الفصل التاسع

النمـــــو

Growth

obeikan.com

obeikan.com

مقدمة :

الحمد لله الذى علم الانسان مالم يعلم ، والذى قال فى محكم التنزيل " مثل الذين ينفقون أموالهم فى سبيل الله كمثل حبة أنبتت سبع سنابل فى كل سنبلة مائة حبة والله يضاعف لمن يشاء والله واسع عليم " · إن هذا التشبيه الرائع بالحبة التى لها المقدرة فى تكون سبعمائة حبة لهو الدليل الواضح لامكانية النبات على النمو بصورة قصوى ممايؤدى الى زيادة تكوين الاثمار والبذور التى تعتبر الأساس المادى لغذاء الانسان ، فى هذا العصر الذى شعرت فيه مختلف أمم الأرض الى زيادة الانتاج الزراعى وتوفير المأكل لملايين البشر·

إن من أكثر الأشياء الواضحة التى تؤديها النباتات هو قيامها بالنمو · وتعتبر هذه عملية طبيعية ذات أساس مادى لوجودنا · وأن هذه التغيرات العظيمة ربما تحدث دون الالتفات اليها ، الا أنه حينما تنتهى البذرة الى نبات ناضج ، فان حجمها وشكلها يتغيران بصورة واضحة حيث تظهر الجذور والسيقان والأوراق ، وخلال النضوج تتكون وتنمو الأعضاء المسؤولة عن التكاثر كالأزهار والثمار والبذور ·

وهذه التغيرات الشكلية الواضحة التى ترافق النمو فى الحجم تدعى التكوين Development وبما أن النباتات تتكون من خلايا ، فيمكننا أن نستدل على وجود تغيرات فى عدد وأنواع هذه الخلايا التى تؤدى الى النسيج التامى · وهذا التغير فى الطراز الخلوى يدعى التميز Differentation ، فالنمو لايتكون كيفما اتفق بل بصورة منظمة : فمثلاً ، يكون يكون شكل الأوراق الناضجة بصورة اعتيادية ثانيا بالنسبة لنباتات معينة وكذلك تكون الثمار على الجذوع وليس على الجذور · وهذا التنظيم الطبيعى للنمو يتضمن عمل المنظمات Controls .

أولا ـ النمو :

تعريف النمو :

النمو فى أى نبات هو محصلة مجموعة من العمليات الحيوية التى تشمل الانقسام الخلوى والزيادة فى حجم الخلايا الجديدة الناتجة من الانقسام وتتميز هذه الخلايا الى أنواع مختلفة من الأنسجة · ومراحل النمو هذه تكون مصحوبة :

١ـ بالتغير المستديم فى الحجم ٢ـ بالزيادة فى الوزن الجاف للمناطق النامية·

تختص الخلايا المرستيمة عادة بالنمو فى النبات وتوجد هذه الخلايا المرستيمة الأولية فى أقصى قمم الجذور والسيقان بينما توجد الخلايا المرستيمة الثانوية فى المناطق المتقدمة العمر مثل الكامبيوم والذى يعطى أنسجة توصيلية إضافية وطبقات خارجية لحماية النبات وهذه الطبقات تتكون عادة من الفلين · أما عن متعلقات النمو فى النبات فهى عبارة عن التأثير الناتج من تأثر نشاط أى خلية مرستيمة بنشاط خلية مرستيمة خاصة الخلايا المجاورة ومثال ذلك السيادة القمية المتمثلة فى التأثير المثبط للمرستيم القمى الموجود فى البرعم الطرفى على الخلايا المرستيمية النشطة فى البراعم الجانبية ·

منحنى النمو فى النبات :

عندما تتوافر الظروف الملائمة للنمو تحدث زيادة مطردة ومميزة للنمو فى مناطق النمو المختلفة فى النبات ويمكننا تقسيم مراحل النمو هذه الى أربع مراحل رئيسية تتمثل فى :ـ

١- المرحلة التمهيدية Lag phase : وتتميز هذه المرحلة بالنمو البطئ فى الخلايا ·

٢- مرحلة النمو السريع Log phase : وتتميز هذه المرحلة بالزيادة المطردة فى نمو النبات ·

٣- مرحلة النقص فى النمو Decreasing growth rate : وتتميز بالنقص فى معدل النمو إذا ماقورنت بالمرحلة السابقة ·

٤- مرحلة الثبات فى النمو : وتتميز بثبات عملية النمو فى النبات (بمعنى أن عدد الخلايا المفقودة يساوى عدد الخلايا الجديدة) ·

ويسمى الوقت الذى تستغرقة جميع هذه المراحل بالوقت الاجمالى أو الكلى للنمو Grand period of growth ولو رسمت العلاقة بين معدل النمو والزمن ينتج منحنى على شكل حرف S ويسمى منحنى السيجميدى Sigmoid curve of growth

مراجع مختارة :

1- Assad, F.; Mayer, U.; Warner, G. and Jürgens, G. (1996) : The KEULE gene is nvolved in cytokinesis in *Arabidopsis* . Mol. Gen. Genet. 253:267-277 .

2- Bowman, J. L. and Eshed, Y. (2000) : Formation and maintenance of the shoot apical meristem . Trends Plant Sci. 5:110-115 .

3- Brand, U.; Fletcher, J. C.; Hcbo, M.; Meyerowitz, E. M. and Simon, R. (2000) : Dependence of stem cell fate in *Arabidopsis* on a feedback loop regulated by CLV3 activity . Science .289:617-619.

4- Chen, J.-G.; Ulah, H.; Young, J. C.; Sussman, M. R. and Jones, A. M. (2001) : ABP1 is required for organized cell elongation and division in Arabidopsis embryogenesis . Genes Dev. 15:902-911.

5- Christensen, D. and Weigel, D. (1998) : Plant development : The making of a leaf Curr. Biol. 8:643-645.

6- Clark, S. E.(2001) : Cell signaling at the shoot meristem . Nature Rev. Mol. Cell Biol.

7- Delvin, P. F. and Kay, S. A. (2000) : Cryptochromes are required for phytochrome signaling to the circadian clock but not for rhythmicity. Plant Cell . 12:2499-2509 .

8- Gisel, A., Hempel, F. D., Barella, S. and Zambryski, P. (2002) : Leaf-to-shoot movement of symplastic tracer is restricted coincident with flowering *Arabidopsis* . Proc. Natl. Acad. Sci. USA 99:1713-1717 .

9- Guo, H.; Yang, H.; Mockler, T. C. and Lin, C. (1998) : Regulation of flowering time by *Arabidopsis* photoreceptors . Science . 279:1360-1363 .

10- Hamilton, A. J., and Baulcombe, D. C. (1999) : A species of small anti-sense RNA in posttranscriptional gene silenceing in plants . Science . 289:950-952.

11- McDaniel, C. N.; Hartnett, L. K. and Sangrey, K. A. (1996) : Regulation of node number in day-neutral *Nicotiana tabacum* : A factor in plant size . Plant J. 9:56-61.

12- Reid, J. B.; Murfet, I. C.; Singer, S. R.; Weller, J. L. and Taylor, S. A. (1996) : Physiological genetics of flowering in *Pisum* . Sem. Cell Div. Biol. 7:455-463 .

13- Simon, R.; Igeno, M. I. and Coupland, G. (1996) : Activation of floral meristem identity genes in *Arabidopsis* . Nature . 384:59-62 .

14- Yanovsky, M. J. and Kay, S. A. (2001) : Signaling nrtworks in the plant circadian rhythm . Curr. Opinion in Plant Biol. 4:429-435.

15- Yanovsky, M. J.; Mazzella, M. A.; Whitelam, G. C. and Casal, J. J.(2001) : Resetting the circadian clock by phytochromes and cryptochromes in *Arabidopsis* . J. Biol. Rhythms 16:523-530 .

obeikan.com

obeikan.com

أولاً: التحكم أو تنظيم النمو والتكشف

The Control or Regulation of Growth and Differentiation (Plant Phenology)

obeikan.com

obeikan.com

مقدمة :

قبل أن ننوة على موضوع التحكم أو تنظيم عملية النمو والتكشف في النبات يحب أن ننوة الى الأتي:

Differentiation : هو التشكل أو التميز وهو عبارة عن التغيرات التي تؤدى في النهاية لتكوين تركيبات مختلفة أو متميزة ولا يعتبر هذا نمواً ولكن ملازم له. كما في تشكل الخلايا المرستيمية حيث تنمو زوائد صغيرة من المرستيم المحور في ترتيب سوارى منتظم وهذه الزوائد هي التي يتكون فيها أجزاء الزهرة بطريقة تشبة تكوين الأوراق وبذلك يقال أن البرعم تكون وان الـ Differentiation قد حدث .

Developmert : هو التكشف أو محصلة التأثير الكلى الناتج عن التميز والنمو في تسلسل محدد أو هو التغير في الشكل والتخصص والانتقال من مرحلة إلي أخري .

of development Canalization : هو دخول خليتين أو مجموعة من الخلايا في قنوات التطور والتكشف غير رجعية وفيها يكون أمام الخلايا المنقسمة عدة مسالك Alternative pathways للتطور تنتج من الانقسام الغير متساوي للسيتوبلازم . فالزيجوت تتكشف خلاياه أما الى ساق أو جذر أما الساق فتتكشف خلاياه ألى أعضاء مختلفة ساق او أوراق وبراعم و أزهار ، وبداخل كل عضو يحدث تخليق لأنسجة مختلفة وبداخل كل نسيج يحدث تخليق لخلايا.

Determination in plart : هو تحديد شكل العضو وهى مرحلة تالية للتميز فعندما يصل العضو مثل primordium leaf الى مرحلة متقدمة لا يمكن أن يرجع ليكون نسيج أخر يقال أنة حدث له تحديد Determined .

Induction : وهو الحث حيث أن كثير من العمليات الفسيولوجية تبدأ بمرحلة حث مثل الحث الزهري Induction flower وهى تسبق التخليق أو التميز الزهري وهو

تميز فسيولوجي غير مرئي يتعلق بالظروف الأيضية داخل المرستيم تلى تلك المرحلة ٠

Initiation : وهو أول تغير ميكروسكوبي يحدث عند تحول المرستيم الخضري الى مرستيم زهرى وهو تغير يشمل شكل المرستيم إذ يبدوا كما لو كان قد تعطل في الجزء المركزي حتى يصبح مفلطحاً عند قمتة بدلا من شكلة المخروطي ٠

التكشف على مستوى الخلية والنسيج والنبات :

يحدث التكشف ابتداء من الزيجوت حيث ينمو قطبيا متأثرا بالعوامل البيئية مثل الضوء كماً وكثافة ، كمية الأوكسيجين المتاحة لكل خلية أو نسيج ، كمية الماء المتاحة، ضغط الخلايا المجاورة ، كمية الغذاء العضوي والمعدني المتاح بالخلية نتيجة توزيع السيتوبلازم الغير متساوي ، الجاذبية الأرضية ، درجة pH الخلية ، اختلاف الجهد الكهربى غير الخلايا المختلفة واخيراً كمية ونوع الهرمونات المتمركزة بالخلايا نتيجة توزيع السيتوبلازم الغير متساوي ٠فتتقسم خلايا الزيجوت الى عدد كبير لتكوين الجنين كل خلية من الخلايا المتكاثرة تحتوى على نفس التركيب الوراثي لخلية الزيجوت ألأم ولكن بالرغم من ذلك فالخلايا الناتجة تتميز الى أنسجة (جذور وسيقان)٠

أما التكشف على مستوى الأنسجة والنبات فيظهر جلياً فى النباتات الخشبية حتى تتميز الي طورين هي Adult , Juvenile تمتاز الأولى بعدم مقدرة النباتات على الإزهار ولكن ليس الإزهار هو الفرق الوحيد بين الطورين فحسب بل هناك فروق أخرى تؤثر في الحد من الصفات الخضرية وكذلك فروق تشريحية بين قمم الفروع في كلا من الطورين حيث يتميز طور البلوغ بوجود مساحة مرستيمية أصغر من تلك الموجودة في طور البادرة ٠

مما تقدم يظهر السؤال القائل ما هي العوامل التي تؤدى الى التكشف وظهور الظواهر الفسيولوجية المختلفة ولماذا تتكشف خلية معينة لتصبح خلية وعاء خشب وأخرى لتصبح خلية مرافقة بالرغم من أن الخليتين لهما نفس التركيب الوراثي ولماذا

تكشف مجموعة من الخلايا المرستيمية لتعطى فرع خضري وأخرى لتعطى زهرة هو ما يعرف Morphogenesis ويبدو أن هناك عوامل كثيرة تتظافر تؤدى الي لتحديد والتكشف ٠

لتكشف البيوكيميائى :

هناك مظاهر كثيرة تختص بالتكشف البيوكيميائى مثل الاختلافات بين الأنسجة ي مقدرتها على إنتاج الأنزيمات والأحماض الأمينية والفيتامينات والقلويدات وتخزين لمواد الغذائية هذه الاختلافات في مقدرة الخلايا على إنتاج أو عدم إنتاج تلك المواد يعنى بالضرورة تنشيط جينات معينة أو قمعها وقد وجدت كثير من الأدلة على ختلافات الخلايا في مقدرتها على التمثيل الحيوي مثل امتصاص الجذور في تمثيل بعض الأحماض الأمينية مثل حمض الجلوتاميك وحمض الأسبارتيك بينما الأوراق تمثل أحماض الأرجنين وحمض الفالين والتريبتوفان كما أن القلويدات تمثل في الجذور ولا تمثل في الأوراق وتنتقل من الجذور لتخزن في الأوراق كما في نبات ألا تروبا كذلك بعض الهرمونات تتكون في الجذور مثل السيتوكينين والجبرللين ثم تنتقل الى لأوراق في حين ألأو كسين يمثل في القمم النامية للفروع والأوراق الحديثة كذلك نجد عند زراعة قمم الجزر *In Vitro* نجدها تحتاج بالضرورة الى فيتامين الثيامين والبيرودكسين وحمض النيكوتين في بيئتها للحصول على نبات كامل هذا يعنى ان تلك لفيتامينات لاتمثل في البذور بل تمثل في الأوراق والأفرع ثم تنتقل للجذور حتى يمكنها النمو بدليل عدم قدرة الجذور المفصولة على النمو بدون أضافتها للبيئة الغذائية٠

مما تقدم يعنى أن الأعضاء المختلفة تختلف في قدرتها على التمثيل الصوئى الكيميائي وهذا دليل على أن بعض الجينات تكون في حالة نشاط Turning on والبعض الأخر في حالة قمع Turning off وهذا يؤدى ألي ذلك الاختلاف وهو ما يعرف بنظام Switching genes on and off .

