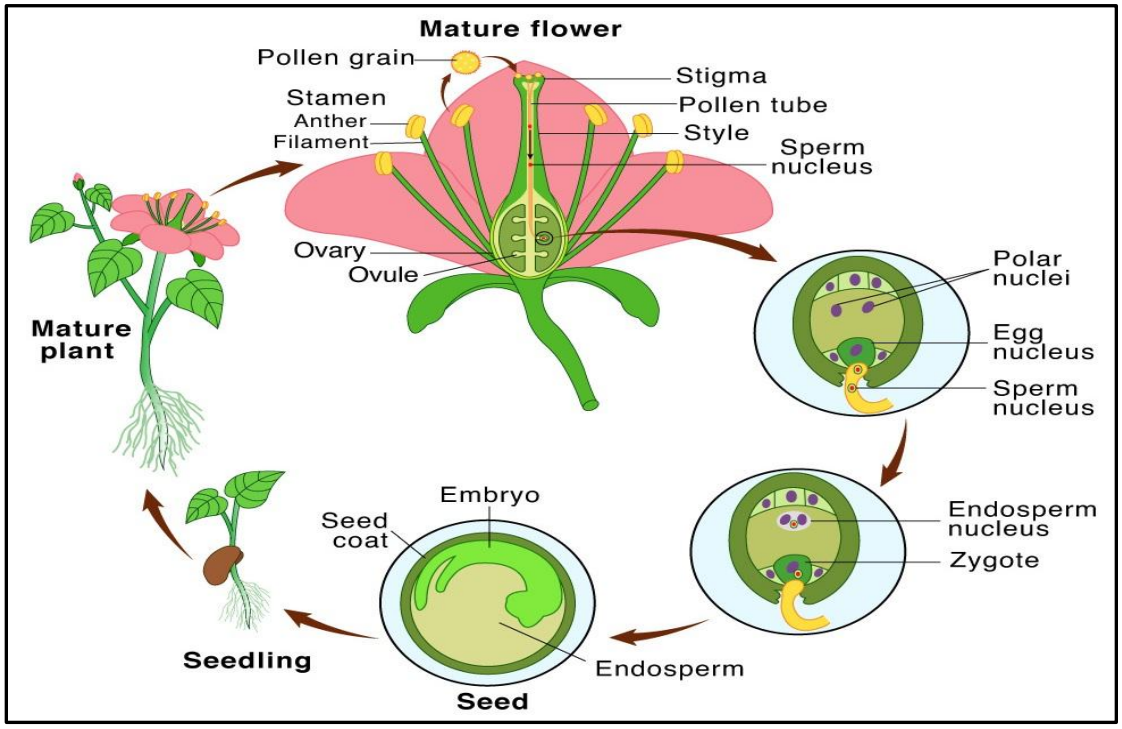
التكاثر في النباتات Reproduction in Plants



التكاثر الجنسي في النباتات الزهرية Sexual Reproduction

ينتمي حوالي 80% من النباتات إلى مجموعة مغطاة البذور، وهي نباتات زهرية تعد أكبر مجموعة من النباتات التي تكيَّفت تكيُّفًا كبيرًا مع الحياة على سطح الأرض، والفضل يرجع إلى تكوينها للبذور. والتي تُمَكن النباتات الزهرية من الانتشار بسهولة على الأرض من خلال الهواء أو الماء أو الحيوانات إلى أماكن أخرى لمساعدتها في نشر أنواعها.

الزهرة Flower:

هي غصن محور مؤلف من ساق قصير جدا تنشأ عليه الأجزاء الزهرية، تحورت أوراقه للقيام بوظيفة التكاثر.

أجزاء الزهرة Floral Parts : تحتوي الزهرة النموذجية أربع حلقات تحمل على ساق يعرف بالحامل الزهري، ويرتكز على ما يسمى بالتخت. تترتب الأجزاء الزهرية من الخارج نحو الداخل كالآتي :

أ- الكأس Calyx: يحمل أوراق خضراء تسمى Sepals. تعمل على حماية الزهرة النامية في داخل البرعم الزهري.

ب- التويج Corolla: يحمل أوراق ملونة تسمى Petals. وقد تكون عطرية أحياناً ليساعد ذلك في جذب المُلقِّحات التي تعمل على نشر حبوب اللقاح من نبات إلى آخر.

ج- السُداة Stamen: عضو التذكير في الزهرة، وهي ورقة سبورية صغيرة متخصصة للتكاثر، تتألف من الخويط Filament، والمتك Anther الذي يوجد فيه حبوب اللقاح Pollens. وهي تراكيب مجهرية تحتوي على أمشاج ذكرية للنبات الزهري، والتي تقوم بإخصاب البويضة الأنثوية.

د- المدقة Pistil: عضو التأنيث في الزهرة، أوراق سبورية يطلق عليها الكرابلCarpels. والكربلة هي ورقة سبورية محورة تحمل البيوض على حافتيها التي انطوت باتجاه بعضها أو مع حافات كرابل أخرى واتحدت هذه الحافات لتكوين المبيض المغلق والحاوي على البيوض بداخله. وتتألف المدقة من المبيض Ovary والحامل Style والميسم Stigma. وتوجد البويضة Ovule في داخل المبيض، وهي تحتوي على الخلايا التناسلية الأنثوية، وبعد الإخصاب تُصبح بذرة.

