الجزء الأول النـــــــمو والتـــــــطور

Croissance & Développement

I. الهرمونات النباتية Phytohormones:

1. تعريف الهرمونات:

الهرمونات النباتية هي مواد عضوية تنتج طبيعيا فى الأنسجة النباتية النشطة بتراكيز منخفضة جداً وتعمل على التحكم والتأثير في عمليات فيزيولوجية معينة (مسئولة عن تنظيم النمو في النبات)، كما أنها غالبا ما تنتقل من مكان بنائها الى مكان تأثيريها. تتحكم الهرمونات النباتية فى نمو وتطور الأعضاء النباتية المختلفة ولا يقتصر تأثيرها على عمليات التمثيل الغذائي بل يتعداها الى الكثير من العمليات الفيزيولوجية المتخصصة.

2. انواع الهرمونات:

تقسم الهرمونات النباتية الى مجموعتين: - مواد منشطة للنمو. - مواد مثبطة للنمو.

1.2. الهرمونات منشطة للنمو:

1.1.2. الأوكسينات Auxines:

الأوكسين هو أول الهرمونات النباتية اكتـــشافا وقد استـــطاع Kogel مع مســـاعديه سنة 1934 إستـــخلاص acide β-Indole acétique (AIA) من القمم النامية لنبات الذرة وقد أطلق عليه لفظ أوكسين وهو مأخوذ من اللغة اليونانية التي تحتوي على المقطع Auxo والذي يعني ينمو وقد أثبت Went عام 1938 تأثير الأوكسين لأول مرة على انحناء غمد الشوفان، قام Kogel و Kastermaus باستخلاص الأوكسين من الخميرة ثم أستخلصه Thimann من فطر *Rhizopus surinus* ووجد أن وزنه الجزيئي يقترب من 175 وأنه نفس مادة acide β-Indole acétique، وثبت فيما بعد أن الأوكسينات توجد في جميع النباتات الوعائية الراقية وتنحصر أماكن تكوينها في المناطق المرستيمية والأنسجة النشطة وأجنة البذور وأن لها خاصية الانتقال القطبي وتختلف سرعته من 0.5 - 15 سم/ساعة تبعا للنوع والعمر ونوعية النسيج الناقل وبعد اكتشافه أصبح يطلق لفظ أوكسين على مجموعة من مركبات تتشابه في تأثيرها الفيزيولوجي رغم تباينها الكيميائي وعموما فإن لفظ الأوكسين يستعمل للدلالة على المادة العضوية التي تزيد النمو زيادة غير عكسية.

1- بناء الأوكسين: يعتقد أن بناء الأوكسين داخل الكائنات النباتية الراقية يتم عن طريق الحامض الأميني Tryptophane

ينتقل الاوكسين نحو الاجزاء الخضرية والمجموع الجذري **قطبيا (وحيد الاتجاه)** وذلك عبر انسجة اللحاء في السيقان وعبر الانابيب الغربالية في الاوراق وعن طريق الاسطوانة المركزية في الجذور.

2- هدم الأوكسين: يتم هدم الاوكسين إما عن طريق الأكسدة الضوئية Photooxidation أو الاكسدة الأنزيمية réactions enzymatique وقد اقترح أن الضوء يؤثر في هدم الاوكسين عن طريق تنشيطه لصبغة الغلافين، وقد ثبت أن مركبي 3-Méthylène 2-oxindole و Indole aldéhyde من أهم نواتج الهدم الضوئي وهما من المركبات المثبطة لذلك من الممكن أن يرجع تثبيط النمو بالضوء أساسا الى تكوين هاتين المادتين في الأنسجة النباتية، أما الهدم الأنزيمي فيتم من خلال نظام إنزيمي يعرف بـ AIA oxydase

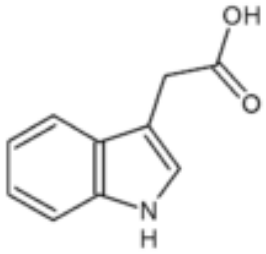
ولقد اتفقت كثير من الدراسات على ان معظم النباتات تحتوى على النظام الإنزيمي AIA oxydase والذى يعمل كوسيط كيمائي لهدم الاوكسين الطبيعى AIA مع انطلاق ثانى أكسيد الكربون واستهلاك الأوكسجين بكميات مماثلة وقد وجد أن جميع الإنزيمات المقترحة تشترك في حاجتها لوجود الفينولات كعامل مساعد.