نوع التنظيم داخل الخلية Type of regulation in plant :

اتفق الفسيولوجيون منذ ١٩٠٣ على أن النمو والتكشف وبمعنىأشمل جميع المراحل الفسيولوجية للنبات ما هي الا نتج سلسلة من التفاعلات الحيوية والتي تتأثر بعديد من العوامل الداخلية والخارجية ويكون تنظيمها عن طريق تنظيم عمليات التمثيل الحيوي ويمكن تلخيص طرز التنظيم كما يلي :

أ- التنظيم بتأثير العوامل الداخلية:

١ - تنظيم نشاط الجين

٢- تنظيم نشاط الأنزيم

٣- التنظيم بواسطة الهرمونات الداخلية

ب- التنظيم بتأثير العوامل الخارجية :

١- درجة الحرارة

٢- الضوء ونظام الفيتو كروم

أولا: التنظيم بتأثير العوامل الداخلية :

١- تنظيم نشاط الجين :

يشمل تنظيم نشاط الجين تنظيم كل من عمليتي النسخ وعملية الترجمة لأن تلك العمليتين متتبعتان في تسلسل يؤدى في النهاية الى تكوين الببتيد العديد والبروتين أو بمعنى أخر بروتين الإنزيم ففي سنة ١٩٦١ أعلن Monod & Jacob اقتراحهم حول تنظيم عملية النسخ والتي عرفت فيما بعد بنموذج Monod & Jacob وتبعا لهذا الاقتراح فقد قسمت الجينات الى ثلاث أنواع وهى :

١- Regulator Genes وهى الجينات المنظمة لعمل عديد من الجينات الأخرى والتي يطلق عليها اسم الجينات العاملة ·

٢- Operator Genes وهى الجينات العاملة التي تقوم بدور عامل التليفون وهى التي تتحكم في فتح وغلق عدد كبير من الجينات الأخرى التي يطلق عليها Structural Genes .

٣- Structural Genes وهى الجينات المسئولة عن التركيب الخاص بالبروتينات أو ببروتين الإنزيم ولقد افترض تنظيم نشاط الجين يكون عن طريق Regulator Genes والذي يتحكم في Genes Regulator الذي بدورة يقوم بفتح أوقفل عدد من Structural Genes المسئولة عن إنتاج أنزيمات معينة تؤدى تفاعلات بيوكميائية في سلسلة ينتج عنها في النهاية ظاهرة فسيولوجية معينة ·ويتم ذلك بأن يقوم Regulator Gene بإفراز مثبط لعمل Operator Genes ويطلق على هذا المثبط اسم القامع او الكابح وقد اقترح Gelbert 1967 أن عديد من هذه Repressor هي عبارة عن بروتينيات تقوم بمنع الجين العامل وبالتالي لا تؤدى وظيفتها كما اقترح Monod & Jacob أن الكابح يمكن تثبيطة بمادة ذات وزن جزيء منخفض أطلق عليها Effector والتي تلغى قدرة الكابح على العمل وبالتالي يصبح Operator Genes حر تاركا Structural Genes قادرة على العمل من خلال إصدارها الأوامر الخاصة بتكوين البروتين وهى m-RNA وبالتالى لانتاج إنزيمات متخصصة لاتمام تفاعلات معينة وظهور ظاهرة فسيولوجية أو صفة أو تميز خلوي أو تكشف خلايا أو أنسجة معينة ·

هناك عدة اقتراحات لطبيعة عمل Effector أول تلك الاقتراحات هي:

أ- Induction Substrate : وفيها يفترض أن مادة التفاعل هي التي تقوم بدور Effector حيث أن القامع يتكون باستمرار الى أن يتوافر تركيز

معين من مادة التفاعل فتقوم بالتأثير على القامع فتغير تركيبة الجزيئي وبذلك يصبح غير قادر على التأثير على (Operator gene) وبالتالى تتمكن Structural genes في إرسال m-RNA وتكوين الأنزيمات الخاصة بالعمل على مادة التفاعل Substrate وبذلك تكون مادة التفاعل هي المحفزة على إنتاج الأنزيمات بطريقة غير مباشرة.

ب- End product repression : في هذا الافتراض أن الكابح أو القامع الذي ينتيجة Regulator gene يكون غير نشط في بادئ الأمر وبالتالى لا يستطيع أن يقوم بعملية Inactive يسمح Operator الى Structural بالعمل في إفراز mRNA وانتاج الأنزيمات التي تعمل على أداء تفاعلات معينة يكون من نواتجها مواد "End product" تعمل على تنشيط القامع لأداء عملة وإيقاف إنتاج الإنزيمات وإيقاف التفاعل بالتالي . ونواتج التفاعلات هذه تكون ذات أوزان جزيئية منخفضة فهي التي تقوم بدور Effector في هده الحالة.

ج- Repression by Histones : هذه النظرية تفترض أن البروتين القاعدي المعروف بالهستون والذي يحتوي على نسبة كبيرة في تركيبه على الحمض الأميني الأرجنين والليسين" والموجود بالكروموسومات يعمل كمادة مثبطة لفصل المادة الوراثية إذا ما اتحد بها وبذلك ينظم فعلها من المراحل الجنينية وحتى الموت.

وهناك تجربة مثيرة تشير إلى أن الهستون هو المنظم لنشاط الجين وذلك من خلال استخدام نظام Cell free system وفى هذا النظام يتم عزل إحدى عضويات الخلية مثل الكلوروبلاست أو الريبوسوزومات أو الميتوكوندريا للمراد دراسة ما بها من التفاعلات ويضاف أليها الأنزيمات الضرورية ومعاونات الأنزيمات ومواد التفاعل لاختبار سير التفاعلات بها" .

في هذه التجربة ولدراسة تحكم البروتين الهستوني في عملية النسخ والترجمة في النباتات البقولية والتي تقوم بتخزين Globulin في فلقاتها مثل البسلة ·تم استخدام نظام Cell free system وذلك بعزل كروماتين من البراعم الجانبية ومن الفلقات "الكروماتين يحتوي علي DNA الخاص بالمعلومات الوراثية الخاصة بإنتاج الجلوبيولين بالإضافة إلى البروتين الهستوني" ويضاف إلية كل المكونات المطلوبة لتكوين m RNA وأنزيمات الخاصة بعملية تكوينه مثل أنزيم RNA polymeraze وكذلك الريبوزومات المسئولة عن عملية الترجمة وتستخدم بكتريا *E. Coli* كمصدر لتلك المركبات كذلك يشمل Cell free system الأحماض الأمينية جميعها وعادة يضاف الليسين المعلم leucine C^{14} لأنه يدخل في تركيب البروتين القاعدي المعروف بالهستون لاختبار مكان وجودة· ثم يحضن هذا النظام ويختبر بعد ذلك تكوين Globulin من عدمه·

وقد وجد أنة عند استخدام كروماتين من البراعم الجانيبيه لم ينتج عنها تكون Globulin· أما الكروماتين المعزول من الفلقات فقد أمكن بواسطة إنتاج Globulin من خلال نظام Cell free system وذلك لاحتواء الأول علي الهستون وخلو الثاني منه وعند فصل DNA عن البروتين الهستونى من كل من نوعي الكروماتين أمكن تخليق Globulin في نظام Cell free system .

ولقد وجد من الدراسات المتقدمة أن كميه الهستونات تتغير مع تغيير طور النبات وأثناء الانقسامات الميتوزية للخلايا واثناء تكوين حبوب اللقاح وتطور الأزهار فقد أختفي الهستون من تلك الأعضاء لذلك وجد الباحثون أن افتراض أن الهستون هو المنظم لنشاط الجين افتراض مقبول ولكن ما زلنا نحتاج الي كثير من الإدلة علي ذلك·

والسؤل الذي يطرح نفسه ألان هو كيف يعمل الهستون علي تنظيم نشاط الجين وهناك احتمالين لذلك هناك عدة افتراضات :

أ- الافتراض الأول Possibility I: يتحد الهستون مع DNA فيؤدى ذلك إلى تقلص الكروموسوم ويطلق علية حينئذ Heterochromatic يتم ذلك اثناء الانقسام وبذلك يتقدم نشاطه ٠

ب- الافتراض الثانى Possibility II يقوم الهستون بحجب RNA وبالتالي لا يتكون m RNA ويقوم هنا بدور Masked.

٢- تنظيم نشاط الأنزيم A cavity regulation of enzyme :

من المعروف أن الأنزيمات تساعد علي إتمام التفاعلات الكيميائية الحيويه بخفض طاقة التنشيط اللازمة لجزىء المادة المتفاعلة لكي تتفاعل وذلك عن طريق اتحاده أو ملامسته لها فيتكون المركب الجديد ذو طاقه تنشيط اقل فيتم التفاعل٠ويلزم لتأثير الأنزيم وجود مواقع متقابلة من الأنزيم والمادة المتفاعلة Substrate لكي يتم التجمع السطحي للمادة المتفاعلة علي جزيئات الأنزيم ويطلق علي تلك المواقع في الأنزيم اسم المراكز النشطة وهي عبارة عن مجموعات قابله للتأين مثل مجموعات الكربوكسيل في الأحماض ألامينيه ومجموعة Imidozole في الحمض الأميني الهشتين ومجموعة السلفهيدريل للسستين ومجموعة الآمين لنيسين آو طرف السلسلة الببتيديه ٠

ويتم تنشيط أو تثبيط التفاعلات الحيوية وبالتالي الظواهر الفسيولوجيه بتنشيط أو تثبيط الأنزيم ويتم ذلك بعدة وسائل٠

- التثبيط بالتنافس Competitive inhibition (Isosteric effete) :

هناك بعض المواد التي قد تتشابه مع Substrate تقوم بالادمصاص علي سطح الأنزيم وينتج عن تجمعها السطحي شغل المراكز النشطة للأنزيم وبالتالي منعة من أداء عمله ويطلق علي ذلك التثبيط اسم التثبيط بالتنافس أو Isosteric effect .

- End product inhibition (Allosteric effect) :

افترض Bielka 1969 أن نواتج التفاعل قد تؤدي الي تثبيط فعل الإنزيم و في هذه الحالة يطلق عليها Allosteric و يجب عدم الخلط يكون نواتج التفاعل تعمل كمثبط للأنزيم أو كونها Effection تعمل على تنشيط الكابح الذي يؤثر في Operator genes وعليه فتتراكم نواتج التفاعلات تعمل على تثبيط أو تقليل سرعة التفاعل الأنزيمي و يرجع ذلك الى أن تراكم النواتج يعمل على إسراع التفاعل العكسي Reversibility of enzyme action أوأن تراكم نواتج التفاعل على المراكز الفعالة للأنزيم تقلل من قوة تنشيطه أو تثبيطه كما سبق الإشارة أو قد تسبب نواتج التفاعل تغير درجة تركيز أيون الأيدروجين لوسط التفاعل و الذي يعمل على تغير حالة التأين في المراكز النشطة للأنزيم أو يؤثر على قرائن الأنزيمات و بذلك يصبح الإنزيم غير مناسب للعمل فمثلا ينتج عن تحلل الدهون الجليسرول و الأحماض الدهنية و تسبب الأخيرة انحراف درجة أيون الأيدروجين في وسط التفاعل للناحية الحمضية و كذلك نجد عند تحلل اليوريا ألي CO_2 ، NH_3 والتي تسبب انحراف درجة تركيز أيون الأيدروجين للناحية القلوية.

٣ – التنظيم بواسطة الهرمونات الداخلية : Regulation by phytohormones

أدت ملاحظة إضافة IAA ، Kinetin الى الأنسجة الى زيادة تمثيل RNA والبروتين كما أن إضافة GA يؤدى لانتاج إنزيم ألفا أميليز في طبقة ألليرون في بذور الشيلم الي اقتراح أن تأثير الهرمونات ربما يكون عن طريق تنشيط الجين والأمثلة التي تؤيد ذلك كثيرة :

عند معاملة نسيج الكلس لنبات الدخان *In Vitro* بالأوكسين بمستوى عالي ومنخفض من الكينيتين ينتج من الكلس جذوراً وعندما يكون مستوى ألأوكسين منخفض و الكينيتين عالي أدى ذلك الى تكشف نسيج الكلس إلى براعم خضريه .

تشجيع الأزهار في نباتات Long day plant و الارتباع باستخدام GA وهذا يعني أن الهرمونات تعمل على تغيير نشاط أو قمع الجينات ٠

هناك إشارة الى أن الهرمونات تشترك في تحديد الجنس في النباتات و يبدو أن نسبه ألأوكسين و والجبرللين هو المحدد للجنس فيغلب تكوين الأعضاء الأنثوية في وجود مستوى عالي من ألأوكسين و الأعضاء المذكرة في وجود مستوى عالي من الجبرللين ٠

عند تطويش فرع من نبات البطاطس فان البراعم ألأبطية تنمو كورق أما إذا أضيف كلا من IAA ، GA معاً فان تغيرات في الشكل لظاهري للفرع قد تحدث فتتبدل الأوراق بحراشيف عديمة اللون وتستطيل السلاميات و تتجه الفروع الى الأرض بدلا من نموها الرأسي و عند إصافة الكينتين الى قمة الساق الغير طبيعية فان الساق يغير سريعا من شكله الظاهري و يصبح ساق قائم و ذو أوراق عادية من ذلك يتضح أن الشكل هنا يتغير نتيجة تداخل كل من ألأوكسين و الجبرللين و السيتوكينين٠

عند معاملة عقل السوق الخشبية بـل IAA فانه يشجع انقسام الكمبيوم و تكشف خلايا الخشب و إذا أضيف GA فانه يشجع انقسام الكمبيوم و تتكشف الى خلايا اللحاء و عند إضافة GA + IAA في وقت واحد فان انقسام الكمبيوم ينشط و يتكون الخشب واللحاء بصورة طبيعية ٠ هذه الملاحظة توضح أن طبيعة الاستجابة تعتمد على نسيج الكمبيوم نفسه و الهرمونات هنا تساعد على التكشف أي أن وجود أو غياب الهرمونات يحدد إذا كان الكمبيوم سوف يتكشف أم لا ولكن قدرة الكامبيوم على تكوين خشب للداخل و لحاء للخارج فيعتمد على نسيج الكمبيوم نفسه و ليس للهرمونات دخل في ذلك ٠

وعليه فإذا سلمنا بأنه من الجائز بان الهرمونات تتحكم في Switch gene mechanism فليس المستحب القول أن العدد المعروف من الهرمونات هو الذي يتحكم في العدد الهائل من الجينات بالنبات Gene background .

وهناك عدة احتمالات لميكانيكية عمل الهرمون في تنشيط الجين · نجملها في الأتي:

ا – الفرض الأول يشير الى أن تنشيط أو تثبيط المادة الوراثية يتم بتحرر أو اتحاد الهستون مع المادة الوراثية و يتم ذلك تحت تأثير توازن هرموني معين و أن التوازن الهرموني يقع تحت تأثير توازن بيئي معين·

ب – تنشط الهرمونات أو تثبط خطوة الترجمة بالتأثير على وظيفة m RNA .

ج – عن طريق تنشيط تمثيل tRNA .