- **النباتات احادية المسكن Monoecious Plants**: وهي نباتات تحمل فيها اعضاء التذكير والتأنيث على نفس النبات. وتكون الأزهار في هذه النباتات أما ان تحتوي على المدقة والاسدية معاً فتدعى زهرة ثنائية الجنس. أو ان اعضاء التذكير تحمل على زهرة واعضاء التأنيث على زهرة اخرى، فتدعى بالأزهار أحادية الجنس.
- **النباتات ثنائية المسكن Dioecious Plants**: فهي نباتات تكون الأزهار الذكرية فيها محمولة على نبات والأنثوية على نبات اخر، وتكون جميع الأزهار في هذه النباتات أحادية الجنس.
- **الأزهار احادية الجنس Unisexual Flowers:** وهي أزهار أما ان تحتوي على عضو التذكير فقط دون عضو التأنيث فتسمى ازهارا ذكريةMale Flowers ، أو أعضاء التأنيث فقط فتسمى ازهارا مؤنثة Female Flowers.
- **الأزهار ثنائية الجنس Bisexual Flowers:** ويطلق عليها كذلك الأزهار الخنثى، فهي أزهار تحوي اعضاء التذكير والتأنيث معا.
- **الزهرة التامة Complete Flowers:** الزهرة التي يوجد فيها الكأس والتويج والأسدية والمدقة.
- **الزهرة غير التامة Incomplete Flowers:** الزهرة التي تفقد أحد أجزائها الرئيسية.
- **الزهرة العارية Naked Flowers:** الزهرة التي تفقد الأوراق الكاسية والتويجية معاً.

التلقيح Pollination

هو عملية انتقال حبوب اللقاح Pollen Grains من المتك (عضو التذكير في الزهرة) إلى الميسم (جزء من عضو التأنيث فيها). يمثل التلقيح احدى الخطوات المهمة في تكوين وتطور الثمرة والبذرة. ويوجد نوعان رئيسيان للتلقيح، هما التلقيح الذاتي والتلقيح الخلطي.

أولاً: التلقيح الذاتيSelf Pollination : هو عملية انتقال حبوب اللقاح من متك زهرة على نبات معين إلى ميسم نفس الزهرة او زهرة اخرى على نفس النبات. ولا يتطلب التلقيح الذاتي أن يجد النبات الأبوي نباتًا آخر ليتكاثر معه. كما أنه لا يعتمد على المُلقِّحات في نقل حبوب اللقاح.

إيجابيات التلقيح الذاتي:

1. النباتات ذاتية التلقيح لاتحتاج ان تزورها الملقحات، وبذلك لاتصرف طاقة لجذب الملقحات، وتنمو في أماكن قد لا تزورها الحشرات او الطيور.
2. ينتج التلقيح الذاتي اجيالاً منسجمة وراثياً، مقاربة لصفات الأبوين ولكن قد لاتكون متطابقة، وبهذا سيكون النسل حاملاً لصفات تكيفية مع البيئة، او يحمل صفات إنتاجية مرغوبة إذا كانت موجودة في الصنف النباتي.

ثانياً: التلقيح الخلطي Cross Pollination يقصد به انتقال حبوب اللقاح من متك زهرة إلى ميسم زهرة اخرى تعود لنبات آخر من نفس النوع. وفي هذه الحالة تزداد فرصة زيادة التنوع الوراثي؛ ومن ثَمَّ زيادة القدرة على بقاء نسل النبات من خلال تجنب التلقيح الذاتي. وتسمى وسائل التلقيح بالملقحات Pollinators وهي الوسائط التي يتم عن طريقها نقل حبوب اللقاح من المتك إلى الميسم، وهذه قد تكون متمثلة بالرياح أو الحيوانات (كالحشرات والطيور) او الماء او حتى الانسان.

وسائل التلقيح الخلطي:

1- الحيوانات: وخاصة الحشرات (كالنحل والفراشات والذباب والعث) والطيور والخفافيش. والتي تنجذب لأوراق التويج، فضلاً عن احتواء الزهرة على الرحيق Nectar، وهو سائل سكري تُنتجه بعض النباتات الزهرية وتستخدمه عدد من المُلقِّحات (كالحشرات والطيور) باعتباره مصدرًا لغذائها. تقوم هذه الحيوانات بعملية التلقيح بعد ان تعلق حبوب اللقاح بأجسامها، عندما تزور المُلقِّحات زهرة ما لأخذ وجبة من الرحيق، فمن المحتمل جدًّا أن تنشر حبوب اللقاح التي تعلقت على أجسامها من العديد من الأزهار المختلفة.

2- الرياح: هي الوسيلة السائدة من التلقيح في النباتات التي تحتوي أزهار ذات ألوان غير جاذبة للحشرات .وتتميز حبوب لقاح هذه الأزهار بكونها خفيفة الوزن يسهل حملها بالرياح لمسافات بعيدة نسبياً، فضلاً عن انتاجها بكميات كبيرة.

أن الكثير من الأنواع النباتية المختلفة كيفت تراكيبها المظهرية لتناسب طريقة التلقيح. على سبيل المثال، يمكن أن يؤدي التلقيح بالرياح إلى بعثرة حبوب اللقاح عشوائيًّا على مساحة واسعة. ونتيجة لذلك، سيؤدي التلقيح بالرياح إلى خسارة العديد من حبوب اللقاح؛ ومن ثَمَّ، فإن النباتات التي تستخدم

هذه الوسيلة كيَّفت نفسها لإنتاج كميات كبيرة من حبوب اللقاح. ولكن التلقيح بواسطة الحشرات والطيور، يكون أكثر دقة في إيصال حبوب اللقاح الى الزهرة المستهدفة.

