

الهرمونات النباتية

الأوكسينات Auxins:

لفظة أوكسين مشتقة من اليونانية auxein؛ وتعني نمًا، وسمي هذا الأوكسين هرمون النمو growth hormone. تتكون الأوكسينات عامة في القمم النامية للنباتات وأوراقها وثمارها الفتية في أثناء تكوين البذور بعد مرحلة العقد الثمري.

هي أول الهرمونات المكتشفة . كلمة أوكسين مشتقة من الكلمة اللاتينية Auxein والتي تعني الى النمو to growth وكان اكتشافها نتيجة لتجارب Darwin على الأنتحاء الضوئي. أذ لاحظ أن أعماد رويشة حشيشة الكناري تظهر خاصية الأنتحاء الضوئي (نمو نحو جهة الضوء) استجابة الى الضوء الممتص من قبل غمد الرويشة وأن الرويشة لاتنتحي إذا تم تغطية قممها 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 إزالة طرف غمد رويشة الشوفان في الظلام يوقف النمو وعند أرجاعها الى مكانها فإن أستطالة الخلايا تستأنف وعند وضعها على جهة واحدة فإن الأنتحاء يحدث بتلك الجهة فقط . وبعد عدة سنوات تمكن Koigi من عزل مادة من البول وعند إضافتها الى المكعب الجيلاتيني تجعل غمد الرويشة المقطوعة القمة تنتحي كما حدث في تجربة Went وقد ثبت أن المادة هي أوكسين. Indole acetic acid (IAA)

يعدّ حامض الإندول حامض الخليك (IAA-Indole acetic acid) الأوكسين الطبيعي في النباتات، وقد أوضح العالم سكوغ عام 1937 أن مصدر هذا الحامض هو الحامض الأميني تربتوفان tryptophan في قمم الأعضاء الحديثة في النباتات،

انتقال الأوكسينات : تنتقل الأوكسينات نحو المجموعة الجذرية والأجزاء السفلية للمجموعة الخضرية قطبياً، وذلك عبر خلايا الأنسجة النباتية، أما في الأوراق والقمم الفتية للسيفان فتنتقل عبر اللحاء، وفي الأوراق الكاملة عبر الأنابيب الغربالية¹، وفي الجذور عبر الأسطوانة المركزية، وتراوح سرعة انتقالها بين 5-15 ملم/ساعة.

¹ في علم تشريح النبات، تمثل خلايا الأنبوب الغربالي، المعروفة أيضاً باسم مكونات الأنبوب الغربالي، نوعاً متخصصاً من الخلايا المطولة في النسيج الوعائي اللحائي في مغطاة البذور. وتتصل نهايات تلك الخلايا مع خلايا الأنبوب الغربالي الأخرى، لتكون هذه الخلايا معاً الأنبوب الغربالي. وتتمثل الوظيفة الأساسية للأنبوب الغربالي في نقل السكريات، وبصورة أساسية السكروز، في النبات (كأن تنقله من الأوراق إلى الثمرات وجذور النبات). وبخلاف وحدات الوعاء الموجودة في النسيج الوعائي الخشبي الموصلة للماء التي تموت عندما تنضج، تكون وحدات الأنبوب الغربالي خلايا حية. وتتفرد تلك الخلايا بكونها تفتقر إلى النواة عندما تنضج.

النظرية الأولى للانتقال : 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 أفقيا تكون القاعدة (الجهة السفلى) موجبة الشحنة والجهة العليا سالبة الشحنة ويتحول الأوكسين الى الجهة المظلمة أي أنه ينتقل باتجاه الشحنة الموجبة.

النظرية الثانية للانتقال : هي نظرية الانتقال الأيضي Metabolic transport وتبين هذه النظرية أن الطاقة المتحررة نتيجة الأفعال الحيوية للخلية تلعب دورا مهما في انتقال الأوكسينات حيث وجد أن أعدام أو نقص الأوكسين يثبط أو يعرقل انتقال الأوكسينات . وأن معدل سرعة انتقال الأوكسين يعتبر كبير مما برر أن عملية الأنتشار لا يمكن أن تعتبر الطريقة الأساسية لانتقال الأوكسين ولا بد من وجود طرق أخرى غير طريقة الأنتشار البسيط . وأن الانتقال القطبي نحو القاعدة يكون نتيجة كل من الانتقال الفعال والأنتشار البسيط.

