النمو الزهرى

يتأثر النمو الزهرى بعدة عوامل منها عوامل بيئية وأخرى وراثية. وهذه العوامل هى التى تعمل على تحويل الخلايا المرستيمية الخضرية إلى مرستيمات زهرية ومن هذه العوامل:

١ ـ درجة الحرارة

تؤثر الحرارة على هرمونات التزهير بصور مختلفة أو على هدم المركبات اللازمة للبناء ودرجة إنتقال تلك المركبات من الأوراق إلى المرستيمات.

- **يرتبط تأثير درجة الحرارة أيضاً بالإضاءة والإظلام وفترة الإضاءة. فقد وجد أن أكبر عدد من البراعم الزهرية عند ١٨ ْم أثناء الظلام بينما أقل عدد من البراعم الزهرية عند ٢٩ ْم أثناء الظلام أيضاً لنبات فول الصويا. بينما العدد كان ثابتاً أثناء فترة الإضاءة ومع إختلاف درجة الحرارة.**
- **تبريد نصل الأوراق أو البراعم الطرفية موضعياً يؤدى إلى تثبيط التزهير وهذا يؤكد أن بناء الهرمونات التى تتم فى الأوراق تتأثر بإنخفاض درجة الحرارة مما يؤثر فسيولوجيا فى إحداث تغيير فسيولوجى للبراعم الخضرية وتحولها إلى براعم زهرية.**
- **بعض النباتات تحتاج درجة حرارة منخفضة نسبياً للتزهير وتلك النباتات تتأثر سلبياً وبدرجة سيئة بالجو الدافئ والعكس فى البعض الآخر من النباتات بينما بعض النباتات يمكنها الإزهار فى نطاق واسع من درجات الحرارة.**

٢ ـ الضوء

شدة الضوء: ينخفض أزهار وإثمار النباتات بإنخفاض شدة الإضاءة.

طول الموجة الضوئية: الضوء الأحمر والبرتقالى يرجع لها الدور الأساسى فى دفع النباتات للتزهير.

فترة الإضاءة: تختلف النباتات فى إستجابتها لطول فترة الإضاءة (التأقت الضوئى) وعلى ضوء ذلك تم تقسيم النباتات حسب احتياجاتها للفترات الضوئية إلى

١ ــ نباتات نهار طويل **٢ ــ نباتات نهار قصير.**

٣ ــ نباتات محايدة **٤ ــ نباتات وسطية.**

٣ـ التحولات الغذائية للنيتروجين والكربوهيدرات

- عموماً يتأثر مرحلة التزهير بالهرمونات بدرجة أكبر من درجة استهلاك المواد الغذائية للخلايا المرستيمية الزهرية.
- زيادة الإمداد بالنيتروجين يشجع تكوين الأزهار المؤنثة أكثر من المذكرة بينما نقص النيتروجين يشجع تكوين الأعضاء المؤنثة.
- نقص الكربوهيدرات يؤدى إلى ضمور وعقم حبوب اللقاح.

٤ـ بعض المواد الكيماوية

- قد تزهر بعض النباتات تحت تأثير بعض المركبات الكيماوية مثل غاز الأسيتيلين والإيثيلين وكذلك بعض الأوكسينات مثل 2.4-D & NAA .

فسيولوجيا الإزهار والتأقت الضوئى

لقد درس العديد من العلماء العمليات الضوء حيوية التى تحدث وتتم فى خلايا النبات ومن بينها التمثيل الضوئى ــ تمثيل الكلوروفيل ــ الإنتحاء الضوئى ــ الإنبساط الورقى ــ تنبيط إستطالة ــ الساق ــ التزهير ــ التأقت الضوئى.

والمقصود بالتأقت الضوئى هو إستجابة النبات لطول فترة الضوء والظلام المتعاقبة. وقد أظهرت كثير من التجارب أن النباتات المختلفة تحتاج إلى نهار له طول معين لتدخل فى طور الأزهار وبالتالى قسمت النباتات تبعاً لتأثير طول فترة الإضاءة الطبيعية فى نموها التكاثرى إلى:

١ ــ نباتات "النهار القصير" (Shorrt – day" plants") وهى تزهر فقط إذا تعرضت لفترات إضاءة طولها ١٢ ساعة أو أقل، مثل الشبيط (Cooklebur: Xanthium) والشليك (strawberry).