3- التلقيح الاصطناعي Artificial Pollination :هو عملية نقل حبوب اللقاح من متوك الأزهار إلى المياسم بفعل الأنسان سواء كان ذلك يدوياً أو ميكانيكياً، والهدف من هذا التلقيح هو انتاج محصول ذو نوعية مضمونة، او التحكم في الصفات الوراثية للبذور الناتجة. كما يستخدم في بعض الأنواع النباتية العقيمة ذاتياً او خلطياً. وهناك عدد من وسائل التلقيح الصناعي منها باليد او بآلة التعفير او بآلة نفخ الهواء.

ومن أهم المشاكل التي تواجه التلقيح الخلطي:

أ. **العقم الخلطي Cross Sterile:** هو عدم قابلية نباتات سلالة معينة تابعة لنوع ما على انتاج ثمار بعد تلقيح ازهاره بحبوب لقاح سلالة مغايرة.

ب. **عدم التوافق الخلطي Cross Incompatibility:** ويقصد به عدم تقبل مياسم أزهار صنف معين من النبات لحبوب لقاح من اي صنف اخر. وهنا يكون التلقيح الذاتي هو السائد.

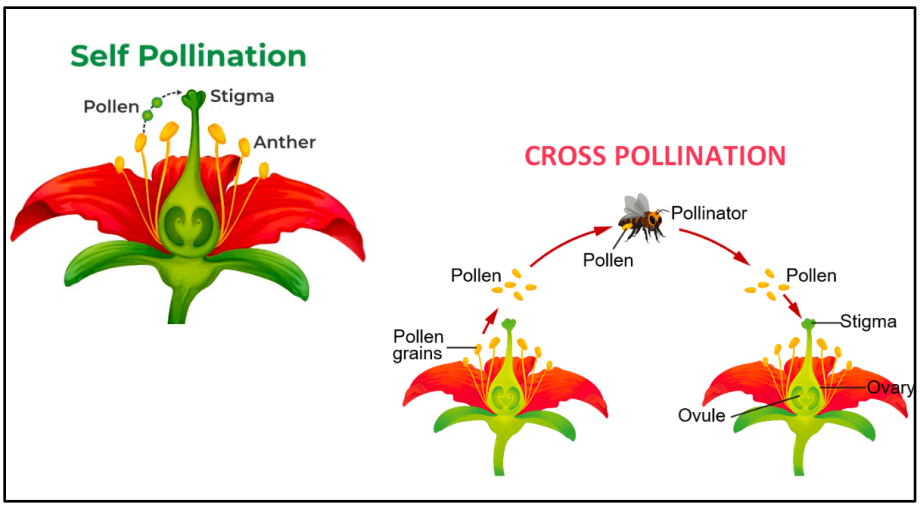
أسباب حدوث التلقيح الخلطي في النباتات:

1- في بعض النباتات، قد يحصل تفاوت في البلوغ، أي تنمو مجموعة من الأعضاء التناسلية قبل الأخرى، فقد تنضج الأعضاء الأنثوية وتُصبح جاهزة لاستقبال حبوب اللقاح قبل نضج الأعضاء الذكرية.

2- اختلاف مواقع وأطوال الأسدية والمدقات في الزهرة الواحدة، والمعروفة بتباعد الجنسين. حيث توجد المتوك أحيانًا على مسافة أعمق من الميسم؛ مما يجعل التلقيح الذاتي أمرًا صعبًا.

3- النباتات ثنائية المسكن تحمل الأزهار الذكرية على نبات، والأنثوية على نبات آخر، وبهذا لابد من حصول تلقيح خلطي.

4- حدوث ظاهرة العقم الذاتي Self-Sterility في بعض النباتات، وهي عدم قابلية افراد نوع معين على اعطاء ثمار تحوي بذورا بعد التلقيح الذاتي. وفي بعض الحالات لاتوجد إمكانية لإخصاب حبوب اللقاح للبويضات الموجودة في نفس الزهرة. وهنا يكون التلقيح الخلطي هو السائد من اجل الحصول على الثمار الحاوية على البذور.



