بسم الله الرحمن الرحيم

فسلجة نمو وتطور النبات **محاضرة (1) الثلاثاء 2012/10/23**

انماط في تطور النبات **Pattern in Plant Development**

Growth ,development ,differentiation هي ثلاث عبارات تستخدم بصورة روتينية لوصف عدة نواحي من التنغييرات التي تحصل للنبات خلال دورة حياته وهذه العبارات هي النمو،والتطور والتغيير او التكشف.

ولغرض فهم عملية نمو وتطور النبات كيفية تنظيم هذه العملية فأنه من الضروري ان نوضح ماهو المقصود بهذه العبارات الثلاث:-

Development :-عبارة شاملة تطلق على مجموع جميع التغيرات التي يمر بها الكائن الحي خلال دورة حياته من الانبات ،النمو ،البلوغ ،التزهير واخيرا الشيخوخة.

- Plant development is the sum of growth and differentiation.
- Development is all the changes that organisms go through-germination , growth , maturation , flowering and senescence.

أمثلة على التطور :- مثل التحول من النمو الخضري الى التزهير وكذلك تحول مبادئ الاوراق الى اوراق تامة النمو والتوسع .

- Examples of development include the transition from vegetative growth to flowering, and leaf primordium to expanded leaf.
- Development can also be at subcellular or biochemical levels (for example when chloroplast is exposed to light for first time and photosynthetic enzymes are activated).

عبارة التطور يمكن ايضاحها على المستويات تحت الخلوية (عضيات الخلية) وكذلك المستويات البايوكيميائية كما يحدث عند تكون البلاستيدات الخضراء في الورقة عند تعرض النبات للضوء تبدا الاوراق بالاخضرار وتصبح الانزيمات المسؤولة عن عملية البناء الضوئي وخصوصا انزيم

Dr. Muayed T. Abbas Basrah University

Rubisco وهو المسؤول عن اختزال CO2 الى كاربوهيدرات في جميع النباتات حيث يصبح فعال عند تعرض النبات للضوء.

CO_2

↓ H + e-

CH_2O

Growth

- A quantitative term related to changes in size and mass.
- Sometimes measured as increase in cell number of fresh weight of packed cells.
- In higher plants, dry weight is a more accurate measurement of growth than is fresh .
  - most tissues are 80% water and this can fluctuate greatly.
  - sometimes dry weight can be misleading.

Growth :-عبارة كمية لها علاقة بالتغيرات في الحجم والكتلة ويمكن للنمو ان يقيم او يقاس باستخدام العديد من المقاييس الكمية .فمثلا الخلايا في المزارع النسيجية يمكن قياس نموها على اساس الزيادة في عددالخلايا او الوزن الطري للخلايا المظغوطة pack cell volume. ولكن في النباتات الراقية higher plants فان الوزن الطري او الطازج لايعتبر مقياس يعتمد عليه بالرغم من ان معظم الانسجة النباتية تحتوي على ماء (80%)من وزنها ماء او اكثر ماعدى (البذور والدرنات والابصال) الا ان المحتوى المائي كمية شديدة التغير وبالتالي فان الوزن الطري يتغير بدرجة كبيرة مع تغيرات المحتوى المائي للنبات .

Question:- Would dry weight or fresh weight be a better measure for growth of 10-day old dark-growth bean or pea?

جواب السؤال :-

الوزن الجاف هو مقياس لكمية البروتوبلازم او المادة الجافة وهو الاكثر استخداما للتعبير عن النمو من الوزن الطري ولكن حتى الوزن الجاف احيانا قد يعطي صورة غير صحيحة لمقياس النمو .على سبيل المثال :-الوزن الجاف للبادرة بما في ذلك وزن البذرة النامية في الظلام هو في الواقع اقل من

Dr. Muayed F. Abbas Basrah University

الوزن الجاف للبذرة لوحدها بالرغم من اننا نلاحظ حدوث كمية لاباس بها من النمو ان الفقد في الوزن الجاف يحدث في مثل هذه الظروف نظرا لان الباذرة النامية في الظلام تقوم بعملية التنفس واستنفاذ المواد الكاربونية المخزنة في البذرة حيث انه في الظلام فان هذا الكاربون المفقود بالتنفس لايمكن تعويضه بعملية البناء الضوئي وبالتالي فان البادرة تعاني من الفقد في المادة الجافة وفي مثل هذه الحالة فان الوزن الطري قد يكون افضل مقياس للنمو .

بالنسبة للورقة التي هي في توسع واستطالة فان طول او عرض الورقة قد يكون هو المقياس المناسب للنمو ويجب ان نشير هنا الى ان هناك العديد من المقاييس التي يمكن ان نستخدمها للتعبير عن النمو وهذا يعتمد الى حد كبير على احتياجات الشخص الباحث وبغض النظر عن المقاييس المستخدمة للتعبير عن النمو فان جميع المحاولات التي تهدف الى التعبير عن النمو كمقياس كمي عادة مايعكس المبدأ الاساس الذي يقول ان النمو هو عبارة عن زيادة غير عكسية في الكتلة والحجم .

growth is irrevesilole increase in volume or size or mass.

❖ Growth can occur without cell division . نمو بدون انقسام خلايا

* in grass coleoptiles, cell division is completed very early but subsequent leaf growth is due to cell enlargement

* wheat seeds irradiated with gamma rays to block DNA synthesis and cell division still germinate and grow in to small seedlings, they can survive 2-3 weeks.

❖ Cell division can occur without growth . انقسام الخلايا بدون نمو

* in embryos, cell division produces more but smaller cells with no overall increase in embryo size.

وبالرغم من ان عملية انقسام الخلايا وتوسعها cell division and enlargement عادة تحدث سوية الا انه من المهم ان نذكر ان بان النمو يمكن ان يحدث بدون انقسام الخلايا وان انقسام الخلايا يمكن ان يحدث بدون حدوث نمو . على سبيل المثال :-عملية انقسام الخلية عادة ماتكتمل في المراحل المبكرة من تطور غمد الرويشة coleoptiles في الحشائش وبعد ذلك يحدث التوسع enlargement لهذا العضو والتوسع يعود بالكامل الى عملية استطالة الخلايا وعندما يتم تعريض بذور نبات الحنطة الى اسعة كاما بدرجة تكفي لايقاف عملية بناء الDNA وانقسام الخلايا ،فان

Dr. Muayed F. Abbas Basrah University

عملية انبات البذور لاتتاثر بل تستمر والنتيجة هي بادرات صغيرة ناتجة فقط من عملية استطالة الخلايا لوحدها.مثل هذه البذرات لاتستمر بالبقاء اكثر من اسبوعين اوثلاث الا ان مظهرها الخارجي يكون اغلب الاحيان طبيعي .ومن ناحية اخرى فانه خلال المراحل الاولية او المبكرة من تطور الجنين في الزهرة فان الجنين يمر خلال مرحلة التي فيها عملية انقسام الخلية تستمر لانتاج عدد كبير من الخلايا الا ان هذه الخلايا تكون صغيرة بحيث لاتحدث أي زيادة واضحة في حجم الجنين.

Differentiation

- Differentiation is a qualitative term relating to things other than size .
- Occurs when diving cell gives rise to daughter cells distend for different anatomical roles.
- Differentiation is a tow-way street.
  - most differentiated cells may be stimulated to undergo cell division and grow as undifferentiated callus , eventually giving rise to new plants (transformation).
- Totipotent is term used to describe cells that contain a complete genetic program, even though most information is not used at a given time.
- Most plant cells are totipotent with the exception of certain highly specialized cells (such as cell walls, *etc*.) whose development has been locked in.

* see fig.15-1and color panel.

- Genetic program can be determined by position effects.

التمايز differentiation :- عبارة نوعية وهي تطلق على التغيرات التي لاتشمل التغيرات في الحجم التي تظهر بين الخلايا والانسجة والاعضاء التمايز يحدث عندما تعطي الخلية المنقسمة خليتين كل منهما تسمى الخلية البنت وهما يختلفان من النواحي التشريحية والوظيفية وفي مراحل التطور الاولي على سبيل المثال فان انقسام الزايكوت (البيضة المخصبة) سوف يعطي خلايا تصبح اما جذر اوساق او

Dr. Muayed F. Abbas Basrah University

مجموع خضري لذلك النبات وكذلك فان الخلايا البرنكيمية غير المتخصصة سوف تبدا بالتخصص او التمايز مكونة اما اوعية خشبية او انابيب غربالية وعائية لكل منها مظهره الخارجي ووظيفته المعينة .

التمايز والتخصص ليس من السهولة تفسيره على اسس كمية ولكن عادة يمكن وصفه على اساس سلسلة من التغيرات النوعية .ان التمايز ظاهرة ذو اتجاهين اوطريقين .

وبالرغم من ان الخلايا النباتية في النبات البالغ قد تبدو على درجة عالية من التمايز او التخصص الانه غالباً نتمكن من تحفيزها لكي تعود الى حالة اثر جنينية .بعبارة اخرى فان مثل هذه الخلايا تفقد التميز وكما يبدو فان هذه الخلايا الفاقدة للتميز مبرمجة جينياً بحيث تسمح لها بان تعود اوتعكس العملية وبعد ذلك تتخص باتجاه مسالك مختلفة جديدة .وعلى هذا الاساس فان الخلايا الماخوذة من لب ساق نبات التبغ اوالخلايا الماخوذة من نبات فول الصويا يمكن تشجيعها من جديد على الانقسام او النمو مكونة كتلة غير متخصصة من الخلايا تسمى الكالس un differentiation mass of cell وفي النهاية فان هذا الكالس سوف يعطي نبات جديد. هذه القابلية والتي نعني بها قابلية الخلايا المتخصصة على اخلاف Regeneration واعطاء نبات جديد توضح لنا بان معظم الخلايا النباتية هي totipotent وهذه الظاهرة Totipotency بمعنى انها تحتوي على برنامج جيني كامل يهيئ لها ان تكون نبات كامل وهذا يطلق عليه القدرة الكامنة الخلوية .وبالرغم من ان المعلومات الوراثية لاتستخدم في جميع الاوقات .

وعلى هذا الاساس فان التطور لايعبر عن فقد زمني في المعلومات الوراثية وانما فقط باستخدام انتقائي لتلك المعلومات الوراثية بهدف تحقيق نواحي تطورية معينة . وبالطبع ليس جميع الخلايا النباتية هي totipotent حيث ان بعضها على درجة عالية من التخصص مثل جدران الخلايا في الانسجة مثل الخشب واللحاء وهذه الخلايا حدثت لها تطورات في مادة البروتوبلازم بحيث جعلها غير قادرة على تجديد عملية التخصص او التمايز.

Control of growth and development :-

- Orderly growth and development is controlled by three types of signals
  - intracellular (genetic control and gene expression)
  - intercellular (hormones)
  - environmental signals

Dr. Muayed F. Abbas Basrah University

السيطرة اوتنظيم نمو النبات وتطوره:-

ان ظبط عملية النمو والتطور في النبات تقع تحت تاثير ثلاث انواع من المؤشرات او الاشارات

1- الاشارات داخل الخلايا intracellular signals

السيطرة الجينية والتعبير الجيني (genetic control and gene expression.

2- الاشارات بين الخلايا intercellular signals

intercellular signals among cells

3- الاشارات الخارجية extra cellular signals

environmental signals

بالرغم من ابعض الباحثين يميلون الى التكيز على واحد او اكثر من هذه المؤشرات او الاشارات الى انه من المهم ان نذكر ان هناك العديد من التداخلات بين هذه الاشارات او المؤشرات او مستويات السيطرة في نمو النبات وتطوره فمثلا التغيرات في عملية التعبير الجيني والتي من خلالها ستكون البروتينات التي هي مسؤلة عن الصفات الوراثية للكائن الحي هذه العملية تؤدي الى احداث تغيرات في كمية الكاربوهيدرات النباتية اوحساسية الخلايا النباتية للهرمونات ومن ناحية اخرى فان الكثير من الاستجابات للهرمونات النباتية يمكن تثبيتها وسوف نجد انها تؤثر في عملية التعبير الجيني . وفي بعض الحالات حتى العوامل البيئية يمكن تفسيرها على اساس تحولات في النواحي الجينية واخيرا فان السيطرة على نمو النبات وتطوره تحت هذه المستويات الثلاثة تتداخل في عدة طرق لتحديد الصورة الكاملة التي يكون عليها النبات.

Genetic control:-

- **Cells do not lose genes ,rather they are turned of during differentiation and development .**
- **Changes in gene expression is principle factor in regulating development at intracellular level.**
- **Gene expression can be divided into five principle stages .**

  A - Gene activation
- **General discussion of DNA, histones, chromatin ,etc**

  B – transcription

Dr. Muayed F. Abbas Basrah University

السيطرة الجينة في تطور النبات Genetic control of plant development

ان القدرة الكامنة الخلوية Totipotency للخلايا النباتية تعني ان جميع المعلومات الضرورية لتطور نبات كامل هي موجودة في الهيئة الجينية Genome لكل خلية حتى في تلك الخلايا التي هي على درجة عالية من التخصص، بعبارة اخرى فان الخلايا لاتفقد الجينات بالرغم من ان العديد من الجينات لايعبر عنها او تكون غير فاعلة (متوقفة) turned off مع تقدم عملية التميز والتطور.

Gene expression ⟶ protein

Gene rexpression ⟶ X

ان عملية التطور للنبات تتطلب تسلسل مبرمج لعملية تفعيل الجينات بهدف الحصول على النواتج الجينية (البروتينات) وذلك في الوقت المناسب بالاضافة الى ذلك فان الخلايا النباتية يجب ان تمتلك القدرة على الاستجابة لهذه النواتج الجينية. ومع تطور التقانات الحديثة للوراثة الجزيئية molecular genetics وتاثيرها على معرفتنا العلمية عن تطور النبات اصبح من الواضح ان عملية التعبير الجيني هي العامل الرئيسي والاساسي في تنظيم عملية تطور النبات على مستويات داخل الخيلة .

الجينات كما هو معروف مولفة من تعاقب عدد من النيوكليوتيدات nucleotides في جزيئة الDNA وتعاقب كل ثلاث من هذه النيوكليوتيدات تعطي مايسمى بالشفرة الوراثية codon التي تشفر لكل حامض اميني وعلى هذا الاساس فان تعاقب الشفرة الواحدة في الجين يحدد لنا التركيب الرئيس لتسلسل الاحماض الامينية في جزيئة البروتين وخاصة الانزيمات التي تحدد عملية الايض الخلوي cell metabolite .

التعبير الجيني gene expression

هو عبارة تطلق على تخليق او بناء بروتينات معينة مشطورة بواسطة جينات خاصة . الجينات ليست باجمعها اوباكملها تكون فعالة في كل الاوقات الا انها قد تكون فعالة اوفاعلة اعتمادا على الاحتياجات التطورية المبرمجة او استجابة للتغيرات في الظروف البيئية ، ثلا تعرض النبات لظروف الشد الملحي يؤثر في عملية التعبير الجيني ويؤدي الى بناء بروتينات جديدة غير موجودة تحت الظروف الطبيعية.

بالاضافة الى ذلك فان الاختلافات في عملية التعبير الجيني تعتبر الوسيلة الرئيسية المسؤلة عن انواع الانزيمات الموجودة في الخلية وبالتالي مسؤولة عن نمو وتطور ايض الخلية المعينة .

Dr. Muayed F. Abbas Basrah University

ان عملية التعبير الجيني في الكائنات الحية حقيقية النواة يمكن تقسيمها الى خمس مراحل او خطوات هي :-

بسم الله الرحمن الرحيم

محاضرة (2) الخميس 2012/11/8

1-الخطوة الاولى :- التنشيط الجيني

هي الخطوة التحضرية لجزيئات الDNA التي تكون الجينات (الجين عبارة عن قطعة من DNA). الخلايا النباتية عادة تحتوي على كمية كبيرة من الDNA الذي يجب ان يوضع في حيز صغير جدا هو النواة على سبيل المثال اذا قمنا بمد الDNA لخلية مفردة لنبات القمح الشيلمي Rye فقد يصل طوله الى 5 امتار ومع ذلك فان هذا الDNA يجب ان يوضع في نواق قطرها لايزيد عن 5 مايكرومتر .ويمكن عمل ذلك الشئ لان جزيئة الDNA ثنائية الشريط (والتي تحتوي على الجينات في خلية حقيقية النواة)تكون ملفوفة او مربوطة حول جزيئات خاصة تسمى Histones هذا التركيب يساعد في تكثيف condense جزيئة الDNA ووضعها داخل مساحة صغيرة (النواة) ويعتبر ان الخطوة الاولى في عملية التعبير الجيني release هو تحرير جزيئة الDNA من هذا البروتين (الهستون) بحيث تصبح جاهزة .

2- الخطوة الثانية:- الاستنساخ transcription

هذه الخطوة من خطوات عملية التعبير الجيني تعني بناء او تخليق جزيئة من الحامض النووي الRNA وترتيب القواعد النيوكليوتيدية الموجودة فيه مكملة لتلك القواعد الموجودة في جزيئة الDNA في الجين .ونظرا لان المعلومات الموجودة في الDNA يتم استنساخها على شكل تسلسل نيوكليوتيدي(sequence) في الRNA فان هذه العملية يطلق عليها عبارة الاستنساخ .
هذه العملية يتم تنشيطها بواسطة انزيم نووي يسمى انزيم بلمرة ال RNA (RNA polymerase) ونظرا لان جزيئة الRNA تحمل المعلومات في النواة حيث موقع جزيئة الDNA الى السايتوبلازم او السايتوسول حيث تحدث عملية بناء البروتين فان هذا النوع من الRNA يسمى mRNA الرسول وقبل ان يعاد الmRNA الى النواة ويستخدم في عملية بناء البروتين يجب ان تجرى له عملية تعديل او تحوير والتي تسمى ال Processing .

Dr. Muayed F. Abbas Basrah University

3-الخطوة الثالثة:- الترجمة Translation

هذه الخطوة تحدث في السايتوبلازم حيث عندما يصل ال mRNA المعدل او المحور الى السايتوبلازم يرتبط مع الرايبوسومات حيث ان الرسالة التي يحملها يتم ترجمتها الى تسلسل معين من الاحماض الامينية التي تكون البروتين المعين .

4-الخطوة الرابعة:- نقل الاحماض الامينية Transfer of amino acids

الاحماض الامينية حسب الرسالة التي يحملها mRNA تسلم الى الرايبوسومات واحدا بعد الاخر بواسطة جزيئة خاصة تسمى tRNA (transfer RNA) الناقل هذا الtRNA يقوم بنقل الاحماض الامينية حتى يصل طول السلسلة الببتيدية(لان الرابطة بين حامض اميني واخر بواسطة مركب الببتايد) الى طول الرسالة الموجودة في الRNA بعد ذلك يحدث تحرير لهذه السلسلة الببتيدية التي تكون بروتين معين ، ثم يرجع الرايبوسوم ليعيد الدورة مرة ثانية وثالثة وهكذا .

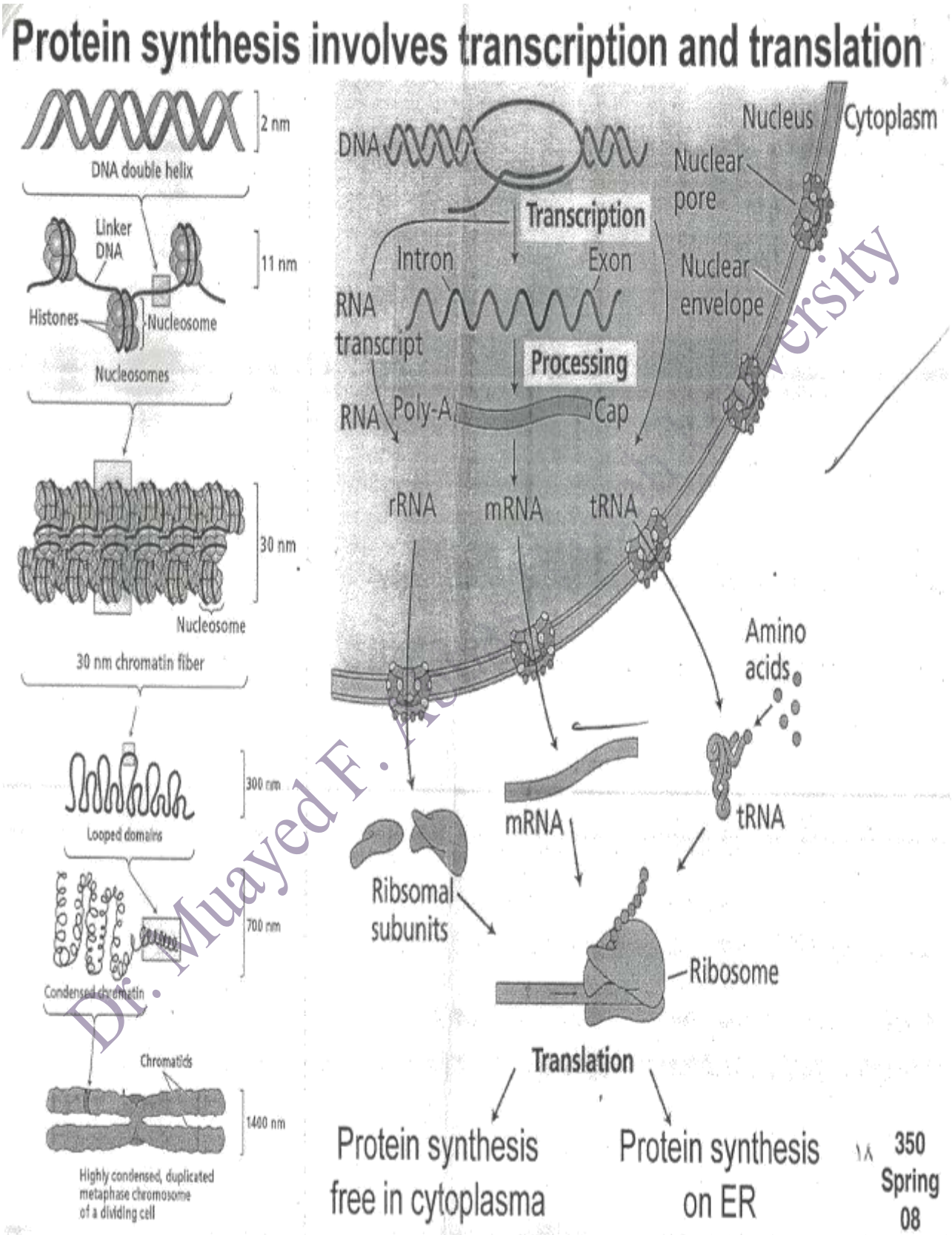
5-الخطوة الخامسة:- تحوير البروتينات الناتجة Modification of protein

ان العديد من البروتينات تكون غير مفيدة عندما تحررمن الرايبوسومات مباشرة ولذلك يجب ان تجرى عليها بعض التعديلات او التحويرات بحيث تصبح نشطة او فعالة.

