جامعة المثنى – كلية الزراعة
المادة: منظمات النمو النظري
القسم: علوم المحاصيل الحقلية
المرحلة: الرابعة

المحاضرة الأولى
إعداد : م. ناصر حبيب محيبس

منظمات النمو النباتية Plant Growth Regulatores .

نبذة تأريخية .

بدأ الأعتقاد في بداية القرن التاسع عشر بأن معظم الفعاليات الفسلجية تتحكم بها أو تسيطر عليها مركبات كيميائية ينتجها النبات بصورة طبيعية تسمى هرمونات hormones .
لقد أفترض العالم Sachs في منتصف القرن التاسع عشر وجود مواد منظمة لنمو النبات تتكون في الأوراق وتنتقل الى أسفل النبات . وفي نفس الوقت كان العالم Darwin يدرس تأثير حركة النبات Tropism كأستجابة لتأثير الجاذبية والضوء المنبعث من جهة واحدة Phototropism وأستنتج أن نمو النبات يقع تحت تأثير مواد خاصة يفرزها النبات (أي أنه أيد فرضية Sachs) ، أذ كانDarwin مهتماً بصفة أساسية بغمد الريشة وهو عبارة عن ورقة متحصصة ومتحورة على صورة أسطوانية مجوفة تغلف وتحيط بالسويقة الجنينية العليا epicotyl ومتصلة بالعقدة الأولى وهي توفر الحماية للقمة النامية الرهيفة لبادرات النجيليات حتى تبزغ الورقة الأولى ذات النمو السريع فوق سطح التربة . وتوصل Darwin الى أنه إذا عرضت قمم تلك الأغماد الى مصدر ضوئي من جانب واحد فإن الأغماد تنحني في أتجاه الضوء ، وكما نعلم اليوم فإن هذه الأستجابة يطلق عليها الأنتحاء الضوئي Phototropism والمنبه الضوئي هذا ينتج من نشاط هرموني . وقد لاحظ أيضاً أن تغطية أو أزالة قمة الغمد يسبب عدم أستجابة الغمد للأنحناء وقد أدت تلك النتائج الى أن يعلن Darwin أن قمة غمد الريشة تشترك في الأستجابة للأنتحاء الضوئي . أستعملت كلمة هرمون لأول مرة من قبل علماء فسيولوجيا الحيوان للتعبير عن مركبات تصنع في غدد خاصة وتنتقل بالدم أو الغدة اللمفاوية الى أجزاء الجسم الأخرى وأن الكميات القليلة منها قادرة على التأثير على عملية فسلجية معينة. لايمكن في الغالب التمييز بين موقع تصنيع الهرمون ومنطقة تأثيره لذا فأن الاهرمون النباتي يحدث عدد كبير من التأثيرات أعتماداً على نوع العضو أو النسيج الذي يؤثر عليه ومثل هذه الأسباب جعلت للهرمونات النباتية عدة تسميات

تعريفات Definition .

- الهرمونات النباتية : Phytohormones or Plant hormones هي مركبات تتكون طبيعياً في النبات بتراكيز واطئة وتنتقل الى مواقع أحرى لتسيطر على فعاليات النبات المختلفة وتشمل خمسة أنواع :

1 – الأوكسينات Auxins 2 – الجبريلينات Gibberellins 3 – السايتوكاينينات Cytokinins 4 – الأثلين Ethylene 5 – حامض الأبسسك Abscisic acid .

- منظمات النمو النباتية Plant Growth Regulatores هي مركبات قد تتكون طبيعياً داخل النبات أو مصنعة في المختبر (وهذه الأخيرة أما مشابهة أو مضادة لفعل الهرمونات النباتية).

- مثبطات النمو Growth inhibitors هي المركبات التي ينتجها النبات طبيعياً والتي لها تأثير مهم في تنظيم نمط النمو في النبات وتؤثر في منطقة المرستيم القمي Apical meristem من خلال تحطيمها أو قتلها للقمة النامية .
- معيقات النمو Growth retardents هي المركبات المصنعة التي تسبب تأثيرات معاكسة لتلك التي يحدثها الجبريلين . وأن طبيعة عملها هي منع أو أعاقة التخليق الحيوي للجبريلين . وتوصف بأنها تمنع أنقسام وأستطالة الخلايا في منطقة المرستيم تحت القمي Subapical meristem وبالتالي تقلل من أستطالة الساق مثل مركبات السايكوسيل CCC والكلتار و MO-1618 و Phosphon-D والتي يمكن منع فعلها بإضافة الجبريلين . وأن هذه المواد أستخدمت لتقصير طول الساق .

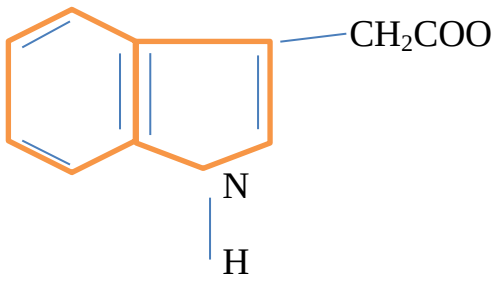
بعض الفروقات بين الهرمونات النباتية والأنزيمات .

الهرمونات النباتية	الأنزيمات
مواد عضوية تسيطر على فعاليات النبات	تركيب بروتيني يؤدي وظيفة العامل المساعد
للهرمون الواحد عدة وظائف للنبات	ذو وظيفة تخصصية
ذات طبيعة تأثير بالمنطقة التي تنتجها والمناطق البعيدة	تفرز في الخلية التي تتكون منها الى مناطق أخرى أو أنها تبقى في نفس الخلايا المكونة لها
تتكون وتحدث التأثيرات بكميات قليلة جداً	تحدث التأثيرات بكميات كبيرة

1 – الأوكسينات Auxins .

