

## المحاضرة الخامسة

### الهرمونات النباتية (Plant Hormones (Phytohormones)

#### General Background نظرة عامة

الهرمونات هي مجموعة من المركبات العضوية غير الغذائية والفيتامينات التي تنتج وتصنع داخل خلايا وانسجة النبات المختلفة وتؤثر في العمليات الفسلجية اللازمه لنمو النبات وتطوره وانتاجه. كلمة هرمون Hormone مشتقة من اللغة اليونانية وتعني ينشط To Excite وقد اطلق مصطلح الهرمونات النباتية على المواد العضوية التي تنتج من اجزاء معينة من النبات في بداية القرن الماضي. في الحيوانات الهرمونات عبارة عن مواد تصنع بكميات قليلة في اجزاء معينة يطلق عليها الغدد ثم يتم نقلها عن طريق الدم الى الانسجة الهدف في الجسم حيث تظهر فعلها (اي ان هذه المواد تصنع في غدد خاصه ثم يتم نقلها الى مكان الفعل (النسيج او العضو الهدف) حيث تظهر فعلها هناك). ويشذ النبات عن ذلك اذ ان تصنيع الهرمونات لا يتم او لا يكون في انسجة محددة وربما يحدث في انسجة مختلفة وبالرغم من ان الهرمونات النباتية تنقل الى اماكن بعيدة لكن كثيرا ما تعمل في موقع التصنيع. ومن الخصائص الأخرى للهرمونات النباتية هو غياب الخصوصية Lack of Specificity اذ انها تؤثر على مدى واسع من العمليات المختلفة.

وعلى سبيل المثال لا الحصر الأوكسين فقد وجد انه يحفز استطالة الخلايا وانقسام الخلايا وتكوين الأنسجة الوعائية الأولية وتكوين الجذور والشيخوخة ونمو البراعم الجانبية والتعبير الجنسي Sex Expression. وبسبب هذه الاختلافات بين الهرمونات الحيوانية والنباتية لذا يرفض الكثير من العلماء استخدام كلمة هرمون للتعبير عن الهرمونات النباتية وبدل عن ذلك يفضل استخدام مواد النمو النباتية Plant Growth Substances أو منظمات النمو Plant growth Regulators ومع ذلك لازال مصطلح الهرمونات النباتية Plant Hormones يستخدم بشكل واسع.

في الزراعة النسيجية تضاف الهرمونات النباتية بتركيز معينه بغية تنظيم النمو، وبصورة رئيسية تستخدم لتحفيز نشوء الجذور او السيقان او الاجنة او البراعم العرضية كما وتستخدم لتحفيز نمو البراعم الجانبية بالإضافة الى تحفيز نشوء الكالس.

#### انواع منظمات النمو النباتية

تقسم الهرمونات النباتية الى اربع انواع رئيسية استنادا الى تركيبها وتأثيرها:

#### 1. الأوكسينات Auxins:

الأوكسين هو حامض اندولي ذات نواة حقيقية مشبعة و الأوكسين مصطلح عام يطلق على مجموعة من المركبات التي تتميز بقابليتها على تحفيز واستطالة

الخلايا ونمو الجذور وتثبيط نمو البراعم الجانبية. الأوكسينات هي اول الهرمونات النباتية المكتشفة. وكلمة اوكسين مشتقة من الكلمة اليونانية ومعناها ينمو To Grow. وهناك شروط يجب توفرها في تركيب الاوكسين لكي يطلق عليه اوكسينا ومن هذه الشروط هي:

1. أن تكون ذات تركيب حلقي

ومثال عليها مركبات الأندول والبنزويك والنفثالين كما يشترط ان تكون الحلقة غير مشبعة أي توجد رابطة زوجيه واحده مجاوره للسلسلة الجانبية.

2. السلسلة الجانبية

لوحظ انه لكي يحدث نشاط للاوكسين يجب ان توجد ذرة كاربون واحده على الأقل كقنطرة بين الحلقة ومجموعة الكاربوكسيل . ومن المعروف انه كلما زاد طول السلسلة الجانبية كلما قل نشاط الأوكسين للمركب فنجد ان IAA اقوى من IPA وهذا اقوى من IBA.