على سبيل المثال البروتينات التي يجب ان تذهب الى العضيات المحتوية على اغشية مثل البلاستيدات الخضراء يجب يجب ان تحتوي سلسلة من الاحماض الامينية التي تكون كارهة للماء محبة للدهن (لان هذه الاغشية هي عبارة عن مواد دهنية) ويطلق عليها اصطلاح التسلسل الرئيسي وهذه الاحماض الامينية تسهل دخول البروتين خلال الاغشية وحالما يصل البروتين الى موقعه يحصل لها تحلل او انحلال ،وهناك بروتينات تبقى غير فعالة الى ان تقصر السلسلة الببتيدية وذلك بتاثير بعض الانزيمات المحللة . في حين ان بروتينات اخرى تحتاج اضافة كاربوهيدرات اليها لكي تصبح بروتينات سكرية glycoprotein .ومعظم هذه التحويرات تتضمن نشاط انزيمات محددة والتي هي ضرورية لحدوث عملية تعبير جيني ناجحة.

وكل خطوة من هذه الخطوات الخمس تمثل دور مهم في عملية تطور النبات وهناك بعض الادلة التي تشير الى وجود اختلافات في عملية النسخ والترجمة خلال مراحل تطور النبات المختلفة.

Dr. Muayed F. Abbas Basrah University



Dr. Muayed F. Al... University

السيطرة الهرمونية لنمو النبات وتطوره

Hormonal regulation of plant growth and development.

ان التداخلات مابين الخلايا النباتية هي غاية في التعقيد ، فعلى سبيل المثال خلية بالغة في لب نبات التبغ تفقد القدرة على الانقسام وهي متخصصة بالدرجة الاساس على شكل خلية خازنة ولكن اذا تم تحريرها من موقعها بالساق ثم زرعت في وسط صناعي فان نفس هذه الخلية سوف يتم تنشيطها على الانقسام منتجة كتلة على شكل خلايا النباتية غير متخصصة والتي سميت بالكالس ومع التوازن الغذائي المناسب والنوع الصحيح من الهرمونات في الوسط الغذائي سوف تكون جذور ومجموع خضري وفي النهاية تتم عملية اخلاف نبات كامل . ان مثل هذا السلوك يمكن تفسير على اساس الهرمونات النباتية الي هي عبارة عن رسل كيميائية chemical messenger تحمل المعلومات بين الخلايا intercellular canals وتوجد هناك عدة مجاميع من الهرمونات نباتية التي يمكن ان تشجع او تثبط العديد من العمليات التطورية اما بصورة منفردة او بالتعون مع بعضها البعض وسوف نتطرق الى هذا الموضوع بصورة مختصرة لاحقا.

النباتات متعددة الخلايا تعد كائنات حية غاية في التعقيد وتطورها المنظم والمنسق يحتاج الى درجة عالية من التنيسق coordination بين الخلايا ولكي تقوم الخلايا النباتية بتنسيق فعالياتها المختلفة فانه من الضروري ان تكون لها القدرة على الاتصال مع بعضها البعض واحيانا على مسافات بعيدة.

من الوسائل الرئيسية للتواصل بين الخلايا النباتية هي الهرمونات التي هي عبارة عن رسل كيميائية تحمل المعلومات بين الخلايا وبالتالي تعمل على تنسيق نموها وتطورها ،وفي الوقت الحاضر هناك خمس مجاميه من الهرمونات النباتية المقبولة لدى معظم الباحثين وهناك مجاميع اخرى تعد حديثة الاكتشاف والتي يعتقد بان لها ادوار فسيولوجية في نمو النبات وتطوره كلمة هرمون هي ذات اصل يوناني وتعني باعث النشاط activity arouser وهناك خمس اونقاط يجب ان تنطبق على مركب ما لكي يمكن اعتباره هرمون نباتي وهي:-

1- ان الهرمونا النباتية يجب ان تكون فعالة بتراكيز ضئيلة للغاية .
2- يجب ان ينتج غي خلية معينة او نسيج معين وينقل الى مكان عمله site of action or target cell .
3- الهرمون النباتي لايعتبر مركب ايض وسطي (metabolic intermediates). وعادة يكون مركب بسيط من ناحية التركيب الكيميائي ووزنه الجزيئي قليل ، مثل IAA وزنه الجزيئي 175 .

Dr. Muayed F. Abbas Basrah University

4- ان الهرمونات النباتية تسبب العديد من التاثيرات التي عادة ترافقها عملية تضخيم للفعل الفسيولوجي.

5- الهرمونات النباتية يتم استقبالها بواسطة receptor للخلية النباتية المستلمة . وكما ذكرنا سابقا فان هناك خمس مجاميع من الهرمونات النباتية الرئيسية المقبولة هي الاوكسينات والجبرلينات والسايتوكايننات وحامض الابسيسك والاثلين. وهناك مجموعة اخرى من الهرمونات النباتية المكتشفة حديثا وتشمل الاتي :-

A. brassinolde
B. systemin
C. jasmonic acid
D. salicylic acid
E. polyamines

بالاضافة الى ذلك فان هناك هرمونات افتراضية Hypothetical hormones وهي هرمون florigen وهرمون الvernalin وتوصف بانها هرمونات افتراضية لان وجودها يعتمد على ادلة مرفولوجية فقط ولم يتم عزلها من النبات ومعرفة تركيبها الكيميائي وبالنسبة للفلورجين هو هرمون التزهير بالنباتات الحساسة للضوء فان الادلة المتوفرة في الوقت الحاضر تشير الى نوع من البروتينات.

السيطرة البيئية لتطور النبات (خارج الخلايا)

in vivo mental of regulation of plant development (extra-cellular signal)

هناك العديد من العوامل البيئية او الخارجية او المؤثرات stimulus في اوقات مختلفة تستطيع ان تلعب دور مهم في السيطرة او تنظيم عملية تطور النبات.

ومعظم هذه المؤثرات البيئية هي بالواقع مؤثرات فيزياوية كالضوء ودرجة الحرارة والجاذبية والتي تمتاز بان لها تاثير مهم في هذه الخصوص ، وهناك عوامل اخرى مثل المجالات المغناطيسة والرياح والصوت وهذه مؤثرات ميكانيكية قد تكون لها تاثيرات على نمو وتطور النبات ،الاان هذه العوامل من الصعب دراستها وتوضيحها في تجارب بحثية .

عوامل بيئية اخرى مثل الرطوبة في التربة والجو والتغذية المعدنية ايضا تؤثر في عملية تطور النبات وحايا فان العديد من ملوثات الهواء والماء تمثل تحدي بيئي كبير للنباتات وقد تؤثر في تطور النبات بدرجة كبيرة ونظرا لان العوامل البيئية تنشأ خارج النبات فان النبات يجب ان يمتلك بعض

Dr. Muayed F. Abbas Basrah University

الوسائل التي تقوم باستقبال هذه المؤثرات ثم نقلها او نقل هذه المعلومات الى تغيرات ايضية ثابتة او تغيرات بايوكيميائية . ان فهم طبيعة استقبال المؤثرات البيئية يعد واحدة من اولى الخطوات في فهم سلسلة العمليات التي تؤدي في النهاية الى الاستجابة الفسيولوجية فقد اصبح من الواضح الان ان معظم ان لم يكن جميع تاثيرات العوامل البيئية تؤثر اما في عملية التعبير الجيني او في فعالية الهرمونات النباتية.

الفايتوكروم والتشكل الضوئي phytochrome and photomorphognesis

الضوء الذي هو عبارة عن موجات كهرومغناطيسية يتالف من جسيمات او ضويئات او فوتونات يؤثر في نمو النبات في العديد من النواحي وهي كالاتي:-

اولا:- الضوء يعد مصدر للطاقة التي تدخل عالم الاحياء وهذه الطاقة يتم اقتناصها بعملية البناء الضوئي حيث تتحول الى طاقة كيميائية.

ثانيا:- الضوء يعد اشارة signal او مؤشر هذه الاشارة تؤثر في نمو النبات وهذا يطلق عليه النمو الاتجاهي directional growth مثال على ذلك ظاهرة الانتحاء الضوئي phototropism والتي نعني بها نمو النسيج النباتي باتجاه مصدر الضوء وخاصة الاعضاء النباتية مثل الاوراق والسيقان حيث تكون موجبة الانتحاء الضوئي في حين ان الجذور سالبة الانتحاء الضوئي .

ثالثا:- التغيرات الموسمية في طول الليل والنهار seasonal changes in day length وهذا التاثير مهم جدا في تطور النبات وخاصة عملية التزهير flowering ويبدو ان النبات يمتلك ميكانيكية لقياس الوقت time measuring mechanisms .

رابعا:- الثاثيرات الشكلية للضوء formative effect of light (photomorphognesis)

التغيرات الناتجة عن الضوء في نمو النبات وتطوره وعملياته الايضية المختلفة

Photomorphogensis light induced changes in plant growth development and cellular metabolism

ان نمو النبات وتطوره يعتمد على الظروف البيئية والتركيب الجيني للنبات ، ومن الظروف البيئية هو الضوء الذي لايحتوي على أي من النباتات وانما يؤثر في الطريقة التي يتم فيها التعبير عن الجينات في الكائن الحي ، والسؤال الان كيف يمكن للخلايا النباتية ان تستجيب للضوء ؟

والجواب:- نظرا لان الاشارات الضوئية تنشل خارج الخلايا النباتية فانه يمكن ان تتصور ان هناك

Dr. Muayed F. Abbas Basrah University

سلسلة من العمليات او الاحداث events التي تتضمن استقبال الاشارة الضوئية ثم نقلها وبعد ذلك تحدث الاستجابة الضوئية.

ان استقبال الاشارة الضوئية او تاثيرات الضوء تحتاج الى صبغة لها القدرة على امتصاص الضوء بحيث تصبح الصبغة منشطة ضوئيا ، الصبغة التي تعمل بهذه الطريقة يطلق عليها اصطلاح المستقبل الضوئي photoreceptor .وبامتصاص الاطوال الموجية للضوء بصورة انتقائية هذا المستقبل الضوئي كانما يقرا المعلومات الموجودة في الضوء ثم يفسر هذه المعلومات في الخلية على شكل فعل فسيولوجي معين وهذا الفعل يشمل تغيرات تركيب البروتين او تغيرات كيموضوئية او افعال فسيولوجية اخرى .

وبغض النظر عن طبيعة التاثير الاولي فان امتصاص الضوء بمساعدة المستقبل الضوئي او بسبب initiate او يحث عدد من التغيرات البايوكيميائية التي تسمى سلسلة انتقال الاشارة الضوئية وفي النهاية فان عملية نقل التاثير الضوئي تؤدي الى الاستجابة التطورية المعينة . ان معظم الاستجابات الشكلية للضوء في النباتات الراقية يبدو انها تحت سيطرة واحدة من ثلاث انواع من المستقبلات الضوئية وهذه المستقبلات هي :-

1- الفايتوكروم phytochrome

وهي تمتص بالدرجة الاساسية في المنطقة الحمراء او الاحمر البعيد red-far red من الطيف المرئي (الاطوال الموجية فيه معقولة) وتاثيراتها الفسيولوجية هي اكثر التاثيرات دراسة في موضوع التشكل الضوئي .

2- cryplochrome

3- uv-receptor

وهاتين الصبغتين مسؤلتان عن امتصاص الضوء الازرق وهي تشمل بعض الظواهر الفسيولوجية مثل الانتحاء الضوئي وعملية فتح الثغور بناء الكلوروفيل والاستجابة للفايتوكروم هي الاكثر اهمية بالمقارنة مع بقية الصبغات فقد حضيت بالاهتمام الكبير في البحوث والدراسات.

Dr. Muayed F. Abbas Basrah University

بسم الله الرحمن الرحيم

محاضرة (3) الثلاثاء 2012/11/20

الفايتوكروم Phytochrome

ان الاختلافات الكبيرة في نمو وهيئة النباتات النامية في الظلام وتلك النامية في الضوء جلبت اهتمام الباحثين في مجال فسلجة النبات لعدة عقود من السنين الا ان فهمحقيقة هذه الظاهرة قد حدث نتيجة الابحاث التي قام بها شخصان هما Borthwike و Hendrike من خلال دراستهم على نباتات الخس الحساسة للضوء .هذه البذور لاتنبت في الظلام لكنها تنبت بسرعة اذا عرضت لفترة قصيرة من الاضاءة وعند دراسة هذا الموضوع بصورة تفصيلية وذلك عن طريق تعريض البذور الى مناطق مختلفة من الطيف المرئي وجد ان اكثر مناطق الطيف المرئي تشجيعاًللانبات هي المناطق الحمراء على طول موجي قدره 660 نانوميتر (وحدة قياس الاطوال وتعادل 10^{-9} من المتر) في حين ان تثبيط الانبات او منعه يحدث في منطقة الاحمر البعيد far-red يرمز له(FR) على طول موجي قدره 730 نانوميتر. وعند دراسة التداخل بين تاثيرات الضوء الاحمر والاحمر البعيد (Red and Far-red) وجد ان تاثيرات الضوء الاحمر يمكن ان ينقضها الضوء الاحمر البعيد .ان حدوث الاشعاع او عدمه يعتمد على طبيعة الاشعاع الاخير الذي تتعرض له البذور كما هو موضح بالجدول الاتي:-

نوع الاشعاع Irradiation	النسبة المئوية للانبات % Germination
R	70.0
FR	6.0
R / FR / R	74.0
R / FR / R / FR	6.0
R / FR / FR / R	76.0
R / FR / R / FR / R / FR	7.0
R / FR / R / FR / R / FR / R	81.0

يلاحظ من هذا الجدول ان الضوء الاحمر هو الذي يؤثر وان تأثيرات الضوء الاحمر يعكسها الضوء الاحمر البعيد وهذه الظاهرة يطلق عليها اصطلاح ظاهرة الانعكاس للضوء الاحمر والاحمر البعيد R/FR reversibility ان الاحمر يشجع والاحمر البعيد يثبط الانبات .ومن الحقائق الثابتة انه عندما

Dr. Muayed F. Abbas Basrah University

تسبب منطقة معينة في الطيف المرئي تأثيراً بايلوجي معين فأنه من الضروري ان تحتوي انسجة النبات على مستقبل ضوئي او صبغة تقوم بامتصاص الضوء في تلك المنطقة . وقد اقترح الباحثان ان هناك صبغة توجد في صورتان متبادلتان وهما two alternative forms Pr and Pfr وان كل صورة لها القدرة ان تتحول الى الصورة الثانية كما هو موضح بالمعادلة البسيطة الاتية:-

$$Pr \underset{\text{Far-red}}{\overset{\text{Red}}{\rightleftharpoons}} Pfr$$

الفايتوكروم phytochrome :- صبغة نباتية وقد اطلق على هذه الصبغة اسم فايتوكروم وتعني حرفياً phyto تعني نبات و chrome تعني صبغة .

الظواهر الفسيولوجية المسيطر عليها من قبل صبغة الفايتوكروم

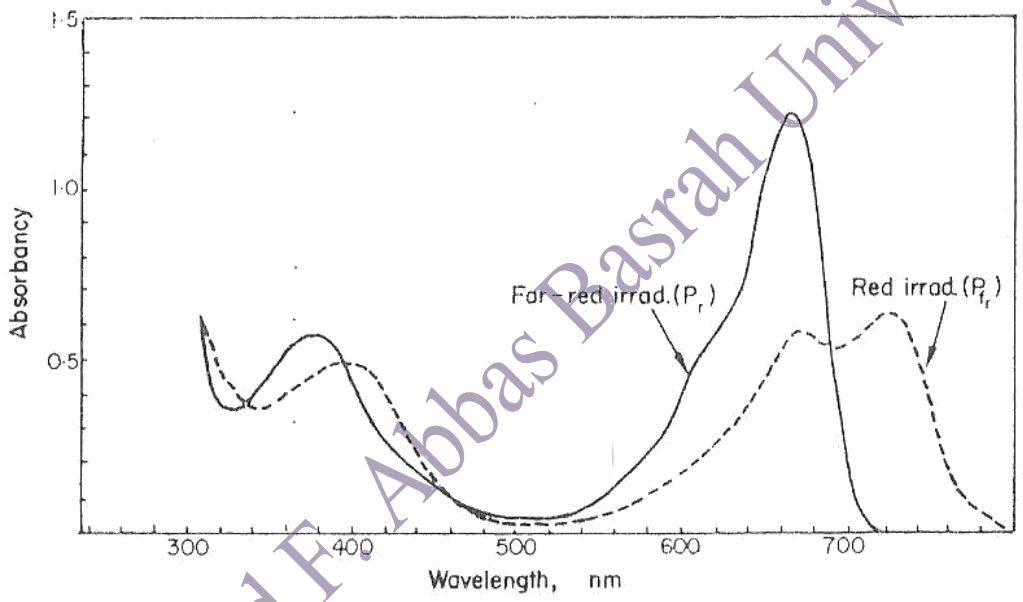
بعد توضيح دور الفايتوكروم في انبات بذور الخس الحساسة للضوء وجد ان هناك العديد من الظواهر الفسيولوجية التي تلعب صبغة الفايتوكروم دوراً اساسياً في حدوثها وهذه الظواهر الفسيولوجية تحدث في العديد من النباتات من الطحالب الى النباتات الزهرية ويوضح الجدول الاتي بعض الاستجابات الفسلجية لصبغة الفايتوكروم .

Algae, bryophytes and pteridophytes	*Angiosperms*
Spore germination	Seed germination
Chloroplast movement	Hypocotyl hook formation
Protonema growth and differentiation	Internode extension
	Root primordia initiation
	Leaf initiation and growth
	Leaflet movement
Gymnosperms	Electrical potential
Seed germination	Membrane permeability
Hypocotyl hook formation	Phototropic sensitivity
Internode extension	Geotropic sensitivity
Bud dormancy	Anthocyanin synthesis

Dr. Muayed F. Abbas Basrah University

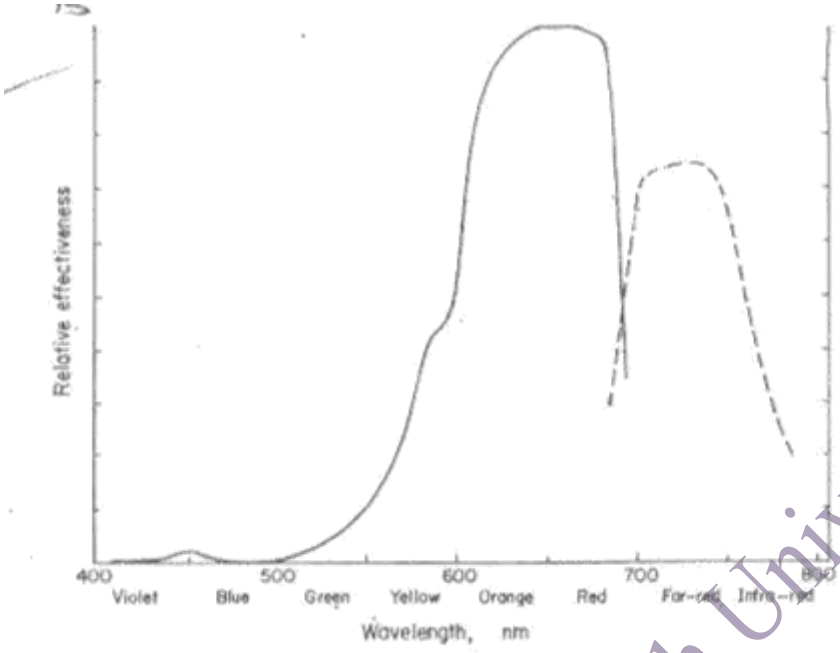
ظاهرة الانعكاس الضوئي R/FR reversibility

ان الانعكاس الضوئي هي من الظواهر الفسيولوجية المسيطر عليها من قبل صبغة الفايتوكروم والتي يتم ايضاحها في العديد من العمليات الفسيولوجية غير انبات البذور على سبيل المثال ظاهرة الازهار flowering في النباتات الحساسة للضوء flowering photo periodic sensitine plants في هذه النباتات الضوء الاحمر يشجع التزهير في حين ان الاحمر البعيد يثبط التزهير ولقد قام الباحثان اللذان اشرنا اليهما سابقاً بدراسة طيف الامتصاص absorption spectrum (كمية مايمتص من الطاقة الضوئية بدليل طول الموجة).



