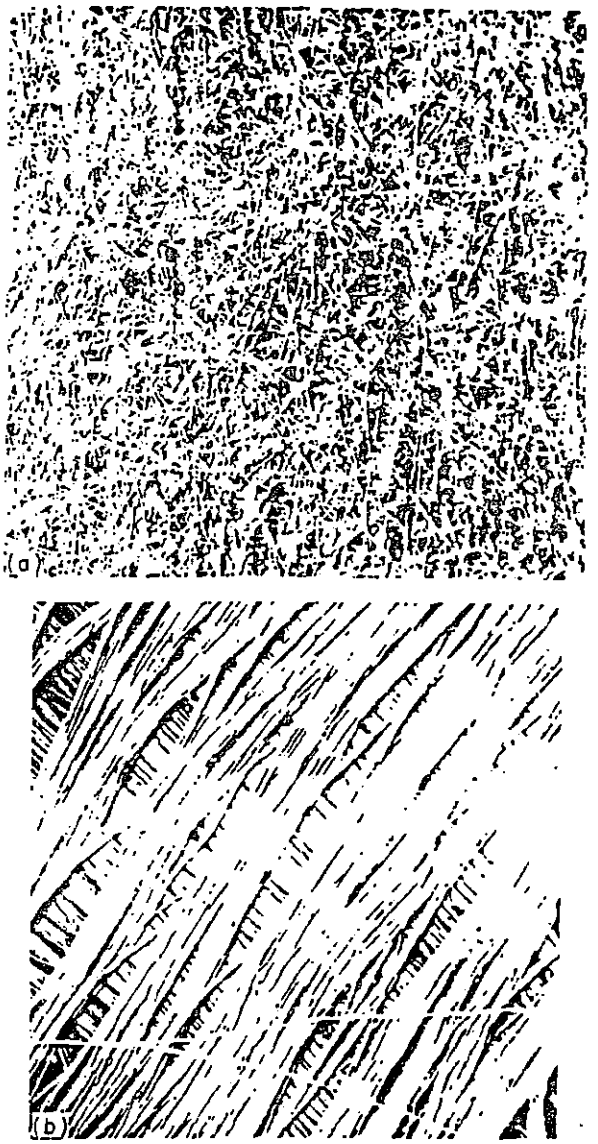
كثير من الاختلافات بين الأنواع المختلفة من الانسجة ترتبط بالجدار الخلوى خصوصا الجدار الثانوى. وتكون الجدار الثانوى يرتبط بالنشاط العالى فى تمثيل السليلوز مع معدل أقل فى تكوين مواد الشبكه matrix material الجدار الابتدائى تتراص الاجسام الليفية او الحلزونية فيه بشكل عشوائى إلى أن يتغير شكله مع الاسطاله مثل الالياف ونجد ان تلك الاجسام تنشأ او تتراص موازيه للمحور الرئيسى فى حين أننا نجد أنه فى القصيبات فى المخروطيات تصنع زاويه مع المحور الطولى للخليه ويمكن ملاحظة طبقتين أو ٣ من تلك الأجسام وكل منها تختلف فى اصل اتجاهها واحيانا تكون متقاطعة Criss-Cross. كما فى الشكل رقم (١٠) أما الخلايا ذات القطر المتسع مثل العناصر الوعائية نجد أن الاجسام الحلزونية تتكون فى اتجاه عمودى على المحور الطولى والشكل رقم (١١) يوضح رسم تخطيطى لمكونات الجدار الثانوى لخلية ليفيه خشبيه وبمجرد أن يتكون الجدار الابتدائى نجد أصول الميكروفبرلات فى الجدار الثانوى المتكونه

يحكمها الانبوبيات الدقيقه الموجوده فى الطبقه الخارجيه للسيتوبلازم حيث كثيرا مايلاحظ علاقه ارتباط كبيره بين منشأ أو أصل هاتين التركيبتين والانبوبات الدقيقه microtubasles والشبكة الأندوبلازميه endoplasmic reticulum مرتبطتين بموقع اومكان رص أو تكوين الجدار الثانوى الذى يكون مسئولا عن الانواع المختلفه من التغليظ فى الجدار فى العناصر الوعائيه. اثناء نمو الجدار الابتدائى نجد ان الانبوبيات الدقيقه تتقارب من الـPlasmalemma على سطح الخليه كلها ولكن فى نهاية نمو الجدار الابتدائى فإن الانبوبيات الدقيقه تصبح واقعة فى مجموعتين فى الخلايا التى تتكشف إلى اوعيه. فى مناطق حزام الخليه boudary حيث لايوجد انبوبيات دقيقه فإن الشبكه الأندوبلازميه تكون مركزه بالقرب من البلازموليما (شكل رقم ١٢).

