# الهرمونات النباتية Phytohormones

**لوحظ أن معظم الاستجابات الفسيولوجية فى النباتات ترجع إلى مركبات ذات نشاط أوكسينى ومن هذه الاستجابات: استطالة خلايا السيقان والأوراق والجذور & تكشف الخلايا والأعضاء فى تكوين الأزهار ونمو الجنين & تساقط الأوراق والأزهار & الإنتحاءات & تكوين الثمار اللابذرية & السيادة القمية.**

**والهرمونات والأوكسينات مواد عضوية كيمائية تتواجد بصورة طبيعية فى الأنسجة النباتية ومنها ما هو منشط ومنها ما هو مثبط. كما أمكن أيضاً استحداث مركبات كيمائية لها نشاط مشابه للهرمونات الطبيعية. ونظراً لكثرة عدد هذه المواد أمكن وضع بعض التعريفات العلمية والتى تحدد نشاط تلك المواد ومن هذه التعريفات:**

**١ ــ منظمات النبات plant regulators**

**هى مركبات عضوية غير المغذيات والتى بكميات صغيرة تشجع promote أو تثبط inhibit أو تحور modify العلميات الفسيولوجية فى النبات.**

**٢ ــ الهرمونات النباتية phytohormones**

**هى مواد تنتجها النباتات والتى بكميات صغيرة تنظم العمليات الفسيولوجية النباتية وهى تتحرك خلال النبات من أماكن تخليقها إلى أماكن عملها.**

**٣ ــ منظمات النمو growth regulators أو مواد النمو Growth substances هى مواد تؤثر على النمو.**

**٤ ــ هرمونات النمو Growth hormones هى الهرمونات التى تنظم النمو.**

**٥ ــ منظمات التزهير Flowering regulator هى المنظمات التى تؤثر على الأزهار.**

**٦ ــ هرمونات التزهير Flowering hormones هى الهرمونات التى تشجع منشئات الأزهار وإنمائها.**

**٧ ــ الأوكسين Auxin هى مواد لها القدرة على تنشيط استطالة الخلايا فى الاتجاه الطولى زيادة غير عكسية.**

# الأوكـــسينات Auxins

**الأوكسينات هى أول نوع من الهرمونات تم اكتشافه. وكلمة أوكسين auxin يونانية معناها ينمو To grow ثم أطلق هذا اللفظ على هرمون النمو الذى ينتج فى قمة الغمد. ولقد ثبت أن الأوكسينات توجد فى جميع النباتات الراقية. وهى منشطات النمو.**

**تعريف الأوكسين طبقاً للعالم ثيمان Thimann**

**يستعمل لفظ أوكسين للدلالة على المادة العضوية التى تزيد النمو زيادة غير عكسية علـى طـول المحـور الطولى إذا أعطيت بتركيزات ضئيلة " أقل من ٠.٠٠١ مول" لسيقان نباتات أمكن تخليصها أو خاليـة بقـدر الإمكان من مسببات النمو الداخلية.**

**ويطلق لفظ أوكسين على مجموعة من المركبات تتشابه كثيرا فى تأثيرها الفسـيولوجي رغـم ثباتهـا فـى تركيبها الكيميائى ومن بين هذه المواد الأحماض التالية ومشتقاتها:**

**١ - Indol acids (الاندولات) ومن أمثلتها IAA, IBA, IPYA .**

**٢ - Naphthalene acids (النفثالين) ومن أمثلتها Naphthoxy acetic acid & NAA**

**٣ - chlorophenoxy acids ومن أمثلتها 2,4,5-T & 2,4-D**

**٤ - Benzoic acid (البنزويك).**

**الشروط الواجب توافرها فى تركيب الأوكسين**

**لكى يطلق على مادة ما أوكسينا أو تظهر نشاطاً أوكسينيا يجب أن يتوفر فى تركيبها الجزئى عـدة شـروط هى:**

### * أن تكون ذات تركيب حلقى

**وذلك كما فى مركبات الأندول والبنزويك والنفثالين كما يشترط أن تكون الحلقة غير مشبعة أى توجد رابطـة زوجية واحدة على الأقل فى التركيب الحلقى وأن تكون الرابطة مجاورة للسلسة الجانبية. كما يراعى دخـول المجاميع الاستبدالية على التركيب الحلقى مثلا يراعى وجود وضع Ortho واحد على الأقل خال فى مركبات الفينوكسى لكى يكون الأوكسين نشطا. أما فى مركبات البنزويك فيلاحظ العكس تماما حيث يلزم شـغل كـل**

**الأوضاع وخاصة Ortho لكى يحدث النشاط الأوكسين وفى مركبات Indol إذا تم الاستبدال على ذرة النيتروجين يفقد الأوكسين نشاطه ولذلك يلزم عدم دخول مجاميع استبدالية على نواة IAA وخاصة على ذرة النيتروجين .**

