آلية تكشف المجموع الخضري والجذري والازهار:

المجموع الخضري:

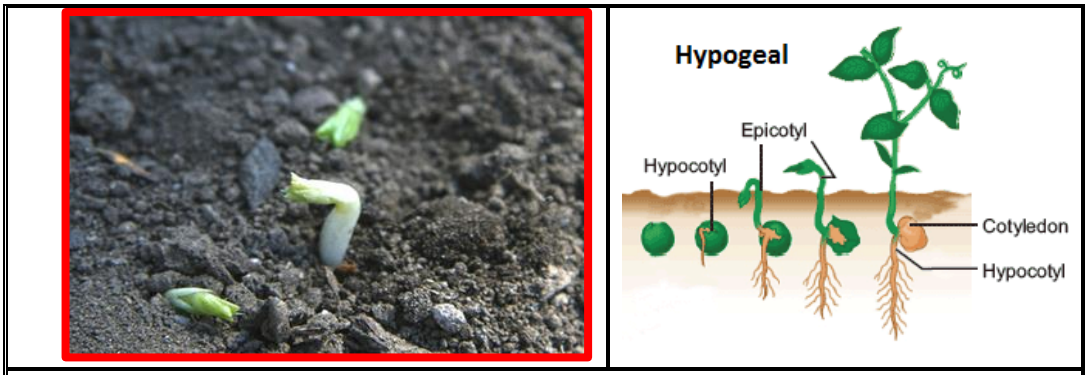
يلاحظ وجود تشابه (الى حد ما) بين المنطقتين الإنشائيتين (المرستيمية) في كل من طرفي الجذر والساق، لكن نمط النمو في المنطقة الإنشائية للساق أكثر تعقيداً والسبب إن نمو قمة الساق لا يشمل الزيادة في محور الساق فقط، وانما يشمل ايضا تكوين الاوراق والاعضاء الجانبية الاخرى. يسمى المنشئ الأولي في قمة الساق بالنسيج الإنشائي الأصلي وهو منطقة لا يتجاوز طولها بضع مليمترات، يتحول قسم منها تدريجيا الى نسيج إنشائي أولي (Procambium) يعطي النسيج الوعائي الابتدائي. يوجد في قمة المنشئ الأصلي للساق خلية واحدة أو أكثر من الخلايا الأصلية تنشأ منها جميع الخلايا الجديدة التي تتكون في قمة الساق وكذلك الانقسامات التي تحدث في اتجاهات طولية وعرضية مما يتسبب عنه إعطاء الشكل الأسطواني للساق خلال النمو. يلاحظ زيادة في حجم الخلايا أثناء مرحلة الانقسام فتظهر خلايا متباينة في الشكل والحجم، لذا فإن تكوين خلايا جديدة فضلاً عن استطالتها سوف تسبب زيادة في طول الساق، وعليه يمكن الاستنتاج بأن النمو الابتدائي (عموماً في النباتات) يعد نوعاً من أنواع النمو وينتج عنه استطالة للساق والجذر فضلاً عن نمو الأوراق وتمايز الأصول الزهرية.

يبدأ استهلال المجموع الخضري بعد خروج الجذير، ويوجد نوعان من استطالة المجموع الخضري، إذ يلاحظ في النوع الأول أن السويقة الجنينية السفلى (Hypocotyl) تستطيل أولاً وتدفع معها الفلقات والورقة الأولى الى خارج سطح التربة، ويعرف هذا النوع من الإنبات بالإنبات الهوائي (Epigeal Germination)، إذ تقوم السويقة الجنينية السفلى بإخراج الفلقات فوق سطح التربة لتدفع بالساق الجنينية للنمو لأعلى مثل نبات الفاصوليا (انبات هوائي) كما في الشكل 1.

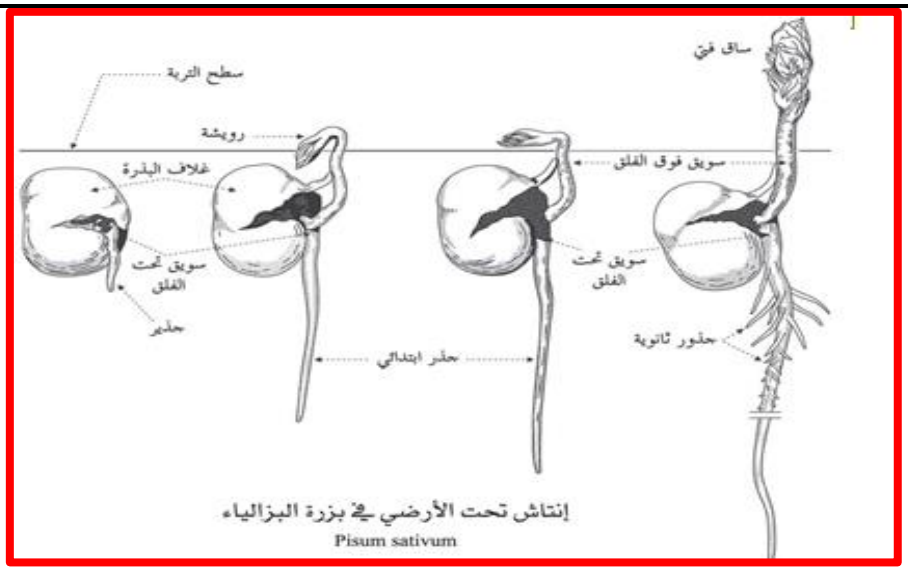
ا.د. ثامر عبد الله زهوان
ا.م.د. طه شهاب احمد

