الفصل الرابع

الهرمونات النباتية ودورها في زراعة الأنسجة النباتية

4-1- مقدمة:

تلعب الهرمونات النباتية دورا هاما في توجيه النمو بتقنيات زراعة الأنسجة المختلفة. تؤثر بشكل مباشر في التشكل النباتي وقي مظاهر النمو المختلفة الممكن ملاحظتها في الخزعات النباتية المختلفة المزروعة داخل الأنابيب. يختلف تاثير الهرمونات النباتية بحسب الأنواع النباتية وحسب طبيعة الخزعات النباتية المزروعة وحسب نوع الهرمون ومرحلة الزرع.

وتعرف الهرمونات النباتية بكونها مركبات عضوية تنتجها النباتات وتحدث تأثيرات تنظيمية في استقلاب النباتات تنعكس على مظاهر النمو المختلفة . وتعد مركبات غير نوعية حيث يمكن أن تؤثر في أكثر من مظهر من مظاهر النمو المختلفة. تؤثر الهرمونات النباتية بتراكيز خفيفة جدا وفي أماكن بعيدة عن أماكن اصطناعها. وتصبح مواد مثبطة للنمو إذا استخدمت بتراكيز مرتفعة مثل 2-4 D (دي كلورو فينوكسي أستيك أسيد) يؤثر بالانقسام الخلوي بتراكيز خفيفة ومبيد اعشاب بتراكيز مرتفعة.

تؤثر منظمات النمو في عمليات النمو المختلفة كالانقسام الخلوي- الاستطالة – التجذير – نمو البراعم الجانبية- الازهار وتكوين الثمار.....الخ.

تقسم الهرمونات النباتية إلى خمس مجموعات وهي:

1- الأوكسينات.
2- السيتوكينينات
3- الجبريلينات
4- الايثلين
5- مثبطات النمو مثل حمض الابسيسيك أسيد.

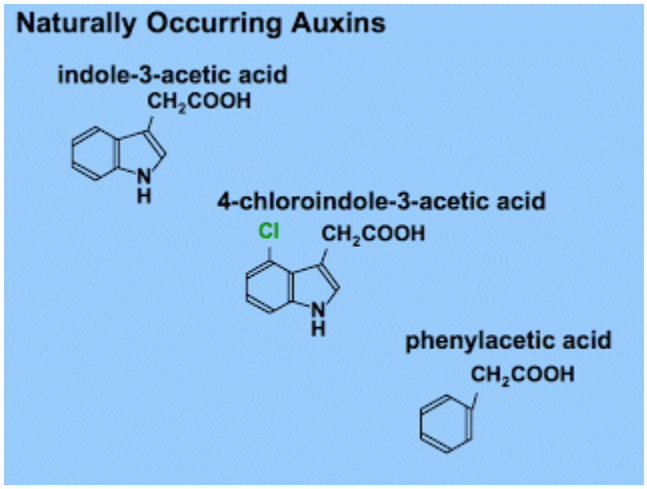
4-2- الأوكسينات Auxins :

يعود أصل الكلمة إلى اللغة اللاتينية Auxen وتعني النمو، أي المواد التي تؤثر في النمو. يعد العالم Went (1928) أول من استخدم كلمة أوكسين حيث تمكن بوساطة اختباره الشهير المسمى اختبار الشوفان من كشف ومعايرة الأوكسين، حيث قام بقص وإزاحة قمة بادرة الشوفان من نهايتها العلوية مما أدى إلى توقف نموها واستطالة البادرة ، وعندما أعاد قمة البادرة إلى مكانها لاحظ أن البادرات قد استأنفت

نموها. فسر Went تجربته بان هناك مادة محرضة تتكون بالقمم النامية وتنتقل إلى الساق لتحريضه على الاستطالة وهذه المادة ما أطلق عليها الأوكسين.

اكتشفت الأوكسينات في عدد كبير من الأنواع النباتية، وقد دلت الأبحاث ان الأوكسين الطبيعي أندول أستيك أسيد(Indol acetic acid) يوجد بالنبات في أشكال مختلفة.

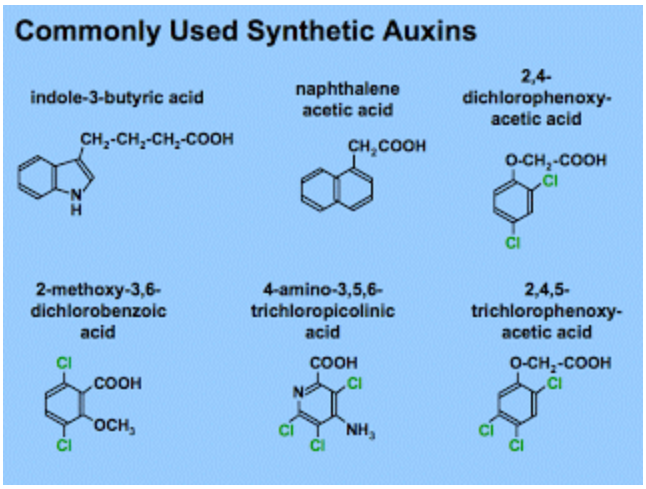
- الشكل الحر غير مرتبط
- طلائع الأوكسين مثل مركب التربتوفان وهو طليعة الIAA .
- الأوكسينات المرتبطة وهي معقدات الأوكسين مع مركبات اخرى مثل البروتينات أو الفيتامينات مثل IAAاينوزيتول، والIAA اسباراتيك أسيد.