*** السلسلة الجانبية**

**لوحظ أنه لكى يحدث نشاط أوكسين للمركب يجب أن توجد ذرة كربون واحدة على الأقل كقنطرة بين الحلقة ومجموعة الكربوكسيل. ومن المعروف أنه كلما زاد طول السلسلة الجانبية كلما قل نشاط الأوكسين للمركب فنجد أن IAA أقوى من IPA وهذا أقوى من IBA.**

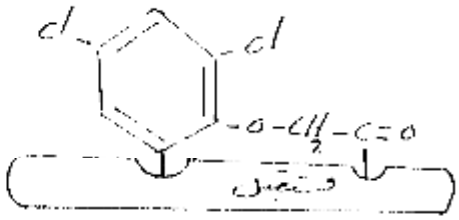
*** الوضع الفراغى بين التركيب الحلقى والسلسلة الجانبية**

**يجب أن يتوفر شروط معينة فى التركيب الجزئى حتى يصبح للمركب تأثير الأوكسين فقد تتوفر جميع الشروط السابقة فى تركيب الأوكسين لمركب ما، ولكن لا يظهر له نشاط أوكسينى بينما نفس المركب ولكن المشابه له يظهر له خواص الأوكسين ونشاطه ومثال ذلك المركبات ذات المشابهات الضوئية والهندسية. ومن أمثلة ذلك نجد المشابه (D) للأوكسين methyl IAA فعالة أوكسينا بينما المشابه (L) غير فعال. وكذلك المشابه "cis" للمركب Cinamic acid فعال بينما المشابه Trans غير فعال.**

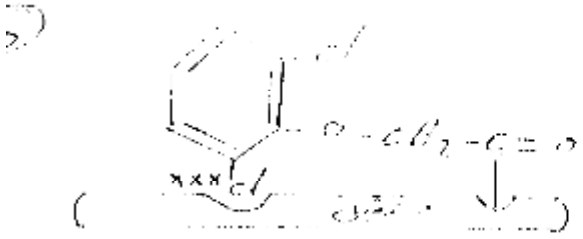
**لماذا يظهر النشاط الأوكسينى لمشابه بينما لا يظهر للمشابه الآخر لنفس المركب ؟؟**

**للإجابة على هذا السؤال يجب معرفة أنه لكى يكون الأوكسين مؤثراً وحيوياً يتحتم عليه أن يرتبط بجزيء بروتين (مستقبل خلوى) بواسطة رابطتين كيمائيتين وتكون إحدى هاتين الرابطتين عند نهاية السلسلة الجانبية من ناحية مجموعة الكربوكسيل والأخرى عند الوضع ortho فى الحافة وعرفت تلك العملية بنظرية الارتباط فى نقطتين. كما وجد أن بعض المركبات ترتبط بالمستقبل فى ٣ نقاط وسميت هذه العملية بنظرية الارتباط فى ثلاث نقاط. وقد يكون السبب راجعاً لبعد المسافة بين الشحنة السالبة والموجبة فى الأوكسين ٥.٥ أنجستروم . كما فى الأمثلة التالية:**

**مثال ١: نظرية الاتصال فى نقطتين**

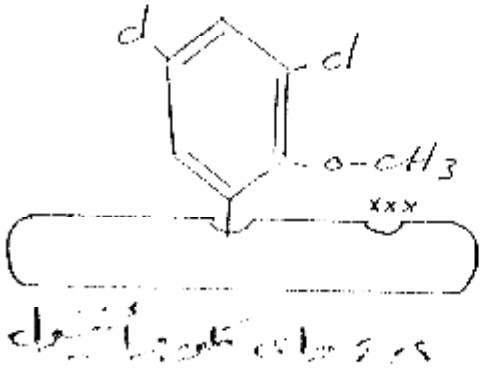


2,4-D
(Active)