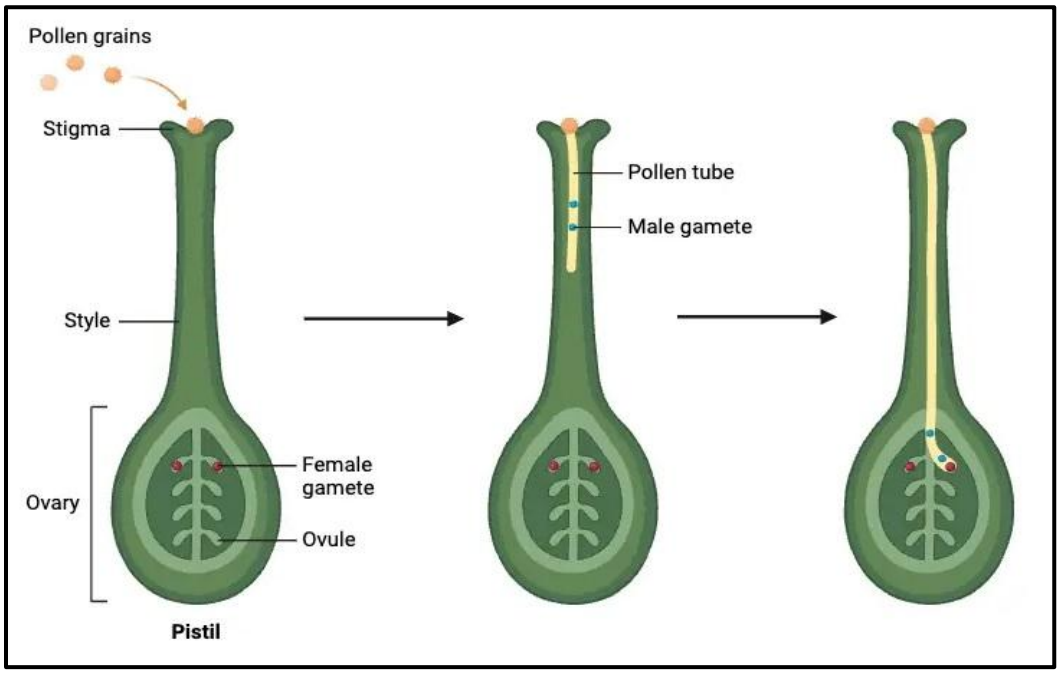
شكل3: أنواع عملية التلقيح في النباتات

العوامل المؤثرة في عملية التلقيح في النباتات :

توجد مجموعة من العوامل التي تؤثر في عملية التلقيح، وتشمل ما يأتي:

أ- **العوامل المناخية :**تتضمن العوامل الجوية المؤثرة في عملية التلقيح كدرجات الحرارة والأمطار والرياح.

ب- **العوامل غير المناخية :**وتشمل الموافقة بين أصناف النوع النباتي، وحيوية حبوب اللقاح، وموقع وعدد النباتات الملقحة.

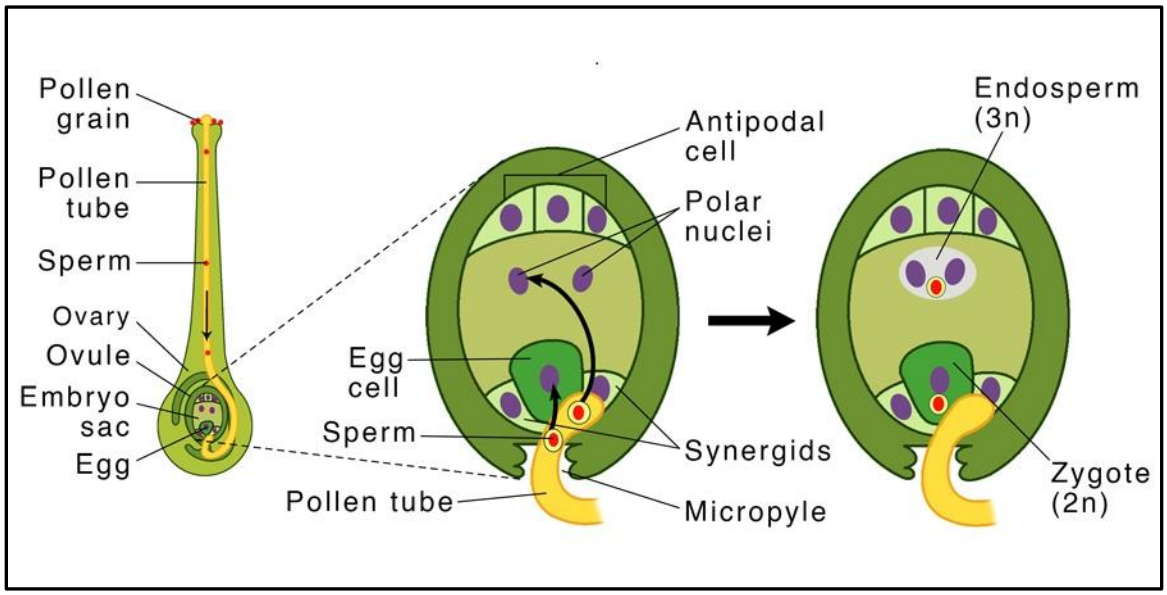


شكل 4: مراحل عملية التلقيح في النباتات الزهرية

الأخصاب Fertilization

عندما تسقط حبوب اللقاح على الميسم، تبدأ الخلية الأنبوبية الموجودة في حبة اللقاح في تكوين أنبوب اللقاح، الذي ينمو ويخترق الميسم والقلم. كما أنها تُطلق إنزيمات تُسهل مروره واختراقه للقلم حتى يصل أنبوب اللقاح إلى فتحة نقير البويضة. تنقسم الخلية المولَّدة في حبة اللقاح انقسامًا اعتيادياً فتتكون نواتان ذكريتان أحاديتا المجموعة الكروموسومية، وتندمج إحدى هاتين النواتين مع نواة خلية البيضة أحادية المجموعة الكروموسومية، لتتكون البيضة المخصبة Zygote ثنائية المجموعة الكروموسومية، التي تبدأ في الانقسام اعتيادياً فيتكوّن الجنين.

وتندمج نواة الخلية الذكرية الأخرى مع الخلية المركزية للنواتين القطبيتين في كيس الجنين لتكوين نواة السويداء Endosperm ثلاثية المجموعة الكروموسومية. تنقسم نواة الإندوسبرم بعد ذلك على نحو متكرر وتكوّن نسيج الإندوسبرم، والذي وظيفته تغذية الجنين في مراحل النمو الأولية، وثم يحيط بالجنين حيث يشغل في النهاية جزءًا من البذرة. وتسمى كل هذه العمليات بالإخصاب المزدوج Double Fertilization.



