كلية العلوم

القسم : علم الحياة

السنة : الثالثة

المادة : تنامي نباتي

المحاضرة : الثانية/نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر(What's app-Telegram)على الرقم 0931497960

الجمهورية العربية السورية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة طرطوس – كلية العلوم
قسم علم الحياة

المحاضرة الثانية -بيولوجيا تنامي نباتي

تطور الجنين النباتي - الميرستيم MERISTEM

تعد عملية تكوين الجنين النباتي (Embryogenesis) من أعقد وأدق العمليات الحيوية، حيث تبدأ من خلية واحدة ناتجة عن الإخصاب لتتحول إلى هيكل منظم يحتوي على كافة الأجزاء الأساسية للنبات المستقبلي.

تمر هذه العملية في النباتات مغلفات البذور (خاصة ثنائيات الفلقة) بعدة مراحل رئيسية:

1. تكوين الزيجوت والخلية الأولية (Zygote Formation)

بعد اندماج النطفة النباتية مع البويضة، تتكون اللاقحة (Zygote). أول انقسام لهذه الخلية يكون عرضياً وغير متساوٍ، لينتج عنه خليتان:

خلية طرفية (Apical cell): صغيرة الحجم، وهي التي ستشكل معظم أجزاء الجنين لاحقاً.

خلية قاعدية (Basal cell): كبيرة الحجم، تنقسم لتكون "المعلق" (Suspender) الذي يربط الجنين بـالأنسجة المغذية.

2. المرحلة قبل الجنينية (Proembryo Stage)

تستمر الخلية الطرفية في الانقسام لتكوين كتلة من الخلايا، بينما يعمل المعلق على دفع الجنين الناشئ إلى داخل نسيج الاندوسبيرم (النسيج المغذي) لامتصاص الغذاء اللازم لنموه.

3. المرحلة الكروية (Globular Stage)

في هذه المرحلة، تنقسم خلايا الجنين لتأخذ شكلاً كروياً متماثلاً. هنا يبدأ التمايز الأولي للأنسجة، حيث تظهر طبقة "بشرة الجنين" (Protoderm) التي ستتحول لاحقاً إلى البشرة الخارجية للنبات.

4. المرحلة القلبية (Heart Stage)

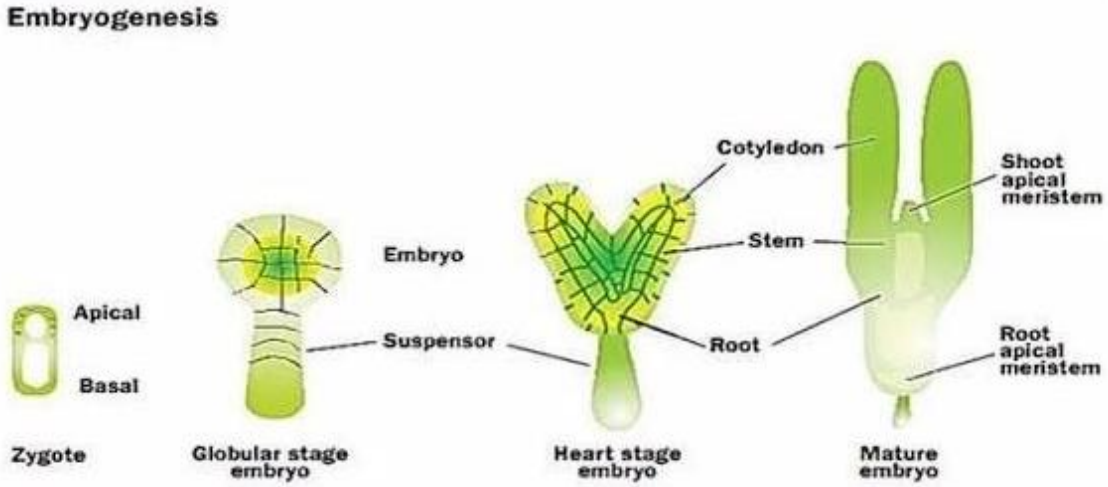
تعتبر هذه المرحلة علامة فارقة في نباتات ذوات الفلقتين، حيث ينقسم الجنين من الأعلى بشكل ثنائي الجانب ليظهر نتوآن يشبهان شكل القلب. هذان النتوآن هما بداية تكون الفلقتين (Cotyledons).