الجدار الثانوى يتكون فى المناطق التى بها الانبوبيات الدقيقه ولايترسب جدار ثانوى فى المناطق المشغوله بالشبكه الأندوبلازميه مما يؤيد بأن الشبكة الأندوبلازميه تمنع تمثيل الجدار الثانوى فى هذه المناطق بهذه الطريقة فان تغليظ الجدار الثانوى يتم بانماط منتظمه فى خلايا الخشب. فى كثير من انواع الخلايا، نجد ان تكوين الجدار الثانوى يكون مصحوبا باللجنته. واللجنين عباره عن بوليمير معقد وحداته البنائيه عباره عن كحولات فينايل بروبان phenyl propanoid alcohal مثل كحول Coniferly P_ hydroxcinnamyl, sinapyl ويترسب اللجنين فى تغليظات الجدار الثانوى وقد يمتد فى بعض الحالات حتى الجدار الابتدائى.

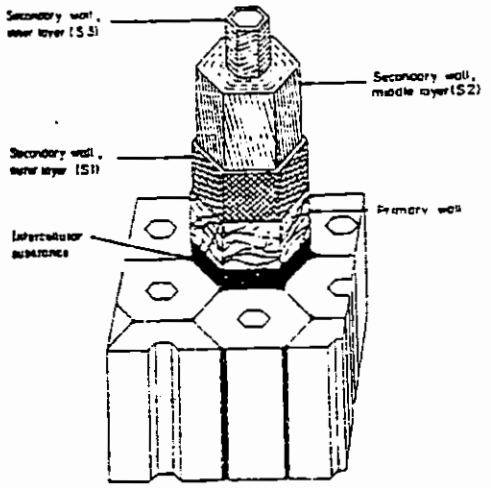
الاتصال بين الخلايا المجاوره بعد تكوين الجدار الثانوى يبقى على شاكلته من خلال شرائط سيتوبلازميه والتى تخترق الجدر وتعرف باسم البلازمو دزماتا. فى . كثير من الخلايا نجدها موزعه بصورة عشوائيه على الجدار الخلوى غالبا باعداد كبيره (e.g.20-000 m^2).

وفى انواع اخرى من الخلايا قد تتقارب البلازمو دزماتا وتشبه العنقود Clustered فى مناطق تعرف بحقل النقر الابتدائيه عندما تتواجد فى الجدار الابتدائى. تكوين الجدار الثانوى لايحدث فى تلك المناطق (حقول النقر) ولهذا فإن الاتصال بين الخلايا يظل قائما. فى بعض النباتات نجد أن الأوعية والقصيبات يمتد فيها الجدار الثانوى إلى مابعد حدود حقل النقره ليعطى مايعرف بالنقره المضفوفه.



. (a) Electron micrograph showing structure of the primary wall of *Valonia* × 8000. (b) As above, but of the
_____ o ٦ dary wall × 7000. (From F. C. Steward and K. Mühlethaler, *Ann. Bot.* N.S., 17, 295, 1953.)

شكل رقم (١٠)



Secondary cell wall structure of a wood fibre. (From A. B. Wardrop and D. E. Bland, *Proc. 4th International Congress of Biochem.*, p. 96, 1959.)

شكل رقم (١١)