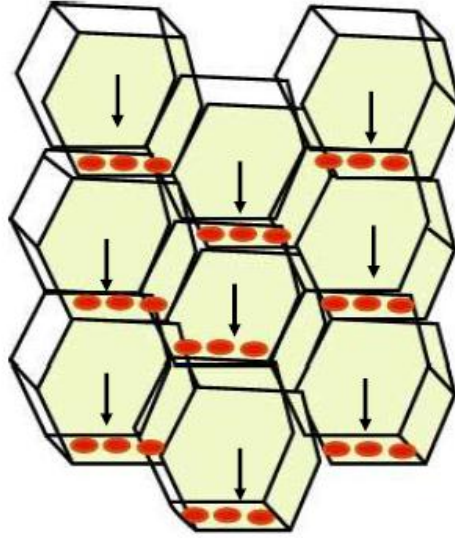
لقد اثبتت الدراسات ان انتقال الأوكسين يكون في اتجاه قطبي اي يتميز بالخاصية القطبية أي الانتقال من القمة المورفولوجية الى القاعدة المورفولوجية وتعتمد هذه العملية على الطاقة ودرجة الحرارة وتتم هذه العملية ضد فروق التركيز . يكون دخول الاوكسين الى داخل الخلية اما عند طريق التنافذ او عن طريق النقل الفعال بواسطة الحامل AUX1 اذ يكون عملية دخول جزيئة الاوكسين بالتنافذ عن طريق عملية ذوبان الجزيئة خارج الغشاء البلازمي عن طريق عملية البرتنه Protonation وتعني اضافة بروتون  $H^+$  الى جزيئة الاوكسين لتصبح IAAH بمقدار 15% وبسبب ان الوسط الحامضي للساييتوبلازم يساوي 7 سرعان ما يؤدي الى فقدان البروتون الحامضي وتحوله الى ايون سالب  $IAA^-$  والذي يحبس داخل الخلية ولا يستطيع أن ينفذ من داخل الخلية Trapped within the cells. وتكون عملية خروج الأوكسين من خلية الى اخرى عن طريق التناضح العكسي الفعال بواسطة ناقل بروتيني يسمى PIN-protein ويقع هذا البروتين في قاعدة الخلية لذا يكون النقل بين خلية واخرى قاعديا.

## Auxin

Auxin transport proteins are located at the base of parenchyma cells.

Transport is not sensitive to gravity and always moves in a polar direction.

## Polar auxin transport

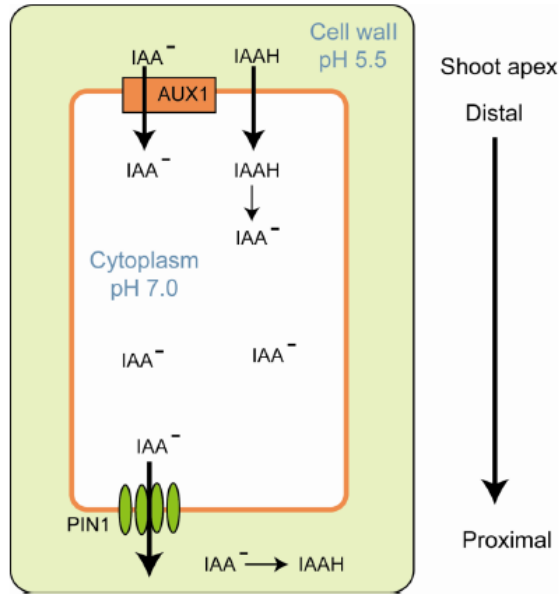


## Auxin

Transporter proteins (PIN1) are only located at the proximal end of the cell.

Therefore, auxin can only move in one polar direction.

Mutations in the PIN protein result in embryos with poorly formed meristems showing how important polar transport and auxin gradients are for plant growth and development.



## بعض الظواهر الفسيولوجية للاوكسينات:

1. الاستطالة والتوسع الخلوي Cellular Elongation and Enlargement
2. الانقسام الخلوي Cell Division
3. السيادة القمية Apical Dominance
4. تحفيز تكوين الجذور Root Induction
5. الأزهار Flowering
6. تحديد الجنس Sex determination

## انواع الاوكسينات

1. الاندولات

Indole-3-acetic acid (IAA)

Indole-3-butyric acid (IBA)

2. النفثالين

$\alpha$ -Naphthalene acetic acid (NAA)

3. الكلوروفينوكسي

2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D)

## 4. الساييتوكاينينات Cytokinins

هي مجموعة من الهرمونات النباتية التي تنتج طبيعيا في قمم الجذور ثم تنتقل عن طريق اوعية الخشب الى الساق وتسبب انطلاق ونمو البراعم. تم اكتشاف الاول للساييتوكاينين في عام 1955 من قبل Miller و Skoog والمشتغلين معهم في مختبرات العالم Skoog في جامعة وسكانسن وهذا الساييتوكاينين هو الكاينتين Kinetin وهو 6-furfurylamino-purine وقد تم تحضيره من الـDNA حيامن سمك السردين كما واثبت وان لهذا الساييتوكاينين القابلية والقدرة على تحفيز الانقسام الخيطي في كالس انسجة نبات التبغ المزروعه خارج الجسم الحي.