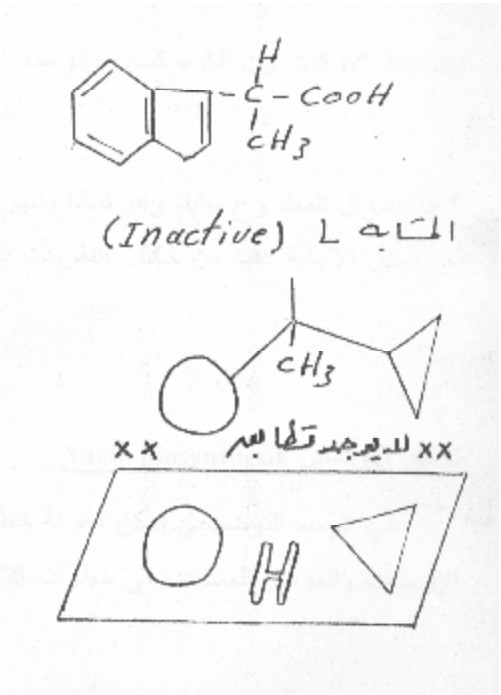


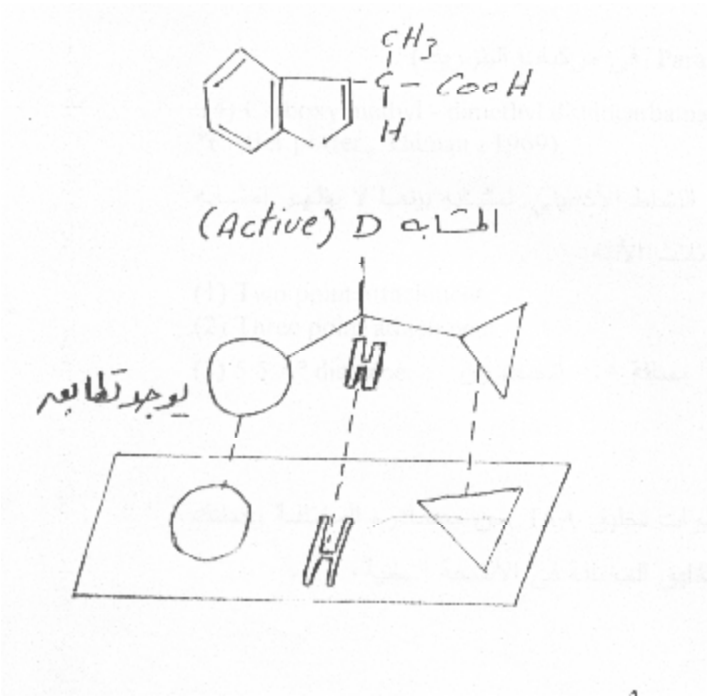
2,6-D
(Inactive)

نظرا لأن الوضع Ortho مشغول فلا يتم
الإتصال بالمستقبل و لا يظهر المركب نشاط أوكسينى