3- انواع الأوكسينات: لقد أمكن التعرف على العديد من أنواع الأوكسينات وبصورة عامة يمكن تقسيمها الى عدة مجاميع رئيسة :

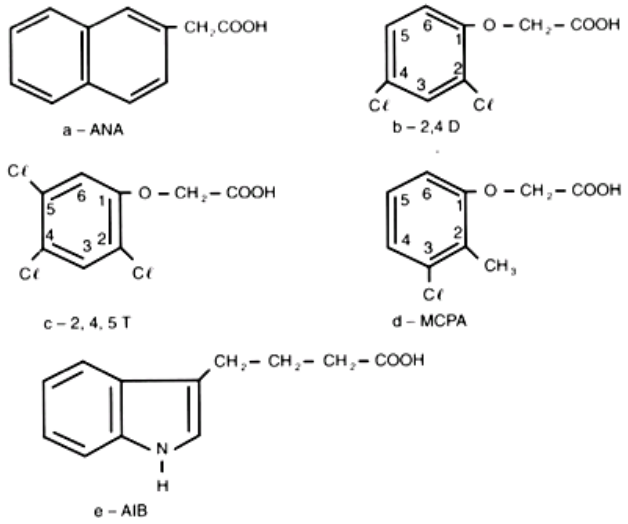
1- الأندولات ومنها acide indole 3- acétique وبرمز له AIA و acide Indole butyrique وبرمز له AIB.

2- مشتقات حمض النفتالين ومنها ANA acide 1- naphtalène acétique

3- مشتقات حمض الكلوروفينوكسي مثل 2,4-D acide 2,4-dichlorophenoxy acétique.



Acide indole 3- acétique AIA



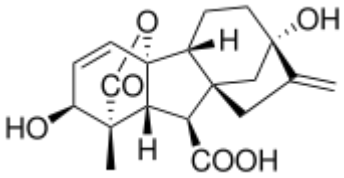
الشكل1: الصيغ الكيميائية لبعض انواع الأوكسينات

4- وظائف الأوكسينات: يعمل على:

1- تحفيز الانقسام الخلوي واستطالة الخلايا.
2- يحفز النمو الثانوي بزيادة خلايا الكامبيوم.
3- التحفيز على تمايز الأنسجة مثل أنسجة الخشب واللحاء، وتمايز الأجزاء النباتية كالبراعم الخضرية والبراعم الزهرية.
4- تحفيز تكون الجذور العرضية في العقل.
5- المعاملة بالاكسين تطيل العمر الخضري للنبات.
6- تحفيز السيادة القمية وتثبيط نمو البراعم الجانبية كما في البطاطا والأعناب والحمضيات.
7- تحفيز عقد الثمار.
8- انتاج ثمار خالية من البذور.
9- يؤثر في الانتحاء الضوئي والجنري.
10- يمنع تكوين الازهار (يستعمل في انتاج المحاصيل الورقية والخضروات).

2.1.2. الجبرلين Gibbérellines:

اكتشف الجبرلين باليابان حيث عزله Kurasawa سنة 1926 من فطر *Gibberella fujikurai* الذى كان ينمو مع نباتات الأرز ويسبب لها الرقاد نتيجة استطالة النباتات بشكل غير عادى لما ينتجه من إفرازات كانت غير معروفة إلى أن تم عزل الجبرلين وثبت أيضا وجوده فى النباتات الزهرية وقد أعطت لهذا الهرمون رمز GA والذي أعطى أرقاماً GA_3,GA_2,GA_1 ...، نظرا لاكتشاف عديد من الصور التي تصل إلى اكثر من 80 حمض ويعتبر GA_3اكثر الجبرلينات شيوعا ونشاطا.