هي أول الهرمونات المكتشفة . كلمة أوكسين مشتقة من الكلمة اللاتينية Auxein والتي تعني الى النمو to growth . وكان أكتشافها نتيجة لتجارب Darwin على الأنتحاء الضوئي . أذ لاحظ أن أغماد رويشة حشيشة الكناري تظهر خاصية الأنتحاء الضوئي (نمو نحو جهة الضوء) أستجابة الى الضوء الممتص من قبل غمد الرويشة وأن الرويشة لاتنتحي إذا تم تغطية قمتها بقطعة من الورق أو غطاء زجاجي معتم وعلى هذا الأساس تكهن Darwin في كتابه (قوة الحركة في النبات) أن بعض المحفزات تنتقل من القمة الى منطقة النمو وهناك تظهر تأثير خاص على النمو . وبعد ذلك ذكر Peal أن أزالة طرف غمد رويشة الشوفان في الظلام يوقف النمو وعند أرجاعها الى مكانها فأن أستطالة الخلايا تستأنف وعند وضعها على جهة واحدة فأن الأنتحاء يحدث بتلك الجهة فقط . وبعد عدة سنوات تمكن Koigi من عزل مادة من البول وعند أضافتها الى المكعب الجيلاتيني تجعل غمد الرويشة المقطوعة القمة تنتحي كما حدث في تجربة Went وقد ثبت أن المادة هي أوكسين Indole acetic acid (IAA) .

وصيغته الكيميائية هي.



Indole -3- acetic acid

توزيع الأوكسين في النبات Distribution of Auxin in the Plant .

توجد أعلى تركيزات الأوكسينات في القمة النامية للنبات ، وهذا يعني أن أعلى التركيزات توجد في قمة غمد الريشة ،وفي البراعم وفي القمم النامية للسيقان والأوراق الحديثة والجذور . كما وجد أيضاً أن الأوكسين ينتشر ويتوزع بأتساع خلال النبات وبدون شك من خلال أنتقاله من المناطق المرستيمية كما هو مبين بواسطة Thiemann .

منحنى توزيع الأوكسين في بادرات الشوفان

وفي تقديره لمحتوى الأوكسين في المناطق المختلفة لبادرة الشوفان (أنظر المنحنى) فإن تركيز الأوكسين يتناقص بأستمرار من القمة الى قاعدة غمد الريشة كلما أبتعدنا عن القمة بأتجاه القاعدة .وأعلى محتوى يوجد في القمة وأقل كمية توجد عند القاعدة .ثم تستمر من قاعدة غمد الريشة على طول الجذر ، حيث وجد أن محتوى الأوكسين يزداد طردياً حتى تصل ذروته عند قمة الجذر .

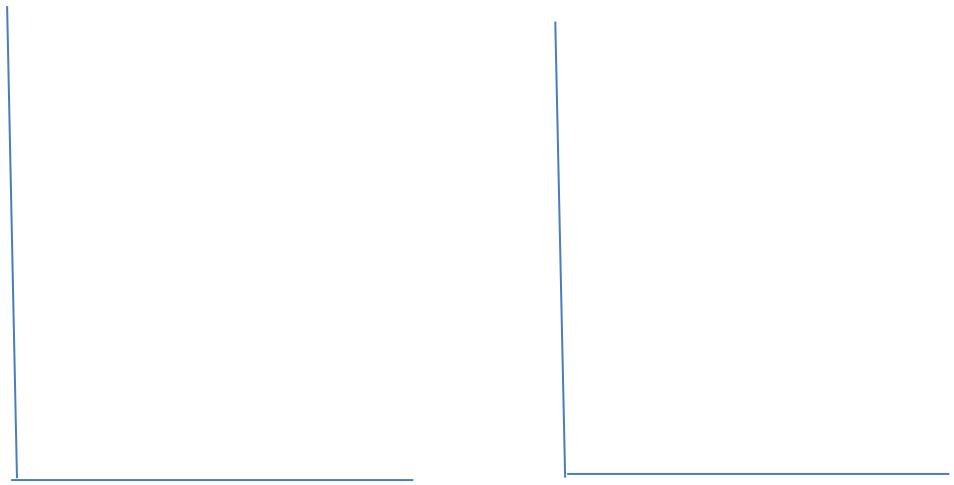
أنتقال الأوكسين Auxin Transport .

أن التجارب التي أجراها كل من Darwin و Boysen-Jensen والتي وضحت تحرك المحفز (الأوكسين) النشط من قمة الريشة الى قاعدتها ، أدت الىأفتراض الباحثون الآخرون بأن أنتقال هذا المحفز يكون قطبياً polar . وقد أعتقد الباحثون أن هذا الأنتقال قاعدي الطراز وهذا يعني أن أنتقال الأوكسين يتم من القمة المورفولوجية الى القاعدة المورفولوجية . وقد دلت الأبحاث الأولى على الحركة في النبات (الأنتحاءات) أيضاً على وجود التحرك الجانبي خلال الأنسجة الوعائية وكذلك في عروق الأوراق بواسطة الأنسجة الوعائية . أما في الجذور الفتية فيكون أنتقال الأوكسين أكثر ميلاً نحو الأبتعاد عن القمة النامية .بينما يكون أنتقال الأوكسين بالجذور القديمة لكلا الأتجاهين الى اأعى والأسفل . وقد أشار Moore بوجود عدة دلائل على أن الأوكسين ينتقل في اللحاء بصورة سريعة كما أن الحركة السفلية القطبية ربما تحدث في كامبيوم الأشحار وتختفي هذه الحركة في الأجزاء المسنة من السيقان والرويشات . وبالرغم من أن الحركة القاعدية تبدو سائدة في غمد الريشة وبعض السيقان إلا أن Jacobs وجد في قطاعات الساق الكوليوس أن نسبة الأنتقال القاعدي الى الأنتقال القمي (من القاعدة المورفولوجية الى القمة

المورفولوجية) لأنتقال الأوكسين هي 3 : 1 على التوالي. وبالرغم من أن الأنتقال الى القمة هو فقط ثلث نظيره للأنتقال القاعدي إلا أنه حقيقة مؤثرة .