شكل 1. يبين عملية الانبات الهوائي Epigeal Germination

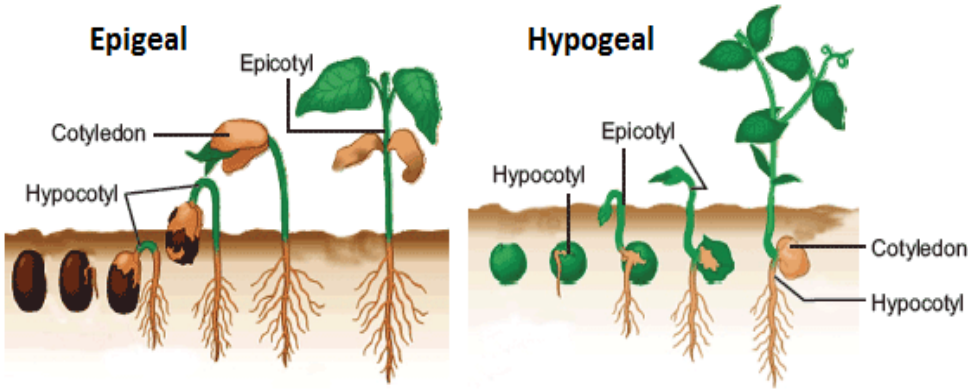
ويلاحظ في النوع الثاني أن السويقة الجنينية السفلى تبقى قصيرة ومضغوطة والفلقات تحت الأرض. وتنمو السويقة الجنينة العليا (Epicotyl) وتستطيل حاملة معها الأوراق الأولية فوق سطح التربة، وهذا النمط من النمو يعرف بالإنبات الأرضي (Hypogeal Germination)، مثل نبات البازلاء (البزاليا)، كما يوضحها الشكل 2. أما الشكل 3. يبين المقارنة بين الانبات الأرضي والهوائي.