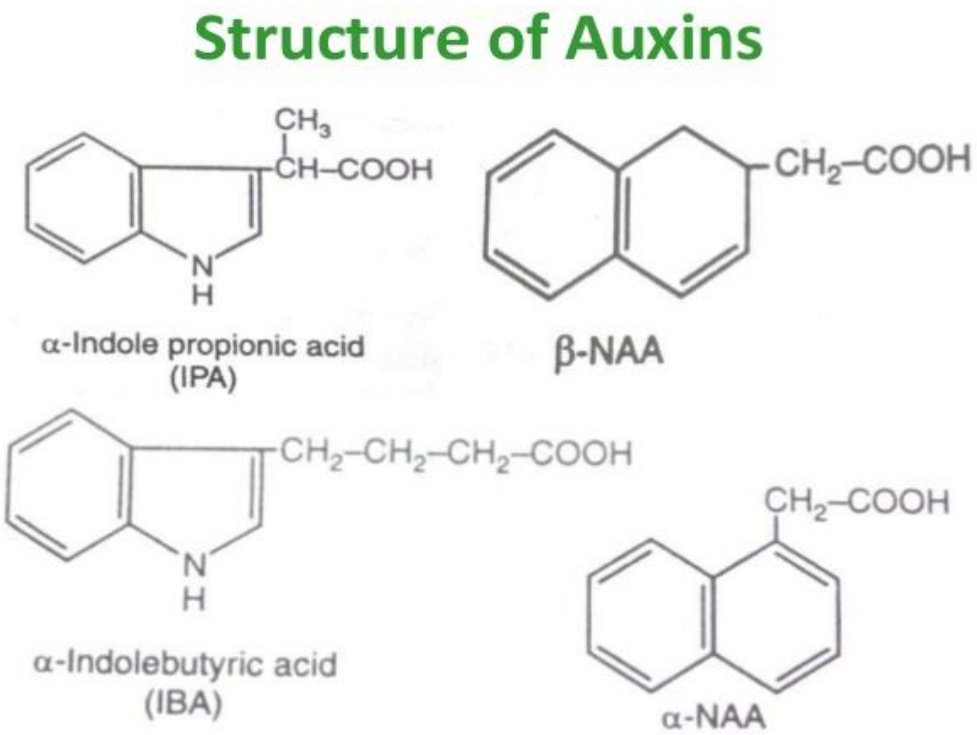


الشكل (4-2): الصيغة الكيميائية لبعض الأوكسينات الطبيعية

يتم اصطناع الأوكسينات بشكل أساسي في القمم النامية الخضرية والأوراق الفتية وفي الثمار الفتية التي لم يكتمل نموها اثناء مرحلة تكوين البذور والأجنة. تنقل الأوكسينات عبر اللحاء من الأعلى إلى الأسفل وإلى المجموعة الجذرية عبر اللحاء.

يوجد العديد من الأوكسينات ذات التراكيب الكيميائية المختلفة ونذكر فيما يلي التركيب الكيميائي لاهم الأوكسينات المستخدمة بزراعة الأنسجة النباتية (شكل 4-2).





الشكل

الشكل (4-2): التركيب الكيميائي للأوكسينات الصناعية

ولابد من الذكر من وجود بعض المركبات التي لها نشاط أوكسيني ولكنها قليلة الاستعمال في زراعة الأنسجة النباتية مثل :

- أندول أسيتونتريل (IAN Indole acitonitril).
- أندول استيك أسيد آلانين (IAA Alanin).

- أندول استيك أسيد اسباراتيك (IAA-Asparatic).
- أندول استيك أسيد غلايسين (IAA-Glycin).
- أندول استيك أسيد فينيل آلانين (IAA-Phenyl alanine).

التاثيرات الفيزيولوجية للأوكسينات:

تلعب الأوكسينات دورا هاما في تنظيم النمو في النباتات بشكل عام فهي تؤثر فيزيولوجيا في مظاهر النمو التالية:

1- استطالة خلايا الأوراق والسوق.
2- تكشف الخلايا والأعضاء النباتية.
3- تكوين ونشأة الأزهار وتطورها والعقد وتكوين الثمار وتكوين الأجنة والبذور.
4- تساقط الأوراق والأزهار والثمار بالإضافة لتكوين الثمار البكرية.
5- اتجاه النمو الانتحاء الضوئي للأوراق والسوق الهوائية والانتحاء الأرضي للجذور.
6- السيادة القمية ونمو البراعم الجانبية.

كما تلعب الأوكسينات دورا هاما في تقنيات زراعة الأنسجة النباتية وتؤثر في :

أ- الانقسام الخلوي وتكوين الكالوس.
ب- الاستطالة الخلوية والطولية للنموات الخضرية المكاثرة بزراعة النسج.
ت- تكوين البراعم ونموها بدءا من الكالوس.
ث- تجذير العينات النباتية المزروعة بالنسج. وتكوين الجذور على الخزعات غير المتمايزة.
ج- تكوين النباتات الكاملة بدءا من عينات غير متمايزة كالكالوس وتكوين سلالات متباينة وراثيا.
ح- تساعد في انقسام ونمو المعلقات الخلوية والجذور الشعرية وإنتاجها من المواد الفعالة.
خ- تلعب دورا في تكوين الأجنة الخضرية وانباتها.

ولا بد من الذكر بان الأوكسينات قد تؤثر في مظاهر النمو لوحدها أو بالتعاضد مع السيتوكينينات والجبريلينات. سيتم إعطاء بعض الأمثلة في هذا الفصل على دور الأوكسينات في تطور الخزعات النباتية المزروعة داخل الأنابيب.

