الهرمونات النباتية ومنظمات النمو
Plant hormones (Phytohormones) & Growth regulators

عبارة عن مجموعات هرمونية طبيعية التكوين والإنتاج ومختلفة في التركيب الكيميائي ومتباينة في تأثيرها البيولوجي تتكون داخل الأنسجة الحية لأفراد المملكة النباتية الراقية منها والبدائية

منظمات النمو: هي مركبات عضوية غير المغذيات والتى بكميات صغيرة تشجع promote أو تثبط inhibit أو تحور modify العلميات الفسيولوجية فى النبات.وهي مواد مصنعة أو مستخلصة من مصادر نباتية

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

هرمونات النمو Growth hormones : هى الهرمونات التى تنظم النمو

منظمات التزهير Flowering requltores : هى المنظمات التى تؤثر على الأزهار.

هرمونات التزهير Flowering hormones : هى الهرمونات التى تشجع منشئات الأزهار وإنمائها.

تقسم الهرمونات النباتية إلى :

منشطات النمو (الأوكسينات ، الجبرلينات ، السيتوكينينات)

الإيثيلين

مثبطات النمو مثل (حمض الأبسيسيك ، الفينولات)

لمحة تاريخية

يعود الفضل في اكتشاف أول أوكسين في نبات الشوفان للعالم الأمريكي وِنْت عام ١٩٢٨، إذْ تبين أن قمّة السويقية تفرز الأوكسين الذي يؤدي إلى استطالتها. ويُعتقد أنه ينتقل حيوياً من مراكز تكوينه ذات التركيز المرتفع إلى أماكن أخرى ذات التركيز المنخفض أو الخالية منه تماماً، وذلك ابتداءً من القمة الطرفية للمجموعة الخضرية وانتهاءً في القاعدة السفلية للمجموعة الجذرية في النباتات القائمة، أما في النباتات الأفقية الوضع والموازية لسطح التربة فتنتقل الأوكسينات فيها من الجانب العلوي للسوق والجذر إلى جانبها السفلي مما يؤدي إلى انحناء النباتات حين استطالتها ونموها.

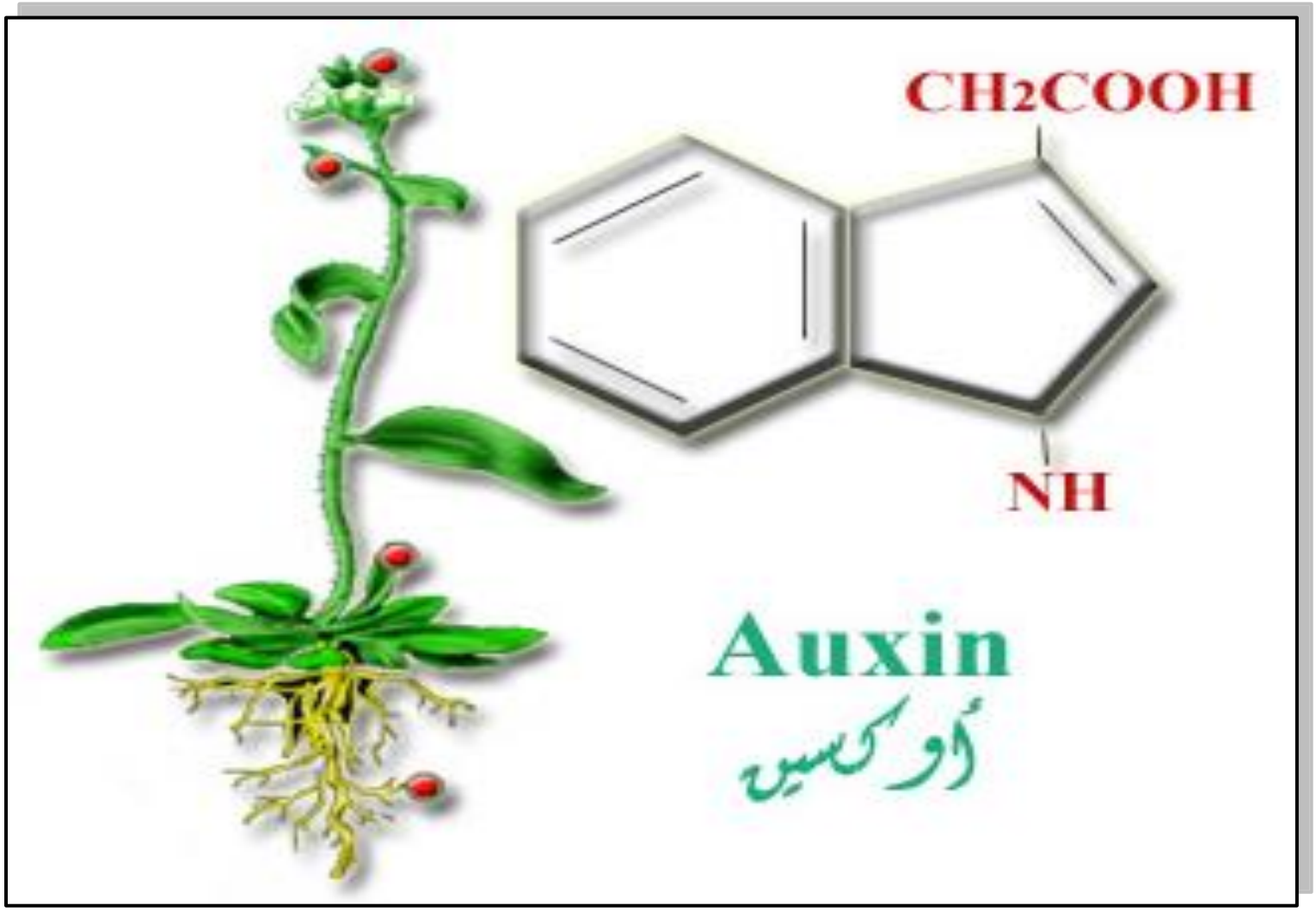
في عام ١٩٣٥ عَزَل ثيمان حمض الإندول الخلي indoleacetic acid (IAA) من وسط زراعة الفطر *Rhizopus*، وحَدَّد تركيبه الكيمياوي، وجرى لاحقاً اكتشاف مواد عدة ذات نواة إندولية وغير إندولية تتميز بنشاط أوكسيني في النسج النباتية.

في عام ١٩٤١ اكتشف السيتوكينينات من قبل العالمان فان دفربيك وبلاكسلي في حليب جوز الهند، وتبين أنها تنشط الانقسام الخلوي النباتي حين إضافتها إلى الوسط المغذي لزراعة النسج.

وفي عام ١٩٥٥ استطاع العالمان ميللر وسكوغ عزل الكينيتين من نسيج التبغ المكاثر في الأنابيب الزجاجية in vitro

وفي عام ١٩٦٥ استخدم المصطلح سيتوكينين أول مرة من قبل العالمين سكوغ وكول في الدلالة على المركبات الطبيعية أو الصنعية التي لها تأثير منشط في الانقسام الخلوي.
وفي عام ١٩٢٦ اكتشف العالم كوروساوا مصادفة الجبريللينات في مستخلص الفطر *Gibberella fujikuroi* التي تسبب استطالة غير طبيعية للمسافات بين العقد في نبات الأرز المصاب بهذا الفطر، وتمكن الباحث يابوتو من عزل الجبريللينات على شكل بللوري من الفطر المذكور. وأمكن حتى اليوم عزل نحو٥٢ نوع من الجبريللينات ((GA1GA52وتحديدها.
في عام ١٩٠١ أمكن تحديد تأثير الإثيلين في تخفيض استطالة النموات الخضرية، وجرى في عام ١٩٣٥ من قبل العالم كروشيريه وآخرين تصنيف الإثيلين غازاً هرمونياً وحيداً يمكنه أن يسرع في إنضاج الثمار وتساقطها.
وفي عام ١٩٦٥ عزل مثبط النمو حمض الأبسيسيك abscisic acid (ABA) من جوز القطن من قبل أديكوت وآخرين وتبين أنه يسبب سقوط ثمار القطن، كما عُزل من نبات الترمس في عام ١٩٦٥ من قبل العالم وين

الأوكسينات
Auxins



الأوكسينات - Auxins

الأوكسين هو أول الفيتوهرمونات اكتشافا حيث أمكن استخلاصه من القمم النامية لنبات الذرة وقد أطلق عليه لفظ أوكسين وهو مأخوذ من اللغة اليونانية التي تحتوى على المقطع Auxo والذي يعنى زيادة To grow. ثبت فيما بعد أن الأوكسينات توجد فى جميع النباتات الوعائية الراقية وينحصر أماكن تكوينها فى المناطق المرستيمية والأنسجة النشطة وأجنة البذور وان لها خاصية الانتقال القطبي وتختلف سرعته من (٠,٥- ١,٥ سم/ ساعة) تبعا للنوع والعمر ونوعية النسيج الناقل . وبعد اكتشافه اصبح يطلق لفظ أوكسين على مجموعة من مركبات تتشابه فى تأثيرها الفسيولوجي رغم تباينها الكيميائي وعموما فان لفظ الأوكسين يستعمل للدلالة على المادة العضوية التي تزيد النمو زيادة غير عكسي على طول المحور الطولي إذا أعطيت بتراكيز ضئيلة للنباتات وقد اقترح أن الأوكسين ينتقل قطبيا خلال البلازما بواسطة حامل بروتيني وان هذا الحامل غنى بالحمض الأميني الحلقي.

إن الأكسين الحقيقى داخل الخلية هو إندول حمض الخليك IAA) Indol Acetic Acid) ويطلق عليه بتروأوكسين ويوجد له نظام أنزيمى بالخلايا يبنى المزيد منه عند الحاجة ونظام آخر لهدمه عند رغبة النبات فى التخلص منه أو عند إرتفاع تركيزه عن اللازم

انواع الاوكسينات في النبات

أندول حامض البيروفيك، أندول حامض البروبيونيك، إندول حامض الجليكوليك، إندول حامض الجلاي أوكسيل

انواع الاوكسينات الصناعية

فمعظمها تختلف فى التركيب عن الاندول إذ تكون أحماض فينوكس أوئفثالين لكن تأثيرها الهرمونى يشبه الاوكسين ومنها نفتالين حامض الخليك NAA ومجاميع الفينوكس مثل ٤,٢ داى كلوروفينوكسى وحامض الخليكيثايل كلوروفينوكسى وحامض الخليك (MCPA) اراكلووفينوكسى و حامض الخليك ((PCPA) وغيرها الكثير.

عمل الاوكسينات

ان الاوكسينات تنتج من القمم النامية للنبات، وتؤدي إلى زيادة نمو الساق في الطول، وزيادة لدونة ومرونة خلايا النبات، مما يؤدي إلى استطالتها وهذا فعل غير قابل للعكس فتتابع الخلايا نموها وزيادة حجمها باضطراد ولأن هذه الهرمونات تقل في الجهة المضاءة وتزداد في الجهة المقابلة، وهي تحرض على النمو، لذلك يقل نمو الناحية المضاءة ويزداد نمو الجهة المقابلة فيتجه النبات نحو الضوء . وكذلك فان الأوكسينات تحرض معدل انقسام الخلايا النباتية، مع زيادة محتواها من الحامض النووي DNA والبروتين، وزيادة تدفق السوائل إلى داخل الخلية مما يؤدي لانقسامها السريع

وبالتالي نمو النبات عرضيا بزيادة عدد الخلايا في انسجته المختلفة . لأن ألأوكسين يشجع نمو الجذور العرضية على العقد الساقية القريبة من الأرض فتستخدم الأوكسينات كهرمونات تجذير لأنها تحرض نمو الجذور في العقل المعاملة بالأوكسين وتطيل العمر الخضري للنبات وتمنع تكوين الأزهار وتستغل هذه الخاصية في إنتاج المحاصيل والخضار الورقية. تعامل بعض النباتات بالأوكسينات لإنتاج ثمار خالية من البذور ومنع ظهور البراعم على درنات البطاطا المخزنة.

الجبريلليناتGibberellins

وهي مجموعة من الهرمونات النباتية التي تنتجها الأوراق النباتية الحديثة والقمم النامية في الجذور والسيقان، وتتميز هذه الهرمونات باحتوائها على حامض الجبريليك الذي يعمل على استطالة الخلايا النباتية وتكوين الثمار اللابذرية، وهو يتغلب على تقزم الساق الوراثي، ويزيد من إنتاج الأفرع الجانبية وخاصة الزهرية مما يزيد من عدد الأزهار اوالثمار فيزداد الإنتاج

والهرمونات التي تضاف إلى النبات الآن، هي مشابهة في تركيبها وتأثيرها الخلوي للمركبات السابقة وتتطابق معها في التسمية أيضا

تأثيرات الجبرلين الفسيولوجية

كسر سكون البذرة الفسيولوجي دون الحاجة للتنضيد لتعوضه الاحتياجات الضوئية مما يزيد من نسبة الإنبات وانتظامه واختصار مدته وتنشيط نمو البرعم الساكن ويستفيد من ذلك فى كسر سكون براعم درنات البطاطا حديثة النضج والعمل على تنشيط انقسام واستطالة الخلايا مما يزيد من النمو الخضري خاصة 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 وتزهر نباتات النهار الطويل المعاملة به تحت ظروف النهار القصير أي انه يعوض تأثير النهار الطويل فقط وان المعاملة به تسرع من تقصير فترة الطفولة كما فى الخرشوف والموز ويساعد على تكوين ثمار بكرية كما فى الخوخ والمشمش والكمثرى والتفاح يضاعف من حجم حبات العنب ويزيد طول حامل الحبات اضافة الى انه يؤخر من اكتمال نمو ونضج الثمار وحدوث الشيخوخة مما يسمح بفترة تسويق طويلة فى المشمش والبرقوق والموز

السيتوكينيات Cytokinins

اكتشف فى عام ١٩٤١ فى لبن جوز الهند ثم تم اكتشافه بعد ذلك فى النبات الزهرية.

واكتشف تحت اسم الكينتين الا انة ثبت أن السيتوكينين الطبيعى فى معظم النباتات هو الزياتين.

وظائف السيتوكينين

اهم خصائص ووظائف السيتوكينين هو تأثيره على انقسام الخلايا وهذه الصفة تتخذ أساساً لإثبات وجود السيتوكينين فى العديد من الاختبا رات الحيوية. التأثير على ما يعرف بال Phytogerontology من ناحتين وهي تأخير دخول النسيج النباتي فى الشيخوخة والموت. إيقاف التساقط ومنعه مثل تساقط الأوراق والأزهار والثمار. ومن خصائص السيتوكينين انه يمنع الأصفرار لتأثيره الموجب على البروتين والأحتفاظ بمادة الكلوروفيل ومنع تحللها ويعتبر ذلك أحد الأختبا رات الحيوية الدالة علية. وقد أمكن استغلال تلك الفكرة فى تخزين بعض لمحاصيل الورقية كما فى الخس والبقدونس وقد وجد انه ينقص من معدل تنفس بعض المحاصيل الورقية فيساعد بذلك على تخزينها كما فى السلق. ويجذب كثير من المواد والعناصر إلى مكان وجود الكينيتين أو الزينتين أوالبنزيل ادينين ومن هذه المواد الأيونات الغير العضوية وجزيئات عضوية مثل السكر والأحماض الأمينية وايضا غالبية عصارة الخشب واللحاء فيتجه تيارها إلى البقعة التي بها السيتوكينين ويطلق على ذلك تأثير Phytogerontology ويزيد من بناء RNA بينما يظل DNA دون تأثير عند المعاملة بالكينيتين وغيره من السيتوكينينات وقد وجد أن الزيادة كانت مؤقتة لمدة ١٥ دقيقة بعدها يعود مستوى RNA إلى مثيله فى النباتات غيرالمعاملة

ويمنع أو يثبط النشاط الإنزيمي الخاص بجميع العمليات الفردية للشيخوخة مثل منعه لنشاط إنزيمي Dehydrogenase الخاص بدورة pentosephosphate كما يساعد على انخفاض نشاط إنزيم الريبونيوكليز حيث انه من المعروف أن دخول النسيج النباتي فى الشيخوخة يصحبه زيادة فى نشاط الريبونيوكليز ومن التطبيقات الهامة لسيتوكينين هو تأثيرها في السيادة القمية فتؤدى المعاملة به الى تشجيع تكوين البراعم الجانبية فى الاوراق ومن تأثيراتها إنهاء طور الراحة فى نباتات الفاكهة وقد أمكن إنتاج بعض أنواع الفاكهة بكرياً كما فى المانجو بالمعاملة بالكينيتين مع مخاليط من GA

الإيثيلينات Ethylenes

لما كانت السنوات الماضية قد اكدت من خلال الدراسات المكثفة ان الأثيلين يجب اعتباره هرمونا نباتيا فان هذا يعنى انه استغرق اكثر من ٩٠ عاما ليتحول الشك الى يقين ولعل من الأسباب التى أدت الى تأخير اكتشافه كونه غاز متطاير يؤثر فسيولوجيا بتراكيز ضئيلة للغاية ويرجع الفضل فى اكتشافه الى تطوير جهاز الفصل الكروماتوجرافى بالغازات Gas-Liquid Chromatography وقد يرجع بداية قصة الأثيلين الى ملاحظة ان غاز الأنارة Illumination gas يؤثر على نمو النبات ويسبب تساقط الأوراق فقد وجد في عام ١٩٢٤ ان الأثيلين يسبب اصفرار ثمار الموالح كما يسرع من انضاج ثمار التفاح. وان الاثيلين تستخدم فى عمليات الانضاج و اعطاء اللون المميز للفاكهة مثل مادة الايثيفون (الإيثريل) التى تستخدم مع التفاح و الموز و الطماطم و معظم الثمار كمصدر لغاز الايثيلين المسبب

للنضج وللون و الرائحة المميزة للثمار .

بعض العلاقات الفسيولوجية لغاز الأثيلين

في عام ١٩٦٢ وجد ان 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:

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. ويؤثر الاثيلين على فترات السكون فى البذور والدرنات والابصال والبراعم فقد وجد ان للأثيلين تأثير على نمو براعم درنات البطاطا وتشير أبحاث كثيرة الى أن الأثيلين يزيد من نمو براعم كثيرة من الكرومات و الابصال والجذور والعقل الخشبية و يشجع بدء تكوين ونمو الجذور والشعيرات الجذرية ولكن يقلل من استطالتها وكذلك استطالة السيقان مع تشجيعه للزيادة فى نموهم الجانبي. وهناك أيضا العديد من الأدلة التى تشير الى ان له دورا منظما فى استجابة السيقان والجذور للجاذبية الأرضية. وتشير الابحاث على أن هناك علاقة قوية بين بدء التساقط الصيفى والزيادة فى كمية الأثيلين فى الأنسجة. لذا في مرحلة الازهار نجد ان للأثيلين دور هرمونى هام فقد شجع أزهار الأناناس وشجع تكوين ثمار القطن وقد وجد انه يشجع على بدء تكوين البراعم الزهرية فى ابصال الأيرس وزيادة عدد الأزهار المؤنثة

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

Growth Inhibitors

تعمل على إعاقة أو تثبيط النمو بقليل تأثير المنشطات السابقة الذكر فيظهر تأثيرها على النمو والتطور وتقسم المثبطات تبعاً لتركيبها الكيميائي وفعلها الحيوي إلى :

حامض الأبسيسك - Abscisic Acid

أهم تأثيرات حامض الابسيسيك:

دفع النبات نحو الشيخوخة. تثبيط نمو الفرع. دفع نباتات النهار القصير نحو الازهار. تأخير تفتح الأزهار. تشجيع تساقط الأوراق. تشجيع نضج الثمار. تأخير الانبات.

أما عن مثبطات النمو الصناعية فيختلف التأثير المثبط تبعاً لطبيعة وطريقة إحداثها المتبع بداخل الخلية.

ثانيا: الفينولات – Phenols

تستخدم معظمها كمبيدات حشائش فى المحاصيل المختلفة لذا يكن لها تاثير مثبط للنمو

كثيراً ما تتداخل هذه المنظمات في تأثيرها ووظائفها. اهم الاستخدامات لها هو:

١) تشجيع تجذير العقل
٢) عقد الثمار ومنع تساقطها
٣) خف الثمار
٤) التحكم في الأزهار
٥) زيادة طول الساق ـ استطالة الخلايا ـ التغلب على التقزم في النباتات
٦) التغلب على سكون البراعم والبذور وتنشيط البراعم الساكنة
٧) تشجيع العقد البكرى في الثمار
٨) تأخير النضج والشيخوخة
٩) تحفيز انقسام الخلايا
١٠) إنضاج الثمار
١١) مبيدات للحشائش
١٢) السيادة القمية ـ وقف نمو البراعم الجانبية

الهرمونات النباتية ومنظمات النمو
Plant hormones (Phytohormones) & Growth regulators

Plant hormones (phytohormones) هي عبارة عن مجموعة من المركبات العضوية غير الغذائية والفيتامينات وهي طبيعية التكوين والإنتاج داخل انسجة وخلايا النبات ومختلفة في التركيب الكيميائي ومتباينة في تأثيرها البيولوجي وتنتج بكميات قليلة جدا (اقل من ١ مليمول وغالبا اقل من ١ مايكرومول) ولها تاثير فسلجي (تحفيز او تشجع promote أو تثبط inhibit أو تحور modify) ,ومن امثلتها الاوكسينات، الجبرلين، السايتوكينينات، الايثلين، حامض الابسيسيك، البراسينوستروید.