٢ ــ نباتات "النهار الطويل" (Long – day plants)، وهى تحتاج للأزهار إلى فترة إضاءة طولها ١٢ ساعة أو أكثر، مثل السبانخ (Spinach) والبنجر (beet) والفجل (radish).

٣ ــ النباتات غير المحدودة (indeterminate or photoneutral plants)، وفيها لا يعتمد الإزهار على طول النهار، مثل الطماطم (tomato) والقطن (cotton).

وبالرغم من أن هناك طولا أمثل للنهار (optimum day – length) للإزهار فى نباتات " النهار الطويل" ونباتات "النهار القصير"، فإن الإزهار يحدث على مدى كبير حول هذا الطول الأمثل، وعلى هذا فنباتات "النهار القصير" لها فترات إضاءة حرجة (critical photoperiod)، ولا يحدث الإزهار فى هذا النوع من النباتات إذا تعرضت لفترات إضاءة أطول من الفترة الحرجة. وبالمثل، فإن نباتات "النهار الطويل" لها فترة إضاءة حرجة، ولا يحدث الإزهار بها إلا إذا تعرضت لفترات إضاءة يومية تزيد عن الفترة الحرجة.

ونظراً لحدوث الإزهار فى مدى معين فى نباتات كل من المجموعتين، فمن المحتمل أن يكون هناك نوع من التداخل، أى قد يكون طول معين لفترة الإضاءة مناسباً للإزهار فى نباتات "النهار القصير" وكذلك فى نباتات "النهار الطويل" أما النباتات غير المحدودة فتشبه نباتات "النهار الطويل" فى أنها لا تزهر إلا فى مجال من طول النهار أطول من الفترة الحرجة، إلا أن فترات الإضاءة الحرجة فيها تكون بصفة عامة أقصر منها فى نباتات "النهار الطويل".

٤ ــ النباتات الوسطية

وبالإضافة إلى المجموعات الثلاثة السابقة، فهناك مجموعة رابعة تسمى النباتات "الوسطية" (intermediate plants) ، وهى التى تزهر فقط فى مجال معين من أطوال النهار، ولا تزهر فى فترات الإضاءة الأطول أو الأقصر من ذلك، أى أن لها فترتين من الإضاءة الحرجة، فلا تزهر فى أطول النهار الأطول من الفترة الحرجة القصوى ولا فى أطوال النهار الأقصر من الفترة الحرجة الصغرى. ومن النباتات التى تنتمى لهذه المجموعة: الفاصوليا البرية (Wild kidney bean: phaseolus polystachyus).

وجدير بالذكر، أن الأصناف المختلفة لنفس النوع النباتى، قد تختلف فى تأثيرها بالتواقت الضوئى، وعلى هذا فإن الأمثلة النباتية التى سبق ذكرها فى كل من المجموعات الأربعة، قد لا تعبر بدقة تامة عن سلوك كل صنف نباتى على حده بالنسبة للتواقت الضوئى.

أحداث التواقت الضوئى (Photoperiodic induction)

لكى يحدث الإزهار فى النباتات، لا يلزم أن تستمر المعاملة الضوئية المناسبة حتى تظهر البراعم الزهرية، فمثلاً: إذا نقلت نباتات "النهار القصير" النامية فى ظروف النهار الطويل، تتعرض وقتياً لفترات نهار قصير، ثم أعيدت إلى ظروف النهار الطويل، فإن الإزهار يبدأ عادة رغم تعرض النباتات لظروف النهار الطويل وتسمى هذه الظاهرة "بظاهرة إحداث التواقت الضوئى".

