نمو وايض نبات متقدم Plant growth and metabolism

يعد النمو من الصفات الاساسية المميزة للكائنات الحية ويحدث بسبب الزيادة في كمية البروتوبلازم الحي.

توجد تعاريف كثيرة ومتعددة للنمو من أهمها:

- هو الزيادة الحاصلة بمرور الزمن في الكتلة (الطول، الحجم او الوزن) للكائن الحي او العضو. يتضمن النمو مجموعة عمليات معقدة مختلفة ومتناسقة ومتداخلة مع بعضها البعض وتحدث معاً في الوقت نفسه وفي مختلف الأعضاء والانسجة.
- ويمكن ان يعرف بانه الزيادة الدائمة في الحجم او الطول او المساحة خلال مدة من الزمن والتي تصاحبها – عادة وليس بالضرورة – زيادة في المادة الجافة او الرطبة مع حدوث تغيرات في الشكل، هذا يعني انه ليس بالضرورة ان تقترن الزيادة في الحجم او الطول او المادة الجافة، على سبيل المثال يبقى في بعض النباتات وزن المادة الجافة في البادرة بأكملها لمدة من الزمن اقل منه في البذرة اصلاً ولهذا ربما يفضل ان يطلق على النمو بانه الزيادة في التعضي خلال مدة من الزمن.
- وهو ما يحدث في النبات من تغيرات تدريجية في شكله الظاهري وحجمه نتيجة لتكشفه بسبب الزيادة في عدد الخلايا واختلاف وتميز أنواعها، وتتحكم في هذه التغيرات ضوابط مختلفة تعمل بطريقة مترابطة وتتأثر بالظروف البيئية في جزء أو أكثر من النبات.
- هو الزيادة غير الرجعية في وزن او حجم الخلايا والأعضاء ومن ثم النبات الكامل نتيجة الي:

1- عملية انقسام الخلايا cell division الزيادة في عدد الخلايا.

2- عملية استطالة الخلايا cell enlargement الزيادة في حجم الخلايا.

العمليتين تتطلبان تمثيل البروتين وهي عملية غير عكسية ويستعمل عادة تراكم الوزن الجاف في النبات كمقياس لوصف النمو فضلاً عن استعمال عدد من المقاييس الاخرى مثل ارتفاع النبات وحجم ومساحة الاوراق وطول وعدد الأفرع الخضرية وسمك الجذع كما في اشجار الفاكهة.

يحدث النمو نتيجة لمقدرة الخلايا والأعضاء على امتصاص او الحصول علي المواد البسيطة مثل الماء والاملاح وثاني أكسيد الكاربون من البيئة المحيطة بها (عملية الامتصاص) واستخدامها في تكوين مركبات مختلفة ومعقدة والتي تكوّن بها مكونات تلك الخلايا بعملية التمثيل الضوئي (PS) فيؤدي تراكمها الى النمو المستمر مع إضافة مادة الحياة للخلايا الجديدة المتكونة من الانقسام، الا انه ليست كل خلايا أعضاء النبات تستمر في النمو والانقسام اذ تتحول الخلايا القابلة للانقسام والاستطالة إلى خلايا بالغة وتحاط بجدر سميكة نسبيا مثل العديد من خلايا الأوعية الناقلة غير الحية.