Plant regulation : مركبات طبيعية تنتج في النبات ولم يثبت لها دور هرموني واضح ولكن وجد لها دور في تنظيم نمو النبات وتطوره ومنها حامض السلسليك، حامض الجاسمونيك، بولي امين، بولي ببتايد.

الهرمونات لا تعمل منفردة بل تعمل بالارتباط او التعاون synergism (conjugate) او تعمل بالتضاد مع بعضها البعض antagonism (opposition)

منظمات التزهير Flowering requltores : هى المنظمات التى تؤثر على الأزهار.

هرمونات التزهير Flowering hormones : هى الهرمونات التى تشجع منشئات الأزهار وإنمائها. مثلا هرمون الفلوروجين florigen

تقسم الهرمونات النباتية إلى :

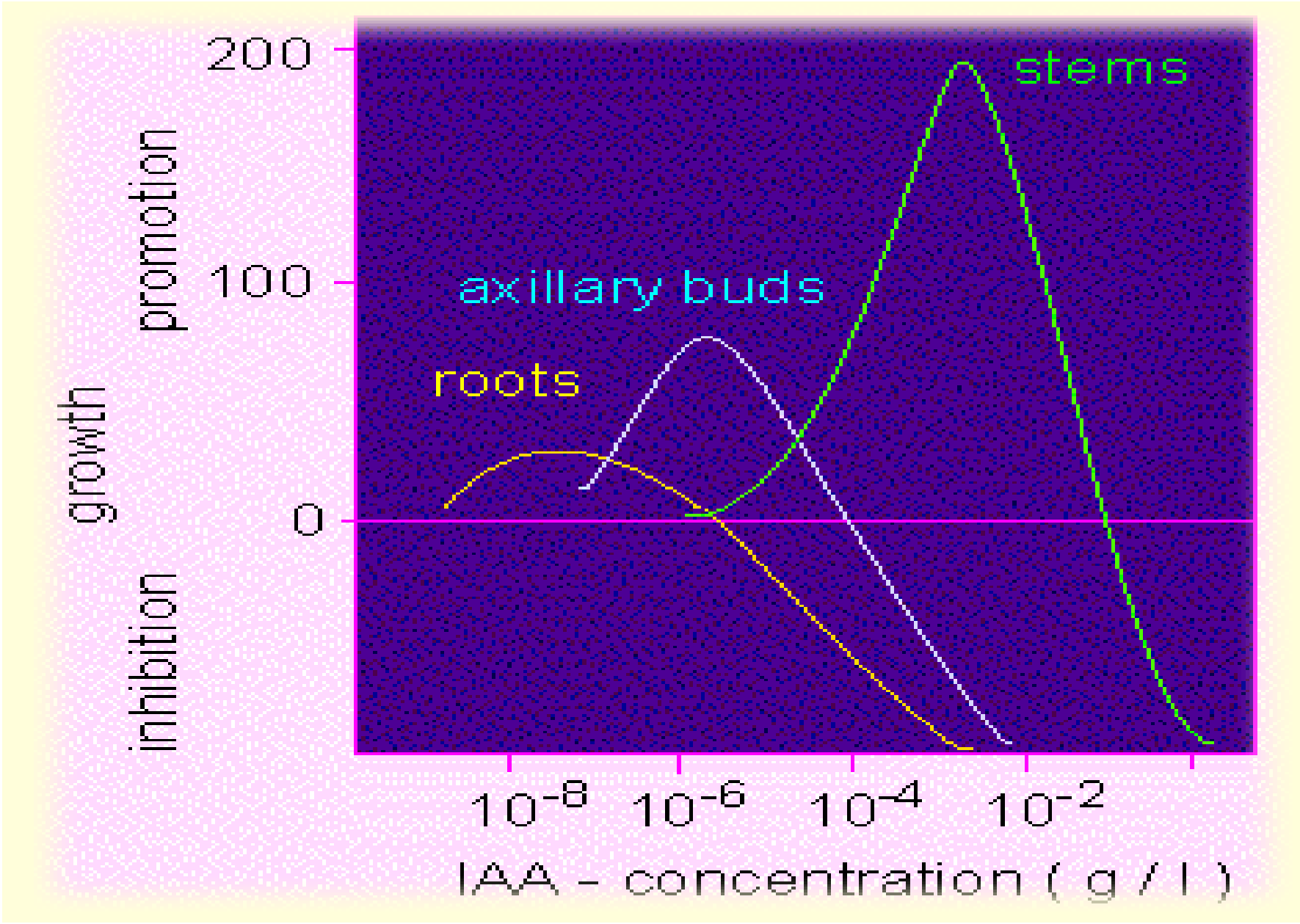
منشطات النمو (الأوكسينات ، الجبرلينات ، السيتوكينينات)

الإيثيلين

مثبطات النمو مثل (حمض الأبسيسيك ، الفينولات)

الجرعة المهلكة lethal dosage (LD 50%): مقدار الجرعة القاتلة من المادة والتي تؤدي الى هلاك ٥٠ % من الاحياء عند تعرضها لتلك المادة مختبريا وتقدر ب ملغم/ كغم من وزن الكائن الحي عند تناولها من الفم

التركيز المهلك Lethal Concentration 50% (LC50%) تركيز المادة في الوسط او الهواء والذي يؤدي الى هلاك ٥٠% من الاحياء مختبريا عن طريق التنفس وتقدر ب لغم/لتر او جزء بالمليون


200
100
0
promotion
growth
inhibition
stems
axillary buds
roots
10^{-8}
10^{-6}
10^{-4}
10^{-2}
IAA - concentration (g / l)

السمية Toxicity : نسبة المادة الكيمياوية التي تسبب اي تاثيرات عكسية على الاحياء عند استعمالها بطرق غير صحيحة وغير دقيقة.

نسبة المادة الفعالة المركزة Active Ingredient % (A.I%) تعني نسبة المادة الفعالة المركزة النقية من المركب الكيمياوي والتي تكون مسؤولة اساسا عن تاثير التركيز المطلوب من المادة الكيمياوية (منظم النمو مثلا) عند استعمالة وتكتب على عبوات المواد الكيمياوية مثلا A.I 30% اي ٣٠ % مادة فعالة نقية و ٧٠% مادة مالئة (filler)

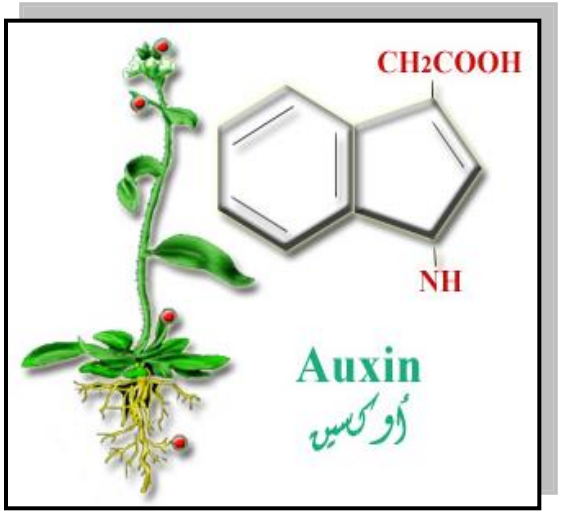
مادة التخفيف Dilute material : هي مادة على هيئة غاز او سائل او صلبة تستخدم لتخفيف تركيز المادة الفعالة من المركب الكيمياوي (منظم النمو مثلا)

الحامل carrier هي مادة غازية او محلول او مادة صلبة تستخدم كناقل او حامل وتوزيع وانتشار المادة الكيمياوية عند استعمالها على النبات واهمها الماء

التاثير التعاوني Synergism (conjugation)تاثير مجموعة من المواد مكمل لبعضها البعض مما يعطي تاثير افضل في العملية الفسلجية للحالة الانفرادية مثلا تاثير الجبرلين والسايتوكاينين على كسر الكمون في البذور والبراعم يكون تاثيره اكثر من تاثير اي منهم لوحده

تاثير التضاد Antagonism Action وهو تاثير معاكس للمواد الكيمياوية بحيث تاثير احدهما عكس الاخر او ايكون تاثير احدهما مثبط inhibit للاخر او يضعف تاثير الاخر مثلا حامض الابسيسيك يحفز الكمون للبذور والبراعم الا ان الجبرلين يحفز البذور والبراعم على كسر الكمون

الأوكسينات



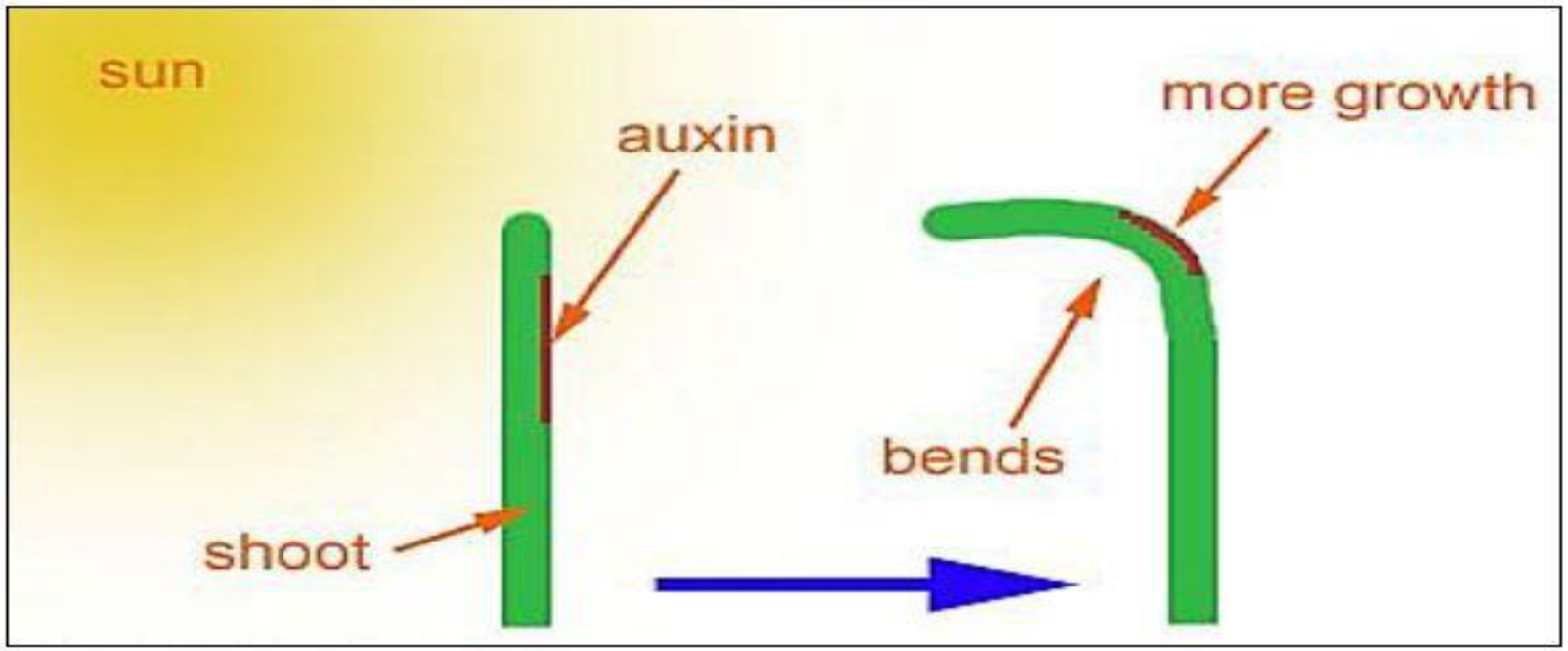
كلمة Auxin مشتقة من الكلمة اليونانية Auxein والتي تعني نمو او الى النمو to grow

لقد برز الاهتمام بظاهرة الانتحاء الضوئي phototropism فسلجيا من قبل العلماء باعتبارها اول دليل مباشر على وجود الهرمونات. فعند اضاءة القمة النامية لبادرات الشوفان النامية في الظلام ينتج عنه انحناء القمة نحو الضوء وعند رفع مسافة ١-٢ ملم من قمة البادرة فالحركة تتوقف وعند اعادة القمة تتحرك البادرات وها دليل على وجود الهرمونات (Sachs, 1874, Darwn, 1880) وهذا يدل على ان الاوكسينات تنتج من القمم النامية للنبات.

كما وجد ان القمة الطرفية لبادرات بعض نباتات العائلة البقولية والصليبية لها القدرة على انتاج وبناء مادة هرمونية تنتقل قطبيا Polar من القمة الطرفية للبادرة الى منطقة الاستطالة في الاسفل مما يحصل انحناء curvature للبادرة من جهة الضوء الذي تتعرض له البادرة (Darwn, 1880) وها دليل اخر على وجود ودور الاوكسينات فيما بعد.

استمرت الابحاث على الهرمونات وقد اكتشاف اول هرمون اوكسيني وهو IAA من قبل العالم Kogl في ادرار الانسان وتصنيعة من جنين حبوب الذرة الصفراء والشعير المنبتة واستخلصه العالم Thimann عام ١٩٣٥ من الفطر *Rhizopus suinus*
بحيث اصبح ثابتا ان الاوكسينات الطبيعية توجد وتنتج في جميع النباتات الراقية وانها تنتج في القمم المرستيمية للنباتات وكذلك اجنة البذور فضلا عن اعتبارها مصدر لكل الهرمونات يضاف الى ذلك فان البراعم الطرفية تعد مصدر غني بالاوكسينات ونسبة انتاجه في الاوراق الحديثة قليل .
فالاوكسين يتراكم في الاوراق الحديثة النمو عند قمة او نهاية طرف قمة الاوراق وعند تطور نمو الورقة يتراكم في حافات الورقة ثم يبدأ تدريجيا بالانتقال والتراكم اسفل الورقة عند قاعدتها وبعدها يتراكم في مركز نصل الورقة ثم يعود ويتراكم في قاعدة الورقة عند تطورها نحو النضج.
تعد القمم المرستيمية للجذر Root Apical Meristems من الامواقع المهمة قي انتاج الاوكسين خصوصا IAA خاصة عندما تكون الجذور في حالة الاستطالة والنمو.
وجود الاوكسين في الثمار والبذور الحية ولكن لا يعرف مصدره من اين هل تم بناءه فيها ام انتقل من انسجة اخرى خلال مراحل التطور والنمو.
الاوكسينات لها القدرة على الحركة الى الاعلى Acroptally وينخفض تركيزه عند الابتعاد عن مصدر انتاجه.

ولذا فان التاثر بالاضاءة كانت واضحة خصوصا في نبات زهرة الشمس حيث ان زيادة نمو الساق في الطول، وزيادة لدونة ومرونة خلايا النبات، مما يؤدي إلى استطالتها وهذا فعل غير قابل للعكس فتتابع الخلايا نموها وزيادة حجمها باضطراد ولأن هذه الهرمونات تقل في الجهة المضاءة وتزداد في الجهة المقابلة، وهي تحرض على النمو، لذلك يقل نمو الناحية المضاءة ويزداد نمو الجهة المقابلة فيتجه النبات نحو الضوء .
وكذلك فان الأوكسينات تحرض معدل انقسام الخلايا النباتية، مع زيادة محتواها من الحامض النووي DNAوالبروتين، وزيادة تدفق السوائل إلى داخل الخلية مما يؤدي لانقسامها السريع



طبيعة الاوكسين Nature of Auxin

هو حامض اندولي عضوي ضعيف ذات نواة حلقية غير مشبعة وهو مصطلح يطلق على مجموعة المركبات التي تتميز بقابليتها على تحفيز استطالة الخلايا ونمو الجذور وتثبيط البراعم الجانبية وغالبا ما تثبط البراعم الابطية واحيانا تثبط البراعم العرضية.

اول اوكسين هو Indole-3-Acetic Acid ذو التركيب الكيمياوي البسيط ممكن تحضيره مختبريا وهو عالي الفعالية ومن المركبات الاخرى الطبيعية في النبات وتعد من الاوكسينات هي

١- اندول استيلديهايد IAAld

٢- كلورو اسيتك اسيد 4-Cl-4-Chloroacetic Acid

٣- اندول بيوتريك اسيد IBA

٤- فينايل اسيتك اسيد

٥- اندول اسيتونايترايل IAN

وغيرها الكثير وان كل هذه المواد ذات تاثير ضعيف مقارنة IAA عموما يطلق لفظ الاوكسين على مجموعة المركبات التي تتشابه في تاثيرها الفسلجي الى حامض IAA وكذلك تركيبها الكيمياوي بحيث يجب ان تكون فيها نواة حلقية مشبعة وان تكون هناك في الاقل رابطة مزدوجة على الحلقة الاندولية وتنتهي طرف الحلقة بمجموعة الكابوكسيل – COOH او تحمل مجموعة يمكن ان تتحول الى مجموعة الكاربوكسيل

ويطلق لفظ أوكسين على مجموعة من المركبات تتشابه كثيرا فى تأثيرها الفسيولوجي رغم ثباتها فى
تركيبها الكيميائى ومن بين هذه المواد الأحماض التالية ومشتقاتها:

١- الاندولات ومنها IPYA و IBA و IAA
٢- النفثالين ومنها NAA
٣- Chlorophenoxy acids ومنها 2,4-D و 2,4,5-T
٤- البنزويك

الاوكسينات المرتبطة Conjugated Auxins

هناك بعض من الاوكسينات تكون مرتبطة وتعد غير فعالة بحيث يتحرر منها IAA بحيث تعد هذه المواد كمخزن الى الاوكسينات ومن اهم الصور المرتبطة للاوكسينات هي

١- الاوكسينات المرتبطة ذات الوزن الجزيئي المنخفض وهذه تتوافر في استيرات الاوكسين كلايكوسيل مع مجموعة مثيل كلوكوز ومايوأنسيتول ومجموعة الامايد وتعد هذه المواد المقترنة بالاوكسين مثل المصب sink لخزن الاوكسين اذ يختزن خلال نضج البذور ويستعمل اثناء النمو لذلك وجدت هذه في بذور الرز والشوفان وفول الصويا

٢- الاوكسينات المرتبطة ذات الوزن الجزيئي المرتفع ومنها IAA-glucan الذي يتكون من ٧-٥٠ وحدة كلوكوز لكل IAA وان معظم هذا المركبات وظيفتها هي التخزين العكسي للاوكسين اذا يتراكم الاوكسين الزائد في الانسجة النباتية لمنع التسمم بالاوكسين

الوظائف الفسيولوجية للأوكسينات المقترنة:

١- خزين للاوكسين خلال نضج البذور واستعماله خلال الانبات

٢- ناقل او حامل اثناء حركة وانتقال الاوكسين من البذور الى الافرع

٣- منح الحماية ووقاية الاوكسين من الاكسدة والتحلل والهدم

انتقال الاوكسين Auxin Transport

أن انتقال الأوكسين يكون فى اتجاه قطبى أى يتميز بالخاصية القطبية polartiy أى الانتقال من القمة المورفولوجية الى القاعدة المورفولوجية وهذا الانتقال يسمى بالانتقال القطبي Polar transport ويعد الاوكسين الهرمون الوحيد الذي ينتقل بهذه الخاصية

والأوكسين ينتقل غالباً فى اللحاء وينتقل منه قطبيا من القمة الموروفولوجية إلى القاعدة الموروفولوجية والتي تعتمد على الطاقة ودرجة الحرارة حيث تتم العملية ضد فروق التركيز

حيث وجد أن هناك ثلاث عوامل تتحكم فى ظاهرة القطبية ويتوقف عليها الانتقال القطبى :
١- الحقل الكهربائي (مجال) انتقال الاوكسين او فرق الجهد الكهربائي
٢- درجة تركيز الاوكسين
٣- نفاذية الجدر الخلوية.