النظرية الأولى للأنتقال : هي نظرية الأستقطاب الكهربائي Electrical polarity التي أفترضها Went وذلك بأن التوزيع الجانبي للأوكسين هو السبب للأستجابات الضوئية وربما تتوسط بمجال كهربائي . وقد درست تلك الفكرة ووجد فرق جهد كهربائي بين قمة وقاعدة رويشة الشوفان إذ أن قمة غمد الريشة سالبة الشحنة بينما قاعدتها موجبة . أما الجهة المظلمة من غمد الرويشة فتكون موجبة الشحنة والجهة المعرضة للضوء سالبة الشحنة . وفي حالة وضع غمد الرويشة أفقياً تكون القاعدة (الجهة السفلى) موجبة الشحنة والجهة العليا سالبة الشحنة ويتحول الأوكسين الى الجهة المظلمة أي أنه ينتقل بأتجاه الشحنة الموجبة .

النظرية الثانية للأنتقال : هي نظرية الأنتقال الأيضي Metabolic transport وتبين هذه النظرية أن الطاقة المتحررة نتيجة الأفعال الحيوية للخلية تلعب دوراً مهماً في أنتقال الأوكسينات حيث وجد أن أنعدام أو نقص الأوكسجين يثبط أو يعرقل أنتقال الأوكسينات . وأن معدل سرعة أنتقال الأوكسين يعتبر كبير مما برر أن عملية الأنتشار لايمكن أن تعتبر الطريقة الأساسية لأنتقال الأوكسين ولابد من وجود طرق أخرى غير طريقة الأنتشار البسيط . وأن الأنتقال القطبي نحو القاعدة يكون نتيجة كل من الأنتقال الفعال والأنتشار البسيط .



منحنى يوضح تأثير الظروف الهوائية واللاهوائية على الكمية الكلية من الأوكسين التي تحصل عليها شرائح من غمد رويشة الشوفان بأتجاه القمة أو القاعدة .

<u>موقع تصنيع اأوكسين .</u>

يعتبر الحامض الأميني Tryptophan بشكل عام هو منشأ البناء الحيوي للأوكسين في النبات وأن ذلك يتم في مناشئ الأوراق والأوراق الفتية والبذور أثناء مراحل تكوينها .

<u>التأثيرات الفسلجية للأوكسين .</u> يؤثر الأوكسين في :-

1 – أستطالة خلايا السيقان والأوراق والجذور . Cell enlargement
2 – تكشف الخلايا والأعضاء .
3 – أنقسام الخلية . إذ يحفز أنقسام الخلية في الكامبيوم
4 – تكوين ونشأة الأزهار وأنمائها وعقد الثمار ونموها ومنو الجنين .

5 – أتجاه النمو (أنتحاء السيقان أو الجذور)
6 – تكوين الثمار اللابذرية parthenocarpic fruits .
7 – السيادة القمية . Apical dominance
8 – إستطالة وأنقسام خلايا كالوس مزارع الأنسجة Callus tissue cultures .
9 – تحفيز نقل المواد الغذائية .
10 – تأثيراته كمبيدات أدغال .

ميكانيكية عمل الأوكسينات .

لأجل معرفة عمل الأوكسين يجب معرفة نوع الخلايا المتأثرة به وهي بصورة عامة الخلايا البرنكيمية في سيقان النباتات الراقية فهي الأكثر حساسية لأضافة الأوكسينات . وهناك عدة نظريات تفسر عمل الأوكسينات منها:

- **النظرية الأولى :** أفترض بعض العلماء أن الأوكسينات تؤدي دور المرافقات الأنزيمية لأنزيمات معينة تتطلبها الجذور وسبب هذا الأفتراض أن الهرمونات تؤدي وظائفها بتراكيز واطئة جداً . وعلى الرغم من أن الأوكسينات عند أضافتها للنبات تؤثر في فعالية بعض الأنزيمات إلا أنه لم يثبت أنها تؤدي دور المرافقات الأنزيمية ولكن يحتمل أنها تنظم فعالية الأنزيمات بعمل بعض التحويرات في خصائص الأنزيمات وبالتالي منع هدم بعض النظائر الأنزيمية الى وحدات غير فعالة . ويحتمل أن الأوكسينات تنشط بعض الأنزيمات مثل أنزيمات التنفس حيث يتنفس النبات المعامل بالأوكسين بمعدل أسرع نسبياً وينمو بمعدل أسرع أيضاً . كما أن الأكسين ينشط الأنزيمات التي تبدل من خصائص جدار الخلية فقد ظهر أن تحفيز النمو بسبب الأوكسين قد يرجع الى تليين جدار الخلية . وعندما أجريت تجربة للتمييز بين تغيرات الليونة Plasticity (غير قابلة للرجوع الى الشكل الأصلي) وبين المرونة Elasticity (قابلة للرجوع الى الشكل الأصلي) وجد أن تحفيز الأوكسين يتعلق بتغيرات الليونة. وبما أن المواد الماسكة لجدران الخلايا الجديدة تشمل المواد البكتينية Pectin وأنصاف السليلوز hemicellulose لذا يعتقد أن الأوكسينات تزيل آيونات الكالسيوم التي تربط مجاميع الكاربوكسيل ويسبب حل هذه المواد تليين جدران الخلايا .كما أفترض أن الأوكسين يزيد من فعالية أنزيم Cellulose الذي بدوره يضعف أنظمة الألياففي جدار الخلية .
- **النظرية الثانية :** تشير أن الأوكسينات تحفز تكوين أنواع من الحامض النووي RNA الضروري لبناء الأنزيمات أو تثبيط هدم RNA (لأن RNA عادةً قصير العمر) وبالتالي يزداد أنتاج البروتينات والأنزيمات المؤثرة في النمو .
- **النظرية الثالثة :** أشارت الى موضوع دور الأوكسين في التوسع الخلوي بشكل مفصل ووجد أن الأوكسين ضروري في ليونة جدار الخلية بصورة خاصة وليس توسع الخلية نفسها . أي بمعنى أن الأوكسين يزيد من ليونة جدار الخلية وبذلك يقلل من مقاومة الجدار للشد ويؤدي الى أستجابة الجدار للضغط وبذلك يقلل الضغط الأمتلائي ويحصل تنافذ كبير للماء نحو الداخل بسبب السلبية الزائدة للجهد المائي الداخلي وبذلك يزداد حجم الخلية ويتمدد الجدار . أن فعل الأوكسين في ليونة الجدار هو عمل مزدوج : التأثير الأول على المطاطية والثاني على الليونة .
- **النظرية الرابعة :** الأوكسين وتأثيره على قابلية النفاذية . حيث يعتقد أن الأوكسين يؤثر على التفاعلات الحادثة في غشاء البلازما . حيث أن الأوكسين يحفز تحرر آيونات الهيدروجين من الخلية وأن كمية الآيونات المتحررة ووقت تحررها تتناسب مع المنو المتحفز بالأوكسين وأن هذه البروتونات H تسبب خفض الـ PH من 6 – 5 وأن هذه