- تكوين خلايا الكالوس وإكثارها في مزارع الأنسجة النباتية:

تشجع الأوكسينات المضافة إلى الوسط المغذي على الانقسام الخلوي في الخزعات النباتية المزروعة داخل الأنابيب او الأنقسام الخلوي وتكوين الكالوس في مزارع المعلقات الخلوية. ويعمل الأوكسين في زيادة

اصطناع الأحماض النووية وتنشيط اصطناع البروتينات وعمل الأنزيمات وتنشيط كافة التفاعلات الكيميائية اللازمة لتامين المواد الضرورية للإنقسام الخلوي مثل تنشيط عمل الأنزيم RNA Polymerase الذي يساهم في اصطناع الاحماض النووية ،كما لوحظ بأن الأوكسينات تساهم في نسخ الصفات الوراثية الموجودة في ال RNA وال DNA ، كما أوضحت التجارب بأن الأوكسين يؤثر أيضا في استقلاب النبات والخلايا والتي تؤدي إلى زيادة الانقسام والاستطالة الخلوية وزيادة النمو النباتي.

إن إضافة الأوكسين إلى الوسط المغذي عامل ضروري لا يمكن الاستغناء عنه لتكوين الكالوس . يختلف نوع الأوكسين المضاف وتركيزه والنوع النباتي في تكوين الكالوس، ففي النخيل مثلا تم الحصول على الكالوس عند استخدام أوكسين ال2.4.D بتركيز 100 مغ/ل (المعري ، 1995). كما تم الحصول على الكالوس باستخدام تراكيز منخفضة في نباتات اخرى لا تتجاوز أجزاء أو عدة ملغرامات من الأوكسين

كما يمكن الحصول على الكالوس عند استخدام أنواع اخرى من الأوكسين غير ال2.4.D مثل الNAA

ولابد من الذكر اخيرا بأن وجود الأوكسين ضروري لتكوين الكالوس ولاكثاره والمحافظة عليه من التدهور وخاصة في الأنواع النباتية الحساسة حيث يستخدم تراكيز خفيفة من الأوكسين.

- **هدم الأوكسين** : يتم هدم الأوكسينات عندما تزداد نسبتها في النبات عن الحد الطبيعي المسموح به . وتتم عملية الهدم بطريقتين :

الأكسدة الضوئية: حيث يتحلل الأوكسين عند تعرضه للضوء وخاصة الأشعة فوق البنفسجية ويتفكك ويتحول إلى مركبات غير فعالة. يتوجب أخذ الحيطة عند تحضير وتخزين الهرمون في مخابر زراعة الأنسجة بتخزين المحاليل الهرمونية في البراد وفي أوعية زجاجية داكنة اللون. يستدل على تفكك الأوكسين داخل المحلول وتخربه عند تحول لون المحلول الهرموني إلى اللون الأصفر او الأسمر.

- الأكسدة الأنزيمية: تساهم بعض الأنزيمات مثل البيروكسيداز والIAA Oxidase بأكسدة الأوكسين وتحويله إلى مركبات غير فعالة كما هو بالمعادلة التالية:

IAA +H2O2 + O2 ---------- 3-methylenoxydole +H2O + CO2

كما يمكن أن ينتج أندول ألدهيد من تخريب الأوكسين بالأكسدة الأنزيمية.

3-4- السيتوكينينات Cytokinins :

بدأت محاولات الكشف عن السيتوكينين في وقت متأخر بالمقارنة مع الأوكسينات ففي عام 1941 لاحظ العالمان Van Overbeec and Blakeslee وجود مادة في حليب جوز الهند قادرة على تنشيط الانقسام الخلوي عند إضافتها إلى الوسط المغذي لزراعة النسج. وفي عام 1952 تمكن الباحث ستيوارد

وزملائه من عزل مادة 1,3, diphenyl uree من سائل جوز الهند، وأوضحوا تأثيرها الإيجابي في تنشيط الانقسام الخلوي. وبعدها تتالت الأبحاث وتم أكتشاف العديد من المركبات التي تحفز الانقسام الخلوي. استعملت كلمة سيتوكينين لأول مرة من قبل الباحث Skoog وزملاؤه عام 1965 ، حيث أطلقوها على مركبات منتجة طبيعيا مثل الكينتين أو مركبات صناعية ذات تأثير منشط للانقسام الخلوي.

توجد السيتوكينينات تقريبا في أغلب الأنسجة النباتية، فهي عالية التركيز في الجذور والبذور والثمار الغضة والأجنة.

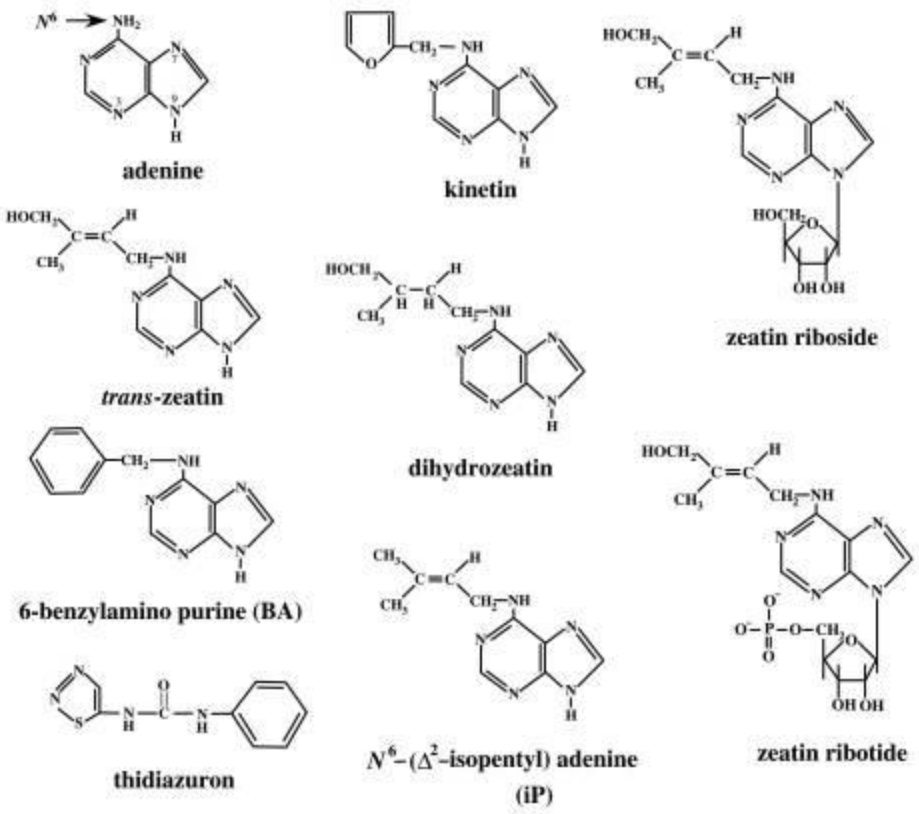
قديما كان يقال يتم اصطناع القسم الأعظم من السيتوكينين في الجذور والقسم آخر في الثمار غير الناضجة والبذور اثناء تكوين الأجنة ونمو الثمار. وقد دلت الأبحاث الحديثة وخاصة بعد استخدام الوراثة والفيزيولوجيا الجزيئية بأنه يتم اصطناع السيتوكينين في القمم الجذرية وفي القمم الخضرية وفي خلايا الكامبيوم وفي الأعضاء النباتية الغضة غير الناضجة مثل الثمار والبذور(Miyawaki et al, 2003; Osugi and Hitoshi,2015).