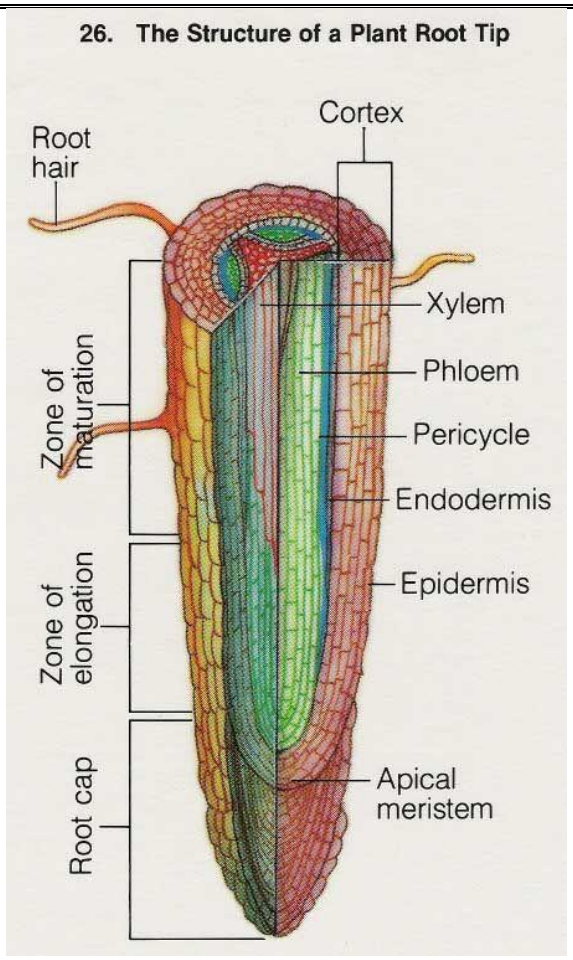
وتبقى الخلايا القابلة للانقسام والاستطالة في مناطق النمو المرستيمية وفي الأنسجة الجنينية مع ملاحظة انه سوف يظل للخلايا البالغة القدرة على استعادة قدرتها للانقسام والاستطالة أي العودة للحالة المرستيمية (Dedifferentiation) كما في الكامبيوم بين الحزم وذلك تحت ظروف معينة ويمكن ان يستحث ايضاً كما في الزراعة النسيجية وهذا يحدث في الانسجة البارنكيمية والكولنكيمية والبشرة احياناً (هناك أنسجة مستديمة تنحل النواة في بعض خلاياها غير إن السيتوبلازم يبقى فيها، كما في الخلايا المنخلية sieve cells في نسيج اللحاء في النبات، وتمتاز هذه الخلايا بعدم القدرة على الانقسام، كما انه لا يمكن استحثاث الانقسام فيها تجريبياً. وهناك أنسجة مستديمة تموت فيها الخلايا بعد النضج وتصبح خالية من السيتوبلازم والنواة كما في القصيبات Tracheid والألياف fibers ونسيج الفلين cork).

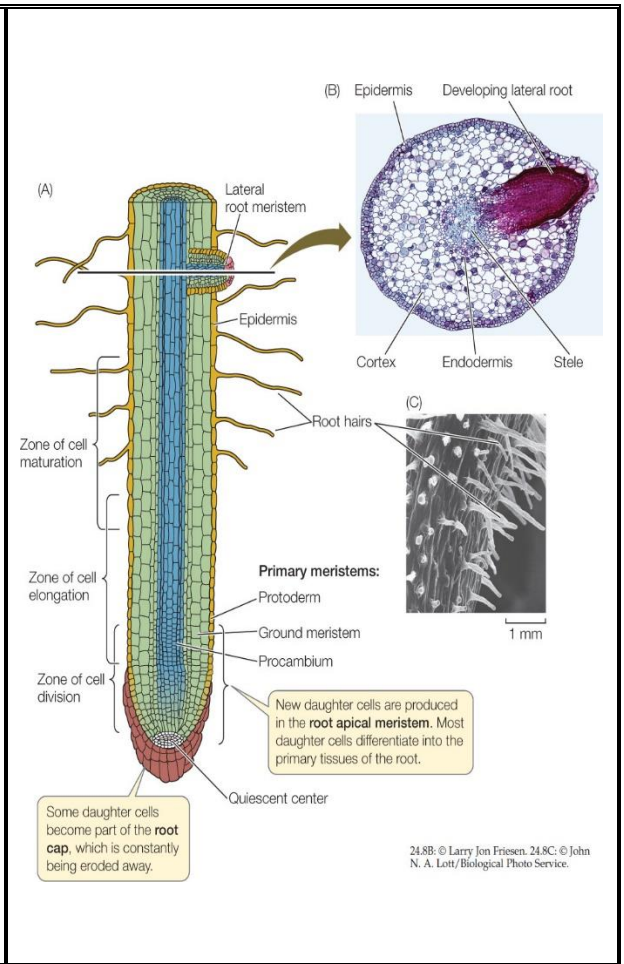
مناطق النمو Growth zones

يحدث النمو من الانقسام والاستطالة في المناطق المرستيمية (الانشائية) التي تشمل الأنواع الاتية:

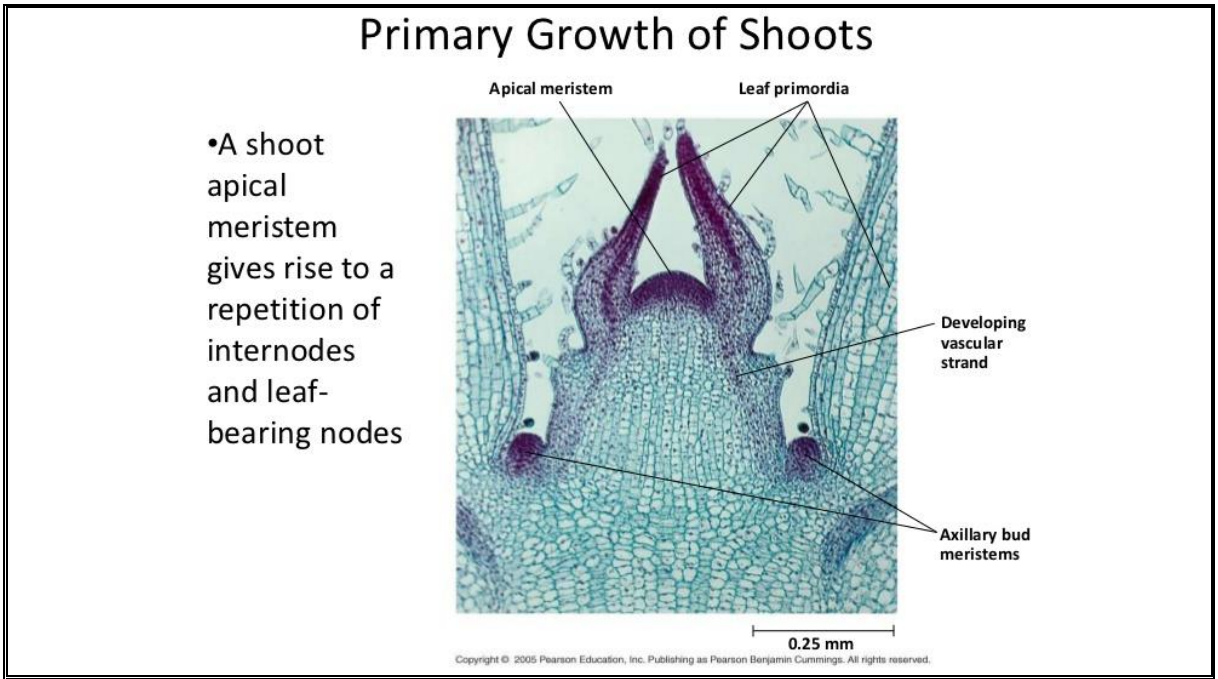
- المرستيمات القمية Apical meristems التي توجد في قمم السيقان الجذور واحياناً الاوراق وهي المتسببة في زيادة طولها.
- المرستيمات البينية Intercalary meristems مرستيمات ابتدائية توجد بين الانسجة البالغة المستديمة بعيداً عن القمم النامية، مثل قواعد الأوراق او فوق العقد (خاصة ذوات الفلقة الواحدة) او عند قاعدة الساق ويوجد بين العقد والسلاميات، وهي المسببة للزيادة في طول العضو النباتي، وقد يبقى لمدة قليلة ويتحول الى انسجة دائميه (مستديمة).
- المرستيمات الجانبية Lateral meristems توجد بشكل موازي لسطح البشرة عند انقسامها تعطي خلايا جديدة تضاف الى سمك الساق والجذر، ويتمثل هذا المرستيم بالكامبيوم الوعائي والكامبيوم

الفليني الذي ينتج عن نشاطها تكوين الخشب واللحاء الثانويين وكذلك خلايا الفلين. وقد تختفي تلك المرستيميات بأن تتحول الى أنسجة مستديمة (غير مرستيمية) أي خلايا بالغة او تبقى على حالتها المرستيمية الى الأبد كما في المرستميات المعروفة بالكامبيوم، ويتوقف نشاط المرستيم على الظروف البيئية والداخلية فمثلا يحدث خمول للمرستيمات القمية في أشهر الشتاء فضلاً عن وجود مثبطات للنمو.