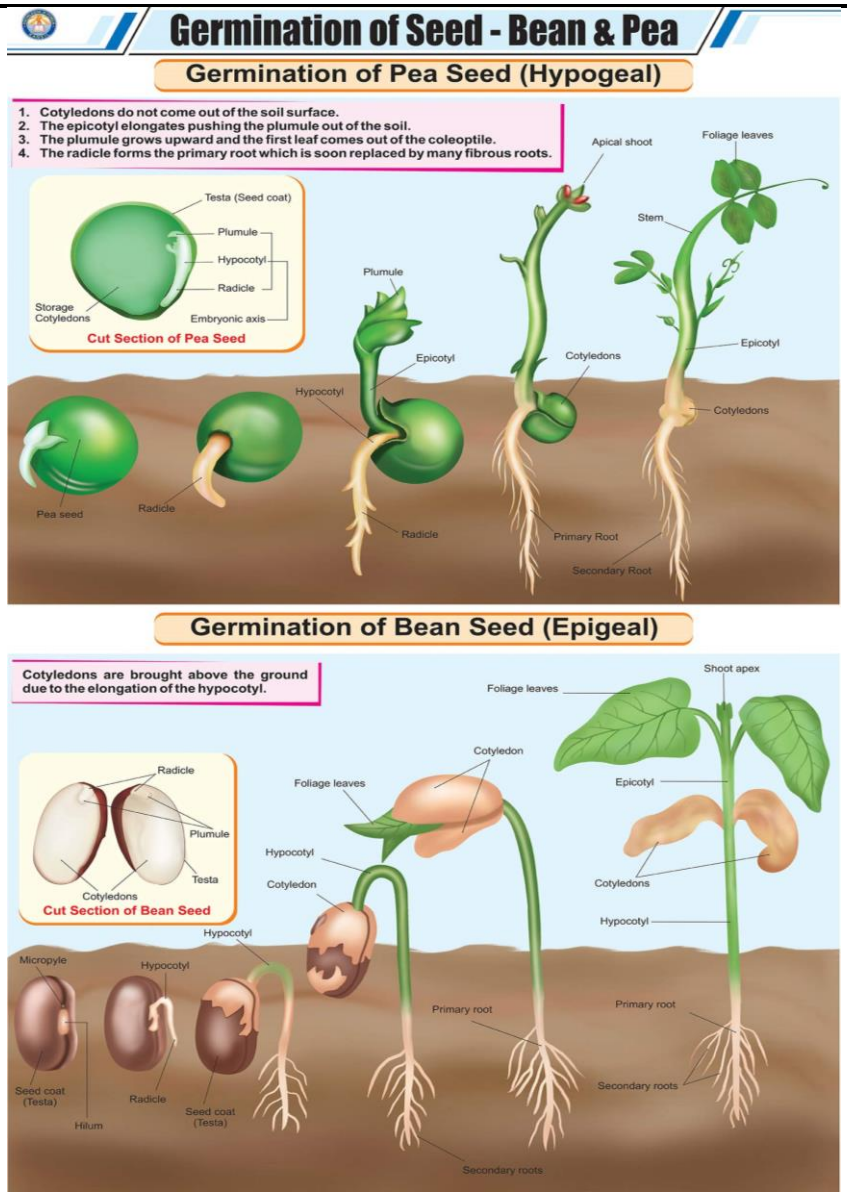


شكل 2. يبين عملية الانبات الأرضي Hypogeal Germination



ا.د. ثامر عبد الله زهوان
ا.م.د. طه شهاب احمد



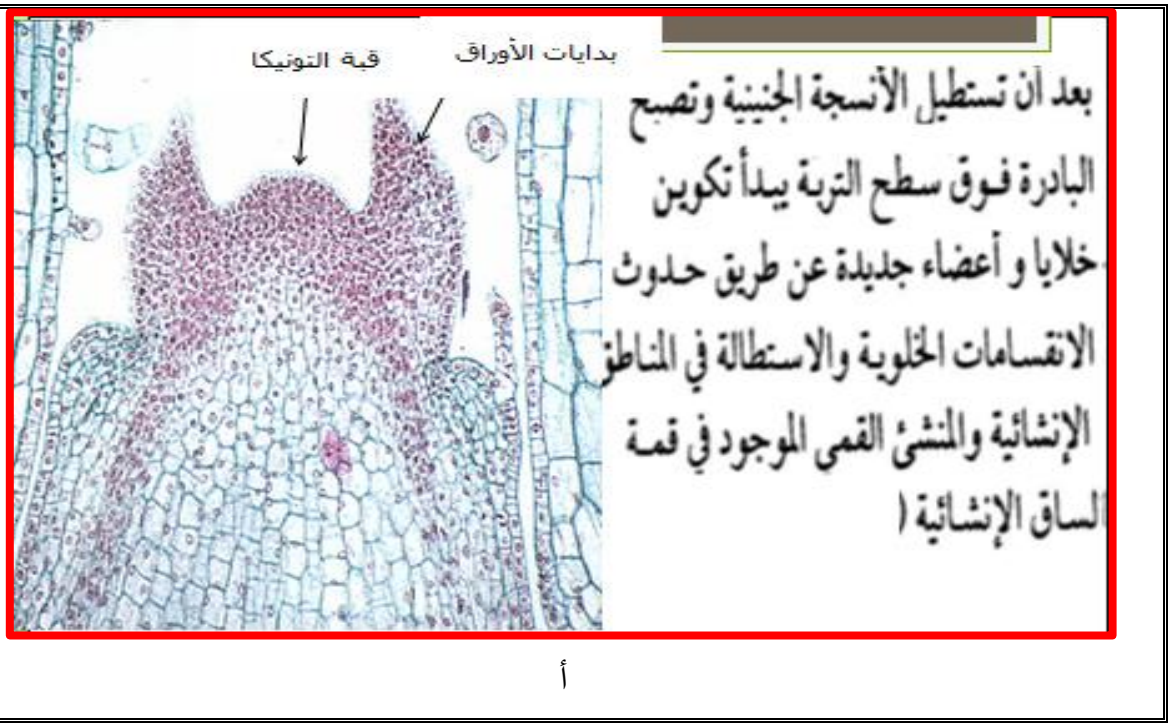


شكل 3. يبين المقارنة بين الانبات الهوائي والانبات الارضي

ا.د. ثامر عبد الله زهوان
ا.م.د. طه شهاب احمد

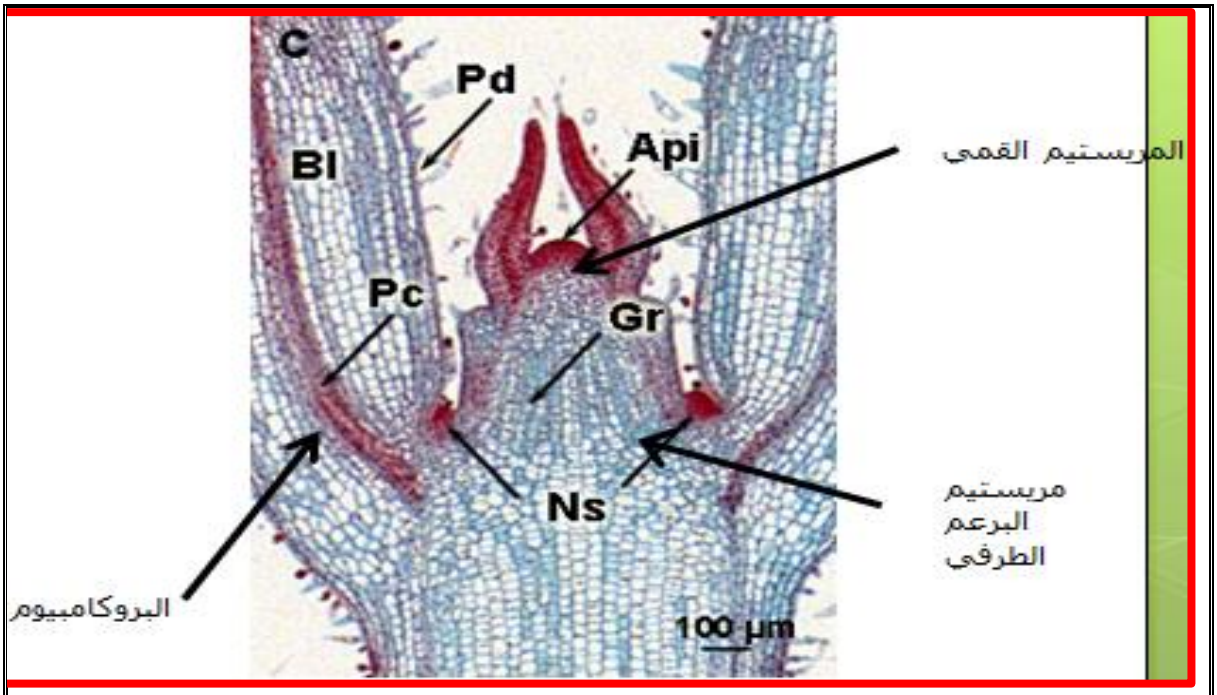
يتكون المُنشئ القمي من طبقة خارجية (Outer Tunica) تغطي طبقة الجسم (Corpus) الوسطية كما موضوح في الشكل 4 (أ، ب، ج)، وهذه الطبقة ربما تتكون من صف واحد أو صفوف عدة من الخلايا التي تمتاز بانقساماتها المتعامدة على سطح المنشئ، تعطي الطبقة الخارجية "الغطاء" (Tunica) زيادة في الطبقات الخارجية لجسم النبات أو البشرة الخارجية (Epidermis) والطبقة الأخرى التي يتكون منها المنشئ القمي هي طبقة الجسم (Corpus) التي تنقسم عشوائياً في الاتجاه المتعامد على سطح المنشئ والموازي له معطياً زيادة في الأنسجة الداخلية للساق والاوراق. تستمر استطالة الخلايا، ويتحكم في معدل استطالة المجموع الخضري عوامل عدة منها التغذية المعدنية ومنظمات النمو النباتية والضوء والحرارة.