د – التأثير على نظام Relay System و فيه يفترض أن الهرمون يؤثر على Development Major Pathways أي يؤثر في مرحلة رئيسية من مراحل التكشف ثم تعمل تلك المرحلة كمحرك للمرحلة التالية أي نظام Relay أو أن الهرمونات تقوم بدور الإشارات أو الذبذبات في نظامRelay System.

هـ – التأثير في عملية النسج Transcription و تبعاً لهذا الفرض قسمت الهرمونات الى هرمونات إيجابية التأثير Positive مثل GA، IAA ، K . وأخرى سالبة التأثير أو مثبطة Negative على العمليات المختلفة كما يلي:

ABA	IAA	Gibberellins	Cytokinius	
-	-	-	+	Fall of leaves and fruit
-	-	.	+	Dormancy of buds
+	+	.	-	Germination
+	+	+	-	Cell elongation
+	+	+	-	Cell division
.	+	+	-	Flower formation LDP
.	.	-	+	Flower formation SDP
-	-	-	+	Seves cence
+	+	+	-	Transcription

− = Inhibition ، + = Stimulation ، . = no effect

وقبل أن نفرض التفسيرات التي توضح كيفية تأثير الهرمونات في تنشيط الجين· يجب إلقاء الضوء عن حالات الجين المختلفة من حيث التنشيط والتثبيط وهي كالتالي:

أ- Active genes (a) و هو الجين النشط قبل تنشيطه و يظل كذلك بعد عملية التنشيط ·

ب- Inactive gene (ina) و هو الجين الغير نشط قبل تنشيطه و غير نشط بعد التنشيط ·

ج- (Potentially active gene) (p.a) و هو الجين النشط قبل التأثير عليه وغير نشط بعد المعاملة الهرمونية.

ولتفسير دور الهرمونات فى تنشيط الجينات هناك عدة افتراضات سوف نوجزها فى الآتي:

الفرض الأول: تقوم الهرمونات دات التأثير الإيجابي مثل الأوكسينات والجبرلينات والسيتوكينينات بتنشيط والجينات القابلة للتنشيط مثل p.a ,a p : ina فى حين تثبط الهرمونات السالبة مثل حمض الأبسيسك كل الجينات القابلة للتثبيط مثل p.a,p.ine .

الفرض الثاني: فى هذا الفرض يقترح بناء على نموذج جاكوب وموند أن Regulator gene ينشط أو يثبط جين واحد فقط وذلك بإفراز الكابح كما سبق ذكره.وأن الهرمونات أو المستوي الهرمونى يقوم بدور Effects فى تأثيره على تغير طبيعة الكابح وبذلك يطلق قدرة الجين فى التغير عن نفسها فى صورة RNA.

الفرض الثالث: فى هذا الفرض يقترح أن الهرمونات لا تقوم مباشرة بتنشيط الجين بل هى تؤثر فى سير تفاعلات معينة أثناء عمليات التمثيل وأن إحدى أو بعض نواتج تلك التفاعلات هى التى تقوم بالتنشيط والتثبيط للجين.

الفرض الرابع: هى نظرية أطلق عليها حديثاً Second messenger تفترض هذه النظرية أن تأثيرات الهرمون لا يكون مباشراً لذلك أفترض أن الهرمون هو رسول أول فى التأثير على الظواهر الفسيولوجية وهو يعمل على حث أو تكوين رسول ثاني وهو المسئول عن إظهار تأثيرات الهرمونات . وقد اقترح Zenk ١٩٧٠ أن الرسول الثاني هو Cyclic Adenosine monophosphate (CAMP) وهو الذي يؤثر على العمليات المختلفة مثل:

فالهرمون ينشط إنزيم Triphasphate Adenosine والذي يقوم بتحويل (ATP) إلى cAMP ثم يقوم الأخير بالتأثير فى عديد من الأنزيمات مثل تنشيطه لأنزيم Kinase والذي له دور فى فسفرة عديد من المواد من أهمها البر وتينات الهستونية فيؤدى ذلك إلى إيقاف تثبيطها لل DNA وبالتالي تسمح له بعملية النسخ وعليه فالهرمون هنا ينشط الجين من خلال الرسول الثاني بطريقة غير مباشرة.

أما مستوى cAMP الداخلى فيمكن تنظيمه بواسطة تنشيط Adenylcyclase والذي يعمل على بناءه بواسطة تنشيط إنزيم Phosphodiesterase والذي يعمل على هدم رابطة الأستر الفسفورية فى جزيئه فيتحول إلى مركب غير نشط هو monophosphate Adenosine وكمثل على تنشيط cAMP فى النباتات الراقية ما نجدة من تنشيط GA لتكوين انزيم الاميليز فى طبقة الاليرون فى بذور النجيليات.

هناك ايضا اعتقاد أن الاثيلين يقوم بدور Second messenger حيث أنه يتكون في كل الخلايا بتركيزات مختلفة ويبدأ تكوينه من الحمض الأميني المثيونين وميكانيكية هدمه ليست ضرورية حيث انه غاز يتصاعد إلي الفضاء الخارجي Atmosphere وهناك كثيرا من الدلائل على أن IAA هو المحفز لانتاج الاثيلين مما يؤكد هذا الاعتقاد أن الهرمونات أو معتوى معين من الهرمونات تؤثر في إنتاج الاثيلين ويقوم هو بدور الرسول الثاني في التأثير على نشاط الجينات بالسلب أو بالإيجاب.

ثانيا : التنظيم بتأثير العوامل الخارجية Regulation by external :

١- درجة الحرارة Temperature:

تتميز التفاعلات الحيوية بان لها درجات حرارة خاصة تؤثر على سرعتها · ولكن تفاعل حيوي معامل حراري خاص (Q 10) (و المعامل الحراري هو مقدار الزيادة في سرعة التفاعل الحيوي عند درجة حرارة ١٠مئوية عند درجة الصفر المئوي) ·

وعموما فدرجة الحرارة المثلى لمعظم النباتات تتراوح بين ٢٤°م – أو ٣٢°م وتكون درجات الحرارة اقل او أكثر من ذلك ضارة بسير التفاعلات الحيوية ويختلف مقدار الضرر باختلاف النبات · ونظرا لأن لكل تفاعل حيوي معامل حراري خاص به لذلك نجد أن التغير في درجات الحرارة بالزيادة أو بالنقصان سوف يصبح مفضل لتفاعل حيوي عن آخر وبذلك تصبح درجة الحرارة عامل منظم لسير التفاعلات الحيوية وعمليات التمثيل الغذائي وعمليات التكشف · وعليه نجد أن لكل طور من طوار النمو درجة مثلى من درجات الحرارة تختلف عن الأطوار الأخرى · والأمثلة على دور درجة الحرارة في التأثير على عمليات التكشف عديدة سنورد منها على سبيل المثال لا الحصر فقد وجد Caso & Kefford ١٩٧٢ عند دراسة على نبات *Chondrilla juncea* أن زراعة الجذور *In vitro* لتكوين النموات الخضرية العرضية عليها Adventitious shoot كان افضل عند درجة حرارة ٢١ – ٢٧°م نهاراً ، ١٦ – ٢٢°م ليلا افضل من تعرضها لدرجة واحدة مستمرة هي ٢٥°م · كما وجد Gautberet 1969 أن درجة حرارة ٢٦ نهارا ، ١٥ ليلا افضل في تجدير قطاعات فن درنات الطرطوفة افضل من ٢٥°م مستمرة أشار الى أن درجة الحرارة العالية نهارا تشجع على تخليق الكامبيوم في حين تشجع درجات الحرارة المنخفضة ليلا على تكشف الكامبيوم إلى مبادئ خروج الجذور·

٢- الضوء Light :

يجب النظر إلي الاحتياجات الضوئية للنباتات ليست لاتمام عملية البناء الكربوهيدراتي و البناء الضوئي فحسب بل أن للضوء دور هام في عمليات التكشف ويعمل الضوء بميكانيكيات أخري غير ميكانيكية التمثيل الضوئي في كثير من عمليات التميز والتكشف في النبات مما أطلق علية اسم Photomorphogenesis وفي دراسة زراعة الأنسجة وجد Naylos & Nobel ١٩٨٦ أن أقصى تخليق للجذور علي قطاعات من درنات الطرطوفة يكون عند تعريضها لكثافة ضوئية قدرها ٥٠٠٠ Lux باستعمال ضوء لمدة ١٢ ساعة في حين وجد Margara ١٩٦٩ أن الحد الأقصى لتخليق الجذور علي Explant من نبات القرنبيط كان ٤٠٠ Lux فقط ولمدة ٩ ساعات كما وجد Allewelct & Radlar 1961 أن نشأه الجذور العرضية لا تتكون علي شرائح سيقان نبات قصير النهار لاحدي أصناف العنب إلا إذا عرضت لظروف النهار القصير فقط.

كذلك نعلم أن هناك عدد من البذور يشجع الضوء من إنباتها مثل الخس *Lactuca sativa* كما وجد أن الضوء الأحمر يشجع علي الإنبات في حين الأشعة فوق الحمراء تثبط ذلك الإنبات وبالمثل هناك تأثيرات مشابهة للضوء علي عمليات التكشف الأخرى مثل عملية الإزهار.

وتحتوي خلايا النباتات الراقية علي نظام صبغي يعرف بالفيتوكروم يمتص الضوء الأحمر ويتحول إلى صورة أخري قادرة علي امتصاص الفوق أحمرثم تتحول الصورة الأخيرة إلى الصورة الأولى عند امتصاصها للضوء فوق الأحمر Far red هذا النظام الصبغي يرتبط بالبروتين ولذلك أطلق علية اسم Chromoprotein ويتركب من سلسلة من حلقات البيرول التي ترتبط فيما بينها بذرة كربون.

الفيتوكروم و تنشيط الجين :

مازال دور الضوء غير معروف في تنشيط الجين مباشرا أو بطريقة غير مباشرة مثل تأثيره على إحدى عمليات التمثيل والتي تقوم بدورها فى تنشيط الجين كما أو يقوم بالتأثير على عدد من Effectors الخاصة بالتأثير على الكابح الذي يفرزه Regulator gene لمنع عمل Operator gene أو انه تحت تأثير توازن بيني معين (حرارة – ضوء) ثم التأثير في آليات الهرمونات فتكون توازن هرموني معين يؤثر على نشاط الجين ما زالت الأبحاث لها باقية ·

obeikan.com

مراجع مختارة :

1- Black, M. (1969): Light controlled germination of seeds. Symp. Soc. Exp. Biol. 23: 193- 217.

2- Borthwick, H.A. (1972): History of phytochrome. In K. Mitrakos and W. Shropshire, Jr., eds., Phytochrome. New York: Academic Press.

3- DeGreef, J.,Ed. (1980): Photoreceptors and Plant Development. Antwerpe : Antwerpen Univ. Press.

4- Feldman, J.F. (1980): Genetic approaches to circadian clock. Ann. Rev. Plant. Physiol. 33: 583- 608.

5- Holmes, M.G. and Smith, H.(1975): The function of phytochrome in plants growing in the natural environment. IV. Light quality and plant development. Photochem. Photobiol. 25: 551- 557.

6- Pratt, L.H. (1982): Phytochrome : the protein mmoiety. Ann. Rev. Plant Physiol. 33:557-582.

obeikan.com

ثانيا: منظمات النمو

(الهرمونات الطبيعية فى النبات)

Plant Growth Bioregulators

obeikan.com

obeikan.com

مقدمة :

لقد وجد أن معظم العمليات الفسيولوجية النشطة وكذا مراحل النمو المختلفة فى النبات تتحكم فيها تفاعل مواد كيميائية طبيعية منها النشط وكذا المثبط وتسمى هذه المواد الكيميائية بالهرمونات ولكى تميزها من الهرمونات الحيوانية سميت بالهرمونات النباتية ولقد عرفت بأنها مواد كيميائية طبيعية تخلقها النباتات للتحكم فى نموها وكذا العمليات الفسيولوجية المؤدية له ويتم هذا فى مناطق التخليق وأيضا فى المناطق التى تنتقل اليها وهذه المواد تكون مؤثرة حتى فى التركيزات الضعيفة منها ٠

ولقد أطلق على الهرمونات النباتية أسماء عديدة تبعا للعلماء فمنهم من أطلق عليها لمنظمات النمو أو منشطات النمو او منظمات النمو الحيوية ..... الخ ٠

ولقد كانت الأوكسينات هى أول الهرمونات اكتشافا ثم اكتشفت الهرمونات النباتية الأخرى ٠

قسم العلماء الهرمونات النباتية أو منظمات النمو الى مجموعتين رئيسيتين الاولى يطلق عليها منشطات النمو والأخرى يطلق عليها مثبطات النمو٠ وتتضمن المنشطات ثلاث مجموعات رئيسية:

١- الأوكسينات ٢- الجيريللينات

٣- السيتوكينينات، أما المثبطات تتضمن حمض الأبسيسك والأيثيلين..... الخ٠

- منشطات النمو Growth Stimulators :

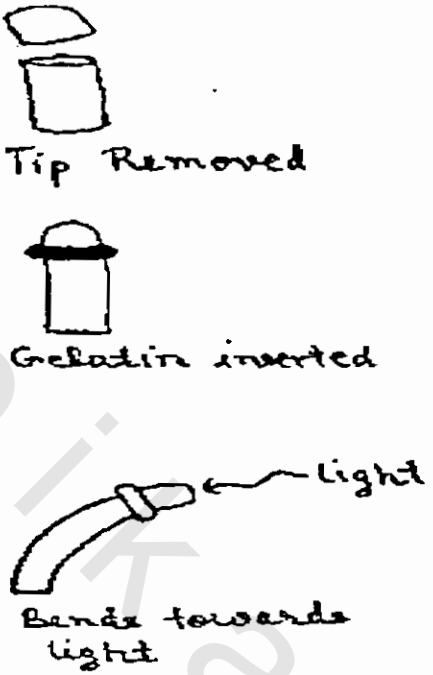
ولا - الأوكسينات Auxins

- إكتشاف الاوكسينات :

لقد تم إكتشاف الأوكسينات فى النصف الأخير من القرن التاسع عشر عند دراسة Charles-Darwin كظاهرة الانحناء فى النباتات · فعندما عرض الأغلفة الورقية للنجيليات الى مصدر ضوئى وجد أنها تنتحى تجاه الضوء وعندما غطى القمة النامية لهذه الأغلفة بورق معدنى أو قطع هذه القمة وعرضها لمصدر ضوئى وجد أنها لاتنتحى بدورها تجاه الضوء · ولقد اتضح من تجربته أنه يوجد منشط ما فى القمة ينتقل من أعلى الى أسفل ويؤدى الى انحناء هذه الأغلفة الورقية ·