تنتقل السيتوكينينات إلى الأجزاء العلوية من الشجرة مع النسغ الناقص بواسطة الأوعية الخشبية. كما تنتقل من الأجزاء العلوية إلى الأجزاء السفلية في النبات عبر الأوعية الغربالية، كما يوجد قسم صغير من السيتوكينين يتم تصنيعه في أماكن تأثيره في البذور والثمار في مرحلة النمو. ويوضح الشكل (4-3) التركيب الكيميائي لبعض السيتوكينينات الطبيعية والاصطناعية المستخدمة بزراعة النسج.

4-3-1- التركيب الكيميائي للسيتوكينينات:

تقسم السيتوكينيات إلى ثلاث مجموعات:

1- السيتوكينينات الطبيعية التي تم اكتشافها في الأنسجة النباتية، ومنها المركبات التالية :
- سيس زياتين cis- Zeatin (cZ).
- ترانس- زياتين trans-Zeatin (tZ).
- ديهيدرو زياتين Dihydro Zeatin (DZ).
- إيزوبنتيل آدنين iso-Penthyl adenine (iP).
- أورثو توبولين ortho Topolin (oT).



شكل (4-3): التركيب الكيميائي لبعض السيتوكينينات

2- السيتوكينينات الصناعية: تشمل المركبات التي لها نشاط سيتوكينيني والتي تم تصنيعها تجاريا ومنها:
- الكينتين Kinetin (K).
- 6-بنزيل أمينوبيورين 6-Benzyl aminopurine (BAP).
- التديازورون Tidiazouron (TDZ).

3- السيتوكينينات المرتبطة : وهي المركبات التي ترتبط مع مركبات عضوية في الأنسجة النباتية والتي لها نشاط سيتوكينيني ومنها:
- سيتوكينين + ريبوزيد مثل الزياتين ريبوزيد Zeatin Riboside (ZR).
- سيتوكينين+ ريبوتيد Cytokinin-Ribotide .
- سيتوكينين+ أدينوزين مثل isopenthyl-adinosine .
- سيتوكينين+ غلوكوزيد Cytokinin-glycoside . (Osugi & Hitoshi Sakakibara, 2015 Azami).

4-3-2-التأثيرات الفيزيولوجية للسيتوكينينات:

تلعب السيتوكينينات دورا هاما في النمو النباتي فهي تؤثر كعامل محفز في العديد من المظاهر الفيزيولوجية في النبات مثل الانقسام الخلوي ، السيادة القمية ، تكوين البراعم ، نمو البراعم الجانبية وتكوين الثمار البكرية، كما تلعب دورا مثبطا في بعض المظاهر النمو الأخرى مثل تكوين الجذور- الاستطالة الخلوية واستطالة النموات الخضرية والجذور ، الإزهار...

كما تلعب دورا مؤازرا لهرمونات أخرى في بعض مظاهر النمو مثل تساعد بتكوين الكالوس مع الأوكسين ، وزيادة الكتلة الحية المزروعة بالنسج.

4-3-3-تأثير السيتوكينين في مجال زرع الأنسجة النباتية:

تلعب السيتوكينينات دورا هاما في الانقسام الخلوي، فقد دلت الأبحاث على أن السيتوكينين ينشط اصطناع البروتينات اللازمة للانقسام الخلوي. ويشجع تكوين الأحماض النووية DNA & RNA . كما يحفز السيتوكينين التبادل الشاردي عبر الأغشية الخلوية ويؤثر في النفاذية الخلوية ، كما تنشط السيتوكينينات عمل بعض الأنزيمات مثل نترات ريدوكتاز، الآميلاز، الكاتالاز والبروتين فوسفوريلاز وأنزيمات أخرى مما يؤدي إلى زيادة الاستقلاب الخلوي.

وقد وجد بالتجربة بانه يوجد نوعا من التآزر بين الأوكسين والسيتوكينبن بـتأثيرهما في الانقسام الخلوي. حيث وجود السيتوكينين لوحده يكون تأثيره ضعيف ويزداد الانقسام الخلوي بشكل كبير بوجود توازن بين الأوكسين والسيتوكينين في الوسط المغذي. ينفرد الأوكسين في تثبيط الاستطالة الخلوية الطولية ويشجع النمو الخلوي القطري والشعاعي، وهذه الظاهرة تلاحظ في طور الإكثار لكثير من الأنواع النباتية مثل الإجاص والمشمش والورد (ALMaarri et al., 1986; 2007)، عند زيادة تركيز السيتوكينين يزيد معدل الإكثار وينخفض متوسط استطالة النموات الخضرية المتكونة.