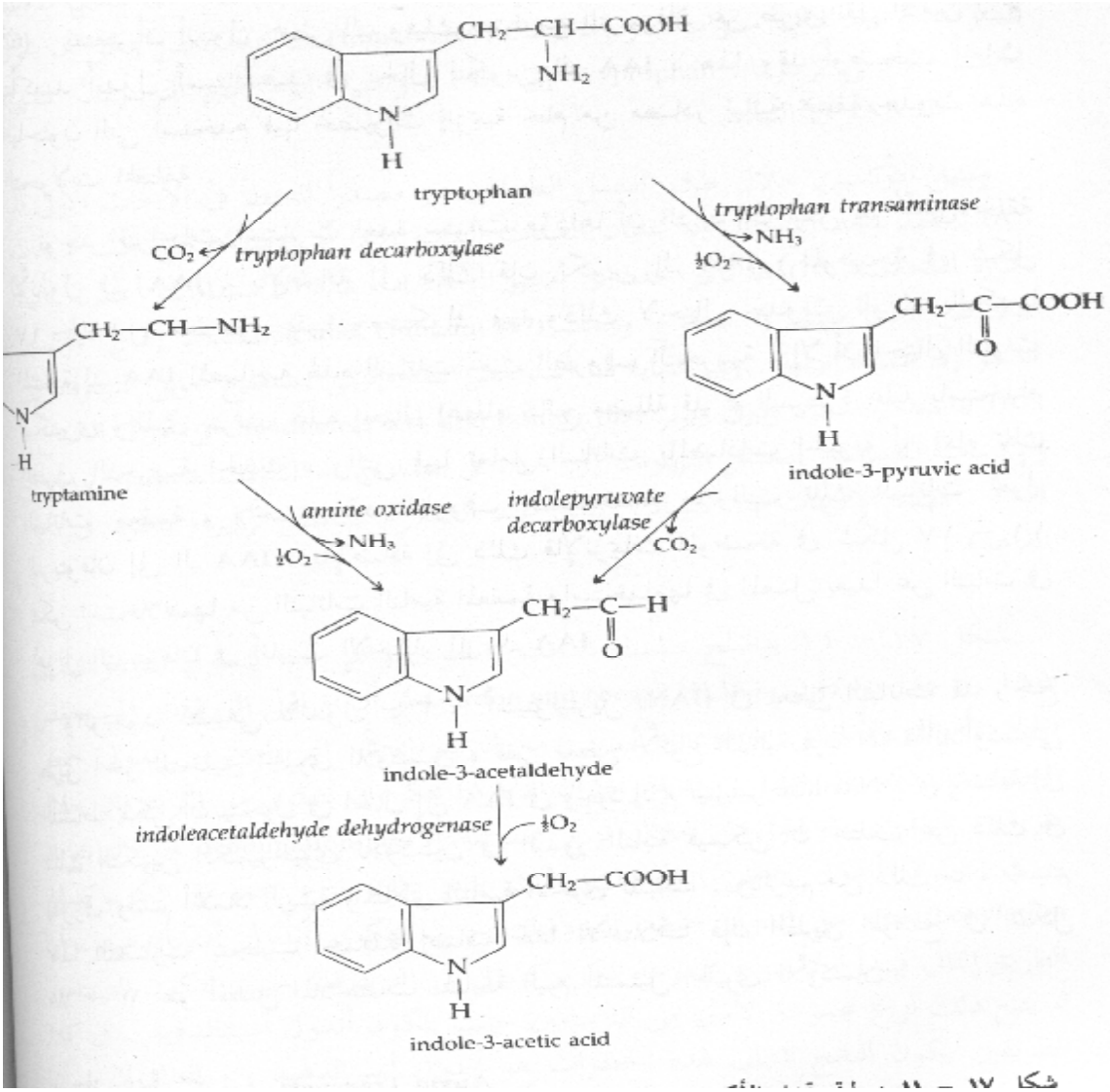
**مثال ٢: نظرية الاتصال فى ثلاث نقط**



## * تخليق الأوكسين Auxin biosynthesis

**من الرسم التوضيحى التالى يمكن معرفة خطوات تخليق IAA من مصادره المختلفة فى خطــوات التخليــق المختلفة فى الأنسجة النباتية.**




## * إنتقال الأوكسين Auxin Transport

**أثبتت الدراسات أن انتقال الأوكسين يكون فى اتجاه قطبى أى يتميز بالخاصية القطبية polarity أى الانتقال من القمة الموروفولوجية إلى القاعدة الموروفولوجية.**

**والأوكسين ينتقل غالباً فى اللحاء وينتقل منه قطبيا من القمة الموروفولوجية إلى القاعــدة الموروفولوجيــة وهذه العملية تعتمد على الطاقة ودرجة الحرارة وتتم هذه العملية ضد فروق التركيز. ويمكن تقسيم ظــاهرة**

**القطبية هذه طبقاً لعدة نظريات وافتراضات ففى تجارب Went (1932) &Shrank, (1951) and Leopold & Hall,(1960) حيث وجد أن يتحكم فى ظاهرة القطبية ثلاث عوامل رئيسية وغاية فى الأهمية يتوقف عليها الانتقال القطبى وهى :**

**١ - الحقل الكهربى (مجال) انتقال الاوكسين أو فرق الجهد الكهربى.**

**٢ - درجة تركيز IAA**

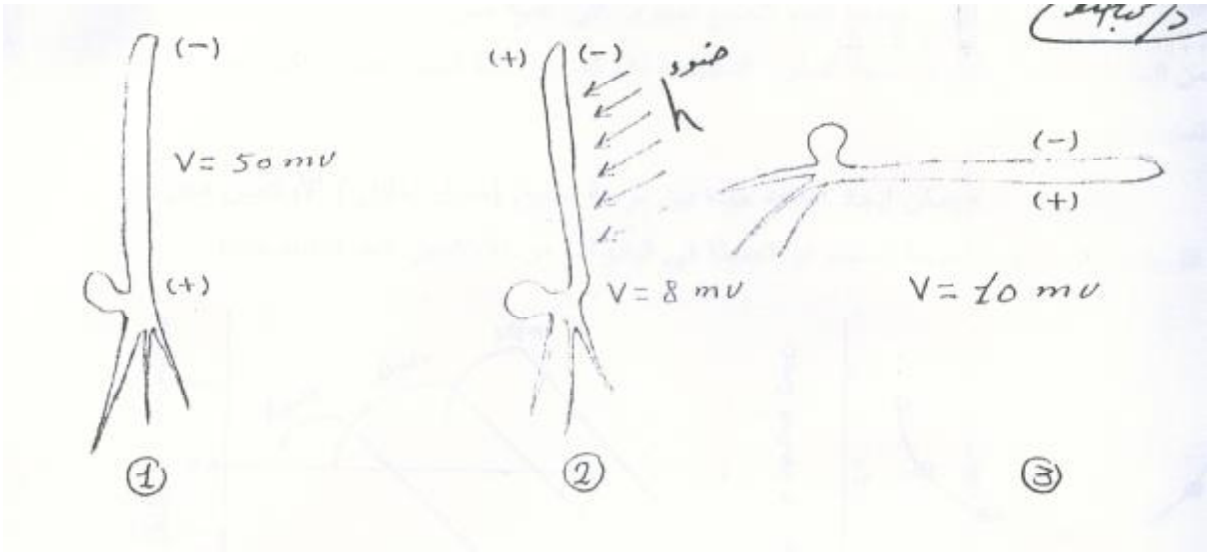
**٣ - نفاذية الجدر الخلوية.**

**ونوضح بعض الأمثلة تشرح وتفسر ظاهرة القطبية فى انتقال الأوكسينات V=10 mv**

**مثال ١- تأثير الجاذبية الأرضية ( ظاهرة الانتحاء الأرضى) حيث يتولد فرق جهد كهربى بين السطح العلوى والسفلى لجسم البادرة فينتقل الأوكسين من السطح العلوى إلى السفلى.**

