

# منظمات النمو النباتية

إعداد:

م.د. أحلام أحمد حسين

## المحاضرة الاولى ( المصطلحات ذات العلاقة بمنظمات النمو النباتية وتطبيقاتها)

### مقدمة:

ان نمو وتطور وشكل ووظيفة الاحياء المتعددة الخلايا قد لا يكون ممكناً دون معلومات كافية بين الخلايا والانسجة والاعضاء، وان مساهمة وتنظيم العمليات الايضية والنمو والتكوين الشكلي في النبات غالباً ما يعتمد على مواد كيميائية من احد اجزاء النبات الى الجزء او الاجزاء الاخرى فيه. فالهرمونات التي هي عبارة عن مرسلات كيميائية التي تنتج في احد الخلايا او الانسجة، وتؤثر في العمليات الخلوية في خلية اخرى عن طريق تداخلها مع مستقبلات بروتينية خاصة. كما هو الحال في الحيوان، كذلك في النبات فإن معظم الهرمونات النباتية يتم بنائها في احد الانسجة وتؤثر في انسجة اخرى بتركيز قليلة.

لذلك فإن هناك بعض المصطلحات يجب التعرف عليها وهي:

### **1- الهرمونات النباتية (Plant Hormones (Phytohormones):**

هي عبارة عن مجموعة من المركبات العضوية غير الغذائية والفيتامينات، تنتج وتصنع طبيعياً (داخل) خلايا وانسجة النبات المختلفة وبتراكيز قليلة جداً (اقل من 1 مليمول) تؤثر في العمليات الفسلجية (تنشيط، تحفيز او تحوير) اللازمة لنمو النبات وتطوره ونتاجه. ومن امثلة الهرمونات التي تنتج طبيعياً في النبات، ( الاوكسين IAA ، والجبرلين GA1 ، والساييتوكاينين (Zeanin)، والاثيلين و الابسسيك (ABA) ، والبراسينولايد (Brassinolide , BL).. وغيرها.

ويجب الاشارة الى انه في الوقت الذي تجهز به العمليات الايضية النبات بالطاقة ومتطلبات النمو والتطور والانتاج . فان الهرمونات النباتية تلعب دوراً محورياً في السيطرة على اتجاهات وسرعة نمو اجزاء النبات المختلفة لتعطي بالمحصلة الشكل النهائي المميز للنبات.

### **2- منظمات النمو النباتية Plant growth Regulators :**

هو مصطلح عام يطلق على مجموعة المركبات العضوية غير الغذائية والفيتامينات، تشمل المركبات التي تنتج طبيعياً في النبات وكذلك تشمل المركبات التي تصنع خارج النبات في المختبرات او من قبل شركات المواد الكيميائية المتخصصة. والتي يطلق عليها منظمات النمو الصناعية Synthetic Plant Growth Regulators والتي بتركيز قليلة جداً تحفز او تثبط او تحور في العمليات الحيوية والفسولوجية والشكلية اللازمة لنمو النبات وتطوره ونتاجه.

فجميع الهرمونات النباتية التي تنتج طبيعياً في النبات تعد منظمات نمو ، وان العكس غير صحيح ، اي بمعنى اخر هنالك المئات من المركبات الكيميائية النقية قد تم تصنيعها وصنفت كمنظمات نمو نباتية لكنها لا تعد هرمونات نباتية، الا ان لها وظائف وتأثيرات مشابهة للهرمونات النباتية عند استعمالها مع النبات ومن امثلتها (

الايوكسين (NAA، IBA، 2,4-D)، الجبرلينات (GA3)، السايتوكاينينات (BA) والايثيون او الايثريل وهي من المركبات الصناعية المحررة للثيلين.. وغيرها.

### 3- محفزات النمو النباتية Plant Growth Stimulators:

وهي مركبات عضوية غير المواد الغذائية والفيتامينات، والتي بتراكيز منخفضة جداً تحفز العمليات الفسلجية اللازمة لنمو وتطور النبات. وتعد الاوكسينات، والجبرلينات والسايتوكاينينات الطبيعية والصناعية من محفزات النمو النباتية.

### 4- مثبطات النمو النباتية Plant Growth Inhibitors:

وهي مركبات عضوية غير المواد الغذائية والفيتامينات، والتي بتراكيز قليلة جداً تثبط العمليات الفسلجية اللازمة لنمو النبات وتطوره. ويعد حامض الابسسيك من اهم مثبطات النمو النباتية المعروفة.

### 5- معوقات (مؤخرات) النمو النباتية Plant growth Retardants:

وهي مجموعة من المركبات العضوية غير المواد الغذائية والفيتامينات، والتي بتراكيز قليلة جداً تؤدي الى اعاقة وتأخير في نمو النبات وتجعله متقزماً. علماً بأن جميع معوقات النمو هذه هي مركبات صناعية synthetic compounds ، ولا تنتج طبيعياً داخل النبات. ومن تأثيراتها انخفاض الاستطالة اي التقزيم اي عكس عمل الجبرلينات وتأخر الشيوخة والسيطرة على الساق والافرع (حجم النبات) وتحفيز تكوين البراعم الزهرية. ومن امثلتها السايكوسيل CCC، فسفون د - Phosphon -D، AMO 1618 وغيرها.

### 6- الهرمونات التي تنقل خارج مواقع بناءها الحيوي Indocrine Hormones:

وهي الهرمونات التي تنتقل من مواقع انتاجها او بنائها الحيوي في خلايا وانسجة النبات الى مواقع تأثيرها الفعال في نمو وتطور النبات.

### 7- الهرمونات التي تنتج وتؤثر في مواقع بناءها الحيوي Paracrine Hormones:

وهي الهرمونات التي تنتج وتؤثر في نفس مصادر بنائها وانتاجها لخلايا وانسجة النبات.

### 8- المواد الناشرة :

هي مواد تضاف الى محلول منظمات النمو، حيث يشكلان معاً مستحلياً يعمل على تحسين خواص المحلول الكيماوي من خلال توزيعه وانتشاره والتصاقه وتقليل الشد السطحي للانسجة النباتية المعاملة بمحلول منظمات النمو، مما يساعد على زيادة نفوذ وامتصاص المادة وعدم فقدانها وخاصة عند استعمال تراكيز قليلة من منظمات النمو. وان التركيز الموصى به من المادة الناشرة المضافة الى المحلول الكيماوي يتراوح بين (0.1% - 0.01%) ومن امثلتها Tween-20، Tween-80، X-77).

### 9- مخلفات (رواسب) المادة الكيماوية:

هي عبارة عن مخلفات (بقايا او رواسب) المادة الفعالة او الخليط الكيماوي (منظم نمو ، مييد ادغال ... وغيرها) والذي يتم الكشف عنه في المحصول او النبات المعامل به.

### 10-نسبة المادة الفعالة المركزة:

وهي نسبة تركيز المادة الفعالة المركزة (النقية) من المركب الكيماوي (منظم النمو مثلاً) والتي تكون مسؤولة اساساً عن تأثير التركيز المطلوب من منظم النمو عند استعماله. وتختلف هذه النسبة باختلاف المركبات الكيماوية وحسب الشركات المختلفة المجهزة للمواد الكيماوية.

### 11-التركيز:

هو نسبة تركيز المادة الفعالة من المركب الكيماوي (منظم النمو مثلاً) والمساوية لكمية المحلول المستخرج كنسبة مئوية (%) او جزء بالمليون (ppm) او مللتر / لتر ماء (ml/l).

### 12- مادة التخفيف:

هي مادة على هيئة غاز، سائل او مادة صلبة تستخدم لتخفيف تركيز المادة الفعالة من المركب الكيماوي (منظم نمو مثلاً).

### 13- المادة القابلة للذوبان بالماء:

هي المادة الكيماوية (منظم نمو، مييد ادغال او غيرها) التي تكون على هيئة صلبة او مسحوق قابل للذوبان في الماء بسهولة. فبعض منظمات النمو الصناعية تكون غير ذائبة بالماء بسهولة او لا تذوب كلياً وتتطلب مذيبات اخرى لاذابتها، كالاسيتون، الكحول، الميثانول.

## المحاضرة الثانية (منظمات النمو النباتية (الاوكسينات):

### - الاوكسينات: Auxins

كلمة اوكسين Auxin مشتقة من الكلمة اليونانية Auxtein وتعني ينمو او الى النمو ، وتعد الاوكسينات اول الهرمونات المكتشفة وقد سجلت الجمعية الامريكية للفسيولوجين عام 1954 مصطلح اوكسين على المركبات التي تتصف بمقدرتها على تحفيز الاستطالة في خلايا الساق. علماً بأن هذا المصطلح (اوكسين) سبق وان اطلق قبل ذلك على هرمون النمو الذي ينتج في قمة رويشة نبات الشوفان.

ان الاوكسينات الطبيعية توجد وتنتج في جميع النباتات الراقية، وتعتبر القمم المرستيمية المصدر الرئيسي لبناء وانتاج الاوكسينات، كما تعد اجنة البذور مواقع اساسية يتم فيها بناء وانتاج الاوكسين، وكذلك تعد الاجنة مصدراً غنياً ومهماً لبناء وانتاج الهرمونات بصورة عامة. وتعد البراعم الطرفية مصدر غني بانتاج الاوكسين، الا ان انتاجه في الاوراق الحديثة يكون بنسبة اقل فالاوكسين يتراكم في الاوراق الحديثة النمو عند قمة او نهاية طرف قمة الورقة ، وعند تطور الورقة يتراكم في حافات الورقة، ثم يبدأ تدريجياً بالانتقال والتراكم اسفل الورقة (قاعدة الورقة) بعدها يتراكم في مركز نصل الورقة ثم يعود ويتراكم في قاعدة الورقة عند تطورها نحو النضج.

ان القمم المرستيمية للجذر من المواقع المهمة والاساسية في بناء وانتاج الاوكسين بخاصة عندما تكون الجذور في حالة الاستطالة والنمو، كذلك الجذور تبقى معتمدة على الافرع الحديثة النامية في احتوائها ومصدرها من الاوكسين. وتحتوي الثمار والبذور والحيية النامية على مستوى مرتفع من الاوكسين ، لكن ما زال غير واضح فيما اذا كان هذا الاوكسين يتم بناءه فيها حديثاً، او يتم انتقاله من انسجة اخرى خلال مرحلة النمو والتطور. علماً ان الاوكسين له القدرة على الحركة والانتقال الى الاعلى الا ان مستوى تركيزه ينخفض كلما بعدت المسافة عن مواقع بناءه وانتاجه.

