

المحاضرة الثالثة

التزهير Flowering

أن جميع نباتات مغطاة البذور غالباً ما تزهر لبعض الوقت خلال فتره حياتها - ماعدا بعض الشواد . ويحصل ذلك في النباتات التي تسمى **وحيدة الثمر Monocarpis** مره واحدة ، وذلك خلال السنه الأولى أو الثانية (النباتات الحولية annuals وثنائيه الحول biennials) ، أو بعد عدة سنوات من النمو الخضري النقي . وتعتبر نباتات الخيزران (الغاب الهندي) bamboos ونبات القرن century plant كأمثله للمجموعة الأخيرة ، وهي تشبه النباتات وحيدة الثمر الأخرى ، بان حياتها ينتهي بعد التزهير . اما نباتات متعددة الثمر perennials (المعمره polycarpic) فإنها تزهر غالباً وتستمر في الحياة لعده سنوات مثل النباتات الخشبية أو الأعضاء المعمرة (الالأبصال bulbs والرايزومات rhizones و...).

أن المرستيم القمي الخضري الاعتيادي للسوق يكون غير محدود ، يعني ذلك إنها تستمرة في إنتاج المنتجات لفتره غير محدودة . ومن الناحية النظرية لا تتوقف هذه الحاجة ، حيث نجد في الاشجار أن المرستيمات تبقى فعاله لعده سنوات قادمه ، إذ إنها تتحمل فترات متقطعة من الكمون (عده سنوي). ولكن عند تحول القمه إلى زهره ، فإنها تتخصص كلياً لتكون منشئات الازهار ، وهذا يجعلها عديمة المقدرة للقيام بأفعال التكوين الشكلي morphogenetic activity ، أي إنها تصبح قمه محدودة. وتعتبر كيفية تحول نوع من القمه إلى نوع آخر ، فكره واضحه للتكون الشكلي ، وكتونه يقع ضمن صميم علم الاحياء .

واننا لم نفهم فسلجه وكيفما حياتيه هذا التغير ، ولكننا سوف نرى فيما بعد بانها تستحدث نتيجة وصول اشارات قادمه من الأوراق . وبما أن الازهار في اغلب النباتات تكون ثنائية الجنس bisexual فان منشئات الاسديه stamens والمدقفات pistils تتكون خلال تحويل القمه . وبما ان بعض الأنواع لها ازهار احاديه الجنس unisexual Flowers أي إنها تحمل اما الأسدية أو المدقفات . لذا فان العامل المسيطر الآخر الموجود في القمه هو الذي يحدد الجنس . وفي بعض الحالات فان طول النهار ودرجة الحرارة تشتراك ضمن هذا العامل المسيطر . فمثلما النهار الطويل ودرجات الحرارة المرتفعة تسهل إنتاج الازهار الذكورية في بعض أنواع القرع cucurbit .

اما العوامل المسيطرة الداخلية -الهورمونات- تقدر أيضاً أن تحدد نوعية الجنس . أن المستويات العالية من الاوكسجين تحفز تكوين الازهار الانثوية female، بينما تسبب الجبريلينات تكوين الازهار الذكورية . وفي الحقيقة يمكن السيطرة على نوعيه الجنس في بعض النباتات وذلك بإضافة الهرمون الخاص بنوعيتها .

وحتى بالمشاهدة الطارئة ممكن أن نلاحظ حصول التزهير في النباتات المختلفة من نفس النوع في نفس الوقت . ويعتبر ذلك من الناحية الحياتية ذا اهميه كبيره ، إذ أن عده أنواع من النباتات يجب أن تضرب عكسيا cross-fertilised ، وذلك رغم عدم وجود فائدة وراثية كبيرة للعملية . ويعود توافق التزهير لوجود بعض العوامل المسيطرة .

وتعتبر درجه الحرارة وطول النهار من العوامل البيئية الرئيسية المهمة. وعلى الاغلب فان التزهير في عده نباتات لا يكون تحت سيطرة العوامل البيئية ، حيث تقوم الفعاليات الداخلية بالعمل ، والعوامل كالعمر الحقيقي وال عمر الفسلجي (مثال ذلك عدد العقد المنتجة) تكون مهمه بصورة خاصة. أن معظم البحوث العلمية على التزهير قد انحصرت بتأثير سيطرة طول النهار ودرجة الحرارة والتي أصبحت الآن موضحة بصورة أكثر .