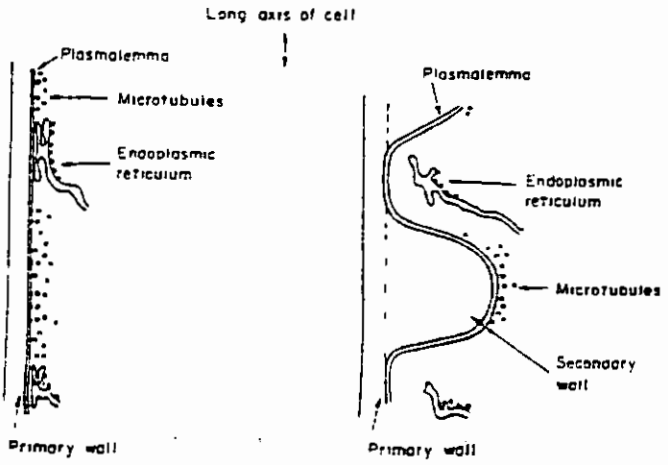


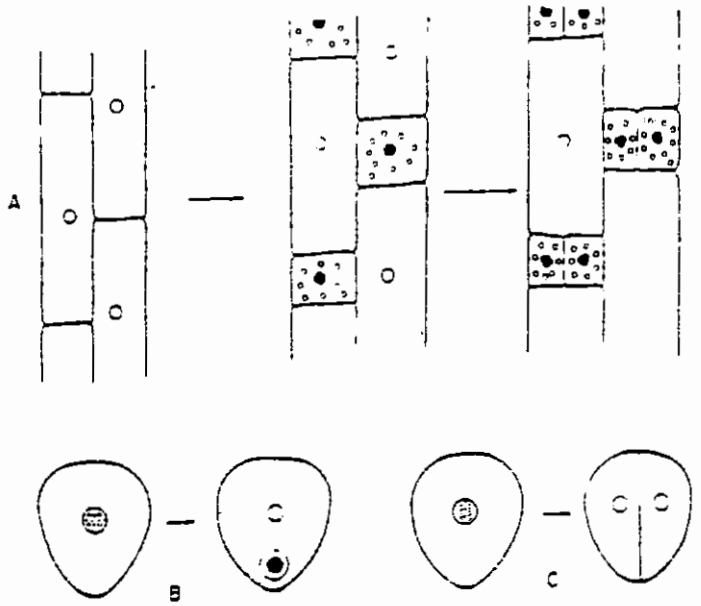
Diagram illustrating the relationship between the endoplasmic reticulum and the pattern of secondary wall deposition in xylem vessel elements. (From Bryant, 1976.)

شكل رقم (١٢)

اصل الاختلافات الخلويه The orign of cell differentiation

فى عمليات النمو والانقسام نجد أن الانقسام قد يكون غير متساوى unequal أو متساوى ومتناظر asymmetric للخلايا المنقسمه مما يؤدى إلى انتاج خليتين منقسمتين ويتبعه انماط مختلفه من التكشف وهذه العملية يمكن توضيحها أو لمسها حينما نرى بعض الأحوال التى تودى إلى تكوين شعيرات جذرية فى بعض النجيليات اثناء التكشف لهذه الجذور يمكن رؤية بعض خلايا الابيدرمس تتراص بانتظام لذا نجد ان محورها الطولى يكون موازيا لمحور الجذر ويكون السيتوبلازم عالى الكثافة فى النهاية القاعديه ولكننا نجد ان النهاية العليا proxinal تكون فجويه Vacuolated .

والانقسام الميتوزى يحدث ويتكون الجدار العرضى فى المكان الذى يتمحص عنه تكوين الخلايا الصغيره ذات سيتوبلازم كثيف. الخلايا الأصغر ينتج عنها الشعيرات الجذريه فى حين ان الخلايا المنقسمه الاكبر تتحول إلى خلايا ابدرميه ولقد وجدت حالة مشابهه فى تكوين خلايا الثغور الحارسه فى بعض النباتات وحيده الفلقه. وهناك ايضا بعض انواع الخلايا الأبدرمية فى لورقه وتظهر فيها انقسامات غير متساويه وينتج عنها Cut off إلى خلايا صغيره ذات سيتوبلازم كثيف كما هو موضح بالشكل رقم (١٣) A.