تؤثر السيتوكينينات في تمايز وتطور الكلوروبلاست ، حيث لوحظ أن كالوس التبغ المزروع في وسط يحوي سيتوكينين وبوجود الضوء تتحول البروبلاست إلى كلوروبلاست وتعطي الكالوس اللون الأخضر الفاتح . ومن التأثيرات الهامة للسيتوكينينات قدرتها على تكوين براعم في أنسجة غير متمايزة مثل الكالوس أو أجزاء من ساق او ورقة، وتؤثر أيضا في نمو البراعم الجانبية وتحد من السيادة القمية، وهذا التأثير الفيزيولوجي في غاية الأهمية حيث قاد إلى تطبيقات هامة في تقنية التكاثر الخضري الدقيق. يعطي إضافة السيتوكينين إلى وسط المغذي في طور الإكثار الفرصة لنمو البراعم الجانبية أو تكون براعم عرضية جديدة ونموها مما يؤدي إلى تكوين معدل إكثار عال. والأمثلة كثيرة جدا في هذا المجال، فقد تمكن العالم جونز وزملائه عام 1977 من الحصول على

معدل إكثار اكثر من ثلاثة بالشهر في التفاح بوجود 1 مغ /ل من الBAP. أما فيما يتعلق بتكوين البراعم العرضية ونموها في النخيل فهذا يتطلب إضافة الأوكسين والسيتوكينين إلى الوسط المغذي بتوازن لصالح السيتوكينين (ALMaarri & ALGhamdi, 1997). كما لا بد من الإشارة إلى الدور المثبط للسيتوكينينات في تكوين الجذور في تقنيات زراعة الأنسجة النباتية.

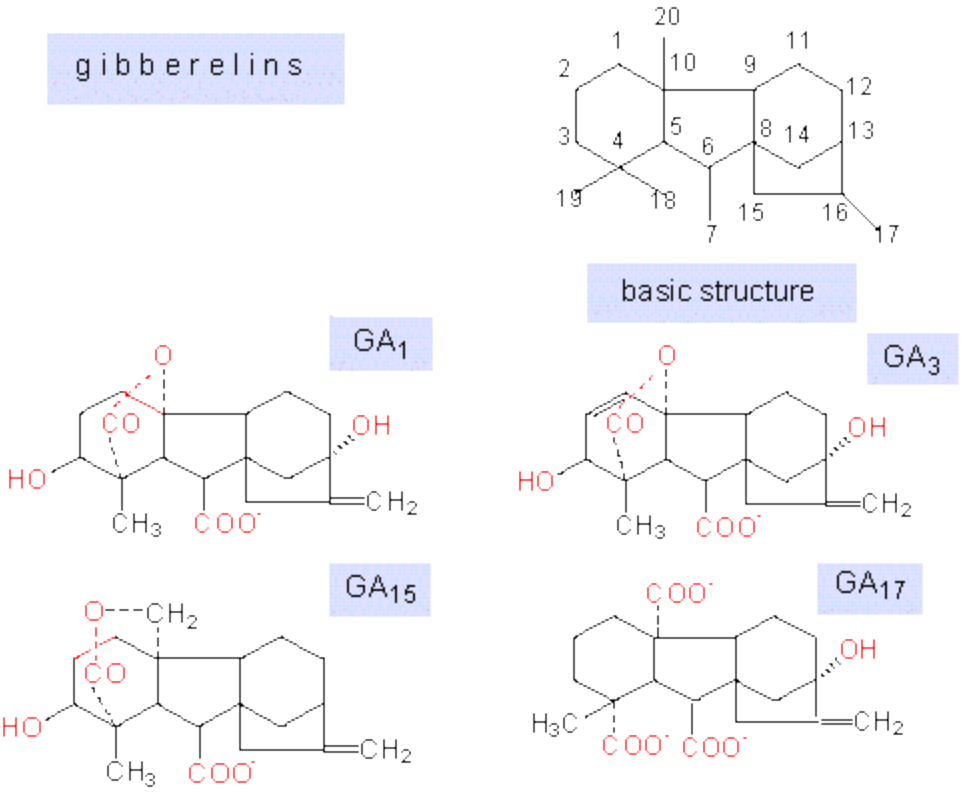
ولابد من الذكر أخيرا بانه يوجد تأثيرات فيزيولوجية اخرى للسيتوكينينات في النبات مثل اصطناع البروتينات والاحماض النووية، وفي تنشيط الاستقلاب في النبات وفي تكوين الدرينات في المحاصيل الدرنية وفي تكوين الثمار البكرية وفي نمو ثمار أشجار الفاكهة....

4-4- الجبريلينات Gibberellins :

اكتشفت الجبريلينات من قبل العالم الياباني كوروساوا Kuroswa في عام 1926 بطريقة الصدفة، عندما لاحظ أن نبات الرز يصاب بمرض البادرة السخيفة (Bakane) نتيجة العدوى بفطر Gibberella fujikuroi الذي يسبب استطالة غير طبيعية في المسافات العقدية للنباتات المصابة مما يسهل رقادها. وقد وجد هذا العالم عند إضافة مستخلص الفطر إلى نباتات سليمة يؤدي إلى إصابتها بمرض الرقاد. وفي عام 1939 تمكن الباحث Yabuto من عزل هذه المادة على شكل بلوري وسميت بالجبريلين نسبة إلى الفطر جبريلا. وبعدها تتالت الكشوفات عن مواد لها نشاط مادة الجبريلين في النباتات الراقية وقد تم عزل حتى(1980) 52 جبريلين وسميت من حمض الجبريلين 1 حتى حمض الجبريلين 52(GA1-GA52) وحدد تراكيبها الكيميائية(Maziliac, 1981). ولحد تاريخه تم اكتشاف أكثر من 120 مركب في النباتات الراقية تتبع عائلة الجبريلين.