تتشكل بدايات الاوراق على شكل نتوءات على جانبي المنشئ القمي الخضري كما موضح في الشكل نفسه، وذلك نتيجة للزيادة في انقسام خلايا الطبقة الخارجية (Outer Tunica) وخلايا الجسم (Corpus). ويلاحظ أن بدايات الاوراق تحدث بدقة وبترتيب منتظم على الساق (Phyllotaxy) سواء كان النظام المتقابل، المتبادل، الدائري (السواري)، الحلزوني او الوردي.



أ

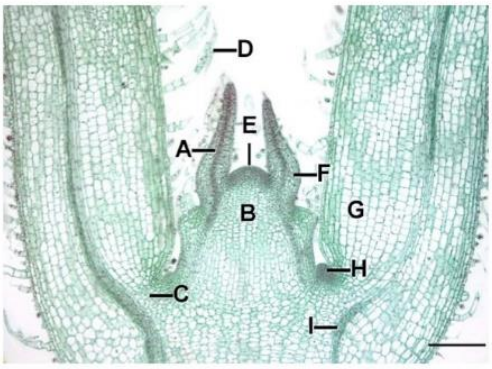
ا.د. ثامر عبد الله زهوان
ا.م.د. طه شهاب احمد



ب

Apical meristem labeled image

- E: apical meristem
- A & F: early developing leaves
- H: developing axillary bud
- D: trichomes on leaf epidermis



Shoot apex with meristem and developing leaves.

By Jon Houseman and Matthew Ford, CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=35809276

ج

شكل 4. المُنشئ القمي للساق

آلية تكشف المجموع الجذري:

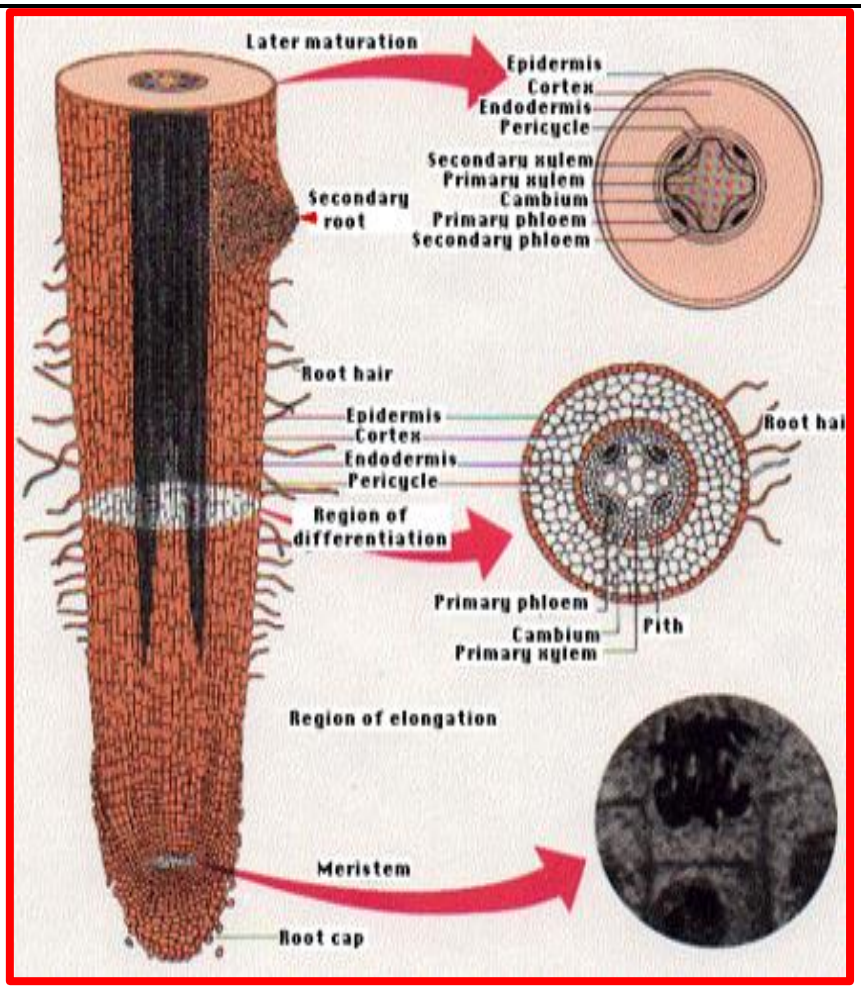
يعد المنشئ القمي في الجذر أقل تعقيداً من المنشئ القمي للمجموع الخضري لأنه غير مسؤول عن إنتاج الجذور العرضية، التي تتكون في مناطق بعيدة عن قمة الجذر.

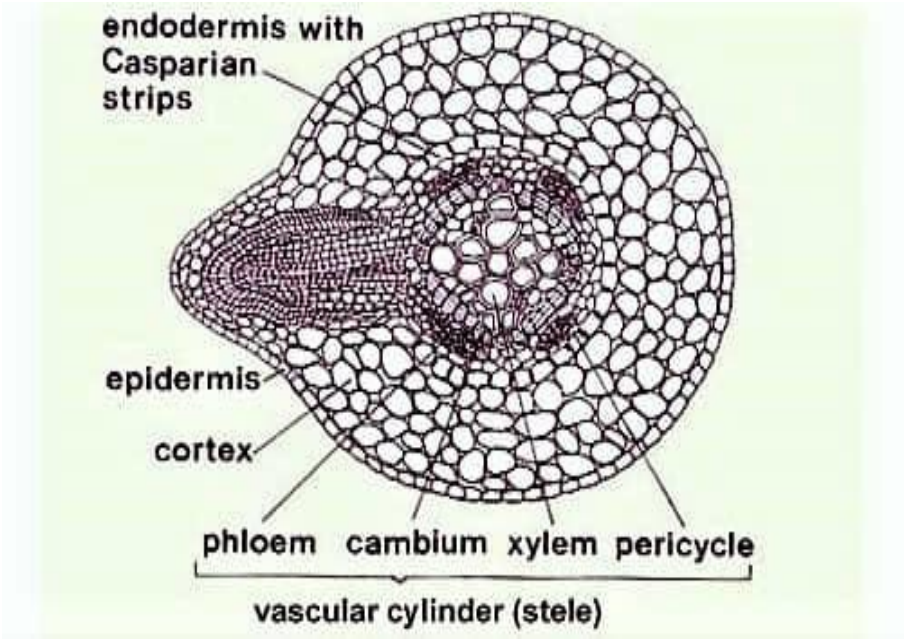
المنطقة النامية للجذر تتميز بنشاط إنشائي قوي وتعلو منطقة القلنسوة مباشرة، يطلق على عليها بمنطقة الزيادة في النمو أو المنطقة الإنشائية، وتتميز خلاياها بأنها:

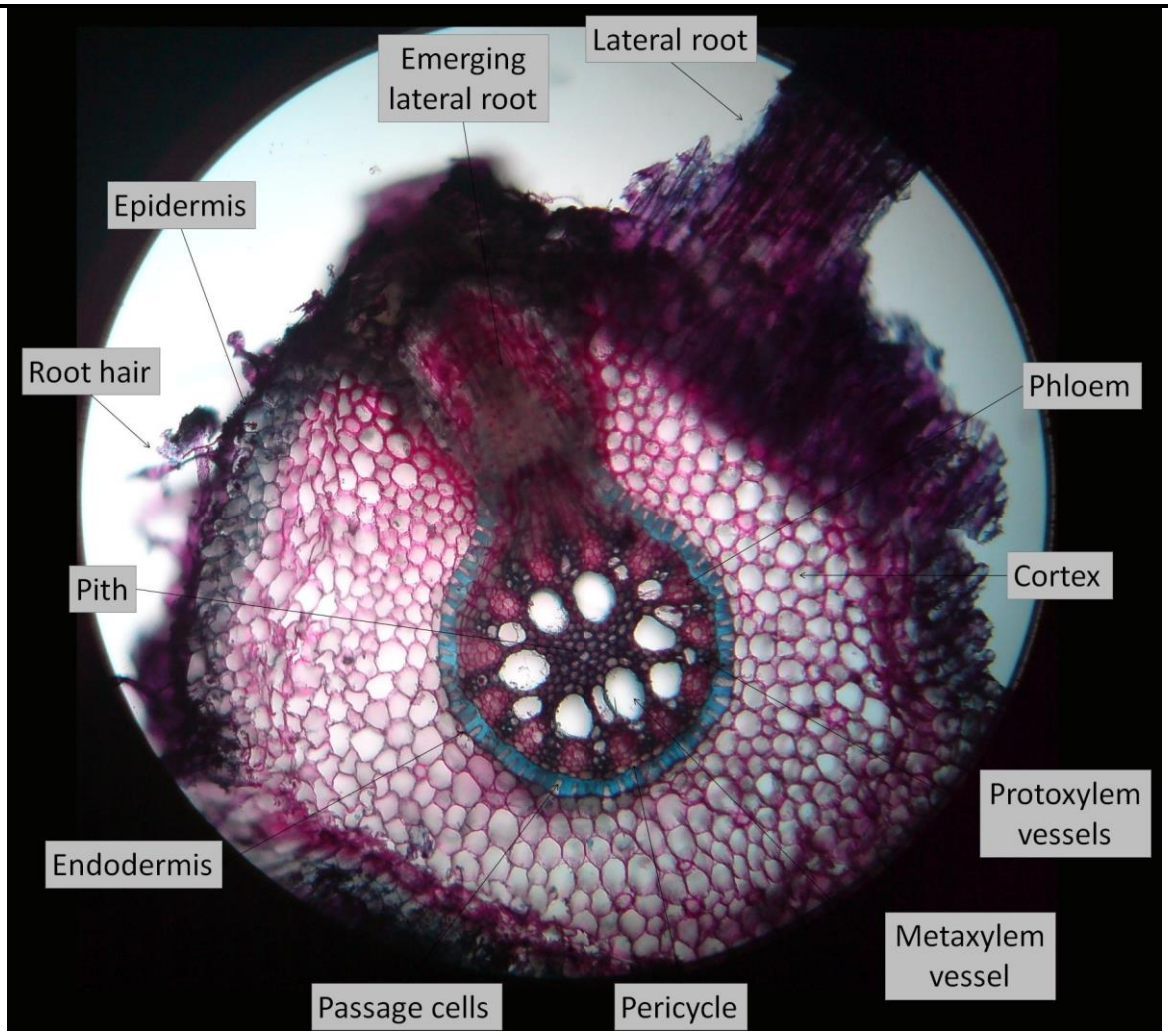
- صغيرة الحجم.
- متساوية الأبعاد.
- رقيقة الجدران.
- ليست بينها مسافات.
- تحتوي على نوى كبيرة.
- فجوات عصارية نادرة.

تنقسم خلايا هذه المنطقة باستمرار معطية كل الخلايا الحية المكونة للقمة النامية في الجذر. والخلايا الناتجة من الانقسامات المستمرة تتميز إلى خلايا متخصصة وتشكل نسيج له وظيفة معينة، والجزء الأخر من الخلايا تكون خلايا القلنسوة. تعمل قلنسوة الجذر على حماية النسيج الإنشائي للجذر فضلاً عن كونها مواقع إدراك للجاذبية، وتفرز خلايا القلنسوة سكريات متعددة لزجة ومواد مخاطية، تساعد قمة الجذر على الانزلاق الى داخل التربة أثناء تحركها إلى الأسفل بسهولة. يلي المنطقة الإنشائية إلى الأعلى منطقة الاستطالة. وفي هذه المنطقة تستمر استطالة الخلايا حتى مع توقف عملية الانقسام، تعد قمة الجذر منطقة مناسبة لدراسة الانقسامات الخلوية، وهذا يعود إلى أن نويات خلايا هذه المنطقة في حالة انقسامات مستمرة، ويمكن مشاهدة مراحل هذه الانقسامات تحت المجهر الضوئي بكل سهولة.

يقع منشئ الجذور الجانبية في منطقة الدائرة المحيطية (Pericycle) وهي خلايا إنشائية بشكل حلقة (Ring) تنتشر في البشرة الداخلية (القشرة الداخلية) Endodermis للجذر الابتدائي. تخترق هذه الجذور الجانبية طبقة القشرة (Cortex) إما بواسطة قوى ميكانيكية أو بإفرازات إنزيمات تحلل جدران خلايا القشرة التي تقع في طريقها، والشكل 5. يبين منشئ الجذور بشكل عام.