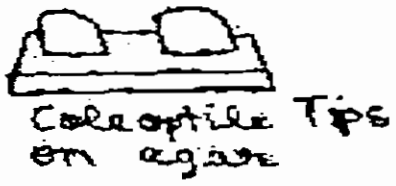
فى سنة ١٩١٩ قام Boysen Jensen بقطع قمة الأغلفة الورقية وحصر قطعة من الجيلاتين بين القمة المقطوعة والغلاف الورقى فوجد أن الأغلفة الورقية تنتحى بدورها تجاه الضوء · الا أنه لم يذكر تفسير واضح لهذه العملية إلا أنه أضاف الى هذا المنشط المكتشف بـــ Charles هو الذى يتحكم فى النمو ·

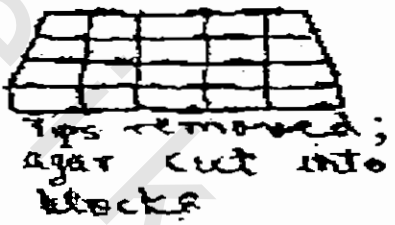
فى عام ١٩١٩ وضع Paal تفسير لهذه العملية السابقة بأنه وجد أن القمة تفرز مادة ماتنشط النمو فى الجزء السفلى منها · ولذا وجد أنه اذا عرض قمة الأغلفة الورقية الى مصادر ضوئية واحدة من جميع الاتجاهات فإن نموها يصبح منتظما على عكس مااذا تعرضت الأغلفة الورقية الى مصدر ضوئى من جانب واحد فإن نموها يصبح غير منتظما وهذا يرجع الى التوزيع الغير منتظم لهذه المادة · ولقد وجد أن تركيز هذه المادة فى الجانب المظلم أعلى من الجانب المضئ وهذا السبب فى زيادة نمو هذا الجانب وبالتالى الى انتحاء الأغلفة الورقية ·

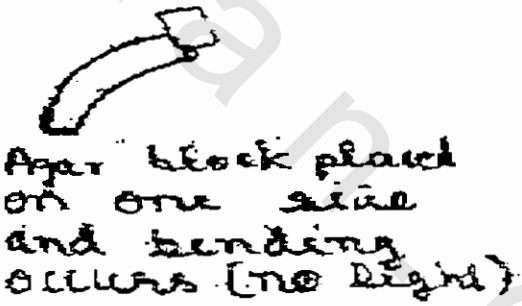


فى عام ١٩٢٦ وعام ١٩٢٨ تمكن Went من عزل هذه المادة من الأغلفة الورقية لنبات الزمير · ثم قام بقطع عدد من القمم النامية لنبات الزمير ووضعها على طبقة من الآجار وتركها فترة من الزمن ثم قام بقطعها الى مكعبات ثم وضع كل مكعب على الجزئ من الأغلفة فوجد أنها تستجيب ناحية الضوء وتنتحى حتى فى الظلام · ثم وضع هذا العالم هذه الطريقة السابقة لتعيين هذا المنشط ثم سمى هذه الطريقة الحيوية لتعيين الاوكسينات بطريقة انحناء الأغلفة الورقية للزمير· ثم أضاف أيضا أن انحناء الأغلفة الورقية يتناسب تناسبا طرديا وذلك خلال حدود أخطاء احصائية مع عدد الأغلفة الورقية المستخدمة وكذا مع الوقت التى تستغرقه هذه القمم المقطوعة على مكعبات الآجار ووجد أيضا أن الانحناء يتناسب تناسبا طرديا مع تركيز الاوكسينات الموجودة فى مكعبات الآجار·

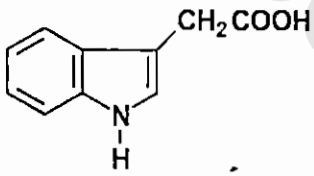
فى عام ١٩٣٥ تمكن Thiman من عزل مواد مختلفة سميت Heteroauxin واتضح أنها تشبه الى حد كبير التركيب الكيميائى لاندول حمض الخليك Indole acetic acid.







Indole-3-acetic acid



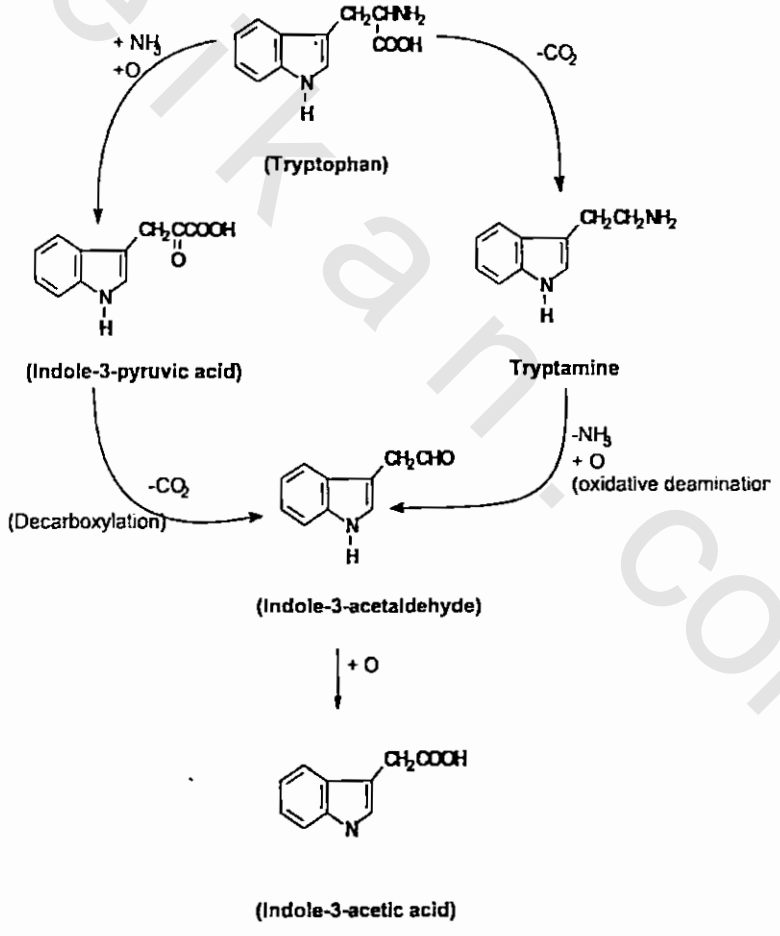
- Auxin metabolism:

تشمل عمليات أيض الأوكسينات مايلى:

أ - تخليق Synthesis ب - هدم Destruction جـ- إرتباط Conjugation

أ- تخليق الأوكسينات :-

يتم فى معظم الأنسجة النباتية عملية تخليق الأوكسينات وفقا للمسارات التالية حيث يعتبر الحامض الأمينى Tryptophan كمصدر أساسى فى عملية التخليق ، حيث أما أن يتحول أولا الى Indolc pyruvic acid ثم الى Indole-3-acetaldehyde أو يتكون أولا Tryptamine وبدورة يتحول الى Indole-3-acetaldehyde الذى أخيرا يتأكسد لينتج IAA .



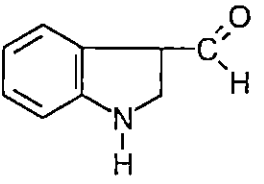
(الشكل١٩) يوضح تخليق اندول حمض الخليك فى الأنسجة النباتية ٠

ب – هدم الاوكسينات :

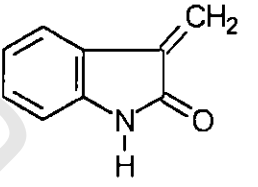
ليست عملية بناء الأوكسين فقط هى التى تتحكم فى كمية الأوكسين فى الانسجة الحية ، لكن وجد أن هناك عمليات تتم فى الخلايا للتحكم فى كمية الأوكسين ومنها :

١– الأكسدة الضوئية Photo-oxidation :

اذا ترك الأوكسين IAA معرضا للضوء فى أى محلول فإنه يتفكك الى مواد غير نشطة ، وجد أن هذه العملية تزداد وتنشط بمساعدة بعض الأصباغ وتم استخلاص هذه الأصباغ من النباتات ومنها riboflavin, violaxanthin وجد أن لها القدرة على امتصاص أطياف الضوء وخاصة الطيف الأزرق ، نواتج الأكسدة الضوئية هما: –



Indole aldehyde



3-methylene-2-oxindole

هذا المركب وجد أنه يثبط النمو، لذلك يعتقد أن هذا هو سبب تثبيط الضوء للنمو فى بعض الأنسجة النباتية.

٢– أكسدة إنزيمية : Enzymic oxidation of IAA

تم استخلاص انزيمين Peroxidase , IAA-oxidase ووجد أنهما يحتاجان الى Mn, H_2O_2, Oxygen لكى يتم فعلها على IAA ، كذلك فإن نشاط IAA-oxidase يزداد بواسطة monophenols يقل فى حدود Ortho-diphenols .

وقد وجد أيضا أنه يتم تحويل IAA فى حدود هذه الانزيمات الى نفس المركبات السابقة ولوحظ أن نشاط هذه الانزيمات يزداد مع زيادة عمر الأنسجة ، حيث لوحظ أن

هناك علاقة عكسية بين تركيز هذه الانزيمات ومعدل النمو فى عديد من الأعضاء النباتية ، بمعنى أنه كلما ازدادت هذه الانزيمات فى نسيج ما أدى الى خفض معدل النمو.

جـ - عمليات أخرى تؤدى الى خفض نشاط الأوكسين: Conjugation

لوحظ أيضا أن هناك بعض المركبات يرتبط بها الأوكسين ولكن يكون فى هذه الحالة غير منشطا للنمو من أمثلة ذلك:

١- مع Ethyl ether $\xleftarrow{IAA}$ Indole ethyl acetate

٢- مع aspartic acid $\xleftarrow{IAA}$ Indole ethyl asp. acid

٣- يرتبط الأوكسين مع عديد من السكريات مكونا المركبات الآتية :

IAA-arabinose, IAA-glucose, IAA-myoinositol

٤- وجد أيضا أن تتكون مركبات من تفاعل الأوكسين مع البروتين.

بعض الوظائف الفسيولوجية للأوكسينات:

١- فى عمليات الانقسام الخلوى تزداد هذه العملية اذا وجد كميات من الأوكسين فى الوسط.

٢- فى عمليات استطالة واتساع الخلايا ، وخاصة وجد هذا التأثير واضحا فى الأغلفة الورقية للنجيليات ، حيث وجد أن معدل الزيادة فى الطول واتساع الخلايا يزداد مع زيادة تركيز IAA.

٣- دور الاكسين فى الانتحاء الضوئى الموجب للأغلفة الورقية Phototropism تفسر هذه العملية - الانتحاء الضوئى الموجب - بأنه عند تعريض هذه الأجزاء النباتية لمصدر ضوئى جانبى فإن ذلك يؤدى الى أكسدة ضوئية

وتكسير للأوكسين IAA وتحويله كما سبق الى نواتج غير نشيطة فى عمليات النمو ، ولكن الجانب الغير معرض للضوء لايزال يحتوى على قدر كبير من IAA النشط فى عمليات النمو ، لذلك يزداد معدل النمو فى هذا الجانب عن الجانب المضاء ، ممايؤدى الى حدوث الانحناء ناحية الضوء.

٤- تؤثر الأوكسينات فى عملية الانتحاء الأرضى الموجب للجذر Geotropism.

٥- تعمل الأوكسينات على زيادة معدل امتصاص الماء Water uptake.

٦- تؤدى الأوكسينات الى زيادة معدل التنفس .

٧- تؤثر الأوكسينات أيضا فى عملية تخليق البروتين ، الأحماض الميوكليوبيدية.

٨- تعمل على توجيه حركة المواد الغذائية ، حيث وجد أن المناطق المحتوية على تركيزات عالية من الأوكسين IAA مها القدرة على تجميع المواد الغذائية فيها.

٩- للأوكسين دور فى ظاهرة السيادة القمية Apical dominance. حيث وجد فى بعض النباتات حدوث نمو للبرعم الطرفى ، تثبيط نمو البراعم الجانبية ، وعند قطع البرعم الطرفى . ظهر النمو للبراعم الجانبية ولكن عند إضافة IAA الى القمة المقطوعة استمرت عملية التثبيط فى نمو البراعم الجانبية . ولكن أمكن التغلب على ذلك باستخدام CK السيتوكينين ، أو الجبريللين فسر ذلك على أن IAA عند انتقاله من البرعم الطرفى لأسفل ، فانه يؤدى الى إعاقة تكوين الأنسجة التوصيلية بين البراعم الجنبية والاسطوانة الوعائية ممايؤدى الى منع وصول المواد الغذائية اليها واللازمة فى النمو .

١٠- دور الأوكسين فى عملية Parthenocarpy : حيث لوحظ فى بعض الأجناس النباتية أنه فى بعض الأزهار يمكن للمبيض أن يعطى ثمرة بدون عملية تلقيح ، لكن هذه الثمار تكون لابذرية ، وجد أن السبب فى ذلك هو

احتواء هذه الأزهار على كميات عالية من IAA ، عند استخدام 2,4-D أو IAA ورشها على الأزهار أدى ذلك بالفعل الى تكوين ثمار لابذرية ، اتضح ذلك فى حالة العنب البناتى والبرتقال.

• **عملية انتقال الاوكسين IAA فى النبات:**

يتم انتقال الاوكسين دائما فى اتجاه قاعدى Polar Basipetol فى الساق ، لكن الى الجذر فإن الانتقال يكون Acropetal "قمى"

خصائص هذه العملية :

١- ينتقل IAA دائما من المناطق المحتوية على تركيز عال الى الأقل تركيزا.

٢- تعتمد هذه العملية على الطاقة الناتجة من عمليات الهدم .

٣- أن هذه العملية ليست عملية انتشار بسيطة.

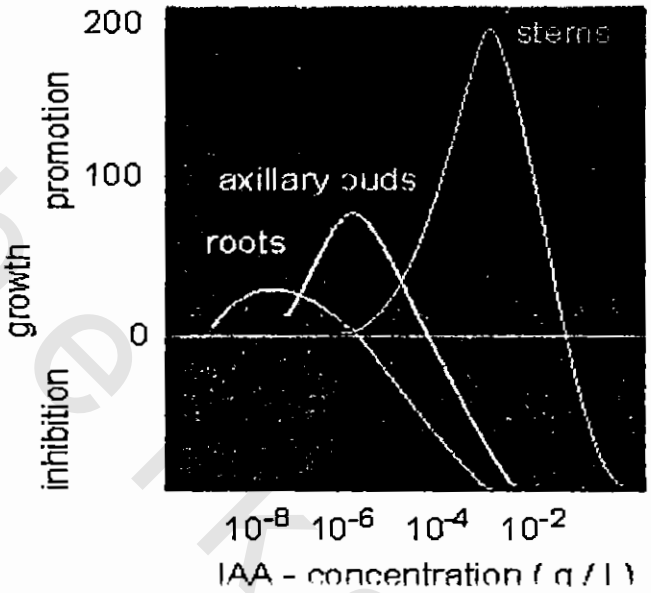
٤- تعتمد هذه العملية كذلك على تركيز الأكسجين فى الأنسجة ، حيث لوحظ أنها تزداد بزيادة نسبته ، تقل أو تكاد تختفى بقلة تركيز الاوكسجين.