### - طبيعة الاوكسينات:

الاوكسين هو حامض اندولي ذات نواة حلقيه غير مشبعة، والاوكسين مصطلح عام يطلع على مجموعة المركبات التي تتميز بقابليتها على تحفيز استطالة الخلايا ونمو الجذور وتنشيط البراعم الجانبية وغالبا ما يكون التنشيط للبراعم الابطية واحياناً تثبط البراعم العرضية، وهي حوامض عضوية ضعيفة ويعد اندول حامض الخليك (IAA) Indole -3 -Acetic acid الذي تم اكتشافه هو الاوكسين الرئيسي الموجود في معظم النبات ، اذ يتميز بتركيب كيمائي بسيط وسهولة تحضيره مختبرياً وذو فعالية عالية، كما تم بعد ذلك اكتشاف عدداً من المركبات الطبيعية في النبات والتي لها تأثير مشابه لتأثير الاوكسينات ومن امثلتها: اندول استيلديهايد (IAAId) Indoleacetaldehyde ، كلورو اسيتك اسد 4-Chloroacetic Acid (4-Cl-IAA) ، اندول بيوتريك اسد (IBA) Indole -3- butyric Acid ، فينايل اسيتك اسد Phenylacetic acid ان هذه المركبات الطبيعية ذات فعالية وتأثير ضعيف مقارنة بالاوكسين.

اما الاوكسينات الاخرى والتي تعد غير طبيعية تم تصنيعها في المختبرات ومن قبل شركات المواد الكيماوية الا ان لها تأثير وفاعلية تشابهة الاوكسين الطبيعي ويطلق عليها الاوكسينات الصناعية واهم صفاتها:

- 1- ان يكون لها نواة حلقيّة مشبعة.
- 2- ان يكون هناك على الاقل رابطة مزدوجة على الحلقة الاندولية.
- 3- يجب ان ينتهي طرف الحلقة بمجموعة الكاربوكسيل (-COOH).

- الصيغة البنائية للاندول استيك اسد وبيوترك اسد

### - الاوكسينات المرتبطة:

لقد تم تشخيص عدداً من الاوكسينات المرتبطة، والتي عُدت مركبات غير فعالة هرمونياً. فالاوكسين IAA يتحرر من عدد من المركبات وليس جميعها والتي ترتبط او تقترب بالاوكسين عن طريق فعاليتها الانزيمية، هذه الارتباطات التي يمكن ان تحرر الاوكسين الحر تستعمل او تعد صورة خازنة يتحرر منها الاوكسين . وتوجد الاوكسينات المرتبطة على صورتين:

#### الاولى: الاوكسينات المرتبطة ذات الوزن الجزيئي المنخفض:

تتوفر بدرجة عالية في استرات الاوكسين كلايكوسيل مع مجموعة المثل والكلوكوز مثل IAA-N-Aspartate ان وظيفة هذه المواد المقترنة تعد مصب sink لخزن الاوكسين اذ يخزن خلال نضج البذور ويستعمل خلال الانبات. اما الاوكسينات المرتبطة الاخرى فوظيفتها تعد مركبات وسطية لعمليات تحلل وتحطم الاوكسين.

#### الثانية: الاوكسينات المرتبطة ذات الوزن الجزيئي المرتفع:

من امثلتها IAA-glucan، IAA-Glycoproteins-Peptides، IAA الموجودة في البذور. ووظيفتها التخزين العكسي للاوكسين، اذ يتراكم الاوكسين الزائد في الانسجة النباتية والذي يمنح الحماية ضد التسمم للاوكسين.

مما سبق يتضح ان الاوكسينات المقترنة تعمل :

- 1- خزين للاوكسين خلال نضج البذور واستعماله خلال الانبات.
- 2- تعد ناقل او حامل اثناء حركة ونقل الاوكسين من البذور الى الافرع.
- 3- منح الحماية والوقاية للاوكسين من الاكسدة والتحلل او الهدم.

### - البناء الحيوي للاوكسين (IAA) Biosynthesis of Auxin:

يعد الحامض الاميني التريبتوفان Tryptophan البادىء والمولد الاولي لبناء وانتاج الاوكسين في النبات ويتم الحصول عليه من خلال دورة حامض الشكمك، حيث يمر بسلسلة طويلة من التفاعلات خلال هذه الدورة تنتهي بتكوين الحامض الاميني التريبتوفان.

يوجد اربع مسارات لبناء في النبات للبناء الحيوي للاوكسين ثلاث منها تحصل في الكلوروبلاست ومسار واحد في البكتيريا. المسار الاول يتم بواسطة Indole-3-Acetonitrile (IAN) والمسار الثاني يتم بواسطة Tryptamine (TAM)، والمسار الثالث بواسطة Indole-3-Pyruvate (IPA)، والمسار الرابع يتم بواسطة Indole-3-Acetamide (IAM). ويعد المساران الثاني والثالث من اكثر المسارات شيوعاً في النبات.

#### - المسار الاول IAN Pathway :

في هذا المسار يتحول الحامض الاميني تريتوفان اولاً الى المركب Indole-3-acetaldoxime (IAOX) مباشرة اذ ينتهي بتكوين مركب Indole-3-Acetonitrile (IAN) وبمساعدة انزيمات Nitrilases يتحول الى Indole-3-acetic acid (IAA). ويعد هذا المسار مهماً في عوائل نباتية ثلاث وهي عائلة الخردل والحشائش والموز ومؤخراً تم تشخيصه في عوائل القرعية والوردية والبادنجانية والبقولية.

#### - المسار الثاني TAM Pathway :

يبدأ هذا المسار بنزع ذرة الكاربون decarboxylation من التريتوفان اذ يتكون مركب Tryptamine (TAM) الذي يدخل في سلسلة من التفاعلات الانزيمية لتكوين مركب اندول استلديهايد Indole-3-acetaldehyde (IAAld) والذي يتأكسد بواسطة انزيم خاص Specific dehydrogenase حيث يتكون الاوكسين (IAA) ويحصل هذا المسار في انواع عديدة من النباتات.

#### - المسار الثالث IPA Pathway :

في هذا المسار تنتزع الامينات من الحامض الاميني التريتوفان اذ يتكون مركب Indole-3-Pyruvate والذي تنتزع منه ذرة كاربون decarboxylation لتكوين المركب Indole-3-acetaldehyde (IAAld) والذي يتحول بدوره من خلال انزيم Aldehyde oxidase الى الاوكسين.

#### - المسار الرابع IAM Pathway :

يحصل هذا المسار في البكتيريا، ويعتمد على الحامض الاميني التريتوفان، اذ يستعمل المركب الوسيطى Indole-3-acetamide (IAM) ويشتمل على مساهمة اثنين من الانزيمات هما Trp.monooxygenase وانزيم xAM hydrase وان الاوكسين الناتج من هذه البكتيريا غالباً ما يحدث تغيرات شكلية في النبات المضيف للبكتيريا Plant hosts.

#### -الآلية عمل الاوكسينات:

الاوكسينات لها تأثير على توسع واستطالة الخلايا ويعتقد بأن هذا التأثير ناتج من تحفيز الاوكسين للانزيمات المحللة لبعض مكونات الجدار الخلوي وكذلك تحفيز الانزيمات الداخلة في مكونات الجدار الخلوي. فقد وجد ان الاوكسين يحفز النمو من خلال زيادة ليونة الجدار الخلوي ومرونته.وبما ان الجدار الخلوي يتكون من مواد بكتينية وسليولوزية، لذا يعتقد بأن الاوكسين يسبب ازالة لايونات الكالسيوم التي ترتبط

بمجاميع الكربوكسيل (مجموعة الكربوكسيل هي المسؤولة عن تحديد النمو) مما ينتج عن ذلك تحلل مكونات الجدار الخلوي وتلينه. كما لوحظ ان الجدار الخلوي يحصل على مواد جديدة (زيادة المواد السليلوزية والبكتينية) نتيجة المعاملة بالاكسين مما يؤدي الى حدوث الاستطالة.

الالية الثانية: ان الليونة ينتج عنها انخفاض في الضغط الازموزي الامر الذي يؤدي الى زيادة قوة الامتصاص الازموزية فيدخل الماء الى الخلية ويزداد حجمها وتوسعها حتى حصول التوازي بين الضغط الازموزي والضغط الجداري، كما لوحظ ان استطالة الخلية يتحفز بالاكسين نتيجة لتأثيره بإستبعاد الكالسيوم والمغنيسيوم من المواد البكتينية المكونة لجدار الخلية مما يؤدي الى جعل سلسلة البكتين مستقيمة وتتكون من حامض البكتيك.

## - التأثيرات الفسيولوجية للاوكسينات:

### 1- الاستطالة والتوسع الخلوي:

الاوكسينات لها دور اساس ومهم في مرحلة استطالة الخلايا وتكوين اعضاء النبات المختلفة. فالاستطالة وتوسع الخلايا وحصول النمو لا يتم الا بوجود التركيز المناسب من الاوكسين، وخاصة التراكيز المنخفضة، اذ ان التراكيز العالية قد تسلك سلوكاً مثبطاً للاستطالة خلال مراحل النمو والتطور الطبيعي للنبات.

### 2- الانقسام الخلوي:

يحفز الاوكسين الانقسام الخلوي للكامبيوم، وكذلك وجوده مع السايوكاينين في الزراعة النسيجية من خلال تحفيزه لنشاط وفعالية خلايا الكامبيوم الوعائي، اذ ان حركة وانتقال الاوكسين من مواقع بناء الحيوي وانتاجه في القمم المرستيمية النامية الى الاسفل يحفز انسجة الخشب واللحاء الثانوية على التكيف والتمايز وحصول النمو العرضي وتكوين الخشب الثانوي من الجهة الداخلية واللحاء الثانوي للخارج، مما ينتج عنه زيادة سمك الساق والنمو الخضري والجذور وبخاصة العرضية منها.

### 3- السيادة القمية والبراعم الجانبية:

ان بناء وتكوين الاوكسين في القمم المرستيمية وانتقاله الى الاسفل يؤدي الى تثبيط نمو البراعم الجانبية، وان ازالة او قرط هذه القمم يعمل على تحفيز وتثبيط البراعم الجانبية على النمو وذلك بمنع او ايقاف وصول الاوكسين اليها. وان السيادة القمية وفعاليتها تكمن اهميتها في المظاهر المورفولوجية الاتية:

1- التحكم في نمو الافرع الجانبية اما تقصيرها او استطالتها او كلاهما على نفس النبات.

2- التحكم بالزاوية التي تتكون منها الافرع الجانبية على الساق الرئيسي لنفس النبات.

