جـــامـعة الإخوة منتوري قسنطينـــــــــــــــة
كليـــــة عـــــــلوم الطبيعـــــة و الحيـــــاة
قـسم البيولـــــوجيا النباتية و عـــلم البيئـــــــــــة

محاضرات التشكل الداخلي ليسانس L3BPV

عند النباتات الراقية

من إعداد الأستاذة : زغمار مريم
الأستاذة : شايب غنية
الأستاذ : فرحاتي لعيد

المحاضرة العاشرة

جـــامـعة الإخوة منتوري قسنطينـــــــــــــــة
كليـــــة عـــــــلوم الطبيعـــــة و الحيـــــاة
قـسم البيولـــــوجيا النباتية و عـــلم البيئـــــــــــة

عنوان المحاضرة : تكوين الجهاز التكاثري(الزهرة في النبات)

الحالة التكاثرية: L'état reproducteur :

عوامل الكبح والتعبير عن الحالة التكاثرية

Facteurs de répression et d'expression de l'état reproducteur

قبل التطرق إلى عملية تحول المرستيم الخضري إلى مرستيم زهري و كيفية تكوين الجهاز التكاثري(الزهرة، النورة، الثمار و البذور) يتعين علينا الوقوف على بعض المفاهيم الأساسية وهذا من أجل ربط المعلومات و استيعاب المقياس جيدا من بين هذه المفاهيم هو أهم الفروق بين المرستيم ألقمي الساقي و كذا المرستيم ألقمي الجذري و كذلك المرستيمات الثانوية و دورها كما في الجدول التالي:

	المرستيمات I MAR -MAC	المرستيماتII
الموقع position	نهاية الأعضاء	بعيدا عن القمم أي داخل .....
الدور rôle	النمو الطولي organogéniquee	النمو العرضي histogénique
الخلايا cellule	صغيرة مظلعة الشكل (polyodique) iso-diamétrique	كبيرة متطاولة مغزلية الشكل في نفس اتجاه العضو ومسطحة وموازية لأنسجة هذا العضو
النواة noyau	دائرية كبيرة مركزية وغنية بالكروماتين	النواة عديمة الشكل أو مغزلية، صغير الحجم وقليلة الكروماتين
السيتوبلازم cytoplasme	كثيف	غير كثيف
الفجوة vacuole	كثيرة وصغيرة جدا وتمتاز بعصارة مركزة	يوجد 1 او 2 فجوة كبيرة ذات عصارة غير مركزة

السؤال المطروح من هو الجزء المسئول عن ظهور الأزهار في النبات؟

معظم النباتات تزهر في فصل معين وتختلف هذه الفترة من نبات إلى نبات أخر

هل للظروف البيئية دور في تزهير النباتات؟

أما أن للعوامل الداخلية كذلك دور مهم؟

كل هذه الأسئلة سنتطرق لها في هذه المحاضرة

جـــامـعة الإخوة منتوري قسنطينـــــــــــــــة
كليـــــة عـــــــلوم الطبيعـــــة و الحيـــــاة
قـسم البيولـــــوجيا النباتية و عـــلم البيئـــــــــــة

النبات من المرحلة الخضرية إلى المرحلة التكاثرية

تتحكم في عملية انتقال النبات من المرحلة الخضرية إلى المرحلة التكاثرية عوامل داخلية (الهرمونات ...) و عوامل خارجية (الضوء- الحرارة....)

تحول المرستيم القمي إلى مرستيم زهري

إن هذا التحول للمرستيم القمي الساقي يفقده صفته كمرستيم خضري و يكتسبه صفة المرستيم الزهري

سبق و إن تطرقنا إلى تركيبة المرستيم القمي الساقي وهو عبارة عن مجموعة من المناطق الخلوية المختلفة ، لكل منطقة منها دور وظيفي جد هام كما يلي :

إن مرستيم الانتظار هو المسؤول عن تشكل المرستيم الزهري في النبات

المرستيم القمي المحوري (M. axial apical) أو مرستيم الانتظار

المنطقة المحيطة أو الحلقة الأصلية مسئولة عن تشكل الأوراق

المرستيم القمي المحوري (M. axial apical) méristème d’attente

المرستيم القمي المحوري (M. axial apical) يتكون من طبقات القميص الساكنة (الخاملة غير النشطة) من ناحية الوظيفة والشكل، الا أنها أكبر من خلايا الحلقة الأصلية، وتبقى هذه الخلايا ساكنة طيلة الحياة الخضرية végétativeللنبات. إلا أنها تكتسب صفة الخلايا النشيطة عندما ينتقل النبات إلى الحياة التكاثرية ويسمى بالمرستيم ألانتظاري أو المترقب (M. d’attente)

يشير لفظ النمو التكاثري في النباتات البذرية إلى تكوين الأزهار والثمار والبذور. والأحداث الرئيسية في النمو التكاثري لنبات بذري هي ظهور مرستيم أصل الزهرة ونضج الأجزاء الزهرية وتكوين حبوب اللقاح داخل آلمتك وتكون كيس جنيني يحوي نواة البيضة والتلقيح والإخصاب وتكوين الجنين من البيضة المخصبة وتكوين الاندوسبيرم وتكون البذرة من البويضة وتكون الثمرة من المبيض والأنسجة المجاورة له ويمكن تمييز مرحلتين رئيسيتين في النمو التكاثري هما مرحلة الأزهار ومرحلة الأثمار. وتتحكم في مرحلة الأزهار الهرمونات النباتية الداخلية. كذلك عوامل داخلية و عوامل خارجية

مراحل التشكل الزهري

تستمر بعض المرستيمات القمية في النمو الخضري غير أن بعضها يتحول في حياة معظم النباتات إلى مرستيم زهري.

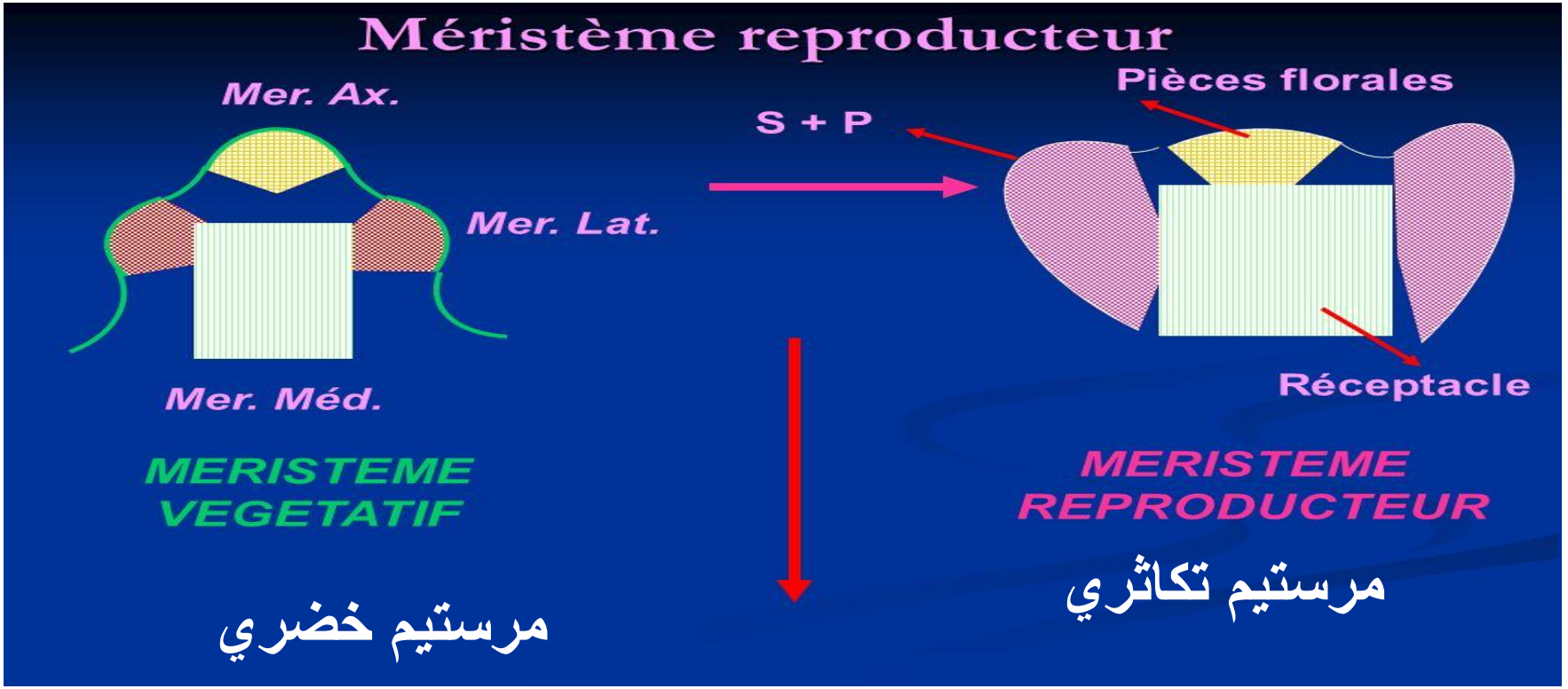
يحدث التحول من الحالة الخضرية إلى الحالة الزهرية كلما هيأت الظروف البيئية و كذا الظروف الداخلية في المرستيم (الهرمونات) والتي تؤدي إلى عملية تحفيز تكون الأزهار.