5. المرحلة الطوربيدية (Torpedo Stage)

يستمر نمو الفلقات واستطالتها، ويأخذ الجنين شكلاً مستطيلاً يشبه "الطوربيد". في هذه المرحلة، تتمايز الأنسجة الوعائية الأولية، ويتضح المحور الجنيني الذي يشتمل على:

البريعم (Plumule): التي ستعطي الساق والأوراق.

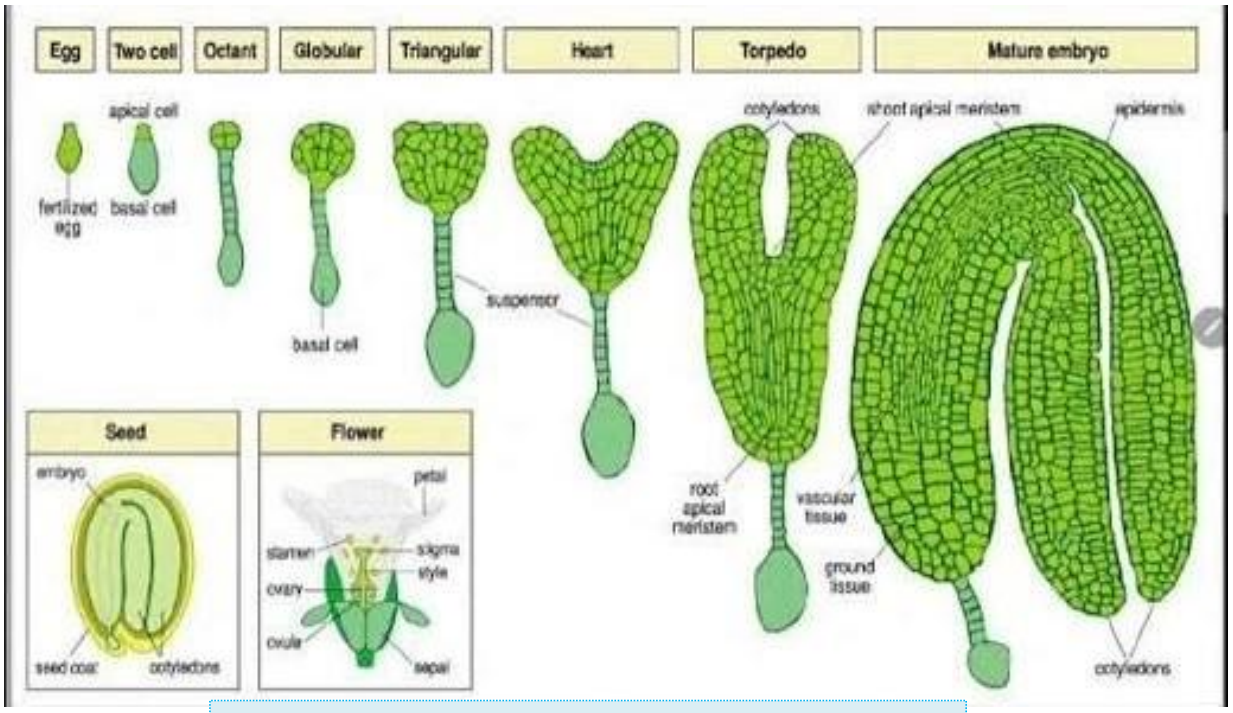
الجذير (Radicle): الذي سيعطي المجموع الجذري.



الشكل1: الجنين النباتي عند مغلفات البذور.

6. مرحلة النضج والسكون (Maturation & Dormancy)

في المرحلة الأخيرة، يتوقف الجنين عن النمو النشط، وتفقد البذرة معظم محتواها المائي (تصل نسبة الرطوبة إلى حوالي 10-15%)، مما يدخل الجنين في حالة سكون تحميه من الظروف البيئية القاسية حتى يحين وقت الإنبات.



الشكل2: مراحل تشكل الجنين النباتي عند مغلفات البذور من الإلقاح حتى النضج.