3- السيادة القمية: منع او ايقاف التفرعات الجانبية لنفس النبات.

### 4- تحفيز تجذر العقل:

الاوكسين يحفز نشوء الجذور على العقل الساقية وكذلك نمو وتطور الجذور الفرعية. فالجذور الثانوية للجذر الرئيسي الحقيقي والجذور العرضية حول قاعدة العقل الساقية تخرج او تنشأ من الطبقة او الحلقة الدائرية



المسماة البريسيكول وعند حصول هذه الطبقة على تركيز مناسب من الاوكسين يؤدي الى سرعة نشوء الجذور وزيادة عددها، والتي تتحول بعد ذلك الى الجذور العرضية فعملية تكوين الجذور تحتاج الى تراكيز قليلة جدا من الاوكسين الطبيعي لتحفيز وتنشيط تكوين مبادئ الجذور وكذلك سرعة خروج البراعم العرضية على قواعد العقل للنباتات المختلفة. ان كمية ومستوى الاوكسين هذه تعتمد على نوع النسيج وعمره والحالة الفسلجية للنمو.

#### 5- استجابات الانتحاء:

ان دور الاوكسين في الانحناء الضوئي يعود الى الاختلاف في معدل النمو الجانبي (الافرع) للنبات المضاء وغير المضاء نتيجة التوزيع غير المتماثل للاوكسين اذ يتراكم في الجانب غير المضاء مستوى من الاوكسين اعلى من المستوى او التركيز الموجود في الجانب المضاء وبناءً على ذلك فإن النمو في الجانب المظلل يكون اسرع منه في الجانب المضاء، مما ينتج عنه انحناء العضو النباتي الى جهة مصدر الاضاءة. اما بالنسبة للجذور فأ نمو وتطور انسجة الجذر يكون حساس جداً للضوء، فالجذور لا تتكشف ولا تتحفز وتنمو الا بوجود الظلام.

#### 6- الإزهار:

في حالات قليلة ويتراكم محدد وجد ان الاوكسين يحفز عملية التزهير ونمو وتطور الاجزاء الزهرية. وتفتحها واكتمال نموها كما هو الحال في الاناناس، علماً ان الاوكسين ليس مختصاً في عملية التزهير، الا ان النباتات المعرضة لمدة ضوئية طويلة (نباتات النهار الطويل) تحتوي على مستوى مرتفع من الاوكسين مقارنة بمثيلاتها النامية بمدة ضوئية قصيرة (نباتات النهار القصير).

#### 7- عقد ونمو ونضج الثمار:

الاوكسين يحفز العقد ونمو وتطور الثمار في بعض النباتات، كما انه يؤخر من نضج وشيخوخة الثمار.

#### 8- تساقط الاوراق والثمار:

الاوراق الحديثة النمو يرتفع فيها مستوى الاوكسين، وينخفض كلما تقدمت هذه الاعضاء نحو النضج والشيخوخة، اذ يرتفع مستوى الانزيمات كالسيلوليز والبكتينيز التي تحلل مكونات طبقة الانفصال (السيلولوز والهيميسيلولوز والبكتين) وهذا يسهل تكوين طبقة الانفصال وحصول عملية التساقط. لذلك فإن معاملة النباتات بالاوكسينات خلال هذه المرحلة (النضج والشيخوخة) يمنع تساقط الاوراق او تأخير التساقط وقد يعود سبب منع الاوكسين للتساقط انه يثبط عمل انزيمات تحلل طبقة الانفصال وهما السيلوليز والبكتينيز.

#### 9- تحديد الجنس:

الاوكسين يحفز الازهار الانثوية في النباتات احادية المسكن، كما يعمل على سرعة نمو الازهار المؤنثة ونموها وتطورها، ان مستوى الاوكسين الطبيعي يكون مرتفعاً في اوراق النباتات التي تحمل ازهاراً مؤنثة على نبات وازهار مذكرة على نبات اخر، اي النباتات ثنائية المسكن كما في النخيل. مقارنة بالنباتات احادية المسكن كما في القرعيات . ان فعالية ونشاط تحفيز الازهار المؤنثة نتيجة المعاملة بالاوكسين لا يعود الى الاوكسين فقط وانما الى تحفيز الاوكسين لبناء وانتاج الاثيلين في النبات الذي يحفز زيادة عدد الازهار المؤنثة عن المذكرة في النباتات احادية المسكن.

## المحاضرة الثالثة (منظمات النمو النباتية) (الجبرلينات):

### **- الجبرلينات: Gibberellins (GAs)**

الجبرلينات هي المجموعة الثانية من الهرمونات النباتية التي تم اكتشافها بعد الاوكسينات وتعرف الجبرلينات بانها مجموعة من المركبات العضوية التي لها هيكل كاربوني يطلق عليه Gibban Ring ، والجبرلينات في طبيعتها ذات تأثير حامضي، فهي عبارة عن حوامض تربينية ثنائية ذات حلقات رباعية. وللجبرلينات فاعلية بايولوجية في تحفيز الانقسام الخلوي او الاستطالة او كليهما، كذلك لها تأثيرات بايولوجية اخرى اهمها ظاهرة التغلب على التقزم الوراثي في النباتات وتأثيرها في عملية الإزهار وتكوين ثمار عذرية وازالة السكون في البذور والبراعم.

ويعد عالم الامراض النباتية كوروساوا اول من اكتشف الجبرلينات عام 1926م اذ تمكن من الحصول على اسباب مرض الباكانيه في الرز والذرة، اذ يعزى سبب ذلك نتيجة لاصابة الفطرات بالفطر المسمى جبرلا *Gibberella fungus* وقد تبين بأن هذا الفطر يفرز مادة معينة في النباتات التي يهاجمها او في الوسط الغذائي الذي ينمو عليه وهذه المادة محفزة للاستطالة وقد تم استخلاص هذه المادة وتنقيتها من رواشح هذا الفطر واطلق عليها بحامض الجبرليك *Gibberellic acid (GA3)* وقد تم ذلك عام 1955 من قبل الباحث ستودولا وفريقه. اما استخلاص الجبرلينات من النباتات فقد تمكن فني وويست *Phinney and west* عام 1956م من عزلها من بذور وثمار عدد من العوائل النباتية.

هناك نوعين من الجبرلينات، النوع الاول: وهي التي تحتوي على 20 ذرة كاربون

النوع الثاني: وهي التي تحتوي على 19 ذرة كاربون

وقد وجد من مجموع 89 نوع من الجبرلينات بأن 64 تم استخلاصه وتشخيصه في النباتات 12 فقط موجود في الفطر جبرلا *Gibberella* و 13 موجود في كلاهما (النبات والفطر) و 24 في بذور التفاح غير الناضجة. وهناك صفات عامة بالجبرلينات، حتى تكون المادة جبرلين يجب ان يتوافر فيها الشروط الاتية:

1- هيكل كاربوني *Gibban Ring*.

2- ان تكون ذات تأثير وفاعلية موجبة تتوافق مع الاختبارات الخاصة بالكشف عن الجبرلينات وفعاليتها وتأثيراتها.

### **- مواقع البناء الحيوي للجبرلينات:**

تعد الجبرلينات احد الهرمونات النباتية التي يتم بناؤها وإنتاجها داخل الانسجة النباتية المختلفة سواء اكانت عارية ام مغطاة البذور، احادية الفلقة ام ذات الفلقتين، كما يتم بناؤها وإنتاجها في الفطريات، البكتريا والطحالب والسرخسيات. وتعد القمم النامية للسيقان والافرع والجذور وكذلك الاجنة المتطورة المواقع الاساسية للبناء الحيوي للجبرلينات. وقد وجد ان اعلى مستوى للجبرلينات المستخلصة يكون عندما تصل البذور غير الناضجة او المتطورة الى نصف وزنها الطري وتعد السويداء المصدر الاساسي للجبرلينات في البذور.

وتعد جميع الانسجة النامية والتي في مرحلة التمايز مواقع اساسية لبناء وانتاج الجبرلينات، وهناك ادلة قوية بأن الثمار والبذور النامية والمتطورة تعد مواقع البناء الحيوي للجبرلينات لاحتوائها على الانزيمات التي تحول حامض الميفالونك الى الجبرلينات وبخاصة الجبرلين GA19 الذي يعد اقل فاعلية ونشاطاً بيولوجياً لانه يتكون في المجموع الخضري فقط ويتحرك وينتقل قاعدياً الى قمة الجذر اذ يتحول الى الجبرلين GA1 الاكثر فاعلية ونشاطاً بيولوجياً.

اما بناء وانتاج الجبرلينات في انسجة المجموع الخضري فلا يوجد دليل قاطع يشير الى مستوى إنتاجها في هذه الانسجة وقد يعود السبب في ذلك الى انخفاض مستوياتها وامكانية استخلاصها من النمو الخضري. اما الجذور فتعد مواقع مهمة واساسية في بناء وانتاج الجبرلينات على الرغم من ان تأثيرها يكون طفيفاً وضعيفاً على نمو الجذور الرئيسية الا ان الجبرلينات تؤثر في الجذور العرضية وتثبط نموها.

### - البناء الحيوي للجبرلينات:

تبدأ تفاعلات المسار الحيوي للجبرلينات من مركب Acetyl-CoA الذي يدخل في سلسلة من التفاعلات اذ تتحد ثلاث وحدات منه لتكون جزيء واحد من حامض الميفالونك Mevalonic acid الذي يتحول بدوره الى مركب Isopentenyl Pyrophosphate IPP وان ثلاث وحدات من IPP يتم تكثيفها لتنتج جزيء واحد من مركب Geranyl geranyl pyrophosphate GGPP الذي يحتوي على 20 ذرة كاربون ويعد هذا المركب المانح لذرات الكاربون لجميع الجبرلينات المختلفة.

ان مركب كوباليل بيروفوسفيت Copalyl Pyrophosphate CPP يتحول الى المركب الوسطي كورين Kaurene والذي من خلاله يتم انتاج الجبرلينات المختلفة من خلال عملية الاكسدة الحيوية.