الية عمل وبعض الظواهر الفسيولوجية للأوكسينات

للاوكسينات تاثيرات فسلجية عديدة فهي تعمل مع الهرمونات الاخرى في
١- استطالة وانقسام الخلايا
٢- ظاهرة السيادة القمية Apical Dominace
٣- التزهير
٤- للاوكسينات تاثير على تساقط الاوراق والثمار
لتعدد ادوارها الفسلجية اعلاه ادى الى ضرورة فهم الية عملها لذا وضعت لها عدة فرضيات
١- الاوكسين يحفز الانزيمات المحللة لبعض مكونات الجدار الخلوي وكذلك تحفيز الانزيمات الداخلة في مكونات الجدار الخلوي بحيث يحفز النمو من خلال زيادة ليونة ومرونة الجدار الخلوي cell wall plasticity and Elasticity حيث ان الليونة غير قابلة للعودة الى الوضع الاصلي على العكس من المرونة حيث ان الاوكسين يحفز على استطالة وتوسع الخلايا cell elongation and enlargement عن طريق الليونة التي تحصل في جدار الخلايا بحين ان الاوكسين يسبب ازالة الكالسيوم المرتبط بمجاميع الكاربوكسيل (هي المجموعة المسؤولة عن تحديد النمو) مما يؤدي الى تحلل المواد البكتينية والسيليلوزية المكونة للجدار وتلينها

الية عمل وبعض الظواهر الفسيولوجية للأوكسينات

٢- التمدد غير العكسي (الليونة) يؤدي الى انخفاض الضغط الاوزموزي والذي يؤدي الى زيادة قوة الامتصاص الاوزموزي فيدخل الماء الى الخلية ويزداد حجمها وتتوسع حتى يحصل التوازن بين الضغط الاوزموزي وضغط الجدار

٣- يعمل الاوكسين على ازالة Mg وCa من المواد البكتينية في الجدر الخلوية يجعل سلسة البكتين مستقيمة وتتكون من حامض البكتيك هذا يجعل الجدار اكثر مرونة Elasticity لان الاوكسن يثبط نشاط انزيم Pectine Methyl Astarase الذي يؤدي الى مرونة ونفاذية الجدار الخلوي والاغشية البلازمية

٤- الاوكسين هو حامض اندولي ذات نواة حلقية غير مشبعة وان الاس الهيدروجيني له 4.8 وان لحموضة الوسط علاقة وثيقة بالنمو نتيجة عمل الاوكسين (غير مفهومة تماما)

الية عمل وبعض الظواهر الفسيولوجية للأوكسينات

اهم الظواهر الفسلجية

١- الاستطالة والتوسع الخلوي : تعمل الاوكسينات على استطالة ونمو الساق والافرع الجانبية والمجموع الجذري خصوصا عند التراكيز المنخفضة منه اذ ان التراكيزالعلاية تسلك سلوك مثبط للنمو والاستطالة

٢- الانقسام الخلوي يشجع الاوكسين النقسام الخلوي للكامبيوم فهو يحفز انقسام الخلايا من خلال تحفيزه لنشاط الكمبيوم الوعائي وانتقاله يحفز انسجة الخشب واللحاء الثانوي على التكيف والتمايز وحصول النمو العرضي وتكوين الخشب الثانوي من الجهة الداخلية واللحاء الثانوي للخارج حيث ينتج عنه زيادة سمك الساق والنموات الخضرية والجذور العرضية وفي دراسات الزراعة النسيجية وجد ضرورة توافر او وجود الوكسين والسايتوكاينين لحصول الانقسام وتكوين الكالس.

٣- السيادة القمية والبراعم الجانبية: لوحظ أن البرعم الطرف يؤثر على نمو البراعم الجانبية حيث لوحظ أنه عند غياب البرعم الطرف فإن البراعم الجانبية تنشط فى النمو وذلك لأن البرعم ينتج ويحتوى على تركيزات مرتفعة من الأوكسين وعند انتقال هذه التركيزات المرتفعة فإنها تثبط نمو البراعم الجانبية مما يؤدى إلى حدوث سيادة قمية للبرعم الطرف. وان السيادة القمية تكمن اهميتها في المظاهر المورفولوجية الاتية

الية عمل وبعض الظواهر الفسيولوجية للأوكسينات

أ- التحكم في نمو الافرع الجانبية Lareral Shoots اما بتقصيرها او استطالتها او كلاهما معا لنفس النبات

ب- التحكم بالزاوية التي تتكون منها الافرع الجانبية على الساق الرئيس لنفس النبات

ج- السيادة القمية Apical Dominace منع وايقاف التفرعات الجانبية لنفس النبات

٤- تحفيز تجذير العقل Cuttings Root Initiation حيث انه يحفز تكوين الجذور على العقل الساقية ويطور نمو الجذور الفرعية لو تفرعات الجذور وتحفيز عملية التمايز Differentiation للجذور في الزراعة النسيجية

تنشاء الجذور الثانوية للجذر الرئيسي والجذور العرضية حول قواعد العقل الساقية التي تنشا من الطبقة او الحلقة الدائرية المسماة Pericycle فعندما تحصل هذه الطبقة على تركيز مثالي من الاوكسين يحصل زيادة ونمو بتكوين هذه الجذور

٥- استجابات الانتحاء Tropistic Responses وهي الاتي

أ- الانتحاء الضوئي Phototropism استجابة النبات لمصدر الضوء حيث ان الاوكسين له دور هنا في الاختلاف في معدل النمو الجانبي للجزء النباتي المضاء او غير المضاء بحيث يتركز اعلى في الجزء غير المضاء مما يحصل نمو اسرع فيه ويحدث الانحناء. اما في الجذر فيحصل العكس فنمو وتكون الجذر حساس جدا للضوء فهو تنمو وتتكشف بالظلام

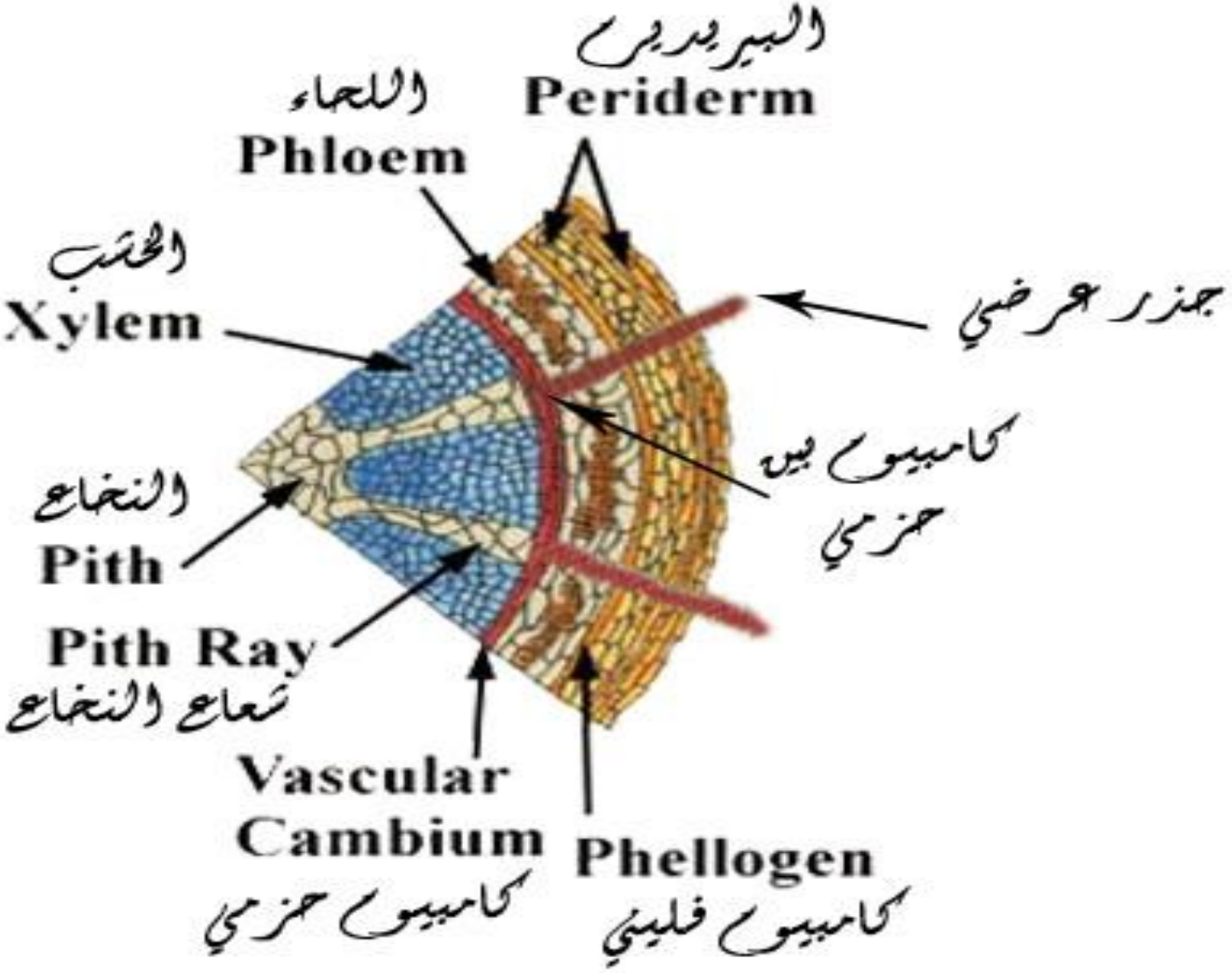
ب- الانحناء الارضي Geotropism استجابة المجموع الجذري خاصة والنبات عامة للجاذبية الارضية فانتقال الاوكسين الى الاسفل وتجمعة بكميات كبيره مما يؤدي الى تثبيط نمو الجذور على حساب المجموع الخضري

٦- التزهير يساعد الاوكسين ولو بشكل ما بعملية التزهير لانه ليس مختص بالتزهير

٧- عقد ونمو ونضج الثمار يحفز عقد الثمار في بعض النباتات ويؤخر من نضج وشيخوخة الثمار

٨- تساقط الاوراق والثمار قد يعمل الاوكسين على تثبيط او تحفيز (من خلال الاثيلين) تساقط الاوراق فالاوراق الحديثة يرتفع بها مستوى الاوكسين والقديمة يقل فيها اذ يرتفع انزيم cellulase و pectinase التي تعمل على تحلل مكونات طبقة الانفصال (السليلوز والهيميسليلوز والبكتين) مما يسهل سقوط الاوراق حيث ان الاوكسين يثبط عمل الانزيمات اعلاه لذا يؤخر الشيخوخة او التساقط

٩- تحديد الجنس Sex Determination الاوكسين يحفز الازهار الانثوية في النباتات احادية المسكن حيث يعمل على تحفيز الاثيلين حيث يزيد من اعداد الازهار المؤنثة على حساب الذكرية كما في الخيار


البيريدرس
Periderm
اللحاء
Phloem
الخشب
Xylem
جذر عرضي
كامبيوم بين حزمي
النخاع
Pith
Pith Ray
شعاع النخاع
Vascular Cambium
كامبيوم حزمي
Phellogen
كامبيوم فلليني

الجبريلينات Gibberllins

الجبريلينات إحدى هرمونات النمو وهي ثاني مجموعة هرمونات اكتشفت بعد الاوكسينات وهي مجموعة مركبات عضوية لها هيكل كاربوني يطلق عليه Gibbane carbon skeleton او Gibban Ring ولها هيكل داخلي يطلق عليه ent-gebbrellane وهي لها تاثير حامضي لذلك هي حوامض تربينية ذات حلقات رباعية.

وجدت في البداية على شكل مواد استقلابية لفطر *Gibberella fujkuroi* الذي يتطفل على نبات الارز، فقد لاحظوا تنامياً في طول نبات الارز المتطفل عليه الفطر المذكور بالمقارنة مع النباتات السليمة ، وفيما بعد أمكن عزل مركبات الجبريلين المختلفة من النباتات الراقية وسميت الجبريلين A_1، A_2 ، A_3 الخ.

لها فاعلية بايلوجية حيث تؤدي الى

١- تحفيز الانقسام الخلوي او الاستطالة او كليهما

٢- ظاهرة التغلب على التقزم الوراثي في النباتات

٣- تؤثر في عملية التزهير وتكوين الثمار العذرية وازالة الكمون في البراعم والبذور

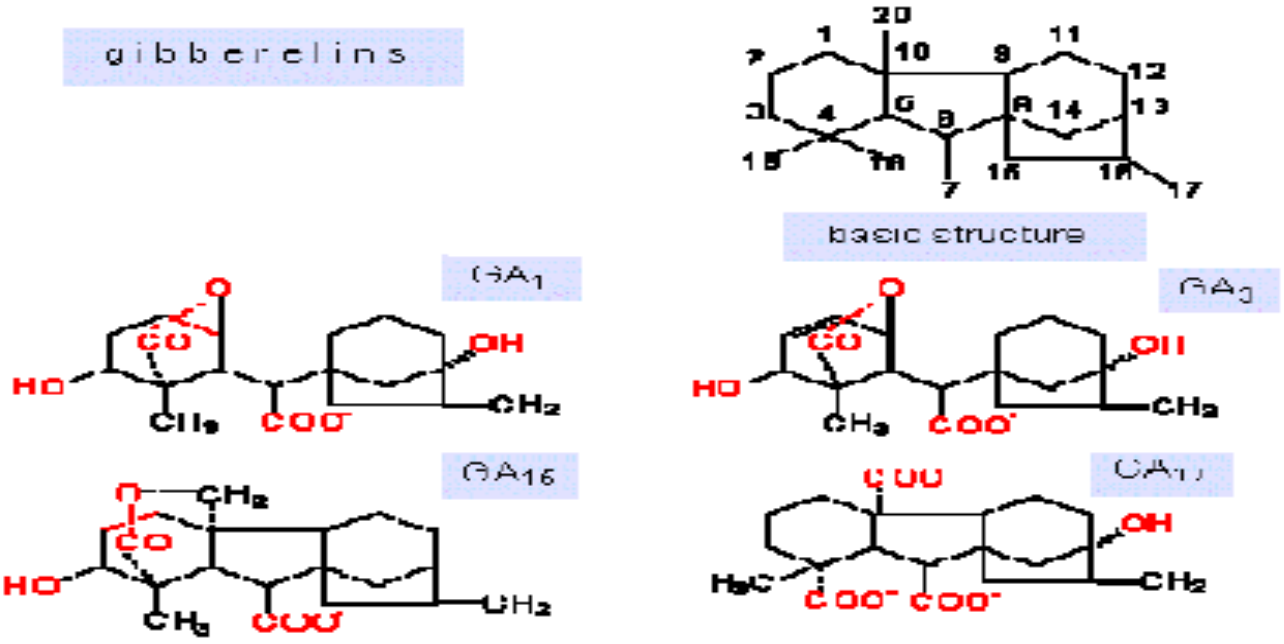
تعتبر الجبريلينات من المواد المنشطة للنمو ويوجد أكثر من ١٣٦ نوعاً منها. تشترك جميعها بتركيب كيمياوي متشابه

تختلف الأنواع فيما بينها من حيث عدد ذرات الكربون وكذلك وجود أو عدم وجود مجاميع OH

تعتبر المادة جبريلينا

إذا احتوت على الهيكل الكربوني جيبان Gibbane أو كورين Kaurene

الصيغة التركيبية للجبريلينات



انواع الجبريلينات

١- جبريلينات تحتوي ٢٠ ذرة كاربون (C20-GAS)

٢- جبريلينات تحتوي ١٩ ذرة كاربون (C19-Gas) تفقد الذرة ٢٠ بالعمليات الايضية Gabberelic acid (GA3) اول جبرليين عزل من فطر الجبريلا و GA1 اول جبرليين عزل في النبات.

اسباب التقسيم اعلاه

١- الاختلاف في عدد وموقع مجموعة الكاربوكسيل COOH– حيث في المجموعة الاولى تحتوي ١ او اكثر من الكاربوكسيل وتكون موجوده في المواقع ٤و٧و١٠ اما المجموعة الثانية تحتوي مجموعة كاربوكسيل واحدة وتكون في الموقع ٧ من الصيغة التركيبية للجبرلينات

٢- الاختلاف في عدد وموقع مجموعة الهيدروكسيد COH– حيث ان بعض الجبرليات تحوي مجموعة هيدروكسيد واحدة واخرى لا تحتوي وتقع في الموقع ٣و١٣اذ ان الجبريلينات المستخلصة من النبات توجد في الموقع ١٣ ومن الفطر في الموقع ٣.

الصفات العامة للجبريلينات

١- هيكل كاربوني Gibbane Carbon Skeleton او Gibbane Ring

٢- تكون ذو فعالية ايجابية تتوافق مع الاختبارات الخاصة بالكشف عن الجبريلينات .

اماكن تشكل الجبريلينات

عادة تتشكل الجبريلينات في نهاية الأفرع والأوراق الفتية والجذور النامية والبذور غير الناضجة، والبراعم هي الأكثر غناً من بقية أعضاء النبات، تعد قمة الجذور النامية غنية بها. جميع انسجة النبات النامية والتي في مرحلة التمايز Differentiation تعد مواقع اساسية لبناء وانتاج الجذور.
يعد اللحاء الطريق الرئيسي لمرور هذه المركبات من الأوراق إلى باقي أجزاء النبات لذلك فإن سرعة مرور مركبات الجبريلين تعادل سرعة النسغ الكامل، وقد وجد أن سرعة حمض الجبريلين في النسخ المرستيمية ونسج الكامبيوم تعادل ٥-٢٠ ملم في الساعة وهذه الحركة تتطلب كمية من الطاقة
اشكال الجبرلينات الطبعية في النبات
١- الجبرلينات الحرة Free Gas وتشمل C20-GAs و C19-GAs
٢- الجبرلينات المقترنة Conjugated GAs جبرلينات مقترنة مع كلوكوسايدات او استرات كلوكوسيل وهي مشابهة للحرة وتتحول الى الحرة بمعاملتها بالانزيمات البروتينية او التحلل الحامضي.
٣- جبرلينات ذائبة او مقيدة بالماء Water Soluble او Bound GAs مواد مشابهة للجبريلينات موجودة في البذور والثمار والدرنات وهي اكثر قطبية من الجبريلينات

انتـــقال الجبريلينات

الجبريلينات لها من التأثيرات ما يشبه تأثيرات هرمون الأوكسين ولكنه ينتقل بصورة غير قطبي وهو ينتقل خلال اللحاء خلال سيران الكتلة كما في الكربوهيدرات. كذلك تنتقل عبر انسجة الخشب نتيجة للحركة الجانبية بين نسغي الخشب واللحاء اي انه ينتقل من انسجة الخشب الى انسجة اللحاء والعكس صحيح. تزداد سرعة انتقال الجبرلينات في الربيع لارتفاع درجات الحرارة وتنخفض الحركة بانخفاض درجات الحرارة. وكذلك تهوية التربة تعمل على زيادة سرعة حركتها وزيادة انتاجها.

إن الجبريلينات المخزونة في البذور بشكل حر أو مرتبط تنتقل إلى البادرة الناشئة عن طريق اللحاء أما من الجذور فتنتقل الجبريلينات عبر أنسجة الخشب ،

وأما بالنسبة لطريقة انتقال الجبريلينات من الأوراق الفتية فلا زالت غامضة ولكنها لا تنتقل عن طريق الأنسجة الوعائية (الخشب واللحاء) بسبب أن الأوراق الفتية تستقبل الجبريلينات ولا تصدرها عن طريق الخشب واللحاء ،

وكما هو الحال مع الأوكسينات فقد تنتقل الجبريلينات عن طريق خلايا القشرة أو النخاع ، غير أن اتجاه الحركة ليس قطبيا ،

كما وجد أنها قد تنتقل بنفس طريقة حركة الكربوهيدرات ،

أما معدل الحركة فقد وجد أنه أسرع مما هو عليه الحال في الأوكسينات ، حيث تقدر بحوالي ٥٠ سم / ساعة.

آلية عمل الجبريلينات

يعتقد بأن الجبريلينات تحفز استطالة الخلايا بالطرق التالية:

١ـ تنشيط انقسام الخلايا في قمة الغصن الخضري أو في منطقة المرستيم.

٢ـ تحفز الجبريلينات نمو واتساع الخلية بسبب زيادة النشاء المتحلل وغيره من السكريات المضاعفة .

٣ـ تزيد الجبريلينات من خاصية مرونة الجدران البكتوسيليلوزية ، وبالتالي توسّع الخلايا في سلميات بعض النباتات كالبازلاء.

٤ـ الجبريلين يسبب استطالة الخلايا لأنه يحفز إنتاج الأوكسين أو من خلال تداخله بطريقة ما مع الأوكسين .

أما بالنسبة لبقية تأثيرات الجبريلينات فيعتقد بأنها تنشط بعض المورثات في صبغيات الخلية مما يؤدي إلى تكوين الأحماض النووية وبالتالي تتكون بعض الإنزيمات مثل الريبونكلياز ، البروتياز.

دور الجبريلينات الفسيولوجي:

١- انقسام واستطالة الخلايا Cell Division and Elongation : تحفز الجبرلينات انقسام واستطالة الخلايا مما ينتج عنه استطالة الساق والنموات الاخرى. حيث يكون دورها في الانقسام الخلوي خلال تحفيز الطور التمهيدي للانقسام غير المباشر في الطبقة المرستيمية تحت القمية وتقصير طول فترة الانقسام الخلوي اذ ان تاثيره قد يكون غير مباشر. اما تاثيره في الاستطالة فيأتي من خلال تحفيز الاستطالة في منطقة السلاميات (المنطقة المحصورة بين العقد) بدون ان تؤثر بعدد العقد. مما يعني التغلب على التقزم في النباتات. حيث إن من أفضل النتائج التي تم التحصل عليها هي أن معاملة النباتات المتقزمة (الطفرات القصيرة) بالجبريلينات أدت إلى زيادة ارتفاع سيقان تلك النباتات لدرجة أنه لا يمكن تفريقها عن النباتات الطبيعية.