4-4-1- التركيب الكيميائي للجبريلينات :

تقسم الجبريلينات إلى مجموعتين، مجموعة تحوي 20 ذرة كربون ومجموعة ثانية تحوي 19 ذرة كربون فقط. تشترك جميع الجبريلينات في أن ذرة الكربون السابعة تشكل جزءا من مجموعة كربوكسيل(COOH). تختلف الجبريلينات بشكل بسيط في تركيبها الكيميائي وتكمن في نقاط ثانوية لجذر ال OH ، وذلك في مواقع ذرات الكربون 2 أو 3 أو 13 . ونورد فيما يلي التركيب الكيميائي لبعض الجبريلينات المستخدمة في زراعة الأنسجة النباتية (الشكل 4-4):



الشكل (4-4): التركيب الكيميائي لبعض الجبريلينات

تصطنع الجبريلينات في النباتات الراقية بدءا من طليعة الجبريلين وهو حمض الميفالونيك (Mevalonic acid). تصنع بشكل أساسي في القمم النامية الخضرية والجذرية وفي الأوراق الغضة الفتية، وفي الثمارالغضة والبذور أثناء تشكل الأجنة. يتم اصطناع الجبريلين في الصانعات الخضراء وفي البروتوبلازم على مستوى الخلايا النباتية. يتم انتقال الجبريلينات في جميع الاتجاهات وذلك عبر اللحاء والخشب، وقد اكتشف العديد من الجبريلينات في النسغ الناقص لعدد كبير من النباتات مثل العنب والتفاح والبندورة.....

4-4-2-التأثيرات الفيزيولوجية للجبريلينات:

يقوم الجبريلين بتأثيرات فيزيولوجية واضحة في النمو النباتي الخضري والثمري بشكل عام ويمكن إيجازها بمايلي:

1- ينشط الجبريلين النمو الطبيعي لبعض النباتات القزمية ويحد من ظاهرة التقزم الوراثي.
2- يحرض إنبات البذور وكسر طور سكونها كما له دور واضح في كسر سكون البراعم في الأشجار الخشبية.
3- يعمل الجبريلين على استطالة السوق الزهرية وتشجيع الإزهار في بعض النباتات ذي الحولين.
4- يحرض الجبريلين على استطالة الأفرع الثمرية وكبر حجم الثمار كما في العنب.
5- يساعد الجبريلين على خف الأزهار والثمار العاقدة في بعض أنواع الأشجار المثمرة.
6- ينشط الجبريلين تكوين الثمار البكرية في بعض أشجار الفاكهة.
7- يلعب دور أساسي في تنشيط بعض الأنزيمات وفي اصطناع البروتينات وفي استقلابها مما يؤدي إلى تنشيط العمليات الحيوية وتنشيط النمو والاستطالة.

4-4-3-التأثيرات الفيزيولوجية بزراعة النسج:

يمكن تلخيص الدور الفيزيولوجي للجبريلينات في مجال زراعة الأنسجة النباتية بمايلي:

1- تنشط الجبريلينات الاستطالة الخلوية بشكل أساسي. واستطالة النموات الخضرية الطولية.
2- تساهم في تنشيط الانقسام الخلوي.
3- تعمل على تنشيط اصطناع الأوكسينات وتزيد فاعليتها، كما تمنع تهدم الأوكسين مما يؤدي إلى زيادة النمو وتنشيط الانقسام الخلوي
4- تحافظ الجبريلينات على فتوة الأنسجة النباتية ، كما تساهم في تجديد فتوة النباتات الهرمة مع السيتوكينين.
5- تساهم في كسر طور سكون الأجنة والدرينات الدقيقة المنماة بالأنابيب.
6- تساعد في إنتاج بعض المواد الفعالة بزراعة النسج.

4-5- الإيتلين ومركباته:

يعد الإيتلين الهرمون الغازي الوحيد ويسمى أيضا هرمون الإنضاج لأنه يكثر في الثمار الناضجة. يتم اصطناع الايتلين من مركب الميثيونين حيث يتحول بوجود الاوكسيجين وبعض الأنزيمات إلى الايتلين. ولا يحصل هذا التحول في الثمار الخضراء بل في الثمار التي اكتمل نموها. يتم تهدم الايتلين بشكل سريع في الأنسجة ويتحول إلى مركبات استقلابية أخرى.

4-5-1- التأثيرات الفيزيولوجية للإيتلين:

1- ينشط ويسرع إنضاج بعض ثمار الفاكهة مثل الموز.
2- يسرع في انفصال الغلاف الخارجي لبعض ثمار النقل مثل الجوز والبيكان.

3- يسرع في تساقط الأوراق عن طريق تكوين طبقة الانفصال بسرعة مما يسهل القطاف الآلي في بعض أشجار الفاكهة كالزيتون والعنب.
4- يسرع في هرم الأوراق وفقد اليخضور منها.
5- يساعد في خف الأزهار والثمار في بعض أشجار الفاكهة.
6- يثبط نمو البراعم الجانبية في بعض المحاصيل والخضراوات مثل البصل والبطاطا.
7- يساهم في تنظيم الإزهار في بعض نباتات الفاكهة مثل الأناناس.

يستخدم الايتلين بزراعة النسج للأغراض التالية:

1-كسر طور سكون بذور بعض النباتات قبل زرعها داخل الأنابيب مثل بذور البطاطا وعباد الشمس.

2- يمكن استخدامه في بعض الحالات كمنشط لتجذير الخزعات النباتية أثناء التكاثر الخضري الدقيق.