٥- تقل هذه العملية بزيادة عمر النبات أو عمر الانسجة النباتية.

أماكن تخليق الاوكسين IAA :

تستطيع القمة النامية للساق أو الثمار، الأوراق الحديثة النشأة، كذلك فى بعض الأجناس النباتية ، القمة النامية للجذر تقوم بعملية تخليق الأوكسين.

العلاقة بين تركيز الأوكسين ومعدل نمو الأعضاء النباتية المختلفة ٠



(الشكل٠٢) يوضح العلاقة بين تركيز الأوكسين ومعدل نمو الأعضاء النباتية المختلفة٠

يلاحظ من هذا الشكل أن احتياج الجذر للأوكسين فى عمليات النمو تكون عند أقل التركيزات ، عند زيادة IAA عن هذه القيمة يؤدى الى تثبيط النمو٠

يحتاج البرعم الى تركيزات أعلى من القيمة المطلوبة لنمو الجذر ولكن الساق يحتاج الى كميات عالية جدا من الأوكسين فى النمو ، لكن أيضا إذا زادت كمية IAA تؤدى الى عملية تثبيط النمو٠

مراجع مختارة :

1- Aldesuquy, H. S. (2000) : Effect of indol-3-yl acetic acid or photosynthetic characteristics of wheat flag leaf during grair filling. Photosynthetica. 38 (1):135-141.

2- Aloni, R. (2001) : Foliar and axial aspects of vascula- differentiation : Hypotheses and evidence . J. Plant Growth Regul. 20:22-34 .

3- Chen, J. G., Ullah, H., Young, J. C., Sssman, M. R. and Jones, A. M. (2001) : ABP1 is required for organized cell elongation and division in *Arabidopsis* embryogenesis Genes Dev. 15:902-911 .

4- Fasano, J. M.; Swanson, S. J.; Blancaflor, E. B.; Dowd, P. E.; Kao, T. H. and Gilroy, S. (2001) : Changes in root cap pH are required for the gravity response of the *Arabidopsis* root . Plant Cell . 13:907-921 .

5- Friml, J.; Wlšniewska, J.; Benková, E.; Mendgen, K. and Plante, K. (2002) : Lateral relocation of auxin efflux regulator PIN3 mediates tropism in *Arabidopsis* . Nature 415:806-809 .

6- Fujihira, K.; Kurata, T.; Watahiki, M. K.; Karahara, I. and Yamamoto, K. T. (2000) : An agravitropic mutant of Arabidopsis , endodermal-amyloplast less 1, that lacks amyloplasts in hypocotyls endodermal cell layer . Plant Cell Physiol. 41:1193-1199 .

7- Geldner, N.; Friml, J.; Stierhof, Y. D.; Jurgens, G. and Palme, K. (2001) : Auxin transport inhibitors block PIN1 cycling and vesicle trafficking . Nature 413:425-428 .

8- Gray, W. M.; Kepinski, S.; Rouse, D.; Leyser, O. and Estelle, M. (2001) : Auxin regulates the SCFTIR1-depencent degradation of AUX/IAA proteins . Nature 414:271-276 .

9- Kim, Y.-S.; Min, J.-K.; Kim, D. and Jung, J. (2001) : A soluble auxin-binding protein, ABP57. J. Biol. Chem. 276:10730-10736 .

10- Kuhlemeier, C., and Reinhardt, D. (2001) : Auxin and Phyllotaxis . Trends in Plant Science . 6:187-189 .

11- Ljung, K., Bhalerao, R. P. and Sandberg, G. (2001) : Sites and homeostatic control of auxin biosynthesis in Arabidopsis during vegetative growth . Plant J. 29:325-332 .

12- Murphy, A. S.; Peer W. A. and Taiz, L. (2000) : Regulation of auxin transport by aminopeptidases and endogenous flavonoids. Planta 211:315-324 .

13- Steffens, B.; Feckler, C.; Palme, K.; Christian, M.; Bottger, M. and Luthen, H. (2001) : The auxin signal for protoplast swelling is perceived by extracellular ABP1 . Plant J. 27:1-10 .

14- Yoder, T. L.; Zheng, H.-Q.; Todd, P. and Staehelin, L. A. (2001) : Amyloplast sedimentation dynamics in maize collumella cells support a new model for the gravity-sensing apparatus of roots . Plant Physiol. 125:1045-1060 .

15- Zenser, N.; Ellsmore, A.; Leasure, C. and Callis, J. (2001) : Auxin modulates the degradation rate of Aux/IAA proteins . Proc. Natl. Acad. Sci. USA 98:11795-11800 .

16- Zheng, H. Q. and Staehelin, L. A. (2001) : Nodal endoplasmic reticulum, a specialized form of endoplasmic reticulum found in grvity-sensing root tip columella cells . Plant Physiol.125:252-265 .

ثانيا : الجبريللينات

Gibberellins

obeikan.com

obeikan.com

لاحظ العالم الياباني Kurosawa في سنة ١٩٢٦ أن نباتات الأرز المصابة بفطر *Gibberella Fujikuroi* تتميز في نمو الساق طوليا عن النباتات الغير مصابه بدرجة ملحوظة إستنتج هذا العالم أنه لابد وأن هناك مادة منشطة للنمو يفرزها هذا الفطر ، حيث وجد أن المستخلص الفطرى كان قادراً على احداث نفس درجة تنشيط النمو فى الساق فى نباتات غير مصابة. عرفت هذه المادة المنشطة بعد عزلها بالجبريللين.

وبدراسة النشاط البيولوجى لهذه المادة الجديدة وجد أنها تؤثر فى كثير من عمليات النمو بالاضافة الى أثرها فى نمو الساق طولياً. ظلت نتائج هذه البحوث محجوبة عن أوروبا الغربية حتى بعد الحرب العالمية الثانية . تم التوصل بعد ذلك فى عام ١٩٥٧م الى وجود هذه الهرمونات فى النباتات الراقية بواسطة Phinney *et al.* بذلك أصبح واضحا أن هناك مجموعة ثانية من هرمونات النمو التى من الممكن أن يكون لها دوراً هاما فى عمليات النمو والتطور.

هناك طريقتان لتمييز أى مركب حيوى ، أولا : التركيب الكيميائى ، ثانيا: الوظيفة الفسيولوجية . أوضح Cross *et al.* فى سنة ١٩٦١ أن جميع الجبريللينات تتميز بهيكل عام يعرف Gibbane ring ، لابد أن تنتج هذه المركبات تأثيرات فسيولوجية مثل حمض الجبريلليك Gibberellic acid (GA_3) بمعنى أن لها فحص حيوى (bio-assay) مخصص لها. وهناك طريقتان للفحص الحيوى للجبريللينات:

(١) إستطالة السيقان المتقزمة .

(٢) تنشيط α-amylase فى اندوسبرم الشعير.

ولقد استخدم العديد من النباتات المختلفة فى الفحص الحيوى لدراسة تأثير GA_3 على استطالة الساق ، لكن الشائع فسيولوجيا استخدام الذرة القزمية ، البسلة القزمية .

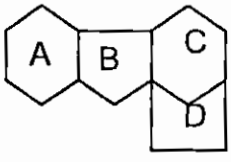
ويشمل هذا الفحص الحيوى(١) عدة خطوات منها (Hayashi & Rappaport سنة ١٩٦٦):

أ – تجهز بذور البسلة أو الذرة القزمية ثم تنقع لمدة ٦–٨ ساعات فى الماء ، بعد ذلك تنبت فى الظلام ·

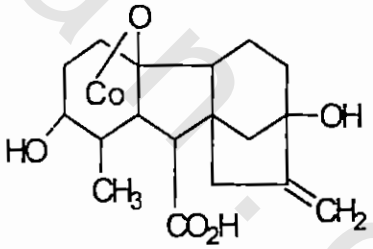
ب – بعد ٤ أيام تعرض البادرات لضوء أحمر ·

جـ – فى اليوم الخامس تضاف المادة الهرمونية المذابة فى ٥ ر٠% كحول ايثيلى (10 ml) الى قمة كل نبات :

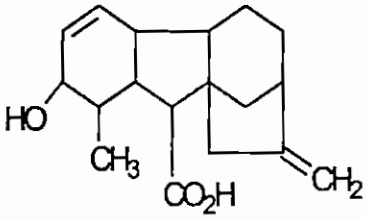
د – بعد ٥ أيام أخرى يقاس طول السويقة الفوق فلقية ثم تقارن أطوال النباتات المعاملة بالنباتات المستخدمة Control والمستعمل فيها كحول فقط · كلما إزدادت درجة التأثير على نمو الساق دل ذلك على أن هذه المادة لها نشاط مثل الجبريللين ·



Gibbane skeleton



GA_1



GA_3

وتتميز الجبريللينات بوجود Gibbane skeleton فى معظمها ويتصل فيها حلقة لاكتون Lactone ring بالحلقة A ، مجموعة كربوكسيل Carboxyl group بالحلقة B ولكن الاختلاف فيما بين هذه المركبات فقط فى وجود أو غياب مجموعة هيدروكسيل ورابطة ثنائية فى الحلقة A أو مجموعة هيدروكسيل فى موضع اتصال الحلقتين C, D .

- وجد أن بعض هذه المركبات لها خصائص حامضية ، بعضها الآخر متعادل حيث تكون فى هذه الحالة مركبات استر ·

ومعظم هذه المركبات تكون فعالة فى واحد أو أكثر من الفحوصات الحيوية bio-assays ولكن هناك اختلاف فى أنشطتها الفسيولوجية ·

توزيع وتخليق الجبريللينات فى النباتات :

- أثبتت البحوث العلمية فى هذا المجال أن هذه المركبات الهرمونية توجد فى أغلب النباتات الزهرية واللازهرية حيث تم تعيين هذه المركبات بالاضافة الى النباتات الراقية · فلقد وجدت فى السراخس ، الحزازيات ، الطحالب ، فى بعض أنواع الفطريات والبكتريا · ويوجد فى النبات الواحد العديد من هذه المركبات بعكس الأوكسينات والسيتوكينيتات التى يوجد منها مركب واحد فقط يسود فى كل النباتات ·
- وتوجد هذه المركبات على أكثر من حالة فى داخل النبات كمثال لذلك هناك ثلاث صور:

١- مركبات حرة

٢- أسترات

٣- مركبات مرتبطة بالبروتين ويتم تحرير الجبريللين منها بفعل الانزيمات المحللة للبروتين ·

- تتوزع هذه المركبات فى النبات فى جميع الأعضاء ، لكن أغنى هذه الأعضاء هى البذور وكذلك فإن الأوراق الحديثة النشأة تكون أغنى من الأوراق الناضجة والسيقان الناضجة ·

كما أثبتت التجارب أيضا وجود هذه المركبات فى جذور النباتات الراقية ممايدل على أنها تصنع كذلك فى الجذر وتنتقل خلال الأوعية الخشبية الى المجموع الخضرى· وقد إتضح أن هذه المركبات تتركز بصفة أساسية فى المناطق النامية فى النبات وهذا يؤيد دورها فى تنظيم عمليات النمو والتطور فى النبات ·

- تم التوصل الى أن أهم مراكز تخليق هذه المركبات هى قمم الساق والجذر ، كذلك فى الأوراق الحديثة التكوين وفى أجنة واندوسبرم البذور النامية ·

- وجد أن هذه المركبات تنتقل فى النبات فى الخشب واللحاء ، فعند اضافتها الى الفلقتين لنبات الفول وجد أنتقلها الى الجذر وكذلك الساق وهذا مما يؤكد اختلاف انتقالها عن الأوكسينات والتى تنتقل من القمة الى القاعدة أى Basipetally ، بالتالى فإن حركة هذه المركبات حول النبات تتشابه تماماً مع بعض النواتج الأيضية العضوية مثل الكربوايدراتية والأحماض الأمينية ·

تأثيرات الجبرللين الفسيولوجية :

١- كسر سكون البذرة الفسيولوجي دون الحاجة للتعرض لتعوضه الاحتياجات الضوئية مما يزيد من نسبة الإنبات وانتظامه واختصار مدته ·

٢- تخفيض مدة الارتباع أو تعويضها تماما ·

٣- تنشيط نمو البراعم الساكنة ويستفيد من ذلك فى كسر سكون براعم درنات البطاطس حديثة النضج ·

٤- تنشيط انقسام واستطالة الخلايا مما يزيد من النمو الخضري خاصا النمو الطولي ولكن لمدة قصيرة يعقبها بطيء النمو ويستفاد منه فى الحصول على قفزة سريعة فى نمو حاصلات الخضر الورقية والعلف ونباتات الزينة المرباة فى أصص ·

٥- تزهر نباتات النهار الطويل المعاملة به تحت ظروف النهار القصير أي انه عوض تأثير النهار الطويل فقط ·

٦- تسرع المعاملة به من تقصير فترة الطفولة كما فى الخرشوف والموز ·

٧- يساعد على تكوين ثمار بكرية كما فى الخوخ والمشمش والكمثرى والتفاح ·

٨- يضاعف من حجم حبات العنب ويزيد طول حامل الحبات ·

٩- يؤخر من اكتمال نمو ونضج الثمار وحدوث الشيخوخة مما يسمح بفترة تسويق طويلة فى المشمش والبرقوق والموز·

obeikan.com

مراجع مختارة :

1- Aldesuquy, H. S. (1995): Hormones induced modifications in the responses of wheat flag leaf to Nacl . Biol. Plant., 37(4): 605-611.

2- Aldesuquy, H. S. (1998): Effect of seawater salinity and gibberellic acid on abscisic acid, amino acids and water – use efficiency by wheat plants. Agrochimica. 42: 147-157.

3- Aldesuquy, H. S. (1998): Effect of gibberellic acid, indole-3-acetic acid, abscisic acid and seawater on growth characteristics and chemical composition of wheat seedlings. Egypt J. Physiol. Sci., 22 (3): 451-466.

4- Aldesuquy, H. S . and Baka, Z. A. M. (1998): Interactive effect of seawater and plant hormones on the pigment content and chloroplast ultrastructure of wheat flag leaf . 6th Conference of Egyptian Botanical Society, 24-26 Nov. 98. Vol. I: 51-64.

5- Carrera, E.; Bou, J.; Garcia-Martinez, J. L. and Part, S. (2000) : Changes in GA 20-oxidase gene expression strongly affect stem length, tuber induction and tuber yield of potato plants . Plant J. 22:247-256 .

6- Dill, A., and Sun, T. P. (2001) : Synergistic derepression of gibberellin signaling by removing RGA and GA_1 function in *Arabidopsis thaliana* . Genetics 159:778-785 .

7- Dill, A.; Hung, H. S. and Sun, T. P. (2001) : The DELIA motif is essential for gibberellin-induced degradation of RGA . Proc. Natl. Acad. Sci. USA 98:14162-14167.

