الحساسية للفترة الضوئية Photosensitivity فى النباتات الزهرية يتحكم فيها — غالبًا — جين واحد، أو عدد قليل جدًا من الجينات. فمثلاً .. يتحكم جين واحد سائد فى الحساسية للفترة الضوئية (عند الإزهار) فى كل من الأرز، والقطن *Gossypium barbadense*، والبرسيم Subterranean clover، والقمح الكندى، والبسلة السكرية، والجوت، ويتحكم جين واحد منتج فى الحساسية للفترة الضوئية فى كل من البامية، والخيار والقطن *G. hirsutum*. هذا .. بينما يتحكم زوجان من الجينات فى الاستجابة للفترة الضوئية فى كل من البسلة، وبعض الأقماح السداسية، ويتحكم ثلاثة أزواج فى صفة الحساسية للفترة الضوئية القصيرة فى السمسم.

وقد وجدت الطفرات غير الحساسة للفترة الضوئية (المحايدة للفترة الضوئية) فى عشائر طبيعية من نباتات النهار الطويل، وعشائر أخرى من نباتات النهار القصير. كما أمكن استحداث تلك الطفرات صناعيًا — فى بعض الحالات — بواسطة العوامل المطفرة (عن Ahmadi وآخرين ١٩٩٠).

الأساس الفسيولوجى للاستجابة للفترة الضوئية، أو عدم الحساسية لها

يعتقد بعض الباحثين فى وجود هرمون للإزهار وآخر مضاد للإزهار (أطلقوا عليهما florigen و antiflorigen على التوالى، يتحكمان فى استجابة أو عدم حساسية النباتات للفترة الضوئية، بينما يعتقد آخرون أن عدم إنتاج النبات لمواد معينة مثبطة للإزهار، أو استبعاد تلك المواد يؤدى إلى جعله محايدًا للفترة الضوئية.

التقدم فى جهود التربية للاستجابة للفترة الضوئية

نستعرض — فيما يلى — جهود التربية التى بذلت فى بعض الأنواع المحصولية للتعرف على وراثة استجابتها للفترة الضوئية، ومحاولة تربية سلالات منها محايدة لتلك الفترة.

الفاصوليا

بدراسة عدد من أصناف الفاصوليا التى نُميَت فى حرارة ١٦ ± ٢°م، و ٢١ ± ٢°م ليلاً .. وجد أن فترة إضاءة طولها ١٥ ساعة — مقارنة بفترة إضاءة طولها ١٠ ساعات — أدت إلى تأخير الإزهار بمقدار ٤٧ يومًا فى الصنف Nebraska Sel. 27، وبمقدار ٤٨ يومًا فى السلالة P.I. 207262، بينما لم يتأثر موعد إزهار الأصناف الأخرى المختبرة باختلاف الفترة الضوئية. وتبين أن صفة التأخير فى الإزهار — عند زيادة الفترة الضوئية — يتحكم فيها عامل وراثى واحد متنح (Coyne ١٩٧٨).

وفى دراسة أخرى .. كان الصنف G.N. 1140 — تحت ظروف الحقل — مبكرًا فى الإزهار، بينما كانت السلالة P.I. 165078 متأخرة الإزهار. وتبين بالدراسة الوراثية أن صفة الإزهار المبكر بسيطة وسائدة. أما تحت ظروف حجرات النمو .. فلم تلحظ أية فروق فى موعد الإزهار بين الصنف والسلالة إلا عندما كان النهار الطويل (١٤ ساعة) مصاحبًا بدرجة حرارة مرتفعة (٢٩,٤°م نهارًا، و ٢٦,٧°م ليلاً) (Coyne ١٩٧٠).