3- يشجع تكوين الأجنة الخضرية في بعض الحالات بالتعاضد مع الأوكسين.

ولابد من الذكر اخيرا بعض المركبات التي تنتج الايتلين ومن أهمها الإيتفون Ethephon والإثيرل Ehterel ، وهي أسماء تجارية.

4-6- مثبطات النمو :

اكتشف كثير من المركبات الكيميائية التي تعمل على تثبيط نمو الخلايا والأنسجة النباتية ، إذا زاد تركيزها داخل النبات عن حد معين. ومن هذه المواد:

حمض السناميك Cinamic acid ،

بعض اللاكتونات مثل حمض الكوماريك Cumaric acid

حمض الأبسيسيك Absissic acid .

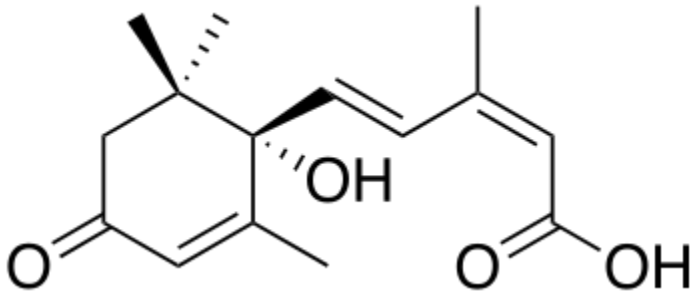
المركبات الفينولية مثل الأورثوفينول.

هذا ويوجد عدد كبير من المركبات العضوية الطبيعية والصناعية التي تثبط النمو النباتي (Macmillan, 1980). سيتم التركيز في هذا المجال على المواد المستخدمة في مجال زراعة الأنسجة النباتية، التي تشمل حمض الأبسيسيك والمركبات الفينولية.

4-6-1- حمض الأبسيسيك :

يصنف الفيزيولوجيون هذا المركب ضمن الهرمونات النباتية، رغم أنه يعمل على تثبيط نمو الأنسجة النباتية ، وهذا لا يتوافق مع دوره الفيزيولوجي. يبرر ذلك على أساس أن حمض الأبسيسيك (ABA) يؤثر في النمو بتراكيز خفيفة جدا أقل من 1مغ\ل، حيث يلعب دور رسول كيميائي في تنظيم النمو ، كما يعمل على المحافظة على حياة النبات عند تعرض النبات للإجهادات الحيوية واللاحيوية حيث يعد هرمون المحافظة على البقاء أو هرمون العوز. ومن هذا المنطلق يعد هذا المثبط كهرمون نباتي يتدخل في النمو والتطور.

يتواجد الABA بكميات كبيرة في البذور والبراعم الساكنة وفي الأوراق الهرمة وتكون نسبته قليلة جدا في الأنسجة الفتية . يتم اصطناع حمض الأبسيسيك في الأوراق البالغة ومنها ينتقل إلى مختلف الأنسجة عبر الأوعية الغربالية مثل الأوكسين. ويوضح الشكل (4-5) التركيب الكيميائي لحمض الأبسيسك.



الشكل (4-5): التركيب الكيميائي لحمض الآبسيسيك

4-6-2-التأثيرات الفيزيولوجية لحمض الأبسيسيك:

يلعب حمض الأبسيسيك دورا هاما في سكون البراعم والبذور بشكل عام يمنع نمو وانبات البذور والبراعم ، فعند إضافته إلى البذور التي خرجت من طور سكونها يجعلها تدخل في طور سكون ثانوي كما هو الحال في التفاح (Mazliac, 1981).

يسرع الABA تساقط الأوراق حيث لوحظ ازدياد تركيزه في الأوراق في مرحلة تساقطها.

يتدخل حمض الأبسيسيك في ردود فعل النبات على الإجهادات الحيوية واللاحيوية مثل الجفاف – الملوحة- الصقيع.....، ففي هذه الحالات يلاحظ ازدياد تركيز ال ABA في مناطق التماس مع الوسط الخارجي في الأوراق والجذور. يلاحظ ازدياد تركيزه في الأنسجة ومسامات الأوراق عند تعرض النبات للعطش الشديد حيث يعمل على المحافظة على المسامات بشكل مغلق لتجنب البخر والنتح وبالتالي يتم المحافظة على الماء

الداخلي للنبات، كما يساهم في نفس الوقت في تسريع امتصاص الماء في الخلايا الجذرية وبالتالي تحقيق نوع من التوازن المائي في الأنسجة مما يجعل النبات يقاوم ظروف الجفاف بشكل كبير.