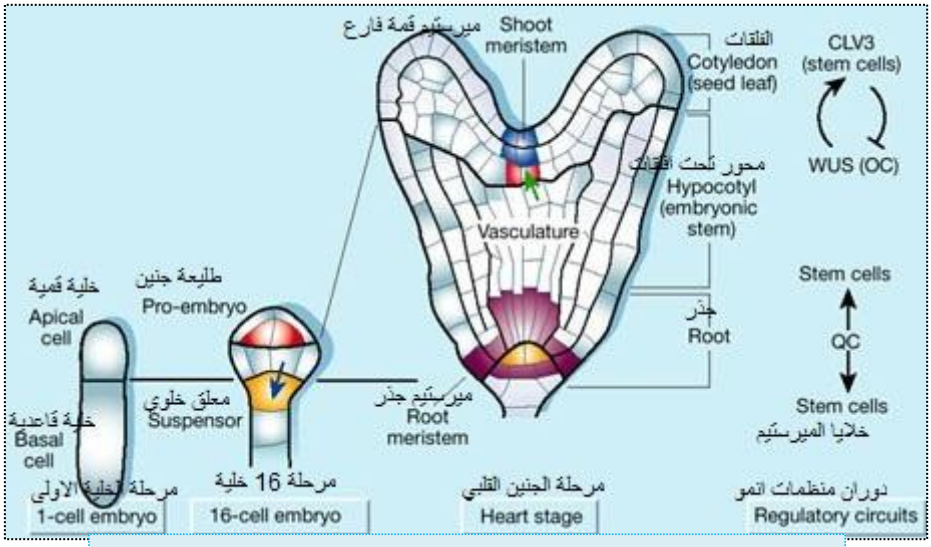
منشأ وتوضع الميرستيم:

الميرستيم هو مجموعة صغيرة جداً من الخلايا تتصف بأنها ذات نشاط تقسمي شديد وهي مركز منشأ للخلايا والنسج وفيما بعد مكونة للأعضاء النباتية، وتمتلك القدرة على الانقسام بشكل لا محدود عندما تتوفر لها جميع العوامل الداخلية والخارجية الملائمة.

نميز بين نوعين أساسين من الميرستيم النباتي من حيث المنشأ:

أولاً: ميرستيم ابتدائي primary meristem :

يظهر الميرستيم الابتدائي في مرحلة مبكرة جداً من نمو جنين النبات تتراوح بين عدة ساعات إلى عدة أيام ويمكن تمييزه بوضوح في المراحل الأولى من الإنتاش، حيث تترتب خلايا ميرستيمية في الجنين داخل البذرة بعد تشكله وتتواجد في قمة الفارع النامي وقمة الجذر، وهذه الخلايا تتواجد على شكل تجمعات صغيرة في الجنين النباتي القلبي الشكل ولا تلبث أن تبدأ بالنشاط التقسمي بإشراف منظمات النمو والمغذيات لتعطي البادرة النباتية التي نميز فيها من أنماط الميرستيم الابتدائي ما يلي:

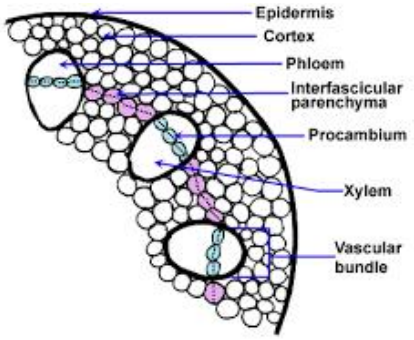


الشكل3: الخلايا الميرستيمية في الجنين النباتي قلبي الشكل عند مغلفات البذور.

- الميرستيم القمي: يتوضع قمة الفارع حديث النمو في البادرة النباتية (النبات بعمر أيام) ويسمى بالميرستيم القمي الساقي أو يتوضع في نهايات الجذور ويسمى الميرستيم القمي الجذري.
- يُمكن الميرستيم القمي النمو الطولي للأعضاء وتكوين نسجها المختلفة كما يشكل الأعضاء المتخصصة كالأوراق والبراعم والأزهار ولذلك يدعى ميرستيم الساق بالميرستيم المولد للنسج والأعضاء بينما يدعى ميرستيم الجذر بالميرستيم المواد للنسج فقط.
- طليعة الكامبيوم: وتنشأ عن الميرستيم القمي الساقي أو الجذري وتشكل النسج الناقلة الابتدائية وكذلك الكامبيوم عند الحاجة له. وتدعى النسج الناتجة عن الميرستيم الابتدائي بالنسج الابتدائية ونذكر منها الواصل الذي سيكون فيما بعد الأوعية الناقلة.