8- Elliott, R. C.; Ross, J. J.; Smith, J. J. and Lester, D. R. (2001) : Feed-forward regulation of gibberellin deactivation in pea . J. Plant Growth Regul. 20:87-94.

9- Fabian, T.; Lorbiecke, R.; Umeda, M. and Sauter, M. (2000) : The cell cycle genes cycA1;1 and cdc2Os-3 are coordinately regulated by gibberellin in plant . Planta 211:376-383.

10- Hedden, P., and Phillips, A. L. (2000) : Gibberellin metabolism: New insights revealed by the genes . Trends Plant Sci. 5:523-530.

obeikan.com

obeikan.com

ثالثا : السيتوكينينات

Cytokinins

obeikan.com

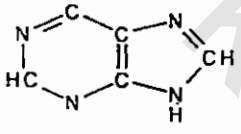
obeikan.com

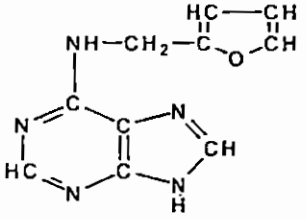
السيتوكينينات

- هذه المجموعة من الهرمونات هى مشتقات من الأدنين Adenine منها مركبات تخليقية مثل 6-benzylaminopurine, kinetin لكن المعروف أن Zeatin هو سيتوكينين يوجد فى حبوب الذرة ·

- هذه المركبات قليلة الانتقال - بطيئة فى النباتات اذا ماقورنت بالجبريللين ، الأوكسين وهناك أيضا بعض السيتوكيننات الطبيعية Zeatin وتصنع هذه المركبات الطبيعية فى جذور النباتات بصفة أساسية ·

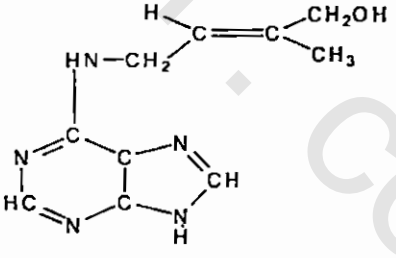
Adenine
(6-Amino purine)





Kinetin
(6-furfurylamino purine)

Zeatin



(N 6-(Trans-6-hydroxymethyl- γ-methylalkyl)adinine)

obeikan.com

* الوظائف الفسيولوجية للسيتوكينينات :

١. Cell division الانقسام الخلوى : أساسية جدا فى عمليات الانقسام الخلوى.

٢. Cell enlargment إتساع الخلايا : وجد أنها تسبب زيادة فى اتساع الخلايا أثناء نمو الأوراق النباتية .

٣. هذه المركبات مهمة فى Morphogenesis عملية التخليق الشكلى حيث تؤثر فى تكوين الساق Shoot formation ولابد أن هذه العملية تعتمد على نسبة الأوكسين الموجودة .

٤. تجميع المواد الغذائية الذائبة Accumulation of solutes وجد أن المناطق الموجود بها هذه المركبات لها القدرة على تجميع وتراكم المواد الذائبة فيها بنسبة أكبر من المناطق الخالية منها .

٥. منع الشيخوخة Prevention of senescence :

وجد أن هذه المركبات عند اضافتها الى الأوراق المقطوعة فانها تؤدى الى بطئ حدوث ظاهرة الشيخوخة وذلك لأنها :

أولا: تقلل تكوين أنزيمات Hydrolases ، منها nucleases ، المحللة للبروتين Proteaes .

ثانيا: لأنها تمنع حركة المواد الغذائية من هذه المناطق المعاملة بها .

٦. تكوين الانزيمات Enzyme formation :

تساعد هذه المركبات على تخليق بعض الانزيمات الهامة فى عملية البناء الضوئى .

٧- تدخل هذه المركبات فى RNA وخاصة tRNA ، لذلك يعتقد الكثير من العلماء أن هذه المركبات ضرورية نتيجة تكوينها لجزئ tRNA .

٨- السيتوكينين ، الكمون Dormancy لهذه المركبات القدرة على التغلب على ظاهرة الكمون فى البراعم والبذور .

obeikan.com

مراجع مختارة :

1- Ainley, W. and Key, J.. (1993) : Regulatable endogenous production of cytokinins up to 'toxic' levels in transgenic plants and plant tissues. Plant Mol. Biol. 22:13–23.

2- Aldesuquy, H. S. and Ibrahim, A. H. (2001): Water relation, abscisic acid and yield of wheat plants in relation to the interactive effect of seawater and growth bioregulators. Agronomy & Crop Science, 187: 185-193.

3- Aldesuquy, H.S.; Haroun, S.A.: Abo-Hamed, S.A. and El-Said (2004): Ameliorating effect of kinetin on pigments, Photosynthetic characteristic, carbohydrate contents and productivity of cadmium treated *Sorghum bicolor* plants. Phyton, 43: 351-36.

4– Åstot, C.; Dolezal, K.; Nordström, A.; Wang, Q.; Kunkel, T.; Moritz, T.; Chua, N. H. and Sandberg, G.(2000) : An alternative cytokinin biosynthesis pathway. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 97:14778–14783.

5- Bilyeu, K.D.; Cole, J.L.; Laskey, J.G.; Riekhof, W.R.; Esparza, T.J.; Kramer, M.D. and Morris, R.O.(2001): Molecular and Biochemical Characterization of a Cytokinin Oxidase from Maize. Plant Physiol. 125 Plant Physiol.

6- Chaudhury, A.M.; Letham, S.; Craig, S. and Dennis, E.(1993): amp1-a mutant with high cytokinin levels and altered embryonic pattern, faster vegetative growth, constitutive photomorphogenesis and precocious flowering. Plant J. 4:907–916.

7- Cubas, P.; Lauter, N.; Doebley, J. and Coen E. (1999): The TCP domain: a motif found in proteins regulating plant growth and development. Plant J. 18:215–222.

8- Frank, M.; Rupp, H.M.; Prinsen, E.; Motyka V.; Van Onckelen, H. and Schmülling, T. (2000): Hormone autotrophic growth and differentiation identifies mutant lines of Arabidopsis with altered cytokinin and auxin content or signaling. Plant Physiol. 122:721–729.

9- Gamble, R.L.; Coonfield, M.L. and Schaller, G.E. (1998): Histidine kinase activity of the ETR1 ethylene receptor from Arabidopsis. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 95:7825–7829.

10- Hwang, I. and Sheen, J. (2001): Two-component circuitry in Arabidopsis signal transduction. Nature. 413:383–389.

11- Imamura, A.; Hanaki, N.; Nakamura, A.; Suzuki, T.; Taniguchi, M.; Kiba, T.; Ueguchi, C.; Sugiyama, T. and Mizuno,T. (1999): Compilation and characterization of Arabidopsis thaliana response regulators implicated in His-Asp phosphorelay signal transduction. Plant cell Physiol. 40:733–742.

12- Inoue,T.; Higuchi, M.; Hashimoto, Y.; Seki, M.; Kobayashi, M.; Kato, T.; Tabata, S.; Shinozaki, K. and Kakimoto, T. (2001): Identification of CRE1 as a cytokinin receptor from Arabidopsis. Nature. 409:1060–1063.

13- Kakimoto, T. (2001): Identification of plant cytokinin biosynthetic enzymes as dimethylallyl diphosphate:ATP/ADP isopentenyltransferases. Plant Cell Physiol. 42:677–685

14- Lohrmann, J.; Buchholz, G.; Keitel, C.; Sweere, C.; Kircher, S.; Bäurle, I.; Kudla, J. and Harter K. (1999): Differentially-expressed and nuclear-localized response regulator-like proteins from *Arabidopsis thaliana* with transcription factor properties J. Plant Biology. 1:495–506.

15- Mähönen, A.P.; Bonke, M.; Kauppinen, L.; Riikonon, M., Benfey, P. and Helariutta, Y. (2000): A novel two-componen: hybrid molecule regulates vascular morphogenesis of the *Arabidopsis* root. Genes and Dev. 14:2938–2943.

16- Martin, R.C.; Mok, M.C; Habben, J.E. and Mok, D.W.S. (2001): A maize cytokinin gene encoding an O-glucosyltransferase specific to cis-zeatin. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 98:5922–5926.

17- Medford, J.; Horgan, R.; El-Sawi Z. and Klee H. (1989): Alterations of endogenous cytokinins in transgenic plants using a chimeric isopentyl transferase gene. Plant Cell. 1:403–413.

18- Posas, F. and Saito, H. (1998): Activation of the yeast SSK2 MAP kinase kinase kinase by the SSK1 two-component response regulator. EMBO J. 17:1385–1394.

19- Reichmann, J.L.; Martin, G.; Reuber, L.; Jiang, C.-Z.; Keddie, J.; Adam, L.; Pineda O.; Ratcliffe, O.J.; Samaha, R.R.; Creelman R.; Pilgrim, M.; Broun, P.; Zhang, J.Z.; Ghandehari, D.; Sherman, B.K. and Yu G.-L. (2001): Arabidopsis transcription factors: genome-wide comparative analysis among eukaryotes. Science. 290:2105–2110.

20- Riou-Khamlichi, C.; Huntley, R.; Jacqmard, A. and Murray J.A. (1999): Cytokinin activation of *Arabidopsis* cell division through a D-type cyclin. Science. 283:1541–1544.

21- Sakai, H.; Aoyama, T. and Oka, A. (2000): Arabidopsis ARR1 and ARR2 response regulators operate as transcriptional activators. Plant J. 24:703–711.

22- Suzuki, T.; Sakurai, K.; Ueguchi, C. and Mizuno,T. (2001c) : Two types of putative nuclear factors that physically interact with histidine-containing phosphotransfer (Hpt) domains, signaling mediators in His-to-Asp phosphorelay, in *Arabidopsis thaliana*. Plant Cell Physiol. 42:37–45.

23- Suzuki, T.; Zakurai, K.; Imamura, A.; Nakamura, A.; Ueguchi, C. and Mizuno, T. (2000): Compilation and characterization of histidine-containing phosphotransmitters implicated in His-to-Asp phosphorelay in plants: AHP signal transducers of

Arabidopsis thaliana. Biosci. Biotechnol. Biochem. 64:2482–2485.

24- Taya, Y.; Tanaka, Y. and Nishimura S. (1978): 5′-AMP is a direct precursor of cytokinin in *Dictyostelium discoidum*. Nature. 271:545–547.

25- Ueguchi, C.; Sato, S.; Kato, T. and Tabata, S. (2001): The AHK4 gene involved in the cytokinin-signaling pathway as a direct receptor molecule in *Arabidopsis thaliana*. Plant Cell Physiol. 42:751–755.

26- Urao, T.; Miyata, S.; Yamaguchi-Shinozaki, K. and Shinozaki, K. (2000): Possible His to Asp phosphorelay signaling in an *Arabidopsis* two-component system. FEBS Lett. 478:227–232.

27- Welch, M.; Osawa, K. and Aizawa, S. I. (1993): Eisenbach M. Phosphorylation-dependent binding of a signal molecule to the flagellar switch of bacteria. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 90:8787–8791.

28- Werner, T.; Motyka, V.; Strnad, M. and Schmülling, T. (2001): Regulation of plant growth by cytokinin. Proc. Natl. Acad. Sci USA. 98:10487–10492.

29- West, A.H. and Stock, A.M. (2001): Histidine kinases and response regulatorproteins in two-component signaling systems Trends Biochem. Sci. 26:369–376.

obeikan.com

ب ـ مثبطات النمو

Growth Inhibitors

obeikan.com

ب ـ مثبطات النمو Growth Inhibitors

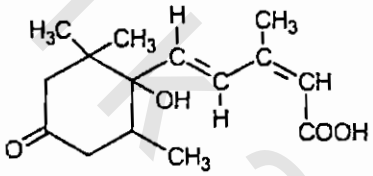
أولا : حمض الأبسيسك Abscisic Acid

ويتكون هذا الهرمون فى النباتات الراقية بطريقتين :

١- من تكسير بعض الأصباغ مثل Carotene

٢- من حمض Mevalonic acid

يزداد تكوين هذا الهرمون فى الأوراق عند حدوث Water stress حيث تزداد كميته بدرجة عالية جداً .



ABA

الوظائف الفسيولوجية :

١- انغلاق الثغور Stomatal closure :

وجد أن هذا الهرمون له القدرة عند التركيزات العالية يؤدى الى تغير فى الحالة المائية فى الخلايا الحارسة حيث يعمل على خروج البوتاسيوم خارج الخلايا الحارسة K^+ Efflux - والذى له دور أساسى فى المحافظة على امتلاء هذه الخلايا عند زيادة كميتة فيها ، وبالتالى عندما يتناقص البوتاسيوم بسبب هذا الهرمون فإنها تفقد درجة امتلائها ، مما يؤدى الى انغلاق الفتحات الثغرية ، بالتالى تقل عملية النتح، ويؤثر ذلك أيضا على عملية البناء الضوئى.

٢- تثبيط عمل GA_3 :

وجد أن هذا الهرمون يعمل على تثبيط عمل GA_3 حيث يعمل على عدم تنشيط تكوين α-amylase الذى يقوم بها GA_3 .

٣- ABA وعملية الكمون :

.وجد أن عملية الكمون فى البراعم والبذور تزداد مدتها بزيادة وجود هذا لهرمون ويرجع ذلك كما يرى البعض الى اعاقة تكوين RNA فى وجود هذا لهرمون ·

١- يساعد هذا الهرمون على تساقط الأوراق ، الأزهار ·

٢- إعاقة النمو فى الأوراق أثناء النمو ·

obeikan.com

مراجع مختارة :

1- Boxall, S.F., Martin, T.R. and Graham IA. (1997): Arabidopsis thaliana mutants that are carbohydrate insensitive. Plant Physiol. 114: S-247

2- Cooper, T.G and Beevers, H .(1969): Mitochondria and glyoxysomes from castor bean endosperm. J Biol Chem . 244: 3507-3513 .

3- Dewald D.B; Sadka, A. and Mullet J.E. (1994): Sucrose modulation of soybean Vsp gene expression is inhibited by auxin. Plant Physiol . 104: 439-444 .

4- Finkelstein, R.; Tenbarge K, Shumway J, Crouch M. (1985): Role of abscisic acid in maturation of rapeseed embryos. Plant Physiol . 78: 630-636 .

5- Garciarrubio. A.; Legaria JP, Covarrubias AA.(1997): Abscisic acid inhibits germination of mature Arabidopsis seeds by limiting the availability of energy and nutrients. Planta . 203: 182 -187.

6- Halford, N.G.; Purcell,P.C. and Hardie, D.G.(1999):Is hexokinase really a sugar sensor in plants? Trends Plant Sci. 4: 117-120 .

7- Jang, J.; Sheen, J. (1997) :Sugar sensing in higher plants. Trends Plant Sci. 2: 208 -214 .