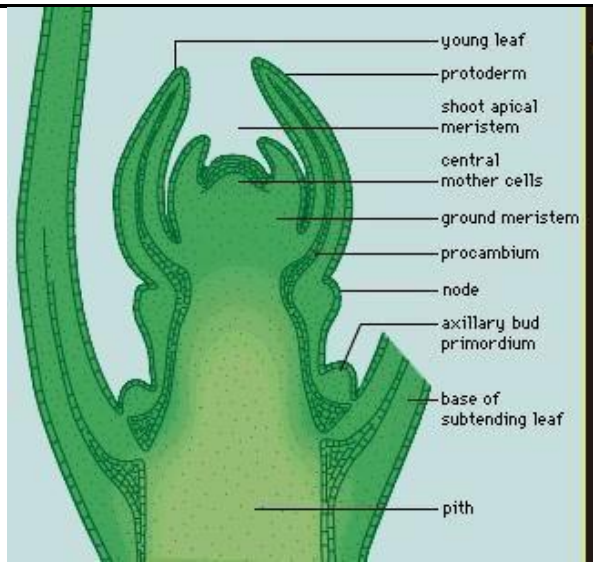




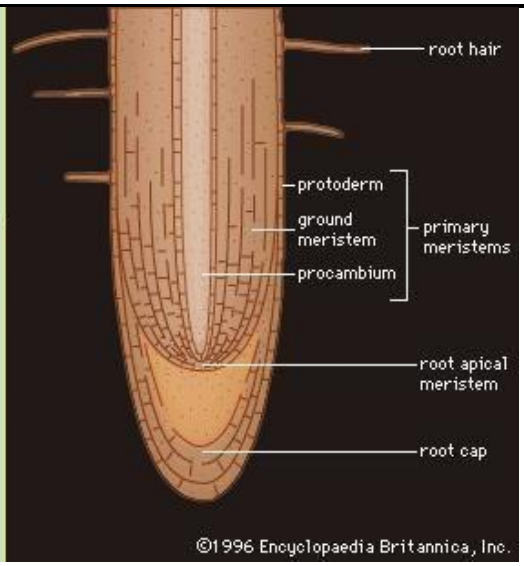
القمة النامية للجذر



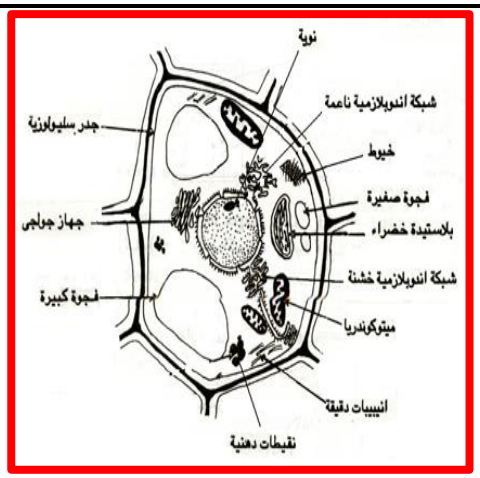
القمة النامية للساق



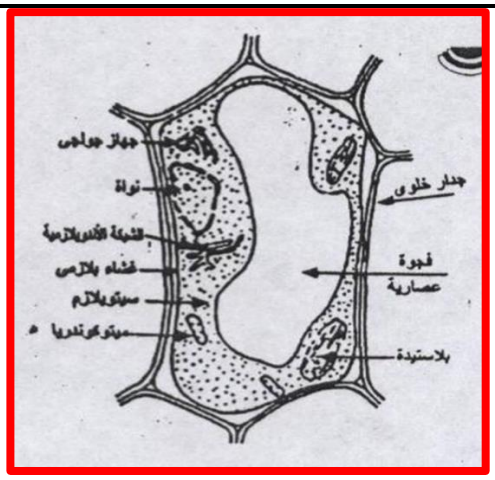
قمة الساق



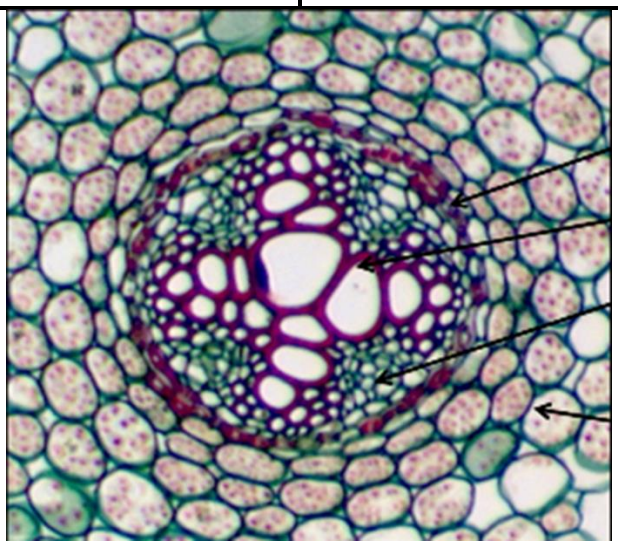
قمة الجذر



الخلية المرستيمية



الخلية المستديمة



المرستيمات التي تسبب زيادة في القطر او السمك

مراحل النمو Growth Stages

1- انقسام الخلية Cell Division:

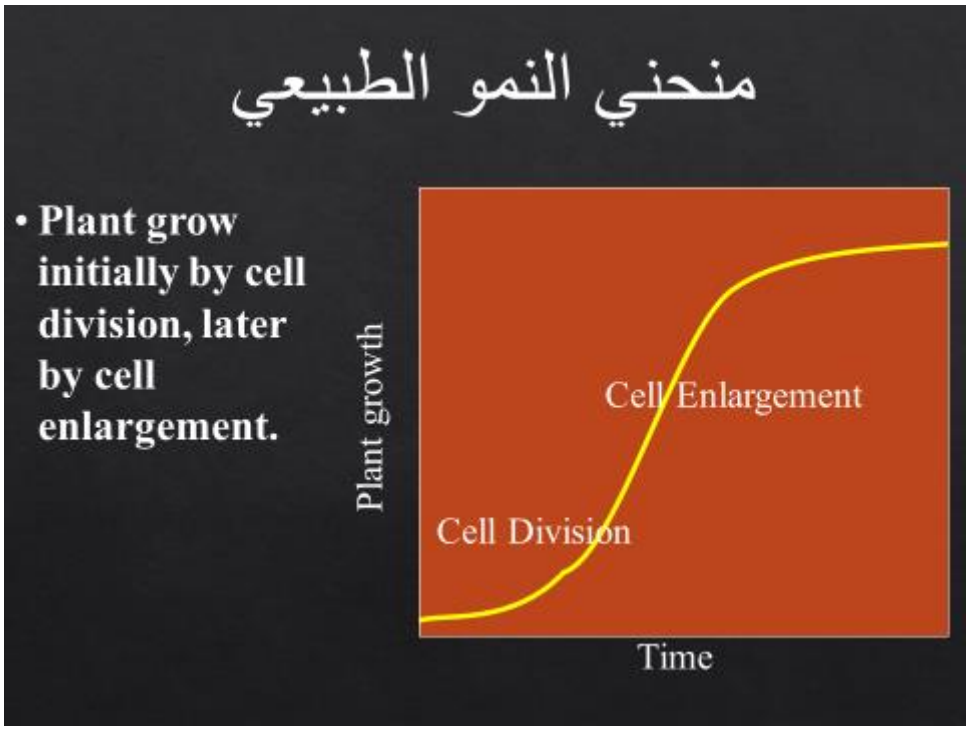
تنمو النباتات وتزداد رأسيا تبعا لعملية الانقسام التي تحدث في القمم الطرفية المرستيمية للنباتات عن طريق الانقسام الميتوزي (ناتج هذه المرحلة خلايا إنشائية) وكذلك خلايا الكامبيوم في سيقان النباتات ثنائية الفلقة وفي الخلايا الإنشائية للأوراق الحديثة تنقسم الخلايا في القمم النامية وتحدث الاستطالة على بعد عدة ملليمترات اسفل منطقة القمة النامية وتعرف المنطقة اسفل منطقة الانقسام او منطقة القمة Dome (القبة) بمنطقة الاستطالة اما الأعضاء محددة النمو مثل الأوراق والثمار يكون الانقسام والاستطالة كعمليتين منفصلتين زمنيا تبدا بالانقسام (الزيادة العددية) ثم تبدأ مرحلة الاستطالة بعد ذلك.

2- مرحلة الزيادة في الحجم (الاستطالة) Cell Enlargement

تبدا الاستطالة الخلوية بزيادة حجم الخلية زيادة غير رجعية نتيجة الضغط الأسموزي وضغط الامتلاء المرتفع وقلة الضغط الجداري ثم زيادة محتواها العصيري ومكوناتها العضوية وتكوين الفجوات العصارية بها متحولة بذلك من الحالة المرستيمية (خلايا انشائية) الى الحالة البارنكيمية البالغة قد تصل الزيادة في الحجم من 30 –150 مرة من حجم الخلايا الإنشائية اذ تزداد قدرتها على امتصاص الماء والمواد الغذائية والايضية التي تتكون في الأوراق وتنتقل الى مناطق النمو حيث الخلايا المرستيمية التي انتهت من الانقسام فتظهر الفجوات العصارية وتعمل قوة الامتصاص الأسموزي على امتصاص قدر كبير من الماء مما يسبب تمدد الخلية حتى يتساوى ضغط الامتلاء مع الضغط الأسموزي للخلية والتي سببها تكون السكريات فضلاً عن امتصاص الأملاح وتكوين الأحماض العضوية في الخلية وعملية تكون البروتوبلازم الجديد يلزمها طاقة والنمو يتطلب ظروف هوائية وامداد بالكربوهيدرات كمصدر للطاقة ومواد أساسية للبناء فضلاً عن الهرمونات النباتية لدورها الهام في عمليات الانقسام والاستطالة.