شكل 5: الاخصاب المزدوج في النباتات الزهرية

الإثمار العذري Parthenogenetic Fruiting

إذا لم يتم تلقيح الزهرة أو إخصابها، فسوف تذبل وتسقط دون تكوين الثمرة. وعلى الرغم من أن حبوب اللقاح لازمة لنمو الثمار ونضجها، حيث ثَبت أنها تحتوي على هرمونات الأوكسينات التي

تتراكم في المبيضين وتحفز نمو الثمرة. ولكن في بعض الحالات، يكون الإخصاب الذي يحدث أيضًا من خلال حبوب اللقاح غير ضروري لنضوج الثمرة، فيحصل مايسمى بالإثمار العذري، وهو النمو الطبيعي أو الاصطناعي (بتأثير بعض المواد الكيميائية) للثمرة بدون حدوث عملية الإخصاب، وينتج ثمار خالية من البذور. وبذلك لن تحتوي هذه الثمار على بذور؛ لأن البذرة هي الجنين النامي من بويضة تم إخصابها.

التكاثر أو الإكثار الخضري في النباتات الزهرية Vegetative Reproduction

هو أي شكل من أشكال التكاثر الذي يحدث في النباتات من خلال نمو نبات جديد من جزء من النبات الأم (الأوراق والساق والجذور)، أي انه يشمل طرائق إكثار لا تتطلب وجود البذور، ويحدث عن طريق الإنسان أو العوامل الطبيعية. ويتم التكاثر الخضري بطريقتين اصطناعية أو طبيعية.

1- التكاثر الخضري الطبيعي

أ- **الأبصال Bulbs:** هي سيقان نباتية متحورة محاطة بمجموعة من الأوراق السميكة تشبه القشور، وتعتبر هذه الأوراق مخزن للمادة الغذائية في النبات، كما في اكثار البصل والثوم.

ب- **الرايزومات Rhizomes :**عبارة عن سيقان تنمو أفقيًا على التربة أو تحتها، وقد تنشأ من الجذور، وهي مواقع تخزين للمواد الغذائية مثل البروتينات والنشويات، كما في تكاثر بعض الأعشاب.

ج- **المدادات Stolons :**هي سيقان تنمو أفقيا فوق سطح التربة، وتتشكل نباتات صغيرة على طولها، ومن الأمثلة عليها نبات الفراولة.

د- **الدرنات Tubers :**تراكيب يمكن أن تتشكل من الجذور أو السيقان، وينتج من السطح العلوي للدرنة السيقان والأوراق، ومن السطح تنشأ السفلي الجذور، ومن الأمثلة عليها نبات البطاطا.

ه- **الكورمات Corms :**هي عبارة عن جذور متضخمة تخزن المواد الغذائية، تحاط من الخارج بأوراق، وتنتج جذورًا عرضية، وتوجد فيها براعم تتطور إلى نبات جديد، ومن النباتات التي تتكاثر بهذه الطريقة الزعفران.

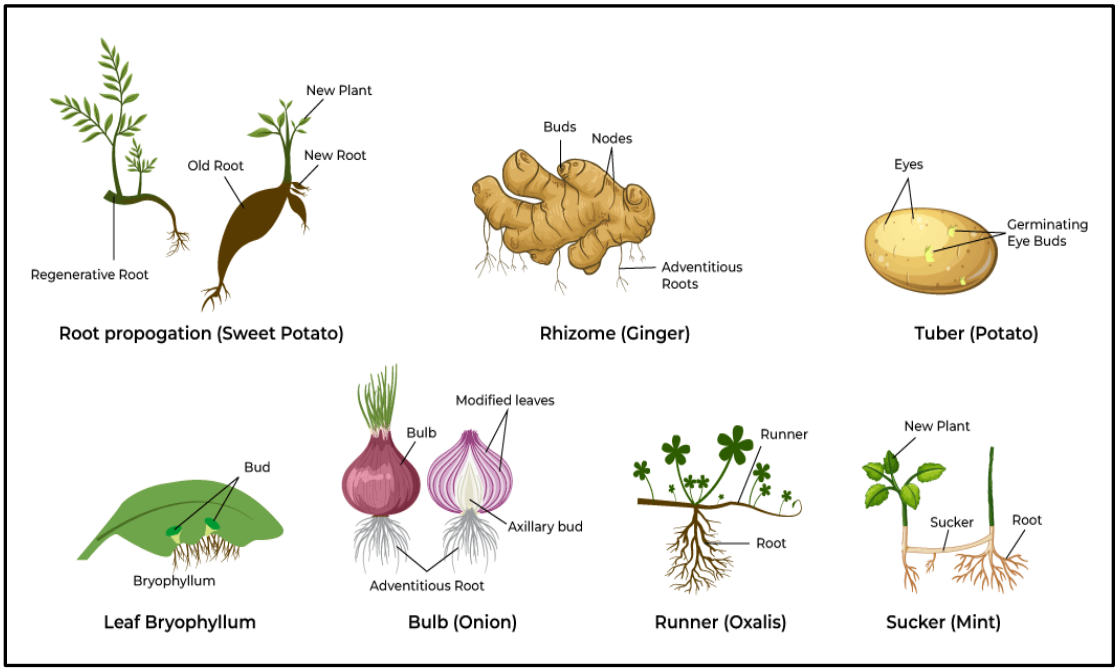
2- التكاثر الخضري الاصطناعي: هو التكاثر الخضري الذي يقوم به الإنسان في الحقل أو المختبر، ومن انواعه الشائعة ما يلي:

أ- **العقل Cuttings :**وهي قطع من جزء من ساق النبات أو أوراقه، يتم زراعتها في التربة، ليتكون منها نبات جديد. ويتم أحيانًا إضافة الهرمونات لتحفيز نمو الجذور للعقل، كما في العنب والرمان.