ويختلف الزمن الذي يقضيه مرستيم قمى معين في الحالة الخضرية قبل أن يتحول إلى مرستيم زهري اختلافاً كبيرا من نوع نباتي إلى آخر ومن مرستيم إلى أخر حيث تتحكم فيه عوامل داخلية وراثية و عوامل بيئية تحكما جزئيا أو كليا .

حسب

(1978) Meyer et al (2008) , Hopkins (2003) , Ducreux (2002)

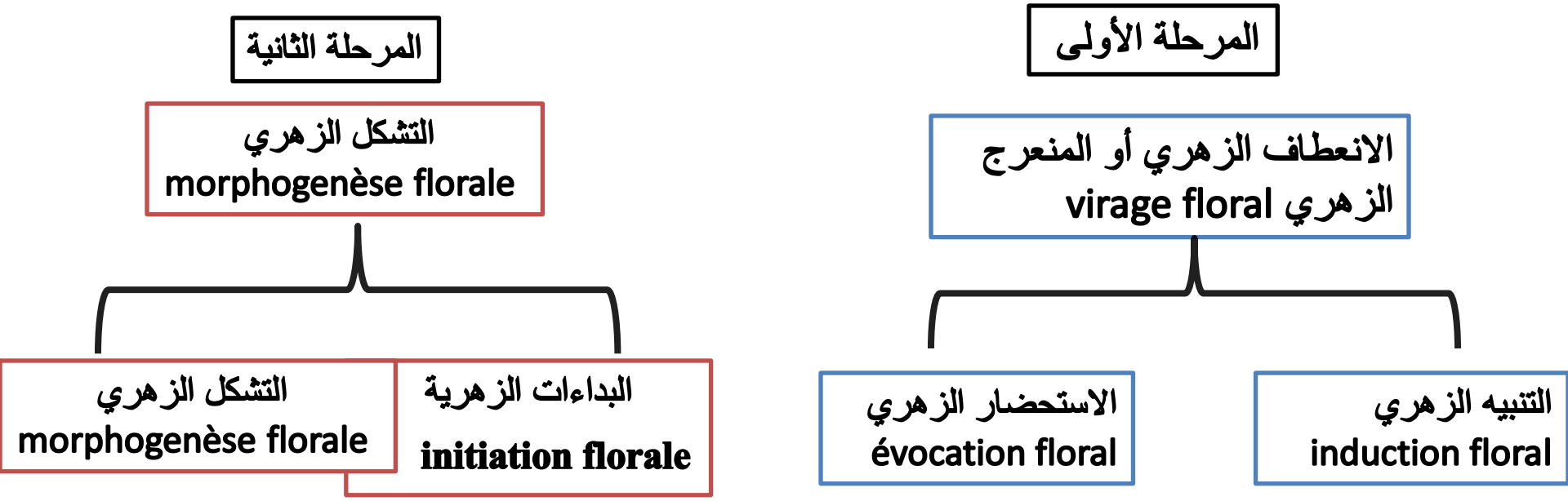
Côme(1992) , Heller,يمر الإزهار عبر مراحل متتابعة:



جـــامـعة الإخوة منتوري قسنطينـــــــــــــــة
كليـــــة عـــــــلوم الطبيعـــــة و الحيـــــاة
قـسم البيولـــــوجيا النباتية و عـــلم البيئـــــــــــة

تكوين الأزهار

يحدث التكوين الزهري في مراحل مختلفة. إن اكتساب النبات للصفة التكاثرية(ظهور الزهرة) يحدث خلال سلسلة من العمليات الفسيولوجية الحيوية المتتالية والمتداخلة فيما بينها. يمكن تقسيمها إلى مرحلتين رئيسيتين:



Organogénèse florale

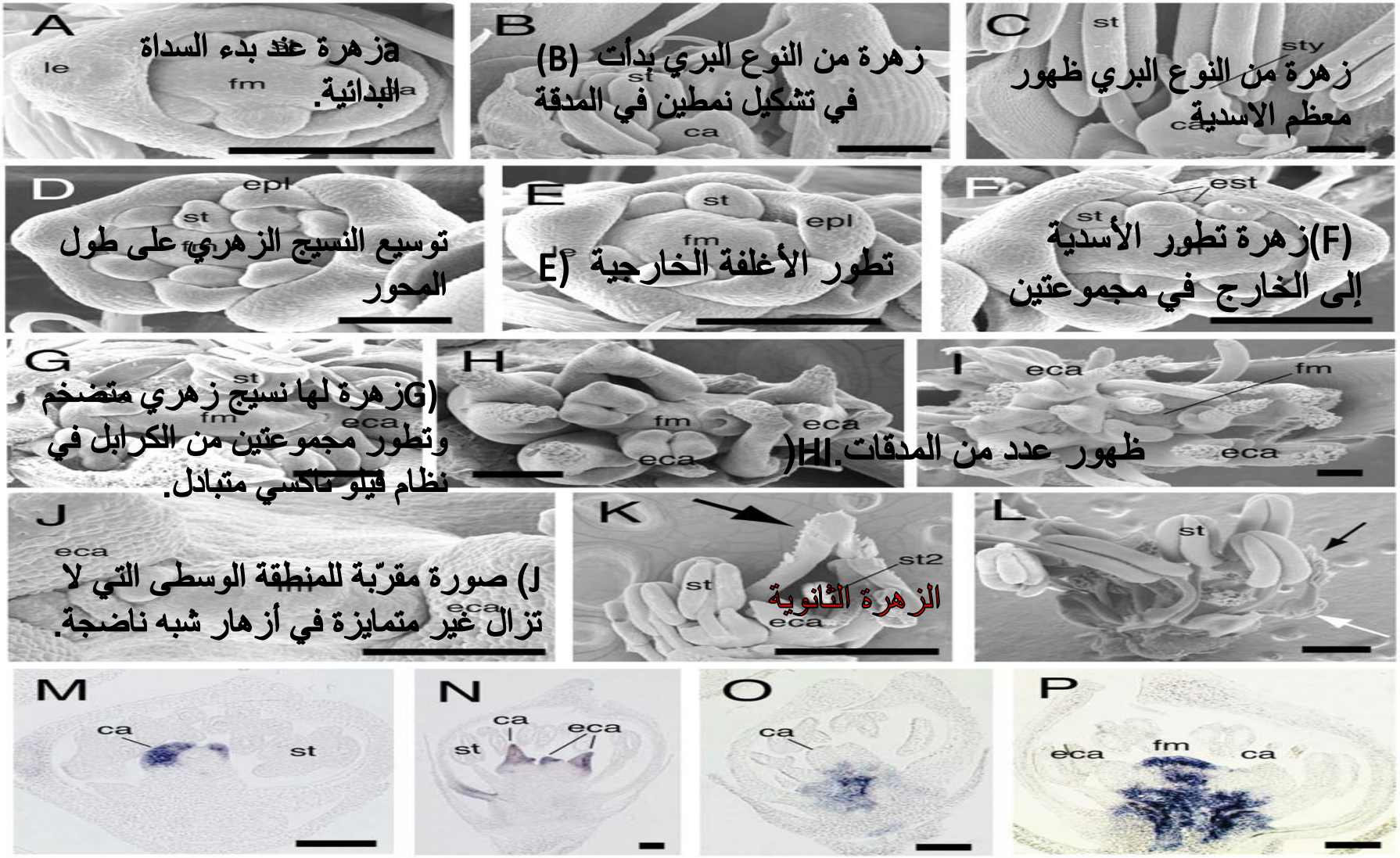
VIRAGE FLORAL **الانعطاف الزهري**	**MORPHOGENESE FLORALE** **التشكل الزهري**
INDUCTION FLORALE **التنبيه الزهري**	**INITIATION FLORALE** **البداءات الزهرية**
EVOCATION FLORALE **الاستحضار الزهري**	**FLORAISON** **الإزهار**