3- مرحلة التميز الخلوي Cell Differentiation

هي تغير شكل ووظيفة الخلايا داخل الأنسجة والأعضاء لتكوين تراكيب متميزة في الوظيفة وهو ليس نموا ولكنة ملازم له، تبدأ تلك المرحلة بتغيرات تشريحية وفسيولوجية للخلايا ثم تتحول الى خلايا متخصصة مثل الخلايا الوعائية كالأنابيب الغربالية (المنخلية) والأوعية الخشبية والألياف فتتعرض تلك الخلايا الى تغيرات اذ تترسب عليها جدراً ثانوية تتخذ أشكالا مختلفة منها الحلقي والحلزوني والمنقر ويترسب خلال ذلك مادة اللجنين بين المواد الجدارية الثانوية وفى الأنابيب الغربالية تختفي الأنوية ويستمر السيتوبلازم في أداء وظائفه وتبقى النواة في الخلية المرافقة.



منظمات النمو النباتية

يعد التفاعل بين الخلايا عملية غاية في التعقيد، فلو اخذنا خلية من نخاع نبات ما بهدف تنميتها في وسط غذائي صناعي مثل وسط زراعة الانسجة، فإنها ستنمو وتعطي خلية غير منتظمة الشكل وغير متميزة، ولكن عند تنميتها في محلول غذائي مناسب وبجرعات صحيحة من منظمات النمو فان الجذور والمجموع الخضري سنجدها تتكون وفي النهاية يتكون نبات متكامل. يدل هذا على انه يجب ان تتوفر بيئة غذائية مناسبة وتراكيز صحيحة من منظمات النمو لحدوث النمو المتكامل والمتوازن.

1- دور الاوكسينات في استطالة الخلايا:

الأوكسين يعمل على فك الروابط الهيدروجينية غير التساهمية بين السكريات العديدة والسليلوز مما يسمح بتسلل السكريات العديدة الى السليلوز ينتج عنة انبساط غير عكسي في جدار الخلية خاصة عند انخفاض pH وذلك من خلال فعل أنزيمي (ليس معروف على وجه الدقة) وهذا بالطبع يشجع زيادة مرونة Plasticity او ارتخاء Loosening او زيادة مطاطية Elasticity جدر الخلية هذا الارتخاء يؤدى الى نقص مقاومة الضغط الداخلي على الأغشية الخلوية مع نقص في ضغط الامتلاء وعلية فالجهد المائي للعصير الخلوي يصبح اكثر سالبيه عنه في الخلايا المجاورة فينتشر الماء ناحية منحدر التدرج فتزداد الخلية في الحجم، ثم يأتي دور إضافة مواد جديدة للجدار واعادة تثبيت الروابط غير التساهمية بين السليلوز

والسكريات العديدة (الزيلوجلوكونات) فيتكون بذلك خلايا ذات جدر اكبر ويبدو ان خفض درجة pH تنشط ارتباط أيون الهيدروجين مما يزيد من نشاط أنزيمات الارتخاء او الأنزيمات التي تعمل على فك الارتباط بين السليلوز والسكريات العديدة.

2- دور الجبريلينات في استطالة الخلايا:

يؤثر الجبريلين في النمو بزيادة حجم الخلايا دون ان يؤثر على صلابة الجدر الخلوية فهو يؤدى الى زيادة حجم الخلايا ونسبة تدفق الماء الى الخلايا نفسها عن طريق زيادة تركيز المواد الذائبة الرافعة للضغط الأسموزي، أن الجبريلين يشجع نشاط انزيمات الفا اميليز والبروتينيز اللذان يحولان كُلاً من البروتينات والنشأ من الصور غير الذائبة أي غير النشطة اسموزيا الى صورة ذائبة والنشطة اسموزيا.