ب- **الترقيد Layering :**ويتم من خلال دفن جزء من ساق النبات في التربة، وسوف تظهر له بعد فترة من الوقت جذور عرضية، ويبقى الجزء المدفون متصلاً بالنبات الأم بهذه الطريقة، كما في العنب والتين.

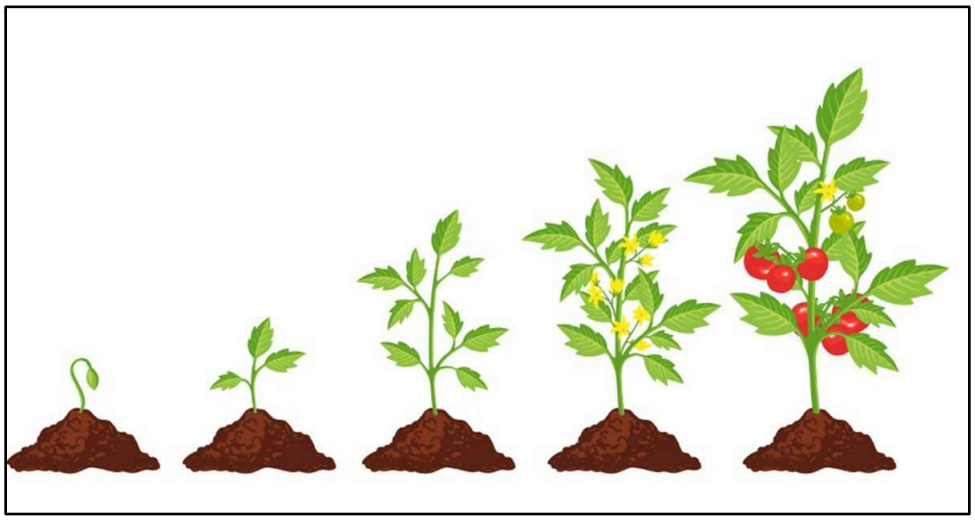
ج- **زراعة الأنسجة Tissue Culture :**وهي طريقة حديثة لتكثير بعض النباتات، وتتم من خلال زراعة أجزاء مختلفة من النبات (أوراق او سيقان او جذور او براعم) في مختبرات خاصة للحصول على نبات جديد، وتعتبر هذه الطريقة مهمة في زيادة أنواع النباتات المهددة بالانقراض وبعض النباتات الاقتصادية.

د- **التطعيم Grafting :**عبارة عن فصل قطعة صغيرة من الساق أو برعم واحد من الساق، ثم تركيبه مكان برعم في ساق نبات آخر، كما في اكثار بعض أشجار الفاكهة.



شكل6: بعض طرق التكاثر الخضري في النباتات

النمـو في النباتات Growth of Plants



يُعرّف النمو Growth على أنّه زيادة حجم جسم النبات أو زيادة كتلته، وتكون هذه الزيادة من خلال تكوين الخلايا والأنسجة والتراكيب. ويحدث النمو من خلال انقسام الخلايا وزيادة عددها وزيادة حجمها . يُعدّ نمو النبات حالة طبيعة تمر بها النباتات كبقية الكائنات الحية الأخرى من أجل الاستمرار. ان طريقة النمو قد تختلف من نوعٍ إلى آخر لكون النباتات تتعدّد في أنواعها وأحجامها، ولكنها جميعاً تمرّ بالكثير من العمليّات الحيويّة المعقّدة أثناء مرحلة النمو، والتي تصاحبها العديد من التغيّرات الفيزيائية والكيميائية.

ومن أشكال النمو في النباتات ما يعرف بالتطور او التكشف Development هو التغيرات المظهرية التي تطرأ على جسم النبات مثل ظهور الأوراق والسيقان والأزهار والثمار والبذور التي تصاحب النمو. او هو مقدار التغير في جسم النبات باتجاه النضج ويشمل النمو والتمايز. ويمكن تعريف التمايز Differentiation بأنه عملية نمو وتخصص مجموعة من الخلايا الى انسجة معينة، او نمو تراكيب جديدة في جسم النبات.

مراحل نمـو النبات Stages of Plant Growth

أولاً: مرحلة تكوين الجنين Embryogenesis: تعتبر البذور هي النواة الأولية لبدء عملية النمو التي تتمّ على مرحلتين أساسيتين. حيث تتضمن الأولى عمليتي التلقيح والاخصاب من خلال اتحاد الخلية الجنسية الذكرية والبويضة وتكوين الجنين. وفي المرحلة الثانية تبدأ مرحلة انقسام البويضة المخصبة، وبتطوّر نمو الجنين تنمو الأعضاء المهمّة وهي الجذير، والفلقات.

ثانياً: مرحلة السكون Dormancy: وهي المرحلة التي يدخلها جنين النبات الموجود داخل البذرة بعد اكتمال نموه، وهي فترة يتوقّف فيها انقسام الخلايا في الجنين النباتي، وكذلك توقّف تخزين المواد المغذية في الفلقات، وتنشأ قشرة صلبة تحمي البذرة من التلف وتمنعها من النموّ خلال هذه المرحلة وهي على جسم النبات الأم، أو أثناء الخزن إلا عند توفّر الظروف الملائمة للنمو.