البروتونات تتبدل مع آيونات K أو غيرها وتسبب تلين جدار الخلية كما أن نمو الخلية يتطلب البروتينات والأنزيمات مثل ATPase في غشاء الخلية .

- **نظرية النمو الحامضي وفعل الأوكسين :** من المعروف في النمو المستحث بالأوكسين أن المحلول المحيط بجدار الخلية يصبح أكثر حامضية ويصبح الجدار أكثر مرونة Plasticity وأن هذا التغير بالمرونة لاينتج فقط بسبب أنخفاض الـ PH بأن يرجع الى تغيرات ناجمة عن فعل الأنزيمات . وأفترح Nonhebel فرضية حول سلسلة التفاعلات الداخلية في عمل الأوكسين IAA والذي يبين أن أدمصاص IAA يحدث في منطقة الأرتباط وتؤدي الى تكوين الرسول الثاني وبالتالي حدوث النمو.

IAA ⟶ موقع الأرتباط ⟶ الرسول الثاني ⟶ الأحماض النووية

⟵ البروتين الغشائي

<u>التداخل بين الهرمونات.</u>

لكل هرمون أستجابات فسلجية عديدة ولاتعمل كل الهرمونات على أنفراد بل هناك تداخل بينها وأن أستجابة النبات هو محصلة التوازن بين محفزات ومثبطات النمو.

- التداخل بين الأوكسينات والجبريلينات: تعتبر الأوكسينات ضرورية لأظهار تأثير الجبريلين في توسع الخلية ومن المحتمل أن أي زيادة في الليونة بعد المعاملة بالجبريلين يعود سببها الى الأوكسين فقط والذي تزداد فعاليته عند زيادة الجبريلين . كما أن الأوكسين والجبريلين يتشابه في تأثيره على بعض الظواهر الفسلجية مثل أساطالة السلاميات والأغماد . عند رش النبات الكامل بالجبريلين يسبب أستطالة الساق بينما عند رشه بالأوكسين لاتحدث الأستطالة . وعند وضع قطعتين مقطوعة من ساق النبات وتحوي على سلاميات نضع أحداهما في محلول أوكسيني والأخر في محلول GA_3 نلاحظ أستطالة الجزء المقطوع في المحلول الأوكسيني فقط بينما لاتؤثر محاليل الجبريلين عليها .
وللجبريلين تأثير على الأنزيم المؤكسد للـ (IAA Oxidase) وعليه فأن الـ GA_3 يحمي IAA من الأكسدة . كما لوحظ أنخفاض تركز peroxidase عند معاملة نبات الذره بالجبريلين . كما لوحظ تحفيز الجبريلين لعملية تحويل التربتوفان Tryptophan الى IAA لبعض النباتات .
- الأوكسين والسايتوكاينين : السايتوكاينين المضاف يشجع تكوين الجذور العرضية والبراعم والكالوس . ولوحظ أن بعض هذه التأثيرات لاتظهر بشكل فعال ما لم يضاف اليه الأوكسين . فمثلاً نمو البراعم الجانبية في سيقان البزاليا يتوقف على التوازن بين تركيز الكاينتين والأوكسين .

2 – <u>الجبريلينات Gibberellins</u> .

أكتشف الجبريلين لأول مرة عام 1926من قبل الياباني Kurosawa لأثناء دراسته لمرض (Bakanae) البادرة الحمقاء وهو حالة نمو غير طبيعية بدرجة كبيرة وشاذة لأوراق وسيقان الرز فتبدو طويلة ونحيفة ولذلك تضطجع نتيجة الأصابة بفطر Gibberella fujikuroi حيث لاحظ أن تنمية هذا الفطر على وسط ثم ترشيح هذا الوسط من الفطر فأن الراشح يسبب هذا المرض وهذا يعني أن الفطر يفرز مواد في النباتات التي يصيبها أو الوسط الغذائي الذي ينمو عليه وأن هذه المادة هي المحفزه لأستطالة الساق والأوراق . وفي عام 1939 تم أستخلاص مادة بلورية من الراشح الذي نما عليه الفطر وسميت بالجريلين (Gibberellin)

وفي عام 1954 تم أستخلاص هذه المادة بصورة نقية وأطلق عليها Gibberellic acid حامض الجبريلين . وعند معاملة النباتات بالجبريلين يؤدي الى أستطالة الساق والأوراق ويظهر التأثير بشكل كبير في النباتات المتقزمة . وقد توالت عملية تشخيص الجبريلينات حتى زادت عن 72 جبريلين أخذت أرقام أضافة الى الحروف الأولى من الأسم GA ولذلك سميت GA_{2} ,3 , 4.... وهي تتشابه فيما بينها ولكن تحتلف في نوع وموقع مجموعة الهيدروكسي في نظامها الحلقي .

<u>موقع تصنيع الجبريلين .</u>

يعتبر حامض Mevalonic مصدر تكوين الجبريلين في الأنسجة الحديثة للمجموعة الخضرية والبذور أثناء مرحلة النمو

<u>الأنتقال .</u> ينتقل الجبريلين خلال أنسجة الخشب واللحاء . وتوجد الجبريلينات بثلاث أشكال أو هيئات كيميائية أثنان منها حددت كيميائياً أما الثالثة فهي صيغة نظرية فقط . أ- جبريلينات حرة Free GA . ب- جبريلينات مقترنة Conjugated GA . ج- جبريلينات ذائبة بالماء أو مقيدة . وتتم تنقية الجبريلين من خلال طرق الكروماتوكرافي .