ويوضح الشكل (1) طيف الامتصاص لمحلول صبغة الفايتوكروم الذي تم استخلاصه من نبات الشوفان كما قام الباحثان بدراسة طيف الفعل والاداءaction spectrum ويقصد به تعبير بياني يبين فعالية اطوال موجة معينة في ظاهرة فسلجية). وقد لوحظ ان هناك تطابق بين طيف امتصاص صبغة الفايتوكروم وطيف الفعل والاداءوهذا يعني ان الاطوال الموجية التي تمتص هي نفسها التي تسبب الفعل الفسيولوجي ويوضح الشكل (1-ب) طيف الاداء والفعل لصبغة الفايتوكروم .

Dr. Muayed F. Abbas Basrah University



صبغة الفايتوكروم تتحكم بالعديد من عمليات النمو والتطور مثل ظاهرة الشحوب الظلامي etiolalion وهذه الظاهرة تحدث عندما تنمو البادرات في الظلام واذا ماقورنت بالبادرات النامية في الضوء فانا نلاحظ اختلافات كبيرة في المظهر الخارجي وبعض النواحي الفسيولوجية فالنباتات النامية في الظلام تمتاز بمايلي:-

1- الساق طويلة ونحيفة بدرجة كبيرة واوراقها ضعيفة التكشف او التطور كما تتقوس نهاية ساقها مكونة مايسمى بالخطاف القمي plumlar houk .

2- تكون خالية من الاصباغ وخاصة الكلوروفيل (تصبح صفراء اللون).

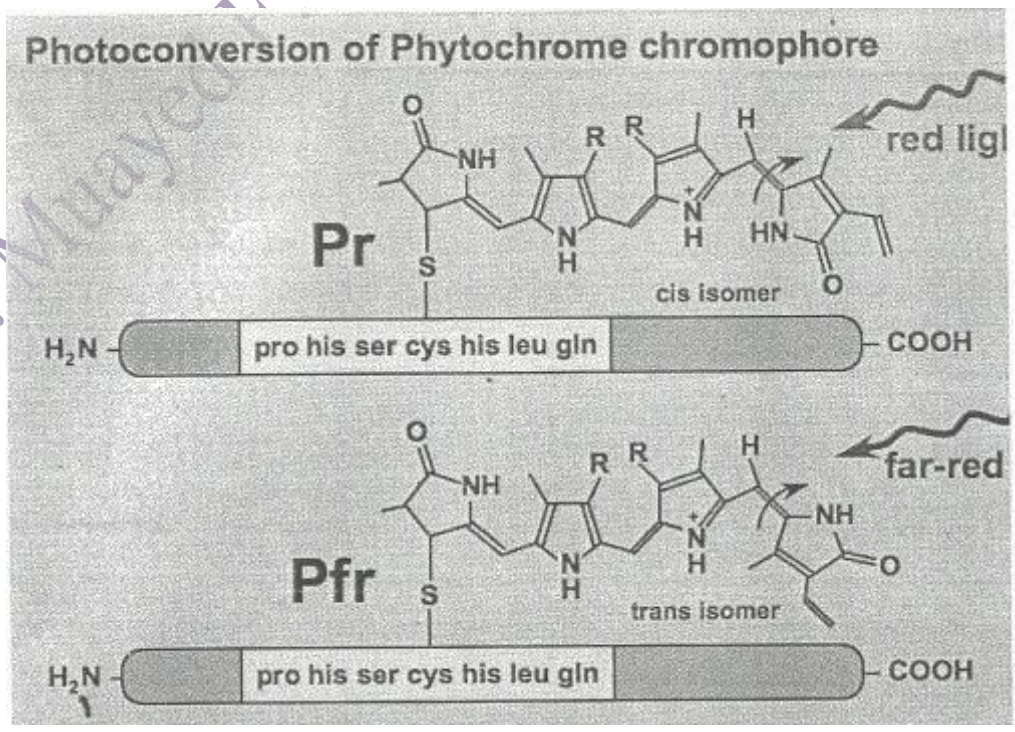
3- هذه الاعراض للشحوب الظلامي لاتعود لعدم حوث عملية البناء الضوئي بدليل ان التحول الى مواصفات النباتات النامية في الضوء يحدث بعد تعريض هذه النباتات النامية في الظلام الى فترات وجيزة من الضوء . هذه الاعراض يمكن تقليلها بدرجة كبيرة عند تعريضها للضوء الاحمر لمدة 5 دقائق يومياًوتأثيرات الضوء الاحمر هذه يمكن عكسها عن طريق تعريض النباتات الى الضوء الاحمر البعيد far-red مما يدل ان ظاهرة الشحوب الظلامي هي تتحكم بها صبغة الفايتوكروم ونظراً لان بناء صبغة الكلوروفيل يحتاج الى فترات طويلة من الاشعة فأن الحصول على افرع خضراء طبيعية يحتاج الى مستويات عالية من الاشعة .

Dr. Muayed F. Abbas Basrah University

التحول الضوئي للفايتوكروم في الخلية النباتية

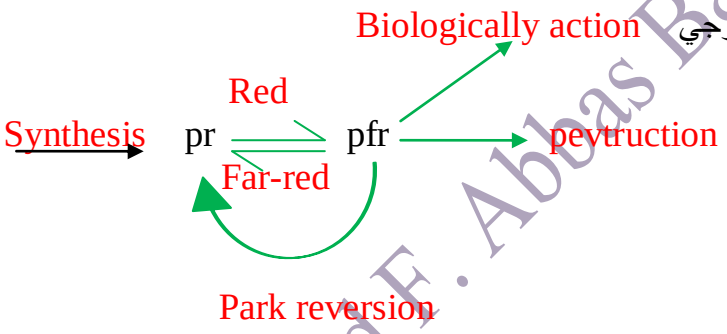
photoconverion of phytochrome in plant cells

عند اكتشاف ظاهرة الانعكاس الضوئي اوتحول صورتي الفايتوكروم كان يعتقد بان تحول صورة الفايتوكروم pfr الى pr يحدث ذاتياً في الظلام ودون الحاجة للتعرض للضوء الاحمر البعيد الا ان مثل هذا التحول في الظلام قد تم ايضاحه في بعض الانسجة في النباتات ذات الفلقتين ولم يوضح في معظم نباتات ذات الفلقة الواحدة ومع ذلك فأن مستويات pfr (مستويات صبغة الفايتوكروم التي تمتص الاحمر البعيد) بصورة عامة تقل بسرعة في الظلام في معظم انسجة النبات وتقل معها كمية الفايتوكروم الكلي فأن هذا الهبوط او الانخفاض في كمية الpfr يمكن ايقافه وذلك عن طريق تعريض انسجة النبات الى الضوء الاحمر البعيد حيث يتحول الفايتوكروم الى صبغة pr وعلى هذا الاساس فأن صورة pr هي الصورة المستقرة نسبياً للفايتوكروم relatively stable form في حين ان صورة pfrهي صورة غير مستقرة او قلقة non-stable or able form ويحدث لها انحلال سريع داخل النسيج النباتي وليس من الواضح كيفية حدوث انحلال او تحطم صورة pfr للفايتوكروم ولكن يبدو ان صورة pfr هي الصورة النشطة بايلوجياً biologically active form وهي تشترك في ابتداء سلسلة من العمليات التي تؤدي في النهاية الى حدوث الاستجابة الفسيولوجية . ولذلك فأن طريقة عمل صورة ال pfr للفايتوكروم تتضمن حدوث تحلل او تحطم لها .



Dr. Muayed F. Abbas Basrah University

وفي معظم التجارب التي تم فيها استخدام الضوء الاحمر والاحمر البعيد فأن المعاملة بالاحمر البعيد قد ثبطت تأثير الضوء الاحمر اذا اعطيت بعد الضوء الاحمر مباشرة ولكن اذا تأخرت المعاملة في الضوء الاحمر البعيد لفترات زمنية فأن هناك نقطة او وقت يكون فيها الضوء الاحمر البعيد غير قادر على عكس تأثيرات الضوء الاحمر مما يدل على ان العمليات الفسيولوجية التي بدئتها صبغة الفايتوكروم قد حدثت وهي مستمرة ولايمكن ايقافها وهذه الفترة الزمنية او النقطة التي عندها لايمكن عكس عملية تأثير المعادلة يطلق عليها زمن الهروب من التأثير Escape time واذا تركت الانسجة النباتية في الظلام بعد تعريضها للضوء الاحمر لمرة واحدة single exposure . فأن الهبوط الاولي في مستويات الفايتوكروم يعقبه بعد فترة حدوث زيادة مما يدل على ان هناك تخليق للفايتوكروم بصورة pr من جديد وعلى هذا الاساس فأن الادلة المتوفرة في الوقت الحاضر كثيرة الا ان الفايتوكروم في الانسجة النباتية النشطة يحدث لها عملية تحول مستمر continuons turnover وهذه العمليات تشمل البناء synthesis والتحول من صورة الى اخرى inter conversion والتحلل او التحطم devtruction والتحول والتحطم الظلامي pork reversion كما في الشكل التالي:-



خواص الفايتوكروم properties of phytochrome

أ-الفايتوكروم من النواحي الكيميائية

الفايتوكروم عبارة عن صبغة مزرقة blue chromo protein وهي عبارة عن جزء صبغي وجزء بروتيني ،الجزء الصبغي chromophore عبارة عن تركيب رباعي البايرول tetrapyrole وهو يشبه الصبغة الزرقاء الموجودة في الطحالب الزرقاء وهذا الجزء مرتبط برابطة تساهمية مع البروتين وذلك عن طريق الحامض الاميني السستين cysteine والفايتوكروم له ذروة امتصاص على الاطوال الموجية 660 و770 نانوميتر كما ان التحول من صورة pr الى صورة pfr يتضمن تغيرات في النواحي التركيبية للاجزاء الحلقية الموجودة في تركيب جزيئة الفايتوكروم كما هو موضح بالشكل .البروتين له وزن جزيئي قدره 165 كيلوداتن وعادة هذا التركيب الخاص بصبغة الفايتوكروم يتأثر بالطاقة الضوئية مما يؤدي الى حدوث تفاعل ضوئي كيميائي والذي يؤدي في النهاية الى حدوث الفعل

Dr. Muayed F. Abbas Basrah University

الفسيولوجي بالاضافة الى ذلك فأن طيف الامتصاص يختلف وذلك هذه الصورة سواء كانت pr اوpfr بالاضافة الى ذلك ففي النباتات الخضراء فأن الفايتوكروم يختلف عن ذلك الموجود في النباتات النامية في الظلام فالنباتات النامية في الضوء تكون الفايتوكروم قليلة من حيث الكمية وهناك اختلاف ايضاً من ذروة الامتصاص للضوء كما ان هناك اختلاف في فترة البقاء للضوء pr pfr half-life وبصورة عامة يوجد نوعين من الفايتوكروم النوع الاول :-

-: Type 1 phytochrome

وهو الفايتوكروم الرئيسي في البادرات النامية في الظلام والمسؤول عن تحسس كمية الضوء light quantity .

-: Type 2 phytochrome

وهو الفايتوكروم الرئيسي في البادرات النامية في الضوء وقد يكون مسؤولاً عن تحسس نوعية الضوء light quality .

وهناك خمس جينات للفايتوكروم تسمى phytochrome genes تسمى جينات الفايتوكروم وهي:-

1- Phytochrome A gene

2- Phytochrome B,C,D,E

الفايتوكروم A هو ضمن النوع الاول اما الانواع الاربعة الاخرى هي B,C,D,E مسؤولة عن انتاج النوع الثاني للفايتوكروم .

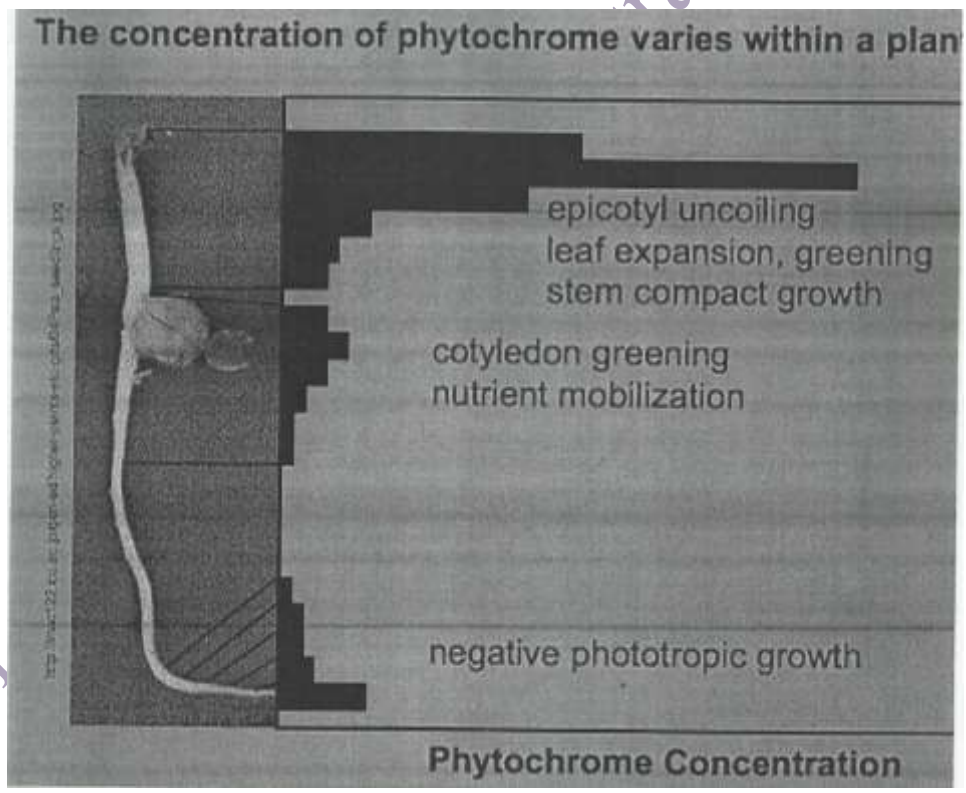
Dr. Muayed F. Abbas Basrah University

بسم الله الرحمن الرحيم

محاضرة (4) الخميس 2012/11/29

توزيع وتواجد صبغة الفايتوكروم phytochrome distribution

ان صبغة الفايتوكروم هي موجودة في جميع النباتات الراقية والنباتات الواطئة lower plant وهي موجودة في جميع خلايا النبات بمافي ذلك الطحالب الخضراء والحمراء والبنية وهي موجودة في جميع خلايا النبات الاانها تكون موجودة بتراكيز عالية للانسجة النباتية الفتية غير المتخصصة بما في ذلك المرستيمات الموجودة في المجموع الخضري وكذلك الجذور الاانها موجودة في خلايا قلنسوة الجذر root cap cells ويوضح الشكل الاتي توزيع صبغة الفايتوكروم داخل نبات البزاليا ويلاحظ ان هناك اختلاف في التوزيع حيث توجد مستويات عالية من الفايتوكروم في القمم النامية وخصوصا المناطق التي يلعب الضوء دورا مهما في نموها ويلاحظ في هذا الشكل ان اعلى تركيز يكون في مناطق القمة النامية للساق.



التوزيع الموضعي لصبغة الفايتوكروم داخل الخلية Local distribution

التوزيع الموضعي لصبغة الفايتوكروم داخل الخلية ايضا يختلف حيث وجد ان هذا التوزيع يعتمد على تحول الصبغة من صورة PR الى PFR فان تواجد الصبغة بصورة PR فان تواجدها بالاساس يكون

داخل السايتوبلازم اما عندما تكون الصبغة بصورة PFR فهي عادة تكون محجوزة على شكل مجاميع Aggregates مرتبطة بالاغشية البلازمية .

جينات الفايتوكروم والبروتينات phytochrome genes and protein

كما ذكرنا سابقا فان هناك خمس انواع من الجينات المسؤولة عن تخليق او بناء صبغة الفايتوكروم وهي ال A,B,C,D,E وقد اوضحت الابحاث في مجال البايلوجي الجزيئي في نبات Arabidopsis مايلي:-

1-بالنسبة لجين الفايتوكروم A فان هذا الفايتوكروم وهذا النوع الجين A يكون موجودا فقط في نباتات مغطاة البذور وهو المسؤول عن التغيرات الاولية التي تحدث خلال الانبات وكذلك مسؤولة عن ازالة ظاهرة الشحوب الظلامي بالبادرات De-etiolation of seedlings .

وهذا الجين الذي يؤدي الى انتاج الفايتوكروم A يتاثر بدرجة كبيرة بالضوء ، حيث وجد ان تعرض النباتات للضوء يقلل من تركيزه ويبدوا ان الضوء يؤثر في عملية النتح والترجمة وفي الظلام فان الناتج الجيني او الفايتوكروم سوف يتراكم الى مستويات عالية .

2-اما بالنسبة لعملية التعبير الجيني لانواع اخرى من الفايتوكروم هي من B الى E من مغطاة البذور فان عملية التعبير الجيني لها هي عملية مستقلة عن الضوء أي لاتتاثر بالضوء وان كلتا الصورتين PR والPFR هي مستقرة stable الفايتوكروم الناتج من B الى E يؤثر على النوع الثاني من الفايتوكروم فقط. والفايتوكروم هنا هو المستقبل الضوئي الذي يلعب دورا اساسيا في تحسس الظل وتجنبه shade detection avoidance هذا النوع من الاستجابة يسمح للعديد من الانواع النباتية بان تزيد بسرعة استطالة الساق بدرجة كبيرة عندما تتعرض النباتات للتظليل من قبل النباتات المنافسة لها .

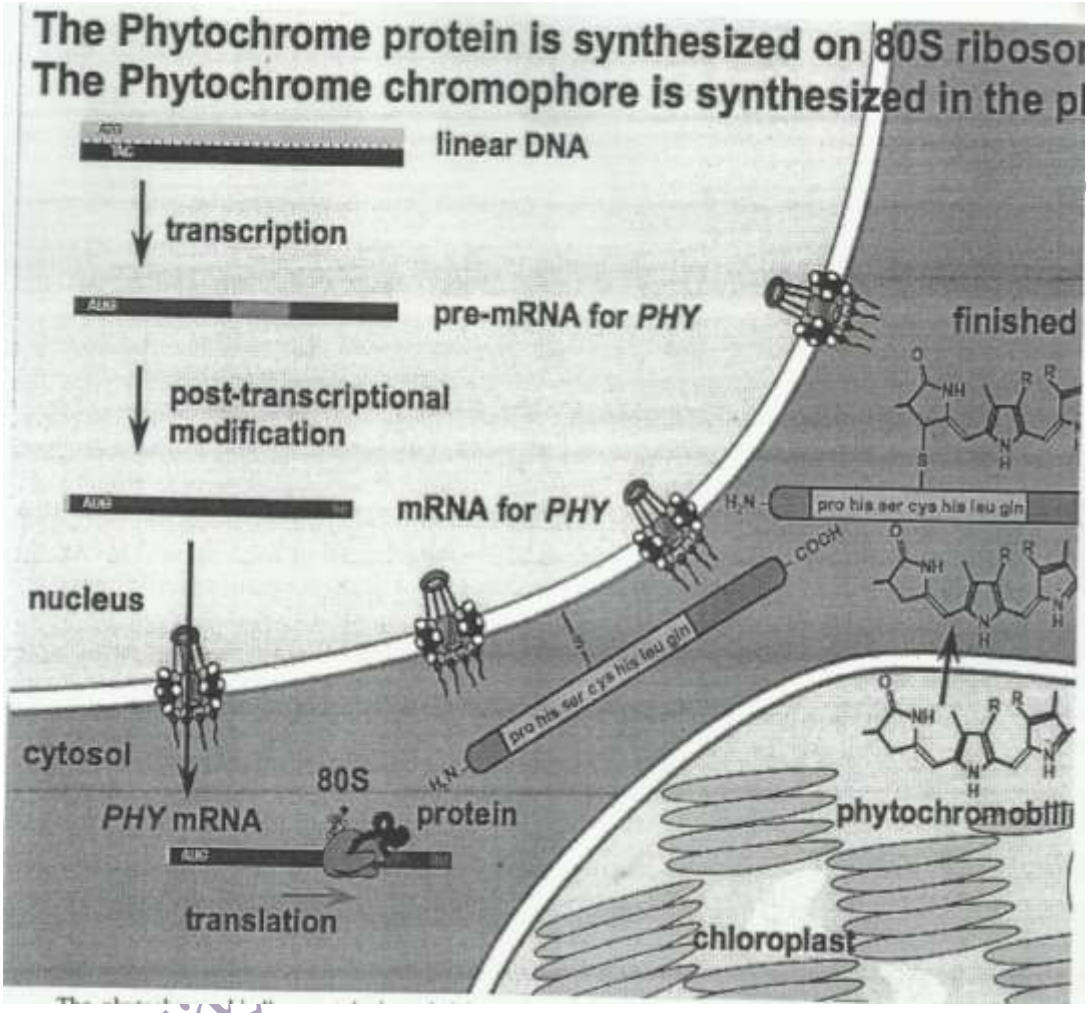
الكمية النسبية للPFR عادة يقل بدرجة كبيرة لوجود الاوراق المحتوية على الكلوروفيل نظرا لان هذه الاوراق كثيفة سوف تمتص الضوء الاحمر بدرجة كبيرة وعلى هذا الاساس فان الذي يصل الى الاوراق الضوء الاحمر البعيد . ومن خلال الحساسية للضوء الاحمر والاحمر البعيد فان صبغة الفايتوكروم تحفز النبات بدرجة معينة على استقبال لون الضوء .