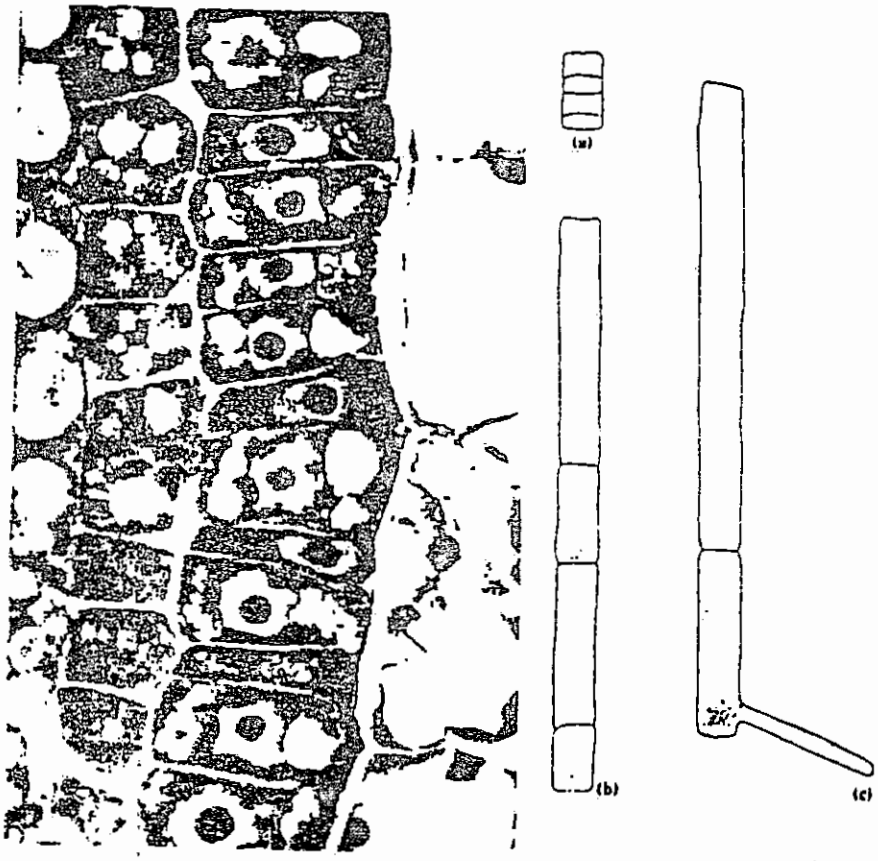


شكل رقم (١٣)

والشكل رقم (١٤) الأيسر يوضح تكوين الصفائح الشعريه trichoblasts (مبادئ الشعيرات الجذرية) فى ابدرمس جذر Hydrocharis sp ويظهر عدم تساوى ناتج الانقسام حيث أن الخلايا الصغيره تكون الشعيرات الجذريه والكبيره تعطى خلايا ابدرمس كما هو واضح فى الشكل السابق.

أما الشكل رقم (١٤) الأيمن يوضح نمو مبادئ الشعيرات الجذرية فى حشيشة phlecum.

شكل رقم (١٣) يوضح عدم تساوى نواتج أنقسام الخلية (خليه حبه لقاح).



Left: Formation of trichoblasts (root hair initials) in the root epidermis of *Hydrocharis morsus-ranae*. Unequal division has given rise in each case to a small cell which is the trichoblast and a large cell which is the epidermal cell (e). (From E. G. Cutter and L. J. Feldman, *Amer. J. Bot.* 57, 190-201, 1970.)

Right: Development of root hair initials in the grass *Phleum pratense*, at successive stages of development (a—c). The smaller cells formed by unequal division (a) gives rise to the root hair cell (c). (From E. W. Sinnott and R. Bloch, *Proc. Nat. Acad. Sci., U.S.A.* 26, 273-7, 1939.)

شكل رقم (١٤)

حيث أن C, B توضح نمو خلية حبوب لقاح. فى حالة B نجد أن الأنقسام يكون طبيعى والانويه تنقسم، وإحدى الانويه تتحرك فى المنطقه الكثيفه من السيتوبلازم فى احدى النهايات الخلويه وتصبح نواه مولده generative nucleus . والخلية المنقسمه الأخرى تصبح نواه خضريه.

أما C فتوضح انقسام غير طبيعى. حيث أن النواه تنقسم انقسام عمودى على المحور. والنواه المنقسمه daughter nuclei تبقى فى نفس بيئه السيتوبلازم وزوج الخلايا المتساويه يتكون بعد ذلك عند نمو وتطور حبه اللقاح.

وفى معظم الامثله تعتبر الخلايا تنقسم بدون تساوى والخليه التى تكون مختلفه لايحدث لها انقسام بعد ذلك ولكنها تتكشف مباشره. وفى بعض الحالات نجد أن نواتج الانقسام الغير متكافئ قد يمضى فى انقسامات متعدده كما فى حالة الخروع Castor bean (Ricinus Cammunis) حيث توجد خلايا افرازيه Seretory cells والتى تحتوى على تانينات وأحماض دهنيه غير مشبعه. هذه الخلايا ناتجه عن عدم تساوى الانقسام واحدى الخلايا المنقسمه تمضى فى سلسلة من الانقسامات لتعطى صف من الخلايا كل منها تصبح خلايا افرازيه. ومن هنا فإن حالة التكشف يمكن أن تستمر بانقسام الخلايا وامتدادها فى بعض الحالات.

