٣ – توفير الظروف المناسبة لإزهار الأصناف التى لا تزهر تحت الظروف الطبيعية فى مصر لاستخدامها فى أغراض التربية .

٤ – إنتاج البذور التجارية للخضر (استينو وآخرون ١٩٦٣) .

٢٥ – ٢ : التأقت الضوئى

تتجه بعض النباتات نحو الإزهار بعد أن تتعرض لفترة ضوئية معينة لعدد من الدورات . وتسمى هذه الاستجابة للفترة الضوئية باسم التأقت الضوئى Photoperiodism . ولا تقتصر استجابة النباتات للفترة الضوئية على الإزهار فقط ، بل إنها قد تستجيب بتكوين الأبصال ، كما فى البصل ، أو بتكوين الدرنات ، كما فى البطاطس ، أو بنمو المدادات ، كما فى الشليك . وقد سبقت الإشارة إلى هذه النوعيات من الاستجابة للفترة الضوئية فى الجزء (٧ – ٤ – ٣) . كذلك سبق أن قدمنا فى الجزء المشار إليه شرحًا أوليًّا عن أساسيات عملية الاستجابة للفترة الضوئية بصورة عامة .

أما فى هذا الفصل ، فسنتطرق إلى تفاصيل أكثر تعمقًا ، خاصة فيما يتعلق بإزهار محاصيل الخضر .

سبق أن قسمنا النباتات حسب استجابتها للفترة الضوئية إلى ثلاث مجموعات هى :

١ – نباتات النهار القصير ، وهى التى يلزمها التعرض لفترة إضاءة قصيرة حتى تزهر .

٢ – نباتات النهار الطويل ، وهى التى يلزمها التعرض لفترة إضاءة طويلة حتى تزهر .

٣ – النباتات المحايدة ، وهى التى لا يشترط لإزهارها أن تتعرض لفترة ضوئية بطول معين .

وتسمى الفترة الضوئية التى تتحدد عندها استجابة النباتات للفترة الضوئية باسم فترة الإضاءة الحرجة Critical photoperiod . وفى نباتات النهار القصير تكون الفترة الحرجة هى أطول فترة إضاءة يمكن أن يحدث معها إزهار ، وتتراوح عادة من ١١ – ١٤ ساعة . أما فى نباتات النهار الطويل ، فإن الفترة الحرجة تكون هى أقصر فترة إضاءة يمكن أن يحدث معها إزهار ، وتتراوح عادة من ١٢ – ١٤ ساعة .

وإلى جانب التقسيم السابق للنباتات ، فإن الاستجابة للفترة الضوئية قد تكون :