**مثال ٢- تأثير الضوء (الانتحاء الضوئى) حيث يتولد فرق جهد كهربى بين السطحين المضاء والمظلم وعلى ذلك ينتقل الأوكسين من السطح المضاء(سالب الشحنة) إلى السطح المظلم(موجب الشحنة).**

**مثال ٣- الانتقال من القمة الموروفولوجية إلى القاعدة الموروفولوجية (الإنتقال القطبى) يتولد فرق جهد كهربى بين القمة الموروفولوجية (سالبة الشحنة الكهربية) والقاعدة الموروفولوجية (موجبة الشحنة الكهربية) فينتقل الأوكسين قطبيا من القطب السالب إلى (القمة) إلى القطب الموجب (القاعدة الموروفولوجية).**



**بعـــض الظـــواهـــر الفسيـــولـــوجيـــة للأوكسينـــات**

**(١) كفاءة عملية البناء الضوئى: وجد أن الأوكسينات وخاصةIAA, NAA تؤدى إلى تنشيط كفاءة عمليـــة البناء الضوئى علاوة على تنشيط الأنزيمات وتخليق الصبغات المختصة بتفاعل الضوء.**

**(٢) السيادة القمية: لوحظ أن البرعم الطرف يؤثر على نمو البراعم الجانبية حيث لوحظ أنـــه عنـــد غيـــاب البرعم الطرف فإن البراعم الجانبية تنشط فى النمو وذلك لأن البرعم يُنتج ويحتوى على تركيـــزات مرتفعـــة من الأوكسين وعند انتقال هذه التركيزات المرتفعة فإنها تثبط نمو البراعم الجانبية مما يؤدى إلـــى حـــدوث سيادة قمية للبرعم الطرف.**

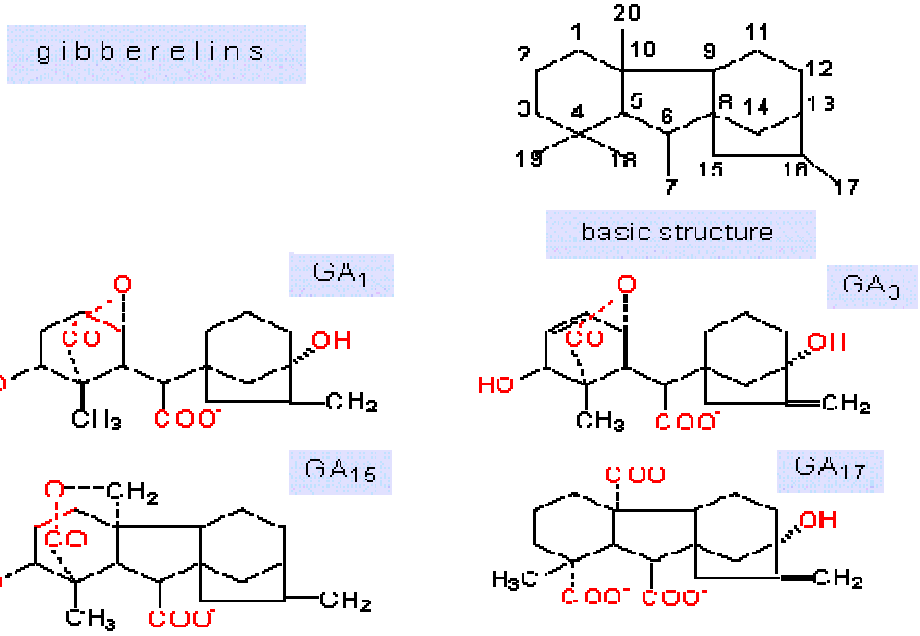
**(٣) الثمار اللابذرية: يمكن الحصول على ثمار بدون بذور بإضافة عجينة اللانولين المضـــاف إليهـــا IAA إلى ميسم الزهرة، ولوحظ أن مبايض النباتات القادرة على إنتاج الثمار اللابذرية فإن المحتوى الأوكســـينى يكون أكثر منه فى مبايض الأنواع التى تحتاج إلى إخصاب لكن تنتج الثمار.**

***الجـبريلينـات Gibberellins**

**تعتبر الجبريلينات من المواد المنشطة للنمو ويوجد أكثر من ٦٠ نوعاً من الجبريلينات وتختلف الأنواع فيما بينها من حيث عدد ذرات الكربون وكذلك وجود أو عدم وجود مجاميع (OH) وتعتبر المـــادة جبريلينـــا إذا احتوت على الهيكل الكربونى جيبان Gibbane أو كورين**