لقد سميت السيطرة على التزهير بواسطة طول النهار بالتوافت الضوئي photoperiodism من قبل جارنر Garner والارڈ Allards اللذان انجزا اول التجارب المناسبة لهذا الموضوع . ونحن نُقدر الآن بان عدداً كبيراً من ادوار التكoin في النباتات تنظم بواسطة الفترة الضوئية (أي طول النهار) ، ولذا فان هذا الاصطلاح لم يحدد بالنسبة للتزهير منذ زمن بعيد .

لقد عمل كل من جارنر والارد على عده أنواع من التبغ وفول الصويا Soya-bean وتبغ الماموث المريلاندي Marland Mammoth tobasso ونوع خاص من فول الصويا بتصوره متعاقبة . ووجدوا بان نمو تبغ الماموث المريلاندي في الحقول خلال الصيف يصل إلى أكثر من (10) اقدام دون تكoinه للإزهار ، بينما عند نموه في البيوت الزجاجية green house خلال الشتاء فإنه يكون الازهار بمجرد أن يصل طوله إلى (5) اقدام . أن نوع فول الصويا (البايلوكسي) تزهر غالباً في شهر ايلول . وذلك عندما يكون عمر النباتات سواء 60 أو 120 يوم . وقد عرف حالياً طول النهار يعتبر اهم عامل مسيطر ، وان كل هذه النباتات تحتاج لنهر قصير لتكوين الازهار . وقد وضعت اصطلاحات نباتات تتطلب النهار القصير للإزهار (SDP) ونباتات تتطلب النهار الطويل للإزهار (LDP) ونباتات تتطلب النهار المتوازن للإزهار (DNP) ، لتوضيح أنواع التأثير التي اكتشفت اولاً . ومهما يكن فأنت الان نعلم أكثر من ثلاثة اقسام من الفترات الضوئية . فمثلاً بعض النباتات تحتاج إلى نهر قصير ثم إلى نهر طويل ، وتعتبر هذه من النباتات التي تتطلب نهر قصير - الطويل للإزهار . وتسجل الابحاث الحديثة عن التزهير قائمه بأربع وستين مجموعة في الفترات الضوئية للنباتات ، وكثير منها يظهر تداخلات معقدة بين درجة الحرارة وطول النهار . أن النباتات تتطلب النهار القصير للإزهار ونباتات تتطلب النهار الطويل للإزهار هي التي يحفز فيها التزهير بواسطة الفترة الضوئية النهائية بالنسبة إلى كل من القصر والطول أكثر من أي قيمة خاصة ، وتسمى هذه بالفترة الضوئية الحرجة Critical daylength .

أن بعض الأنواع من الداودي chrysanthemum ونباتات الحشك (cocklebur) والكينوبوديوم (Goose Foot) تعتبر كأمثلة لنباتات النهار القصير . بينما يعتبر السيناغ Spinach والفجل ونبات السكران (henbane) Hyoscyamus niger والشوفان كلها من نباتات تتطلب النهار الطويل للإزهار اما نباتات تتطلب النهار المتوازن للإزهار فإنهما تشمل الطماطة والحمص والباقلاء والبانيسيا (زهرة الثالث). أن عده أنواع من نباتات الحشك ونباتات السكران لها حاجه شديدة للفترة النهارية الملائمة ، وليمكنها الازهار عندما تعرض لأيام طويلة أو قصيرة بحوالي (30) دقيقة فقط .

وهذا الإحساس النوعي يعتبر كمؤشر في النباتات التي يمكنها قياس الزمن بصورة مدهشه وباتفاق . وحتى بعض النباتات الاستوائية tropical plants التي تعيش ضمن خطوط العرض التي يصل فيها كل التغيير السنوي في طول النهار مقدار (50) دقيقة ، فإن التزهير يكون فيها في شهر ايلول وذلك عندما يقل طول النهار تماماً عن المدة الحرجة وهي 12,25 ساعه . المنحني الذي يبين استجابات التزهير ولكنه لا تظهر هذه الفترة النهارية الحرجة بصورة واضحه . وتعتبر هذه الحساسية الكمية لطول النهار .