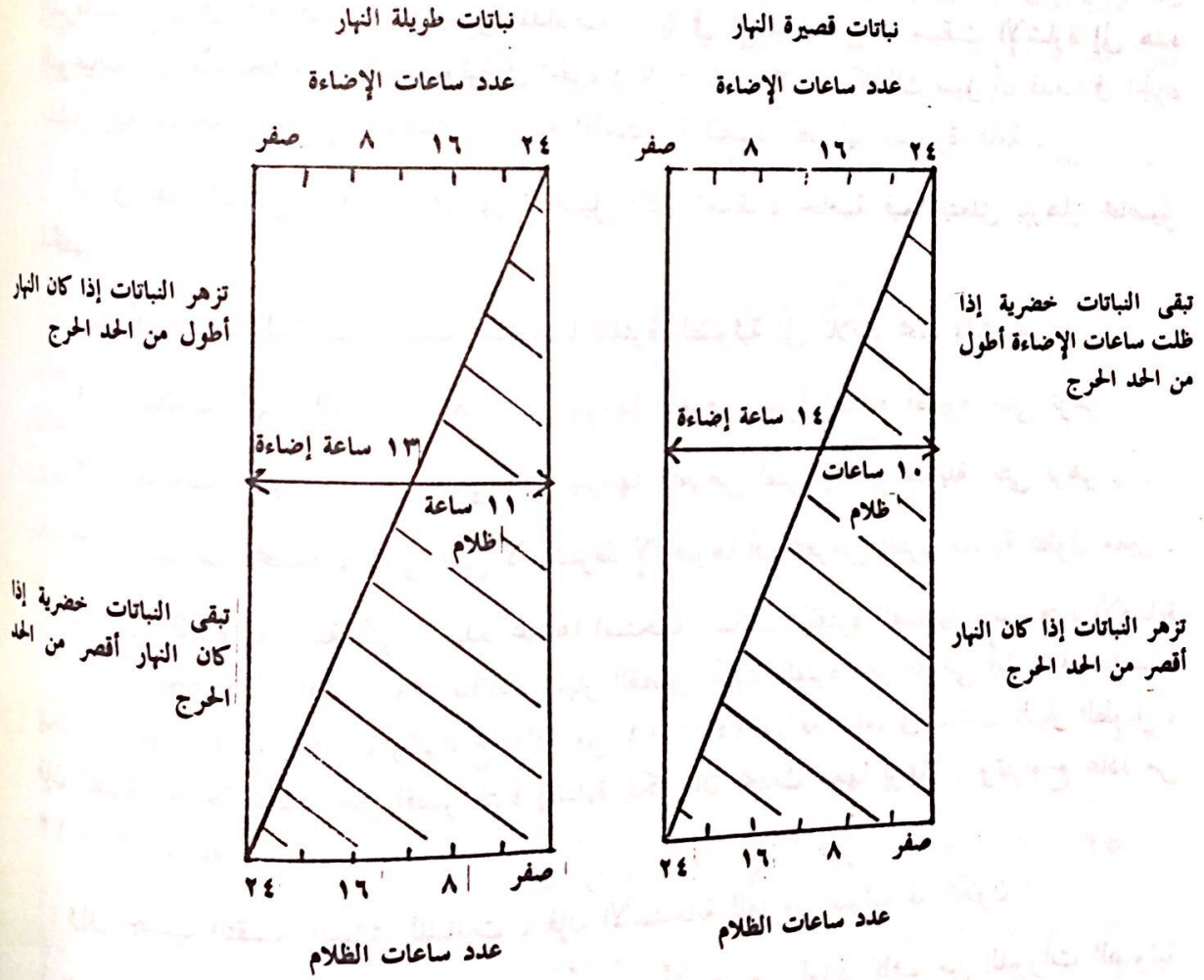
١ – نوعية Qualitative : فلا يزهر النبات إلّا بعد أن يتعرض لعدد كافٍ من الدورات الضوئية المهيئة للإزهار photo-inductive Cycles ، مثال ذلك : السبانخ ، وهى من نباتات النهار الطويل ، ونوع الشليك **Fragaria chiolensis** ، وهو من نباتات النهار القصير .

٢ – كمية Quantitative : وهنا لا يتحدد إزهار النبات بتعريضه لفترة ضوئية معينة ، ولكن إزهاره يكون أسرع عندما يتعرض لعدد كافٍ من الدورات الضوئية المهيئة للإزهار . مثال ذلك : القطن ، وهو من نباتات النهار القصير ، والبسلة ، وهى من نباتات النهار الطويل (Bleasdale ١٩٧٣) .