عدد دورات التعاقب الضوئى

ويختلف عدد دوارات التواقت الضوئى (Photoperiodic cycle) اللازمة لكى يحدث الإزهار من نوع نباتى إلى آخر، فبعض نباتات "النهار القصير" مثلاً، تحتاج إلى نهار قصير متبوع بليل طويل، لكى يحدث بها الإزهار إذا وجدت فى ظروف نهار طويل قبل المعاملة وبعدها، كذلك فإن إحداث التواقت الضوئى، يمكن إجراؤه على "نباتات النهار الطويل" وتسمى أية دورة من التواقت الضوئى، تؤدى إلى الإزهار فى النباتات، بدورة التأثير الضوئى (Photoperiodic cycle)، مثال ذلك، قد يحتاج نبات معين ينتمى إلى مجموعة النهار القصير، إلى فترة إضاءة طولها ٨ ساعات تتعاقب مع فترة إظلام طولها ١٦ ساعة، وهذا يكون دورة تأثير ضوئى ممكنة لهذه النباتات بينما لا تكون فترة إضاءة طولها ١٦ ساعة متعاقبة مع فترة إظلام طولها ٨ ساعات دورة من هذا النوع.

ورغم أن المعاملة الضوئية لفترة قصيرة لإحداث التواقت الضوئى تكفى لبدء الإزهار، فإن المعاملة لفترة أطول تسرع من نضج الإزهار.

وتتغير حساسية النبات فى هذا المجال حسب عمر النبات، فكثير من التجارب تشير إلى أن الأوراق الحديثة غير الناضجة، غير فعالة فى إحداث التواقت الضوئى، ولكن يلزم للغالبية العظمى من النباتات، أن يكون عليها عادة حد أدنى من الأوراق الخضرية، حتى تتحول هذه النباتات إلى النمو التكاثرى.

ويعتمد التواقت الضوئى على مدة (Duration) التعرض للإضاءة أكثر مما يعتمد على شدة (Intensity) الإضاءة، فمثلاً يكفى لكى تزهر نباتات النهار الطويل، أن تتعرض لنهار قصير، طبيعى الإضاءة، تتعرض

فيها النباتات لشدة إضاءة منخفضة. ومن الطبيعى أن شدة الإضاءة المرتفعة فى جزء من الفترة الضــوئية لازمة، كى يفى البناء الضوئى بمتطلبات النمو.

ولا يحدث الإزهار نتيجة للتعرض للضوء، إلا إذا توافر وجود ك أ، فى نفس الوقت.

ومما تجدر الإشارة إلية، أن نباتات النهار الطويل ، بعكس نباتات النهار القصير، لا تحتاج إلى دورة متعاقبة من فترات الإضاءة والظلام، ولكنها يمكن أن تزهر إذا لم تتعرض لأيه فترات من الظلام، أما نباتات "النهــار القصير"، فيلزمها فترة ظلام لكى تزهر، وطول فترة الإظلام له أهميته، مثل ما لطول فترة الإضــاءة، وهــذا يتضح بالتجارب التى يتغير فيها طول فترة الإظلام بينما تثبت فترة الإضاءة، فقد وجــد أن نباتــات "النهــار القصير"، يلزمها لكى تزهر حد أدنى من فترة الإظلام، مهما أختلف طول فترة الإضاءة. على هذا فإن إزهــار نباتات "النهار القصير" بتعرضها للنهار القصير، يكون نتيجة لأن فترات الإظلام طويلة، ولــيس نتيجــة لأن فترات الإضاءة قصيرة، كذلك يتضح أهمية فترة الإظلام من التجارب التى تعرض فيها النباتات أثنــاء فتــرة الإظلام للضوء لفترة قصيرة. إذ لا تزهر هذه النباتات، وبالمثل ن فإن نباتات "النهار الطويل" لا تزهــر فــى ظروف النهار القصير ، وهذا يرجع أساساً إلى فترات الإظلام تكون أطول مما ينبغى، فمثــل هــذه الأنــواع النباتية تزهر فى فترات الإضاءة القصيرة، لو إنها تعاقبت مع فترات من الإظلام، تكون قصيرة أيضاً.