وسوف نوضح بان تقسيمنا للنباتات إلى الـ SDP والـ LDP لا تعتبر فيما مطلقه للفترة النهارية التي اشير إليها من عدم وجود اختلافات كبيره بين أنواع النباتات المختلفة .

أن بعض نباتات الـ SDP تزهر تحت نفس الفترة النهارية تماماً كما هي الحال في بعض نباتات الـ LDP ومهما يكن فان تقليل الفترة النهارية يستمر في زيادة تحفيز النوع الأول ويثبت النوع الأخير . ولو أن النباتات لها متطلبات من المعدلات الدقيقة للفترة الضوئية لتكوين الازهار ، لكنها لا تحتاج أن تستمر على الاحتفاظ بالفترة النهارية المعتمد عليها .

فمثلاً نبات الحشك يكون حساساً للغاية ، ولكن يوماً قصيراً واحداً فقط الذي هو اقل من 15,50 ساعه من الفترة الضوئية يكون كافياً لتحفيز تكoin الازهار ، خلال أسبوعين أو ثلاثة فيما بعد . ومهما يكن فان اغلب الأنواع الأخرى تحتاج للتعریض لعده فترات من اطوال النهار المعتمد عليها قبل أن تكون الازهار فيما بعد .

ولما كان ظاهراً بان النباتات تتأثر بطول النهار ، فأننا سوف نطرح الآن سؤالين : كيف "تعرف" النباتات ما هو طول النهار ، ومتى تقدر على معرفه ذلك ؟ وكيف تتمكن من استغلال هذا التباو ؟ أن هذا الإحساس يستعمل غالباً وبالتأكيد في بناء هرمونات التزهير Flowering hormones . وسوف نرى ما هي دلائل هذا لذلك الهرمون، وain يمكن بناءه؟

Three Types of Genes Regulate Floral Development

Mutations have identified three classes of genes that regulate floral development: floral organ identity genes, cadas-tral genes, and meristem identity genes.

1. **Floral organ identity genes** directly control floral identity. The proteins encoded by these genes are transcription factors that likely control the expression of other genes whose products are involved in the formation and/or function of *floral* organs.
2. **Cadastral genes** act as spatial regulators of the floral organ identity genes by setting boundaries for their expression. (The word *cadastre* refers to a map or survey showing property boundaries for taxation purposes.)
3. **Meristem identity genes** are necessary for the initial induction of the organ identity genes. These genes are the positive regulators of floral organ identity.

المراحل المختلفة في حياة النبات:

يمكن تقسيم حياة النبات إلى ٤ أو ٥ مراحل وهي على التوالي مرحلة الإنبات ومرحلة النمو الخضرى ومرحلة الإزهار ومرحلة الإثمار وقد توجد مرحلة الشيخوخة في بعض النباتات . لتقدير المراحل المختلفة في عمر النبات ودرجات النمو فيها يعتبر أحسن طريقة لتقدير النمو في النبات هي طريقة الوزن الجاف في المراحل المختلفة للنبات ورسم ذلك في رسم بياني ينبع عنه شكل حرف S ولذلك يسمى هذا المنحنى S shaped curve or sigmoid cuvre حيث يلاحظ أن الوزن الجاف يقل أثناء مرحلة الإنبات ثم يزداد تدريجياً أثناء مرحلة النمو الخضرى ثم تقل أو تتوقف الزيادة أثناء مرحلة الإزهار والإثمار ثم يقل الوزن الجاف أثناء مرحلة الشيخوخة ومن ذلك يتضح أن مرحلة الإزهار يسبقها عادة مرحلة النمو الخضرى ويليها مرحلة الإثمار ثم الشيخوخة إن وجدت .