القطبية الخلوية والانقسام القطبى للخلايا

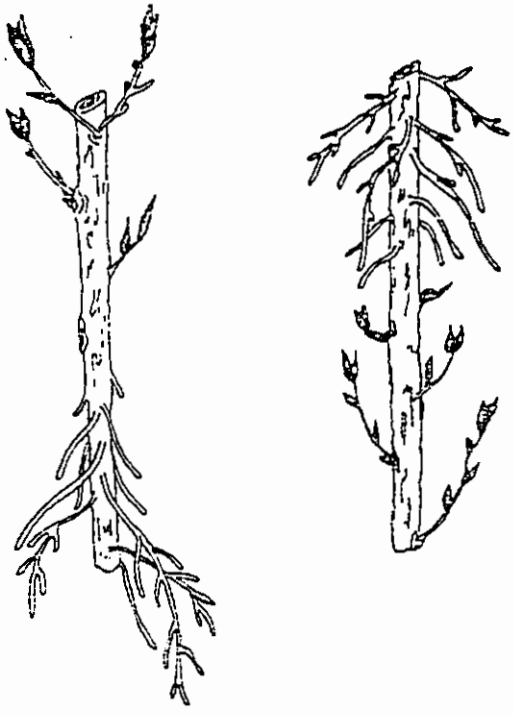
cell polarity and Polarized Cell Division

ترجع ظاهرة القطبيه إلى النشأه الطبيعيه فى النبات، فأول انقسام للبويضه المخصبه يحدث فى مستوى موازى للمحور (حد الانقسام) فى الجنين النامى، وبعد ذلك فصاعداً يستمر الانقسام فى الاتجاهين المصادين فى الجذر والساق ولايمكن أن يتبدل النظام وهذا مايسمى بالقطبيه. وبناء على ذلك تبدو إختلافات مورفولوجيه فى الطرفين وهذه الاختلافات تظهر مع العديد من الصفات الفسيلوجيه مثل الانتقال التنازلى (القطبى) للأكسين فى السيقان وفى تفتح أو تنشيط البراعم من النهايات العليا والجذور من النهايات السفلى فى العقد الجذريه. وهذا يحدث فى عقل الحور، حيث أنه لو تم وضع عقلتين معلقتين فى غرف بها رطوبه، احداهما فى الوضع العادى والاخرى فى الوضع المقلوب نجد انه فى كلتا الحالتين بغض النظر عن المنشأ، فإن الجذو المتكونه تتجه لأسفل، أما الأفرع فهى تتجه لأعلى كما هو واضح فى الشكل رقم (١٥).

وهذه الحركه ترجع للاكسين أى التدرج فى الاكسين حيث يتركز الاكسين فى النهاية القاعدية للافرع وفى نهاية العقل المقطوعه، وعند قطع اجزاء من قاعدة العقل عند الجذور فإن تركيز الاكسين يقل وتتكون مبادئ اوراق فى تلك المنطقة وعلى العكس إذا تمت ازالة الجزء الطرفى من العقله فإنه يتكون جذور فى المنطقه التى حدث بها القطع.

ولقد تم اثبات تأثير تركيز الاكسين على تكوين الجذور باستعمال اكسينات تم اضافتها صناعياً قام بها Wormke & Warmke, 1950

وباستخدام تكنيك الطرد المركزى فقد تمكن Goebel, 1908 من اظهار جذور فى النهاية الطرفيه العليا لعقل صفصاف أم الشعور الذى تميل افرعه عادة للتدلى. وقد وجد C.L. Broun أن اجراء الطرد المركزى لعقل الحور Populus deltiodes



. Diagram of one-year-old stem segments of eastern cottonwood (*Populus deltoides* Bartr.) maintained in a moist chamber for several weeks in a normally oriented position (left) and in an inverted position (right). Note root formation at morphological basal ends in both stems, and the positive geotropic curvature of extending shoots in the inverted segment.

