2. الإنبات La Germination:

1. تعريف الإنبات:

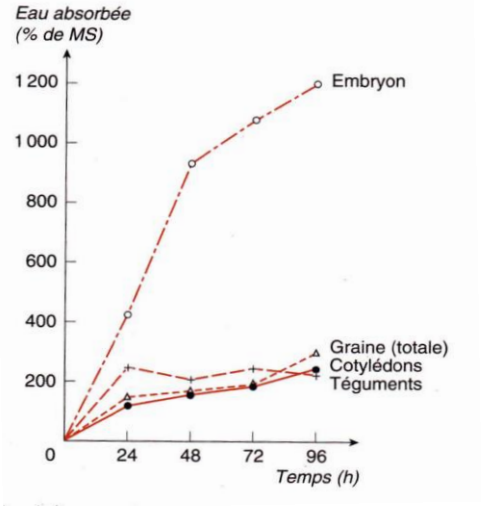
يطلق لفظ الإنبات Germination فى البذور على استعادة النشاط عند الجنين حتى تتمزق أغلفة البذرة ويبرز منها النبات الصغير. كما يمكن تعريف عملية الإنبات بأنها: **المراحل الفيزيولوجية التي تبدأ بامتصاص البذرة للماء (التشرب Imbibition) والتى يتبعها تمزق غطاء البذرة وظهور الجذير**. يصاحب تلك المظاهر المورفولوجية انقسام الخلايا واستطالتا مع زيادة النشاط الحيوى من هضم للغذاء وتمثيله.

2. الظواهر المميزة للإنبات:

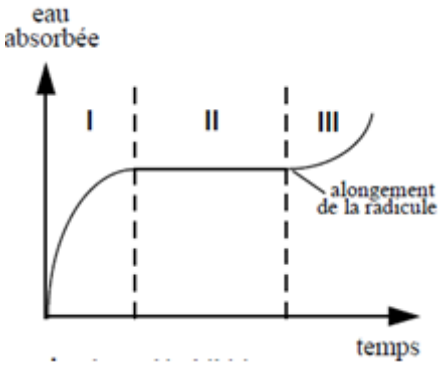
إن الخطوة الابتدائية في الإنبات هي تشرب الأنسجة المختلفة للبذرة بالماء ويؤدي هذا إلى زيادة في حجمها، كما تؤدي زيادة الرطوبة في أغلفة البذرة إلى الزيادة في نفاذيتها بالنسبة CO_2 و O_2 زيادة واضحة في حين تكون هذه النفاذية ضئيلة جدا عند البذور الجافة، ويساعد انتفاخ البذور على تمزق أغلفتها ولما تنبت البذرة يزداد حجم جنينها حيث يندفع تدريجيا (اثر انقسام الخلايا المكونة له) باتجاه الأغلفة التي تحيط به مع هضم المواد الادخارية المتراكمة داخل البذرة والتي تسمح للجنين أن يصبح مستقلا غذائيا.

3. المظاهر الفيزيولوجية للإنبات:

1- تشرب البذور: إن امتصاص الماء من طرف البذور أثناء التشرب يتم بفضل الضغط الاسموزي المبذول من طرف هذا العضو الناتج عن المواد المخزنة، فتكون قيمته عالية حيث تزيد في بعض الأحيان عن 1000 ض ج في البذور الجافة كالقمح والأرز والبازلاء، وهذا الضغط الامتصاصي العالي ناتج إلى غناء البذور بالمواد المخزنة وخاصة المواد الغروية المحبة للماء، ويلاحظ بأن كمية الماء الممتصة من البذرة تختلف من جزء لآخر من البذرة (الشكل 6)، فهي تختلف من الجنين إلى الأغلفة إلى الفلقتين، فإذا تتبعنا تعاقب كمية الماء الممتصة من طرف البذور أثناء إنباتها نتحصل على المنحنى البياني التالي: (الشكل 7):



الشكل 1: كمية الماء الممتصة من البذرة من مختلف أجزاء البذرة الانبات



الشكل 2: المراحل الثلاثة لامتصاص الماء اثناء

- المرحلة الأولى تتمثل في امتصاص كبير للماء في وقت قصير.
- المرحلة الثانية وهي مرحلة الانبات حيث تدوم مدة أطول حسب النباتات.
- المرحلة الثالثة وهي النمو الخضري الذي يتطلب كميات أكبر من الماء ويكون امتصاص الماء بطريقة سالبة وآلية.