التخلق في البرعم الزهري

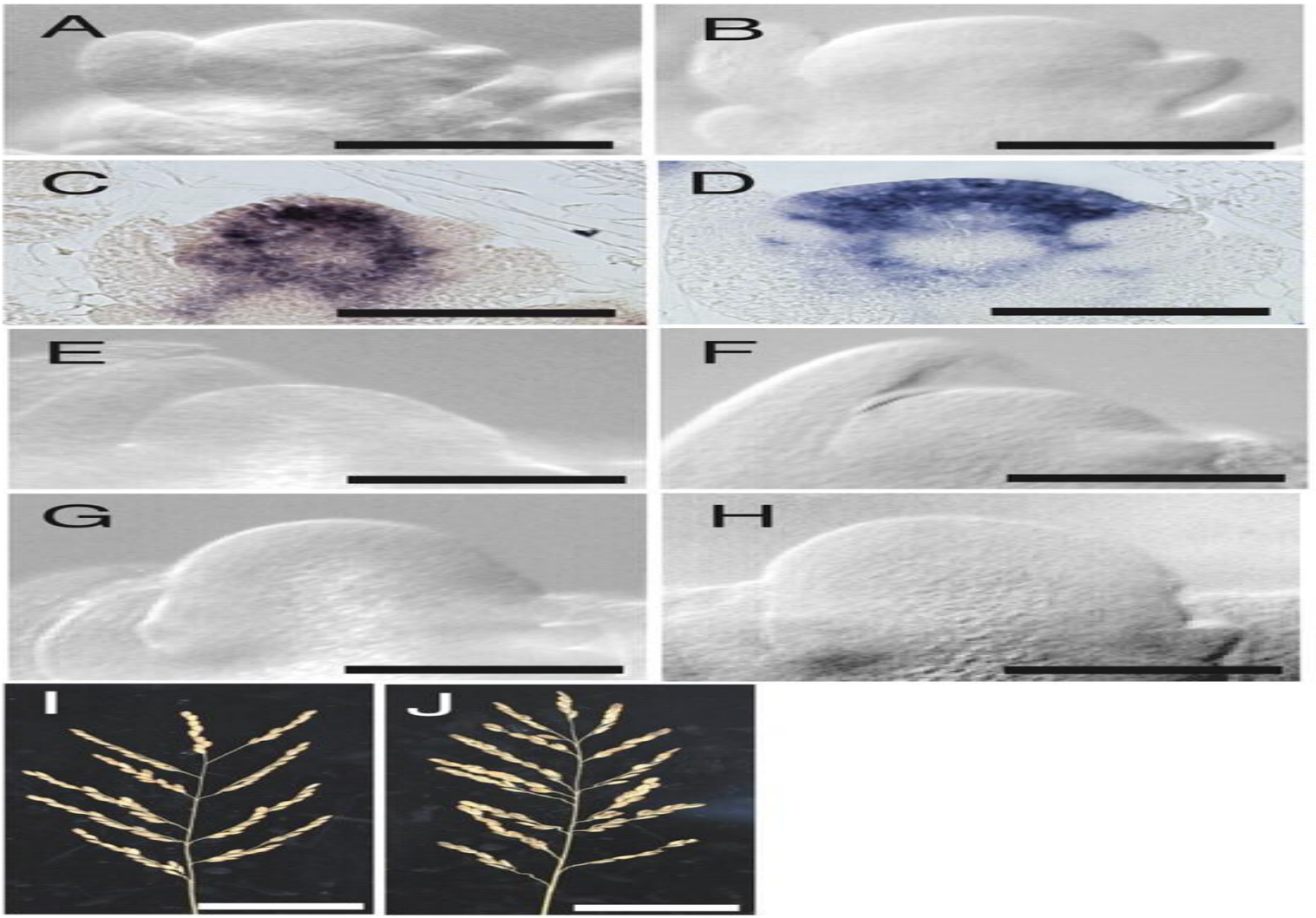
قبل حدوث التخلق في البرعم الزهري يحدث ما يعرف بالتنبيه الزهري أو الحث الزهري Induction Florale وهو عبارة عن تغيرات فسيولوجية غير مرئية التي تتعلق بالظروف الأيضية داخل المرستيم.

تلي تلك المرحلة حدوث نشأ البرعم الزهري Initiation وهو أول تغير ميكروسكوبي يحدث عند تحول المرستيم الخضري إلى مرستيم زهري وهو تغير يشمل شكل المرستيم إذ يبدو كما لو كان قد تعطل في الجزء المركزي حتى يصبح المرستيم مفلطحا عند قمته بدلا من شكله المخروطي نوعا.

جـــامعة الإخوة منتوري قسنطينـــــــــــــة
كليـــــة عـــــــلوم الطبيعـــــة و الحيـــــاة
قـسم البيولـــــوجيا النباتية و عـــلم البيئـــــــــــة



التركيب التشريحي للنظام الزهري بالمجهر الالكتروني

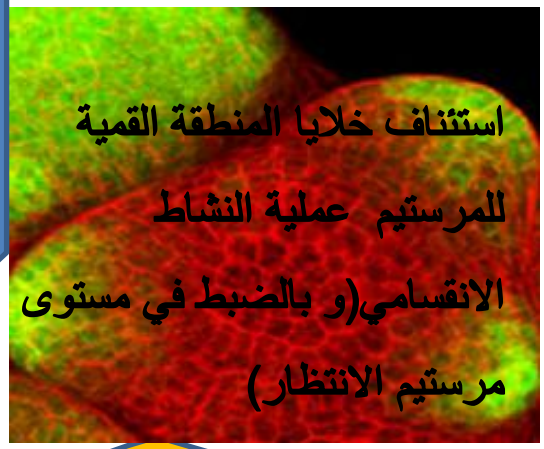

A
B
C
D
E
F
G
H
I
J

جـــامـعة الإخوة منتوري قسنطينـــــــــــــة
كليـــــة عـــــــلوم الطبيعـــــة و الحيـــــاة
قـسم البيولـــــوجيا النباتية و عـــلم البيئـــــــــــة

تمثيل بياني لجميع مراحل التشكل الزهري(التحول من الحالة الخضرية إلى التكاثرية)