**Skeleton ring**

**(Gibbane or kaurene)**




**وتم اكتشاف الجبريلين بواسطة العلماء اليابانيون حيث وجدوا أن الفطـر Gibberella fujikuroi وهـو الطور اللاجنسى للفطر Fusarium moniliforme يسـبب مـرض Foolish seeding لبـادرات الأرز ووجدوا أن سبب هذا المرض هو إفراز مادة الجبريلين.**

**كما توجد بعض المواد التى لها نفس تأثير الجبريلين ولكنها لا تعتبر جبريلينا لأنها لا تحتوى علـى حلقـة الجيبان (الكورين) ومن أمثلة هذه المـواد Helmenthosporic acid Helmenthasporal وهاتـان المادتان تفرزان من الفطر Helmenthosporium sativum**

**وكذلك المادتان Sclerolide & Sclerin وتفرزان بواسطة الفطرSclerotinia liberiana**

**ويتم تخليق الجبريلين كالتالى:**

Acetate ⟶ acety coa ⟶ Acetoacety coa

GA ⟵ Kaurene ⟵ Mevalonate

**كما وجدت عدة مواد تعمل على تثبيط تخليق خطوة أو أكثر من خطوات تخليق الجبريلين مثل**

**Cycocel & Arcymidol & Phosphon-D & Amo 1618**

## مكان تخليق الجبريلين فى النباتات الراقية

**يتم تخليق الجبريلين فى**

- **الأوراق الصغيرة والحديثة للبرعم الطرف.**
- **فم الجذور والتى تعتبر مواقع لتخليق GA**
- **البذور أثناء تكوينها.**

### إنتقال الجبريلين فى النبات

**ينتقل الجبريلين فى اللحاء وبنفس ميكانيكية انتقال الماء وباقى المواد الناتجة من التحولات الغذائيــة كمــا ينتقل أيضاً فى أوعية الخشب، كما لوحظ أن الجبريلين لا ينتقل بطريقة قطبية كما يحدث فى الأوكسين**

## بعض التأثيرات الفسيولوجية للجبريلين

*** تنشيــط استطالــة ونــمو الــنباتات**

**يؤدى GA إلى زيادة استطالة الساق من خلال تنشيطه لاستطالة منطقة الخلايا تحــت القميــة. وتنحصــر ميكانيكية تأثير GA فى إحداث الاستطالة للخلايا من خلال تأثيره على عدة عمليات هى:**

| | |
|---|---|
| **Cell growth** | **Cell extensibility** |
| **Membrane permeability** | **enzymatic activity** |
| **Osmotic potential** | **Mobilization of potassium and sugars** |

*** تــحلل الــغذاء الــمدخر فــى طــبقة الألــيرون**

**أظهرت الدراسات أن معاملة طبقة الأليرون المفصولة بالجبريلين يسبب تخليق وزيادة فى نشاط إنزيمات:**

| | |
|---|---|
| **1- Ribonuclease** | **2- X-amylase** |
| **3- B-gluconase** | **4- B-amylase** |
| **5- Protease** | **6- phosphatase** |
| **7- Phosphoryl choline gleceride transferase** | |
| **8- Phosphoryl choline cytidyl transferase** | |

*** كــسر طــور الــسكون**

**يؤدى GM إلى كسر طور السكون فى البذور وخاصة التى يرجع سبب ســكونها إلــى الاحتيــاج لــدرجات الحرارة المنخفضة وبالتالي يمكن للجبريلين تعويض عملية التنضيد. وكذلك التغلب على السكون الذى يرجع**

إلى الحساسية الضوئية مثل بذور الرمان والخس وكذلك كسر سكون براعم البطاطس والتى يتركــز وجــود ABA بها.