الفايتوكروم B يعتبر المسؤول عن تحسس طول اليوم day langth في ظاهرة التزهير flowering وتكوين الدرنات tuberization في البطاطا .

اما بالنسبة للفايتوكروم C هذا النوع يعتبر من اقل انواع الفايتوكروم الخمسة تواجدا كمستقبل ضوء في نبات Arabidopsis وهناك بعض الادلة التي تشير الا ان الفايتوكروم قد تكون له بعض الادوار

Dr Muayed F. Abbas Basrah University

الفسيولوجية التي هي تختلف عن تلك الموجودة في الانواع A,B في تنظيم استجابة النبات للاشارات الضوئية . اما بالنسبة لانواع الفايتوكروم E,D فلا توجد معلومات هامة عنها بالنسبة للعمليات الفسيولوجية التي نتطرق لها .



الاستجابات الفسيولوجية المسيطر عليها من قبل صبغة الفايتوكروم

Phytochrome mediated responses

ان التاثيرات الفسيولوجية التي تسيطر عليها صبغة الفايتوكروم تعتمد على مستويات الضوء وهذه يمكن تقسيمها الى ثلاث انواع :-

النوع الاول:- Very low light responses

الاستجابات التي فيها شدة الاضاءة قليلة جدا تكون فيها شدة الاضاءة اقل من $<0.001\ mmol\ m^{-2}s^{-1}$ مايكرومول . الضوء الاحمر.

هذه الاستجابات الفسيولوجية تتطلب مستويات قليلة جدا من الفايتوكروم بصورة PFR وذلك لغرض حدوث الاستجابة وبصورة عامة فان هذا النوع من الاستجابات الفسيولوجية من الصعب دراسته لاغراض البحث العلمي. وكمثال على هذا النوع من الاستجابة Mesocotyl elongation in oat استطالة السويقة الوسطية لنبات الشوفان .

النوع الثاني:- Low light responses

الاستجابات التي تحتاج الى كميات قليلة من الضوء occuis at light levels 0.001 -0.1 mmol m^{-2}. s^{-1} red light وهذا النوع من الاستجابات يشمل الاتي:-

أ. انبات البذور مثل بذور الخس حيث تكون الاستجابة اما ايجابية بمعنى ان الضوء يشجع الانبات او قد تكون الاستجابة سلبية بمعنى ان الضوء يثبط الانبات وعادة يطلق على البذور التي يتاثر انباتها بوجود الضوء photablastic .

Seeds ← يشجع
Seeds → يثبط

ب- تطور الباذرات seedling development

واحدة من هذه الظواهر هي ظاهرة الشحوب الظلامي في الباذرات هي ان معظم الفايتوكروم يكون بهيئة PR وعندما تتعرض البادرات للضوء فان الرويشة تبدا بالانفراج كما ان سرعة استطالة الساق تتباطئ والبلاستيدات ان تتكون ويبدا اللون الاخضر بالظهور نتيجة لوجود صبغة الفايتوكروم حيث ان تعرض الباذرات الى الضوء سوف يحول صبغة الفايتوكروم من الPR الى PFR .

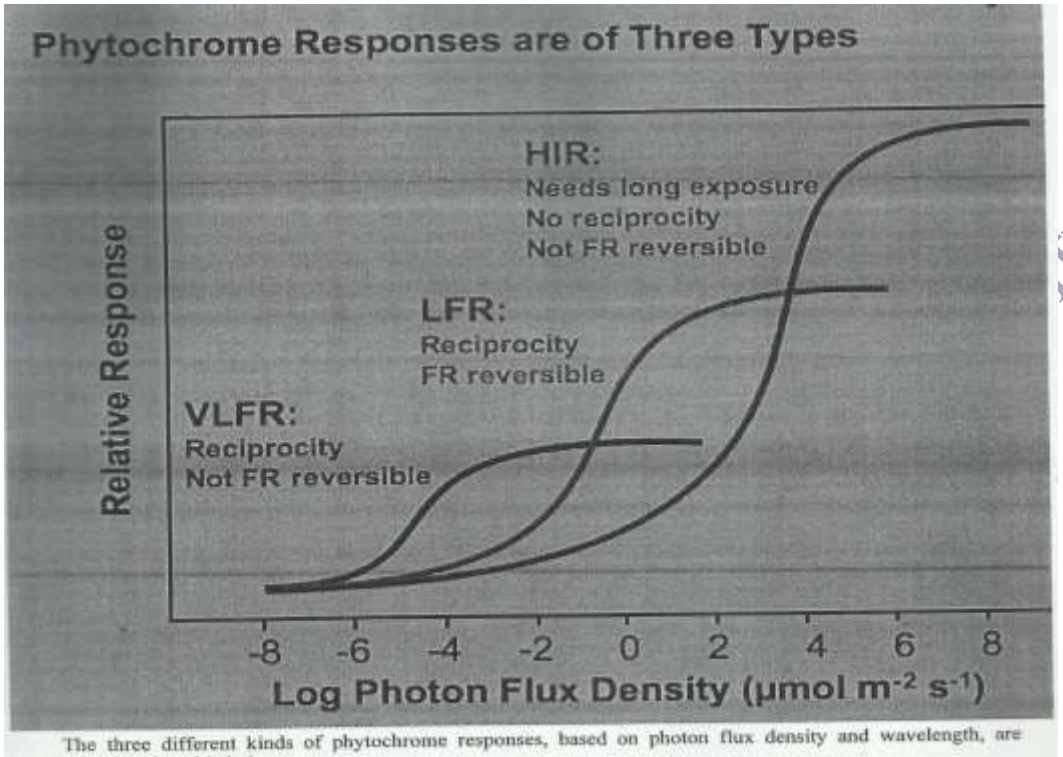
النوع الثالث :- الاستجابات التي تحتاج الى كميات كبيرة من الضوء

Very high intensity responses <o.1mmol $m^{-2}.s^{-1}$

هذا النوع من الاستجابات يحدث تحت شدة اضاءة عالية وهو يحتاج الى فترات قليلة من التعرض للاضاءة ومن العمليات الفسيولوجية التي تتاثر بهذه المستويات العالية هي توسع الاوراق leaf expansion ، نمو الساق stem growth . وعادة فان هذه التاثيرات الناتجة عن هذا النوع من شدة الاضاءة تكون غير عكسية بصورة تامة كما هو الحال في الاستجابات الفسيولوجية التي اشرنا اليها سابقا فمثلا كلما زادت فترة تعرض البادرات الى مستويات عالية من الضوء الاحمر فان هذه البادرات تصبح اقل حساسية للضوء الاحمر البعيد ويبدو ان كل من صبغة الفايتوكروم وكذلك صبغة blue-light يشمل الضوء الازرق للفايتوكروم و uv-Arecptors لها دور في هذه الاستجابات الفسيولوجية ويوضح الشكل الاتي العلاقة بين شدة الاضاءة والاستجابات الفسيولوجية الثلاث التي اشرنا اليها ومن

Dr. Muayed F. Abbas Basrah University

الجدير بالذكر ان النوع الثاني من الاستجابات الفسيولوجية هي الاكثر اهمية من حيث الدراسة من قبل الباحثين.



The three different kinds of phytochrome responses, based on photon flux density and wavelength, are summarized in the table below:

	reversible?	Active wavelengths	Protein Form
VLFR	NO	R	phyA
LFR	YES	R/FR	phyB
HIR	NO	Etiolated:FR, B Greened: R	phyA phyB

استجابة النبات للفايتوكروم تحت الظروف الطبيعية

phytochrome mediated responses in nature

هناك استجابتين لصبغة الفايتوكروم هما:-

1- الاستجابة في نهاية اليوم End of day response

هذه الاستجابة لها علاقة بالنمو الطولي لساق النباتات حيث ان عملية النمو الطولي تكون مرتبطة ارتباط مباشر بكمية الPFR للفايتوكروم الموجود في بداية فترة الظلام .

2- تجنب او تحاشي الظل Shade avoidance response

هذا النوع من الاستجابة يعتمد على نسبة R/FR هذه النسبة تكون قليلة عندما يكون الغطاء النباتي كثيف نظرا لان الغطاء النباتي الكثيف يجعل الضوء غنيا بالضوء الاحمر البعيد لان معظم R هو ممتص على سبيل المثال في حقل نباتات الحنطة النسبة بين R/FR 0.5 wheat yield

Dr. Muayed F.

R/FR 0.15 wood ان النسبة مابين R/FR ratio هذه النسبة تحدد لنا مايطلق عليه اصطلاح photo equilibrium phytochrome التوازن الضوئي الكيميائي الذي هو عبارة عن نسبة PFR الى الضوء الكلي P total وهذه النسبة تنظم عملية استطالة الساق stem elongation وعندما تكون هذه النسبة منخفضة PFR/P total = low فان الساق تتمدد طوليا على حساب الاوراق والجذور لكي تتحاشى الظل وتصل الى الضوء وعندما يصل النبات الى ظروف ضوئية ملائمة بمعنى انها ظروف غنية بالضوء الاحمر فان نسبة PFR/P total= high عالية سوف تزداد (لان الضوء الاحمر يحول PR الى PFR وبذلك فان سرعة استطالة الساق سوف تتباطئ ويحدث تشجيع لعملية توسع الورقة وتطور المجموع الجذري .

Dr. Muayed F. Abbas Basrah University

بسم الله الرحمن الرحيم

محاضرة (5) الخميس 2012/12/6

طريقة عمل الفايتوكروم Mode of action of phytochrome

كما ذكرنا سابقا فان صورة الPFR للفايتوكروم تكون مرتبطة بالاغشية البلازمية هذا الارتباط بالاغشية من شانه ان يغير من خواص الغشاء وبالتالي تنشيط عملية تدفق الايوناتion- fluxes وبصورة عامة فان تاثيرات الفايتوكروم تقسم الى قسمين من حيث طريقة عملها:-

النوع الاول :- الاستجابات السريعة Rapid responses

هذه الاستجابات ناتجة من تحول الفايتوكروم من صورة PR الى صورة PFR وهي ذات طبيعة تسمى بايوكهربائية bioelectric nature مما يؤثر على خواص الغشاء ولقد اوضحت التجارب ان اطراف الجذور واغماد الرويشة تغير شحنتها الكهربائية السطحية بسرعة عند تعريضها للضوء الاحمر وعادة هذا التغيير يرافقه دخول ايونات البوتاسيوم وخروج ايونات الهيدروجين وتقوم بهذه العملية اعضاء خاصة تسمى motor organs على سبيل المثال اوراق نبات المستحي mimosa وكذلك العديد من نباتات العائلة البقولية Albizzia وهذه تظهر ظاهرة انثناء الاوراق leaf folding هذه العملية تعتمد على تدفق الايونات حيث تنبسط الاوراق في الضوء وتنثني او تنطوي في الظلام وهي تحت سيطرة صبغة الفايتوكروم وهذه الحركات تتاثر بالضوء الاحمر والاحمر البعيد حيث وجد ان التعرض للضوء الاحمر بسبب انبساط الاوراق وهذا التاثير يمكن عكسه في الضوء الاحمر البعيد وهذه التاثيرات للضوء الاحمر والاحمر البعيد يمكن ملاحظتها خلال 10 دقائق .ان هذه التغيرات تتضمن تتضمن تغيرات في الضغط الانتفاخي يرافقها حركة ايونات البوتاسيوم وبالتالي التاثيرات على الخواص الازموزي للخلايا . بعض الاستجابات السريعة تحدث خلال 15 ثانية على سبيل المثال تعريض اغماد الرويشة النامية في الظلام الى الضوء الاحمر يغير من خواصها الكهربائية ويؤثر ايضا على حركة الايونات وجميع هذه التغييرات السريعة تتضمن تغيرات في خواص النفاذية للاغشية مما يؤثر على حركة الايونات وخصوصا ايون البوتاسيوم ونظرا لان هذه الاستجابات تحدث بسرعة فمن المستبعد انها تكون لها علاقة بعملية التعبير الجيني او فعل الجينات وهذا التاثير يقع ضمن التاثيرات البطيئة للفايتوكروم.

النوع الثاني :- الاستجابات البطيئة نسبياً Relatively slow responses

من هذه التاثيرات يبدو ان صورة الفايتوكروم PFRهي الصورة النشيطة فسيولوجيا وهذه الصورة تؤثر في عملية التعبير الجيني حيث ان العديد من العمليات الفسيولوجية والتي لصبغة الفايتوكروم دور رئيسي

Dr. Muayed F. Abbas Basrah University

فيها مثل انبات البذور وازالة ظاهرة الشحوب الظلامي وكذلك التحول من النمو الخضري الى الزهري يتضمن تغيرات في عملية التعبير الجيني ومن اكثر الجينات التي تتاثر بالفايتوكروم هي الجينات النووية الموجودة في النواة وهذه الجينات تشفر Mrna المسؤول عن انتاج البروتينات وقد تم انتاج نوعين من البروتينات :-

النوع الاول:-

النوع الاول المسؤول عن تكوين تحت الوحدات الصغيرة لانزيم الرابسكو .

النوع الثاني:-

هو المسؤول عن تكوين البروتينات المرتبطة بصبغة الكلوروفيل أ وب الموجود في معقد الحصاد الضوئي Light harvesting complex (LHC) .

هذين النوعين تم درستهم فالنسبة للرابسكو الذي هو احد البروتينات الذائبة والموجودة بكميات كبيرة في البلاستيدات الخضراء والمسؤول عن تحول خطوة الكاربوكسليز Carboxylation اضافة CO_2

$CO_2+H_2O+Rubs$

وبالنسبة للبروتين الثاني المسؤول عن معقد الحصاد عملية الشفر له تحدث بالنواة ثم يتحرك الى السايتوبلازم حيث يتم بناءه على الرايبوسومات ثم يتحرك الى البلاستيدات الخضراء.

ومع تطور معلوماتنا في البايلوجي الجزيئي اتضح ان صبغة الفايتوكروم تؤثر في عملية التعبير الجيني وذلك في خطوة النسخ (في النواة) ويبدو ان صورة الفايتوكروم PFR هي التي تقوم بعملية تنظيم النسخ الجيني وقد اوضحت الدراسات ان الPFR .

Dr. Muayed F. Abbas Basrah University

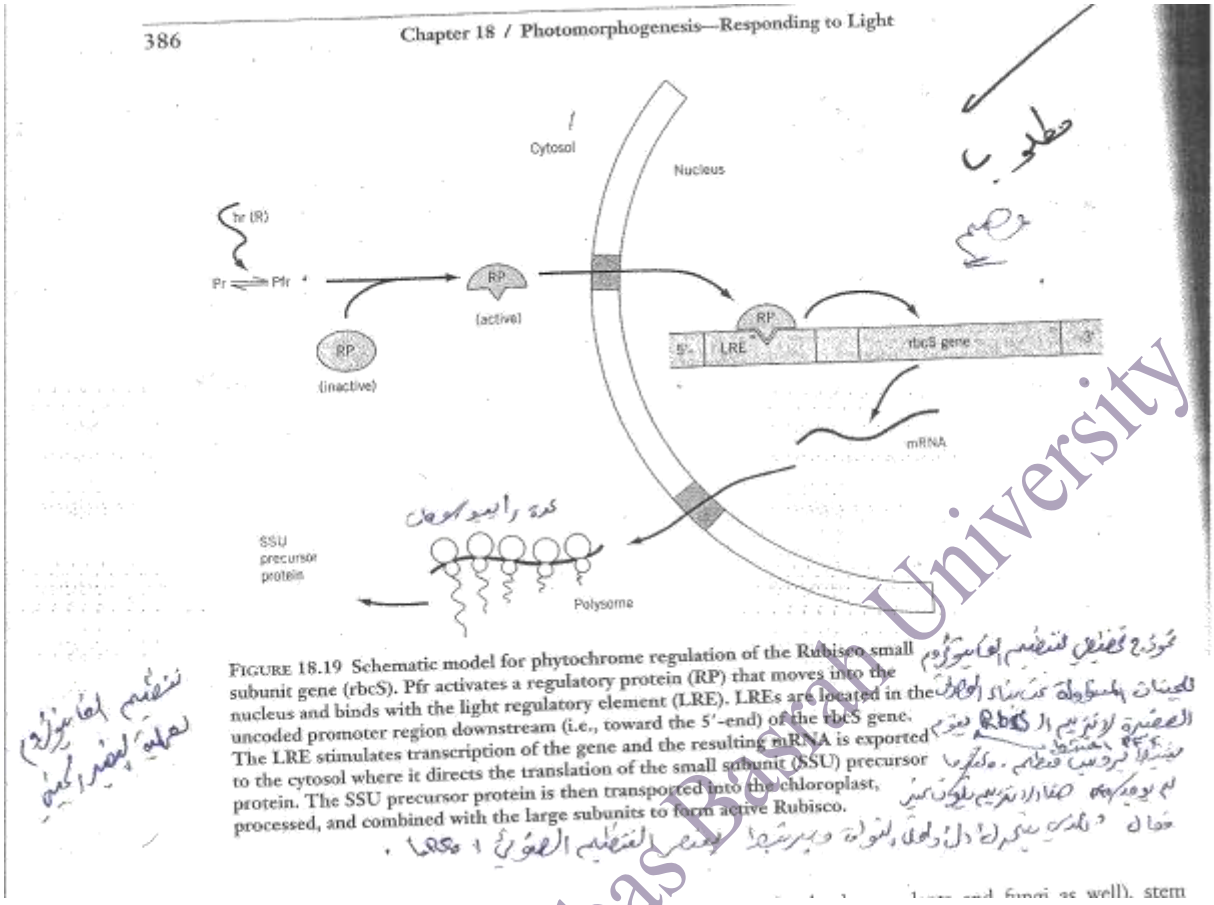


FIGURE 18.19 Schematic model for phytochrome regulation of the Rubisco small subunit gene (rbcS). Pfr activates a regulatory protein (RP) that moves into the nucleus and binds with the light regulatory element (LRE). LREs are located in the uncoded promoter region downstream (i.e., toward the 5'-end) of the rbcS gene. The LRE stimulates transcription of the gene and the resulting mRNA is exported to the cytosol where it directs the translation of the small subunit (SSU) precursor protein. The SSU precursor protein is then transported into the chloroplast, processed, and combined with the large subunits to form active Rubisco.

الان عنصر التنظيم الضوئي يكون واقع في الجزء الخاص من الجين الذي هو غير مشفور المسؤول عن انتاج الوحدات الصغيرة CRE الذي هو عنصر التنظيم الضوئي ينشط عملية استنساخ الجين المسؤول عن تكوين الوحدة الصغيرة لانزيم الرابسكو وعملية التنشيط هذه تؤدي الى انتاج mRNA وهذا يتحرك من النواة الى السايتوبلازم وعندما يصل الى هناك يواجه عملية ترجمة المركب البادئ لتحت الوحدة الصغيرة ال ssu للبروتين العائد للرابسكو. بعد ذلك هذا المركب البادئ البروتين الوحدة الصغيرة الذي هو ssu ينتقل الى البلاستيدات الخضراء وتحدث له عملية تحوير وبعد ذلك يرتبط مع تحت الوحدات الكبيرة وتتكون لدينا انزيم الرابسكو الفعال .