عوامل خارجية

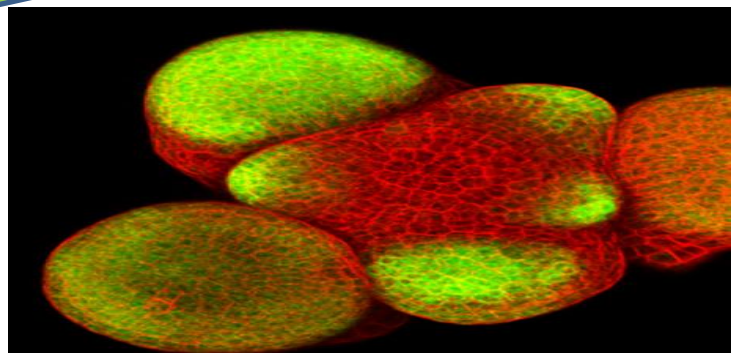
عوامل داخلية



التشكل الزهري
morphogenèse florale

تشكل الزهرة

البداءات الزهرية



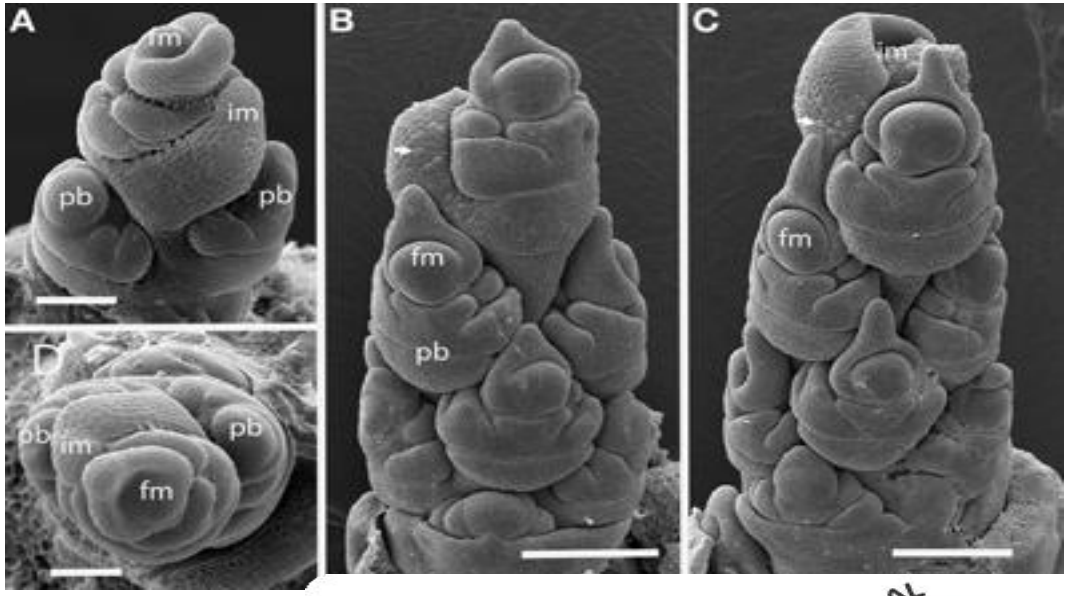
التنبيه الزهري

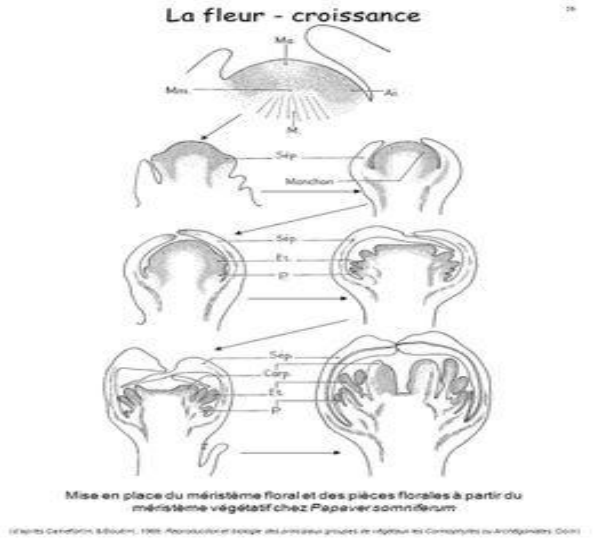
الاستحضار الزهري

الانعطاف الزهري أو المنعرج الزهري virage floral

جـــامـعة الإخوة منتوري قسنطينـــــــــــــــة
كليـــــة عـــــــلوم الطبيعـــــة و الحيـــــاة
قـسم البيولـــــوجيا النباتية و عـــلم البيئـــــــــــــة

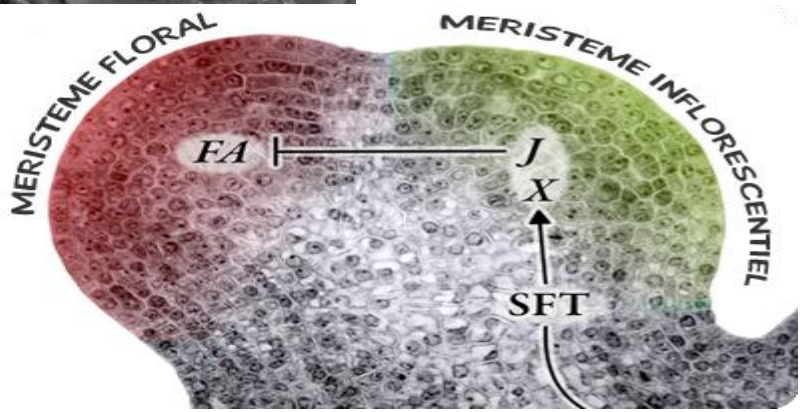
صور توضح عملية التشكل الزهري(المرستيم الزهري – النورة)





Mise en place du méristème floral et des pièces florales à partir du méristème végétatif chez *Papaver somniferum*

Modèle proposé pour expliquer la formation de l'inflorescence de tomate. Le gène JOINTLESS (J) s'exprime dans le méristème inflorescentiel. Il retarde la transformation de ce méristème en fleur, en inhibant le gène FALSIFLORA (FA) qui s'exprime, lui, dans les méristèmes floraux et est absolument indispensable à la formation des fleurs. JOINTLESS exercerait sa fonction en collaboration avec d'autres gènes (X) induits par le signal déclencheur de floraison : la protéine SINGLE FLOWER TRUSS (SFT).



جـــامـعة الإخوة منتوري قسنطينـــــــــــــــة
كليـــــة عـــــــلوم الطبيعـــــة و الحيـــــاة
قـسم البيولـــــوجيا النباتية و عـــلم البيئـــــــــــة

العوامل المتحكمة في عملية الحث الزهري

يخضع الحث الزهري لعدة عوامل وتنبيهات (مراقبة متعددة العوامل) وتتمثل في:

1 - عمر النبات

2- تنبيهات الوسط(حرارة – فترة ضوئية – رطوبة)

3- التغذية المعدنية

1 - عمر النبات

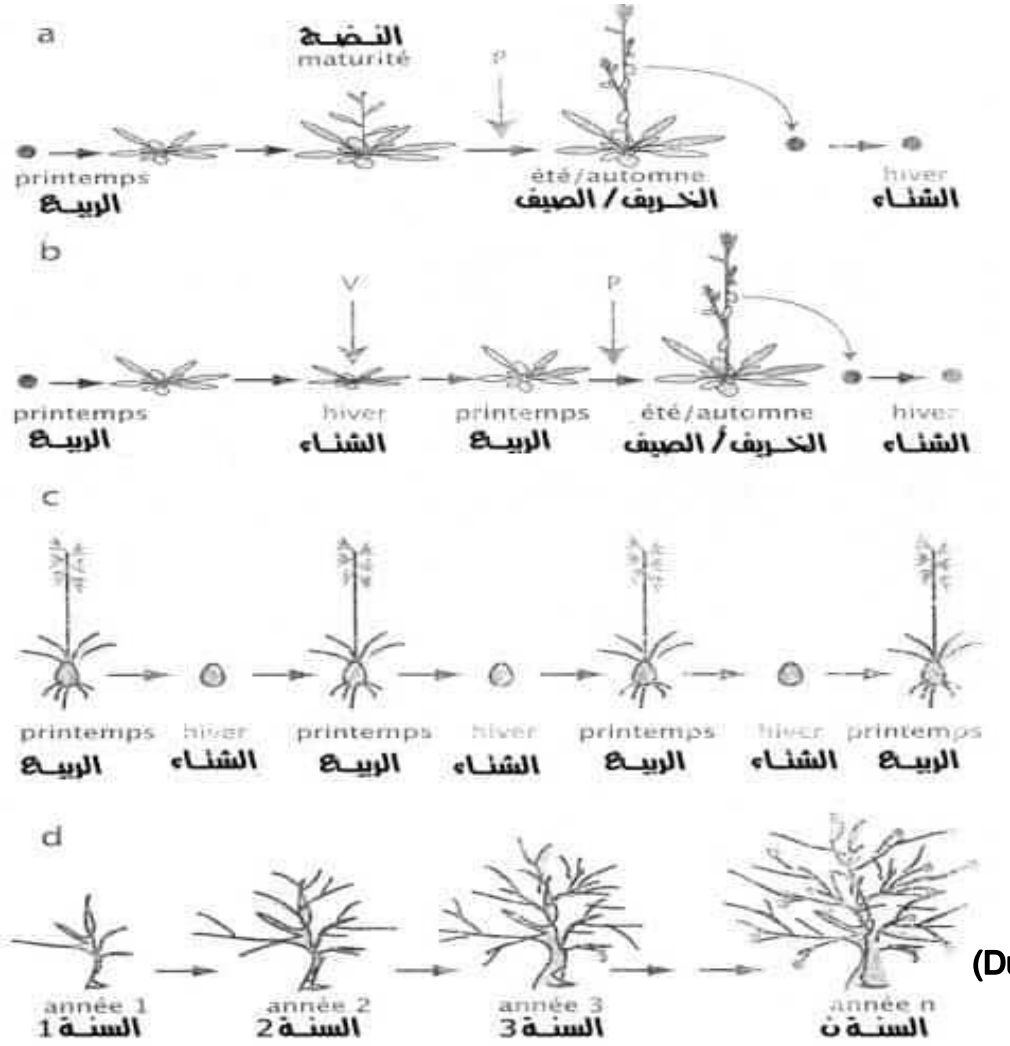
الذي يؤثر على حساسية المرستيمات لتنبيهات الوسط الخاصة بالإزهار فالنبات يجب أن يصل إلى مرحلة من التطور دنيا تعرف بالنضج للإزهار, وعلى أساس تواتر التطور تنقسم النباتات (شكل 2) إلى 3 مجموعات :