٢- تحفيز انبات البذور ونمو البراعم: الجبرلينات تحفز البذور الكامنة Dormancy بسبب ارتفاع هرمون الابسيسيك على الانبات دون الحاجة الى درجات الحرارة المنخفضة او عملية التنضيد stratification وان نسبة حامض GA/ABA تتحكم بكمون وانبات البذور فاذا ارتفعت نسبة GA تحفز الانبات والعكس صحيح. كذلك تعمل الجبرلينات على تحفيز نمو البراعم الساكنة من خلال دورها في تحفيز الانزيمات اللازمة لبناء RNA والبروتينات اللازمة لكسر السكون وحصول النمو.

٣- الازهار FLOWERING: ان تداخل الضوء والجبرلينات معقد اذ ان النباتات تقسم حسب احتياجاتها الضوئية الى الاتي

أ- نباتات النهار القصير (النباتات الشتوية)---- تحتاج لفترة ضوئية اقل من ١٢ ساعة.
ب- نباتات النهار الطويل (النباتات الصيفية) ---- تحتاج فترة ضوئية اكثر من ١٣ ساعة.
ت- نباتات محايدة وهي النباتات التي لا تحتاج لفترة معينة من الاضاءة وتزهر شتاء او صيفا
ث- نباتات النهار القصير-الطويل وهي تحتاج فترة اضاءة قصيره تليها فترة اضاءة طويلة
ج- نباتات النهار الطويل- القصير وهي تحتاج فترة اضاءة طويلة تليها فترة اضاءة قصيرة
ح- نباتات لا تزهر الا اذا تعرضت اثناء نموها لفترة زمنية من درجات الحرارة المنخفضة

فنباتات النهار القصير فشلت بالازهار عند المعاملة بالجبرلين اما نباتات النهار الطويل فقد تحفز بها استطالة الساق والنمو الخضري على حساب التزهيروكذلك بالنسبة للنباتات المحايدة.

٤- تكوين الانزيمات خلال الانبات ان معاملة حبوب الشعير بالجبرلين يحفز انزيم الفا-اميليز مباشرة من خلال بعض الاحماض الامينية. حيث ان الجبرلين يتحرر من الجبرلين المرتبط وينتقل الى طبقة الاليرون عند توفر الظروف الملائمة لانبات البذور وتتشرب بالماء فيتحفز الجنين والانزيمات وينطلق الجبرلين كما بينا اعلاه ففي طبقة الاليرون تتحفز الجينات المسؤولة عن بناء وتكوين انزيمات التحلل وتحطم الغذاء المعقد وتويلها الى مواد بسيطة وينتج عن ذلك تكشف الرويشة والجذير.

٥- عقد ونمو الثمار: لوحظ أن الجبريلينات تنشط من إنبات حبوب اللقاح و تزيد من نمو و استطالة الأنبوبة اللقاحية في عدد من النباتات مثل البيتونيا والبسلة و غيرها،
كما و تؤدي معاملات الجبريلين إلى إنتاج ثماراً بكرية أو عذرية (لا بذرية)، كما في حالة التفاح، الخيار و الباذنجان، وفي بعض الفواكه الأخرى مثل البرتقال، كما نجح الجبريلين في تنشيط نمو وتطور الثمار، في حين فشلت الأوكسينات في ذلك. ويبدو أن أهم استخدامات الجبريلين ظهرت في إنتاج أعناب المائدة، ففي الولايات المتحدة الأمريكية، تستخدم كميات كبيرة من الجبريلينات سنوياً لمعاملة شجيرات العنب البناتي الأبيض حيث سببت المعاملة زيادة حجم الحبات بدرجة واضحة، كما أعطت عناقيد أكبر حجماً.

السيتوكينينات: Cytokinins

أ- طبيعة السيتوكينينات :

هي مركبات أو مشتقات القاعدة النتروجينية للادنين وتعد المحفز والمنظم الرئيس للانقسام الخلوي ولذا تستخدم في الزراعة النسيجية tissue culture وبوجود الاوكسين. الكينيتين والذي هو أول سيتوكينين اكتشف وعلى الرغم من انه مركب طبيعي إلا انه لا يتركب داخل النبات ولهذا يعتبر الكينيتين سيتوكينين صناعي .

الشكل الأكثر شيوعا في الطبيعة والذي يتكون في النبات هو الزياتين الذي عزل من الذرة .

السيتوكينينات وجدت تقريبا في كل النباتات الراقية بالإضافة إلى الفطريات والاشنات والبكتريا وأيضا وجدت العديد من البدائيات النوى وحقيقيات النوى . اليوم هناك أكثرمن ٢٠٠ سيتوكينين طبيعي وصناعي .

تاريخ اكتشاف السيتوكينينات :

عملية إكتشافها كانت مع بداية زراعة الانسجة النباتية مخبريا حيث لاحظ العالمان Vanoverbeek و Blakrslee عام ١٩٤١ من حليب جوز الهند. بعد ذلك في عام ١٩٥٥ استطاع العالمان Miller و Skoogعزل مركب معقد فعال هو Kinetine. ان أول سيتوكينين طبيعي عزل عام ١٩٦١م من قبلMiller,وذلك من نبات الذرة وهو الزياتين.

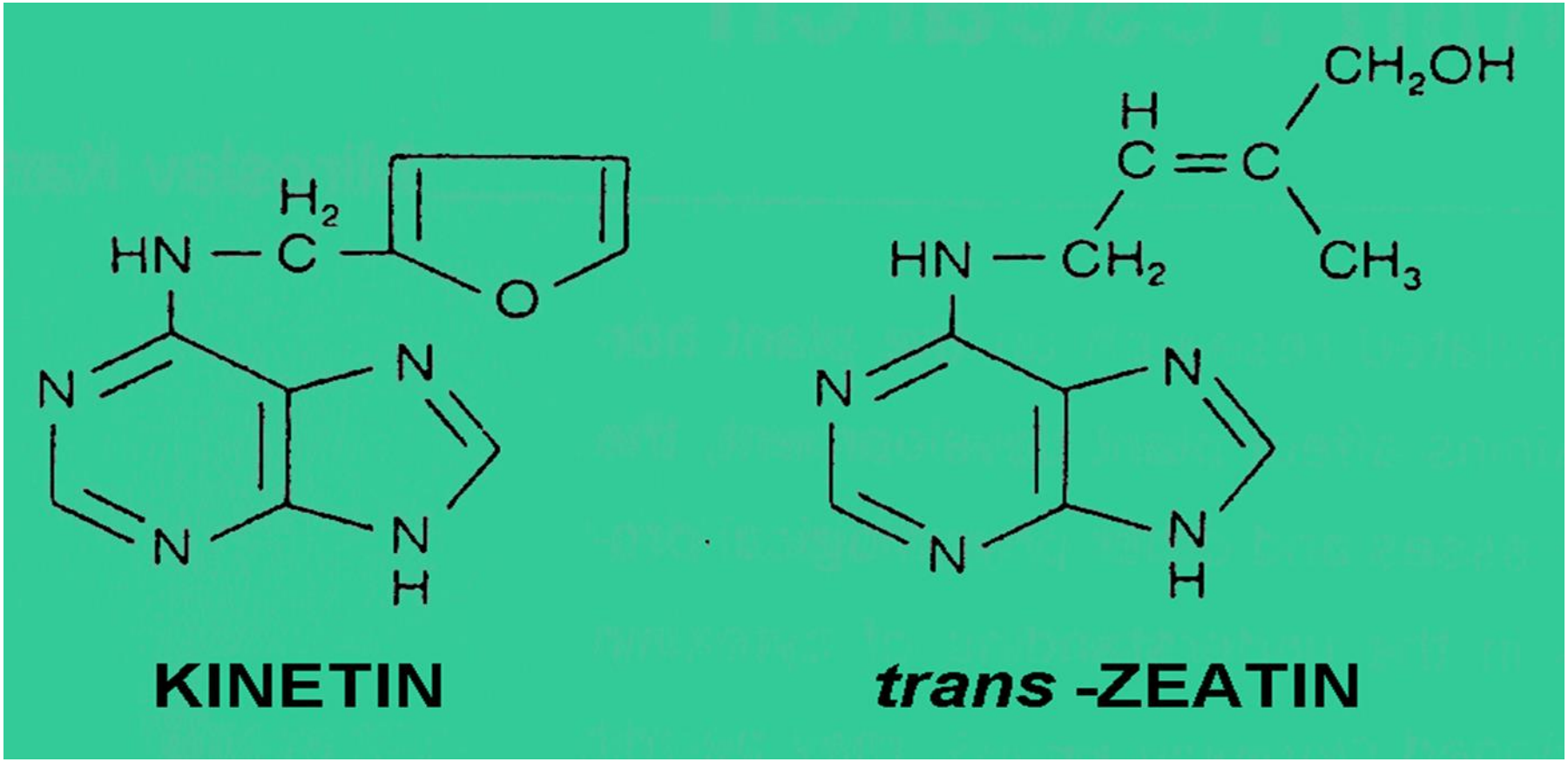
تقسيم السيتوكينينات :

١- السيتوكينينات الطبيعية :

الكينيتين ، الزياتين ، إيزو بنتيل ادنين ، ديهدروزياتين ، ميتيل ثيوزياتين ، دي ميتيل اليل أدينين

٢- السيتوكينينات الاصطناعية :

أكثرها شيوعا واستخداما هي : بنزيل أدنين، ٦- بنزيل أمينو بيورين ،ايثوكسي ايتيل أدنين



مناطق إنتاج السيتوكينينات و انتقالها:

يكون تركيزها أعلى ما يكون في المناطق الميرستيمية ومناطق النمو الحديث مثل الجذور والاوراق الحديثة والثمار الحديثة العقد والبذور. ولكن تعتبر الجذور و الأجنة من أهم مراكز الإنتاج في النبات . وحركتها اقل من الجبرلينات والاوكسينات، لا تعتمد أثناء انتقالها على الخاصية القطبية حيث تكون مرتبطة ببعض المواد الكربوهيدراتية أوقد تنتقل عبر الأوعية الخشبية .

التأثيرات الفسيولوجية السيتوكينينات:

يرى العديد من الباحثين أن التأثيرات الفسيولوجية السيتوكينينات ترجع إلى ارتباطه الوثيق بتخليق الأحماض النووية والبروتينات. فقد افترض البعض دخوله مباشرة في تركيب الحمض النووي الريبوزي RNAخاصة الشق الناقل للأحماض النووية t-RNAفهو يرتبط ارتباطاً به طبيعياً ، وانه يتخصص في تنظيم العمليات الحيوية أثناء مرحلة النسخ أو الترجمة الوراثية .علاوة على تأثيره الموجب على معدل ازدواج وتضاعف الحمض النووى DNAفي الطور النهائى لانقسام السيتوبلازم .

أهم العمليات الحيوية التي تساهم فيها السيتوكينينات :

١- الانقسام الخلوي: يحفز الانسجة المرستيمية النامية (القمم النامية، الافرع، الثمار ... الخ) على الانقسام ا تتضمن خطوات الانقسام الخلوي تكوين DNA و RNA والبروتينات والانزيمات وحصول الانقسام غير المباشر MITOSIS ثم انقسام الخلية. يعمل على الانقسام وتكوين البراعم الورقية والاوكسين يعمل على تحفيز تكوين الجذور عند استخدامهما في الزراعة النسيجية. والانقسام الخلوي يكزن جيدا عندما تكون نسبة الاوكسين الى نسبة السيتوكاينين منخفضا في الانسجة النباتية اي ارتفاع السايتوكينين بحيث تتكون البراعم اما اذا كان الاوكسين مرتع تتحفز الجذور واذا كانت النسبة متوازنة يتكون الكالس Callus .
٢- الازهار يحفز الاوكسين نباتات النهار الطويل على الازهار والنباتات المتتساقطة اوراقها والتي تتطلب ساعات برودة حتى تتكشف براعمها وتنمو اذ يعمل السيتوكينين على تقصير مدة الراحة في البراعم ويبكر من نضجها. ووجد بانه يحول الازهار الذكرية الى انثوية في النباتات الاحادية المسكن وهونفس عمل الاوكسينات.
٣- تكوين الكلوروبلاست : يعمل على تحويل اللون الشاحب الى الاخضر وبوجود الضوء تتكون البلاستيدات اثناء ونمو وتطور الورقة. وان الاوراق المعاملة بالسايتوكينين تتاخر شيخوختها وتبقى محتفضة بلونها الاخضر.

٤- السيادة القمية ونمو البراعم الجانبية: يعمل على العكس من الاوكسينات اذ يعمل على السايتوكينين على تثبيط السيادة القمية وتحفيز نمو البراعم الجانبية. وتعد حالة السيادة القمية حالة تضاد Antagonism بين الاوكسينات والسايتوكينينات فالاوكسين ينتقل من الاعلى للاسفل ليثبط نمو البراعم الجانبية اما السيتوكاينين ينتقل من الاسفل اماكن تخليقه الى الاعلى ليشجع نمو البراعم الجانبية الكامنة او غير النامية.

٥- ميكانيكة غلق وفتح الثغور Mechanism od Stomata Opening and Closing
ان فتح الثغور يحتاج الى تراكيز جدا منخفضة من السايتوكينين لذا فان التركيز الطبيعي في النبات يكون كافيا لتحفيز الثغور على الانفتاح وحدوث التنفس في النباتات ولذا فان الاوراق المسنة تغلق بها الثغور لانخفاض نسبة السايتوكاينين فيها عن الحدود المثلى الطبيعية اذ يرتفع في هذه الاوراق نسبة تركيز حامض الابسيسيك ABA وتعد هذه حالة تضاد بين السيتوكاينين الذي يعمل على فتح الثغور والابسيسيك الذي يعمل على غلق الثغور ويحدث نفس الشيء عند تعرض النبات الى الاجهاد المائي اذ يزداد تركيز ABA ليغلق الثغور.

مثبطات النمو الطبيعية

لقد ظلت الطبيعة الكيمائية لمثبطات النمو الطبيعية لمعيقات النمو لفترة طويلة غير واضحة لكن فى منتصف الأربعينات كانت المواد السامة والتى تعمل على تثبيط النمو قد عزلت من جذور الجوايول وكان أحدهما قد عرفت على انه حمض السينامیك كذلك لاحظ Audus سنه ١٩٤١ أن بعض اللاكتونات مثل الكومارين تسبب تثبيط النمو

وقد أشار Kefeli & Cumakavskij عام ١٩٦٨ أن السبب فى تقزم نباتات البسلة يرجع الى زيادة محتواها من مادة الكيومارين عن نباتات البسلة الطبيعية طويلة الساق وهذا المركب كان فى البسلة الطويلة على صورة Quercetin glycosyl coumarate وهو الأقل نشاطا فسيولوجيا

ويعتقد كثير من الباحثين أن منشأ كل من الجبرلين وحمض الأبسيسيك مادة واحدة هى حمض الميفالونيك Mevalonic acid بينما يخلق كل من الأوكسين والفينولات من مصدر واحد هو حمض الشيكميك وقد يكون هذا النظام نفسه هو احد وسائل تنظيم فعل كل منظم نمو فى وقت معين وتحت ظروف معينه

المواد المثبطة في النبات

لكي يكون هناك نمو وتطور متساوٍ أو منسق ومتزن، يجب أن تكون هناك آلية في النباتات لتضبط النمو في المكان والزمن، ووجود المواد المثبطة (Inhibitors) في النباتات كان معروفاً منذ زمن طويل، ومعظمها مواد ذات طبيعة فينولية (Phenolic). ولكن وضح بعد الدراسات المستفيضة للمواد الفينولية في النبات أن هذه المركبات ليس لها:

- دور هرموني حاضر في النبات.
- المركبات الفينولية غير واسعة الانتشار.
- المواد الفينولية ليست نشطة أحيائياً في كميات صغيرة كالهرمونات النباتية المعروفة.

أهم التأثيرات البيولوجية للمثبطات

١- المساعدة فى سكون البراعم والبذور وتساقط الأوراق والأزهار والثمار
٢- التأثير على قمة التنفس فى الثمار ، وتكوين الجذور على العقل
٣- تعمل كمضادات تمنع الأصابة بأنواع معينة من الأمراض الفطرية والفيروسية والبكتيرية
٤- تعمل على توقف نمو الجذور فى فصل الشتاء واعاقة تحول النشا الى سكر
٥- منع اختفاء الهستونات من على جزيئات DNA مما يؤدى الى منع انتاج انزيمات خاصة بعمليات حيوية مختلفة

التضاد Antagonism

فسر التضاد بين المثبطات كالفينولات التى تؤثر على الأوكسين الداخلى على أساس ان هذه المواد تنشط بعض الأنزيمات الهادمة للأوكسين مثل اوكسيديز اندول حامض الخليك وفينوليز حامض كلوروجينيك وكذلك المواد الفينولية التى لها هذا التأثير المنشط للأنزيمات الهادمة للأوكسين **Ferulic acid , coumaric acid , salicylic acid**

ملاحظة مهمة

وقد لوحظ أن الكثير من المستخلصات النباتية لمثبطات النمو الطبيعية تأثيرا مضاعف منشطا للنمو Synergistic effect مساعدا لتأثير الأوكسين فى احداث النمو وذلك عل تركيزات مختلفة بينما التركيزات المرتفعة تكون تأثيرها عكسى وهذا التاثير لبعض اللاكتونات مثل الكومارين راجع الى حدوث تنافس بين الاوكسين الداخلى والكومارين على المراكز الغير نشطة للأنزيم مسببة بذلك قدرة الأوكسين على العمل

الأثيلين

اكثر من ٩٠ عاما ليتحول الشك الى يقين ان الأثيلين يجب اعتباره هرمونا نباتيا ولكونه غازا متطايرا ويؤثر فسيولوجيا بتركيزات ضئيلة للغاية. وهو يوجد في درجة حرارة الغرفة العادية بصورة غازية فإنه هرمون غازي. وفعلياً كل الخلايا الحية تستطيع إنتاج الإثيلين، والخاصية الفريدة لهذا الهرمون هي تطايره المنتظم خارج النبات.

ان الأثيلين يسبب اصفرار ثمار الموالح كما يسرع من انضاج ثمار التفاح

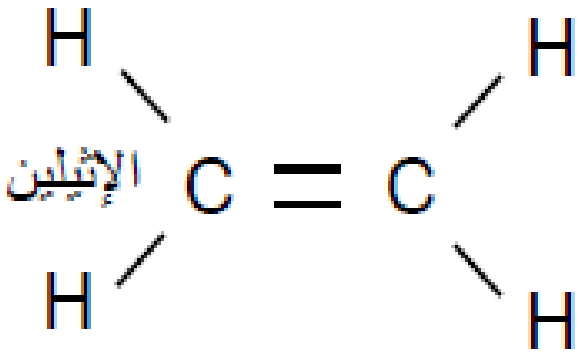
يؤثر على نمو النبات ويسبب تساقط الأوراق

التدرج التاريخي لاكتشاف الاثيلين كهرمون نباتي

السنة	اسم الباحث	نتائج أبحاثه
1901م	Neljubov	أول من أظهر أهمية الإثيلين كمنظم لنمو النبات
1908م	Knight& Crocker	أثبتا أن المركب النشط في الدخان هو الإثيلين
1910م	Causins	أقترح بأن النباتات ربما تنتج الإثيلين
1924م	Denny	أوضح أن الإثيلين الموجود في أبخرة الكيروسين
		مسؤول عن نضج الثمار مثل الموز والبرتقال
1934م	Gane	أوضح في تجاربه أن الإثيلين يتكون داخلياً بواسطة ثمار التفاح أثناء النضج
1935م	Crocker *et al.*	أوضحوا أن للإثيلين تأثيرات فسيولوجية عديدة
1962م	Burg	أثبت أن الإثيلين هرمون طبيعي تنتجه جميع أجزاء النبات مثل: الجذور والأفرع والأوراق والأزهار والثمار

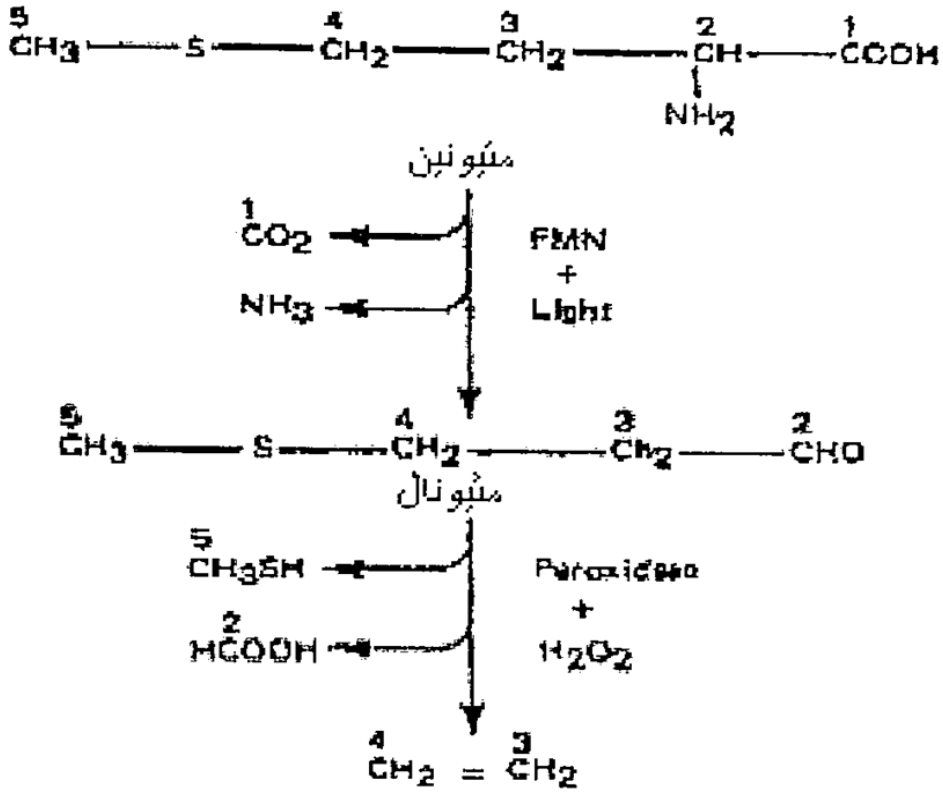
ما هو الاثيلين

الإثيلين عبارة عن هيدروكربون (مائي فحم) غير مشبع (Unsaturated Hydrocarbon) وهو غاز عديم اللون وأخف من الهواء، الوزن الجزيئي يساوي 28.05 (C_2H_4)، يوجد الإثيلين في صورة (هيئة) غازية في درجة حرارة الغرفة كما ذكر سابقاً، لقد وجد أن الغازات غير المشبعة الأخرى لها تأثير فسيولوجي مماثل لتأثير الإثيلين وهذه تشمل الاستيلين (Acetylene) وبروبيلين (Propylene)، وأول أكسيد الكربون (CO) والأللين، وقد تلاحظ أنه كلما كان الجزيء صغيراً كلما زاد نشاطه وعليه يعتبر الإثيلين أكثر المركبات نشاطاً ويلي ذلك البروبيلين ثم الاستيلين.