كذلك لوحظت اختلافات وراثية بين صنفى الفاصوليا Great Northern U11، و Red Kidney فى الاستجابة للفترة الضوئية ودرجة الحرارة عند الإزهار. فالصنف Great Nortern U11 (اختصارًا: GN) أزهر — بصورة طبيعية — فى كل الفترات الضوئية عندما كانت مصاحبة بحرارة عالية، بينما تأخر إزهاره فى إضاءة ١٨ ساعة عندما كانت مصاحبة بحرارة منخفضة مقدراها ٢١°م نهارًا، و ١٦°م ليلاً. أما الصنف Red Kidney (اختصارًا: RK) .. فقد أزهر بصورة طبيعية فى كل الفترات الضوئية عندما كانت مصاحبة بدرجة حرارة منخفضة مقدارها ٢١°م نهارًا، و ١٦°م ليلاً، أو حرارة متوسطة مقدارها ٢٧°م نهارًا، و ٢١°م ليلاً، بينما تأخر إزهاره فى إضاءة ١٨ ساعة عندما كانت مصاحبة بحرارة مرتفعة تزيد على ٢٩°م نهارًا، وتزيد على ٢١°م ليلاً.

وتبين — بالدراسة الوراثية — أن الصنفين يختلفان فى زوجين من العوامل الوراثية، وهما الزوجان اللذان يستجيبان لمعاملات الفترة الضوئية ودرجة الحرارة عند الإزهار؛

فالصنف RK يحتوى على جين سائد – أعطى الرمز Ht – يؤدى إلى تأخير الإزهار فى النهار الطويل الذى يكون مصاحبًا بدرجة حرارة تزيد على ٢٩°م، بينما يحتوى الصنف GN على جين آخر سائد كذلك – أعطى الرمز Lt – يؤدى إلى تأخير الإزهار – فى النهار الطويل الذى يكون مصاحبًا بدرجة حرارة تقل عن ٢٤°م. أما الجيل الأول الناتج من التهجين بينهما – الذى يكون تركيبه الوراثى Ht ht Lt lt – فإنه يتأخر فى الإزهار فى ظروف النهار الطويل أيًّا كانت درجة الحرارة المصاحبة له.

وقد أظهرت الدراسة التشريحية أن مبادئ الأزهار تكونت بصورة طبيعية فى كل درجات الحرارة والفترات الضوئية، وأن التأخير لم يكن سوى فى ظهور الأزهار (Padda & Munger ١٩٦٩).

كما وجد أن الاستجابة للفترة الضوئية فى الفاصوليا يتحكم فيها جينان، هما: Ppd، و Hr يوجد بينهما تفوق متنحى recessive epistasis. وعلى الرغم من وجود اتجاه عام إلى انخفاض الحساسية للفترة الضوئية فى الفاصوليا فى الحرارة المنخفضة، فقد وجدت تباينات صنفية فى هذا الشأن، مع سيادة عدم الحساسية للحرارة المنخفضة، وهى الصفة التى يتحكم فيها الجين السائد Tip. أما الآليل المتنحى فيتحكم – فى صورته الأصيلة – فى الإزهار المبكر فى الحرارة المنخفضة والنهار الطويل (White وآخرون ١٩٩٦).

عمومًا .. فإن الآليل السائد Ppd يتحكم فى الحساسية للفترة الضوئية، بينما يؤثر الآليل السائد Hr فى مدى استجابة النبات للفترة الضوئية.

وقد تبين من دراسات المعلمات الوراثية أنه فى تلقيحات بين Redkloud وعدة سلالات حساسة للفترة الضوئية أن صفة عدم الحساسية للفترة الضوئية يتحكم فيها – أساسًا – الجين ppd، وأن الجين Hr لا يؤثر جوهريًّا فى موعد الإزهار فى النباتات ذات التركيب الوراثى ppd/ppd (Gu وآخرون ١٩٩٨).