ثالثاً: مرحلة الإنبات Germination: ويعرف الانبات بانه قدرة البذرة على انهاء فترة السكون، واستئناف نمو الجنين بعد توقفه، وتكوين طور البادرة، عند انقطاع فترة السكون للجنين نتيجة توفر الظروف الملائمة للنمو. إن فترة انقطاع السكون تختلف من بذرة إلى أخرى وطبيعة فصل النمو، فهناك أنواع من بذور النّباتات تحتاج إلى مدة طويلة لكي تنمو، وبعض النباتات تحتاج مدة قصيرة. وبعد أن يمتص الجنين الماء تتمدد الخلايا ويرتفع معدل التنفّس، فضلاً عن حدوث تغيّرات كيميائيّة، فتبدأ تراكيب البذرة باستئناف النموّ. وتتكوّن ما تعرف بالبادرة عند تمزّق الغلاف عن البذرة ويخرج من أسفل الفلقة الجذر الأولي للنبات الذي يعمل على امتصاص الماء والأملاح من التربة، ومن أعلى الفلقة ينمو ساق اولي يندفع فوق سطح التربة ليبدأ بالنمو وإنتاج الأوراق الأولية. وتتأثر عملية إنبات البذور بعدد من العوامل الأساسية، وهي كالآتي:

أ. **عوامل حياتية:** ومنها حيوية البذرة، عمر البذرة، نضج البذرة، مدة طور السكون، الهرمونات، الانزيمات، سمك قشرة البذرة.

ب. **ب-عوامل بيئية:** وأهمها الماء، درجة حرارة التربة، الضوء، مستوى الأوكسجين.

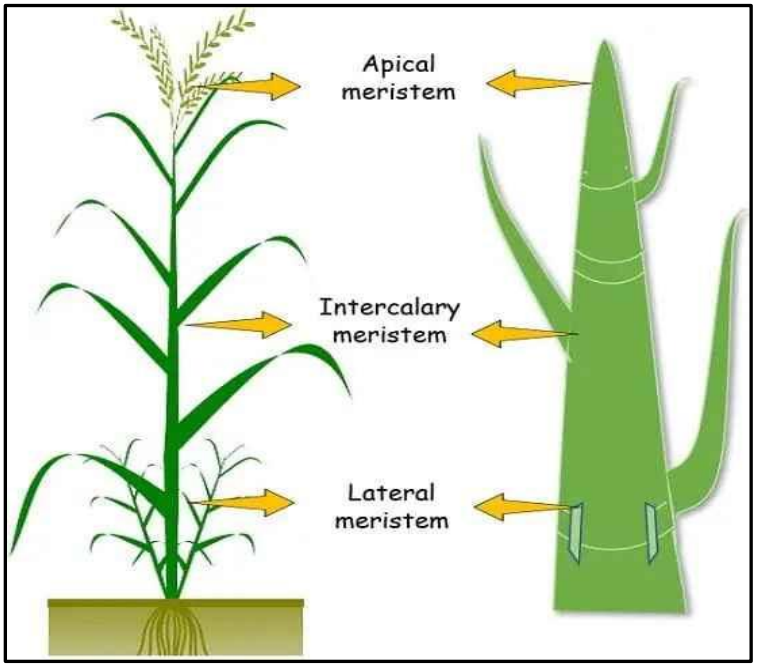
رابعاً: مرحلة النبات البالغ Adult Stage

تستمر النباتات بالنمو طيلة فترة حياتها، بفعل وجود مراكز نمو متخصصة تسمى المرستيم Meristem، وتقسم المرستيمات حسب مواقع تواجدها في جسم النبات كالآتي:

أ- **مرستيمات قمية Apical Meristems:** توجد في قمم السيقان والجذور.

ب- **مرستيمات بينية Intercalary Meristems:** توجد في عقد الساق وقواعد الأوراق.

ج- **مرستيمات جانبية Lateral Meristems:** توجد بموازاة المحور الطولي لجسم النبات.



شكل6: الانسجة المرستيمية في جسم النبات

وتختلف مرحلة النمو الخضري حسب نوع النبات، وكالآتي:

- **النمو الابتدائي Primary Growth:** في جذور وسيقان وأوراق جميع النباتات.
- **تكوين الجذور الجانبية Lateral Roots**: في ذوات الفلقتين وعاريات البذور.
- **النمو الثانوي Secondary Growth**: في سيقان عاريات البذور وغالبية ذوات الفلقتين ونادراً مايحدث في ذوات الفلقة الواحدة.

ويمكن تقسيم مرحلة النبات البالغ الى طورين أساسيين، وكالآتي:

- **طور النمو الخضري Vegetative Phase:** وينتج عنه زيادة كمية ونوعية للجذور والسيقان والأوراق للنبات، وينتهي ببداية تكوين الأزهار.
- **طور التزهير Flowering Phase:** ويبدأ بتكوين الأزهار وحدوث عملية التكاثر الجنسي، وينتهي بشيخوخة النبات وموته.