ويمكن تقسيم مسار البناء الحيوي للجبرلينات الى ثلاث مراحل كل مرحلة منها تحصل في جزء خلوي يختلف عن الاخر:

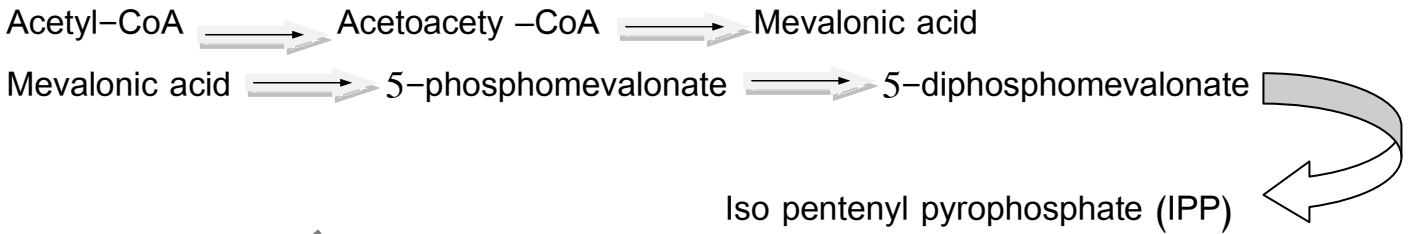
**المرحلة الاولى:** تحصل في البلاستيدات اذ تتراكم 3 وحدات من IPP لتكوين مركب GGPP والذي يتحول الى مركب رباعي الحلقات وهو مركب ent-kaurene من خلال مركب ent-Copalyl diphosphate

**المرحلة الثانية:** تحصل في غلاف البلاستيدات وفي الشبكة البلازمية الداخلية حيث يتحول مركب ent-kaurene بصورة تدريجية الى الشكل والصورة الاولى للجبرلينات وهو GA12.

**المرحلة الثالثة:** تحصل في الساييتوسول اذ يتحول GA12 من خلال مسارين متوازيين الى جبرلينات اخرى تحتوي على العدد الكامل من الهيكل الكاربوني للجبرلين C20-GAs ومن ثم تتحول الى جبرلينات اخرى من خلال سلسلة من الاكسدة في الكاربون 20 ينتج عنها فقدان الكاربون وتكوين الجبرلينات التي تحتوي على 19 ذرة كاربون من خلال مسار Hydroxylation والذي ينتج عنه تكوين الجبرلين GA9 الذي يتأكسد لتكوين الجبرلين الفعال حيويًا.

المرحلة الثالثة من مسار البناء الحيوي للجبرلينات تختلف ليس فقط من نوع الى انواع اخرى من النباتات، ولكن ايضاً داخل النوع الواحد او استجابة للظروف المناخية المختلفة.

### مخطط يوضح المسار الحيوي لبناء حامض الميفالونك والمركبات الوسيطة في Cytosol:



مراحل بناء الجبرلينات في النبات:

ent-copalyl

pyrophosphate (CPP)



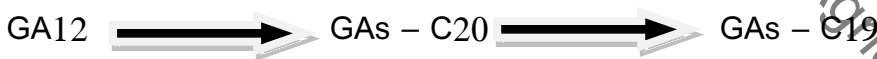
المرحلة الاولى في البلاستيدات

Hydroxylation



المرحلة الثانية في غلاف البلاستيدات

Hydroxylation



المرحلة الثالثة في الساييتوسول

### - انتقال الجبرلينات والاكسينات:

وجد ان الاوكسين يتحرك بصفة رئيسية من القمة الى نهاية القاعدة اي باتجاه القاعدة ويطلق على هذا النوع من الانتقال بالانتقال القطبي . ويعد الاوكسين الهرمون الوحيد الذي اظهر بوضوح الانتقال القطبي، كما يمكن للاوكسين ان ينتقل لا قطبياً الى بقية اجزاء النبات خلال اللحاء اذ ينتقل الى اعلى واسفل النبات بسرعة اعلى بكثير من تلك التي يتم فيها الانتقال القطبي للاوكسين، علماً ان حركة الاوكسين في النبات بطيئة جداً وتختلف عن حركة العصارة اللحاءية وان الظروف اللاهوائية تبطئ من حركة الاوكسين، اذ وجد ان انتقال الاوكسين كان اكبر بكثير في الظروف الهوائية. وان الحركة والانتقال عبر اللحاء هي عملية انتقال

سالبة لا تحتاج الى طاقة وتعتمد على القوة الحركية من المصدر الى المصب، اي من منطقة البناء الى منطقة التأثير.

اما الجبرلينات فأن حركتها وانتقالها يختلف باختلاف الظروف المناخية، اذ لوحظ ان الجبرلينات تزداد سرعتها في الربيع لارتفاع الحرارة وتتنخفض حركتها وانتقالها شتاءً بسبب انخفاض الحرارة. وهناك ادلة تشير الى ان هناك اختلافاً كبيراً في حركة وانتقال الجبرلين بين النباتات ذوات الفلقة الواحدة والنباتات ذوات الفلقتين، ففي نباتات الفلقة الواحدة وجد ان الجبرلين GA1 الفعال حيوياً والذي ينتج طبيعياً يتم بناءه ونتاجه في نفس منطقة التأثير وقد اطلق على هذا النوع بالانتقال لمسافات قصيرة. اما ذوات الفلقتين فأن هناك ادلة تشير الى ان هناك ادلة تشير الى ان وتحت ظروف محددة فأن مشتقات الجبرلينات GAS يمكن ان تتحرك وتنتقل من الانسجة الناضجة الى منطقة الاستطالة (النمو) اذ تتحول فيها الى جبرلينات فعالة حيوياً GA1 والذي يحفز الاستطالة والنمو وقد اطلق على هذا النوع بالانتقال لمسافات طويلة.

#### - الية عمل الجبرلينات:

الجبرلينات لها دور في تحفيز واستطالة الخلايا، ويعتقد ان حقيقة استطالة الخلايا النباتية لم تكن نتيجة التأثير المباشر للجبرلينات بل قد تعود الى تحفيز الجبرلين على انتاج الاوكسين او نتيجة لتداخله مع الانزيمات التي تسبب تحطم الاوكسين مثل انزيم بيروكسيداز Peroxidase و IAA Oxidase ، كما ان الجبرلينات تحفز بناء ونتاج الفينولات الثنائية في النبات والتي تعمل على وقف الانزيمات المؤكسدة للاوكسين الطبيعي في الانسجة النباتية.

كما ان الجبرلينات تحفز نمو وتوسع الخلايا، ويعتقد ان ذلك ناتج من دوره في تحفيز وبناء وتكوين انزيم الفا-اميليز  $\alpha$ -Amylase في ادوسبيرم الحبوب كالحنطة والشعير. ان هذا الانزيم يعمل اساساً على تحويل النشا الى سكريات مختزلة والتي بدورها تؤدي الى زيادة الضغط الازموزي في الخلية النباتية، مما ينتج عنه زيادة دخول الماء والغذاء مما يسبب انتفاخها وزيادة حجمها وتوسعها وبالتالي زيادة استطالة ونمو الخلية.

لذلك فأن الحبوب الجافة لمحاصيل الحنطة والشعير عندما تكون في طور السكون وقبل الانبات، وعند توفر الظروف الملائمة للانبات من رطوبة وحرارة وغيرها من متطلبات الانبات الاخرى، كالانزيمات المحللة للنشا والبروتين والجينات المسؤولة وراثياً عن التحولات الكيماوية والحيوية وكذلك تحول الجينات المرتبطة الى جينات حرة، لوحظ تحرك وانتقال الجبرلين الحر الى الاندوسبيرم وبخاصة طبقة الاليرون Aleurone الغنية بالبروتينات وتتنشط وتتحفز الجينات المسؤولة عن بناء وتكوين الانزيمات المحللة للغذاء الموجود في الاندوسبيرم وتحوله الى مركبات بسيطة كالسكريات الذائبة والاحماض الامينية والنوية اللازمة للتفاعلات وحصول التغيرات الاخرى اللازمة للانبات اذ تتكشف اعضاء الجنين كالجذير والرويشة وحصول النمو والتطور.

## - التأثيرات الفسيولوجية للجبرلينات :

### 1- انقسام واستطالة الخلايا:

دور الجبرلين في الانقسام الخلوي هو دوره في تحفيز الطور التمهيدي للانقسام غير المباشر في الطبقة المرستيمية تحت القمية وتقصير طول فترة الانقسام الخلوي. لكن من غير المؤكد ان يعزى الانقسام الخلوي الى التأثير المباشر للجبرلين. اما دور الجبرلين وتأثيره على استطالة الخلايا، فهو يحفز الاستطالة في منطقة السلاميات دون التأثير على عدد العقد او عدد السلاميات والتغلب على صفة التقزم بالحصول على نباتات متطاولة، علماً ان النباتات القزمية والمتطاولة تختلف في محتواها من الجبرلينات ، فالنباتات المتقزمة يكون محتواها من الجبرلينات منخفضاً جداً مقارنة بمثيلاتها المتطاولة.

### 2- الازهار:

ان التداخل بين الجبرلينات والفترة الضوئية في عملية التزهير معقدة، فبعض النباتات تزهر عند تعرضها لفترة ضوئية (12) ساعة او اقل يومياً، وتسمى بنباتات النهار القصير (النباتات الشتوية)، والبعض الاخر يزهر عند تعرضها لفترة ضوئية (13) ساعة او اكثر يومياً وتعرف بنباتات النهار الطويل (النباتات الصيفية) . والقليل من النباتات تزهر شتاءً او صيفاً لعدم احتياجها الى فترة ضوئية معينة وتعرف بالنباتات المحايدة. لقد اظهرت الدراسات والابحاث ان نباتات النهار القصير قد فشلت في التزهير عند المعاملة بالجبرلين لان كمية الجبرلين الداخلية او الطبيعية في هذه النباتات تكون غير ثابتة او مستقرة. اما نباتات النهار الطويل فالجبرلينات، قد تحفز احياناً استطالة الساق والنمو الخضري على حساب عملية التزهير الا ان الجبرلينات تحل محل احتياجات نباتات النهار الطويل لتحفيز عملية التزهير في عدد من النباتات. اما النباتات المحايدة سواء الحولية او المعمرة، فان المعاملة بالجبرلين تحفزها على النمو الخضري واستطالة الساق على حساب التزهير. كذلك وجد ان الجبرلين يحفز الازهار في نباتات النهار الطويل عندما تنمو في ظروف النهار القصير، كذلك يحل محل الاحتياجات لدرجات الحرارة المنخفضة (البرودة) لبعض النباتات وبخاصة ذوات الحولين.