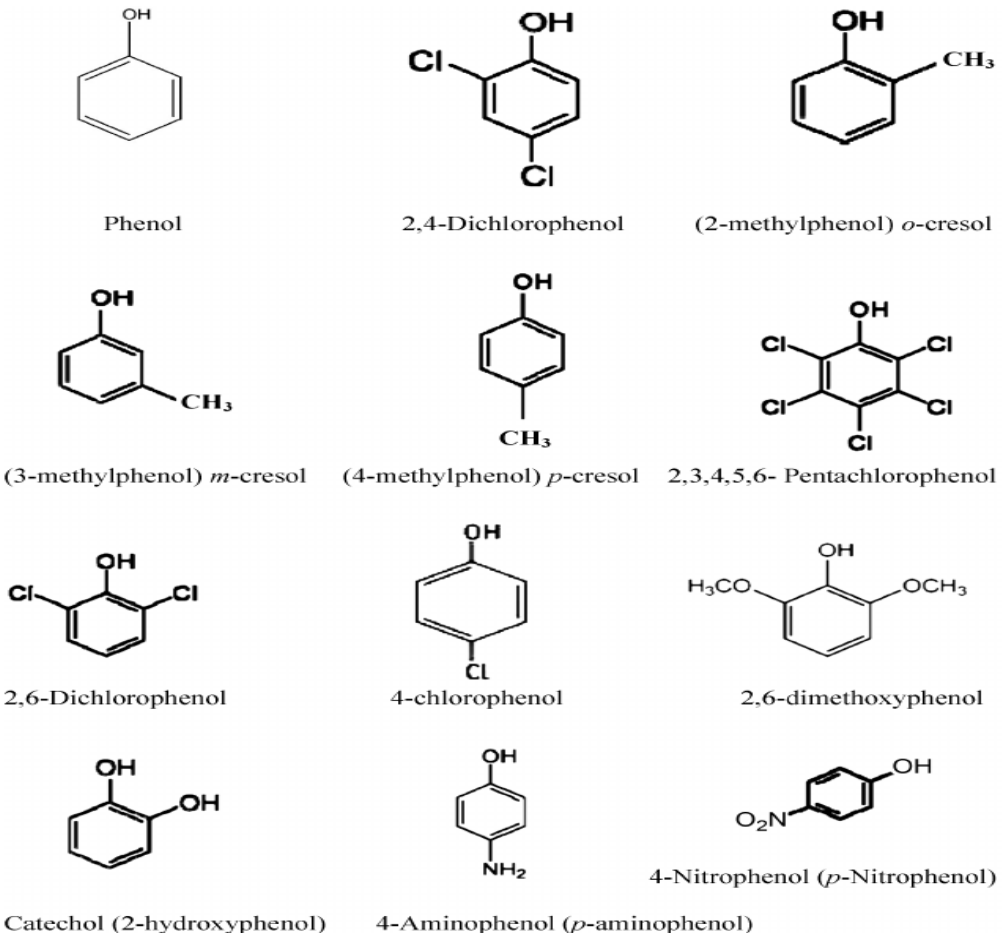
أما فيما يتعلق بزراعة الأنسجة النباتية لا يستخدم حمض الأبسيسيك إلا في حالات خاصة حيث يمكن استعماله كمضاد للجبريلين في تثبيط النمو والاستطالة والسكون والانبات. كما يستخدم في حفظ المادة النباتية بزراعة الأنسجة عن طريق تخفيف النمو وإطالة الفترة الزمنية بين عمليات النقل ففي السوسن مثلا تم الحصول على إطالة الفترة الزمنية بين عمليات النقل وصلت إلى ستة أشهر (ابو زيدان ، 2017).

4-6-2- المركبات الفينولية:

توجد المركبات الفينولية بغزارة في مختلف الأنسجة النباتية ويختلف تركيزها باختلاف الأنواع النباتية وفصل النمو وبحسب الأجزاء النباتية.

تتركب المركبات الفينولية من الفينيل آلانين وتضم مجموعة كبيرة من المركبات نذكر على سبيل الذكر لا الحصر ، حمض كلوروجينيك Chlorogenic acid ، الفلوروغليسينول Phloroglucinol ، الأورثوفينول Orthophynol ، الفلورودزين Phlorodzin .، دي كلوروفينول، دي ميتيل فينول، م كيرزول ، 4 كلوروفينول.....الخ.

ويوضح الشكل (4-6): بعض الفينولات الموجودة في الخلايا والأنسجة النباتية.



الشكل (4-6): التركيب الكيميائي لبعض الفينولات

تعد المركبات الفينولية من أكبر المنتجات الثانوية ذات الوزن الجزيئي المنخفض التي يتم اصطناعها في النباتات . يوجد اكثر من 8000 مركب يتبع هذه المجموعة (Sedighi et al.,2014). للمركبات الفينولية تأثيرات كبيرة في حقول كثيرة من الحياة مثل الغذاء ، الكيمياء، الصيدلة والطب. ولها تأثيرات بيولوجية كمضادات اكسدة ومضادة للفطريات والبكتريا والحشرات....، كما لها دورا مهما في حفظ الأغذية وإنتاجها والمحافظة على صحة النبات والحيوان والإنسان. حيث يزداد إنتاجها عند تعرض النبات للإجهادات الحيوية واللاحيوية.

تلعب المركبات الفينولية بشكل عام كعامل مثبط للنمو بشكل معاكس ومضاد لعمل الأوكسينات. لكن دلت بعض الأبحاث على وجود بعض المركبات الفينولية التي تعمل على حماية الأوكسين الطبيعي من التدهور وبالتالي فهي تساند الأوكسين في تأثيره على نمو الخزعات النباتية داخل الأنابيب. مثل الفلوروغلوسينول الذي يزيد من قدرة عينات التفاح المكاثرة بالأنسجة على التجذير عند إضافته إلى الوسط المغذي(James

et al.,1981). تعمل المركبات الفينولية بشكل عام على تثبيط النمو وتسبب اسمرار الأجزاء النباتية وتعيق نموها ، حيث تتحول هذه المركبات بوجود بعض الأنزيمات مثل بولي فينول أوكسيديز Polyphynol oxidase وأنزيمات البيروكسيديز Pyroxidases التي تعمل على أكسدة المركبات الفينولية إلى مركبات سامة مثل الكينون وتؤدي إلى اسمرار الأنسجة وتحللها ثم موتها. وهذه الظاهرة تسبب مشكلة فيزيولوجية كبيرة في مجال زراعة الأنسجة النباتية كما هو الحال في النخيل (المعري ، 1995) .

تلعب المركبات الفينولية دورا هاما كمضادات أكسدة ، حيث تعمل على حماية الأنسجة النباتية ومنع تطور الخلايا السرطانية في النبات من خلال تنظيم انتقال الأوكسينات والأنزيمات وبالتالي تعيق تكوين الدرينات السرطانية في النبات (Rasouli et al.,2016).