التخليق الحيوي للأثيلين Ethylene Biosynthesis

وجد ان هناك عدد من المركبات الموجودة اصلا في النبات يمكنها ان تكون مادة بادئة او وسيطة Precursors or Intermediates لعملية انتاج الأثيلين من الميثونين او حمض اللينولينك فقد وجد ان معاملة الانسجة بمثيونين ك١٤ يؤدى الى انتاج الأثيلين يحتوى على ك١٤ وعند معاملة تحضيرات خلوية لمستخلص من أزهار القرنبيط من انتاج غاز الأثيلين وامكن التعرف على ٣ انزيمات لازمة لتحول الميثونين الى اثيلين



حيث ان الكربون الثالث والرابع هما اللذان يعطيان الاثيلين فيما بعد كما في المخطط

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

انتقال الاثيلين Ethylene Transport

كما ذكرنا سابقاً، يوجد الإثيلين على هيئة غازية في درجة حرارة الغرفة، وعليه ينتشر (Diffuses) بسهولة داخل أنسجة النبات خلال المسافات البين خلوية (Intercellular Spaces)، ويعتمد معدل الانتشار على نوع النسيج، أثبتت الدراسات أن الانتشار الطولي للساق أسرع عدة مرات بمقارنته بالانتشار في الاتجاه الأفقي، وأيضاً إن حركة الإثيلين ليست مرتبطة باتجاه معين ولا تحتاج إلى الطاقة الأيضية (Metabolic Energy).

الدور الفسيولوجي للاثيلين

نضج الثمار Fruit Ripening

تحدث عند نضج الثمرة عدة تغييرات فسيولوجية وكيموحيوية، أهمها تَكَوُّن عديد من الإنزيمات (Enzymes)، تتكسر أغشية الخلية ويختل نظام تقسيم عضيات الخلية، ويتحلل الكلوروفيل مؤدياً إلى فقدان اللون الأخضر، تزداد الصبغات الأخرى مثل الانثوسينينات (Anthocyanins) وأشباه الكاروتينات (Carotenoids). يتحلل مائياً (Hydrolysed) النشا (Starch) والبكتين (Pectin) وأخيراً تصبح الثمرة ناعمة وممتلئة لباً.

أستعمل الإثيلين تجارياً منذ زمن بعيد ليسرع من نضج الثمار مثل: الموز إن إضافة الإثيلين خارجياً تساعد على نضج كثير من أنواع الثمار، مثل: المانجو والطماطم والباباي، والجوافة والتفاح وغيرها من الأنواع الأخرى.

تتقسم الثمار إلى نوعين:

أولاً:

في بعض الثمار مثل الموز والتفاح يتناقص المعدل التنفسي (Respiratory Rate) إلى أن يصبح منخفضاً جداً كلما زاد نضج الثمرة ووصلت الحجم الأقصى، أثبتت الدراسات أن تخزين الثمار بعد القطف، يؤدي إلى زيادة كبيرة في المعدل التنفسي الذي يستمر في الارتفاع إلى أن يصل قمته، ويسمى بالذروة الحرجة للتنفس (Respiratory Climacteric) التي يتبعها انخفاض حاد في معدل التنفس.

ثانياً:

الثمار التي لا تبدي فترة تنفس حرجة مثل العنب والتين والموالح (Citruses) وغيرها لها نمط تنفس مختلف، وهنا ينخفض معدل التنفس تدريجياً بعد قطف الثمار بدون زيادة غير متوقعة.

وضح أن الإثيلين لا يؤثر على تنفس الأعضاء النباتية ما عدا الثمار الناضجة (Ripe Fruits) وشيخوخة الأوراق (Leaf Senescence).

نمو الساق Stem Growth

أثبتت نتائج البحوث أن الإثيلين يلعب دوراً مهماً في التحكم في نمو الساق، وأن السيقان التي عوملت بالإثيلين لم يحدث بها استطالة وانخفض فيها نمو الخلايا، (Reduced Cell Elongation) في حين أثرت إيجابياً على اتساع الخلايا القطري، (Isodiametric Cell Expansion) ويفسر ذلك بعض الملاحظات السابقة التي دونت في السيقان المعاملة بالإثيلين، تكون عادة قصيرة وسميكة إذا ما قورنت بالنبات الحكم أو القياسي (Control)، يشابه هذا التأثير في نمو الساق الآثار التي سبق ودونت للتراكيز العالية من الأوكسينات على نمو الساق، استنتج العلماء بأن الأوكسينات لم تكن المثبطات المباشرة لاستطالة الساق، ولكن وجودها بتراكيز عالية قد يؤدي إلى استحثاث إنتاج الإثيلين في أنسجة النبات، وهو بدوره يمنع استطالة الساق والسلاميات ويحفز نموها القطري.

الإثيلين له تأثير مباشر على نمو الساق واستطالته ولكنه ليس الهرمون الوحيد الذي يتحكم في نمو الساق.

نمو الجر Root Growth

يثبط الإثيلين نمو الجذر في نباتات ذوات الفلقتين، وإن التأثير يزداد بزيادة تركيز الغاز المستعمل، وجد في جذور نبات البازلاء المعاملة بالإثيلين بأنه لا يمكن عكس أثر هذا الهرمون (Irreversible Effect)، في حين التثبيط بواسطة الأوكسينات يمكن إزالته حتى بعد مضي 16 ساعة بعد المعاملة.

نمو الورقة Leaf Growth

أثبتت الدراسات بأن الإثيلين يثبط تمدد الورقة (Leaf Expansion)، ويسبب أيضاً أنواعاً عديدة من النمو الشاذ، مثل: الالتفاف والانثناء في الأوراق، هذا التثبيط لتمدد الورقة ينتج عن تثبيط انقسام الخلية وتمددها، وقد تلاحظ بأن تأثير الإثيلين دائم، (Permanent) أي أن الورقة لا تتمدد بعد إزالة الإثيلين، إلا أن الأوراق التي تتكون فيما بعد تأخذ شكلاً عادياً.

تكوين الجذور Root Formation

يعمل الإثيلين على تكوين الجذور العرضية (Adventitions Roots) في العقل الساقية (Stem Cuttings)، لا تقتصر الجذور المتكونة على الأطراف القاعدية للعقل كما في المعاملة بالأوكسين، لكن تجدها موزعة عبر الطول الكلي للعقل.

تضخم الورقة Epinasty

يعمل الإثيلين أيضاً على انتفاخ الخلايا (Cell Swellings) على الجزء العلوي لنصف الورقة، مما ينتج عنه تدلي الأوراق إلى أسفل وسقوطها (انحناء سفلي)، يعرف هذا الأثر بتضخم الورقة (Epinasty) ويحدث في أوراق نبات الطماطم والبطاطس والبازلاء ودوار الشمس عندما تعامل بالإثيلين.

الازهار Flowering

عموماً يثبط الإثيلين عملية الإزهار في النباتات، ولكن أثبتت نتائج البحوث في هذا المجال بأن الإثيلين يحفز عملية الإزهار في بعض المجموعات النباتية، أمثلة ذلك تجدها في نبات الأناناس.

التعبير الجنسي Sex Expression

يزيد الإثيلين عدد الأزهار المؤنثة في نباتات العائلة القرعية (Cucurbitaceae)، أمثلة ذلك تجدها في نبات الخيار، إضافة الإثيلين في بعض الحالات تمنع تماماً عملية تكوين الأزهار المذكرة، وهذا تصحبه زيادة في عدد الأزهار المؤنثة، ينتج عن ذلك ازدياد عدد الثمار، من ناحية أخرى، يقل حجم الثمرة.

توجد بعض الأدلة التي تؤيد بأن الإثيلين هو المنظم الداخلي للتعبير الجنسي في النباتات، ومن هذه الأدلة ما يأتي:

نباتات العائلة القرعية قادرة على إنتاج الإثيلين ويتطابق محتوى الإثيلين في النباتات مع تعبيرها الجنسي.

Dormancy of Seeds, Tubers & Bulbs

إضافة الإثيلين تحفز إنبات البذور الكامنة لبعض النباتات، أمثلة ذلك تجدها في بذور نبات البودا (*Striga sp.*)، والأعشاب الضارة وبذور الفول السوداني، والتفاح والفراولة، تتفتح البراعم في درنات البطاطس الساكنة والأبصال عند تعريضها للإثيلين.

Hypertrophy and Callus Formation

يتكون الكالس على سطح الساق المقطوع (**Stem Explant**) عندما يعامل بالاثيلين. وأيضاً يعمل الاثيلين على تضخم العديسات (**Lenticels**) وتُكَوِّن خلايا القشرة (**Cortical Cells**) تراكيب متضخمة.

من الادوار الفسيولوجية الاخرى للاثيلين

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 والدرنات 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 نموهم الجانبى

٤- هناك أيضا العديد من الأدلة التى تشير الى ان 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 ان الاثيلين يساعد على انبات حبوب اللقاح ونمو انابيب اللقاح

٧- اما عن علاقة الأثيلين بنضج الثمار فقد حددت تلك العلاقة من ملاحظتين اولهما ان النضج الطبيعى للثمار يكون مصحوبا بزيادة كمية الأثيلين المنتجة وثانيهما ان معاملة بعض الثمار بالأثيلين تؤدى الى التبكير فى بدء عملية النضج والأسراع منها وقد اثبتت الابحاث الحديثة انه تحت الظروف الطبيعية يتراكم تركيز فسيولوجى داخل الانسجة كاف لبدء نضج الموز والكنتالوب وكيزان العسل والطماطم والتفاح والافوكادو والكمثرى وغيرها

وفى دراسات عديدة وجد
ارتباط قوى بين ارتباط حدوث قمة انتاج الأثيلين وبين وصول معدل التنفس الى القمة وعلى المستوى الخلوى والبيوكميائى فلقد وجد ان 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
ان الأثيلين يعدل من طبيعة وخواص جدر الخلايا واتجاة الألياف السليولوزية والبكتينية 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 ان لهذا الغاز علاقة مباشرة بجهاز تخليق البروتين حيويا مؤثرا على معدل تخليق البروتين ونوعيته عن طريق تحكمه فى تخليق RNA وأنتاج الأنزيمات

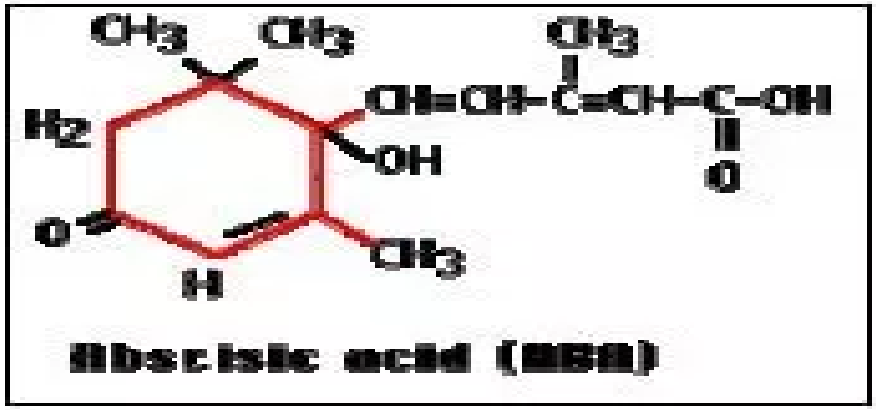
العلاقة بين الأثيلين وأستجابة الأنسجة النباتية للأوكسينات

اقترح بعض البحاثين ان استجابة الأنسجة النباتية لبعض الأوكسينات هى فى الواقع استجابة للأثيلين حيث وجد أن كميته المنتجة من الأنسجة المعاملة بالأوكسين تزيد زيادة كبيرة وأن الكثير من الأستجابات الفسيولوجية واحدة اذا عوملت بالأثيلين او 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 ان اتجاها حديثا يشير الى وجود اختلافات عديدة فى بعض الاستجابات الفسيولوجية والكميائية بين الهرمونين وانه لا يجب تفسير جميع تأثيرات الأوكسين على انها تتم من خلال زيادة انتاج الأثيلين

الهرمونات المثبطة

حامض الإبسيسيك



عندما تتعرض نباتات القمح لفترات قاسية من العطش تنتج أوراقها كميات عالية من حامض الابسيسيك، كما أثبت أن النموات الخضرية لنبات Brussels عندما تتعرض للذبول يزداد معدل حامض الأبسيسيك حيث يصل إلى أقصاه بعد ٧٢ساعة، وعندما تروى يأخذ هذا المعدل في النقصان.

على الرغم من تشابه التكوين الطبيعي لكل من حامض الأبسيسيك وحامض الجبيريليك إلا أنه عندما يقل مستوى الاول في الأنسجة النباتية الحية يرتفع معدل المركب الثاني خاصة في فصل الراحة والكمون لجميع الأشجار متساقطة الأوراق .

التخليق الحيوي لحامض الإبسيسيك:

حامض الأبسيسيك ABA هو Sesquiterpene يتم تخليقه داخل الكلوروبلاستيدات الموجودة في خلايا طبقة الميزوفيل للأوراق النباتية عن طريق مسارين مختلفين كما يلي:

أ – المسار الأول:

فإن حامض ABA حسب (Taylor et Burdon (1970 يتكون من خلال أكسدة بعض الصبغات : Zeaxanthine, Violaxanthine مثل Xanthophylles التي تتحول إلى مركب Xanthoxine في وجود بعض الأنزيمات المتخصصة وأثناء تكوين ABA تنتج العديد من المركبات الوسطية مثل : ، Trans ABA,. Cis ABA التي تتميز بنشاط الحيوي والتفاعل الفسيولوجي لكنه أقل من نشاط Glucose ester, 2- Trans ABA ABA ويعتبر حامض الفاسيك Acide fassique من أهم المركبات الوسطية الناتجة من عملية هدم وبناء حامض الأبسيسيك لأنه يعمل على خفض عملية التمثيل الضوئي لسرعة فعاليته في إغلاق الثغور للأوراق النباتية في وسط النهار ويمنع تكوين إنزيم α–Amylase الذي ينشط إنتاجه في وجود الجبير يلين.

Abscisic acid biosynthesis pathway
isopentenyl diphosphate (IPP)
zeaxanthin
violaxanthin
neoxanthin
xanthoxin
abscisic aldehyde
ABA

ب – المسار الثاني:

يتكون حامض الأبسيسيك إنطلاقا من حامض الميفالونيك Acide Mevalonique الذي يتكون بدوره من مواد تربينية خاصة مركبات Sesquiterpène التي تحتوي على ١٥ذرة كربون نتيجة تكونه من Farnysylpyrophosphate الذي هو عبارة عن ثلاث وحدات من (Isopentenyl Pyrophosphate (IPP الناتجة أساسا من حامض الميفالونيك الناشئ من مركب Acétyle coenzyme- A

إنتقال حامض الإبسيسيك:

يتكون حامض الإبسيسيك في أوراق النباتات وقلنسوة جذورها وينتقل إلى باقي أجزاء النبات عبر الأوعية الناقلة خشبيا ولحائيا، وذكر أن مستوى حامض الإبسيسيك يكون مرتفعا في عصارة الأوعية الناقلة عندما تنمو النباتات تحت ظروف قاسية من الجفاف، وعندما تدخل مرحلة الذبول الدائم فإن الاوراق تنتج كميات من ABA أكبر من الجذور، كما أن ABA يتحرك قاعديا أي من القمة إلى القاعدة، وينتقل جانبيا سواء داخل أنسجة المجموع الخضري أو الجذري، ويتحرك هذا الهرمون بصورة سريعة مقارنة بالهرمونات الأخرى لأن معدل إنتقاله يتراوح بين ٣-٢سم/ ساعة . يتجمع ABA في القمم الطرفية للجذور ويقل تركيزه كلما ابتعدنا عنها.

1994 Sauter et al.

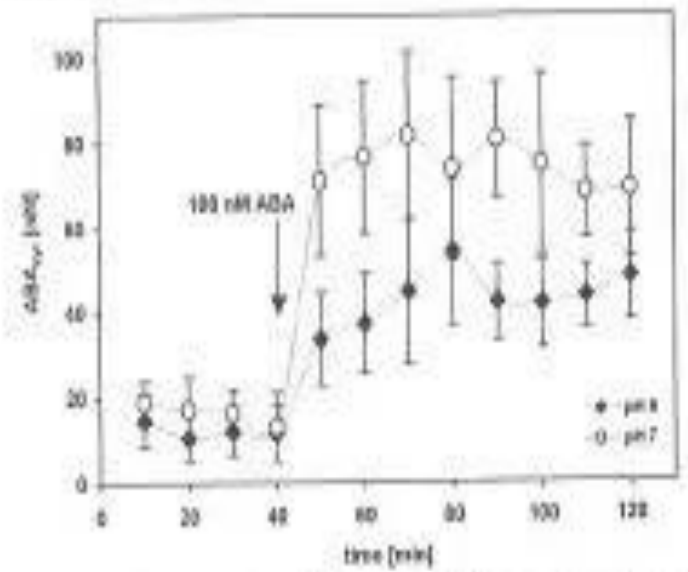
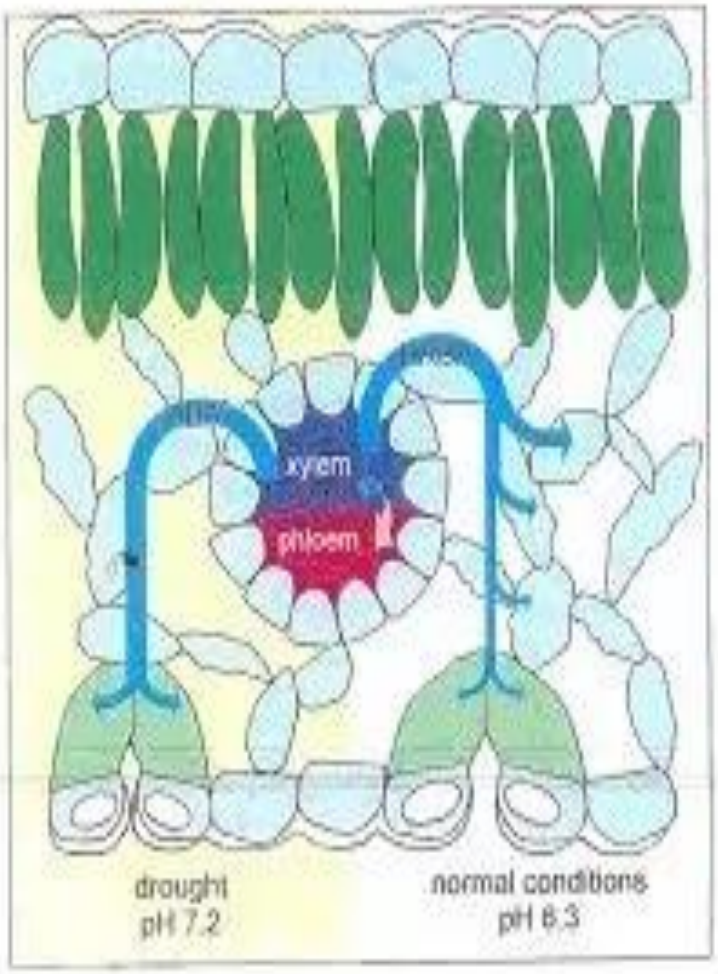


Fig. 2. A uptake experiment with an isolated 1st internode of sunnet bean. After 40 min 100 nM (+)ABA was added to the external buffer and the ABA content of the perfused buffer was analysed for ABA.