### 3- تحفز انبات البذور ونمو البراعم:

هناك عدد من بذور انواع النباتات لا تنبت حتى اذا توافرت لها ظروف الانبات من حرارة وماء ومتطلبات الانبات الاخرى، ويعزى ذلك الى ان هذه البذور تدخل طور السكون والكمون، كما ان الكمون يعزى الى ارتفاع مستوى حامض الابسسيك عندما تكون البذور خلال هذا الطور، ان الجبرلينات تحفز البذور الكامنة على الانبات دون الحاجة الى درجات حرارة منخفضة او تنضيد، وقد وجد كل من حامض ABA وحامض الجبرلين يتحكمان في عملية كمون البذور فكلما ارتفعت نسبة الجبرلين عن حامض الابسسيك تحفز الانبات والعكس صحيح.

ان جميع الاشجار المتساقطة الاوراق النامية في المناطق المعتدلة تدخل براعمها طور السكون او طور الراحة خلال فترة الخريف والشتاء ونتيجة لانخفاض درجات الحرارة وقصر فترة الاضاءة وربما عوامل اخرى اهمها

الصفة الوراثية لهذه النباتات وارتفاع هرمون الابسسيك. كذلك الحال بالنسبة للابصال والكورمات والدرنات التي هي الاخرى تدخل براعمها طور السكون ولا تنمو الا بعد حصولها على احتياجاتها من البرودة. وقد وجد ان مستوى الجبرلينات الطبيعية خلال فترة سكون البراعم لدرنات البطاطا يكون منخفضاً وان هذا المستوى من تركيز الجبرلين يرتفع ما يقرب ثلاثين ضعفاً عند انتهاء سكون البراعم ونموها ، كما ان معاملة اشجار التفاح بالجبرلين قد حفز نمو البراعم الساكنة والموجودة على الدواير الخضرية.

#### 4- تكوين الانزيمات خلال الانبات:

ان حبوب العائلة النجيلية تحتوي على الجنين والاندوسبيرم، اذ يتكون الاندوسبيرم من كتلة من الخلايا المخزنة للنشا وتكون محاطة بطبقة من الخلايا تسمى طبقة الاليرون وهي طبقة صلبة غنية بالبروتينات، وظيفتها الرئيسية امداد الجنين اثناء الانبات بالانزيمات المحللة للغذاء المعقد والموجود في الاندوسبيرم ومن اهم هذه الانزيمات:

$\alpha$ -amylase , Protease, Phytase,  $\beta$ - amyhase وغيرها. وقد وجد ان معاملة حبوب الشعير بالجبرلين يحفز انزيم الفا - اميليز من خلال بعض الاحماض الامينية، كما وجد ان مصدر الجبرلين الطبيعي هو جنين الحبة، وان مصدر الانزيم هو طبقة الاليرون.

عند توافر الظروف الملائمة لانبات البذور، اذ تتشرب بالماء ويتحفز الجنين والانزيمات ويتحرر الجبرلين المرتبط الى الجبرلين الحر الذي ينتقل الى طبقة الاليرون اذ تتحفز الجينات المسؤولة عن بناء وتكوين انزيمات التحلل وتحطم الغذاء المعقد (النشا والبروتينات) وتحولها الى مواد غذائية بسيطة كالكسكريات الذائبة والاحماض الامينية والنوية حيث ينتج عنه تكشف اعضاء الجنين والرويشة والجذير وبالتالي حصول النمو والتطور للنبات.

#### 5- عقد ونمو الثمار:

بعض النباتات ومنها اشجار الفاكهة يحفز عقد الثمار ونموها وتطورها عند معاملتها بحامض الجبرلين، الا ان دور الجبرلينات الطبيعية مازالت تأثيراتها حول هذه الصفة غير مؤكدة، وقد اظهرت نتائج الدراسات ان المعاملة بالجبرلين قد حفز على زيادة العقد وعدد الثمار وزيادة الحاصل ، اذ ادت المعاملة بالجبرلين الى زيادة العقد وكبر حجم الثمار وزيادة الحاصل، علما ان نتائج الدراسات اوضحت بان الرش المبكر للجبرلين عند مرحلة التزهير يؤدي الى التبكير في نضج الثمار الا ان المعاملة المتأخرة بهذا المركب بعد العقد قد ينتج عنه تأخير في نضج الثمار وتأخر تلونها وقد يعزى السبب في ذلك ان الجبرلين يؤخر تحلل صبغة الكلوروفيل وبالتالي تأخير النضج والتلون وشيخوخة الثمار.

كذلك اظهرت الدراسات ان الجبرلين المضاف الى بعض النباتات قد اظهر تحفيزاً على تكوين ثمار لا بذرية في ثمار التفاح والعب. وكذلك الحصول على ثمار عديمة البذور عند معاملة محاصيل الخضر كالطماطة والبالانجان والخيار .. الخ

ان تكوين ثمار عذرية نتيجة المعاملة بالجبرلين يعتمد على موعد الاضافة والتركيز، ويعتقد ان المعاملة التي تكون قبل حصول الاخصاب هي التي ينتج عنها الحصول على الثمار الابذرية، حيث ان الجبرلين قد يكون بديلاً عن عملية الاخصاب لاستمرار الثمرة في العقد والنمو والتطور وبالتالي تكون عديمة البذور.

#### 6- تحديد الجنس:

ان تحديد الجنس ينظم وراثياً ويتأثر بالعوامل المناخية مثل الفترة الضوئية والحالة الغذائية للنبات، وهذه العوامل تتداخل مع الجبرلينات وان دور الجبرلينات في تحديد الجنس تختلف حسب انواع النباتات. ففي النباتات التي تحمل ازهار ذكورية وانثوية على نفس النبات اي النباتات احادية المسكن ثنائية الجنس مثل القرعيات والسبانغ وغيرها فقد وجد ان الجبرلينات تحفز الازهار الذكورية ، كما وجد ان مثبطات بناء الجبرلينات لها تأثير معاكس للجبرلينات فهي تحفز الازهار الانثوية اي تأثيرها يعاكس الجبرلينات.

#### المحاضرة الرابعة (منظمات النمو النباتية (السايتوكاينينات):

#### - السايتوكاينينات (CKs): Cytokinins

ان السايتوكاينينات تعد المحفز والمنظم الرئيس للانقسام الخلوي والسايتوكاينينات هي مشتقات القاعدة النتروجينية للادنين والتي تتميز بقابليتها على تحفيز الانقسام الخلوي في الزراعة النسيجية بوجود الاوكسين، علماً بأن تحفيز وتنظيم الانقسام الخلوي يعد مركزاً للنمو والتطور في النبات. تم اكتشاف السايتوكاينينات من خلال الدراسة والبحث عن المركبات المحفزة للانقسام الخلوي في النبات ويعد العالم النمساوي Haberlant الذي اعطى عام 1913 اول دليل تجريبي لمفهوم السايتوكاينينات عندما ذكر بأن هناك مادة تنتشر في اللحاء تحفز الانقسام الخلوي والخلايا البرنكيميية في انسجة درنات البطاطا المجروحة، اذ تساعد في التئام الجروح واحداث النشاط الانزيمي. اما الاكتشاف الحقيقي للسايتوكاينينات فقد تم من قبل العالم مللر وجماعته عام 1955 عندما تمكنوا من عزل مادة الكاينتين من DNA المعقمة لحيامن سمك الرنكة اي انها مستخلصة من مصاص غير نباتية ، الذي وجد انه يحفز انقسام الخلايا في الزراعة النسيجية لنبات التبغ.

اما الزياتين Zeatin فيعد اول مركب سايتوكاينيبي طبيعي في النبات تم عزله من قبل ليثام Letham من نيوزلندا ومللر من جامعة انديانا في امريكا عام 1963 اذ تم استخلاصه من البذور غير الناضجة للذرة وهو موجود في جذور وسيقان واوراق الذرة، الا ان اعلى مستوى او كمية توجد في البذور غير الناضجة او المتطورة النامية، وتتشابه خواص كل من الزياتين والكاينتين، الا ان الزياتين اكثر فعالية ونشاط من الكاينتين.

ان السايتوكاينين يعمل على تحفيز ونتاج الاحماض النووية نتيجة تنشيط وتحفيز الانزيم الناقل للاحماض النووية Synthetase-T-RNA ، كما ان هذا التحفيز ينخفض بفعل انزيم Ribonuclease وهذا يظهر بأن السايتوكاينين يقوم بتحفيز انتاج البروتينات والاحماض النووية نتيجة لتحفيز نشاط وفعالية الجينات المسؤولة عن تكوين الانزيمات خاصة انزيم نيترات رديكتيز Nitrate Reductase



## - البناء الحيوي للسايتوكاينينات:

ان البناء الحيوي في النباتات يتم بصورة اساسية في الانسجة المرستيمية التي ما زالت محتفظة بقدرتها على النمو وتعد القمم النامية للجذر هي المواقع الاساسية والمهمة لبناء السايتوكاينينات، وتعد الاوراق الفتية والبراعم والسلاميات والبذور والثمار النامية والمتطورة مواقع لبناء وانتاج السايتوكاينينات.

ان السايتوكاينينات توجد كجزء من الحامض النووي الناقل t-RNA، و الحامض النووي الريبوزي (الريبوسومات) rRNA ولذلك فأن الدراسات والبحوث التي اجريت حول المسار الحيوي للسايتوكاينينات اقترحت امكانية حصول البناء الحيوي من خلال مسارين:

الاول: مشتق من تحطم t-RNA و rRNA.

الثاني: مشتق من عملية الايزوبنتينيلشن للادنين نيوكلوتايد Isopentenyl Adenine nucleotides

وقد اظهرت الدراسات بأن المركبين DMAPP (Dimethylallyl diphosphate) (النبات) و AMP (Adenine monophosphate) (البكتريا) يعدان مادتي التفاعل للبناء الحيوي للسايتوكاينينات.

المسار الحيوي للسايتوكاينينات في والنبات يتم من خلال نقل سلسلة جانبية من مركب Isopentenyl ايزوبنتينيل الى مركب (مادة التفاعل) DMAPP (Dimethylallyl diphosphate) اذ تنتقل هذه السلسلة من المركب الاخير لترتبط مع المركب ATP او ADP عن طريق انزيم Isopentenyl transferase (ITP).

اما المسار الحيوي للسايتوكاينينات في البكتريا يتم من خلال نقل سلسلة جانبية من مركب Isopentenyl ايزوبنتينيل الى مركب (مادة التفاعل) AMP (Adenine monophosphate) اذ يرتبط المركب الاخير مع المركب hydroxy-methyl-butanyl-diphosphate عن طريق نفس الانزيم Isopentenyl transferase (ITP).