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

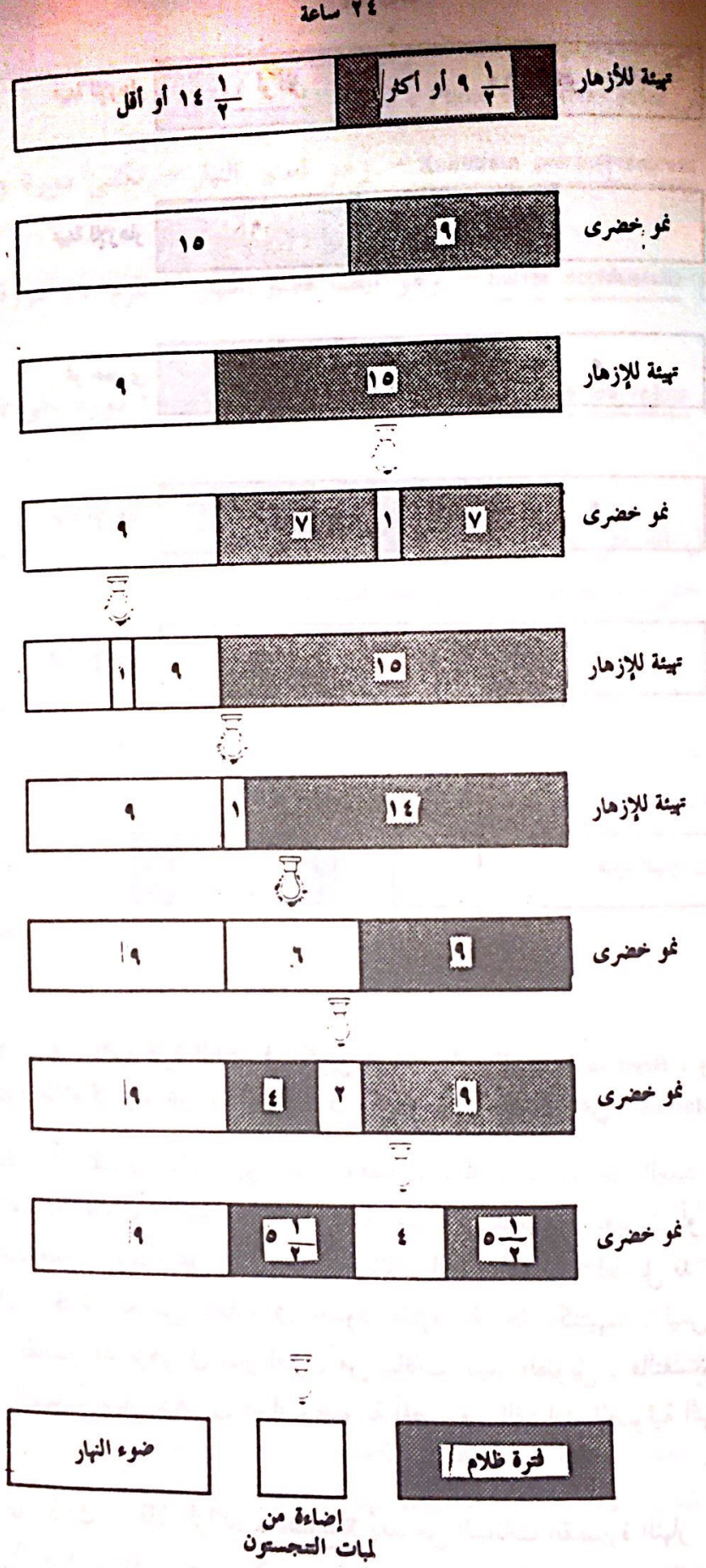
٢٥ – ٢ – ١ : الأهمية النسبية لفترتى الضوء والظلام

يتحدد إزهار النباتات من عدمه بطول فترة الظلام ، وليس بطول فترة الضوء . فنباتات النهار القصير لا تزهر إلّا إذا زاد طول الليل عن حد معين ، ونباتات النهار الطويل لا تزهر إلّا إذ قصر طول الليل عن حد معين (شكل ٢٥ – ٢) . وتزهر بعض نباتات النهار الطويل حتى إذا تعرضت للإضاءة باستمرار (Steward ١٩٦٦) . كما لا تزهر نباتات النهار القصير إذا جُزِّئت فترة الظلام الطويلة إلى فترات قصيرة بتعريض النباتات لومضات من الضوء على فترات أثناء الليل . ويتحقق ذلك بضوء شدته ١٠ – ١٠٠ قدم – شمعة (شكل ٢٥ – ٣) . وبعكس ذلك .. فإن نباتات النهار الطويل تتهيأ للإزهار إذا جُزِّئت فترة الظلام الطويلة التى تتعرض لها بفترات قصيرة من الضوء ، ويكفى لذلك ضوء شدته ١٠٠ قدم ــ شمعة (شكل ٢٥ – ٤) .