8- Kraepiel, Y. and Rousselin, P. S. (1994): Analysis of phytochrome- and ABA-deficient mutants suggests that ABA

degradation is controlled by light in *Nicotiana plumbaginifolia* . Plant J. 6: 665-672

9- Moore, B.D. and Sheen,J. (1999):Plant sugar sensing and signaling: a complex reality. Trends Plant Sci. 4: 250 .

10- Pego, J.V.; Weisbeek, P.J. and Smeekens, S.C.M . (1999): Mannose inhibits *Arabidopsis* germination via a hexokinase-mediated step. Plant Physiol . 119: 1017 -1023 .

11- Roitsch, T.; Bittner, M. and Godt, D.E. (1995): Induction of apoplastic invertase of Chenopodium rubrum by D-glucose and a glucose analog and tissue-specific expression suggest a role in sink-source regulation. Plant Physiol. 108: 285 -294 .

12- Smeekens, S. and Rook, F. (1997): Sugar sensing and sugar-mediated signal transduction in plants. Plant Physiol. 115: 7-13.

13- Tang, G-Q.; Luscher, M. and Sturm, A. (1999): Antisense repression of vacuolar and cell wall invertase in transgenic carrot alters early plant development and sucrose partitioning. Plant Cell. 11: 177-189 .

14- Werner, J. and Finkelstein, R. (1995): Arabidopsis mutants with reduced response to NaCl and osmotic stress. Physiol Plant. 93: 659-666 .

15- Yang, Y-Y.; Nagatani, A., Zhao, Y-J., Kang, B-J., Kendrick, R.E. and Kamiya, Y. (1995): Effects of gibberellins on seed germination of phytochrome-deficient mutants of Arabidopsis thaliana .Plant Cell Physiol. 36: 1205-1211

16- Zhou, L.; Jang, J. and Sheen J. (1996): Glucose insensitive (gin mutants) define downstream pathways for sugar signaling in Arabidopsis development. Seventh International Conference on Arabidopsis, June, , Norwich, UK .

17- Zhou, L.; Jang, J-C.; Jones, T.L. and Sheen J . (1998): Glucose and ethylene signal transduction crosstalk revealed by an Arabidopsis glucose-insensitive mutant. Proc Natl Acad Sci USA. 95: 10294-10299.

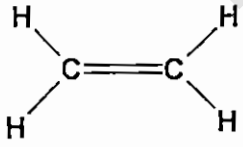
18- Himmelbach, A.; Iten, M. anc Grill, E. (1998): Signaling of Abscisic Acid to Regulate Plant Growth. Philos. Trans R. Soc. Lond. B. Biol.,Sci. 353(1374): 1439-1444.

19- Busk, P.K. and Pages M. (1998): Regulation of Abscisic Acid-Induced Transcription. Plant Molecular Biology. 37(3): 425-435.

20- Sheen, J. (1998): Mutational Analysis of Protein Phosphatase 2C Involved in Abscisic Acid Signal Transduction in Higher Plants. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 95(3): 975-980.

ثـــانيا : الأثيـلـين

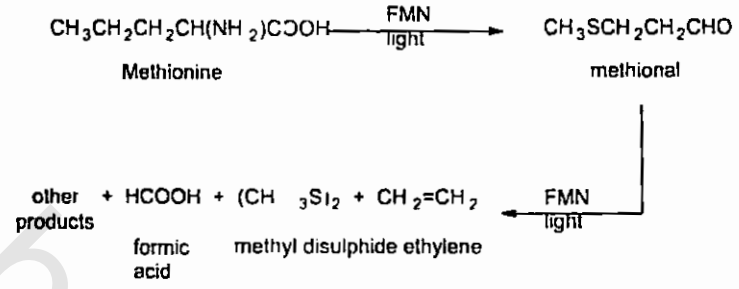
Ethylene



obeikan.com

obeikan.com

تخليق الايثيلين فى النباتات :

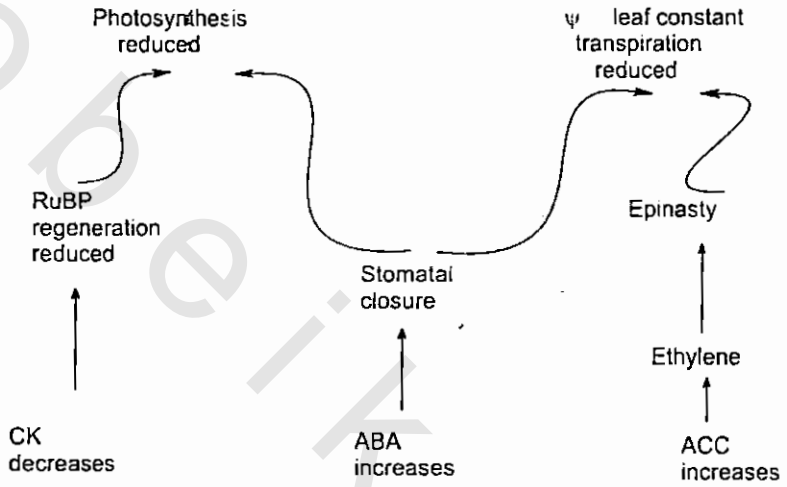


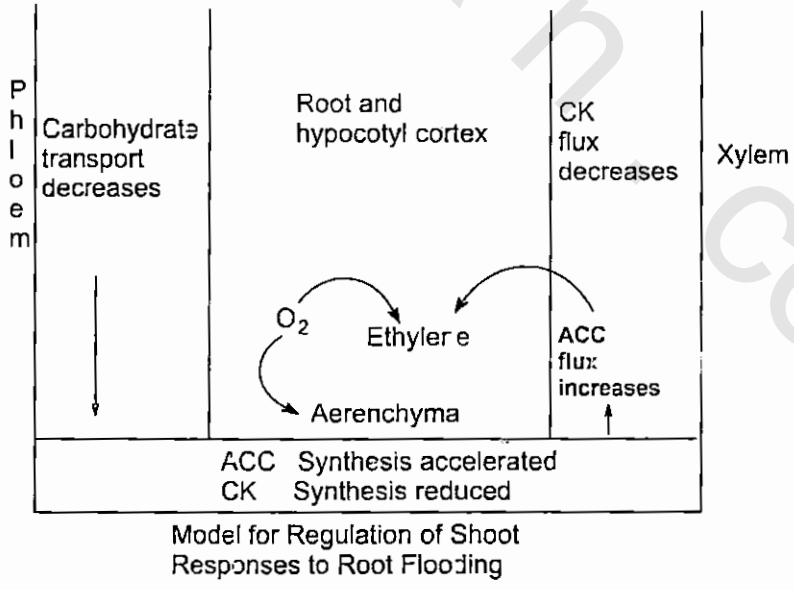
١- العديد من المركبات خاصة الحامض الأمينى الميثيونين يتم تحويله فى الأنسجة النباتية الى الأيثيلين · ويحتاج هذا التفاعل الى الضوء وخاصة Far-red كذلك الى المرافق الانزيمى flavin mononucleotide ولذلك إعتبر الميثيونين هو المنشأ الرئيسى فى تكوين الأيثلين ·

٢- يتكون الأيثيلين فى النباتات تحت ظروف الاجهاد المائى الناتج عن الاغراق بالماء Flooding يؤدى الى وجود الجذر فى ظروف لاهوائية حيث كمية O_2 غير كافية ، لذلك تنشط المرحلة التنفسية اللاهوائية Glycolysis ، يتطلب الجذر كمية عالية من المواد الكربوهيدراتية لهذا الغرض من الساق ولكن الانتقال خلال اللحاء يتناقص نتيجة التنفس اللاهوائى · يتكون فى الجذر مادة هى منشأ الايثلين وتعرف Acc (1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid).

وهى تخلق فى الظروف اللاهوائية فقط فى الجذور المغمورة بالماء وتنقل هذه المادة الى الساق الهوائى حيث تتحول الى الأيثيلين فى وجود الأوكسجين ·

ويؤدى ذلك الى تكوين البرانشيمة الهوائية والتى تتسبب فى زيادة انتشار الأوكسجين الذى ينتقل الى الأجزاء المغمورة · وحينئذ تبدأ هذه الأجزاء فى تخليق الايثيلين من ACC · والدليل على هذه الطريقة أن جذور الطماطم فى أحد التجارب التى كانت فيها هذه الجذور معرضة لظروف لاهوائية وهى مغمورة فى الماء لم تخلق ايثيلين الا بعد أن عرضت فترة للهواء الجوى ·





Model for Regulation of Shoot Responses to Root Flooding

(الشكل ٢١) يوضح استجابة ساق نبات الطماطم عند تعرض جذوره للغمر.

بعض العلاقات الفسيولوجية لغاز الأثيلين :

أوضح Burg عام ١٩٦٢ أن الأثيلين يخلق طبيعيا فى الأنسجة الخضرية والزهرية وكذلك فى الثمار والبذور وهو بذلك منظم للنمو فى جميع مراحل حياة النبات منذ بدء انبات البذور وحتى مرحلة الشيخوخة ، ومن أهم تأثيراته :

١- يؤثر الأثيلين على انبات البذور ونمو البادرات وقد افترض أن الأثيلين يساعد البادرات على تحمل الضغط الواقع عليها من حبيبات التربة اثناء انبات البادرات وذلك بزيادة سمكها وبالتالى زيادة قوتها الميكانيكية والتقليل من ضرر الاحتكاك بحبيبات التربة ·

٢- يؤثر الاثيلين على فترات السكون فى البذور واندرنات والابصال والبراعم فقد وجد ان للأثيلين تأثيرا على نمو براعم درنات البطاطس وتشير أبحاث كثيرة الى أن الأثيلين يزيد من نمو براعم كثيرة من الكرومات و الابصال والجذور والعقل الخشبية·

٣- يشجع بدء تكوين ونمو الجذور والشعيرات الجذرية ولكن يقلل من استطالتها وكذلك استطالة السيقان مع تشجيعه للزيادة فى نموها الجانبى ·

٤- هناك أيضا العديد من الأدلة التى تشير الى أن له دورا منظما فى استجابة السيقان والجذور للجاذبية الأرضية (الانتحاء الارضى) والانتحاء الضوئى للسيقان وعلى السيادة القمية ·

٥- تشير الأبحاث على أن هناك علاقة قوية بين بدء التساقط الصيفى والزيادة فى كمية الأثيلين فى الأنسجة·

٦- اذا نظرنا الى مرحلة الازهار فنجد ان للأثيلين دور هرمونى هام فقد شجع أزهار الأناناس و الكريزانثيم وتكوين ثمار القطن وقد وجد انه يشجع على بدء تكوين البراعم الزهرية فى ابصال الأيرس وزيادة عدد الأزهار المؤنثة فى

القرعيات وهو ما يعرف Sex expression وقد وجد أن الأثيلين يساعد على انبات حبوب اللقاح ونمو أنابيب اللقاح ·

٧- اما عن علاقة الأثيلين بنضج الثمار فقد حددت تلك العلاقة من ملاحظتين أولهما ان النضج الطبيعى للثمار يكون مصحوبا بزيادة كمية الأثيلين المنتجة وثانيهما أن معاملة بعض الثمار بالأثيلين تؤدى الى التبكير فى بدء عملية النضج والأسراع منها وقد أثبتت الأبحاث الحديثة أنه تحت الظروف الطبيعية يتراكم تركيز فسيولوجى داخل الأنسجة كاف لبدء نضج الموز والكنتالوب وكيزان العسل والطماطم والتفاح والأفوكادو والكمثرى وغيرها وفى دراسات عديدة وجد ارتباط قوى بين ارتبط حدوث قمة انتاج الأثيلين وبين وصول معدل التنفس الى القمة وعلى المستوى الخلوى و البيوكميائى فلقد وجد أن الأثيلين يشجع على زيادة حجم الخلايا فى الأتجاة الأفقى ويؤثر على معدل انقسام الخلايا فهو يمنع النمو الطولى ويزيد من سمك الأجزاء النامية للبطاطس وتفسر هذه الأستجابة على أن الأثيلين يعدل من طبيعة وخواص جدر الخلايا واتجاة الألياف السليولوزية و البكتينية فى جدر الخلايا مما يجعلها أكثر مرونة مثل انزيم السليوليز كما فسر تأثير الأثيلين على زيادة معدل التنفس فى الخلية على أساس تنشيطه لتخليق بعض الأنزيمات وحديثا وجد أن لهذا الغاز علاقة مباشرة بجهاز تخليق البروتين حيويا مؤثرا على معدل تخليق البروتين ونوعيته عن طريق تحكمه فى تخليق RNA وأنتاج الأنزيمات·

العلاقة بين الأثيلين وأستجابة الأنسجة النباتية للأوكسينات :

اقترح بعض الباحثين أن استجابة الأنسجة النباتية لبعض الأوكسينات هى فى الواقع استجابة للأثيلين حيث وجد أن كميته المنتجة من الانسجة المعاملة بالأوكسين تزيد زيادة كبيرة وأن الكثير من الأستجابات الفسيولوجية ولحدة اذا عوملت بالأثيلين أو الأوكسين فمثلا وجد أن معاملة نبات القطن بالأوكسين أدت الى زيادة انتاج الأثيلين والى حدوث انحناء فى عنق الأوراق ، كذلك المعاملة بالأوكسين تسبب فى زيادة انتاج

الأثيلين واسقاط أوراق الفاصوليا وفى دراسة آخرى اقترح أيضا ان تأثير الأوكسين المنشط لازهار نبات الأناناس يرجع لزيادة انتاج الأثيلين بعد معاملتها بالأوكسين.

كما فسر العديد من الملاحظات الفسيولوجية على أساس استجابة النبات للأوكسين هى فى الواقع علاقة غير مباشرة عن طريق زيادة انتاج الأثيلين من هذه الأنسجة وهناك أدلة تشير الى صحة هذه النظرية فى بعض الأستجابات مثل نمو الجذور الثانوية و السيادة القمية . هذا ويجب التنوية الى أن اتجاها حديثا يشير الى وجود اختلافات عديدة فى بعض الاستجابات الفسيولوجية والكميائية بين الهرمونين وأنه لا يجب تفسير جميع تأثيرات الأوكسين على انها تتم من خلال زيادة انتاج الأثيلين.

الاثيلين و تطبيقاته :

الى عهد قريب اقتصر استعمال الأثيلين من الناحية التطبيقية كمعاملة ما بعد القطف الثمار Post harvest treatment للتحكم فى انضاج وتلوين الثمار مثل الموز والطماطم والكنتالوب والموالح وغيرها ولم يحاول أحد استخدام الأثيلين كمعاملة قبل القطف او فى الحقل وذلك لصعوبة معاملة الأشجار و النباتات بالغاز الا أن هذه الصعوبة قد ذللت عن طريق ايجاد بعض المواد الكميائية والتى عند رشها على النبات تحلل لكى تعطى غاز الأثيلين داخل أنسجة النبات نفسة واهم هذه المركبات هى الأثيفون Ethephon والذى عرف أيضا باسم الأثيريل Etherl وتركيبه ٢ Choroethyl phosphonic acid والذى من خواصه أنه فى محلول ثابت فى الوسط الحمضى آسه الأ يدروجين ٤ وعند تعرضه الى وسط اقل حموضة (مثل ما هو موجود داخل الخلايا والتى يتراوح pH بها بين ٦.٥ الى ٦.٨ يتحلل الى غاز الأثيلين وأيون الفسفور والكلور.