ثانياً- ميرستيم ثانوي Secondary Meristem:

ينشأ هذا النمط من الميرستيم في مراحل متقدمة من نمو النبات إما من الميرستيم الابتدائي مباشرة أو من عودة للخلايا البارانشيمية بين الحزم عن تمايزها (الشكل 4) ويكون تموضعه جانبيا في الساق أو الجذر ويظهر غالباً على شكل حلقة مضاعفة في المقاطع العرضية لهذه الأعضاء مكونة من الحلقة الداخلية أو الكامبيوم الوعائي الذي يشكل نسج الخشب واللحاء، والحلقة الخارجية أو الفلينية والذي يعطي الفلين والبارانشيم القشري الثانوي.

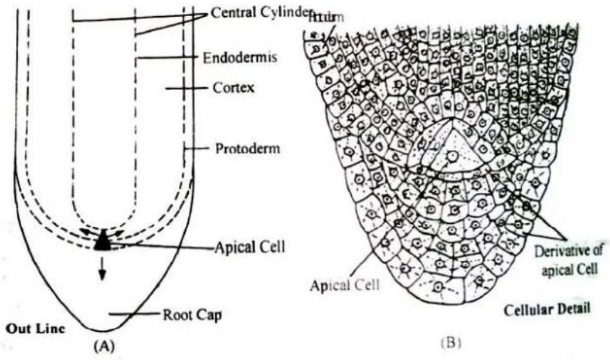


الشكل 4: رسم تخطيطي يوضح موقع طليعة الكامبيوم بين حزم اللحاء والخشب

ويدعى الميرستيم الثانوي بالميرستيم المولد للنسج ويفسر ذلك بأنه ينتج عن نشاطه نسج ثانوية واقية أو ناقلة، ويوجد هذا النمط من الميرستيم عند عاريات البذور ونذكر منها الصنوبر وثنائيات الفلقة فقط من مغلفات البذور، وفي بعض الحالات النادرة عند أحاديات الفلقة والتريديات (السراخس مثلاً) الحالية، وقد يظهر عند بعض أحاديات الفلقة ميرستيم التوسع الثانوي بدلا من الميرستيم الثانوي.

بنية الميرستيم ووظائفه:

الميرستيم الابتدائي الجذري: تبدو خلايا الميرستيم في قمة الجذر النباتي متوضعة في صفوف طولية وتكون الخلايا الأصلية في قمم الجذور مختلفة التوضع والعدد تبع للمجموعات النباتية، وقد افترض العلماء سابقاً أن الميرستيم في قمة الجذر ينشأ في **التريديات من خلية أصلية وحيدة** ضخمة الحجم هرمية الشكل، وتنقسم وفقاً لوجوهها الأربعة وتعطي النسج الابتدائية كلها لكل من القلنسوة والجذر.