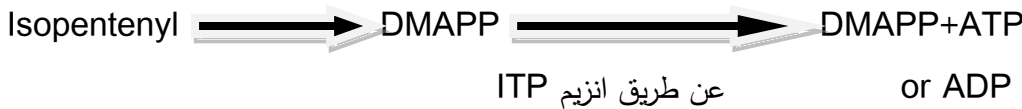
Isopentyl Monophosphate (IPMP) كلا التفاعلين ينتج عنه نفس المركبات وهي

Isopentyl diphosphate (IPDP)

Isopentyl Triphosphate (IPTP)

وهذه المركبات تتحول الى زياتين في البكتريا ZMP، و زياتين في حالة النبات من نوع ZDP, ZTP

اتحاد السلسلة الجانبية نقل السلسلة الجانبية

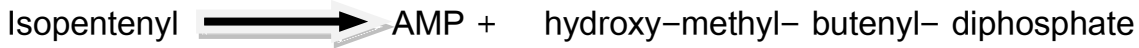


Isopentyl Monophosphate (IPMP)

زياتين في النبات Isopentyl diphosphate (IPDP)

من نوع ZDP, ZTP

Isopentyl Triphosphate (IPTP)



عن طريق انزيم ITP

Isopentyl Monophosphate (IPMP)

Isopentyl diphosphate (IPDP)

Isopentyl Triphosphate (IPTP)

وهذه المركبات تتحول الى زياتين في البكتريا ZMP

### - انتقال الساييتوكاينينات:

ان الساييتوكاينينات تنتج في الاجزاء المرستيمية ذات النمو الفعال والمستمر كالجذور والاوراق والثمار الحديثة العمر والنامية، وان حركة وانتقال الاوكسينات والجبرلينات تكون سريعة بعكس الساييتوكاينينات التي قد تنتقل ببطيء شديد او لا تنتقل ، وان الاضافة الموقعية للساييتوكاينين على الورقة النامية اوجزء منها لم يظهر بأي صورة من صور الانتقال بل يؤخر النضج والشيخوخة في هذا الجزء المحدد المعامل.

والساييتوكاينينات يتم تمثيلها وبنائها الحيوي في الجذور خاصة في مرحلة البادرة وتنتقل الى الاجزاء العلوية من النبات ، لذلك فان عملية الانتقال تتم من خلال انسجة الخشب مع حركة وانتقال الماء والعناصر التي تمتصها الجذور وقد تكون لعملية النتج والضغط الجذري دور في ذلك لكن بدرجة غير مؤكدة، وللاستدلال على الانتقال عبر الخشب من خلال تحليل المادة التي يفرزها الخشب فعند قطع الساق قرب التربة فان عصير الخشب يستمر في افراز المادة الحاوية على الساييتوكاينين في الجذر. عملية الانتقال نحو القمة يعكس او يضاد الحركة القطبية لانتقال الاوكسين الى الاسفل وفي الوقت الذي يثبط الاوكسين نمو البراعم الجانبية وبخاصة البراعم الابضية واحيانا البراعم العرضية فان الساييتوكاينين يحفز هذه البراعم على النمو، ان ظاهرة التضاد هذه بين الاوكسينات والساييتوكاينينات والاوكسين لها تطبيقات زراعية مهمة، اذ يمكن ازالة تثبيط البراعم الجانبية في الساق النامية عن طريق ازالة القمة النامية للساق او النموات.

### - التأثيرات الفسلجية للساييتوكاينينات:

#### 1- الانقسام الخلوي:

وجد في الزراعة النسيجية ان المعاملة بالساييتوكاينين بوجود الاوكسين يحفز الانقسام الخلوي. وقد لوحظ ان اضافة الساييتوكاينين والاوكسين كل على انفراد يحفز تكوين DNA في الزراعة النسيجية ، وان نسبة تركيز كلا منهما هي التي تحدد تأثير كل منهما على الانقسام الخلوي. وتشير الدراسات ان الساييتوكاينين يحفز الانقسام الخلوي وتكوين البراعم الورقية (النمو الخضري) ، بينما يعمل الاوكسين على تحفيز تكوين الجذور. وان الانقسام الخلوي في الانسجة المرستيمية يعتمد اساساً على النسبة بين الاوكسين والساييتوكاينين ومواد اخرى مثل الادنين.

اي عندما يكون مستوى الاوكسين منخفضاً وتركيز الساييتوكاينين مرتفعاً، فأن ذلك يساعد على تحفيز تكوين البراعم في حين عندما يكون مستوى تركيز الاوكسين مرتفع وتركيز الساييتوكاينين منخفض فأن ذلك يساعد على تحفيز تكوين الجذور ، اما في حالة كون هذه النسبة متوازنة فأن ذلك يساعد على تحفيز تكوين الكالس.

## 2- الإزهار:

لقد وجد ان الساييتوكاينين يحفز تكوين الازهار في نباتات النهار الطويل، والنباتات المتساقطة الاوراق التي تتطلب ساعات برودة حتى تتكشف براعمها وتنمو، اذ يعمل الساييتوكاينين بتقصير مدة الراحة في البراعم ويكر من نضجها، كذلك يحصل هذا في بذور بعض النباتات، كما وجد ان الساييتوكاينين يحول بعض الازهار الذكرية الى الانثوية في النباتات التي تحمل الازهار الذكرية والانثوية على النبات نفسه (العنب وبعض محاصيل الخضر) فهو بذلك يشابه الاوكسين بهذا التأثير.

## 3- تكوين الكلوروبلاست:

اظهرت الدراسات ان المعاملة بالساييتوكاينين يؤدي الى تراكم الكلوروفيل وتحفيز تحول اللون الشاحب الى الاخضر. وعند اضافة الساييتوكاينين في الظلام تتكون الصفائح الحشوية دون الكلوروفيل والبلاستيدات، الا ان التعرض للضوء وبوجود الساييتوكاينين يتحفز تكوين البلاستيدات والصفائح الحشوية والكلوروفيل، كذلك يحصل عند معاملة النباتات في الحقل بالساييتوكاينين اذ تتأخر شيخوختها وتبقى محتفظة بأوراقها الخضراء مقارنة بالنباتات غير المعاملة كما هو الحال لمحاصيل الخضر الورقية حيث تحافظ على لونها الاخضر وعدم ذبولها لمدة اطول عند المعاملة بالساييتوكاينين.

## 4- ميكانيكية غلق وفتح الثغور:

اظهرت الدراسات ان استجابة الثغور للمعاملة بالساييتوكاينينات متغايرة وغير ثابتة حسب انواع النباتات ونوع الساييتوكاينينات المستخدمة. فقد وجد ان تحفيز فتح الثغور في البشرة المعزولة يحتاج غالباً الى تراكيز منخفضة جداً تقدر بالميكرومول من الساييتوكاينين. فعند المعاملة بتركيز 1 نانومول في نباتات ذوات الفلقة الواحدة عن طريق الخشب الذي ترتبط به بعض الاوراق قد حفز عملية التنفس في حين استعمال تراكيز اعلى من ذلك بكثير على نباتات ذوات الفلقتين لم يحصل اي تأثير. وقد يعزى عدم حساسية بعض النباتات لفتح الثغور بالمعاملة بالساييتوكاينين ، هو ان التركيز الداخلي للساييتوكاينين يكون كافياً لفتح الثغور .

ان تحفيز الساييتوكاينين لفتح الثغور يكون في حالة تضاد مع هرمون الابسسيك الذي يحفز غلق الثغور، فقد وجد عند معاملة اوراق الذرة بتركيز 10-100 مايكرومول من الزياتين يتحفز فتح الثغور ويكون في تضاد مع الابسسيك الذي يسبب غلقها. كما ان هناك علاقة بين جفاف التربة او الاجهاد المائي وحالة التضاد التي تحصل بين الساييتوكاينين والابسسيك في عملية فتح وغلق الثغور اذ ان ظروف الجفاف او الاجهاد تحفز من انتاج الابسسيك وارتفاع مستواه في الاوراق مسبباً غلق الثغور.

## المحاضرة الخامسة (منظمات النمو النباتية (الاثيلين):

- الاثيلين Ethylene CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>

هو عبارة عن غاز هيدروكربوني غير مشبع، عديم اللون، اخف من الهواء تحت الظروف الفسيولوجية وقابل للذوبان بالماء لكن ليس بسهولة ، تركيبه الكيميائي بسيط مقارنة بالهرمونات النباتية الاخرى وزنه الجزيئي 28 غير سام وسريع الاحتراق والاكسدة. ان اكتشاف الاثيلين والتعرف عليه كهرمون مهم في نمو وتطور النبات جاء نتيجة بعض المشاهدات والملاحظات فضلاً عن ذلك الدراسات والابحاث المتعلقة بنضج الثمار، لما لهذا الهرمون من وظيفة محورية في تحفيز نضج الثمار، ولهذا يطلق عليه هرمون نضج الثمار.

يتحرر غاز الاثيلين بسهولة في الانسجة النباتية وينتشر كغاز من خلال المسافات البينية وخارج الانسجة النباتية، ونظراً لسهولة فقده لكونه غاز فإنه يؤثر في انسجة واعضاء النبات الاخرى، فضلاً عن انتقاله وانتشاره الى النباتات المجاورة. لذلك يوصى باستعمال برمنغنات البوتاسيوم كمادة فعالة لامتصاص الاثيلين في غرف التخزين المسيطر عليها للفاكهة وبخاصة التفاح بتراكيز تتراوح بين (10-250) مايكرو لتر/ لتر مسبباً اطالة مدة التخزين للثمار الصالحة للتسويق.

وبعيداً عن المدن والمصانع الملوثة بالهواء، فالمناخ (الجو) نادراً ما يخلو من الاثيلين. فبناء وانتاج الاثيلين يعتمد على الظروف البيئية، فدرجات الحرارة المرتفعة او المنخفضة وكذلك انخفاض نسبة الاوكسجين تقلل من بناءه وانتاجه. لذلك فعند خزن الفاكهة والخضر تحت ظروف الخزن المسيطر عليها، اي الخزن في جو هوائي معدل، يجب ان تتوافر تراكيز عالية من ثاني اوكسيد الكاربون تتراوح بين 5-10% ومحتوى منخفض من الاوكسجين 1-3% حسب نوع الفاكهة والخضر، مما ينتج عن ذلك تخفيض انتاج الاثيلين وعليه اطالة عمر الثمار القابلة للتسويق والاستهلاك.