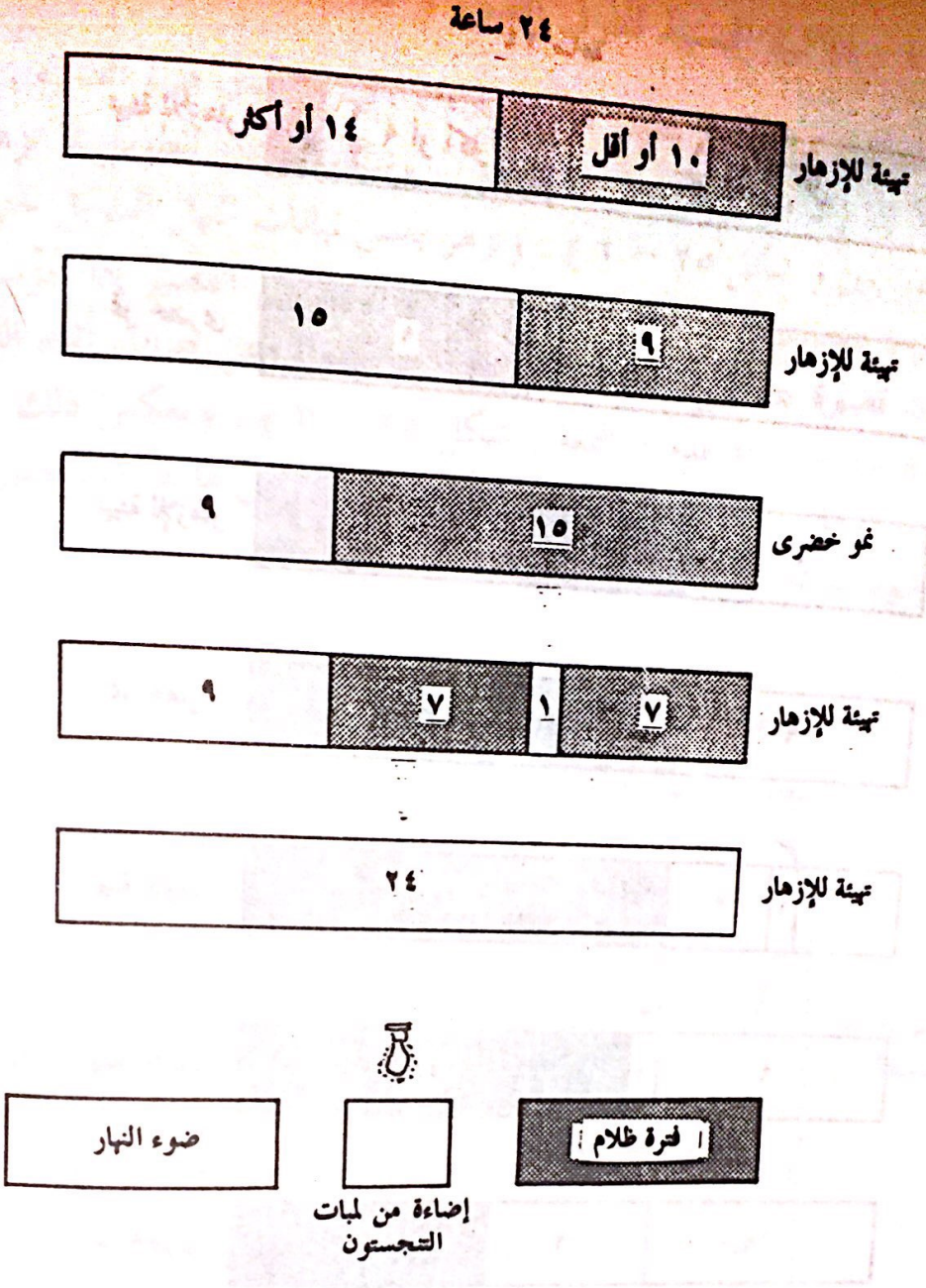
شكل ٢٥ – ٢ : تأثير فترتى الضوء والظلام على إزهار نباتات النهار القصير ونباتات النهار الطويل .

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner



شكل ٢٥ – ٣ : أهمية فترة الظلام فى إزهار نباتات الأقحوان ، وهو نبات قصير النهار تلزمه فترة ظلام لا تقل عن تسع ساعات ونصف فى درجة حرارة ١٥°م (عن Mastalerz ١٩٧٧) .

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner



شكل ٢٥ – ٤ : أهمية فترة الظلام فى تكوين درنات نبات البيجونيا Begonia ، وهو نبات نهار طويل تلزمه فترة ظلام لا تزيد عن ١٠ ساعات فى درجة حرارة ١٥°م (عن Mastalerz ١٩٧٧) .