-نباتات حولية :

تجتاز دورتها التطورية من البذرة إلى البذرة خلال أقل من عام (15 يوم عند النباتات العابرة (les Ephémèrophytes) المنعرج الزهري بها يتم أين الجهاز الخضري مختزل ويتبع مباشرة بتفتح الأزهار وتشكيل البذور والثمار ثم موت النبات.

- نباتات ثنائية الحول:

تستمر دورتها التطورية أكثر من 12 شهر أين خلال السنة الأولى وبالخريف تشكل مخزون ثانوي بالأعضاء التحت أرضية عامة وفي الشتاء تسقط جهازها الهوائي وتدخل في كمون, أما في الربيع فيحدث المنعرج الزهري بإستعمال مخزون السنة الماضية ويتشكل الجهاز التكاثري ثم يموت النبات.



نباتات متعددة الحول (دائمة أو معمرة):

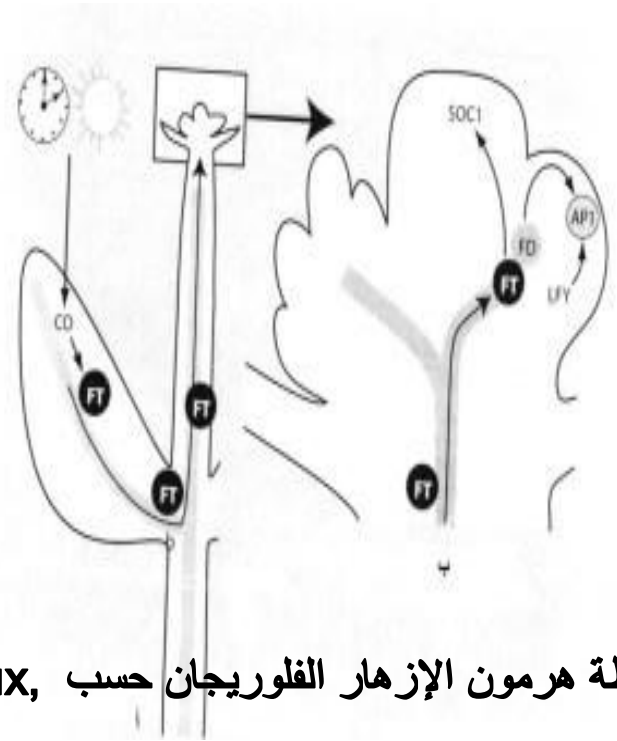
بعضها لا يزهر إلا مرة واحدة مثل لاغاف (الصبار) الذي يبقى في الحالة الخضرية لعدة سنوات ثم يزهر ليموت بعدها والبعض الآخر يزهر بعد فترة طويلة نسبيا (بعض السنوات عند الأشجار المثمرة (أين يصبح تشكيل الأزهار بصفة دورية.(Ducreux, 2002)

شكل يوضح مختلف أنواع النباتات حسب دورتها التطورية.(Ducreux, 2002)

a.نبات حولي b. ,نبات ثنائي الحول c. ,نبات معمر d. ,نبات مستديم.

تنبيهات الوسط

ممثلة في الفترة الضوئية والتي تلتقط عن طريق الأوراق تنتقل إلى المرستيم القمي (انظر الشكل)ودرجات الحرارة المنخفضة (الإرتباع) التي تلتقط عن طريق المرستيمات القمية مباشرة وحسب الأنواع هذين العاملين يتكاملان أولا من أجل الحث الزهري.



FT يحث بالبروتين CO لينقل عبر اللحاء إلى المرستيم القمي. أين يتشارك مع بروتينات أخرىFD و LFY في حث جينات مراقبة ظهور المرستيم الزهري.

شكل يوضح إستقبال الفترة الضوئية بالأوراق ونقلها للمرستيم بواسطة هرمون الإزهار الفلوريجان حسب Ducreux, 2002).

ملاحظة عند استقبال النبات للمنبهات الخارجية التي تعمل على حث الإزهار يتكون هرمون يعرف بهرمون الإزهار يطلق عليه مصطلح FLORIGENE حيث يحفز ويعزز من عملية الإزهار.

إن آلية تحويل التنبيه الملتقط غير معروفة حيث يعتقد أن هذا الأخير يحث نقل الهرمونات النباتية المحثة على الإزهار(الأكسين ،السيتوكينين والجيبريلين) عن طريق اللحاء نحو المرستيمات، كذلك نقل السكروز الذي يعتبر رسالة داخلية في عملية الإزهار. فالإحساس بالدورة الضوئية والحرارة المنخفضة يؤثر على حساسية المرستيمات القمية لمجموع هذه الرسائل

التقاط الحرارة

إن البرد من العوامل المؤدية للحث الزهري بظاهرة تعرف الإرتباع وهي الحث على الإزهار عن طريق درجات الحرارة المنخفضة, التي تستقبل عن طريق المرستيمات القمية أما الآلية الجزيئية فغير معروفة, فالإرتباع يدخل عنصر نشط la vernaline والذي يتمثل في هرمون الجيبريلين وهرمون غير معروف يدعى.florigène

كذلك الفترة الحرارية و إختلاف بين الليل والنهار هي جد هامة للظواهر البيولوجية فتؤثر على التشكل حيث تتطور مثلا النباتات بشكل أفضل عند تعاقب الحرارة بين الليل والنهار بمعدل 7°م بالمناطق المعتدلة.

وتقسم النباتات حسب متطلباتها من البرد للدخول في الإزهار إلى

نباتات محايدة تزهر دون التعرض للبرد الشتوي وتتمثل في النباتات الربيعية أو الصيفية ،النباتات الدائمة التي تشكل أولاتها الزهرية قبل حلول الشتاء وبعض النباتات المعمرة.

•نباتات تفاضلية : لا تتطلب الإرتباع بصفة حتمية لحدوث المنعرج الزهري فمثلا نبات Seigle الشتوي يزهر بعد تشكل 6 أوراق في حال تعرض بذوره للإرتباع ويزهر بعد تشكل الورقة 16 إلى 25 إذا لم تتعرض بذوره للإرتباع . ومن فئة النباتات التفاضمية النباتات الحولية الشتوية وبعض ثنائية الحول

•نباتات متطلبة للإرتباع : وتتمثل في النباتات ثنائية الحول والمعمرة التي تجتاز الشتاء في شكل وريدة والنباتات المعمرة ذات السوق.

عند بعض النباتات الحث الزهري يتطلب فترة حرارية مرتفعة نسبيا تتبع بالدخول في الكمون (حث حراري) الذي يرفع بفترة حرارية باردة ومنه تطور هذه النباتات يتطلب فترات حرارية دورية متفاوتة.