الحالات المختلفة للإزهار:

من المعروف أنه لابد أن يسبق الإزهار طور أو مرحلة النمو الخضرى ولكن في القليل من النباتات يمكن أن يزهر النبات في عدم وجود الأوراق ومثال ذلك بعض

النباتات متساقطة الأوراق. فقد وجد في بعض أنواع الصفاصاف وأشجار الع JACKARANDA Jacaranda وبعض أشجار الحلويات مثل الخوخ والبرقوق والمشمش تكون البراعم الزهرية والأزهار وبعد ذلك بفترة تفتح البراعم الخضرية وتكون الأوراق وتحليل ذلك في بعض النباتات مثل الصفاصاف ومثلها النباتات الأخرى أن البراعم الزهرية تحتاج إلى درجة حرارة منخفضة بدرجة كبيرة حتى تتفتح في حين أن البراعم الخضرية تحتاج إلى درجة حرارة أعلى نسبياً لكي تتفتح وفي نهاية فصل الشتاء تتفتح البراعم الزهرية أولاً حيث الشتاء القارص البرودة ثم تتفتح البراعم الخضرية حيث الجو أكثر دفئاً نسبياً ، وتوجد حالة نادرة في النباتات حيث يمكن أن يزهر النبات مباشرة بعد طور الإنبات ومثال ذلك نبات Chenopodium rubrum .

يمكن تحديد مراحل النمو المختلفة في كثير من النباتات ولكن يصعب فصلها تماماً عن النمو الخضرى في كثير من النباتات ومثال ذلك حالة نبات القمح والشعير والأرز حيث يكمل النبات مرحلة نموه الخضرى تماماً ثم يتحوال البرعم الطرفي إلى برعم زهرى ليكون السنابل وبالتالي يمكن تحديد مرحلة النمو الخضرى ويليها بتحديد واضح مرحلة الإزهار وتكون السنابل وفي هذه الحالة يتحوال البرعم الطرفي إلى برعم زهرى لتكون الأزهار والعكس صحيح في نباتات أخرى كثيرة مثل الطماطم والبطاطس حيث أثناء نمو البرعم الطرفي وتكونيه لمجموع خضرى يخرج من آباق الأوراق الأزهار وهكذا يستمر البرعم الطرفي في نموه مكوناً مجموعاً خضرى وأزهار وهكذا لا يمكن فصل مرحلة النمو الخضرى عن مرحلة الإزهار تماماً.

تحتفل عدد مرات الإزهار في حياة النبات باختلاف نوع النبات ففي النباتات الحولية أو الفضائية تزهر مرة واحدة في دورة حياتها ثم تموت . والنباتات ذات الحولين تزهر في السنة الثانية وفي النباتات المعمرة يزهر النباتمرة واحدة عادة في السنة وفي أشهر معينة من السنة دون الفصول الأخرى ومثال ذلك التفاح حيث يزهر في أواخر الشتاء وأول الربيع وأيضاً الخوخ والمشمش ولكن في بعض النباتات يمكن

أن تزهر بشدة في وقت معين وتزهر بقلة في وقت آخر ومثال لذلك الكثري ونبات الجاكارندا حيث تزهر بشدة في الربيع ولكن في أواخر الصيف أو أوائل الخريف يمكن أن تزهر ويسمى بالترجيع. وفي بعض النباتات المعمرة الأخرى لا تزهر النباتات كل سنة بل تزهر كل سنتين مرة واحدة حيث تزهر في السنة الأولى ولا تزهر في السنة الثانية وهكذا على التوالي مثال ذلك أشجار المانجو. وفي بعض النباتات المعمرة يمكن أن يزهر النبات مرة واحدة فقط طول فترة حياته ومثال ذلك بعض أنواع نبات الـ *Agave*.