نرى مما تقدم أن تقسيم النباتات إلى طويلة وقصيرة النهار لا يعتمد على العدد المطلق من الساعات الضوئية اللازمة للإزهار ، ولكنه يبنى على كيفية استجابة النبات إذا نقصت أو زادت فترة التعرض للظلام عن حد معين . وبناء على ذلك .. فإن نباتات النهار القصير والطويل قد تزهران معًا فى وقت واحد إذا كانت فترة التعرض للظلام فى حدود الفترة الحرجة لكلتيهما . ليس هذا فقط ، بل إن نباتات النهار القصير قد تزهر فى نهار أطول من نباتات النهار الطويل . فالتقسيم السابق لا يعنى أن كل النباتات القصيرة النهار تزهر فى فترات ضوئية أقصر من الفترات الضوئية التى تزهر فيها النباتات الطويلة النهار .

وكمثال على ذلك .. فإن الزانثيم **Xanthium** يُعد من النباتات القصيرة النهار ، وتبلغ فترة الإضاءة الحرجة له $\frac{1}{2}$ ١٥ ساعة ، حيث لا يزهر إذا زادت مدة الإضاءة عن ذلك . وبالمقارنة .. فإن الهايوسكيمس **Hyoscyamus** نبات طويل النهار ، وفترة الإضاءة [illegible] إذا قصرت مدة الإضاءة عن ذلك

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

٢٥ - ٢ - ٢ : الدورات الضوئية المهيئة للإزهار

تختلف النباتات التى تستجيب للتأقت الضوئى اختلافًا كبيرًا فى عدد دورات الضوء والظلام اللازمة لتهيئتها للإزهار Photo-Inductive Cycles ، فمثلًا :

١ - فى النوع **Xanthium pennsylvanicum** - وهو قصير النهار - تكفى دورة واحدة لتهيئة النباتات للإزهار .

٢ - وفى النوع **Salvia occidentalis** - وهو أيضًا قصير النهار - تلزم ١٧ دورة حتى تتهيأ النباتات للإزهار .

٣ - وفى النوع **Plantago lanceolata** - وهو طويل النهار - تلزم ٢٥ دورة لكى يحدث إزهار كامل .

ونجدر الإشارة إلى أنه متى حصل النبات على العدد الكافى من دورات الضوء والظلام المهيئة للإزهار ، فإنه يزهر حتى ولو تعرض بعد ذلك لدورات غير مهيئة للإزهار . كما أن التهيئة للإزهار قد تكون جزئية ، بمعنى أن النباتات قد لا تزهر ، لكن تتكون بها مبادىء أزهار فقط إذا لم يكن عدد الدورات التى تعرضت لها النباتات كافيًا لدفعها نحو الإزهار .

وإذا حدث وتعرضت النباتات لدورات مهيئة للإزهار بالتبادل مع دورات غير مهيئة ، فإن تأثير ذلك يختلف فى نباتات النهار القصير ، عنه فى نباتات النهار الطويل كالتالى :

١ - يؤدى ذلك فى نباتات النهار القصير إلى تثبيط أو تقليل فعل الدورات المهيئة للإزهار .

٢ - بينما يستمر تأثير الدورات المهيئة متجمعًا فى نباتات النهار الطويل ، حتى ولو تخللتها دورات غير مهيئة للإزهار .

٢٥ - ٢ - ٣ : الموجات الضوئية المؤثرة على الإزهار

يمكن بواسطة دراسة طول الموجات الضوئية المؤثرة على الإزهار أن نتعرف على الصبغات التى يمكن أن تلعب دورًا فى هذه العملية . فإذا كانت إحدى المكونات النباتية ذات مقدرة على امتصاص الأشعة الضوئية فى مدى من طول الموجات يتشابه مع المدى المؤثر على الإزهار ، فإن ذلك يكون دليلًا قويًا على أن لهذه المادة علاقة بعملية الإزهار ، وأنها هى المستقبل الضوئى photoreceptor الذى يبدأ العمليات التى تقود فى النهاية إلى الإزهار .

فمثلًا نجد أن أعلى معدل لعملية البناء الضوئى يحدث فى منطقتى الضوء الأزرق والأحمر ، وهى أطوال الموجات التى يحدث عندها أقصى امتصاص من صبغة الكلوروفيل الأساسية فى عملية البناء الضوئى .