2- هدم المواد المخزنة:

- المواد المعدنية: إن كميات المواد المعدنية المخزنة في البذور لا تتغير بصورة حساسة أثناء الإنبات، لكن ما يتغير في هذه المواد هو توزيعها داخل أجزاء البذرة وخاصة انتقالها من أعضاء التخزين نحو أعضاء النبتة (البادرة plantule)، يتمثل هذا التغير في انتقالها من أجزاء الخزن إلى مرستيمات البادرة الصغيرة التي توجد على قمة الجذير أو قمة السويقة، كما يلاحظ تغير في طبيعة المواد الكيميائية لتلك المعادن.

- المواد العضوية: تطرأ عليها تغيرات تسمح باستهلاكها في عملية الإنبات ولو حللنا كيميائيا عينات من البذور في مراحل متعاقبة من إنباتها لوصلنا إلى أن النشويات والزيوت في البذرة تتناقص بشكل واضح ومستمر خلال عملية الإنبات وذلك وفقا للعمليات التالية:

- تحليل هذه المواد (النشويات) عن طريق التميه.
- تماثل تركيب النشويات.
- تشبع الزيوت وتبسيط البروتينات إلى أحماض امينية.

3- التنفس: تختلف شدة التنفس من البذرة الجافة إلى البذرة أثناء الإنبات، تزداد شدة التنفس في المراحل الأولى للإنبات التي تنقسم إلى 5 مراحل: اثناء المرحلة الأولى التي تكون قبل اليومين الأولين فهذه المرحلة تتمثل في اخذ سريع لكمية عالية من الأكسيجين وتدوم هذه المرحلة إلى المرحلة الثانية لكن الشدة تقل هنا عما كانت عليه في المرحلة الأولى، وأثناء المرحلة الثانية والثالثة تقل المواد المدخرة المكونة من نشاء وسكريات عموما، وفي المرحلة الرابعة تهضم المواد المكونة من زيوت وبروتينات والمواد الدهنية، تتابع شدة التنفس في التقهقر، أما في المرحلة الخامسة فتزداد شدة التنفس من جديد وهذا لان البذرة أصبحت عبارة عن نبات قادر على تمثيل غذائه ويزداد في نموه ومعه تزداد الشدة التنفسية.

4- الحياة البطيئة:

1- تعريف الحياة البطيئة: تتمثل في درجات من التوقف البسيط للنمو أين يكون نشاط الخلايا عاديا في الحياة البطيئة بكل دقتها حيث لا نستطيع الا بعد دراسة معرفة عدم موت الأنسجة والأعضاء المعنية، فالحياة البطيئة تشكل نوع من المقاومة للظروف غير الملائمة كما تسمح حسب كثير من الباحثين بتوزيع الأصناف النباتية وتسبب التنوع البيولوجي.

2- مراحل الحياة البطيئة: تتصف البذور الجافة بخاصية حيوية هامة تتمثل في قدرتها تحت ظروف غير مناسبة بالدخول في الحياة البطيئة او الحياة الهادئة، وقبل الدخول في الحياة البطيئة تتم شروط تمهيدية تتمثل في:

1- تكوين مواد ادخارية وذلك أثناء تكوين البذور ونضجها وهذا ما يسمح للبذرة بالبقاء بدون تغذية ولا تمثيل وهذا ما يساعد على الرجوع إلى الحياة النشيطة فيما بعد

2- نقص مقدار الماء في البذور الجافة وعلى إثره تنخفض وتيرة الحياة بطريقة كبيرة فيصبح التنفس وتحرير الطاقة ضئيلان وتنعدم التبادلات الغذائية فيتوقف نمو البذور فتقتصر فعالية الايض على الحد الأدنى لإنتاج الطاقة الضرورية للحفاظ على البنية الخلوية، فهذا التقليل المؤقت لحيوية البذور يسمح لها بالدخول في الحياة البطيئة وهذا قابل للتراجع.

3- اكتساب الأنسجة والأعضاء التي توجد في الحياة البطيئة قدرة عالية لمقاومة الظروف غير الملائمة كالبرد، الحرارة العالية، الجفاف.

3- الدخول في الحياة البطيئة والخروج منها: ينتج عن الدخول في الحياة البطيئة إما عن خاصية داخلية في النبات او تحت تأثير عوامل خارجية كطول الفترة المضيئة ودرجة الحرارة العالية او نقص في الماء.

لا يمكن اعتبار الحياة البطيئة هي تقليل من النشاط فقط لكن كتغيير حقيقي لحالة الخلايا النباتية مما يؤدي إلى تغيرات الظاهرية (مورفولوجية) وفيزيولوجية لذا فالرجوع إلى الحياة النشيطة العادية للجنين يكمن في توفر الشروط الخارجية وخاصة الشروط الداخلية (النضج الفيزيولوجي لهذه الأعضاء).