Later maturation
Epidermis
Cortex
Endodermis
Pericycle
Secondary xylem
Primary xylem
Cambium
Primary phloem
Secondary phloem
Secondary root
Root hair
Epidermis
Cortex
Endodermis
Pericycle
Root hai
Region of differentiation
Primary phloem
Cambium
Primary xylem
Pith
Region of elongation
Meristem
Root cap


endodermis with Casparian strips
epidermis
cortex
phloem
cambium
xylem
pericycle
vascular cylinder (stele)



شكل 5. يبين المنشئ القمي للجذر الرئيسي والجذور العرضية والشعيرات الجذرية

آلية تكشف الأزهار:

مما لا شك فيه، أن واحداً من الأمور الملفتة للانتباه في النبات وتكشفه هي تحول المنشئ القمي الخضري من إنتاج مجموع خضري إلى إنتاج تراكيب زهرية. يمكن تقسيم عملية الإزهار إلى ثلاث مراحل هي:

- الإستحثاث Induction.
- نمو بدايات الأزهار Floral evocation.
- التكشف Development.

الإستحثاث Induction:

هي مرحلة إحداث إشارة إلى النبات ليغير برنامج تكشفه. وهذا يعني أن المنشئ القمي الخضري يعيد ترتيب نفسه ليعطي بدايات أزهار بدلاً من بدائيات مجموع خضري. وكرد فعل لهذه الإشارة فإن الورقة تحدث بها تغيرات في العمليات الأيضية تعطي في النهاية محفز الإزهار. وقد يكون المحفز كيميائية ينتقل الى قمة المجموع الخضري حيث يستهل بداية الإزهار، إن حدوث زيادة في معدل التنفس وتغيرات في معدلات بناء البروتين والـ RNA في المنشئ تشترك في عملية استحثاث الإزهار.

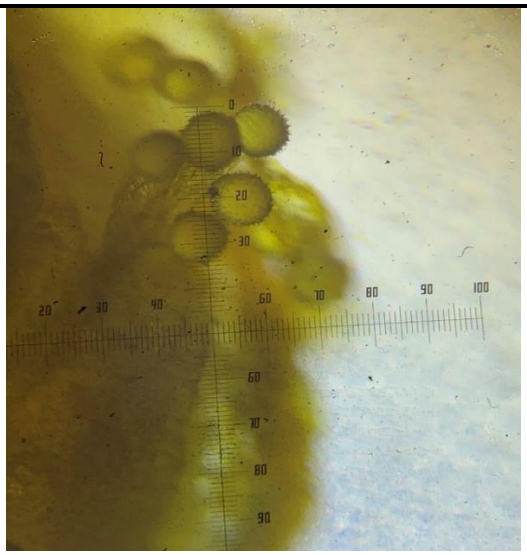
بدايات الأزهار Floral evocation:

عبارة عن مجموعة أحداث تتم في القمة الخضرية بعد وصول محفز الإزهار اليها من أماكن تخليقه بهدف تكوين بدايات الأزهار بدلاً من تكوين بدايات الأوراق.

تكشف الأزهار Floral development:

إن الزهرة (في الأصل) عبارة ساق تحتوي على سلاميات قصيرة، وتعد من الناحية الوراثية ثنائية المجموعة الصبغية (الكروموسومية) 2n، ويحدث الانقسام الاختزالي في موقعين ضمن الزهرة نفسها، إذ تنقسم خلية الأم البوغية الكبيرة Megaspore في البويضة انقسامات اختزالية لتعطي 8 أنوية أحادية المجموعة الصبغية، وهي 3 أنوية قطبية وخمس أنوية أخرى غير قطبية، تمثل هذه الأنوية الثمانية الجيل المؤنث البوغي. وفي المتك وما يسمى بالمئبر (عضو التذكير في النباتات الزهرية او الجزء الذي يحتوي على حبوب اللقاح)، تنقسم الخلية البوغية الصغيرة Microspore انقسامات اختزالية لتعطي حبوب لقاح، وتحتوي كل حبة لقاح على نواتين احداها نواة توالديه والثانية نواة انبوبية، النواة الانبوبية تساعد في نمو الانبوبة اللقاحية التي تمتد عبر القلم وصولاً الى المبيض حاملةً النواتين (الانبوبية والتوالدية)، التوالدية تعطي النواتين الذكريتين بعد انقسامها، الشكل 6 يبين الميسم وحبوب اللقاح.