الشكل 2: الصيغة الكيميائية للجبرلين

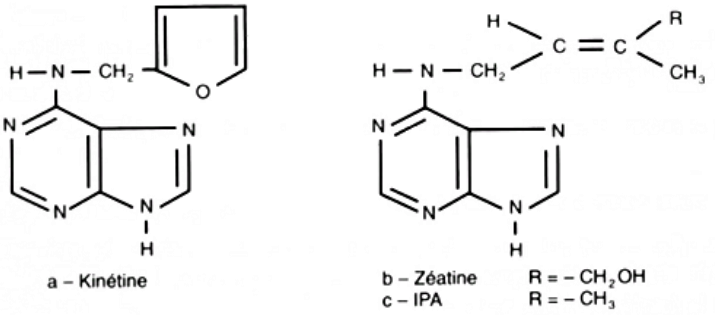
1- بناءه وانتقاله: يتم بناء الجبرلين حيويا بالقمة النامية الطرفية للنبات خاصة تلك الأوراق الحديثة غير كاملة النمو إلى جانب بناءه بالخلايا الخارجية لقمم الجذور الطرفية الخارجية .وينتقل الجبرلين من مكان بناءه إلى مكان تأثيره فى جميع الاتجاهات ويرتبط فى انتقاله بسرعة انتقال العصارة الناضجة فى النبات حتى يصل لمكان تأثيره عبر انسجة الخشب واللحاء.

2- تأثيرات الجبرلين الفيزيولوجية:

1. كسر سكون البذرة الفيزيولوجي مما يزيد من نسبة الإنبات وانتظامه واختصار مدته.
2. تخفيض مدة الارتباع أو تعويضها تماماً.
3. تنشيط نمو البراعم الساكنة ويستفيد من ذلك فى كسر سكون براعم درنات البطاطا حديثة النضج.
4. تنشيط انقسام واستطالة الخلايا مما يزيد من النمو الخضري خاصا النمو الطولي ولكن لمدة قصيرة يعقبها بطئ النمو.
5. تزهر نباتات النهار الطويل المعاملة به تحت ظروف النهار القصير أي انه يعوض تأثير النهار الطويل فقط.
6. تسرع المعاملة به من تقصير فترة الطفولة كما فى الخرشف والموز.
7. يساعد على تكوين ثمار بكرية كما فى الخوخ والمشمش والتفاح.
8. يضاعف من حجم حبات العنب ويزيد طول حامل الحبات.
9. يؤخر من اكتمال نمو ونضج الثمار وحدوث الشيخوخة مما يسمح بفترة تسويق طويلة فى المشمش والبرقوق والموز.

3.1.2. السيتوكينين Cytokinines:

اكتشف فى عام 1941 فى لبن جوز الهند وفى 1964 ثم تمكن Jehan واخرين من اكتشافه فى النبات الزهرية. واكتشف تحت اسم Kinétine إلا انه ثبت أن السيتوكينين الطبيعى فى معظم النباتات هو Zéatine، وقد تم استخلاص الهرمون من الذرة وثبت أنه أقوى من الكنيتين فى بعض الاختبارات الحيوية، وقد أشار الكثيرين إلى عدم وجود الكينيتين فى الأنسجة النباتية بل يوجد الزياتين بدلا منه وثبت أن السيتوكينين يتم بناءه فى القمم النامية للجذور ويتم انتقاله خلال الخشب ليؤثر فى العمليات الفيزيولوجية داخل باقى النبات.