وقد تمكن العالم كوجل Kogl منذ عام 1946 من عزل الأوكسين $(C_{18}H_{32}O_5)A$ والأوكسين B $(C_{18}H_{32}O_4)$ ، والأوكسين المخالف heteroauxin للأوكسينين A و B صيغته الكيميائية $C_{10}H_9O_2N$ ، وتعد الأوكسينات مركبات مسؤولة عن زيادة النمو والاستطالة الخلوية والعضوية وانقسام الخلايا وتمايزها وتكوين الجذور وأنسجة الكالوس callus .

تنتج الأوكسينات في القمم النامية للنبات في أعلى الساق والجذر، 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 فإن الأوكسينات تحرض معدل انقسام الخلايا النباتية، مع زيادة محتواها من DAN والبروتين، وزيادة تدفق السوائل إلى داخل الخلية مما يؤدي لانقسامها السريع وبالتالي نمو النبات عرضيا بزيادة عدد الخلايا في نسجه المختلفة.

الأوكسين يشجع عملية الانقسام غير المباشر في الخلايا، كما أنه يستحث استطالة الخلايا الواقعة تحت القمة النامية التي بدأت بالتميز، والأوكسين ينفر من الضوء فيتجه الأوكسين إلى الجانب المظلم (البعيد عن الضوء) وبذلك يصبح تركيز الأوكسين على الجانب البعيد من الضوء أكثر من تركيزه على الجانب القريب من الضوء، وبذلك تبدأ الانقسامات غير المباشرة والاستطالات في الخلايا على غير ذلك الجانب، أي أن

هناك نمو غير متوازن على جانبي البادرة. ونتيجة لاستطالة جانب دون الآخر، فإن البادرة تتجه نحو الضوء وهذا ما يسمى بالانحناء الضوئي .

مميزات الأوكسين: ينفر من الضوء. ينساب من أعلى إلى أسفل. يعمل على الإسراع من الانقسام غير المباشر للخلايا وبالتالي استطالة الخلايا. يسبب الأوكسين استطالة الخلية وآلية العمل يحفز الأوكسين تدفق أيونات الهيدروجين من السيتوبلازم عن طريق مضخة البروتونات التي تعمل على ضخ أيونات الهيدروجين إلى الجدار الخلوي في النبات فتعمل أيونات الهيدروجين الحامضة على وضع الجدار الخلوي المكون من السليلوز في النبات داخل وسط حامضي فتضعف الوصلات بين السليلوز فيصبح ضعيفا مما يحفز دخول الماء إلى داخل الخلية مسببا استطالتها.

تستعمل رشاً بتركيزات منخفضة جداً (أجزاء من المليون ppm) على النمو الخضري للنباتات المختلفة، كما تؤثر في لزوجة البروتوبلازم، وتشجع على جذب المواد الغذائية، ولاسيما السكريات والفسفور، كما تعد من بين العوامل التي تسبب السيطرة القمية للنباتات على نمو البراعم الجانبية. ويعزى التأثير المنشط للأوكسينات في الانقسام الخلوي إلى زيادة تكوين البروتينات m-RNA و r-RNA (الريبوسوم) بوجود الأنزيمات المتخصصة؛ ولاسيما أنزيم RNA polymerase، وتؤدي الأوكسينات دوراً مهماً في نسخ الصفات الوراثية الموجودة في RNA.

للأوكسينات تأثيرات فسيولوجية منشطة لنمو النبات تشمل:

- ✓ زيادة معدلات إنقسام الخلايا في القمم النامية و كذلك زيادة حجم الخلايا Cell enlargement.
- ✓ تكشف الخلايا والأعضاء
- ✓ أنقسام الخلية . إذ يحفز أنقسام الخلية في الكامبيوم
- ✓ تحسين معدلات التزهير و تكوين حبوب اللقاح و الإخصاب و العقد وتستخدم الأوكسينات رشاً على المجموع الخضري في حالة وجود ظاهرة العقد البكري الناتجة عن فشل عمليات الإخصاب و تكوين البذور.
- ✓ اتجاه النمو (انتحاء السيقان او الجذور)
- ✓ تكوين الثمار اللابذرية. parthenocarpic fruits
- ✓ السيادة القمية Apical dominance .
- ✓ إستطالة و أنقسام خلايا كالوس مزارع الأنسجة. Callus tissue cultures
- ✓ تحفيز نقل المواد الغذائية .
- ✓ تعمل على تحريك البراعم الخضرية و الزهرية و كسر سكون البراعم.