شكل رقم (١٥)

1.000 : 5000 G/hr ساعة سم يؤدى إلى تغيير القطبيه فى هذا النوع لتكوين الجذور، فى حين أن ١ ٪ من عقل الصفصاف أم الشعور قد كونت جذور فى المنطقه القميه عندما تم قلبها فى غرفه رطبه.

وهناك مثال آخر، تم فيه تطعيم جزئين من فرعين وذلك فى اتجاهين مختلفين (تم فيه الالتحام من النهايات السفلى) وقد ترتب على ذلك تكون كاللس دون أن يتكون كامبيوم (اى عدم حدوث التحاكم كامبيومى). وهذا يرجع إلى القطبيه حيث تشابه شحنة الكامبيوم المغناطيسيه وبالتالى حدوث تنافر وعدم تكوين خلايا كامبيوم جديده.و هناك ما يعرف بالقطبية الجاذبية Lateral Polarityو هى موجودة فى الكامبيوم، فإذا تم لصق جزئين مشقوقين صوليا و بالعكس، لم يحدث اى تكوين فى الكامبيوم. وعندما قام Vöchting, 1941بأزالة (تحليق gridling) من منتصف فرع فأن ذلك أدى لتكوين جذور اعلى منطقة التحليق و قد استنتج من ذلك ان القطبية تخص كل خلية فردية و هى صفة داخلية. و قد اثبت نمس العالم ان للجاذبية بعض التأثير فى هذة المنطقة من خلال تجارية على Tagetesحيث وجد ان قلب عقل كانت مكونة لجزور اصلا، قد كونت جذورا فى الجانب لاخر، و لكن كان معدل تكوين الجزور فى النهاية الاخرى (الطرف الاخر) كان اكثر.

وللجاذبية تأثير على الصفات الطبيعية اثناء تكشف الخليه، وربما على خصائص الغشاء الخلوى الذى يحكم الانتقال القطبى النشط للاكسين الداخلى والمتجه لاسفل. وبالاضافه إلى الامثله السابقه عن القطبيه، فإن اتجاه النمو يعد تعبيراً عن هده الظاهره فى كل حالات النمو المنظم وحيد الاتجاه Organized Unidirectional growth حيث نجد أن مستوى تكوين الخيه يكون عمودى على اتجاه النمو، والانقسام العرضى يكون سائداً فى المرستيمات العرقيه rib meristems للأفرع والجذور الطرفيه، فى حين أن الانقسامات المماسيه تكون خاصة بالمرستيمات الجانبية.

وقد أمكن استخلاص النقاط التاليه بناءاً على الملاحظات التى تمت:

١ – أن القطبيه فى انسجه الساق و الجذر تكون ثابتة وليس من السهل تغيرها.

٢ – القطبيه تكون ثابتة ومستمره حتى فى فتره السكون عندما يبدأ النشاط المتيابولزمى بمعدل منخفض.

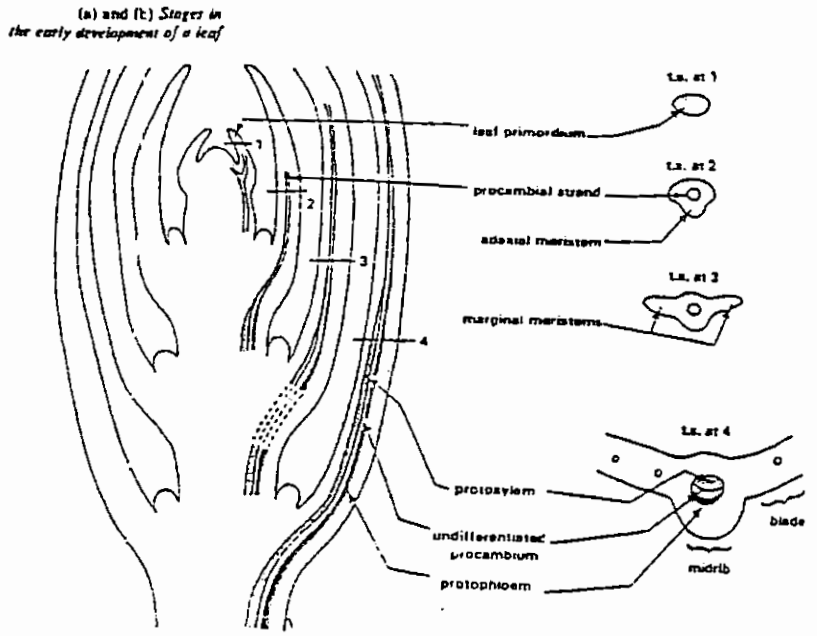
٣- قطبيه الانسجه ماهى إلا انعكاس لقطبيه الأنسجه الفرديه.