الميسم



حبوب اللقاح

شكل 6. المياسم وحبوب اللقاح

عند سقوط حبوب اللقاح على سطح مناسب، مثل انتقالها من المتك الى الميسم (أحد أجزاء عضو التأنيث في النبات)، ستنمو معطية أنبوبة لقاح تحتوي بداخلها نواتين ذكريتين تمثل الجيل المشيجي الذكري. تستمر استطالة أنبوب اللقاح إلى الأسفل عبر القلم إلى أن يصل إلى البويضة مروراً بفتحة النقير، مازالت آلية ضبط نمو أنبوب اللقاح وتوجيهه غير واضحة حتى وقتنا الحاضر. من الافتراضات التي ساهمت في تفسير آلية ضبط وتوجيه نمو أنبوب اللقاح فرضية الانتحاء الكيميائي Chemotropism التي تشير إلى أن التدرج في منحدر (ممال) تركيز عنصر الكالسيوم، ربما يلعب دوراً مهماً في هذه العملية. تفقد النواة الانبوبية حيويتها وتزول، بعد أن تنتقل النواتين الذكريتين خلال فتحة النقير، تتحد احداها مع خلية البيضة لتكون البيضة المخصبة (Zygote) ثنائية المجموع الصبغية 2n، وتتحد النواة الأخرى مع النواتين القطبيتين لتكون الاندوسبيرم او ما يعرف بسويداء البذرة وهو ثلاثي المجموعة الصبغية 3n، لذلك يسمى بالإخصاب المزدوج. كي تتحول البويضة الى بذرة لا بد أن يتحول جدار البويضة الى غلاف البذرة ثم تتحول البيضة المخصبة الى جنين وبعدها يخزن نسيج الاندوسبيرم المواد الغذائية للجنين. والشكل 7. يوضح اتحاد النواتين الذكريتين. ويبين الشكل 8. عملية التلقيح والاخصاب.

نويتين من الخلايا الذكرية تتحد الأولى مع نواة البيضة لتكون الخلية اللاقحة (ثنائية الصبغيات) (Diploid Zygote)،

$$1n + 1n \longrightarrow 2n$$

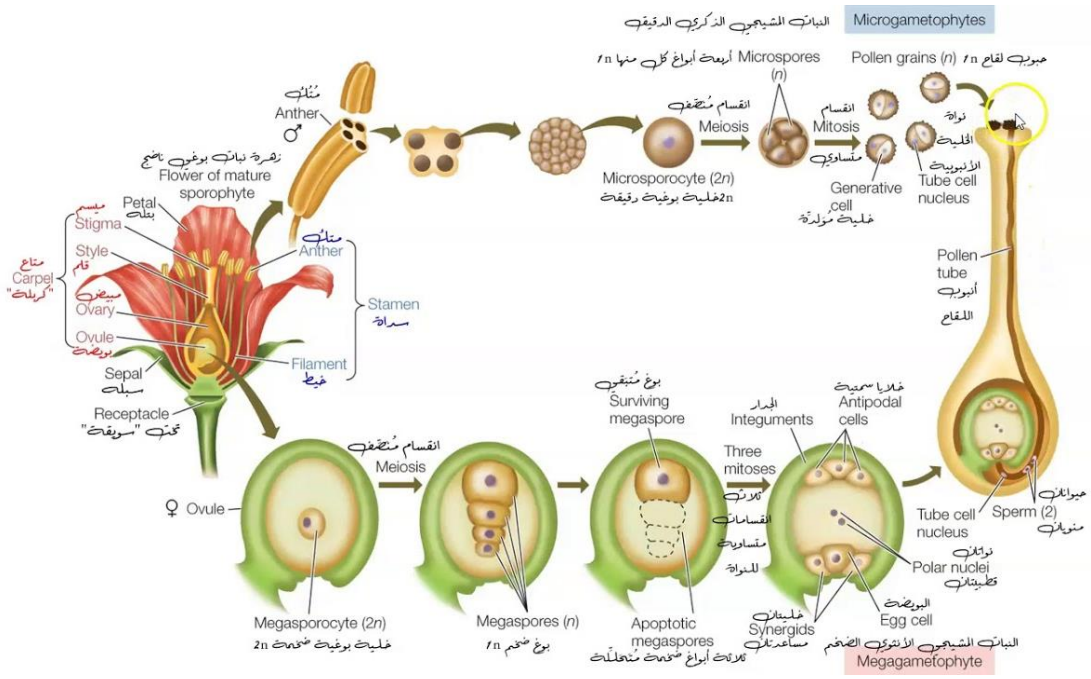
مذكر + مؤنث لاقحة

والأخرى تتحد مع النواتين الثانويتين

$$2n + 1n \longrightarrow 3n$$

نواة الإندوسبيرم مذكر + مؤنث

شكل 7. يبين تكوين البيضة المخصبة والاندوسبيرم



شكل 8. عمليتي التلقيح والاخصاب في النبات

وهكذا نجد أن البيضة المخصبة تتكشف لتعطي الجنين، بينما الأنسجة الثلاثية الصبغات الناتجة من اتحاد الخلايا الذكرية والنويات الثانوية تتكشف لتكون السويداء (الإندوسبيرم). ومن المعروف أن الثمرة هي المحصلة النهائية لنمو العضو الزهري، وبشكل عام تعد الثمرة بويضة ناضجة، مع أنه في بعض النباتات ربما تدخل أنسجة أخرى في تكوينها.

يمكن تعريف الثمرة ببساطة، بأنها عبارة عن بذور داخل مبيض متضخم كما في ثمار الفاصوليا والفول. ويوجد العديد من الأمثلة على ذلك، فعلى سبيل المثال، ثمار الطماطم هي مبيض متضخم طري، ومما لا شك فيه، أن نمو الثمار يخضع الى انقسامات خلوية واستطالات خلوية مصحوبة بتغيرات أيضية واضحة. تعزى هذه التغيرات بشكل عام إلى تغيرات في محتوى منظمات النمو النباتية وبعض النواتج الأيضية.