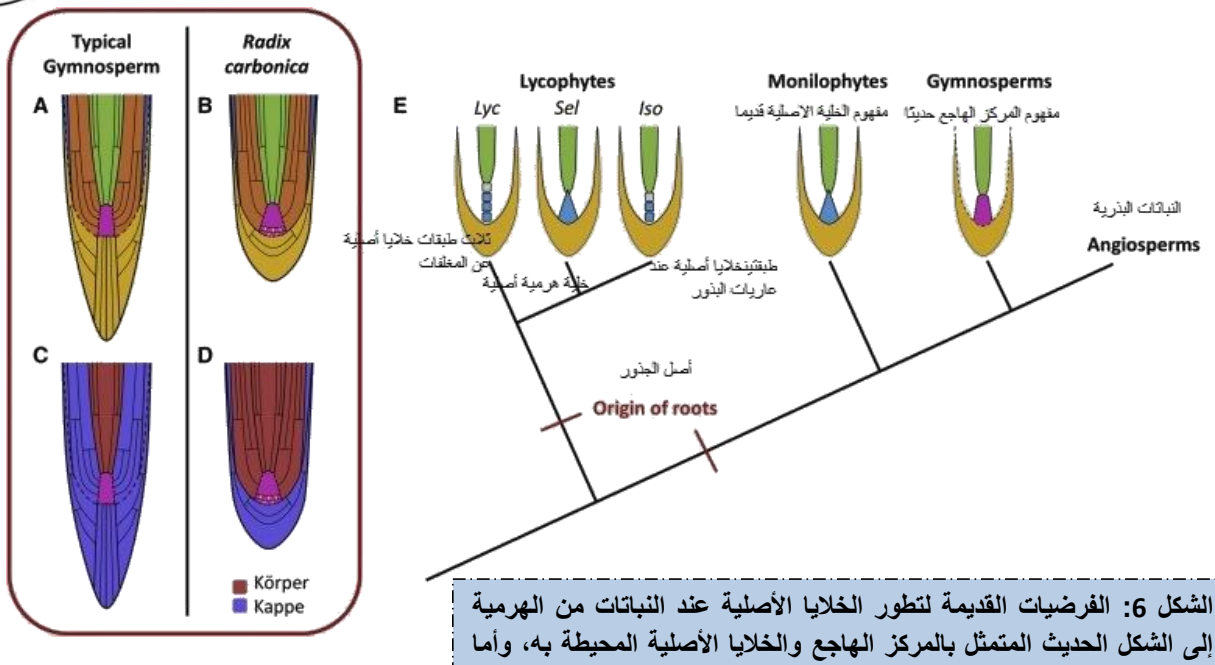


الشكل 5: الخلية الأصل في قمة جذر التريديات.

بينما تكون **عند عاريات البذور مكونة من طبقتين من الخلايا الأصلية** تشكل العلوية منها الاسطوانة المركزية والسفلى تشكل القلنسوة وطبقة الأوبار الماصة والقشرة.

توجد عند مغلفات البذور ثلاث طبقات من الخلايا الأصلية المولدة للنسج تعطي الطبقة السفلية القلنسوة والوسطى تعطي الأوبار الماصة والقشرة، بينما تعطي الطبقة العلوية الاسطوانة المركزية.

نلاحظ وجود فرق بين أحاديات الفلقة وثنائيات الفلقة من مغلفات البذور في هذه المرحلة، حيث أن الطبقة السفلية من الخلايا الأصلية للجذر عند ثنائيات الفلقة تعطي القلنسوة وطبقة الأوبار الماصة. (الشكل 4).