<u>التأثيرات الفسلجية للجبريلينات .</u>

1 – تحفيز أستطالة الساق نتيجة تحفيز أنقسام وأستطالة الخلايا وبالتالي التغلب على ظاهرة التقزم الوراثي (ينتج هذا التقزم عن طفرة وراثية في جين واحد single gen mutant تؤثر في أحدى العمليات الحيوية المتعلقة بتكوين الجبريلينات أو في مراكز النمو المتعلق بعمل الجين المرتبط بتكوين الأنزيم المؤثر في تكوين الجبريلين .

2 – حدوث التزهير bolting في نباتات ذوات النهار الطويل حيث يمكن حثها على التزهير في ظروف النهار القصير وذلك برشها بالجبريلين . كما أن بعض النباتات ثنائية الحول تحتاج الى ساعات برودة كافية حتى تتهيأ للتزهير بالموسم الثاني وهذا ما يدعى بالأنتباع Vernilization وهذه الحالة يمكن تجاوزها وحث النباتات على التزهير بالموسم الأول وذلك برشه بالـ GA كما في الجزر والبنجر .

3 – أنبات البذور التي تحتاج الى البرودة أو الضوء لأنباتها (مثل بذور الخس) التي تحتاج الى الضوء لأنباتها وبذور الخوخ مثلاً التي تحتاج الفترة برودة وتحتاج الى تنضيد لغرض الأنبات .

4 – التخلص من فترة سكون درنات البطاطا وذلك لدوره في تقليل فترة سكونها .

5 – نمو وعقد ثمار عذرية حيث تم الحصول على ثمار خوخ عذرية (عديمة البذور) وذلك بتشجيعها لنمو الأزهار بدون حدوث الأخصاب .

6 – أحداث الصفة الذكورية في النباتات ثنائية المسكن كما في حالة رش الخيار الأنثوي بالجبريلين فأنه تتكشف فيه أزهار ذكرية .

7 – زيادة نمو الثمار والعقد : حيث لوحظ زيادة العقد وكبر حجم الثميرة في العنب وكذلك في اليمون والبرتقال نتيجة رش الجبريلين .

8 – أتجاه الأوراق : تؤثر أضافة الجبريلين في تغيير زوايا الأوراق بالنسبة للساق فتصبح بشكل عمودي على الساق .

3 – **السايتوكاينينات Cytokinins .**

كان الأكتشاف الأول لها على يد Haber Landt في العقدين الأولىمن القرن العشرين. أذ تبين له وجود عامل له علاقة بتشجيع أنقسام الخلايا البرنكيمية لدرنات البطاطا لتحويلها الى الحالة المرستيمية وأمكانية حدوث أنقسام للخلايا . بعده قام Skoog بدراسات لمعرفة دور السايتوكاينين في أنقسام الخلايا وتخصصها ، ووجد بعده أن للسايتوكاينينات دور أيضاً في الشيخوخة والسيادة القمية . أعتمدت دراسة Skoog على زراعة لب التبغ ووجد أن أضافة العناصر المعدنية لوحدها لم يؤدي الى أنقسام الخلايا وأن أضافتها مع الأوكسين لوحظ نمو قليل جداً أما عند أضافة الأوكسين مع السايتوكاينين فأنه سبب أنقسام الخلايا بينما أضافة السايتوكاينين لمفرده لم يؤدي الى أنقسام الخلايا . ولهذا وجد أضافة الأوكسين مع السايتوكاينين يؤدي الى أنقسام الخلايا وتخصصها .

ويعتبر الكاينتين من أشهر السايتوكاينينات المصنعة وتشير الأدلة أن أنتاج السايتوكاينين يكون في الجذور ثم ينتقل بالسيقان والأوراق عن طريق نسيج الخشب ويتحرك الى مراكز الأوكسين في النبات . ويتكون السايتوكاينين من خلال التحوير الكيمياوي الحيوي للـ adenine .

التأثيرات الفسلجية للسايتوكاينين .

1 – أنقسام الخلايا : يسبب أنقسام الخلايا عند أضافته مع الأوكسين. كما يسبب الأنقسام بصورة طبيعية في الأورام النباتية التاجية .
2 – حدوث التكوين الشكلي Morphogenesis عند زراعة الأنسجة .
3 – التحفيز على تكوين المجموعة الخضرية وأنه يساعد على تكوين البراعم في السرخس .
4 – تقليل أو منع السيادة القمية وبالتالي نمو البراعم الجانبية .
5 – له دور في تمدد الأوراق Leafexpansion من خلال كبر الخلايا .
6 – تأخير شيخوخة الأوراق .
7 – فتح الثغور: قد يحدث فتح الثغور في بعض الأنواع بفعل السايتوكاينين .
8 – تكوين البلاستيدات الخضراء حيث أن أضافة السايتوكاينين يساعد على تجميع وتحضير تحويل البلاستيدات الشاحبة اللون الى الخضراء .

إن أضافة السايتوكاينينات الى الأوراق والسيقان والبراعم تظهر أنتقالاً قليلاً أو أنه لاينتقل مع موقع الأضافة ويعتبر هذا الأنتقال السلبي ظاهره أساسية بالنسبة لما يسمى بتأثير الأنتقال للسايتوكاينين . ونتيجة للأضافة الموقعية للسايتوكاينين للورقة أو جزء من الورقة فأنه يؤخر الشيخوخة في هذا الجزء المحدد محدثاً جذب موقعياً لمواد الفعاليات الحيوية للتوجه نحوه من الأجزاء الأخرى للورقة وحتى من الأوراق الأخرى . توجد السايتوكاينينات في الأنسجة الوعائية وتنتقل سلباً مع النسغ الصاعد من المصدر source الى المصب sink مكان الأستهلاك والخزن والتي هي هنا الأجزاء المرستيمية أو التي لها جهد نمومثل الأوراق والبراعم والسلاميات حديثة التكوين .
9 – كسر السكون في البذور والبراعم: وجد أن بعض البذور ذات الأحتياجات الخاصة للضوء والبرودة يمكن تحفيز أنباتها عن طريق المهاملة بالسايتوكاينين ، وفي الطبيعة هناك بعض النباتات تنبت بذورها عندما تكون مجاورة لجذور تفرز السايتوكاينين الذي يسهل أنبات البذور .