*** الأزهـــار والأثـــمار**

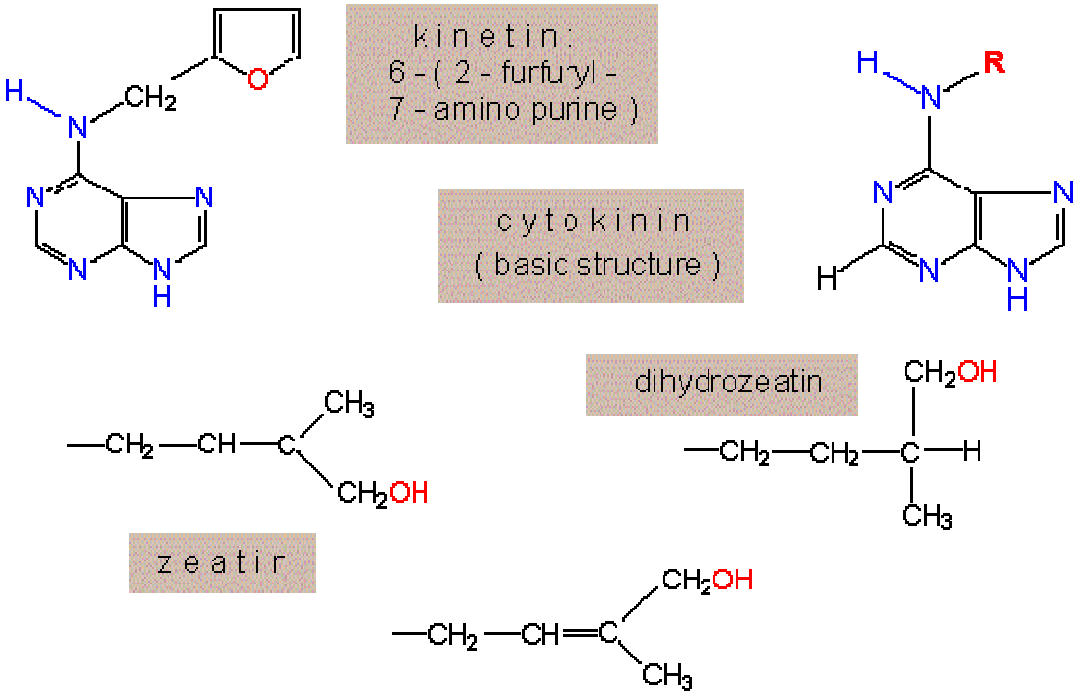
لوحظ أن GA يعوض النباتات ذات النهار الطويل والشتوية والتى تحتاج احتياجات ضوئية معينة والتعرض لدرجة حرارة منخفضة كى تظهر.

*** الـــثمار الـــلابذرية**

فى بعض الحالات التى لا تستجيب للمعاملة بالأوكسينات للحصول على ثمار لا بذرية وخاصة الثمار التفاحية والحجرية فإن الجبريلين يعطى نتائج إيجابية جداً فى هذا الشأن.

*** السيتوكينينات Cytokinins**

كان أول اكتشاف لهذه المواد المنشطة لانقسام الخلايا فى مستخلص الخميرة حيــث تمكــن العــالم Miller (١٩٥٦) من عزل مركب بيورينى من DNA وتم التعرف على هذا المركــب وهــو 6-Furfuryl amino purine والذى أطلق عليه Kinetin وتوجد هذه المركبات بصورة طبيعية فى النباتات فى صورة المركب Zeatin وخاصة فى الذرة الصفراء.



### ٧ بعض التأثيرات الفسيولوجية للسيتوكينينات

**الشيخوخة: لوحظ أن المعاملة بالكينيتين أو BA تؤخر حدوث الشيخوخة فى الأوراق المفصولة من النباتات.**

**السيادة القمة: اقترح العلماء أن cytokinins لها تأثير مثبط على تخليق إنزيم IAA-oxidaseوبالتالى زيادة تركيز الأوكسين IAA فى البراعم الجانبية مما يمكنها من التغلب على السيادة القمية الناجمة من البرعم الطرف.**

### ٧ بعض المثبطات النباتية Inhibitors

**من المعروف أن أهم مثبطات النمو الرئيسية والتى تم اكتشافها هو هرمون حمض الأبسيسيك ABA بالإضافة إلى العديد من المركبات الأخرى مثل البنزويك، والسينامك ، والكيومايك ، الفلاثوتويدات.**

**ويتم تخليق ABA فى الكلوروبلاست كما يمكن تخليق ABA من الكاروتين والزانثوفيل ويزداد تركيز ABA فى أنسجة النباتات عند تعرضها لظروف الإجهاد Stressمثل التغريق، التعطيش، نقص العناصر، ..... وهكذا. وزيادة تركيز ABA فى هذه الحالة يؤدى إلى زيادة قدرة النبات على مقاومة ظروف الإجهاد.**

## بعض الظواهر الفسيولوجية

*** سكون البراعم والبذور: حيث يرجع سكون بعض أنواع البذور وكذلك البراعم إلى زيادة المحتوى من المثبط ABA والتى يمكن التغلب عليها بواسطة التبريد أو إضافة $GA_3$.**

*** التساقط: لوحظ أن ABA ينشط عملية التساقط فى الأوراق حيث يعمل على الإسراع فى تحلل الصفيحة الوسطى ومكونات الجدار الخلوى وأيضاً يعمل ABA على سرعة تخليق إنزيمات البكتيز، السليلوز، البروتيز. والتى تسرع من عملية التساقط .**

## علاقة المسببات المرضية بالهرمونات

**توجد الهرمونات بكميات ضئيلة فى النباتات الطبيعية بينما تتضاعف كمية الهرمونات فى النباتات المصابة بمسببات مرضية من ٢ - ٥ مرات ضعف النباتات العادية.**