فسلجة الازهار Physiology of flowering

خلال دورة الحياة الطبيعية للنباتات العشبية فان هناك فترة نمو خضري ويعقبها مرحلة الازهار ، الان هناك اختلافات كبيرة بين النباتات بالنسبة للفرق بين هاتين المرحلتين في النمو على سبيل المثال الحنطة وزهرة الشمس يوجد اختلاف واضح بين مرحلة النمو الخضري والتكاثري في حين نباتات اخرى مثل الطماطا فان مرحلتي النمو الخضري والزهري تحدثان سوية ومع ذلك فانه في كلتا المجموعتين هناك

Dr. Muayed F. Abbas Basrah University

عدد معين من الايام يكون فيها نمو خضري فقط ، وفي حالة متطرفة extreme في نبات *Chenopodium ruburm* L. هذا النبات يزهر مباشرة بعد الانبات بعد تكوين الاوراق الفلقية استجابة لظروف النهار القصير .ان فترة النمو الخضري تختلف عادة الا ان هناك فترة من النمو التي عندها يتم تكوين العديد من الاوراق في منطقة ال Shoot apex وفي انواع اخرى من النباتات والتي هي معمرة فان عدد الاوراق يكون قد تحدد مسبقا في مرحلة السكون ومرحلة النمو الخضري في هذه النباتات تتضمن اتساع مبادئ الاوراق leaf primordial التي تكونت في السنة السابقة كما هو الحال في العديد من الاشجار الخشبية والابصال.

سؤال مهم:-

ماهو الشيئ الذي يجعل المرستيم الخضري يتحول الى مرستيم زهري ؟ هل هناك عوامل داخلية او ميكانيكة داخلية يحددها التركيب الجيني للنبات ؟ ام ان ذلك يعتمد على الظروف الخارجية التي يتعرض لها النبات ؟

الجواب:-

في الواقع ان النباتات تختلف بدرجة كبيرة وذلك في مناسبتها للظروف الخارجية فبعض النباتات غير حساسة نسبيا Relatively insensitive للظروف الخارجية وبشرط ان تكون هذه الظروف الخارجية ملائمة للنمو نوعا ما فان هذه النباتات سوف تزهر على مدى واسع من الظروف البيئية. في بعض الانواع النباتية فان تكوين المبادئ الزهرية flower primordia فان تكوين المبادئ الزهرية حساس جدا للظروف الخارجية وعملية التزهير لم تحدث تحت ظروف معينة من طول اليوم اودرجة الحرارة بالرغم من ان كلا العاملين ملائمين للنمو بدرجة مناسبة هذا يعني ان الاحتياجات البيئية في عملية التزهير ليس بالضرورة ان تكون نفسها هي الملائمة لعملية النمو الخضري . ونظرا لان معلوماتنا عن فسلجة الازهار هي كبيرة جدا بالنسبة لتلك الانواع النباتية التي هي حساسة للظروف البيئية فاننا سوف نهتم بدراسة فسلجة الازهار في هذه النباتات الحساسة ثم بعد ذلك نتطرق للازهار في تلك الانواع النباتية غير الحساسة.

القياسات الكمية لظاهرة الازهار Quantitative measurements of flowering responses

ان الفرق بين حالة النمو الخضري والازهار هو فرق نوعي وعلى هذا الاساس فانه من الاهمية في مكان عند دراسة فسلجة الازهار ان نمتلك مقياس حقيقي يمكننا من التعبير عن الاستجابات للتزهير

Dr. Muayed F. Abbas Basrah University

للعديد من المعاملات التي نجريها وقد استخدمت العديد من الدلائل indices و index دليل للتعبير عن الاستجابات للتزهير وقد تضمنت هذه الادلة اووسائل القياس مايلي:-

1- النسبة المئوية للنباتات المزهرة في مجموعة من النباتات التي تعرضت الى معاملة معينة .
2- العدد الكلي للازهار او النورات الزهرية.
3- الوقت لظهور اول زهرة كلما قصر الوقت كلما زادت الاستجابة للتزهير في معاملة معينة أي ان المعاملة فعالة لظهور اول زهرة.
4- عدد الاوراق التي تتكون قبل عملية تكوين مبادئ الازهار .
5- هذه الطريقة تسمى Scoring method هي الطريقة المعتمدة وتعتمد على التغييرات التشريحية التي تحدث او ترافق عملية تحول البرعم الخضري الى برعم زهري وفي هذه الطريقة عادة تستخدم عندما تكون الازهار ذات ابعاد مجهرية وغير مكتملة التطور وعادة يتم استخدام نظام الترقيم من 1-8 لتوضيح عملية تطور الازهار.

فلقد اوضحت الدراسات على فسلجة الازهار ان الازهار في بعض النباتات يتاثر بطول الفترة الضوئية وهذه النباتات يطلق عليها اصطلاح ال photo periodic sensitive plants النباتات الحساسة للضوء وقد حضيت هذه النباتات بدراسات موسعة وبحوث . اما المجموعة الاخرى من النباتات فهي النباتات التي يبدو ان لدرجة الحرارة المنخفضة دورا مهما في ازهارها وتسمى بالنباتات الحساسة لدرجة الحرارة المنخفضة Low temperature sensitive plants وسوف نتطرق اولا الى عملية الازهار في النباتات الحساسة للفترة الضوئية.

التواقت او التأقت الضوئي Photo periodism

من المعروف ان التغييرات في خطوط العرض latitude تؤثر في توزيع النباتات ، وكانت اول الجهود البحثية لدراسة تأثير طول اليوم في عملية التزهير تعود من الباحث الفرنسي Tourinois في عام 1912 حيث وجد ان نباتات مثل Hemp وHops هذه النباتات ازهرة بغزارة في فصل الشتاء عندما وضعها في بيت زجاجي وقد استبعد هذا الباحث الفرنسي كل من درجة الحرارة والرطوبة وشدة الاضاءة كعوامل بيئية مسؤولة عن هذا الازهار الغزير وفي عام 1914 نفس هذا الباحث استنتج ان قصر النهار او طول الليل كان العامل المسؤول عن الازهار المبكر في هذين النباتين ولسوء الحظ فان حدوث الحرب العالمية الاولى منع استمرار هذا الباحث في تجاربه حيث قتل فيها وفي نفس الوقت كان هناك شخص اخر يدعى klebs هذا الباحث قام بدراسة ازهار بعض النباتات العائدة للعائلة العصارية واحد هذه النباتات كان ينمو على شكل نبات خضري متورد rosette شكله مثل الوردة شتاءا وعند

Dr. Muayed F. Abbas Basrah University

وضع هذه النباتات في بيت زجاجي واعطاءه اضاءة اضافية فان هذه المعاملة ادت الى استطالة الساق وحدوث عملية التزهير واستنتج هذا الباحث klebs ان طول اليوم هو العامل المشجع للتزهير تحت الظروف الطبيعية ومع ذلك فان هذين الباحثين لم يستطيعا صياغة عبارة التاثير المهم لطول الفترة الضوئية في عملية التزهير.

ان الفضل في صياغة العبارة التي تعبر عن تاثير طول اليوم في التزهير والتي يطلق عليها اصطلاح الفترة الضوئية يعود الى الباحثان Allard و Garner حيث قاموا بصياغة هذه العبارة نتيجة لبحوثهم على نباتي التبغ وفول الصويا وقاما باستخدام عوامل التغذية ودرجة الحرارة والرطوبة واستجابات طول اليوم له تاثير كبير في التزهير ثم صاغا عبارة الفترة الضوئية وبعد ذلك فان هذين الباحثين قاما بتوسيع دراستهما بحيث تمكنوا من وصف صفات التزهير لانواع نباتية كثيرة واقترحا ان هجرة الطيور لها علاقة بطول اليوم وفي الوقت الحاضر فان طول الفترة الضوئية له تاثير لايقتصر على ظاهرة التزهير فقط ولكن طول اليوم يعتبر مكون اساسي ومهم في تنظيم العديد من سلوك النباتات والحيوانات .

Dr. Muayed F. Abbas Basrah University

بسم الله الرحمن الرحيم

محاضرة (6) الخميس 2012/12/13

انواع الاستجابات لطول الفترة الضوئية Photo periodic response types

ان استجابة النباتات لطول الفترة الضوئية بالتزهير قد ادى الى تقسيم النباتات الى ثلاثة مجاميع رئيسية هي :-

1-نباتات النهار القصير Short Day Plants SDP

هي تلك النباتات التي تزهر مبكرا استجابة لطول اليوم (طول النهار) الذي هو اقصر من قيمة معينة خلال دورة ضوئية Photo periodic cycle مقدارها 24 ساعة .

2-نباتات النهار الطويل Low Day Plants LDP

هي تلك النباتات التي تزهر فقط او تزهر بسرعة استجابة لطول اليوم الذي هو اطول من قيمة معينة .

3-نباتات النهار الطبيعية (النباتات المحايدة) Day Neutral Plants DNP

هذه النباتات تزهر بغض النظر عن طول اليوم .

بعض النباتات تبقى في حالة خضرية بصورة دائمية اذا تم زراعتها تحت ظروف طول يوم غير ملائمة او غير مناسبة وهذه المجموعة من النباتات يطلق عليها اصطلاح Obligate photo periodic plants هي النباتات ذات الاحتياجات الضوئية الاجبارية لانها تحتاج الى فترة ضوئية معينة وهذه تشمل مجموعة من النباتات على سبيل المثال نباتات النهار القصير Xanthium وكذلك نبات النهار الطويل Hyoseymous

4-نباتات ذات احتياجات نهار اختيارية Facultative Photo Periodic Plants

هذه المجموعة ازهارها قد يحدث بسرعة تحت ظروف نهار قصير او نهار طويل معين ولكن في النهاية فانها تزهر حتى لو تعرضت الى ظروف نهار غير مناسبة ولذلك فان مثل هذه النباتات عادة تظهر استجابات كمية Quantitative على سبيل المثال نبات الرز كمثال على نبات نهار قصير .والحنطة الذي هو نبات نهار طويل .

ان النباتات ذات الاحتياجات الاجبارية المطلقة obligate او Absolute لطول الفترة الضوئية تمتاز بامتلاكها طول يوم حرج Critical day length اقل منه او اعلى منه فان الازهار سوف لن يحدث في نباتات النهار الطويل والقصير في حين ان النباتات ذات الاحتياجات الضوئية الاختيارية تظهر فقط تدرج محدود في الاستجابة لطول اليوم وليس هناك حد حرج واضح .

Dr. Muayed F. Abbas Basrah University

الاحتياجات الضوئية تؤثر عليها عوامل خارجية اخرى مثل درجة الحرارة على سبيل المثال نبات قد يمتلك متطلبات نوعية (اما نهار قصير او طويل) قد تستجيب كميا على درجة حرارة اخرى.

بالاضافة الى هذه المجاميع الرئيسية للنباتات من حيث النباتات استجابتها لطول الفترة الضوئية هناك العديد من النباتات التي تظهر استجابات لظروف النهار القصير والطويل سوية . كما ان قسما من بعض النباتات استجابتها لطول الفترة الضوئية بدرجة الحرارة . العديد من النباتات العائدة للجنس Bryophyllum هي نباتات نهار طويل قصير SDP and LDP أي انها تزهر فقط اذا تعرضت الى عدد محدد من ايام طويلة قبل ان تتعرض الى ظروف نهار قصير والعكس صحيح بالنسبة للنباتات التي هي نباتات نهار قصير نهارطويل مثل نبات البرسيم الابيض Trifolium .

بعض النباتات مثل محاصيل الحبوب الشتوية تحتاج الى معاملة بدرجة حرارة منخفضة قبل ان تصبح حساسة للفترة الضوئية بينما انواع اخرى لها احتياجات ضوئية نوعية من درجة حرارة معينة او احتياجات ضوئية كمية فقط في درجة حرارة اخرى .

عدد محدد من النباتات لها احتياجات خاصة جدا للتزهير هذه النباتات تسمى intermediate day length plants وهي تسمى بالنباتات ذات الاحتياجات الوسطى لطول اليوم هذه النباتات تزهر فقط استجابة الى طول يوم متوسط ولكنها تبقى خضرية اذا كان اليوم طويل جدا او قصير جدا كما ان هناك نوع من السلوك لبعض النباتات يطلق عليه اصطلاح amphophotoperiodism مثل نبات *Madia elegans* في هذا النبات التزهير يتاخر اذا تعرضت النباتات الى طول نهار يتراوح من 12-14 ساعة . الان التزهير يحدث بسرعة اذا تعرضت النباتات الى طول نهار بين اما 8 او18 ساعة .

وبصورة عامة هناك اختلافات كبيرة بين الانواع النباتية بالنسبة للمجاميع الرئيسية التي اشرنا اليها الان الشئ المهم هو انه مامعروف من الناحية العلمية عن الازهار في النباتات جاء نتيجة للبحوث التي اجريت على عدد صغير نسبيا من نباتات النهار القصير والطويل ويوضح الجدول الاتي امثلة لبعض الانواع النباتية التي تظهر الانواع الرئيسية الثلاثة من الاستجابة لطول الفترة الضوئية.

Dr. Muayed F. Abbas Basrah University

TABLE 20.1 Representative plants exhibiting the principal photoperiodic response types.

Short-Day Plants	
Chenopodium rubrum	red goosefoot
Chrysanthemum sp.	chrysanthemum
Cosmos sulphureus	yellow cosmos
Euphorbia pulcherrima	poinsettia
Glycine max	soybean
Nicotiana tabacum	tobacco (Maryland Mammoth)
Perilla crispa	purple perilla
Pharbitis nil	Japanese morning glory
Xanthium strumarium	cocklebur
Long-Day Plants	
Anethum graveolens	dill
Beta vulgaris	Swiss chard
Hyoscyamus niger	black henbane
Lolium sp.	rye grass
Raphanus sativus	radish
Secale cereale	spring rye
Sinapis alba	white mustard
Spinacea oleracea	spinach
Triticum aestivum	spring wheat
Day-Neutral Plants	
Cucumis sativus	cucumber
Gomphrena globosa	globe amaranth
Helianthus annuus	sunflower
Phaseolus vulgaris	common bean
Pisum sativum	garden pea
Zea mays	corn

Dr. Muayed F. Abbas Basrah University

طول اليوم الحرج Critical day length

من المهم ان نفهم بان الفرق او التمييز distinction بين نباتات النهار القصير ونباتات النهار الطويل لايعتمد على الطول المطلق لليوم وعلى سبيل المثال نبات الزانثيوم(LDP) Xanthium ونبات Hyoscymous(LDP) كلاهما يزهران على فترة ضوئية مقدارها 12-15 ساعة باليوم ولكن نبات الزانثيوم يصنف على اساس انه نبات نهار قصير في حين ان نبات الهايوسايموس يصنف على انه نبات نهار طويل .

ان تصنيف النبات على انه نبات نهار قصير اونبات نهار طويل يعتمد على سلوكه Behavior بالنسبة الى طول اليوم الحرج ، فالنباتات التي تزهر عندما يكون طول اليوم اقصر من طول اليوم الحرج تصنف على انها نباتات نهار قصير اما تلك التي تزهر استجابة الى طول اليوم الذي هو اطول من طول اليوم الحرج فانها نباتات نهار طويل . وعليه فان طول اليوم الحرج لنبات نهار قصير الذي هو الزانثيوم هو 15 ساعة ونصف وهذا يعني ان هذا النبات يزهر عندما يكون طول اليوم اقل من 15 ساعة ونصف في دورة مقدارها 24 ساعة .

في حين ان طول اليوم الحرج لنبات الهايوسايموس (خناق الدجاج والسكران) هو 12 ساعة أي بمعنى انه يزهر عندما يزيد طول الفترة الضوئية عن تلك القيمة . ومن الواضح اذن ان طول اليوم الحقيقي الذي يزهر عنده النبات في حالة عدم وجود معلومات اخرى لايعطينا معلومات واضحة عن نوع الاستجابة . وعليه فانه بالرغم من ان نباتات النهار القصير تميل للازهار في الخريف ونباتات النهار الطويل تميل الى الازهار في منتصف الصيف فان تصنيف نبات على انه نبات نهار قصير او طويل لايعطينا بالضرورة الوقت الحقيقي في السنة الذي يزهر فيه النبات .

يوضح الشكل الاتي فكرة طول اليوم الحرج في نبات الزانثيوم (اطوال اليوم الحرجة موضحة بالخطوط المنقطة ويلاحظ ان نبات الزانثيوم مزهر عندما يكون طول اليوم اقصر الى ان يصل الى 100% وكذلك يزهر عندما يكون طول النهار اطول).

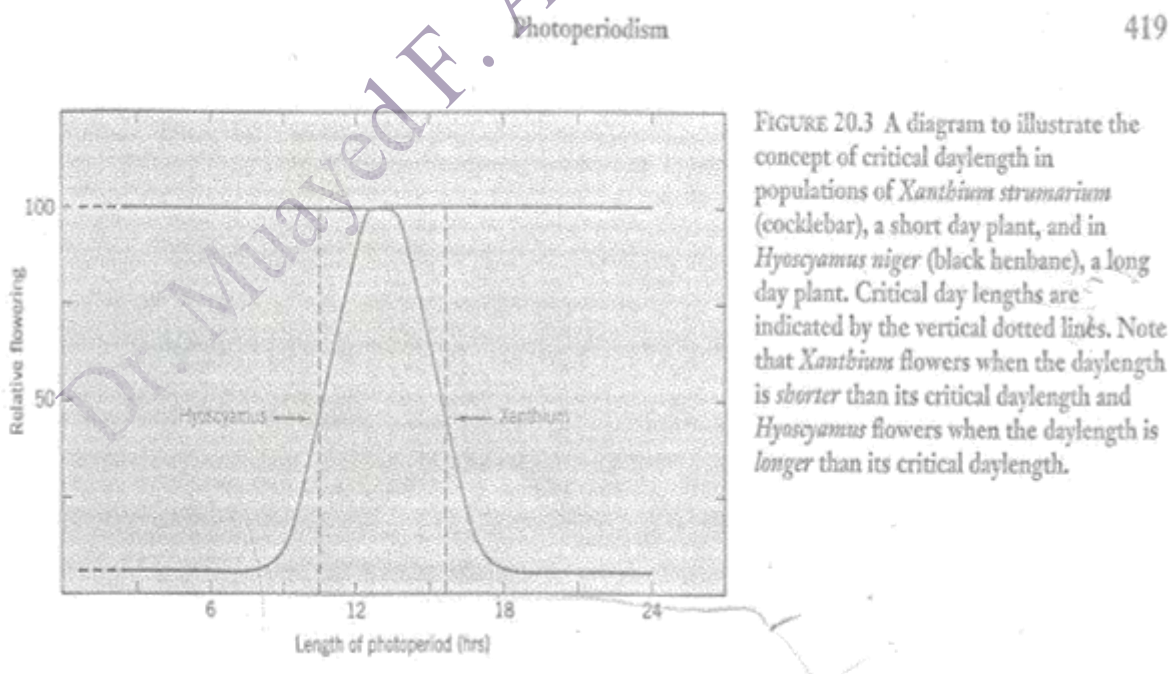


FIGURE 20.3 A diagram to illustrate the concept of critical daylength in populations of *Xanthium strumarium* (cocklebar), a short day plant, and in *Hyoscyamus niger* (black henbane), a long day plant. Critical day lengths are indicated by the vertical dotted lines. Note that *Xanthium* flowers when the daylength is *shorter* than its critical daylength and *Hyoscyamus* flowers when the daylength is *longer* than its critical daylength.

Dr. Muayed F. Abbas Basrah University

الحث الزهري Photoperiodic induction

ان العديد من النباتات تحتاج الى التعرض المستمر نوعا ما لفترة ضوئية مناسبة حتى تبدأ مبادئ الازهار بالتطور ثم تحدث عملية التزهير في هذه النباتات بصورة ناجحة .في حين ان انواع اخرى تتجه نحو التزهير حتى اذا تم تعريضها الى فترة ضوئية مناسبة ولمرة واحدة فقط بالرغم من اعادة النباتات مثل هذه النباتات يقال عنها انها حدث لها عملية حث زهري Flower induction والفترة الضوئية المناسبة التي سببت التزهير يطلق عليها اصطلاح المعاملة الحاثة inductive treatment .

ان ظاهرة الحث الزهري تثير الكثير من الظواهر الفسيولوجية بعظها غير محلول او غير معروف لحد الان بالتاكيد قد حدث تغيير فسيولوجي في النباتات التي حدثت لها عملية الحث induction وهذا التغيير يبقى بالرغم من عدم وجود تغيرات تشريحية او مظهرية في منطقة shoot apex حيث تتكون الزهرة بالاضافة الى ذلك فان حدوث عملية الحث الزهري لها العديد من الفوائد في التجارب الخاصة بالازهار حيث ان احد الاسباب التي جعلت نبات الزانثيوم يستخدم على نطاق واسع في تجارب التأقت الضوئي هو ان دورة نهاره قصيرة short day cycle حيث ان سبب حدوث التزهير بصورة غير قابلة للانعكاس حتى بعد نقل النبات بعد هذه المعاملة الى ظروف النهار الطويل .

ان مثل هذه الحساسية المتطرفة للحث الزهري هي ليست شائعة ولكن تم توضيحها في بعض نباتات النهار القصير مثل نبات *Phorbitis nil* وكذلك نبات النهار الطويل Lolium (ldp) عملية الحث الزهري تحدث على درجات وبالرغم من ان نبات الزانثيوم سيستجيب الى دورة ضوئية حاثة واحدة فان تكوين مبادئ الازهار يكون سريعا وغزيرا اذتعرض النبات الى عدة دورات حاثة .

نباتات اخرى قد تظهر حث جزئي او تدريجي بمعنى ان مجموع عدة دورات حاثة بسبب التزهير حتى لو تخللتها دورات غير حاثة وتحدث هذه الظاهرة في نبات Plantago .