ومن هذا المنطلق فأنه يقترح، أن هناك بعض الأسس التركيبيه الراسخه لقطبيه الخليه، فملاحظة أن قطعة الساق التى يمكن تقطيعها لأجزاء أصغر عديده، كل جزء منها يبدى نفس القطبيه، تعود بالذهن إلى حقيقة أن قضيب المغناطيس يمكن تقطيعه وكل جزء يصبح مغناطيس صغير حيث أنه فى المغناطيس كل ذره حديد لها قطبيه مغناطيسيه، والذرات تصبح مركبه خطيا aligned اثناء عملية المغناطيسية ولهذا فإن القطب الشمالى والجنوبى لكل ذره ينشأ على امتداد محور القضيب.

ومن الناحية المنطقيه، ولذلك فإنه يقترح أن كل خليه فى العضو القطبى مثل السيقان تحتوى على جزئيات قطبيه والتى تنشأ على امتداد محور كل خليه لتكوين مايعرف بالهيكل الخلوى Cytoskelton، ولكن المحاولات التى كانت ترمى لتعضيد ذلك فى الخلايا يصعب اجرائها بنجاح. ومما يسترعى الاهتمام، أن التركيبات التى لها نشأة خطيه Linearly oriented structure والتى تعرف بالأنابيب الدقيقه microtubles تتركب بزاويا عموديه على المحور فى كل من السيقان والجذور. وقد أيد ذلك بأن حركة أو الانتقال القطبى للاكسين قد تعتمد على الغشاء الخلوى عند الجدر الطرفيه للخليه end walls of the cells.

وانقسام الخلايا القطبيه يعطى الشكل المجسم (ثلاثى الابعاد) لجسم النبات. فمثلاً عند نمو السلاميات، نجد أن غالبية انقسامات الخلية تحدث بان تترتب الحزم الوعائيه الحديثة mitotic spindle أو تراص موازيه لمحور السلاميه. وبالتالى فإن السلاميات تنمو طولياً بصفه رئيسيه وتنمو قطرياً بقدر ضئيل نسبياً. وفى الثمار الكبيره المعروفه ب gourd Fruit ذات الأشكال المختلفه والتى تنشأ فيها miotic spindle موازيه للمحور الطولى والانقسامات الموازية للاتجاه الطولى تكون اكثر من الاتجاهات الأخرى، فى حين أن الثمار المستديره .round fruit لايحدث انقسام فى اتجاه واحد يسود على بقيه الاتجاهات.

وعموماً فإنه لايمكن القول حتى الآن ماهو الذى يتحكم فى مستويات انقسام الخليه على امتداد محور ساق معين. ومن الواضح أن الجينات النوويه nulcear genes تكون هى المسئوله، حيث أن كثير من الاختلافات فى الشكل شاملة ماهو مؤثراً على



شكل رقم (١٦)

شكل ثمره الـ gourd يندرج تحت قوانين مندل البسيطه وقطبية العضو الكلية لها تأثير قوى على مستوى انقسام الخلية من خلال تأثيرها على الـ miotic spindle.

أصل الأوراق : Origin of the Leaves

كل الاوراق تنشأ من المرستيمات القمية، والورقه عاده ماتنشأ عن الانقسام المحيطى موازيه للسطح فى الطبقات الخلويه المجاوره للكتله القميه apical dome . فى معظم ذات الفلقتين يحدث الانقسام الخارجى فى الطبقة الثانية والثالثة تحت السطح يتبعها انقسامات عرضيه (عمودية على السطح).

وفى بعض اوراق وحيده الفلقات يحدث انقسامات اسفل الطبقه السطحيه عن طريق الانقسامات العرضيه periclinal والذى ينتج عنها معظم انسجة الورقه.

ومن هنا فإن أوراق معراة البذور تنشأ من الطبقة السطحية للخلايا فى المنطقة المحيطية peripheral zone وذلك من خلال الانقسامات المماسية والعرضية pre-anticlinal division (Guttenberg, 1961).