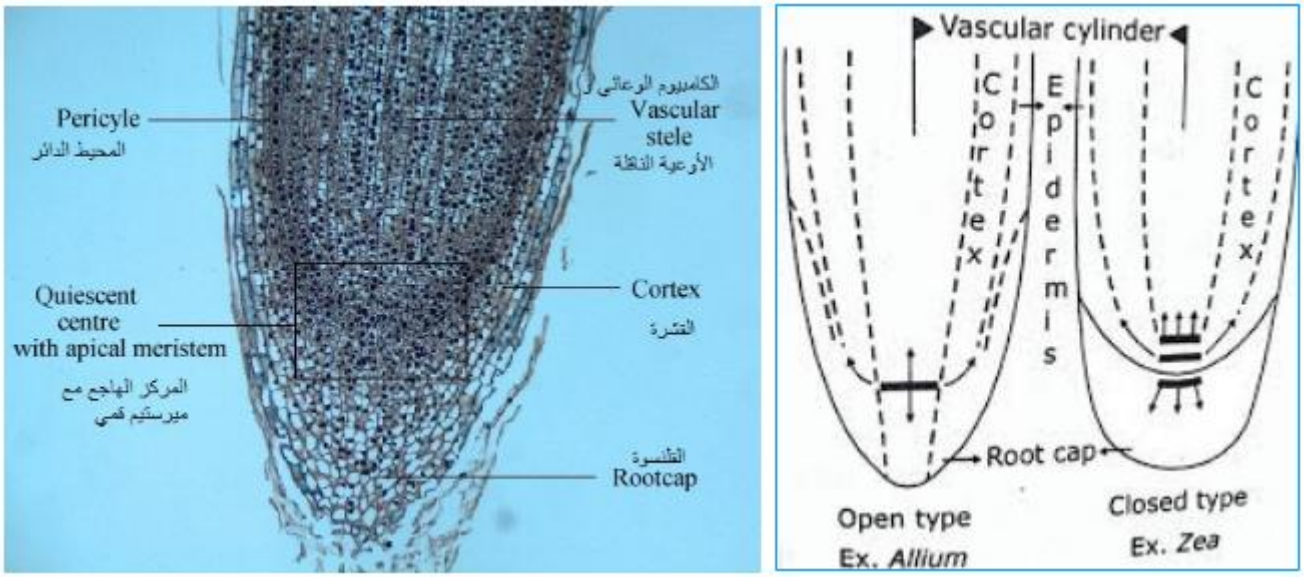


الشكل 6: الفرضيات القديمة لتطور الخلايا الأصلية عند النباتات من الهرمية إلى الشكل الحديث المتمثل بالمركز الهاجع والخلايا الأصلية المحيطة به، وأما المراحل A.B.C.D مقارنة تطور نشوء الميرستيم بين عاريات البذور

مفهوم المركز الهاجع:

أثبتت النظريات والدراسات الحديثة التي تعتمد نوع التقسم الخلوي والطريقة الإحصائية في توزع الخلايا وكذلك استخدام التيميدين المشع لوسم الخلايا المنقسمة، أن الخلايا الأصلية التي حددت سابقاً في المجموعات النباتية المختلفة تنقسم ببطء شديد بينما تنقسم الخلايا المحيطة بها بشكل أسرع، لذلك سميت تلك الخلايا فيما بعد **بالمركز الهاجع** والخلايا المحيطة بها شديدة التقسم سميت بالخلايا الأصلية المنشأة للنسج النباتية في الجذر.

يعرف المركز الهاجع بأنه منطقة من الميرستيم تتصف خلاياها مقارنة بالخلايا المجاورة لها بكثرة فجواتها وقلة اللزوجة في السيتوبلاسما والجسيمات الريبية قليلة العدد والجدر الخلوية ثخينة وتقسمها الخلوي بطيء فهي متوقفة في المرحلة G1 من الدارة الخلوية، وهي المرحلة التي تستعد فيها الخلية للانقسام من مراحل الطور البيني للخلية وتسبق مرحلة البناء S.



الشكل 7: مقطع طولي يوضح المركز الهاجع وتموضع الخلايا الميرستيمية النشطة حوله وانقسامها لتشكل نسج الجذر المختلفة.

وتشكل القلنسوة بالنمط المفتوح Open type كما في الثوم Allium والنمط المغلق closed type كما عند الذرة zea

ولدراسة المركز الهاجع يجب اولاً أن نختار العينة النباتية المناسبة للدراسة المخبرية، لذلك نميز عند تشكل القلنسوة النمط المفتوح Open type حيث تبقى خلايا القلنسوة مرتبطة مع خلايا الجذر كما في الثوم Allium وفي هذا النمط من الجذور تصعب الدراسة المخبرية لنسج الميرستي بشكل مستقل عن نسج القلنسوة، وأما النمط المغلق حيث تكون القلنسوة مستقلة عن جسم الجذر تماماً و يوجد انفصال واضح بين الخلايا المولدة للقلنسوة والخلايا التي تشكل الجذر كما عند نبات الذرة zea ومعظم نباتات الفصيلة النجيلية. هذا النمط الثاني يسمح بنزع القلنسوة بسهولة وإجراء الدراسات عليها وتحديد دورها وكذلك إجراء الدراسات على الميرستيم الواقع تحتها.

ولفهم آلية تشكل خلايا المركز الهاجع نبدأ من المراحل الأولى لانقسام الميرستيم أثناء تشكل الجذر والتي يكون فيها تشكل الجذر متجانساً من حيث النشاط التقسمي والمركز الهاجع لا يظهر إلا بعد فترة من الإنتاش حيث يكون الميرستيم قد أنتج عدداً كبيراً من الخلايا البنات وتبدأ الخلايا الواقعة مباشرة تحت القلنسوة الدخول في طور الراحة تدريجيا وتتوقف في الطور G1 أو G0 من الدارة الخلوية أي طور التحضير للدخول بمرحلة النشاط الانقسامي، بينما تبقى الخلايا المحيطة (الخلايا الأصلية) محافظة على نشاطها ويكون معظمها في الطور S أو G2 من الدارة الخلوية أي طور التركيب والتحضير لمتابعة الانقسام الخلوي.