ميكانيكية عمل الأوكسينات.

لأجل معرفة عمل الأوكسين يجب معرفة نوع الخلايا المتأثرة به وهي بصورة عامة الخلايا البرنكيميية 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 الافتراض أن الهرمونات تؤدي وظائفها بتراكيز واطئة جدا . 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 نسبيا وينمو بمعدل أسرع أيضا . كما أن الأوكسين 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 أيونات الكالسيوم التي تربط مجاميع الكربوكسيل ويسبب حل هذه المواد تليين جدران الخلايا . كما أفترض أن الأوكسين يزيد من فعالية أنزيم Cellulose الذي بدوره يضعف أنظمة الأليافي جدار الخلية.

□ **النظرية الثانية :** تشير أن الأوكسينات تحفز تكوين أنواع من الحامض النووي RNA الضروري لبناء الأنزيمات أو تثبيط هدم (RNA لأن RNA عادة قصير العمر) وبالتالي يزداد إنتاج 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 أيونات الهيدروجين من الخلية وأن كمية الأيونات المتحررة ووقت تحررها تتناسب مع النمو المتحيز بالأوكسين وأن هذه البروتونات H تسبب خفض ال PH من 5 – 6 وأن هذه

البروتونات تتبدل مع أيونات 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 التغيير بالمرونة لا ينتج فقط بسبب انخفاض ال 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.

التداخل بين الهرمونات.

لكل هرمون استجابات فسلجية عديدة ولا تعمل كل الهرمونات على أفراد بل هناك تداخل بينها وأن استجابة 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 أسطالة السلاميات والأعماد . عند رش النبات الكامل بالجبريلين يسبب أسطالة الساق بينما عند رشه بالأوكسين لاتحدث الأسطالة . وعند وضع قطعتين مقطوعة من ساق النبات وتحوي على سلاميات نضع أحدهما في محلول أوكسيني والآخر في محلول GA3 نلاحظ أسطالة الجزء المقطوع في المحلول الأوكسيني فقط بينما لاتؤثر محاليل الجبريلين عليها.

وللجبريلين تأثير على الأنزيم المؤكسد لل (IAA Oxidase) (وعليه فإن ال GA3 يحمي IAA من الأكسدة . كما لوحظ انخفاض تركز peroxidase عند معاملة نبات الذره بالجبريلين . كما لوحظ تحفيز الجبريلين لعملية تحويل التربتوفان Tryptophan الى IAA لبعض النباتات.

□ الأوكسين والسايوكاينين : السايوكاينين المضاف يشجع تكوين الجذور العرضية والبراعم والكالوس .
ولوحظ أن بعض هذه التأثيرات لاتظهر بشكل فعال ما لم يضاف اليه الأوكسين . فمثلا نمو البراعم الجانبية
في سيقان البزاليا يتوقف على التوازن بين تركيز الكاينتين والأوكسين.

تطبيقات الاوكسين الزراعية

تستخدم الاوكسينات كهرمونات تجذير لأنها تحرض نمو الجذور في العقل، حيث أن الاوكسين يشجع نمو
الجذور العرضية على العقد الساقية القريبة من الأرض. والمعاملة بالأوكسين تطيل العمر الخضري للنبات
وتمنع تكوين الأزهار وتستغل هذه الخاصية في إنتاج المحاصيل والخضار الورقية. وتعامل بعض النباتات
بالأوكسينات لإنتاج ثمار خالية من البذور ومنع ظهور البراعم على درنات البطاطا المخزنة.

من الاستخدامات الزراعية للأوكسينات النباتية ما يلي:

1. تكوين الثمار.
2. إنتاج ثمار بدون بذور.
3. سيادة القمة النامية.
4. السكون.
5. سقوط الأوراق.
6. تكوين الجذور والإنبات.
7. الإزهار.

هناك مشتقات صناعية لها تأثيرات مشابهة للأوكسين منها **النفثالين أسيتيك أسيد NAA** يكون تأثيره
الفسولوجي على المجموع الخضري مشابه لتأثير الأوكسين الطبيعي و كذلك **إندول حامض البيوتيريك**
IBA الذي يعمل على زيادة تكون الجذور و تؤدي المعاملات به بزيادة نسبة نجاح شتل العقل في مشاتل
الفاكهة و نباتات الزينة.