ويعقب الأزهار مباشرةً طور الإثمار وفي هذه الحالة يتوجه كل الغذاء المجهز في النبات إلى الثمرة الصغيرة حيث تنمو بسرعة ولذلك يقل أو يتوقف تماماً النمو الخضري حيث يتحول كل الغذاء المجهز في النبات لتكوين الثمار ولكن تصل إلى الحجم الطبيعي المناسب. ولذلك فإنه في كثير من النباتات يجب إزالة الثمار باستمرار دوريًا لإعطاء الفرصة للنمو الخضري لكي يستمر إلى أطول فترة ممكنة حيث يعمل ذلك على زيادة محصول الأزهار والإثمار تبعًا لنوع النبات ومثال ذلك في نباتات الخضر أن يتم يجب جمع ثمار القرع بعد ٢-٣ أيام على الأكثر من تفتح الزهرة وأن ترك ثمرة واحدة دون قطع يمكن أن يوقف أو يقلل النمو الخضري بدرجة كبيرة حيث تكبر الثمرة إلى درجة كبيرة جداً ولا يكون النبات أذهار أو أي ثمار أخرى وبذلك يقل محصول النبات ويمكن أيضًا تطبيق هذه القاعدة في بسلة الزهور حيث أنه من المعروف أنه لابد من قطع الأزهار مباشرةً مجرد تفتحها للحصول على أكبر قدر ممكن من الأزهار حيث أنه من المعروف أن ترك الأزهار والتآخر في قطعها يسبب تكوين الثمار وبالتالي يقل النمو الخضري ويقل محصول النبات من الأزهار حيث أن الثمار تستهلك جزء كبير من الغذاء وهذه القاعدة معروفة لدى مربي الأزهار.

العوامل المؤثرة على الإزهار:

تنمو النباتات الحولية في الظروف الطبيعية نمواً خضررياً إلى حين، ثم تظهر عليها

الأزهار بعد ذلك. في النباتات المعمرة تظهر الأزهار في أوقات معينة من السنة. وقد بذلت محاولات مختلفة لتفسير ظاهرة إنتظام ظهور الأزهار على النباتات. فأشار Sachs عام ١٨٦٥ إلى إحتمال ظهور مادة ما في أنسجة النبات في وقت معين، وأن هذه المادة تنظم تكوين الأزهار. وكأنما كان هذا العالم يتمنى بوجود ما يشبه الهرمونات قبل إكتشافها. ولم تخطر هذه النظرية باهتمام كبير لعدم وجود أساساً عملياً لها.

ثم ظهرت بعد ذلك نظرية أخرى للعلميين Kraus & Kraybill عام ١٩١٨ تشير إلى

أن تكوين الأزهار لا يتم إلا إذا توافرت في النبات نسبة معينة من
المواد النيتروجينية
المواد الكربوأيدراتية

وقد لقيت هذه النظرية إهتماماً كبيراً وأحرجت أبحاث عديدة حول موضوعها ، ولكن ثبت أن نباتات كثيرة تزهر عند نسب مختلفة من النيتروجين / الكربون. فقل الإهتمام بهذه النظرية.

تمكن العلمان Garner & Allard عام ١٩٢٠ أثناء تجاريهم على صنف معين من نبات التبغ وهو الصنف Maryland Mammoth من إثبات أن هذا النبات لا يزهر إطلاقاً في فترة الصيف ويمكن أن يزهر في الشتاء داخل الصوب. وقد يتضح من تجاريها أن العامل الجوهرى الفعال هو مدة الإضاءة وأن درجة الحرارة غير هامة في ذلك حيث لم يكن لها تأثير في هذه الحالة بالرغم من اختلاف درجة الحرارة في الصيف والشتاء ولكن يتضح أن فترة الإضاءة هي العامل الفعال والجوهرى في إزهار هذا النبات واتضح أن هذا النبات دون أصناف نبات التبغ الأخرى يتميز بأنه من نباتات النهار القصير حيث يحتاج إلى فترة إضاءة منخفضة نسبياً لكي يتم الأزهار وفي فترة الإضاءة الطويلة لا يمكن للنبات أن يزهر وذلك كما حدث في الصيف وقد يتضح أيضاً أن الإضاءة الصناعية تماثل الإضاءة الطبيعية في تأثيرها على الإزهار وفترة التواقت الضوئي .

ثم تمكن العالم Gassner عام ١٩١٨ أثناء تجاريته على القمح الريبي والقمح الشتوى من إثبات أن درجة الحرارة لها تأثير على الإزهار.