5. العوامل المتحكمة في الإنبات:

لكـى يحـدث الإنبات لبذور النباتات يشترط توافر عدة عوامل خارجية وداخلية هي:

1.5. العوامل الخارجية:

بصفة عامة يتطلب إنبات أنواع كثير من البذور اربع عوامل خارجية على الأقل قبل الدخول في الإنبات وهي:

1- الماء: لا يمكن إنبات البذور إلا إذا توفرت نسبة كافية من الماء، وبتوفره تبدأ سلسلة من العوامل الايضية التي تؤدي الى ظهور البادرات او النبتات الصغيرة، وكمية الماء تختلف او تتغير حسب:

- طبيعة البذور (الصحراوية تتطلب كمية قليلة من الماء عكس البذور التي تنمو في المناطق الرطبة).
- درجة حرارة الوسط.
- تركيب التربة الموجدة فيها هذه البذور.

2- التهوية: تسير عملية التنفس في البذور النابتة بمعدل سريع خاصة في المراحل الأولى من عملية الإنبات، ويتوقف معدل استهلاك الأكسجين على نوع الغذاء المخزن والذي سيتم أكسدته، فالنسبة المؤوية لـ O_2 اللازمة للإنبات متغيرة من فصيلة لأخرى، وعلى هذا الأساس فالأرز يتمكن من الإنبات في وسط خالي من الهواء (وسط مائي) بينما يقل إنبات بذور القمح او الشعير تقارب نسبة O_2 5%.

3- درجة الحرارة: تؤثر درجة الحرارة على عملية الإنبات بطرق مختلفة، فدرجة الحرارة تؤثر على درجة دخول المـاء الى البذرة، كذلك فإن ارتفاع درجة الحرارة يقلل من مقاومة الاغلفة لخروج الجذير.

يوجد عند النباتات حد أدنى لا يمكن الإنبات تحته وهذا ما يسمى بصفر الإنبات (zéro de germination) وعلى هذا الأساس قسمت النباتات إلى نباتات صيفية وأخرى شتوية: القمح (3-5) °م، الذرة (8-10) °م، ودرجة الحرارة المثلى تؤدي إلى إنبات أحسن وهناك درجة حرارة عالية لا يمكن الإنبات فوقها.

4- الإضاءة: يكون الإنبات أفضل في كثير من الحالات عندما تتعرض لبذور للإضاءة لكن هذا العامل يعطل الإنبات عند نباتات أخرى، هناك بذور حساسة للضوء أى لا تستطيع الإنبات إلا إذا تعرضت للضوء ولو لفترة قصيرة ومن أمثلتها بذور شجرة عيد الميلاد وبعض أصناف الخس، كما أن هناك بذور حساسة للظلام أى يلزم لإنباتها ألا تتعرض للضوء أثناء الإنبات ومن أمثلتها بعض أنواع جنس البصل، كما أن إنبات بعض البذور مثل الدخان لا يتأثر كثيراً بتوافر الضوء أو الظلام حيث وجد أن الإنبات يكون أسرع فى الضوء عنه فى الظلام إلا أن الظلام لا يوقف الإنبات تماماً ولكنه يبطئه، كما لوحظ أن تأثير الضوء على الإنبات يتأثر بالعوامل البيئية الأخرى، لوحظ أن الإنبات فى بعض البذور يكون مصاحباً للاستجابة للفترة الضوئية (تعاقب فترات النهار والظلام).

2.5. العوامل الداخلية:

تختلف مدة احتفاظ البذور بحيويتها من جنس لآخر ومن نوع لآخر وقد تتراوح هذه الفترة من عدة أيام إلى عدة سنوات وقد تصل إلى مئات السنين، ومن الجدير بالذكر أنه يمكن احتفاظ البذور بحيويتها لمدة أطول كلما كانت ظروف التخزين مواتية، ومن المعروف أن زيادة نسبة الرطوبة فى البذرة أو ارتفاع درجة الحرارة فى البذور المخزونة يقلل من عمر حيويتها، كما أن إصابة البذور بالأمراض والآفات الحشرية يؤدى إلى تلف الجنين جزئياً أو كلياً مما يؤدى إلى انخفاض حيوية الجنين وبالتالى قدرة البذرة على الإنبات.