وعلى هذا فإن العامل المتحكم فى التواقت الضوئى، هو أساساً طول أطول فترة إظــلام متصــلة longest (continuous dark perood) فى دورة التواقت الضوئى، وليس الطول الكلى لفترة الإضــاءة أو لفتــرة الإظلام فى أى دورة طولها ٢٤ ساعة. ولهذا فقد يطلق اصطلاح نباتات "الليــل الطويــل" (long – night) ليعبر بطريقة أدق عن النباتات المعروفة بإسم نباتات "النهار القصير" ، وكذلك قد يطلق اصــطلاح نباتــات "الليل القصير" (Short – night) ليعبر بطريقة أدق عن النباتات المعرفة بإسم نباتات "النهــار الطويــل". وطبقاً لهذا التقسيم، فإن نباتات "الليل الطويل" لا تزهر إلا إذا زادت فيها فترة الإظلام عن حد معين. ولكن قد يفضل أستعمال اصطلاحات نباتات "النهار الطويل" ونباتات "النهار القصير" لإنتشار هذه التسمية.

ونباتات النهار القصير يلزمها حد أدنى من طول فترة الإظلام لكى تزهر. والدليل على أن فترة الظلام يهمه جداً هى أن إذا تعرضت هذه النباتات أثناء فترة الإظلام للضوء فإنها لا تزهر.

وتؤثر درجة الحرارة على تأثر النباتات بالتعاقب الضوئى، وعلى العموم قد تكون درجة الحرارة أثناء فترة الإظلام أكثر أهمية فى هذا المجال عن درجة الحرارة أثناء فترة الإضاءة.

وتشير كثير من النتائج، أنه فى حالة نباتات "النهار القصير" وكذلك نباتات "النهار الطويل" فإن الأوراق، وليست القمم النامية حيث تكون البراعم الزهرية، هى التى تستقبل مؤثر التواقت الضوئى (Photoperiodic stimulus) ففى إحدى التجارب أزهر نبات السبانخ (Spinach) (أحد نباتات مجموعة " النهار الطويل") حينما تعرضت الأوراق لفترات إضاءة طويلة، ولكن إذا تعرضت القمم النامية لفترات إضاءة طويلة، بينما تعرضت الأوراق لفترات إضاءة قصيرة، فإن النبات يظل فى الحالة الخضرية. ولما كانت تفاعلات التواقت الضوئى تحدث فى الأوراق، فإن تأثيرها يجب أن ينتقل بطريقة ما إلى المرستيمات، حتى ينتقل النبات إلى النمو التكاثرى وتختلف المسافة التى ينتقل فيها التأثير بإختلاف النباتات وبعوامل أخرى.

أهمية فترة الإظلام:

ثبت مما لا يدع مجالاً للشك أن التزهير فى كل من نباتات النهار الطويل والقصير تتأثر أستجابتها لطول فترة الإظلام عن تلك لفترة الإضاءة، ومعنى ذلك أن نباتات النهار القصير تزهر بعد تعرضها لفترة إظلام أكبر من فترة حرجة أما نباتات النهار الطويل تزهر بعد تعرضها لفترة إظلام أقل من فترة حرجة. من ذلك نصل إلى طول فترة الإظلام أكثر أهمية لتشجيع التزهير إلا أن فترة الإضاءة لها تأثير كمى على التزهير. (عدد المنشئات الزهرية)

أهمية فترة الإضاءة

كما أن طول فترة الظلام تحدد إنشائية المنشئات الزهرية الأولية إلا أن طول الفترة الضوئية يؤثر على عدد تلك المنشئات الأولية.

علاقة الفيتوكروم بالإزهار

صبغة الفيتوكروم توجد فى صورتين، صورة الفيتوكروم الممتص للضوء الأحمر (Pr) وصورة الفيتو كروم الممتص لضوء الأحمر البعيد (Pfr) هى الصورة النشطة والفعالة فسيولوجيا. والصورتان تتحولان فيما بينهم كيموضوئياً. كما أن صورة (Pfr) تتحول ببطء إلى صورة (Pr) فى الظلام أو تتحول إلى مركب غير معروف غير نشط. والتحول الإظلامى لصورة (Pfr) إلى صورة (Pr) يظهر أنها محصورة فى ذوات الفلقتين.