تجعل الخصائص السابقة الذكر خلايا المركز الهاجع تتأثر بعوامل الوسط على نحو مختلف عن الخلايا المحيطة بها، فبينما يؤدي خفض درجة حرارة الوسط المحيط إلى زيادة النشاط التقسمي لخلايا المركز الهاجع، فإن هذا النشاط يتناقص كثيرا في الخلايا المحيطة.

كما أن **تعريض قمة الجذر لأشعة X** يقتل معظم الخلايا النشيطة الانقسام والمحيطة بالمركز الهاجع، في حين تبقى خلايا المركز سليمة وتدخل في طور نشيط من الانقسام يؤدي إلى تجديد قمة أخرى للجذر.

وعند نقص السكر أو انعدامه في الوسط الذي ينمو فيه الجذر، فإن نمو الجذر يتوقف مؤقتاً وتتوقف الخلايا كلها عن الانقسام، وتؤدي إضافة السكر من جديد إلى استئناف النمو والتقسم النشط للخلايا بما في ذلك المركز الهاجع، أي المركز الهاجع لم يعد موجوداً ولكنه يأخذ بالظهور مجدداً كما ظهر في المراحل الأولى من الإنتاش.

وبالتالي عند الحرمان من المغذيات في الوسط وخاصة السكر فإن المركز الهاجع يساهم في نمو الجذر ويقدم أثناء النمو الطبيعي خلايا جديدة وبفواصل زمنية منتظمة تحل محل الخلايا الأصلية التي تمايزت أو الآخذة بالتمايز، وتكون هذه الحادثة مرتبطة بفكرة أشار إليها العالم

Ericson عام 1956 م بأن الخلية الأصلية للجذر تمر بست دورات انقسامية قبل أن تتوقف عن الانقسام. وذلك ما يؤدي في النهاية إلى توقف الانقسام وبالتالي توقف نمو الجذر، **ولكن وجود المركز الهاجع يحافظ على استمرار النمو بشكل غير محدود.** وما أن يختفي المركز الهاجع حتى يتوقف نمو الجذر، وهكذا تنقسم خلايا المركز الهاجع ستة انقسامات متتالية وثم تتوقف وتعود خلايا جديدة من المركز الهاجع للانقسام والتجديد ويتكرر ذلك مراراً.

يعمل المركز الهاجع كذلك على تعويض الخلايا التي تتعرض للأذى سواءً في القلنسوة أو الخلايا في المنطقة الميرستيمية المحيطة به. وإن نشاط المركز الهاجع بمجرد تعرض الخلايا المحيطة بها للأذى يدل على ان خلايا المركز الهاجع مثبطة فقط بتأثير من نشاط الخلايا المحيطة بها وما أن تتوقف تلك الخلايا عن نشاطها أو تُفقد حتى يستأنف المركز الهاجع نشاطه ويجددها، وهكذا فإن النشاط الشديد للخلايا المحيطة بالمركز الهاجع هو المسؤول عن بقاء خلايا هذا المركز في حالة من السكون.

إن نزع القلنسوة يحرض خلايا المركز الهاجع المتاخمة لمنطقة الجرح على الانقسام الشديد الذي ينتج عنه في النهاية تشكل قلنسوة جديدة، وعندما يتم إنجاز هذا التجديد يتناقص هذا النشاط ويظهر المركز الهاجع من جديد.

وبالنتيجة فإن تتناقص نشاط الخلايا المحيطة بالمركز الهاجع يزيد من نشاط خلايا هذا المركز، ولتفسير ذلك قدمت فرضيتان:

يعتقد حسب **الفرضية الاولى** أن الخلايا المحيطة والتي تعرف بالأصلية تفرز مثبطات النمو وهي الهرمونات التي تنتج في الجذر وتزداد كميتها عن الدرجة الفضلى، مثل السيتوكينينات والتي يمكن أن تتجمع في المركز الهاجع بدرجة فوق الفضلى.