كما أن بعض النباتات يمكن أن تعوض ظاهرة الإرتباع في الحث الزهري بدرجات حرارة مرتفعة أو تغذية خاصة أو هرمون الجبرلين أو فترة ضوئية ملائمة (Côme, 1992)

جـــامـعة الإخوة منتوري قسنطينـــــــــــــــة
كليـــــة عـــــــلوم الطبيعـــــة و الحيـــــاة
قـسم البيولـــــوجيا النباتية و عـــلم البيئـــــــــــة

تاثيرالدورة الضوئية photopériodismeعلى الحث الزهري

رد فعل النبات على تتابع الضوء والظلام

الدورة الضوئية هي مجموع التأثيرات الممارسة من طرف الفترة النسبية للنهار والليل على العديد من الظواهر والتفاعلات المتنوعة والهامة للنبات ومنها الإزهار.

فحسب المتطلبات من الفترة الضوئية تقسم النباتات إلى:

-نباتات محايدة تزهر مهما كان طول الفترة الضوئية أو طول النهار والليل مثل الطماطم.

-نباتات النهار الطويل (Héméropériodismes) يتوقف إزهارها عند انخفاض فترة الإضاءة .فتتطلب فترة ضوئية حرجة ترتفع عن قيمة معينة للانتقال من الحالة الخضرية مثل الخروب..

-نباتات النهار القصير (Nyctipériodiques) لها كذلك متطلبات خاصة أو نسبية حيث لا يمكن الإزهار أو يتأخر الإزهار إذا كانت فترة الظلام أقل من فترة حرجة مثال المشمش.

العامل الغذائي

إن تلقين الإزهار يتطلب مغذيات خاصة كمية ونوعية

–الأهمية الكمية : الإنتقال من الحالة الخضرية إلى الحالة التكاثرية يتطلب توفر شروط من التغذية الجيدة أين هناك عتبة دنيا لا يتم الإزهار تحتها كما توجد عتبة قصوى أين النمو الخضري يستحوذ على الغذاء.

–الأهمية النوعية: المتطلبات الغذائية هي كذلك نوعية أين التغذية الغنية بالكربوهيدرات تحفز الإزهار أما التغذية الغنية بالآزوت فتحفز النمو الخضري فلما يكون المعاملC/N يساوي 20 يتم تحفيز الإزهار.(Heller, 1978)

مراقبة وراثية معقدة- الجينات المتحكمة في عملية الحث الزهري

إن عملية الحث الزهري مراقبة وراثيا من طرف جينات بعضها منشط وبعضها مثبط, بعضها يؤثر على المرستيم القمي والبعض الآخر على الأوراق.

جـــامـعة الإخوة منتوري قسنطينـــــــــــــــة
كليـــــة عـــــــلوم الطبيعـــــة و الحيـــــاة
قـسم البيولـــــوجيا النباتية و عـــلم البيئـــــــــــة

الجينات المتحكمة في عملية الاستحضار الزهري

إستحضار الإزهار مراقب وراثيا

إن تطور البدائيات الزهرية يتم بعد تشكلها مباشرة أو بعد مرورها بفترة حياة بطيئة (كبح أو كمون) فنموها يتطلب شروط ملائمة توافق تطور الجهاز الخضري من حرارة ، رطوبة, ظواىر من الكمون ... وتطور هذه الأخيرة مراقب وراثيا فبالنسبة للمثال Arabidopsis عملية تحول البرعم من الحالة الخضرية إلى الحالة الزهرية مرتبطة بالعلاقة ما بين ثلاث جينات:

الجين (1 terminal flowver)lf1 يشكل زهرة مكان البرعم القمي.

الجين(leaf y)lfy أو الجين (1 apetala)ap1 يشكل سوق مورقة بدلا من الزهرة.

والجين tlf1 يحدد هوية (وحدة) النورة لممرستيم أماlfy و ap1 يحددان هويته الزهرية.

فبعد عملية الحث الزهري يتغير البرنامج المرستيمي أين يتحول المرستيم ألقمي إلى مرستيم زهري ،هذا التحول يعرف بالإستحضار الزهري ويتجلى بمجانسة مظهر المرستيم القمي بالعلاقة مع الدخول في النشاط الإنقسامي لخلايا المنطقة القمية المحورية. المرستيم الزهري يظهر مواضع مختلفة متحدة المركز كل واحد منها مسؤولا عن إنتاج عدد محدد من الأعضاء الزهرية.

فالمواضع المحيطية تنتج خاصة أعضاء الثلاث محيطات الأولى ممثلة في : السبلات ،البتلات والأسدية مع ترتيب مغاير لترتيب الأعضاء الخضرية, المنطقة المركزية تنتج جهاز التأنيث (الكرابل) ومابين العقد تبقى قصيرة جدا (Meyer et al., 2008)

جـــامـعة الإخوة منتوري قسنطينـــــــــــــــة
كليـــــة عـــــــلوم الطبيعـــــة و الحيـــــاة
قـسم البيولـــــوجيا النباتية و عـــلم البيئـــــــــــة

التشكل الزهري تحت مراقبة جينات التركيب (Homéotiques)

و نظام للزهرة (ABCD)

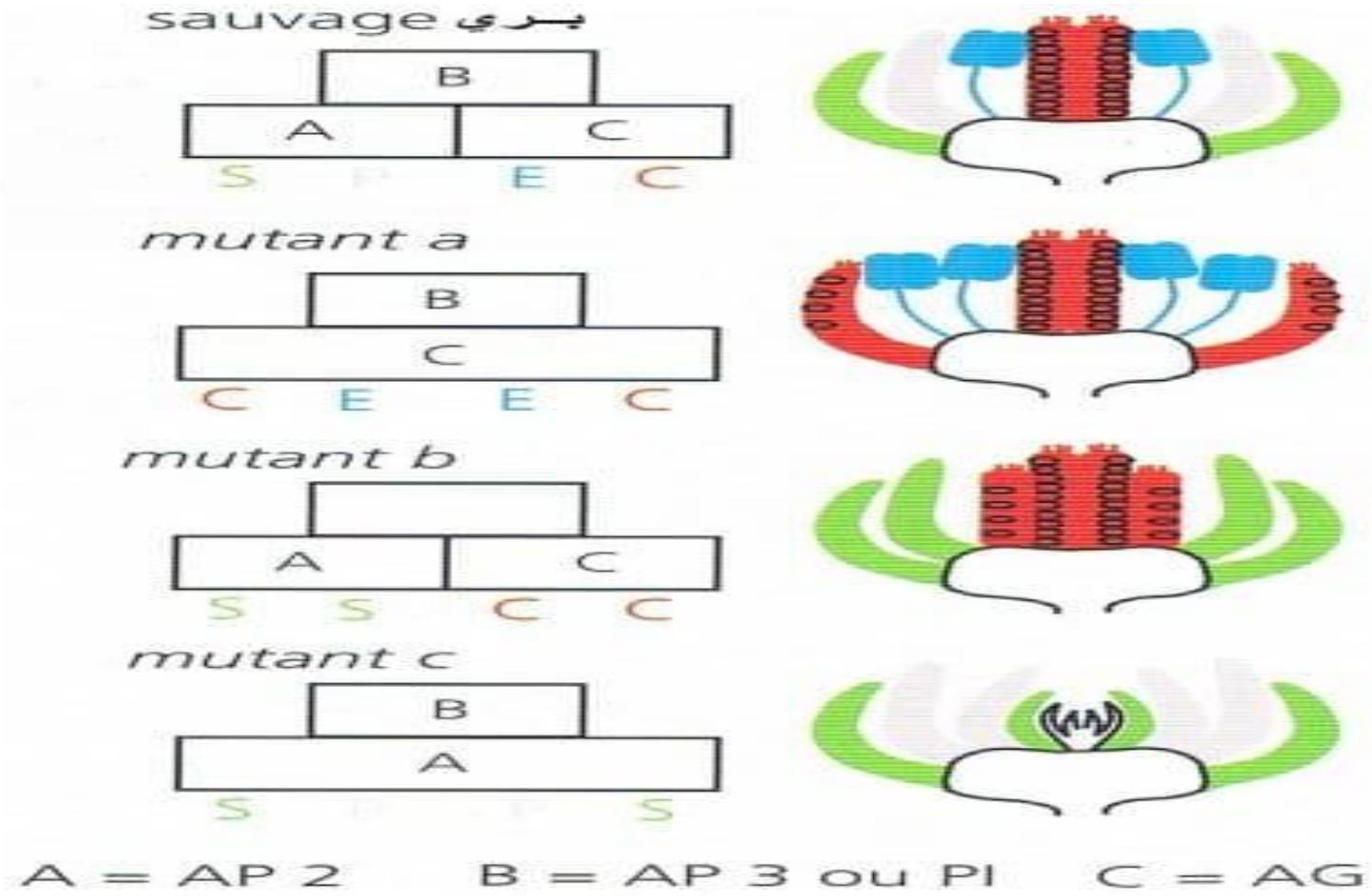
عند (Arabidopsis) (لاحظ الشكل الأتي) الطفرة لجينات التركيب السليم للعضوية gènes homéotiquesتؤدي إلى تغيير نمط عضو بمحيط معين الى آخر

فهوية الأعضاء الزهرية ترتبط بأربع جينات هي:

- apetala 2(ap2) يراقب تشكل السبلات.