البسلة

أمكن الحصول على طفرتين من البسلة مبكرتين فى الإزهار، هما السلالتين الطفريتين

M2-137، و M2-176، وذلك فى صنف البسلة المتأخر الإزهار Borek — الذى يستجيب كميًّا للنهار الطويل فى إزهاره — بمعاملة بذور بأشعة جاما. كانت الطفرة فى السلالة الطفرية M2-176 بسيطة ومتنحية، بينما كانت الطفرة فى السلالة الطفرية M2-137 بسيطة ومتنحية جزئيًّا. ووجد أن الطفرة فى السلالة M2-137 كانت متممة لطفرتين محايدتين للفترة الضوئية سبق التعرف عليهما، وهما: sn، و dne، وأعطيت تلك الطفرة الرمز ppd. كذلك وجد أن الطفرة فى السلالة M2-176 كانت آليلية لـ sn. ويعنى ذلك أن الاستجابة للفترة الضوئية فى البسلة يتحكم فيها الجينات المكملة لبعضها بعضًا: Sn، و Dne، و Ppd (Arumingtyas & Murfet ١٩٩٤).

الفراولة

اكتشف الباحثون الأوروبيون طرزًا ثنائية من الجنس *Fragaria* دائمة الإزهار — "Perpetul flowering types" — أى محايدة للفترة الضوئية — فى القرن السابع، وتلا ذلك اكتشاف عدد من السلالات الثنائية المماثلة. وقد تبين أن صفة عدم الاستجابة للفترة الضوئية يتحكم فيها جين واحد متنح فى النوع الأوروبى الثنائى التضاعف *F. vesca*.

وتوضح الدراسات وجود ثلاثة مصادر مستقلة لأصناف الفراولة الثمانية التضاعف (*Fragaria* x *ananassa*) غير الحساسة للفترة الضوئية، هى كما يلى:

١- الأصناف الأوروبية الدائمة الحمل Everbearing (المحايدة للفترة الضوئية = غير الحساسة للفترة الضوئية) .. وهى التى حصلت على تلك الصفة من بادرات الصنف Gloede التى أدخلت إلى فرنسا فى عام ١٨٦٦.

٢- وجد المصدر الثانى لعدم الاستجابة للفترة الضوئية فى الفراولة الثمانية التضاعف كطفرة وراثية، أو بادرة ناتجة من الإكثار الجنسى فى الصنف بسمارك Bismark فى ولاية نيويورك الأمريكية فى عام ١٨٩٨.

٣- أما المصدر الثالث لعدم الاستجابة للفترة الضوئية فقد حصل عليه Bringhurst & Voth فى عام ١٩٨٠ بعدما قاما بجمع نباتات متأخرة الإزهار من *F. virginiana glauca* (من ولاية يوتاه الأمريكية)، واستخدماه فى برنامج للتربية، حيث انتخبا

نباتات محايدة للفترة الضوئية من نسل التلقيح الرجعى الأول إلى آباء قصيرة النهار (عن Ahmadi وآخرين ١٩٩٠).

وقد قام Ahmadi وآخرون (١٩٩٠) بتهجين أصناف ثمانية التضاعف من الفراولة المحايدة للفترة الضوئية مع سلالات ثمانية التضاعف قصيرة النهار من الأنواع *F.* x *ananassa*، و *F. viriginiana glauca*، و *F. chiloensis*، ووجدوا أن صفة عدم الحساسية للفترة الضوئية يتحكم فيها جين واحد سائد يظهر فى الجيل الأول الهجين مع مختلف أنواع الجنس *Fragaria*.

ويبدو أن الطرز الأوروبية الثنائية التضاعف غير الحساسة للفترة الضوئية – التى وجدت فى النوع *F. vesca* – قد نشأت مستقلة، نظرًا لأن صفة عدم الحساسية للفترة الضوئية فى هذا النوع متنحية. هذا بينما لم يمكن اكتشاف طرز غير حساسة للفترة الضوئية فى نباتات النوع *F. vesca* التى تنمو بريًّا فى ولاية كاليفورنيا الأمريكية، وكانت صفة الحساسية للفترة الضوئية فى العشائر الأمريكية لهذا النوع كمية، ويتحكم فيها ثلاثة جينات سائدة.