4 – **الأثلين Ethylene .**

أن أكتشاف الأثلين والتعرف عليه كهرمون مهم في نمو وتطور النبات جاءت من الدراسات التي جرت حول نضج الثمار . والأثلين هو هرمون مثبط للنمووهو الوحيد من الهرمونات الذي يوجد بشكل غاز وهذه مفيدة في سهولة نقل وحركة الأثلين خلال الخلايا الحية وصولاً الى موقع التأثير . أن أكتشاف الأثلين ظهر عند ملاحظة أن الثمار الناضجة تفرز مواد متطايرة تساعد على نضج ثمار أخرى قريبة منها وأن هذه المواد المتطايرة ثبت أنها الأثلين . وهناك رأيان لتفسير كيفية تأثير الأثلين على عملية النضج:-

الرأي الأول: يعتقد أن الأثلين يسبب زيادة نفاذية أغشية الأنسجة أما مباشرةً أو بصورة غير مباشرة وذلك بتحفيز تكوين حامض ABA .

الرأي الثاني: يفسر تأثير الأثلين على أنه محفز لتكوين بعض البروتينات الأنزيمية للأسراع في عملية نضج الثمار .

ومن التأثيرات التي قد يسببها الأوكسين ناتجة من أطلاقه للأثلين والذي بدوره يحدث مثل هذه التأثيرات . ووجد أن الأثلين له دور مهم في شيخوخة الأوراق وتساقطها وأنبات البذور وأن وجوده يكون بكميات أكبر في المناطق الفعالة وخصوصاً في الأنسجة المرستيمية (الأجزاء الغنية بالأوكسين) .

موقع تصنيع الأثلين:

يعتبر الـ methionine مصدر تكوين غاز الأثلين وهو يتكون عادةً عند تعرض النبات للأجهاد وعند الشيخوخة والنضج .

أنتقال الأثلين: ينتقل الأثلين بالأنتشار (لأنه غاز) من موقع التصنيع الى مناطق أخرى من النبات .

التأثيرات الفسلجية للأثلين .

1 – نضج الثمار وتغيرات في اللون والطعم ومعدل التنفس .

2 – تشجيع أنفصال الأوراق .

3 – تثبيط تكوين البراعم الجانبية .

4 – الأستجابة الثلاثية لبادرات البقوليات الشاحبة (تقليل أستطالة الساق وتثخنها وأنعدام الأستجابة للجاذبية).

5 – شد نهاية الرويشة المعقوفة في الجزء تحت أو فوق الفلقي في بادرات ذوات الفلقتين .

6 – تثبيط نمو الجذور .

7 – زيادة نفاذية الأغشية .

8 – تشجيع تكوين الجذور العرضية .

9 – تشجيع تكوين الأزهار في نبات الأناناس.

10 – قلة التلوين في أزهار عدد من النباتات.

11 – يسبب الذبول المؤقت وتهدل الأوراق والنمو غير المنتظم.

12 – يشترك في الأنتحاء الأرضي العادي للجذور.

أن الأثلين يؤثر على عملية التنفس بأتجاهين : الأول أحداث تغيرات في نفاذية أغشية الخلية قبيل أو أثناء النضج تؤدي الى تغيير في خواص نفاذية الأغشية التي تفصل أنزيمات معينة عن مواد تفاعلها . وهذا بدوره يؤثر على التنفس وعمليات أخرى مثل هدم جدار الخلية .والأنجاه الثاني وهو المقبول أكثر لأن عمليات نضج الثمار مرتبطة بتكوين الأنزيمات التي تساعد في التغيرات البكيميائية التي تحدث خلال عملية النضج .وبات واضحاً أن الأثلين يشجع زيادة سرعة التنفس نتيجة تنشيط الأثلين لبعض الأنزيمات الموجودة في الثمار والتي كانت مقيدة (أي أنه لايحدث تكوين أنزيمات جديدة).

بالنسبة لشد نهاية الرويشة المعقوفة لذوات الفلقتين: فأن البذور في ذوات الفلقتين يتم أنباتها أما أرضي (تبقى الفلق تحت سطح التربة لأن المنطقة تحت الفلقية لاتستطيل وأن الرويشة تنحني لتشكل قوس تحمي قمة الجزء الخضري عند أندفاعه خارج التربة وبذلك تحافظ على القمة من التلف . أما في الفاصوليا مثلاً الأنبات هوائي حيث يستطيل الجزء تحت الفلقي مكوناً قوس يحمي قمة الجزء الخضري عندما يسحب الى الأعلى . وفي كلتا الحالتين يستقيم الكلاب المعقوف للجزء فوق الخضري أو الجزء تحت الفلقي بعد ظهور البادرات فوق سطح التربة . أن هذا النمو المعقوف ينسب الى دور الأثلين الذي يتكون فيها بكثرة في الظلام ويقل بوجود الضوء فترجع الى الحالة الطبيعية .

تثبيط نمو الجذور : أصبح أكيداً أن تثبيط الأوكسين لنمو الجذور ناتج من أن الأوكسين يحث أنتاج الأثلين الذي يحد من نمو الجذور حيث أن الجذر المتأثربالجاذبية يكون توزيع الأوكسين فيه غير منتظم حيث يكون بالجهة السفلى عالي وهذا يوقف النمو فيه بينما يكون النمو بالجهة العليا عالي ويبدأ أنتاج الأثلين في الجهة السفلى يزداد وينتقل للأعلى فيقلل من سرعة النمو أو يؤدي الى تباطؤ سرعة النمو فتنحني للأسفل .