(+)ABA was added to the medium at pH 7 (Fig. 2) ABA_{xyl} rose to 80–100 nM within 10 min. Under slightly acid conditions (pH 6) ABA_{xyl} increased gradually, reaching 50 nM after 40–60 min indicating that some of the xylem sap ABA has been taken up by the internode



آلية انتقال حامض الإبسيسيك حسب Pillet (1976.)

المصادر الطبيعية لحامض الإبسيسيك:

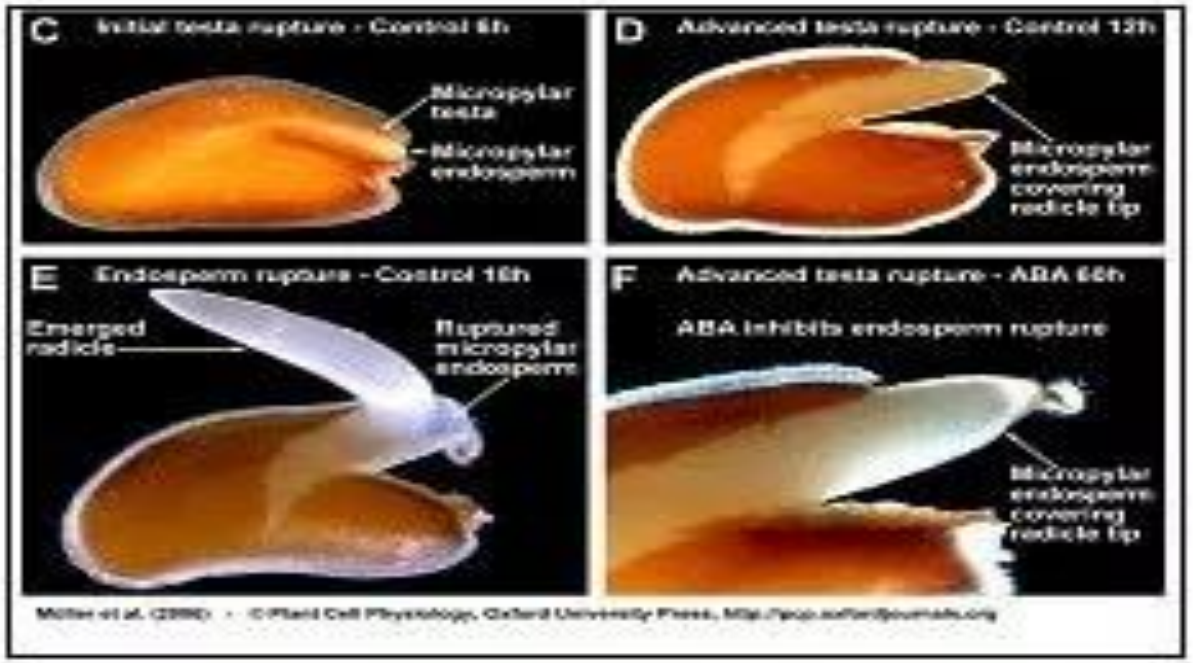
يوجد حامض الأبسيسيك في معظم كائنات المملكة النباتية سواء كانت فطرية، سرخسية، راقية عارية أو مغطاة البذور، أحادية أو ثنائية الفلقة حيث يتركز بكميات مرتفعة في بذور وثمار العائلة البقولية وبذور العائلة الباذنجانية والعائلة الخبازية وأجنة النجيليات، كما يوجد في قلنسوة الجذور وكلوروبلاستيدات أوراق الأشجار وريزومات النباتات وكميته تتراوح بين (٤,٠-٠,٠٣ملي غرام/ كيلوغرام نبات طازج)، كذلك جميع النباتات والأشجار التي تتعرض لعوامل الذبول المختلفة تتراكم داخل أنسجتها المختلفة كميات مرتفعة من حامض الإبسيسيك .

العوامل المحددة لإنتاج حامض الإبسيسيك :

١. الرطوبة.
٢. الضوء.
٣. درجة الحرارة.
٤. الضغط الاسموزي.
٥. العوامل الوراثية.
٦. عوامل الذبول المختلفة.

الوظائف الفسيولوجية لحامض الإبسيسيك:

أ – كمون البذور:
وجود حامض الأبسيسيك في حبوب القمح يمنع تخليق الأنزيمات المتخصصة في تحليل المواد العضوية معقدة التركيب وغير الذائبة وعديمة الإنتقال والإمتصاص في الجنين وأعضاءه ويمنع تحويل الغذاء اللازم للإنبات وتكوين البادرات إلى حين إعتمادها على نفسها في الحصول على الغذاء وتخليق المواد العضوية في الأوراق حيث يوضح الشكل تثبيط هذا الهرمون للإنبات.



ب – سكون البراعم:
عندما تدخل البراعم الموجودة في العيون السطحية للسيقان المتحورة طور سكونها، يكون المستوى الكلي من المركب المانع B-inhibitor مرتفعا وعندما يزول هذا السكون وينكسر يقل مستوى هذا المانع، مما يثبت أن حامض الإبسيسيك أحد مكونات المانع فعالية، سكون البراعم الجانبية للأشجار الخشبية وأشجار الفاكهة يرجع إلى زيادة معدل حامض الابسيسيك حيث يقل هذا الهرمون في الربيع عندما تستأنف نشاطها و نموها.

جـ – السيادة القمية:
أن البراعم الجانبية لنبات الفاصولياء تتحول إلى نموات وفروع خضرية لإنخفاض معدل حامض الإبسيسيك في أنسجة براعمها خاصة بعد إزالة جميع الثمار المتكونة على نفس النبات ومع ذلك قام Tucker (1977-1978) بعدة تجارب حقلية على السيادة القمية لعدة أصناف من الطماطم وتتلخص نتائجها بأن حامض الابسيسيك هو المادة المثبطة والمانعة لنمو البراعم الجانبية.

د – النمو الزهري:
إذا تعرضت نباتات النهار الطويل إلى ظروف النهار القصير أو العكس لا تزهر والسبب هو حامض الإبسيسيك الذي يؤثر على الهرمونات المسؤولة عن تحويل النباتات من مرحلة النموالخضري إلى مرحلة النمو الزهري، ومازالت ميكانيكية تأثير هذا الهرمون على الأزهار غير معروفة.
هـ – النمو الثمري وتكوين البذور:
لم يعرف لحد الان الدور المحدد الذي يلعبه هذا الهرمون في تكوين الثمار علما أن كميته تزداد تدريجيا خلال تكوين الثمار وبداية النضج، ثم تأخذ في النقصان سريعا خلال النضج والتسوية.
و – التساقط:
وجد (Addicott et Lyon (1969 أن كمية حامض الإبسيسيك قد ترتفع في نبات القطن بشدة مرتين خلال تكوين الثمار، الإرتفاع الاول يكون مرتبطا بسقوط الثمار غير تامة النضج، والإرتفاع الثاني مرتبط بالثمار الناضجة المتبقية على النبات.
ز – الشيخوخة:
يعمل حامض الابسيسيك على سرعة تحليل وتحطيم الكلوروفيل المسؤول عن اللون الاخضر في خلايا الاوراق ويؤدي بالتالي إلى اصفرارها وتبكير دخولها مرحلة شيخوختها.

بشكل عام

فنظراً لكون حمض ABA يولد الكمون في البراعم والبذور فهو يثبط النمو بصورة تلقائية. ويعمل على تعجيل الشيخوخة وسقوط الأوراق: لذا ان التأثير الاكبر لحمض ABA يتمثل في تعجيل سقوط والأزهار والتسريع بالشيخوخة لكثير من النباتات كما أنه يؤثر على المسامات ويغلقها وخاصة عند انخفاض نسبة الماء فيزداد تركيزه وبالتالي يؤدي إلى غلق المسامات ولهذا أهمية كبيرة في الإقلال من خسارة النبات للماء، أما الاصطناع الحيوي Biosynthesis لحمض ABA فيتم بطريقتين هما:

١ـ طريقة مباشرة من خلال حمض الميفالونيك Mevalonic acid

٢ـ طريقة غير مباشرة عن طريق أكسدة الكسانتوفيلات Xanthophylls

وان المكان الرئيسي لتركيب حمض ABAهو البلاستيدات الخضراء Chloroplastsغير أن انتقاله أسرع من انتقال منظمات النمو الاخرى (اوكسينات، جبريلينات، سيتوكينينات) وهذا الانتقال يتم عادة بالاتجاهين وليس انتقالاً قطبياً.

التساقط

هو أحد مظاهر الشيخوخة أو هو أحد مظاهر انتهاء عمر العضو داخل منظومة النبات حيث إن جميع النباتات الراقية وخاصة الأشجار مستديمة الخضرة أو متساقطة الأوراق قد تتخلص من أعضاءها المسنة سواء أكانت أوراقا أو أزهار أو ثمارا بعد وصول كل منها طور الشيخوخة والتحلل والهدف من تساقطها هو استبدالها بأخري حديثة ونشطة فسيولوجيا وكيميائيا.

ويتم سقوط هذه الأعضاء خاصة الأوراق إما منفردة و علي فترات متباعدة علي مدار العام كما في الأشجار مستديمة الخضرة أو تسقط الأوراق دفعة واحدة خلال فصل الخريف و تصبح الأشجار عارية تماما في الشتاء كما في متساقطة الأوراق التي تمر نباتاتها بفترة السكون أو الراحة نتيجة انخفاض الحرارة شتاء ثم تستأنف نموها بعد تكشف براعمها لتتحول الي الأوراق الحديثة أو الأزهار أو كلاهما مع تكوين النموات الخضرية خلال فصل الربيع لارتفاع معدل الحرارة و سريان العصارة و توفير الماء و الغذاء . حتي الأزهار و الثمار تسقط منفردة أو علي دفعات بعد عملية الإخصاب أو العقد أو تكوين الثمار الصغيرة و يتم سقوط كل منها طبيعيا أو بعوامل المناخ مثل الرياح الشديدة . وفي بعض الحالات الشاذة قد تسقط هذه الأعضاء دفعة واحدة نتيجة الاستعمال الخطأ بفعل مبيدات الحشائش أو الفطريات المرضية

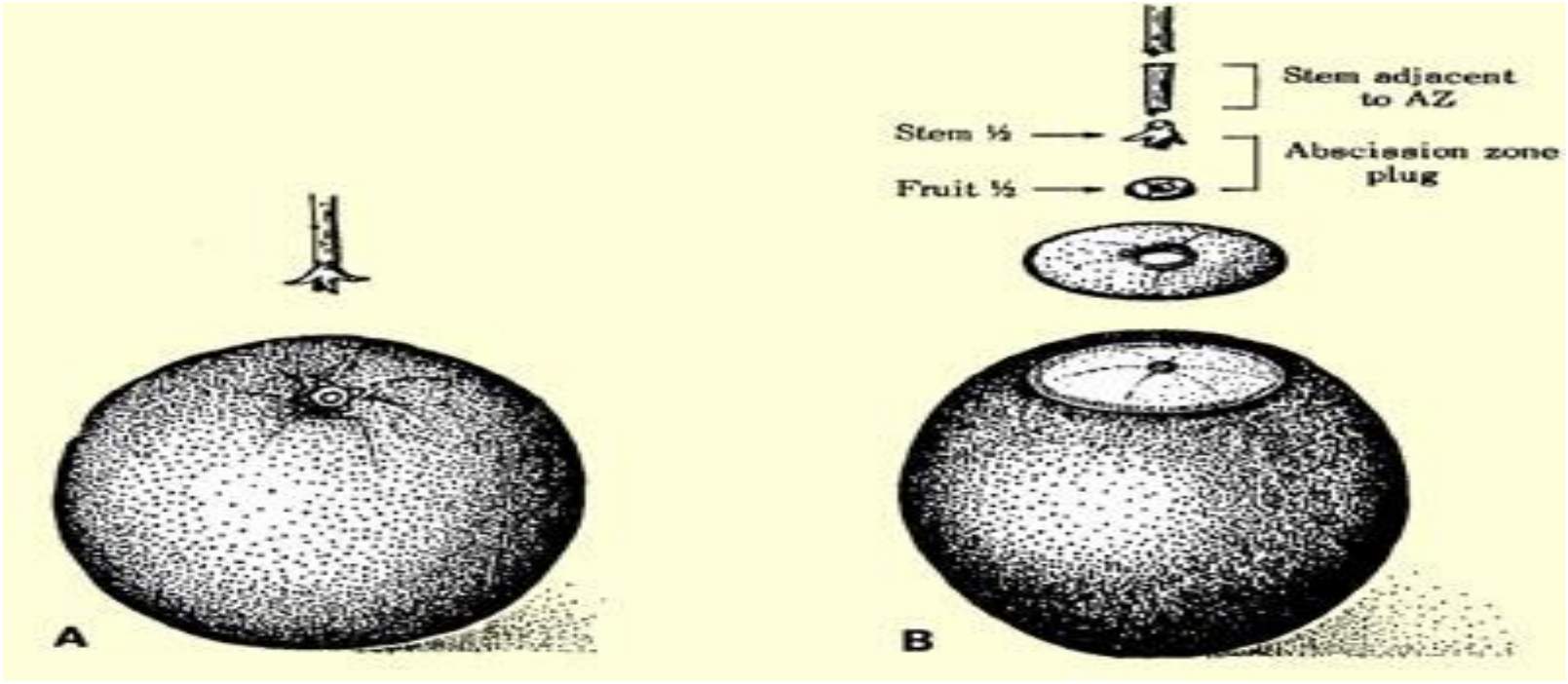
تأخير سقوط الأوراق

من المعروف أن الأوراق الحديثة تزداد فيها تركيزات الاوكسينات الطبيعية وتقل معدلها مع تقدم الأعضاء فى العمر وبالتالي يسهل سقوطها بعد تكون منطقة الانفصال لذلك يمكن منع تساقط الأوراق أو تأخير تساقطها بالرش بالاوكسينات وربما يرجع ذلك المنع الى زيادة سرعة الانقسام الخلوى وتجديدها عند قاعدة الورقة ووقف النشاط الأنزيمي المحلل لجدر خلاياها

تساقط الثمار Fruit drop

ظاهرة سقوط الثمار المنتشرة طبيعيا في أشجار الفاكهة تحدث عادة عقب عملية الإخصاب والعقد مباشرة أو أثناء نضج و اكتمال التسوية في الثمار ، مع العلم أن النسبة المرتفعة في ظاهرة التساقط الثمري تحدث في النباتات ذاتية التلقيح . ويتم التساقط علي فترتين كما في أشجار التفاح . يسمي الأول بالتساقط المبكر الذي يحدث بعد انتفاخ المبيض و تكوين الاندوسبرم البذري للثمرة و الثاني يعرف بتساقط يونية الذي يحدث خلال الفترة السريعة لتكوين الجنين وهناك نوع آخر من التساقط يعرف بتساقط ما قبل الجمع حيث تسقط الثمار وهى على وشك النضج

تحدث منطقة الانفصال فى الثمرة إما فى منطقة اتصال العنق بالثمرة أو قد تحدث فى طبقة القشرة والبشرة للثمرة قرب العنق بمسافة نصف ملليمتر فى العنق أو عمقا فى الثمرة والذي يختلف مكانة باختلاف النوع النباتي التابعة له الثمرة فتنفصل ثمرة البرقوق بجزء من العنق فى التساقط الأول آما تساقط ما قبل الجمع فتنفصل بدون عنق آما الكريز فيحدث منطقة الانفصال اما بين عنق الثمرة وحامل الثمرات أو بين حامل الثمار والدابرة .



تساقط الثمار Fruit drop " منعه او الحد منه " :

تتساقط الثمار البذرية فى فترات يقل فيها الامداد الاوكسينى من الانسجة المختلفة المانحة للاوكسين بالبذرة فينخفض مستواة دون المستوى اللازم لاستمرار نموها .

فشل الازهار فى العقد : فشل الاجنة فى النمو يؤدى الى تساقطها ويزداد احتمال تساقط الثمرة كلما قل عدد البذور بها حيث يترتب علية انخفاض المحتوى الاكسينى للثمرة وبالتالى انخفاض قدرتها على المنافسة للحصول على المواد والعناصر الغذائية اللازمة لنموها اذ ان الافراز الهرمونى يحدث مناطق جذب لهذه العناصر .

لذا فتساقط الثمار يكون اما بعد العقد او قبل الجمع والاخير اهم لما يحدثة من خسائر وتلف لمحصول الثمار .

وقد وجد ان تلك الاقات يكون مستوى الاثيلين مرتفع والذى يسبب ضعف وتكسر الصفيحة الوسطى فتحدث منطقة الانفصال والذى يختلف مكانة بأختلاف النوع النباتى التابعة لة الثمرة فتنفصل ثمرة البرقوق بجزء من العنق فى التساقط الاول اما تساقط ما قبل الجمع فتنفصل بدون عنق اما الكريز فيحدث منطقة الانفصال اما بين عنق الثمرة وحامل الثمرات او بين حامل الثمار والدابرة .

ويفترض تكون منطقة الانفصال بنشاط انزيمى هادم لمحتويات جدر الخلايا مثل المواد البكتينية والسليولوزية والسكريدات العديدة غير السليولوزية ويحدث هجرة لعنصر الكالسيوم والمغنسيوم من جدر الخلايا فى تلك المنطقة قبل او عند نهاية الطور المؤدى للانفصال ولا يشمل هذا التغير الحادث فى منطقة الانفصال الخلايا الخاصة بالحزم الوعائية مما يجعل الثمرة ملتصقة دون انفصال فترة حتى تتمزق هذه الحزم طبيعيا Physically ويختفى البكتين سواء المثيلى Methylated Pectins او الكلى من خلايا الانفصال وتتلجنن الخلايا فى انسجة الثمرة عند منطقة الانفصال ويستمر بتقدم ظاهرة الانفصال حتى التساقط .

تساقط ما قبل الجمع بؤدى الى الأضرار بالثمار الساقطة على سطح الأرض حول جذوع أشجارها حيث تتعرض هذه الثمار للإصابة البكتيرية و الفطرية نتيجة حدوث بعض الجروح الميكانيكية علي الثمار بعد سقوطها وتصبح بعد ذلك غير صالحة للاستهلاك أو البيع و يمكن تجنب مثل هذه الحالات بقطف الثمار قبل اكتمال تسويتها وتلوينها بالرغم من عدم صلاحيتها للاستهلاك والأفضل ترك هذه الثمار فوق الأشجار حتي تصبح مكتملة النضج والتسوية ولا يتأتي ذلك إلا باستخدام بعض المنظمات النباتية للعمل علي منع سقوطها أثناء النضج وبعده كما في ثمار التفاح و المشمش لأن ظاهرة التساقط الثمري قبل القطف Pre-harvest drop مرتبطة بالنقص فى معدل الأوكسين ويمكن التغلب عليها باستخدام الرش لمحاليل نفثالين حامض الخليك (١٠ جزء في المليون) بشرط أن يستخدم الأوكسين مرتين كل ٥-٦ أيام قبل سقوط الثمار لأشجار التفاح ، كما يستعمل (الآلار) مرة واحدة رشا علي الأشجار قبل سقوط الثمار بحوالي شهر واحد ويمكن استخدام بعض المواد الصناعية من الأوكسينات لنفس الغرض السابق مثل مركب ثلاثي كلورو الفينوكسي حامض البروبيونيك

يرجع تساقط الأزهار الى فشلها فى التلقيح والإخصاب فالفشل فى العقد يؤدى الى أن تحرم الأزهار من المدد الاوكسينى الذى يعينها على البقاء والاستمرار فى القيام بدورها ، كما إن فشل الأجنة فى النمو يؤدى الى تساقطها أيضا لنفس السبب وهو ما يحدث عادة بعد ذلك للثمار البذرية فى فترات يقل فيها الإمداد الاوكسينى من الأنسجة المختلفة المانحة للاوكسين بالبذرة فينخفض مستواه دون المستوى اللازم لاستمرار نموها

وهناك العديد من البحوث التى أثبتت أن ظاهرة التساقط الثمري تعزي الي انخفاض مستوي الأوكسينات في الثمار أو الى التدرج الاوكسينى على جانبي منطقة الانفصال فأن كان مستوى الأوكسين على الجانب الداخلى اكبر منه على الجانب الخارجي فى هذه الحالة لا يحدث التساقط آما أن قل المستوى الاوكسينى الداخلى ليتساوى مع مستواه الخارجي البعيد عن منطقة التساقط فى هذه الحالة تتكون منطقة الانفصال

ويزداد احتمال تساقط الثمرة كلما قل عدد البذور بها حيث يترتب علية انخفاض المحتوى الاوكسينى للثمرة وبالتالي انخفاض قدرتها على المنافسة للحصول على المواد والعناصر الغذائية اللازمة لنموها إذ إن الإفراز الهرموني يحدث مناطق جذب لهذه العناصر

فى أوقات التساقط عادة ما يكون مستوى الاثيلين مرتفع والذي يسبب ضعف وتكسر الصفيحة الوسطى فتحدث منطقة الانفصال ويفترض تكون منطقة الانفصال بنشاط أنزيمي هادم لمحتويات جدر الخلايا مثل المواد البكتينية والسليولوزية والسكريدات العديدة غير السليولوزية ويحدث هجرة لعنصر الكالسيوم والماغنسيوم من جدر الخلايا فى تلك المنطقة قبل أو عند نهاية الطور المؤدى للانفصال ولا يشمل هذا التغير الحادث فى منطقة الانفصال الخلايا الخاصة بالحزم الوعائية مما يجعل الثمرة ملتصقة دون انفصال فترة حتى تتمزق هذه الحزم طبيعيا Physically ويختفى البكتين سواء المثيلى Methylated Pectins او الكلى من خلايا الانفصال وتتلجنن الخلايا فى أنسجة الثمرة عند منطقة الانفصال ويستمر بتقدم ظاهرة الانفصال حتى التساقط .
وقد أيد ذلك كل من Addicott Davies &Morgan (1972) حيث وجدوا زيادة إنتاج الاثيلين طبيعيا في ثمار القطن قبل سقوط اللوز (الثمرة) الصغير بينما ارتفع حمض الأبسيسك خلال سقوط ثماره مما نستنتج أن المركبين السابقين يشتركان معا فى ظاهرة التساقط الثمرى .

دور الهرمونات فى منع تساقط

يمنع الاكسين تكون وتخلق طبقات الانفصال ويرجع ذلك الى دورة فى منع تكوين الأنزيمات الهادمة للبكتين مثل Pectin methyl esterase وأيضا لدورة فى التدرج الاوكسينى Auxin gradient عند النهاية القمية للعنق Proximal end (اتصال العنق بالثمرة) وقد أفادت تلك المعلومات فى منع التساقط باستعمال الاوكسينات. فقد وجد أن استعمال Naphthalen acetamide بتركيز ١٥ – ٢٠ جزء فى المليون عند تساقط أول ثمرة تفاح ثم تكرار المعاملة حتى الجمع ويستعمل ٢،٤ - D بتركيز ٨ – ١٠ جزء فى المليون لمنع تساقط ثمار الموالح " أبو سرة " والتفاح والكمثرى . وقد وجد أن الرش البرتقال أبو سرة قبل الأزهار بستة أسابيع زاد الحجم وقل التساقط أي أن تأثير دام سبعة شهور فى أشجار المانجو و أصنافها المختلفة تصل نسبة تساقط الثمار غير تامة النضج حوالي ٩٨ % و يتبقي من الثمار العالقة بالأشجار حتي تنضج تماما حوالي ٢% و يمكن التغلب على نقص العقد لارتفاع التساقط بالاستخدام الأمثل من نفثاليك حمض الخليك أو مركب ٢ ، ٤ – ت

أما عن دور الجبرلين فعند المعاملة به على ثمار التفاح فقد قل التساقط بنسبة ٢٠-٥٠ % وكانت المعاملة بعد ٦ أسابيع من تساقط البتلات الزهرية بتركيز ٢٥– ١٠٠ جزء فى المليون غير ان الجبرلين لم يعطى نتائج إيجابية أخرى فى منع تساقط كثير من الثمار للأنواع الأخرى

أشارت الأبحاث الأخيرة أيضا اثر B9 فى منع التساقط أو التقليل منه بالتفاح عند الرش به بعد ثلاث أسابيع من التزهير وتساقط البتلات بتركيز ٢,٥ جم / لتر

دور الاوكسين فى منع التساقط :

يمنع الاوكسين تكون وتخلق طبقات الانفصال ويرجع ذلك الى دورة فى منع تكوين الانزيمات الهادمة للبكتين مثل Pectin methyl esterase وايضا لدورة فى التدرج الاوكسينى Auxin gradient عند النهاية القمية للعنق Proximal end (اتصال العنق بالثمرة) وقد افادت تلك المعلومات فى منع التساقط باستعمال الاوكسينات .

استعمل Naphthalen acetamide بتركيز ١٥ – ٢٠ جزء فى المليون عند تساقط اول ثمرة تفاح ثم تكرار المعاملة حتى الجمع ويستعمل ٢،٤ - D بتركيز ٨ – ١٠ جزء فى المليون لمنع تساقط ثمار الموالح " ابو سرة " والتفاح والكمثرى . وقد وجد ان الرش البرتقال ابو سرة قبل الازهار بستة اسابيع زاد الحجم وقل التساقط اى ان تأثير دام سبعة شهور

اما عن دور الجبرلين فعند المعاملة بة على ثمار التفاح Red delicious فقد قل التساقط بنسبة ٢٠-٥٠ % وكانت المعاملة بعد ٦ اسابيع من تساقط البتلات الزهرية بتركيز ٢٥ – ١٠٠ جزء فى المليون غير ان الجبرلين لم يعطى نتائج ايجابية اخرى فى منع تساقط كثير من الثمار للانواع الاخرى .

B9 اثر فى منع التساقط او التقليل منه بالتفاح عند الرش به بعد ثلاث اسابيع من التزهير وتساقط البتلات بتركيز ٢,٥ جم / لتر.

Mode of action:

تنحصر ميكانيكية عمل هرمون الإثيلين فى ثلاث نظريات هى:

١ ــ أن الإثيلين يهاجم بعض مواقع البروتين metaloprotein فى الخلية وهذه المواقع يكون لها دور فى العملية التنظيمية فى الخلية.

٢ ــ يظهر نشاط الإثيلين من خلال مهاجمته لطبقات الأغشية فى الخلية مؤثراً على نشاطها بالتغييرات أو بالإفساد.

٣ ــ أن للإثيلين دور فى تنظيم العمليات الحيوية فى الخلية من خلال تأثيرة على RNA وبالتالى على نظام تخليق البروتين وبعض الإنزيمات.

النظرية الأولى: (Burg and Burg, 1967) metal adsorption theory

ــ ترتكز هذه النظرية على:

- التغيير فى النشاط الحيوى كما يحدث فى حالة إدمصاص الغاز **(الإثيلين)** على أسطح المعادن الثقيلة مثل الفضة والنحاس والزنك الموجود فى تركيب البروتين.

- مهاجمة الإثيلين للمعادن الثقيلة أمكن تثبيطه بواسطة غاز Co_2 حيث يتداخل فعل غاز Co_2 مع نشاط غاز الإثيلين.
- النقص فى كمية O_2 يؤدى إلى تثبيط فعل الإثيلين لأن الأكسجين هام جداً وضرورى لأكسدة المعادن المستقبلة للإثيلين، هى موقع المهاجمة للإثيلين وهى موجودة بالبروتين.

ـــ ومما سبق يتضح لماذا يمكن تخزين الثمار لفترات طويلة عند مستوى أكسوجين منخفض و CO_2 مرتفع فى الجو المحيط بالثمار فى المخزن.

<u>النظرية الثانية: نقص نفاذية الأغشية الخلوية (Lyons and pratt, 1964):</u>

الإثيلين يظهر تأثيره نتيجة لمهاجمة الجدر والأغشية بالخلية وخاصة طبقة الليبيدات (**الفوسفوليبيدات**)، وبالتالى فإن الغاز يعمل على نقص فى درجة نفاذية الأغشية الخلوية. ولكن هذه النظرية ليست مقنعة بدرجة كبيرة لأنه عند إختيار عدة مواد أخرى على أغشية صناعية، وجد أن للإثيلين تأثير أقل من مواد أخرى كثيرة على درجة نفاذية الأغشية.

النظرية الثالثة: التأثير على جهاز تخليق البروتين فى الخلية:

ـــ الإثيلين يؤثر على نشاط RNA وبالتالى على نوع البروتين المخلق وخاصة تكوين ونشاط أنـــواع معينة من الإنزيمات ولوحظ زيادة نشاط إنزيم peroxidase.

ـــ كما أمكن إثبات دور الإثيلين فى زيادة إنتاج peroxidase عن طريق إســـتخدام Co_2 تـــم وقـــف نشاط الإنزيم بها نتيجة للتغلب على تأثير الإثيلين بواسطة Co_2.

ـــ عند إستخدام بعض مثبطات RNA، الذى يقوم بالتخليق الحيوى للبروتين، مثل Cyclohexamid – Actinomycin – D ، أمكن منع زيادة إنزيم Peroxidase.

* كذلك لوحظ أن الإثيلين يؤثر بدرجة كبيرة على الإنزيمات التى لها علاقة بالتحولات الغذائية للمواد الفينولية:

ـــ لوحظ أن تعريض جذور الجزر للإثيلين أدى إلى تنشيط تخليق Isocumarin ، وأمكن وقف ذلـــك بتعريض الجذور إلى تركيز مرتفع من Co_2 (Chalutz, 1969).

ـــ فى الموالح، يؤدى الإثيلين إلى زيادة فى إنزيم.

Phenyl alanine ammonlase والذى أمكن منعة بواسطة التعرض لتركيز مرتفـــع مـــن Co_2 أو Cyclohexamide. وهذا الإنزيم له دور محدد فى تخليق الفينولات فى النبات.

ـ بعض الإنزيمات لوحظ زيادتها فى الأنسجة بعد التعرض للإثيلين مثل الفوسفاتيز (Olsen, 1968) وكذلك بعض الإنزيمات التى لها دور فى عملية نضج الثمار.

ـ لوحظ زيادة إنزيم Cellulase وخاصة فى منطقة الإنفصال التى تؤدى إلى حدوث التساقط بعد تعرض أوراق البقوليات للإثيلين.

ـ تنشيط α – amylase فى طبقة الأليرون فى النجيليات.

* كما أمكن وقف التأثيرات العديدة والناتجة من المعاملة بالإثيلين بواسطة مثبطات تخليق البروتين. فعند تعريض hypocotyls فى فول الصويا للإثيلين، لوحظ زيادة فى المحتوى من DNA والذى يتحول تلقائياً إلى RNA.

Abscisic acid and related compounds:

ـــ من المعروف أن أهم مثبطات النمو الرئيسية والتى تم إكتشافها هو هرمـــون حمـــض الأبســـيك (ABA) والذى تم عزلة وتعريفة فى عام 1965 بواســـطة العلمـــاء Cornforth and Ohkuma وقد سبقهم العلماء Bennet and Kefford (1953) ، فى إكتشاف مثبط نباتى يـــؤثر فـــى نمـــو النباتات وتم تعريفة فى صيغة على أنه Inhibitor B ، والذى تم تعريفة فيمـــا بعـــد أنـــه ABA. وهذا الهرمون منتشر فى النباتات ويظهر تأثيره عند وجودة بتركيزات منخفضة جداً. فمـــثلاً عنـــد إجراء أختبار على بذور الخس، وجد أن تأثير ABA يعادل أكثر من ١٠٠ مرة قدر تأثير مركبات اللأكتون المثبطة مثل Coumarin.

ـــ وهناك مجموعة أخرى من مثبطات النمو وأهمها مركبات فينولية وتشمل:

١ ـــ مجموعة الأحماض الفينولية Phenolic acids: مثل حمض البنزويك والسيناميك.

٢ ـــ مجموعة مركبات اللأكتون لحمض الكيوماريك Lactons of coumaric.

٣ ـــ الفلافونويدات Flavonoids.

معوقات النمو Growth Retardants

تختلف عن هرمونات النمو بانها تعرقل النمو وتؤخره لانها تعمل على تقليل استطالى السيقان لكونها تثبط فعالية المرستيمات تحت الطرفية Sub Apical Me واهم هذه المواد هي السايكوسيل CCC والفسفون Phosphone D وكذلك الامو- ١٩١٨ Amo-1918 ايضا تسمى بالمعيقات لانها تعمل على العكس من عمل الجبرلينات الفسيولوجي وتقلل من تكوينها في النبات.

ميكانيكية عمل معيقات النمو

١- تعيق استطالة السيقان لانها تمنع انقسام اخلايا المرستيمية تحت القمية ولكنها لا تؤثر على المرستيمات الطرفية

٢- تثبط استطالة الخلايا وانقسامها في منطقة تحت الخلايا القمية

٣- بشكل عام تثبط نمو النبات

التأثير الفسيولوجي لمعوقات النمو على النباتات:

وهي مواد عالية التخصص. ولذلك تختلف استجابة الأصناف المختلفة، من الجنس النباتي الواحد، للمركب الواحد. فالسيكوسيل والامو- ١٦١٨ تعوق استطالة ساق الشجيرات، والكوسة، والخيار. والفوسفون يعوق نمو البيتونيا، بينما لا يؤثر عليها السيكوسيل.

وأهم التأثيرات الفسيولوجية لمعوقات النموما يلى:-

١- منع او اعاقة انقسام الخلية، في منطقة المرستيم القمي، واعاقة استطالتها.

٢- زيادة قطر الساق والنمو العرضي في خلايا النباتات المعاملة.

٣- إسراع الأزهار.

٤- تقليل طول النبات، وحجم المجموع الخضري، لعديد من الأنواع النباتية.

٥- زيادة محتوى الكلوروفيل.

٦- تكوين جذور قصيرة وتنشيط تكوين الجذور العرضية على العقل.

٧- زيادة سرعة انتقال الفوسفور وتراكمه.

٨- زيادة امتصاص الجذور للعناصر المعدنية.

الفينولات

وهي مركبات تشترك حلقه الفينول في تركيبها، لها القدرة علي تثبيط بعض ظواهر النمو مثل الاستطاله وخروج البراعم من طور السكون والإنبات ، ومن امثلتها احماض القيريوليك والباراهيدروكسي بنزويك والجاليك. وأهم مراكز تكوين الفينولات هي البلاستيدات الخضراء والاغشية الخلوية وتعتبر من منتجات الايض الثانوية ولها وظائف حيوية في النبات.

وظائف الفينولات الفسلجية وتطبيقاتها في المجال الزراعي

١- الانبات : لها تاثير على انبات بذور النباتات الصحراوية اذ ان اجنتها تحوي مركبات فينولية وكذلك اغلفة الاجنة وقصرتها مما يؤخر او تمنع انبات البذور بحيث تنبت الا بعد ازالة الكمون الناتج عن وجودها بحيث يتم اذابة هذه المواد بالامطار او الخزن الطويل.

٢- النمو الخضري: ان الفينولات لها نشط فسيلوجي مثبط للنمو الخضري لانها تمنع استطالة الخلايا الجديدة للانقسام الخلوي وبذلك تقصر السلاميات ايضا تعمل على ضعف النمو الخضري لانها تنشط انزيم IAA-Oxidase وتقوم بتكوين اللكنينات مما تعطي صلابة لجدران الانسجة

الوظائف الحيوية للفينولات

١- تشترك في اجسام الكلوروبلاست في انتقال انتقال الالكترونات اثناء عملية التركيب الضوئي.

٢- تنشيط النمو من خلال الفينولات المتعددة Polyphenols والفينولات الثنائية Diphenols اما الفينولات الاحادية Monophenols تكون مثبطة للنمو

٣- تزيد من صلابة الانسجة الداعمة للنبات لانها تكون اللكنينات

٤- تزيد من مقاومة النباتات للامراض البكتيرية والفطرية

٥- ان الوان الازهار الجاذبة للحشرات مما يزيد الاخصاب والتلقيح عائد الى صبغات فينولية واهمها الانثوسيانين Anthocyanin

مضادات الأوكسين Anti auxins

وهي مواد مضادة في تأثيرها لفعل الأوكسين، اكتشفت وجود بعضها طبيعيا، وتم تصنيع أخري ويشابه التركيب الجزيئي لهذه المركبات، تركيب الأوكسينات، إلا أنها تفتقر لأحد الشروط الواجب توافرها او التركيب الجزيئي للاوكسين لإظهار نشاطه.
(توزيع فراغي خاص لحلقة غير مشبعة + مجموهة كربوكسيل حامضية في السلسلة الجانبية).

منظمات النمو الثانوية: عبارة عن منظمات نمو توجد فى بعض الأنواع النباتية و تكون موجودة بتركيزات منخفضة جدا و ذات تأثيرات فسيولوجية هامة و فيما يلى بعض هذة الهرمونات:

١. حمض السالسيليك: منظم نمو نباتي يعمل على حث مقاومة النبات للإجهاد البيئي عن طريق تنشيط عوامل المقاومة و ذلك من خلال تأثيره على مجموعة من الجينات يطلق عليها الجينات المنظمة بواسطة حمض السالسيليك.

٢. البرازينوستيرويد: هرمون نباتي يعمل كمضاد لفعل الجبريلينات وتم إكتشافها فى حبوب لقاح نباتات العائلة الصليبية و تتميز بتأثيراتها الفسيولوجية التالية:

- زيادة معدلات تكوين السكريات فى الثمار.
- تطوير الثمار و تلوينها عن طريق تنشيط تكوين صبغة الأنثوسيانين.
- تحسين نسبة الخصوبة فى نباتات العائلة القرعية.

٣- حمض الجاسمونيك: عبارة عن هرمون إجهاد حيث يتكون من الحمض الدهني لينولينيك ويلعب حمض الجسمونيك دورا رئيسيا فى مقاومة الإجهاد حيث يعمل على تنشيط النظم المضادة للأكسدة المسئولة عن المقاومة.

التوازن الهرموني

التوازن الهرموني بين الهرمونات النباتية المختلفة هو أساس لنجاح العمليات الزراعية و تحسين إنتاجية النبات و قدرته على التأقلم مع الظروف البيئية. ولذلك فإنه من الضروري التأكيد على أن إستخدام منظمات النمو النباتية لتحسين الإنتاج لابد و أن يكون تحت درجة عالية من التحكم فى التركيزات المستخدمة و يتم من خلال دراية كاملة بفعل هذة المنظمات حتى تؤدي دورها المطلوب.

أضافة الهرمونات النباتية

وكما هو واضح من الدور المتعدد للهرمونات النباتية فهى تدخل في كثير من العمليات الفسيولوجية النباتية وتكاد لا تخلو أى مرحلة من مراحل النمو من وجود هذه الهرمونات النباتية لإنجاحها.

ونهتم هنا بدور الهرمونات النباتية فى مقاومة المسببات المرضية وهذا بالطبع يتم تطبيقياً عن طريق إضافة الهرمونات المخلقة صناعياً إلى النباتات لدفعها للمقاومة وهذا يجرنا لتساؤل لابد من الإجابة عليه أو مكان إستفسار لابد توضيحه وهو ما مدى التداخل بين الهرمونات بعضها وبعض وتأثير إضافة هرمون نباتى ما على مستويات باقي الهرمونات الداخلية في النبات ؟

اولا : التداخل بين الهرمونات النباتية Interaction between plant hormones

هناك أربعة أنواع من التداخلات التى تحدث بشكل عام بين الهرمونات النباتية وهذه التداخلات الأربع محصلتها عملية تنظيم النمو داخل النبات وهى كالتالى:

١- نسبة تواجد كل هرمون بالنسبة للآخر

حيث أن هذة النسبة هى المسئولة عن تواجد وظيفة معينة فمثلا إنخفاض نسبة السيتوكينينات إلى الأوكسينات تؤدى إلى تكاثر الجذر وتكونة وعلو هذة النسبة يؤدى لتميز البراعم.

٢- التأثيرات المتعارضة

حيث إن هناك قد يكون فعل هرمون يتعارض مع فعل هرمون أخر والسيادة هنا للتركيز ومدى تهيئة النبات للإستجابة فمثلاً الأوكسين يثبط عملية سقوط الأوراق وظهور الشيخوخة وعلى العكس نجد فعل الإثيلين.

٣- تأثير هرمون على تركيز هرمون أخر

حيث يمكن لهرمون أن يغير من تركيز هرمون أخر وذلك إما عن طريق تغير البناء الحيوى لهذا الهرمون مثلما يحدث عند المستويات العالية من الأوكسين التى تسبب النشاط الحيوى لإنتاج الإثيلين أو عن طريق تثبيط هرمون لنقل هرمون أخر حيث نجد الإيثلين يثبط من نقل الأوكسين فى حين أن الجبرلينات تشجع من حركتة أو قد يحدث هذا التأثير فى التركيز عن طريق تحطيم هرمون لهرمون أخر وهذا ما يحدثة الإثيلين فالأكسينات.

٤- عملية التعاقب أو التتابع التنظيمى: وفية نجد إن العملية الفسيولوجية الواحدة يدخل فيها عدد من الهرمونات بصورة تنظيمية متتابعة مثل نمو غمد بادرة الشوفان حيث إن أنسجة الغمد تدخل فى عدة أطوار تنشيطية هرمونية تبدأ بالجبرللين ثم السيتوكينين وأخيراً الأوكسين.

ثانيا : تأثير إضافة الهرمونات على مستويات الهرمونات الداخلية

Hormones effect on endogenous plant hormones levels

وهذة الجزئية هامة جداً لما يتم من الناحية التطبيقية من إضافة الهرمونات خارجياً للنبات دون النظر لفعل هذة الهرمونات على المستوى الهرمونى الداخلى خاصةً وإن الهرمونات المخلقة صناعياً المضافة تختلف فى إنها قد تحدث تأثيرها فى منطقة إضافتها دون إنتقال ويمكن إيضاح ذلك فيما يلى :

١ـ تأثير إضافة الهرمونات على مستوى الأكسين الداخلى:

بصفه عامه إضافة حمض الأبسيسك يثبط من فعل الأوكسين حيث إنه يثبط إنتاجه حيوياً كما يؤدى لزيادة تحطيمه فى الأنسجه النباتيه. بالنسبه للسيتوكينين فبعكس الأبسيسك دورها منشط لزيادة مستوى الأوكسين فى الأنسجه النباتية وقد يفسر هذا دور إضافة السيتوكينين فى تشجيع النمو للنباتات ذات المستوى المنخفض من الآكسين وقد تبين دورها فى انتاج الآكسين فى قمم غمد الشوفان وكالوس الدخان كما إنها تثبط من فعل إنزيمات أكسدة الأوكسين .