يُعتقد حسب **الفرضية الثانية** أن الضغط الميكانيكي الناتج عن نمو الخلايا الأصلية وتقسمها وعن الخلايا البنات المتولدة عنها مباشرة والتي تحيط بالمركز الهاجع إحاطة تامة، وهذا ما يؤدي إلى تثبيط انقسام خلايا المركز.

الأهمية البيولوجية للمركز الهاجع

إن الانقسامات النادرة لخلايا المركز الهاجع تقلل من وقوع الأخطاء الوراثية أثناء نسخ الـDNA وتضاعف الصبغيات في هذه الخلايا، كما ان خول هذه الخلايا وهجوعها يجعلها أقل تأثراً بقساوة الوسط.ويسمح بتجديد الخلايا المحيطة بها بشكل منتظم، والتي يطلق عليها احيانا اسم الخلايا الأصلية. وهكذا نجد أن المركز الهاجع هو المؤول عن النمو اللامحدود للجذر وإذا توقف عن عمله ستتشكل جذور قصيرة وفي حال استمر بعمله ستتشكل جذور طويلة.

ضبط تشكل النسج في الجذر النباتي

تتشكل القلنسوة بدءا من الخلايا الأصلية القريبة من الوجه السفلي للمركز الهاجع والتي تعرف بميرستيم الترميم والصيانة وهو يجدد القلنسوة ويعمل على تعويض التالف منها، ويعد هذا الترميم ضرورياً، لأن الخلايا الخارجية من القلنسوة والتي تفرز كميات غزيرة من السكريات المتعددة، تسهل انزلاق الجذر وانسيابه بين ذرات التربة تتكل وتتساقط. بينما تبقى الخلايا المركزية كبيرة الحجم قليلة الفجوات وغزيرة بالصانعات النشوية الضخمة، وتكون ما يعرف بالمركز الحسي تجاه الجاذبية الأرضية.

أما الخلايا الأصلية الواقعة في الجهة العلوية من المركز الهاجع أو ما يسمى الأصالات المولدة للجذر فإنها تعطي كل الخلايا الضرورية لتشكل النسج المختلفة في الجذر (طبقة الأوبار الماصة والقشرة). وتنشا النسج الناقلة الابتدائية عن نشاط طليعة الكامبيوم التي تكون خلاياها مشابهه للأصالات المولدة لجسم الجذر من حيث نشاطها التقسمي والمدة القصيرة للدارة الخلوية، ولكنها ضيقة ومتطاولة في اتجاه محور الجذر.

خلايا الطبقة الخارجية من كليعة الكامبيوم تتوقف عن الانقسام في الطور G1 لتكون المحيط الدائر، ولكنها تبق محتفظة بقدرتها على استئناف الانقسام النشيط لدى تشكل الجذور الجانبية بينما تتشكل النسج الناقلة من الطبقات المتبقية من طليعة الكامبيوم.

تظهر أول إشارة خلوية نسيجية لتشكل الأوعية الخشبية على مسافة 70-80 ميكرون منذروة المركز الهاجع، ينما تظهر الأنابيب الغربالية (اللحاء)، على بعد 170-230ميكرون. ويكون عدد الحزم الناقلة في الجذر ثابت في كثير من الأنواع النباتية وبخاصة ثنائيات الفلقة منها.

ويلعب **الاوكسين** الذي تفرزه النسج الوعائية القديمة للجذر في مراحل متقدمة من النمو او الفلقتين في المراحل االولى من النمو دوراً هاما في تنظيم عدد الحزم الناقلة، **ويفسر انفصال الحزم عن بعضها البعض بمسافات منتظمة** بأن النسج الميرستيمية التي ستعطي الحزم الناقلة تمارس تأثيراً مثبطاً على الخلايا المجاورة لها، فتمنعها من التمايز باتجاه مماثل لتمايزها الخاص.

إن مساحة سطح المركز الهاجع تعمل على تحديد عدد الخلايا الأصلية المولدة للجذر وضبطها، وتقوم هذه الخلايا بدورها بتنظيم المخطط الهندسي للنسج الناقلة وتحديده بشكل مباشرإلى ججانب الدور المنظم الذي تقوم به المواد الغذائية كالسكر. **وهذا ما يفسر أن الجذر النامي يميل إلى زيادة عدد الحزم الناقلة أو نقصانها** تبعاً لشروط الاستقلاب العام في النبات.

مكتبة A to Z