**والزيادة ليست فقط فى كمية الهرمونات النباتية ولكنها أيضاً لوحظت فى الأنزيمات والتوكسنات.**

## * الأوكسينات Auxins

**لوحظ أن هناك علاقة واضحة بين السبب المرضى والمحتوى الأوكسينى فى أنسجة النبات**

**ــ لاحظ العديد من العلماء أن بكتيريا التورم التاجى فى نبات البطاطس crown gall من النوع Agrobacterium tumerfacient يصاحبها زيادة واضحة فى المحتوى الأوكسينى فى أنسجة النبات المصاب وخاصة أوكسين IAA. ولوحظ أن التورم التاجى الناتج من الإصابة سببه المباشر هو إنتاج IAA بكميات وفيرة بدليل أنه عند إضافة IAA فإنه ينشط تكوين galls وزيادتها فى الحجم. وقد يرجع زيادة الأوكسين لنقص نشاط IAA-oxidase.**

**ــ لوحظ أيضاً زيادة واضحة فى محتوى IAA فى أنسجة نباتات الدخان المصابة ببكتيريا Pseudomonas solanacearum والمسببة لمرض ذبول الدخان "Granville" كما لوحظ زيادة فى محتوى IAA فى مناطق الساق والجذور حيث يتركز وجود المسبب المرض. وأرجع العلماء الزيادة فى محتوى IAA نتيجة زيادة المحتوى من الفينولات وخاصة مادة Scopletin والتى تثبط نشاط إنزيم IAA-oxidase .**

**ــ كما أن هناك العديد من الأمثلة توضح زيادة المحتوى من IAA بسبب حدوث إصابة بمسببات مرضية مثل:**

**1-wheat infected with P.graminis tritici.**

**2- Brassica infected with Perenospora parasitica & Albugo candida.**

**3- Wilt diseases caused by Fusarium, Verticillium, Cephalosporium.**

**4-Potato infected with Phytophthora infestavs.**

**5- Corn infected with Ustilago zea.**

## السيتوكينينات Cytokinins

**ــ فى نبات turnip المصاب بالمسبب المرضى plasmo diophora brassica والذى يسبب مرض club-root-galls لوحظ زيادة المحتوى من cytokinins من ١٠ - ١٠٠مرة بالمقارنة بالنباتات السليمة.**

**كما لوحظ زيادة المحتوى للأنسجة من cytokinins فى النباتات المصابة بمسببات أو أمــراض الأصــداء مثل:**

**Pine rust caused by cronartium fusiforme**

**Bean rust caused by Uromyces phaseoli, U. faba**

## الجبريلينات Gibberellins

**وُجِد العديد من النظريات يصحب إصابتها للنباتات زيادة واضحة فى المحتوى من GA ومــن أشــهر تلــك الفطريات Fusarium moniliformae والمسبب لمرض البادرات المجنونة فى الأرز.**

**ــ لوحظ أن العديد من الإصابات الفيروسية والتى يصاحبها تقزم فى النبات تكون مصحوبة بنقص واضح فى المحتوى من GA وإذا ما أضيف لهذه النباتات أو عوملت بالجبريلين GA. فإنها تستعيد اســتطالتها فــى الغالب.**

## الاثيبلين Ethylene

**هذا الهرمون له علاقة واضحة فى حالة الإصابة بأمراض الاصفرار وخاصة الناتجة عــن أمــراض الــذبول wilt disease، Tomato infected with Fusarium oxysporium**

**يرجع سبب الذبول لهرمون Ethylene الناتج من الفطر**

- **كما لوحظ تواجد Ethylene أيضاً فى حالة إصابة القطن بالــذبول النــاتج مــن إصــابة الفطــر Verticillium-wilts of cotton.**
- **كما لوحظ أيضاً أن دور الاثيلين فى اصفرار الأوراق وتساقطها يكون أكثر وضوحاً من نباتات الورد المصابة بالمسبب المرضى Diplocarpon rosae**
- **فى النباتات المصابة بمسببات مرضية يصاحبها زيادة فى إنتاج Ethylene لــوحظ أيضــاً زيــادة واضحة فى Oxidase activity كما فى:**

**1- Sweet potato infected with Ceratocystis fimbriata**

**2- Barley infected with Erysiphae graminis**

**3- Wheat infected with Puccinia graminis**

- **لوحظ أيضاً أن الإصابات المرضية المصحوبة بزيادة فى إنتاج Ethylene يصاحبها كــذلك زيــادة نشاط بعض الإنزيمات مثل:**

**Polyphenol oxidase in Sweet potato**

**Polysaccharide hydrolase in Phaseolus vulgaris**

**Abscisic acid (ABA**

**يعتبر هرمون (ABA) من الهرمونات المثبطة للنمو فى النباتات. ويعتبــر مــن مســببات تســاقط الأوراق والثمار والفروع كما يسبب سكون البذور والبراعم. ويعمل على غلق ثغور الأوراق وتثبــيط الإنبــات فــى البذور.**

**ــ لوحظ زيادة فى إنتاج هرمون ABA فى**

**Tobacco infected with Pseudomonas Solanacearum**

**وخاصة تحت ظروف الإجهاد (العطش)**

**عموماً زيادة المحتوى من ABA & Ethylene فى حالة ذبول النباتات.**