الخيار

إن الخيار نبات محايد بالنسبة لتأثير الفترة الضوئية فى الإزهار، ولكن محاولة الاستفادة من الصنف النباتى *C. melo* var. *hardwickii* فى التربية تثير مشكلة تأثره بالفترة الضوئية؛ لكونه نباتًا قصير النهار. وقد وجد Vecchi & Peterson (١٩٨٤) أن هذه الصفة – فى السلالة P.I. 215589 – يتحكم فيها جين واحد متنح أعطى الرمز df. وذكر الباحثان أن هذا الجين ربما يكون آليليًّا للطفرة df (delayed flowering)، التى كانت قد اكتشفت من قبل فى الصنف Baroda، والتى تؤدى إلى تأخير الإزهار إلى أن يحل النهار القصير شتاء.

البطاطس

تحتاج البطاطس – من تحت النوع *S. tuberosum* ssp. *andigena* المزروع فى أمريكا

الجنوبية — إلى نهار قصير لتكوين الدرنات. أما البطاطس التجارية *S. tuberosum* ssp. *tuberosum* .. فإنها تبكر بتكوين الدرنات فى النهار القصير، بينما يمكنها إنتاج الدرنات فى النهار الطويل؛ لذا .. فإنه ينظر إليها على أنها محايدة بالنسبة للفترة الضوئية اللازمة لوضع الدرنات. وقد أنتج التهجين بينهما نسلاً وسطًا فى احتياجاته من الفترة الضوئية لتكوين الدرنات، مع سيادة قليلة لصفة الحاجة إلى النهار القصير (Howard ١٩٦٩).

الأرز

من أهداف تربية الأرز الهامة التى دامت لعدة عقود إنتاج أصناف مبكرة بالتخلص من أو تقليل حساسيتها للفترة الضوئية. وقد أعقب ذلك — منذ ثمانينيات القرن العشرين — ومع التوسع فى الزراعة فى البيئات الأقل تفضيلاً للأرز — إنتاج أصناف محسنة حساسة للفترة الضوئية. وربما كان من أسباب الاهتمام بصفة الحساسية للفترة الضوئية تطوير إنتاج هجن الأرز بالاستعانة بجين للعقم الذكرى حساس للفترة الضوئية.

ولقد وجد جين رئيسى للحساسية للفترة الضوئية أعطى الرمز Se-1 يقع على كروموسوم ٦ قريبًا من جين المقاومة للعصفة Pi-z، ويبدو أن هذين الجينين مرتبطان بشدة. كذلك اكتشف جين آخر (isozymee gene) أعطى الرمز Pgi-2 فى صنف الأرز GEB-24، وهذه الجينات الثلاثة ترتبط بشدة حسب هذا الترتيب: Se-1-Pgi-2-Pi-z، مما يسهل تتبع الحساسية للفترة الضوئية. كما وجد جين آخر للحساسية للفترة الضوئية فى صنف الأرز Puang Rai 2 يمكن تتبعه بسهولة أكثر بمعلمات الـ RFLP (Mackill وآخرون ١٩٩٣).

الذرة

يُستدل من الدراسات التى أجريت على الذرة (وهو نبات قصير النهار بالنسبة للإزهار ويتأخر إزهاره مادامت الفترة الضوئية أطول من الحد الحرج للإزهار) أن صفة الحساسية للفترة الضوئية بالنسبة للإزهار يتحكم فيها عدة جينات ذات تأثير إضافى

بصورة أساسية. هذا .. إلا أن وقت إزهار الذرة يتحدد بأمرين، هما: اكتمال التكوين الأساسى base maturity، والحساسية للفترة الضوئية، وهما أمران مستقلان فى آليات وراثتهما (عن Wang وآخرين ٢٠١٠).