وكما سبق الذكر .. فقد أوضحت الدراسات أن قطع الليل الطويل بفترة إضاءة قصيرة أدى إلى عدم إزهار نبات الزانثيم **Xanthium** القصير النهار . وقد أمكن الاستفادة من هذه الظاهرة فى تحديد

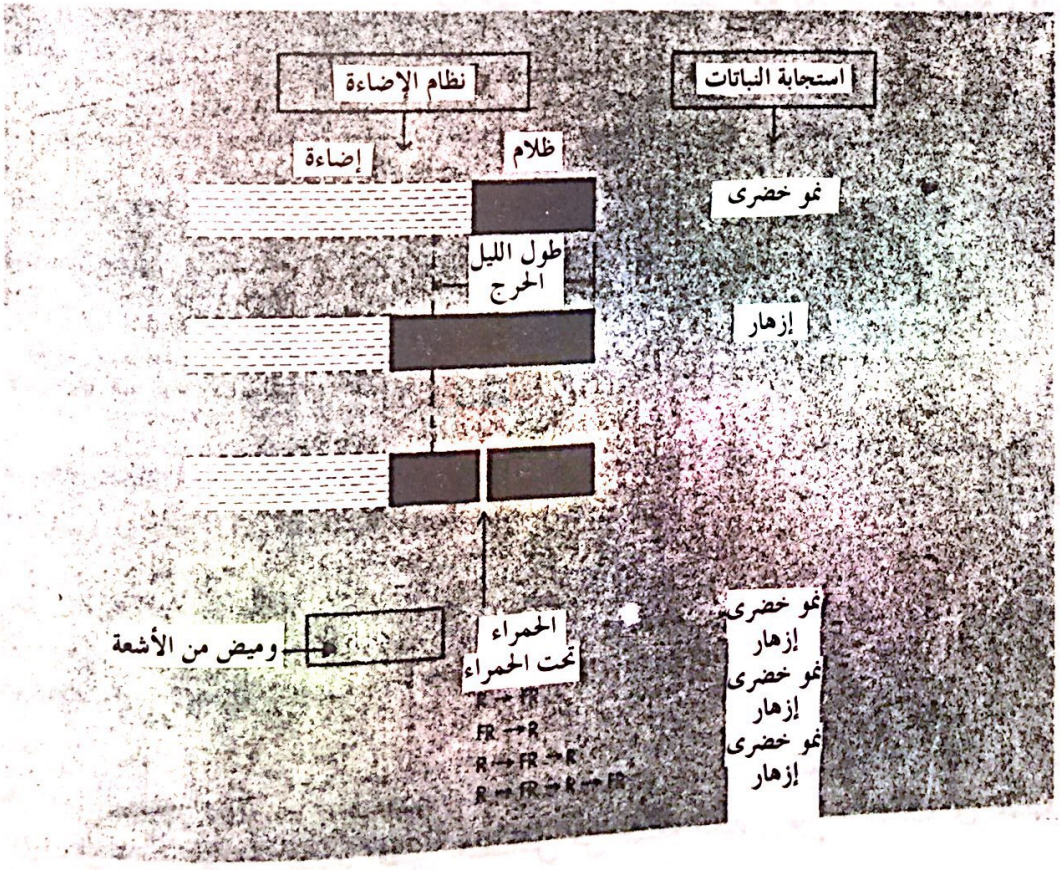
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

أكثر الموجات الضوئية تأثيرًا فى هذا الشأن ، ووجد أنها تقع بين موجتى ٦٢٠ و ٦٦٠ ملى ميكرون ، أى بين اللونين البرتقالى والأحمر . وحدث أقصى تثبيط فى طول موجة ٦٤٠ ملى ميكرون .

٢٥ – ٢ – ٤ : كيفية استجابة النباتات للفترة الضوئية المهيئة للإزهار :

لا تحدث الاستجابة لعملية التأقت الضوئى إلّا عند تعرض الأوراق – خاصة الأوراق الصغيرة الكاملة النمو – للعدد اللازم من الفترات الضوئية المهيئة للإزهار . وقد اكتشفت هذه الحقيقة لأول مرة على نبات السبانخ بواسطة نط Knott .

كما اكتشف بورثويك Borthwick أن الأشعة تحت الحمراء Far Red (اختصارًا FR) قادرة على إلغاء التأثير الذى يحدثه التعرض للأشعة الحمراء Red (اختصارًا R) على النباتات القصيرة النهار . فإذا عرضت النباتات القصيرة النهار للضوء الأحمر فى منتصف الليل ، وأعقب ذلك تعريضها للأشعة تحت الحمراء ، فإن هذه النباتات تزهر . وإذا أعقب ذلك تعريض النباتات مرة أخرى للأشعة الحمراء ؛ فإنها لا تزهر ، وهكذا (شكل ٢٥ – ٥) . وبمعنى آخر .. فإن المعاملة الأخيرة هى التى تحدد ما إذا كانت النباتات ستزهر أم لا ، بغض النظر عن عدد دورات التعريض السابقة للضوء الأحمر والأشعة تحت الحمراء .