مبادئ الاوراق تبدو مرئيه فى جانب من قمة الفرع على هيئة بروز صغير والورقه الصغيره تنمولأعلى، وسرعان ماتتطور ويتشكل فيها العروق مع بعض الاستثناءات فى بعض معراة البذور .

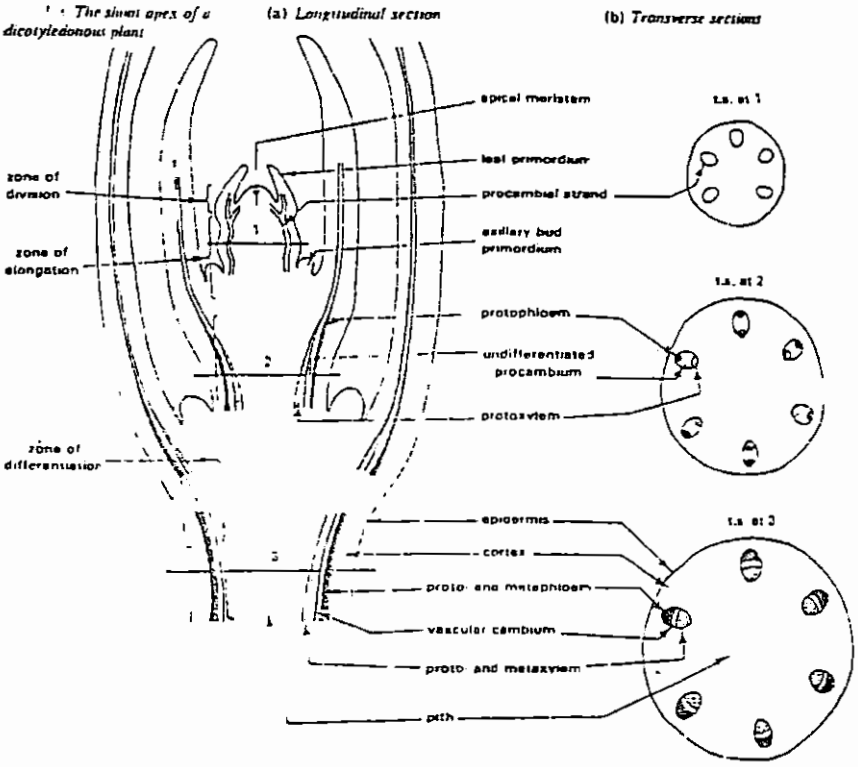
والاوراق الصغيرة فى النباتات الخشبيه قد تنمو بدون توقف وهذا يعتمد على وقت النشاط كما هو الحال فى بعض الاشجار الناميه فى المناطق الاستوائيه، والتوريق المتأخر فى حالة اشجار المناطق المعتدله.

والغالبيه العظمى من الاشجار نجد أن الاوراق بمختلف مراحلها تمر بفتره سكون على هيئة براعم الشتاء وتستأنف النمو فى الربيع. والشكل رقم (١٦) يوضح المراحل الأولى لتكوين الأوراق.

أصل الافرع:

فى النباتات البذريه نجد أن الأفرع تخرج جانبيا إلى جنب مع الاوراق. على الرغم من أن البراعم الابطيه تبدو ناشئه على محور الاوراق ولكنها تبدو فى النشوء متأخره اسفل الورقة. خروج البراعم الابطيه يختلف عن الاوراق ولهذا يكون من الصعب تحديد إذا ماكان الجزء النامى نشأ من المرستيم القمى للفرع أو جزئياً من الانسجة الموجوده بين السلاميات. وهناك دراسات عديده فى هذا المجال وايضاً آراء مختلفه لكثير من العلماء.

والشكل رقم (١٧) يوضح قطاع طولى (a) فى قمه فرع من نبات ذات فلقتين أما الشكل (b) فيوضح التركيبات أو الأجزاء المختلفه لنفس قمة الفرع ولكن فى قطاع عرضى.


(a) Longitudinal section
(b) Transverse sections
apical meristem
leaf primordium
procambial strand
axillary bud primordium
protophloem
undifferentiated procambium
protoxylem
epidermis
cortex
proto- and metaphloem
vascular cambium
proto- and metaxylem
pith
zone of division
zone of elongation
zone of differentiation
t.s. at 1
t.s. at 2
t.s. at 3

شكل رقم (١٧)