احيانا الحساسية لطول الفترة الضوئية بتغيير مع العمر على سبيل المثال بعض نباتات النهار القصير مثل فول الصويا هذا النبات يزهر فقط عندما يكون تحت ظروف النهار القصير عندما تكون النباتات فتية young ولكن عندما تتقدم النباتات في العمر فانها تصبح قادرة على التزهير حتى في ظروف النهار الطويل.

Dr. Muayed F. Abbas Basrah University

بسم الله الرحمن الرحيم

محاضرة (7) الخميس 2012/12/20

الدور الرئيسي لفترة الظلام

في الابحاث الاصلية للباحثين Carner و Allard افترضا ان النباتات تستجيب للاطوال الموجية للضوء والظلام day and night وعبارة photoperiodisom والتي جذورها تعود الى اللغة اليونانية القديمة وتعني (photo تعني ضوء و poriodisom تعني الفترة) هذه العبارة تبدو مربكة وغير صحيحة نظرا لانها تعني ضمنا بان النبات يقيس فترة الضوء خلال اليوم في الحقيقة ان النباتات لاتقيس لاالطول النسبي للنهار او الليل ولاطول الفترة الضوئية بل انها تقيس طول فترة الظلام dark period وهذه النتيجة تم توضيحها بصورة لاتقبل الشك وذلك من خلال البحوث التي اجراها الباحثان Hamner وBonner وذلك من خلال دراستهم على نبات الزانثيوم Xanthium وذلك باستخدام دورة او دورات cycle=light ,dark مقدارها 42 ساعة من الضوء والظلام ولاحظوا ان هذا النبات ازهر عندما كان طول فترة الظلام اكثر من 8 ونصف ولكن بقي بحالة خضرية على دورات من 16 ساعة ضوء و8 ساعات ظلام اما عند تعريض النبات من 4 ساعات ضوء و8 ساعات ظلام فان النباتات بقيت بحالة خضرية بالرغم من ان الفترة الضوئية هي اقصر بكثير من الفترة الضوئية الحرجة لهذا النبات والبالغة 15 ساعة ونصف. ومن ناحية اخرى فان الدورات المكونة من 16 ساعة ضوء و32 ساعة ظلام سببت زيادة سريعة في التزهير بالرغم من ان الفترة الضوئية اطول من طول اليوم الحرج 15 ساعة ونص لهذا النبات . هذه النتائج ادت الى الاستنتاجات التالية :-

1- ان الطول النسبي لليل والنهار هو ليس العامل المحدد في ظاهرة التوقت الضوئي لان نسبة الضوء الى الظلام هي نفسها في المعاملات B,C,D في الشكل التالي:-
2- ان طول فترة الظلام هو المهم .
3- الشيئ المميز لهذه التجارب هو ان نبات الزانثيوم سوف يزهر كلما كان طول فترة الظلام اكثر من 8 ساعات ونص ويبقى خضريا كلما كان طول فترة الضوء افل من 8 ساعات ونص .

هذان الباحثان قاما باثبات الدور الاساسي او المركزي لفترة الظلام وذلك عن طريق قطع فترة الظلام المستمرة بتعريضه الى فترة بسيطة من الضوء (المعاملات من E الى H) تحت هذه الظروف (فترة قليلة من الضوء) فان تاثير التزهير الناتج من 9 ساعات ظلام وقد تم ابطاله تماما وذلك عندما تخللت فترة الظلام فترة قصيرة من الضوء. ولكن اذا عرضت النباتات الى فترة بسيطة من الظلام هي المعاملة (H) فان الفترة الضوئية الطويلة ليس لها تأثير يذكر على التزهير .

Dr. Muayed F. Abbas Basrah University

التجارب مع نباتات النهار الطويل اعطت نفس الشيئ وعلى هذا الاساس يبدو ان ظاهرة التواقت الضوئي ليس لها علاقة بطول اليوم بحد ذاته دائما الاستجابة هي عبارة عن استجابة الى فترة وتوقيت فترات الضوء والظلام وعليه فان اليوم الحرج لنبات نهار قصير هو في الواقع يمثل لنا اقصر طول من الفترة الضوئية المكونة من 24 ساعة . بحيث يتمكن هذا النبات من تلك الدورة في الحصول على فترة ظلام ذات طول مناسب وفي نباتات النهار الطويل فان فترات الظلام هي مثبطة للتزهير وان طول النهار الحرج هو اقل طول في دورة مقدارها 24 ساعة بحيث يجعل طول فترة الظلام قصيرة بدرجة كافية لكي تسمح بالتزهير .

ان شدة الاضاءة لمعاملة كسر الظلام Night break ليس من الضروري ان تكون عالية وفي نبات الزانثيوم مثلا وجد ان دقيقة واحدة من ضوء المصابيح incandescent light الضوء الابيض ذو شدة اضاءة منخفضة مثلا دقيقة واحدة من ضوء المصابيح ذو شدة اضاءة منخفضة قادر على منع التزهير لنبات الزانثيوم وحتى ضوء القمر الساطع قد يكون كافيا لمنع التزهير في نباتات النهار القصير ويوضح المخطط (الشكل4-20) الدور الرئيسي لفترة الظلام لنبات النهار القصير .

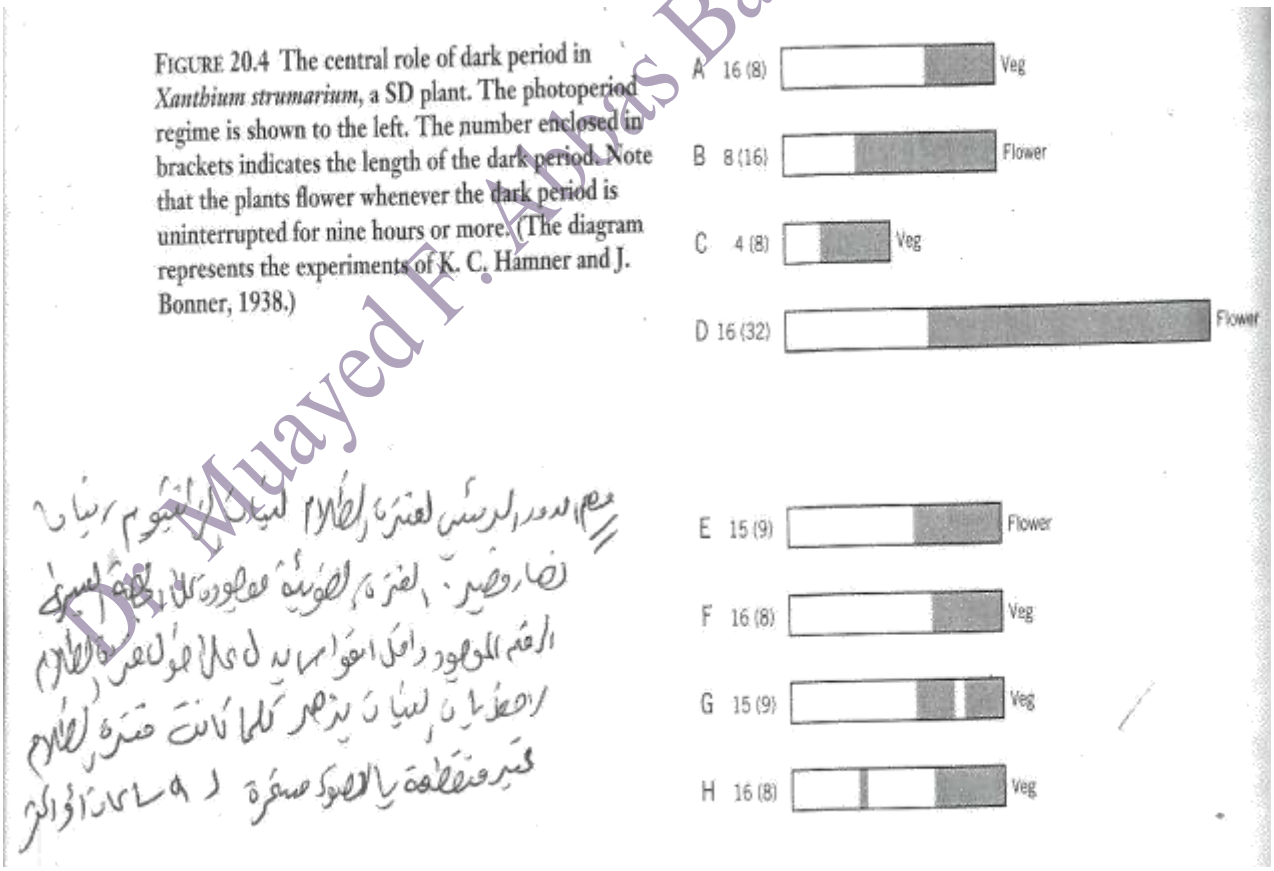


FIGURE 20.4 The central role of dark period in *Xanthium strumarium*, a SD plant. The photoperiod regime is shown to the left. The number enclosed in brackets indicates the length of the dark period. Note that the plants flower whenever the dark period is uninterrupted for nine hours or more. (The diagram represents the experiments of K. C. Hamner and J. Bonner, 1938.)

Dr. Muayed F. Abbas Basrah University

ونظرا لان نباتات النهار القصير تحتاج الى فترة محددة من الظلام لكي يحدث التزهير فقد يسأل هل ان التزهير يحدث بسرعة في ظلام تام او ان هذه النباتات تحتاج الى أي فترة من الضوء؟.

الجواب:-

وقد اتضح ان معظم النباتات تحتاج الى تعاقب منتظم من الضوء والظلام لكي يحدث التزهير.

وبعد ان عرفنا ان التزهير في نباتات النهار القصير يحتاج الى تعاقب ضوء وظلام فالسؤال هو هل ان الضوء يسبق الظلام او العكس؟

الجواب:-

بواسطة عدة تجارب تمكن الباحثان Hamner وBonner من الاثبات ان فترة الظلام الطويلة لنبات الزانثيوم يجب ان يسبقها فترة مناسبة من ضوء ذو شدة اضاءة عالية high intensity light.

سؤال:-

أي جزء من النبات يستقبل الاشارة استقبال الاشارة الضوئية الدالة على فترة ضوئية محددة perception of photoperiodic signal؟

جواب:-

ان لتغيير الحقيقي في مرحلة النمو الخضري الى التكاثري او الزهري يحدث في مناطق مرستيمية عادة بداية طرف الفرع shoot apex ثم بعد ذلك يظهر في البراعم الجانبية . وعلى عكس ماهو متوقع فان اشارة طول الفترة الضوئية لايتم استقبالها من قبل shoot apex وانما الورقة leaf هي العضو النباتي الذي يقوم بهذه المهمة وهذا الشيئ تم توضيحه في العديد من التجارب . بعض التجارب الاولية اجراها الباحث الروسي chaliakhyon هذا الباحث ذكر ان التزهير في نبات الداوودي الذي هو نبات نهار قصير والذي تم ازالة الاوراق العليا منه ثم عرض الجزء العلوي defoliation ثم تعريضها الى الى نهار قصير والجزء السفلي المحتوي على اوراق تم تعريضه الى نهارطويل (A) النباتات بقيت بحالة خضرية. وعندما اعيدت التجارب بصورة معكوسة أي ان الجزء العلوي المزالة اوراقه تم تعريضه الى نهار طويل والجزء السفلي الى نهار قصير فان عملية التزهير قد حدثت(B). التزهير يحدث حتى اذا ورقة واحدة تم تعريضها لظروف نهار قصير(C). شكل 5-20 يوضح دور الورقة باستقبال المنبه الضوئي للفترة الضوئية في نبات نهار قصير البيرلا .

Dr. Muayed F. Abbas Basrah University

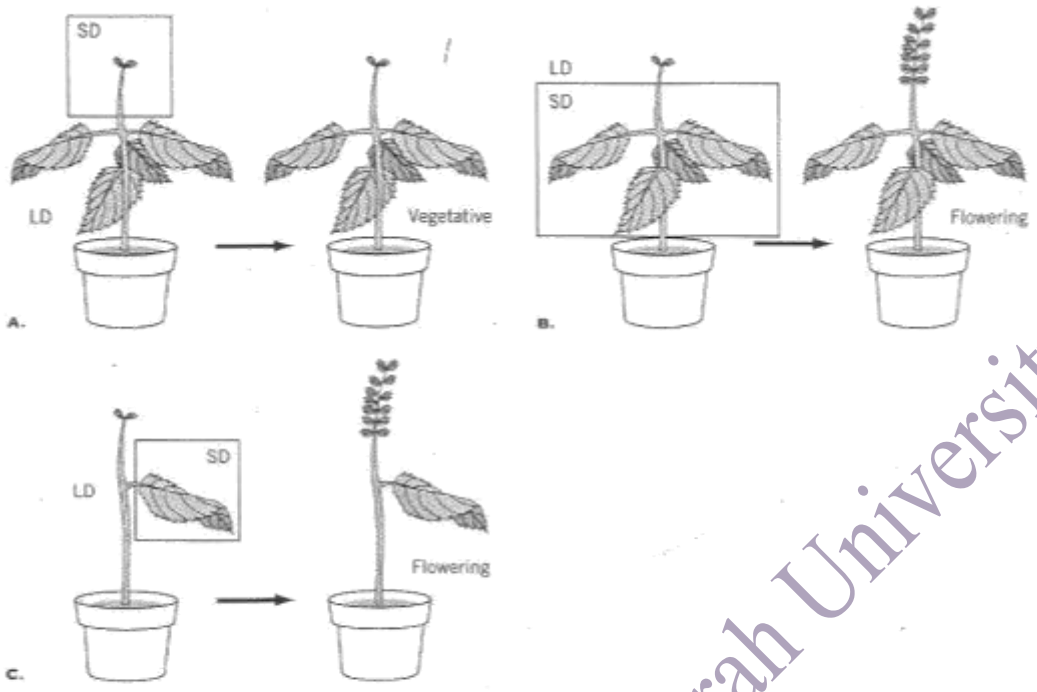


FIGURE 20.5 The role of the leaf in perception of the photoperiodic stimulus in the short-day plant *Perilla*. (*A*) Plants remain vegetative when the shoot apex is covered to provide short days and the leaves are maintained under long days. (*B*) Plants flower when the leaves are given short days but the meristem is maintained under long days. (*C*) Flowering will occur when only a single leaf is provided short days. (Based on the work of M. Chailakhyan, *Canadian Journal of Botany* 39:1817, 1961. Reprinted by permission.)

وفي تجارب لاحقة كما موضح بالشكل مع نباتات اخرى مثل الزانثيوم تم ازالة جميع الاوراق ماعدى ورقة واحدة وعندما عرضت هذه الورقة الى الفترة الضوئية الصحيحة النهار القصير ازهرت النباتات .

تجارب اخرى اوضحت بانه بالامكان ازالة الاوراق من النباتات الذي يتم حثه ضوئيا ثم تطعيمه على نباتات اخرى غير معرضة لمعاملات حاثة هذه الاخيرة سوف تزهر وفي احد التجارب وجد ان الاوراق حتى وان كانت غير موجودة على النبات يمكن حثها ضوئيا فعند تعريض اوراق نبات البيرلا نبات نهار قصير وجد ان الاوراق المفصولة من النبات ثم عرضت هذه الاوراق المقطوعة او المفصولة الى نهار قصير وبعد ذلك تم تطعيمها على نباتات غير معرضة الى معاملة حاثة فان هذه النباتات ازهرت حتى لو تم وضعها تحت ظروف النهار الطويل هذه التجارب اعطت دليلا قاطعا بان الاوراق هي الاعضاء النباتية التي تقوم باستقبال اشارة الفترة الضوئية بالرغم من ان عملية التحول من الحالة الخضرية الى الحالة الزهرية تحدث في طرف الفرع الذي هو shoot apex. حساسية الاوراق

Dr. Muayed F. Abbas Basrah University

لاستقبال الاشارة الضوئية ايضا تتغير مع تقدم النبات بالعمر وفي نبات الداوودي اتضح ان الاوراق الفتية تامة التفتح هي الاكثر حساسية هذه التجارب وغيرها اوضحت امرين هماك

1-ان الورقة هي المسؤولة بصورة مستقلة عن استقبال او تحسس الاشارة الضوئية الحاثة او المؤدية الى التزهير.

2-ان الورقة تبدا او تسبب سلسلة من المعلومات التي تنقل الى منطقة ال shoot apex مسببة التحول من الحالة الخضرية الى النمو الزهري ويوضح الشكل الاتي انتقال المنبه الزهري floral stimulants في النباتات المطعمة حيث يلاحظ ان العديد من النباتات تم تطعيمها باستخدام طريقة التطعيم باللصق approach grafting وهذه النباتات تم تطعيمها الى نبات واحد يحتوي على ورقة تم حثها ضوئيا نلاحظ ان جميع النباتات ازهرت مما يدل ان المنبه او المحفز الزهري قد انتقل من ورقة الى واحدة تم حثها ضوئيا الى جميع النباتات.

FIGURE 20.6 Transmission of the floral stimulus in grafted plants. Several plants are "approach" grafted and the terminal plant is induced to flower. All plants will flower, indicating that the floral stimulus has been transmitted from the single induced leaf through all of the plants.

Dr. Muayed F. Abbas Basrah University

دور صبغة الفايتوكروم في الازهار والحث الزهري The role of phytochrome

اذا كانت الورقة النباتية هي العضو النباتي الذي يتحسس او يستقبل الاشارة فهذا يعني ان الورقة يجب ان تكون لها القدرة على قياس الوقت Measuring time

السؤال الان:- كيف تقوم الورقة بقياس الوقت؟

الجواب:-

غير معروف بالضبط الا اننا نعلم بان صبغة الفايتوكروم لها دور في هذه العملية ومن الواضح ان تاثيرات كسر الظلام التي تعطى خلال فترة الظلام الطويلة اعطتنا بعض المعلومات فقد اوضحت مثل هذه المعاملات ان تاثيرات كسر الظلام لاتعود بالدرجة الاساسية لعملية البناء الضوئي وانما تشمل او تتضمن مشاركة صبغة الفايتوكروم ولقد اوضحت الدراسات الموسعة لطيف الفعل والاداء Action spectrum لتاثي معاملات كسر الظلام في نباتي فول الصويا والزانثيوم اتضح ان طيف الفعل هنا مماثل لطيف الفعل للتاثيرات الفسيولوجية الاخرى المسيطر عليها من قبل صبغة الفايتوكروم مثل انبات البذور وازالة ظاهرة الشحوب الظلامي بالاضافة الى ذلك فقد تم وضع التحول العكسي للضوء الاحمر والاحمر البعيد R/FR reversibility لتاثيرات كسر الظلام وهذا اعطى دليلا قاطعا بان عملية التزهير يسيطر عليها من قبل صبغة الفايتوكروم في غالبية الانواع النباتية التي تم دراستها فان عملية تنشيط التزهير عن طريق التعرض الى فترات قصيرة من كسر الظلام (عدة دقائق) الاان هناك بعض الانواع تحتاج الى فترات كسر ظلام لطول على سبيل المثال نبات الداوودي يحتاج الى معاملة كسر ظلام مقدارها 4 ساعات.

بسم الله الرحمن الرحيم

محاضرة (8) الخميس 2012/12/27

The role of phytochrome measuring time دور صبغة الفايتوكروم في قياس الوقت

ان تاثير معاملة كسر الظلام بالضوء الاحمر يمكن عكسها بالاحمر البعيد الاان الفترة تختلف وهي قد تصل الى 40 دقيقة في نبات مثل الزانثيوم ولكن في نباتات نهار قصير اخرى مثل pharbitis و kalanchie وchenopodium هذه النباتات الثلاثة المعاملة بالاحمر البعيد يجب ان تكون ضرورية لغرض ابطال تاثيرات الضوء الاحمر . ان تاثيرات الضوء الاحمر والاحمر البعيد التي تعطى خلال فترة الظلام تدل بصورة واضحة بان التاثيرات المشجعة للتزهير لفترة الظلام الطويلة تتاثر بدرجة كبيرة بمستويات الpfr في الورقة . ففي نهاية فترة الضوء الرئيسية main photoperiod فان نسبة عالية من الفايتوكروم تكون موجودة على صورة pfr ولكن بمرور الوقت فان مستويات الpfr سوف تقل بسرعة خلال فترة الظلام التالية اما بسبب التحلل degredation او التحول reversion ولكن اذا تم التعريض الى فترات قصيرة من الضوء الاحمر بعد عدة ساعات من الظلام فان المستويات العالية

Dr. Muayed F. Abbas Basrah University

من الpfr سوف تتكون مما يسبب تاثيرات مثبطة على العمليات المشجعة للتزهير والتي يبدو انها تحتاج الى مستويات منخفضة من صورة الpfr للفايتوكروم كما هو موضح بالشكل (9-8) شكل يوضح التغيرات الافتراضية في صورة الpfr للفايتوكروم في الوراق خلال خلال فترة الظلام والتي تم قطعها بفترات قصيرة من الضوء الاحمر (معاملة كسر الظلام) .