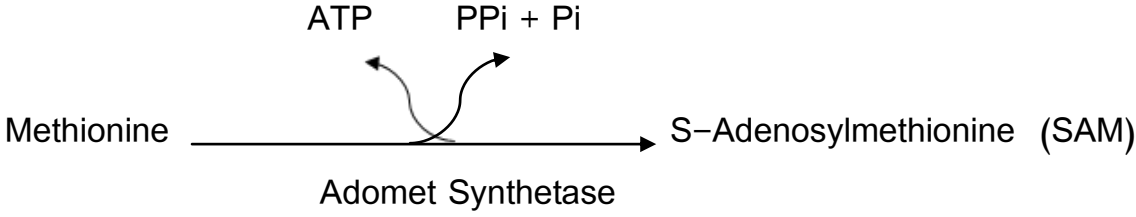
### - البناء الحيوي للاثيلين:

يتم البناء الحيوي وانتاج الاثيلين في جميع اجزاء النبات تقريباً، وان معدل انتاجه يعتمد على نوع النسيج النباتي ومرحلة النمو والتطور. ويزداد انتاج الاثيلين خلال مرحلة انفصال وتساقط الاوراق، وخلال مراحل النضج والشيخوخة للانسجة النباتية وبخاصة الثمار الكلايمكتيرية. كما ان اي نوع من الجروح او التأثيرات الميكانيكية والاجهاد الفسيولوجي والاجهاد بسبب الجفاف، الحرارة، الغدق او الطوفان والاصابة بالحشرات والامراض، تعد جميعها عوامل تحفز البناء الحيوي وزيادة انتاجه في الانسجة المختلفة التي تتعرض لهذه العوامل.

يعد الحامض الاميني الميثيونين Methionine الحاوي على الكبريت S هو البادئ او المولد الاولي لبناء وانتاج الاثيلين. ويمكن توضيح خطوات مسار البناء الحيوي للاثيلين بالاتي:

### - الخطوة الاولى:

يتحول الحامض الاميني الميثيونين Methionine الى S-Adenosylmethionine (SAM) او (Adomet) بواسطة انزيم Adomet Synthetase وينتج عنها الطاقة ATP و بيروفوسفات PPI والفسفور غير العضوي Pi كما موضح:



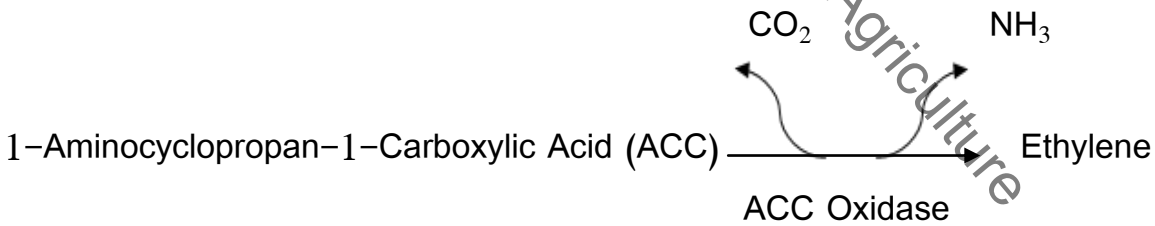
### - الخطوة الثانية:

تحول المركب S-Adenosylmethionine(SAM) الى المركب 1-Aminocyclopropan-1-Carboxylic Acid (ACC) من خلال انزيم ACC Synthetase وهذا الانزيم مهم في تنظيم والتحكم بمعدل بناء وانتاج الاثيلين ويتحفز بعوامل عدة منها : نضج الثمار، الشيخوخة، الاوكسين IAA، الجروح، الجفاف .... وغيرها.



### - الخطوة الثالثة:

وتشمل تحول المركب 1-Aminocyclopropan-1-Carboxylic Acid (ACC) الى الاثيلين بواسطة انزيم ACC Oxidase وينتج عن ذلك  $\text{CO}_2$ ،  $\text{NH}_3$  وحمض الفورميك Formic acid والعوامل التي تحفز هذا التفاعل هو الانضاج Ripening كما انه يثبط بالمستوى العالي من  $\text{CO}_2$  ودرجات الحرارة العالية التي تكون اعلى من 35 فضلاً عن ذلك الظروف اللاهوائية اذ جميعها تثبط هذا التفاعل.



### - انتقال الاثيلين:

نظراً لان الاثيلين عبارة عن غاز في درجات الحرارة الاعتيادية، فضلاً عن ذلك صغر حجم جزيئته، فهو يتحرك وينتقل داخل انسجة النبات المختلفة عن طريق الانتشار الطبيعي دون الحاجة الى الطاقة ATP . وتكون حركته في خلايا وانسجة النبات من خلال المسافات البينية بسبب سرعة ذوبانه في مكونات الاغشية البروتوبلازمية التي تتكون من مركبات محبة للدهون وبخاصة الفوسفوليبيد ، مما يجعله سريع الحركة والانتشار عبر هذه الاغشية الخلوية في النبات. ان حركة وانتقال وانتشار الاثيلين مشابهة لحركة  $\text{CO}_2$  اذ ان مقاومة حركتها في انسجة النبات وخاصة

الثمار تكون متجانسة، وتكو حركته بالاتجاه العمودي كما في الساق اسرع بعدة اضعاف مما هو عليه بالاتجاه الافقي كما في الافرع والنموات الجانبية، كما انه يتميز بحرية الحركة والانتقال في جميع الاتجاهات وفي جميع اجزاء النبات، ويفقد الاثيلين من داخل خلايا وانسجة واعضاء النبات الى الخارج عن طريق الثغور والعديسات الموجودة بالقلف للساق والثمار الناضجة.

### - الية عمل الاثيلين:

ان الية عمل الاثيلين غير معروفة بصورة دقيقة لحد الان الا ان عدد من الفرضيات وضعت قد توضح صورة عمل الاثيلين ومن هذه الفرضيات:

1- **النضج:** إن الاثيلين قد يرتبط مع بعض البروتينات المعدنية التي تحتوي على الحديد في الخلية النباتية، وبذلك ينظم عمل الخلية فغاز CO<sub>2</sub> يعد احد المثبطات الاساسية لعمل الاثيلين، فالثمار المخزنة في مخازن التبريد المسيطر عليها تبقى صفات الثمار جيدة، وتخزن لمدة طويلة وذلك لوجود مستوى مرتفع من CO<sub>2</sub> 5% - 10% ومستوى منخفض من الاوكسجين 1% - 3%. ان هذين المستويين من CO<sub>2</sub> و O<sub>2</sub> يمنع الثمار من انتاج الاثيلين وبذلك تحافظ على صفاتها الجيدة طول مدة الخزن.

2- **الانفصال والتساقط:** الاثيلين يحفز ويسرع في الانفصال والتساقط اذ يتم ذلك خلال مرحلتين **المرحلة الاولى:** الاثيلين يحدث تغيرات في الفعاليات الحيوية للاوكسين، اذ يثبط الانتقال القطبي للاوكسين وينخفض مستوى الاوكسين القابل للانتشار وتحطيم الاوكسين عن طريق زيادة فعالية انزيم IAA-Oxidase . **المرحلة الثانية:** يعمل الاثيلين في تحفيز الاحماض النووية وبخاصة RNA وتكوين البروتينات وزيادة فعالية بعض انزيمات التحلل مثل Cellulase , Pectinase التي تزيد من تحلل جدار الخلية والصفحة الوسطى وبذلك يحدث تحطيم سريع لطبقة الانفصال مما ينتج عنه حصول الانفصال او التساقط.

### - الاثيلين ونضج الثمار:

اطلق على هرمون الاثيلين، بهرمون نضج الثمار وتتميز انواع عديدة من الثمار بارتفاع حاد في معدل التنفس عند مرحلة نضج الثمار، ثم يبدأ بالهبوط والانخفاض عند نهاية مرحلة النضج وقبل بداية مرحلة الشيخوخة . وقد اطلق على هذه الظاهرة طور النضج الحرج (كلايمكتيري) وهو الطور الذي يحفز الاسراع من تحول الثمار من حالة عدم النضج الى حالة النضج، اذ إن الثمار الناضجة من هذه الانواع تتبعث منها مواد طيارة تعمل على الاسراع بنضج الثمار وثبت ان هذه المواد الطيارة هي عبارة عن هرمون الاثيلين والذي ينتج بكميات قليلة جداً تحفز نضج الثمار، وبذلك عد الاثيلين هرمون انضاج الثمار الحقيقي.

بعد نضج الثمار ووصولها الحجم النهائي تحصل تغيرات في معدل التنفس، ففي بعض انواع الثمار ينخفض معدل التنفس في الثمار المكتملة النمو Maturation اي التي لم تصل مرحلة النضج Ripening يعقبه ارتفاع كبير في معدل التنفس خلال مرحلة النضج، اي عند وصول الطور الحرج للتنفس ( التنفس الكلايمكتيري) ثم انخفاض نهائي في معدل التنفس حينما تدخل الثمار مرحلة الشيخوخة.

من امثلتها الموز ، التفاح، البطيخ، الافاكادو، المانكو، الطماطة.

- هناك ثمار لا تتأثر بالطور الحرج للتنفس ( ثمار غير كلايمكتيرية) وهي على نوعان:

- الاول: ثمار ذات معدل تنفس ثابت خلال النضج مثل البرتقال، الليمون، العنب، التين .

- الثاني: ثمار تظهر انخفاضاً في معدل تنفسها خلال مدة النضج مثل الفلفل الاخضر.

وتجدر الاشارة الى ان ظاهرة التنفس الحرج ( الكلايمكتيري) تكون دائماً مصحوبة بزيادة وارتفاع انتاج الاثيلين وقد

وجد ان تركيز الاثيلين يكون منخفضاً عند اكتمال نمو الثمار Maturation ثم يزداد ويرتفع بمقدار حوالي 700 مرة

عند مرحلة النضج Ripening كما في ثمار التفاح.

- **التأثيرات الفسلجية للاثيلين:**

1- تساقط الاوراق والثمار.

2- تحديد الجنس: وجد ان الاثيلين يحفز من زيادة نسبة الازهار المؤنثة على الازهار المذكرة في النباتات وحيدة

المسكن وخاصة القرعيات تنتج كميات مرتفعة من الاثيلين.

3-تحفيز تكوين الجذور العرضية، الا انه يعد مثبط لنمو الجذور بصفة عامة.

4- تحفيز التزهير في بعض النباتات مثل الاناناس

5- يتداخل مع الانتقال القطبي للاوكسينات.

6- له دور تنظيمي في نمو البذور وكسر طور السكون في بذور بعض النباتات مثل الخس.

7- يحفز بعض الانزيمات مثل سليوليز والبيروكسيديز.

8- يحفز الشيخوخة وزيادة التنفس بخاصة في الثمار الكلايمكتيرية.

9- تحفيز وزيادة نفاذية الاغشية الخلوية.