تعتبر صفة الإزهار صفة وراثية شأنها شأن أي صفة أخرى حيث يتحكم فيها العوامل الوراثية والعوامل البيئية. فتحكم الوراثة في عملية الإزهار كما أتضح أن فترة التوافر الضوئي ودرجة الحرارة من العوامل البيئية الهامة التي تؤثر على الإزهار وذلك بالطبع بالإضافة إلى العوامل الوراثية.

أنواع التوافر الضوئي المختلفة في النباتات Photoperiodism

يمكن تقسيم النباتات تبعاً لفترة التوافر الضوئي إلى ٥ مجاميع :

(١) نباتات قصيرة النهار Short day plants

وهي عبارة عن نباتات تحتاج إلى نهار قصير لكي تزهر وقد اتضح بعد ذلك أن العامل المؤثر في الإزهار هو طول فترة الظلام وليس طول فترة الضوء حيث يتضح أن نباتات النهار القصير هي أساساً نباتات ليل أي ظلام طويل وأن العامل المحدد هو طول فترة الظلام وليس طول فترة الإضاءة ومثال ذلك نبات *Xanthium pennsylvanicum*، فقد يتضح أن مدة الضوء لا تزيد عن $\frac{3}{4}$ ١٥ ساعة لكي يزهر ومدة الظلام يجب أن لا تقل عن ٨,١٥ ساعة لكي يزهر وإذا زادت فترة الإضاءة أو قلت فترة الظلام عن هذا الحد فإن النبات لا يزهر. والعكس صحيح في حالة قلة فترة الإضاءة أو زيادة فترة الظلام عن هذا الحد فإن النبات يزهر أي في حالة ظلام لمدة تصل عشرون ساعة في اليوم الواحد فإن النبات يزهر. ومن ذلك يتضح أن العامل المحدد في نباتات النهار القصير هو طول فترة الظلام ولذلك يجب تسمية هذه النباتات بالنباتات ذات الليل الطويل. ولذلك يوجد ما يسمى بفترة الظلام الحرجة critical period وهي عبارة عن أقل فترة ظلام يحتاج إليها النبات لكي يزهر وأن أقل من هذه الفترة لا يمكن للنبات أن يزهر ومن أمثلة النباتات قصيرة النهار وبالإضافة إلى نبات *Xanthium Maryland Mammoth* صنف نبات التبغ المعروف بإسم ونبات البن.

(٢) نباتات النهار الطويل Long day plants

وهي عبارة عن نباتات تحتاج إلى فترة إضاءة طويلة لكي تزهر. وفي حالة الإضاءة القصيرة لا يمكن للنبات أن يزهر. ولكن يتضح أيضاً أن العامل المحدد والجوهرى في عملية الإزهار هو طول فترة الظلام وليس طول فترة الإضاءة وأن هذه النباتات تحتاج إلى فترة ظلام قصيرة عبارة عن بعض ساعات ولذلك يجب تسمية هذه النباتات بالنباتات ذات الليل القصير. ومن أمثلة لذلك نبات السكران *Hyoscyamus niger* والسبانخ والفجل والنعناع.

(٣) نباتات محايدة أي متعادلة الفترة الضوئية Neutral day plants

وهي عبارة عن نباتات لا تتأثر بطول فترة الظلام أي فترة الإضاءة ومثال ذلك نبات الطماطم ويمكن تلخيص ما سبق في الجدول التالي.

نباتات محايدة	قصيرة النهار	طويلة النهار	المعاملة في اليوم الواحد	Neutral day plants
أزهار	لا يحدث أزهار	ظلام ١١ ساعة ضوء ١٣ ساعة	٢٠ ساعة ضوء	
إزهار	إزهار	٤ ساعة ظلام	١٣ ساعة ضوء	

(٤) نباتات طويلة قصيرة النهار long Short day plants (LSDP)

وهي عبارة عن نباتات تحتاج إلى نهار طويل لبعض أيام ثم يلي ذلك نهار قصير لبعض أيام أخرى وذلك لكي يتم الإزهار ومثال ذلك نبات السترم *Cestrum nocturnum* ونبات البرايفيللم *Bryophyllum crenatum*.