(ap2) و pi (ristillaita)أو ap3 (apetala3) يراقبون تشكل البتلات

- ap3أو pi و agamous يراقبان تشكل الأسدية.
- Agamous يراقب تشكل الكرابل.



شكل يوضح المراقبة الوراثية للتشكل الزهري عند النوع Arabidopsis thaliana)

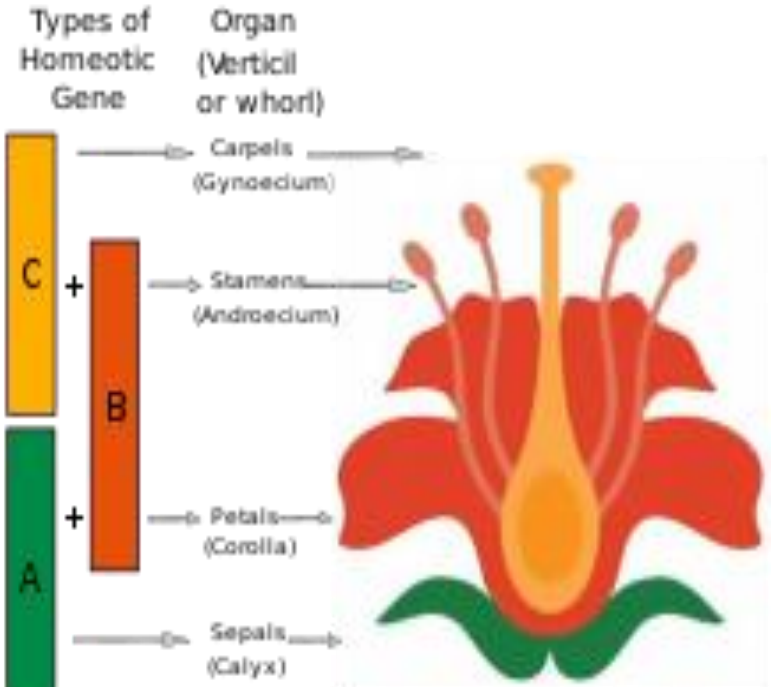
فالمراقبة الوراثية لهوية وتنظيم الأعضاء الزهرية أستنبطت من النموذج abc المقترح من طرف (1991) Coen et Meyerouvitz أين:

A تعرف بهوية السبلات.

AB تعرف بهوية البتلات.

BC تعرف بهوية الأسدية.

C تعرف بهوية الكرابل.



الجينان Aو B يعملان بصورة مستقلة أما C فيعمل بعلاقة مع A فإذا تحول الجين A الجين C هو الذي يعرف هوية الأعضاء الخاصة بالمحيطات المراقبة ب A و هذا متبادل.

النظريات المتعمقة بأصل الزهرة

من بين أهم النظريات المطروحة حول أصل الزهرة نجد اثنان

نظرية التغير الشكلي (ميتامورفوز)

أقترحت هذه النظرية من طرف العالم Goethe في(1749-1832م) حيث يذهب إلى أن أصل الزهرة هو الخلايا المتحولة حيث أن البرعم الخضري يتحول إلى برعم زهري وهو ما تدعمه حاليا معطيات البيولوجيا الجزيئية، وما تقود إليه العديد من الملاحظات منها:

- التركيب الوعائي لزهرة يشبو بشدة ذلك الخاص بالساق والأوراق.
- الأجزاء الزهرية بالمحيطات الخارجية لها مظهر وتركيبة تشريحية مماثلة لما يوجد عند الأوراق.

دراسات بنيوية مقارنة تقود إلى أن الأسدية أو الكرابل عند مغطاة البذور البدائية لها هيئة الأوراق.

نظرية المدرسة الفرنسية

تذهب هذه النظرية إلى وجود مرستيم انتظار في مستوى البرعم الخضري يعمل على تكوين الأسدية والكرابل عند نشاطه والانتقال من المرستيم الخضري إلى المرستيم الزهري عكس السبلات والبتلات التي تتشكل من الأوراق في مستوى الحلقة الأساسية للمرستيم الخضري.

ومنه حسب هذه النظرية الأسدية والكرابل تتشكل من مرستيم يختلف عن المرستيم الخضري، إذا هي ليست ذات طبيعة ورقية.

واعتمدت هذه النظرية على ملاحظات تشريحية تمت خلال تطور وتحول المرستيم الخضري إلى مرستيم زهري.(Robert et al. 1998)

جـــامـعة الإخوة منتوري قسنطينـــــــــــــــة
كليـــــة عـــــــلوم الطبيعـــــة و الحيـــــاة
قـسم البيولـــــوجيا النباتية و عـــلم البيئـــــــــــة

الشيخوخة في النبات Sénescence

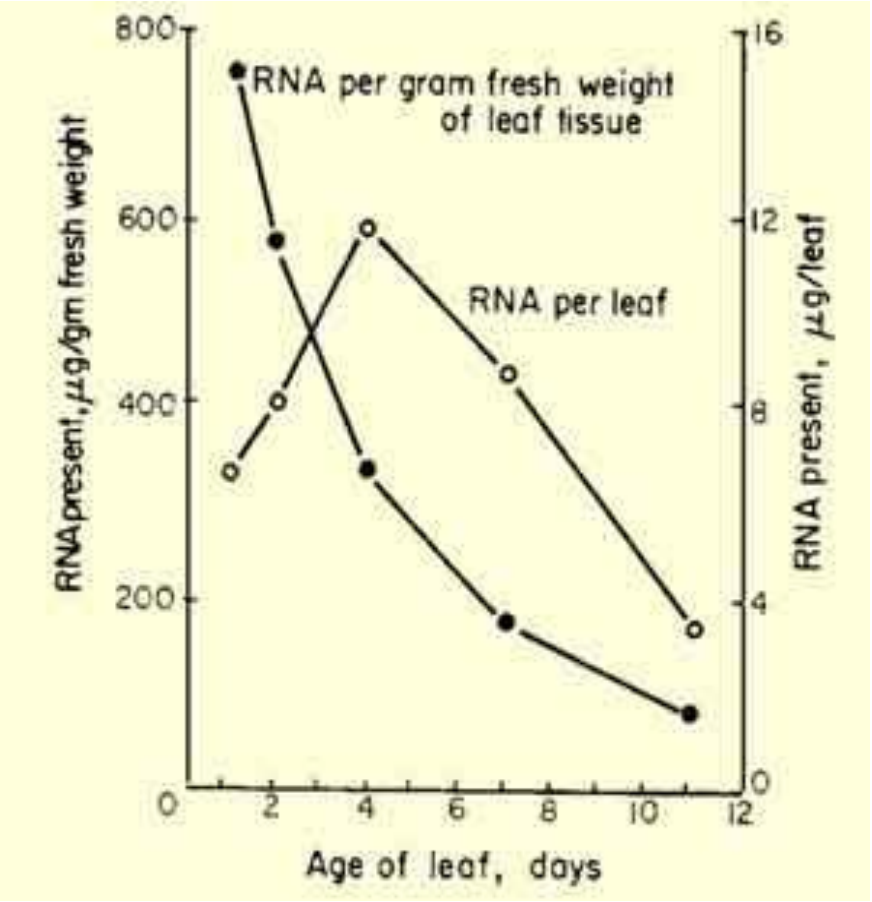
مقدمة :