التكشفDevelopment

التكشف Development هو المحصلة النهائية او الكلية للنمو والتميز في تسلسل محدد او هي الانتقال من مرحلة من مراحل التطور الى مرحلة أخرى والتكشف يتبعه سلسلة متعاقبة من التغيرات داخل كل عضو من أعضاء النبات خلال دورة حياته ولكن يمكن متابعتها كل على حدا داخل كل عضو او نسيج او خلية ومن اكثر صور التطور وضوحاً هو انتقال النبات من الحالة الخضرية الى حالة الأزهار او تطور الورقة من الحالة التي تكون فيها الورقة في صورة مبادئ خروج للأوراق أثناء وجودها في مرحلة البرعم الخضري الى حالة الورقة الكاملة الناضجة، لذلك نطلق مصطلح التميز عند التحدث عن كل حالة تحدث للخلايا المرستيمية عند تميزها الى أنواع من الخلايا تدخل في أنسجة مختلفة او أعضاء مختلفة والتي (بالنتيجة) سوف تختلف في الشكل والتكشف البايوكيميائى ورغم إننا سنلاحظ ان النمو والتميز والتكشف عادة يكونان متلازمين الا انه في بعض الحالات يحدث النمو دون تميز للخلايا او أعضاء النبات، كما يحدث في نمو نسيج الكلس (نسيج الجروح).

مراحل تكشف النبات:

ان تكشف النبات عملية دائرية، ويمكن ان يعد الانبات بداية لها والبذرة هي المكان المناسب لبداية احداث التكشف اذ تمر في البداية بمرحلة ساكنة او بمرحلة الراحة، والمحتوى المائي للبذور منخفض جداً في حدود 5%، لذا فان العمليات الحيوية والتفاعلات الايضية تحدث ببطء شديد، مما يدل على ان البذور تمر بمرحلة حيوية مؤجلة تساعدها على تحمل الظروف البيئية القاسية لمدة طويلة دون ان تنمو.

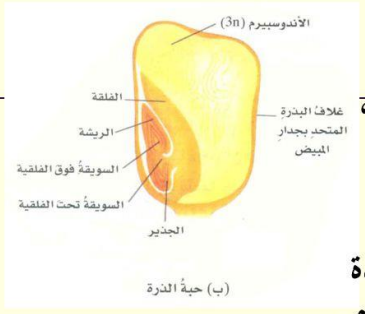
تركيب البذرة وتكشفها:

تنشأ البذور داخل المبيض، ويتكون الجنين داخل هذه البذور، ويتكون الجنين من محمور جنيني (Embryonic axis) يحمل فلقة واحدة او أكثر من فلقة ليعطي الرويشة (أوراق البادرة)، التي تعد أحد طرفي هذا المحور الرئيسة والتي تكون في النهاية المجموع الخضري، اما الطرف الاخر فهو الجذير الذي يكون المجموع الجذري للنبات. تحتوي بذور النباتات ذوات الفلقة الواحدة على فلقة واحدة تسمى القصعة (Scutellum) وظيفتها الاساسية تحريك وامتصاص الغذاء اثناء مدة الانبات، اما بذور النباتات ذوات الفلقتين فإنها تحتوي على فلقتين تمدان البادرة بالغذاء اثناء عملية الانبات.

يحصل الجنين اثناء وجوده في المبيض على غذائه من السويداء (الاندوسبيرم) Endosperm، وفي حالات كثيرة مثل بذور الحبوب واغلب بذور النباتات ذوات الفلقة الواحدة يلاحظ ان الاندوسبيرم يبقى حتى مرحلة النضج ويملأ اغلب أجزاء البذرة، وفي هذه الحالة تسمى البذرة بالبذرة الاندوسبيرمية (Endospermic seeds) يلاحظ في نباتات ذوات الفلقتين ان الاندوسبيرم يستهلك بواسطة الجنين الذي يملأ البذرة وفي هذه الحالة تسمى البذرة بالبذرة غير اندوسبيرمية (Non- endospermic seeds).

يتكون الاندوسبيرم في البذور الاندوسبيرمية من خلايا غير حية ممتلئة بالغذاء المخزون الذي يتمثل بالنشأ والبروتين وكميات قليلة من الدهون (احياناً)، وفي حالة البذور ذوات الفلقة الواحدة مثل القمح والشعير فان الاندوسبيرم يتكون من طبقات عدة من الخلايا الحية التي تسمى حبيبات الاليرون (Aleurone grains) وتتميز بوجود اجسام بروتينية كثيرة جداً. ومن الملاحظ ان بعض البذور الاندوسبيرمية للنباتات ذوات الفلقتين مثل نبات الخروع (*Ricinus communis*) تحتوي على كميات كبيرة من الاندوسبيرم والفلقات نحيلة.

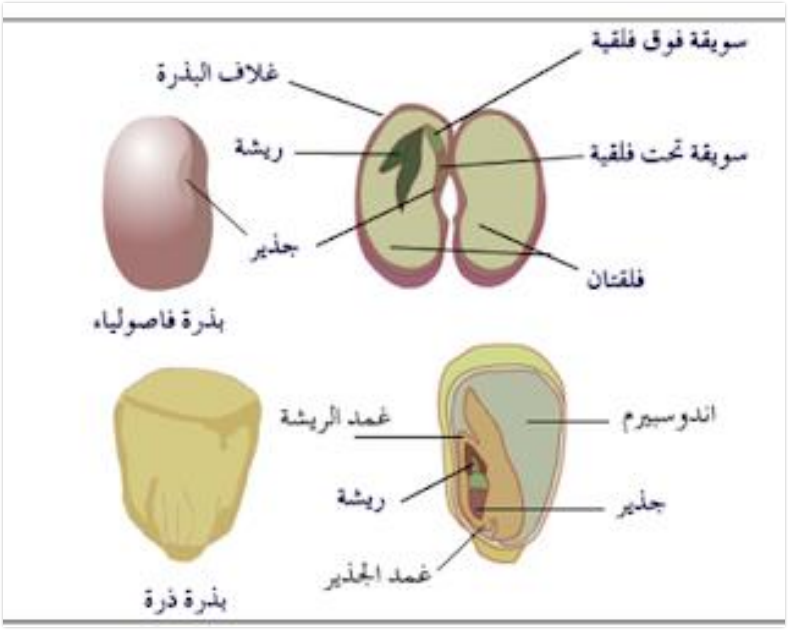
حبة الذرة ثمرة



جدار الثمرة رقيق للغاية ، ومتحد بغلاف البذرة

لبذرة الذرة فلقة واحدة مضغوطة بالأندوسبيرم .

بذرة الذرة ذات فلقة واحدة ، لا تخزن أي مواد غذائية ، إنما تمتص المواد الغذائية من الأندوسبيرم ، وتنقلها إلى الجنين.



إنبات البذور:

عندما تتهيأ الظروف المناسبة للبذرة، فإن الجنين ينشط، وتبدأ عملية الانبات. تعد عملية امتصاص البذور للماء أولى الخطوات المهمة لعملية الانبات ونتيجة لذلك يحدث تميؤ لأنسجة البذرة عن طريق عملية التشرب بالماء (Imbibition)، يشبه تشرب البذرة بالماء الأسموزية اذ ان عملية التشرب بالماء تحدث من منطقة التركيز العالي الى منطقة التركيز المنخفض (مع الممال)، ويختلف التشرب عن الأسموزية فان حدوثه لا يتطلب وجود غشاء شبه منفذ.

يتبع تشرب البذور بالماء نشاط للعمليات الايضية والاحداث الكيموحيوية التي تعطي الإشارة لبدء الانبات.

- تعد زيادة التنفس من الاحداث الأولية التي تحدث في معظم البذور.
- يتبع ذلك مباشرةً تحرر الانزيمات المحركة والمحللة للمواد المخزونة.
- استعادة انقسام الخلايا واستطالتها على محور الجنين.

يحدث النمو الابتدائي، بصفة عامة، بسبب نشاط الانسجة الانشائية التي تتميز خلاياها بالتجدد باستمرار نتيجة للانقسامات التي تحدث بالتتابع في جميع او بعض خلاياها، ويتبع ذلك، بالطبع، زيادة في حجم الخلايا الناشئة وتميز وظيفي يتم وفق طراز معين تبعاً لنوع النبات. هذا وتعد الانسجة الانشائية الطرفية المسؤولة عن النمو الطولي الذي يحدث على طول محور النبات وكذلك عن تكوين تفرعات الساق والجذر وعن تكوين الأوراق والازهار. اما فيما يتعلق بزيادة السمك، فان ذلك يعود الى نشاط خلايا النسيج الانشائي الحزمي وهذا ما يسمى بالنمو الثانوي.