وتوجد مجموعة من العوامل الداخلية مؤثرة على الإنبات وهي:

1.2.5. سكون البذور la dormances des semences:

يرتبط الإنبات Germination بنوعين من الشروط (الظروف) الداخلية والخارجية، وقد تتوفر جميع الظروف الخارجية دون الحصول على عملية الإنبات.

إذا لم يحصل الإنبات فنتكلم في هذه الحالة على عدم القدرة على الإنبات إذن نستطيع تعريف الكمون بعدم القدرة الداخلية للرجوع إلى الحياة النشيطة (الكمون هو عدم قدرة أو كفاءة البذور على الإنبات وذلك بالرغم من توفر الظروف البيئية الخارجية)، ويوجد قسمان كبيران من عدم الكفاءة على الإنبات:

1- تتعطل قدرة البذور على نمو جنينها ويكون التعطيل ناتجا عن ظروف داخلية ويطلق عادة على ظاهرة تعطيل إنبات البذور نتيجة أسباب داخلية بالكمون الجنيني dormance embryonnaire.

2- الجنين المعزول عن الأغلفة ينبت بدون إشكال لكن البذرة الكاملة لا تستطيع الإنبات فيرجع السبب إلى الهيكل المحيط بالجنين الذي يمنع عملية الإنبات ويسمي تثبيط النبات Inhibition de la germination أو الكمون اللحائي أو غشائي Dormance tégumentaire .

1- الكمون الجنيني Dormance embryonnaire: تمثل هذه الظاهرة الكمون الحقيقي وتميز بعض العائلات كالعائلة الوردية والنجيلية ونميز فيه الحالات التالية:

1- قد يكون الجنين كامنا في وقت جمع الحبوب وبالتالي يكون قد دخل في الكمون أثناء نضج الحبوب ويسمي هذا الكمون بالكمون الأولى Dormance primaire.

2- من الممكن أن يكون الجنين قادرا على الإنبات ومباشرة بعد حفظ الحبوب في ظروف غير ملائمة تضيع منه هذه القدرة ويدخل الجنين في كمون يسمى الكمون الثانوي dormance secondaire.

2- الكمون اللحائي أو غشائي:Dormance tégumentaire تفشل أنواع كثيرة من البذور التي تبدو ناضجة في الإنبات حتى ولو توفرت لها جميع الظروف البيئية الملائمة بسبب تثبيط إنباتها والذي يرجع في اغلب الأحيان إلى الأغلفة فيتعلق الأمر إذن بالتثبيط الغشائي او اللحائي، والتثبيطات الغشائية تفسر بإنبات البذور بعد حذف الاغلفة الواقية لها وهذا التثبيط يرجع إلى الأسباب التالية:

- عدم نفاذيتها للماء.
- المقاومة الآلية لهذه الاغلفة.
- كون الاغلفة غير نفوذه للأكسيجين.

2.2.5. مثبطات الانبات:

وجود بعض المواد طبيعياً فى البذور قد تسبب سكون البذور وتسمى تلك المواد بمثبطات الإنبات وتوجد هذه المثبطات فى أماكن مختلفة فمثلاً:

- ربما توجد هذه المثبطات فى التراكيب المغلفة للبذرة كما فى الشوفان.
- قد توجد هذه المثبطات فى لب أو عصير الثمار المحتوية على البذور كما فى الطماطم
- قد توجد مثبطات الإنبات فى الأندوسيرم أو جنين بعض البذور.
- ومن أمثلة المثبطات الطبيعية التى تم التعرف عليها مركبات الكومارين - الأمونيا - حمض الأبسيسيك - القلويدات.

ويتم كسر هذا النوع من السكون بإستخدام منشطات الإنبات مثل نترات البوتاسيوم - الثيويوريا - الجبريلين - الكينتين

6. التغيرات البيوكيمائية التى تحدث أثناء الإنبات:

عموماً يصاحب عملية الإنبات عدة تغيرات منها الفيزيائية مثل زيادة حجم البذرة وتشقق الغشاء وزيادة وزن البذرة نتيجة لتشرب الماء، ومنها التغيرات الكيماوية التى من نتيجتها هضم وتحلل المواد الغذائية المدخرة إلى مواد بسيطة يمتصها الجنين وينشط فى النمو، ومنها التغيرات الحيوية وما يصاحبها من انقسام الخلايا واستطالتها وما يتبع ذلك من ظهور الجذير والمجموع الخضرى، والغذاء المدخر فى البذرة قد يكون أساساً مادة كربوهيدراتية أو بروتينية أو دهنيه أو خليط منها، وعندما تكون المادة الغذائية المدخرة فى البذرة هى الكربوهيدراتية (النشوية) فأنها تتحلل إنزيمياً بواسطة إنزيمات الأميلاز والمالتاز إلى سكريات أحادية مثل الجلوكوز، والمواد البروتينية تتحلل إنزيمياً بواسطة إنزيمات البروتييز إلى أحماض أمينيه بسيطة، أما المواد الدهنية فيتم تحليلها إنزيمياً بواسطة إنزيم الليبيز إلى جلسرول وأحماض دهنيه.