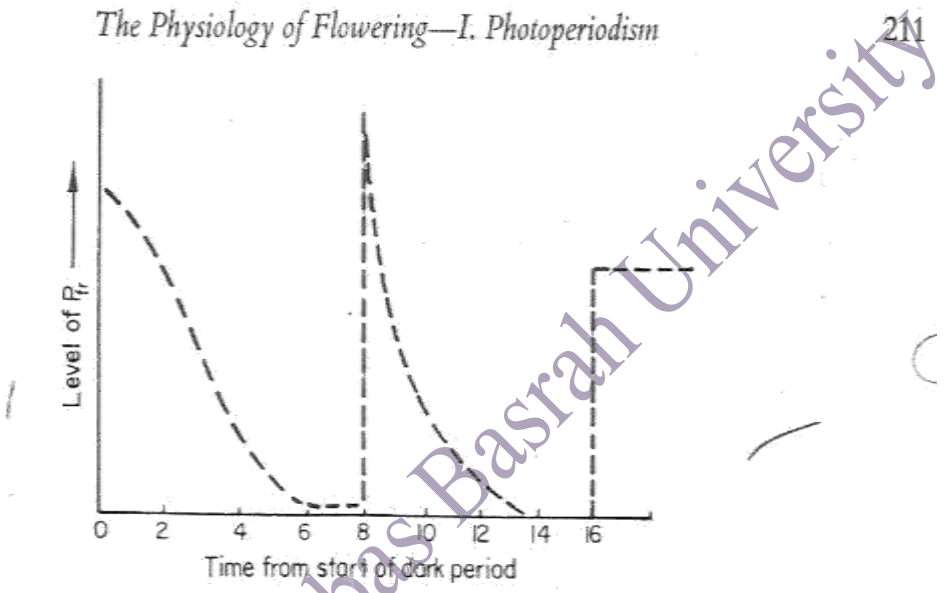


FIG. 9.8. Hypothetical changes in the P_{fr} form of phytochrome in leaves during a dark period which has been interrupted by a short exposure ("night-break") to red light.

كما يوضح الشكل (9-7) تاثيرات معاملة كسر الظلام والتي اعطيت على فترات مختلفة خلال فترة الظلام .

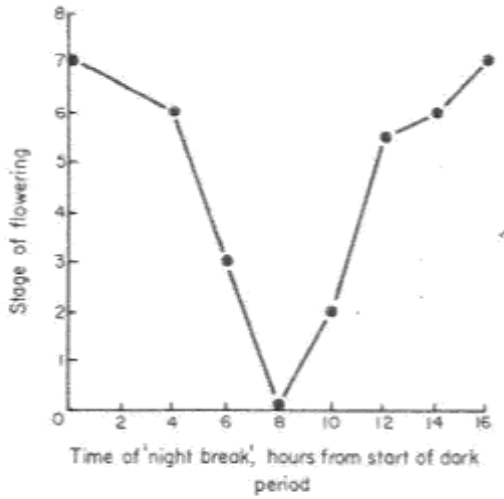


FIG. 9.7. Effect of night interruption, given at various times during dark period, on flowering in *Xanthium*. (From F. Salisbury and J. Bonner, *Plant Physiol.* 31, 141, 1956.)

Dr. Muayed F. Abbas Basrah University

التاثيرات المشجعة للتزهير بصورة الpfr للفايتوكروم في نباتات النهار القصير

Flower promoting effect of pfr in short-day plants

هناك من الادلة التي تشير الانه بالرغم من ان المستويات العالية من صور الpfr للفايتوكروم هي مثبطة للتزهير وذلك عندما تعطى خلال فترة ظلام حاثة طويلة ،ففي اوقات اخرى من الدورة الضوئية فان التزهير في نباتات النهار القصير قد يشجع بمستويات عالية من الpfr . وعليه فان التزهير في بادرات نباتات pharbitis نباتات نهار قصير يقل بدرجة كبيرة عند تعريض النبات الى الضوء الاحمر البعيد FR والذي يقلل من مستويات الPFR وذلك عندما تعطى معاملة الاحمر البعيد في نهاية الفترة الضوئية الرئيسية .وهكذا يبدو ان هناك مرحلة او وقت خلال الدورة اليومية (ضوء/ ظلام) التي فيها التزهير يتم تشجيعه بمستويات عالية من الpfr ولكن بعد عدة ساعات من الظلام فان التزهير سوف يثبط كما هو واضح في معاملات كسر الظلام باستخدام الضوء الاحمر التي اشرنا اليها في الفقرات السابقة وعلى هذا الاساس يبدو ان عملية التزهير في نباتات النهار القصير يتم تشجيعها عن طريق المستويات العالية من الفايتوكروم على صورة الpfr وذلك في نهاية فترة الضوء الرئيسية يثبط بواسطة المستويات العالية من الpfr وذلك في وقت متاخر في فترة الظلام مما يدل على ان صبغة الفايتوكروم تاثير مزدوج double action في السيطرة على الحث الضوئي لعملية التزهير في نباتات النهار القصير .

استجابة نباتات النهار الطويل Responses of LD plants

كما هو الحال في نباتات النهار القصير فان تاثيرات فترة الظلام الطويلة على نباتات انهار الطويل ايضا يلغى عن طريق لفترات قصيرة من معاملة كسر الظلام night break ولكن هنا هذه المعاملة تشجع التزهير في نباتات النهار الطويل لانها تطيل فترة الاضاءة ولقد اوضحت الدراسات على طيف الفعل لتاثير معاملة كسر الظلام على نبات الشعير وكذلك نبات Hyoscymous السكران او خناك الدجاج وجد بان المنطقة الحمراء من الطيف ايضا والتي هي على طول موجي قدره 660 نانوميتر هي الفعالة وان تاثيرات الضوء الاحمر ينفيها الضوء الاحمر البعيد في بعض الحالات لنباتات النهار الطويل وعلى هذا الاساس فان نباتات النهار الطويل اقل حساسية لمعاملات كسر الظلام مقارنة بنباتات النهار القصير بالرغم من ان معاملة كسر الظلام مقدارها ساعة اوساعتين هي فعالة في بعض نباتات النهار الطويل الا ان التاثير هو كلي يزداد كلما زادت فترة الضوء وان الحصول على اقصى تاثير يحتاج الى فترة اطول وعندما تم استخدام اضاءة اضافية Supplementary illumination بهدف اطالة فترة

Dr Muayed F. Abbas Basrah University

الاضاءة القصيرة والمعطاة لمعاملة ضوئية فقد وجد ان مزيج من الضوء الاحمر والاحمر البعيد هو اكثر فعالية في تشجيه التزهير في نباتات النهار الطويل مقارنة بالضوء الاحمر لوحده كما موضح بالشكل (9-9) شكل يوضح تاثير الضوء الاحمر والاحمر البعيد ومزيج منهما على نبات النهار الطويل lolium .

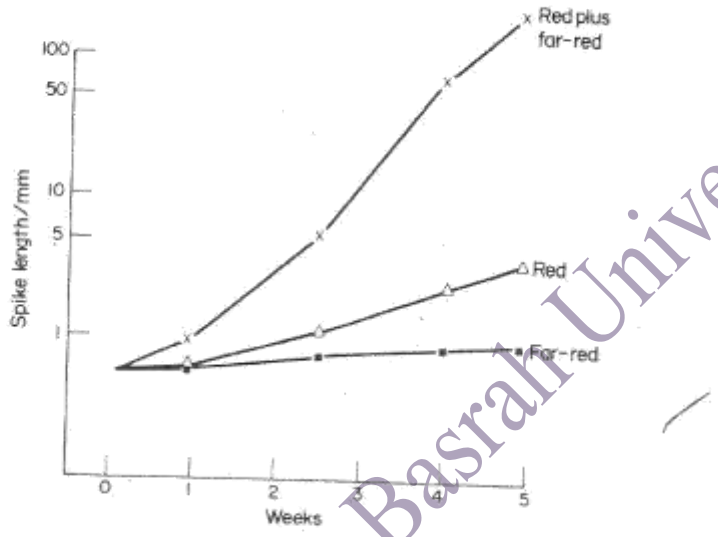


FIG. 9.9. Effect of red, far-red and mixed red plus far-red light on flowering in *Lolium temulentum*. Plants received 8 hours of daylight plus a further 8 hours of supplementary light of restricted wavelengths. (From D. Vince-Prue, *Photoperiodism in Plants*, McGraw Hill, London, 1975.)

النباتات عرضت الى ثمانية ساعات من الضوء اليومي الاعتيادي (ضوء الشمس) بعد ذلك تم تعريضها الى ثمان ساعات ضوء اضافية .بعد ذلك عرضت الى ثمان ساعات ضوء اضافية اخرى باستخدام اطوال موجية معينة كما في الشكل الحمر والاحمر البعيد والمزيج منهما.

الضوء الاحمر والاحمر البعيد ليس من الضروري ان تعطى سوية وعلية ففي هذا النبات وجد انه عند استخدام الضوء الاحمر لوحدهR بهدف اطالة ال8 ساعات من ضوء الشمس او النهار هذه المعاملة كانت غير فعالة في حث التزهير في هذا النبات ولكن اذا تخلل هذا الضوء عدة ساعات من الضوء الاحمر البعيد الFR فان عملية التزهير قد حدثت في نبات lolium وقد وجد ان هناك وقت مثالي Optimum time يكون التعرض فيه للضوء الاحمر فعالا ويبدو انه بعد حوالي 8 ساعات ضوئية من ضوء الشمس فان المستويات العالية من الفايتوكروم على صورة pfr والناتجة من الضوء الاحمر تقلل الاستجابة بالتزهير في حين بعد مدة من فترة الظلام فان مستويات الpfr العالية تصبح ملائمة للتزهير وفي هذا الوقت فان التعرض للضوء الاحمر يشجع التزهير وقد وجد ان الضوء الاحمر البعيد يشجع التزهير بعد وصول النبات الى 6 ساعات من الضوء الاعتيادي .ولكن بعد حوالي 16 ساعة من الاحمر

Dr. Muayed F. Abbas Basrah University

البعيد يكون تاثيره قليل والتزهير الان يتم تشجيعه بالضوء الاحمر وعليه يبدو انه كما هو الحال في نباتات النهار القصير فان المستويات العالية من صورة الفايتوكروم الpfr تشجع التزهير في اوقات محددة وتثبطه في اوقات اخرى الان تعاقب التنشيط والتثبيط في نباتات النهار الطويل هو عكس مايحدث في نباتات النهار القصير وهكذا يبدو ان هناك تشابه في سلوك نباتات النهار الطويل ونباتات النهار القصير ولكن في نواحي محددة فان استجابتهم لصبغة الفايتوكروم هي متعاكسة بحيث ان فترات الظلام الطويلة تشجع التزهير في نباتات النهار القصير الانها تثبطه في نباتات النهار الطويل بالاضافة الى ذلك ففي كلا النوعين من النباتات فات تاثيرات فترة الظلام يمكن تقسيمها بمعاملة كسر الظلام التي تسبب مستويات عالية من الpfr .

وخلال المراحل الاولية من الدورة اليومية(ضوء/ظلام) فان التزهير في نباتات النهار القصير يتم تشجيعه بمستويات عالية من الpfr ولذلك فهو يحتاج الى تعاقب sequence تكون فيه مستويات الpfr عالية خلال فترة الضوء الرئيسية ومنخفظة خلال فترة الظلام اللاحقة او التالية وعلى العكس من ذلك فان نباتات النهار الطويل لاتحتاج الى مثل هذا التغيير اليومي في مستويات الpfr لانها تزهر حتى في الضوء المستمر continuous light ضوء المصابيح الذي ينتج مستويات منخفظة من الpfr ولكن تحت ظروف تجريبية خاصة فان هذا الاختلاف اليومي في الحساسية لصورة الpfr للفايتوكروم قد تم توضيحه كما في الشكل (9-11) شكل تخطيطي يوضح التفاعلات التي تتطلي مستويات عالية من pfr ومستويات منخفضة من الpfr .وذلك في تفاعلات ازهار نباتات النهار الطويل ونباتات النهار القصير.

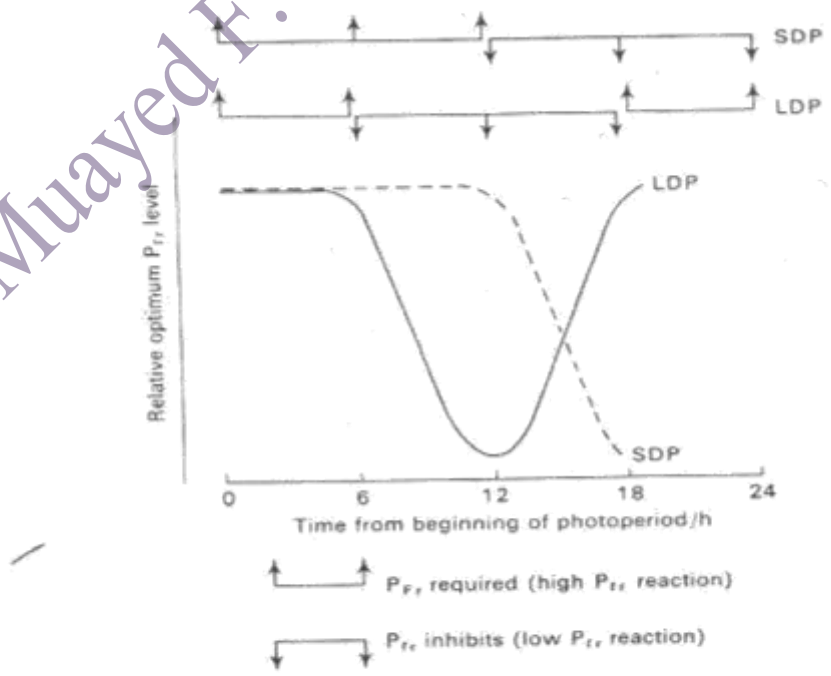


FIG. 9.11. Schematic representation of the "high P_{fr}" and "low P_{fr}" reactions in the flo long-day plants and short-day plants. In the SDP the P_{fr}-requiring process occurs ea photoperiod and is followed by a period when P_{fr} inhibits flowering. In LDP similar are seen, but their timing is markedly different. (From D. Vince-Prue, *Photoperiodism* McGraw Hill, London, 1975.)

Dr. Muayed F. Abbas Basrah University

في نباتات النهار القصير فان العمليات التي تحتاج الpfr تحدث مبكرا في الفترة الضوئية الرئيسية وعادة يعقبها فترة يكون فيها الفايتوكروم مثبطا للتزهير . في نباتات النهار الطويل فان نفس التفاعلات هي موجودة ولكن توقيتها يختلف بدرجة كبيرة عن نباتات النهار القصير .

المنبه او المحفز الزهري The flowering stimulus

لقد اوضحنا ان استجابة النبات لطول اليوم (ضوء/ظلام) يعتمد على الظروف التي تتعرض لها الاوراق بالرغم من ان الاستجابة او التحول من مرحلة النمو الخضري الى النمو الزهري تحدث في طرف الفرع shoot apex هذه الملاحظة تعني انه تحت الظروف المناسبة من طول اليوم فان النوع من المنبه او المحفز للازهار يتكون من الاوراق وينتقل الى المرستيمات القمية حيث تحدث عملية التزهير هذه الفرضية تسمى Hypothesis. قام بطرحها الباحث الروسي chaliakhyon بعد فترة من اكتشافه بان الاوراق هي الاعضاء النباتية التي تقوم باستقبال المعاملة الحاثة للتزهير وقد افترض الباحث بان هناك هرمون flower hormone هو الفلورجين florigene مولد الازهار . وافترض بان هرمون التزهير يتم بناءه في الاوراق تحت الظروف المناسبة من طول اليوم ثم يتحرك الى القمم النامية حيث تحدث عملية التحول الزهري وبالرغم من وجود دليل قوي لدعم هذه الفرضية الا انه وفي الوقت الحاضر لم يتم عزل ودراسة هذا الهرمون بصورة كيميائية ولقد اوضحت الدراسات الحديثة على المستوى البايولوجي الجزيئي ان الفلورجين ربما هو احد البروتينات التي تتكون في الاوراق تحت الظروف المناسبة من طول اليوم وتنتقل الى منطقة الفرع حيث تحدث عملية التحول للمرستيم الخضري الى الزهري ونتطرق الى هذا الموضوع لاحقا .

وبصورة عامة فان هناك العديد من التجارب الفسيولوجية التي اوضحت من دون ادنى شك بان هناك مادة ما تتكون في الاوراق وتنتقل الى طرف الفرع حيث تحدث عملية التحول الزهري ومن هذه التجارب الفسيولوجية تلك التي اجريت على نبات الزانثيوم حيث لوحظ ان تزهير هذا النبات تحت ظروف النهار القصير لايحدث اذا تمت ازالة جميع الاوراق ولكن ثمن الورقة8/1 كان كافيا لحث التزهير في هذا النبات وفي تجارب اخرى التي استخدم فيه نبات مكون من فرعين وجد بان هذا المنبه الزهري او المركب الناتج من ورقة واحدة كافي لان يسبب التزهير ليس فقط في الفرع الذي توجد فيه الورقة وانما ايضا في الفرع الثاني الذي تمت ازالة جميع اوراقه وفي تجارب اضافية اوضحت ان هرمون التزهير يمكن ان ينتقل عن طريق التطعيم فعندما تم تطعيم نباتات من الزانثيوم وعرض احد النباتات الى ظروف النهار القصير فان التزهير ايضا حدث ليس فقط لهذا النبات ولكن في النبات الذي

Dr Muayed F. Abbas Basrah University

لم يعرض اطلاقا الى فترة حاثة للتزهير واجريت العديد من التجارب التي اوضحت بدون ادنى شك بانتقال هذا المنبه او المحفز عن طريق التطعيم حيث يتكون من الاوراق تحت الظروف الحاثة للتزهير وينتقل الى منطقة shoot apex حيث يحدث التزهير .

Dr. Muayed F. Abbas Basrah University

بسم الله الرحمن الرحيم

محاضرة (9) الخميس 2013/1/17

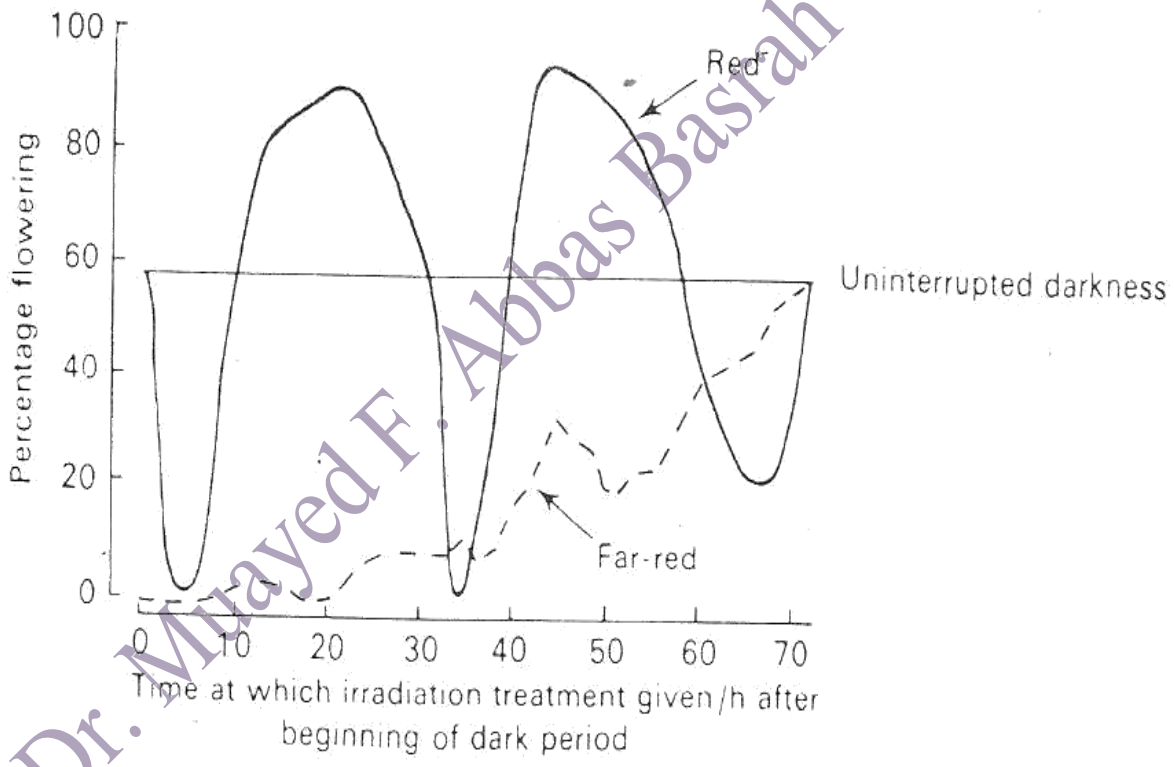
قياس الوقت في التأقت الضوئي Time measurement in photoperiodism

لقد أوضحنا ان التزهير في نباتات النهار القصير يحدث عندما توضع النباتات تحت ظروف من طول اليوم (ليل/نهار) يكون فيه طول فترة الظلام يزيد عن فترة الظلام الحرجة critical dark period ـ وبعض النباتات تستطيع ان تتحسس اختلافات في طول فترة الظلام تصل الى 15 دقيقة وعليه فان بعض النباتات مثل نبات الزانثيوم الذي له فترة ظلام حرجة تبلغ حوالي 8.30 ساعة على درجة حرارة 25م يظهر هذا النوع العالي من الحساسية لطول فترة الظلام ونفس الشئ فأن اختلاف مقدار 15 دقيقة في طول فترة الظلام يمكن ان يحدد هل إن نبات مثل قصب السكر يزهر ام لا من ذلك يبدو ان هذه الأنواع النباتية لها ميكانيكية لقياس الوقت بطريقة مضبوطة جدا وهناك العديد من الآراء او المقترحات التي طرحت لتوضيح طبيعة هذه الميكانيكية لقياس الوقت وقد اقترح ان هناك ساعة Biological clock بايلوجية التي يكون فيها الوقت اللازم اما لتراكم مادة معينة الى مستوى محدد يمثل لنا عملية قياس الوقت ونظرا لان التزهير في نباتات النهار القصير يحتاج ان يكون الفايتوكروم في الأوراق على صورة Pr وان هناك تحول تدريجي من الفايتوكروم من صورة pfr الى pr خلال الساعات الأولى من الظلام فقد اقترح بان فترة الظلام الحرجة قد تمثل لنا الوقت الذي يأخذه الفايتوكروم والذي هو موجود في الأوراق على صورة pfr لكي يصل الى مستوى محدد من الpr ولكن وجد بان هذا التفاعل pfr الى pr يكتمل بعد حوالي 2-3 ساعات من الظلام في حين ان فترة الظلام الحرجة لنبات الزانثيوم هي 8.30 ساعة وكذلك اذا كان طول فترة الظلام الحرجة يتحدد بالوقت الذي يتحول فيه الpfr الى pr فان الاشعاع باستخدام الfr في بداية فترة الظلام يجب ان يقلل من طول فترة الظلام الحرجة الضرورية لازهار نباتات النهار القصير الان هذا التاثير لم يحدث في معظم الاحيان.