الشكل 3: الصيغة الكيميائية للسيتوكينين

وظائف السيتوكينين:

1- اهم خصائص ووظائف السيتوكينين هو تأثيره على انقسام الخلايا وهذه الصفة تتخذ أساساً لإثبات وجود السيتوكينين فى العديد من الاختبارات الحيوية.
2- إيقاف أو تأخير التحلل والموت.
3- التأثير دخول النسيج النباتي فى الشيخوخة
4- إيقاف إيقاف التساقط ومنعه مثل تساقط الأوراق والأزهار والثمار.
5- يمنع الاصفرار لتأثيره الموجب على البروتين والأحتفاظ بمادة الكلوروفيل ومنع تحللها ويعتبر ذلك أحد الاختبارات الحيوية الدالة عليه، وقد أمكن استغلال تلك الفكرة فى تخزين بعض المحاصيل الورقية كما فى الخس والبقدونس وقد وجد انه ينقص من معدل تنفس بعض المحاصيل الورقية فيساعد بذلك على تخزينها كما فى السلق.
6- يزيد من بناء RNA بينما يضل DNA دون تأثير عند المعاملة بالكينيتين وغيره من السيتوكينينات وقد وجد أن الزيادة كانت مؤقتة لمدة 15 دقيقة بعدها يعود مستوى RNA إلى مثيله فى النباتات غير المعاملة.
7- يمنع أو يثبط النشاط الإنزيمي الخاص بجميع العمليات الفردية للشيخوخة مثل منعه لنشاط إنزيمي Dehydrogenase الخاص بدورة pentose phosphate كما يساعد على انخفاض نشاط إنزيم الريبونيوكليز حيث انه من المعروف أن دخول النسيج النباتي فى الشيخوخة يصحبه زيادة فى نشاط الريبونيوكليز.

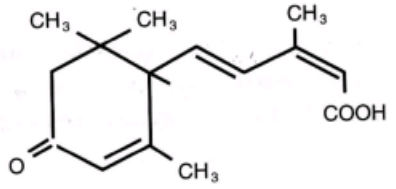
8- ومن التطبيقات الهامة للسيتوكينين هو تأثيره هي السيادة القمية فتؤدى المعاملة به تشجيع تكوين البراعم الجانبية فى الورقة ومن تأثيراته إنهاء طور الراحة فى نباتات الفاكهة وقد أمكن إنتاج بعض أنواع الفاكهة بكرياً كما فى المانجو بالمعاملة بالكينيتين مع مخاليط من GA .

2.2. الهرمونات مثبطة للنمو:

تؤدى معيقات النمو إلى إعاقة أو تثبيط النمو بتقليل تأثير المنشطات السابقة الذكر فيظهر تأثيرها على النمو والتطور وتتمثل في حمض الأبسيسيك وغاز الإيثيلين.

1.2.2. حمض الأبسيسيك Abscissic Acid (ABA) Acide Abscissique:

تحصل Okuma سنة 1963 على مادة معيقة للنمو من نبات القطن وفى عام 1964 تمكن Addicott وآخرون من جامعة كاليفورنيا من دراسة ظاهرة التساقط (الأوراق والثمار) فى نبات القطن أيضاً وأمكن عزل وتعريف تلك المادة الهرمونية المسببة للتساقط عرفت باسم Abscissin II تميزا لها عن مادة Abscisin السابقة عزلها ولم يحدد وقتها تركيبها الكيماوي، وقد أخذت هذه المادة تسميتها من تأثيرها فى إحداث منطقة الانفصال Abscission zone فى الورقة وبتحديد تركيبها البنائي وجد أنها مادة Dormin المشتركة فى سكون البراعم وعلية فمادة Dormin هي مادة Abscisin ، يبنى حمض الأبسسيك فى الأنسجة والأوراق البالغة التامة النمو.