## المحاضرة السادسة (منظمات النمو النباتية (حامض الابسيسك):

### - حامض الابسيسك (ABA) Abscisic Acid

يعد هرمون ABA الهرمون النباتي الحقيقي الوحيد والذي يوازي في اهميته الهرمونات الاخرى كالاوكسينات والجبرلينات والساييتوكاينينات والاثيلين وذلك لدوره المهم في تنظيم النمو، وهو هرمون موجود في النباتات الوعائية والاشنات وعدد من الفطريات. وهو موجود في كل عضو رئيس او نسيج من الجذر وحتى البراعم الطرفية للنبات وتكون تراكيزه مرتفعة في الاوراق، الثمار، البذور، الدرنات، الرايزومات والاجنة فالهرمون موجود في جميع الخلايا تقريباً التي تحتوي على الكلوروبلاست وان تركيزه في الانسجة النباتية يختلف باختلاف النباتات، ففي النباتات المائية تتراوح نسبته (3-5) مايكروغرام/كغم وزن طري. وفي اوراق نباتات المناطق المعتدلة تتراوح (50-500) مايكرومول / كغم وزن طري.

كما يعد الابسيسك من التربينات التي تحتوي على 15 ذرة كاربون ويتميز بحلقة سداسية التكوين وستة ذرات من الكاربون الاستبدالي غير المشبع، وتوجد صورتين لحامض الابسيسك الصورة الاولى R-Cis-ABA وهي الصورة غير الفعالة للهرمون وبخاصة غلق وفتح الثغور. والثانية S-Cis-ABA وهو الهرمون الطبيعي الفعال بايولوجياً، علماً بأن الصورة الثانية لحامض الابسيسك النشطة والطبيعية هي التي يشار اليها بحامض الابسيسك ABA

### - البناء الحيوي لحامض الابسيسك:

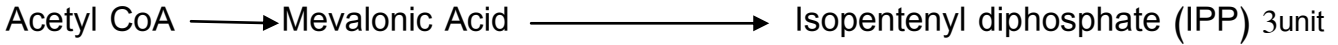
ان البادىء والمولد الاولي للبناء الحيوي لحامض الابسيسك هو حامض الميفالونك Mevalonic Acid الذي ينشأ اساساً من المرافق الانزيمي Acetyl CoA، ان يكون مركب تربيني يحتوي على 15 ذرة كاربون نتيجة تكوينه من مادة فارينسايل دايفوسفيت Farnesyl Diphosphate التي تحتوي على ثلاث وحدات من مركب ايسو بنتتايل دايفوسفيت (IPP) Isopentenyl diphosphate.

يتم البناء الحيوي لحامض الابسيسك ABA من خلال مسار التربنويد Terpenoid Pathway اذ يتحول مركب IPP الى تكوين مركب فايلاكسنتين Violaxanthin الذي يحتوي على 40 ذرة كاربون، وهو احدى صبغات الكاروتينات في النباتات، ويحصل هذا المسار لبناء ABA من اكسدة الكاروتين لتكوين مركب Violaxanthin الذي يتحول الى مركب يحتوي على 40 ذرة كاربون ايضاً C-40 وهو مركب 9-Cis-Neoxanthin الذي ينشطر لتكوين مركب يحتوي على 15 ذرة كاربون، وهو مركب Xanthoxin وهذا المركب موجود بصورة طبيعية في النبات ويعرف بأنه مثبط نمو داخلي، ويتكون في النباتات المعرضة للاضاءة بمستوى اعلى من النامية في الظل.

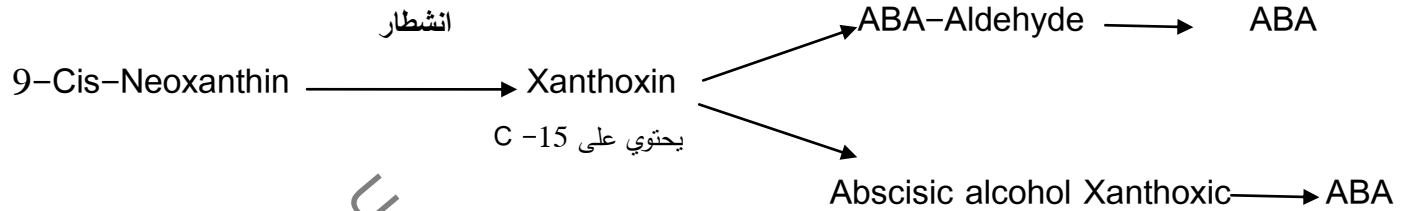
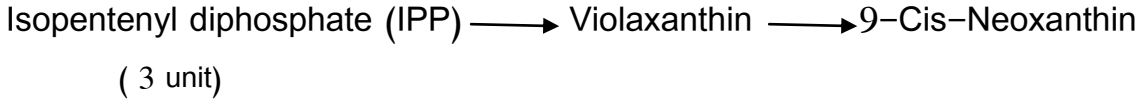
الخطوة الاخيرة في البناء الحيوي هي تحول مركب Xanthoxin من خلال عمليات الاكسدة والانزيمات المتخصصة والتي تشمل مركبات وسطية هي ABA-Aldehyde او ممكن ان يكون مركب Abscisic alcohol Xanthoxic ومن ثم يتحول الى ABA .



- الخطوة الاولى تكون الميفالونك: عن طريق Farnesyl Diphosphate



-الخطوة الثانية مسار الترينويد **Terpenoid Pathway**: اكسدة



- انتقال حامض الأبيسيسك:

ينتقل حامض ABA من خلال كل من الخشب واللحاء، لكن غالباً ما يكون أكثر وفرة وتركيز في عصير اللحاء وقد تم استعمال النظائر المشعة لتتبع حركة وانتقال ABA المشع في الاوراق، ووجد انه ينتقل في كلا الاتجاهين، الى الاعلى والاسفل باتجاه الجذر. ومن جهة اخرى فحامض ABA الذي يتم بناؤه في الجذر يمكن ان ينتقل الى الساق والافرع خلال الخشب. اما حامض ABA في صورته المرتبطة فقد افترح بأنه ينقل ويتحرر بعملية التحلل المائي في الاوراق، وان سرعة انتقال ABA في النباتات، كانت في القطن تتراوح 20-30 ملم/ ساعة، وفي نبات البزاليا 2-3 ملم/ ساعة، وتشير المصادر ان حامض ABA يتحرك بصورة سريعة مقارنة بالهرمونات الاخرى مثل الاوكسين وان معدل انتقاله يتراوح 2-3ملم/ ساعة.

- التأثيرات الفسيولوجية لحامض الأبيسيسك:

**1- غلق الثغور:** الجفاف أو قلة الماء أو الاجهاد المائي ينتج عنه زيادة في ارتفاع مستوى حامض ABA في الخلايا الحارسة الذي يقود الى غلق الثغور في النباتات. لذلك تعد عملية غلق الثغور واحدة من الوظائف الرئيسية لحامض ABA. ان حركة فتح وغلق الثغور مرتبطة بتراكم حامض ABA ومستوى تركيزه في الاوراق اذ يتحكم في الجهاز الثغوري(الثغور+الخلايا الحارسة) والنتج وكمية الماء المفقودة خلال عملية الجفاف، فعملية الهدم لحامض الأبيسيسك في خلايا البشرة تعمل على فتح الثغور عندما تصبح خلايا الورقة في حالة امتلاء نتيجة امتلاءها وانتفاخها بالماء داخل الخلايا مسببة الضغط الانتفاخي.

وتعد عملية التبادل الايوني بين البوتاسيوم والهيدروجين من اهم العوامل التي تتحكم بضغط الامتلاء وان ABA يعمل على خفض امتصاص البوتاسيوم من قبل الخلايا الحارسة وبذلك يقل ضغط الامتلاء مسبباً غلق الثغور .

## 2- يحفز بناء البروتينات المخزونة في البذور:

عند عملية نضج البذور وفقدائها للماء والرطوبة، فإن الجنين تتراكم وتخزن فيه السكريات ومركبات يطلق عليها بالبروتينات المتحررة من المرحلة الاخيرة من النمو والتطور الجيني ، لذلك اظهرت الدراسات الفسلجية والوراثية بأن ABA يؤثر ويحفز في بناء وتكوين البروتينات والدهون المخزنة، فقد وجد ان المعاملة به يحفز تراكم وتخزين البروتينات لذلك يعتقد بأن بناء معظم البروتينات هي تحت سيطرة وتنظيم حامض ABA وهو الهرمون الوحيد الذي يكون مسؤولاً عن تنظيم الجينات خلال مرحلة النمو والتطور الجيني .

## 3- التساقط:

ان دور ABA من ظاهرة تساقط الاوراق، هو تحفيز في سرعة الانقسام الخلوي وتحلل وتحطم الصفيحة الوسطى ومكونات الجدار الخلوي قد يكون ذلك من خلال تحفيزه لانزيمات التحلل مثل البكتينيز Pectinase و السيليلوليز Cellulase و البروتينيز Protenase اذ تتحلل انسجة الجدار الخلوي لطبقة انفصال الاوراق وضعفها وحصول الانفصال والتساقط.

## 4- السكون:

تحتوي الثمار غير مكتملة على كميات من الابسيسك وتعد البذور مصدراً مهماً لهذا المركب ومن الدلالات على انه هرمون السكون، ارتفاع مستوياته في عصير الخشب الى عشرات الاضعاف خلال السكون مقارنة بمستواه عند النمو ولا تنبت البذور ولا تتفتح البراعم الساكنة الا بعد انخفاض مستواه ويتم ذلك عند حصول هذه الاعضاء النباتية الكامنة على وحدات البرودة اللازمة والفترة الضوئية و احياناً ارتفاع مستوى الهرمونات المحفزة للنمو في نهاية الشتاء. ان الالية التي يعمل بها حامض الابسيسك غير معروفة بشكل دقيق .

## 5- السيادة القمية.

6- تحفيز الشبخوخة: يعتبر من اهم منظمات النمو تأثيراً على الشبخوخة حيث لوحظ ان الشبخوخة تحصل عندما يصل مستوى حامض الابسيسك الى اعلى مستوى له في الثمار والاوراق، كما ان له القدرة على زيادة تحفيز الانفصال في الاعضاء النباتية المعاملة به، فعند اضافته الى نسيج الورقة من الجهة المقابلة ادى الى الاسراع في سقوط الورقة وقد يعزى ذلك الى تأثيره في منع تكوين RNA والبروتين اضافة الى تأثيره على الغشاء البروتوبلازمي في النبات.