لذلك أستعمل الأيثريل على الكثير من النباتات البستانية بغرض الأسراع من التزهير وتغيير نسبة الأزهار المؤنثة الى المذكرة و التحكم فى النمو الخضرى لزيادة

التفرع الجانبى وتثبيط النمو الخضرى أو تشجيع تكوين الريزومات ولاغراض مقاومة الحشائش وكسر دور الراحة فى بعض البراعم و الأبصال والكورمات والتحكم فى تساقط الأوراق وخف الأزهار والثمار وتسهيل جمع بعض المحاصيل مثل القطن وثمار الفاكهة والتحكم فى انضاج الثمار وأخيرا زيادة محصول المطاط فى أشجار المطاط ٠

كيفية عمل الهرمونات النباتية :

لمحاولة فهم الطبيعة التنظيمية للهرمونات النباتية، هناك ثلاث اتجاهات بحثية وهى دراسة التركيب الجزيئى للهرمونات بقصد التعرف على المتطلبات والخواص اللازمة لأى جزيء لكى يظهر نشاطا انزيميا ، ثم دراسة خواص جدر الخلايا وتأثرها بالهرمونات وأخيرا دراسة التغيرات البيوكميائية التى تحدث بعد بدء تأثير الهرمون ٠

أولا : التركيب الجزيئى وعلاقته بالنشاط الحيوى للهرمونات النباتية :

أ- الأوكسينات Auxins :

بعد اكتشاف أن الأندول حمض الخليك IAA هو الأوكسين الطبيعى فى النبات اكتشفت عدة مركبات مشابهة من الناحية الكميائية لها نفس التأثير الحيوى مثل اندول ٣- حمض البيروفيك ، اندول ٣- حمض البروبيونيك ، واندول ٣- حمض البيوتريك ثم تم اكتشاف بعض المركبات التى لها نفس تاثير اندول ٣- حمض الخليك الحيوية ولكنها تختلف عنه كميائيا وأهمها مشتقات حمض فينوكسى الخليك مثل D- ٢،٤ و T ٢،٤،٥ ولها جميعا قيمتها الفعالة كمبيدات حشائش اختيارية ٠

وفى أواخر الثلاثينات أمكن وصف المتطلبات الجزيئية المطلوب توافرها فى مركب بعينه لكى يظهر تأثيرا مشابها للأوكسينات وحصرت فى التالى :

ان يكون:

١ - للمركب تركيب حلقى ٠

٢- يوجد بالحلقة على الأقل رابطة زوجية غير مشبعة ٠

٣- يرتبط بالحلقة سلسلة جانبية تنتهى بمجموعة كربوكسيل أو بها مجموعة يسهل تحويلها الى مجموعة كربوكسيل ٠

٤- ضرورة وجود ذرة كربون واحدة على الأقل بين الحلقة ومجموعة الكربوكسيل ٠

٥- يجب ان يكون له ترتيب بنائى محدد بين السلسلة الجانبية والحلقة يسمح له باجراء التفاعل ٠

ولقد ثبت أن هذه المتطلبات لم تتوافر لمركبات آخرى لها نفس تاثير الأوكسينات رغم اختلافها من ناحية التركيب الجزئى مثل بعض مشتقات حمض البنزويك واثيوكربامات مثل ٦-٢ ثنائى كلورو حمض البنزويك والكربوكسى ميثيل ترای كا_بامات ٠ وعليه أفترض أنه لكى يكون لجزيء ما نشاط أوكسينى يجب أن تتوزع الشجرة الألكتروستتيكية عليه توزيعا خاصا والتى تؤهله للتوافق استاتيكيا مع الجزيء المستقبل بالخلية وبهذا يمكن القول أن الدراسة المكثفة الموجهة لربط العلاقة بين التركيب الجزيئى والنشاط الحيوى للأوكسينات لم تصل بنا حتى الأن لفهم وتفسير عمل الهرمونات على المستوى الخلوى ٠

ب- الجبرللينات Gibberellins :

ثبت أن جميع المركبات العضوية التى لها نفس التأثير الحيوى للجبرللينات تحتوى على هيكل كربونى ثابت ومميز ويعرف بالجيبين وقد أمكن اكتشاف بعض مركبات لها نشاط مماثل لنشاط الجبرللينات ولكن بدرجة أقل رغم وجود اختلافات فى تركيبها مثل Helminthosporal وقد ثبت أن لهذا المركب القدرة على التحول انزيميا الى الجبرللين فى الأنسجة النباتية · وقد اثبت أن الجبرللين كما فى حالة الأوكسين يرتبط بالجزيء المستقبل ارتباطا طبيعيا وليس بروابط كميائية ·

ج - السيتوكينينات Çytokinins :

اتضح من الدراسات أن التركيب الجزيئى لجميع السيتوكينينات الطبيعية يحتوى على (أمينوبيورين ، الأدينين) ولقد وجد أن كثير من مشتقات الأدينين تماثل السيتوكينين الطبيعى فى تأثيره الحيوى والفسيولوجى والمورفوجى على الأنسجة النباتية ولقد أثبتت التجارب أيضا أن السيتوكينينات ترتبط ارتباطا طبيعيا وليس كميائيا مع الجزيء المستقبل بالخلايا لكى يظهر أثره الحيوى مماثلا فى ذلك للأوكسينات والجبرللينات ·

د - حمض الأبسيسيك Abscisic acid :

من الدراسات لم تتضح خطوط واضحة لمعرفة المتطلبات التركيبية فى الجزيئات المشابهة كميائيا لحمض الأبسيسيك ولكن حتى الأن وجدت صيغتين لحمض الأبسيسيك أحدهما المضاهى و الأخر المخالف (2 trans ABA , 2cis ABA) وثبت أن للأول نشاط حيوى أقوى من الثانى مما يعنى أن هناك متطلبات تركيبية معينة لكى يتم لها الأرتباط مع الجزيء المستقبل بالخلية لأظهار النشاط الهرمونى ·

هـ- الأثيلين Ethylene :

أدت الأبحاث المحدودة التى درست علاقة التكوين الجزيئى لغاز الأثيلين ($CH_2 = CH_2$) وعلاقة هذا التركيب بنشاطة الحيوى على أن مجموعة ($CH_2 =$) فى نهاية السلسلة الهيدروكربونية والمرتبطة بها رابطة زوجية تعتبر أساسية للنشاط الهرمونى وهناك العديد من المركبات المشابهة للأثيلين تتركب من سلسلة هيدروكربونية بها العديد من الروابط الزوجية غير المشبعة ووجد أن لهذة المركبات نشاطا حيويا يماثل الأثيلين اللا أنه بزيادة عدد ذرات الكربون يقل التأثير الحيوى فمثلا يزيد نشاط الأثيلين عدة مرات عن البروبلين · وما زال الغموض يحيط بالعلاقة الجزيئية بين جزيئى الأثيلين والجزيء المستقبل بالخلية ·

ثانياً : خواص جدر الخلايا وتاثير الهرمونات على زيادة حجم الخلايا :

من المعروف أن تمدد جدر الخلايا كنتيجة لخواصه الطبيعية والتى تحدد قوة ضغط الجدار عليها وهناك نوعين من التمدد الجدار خلوى أولها هو التمدد المطاطى Elastic extension الرجعى وهذا النوع لا يعتبر تمددا أو نموا حقيقيا أما النوع الثانى فهو التمدد البلاستيكى Plastic extension وهو الغير رجعى Irreversible وهو نموا حقيقيا ولما كانت الأوكسينات والجبرللينات والأثيلين تسبب جميعها زيادة فى حجم الخلايا فان ذلك يعنى أنها تؤثر بطريقة مباشرة أو غير مباشرة على خواص الجدار وقد ثبت هذا تجريبيا كما أتضح أن لكل هرمون طريقته الخاصة فى التأثير على استطالة الخلايا ·

أ- الأوكسينات Auxins :

أثبتت التجارب أن الأوكسين تسبب التمدد المطاطى والبلاستيكى لذلك أفترض أن الأثر الأول للأوكسين هو التأثير على طبيعة الجدار الخلوية لكن نظرا لأن هناك تأثيرات مميزة للأوكسين لا يتضمن حجم الخلايا مثل تشجيعه لأنقسام الخلايا وتشجيع

نمو الجذور.. الخ ولهذا أجمع الباحثون على أن تأثير الأوكسينات على جدر الخلايا هو فى الواقع تأثير ثانوى نتيجة لتغيرات تمثيلية وقعت مسبقة فى السيتوبلازم تحت تأثير الأوكسين ·

ب- الجبرلينات Gibberellins :

تعتبر الوسيلة التى يؤثر بها الجبرلين على جدر الخلايا مختلفة عن حالة الأوكسين فالجبرللين يزيد من حجم الخلايا دون أن يؤثر على صلابة الجدر الخلوية فهو يؤدى الى زيادة حجم الخلايا ونسبة تدفق الماء الى الخلايا نفسها عن طريق زيادة تركيز المواد الذائبة الرافعة للضغط الأسموزى ويعرض هذا لرأى أن الجبرللين يشجع نشاط انزيم الفا اميليز والذى يحول النشا من الصور غير الذائبة أى غير النشطة اسموزيا الى صورة ذائبة نشطة اسموزيا ·

ج- الأثيلين Ethylene :

الأثيلين يزيد من التمدد الجانبى للخلايا ويرجع هذا الى تغير فى طبيعة جدر الخلايا وخواص ألياف السليلوز بها وهنا أيضا وجد أن تأثيره يرجع الى ازدياد معدل نشاط بعض الأنزيمات المحللة مثل السليوليز ·

د - الكينينات وحمض الأيسيسيك :

لم تظهر الأبحاث آى أثر ثابت وواضح لكل من الكينتين وحمض الأيسيسيك على حجم الخلايا وبالتالى فأنه يفترض حاليا أنه ليس لهذين الهرمونين أثر مباشر على طبيعة الجدر ·

مراجع مختارة :

1- Asai, T.; Stone, J.M.; Heard, J.E.; Kovtun, Y.; Yorgey, P.; Sheen, J. and Ausubel, F.M.(2000): Fumonisin B1–induced cell death in Arabidopsis protoplasts requires jasmonate-, ethylene-, and salicylate-dependent signaling pathways. Plant Cell. 12: 1823–1836.

2- Barry, C.S.; Fox, E.A.; Yen, H.; Lee, S.; Ying, T.; Grierson, D. and Giovannoni, J.J. (2001): Analysis of the ethylene response in the epinastic mutant of tomato. Plant Physiol. 127: 58–66.

3- Barry, C.S.; Llop-Tous, M.I. and Grierson, D. (2000): The regulation of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid synthase gene expression during the transition from system-1 to system-2 ethylene synthesis in tomato. Plant Physiol. 123: 979–986.

4- Beaudoin, N.; Serizet, C.; Gosti, F. and Giraudat, J. (2000): Interactions between abscisic acid and ethylene signaling cascades. Plant Cell. 12: 1103–1115.

5- Bent, A.F.; Innes, R.W.; Ecker, J.R. and Staskawicz, B.J.. (1992): Disease development in ethylene-insensitive *Arabidopsis thaliana* infected with virulent and avirulent Pseudomonas and Xanthomonas pathogens. Mol. Plant-Microbe Interact. 5: 372–378.

6- Berrocal-Lobo, M.; Molina, A. and Solano, R. (2002): Constitutive expression of ethylene-RESPONSE-factor1 in *Arabidopsis* confers resistance to several necrotrophic fungi. Plant J. 29: 23–32.

7- Bleecker, A.B.; Estelle, M.A.; Somerville, C. and Kende, H. (1988): Insensitivity to ethylene conferred by a dominant mutation in *Arabidopsis thaliana.* Science. 241: 1086–1089.

8- Bleecker, A.B. and Kende, H. (2000): Ethylene: A gaseous signal molecule in plants. Annu. Rev. Cell Dev. Biol. 16: 1–18.

9- Brader, G., Tas, E. and Palva, E.T.(2001): Jasmonate-dependent induction of indole glucosinolates in Arabidopsis by culture filtrates of the nonspecific pathogen Erwinia carotovora. Plant Physiol. 126, 849–860.

10- Gális, I.; Kakiuchi, Y.; Simek, P. and Wabiko H. (2004): *Agrobacterium tumefaciens* AK-6b gene modulates phenolic compound metabolism in tobacco. Phytochemistry. 65: 169-179.

11- Kempf, V.A.J.; Hitziger, N.; Riess, T. and Autenrieth, I. B (2002) Do plant and human pathogens have a common pathogenicity strategy. Trends Microbiol. 10: 269—275.

12- Sachs, T. (1991): Callus and tumor development. In, Pattern Formation in Plant Tissues, by T. Sachs. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 38-55.

13- Schurr, U., Schuberth, B., Aloni, R., Pradel, K. S., Schmundt, D., Jähne, B., and Ullrich, C. I. (1996): Structural and functional evidence for xylem-mediated water transport and high transpiration in *Agrobacterium tumefaciens*-induced tumors of *Ricinus communis*. Bot. Acta. 109: 405-411.

14- Veselov, D.; Langhans, M.; Hartung, W.; Aloni, R.; Feussner, I.; Götz, C.; Veselova, S.; Schlomski, S.; Dickler C.; Bächmann, K. and Ullrich, C. I. (2003): Development of Agrobacterium tumefaciens C58-induced plant tumors and impact on host shoots are controlled by a cascade of jasmonic acid, auxin, cytokinin, ethylene, and abscisic acid. Planta . 216: 512-522.

15- Wächter, R.; Fischer, K.; Gäbler, R.; Kühnemann, F.; Urban, W.; Bögemann, G. M.; Voesenek, L. A. C. J.; Blom, C. W. P. M. and Ullrich, C. (1999): Ethylene production and ACC-accumulation in *Agrobacterium tumefaciens*-induced plant tumours and their impact on tumour and host stem structure and function. Plant Cell Environ. 22: 1263-1273.

16- Wächter, R.; Langhans, M.: Aloni, R.; Götz, S.; Weilmünste-, A.; Koops, A.; Temguia, L.; Mistrik, I.; Pavlovkin, J.; Rasche-, U.; Schwalm, K.; Koch, K. E. and Ullrich, C. I. (2003): Vascularization, high-volume solution flow, and localized roles for enzymes of sucrose metabolism during tumorigenesis by *Agrobacterium tumefaciens*. *Plant Physiol.* 133: 1024 —1037.

obeikan.com