يلى طور النضج الثمرى طور الشيخوخة Sénescenceوالذي ينتهي بنشاط بيو كيميائى ينتج عنه تحلل الأنسجة ثم الموت ، وهى مرحلة أخيرة في مراحل تطور أي عضو نباتي وهى كآي تغير فسيولوجي يطرأ على النبات يبدأ بسلسلة من التغيرات والعمليات الغير رجعية والتي تقود في النهاية إلى الموت والتحلل . والشيخوخة مثلها مثل أي عملية فسيولوجية تنظمها أنزيمات متخصصة يتحكم فيها ميكانيكية وراثية تحدث إما تدريجيا أو قد تحدث بمعدل سريع جدا لذلك فهي تختلف من نبات لآخر . يعتبر البعض أن الشيخوخة لا تأتى فجائية أبدا حيث إنها تأتى نتيجة تراكم تغيرات ليست في صالح الكائن الحى مثل الطفرات الغير مرغوبة ، وتغير نشاط الأغشية الخلوية وحدوث نسخ خاطئ في انقسام الخلايا يتجمع مع تقدم العمر , ثم انخفاض في معدل العمليات الفسيولوجية البنائية وزيادة العمليات الفسيولوجية الهادمة .

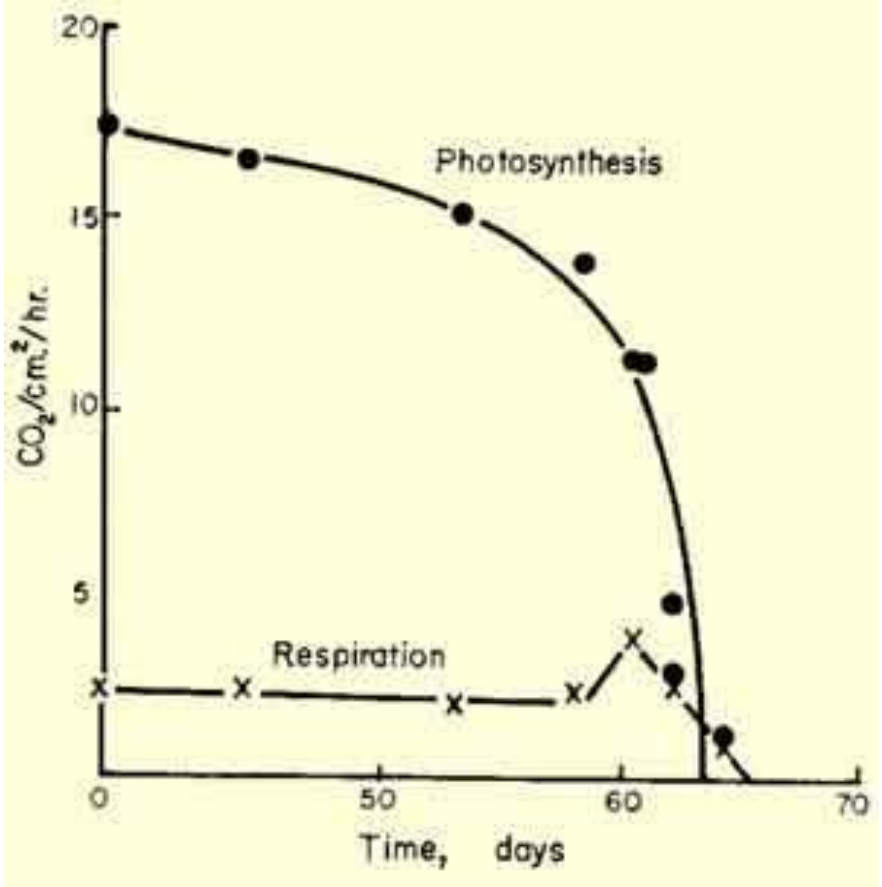
ميكانيكية النضج والشيخوخة

تعتمد ميكانيكية الشيخوخة أولا على التنفس حيث انه مصدر للطاقة اللازمة لأتمام التفاعلات الحيوية ثم بناء أنظمة أنزيمية جديدة التي تعمل على إحداث التغيرات اللازمة للنضج والشيخوخة ثم تكسر الخلايا وتحللها وموتها .

أما دور الهرمونات يكون على التأثير على تخليق الجديد من RNA تحت تأثير نظرية الهستون و التي تفترض أن البروتين الهستونى ينظم كل العمليات الأيضية في كل مرحلة من كل المراحل ابتدأءا من المراحل الجنينية حتى الموت فالمادة الوراثية DNA المسئولة عن إنتاج RNA تثبط باتحادها مع البروتين الهستونى وتنشط عن تحررها منه ويقع التنشيط والتثبيط تحت تأثير توازن هرمونى وهذا التوازن يقع تحت تأثير توازن حيوي يخضع لتوازن بيئي



شكل يوضح انخفاض الأحماض النووية من نوع RNA بتقدم الورقة وبداية الشيخوخة



شكل يوضح انخفاض التمثيل الضوئى وارتفاع التنفس مع تقدم عمر الورقة وبداية الشيخوخة

تنظيم الهرمونات للشيخوخة و موت النبات

الأوكسين والشيخوخة

يعمل الأوكسين على تأخير الشيخوخة من خلال زيادة معدل اتحاد أو ارتباط القواعد النيتروجينية ثلاثية الفوسفات ATP بالأحماض الأمينية أثناء ترجمة ARNm وبالتالي زيادة المنتج منه وقد وجد أنه يزيد من ارتباط الأحماض العطرية الأمينية خاصة Acides amines aromatiquesفي البروتين وبالتالي زيادة المحتوى البروتيني وهو عكس عملية الهدم أثناء الشيخوخة.

يصاحب شيخوخة الخلايا سواء في الثمار والأوراق والبتلات نقص في معدل الأوكسين الطبيعى فالأوكسين يحافظ على الخلايا الفتية

الجبرلين والشيخوخة

يؤخر الجبرلين من طور الشيخوخة وذلك بتأثيره على تنشيط عمليات بناء ARNm والبروتين كما يعيد اخضرار الثمار الناضجة والمتجهة إلى الشيخوخة كما يعوق هدم الكلوروفيل ويعوق ليونة الثمار وتراكم الكاروتينات كما وجد أن له علاقة بزيادة استهلاك الأكسجين وارتفاع مستوى الفوسفات . كما أدت المعاملة به الى تأخير شيخوخة المشمش عندما رش بتركيز 10 – 100 جزء في المليون قبل الجمع.

ولقد لوحظ زيادة مستوى ABA عند التقدم نحو الشيخوخة يعقبة نقص مستوى , GA ولقد ذكر أن هناك تأثيرا واضحا للجبرلين على الشيخوخة في أوراق الخيار

السيتوكينين و الشيخوخة

أشارت الدراسات أن للسيتوكينين دور في المحافظة على عدم هدم البروتين بل يزيد من معدل بناءه وقد استعمل السيتوكينين لتأخير شيخوخة ثمار الفراولة وكذلك أدت المعاملة به الى تحمل المحاصيل الورقية للتخزين دون تدهور كما في السبانخ, كما أعاقت المعاملة به من التغير في اللون في ثمار البرتقال الخضراء ويعتقد أن السيتوكينين يعمل من خلال المحافظة على مستوى الجبرلين الداخلي أو إعاقة الزيادة في ABA like compounds

اكتشف أهمية السيتوكينين في تأخير الشيخوخة والحفاظ على الكلوروفيل 1957 فهو من خلال تثبيط أنزيم RNA aseوتثبيط عمليات التحلل وتشجيع نشاط أنزيم aminoacyl-s-RNA وهو ما يفسر قلة كمية الأحماض الأمينية في الأنسجة المعاملة بالكينيتين بالمقارنة بالغير معاملة كما ينظم من عمليات إنتاج الطاقة وذلك بزيادة محتوى الأوراق من الجلوكوز فوسفات والادينوسين فوسفات عن طريق نشاط أنزيم الانفرتيز invertase كما تشجع transformation من الليبيدات الى سكريات .