### تركيب الساييتوكاينين

الساييتوكاينينات عبارة عن مشتقات القاعدة النيتروجينية ادنين مع السلسلة الجانبية  $N^6$  وتعتمد فعالية الساييتوكاينين على تركيب السلسلة الجانبية عند الـ  $N^6$  وبالاعتماد على المجموعة المعوضه الموجودة عند  $N^6$  يصنف الساييتوكاينين الى نوعين اما Isoprenoid او Aromatic وتكون الفعالية البيولوجية لكلا النوعين من الساييتوكاينينات من الناحية النوعية متساوية لكنها تختلف من الناحية الكمية. ان الساييتوكاينينات الاروماتية تتميز بان لها مجموعة بنزين وهذا النوع من الساييتوكاينين

وجودها اقل من النوع الأول وهناك القليل من المعلومات حولها. وبسبب قابلية هذه الساييتوكاينينات على الثبات فهي تستخدم كثيرا في الزراعة النسيجية ومثلها البنزويل ادنين (BA) Benzyl adenine.

هناك بعض المواد التي ليس لها علاقة من الناحية التركيبية بما ذكر اعلاه لكن له فعالية قوية مشابهة لعمل السايوكاينين وهو مركب Phenylurea والذي يعرف بالـ—Thidiazuron.

### أنتقال السايوكاينينات Cytokinins Transport

لا يعرف لحد الآن كثيرا عن حركة وانتقال السايوكاينينات كما هو الحال في بناءها الحيوي فهي بعكس الجبرلينات والأوكسينات السريعة الحركة فهي تنتقل ببطيء شديد أو أنها لا تنتقل اي يكون تأثيرها موقعي. وعلى العموم فان التحليلات والدراسات الحديثة حول توزيع وانتشار وحركة وانتقال السايوكاينينات. ان حركة هذا الهرمون تتم عن طريق او عية الخشب الى الساق مع حركة وانتقال الماء والعناصر الغذائية التي تمتصها الجذور وقد يكون لعملية النتج والضغط الجذري اهمية في ذلك .

### التأثيرات الفسيولوجية للسايوكاينينات:

1. الانقسام الخلوي
2. الأزهار
3. تكوين الكلوروبلاست
4. كسر السيادة القمية ونمو البراعم الجانبية
5. ميكانيكية فتح وغلق الثغور
6. كسر الكمون او طور السكون
7. التحورات الفسيولوجية والمورفولوجية والكيميائية للأعضاء النباتية
8. تأخير الشيخوخة

### 9. الجبرلينات (GA<sub>s</sub>) Gibberellines

تعتبر الجبرلينات من اهم الهرمونات النباتية اذ تلعب دورا مهما او رئيسيا في نمو النباتات وتطورها خلال دورة حياتها العادية، وهي ثاني اهم اكتشاف بعد الأوكسينات.

في عام 1920 اكتشف العالم الياباني Kurosawa المتخصص في امراض النبات بعض التغييرات المورفولوجية لنبات الأرز مثل استطالة السوق لتصبح رفيعة السمك مصحوبة بشحوب الأوراق الشريطية في الخلفات القاعدية في الأطوار الأولى ثم تأخذ النموات الخضرية في الذبول والجفاف وتصبح سمراء اللون ويسمى هذا المرض بمرض البادرات الحمقاء او Bakanae Disease او يسمى بـ Foolish Seedlings Disease وان المسبب الرئيسي لهذا المرض هو الفطر *Gibberella fujikura* أو يسمى *Fusarium moniliformae*. وفي عام 1930 استطاع عالمان يابانيين من استخلاص وفصل المركب الذي يفرزه الفطر انف الذكر والذي يسبب هذه الإصابة بصوره نقيه واطلق عليه تسميه الجبرلين نسبة الى الفطر *Gibberella* .

التركيب الكيميائي للجبرلين:

الجبرلينات هي مجموعة من المركبات العضوية التي لها هيكل كاربوني حلقي يطلق عليه بالجبرلينات Gibbane Ring وانوعها حوالي 136 نوعا اي الجبرلينات ولكثرتها وعدم الخلط بينها تختصر بـ GA حيث يدل حرف الـ A على نوع الجبرلين وقد اعطيت الجبرلينات الأولى المعزولة من النباتات الراقية ارقاما  $A_1, A_2, A_3, A_4$  وعلى العموم هناك صفات عامه للجبرلينات يجب ان تتوفر فيها وهي

1. هيكل كاربوني نوع Gibbane Ring
2. ان تكون ذات تأثير وفاعلية موجبه تتوافق مع الاختيارات الخاصة بالكشف عن الجبرلينات وفعاليتها وتأثيراتها.

#### التأثيرات الفسيولوجية للجبرلينات

1. انقسام واستطالة الخلايا
2. الأزهار
3. عقد ونمو الثمار
4. تكوين الأنزيمات خلال الإنبات

#### 4- معوقات أو مثبطات النمو Plant Growth Inhibitors or Retardants

وهي مجموعة من المركبات العضوية غير الغذائية والفيتامينات والتي تؤدي الى أعاقه النمو بتراكيز قليلة جدا واهم هذه المواد هي حامض الأبسيسك Abscisic Acid و السايكوسيل Cycocel والكلتار او Paclobutrazol.