ملحوظة: Pfr مهمة جداً فى أزهار كل من نباتات النهار الطويل أو القصير ويجب معرفة أن كى تحدث أزهار فى نباتات طويلة النهار لابد من تركيز عالى من صبغة Pfr. ولكى يحدث الإزهار فى النباتات قصيرة النهار فلابد من تركيز منخفض من صبغة Pfr.

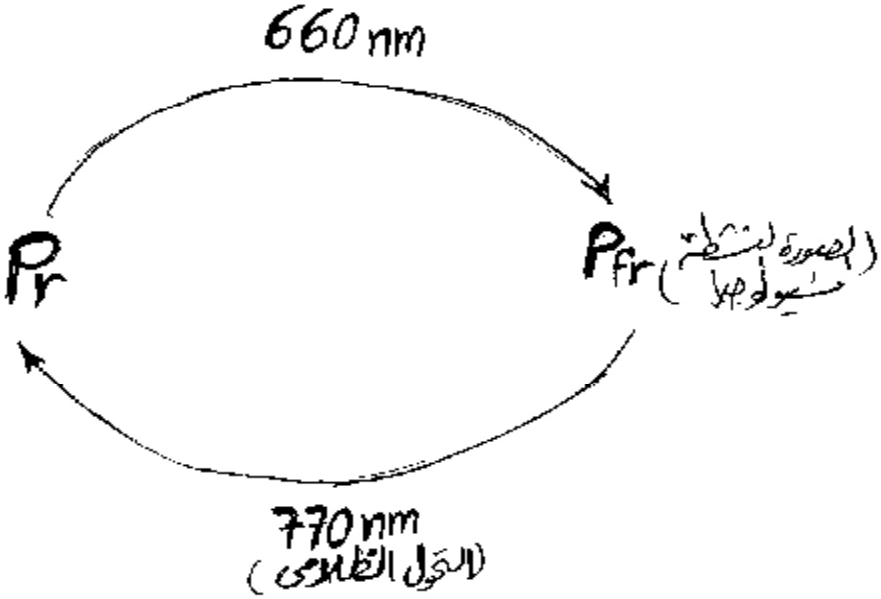
Pfr فوق مستوى معين ⟵ تشجيع للإزهار فى نباتات النهار الطويل بينما يحدث تثبيط لإزهار نباتات النهار القصير فى وجود هذا التركيز المرتفع من Pfr.

Pfr ظلام ⟵ تراكم Pr ونقص المحتوى من Pfr يشجع إزهار نباتات النهار القصير بينما تظل نباتات النهار الطويل فى حالة نمو خضرى.

أما بخصوص التعرض للضوء خلال اليوم فإن صورة (Pfr) للفيتوكروم تتراكم فوق مستوى حرج وتحدث تشجيع للإزهار فى نباتات النهار الطويل ولكنها لا تشجع إزهار نباتات النهار القصير تحت هذا المستوى الأعلى من المستوى الحرج.

ودور فترة الظلام إنها تقدم الوقت للتحول الظلامى من صورة (Pfr) إلى صورة (Pr). تحت المستوى الحرج لصورة (Pfr) فإن نباتات النهار الطويل تظل فى الحالة الخضرية أى لا تزهر. وبمعنى آخر فإن وجود (Pfr) فى مستوى أقل من المستوى الحرج فإن ذلك سوف يشجع تزهير نباتات النهار القصير. ولابد أن نضع فى الإعتبار أن صورة (Pfr) لازمة لتزهير كل نباتات النهار القصير والطويل.

التحول الكيموضوئى لصبغة الفيتوكروم



يرسم ويوضح علاقة صبغة الفيتوكروم بالازهار

عند تعرض نباتات النهار القصير إلى الضوء الأحمر أثناء فترة الإظلام فإن ذلك يسبب تثبيط التزهير. ولو أعقب الضوء الأحمر بالضوء الأحمر سوف يسبب تحول (pr) إلى الصورة (pfr) ما يثبط التزهير فى نباتات النهار القصير.