شكل ٢٥ – ٥ : تأثير التعرض للأشعة الحمراء وتحت الحمراء على إزهار نبات قصير النهار – (عن Galston ١٩٦٤) .

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

وقد افترض وجود صبغة أُطلق عليها اسم فيتوكروم phytochrome (اختصارًا P) تأخذ صورتين : إحداهما (Pr) وهى التى تقوم بامتصاص الأشعة الحمراء ، والأخرى (Pfr) وهى التى تقوم بامتصاص الأشعة تحت الحمراء .

ويستخلص من الدراسات العديدة التى أُجريت على هذا الموضوع ما يلى :

١ - يعتقد أن الصورة (Pfr) هى النشطة فسيولوجيًّا .

٢ - كل منهما قادرة على التحول إلى الصورة الأخرى .

٣ - تتحول الصورة (Pfr) ببطء إلى الصورة (Pr) فى الظلام .

٤ - لا يتم التحول من صورة لأخرى بشكل مباشر ، بل يتم ذلك مرورًا بعدة مراحل وسطية يتغير فيها تركيب الصبغة .

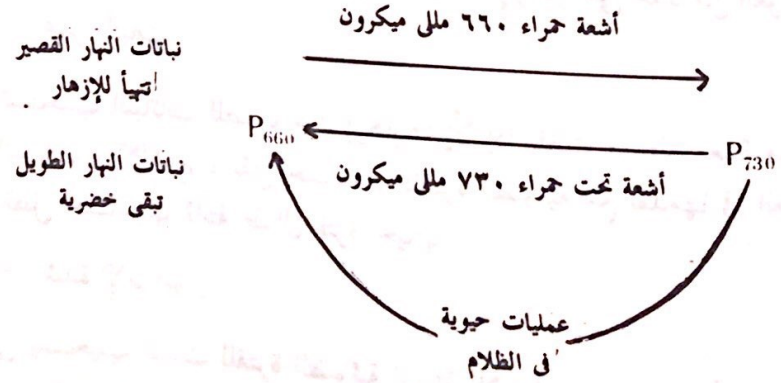
وقد لخص بورثويك التغيرات التى تحدث فى الصبغة عند التعرض للدورات المهيئة للإزهار كما يلى :

١ - عند التعرض للضوء تتراكم صورة الصبغة (Pfr) فى النبات . هذه الصورة تمنع الإزهار فى نباتات النهار القصير .

٢ - مع بداية فترة الظلام تتحول الصورة (Pfr) تدريجيًّا إلى الصورة (Pr) . هذه الصورة تحفز الإزهار فى نباتات النهار القصير ، وتمنع الإزهار فى نباتات النهار الطويل .

٣ - يؤدى تعريض النباتات أثناء الليل إلى فترة قصيرة من الضوء الأحمر إلى تحويل الصبغة إلى صورة (Pfr) ، الأمر الذى يؤدى إلى منع الإزهار فى نباتات النهار القصير .

٤ - إذا أعقب التعريض للضوء الأحمر تعريض النباتات للأشعة تحت الحمراء ، فإن الصبغة تتحول مرة أخرى إلى صورة (Pr) ، ويزول أثر التعرض للضوء الأحمر (شكل ٢٥ - ٦)



شكل ٢٥ - ٦ : تأثير التعرض للأشعة الحمراء وتحت الحمراء على صبغة الفيتوكروم بصورتيها (Pr) و (Pfr) ، وعلى أزهار النباتات القصيرة والطويلة النهار (عن Mastalerz ١٩٧٧) .

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

٥ – ويؤدى استمرار تعرض النبات للضوء الأحمر إلى استمرار تحول الصبغة من صورة (Pr) إلى صورة (Pfr) إلى أن يصل تركيز الصورة (Pr) إلى أقل من الحد الحرج ؛ فلا يحدث توازن بين الصورتين .