#### التأثيرات البايولوجية لمنظمات النمو في الزراعة النسيجية

أن التأثيرات البايولوجية لمنظمات النمو في الزراعة النسيجية هي ليست مطلقة ولا خاصه ولكن استجابة الخلايا او الانسجة او الاعضاء تختلف بالاعتماد على ظروف الزراعة نوع القطعة النباتية المستخدمة وكذلك الصنف النباتي. لكن من المميزات المهمة والجيدة والتي طورت كثيرا تقنية الزراعة النسيجية هي امكانية استخدامها بصورة منفرد أو كتوليفات او بشكل متسلسل. وبصورة عامه يتأخر طور النمو عند إجراء المعاملات المختلف او تحتاج لبعض الوقت لحين ظهور تأثيرها. وفي ادناه يوضح انواع منظمات النمو المستخدمة في الزراعة النسيجية وتأثيراتها البايولوجية في الزراعة النسيجية :

1- Auxins: Indole-3-acetic acid (IAA), Indole-3-butyric acid (IBA), 2,4-dichlorophenoxy acetic acid (2,4-D), Picloram

1. انقسام الخلايا
2. تحفيز نمو الكالس
3. تحفيز نمو الجذور
4. تميز اوعية الخشب

5. تحفيز نشوء الاجنه الجسمية
- 2- Cytokinins: Zeatin, Kinetin, Benzyl adinen (BAP),  
Thidiazuron(TDZ)
6. أنقسام الخلايا (مع وجود توليفه من الأوكسين والساييتوكاينين)
7. تكاثر الكالس او زيادة نمو الكالس
8. توليد البراعم او السيقان العرضية
9. نمو البراعم الإبطيه
10. تحفيز نشوء الاجنة الجسمية
11. Gibberellins: GA<sub>3</sub> and in some cases GA<sub>4, 7, 9</sub>.....
12. استطالة السيقان
13. محفز نمو بشكل عام
14. Growth Inhibitors: Absisic Acid (ABA)
15. يحفز نضوج الاجنة الجسمية
16. يساعد في تراكم احتياطات التخزين
17. الكمون

من المكونات الأخرى للوسط الغذائي هي:

1. الماء Water
- يعتبر الماء من المكونات الرئيسية في الوسط الغذائي لذا من الضروري الاهتمام بهذا المكون من حيث النقاوة وخلوه من الأملاح.
- تعد عملية تنقية الماء من الشوائب عملية معقدة نوعا ما ويستخدم لهذا الغرض اجهزة التقطير لكن بعض المواد العضوية الطيارة القليلة الوزن الجزيئي قد تتبخر مع الماء اثناء عملية التقطير ثم تذوب وتنزل مع الماء لذا اقترح Bonga سنة 1982 بان يتم التخلص من الماء المقطر المتجمع خلال العشر دقائق الأولية من بدء التقطير. كما من الأفضل عدم خزن الماء المقطر لفترات طويلة في حاويات مصنوعة من البولي اثلين حيث ان هذه الحاويات من الممكن ان تطلق مواد سامه للمزروعات.
2. الفحم المنشط Activated Charcoal
- يقوم الفحم المنشط بادمصاص المواد العضويه وغير العضويه من الوسط الغذائي وتستخدم هذه المادة في انظمة الزراعة النسيجية بشكل كبير. اما تأثيره فهو غير معروف بصورة دقيقة ولكن يعتقد ان للفحم المنشط بعض الوظائف منها:
1. انه يزيل تأثير الملوثات من الأكر
2. يزيل تأثير المواد الثانوية التي يفرزها النسيج النباتي اثناء النمو في الوسط الغذائي وخصوصا المواد الفينولية.
3. ينظم تجهيز منظمات النمو
4. يعطي اللون الأسود للوسط الغذائي مما يقربه من وسط التربه

5. يحفز نمو الأجنه الخضرية

6. يقوم بادمصاص المركبات السامه من الوسط الغذائي مثل 2-(Hydroxy methyl)-5-

Furfural والناج من تحلل السكروز أثناء التعقيم بجهاز الموصده.

ومن المهم ذكره ان نوع الفحم المنشط المستخدم له اهمية كبيره في الزراعة النسيجية وذلك لان

خصائص الأدمصاص تعتمد فيه على مصدر الفحم المنشط. فالفحم المنشط المحضر من

الخشب ( النباتات) يحتوي على كمية كبيره من الكربون مقارنة بالآخر المحضر من العظام

والذي يحتوي على بعض المكونات التي لها تأثير عكسي على الزراعة النسيجية.