وتختلف مدة كل طور من أطوار الدور البالغ من نبات لآخر وحسب دورة الحياة، وكالآتي:

- **النباتات الحولية Annual Plants**: نباتات تعيش لسنة واحدة فقط، يحدث الطور الخضري يتبعه طور التزهير وتكوين البذور وبعد ذلك يموت النبات، مثل النباتات العشبية كالذرة والقمح.
- **النباتات ثنائية الحول Biennial Plants**: نباتات تعيش لسنتين، يستمر الطور الخضري في السنة الأولى، وطور التزهير وإنتاج البذور في الثانية، وبعد ذلك يموت النبات، مثل الجزر والملفوف.
- **النباتات المعمرة Perennial Plants**: نباتات تعيش لعدة سنوات، فيحدث الطور الخضري في البداية، أما طور التزهير فيحدث كل سنة عند توفر الظروف المناسبة، مثل أغلب أشجار الفاكهة والغابات.

العوامل المؤثرة والمنظمة للنمو في النباتات Factors Regulating Plant Growth

هناك عدة عوامل تؤثر على عملية النمو في النباتات وتنظمها وكالآتي:

1- العوامل البيئية (الخارجية) وأهمها ما يأتي:

أ- **درجة الحرارة:** تؤثّر درجة الحرارة في نمو النباتات بشكل كبير، فدرجات الحرارة العالية جداً أو المنخفضة جداً ستؤدّي إلى نمو غير طبيعي.

ب- **الماء:** تحتاج النباتات إلى كميّات كافية من الماء لنموّها، وفي حالات جفاف الجذور بسبب قلّة الماء فإنها تموت.

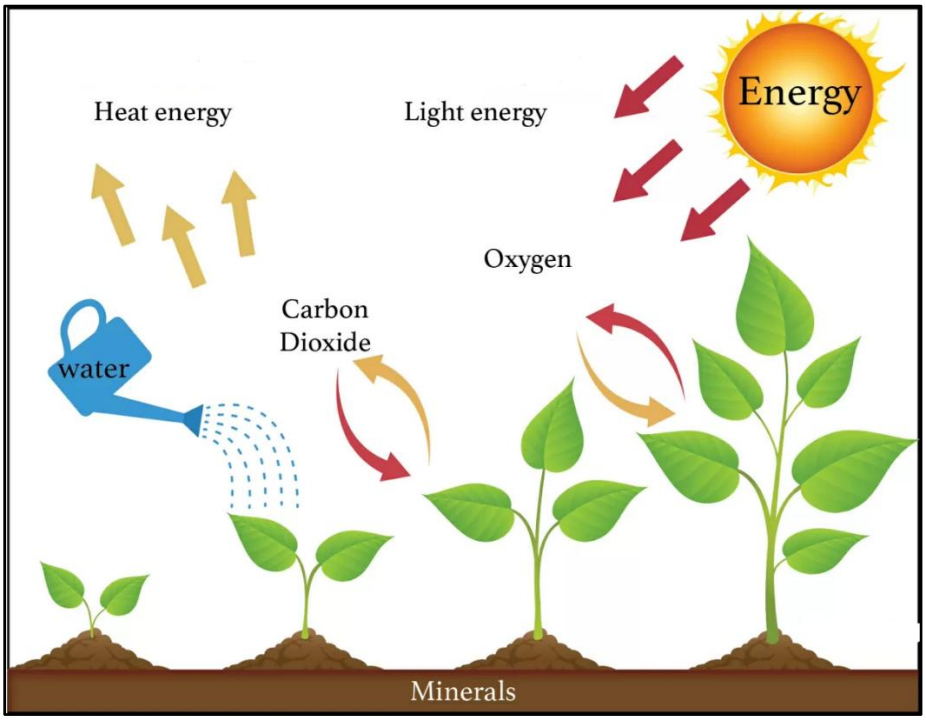
ج- **الضوء:** تحتاج النباتات لكميّات كبيرة من ضوء الشّمس، حيث يُعدّ عامل مباشر في النمو، إذ يُساهم في عملية التمثيل الضوئي، وبدون الضوء لن تستطيع معظم النباتات النمو أو التكاثر.

د- **غاز الأكسجين:** يساعد الأكسجين أجزاء جسم النبات على القيام بوظائفها من امتصاص الماء والمغذيات، وتُعدّ ظروف قلّة توفر الأكسجين مميتة أو مؤثرة للنبات.

ه- **غاز ثاني أكسيد الكربون:** يحتاج النبات لثاني أكسيد الكربون لإنتاج السكريات خلال عملية البناء الضوئي، ولكنه موجود بشكل كافٍ في الغلاف الجوي.

و- **الأملاح المعدنية:** تُعدّ ضروريةً للنبات، وتؤثر الأملاح المعدنية من خلال تحفيز عملية البناء الضوئي، ومن الأملاح المعدنية المهمة في النمو النباتي، الكالسيوم والحديد والنحاس.

ز- **وجود الملوثات**: ولها تأثير سلبي على عملية النمو في النبات.



شكل7: العوامل الخارجية المؤثرة على نمو النباتات

2- العوامل الحيوية (الداخلية) وأهمها:

أ- **العوامل الوراثية:** وتشمل السيطرة الجينية على النمو وإظهار بعض الصفات.

ب- **العمليات الحيوية:** كالبناء الضوئي والتنفس والتمثيل الغذائي، والتي توفر الطاقة ATP في جسم النبات.

ج- **الهرمونات النباتية**: يلعب نوع وتركيز الهرمونات دوراً مكملاً في السيطرة على النمو.

د- **منظمات النمو غير الهرمونية:** مثل المركبات اللاعضوية كالكالسيوم والبوتاسيوم، ومنظمات النمو الاصطناعية كالإثلين والسكروز.