هرمونات التزهير والجبريلينات:

أطلق اصطلاح الفلوروجين أى عامل التزهير على ذلك الهرمون التزهيرى الذى افترض وجودة فى النباتات المستحثة ضوئيا ومن المعروف أن الفيتوكروم هو المستقبل الضوئى والعامل الوسيط المنتج للفلوروجين فى الأوراق والذى ينتقل بالتالى إلى المرستيمات الخضرية وينشط تحويلها إلى مرستيمات زهرية.

لوحظ أنه عند إضافة الجبريلين GA إلى معظم نباتات النهار الطويل يسبب تزهير تلك النباتات والتى وضعت تحت ظروف غير مهيئة للأزهار. وعلى الرغم من ذلك فإنه لا يمكن أفتراض أن الجبريلين هو هرمون التزهير ولكن الجبريلين يحفز النمو والتكشف الذى يكمل احتياجات تكشف الأزهار وانمائها، حيث من المعروف أن الجبريلين يسبب استطالة الشمراخ الزهرى (الساق الحاملة للأزهار) والمعروفة باسم الحنبوط تسبق فى استطالتها قبل ظهور أى منشئات زهرية أولية لذلك فقد استنتج أن الجبريلين يحفز النمو والتكشف الذى يكمل احتياجات تكشف الأزهار وانمائها. وأمكن بالبرهان معرفة أن فكرة الحنبطة والتزهير عمليتان منفصلتان ولكن بعض الشيء متلازمتان.

كما أمكن إثبات أن الجبريلين (مؤخرات النمو) كمثبط لتمثيل الجبريلين لوحظ تثبيط لعملية الحنبطة ولكن التزهير لم يثبط.

كيف يتكون الفلوروجين؟

ضوء ← (مستقبل) أوراق النبات والتى تحتوى على الفيتوكروم ← إنتاج هرمون الفلوروجين ← ينتقل الفلوروجين إلى المرستيمات الخضرية وتحولها إلى مرستيمات زهرية

أعلن العالم كالاجان أن هناك أرتباط بين الجبريلينات وهرمونات التزهير فى الإستجابه للفترة الضوئية للتزهير. وقد أقترح أن هناك خطوتان تدخلان فى عملية التزهير الأولى خطوة وسيطة بواسطة الجبريلين

والثانية بواسطة واحد أو أكثر من عوامل التزهير تسمى الأنثيسنيات. والجبريلين والأنثيسنيات تكون الفلوروجين الحقيقى.

وطبقاً لهذا الإقتراح فإن نباتات النهار الطويل تحت ظروف دورات غير إستحثاثية تحتوى على كمية كافية من الأنثيسنيات ولكن لا تحتوى على كمية كافية من GA . ويحدث العكس فى نباتات النهار القير حيث تحتوى على تركيز مرتفع من GA ومنخفض من الأنثيسنيات. وهذا مما يؤدى تشجيع تزهير نباتات النهار الطويل عند إضافة الجبريلين GA إليها، فى الدورات غير الإستحثاثية.

علل؟ عدم إزهار نباتات النهار الطويل أو القصير عند وضعها فى ظروف دورات غير استحثاثية؟

ما علاقة GA بالإزهار فى نباتات النهار الطويل؟

يجب معرفة أن:

- **هرمون الفلوروجين يتكون من الجبريلينات ــ الأنثيسنيات.**
- **الجبريلين مسئول عن النمو التكشف والذى يكمل فيما يعد عملية الإزهار مثل تشجيع إستطالة الشمراخ الزهرى قبل تكوين منشأت الأزهار.**
- **فكرة الحنبطة والتزهير عمليتان منفصلتان ولكنهما متلازمتان والدليل على ذلك**
  - **أن GA لا يشجع إزهار نباتات النهار القصير.**
  - **عند معاملة النباتات طويلة النهار بمضاد الجبريلين ←——— حدث تثبيط للحنبطة بينما التزهير لم يثبط.**