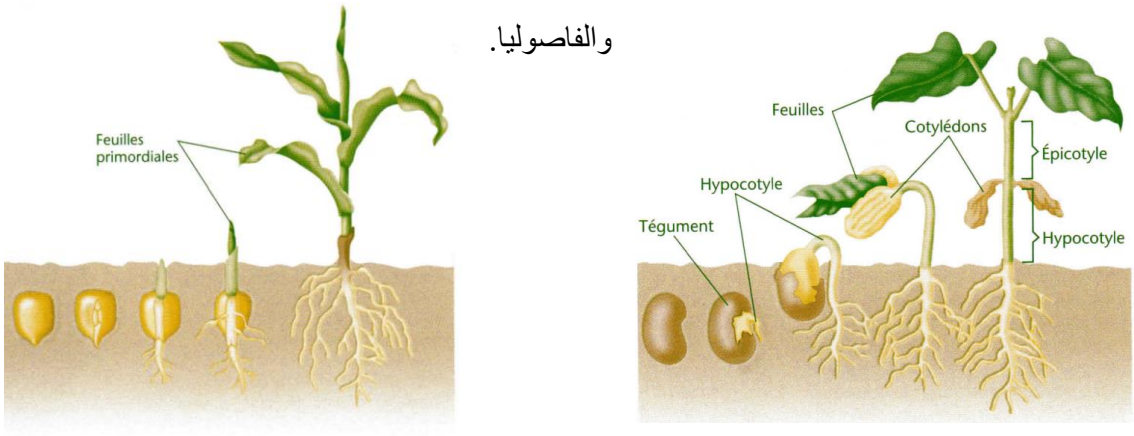
- يتم استخدام السكريات الناتجة فى عملية التنفس (الأكسدة) للحصول على الطاقة اللازمة للنمو والعمليات الحيوية الأخرى.

- يتم أكسدة الأحماض الدهنية الناتجة من تحلل الدهون خلال أحـد مسارين إما مســار α -Oxidation أو المســارOxidation - β، المسار الأول غير مرغوب لضآلة كمية الطاقة الناتجة من خلاله أما المسار الثانى فهو الأكثر إنتاجاً للطاقة حيث يتكون من خلاله المركب acetylco-A الذى يدخل فى دورة كربس وينتج عنه كميـة عاليـة مـن الطاقة، والذى يتم فى البذور الزيتية مثـل بـذرة الخروع أثناء مرحلة الإنبات.
- لوحظ أيضاً زيادة المحتوى من RNA فى فلقات البذور النباتية مع زيادة واضـحة فـى نشـاط وعمـل الميتوكوندريا كما لوحظ أيضاً نشاط واضح فى عمل بعض الإنزيمات.
- لوحظ زيادة واضحة فى نشاط إنزيمات الفوسفاتيز التى تقوم بتحليل حمض الفيتيك (الذى يحتـوى علـى نسبة كبيرة من الفوسفات ـ المغنسيوم ـ البوتاسيوم) ويرتبط الفيتيك أيضاً بالأجسـام البروتينيـة فـى الخلية، لذلك فإن حمض الفيتيك مهم جداً فى مرحلة إنبات البذرة.
- لوحظ إرتفاع معدل التنفس مع زيادة واضحة فى نشاط الإنزيمات المرتبطة بعملية التنفس فـى دوراتـه المختلفة والمرتبطة أيضاً بالمواد الغذائية الأساسية المستخدمة فى عملية التنفس.

7. أنماط الإنبات: نلاحظ نمطين من الإنبات وهما: (الشكل 8)

1- الإنبات الأرضي Hypogée: وفيه تنمو السويقة فوق الفلقتين وتبقي الفلقات في التربة مثل إنبات الشعير والذرة.

2- الإنبات الهوائي Epigée: وفيه تنمو السويقة تحت الفلقتبن وتحمل الفلقات فوق سطح التربة مثل إنبات الفول والفاصوليا.



إنبات هوائي Epigée(الفاصوليا) إنبات ارضي Hypogée (الذرة)

الشكل 3: شكل يوضح نمطي الانبات عند النباتات