الأثلين هرمون ولا يمكن الجزم بأنه هرمون أزهار ولكن عند رش بعض المركبات مثل ethereal أو ethephon على نبات الأناناس فأنها تحرر الأثلين داخل أنسجة النبات وتسببتزهير الأنانانس . ووجد أن الأثلين يتكون بكثرة في الأنسجة المرستيمية الطرفية ويثبط نمو البراعم الجانبية . وأن غاز CO_2 ينافس الأثلين . ووجد أن الأثلين يعمل على تساقط الأوراق على العكس من تأثير الأوكسين كما وجد أن الأثلين يسبب شيخوخة الورقة وغيرها من الأنسجة . ووجد أيضاً أن الأثلين يزيد من نسبة الأزهار الأنثوية في النباتات التي تسود فيها الأزهار الذكرية . أن الأثلين يعكس تأثير ABA في تثبيط أنزيم الأمليز amylase في طبقات الأليرون في الشعير وأن هذا التأثير الأيجابي للأثلين على تكوين الأمليز يزداد بوجود الجبريلين .

<u>ميكانيكية عمل الأثلين .</u>

تم أقتراح بعض الفرضيات حول عمل الأثلين منها:

- أن الأثلين قد يرتبط مع بعض أنزيمات البروتينات المعدنية في الخلية metalloproteinase وبذلك ينظم عمل الخلية .

- أن الأثلين قد يرتبط بطبقات الأغشية الخلوية وبذلك يغير من وظيفتها .
- أن الأثلين قد يسبب تحولات في العمليات الحيوية المتعلقة بالأحماض النووية والبروتينات من خلال التحولات في الـ RNA والتي ترافقها تكوين البروتين وبالتالي الأنظمة الأنزيمية .

5 - **حامض الأبسسك Abscisic acid (ABA) .**

في عام 1964 عزل كل من Liu and Carns مادة على صورة بلورية من ثمار القطن الناضجة (لوز القطن) هذه المادة شجعت تساقط أعناق أوراق القطن المنزوعة الأنصال وسميت أبسيسين (1) . وبعدها تم عزل مادة مشابهة من ثمار القطن الحديثة العمر سميت أبسيسين (2) وعلى أسس نظام قياسي للتسمية أطلق عليه أسم حامض الأبسيسيك (ABA). كان العلماء يبحثون في أتجاهين حول مثبط النمو (ABA) الأتجاه الأول دراسة الظواهر التي تسبب أنفصال الورقة والثاني سبب كمون البراعم في النباتات الخشبية . وأستطاع العاملون في الأتجاه الأول من بلورة مادة لها تأثير فسلجي واضح في أنفصال الأوراق أسموها الأبسسين. كما أستطاع العاملون في الأتحاه الثاني من بلورة مادة مؤثرة فسلجياً في كمون البراعم أسموها دورمين . وبعد فترة وجد أن المادتين متشابهتين وأطلق عليها أسم حامض الأبسسك (ABA) . أن قسماً من الطحالب تحوي مركبات مثبطة للنمو مختلفة ولكن تعود كيميائياً الى (ABA) وتسمى حامض لانولاريك Lunularic acid ويبدو أن الفطريات والبكتريا خالية من مثبطات مشابهة للـ (ABA) . أن تركيز ABA يزداد عند ظروف الشد الرطوبي وأي حالة شد أخرى .

أنتقال الـ ABA .

ينتقل الـ ABA في كل من عصارة الخشب واللحاء وفي الأنسجة الحية أيضاً خارج الحزم الوعائية .وأنه يتحرك بسرعة 20 – 30 ملم/ ساعة وهي أعلى من سرعة حركة الأوكسين . وأن الـ ABA غير قطبي في حركته . ولكي يكون ABA فعال لابد من توفر :

1 – وجود مجموعة كاربوكسيل حرة .

2 – أن تحوي حلقة البنزين على آصرة مزدوجة في موقع ألفا وبيتا .

3 – الوضع النسبي للكاربون رقم 2 وآصرته المزدوجة بهيئة cis .

البناء الحيوي للـ ABA .

تؤكد الأبحاث أنه يتكون من Mevalonic متعدد الفوسفات أي أن الـ ABA والجبريلين يتكونان من نفس المركب ولكن بفعالية فسلجية مختلفة يكي منهما . وأن بنائهما يحدث في البلاستيدات الخضراء .

التأثيرات الفسلجية للـ ABA .

1 – التأثير على النمو : عند أضافته لبعض النباتات يثبط النمو للفروع وتكون السلاميات قصيرة والأوراق صغيرة بسبب قلة أنقسام وتوسع الخلايا .

2 – تحفيز التساقط والشيخوخة : وجد أن ABA يسبب تساقط جوز القطن وتساقط سويقات الأوراق المفصولة أنصالها . وأن تأثيره يقل على الأوراق الكاملة وذلك لتداخله مع الأوكسينات والسايتوكاينينات اللذان يمنعان التساقط .

3 – التأثير على الأزهار : لوحظ أن رش النباتات ذوات النهار القصير بالـABA تحت ظروف النهار الطويل لا يسبب أزهارها بعكس بعض نباتات النهار القصير التي قد تستجيب لهذه العملية .

4 – فتح وغلق الثغور: يشترك في عمل الثغور ويغلقها عند الأجهاد المائي .وعند المهاملة الخارجية بالـABA يحدث غلق للثغور بعد 3 – 9 دقائق في قواعد الأوراق المقطوعة . ويسبب الـ ABA نضوح الخلايا لآيون K وبذلك تفقد الخلايا الحارسة خاصية الأنتفاخ فتنغلق الثغور وأن هذه العملية تحتاج الى زيادة تركيز ABA و Co_2 .