أما بالنسبة لحمض الجبرلليك فقد ثبت بأن لة دور فى زيادة مستويات الأوكسين عن طريق زيادة بناؤة الحيوى وخفض مستويات تحطيمة وبالنسبة للإثيلين فقد وجد إنة يحور من ميتابولزم إمتصاص وإنتشار الأوكسين حيث يقلل من إمتصاصة وكذلك تخليقة كما إنه يؤثرعلى عملية إنتقالة سواء القطبى منها او الحركة الجانبية.

٢- تأثير إضافة الهرمونات على مستوى الجبرللين الداخلى:

قد لوحظ بصفة عامة زيادة إمتصاص وتمثيل حمض الجبرلليك عند المعاملة بالآبسيسك كذلك وجد إن المعاملة بالإيثلين تؤدى إلى وجود مستويات عالية من الجبرللين فى البطاطس كما إن المعاملة بالآكسين تزيد من محتوى الجبرللين أما بالنسبة للسيتوكينينات فقد وجد إنها تمنع أى إختزال لمحتوى حمض الجبرلليك كما إنها توقف فعل المثبطات الحيوية لبناء الجبرللين.

٣- تاثير إضافة الهرمونات على مستوى الإيثلين الداخلى:

إن الإيثلين من الهرمونات التى تمت دراستها بإستفاضة وقد وجد فى العديد من الدراسات أن الأوكسين يشجع ويزيد من إنتاج الإيثلين وهو يعتبر تأثير مباشروليس كما كان يظن إنة تأثير ناتج من أكسدة الأوكسين .

وقد أقترح Yang سنة ١٩٨٠ أن تأثير الأوكسين يكمن فى زيادة مستوى بناء ACC وذلك بتنشيط الأنزيم المسئول عن تحول SAMالىACC وقد وجد إن السيتوكينينات تزيد من مستوى الإيثيلين وربما يرجع ذلك لدورها فى زيادة المحتوى من الأكسين. أما حمض الجبرلليك فقد وجد إنة فى بعض الدراسات كان فعّال فى زيادة إنتاج الإيثلين وكثير من الدراسات لم نجد لة تأثير أما بالنسبة للأبسيسك فإن التركيز المنخفض ينشط من إنتاج الإيثلين أما المرتفع فيثبطة

٤- تأثير إضافة الهرمونات على مستوى حمض الأبسيسيك:

لوحظ أن للأكسين دوراً تنظيمياً لمستوى حمض الأبسيسيك فى النبات أما بالنسبة للكاينتين والجبرلليك فإنهما يثبطان من تخليقة وتجمعة فى حين أن الإيثلين ينشط من إنتاجة حيث زيادة الإيثلين تعتبر أولى مراحل الشيخوخة ويكمل إظهار الشيخوخة زيادة محتوى الأبسيسيك كرد فعل طبيعى لزيادة الإيثلين وعند هذة المرحلة يوقف الأبسيسك من زيادة تركيز الإيثلين كتأثير مباشر على Feed Bock للبناء الحيوى .

٥- تأثير إضافة الهرمونات على مستوى السيتوكينين الداخلى:

لوحظ إن حمض الجبرلليك يؤدى إلى وقف عملية إنتاج السيتوكينين وقد وجد إن إضافة السيكوسيل إلى النبات يؤدى إلى زيادة تخليق السيتوكينين فية وربما هذا يرجع الى دور السيكوسيل فى تثبيط الجبرلليك فى النبات .

وكذلك وجد إن الأوكسين يثبط من فعل السيتوكينين وأُرجع السبب أيضاً لدورة فى تشجيع الجبرلليك وحثة على زيادة مستوياتة كما وجد إن الإتحاد بين الاثنين يؤدى إلى تثبيط نقل السيتوكينين وخفض حركتة بإتجاة القمة .

الية عمل الهرمونات النباتية

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 وآخيرا دراسة التغيرات البيوكميائية التى تحدث بعد بدء تأثير الهرمون .

أولا : التركيب الجزيئى وعلاقته بالنشاط الحيوى للهرمونات النباتية

أ- الأوكسينات Auxins : بعد اكتشاف أن الأندول حمض الخليك IAAهو 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 اكتشف بعض المركبات التى لها نفس تاثير اندول ٣- حمض الخليك الحيوية ولكنها تختلف عنه كميائيا وأهمها مشتقات حمض فينوكسى الخليك مثل٢،٤- Dو ٢،٤،٥ Tولها جميعا قيمتها الفعالة كمبيدات حشائش اختيارية وفى أواخر الثلاثينات أمكن وصف المتطلبات الجزيئية المطلوب توافرها فى مركب بعينه لكى يظهر تأثيرا مشابها للأوكسينات وحصرت فى التالى :

١- ان يكون للمركب تركيب حلقى
٢- يوجد بالحلقة على الأقل رابطة زوجية غير مشبعة
٣- يرتبط بالحلقة سلسلة جانبية تنتهى بمجموعة كربوكسيل أو بها مجموعة يسهل تحويلها الى مجموعة كربوكسيل
٤- ضرورة وجود ذرة كربون واحدة على الأقل بين الحلقة ومجموعة الكربوكسيل
٥- يجب ان يكون له ترتيب بنائى محدد بين السلسلة الجانبية والحلقة يسمح له باجراء التفاعل

ولقد ثبت ان هذه المتطلبات لم تتوافر لمركبات آخرى لها نفس تاثير الأوكسينات رغم اختلافها من ناحية التركيب الجزئى مثل بعض مشتقات حمض البنزويك و الثيوكربامات مثل ٢ – ٦ ثنائى كلورو حمض البنزويك والكربوكسى ميثيل تراى كاربامات. وعلية أفترض انه لكى يكون لجزيء ما نشاط أوكسينى يجب أن تتوزع الشجرة الالكتروستتيكية 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

ب- الجبرلينات Gibberellins

ثبت ان جميع المركبات العضوية التى لها نفس التاثير الحيوى للجبرلينات تحتوى على هيكل كربونى ثابت ومميز ويعرف بالجيبين وقد امكن اكتشاف بعض مركبات لها نشاط مماثل لنشاط الجبرلينات ولكن بدرجة اقل رغم وجود اختلافات فى تركيبها مثل Helminthosporal وقد ثبت أن لهذا المركب القدرة على التحول انزيميا الى الجبرلين فى الأنسجة النباتية . وقد اثبت أن الجبرلين كما فى حالة الأوكسين يرتبط بالجزيء المستقبل ارتباطا طبيعيا وليس بروابط كميائية

ج – السيتوكينينات Cytokinins

اتضح من الدراسات أن التركيب الجزيئى لجميع السيتوكينينات الطبيعية يحتوى على ٦ – أمينوبيورين (الأدينين) ولقد وجد أن كثير من مشتقات الأدينين تماثل السيتوكينين الطبيعى فى تأثيره الحيوى والفسيولوجى والمورفولوجى على الأنسجة النباتية ولقد اثبتت التجارب ايضا ان السيتوكينينات ترتبط ارتباطا طبيعيا وليس كميائيا مع الجزيء المسقبل بالخلايا لكى يظهر اثره الحيوى مماثلا فى ذلك للاكسينات و الجبرلينات

د – حمض الأبسيسيك Abscisic acid

من الدراسات لم تتضح خطوط واضحة لمعرفة المتطلبات التركيبية فى الجزيئات المشابهة كميائيا لحمض الأبسبسيك ولكن حتى الأن وجدت صيغتين لحمض الأبسسيك آحدهما المضاهى و الأخر المخالف) ٢ (trans ABA , 2cis ABAوثبت أن للأول نشاط حيوى أقوى من الثانى مما يعنى أن هناك متطلبات تركيبة 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 ((CH2 = CH2 وعلاقة هذا التركيب بنشاطة الحيوى على أن مجموعة ((= CH2فى 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 ان لهذة المركبات نشاطا حيويا يماثل الأثيلين الأ انه 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 ان تمدد جدر الخلايا كنتيجة لخواصه الطبيعية والتى تحدد قوة ضغط الجدار عليها وهناك نوعين من التمدد الجدار خلوى اولها هو التمدد المطاطى Elastic extensionالرجعى 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 والجبرلينات والأثيلين تسبب جميعها زيادة فى حجم الخلايا فان ذلك يعنى انها 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

اثبتت التجارب أن الأوكسين تسبب التمدد المطاطى والبلاستيكى لذلك أفترض ان 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 اجمع 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 فالجبرلين يزيد من حجم الخلايا دون ان 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 الرأى أن الجبرلين يشجع نشاط انزيم الفا اميليز والذى يحول كل من البروتينات والنشا من الصور غير الذائبة اى 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 الياف 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 الأيسسيك على حجم الخلايا وبالتالى فأنه يفترض حاليا انه ليس لهذين الهرمونين اثر مباشر على طبيعة الجدر

تاثير الهرمونات على بعض المحاصيل الحقلية

تطبيق منظم نمو النبات على القمح

١. تشجيع إنبات القمح

تي رياكونتانول . في علاج القمح وبذور القمح بـ ٣٠ كحول ألكيل ، يمكن تحسين نشاط الإنزيم في البذور ويتم تعزيز عملية التمثيل الغذائي للإنزيم ، وهو ما يعود بالفائدة على نقل المواد ويوفر الطاقة للنمو والتطوير ، مما يرفع معدل الإنبات ويجعل الشتلات في وقت مبكر ومنظم. وفقا لتجربة محطة ترويج التكنولوجيا الزراعية في مدينة شينتاى ، مقاطعة شاندونغ ، زرعت البذور لمدة ٤- بعد ١٢ ساعة من زرع ٠،٢-٠،٥ ملغ / لتر من ٣٠ anol، مما يؤدي إلى زيادة قدرها ٤,٣ ٪ -٧,١ ٪ لكل مو. قبل زرع القمح ، كان من الأفضل أن ينقع في ٠,٢-٠,٥ ملغم / لتر من الكحول الألكيل ٣٠ لمدة ٤-١٢ ساعة. بشكل عام ، يتم رش كل ١٥ كجم من القمح بـ ٣٠ قسما ، والتي يمكن أن تصنف بعد ٢ إلى ٤ ساعات.

الاحتياطات: استخدم بدقة التركيز لتجنب الآثار الجانبية. يمكن أن تكون مختلطة مع المبيدات الحشرية ، فطريات

الاستخدام الآمن وغير الآمن للهرمونات النباتية

مقدمة عن الهرمونات النباتية
الهرمونات النباتية هي مركبات تنتقل من مكان بنائها إلى المكان الذي تحدث فيه تأثيرها استعمال تركيزات ضئيلة جداً ، وتعتبر كل الهرمونات التي تنتج داخل أنسجة النبات آمنة وغير مضرة لصحة الإنسان ومنها: الجبرلين والإثيلين وإندول حامض الخليك (IAA) وبنزيل أدينين والكينتين والزياتين وحامض الأبسيسك ، وعلى الجانب الآخر تعتبر معظم الهرمونات المصنعة التي يتم إستخدامها غير آمنة تماماً للنبات ولصحة المستهلك ، وتحتاج لعناية خاصة وتخضع لتعليمات وتحذيرات معينة عند استعمالها من ناحية التركيز المناسب والميعاد المناسب ومن أمثلتها نفثالين حمض الخليك و ٢ – ٤ – D وحامض إندولبروبيونيك . وسيتم التعرف على تقسيم الهرمونات والعوامل التي تؤثر على درجة آمانها للنبات والإنسان والهدف من استعمالها ، وكذلك أهميتها الإقتصادية في مجال إنتاج أشجار الفاكهة.

**** تقسيم الهرمونات النباتية حسب اماكن إنتاجها**
تقسم الهرمونات النباتية (منظمات النمو النباتية) إلى مجموعتينن حسب مكان إنتاجها ، المجموعة الأولى: وهي التي تخلق داخل أنسجة النبات (Endogenous).

والمجموعة الثانية : وهي التي يتم رشها على الأشجار (Exogenous) ومنها هرمونات ذات مصدر طبيعي وأخرى مصنعة.

تقسيم الهرمونات النباتية حسب نشاطها
- الأوكسينات وهي منشطة للنمو.
- الجبرلينات وهي منشطة للنمو.
- السيتوكينينات وهي منشطة للنمو.
- الإيثيلين (هرمون لإسراع النضج) ومولدات الإيثيلين مثل الإثريل (إثيفون).
- حامض الأبسيسك وهو مثبط للنمو.

*** العوامل التي تحدد درجة أمان الهرمونات :**
١- نوع الهرمون (منظم النمو):
تعتبر كل الهرمونات التي تنتج داخل أنسجة النبات هرمونات آمنة نظراً لأنه عند رشها يتم تكسيرها داخل أنسجة البات ، ومن أمثلتها الجبرلينات والسيتوكينينات (مثل البنزين أدينين والزياتين) والإيثيلين وإندول حامض الخليك.
أما الهرمونات المصنعة والتي ليس لها وجود في أنسجة النبات فتعتبر غير آمنة عند استعمالها وتحتاج لبعض الاحتياطات عند استخدامها من حيث ميعاد الرش والتركيز المناسب ، ومن أمثلتها ٢ – ٤ D ونفثالين حامض الخليك والكولتار والآلار وحامض الإندول بروبيونيك.

٢- عضو النبات:
فعند استعمال هرمون حامض إندول بيوتيريك بغرض تكوين الجذور على عقل الأشجار أو في مجال زراعة الأنسجة بغرض الإكثار ، فإنه يعتبر هرمون آمن حيث أنه يستعمل على أجزاء لاتؤكل.

٣- التركيز المستعمل:
عند استعمال الهرمون بتركيز غير التركيز الموصى به ، فإنه يعتبر مضر للنبات وصحة الإنسان.

٤- ميعاد الاستعمال:
يجب أن تستعمل كل الهرمونات (منظمات النمو) المصنعة رشاً على الأشجار قبل الجمع بمدة لاتقل عن ١٠-١٥ يوماً.

*** الهدف من استخدام الهرمونات (منظمات النمو):**
يعتمد الهدف من استعمال الهرمون على الاتزان الطبيعي بين الهرمونات المصنعة الخارجية التي يتم رشها والهرمونات الطبيعية الموجودة في أنسجة الشجرة. ومثال على ذلك استعمال نفثالين حامض الخليك (NAA)رشاً على أشجار التفاح بعد الإزهار يكون بغرض خف الثمار وعند استعماله قبل الجمع يكون بغرض خفض تساقط ماقبل الجمع ، كما يستخدم الجبرلين بتركيزات عالية (٥٠٠ – ١٠٠٠ جزء/مليون) مع الكمر البارد بغرض كسر سكون بذور الخوخ صنف "نيما جارد" ويستعمل بتركيزات منخفضة (١٠ – ١٠٠ جزء/مليون) حسب النوع والصنف بغرض زيادة عقد وحجم ثمار أشجار الفاكهة ومحصولها.

*** أهم استعمالات الهرمونات النباتية على أشجار الفاكهة:**
أولا: الجبرلينات:
يؤدي استعمال الجبرلين على أشجار الفاكهة إلى استطالة الخلايا ، وهو من الهرمونات الآمنة ، ويحدث تأثيره بثلاثة اشكال: فالجبرلين يزيد قابلية أعضاء الشجرة لجذب العناصر الغذائية مما يزيد من نمو أنسجة الشجرة ، ويزيد من تخليق إندول حمض الخليك الذي يعتبر منشط لنمو أنسجة الشجرة كما أنه يسرع من تخليق إنزيمات التحليل الماني مثل الأميليز في الخلايا المسئولة عن تنشيط النمو.

ϖ وهناك عوامل تؤثر على كفاءة استعمال الجبرلين وهي:
١- نوع النبات: حيث يختلف التأثير من نوع إلى نوع ومن صنف إلى آخر.
٢- نوع العضو النباتي: يختلف تأثير الجبرلين على البذور عنه في حالة الأوراق أو الأزهار او الثمار.
٣- توقيت الاستعمال: حيث يتلف تأثير الاستعمال عند التزهير عنه في مرحلة ماقبل الجمع.
٤- التركيز: يختلف التركيز المستعمل في كسر سكون البذرة عن المستعمل في زيادة العقد أو خف الثمار.

ϖ أهم استخدامات الجبرلين:
١- كسر سكون بذور الفاكهة متساقطة الاوراق ، حيث أثبتت التجارب ان استعمال الجبرلين بتركيز ٥٠٠ – ١٠٠٠ جزء/مليون بالإضافة للكمر البارد لبذور خوخ اصل "النيماجارد" على درجة ٥م ورطوبة ٨٥% يؤدي إلى زيادة نسبة الغنبات والإسراع من نمو البادرات وتحسين قوة نموها.
٢- زيادة نمو الشتلات والأشجار المثمرة ، فقد أدى استعمال الجبرلين بمفرده أو مخلوطاً بالسيتوكينين إلى زيادة نمو شتلات التفاح صنف "أنا" والمشمش صنف "كانينو".
٣- تعديل النسبة الجنسية في بعض أشجار الفاكهة والخضر.

٤- الحصول على ثمار بكرية (لابذرية) باستعمال الجبرلين ، وعلى سبيل المثال الحصول على ثمار لابذرية من الجوافة والباباظ والجريب فروت والبرقوق والمشمش والكريز والتين وبعض أصناف العنب البذرية.
٥- المساعدة على خروج براعم الفاكهة المتساقطة من السكون.
٦- التقليل من عدد الأزهار الناتجة وهذا يؤدي إلى خف الثمار وتوفير تكلفة الخف اليدوي في بعض المحاصيل مثل الخوخ والكريز والتفاح.
٧- تقليل تساقط ثمار الفاكهة وزيادة المحصول ، فقد ادى استعمال الجبرلين بتركيز من ٢٠ – ١٠٠ جزء/مليون بعد العقد حسب النوع والصنف إلى تقليل تساقط الثمار وزيادة محصول التفاح والكمثرى والكاكي.
٨- زيادة جودة الثمار عن طريق زيادة حجمها وزيادة صلابتها ، وعلى سبيل المثال لايمكن الاستغناء عن استعمال الجبرلين في تحسين حجم الحبات وزيادة استطالة العنقود في أصناف العنب غير البذرية مثل: صنف الطومسون سيدلس والفليم والكينج روبي.
٩- زيادة فترة تخزين الثمار على الأشجار بالإضافة إلى تأخير تلوينها ، فعند رش الجبرلين على أشجار الكاكي والليمون والبرتقال والكريز قبل الجمع يحدث تأخير الجمع وتأخير تلوين الثمار مما يزيد من فترة تسويقها.
١٠- إطالة فترة تخزين الثمار بعد الجمع.

ثانيا: الأوكسينات:
يعتبر هرمون إندول حمض الخليك أوكسين آمن نظراً لوجوده في أنسجة النبات أما باقي الأوكسينات فتستخدم تحت محاذير وتوصيات يجب على المزارع ألا يتعداها مثل التركيز المثالي والميعاد المناسب حيث يجب رشها قبل الجمع بأسبوعين على الأقل.

ϖ أهم استعمالات الأوكسينات:
١- تقليل النمو الخضري للأشجار بغرض الحصول على محصول وعدد ثمار أعلى لكل شجرة ، ومثال ذلك استعمال الباكلوبيوترازول (Cultar) ، وحمض تراي أيودو بنذويك (TIBA) على أشجار البرقوق.
٢- تأخير تساقط الثمار والنضج ، مثل رش نفثالين حمض الخليك NAA على التفاح.
٣- تكوين الجذور على العقل في الأنواع والأصناف صعبة التجذير ، مثل عقل الزيتون وبعض أصول العنب والبرقوق والخوخ ، حيث يتم غمس العقل قي أوكسين إندول حمض البيوتيريك (IBA) بتركيز من ١٠٠٠ – ٤٠٠٠ حسب النوع والصنف.
٤- كسر سكون براعم الفاكهة متساقطة الأوراق ، مثل استعمال الدورمكس (سينامید الهيدروجين) بتركيز من ١ – ٥% منفرداً أو مخلوطاً بالزيت المعدني بتركيز ٢ – ٣% وهذا إجراء ضروري لاغنى عنه خصوصاً في السنوات ذات الشتاء الدافئ.

ثالثا: السيتوكينينات:
وهذه الهرمونات تستخدم في مزارع الأنسجة بأمان مثل بنزيل أمينو بيورين ، ويمكن استعمالها لزيادة تفريع الأشجار مثل مركب البرومالين الذي يحتوي على نوعين من الجبرلين بالإضافة إلى البنزيل أدينين.

رابعاً: الإيثيلين:
ويستخدم الإيثيلين بأمان في إنضاج معظم محاصيل الفاكهة مثل استعماله في إنضاج الموز والكاكي ، على سبيل المثال بوضعها في غرف الإنضاج بوضع رطل من الغاز لكل ٣٦٧ م ٣ هواء (٠,٣%).