على هذا الاساس ولاسباب اخرى يبدو انه من غير المحتمل بان تكون سرعة تحول الفايتوكروم من صورة الpfr الى صورة الpr هو العامل المحدد لطول فترة الظلام الحرجة في نباتات النهار القصير وعليه فنحن ان ناخذ بنظر الاعتبار تفسير اخر لظاهرة قياس الوقت في التاقت الضوئي واحد اهم هذه التفسيرات هي ان نظرية الايقاع الداخلي في التاقت الضوئي Endogenous Rhythmus in photoperiodisom . للعديد من السنين كان الباحث الالماني Bünning قد جلب الانتباه الى وجود ايقاعات ثابتة من النباتات حيث قام بدراسة التغيرات اليومية في اوراق نبات الفاصوليا الزاحفة

Dr. Muayed F. Abbas Basrah University

Runner beans والتي فيها الاوراق الاولية تنبسط او تنفتح اثناء النهار ثم تنثني او تنطوي مساءا ومن ثم تبدا باعادة الحركة صباحا. هذه الحركات ناجمة عن تغيرات في الضغط الانتفاخي في قواعد الاوراق الاانه اذا تم تعريض بادرات الباقلاء الى فترة من الضوء ثم وضعت في ظلام مستمر لعدة ايام فانها سوف تستمر باظهار هذه الحركة اليومية التي هي الانبساط والانثناء على دورة مقدارها 24 ساعة بالرغم من انه لم يتم تعريضها الى فترات متعاقبة من الضوء والظلام بعبارة أخرى فان نبات الباقلاء هذا يظهر إيقاع داخلي ثابت في حركة أوراقه وإذا تم رسم التغيرات في وضعية الورقة من حيث الانفتاح او الانثناء فإننا نحصل على منحنى يطلق عليه sinusoidal curve وتستمر فترة الظلام فان حركة الورقة تصبح قليلة جدا في النبات ومن هذه الحالة نحتاج الى التعرض من جديد بالضوء للبدء بالايقاع الداخلي وهكذا .



هذه الملاحظة عن حركة الاوراق اوضحت ان هناك العديد من العمليات التي تحدث في النبات والتي لها ايقاع يومي منتظم ومن هذه الهمليات نذكر الاتي:-

1- opening and closing of flower

2- root pressure

3- growth rate

Dr. Mrayed F. Abbas Basrah University

4- respiration and other metabolic processes

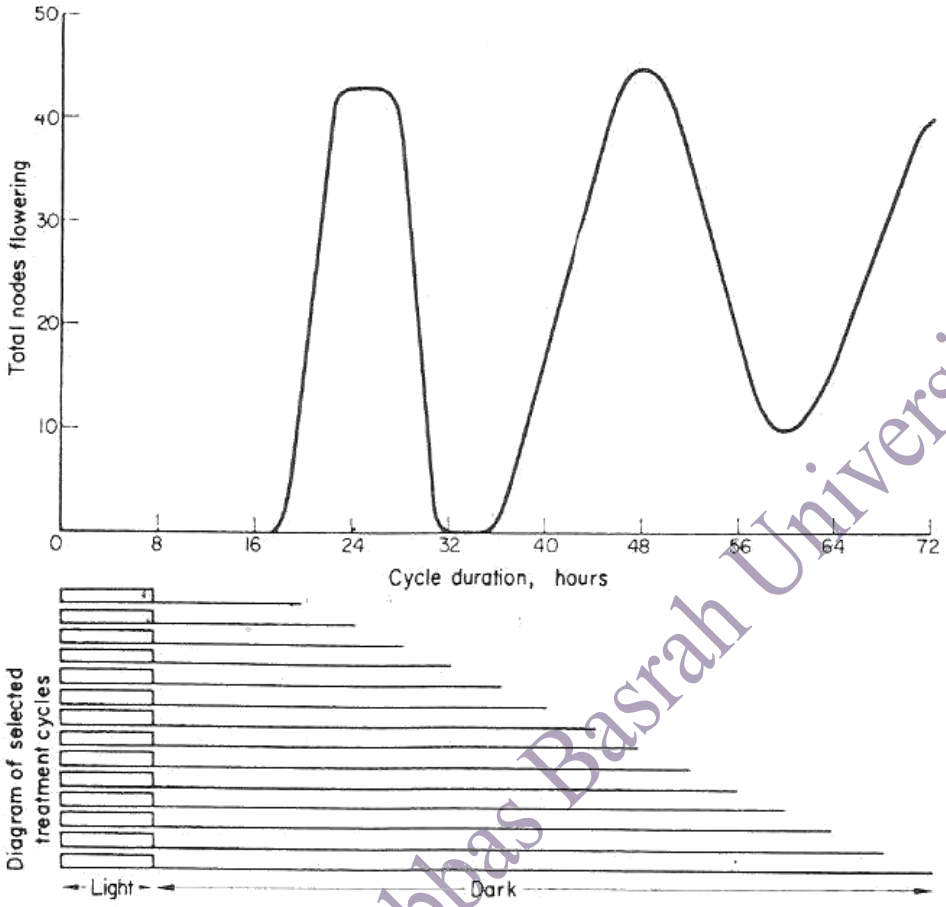
5- activity of curtain enzymes

6- mitosis of size of nucleus

طول الفترة المفردة للإيقاع الداخلي هذا تقريبا ومن المهم ان نتذكر بانه تحت الظروف الطبيعية فان الايقاع الداخلي للنبات يجب ان يكون متناسق او متفق مع الدورة اليومية لليل والنهار يبدو ان الضوء يعطي اشارة البدء وعندما يكون الضوء غير موجود والذي يحدث عند الغروب dusk light off ايضا يعطينا اشارة للايقاع الداخلي وعلى هذا الاساس لايوجد ادنى شك من وجود ايقاع داخلي من النباتات. الباحث الألماني büning اقترح وجود ايقاع داخلي في الحساسية للفترة الضوئية ثم قدم فرضية او نظرية التواقت الضوئي تعتمد على هذا الايقاع الداخلي فقد اقترح بانه اثناء النهار فان نباتات النهار القصير هي في مرحلة اسماها photophile phase أي المرحلة المحبة للضوء وذلك عندما يكون الضوء ملائما للتزهير وانه اثناء الليل فان هذه النباتات هي في مرحلة محبة للظلام والتي اسماها بالskotophile phase (skoto تعني ظلام في اللغة اللاتينية) والتي يكون فيها النبات محب للظلام وفي هذه المرحلة فان الظلام هو ملائم للتزهير في حين ان الضوء مثبط له وعليه يمكننا ان نتصور بان هناك ايقاع منتظم في حساسية النباتات في الفترة الضوئية وذلك عندما تدخل النباتات اولا المرحلة المحبة للضوء ثم بعد ذلك تدخل المرحلة المحبة للظلام. وقد اقترح بان نباتات النهار القصير سوف تزهر وذلك عندما تتطابق فترات الضوء والظلام اليومية مع المراحل التي فيها النباتات محبة للضوء ومحبة للظلام وبعبارة اخرى عندما تكون النباتات تحت ظروف النهار القصير فاذا تعرضت الى ظروف النهار الطويل فان الضوء سوف يمتد الى المرحلة التي يكون فيها النباتات محبة للظلام مما يثبط التزهير.

هناك العديد من الادلة التي تؤيد هذه الفرضية والتي نعني بها وجود ايقاع داخلي للحساسية للفترة الضوئية ومن هذه الادلة تلك التجارب التي اجراها الباحث هامنر مع نباتات النهار القصير فول الصويا حيث قام هذا الباحث على تنمية النباتات على مدى واسع من اطوال الدورات اليومية daily cycles وكل نبات حصل على 8 ساعات من الضوء يعقبها فترات من الظلام يتراوح طولها من 8-62 ساعة وقد وجد هذا الباحث ان الازهار كان اعلى مايمكن عندما كان طول الدورة الحاثة للتزهير هو 24 ساعة او مضاعفاتها 24-48-72 ساعة الان النباتات بقيت بحالة خضرية عندما كانت اطوال الدورات تتراوح من 36 او 60 ساعة كما موضح بالشكل(9-15)

Dr. Muayad F. Abbas Basrah University



استجابة نبات فول الصويا صنف Bioloxi الى دورات حاثة للتزهير مكونة من عدة اطوال. النباتات عرضت الى هذه الدورات كل دورة مكونة من 8 ساعات ضوء ذو شدة عالية يرافقها فترات من الظلام حاثة ذات اطوال مختلفة او معاملات كسر الظلام اعطيت في اوقات مختلفة من دورة واحدة طويلة تطابقت مع الفرضية التي تقول بان هناك بالواقع او بالحقيقة ايقاع داخلي للحساسية للفترة الضوئية كما اقترحها الباحث الالماني bunning .

تسلسل العمليات المؤدية الى تخليق او بناء هرمون التزهير

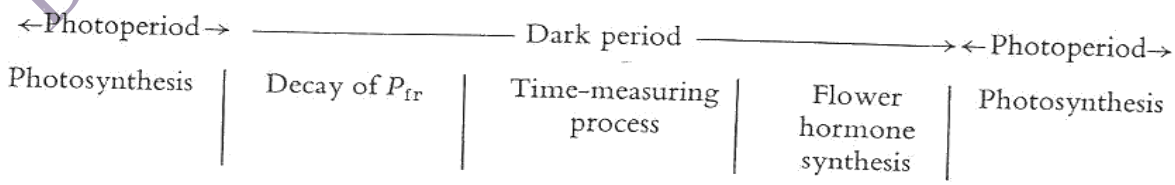
The sequence of processes leading to synthesis of the flowering hormones

من الممكن ألان أن نتعرف على عدد من العمليات المؤدية الى انتاج هرمون التزهير او منبه التزهير Flowering stimulus في نباتات النهار القصير والان نستطيع ان نلخص تسلسل هذه العمليات تداخلاتها:-

Dr. Muayed T Abbas Basrah University

أولا:- وقبل كل شئ هناك حاجة الى تفاعل ضوئي ذو شدة عالية high intensity light redaction (ضروري لحوث عملية البناء الضوئي) وهذا التفاعل يتم الحصول عليه من قبل النباتات خلال الفترة الضوئية ويبدو هنا بان الضوء يجهز ليس فقط الطاقة بل ايضا مواد التفاعل التي هي ضرورية للعمليات التي تحدث خلال فترة الظلام اللاحقة.

ثانيا:- هناك من الاسباب مايدعونا الى الاعتقاد بان تاثيرات صبغة الفايتوكروم ايضا لها دور خلال الفترة الضوئية نظرا لان ازهار بعض نباتات النهار القصير مثل نبات الكوليوس kalanchoe (نهار قصير) هذه النباتات عندما توضع في ظلام مستمر لفترة طويلة فان ازهارها يتم تشجيعه بفترات قصيرة من الضوء الاحمر مما يدل على ان هناك مستوى معين الفايتوكروم على صورة pfr وذلك من خلال فترة الضوء من اجل حدوث التزهير تحت الظروف الطبيعية وفي نهاية الفترة الضوئية فان الفايتوكروم يكون موجودا تقريبا بتراكيز متساوية من الpr والpfr وخلال الساعات الاولى من فترة الظلام فان الpfr سوف يتحلل وبذلك فان صورة الpr للفايتوكروم هي الان السائدة . ان عملية تخليق هرمون التزهير لا تبدا قبل مرور فترة معينة من الظلام التي اطلقنا عليها مصطلح فترة الظلام الحرجة وبعد ذلك فان عملية تخليق هرمون التزهير تحدث بسرعة فائقة خلال ساعات الاخرى الباقية ومن الظاهر فانه من الضروري ان يكون الفايتوكروم على صورة pr لغرض حدوث عملية تخليق هرمون التزهير لاننا كما نعلم ان ومضة من الضوء خلال فترة الظلام والذي يحول الpr الىpfr يثبط التزهير . الا ان عملية تخليق هرمون التزهير لاترتبط بصورة مباشرة او غير مسيطر عليها بصورة مباشرة بتحلل صورة الpfr للفايتوكروم نظرا لان فترة الظلام الحرجة اطول بكثير من الوقت اللازم لتحلل الpfr وعلى هذا الاساس فقد اقترح بانه لابد من وجود ميكانيكية لقياس الوقت والتي تسيطر بصورة مباشرة على بداية عملية تخليق هرمون التزهير ولقد أوضحنا بانه من المحتمل ان تكون ميكانيكية قياس الوقت تتضمن ايقاع داخلي وان دور الفايتوكروم في عملية التزهير قد يعود الى تاثيراته على عملية قياس الوقت بدلا من تاثيراته المباشرة في عملية تخليق هرمون التزهير . ان هذه الافكار يمكن تلخيصها بالمخطط الاتي:-



FURTHER READING

Dr. Muayed F. Abbas Basrah University

بسم الله الرحمن الرحيم

محاضرة (10) الخميس 2013 /1/31

طبيعة هرمون أو منبه التزهير The nature of the flowering stimulus

كما أوضحنا سابقا، فان العديد من تجارب التطعيم اوضحت بقوة بان منبه التزهير يتكون في أوراق نباتات النهار الطويل والقصير تحت الظروف الحاثة للتزهير وبعد ذلك ينتقل الى المرستيمات الزهرية التي هي اما قميه اوطرفيه. حيث يبدا بتحويل طرف الفرع الذي هو بحاله خضريه الى حاله تزهير ، بالاضافة الى ذلك، يبدو ان منبه التزهير يتكون في كل من نباتات النهار القصير والطويل ،كما توضح التجربه الاتيه نباتات الكلانشيا kalanchoe، الذي هو نبات نهار قصير ونبات sedum الذي هو نبات نهار طويل ، فلواخذنا افرع خضريه من نبات ال sedumالنامي تحت ظروف النهار القصير ثم طعمت على افرع من نبات الكلانشيا النامي تحت ظروف النهار القصير فان التزهير سوف يحدث في كل من الاصل والطعم بالرغم من ان نبات الsedum نفسه لا ينمو تحت ظروف النهار القصير، اذا هناك منبه تم انتاجه في نبات النهار القصير الكلانشيا وهذا هوسبب التزهير في نبات النهار القصير والsedum و لو اجرينا التجربه بصورة معكوسه ، أي اخذنا افرع خضريه من نبات الكلانشيا ناميه تحت ظروف نهار طويل ثم طعمت على نبات ال sedum النامي تحت ظروف نهار طويل فان ظروف كل من الاصل والطعم قد ازهر. وعليه، فان نبات النهار الطويل الsedum قام بانتاج هرمون التزهير تحت ظروف النهار الطويل والذي ادى الى تزهير نبات النهار القصير الكلانشيا. هذه التجارب تضمن بان منبه التزهير هو متماثل في كل من نباتات النهار الطويل والقصير. ان مثل هذه التجارب التي وصفت اعلاه عي مطابقه للفرضيه التي تقول بان هناك stimulus معين يتكون في الاوراق تحت ظروف اليوم الحاثه للتزهير وينتقل خلال عمليه التطعيم وبالرغم من وجود العديد من الادله الفسيولوجيه عن وجود منبه اوهرمون التازهير والذي اطلق عليه اصطلاح الflorigen، الان ان جميع المحاولات لعزل هذا الهرمون ودراسته من الناحيه الكيميائية قد بائت بالفشل الى يومنا الحالي . ان الفشل في عزل هذا الهرمون من نباتات النهار الطويل والقصير محير الا ان هناك بعض التغييرات ومنها:.

1- الهرمون الافتراضي الhypothetical hormone قد يكون موجودا بتراكيز ضئيلة للغاية
2- ان هذا الهرمون الافتراضي قد يكون غير ثابت unstable حيث ان طرق الاستخلاص والتقدير المتوفرة في الوقت الحاضر غير حساسة لدرجه كافيه.

نظرا لان الهرمونات الطبيعية الموجودة في النباتات هي مركبات بسيطه نسبيه فقد افترضنا بان هرمون التزهير المزعوم أيضا هو مادة بسيطة نسبيا، الا انه لايوجد سبب لاستبعاد الاحتمالية بان هرمون التزهير قد يكون جزيئة معقدة وغير مستقرة . ان الحقيقة بان هذا الهرمون يمكن ان ينتقل بالتطعيم ولكن لايمكن استخلاصه قد تكون متطابقة مع هذه الفرضية لاننا نحتاج الى تقنات خاصة لعزله والتعرف عليه.

3- قد لايكون هناك هرمون تزهير وإنما عمليه الحث الزهري للنباتات الحساسة قد تعتمد على اختلافات كميه في مستويات بعض المواد التي توجد بصورة طبيعيه في الانسجه النباتية الا ان

Dr. Muayed F. Abbas Basrah University

الدراسات الحديثه قد اوضحت بان الفلورجين هو موجود ويتم انتاجه في اوراق النبات تحت الظروف المؤدية الى التزهير ثم ينتقل الى منطقه مرستيم الفرع apexners shot ويعمل على حث التزهير . وتشير الدراسات ألحديثة عن هذا الموضوع بان هناك مشاركه للعديد من العوامل التي تؤدي في النهاية الى حدوث عمليه التزهير . ومعظم الأبحاث الحديثة على الفلورجين قد تركزت على استخدام نبات ال *Arabidopsis thaliana* النبات الذي هوmodel planet النبات النموذج نبات نهار قصير . وقد اوضحت مثل هذه الدراسات بان عمليه التزهير في النباتات يمكن تقسيمها الى ثلاثة مراحل:-

Mechanism of flowering consist of three stages:

1- photoperiocle regulated initiation

في نبات الArabidopsis، ان الاشارة الsignal لبدا عمليه التزهير تبدا بانتاج mRNA ويشفر هذا الى عامل نسخ يسمىconstans هذا مع الmRNA يتم انتاجه بعد حوالي 12 ساعه من بزوغ الفجرdawn، ComRNA وعاده هذه الدورة يتم تنضيمها من قبل الساعه البايولوجيه التي يتملكها النبات وهذا mRNA بعد ذلك يترجم الى بروتين يسمى , Co potein وهذا يكون ثابت في الضوء ولذلك مستوياته تكون منخفضة خلال النهار القصير ويصل الى أقصى مستوى عند الغروب وذلك في نهايه اليوم الطويل . هذا البروتين يعمل على تشجيع نسخ جين أخر يسمى flowering locus t (ft).

2- signal translocation via the pholem

في هذه المرحلة فان ال(ft) ، البروتين الناتج منCo، ينتقل عن طريق اللحاء ويصل الى طرف الفرع الshoot apical.

3-induction of flowering at the shoot apical meristem

في منطقه طرف الفرع فان ال(FT) البروتين الناتج من co والمتكون بتداخل مع عامل نسخ هو ال(FD protein) وهذا التداخل يؤدي الى تنشيط الجينات المسؤولة عن تكوين مبادئ الإزهار مما يؤدي إلى عمليه الحث الزهري . ان وصل الFT protein إلى منطقة طرف الفرع وتداخله مع الFD ، عادة هذا التداخل سوف ينشط بعض الجينات(تنشيط عمليه التعبير الجيني) Soc1, AP1 وهذه النتيجة تؤدي الى التزهير .

FT/ FD ⟶ Stimulate flowering gene ⟶ flowering

Dr. Muayed T. Abbas Basrah University