5 – سكون البذور: كثير من البذور لا تنبت مباشرةً بعد نضجها حتى لو توفرت لها ظروف الأنبات وهو مشابه لسكون البراعم وأسبابها أما عدم نفاذية أغلفة البذرة أو عدم النضج التام للأجنة أو الأحتياج لفترة معينة من النضج . ووجد بشكل عام أن لتركيز ABA علاقة بسكون . وأن التوازن بين الهرمونات الداخلية هو المهم وهو المسيطر على عملية الأنبات فإذا زادت المثبطات (ABA) قياساً بالمحفزات (GA) فأن البذور تبقى ساكنة والعكس بالعكس .

<u>آلية عمل الـ ABA .</u>

يوجد تأثيرين كيميائيين لهذا الهرمون أولهما التغير في الأغشية ونضوح ودفع آيون K (عملية تنظيم فتح وغلق الثغور) ، والتأثير الثاني هو تثبيط بناء الـ RNA والبروتين ويعادل التأثيرات العديدة للجبريلين والتأثيرات الأخرى للأوكسينات والسايتوكاينينات .

مثال: أن ABA يعادل تأثير الجبريلين في أستحثاث أنزيمات الهيدروليز hydrolase في طبقة الأليرون في الشعير أي أن الـ ABA يسلك كمثبط منافس للجبريلين . مع التوقع بأن الـ ABA يعمل بصورة خاصة على تثبيط بناء الـ RNA المعتمد على DNA .

<u>معيقات النمو Growth Inhibitors .</u>

ينبغي التمييز بين معيقات النمو growth retardants ومثبطات النمو growth inhibitors حيث أن المعيقات تعرقل النمو وتؤخره بسبب تقليل أستطالة الساق بسبب تثبيطها لفعالية المرستيمات تحت الطرفية sub apical meristems وبالتالي تقليل أستطالة الساق ومن هذه المركبات السايكوسيل CCC والفوسفون phosphon-D و Amo 1618 ويطلق عليها معيقات النمو لأنها تعاكس العمليات الفسيولوجية للجبريلين وتقلل من تكوين الجبريلينات الداخلية في النبات .ومن الأنواع الأخرى الألار Alar .

<u>ميكانيكية عمل معيقات النمو .</u>

أن معيقات النمو (Amo 1618 ، phosphon-D و CCC) تعيق أستطالة الساق وذلك بمنعها أنقسام الخلايا في المرستيمات تحت القمية sub apical meristems دون التأثير على المرستيمات الطرفية . كما أنها تثبط نمو النبات وتجعله متورد Rosette بعكس تأثير الجبريلين .

<u>الفينولات Phenols .</u>

تحوي النباتات في أجزائها المختلفة مركبات فينولية وأهم مراكز تكوينها وأنتاجها هي البلاستيدات الخضراء والأغشية الخلوية . وتعتبر من منتجات الأيض الثانوية وذات وظائف حيوية في النباتات حيث تتصف بما يلي:-

1 – صفة المقاومة للبكتريا والفطريات المهاجمة للنباتات والمسببة للأمراض الحيوية .

2 – أشتراك البلاستوكوينونات plastoquinones كحامض أميني في أجسام الكلوروبلاست في أنتقال الألكترونات أثناء عملية التمثيل الضوئي وتفاعلاتها .

3 – جذب الحشرات الى النباتات المزهرة لزيادة عملية التلقيح والأخصاب والذي يعزى الى ألوان البتلات التي تتكون من الفينولات العديدة وخاصةً الأنثوسيانين Anthocyanin .

4 – زيادة صلابة الأنسجة الداعمة للنباتات نتيجة تكوين مركبات اللكنين Lignin من وحدات فنيل بوبين phenylprobin .

5 – تكوين مركبات التانين Tanin التي تتميز بفعاليتها المضادة للجبريلين وهذه المواد تترسب في قلف سيقان الأشجار لحمايتها .

6 – تنشيط النمو بواسطة الفينولات الثنائية Diphenols والفينولات المتعددة polyphenols. بينما الفينولات الأحادية monophenols تعمل على تثبيط النمو .

وتنقم الفينولات تبعاً لعدد مجموعات الهيدروكسيل الى ثلاث مجاميع:-

- الفينولات الأحادية : وأهم مركباتها حامض السالسليك Salicylic acid وحامض الفيروليك Ferulic acid وحامض بارا – كوماريك P-Coumaric acid .
- الفينولات الثنائية : وأهم مركباتها حامض الكافيك Caffiec acid والكاتيكول Cateckol .
- الفينولات الثلاثية : وتتمثل بالكلوكوسايدات Glocosides حيث ترتبط بجزيء سكري أما كلوكوز أو فيكتوز أو رامنوز .مثل الأنثوسيانين المسوؤلة عن اللون في الأزهار والثمار .والتانينات واللكنينات وحامض الكاليك Gallic acid .

<u>الوظائف الفسلجية والتطبيقات الزراعية للفينولات .</u>

- التأثير على الأنبات : أن بذور النباتات الصحراوية والبرية تحتوي مركبات فينولية مثل الكومارين وحامض بارا- كوماريك ومركب الأسكوبوليتيت التي تمثل أحدى المجموعات السامة للكومارينات . وتتركز هذه المواد في أجنة البذور وأغلفتها أو قصرتها وينتج عنها منع الأنبات ولا تنبت إلا بعد أزالة الكمون الناتج عن وجود هذه الموادوذلك بأذابتها عن طريق الأمطار أو الخزن الطويل . وأن الأحماض الفينولية المفصولة من الأوراق النباتية بعد تساقطها وخاصةً متساقطة الأوراق مثل حامض البارا- كوماريك والفلورتك والفريولك .أذ أنها تنفصل ويتم أدمصاصها على أسطح حبيبات التربة وأنها تمنع أنبات بذور النباتات الحولية والحشائش الموسمية والنامية برياً .
- النمو الخضري : حيث أن معظم الفينولات تتميز بنشاط فسيولوجي مثبط للنمو الخضري للنبات نتيجة منع أستطالة الخلايا الجديدة للأنقسام الخلوي مما يؤدي الى قصر السلاميات وضعف النمو الخضري لأن هذه المواد الفينولية تنشط عمل أنزيم IAA- oxidase كما أنها تدخل في تكوين اللكنينات التي تترسب على الأنسجة فتعطيها الصلابة .