(٥) نباتات قصيرة طويلة النهار Short long day plants (SLDP)

وهي عبارة عن نباتات تحتاج إلى نهار قصير لبعض أيام ثم يلي ذلك نهار طويل لبعض أيام أخرى ومثال ذلك نبات كامبنيولا *Campanula medium*.

Night Breaks Can Cancel the Effect of the Dark Period

A feature that underscores the importance of the dark period is that it can be made ineffective by interruption with a short exposure to light, called a **night break** (see Figure 24.19A). In contrast, interrupting a long day with a brief dark period does not cancel the effect of the long day (see Figure 24.19B). Night-break treatments of only a few minutes are effective in *preventing* flowering in many SDPs, including *Xanthium* and *Pharbitis*, but much longer exposures are often required to *promote* flowering in LDPs. In addition, the effect of a night break varies greatly according to the time when it is given. For both LDPs and SDPs, a night break was found to be most effective when given near the middle of a dark period of 16 hours (Figure 24.20).

The discovery of the night-break effect, and its time dependence, had several important consequences. It established the central role of the dark period and provided a valuable probe for studying photoperiodic timekeeping. Because only small amounts of light are needed, it became possible to study the action and identity of the photoreceptor without the interfering effects of photosynthesis and other nonphotoperiodic phenomena. This discovery has also led to the development of commercial methods for regulating the time of flowering in horticultural species, such as *Kalanchoe*, chrysanthemum, and poinsettia (*Euphorbia pulcherrima*).

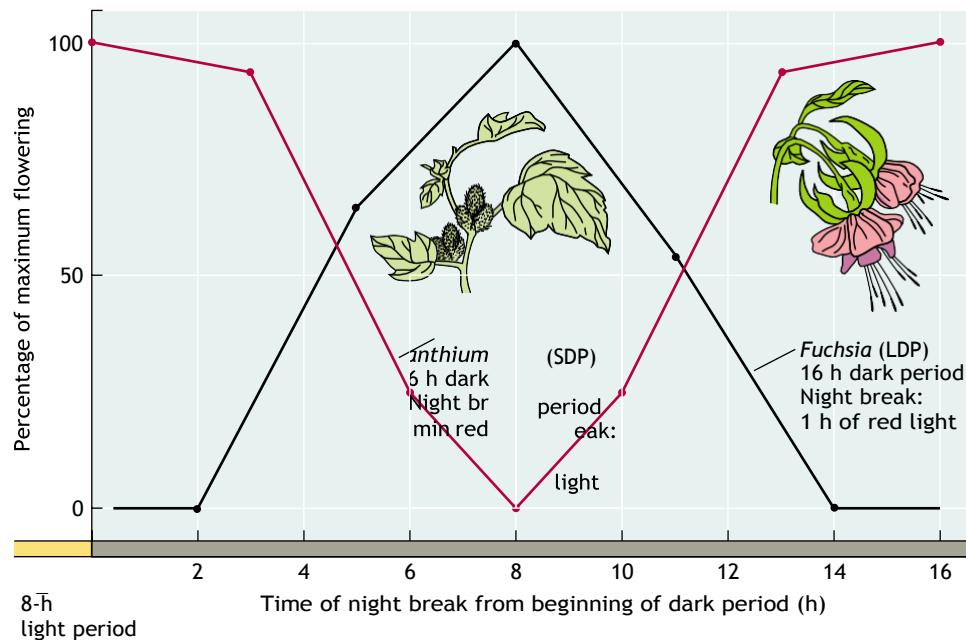


FIGURE 24.20 The time when a night break is given determines the flowering response. When given during a long dark period, a night break promotes flowering in LDPs and inhibits flowering in SDPs. In both cases, the greatest effect on flowering occurs when the night break is given near the middle of the 16-hour dark period. The LDP *Fuchsia* was given a 1-hour exposure to red light in a 16-hour dark period. *Xanthium* was exposed to red light for 1 minute in a 16-hour dark period. (Data for *Fuchsia* from Vince-Prue 1975; data for *Xanthium* from Salisbury 1963 and Papenfuss and Salisbury 1967.)