الشكل 4: الصيغة الكيميائية لحمض الأبسيسيك

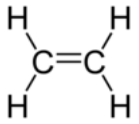
تأثيرات حمض الأبسسيك الفيزيولوجية:

1. الشيخوخة والتساقط يسرع من فقد الكلوروفيل ويسرع من دخول العضو فى طور الشيخوخة ويؤدى إلى تساقط الأوراق والثمار.
2. يثبط نمو القمة النامية فى بادرات النجيليات والسويقة فوق الفلقتين للشوفان وبادرات الأرز.
3. يحدث حمض الأبسيسيك حالة سكون فى بعض متساقطات الأوراق والنباتات الخشبية كما يطيل سكون درنات البطاطا وبراعم الموالح.
4. يمنع الإنبات إذا عوملت به البذرة.
5. يمنع الإزهار فى نباتات النهار الطويل منعا كاملا.
6. تؤدى المعاملة إلى زيادة محصول درنات البطاطس وربما يفسر ذلك على أساس تثبيط النمو الخضري.

2.2.2. الإيثيلين Ethylene:

ينتج الإيثيلين بشكل طبيعي من قبل بعض أنواع الفاكهة ومنها التفاح والأجاص، هذا الغاز مسئول عن العديد من التغيرات التي تصاحب عملية نضج الفاكهة، كتغير اللون والليونة، في عام 1910 لاحظ Cousinsعند شحن البرتقال مع الموز في حاوية واحدة فإن الموز ينضج مبكرا. ويستخدم المزارعون التجاريون الإيثلين لغرض إنضاج المحاصيل التي يتم جنيها قبل أن يكتمل نضجها كالموز والأجاص، ويرجع الفضل فى اكتشافه إلى تطوير جهاز الفصل الكروماتوغرافى بالغازات Chromatographie à gaz-liquide.

وقد ترجع بداية قصة الإيثيلين إلى ملاحظة أن غاز الإنارة Gaz d'illumination يؤثر على نمو النبات ويسبب تساقط الأوراق فقد وجد أن الإيثيلين يسبب اصفرار ثمار الحمضيات كما يسرع إنضاج ثمار التفاح.



الشكل 5: الصيغة الكيميائية للايثيلين

1- البناء الحيوى للأثيلين: يعد الحامض الأميني المثيونين Methionineهو البادئ لإنتاج الإيثلين وقد أمكن التحقق من ذلك باستخدام نظير الكاربون 14.

2- التأثيرات الفيزيولوجية لغاز الإيثلين:

1- يؤثر الإيثلين على إنبات البذور ونمو البادرات وعلى تحمل الضغط الميكانيكي الواقع عليها من حبيبات التربة أثناء إنباتها وذلك بزيادة سمكها وبالتالى زيادة قوتها الميكانيكية والتقليل من ضرر الاحتكاك بحبيبات التربة.

2- يؤثر الإيثلين على فترات السكون في البذور والدرنات والأبصال والبراعم فقد وجد أن للأثيلين تأثيرا على نمو براعم درنات البطاطا وتشير أبحاث كثيرة إلى أن الايثيلي يزبد من نمو براعم كثيرة في الايصال والجذور والعقل الخشبية.

3- يشجع بدء تكوين ونمو الجذور والشعيرات الجذرية ولكنه يقلل من استطالتها وكذلك يقلل استطالة السيقان.

4- له دور منظم في استجابة السيقان والجذور للجاذبية الأرضية (الانتحاء الأرضي) والانتحاء الضوئى للسيقان وعلى السيادة القمية.

5- يؤثر في بدء التساقط الصيفى.

6- للإيثيلين دور هرمونى مهم في تشجيع تكوين البراعم الزهرية لبعض المحاصيل فقد شجع إزهار الأناناس والقطن وزيادة عدد الأزهار المؤنثة في القرعيات.

7- يساعد على إنبات حبوب اللقاح ونمو أنبوب اللقاح.

8- يساعد على بدء عملية النضج وقد اثبتت الابحاث الحديثة أنه تحت الظروف الطبيعية يتراكم تركيز فيزيولوجي داخل الانسجة كاف لبدء نضج الموز والبطيخ والطماطم والتفاح وغيرها.

9- حديثا وجد أن لهذا الغاز علاقة مباشرة بتصنيع البروتين من خلال تأثيره على معدل تصنيع البروتين ونوعيته عن طريق تحكمه في تصنيع ARN وإنتاج الأنزيمات.