وقد عزلت صبغة الفيتوكروم بالفعل من الجذور ، والسيقان ، والسويقة الجنينية العليا ، والفلقات ، وأنصال وأعناق الأوراق ، والبراعم الخضرية ، والنورات ، والثمار النامية لعدد من النباتات ، منها : الدخان ، والذرة ، والفاصوليا . كما عزلت الصبغة أيضًا من بعض النباتات الدنيئة ، كالطحالب .

٢٥ – ٢ – ٥ : طبيعة المادة التى تتكون استجابة للفترة الضوئية المهيئة للإزهار

يتكون عند تعريض النبات لفترة الإضاءة المناسبة لإزهاره مادة فعالة لها صفات الهرمون أُطلق عليها اسم فلوريجين Florigen . وتنتقل هذه المادة من الأوراق إلى المناطق الميرستيمية ، حيث تحدث تأثيرها فى تحويل النموات الخضرية إلى نموات زهرية . وقد يتحكم الهرمون المتكون فى الورقة الواحدة فى إزهار النبات كله ، حتى ولو تعرضت بقية أجزاء النبات لفترة ضوئية غير ملائمة لتكوين الهرمون . ويتحرك الهرمون المتكون داخل النبات عن طريق اللحاء ، كما ينتقل خلال منطقة التحام الأصل مع الطعم ، لكن لم يكن فى الإمكان استخلاصه أو معاملة النبات به .

ويبدو أن المواد اللازمة لتهيئة نباتات النهار الطويل للإزهار مماثلة لتلك اللازمة لتهيئة نباتات النهار القصير . فقد وجد أنه إذا طعم نبات نهار طويل على نبات نهار قصير ، وعرض الطعم لفترة ضوئية مناسبة لإزهاره ، فإن الأصل يزهر أيضًا . كما وجد أنه إذا طعم نبات نهار قصير على نبات نهار طويل ، وعرض الطعم لفترة ضوئية مناسبة لإزهاره ، فإن الأصل يزهر كذلك . ويعنى ذلك أن الهرمون المتكون ليس قاصرًا على نوع نباتى معين ، وأن طبيعته واحدة فى كل من نباتات النهار الطويل ونباتات النهار القصير على حد سواء .

٢٥ – ٢ – ٦ : العوامل المؤثرة على استجابة النباتات للفترة الضوئية المهيئة للإزهار

تتوقف استجابة النباتات للفترة الضوئية المهيئة للإزهار على عدد من العوامل ، من أهمها ما يلى :

١ – عمر النبات :

لا تستجيب النباتات للضوء عند إزهارها إلّا إذا بلغت مرحلة معينة من النمو الخضرى . كما أن بعض النباتات ، كالشليم ، تقل حساسيتها للفترة الضوئية مع تقدمها فى العمر ، فى حين أن البعض الآخر تظل حساسيتها ثابتة طوال فترة حياتها .

٢ – شدة الإضاءة :

لكى يستجيب النبات للفترة الضوئية المهيئة للإزهار ، فإنه يجب أن يسبق ذلك تعريضه لإضاءة شديدة ، ولو لمدة قصيرة ، أو لإضاءة ضعيفة لمدة طويلة ، لأن لشدة الإضاءة دورًا غير مباشر فى عملية تهيئة النباتات للإزهار ، فهى تؤثر على كمية السكريات المجهزة ، وهى المواد اللازمة لنمو وتميز المناطق الميرستيمية التى تتكون فيها مبادىء الأزهار . كما قد تلعب شدة الإضاءة دورًا مباشرًا فى تمثيل

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الهرمون اللازم للإزهار . وأقل إضاءة يمكن أن تحدث معها استجابة للفترة الضوئية المهيئة للإزهار هى ١٠٠ قدم – شمعة (Devlin ١٩٧٥ ، Leopold & Kriedmann ١٩٧٥) .

٣ – درجة الحرارة .

هذا .. وقد سبقت مناقشة التطبيقات العملية للاستجابة للفترة الضوئية فى الجزء (٧ – ٤ – ٣) . وللمزيد من القراءة المتعمقة فى موضوع التأقت الضوئى يراجع كل من Vince-Prue (١٩٧٥) و Salisbury (١٩٨٢) فيما يتعلق بالأسس العامة ، و Piringer (١٩٦٢) فيما يتعلق بمحاصيل الخضر .

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner