منظمات النمو النباتية:

عرفت حديثاً مركبات كيميائية عدة طبيعية ومصنعة لها أدواراً مهمة في نمو النبات وتمايز خلاياه وأعضائه وتحدث تأثيرات واضحة في تكشفه وهي منظمات النمو النباتية، التي تعرف بأنها مركبات عضوية غير غذائية، تبنى في مناطق معينة وعند تحركها إلى الأجزاء الأخرى في النبات تحدث التأثير الفسيولوجي. إذ بينت الأبحاث أهميتها العلمية والتطبيقية وتأثيراتها الفسيولوجية. يحدث بعض منظمات النمو الاستجابة السريعة (Rapid responses) مثل استطالة الخلايا، وينشط بعضها الآخر الاستجابات السريعة والطويلة المدى (Long-term responses).

اقترح العالم الألماني جوليز فون ساكس (Julius Von Sachs) منذ أكثر من 100 عام، تأثر نمو النباتات بالمواد الكيميائية وأن العضو المكون للمواد موجود في النباتات، وافترض أن مادة واحدة تسبب نمو الساق والاوراق والجذور والازهار والثمار. وحديثاً تم التعرف على أنواع عدة من منظمات النمو النباتية فضلاً عن تأثيراتها الفسيولوجية. وأصبح معروفاً أن منظم النمو يؤثر في أغلب أعضاء النبات، ولكن تختلف استجابة النبات لها حسب الأنواع النباتية المدروسة، مراحل تكشفها، تركيز المنظم، تفاعل هذا المنظم مع منظمات النمو الأخرى، فضلاً عن العديد من العوامل البيئية.

تقسم منظمات النمو النباتية إلى مجموعتين مختلفتين تبعاً للنشاط الفسيولوجي والتأثير الحيوي داخل الخلايا الحية والتغير الظاهري خارجياً كالاتي:

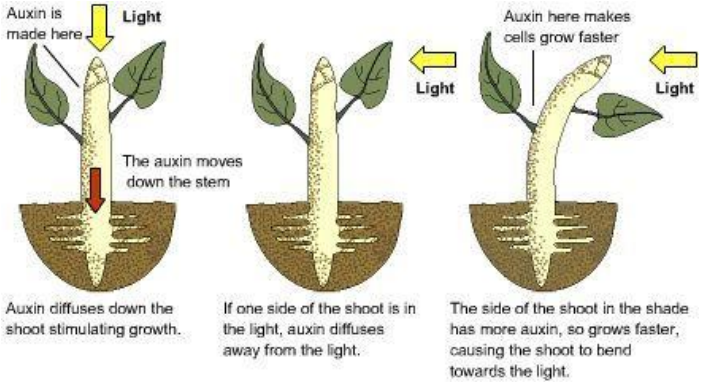
اولاً: مجموعة منشطات النمو النباتية: تشمل هذه المجموعة منظمات النمو الطبيعية التي تبنى في مناطق وأجزاء خاصة داخل جسم النبات، والصناعية التي يتم إنتاجها صناعياً، مثل مجاميع الأوكسين، الجبريلين والسايتوكاينين ومنظمات النمو الحديثة.

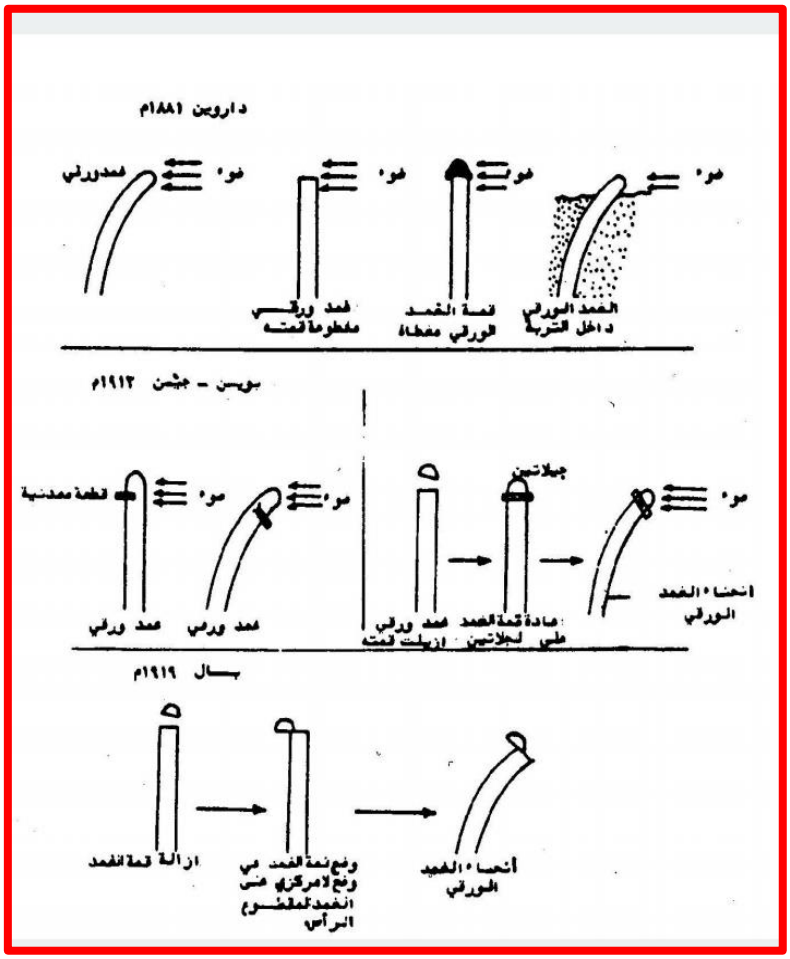
ثانياً: مجموعة مثبطات النمو النباتية: تتألف هذه المجموعة من منظمات النمو الطبيعية والصناعية، مثل حامض الأبسيسيك والإيثيلين ومثبطات النمو الحديثة.

الأوكسين:

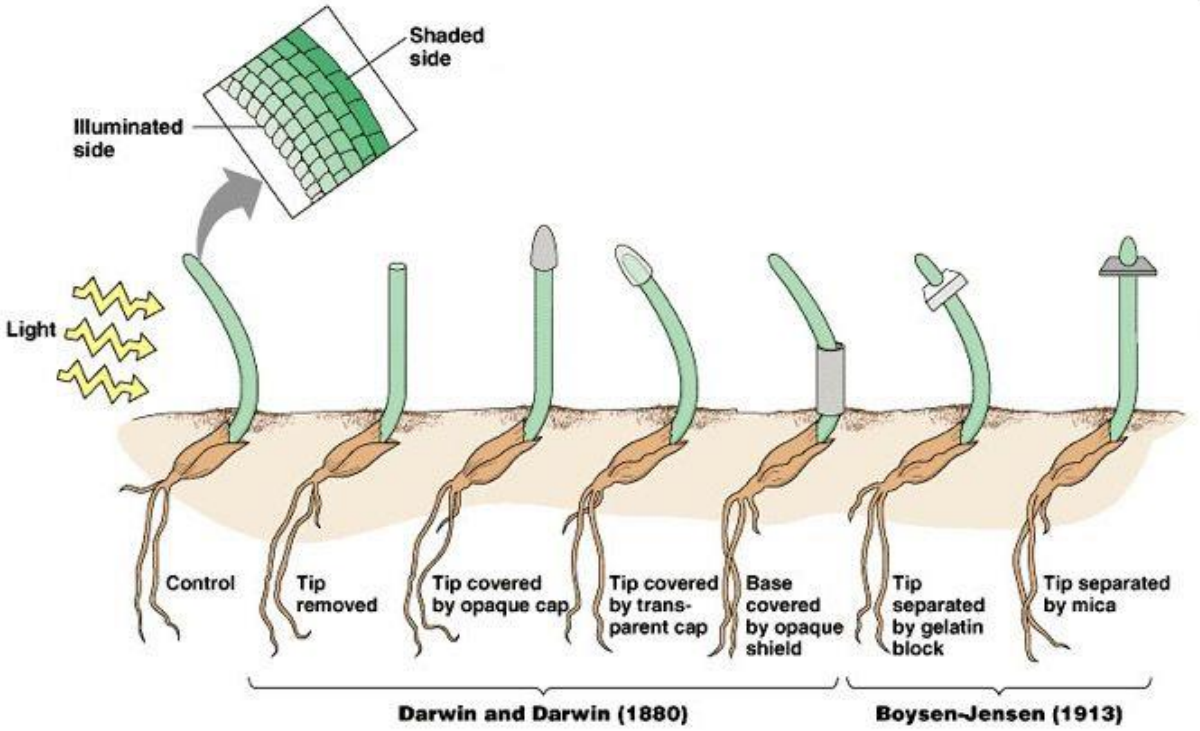
يعد العالم ساكس (Sachs) أول من افترض وجود مركبات عضوية منظمة لنمو النباتات منذ أكثر من 100 عام، واقترح أن هذه المواد تنتج في أوراق النباتات ثم تنقل إلى أسفل. وأشار العالم داروين (Darwin) عام 1880 م إلى أن تأثير الضوء والجاذبية الأرضية على انحناء الجذور والمجموع الخضري

راجع إلى تأثير منبه ما في القمة، وأن هذا التأثير من الممكن انتقاله إلى أجزاء النبات الأخرى. وتوصل داروين إلى أنه عند تعريض البادرات مثل بادرات نباتات الحشائش (خصوصاً غمد الرويشة Coleoptile) إلى مصدر ضوئي من جانب واحد فإنها تنحني باتجاه مصدر الضوء (توضيح)، وهو ما يعرف الآن بالانتحاء الضوئي (Phototropism). ولاحظ داروين أن تغطية أو إزالة قمة الغمد الورقي للبادرات تؤدي إلى عدم انحناء الغمد الورقي. دلت هذه النتائج على أن قمة الغمد الورقي تشترك في الاستجابة للانتحاء الضوئي (شكل 1).





ا.د. ثامر عبد الله زهوان
ا.م.د. طه شهاب احمد



شكل 1. يبين الانتحاء الضوئي التي يسببها الاوكسين

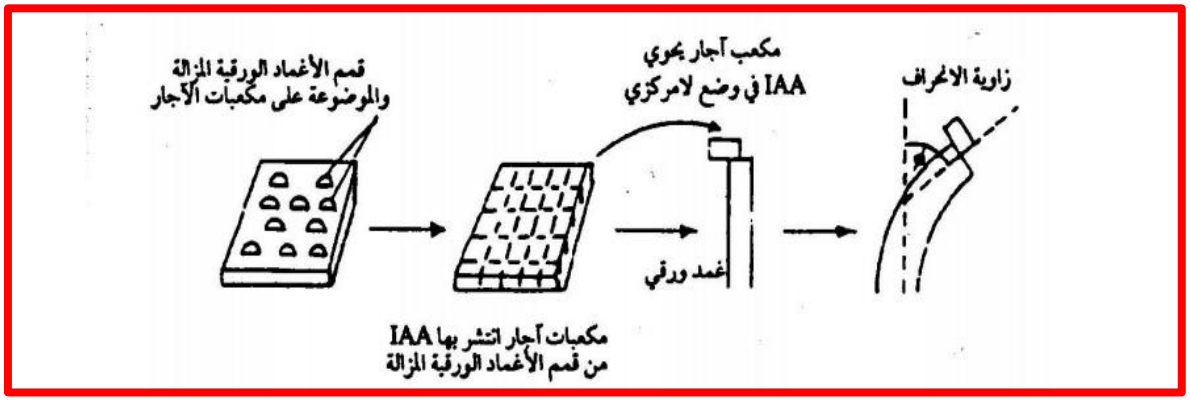
أوضح العالم بوسين–جنسين (Boysen-Jensen) عام 1913 م وجود علاقة للمنبه بعملية الانتحاء الضوئي. اتضح ذلك عندما أزال القمة الطرفية لغمد الرويشة لبادرة نبات الشوفان ووضع مكانها مكعباً من الجيلاتين يحتوي على الأوكسين وسلط عليها الضوء من جانب واحد، أدى ذلك إلى انحناء الغمد في اتجاه مصدر الضوء، حدث الانحناء تماماً كما لو كانت قمة الغمد الورقي في مكانها. دل ذلك على أن الأوكسين انتشر عبر مكعب الجيلاتين إلى أسفل الغمد وأدى إلى انحناء الغمد في اتجاه مصدر الضوء (شكل 1). ومن خلال تجارب أخرى أجراها بوسين–جنسين، وجد أن عملية الانتحاء الضوئي يمكن إيقافها بوضع شريحة من الميكا (Mica) إذا وضعت عرضياً أسفل قمة الغمد الورقي لبادرات النجيليات بنحو بضع ملميترات في الجانب المظلم للبادرات المسلط عليها الضوء من جانب واحد (شكل 1). وفي حالة وضع شريحة الميكا جزئياً في الجانب المضاء لغمد البادرات فإن ذلك لا يمنع حدوث الانتحاء الضوئي للغمد. ومن هذا نستنتج أن الأغماد الورقية لبادرات النجيليات تحتوي على منظم للنمو (الأوكسين) بكمية ملموسة، يتحرك هذا الأوكسين عندما يسلط الضوء على الغمد الورقي من الجانب المضاء (الضلع المقابل للضوء) إلى الجانب المظلم (الضلع البعيد عن الضوء)، وهذا بدوره يؤدي إلى زيادة تركيز الأوكسين في

الجانب البعيد عن الضوء، مما يؤدي إلى زيادة استطالة عن الجانب المقابل للضوء. ينتج عن ذلك، عدم تساوي نمو جانبي الغمد الورقي، مما يؤدي إلى انحناء الغمد في اتجاه مصدر الضوء.

أوضح العالم بال (Paal) عام 1919 م أن إزالة قمم الأغماد الورقية لبادرات النباتات النجيلية وإعادة وضعها على القمم المقطوعة في وضع لا مركزي، يؤدي إلى انحناء الغمد في الاتجاه الخالي من القمة وأن ذلك يحدث في الظلام (شكل 1)، واستنتج أن المادة الموجودة في قمة الغمد الورقي لها المقدر على الانتقال والحركة، وأنها هي المسؤولة عن حدوث الانحناء، تم التعرف على أول مركب من مركبات الاوكسينات في الثلاثينات من القرن العشرين، إذ تم خلال هذه المدة تنقية أندول حامض الخليك I-3-AA Indole-3-Acetic Acid من بول الإنسان (Urine). نظراً لما يحدثه IAA من استجابات فسيولوجية عندما يضاف خارجياً إلى النباتات، فإن كثير من العلماء يعده منظم نمو نباتي. إن الاوكسينات واسعة الانتشار في النباتات ولها تأثيرات فسيولوجية كثيرة منها استطالة الساق والجذر والانتحاءات والسيادة القميه وتكشف الاوعية الناقلة. تبنى مركبات الاوكسينات في قمم السيقان والجذور وتنقل قطبياً عبر محور النبات.

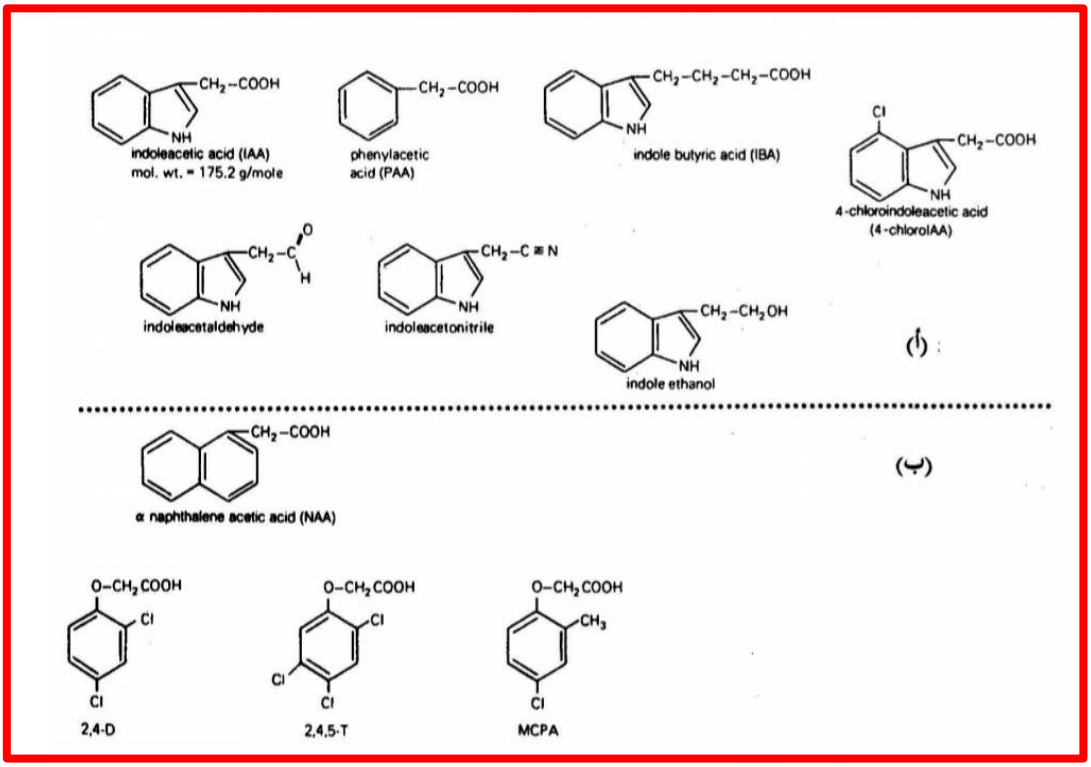
الاوكسينات الطبيعية والمصنعة:

يعد العالم الهولندي ونت (Went) 1926 م أول من استخدم المصطلح Auxin على المركبات التي تستحث انحناء الأغماد الورقية لبادرات نبات الشوفان باتجاه مصدر الضوء. ووجد ونت مركب يوجد في قمم الأغماد الورقية لبادرات نبات الشوفان بكميات أعلى من بقية أجزاء الغمد أو الأنسجة الأخرى (شكل 2)، ويلاحظ من الشكل سهولة انتشار المركب من قمة الغمد الورقي إلى مكعبات الأكار المجهزة لهذا الغرض. واتضح من تجارب ونت، أن استخدام مكعبات الأكار (بعد انتشار الأوكسين إليها) بواسطة وضعها لا مركزياً على البادرات المزال قممها، يؤدي إلى حدوث الاستجابة للانحناء في الاتجاه الخالي من مكعبات الأكار، ويعود ذلك إلى استحثاث الأوكسين لاستطالة الجزء من الغمد الموضوع عليه مكعب الأكار المحتوي على الأوكسين أكثر من الجزء الآخر.



شكل 2. يبين تجربة العالم وينت

يعرف الاوكسين الذي اكتشفه ونت باسم أندول حامض الخل (Indole-3-acetic acid) واختصاراً I-3-AA، وهو من منظمات النمو النباتية المنظمة للنمو (شكل 3). منذ اكتشاف ونت لـ IAA أصبح مصطلح أوكسين أكثر شمولاً للمركبات التي تعطي الاستجابة نفسها التي يعطيها الأوكسين، فضلاً عن أن أي مركب من مركبات الأوكسين يشبه مركب I-3-AA لا بد وأن يحتوي مجموعة كربوكسيلية متصلة بذرة كربون تحتوي مجموعة ($-CH_2-$) التي بدورها تتصل بحلقة أروماتية (عطرية) (شكل 3).



شكل 3. يبين أنواع مركبات الأوكسين (أ. الطبيعية. ب. المصنعة)

أنواع الأوكسينات:

يوجد في النباتات مركبات أوكسينية عدة، أحد هذه المركبات هو 4- كلورو أندول حامض الخل 4-Chloro indole acetic acid (4-Chloro IAA) ويوجد في كثير من بذور النباتات البقولية، والمركب الآخر هو فينيل حامض الخل Phenyl acetic acid (PAA) ويوجد في كثير من النباتات بكميات أكثر من أندول حامض الخل مع أنه أقل فعالية في إحداث الاستجابات من I-3-AA ، ومركب أندول حامض البيوتيرك Indole-butyric acid (IBA) الذي اكتشف في أوراق نبات الذرة وكثير من نباتات ذوات الفلقتين، وكان يعتقد بأنه أوكسين صناعي، من الناحية الكيميائية، يبدو أن المركبات التي تعطي نشاطاً أوكسينياً مميزاً يشبه نشاط I-3-AA يعزى إلى نشاط السلسلة الجانبية الحمضية المتصلة بالحلقة العطرية. حديثاً أضيفت ثلاث مركبات إلى المركبات السابقة، وعدت من الاوكسينات الطبيعية نظراً لوجودها في العديد من النباتات، ولها نشاط مثل نشاط الأوكسين، ويمكن تأكسدها في الخلية بسهولة إلى أندول حامض الخل، ولا تعد هذه المركبات أوكسينات ولكنها من مولدات الأوكسين. والمركبات الثلاثة هي أندول أسيتالدهيد (Indole-acetaldehyde)، وأندول أسيتونيترايل (Indole acetonitrile) وأندول إيثانول (Indole ethanol)، وكل مركب من هذه المركبات ذو شكل تركيبي مشابه لأندول حامض الخل، لكنه يفتقر إلى المجموعة الكربوكسيلية ومنها يتم بناء مركبات كيميائية معينه لها كثير من الاستجابات الفسيولوجية التي تشابه استجابة I-3-AA، وتعد بصفة عامة من الاوكسينات وهي كثيرة ومتعددة ومن أهمها: نفثالين حامض الخل Naphthalene acetic acid (NAA)، و 2 ، 4 ثنائي كلوروفينوكسي حامض الخل 2,4-Dichlorophenoxy acetic acid أو اختصاراً 2,4-D والمركب الاخر هو 2- ميثايل -4- كلوروفينوكسي حامض الخل 2-methyl-4-Chlorophenoxy acetic acid واختصاراً (2-M-4-CAA). لا تصنف هذه المركبات كهرمونات وإنما تصنف كمنظمات نمو نباتية وذلك بسبب عدم بناء هذه المركبات بواسطة النباتات، وهنالك أيضاً الكثير من هذه المركبات التي يمكن إدراجها تحت هذا التصنيف.

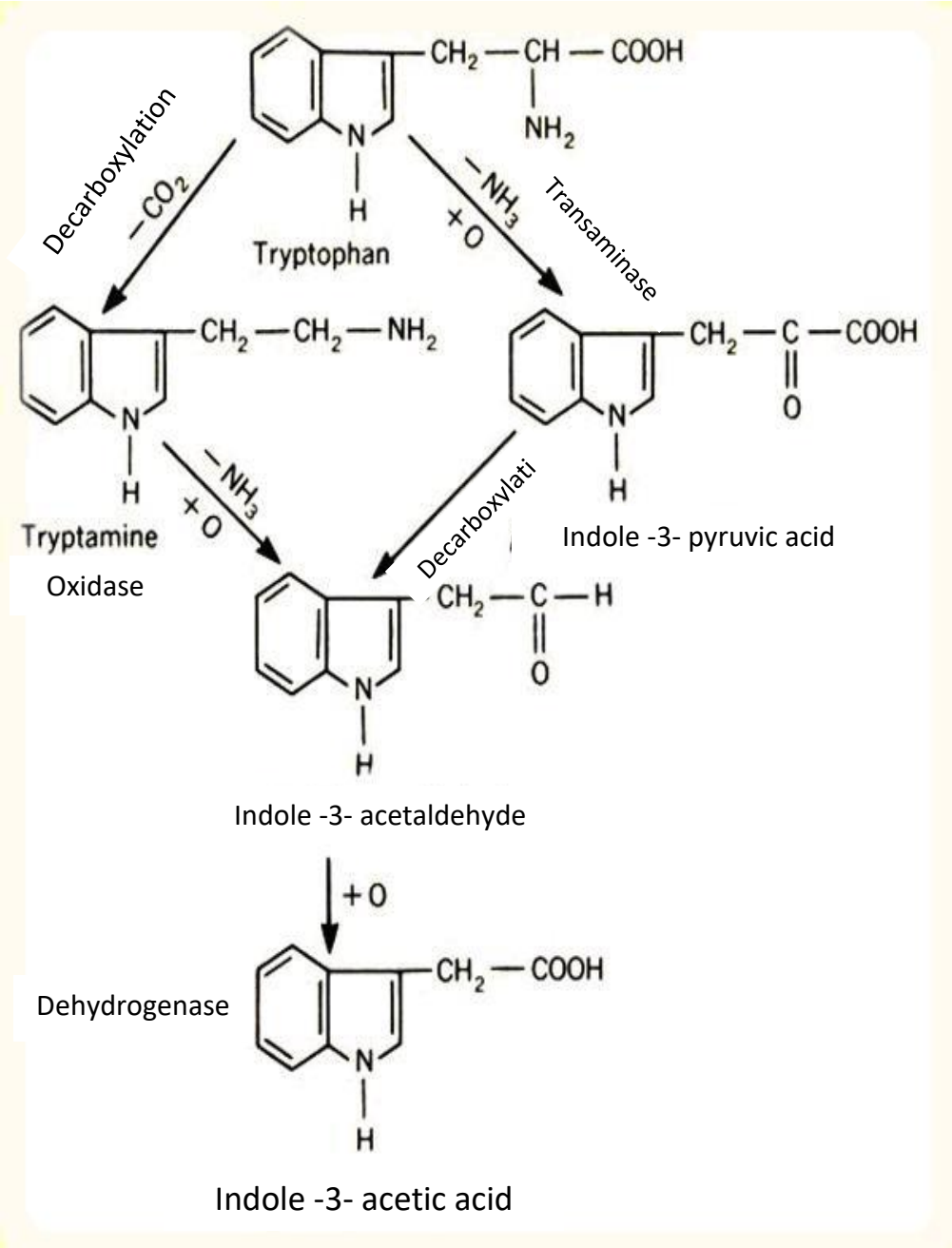
استخلاص الأوكسينات وتقديرها

تبنى الاوكسينات في كثير من الأنواع النباتية البذرية واللابذرية، فضلاً عن الكثير من الأحياء المجهرية كالبكتيريا والفطريات والأشنات. تعد المناطق الإنشائية مثل قمم السوق، والجذور، والأوراق الصغيرة

أماكن لبناء الاوكسينات. ومن المعروف أن مستويات منظمات النمو النباتية صعبة التقدير والقياس بسبب قلة تركيزها (بحدود 10 مايكرو غرام كغم$^{-1}$ من وزن النبات الطري) ولاتزال طرق تقديرها في تطور مستمر، ولقياسها وتقديرها لا بد من استخدام طريقة ليست حساسة فحسب ولكن يجب أن تكون متخصصة لتلافي حدوث تعارض مع بعض المكونات الخلوية الأخرى. يمكن استخلاص منظمات النمو النباتية وتنقيتها باستخدام المذيبات العضوية (مناقشة)، فضلاً عن أن الكثير من العلماء يستخدمون طريقة الانتشار في مكعبات الأكار، خاصة فيما يتعلق بتجارب التقدير الحيوي (Bioassay test) (مناقشة) للمركبات الأوكسينية.

بناء أندول حامض الخل:

وضحت كثير من الأبحاث أن عفن الفطر الريزوبس (*Rizopus suinus*) يمكن أن يحول الحامض الأميني التربتوفان إلى أندول حامض الخل. يوضح الشكل 4. سلسلة البناء الحيوي والتي يتحول فيها التربتوفان إلى أندول حامض الخل، وقد اقترح أن I-3-AA يمكن أن يتكون من التربتوفان عبر مسارين مختلفين. في المسار الأول يحدث نزع مجموعة الأمين (De-amination) من التربتوفان ويتكون أندول حامض البيروفيك، ثم يتبع نزع مجموعة الكربوكسيل (De-carboxylation) من اندول حامض البيروفيك ويتكون أندول أسيتالدهايد، أخيراً يتأكسد أندول أسيتالدهايد إلى أندول حامض الخل I-3-AA ويستهل المسار الثاني بنزع مجموعة الكربوكسيل من التربتوفان ويتكون التربتامين، ثم يتبع ذلك نزع مجموعة الأمين من التربتامين ويتكون أندول اسيتالدهايد الذي يتأكسد إلى أندول حامض الخل. يلاحظ في كلا المسارين أن اندول اسيتالدهايد ناتج وسطي.



شكل 4. البناء الحيوي للاوكسين

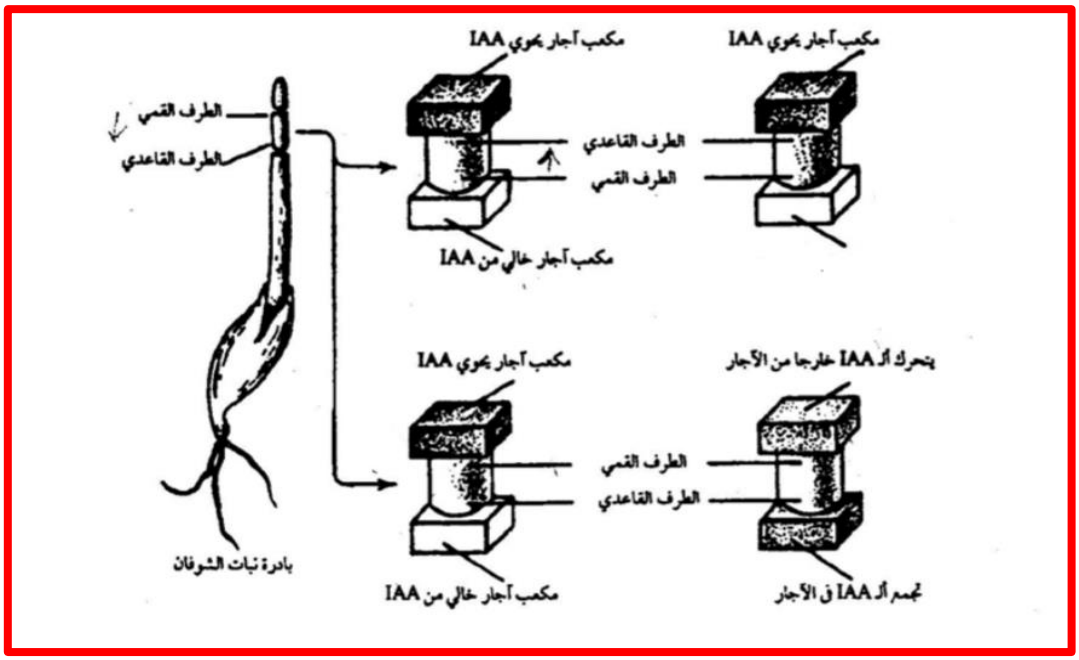
الأكسينات الحرة والمرتبطة:

يوجد في النباتات نوعان من الأوكسينات، الحرة والمرتبطة، الحرة هي الأوكسينات القابلة للانتشار في مكعبات الأكار بسهولة، والتي يمكن استخلاصها بواسطة المذيبات العضوية المختلفة وتعطي استجابة فسيولوجية أسرع، مقارنة بالأوكسينات المرتبطة. يعد مركب I-3-AA من أكثر المركبات الاوكسينية الحرة انتشاراً في النبات، فضلاً عن بعض المركبات الأخرى مثل أندول أستيالدهيد وأندول حامض البيروفيك

أندول أسيتونيتريل وأندول إيثانول. أما الاوكسينات المرتبطة فهي أوكسينات حرة متحدة ببعض المواد العضوية، والتي تتحرر من الأنسجة النباتية بعد تعرضها للتحلل المائي (Hydrolysis) أو التحلل الإنزيمي (Enzymolysis) وهي أقل نشاطاً من الاوكسينات الحرة، ومن الأمثلة عليها استرات جلوكوسيل الأوكسين (Auxin glucosyl ester) السائد في البذور، والأسكربوجين (Ascorbigen) والجلوكوبراسيسين (Glucobrassicin) المنتشرة في الفصيلة الصليبية.

نقل الأوكسين:

يتم نقل الاوكسينات نقلاً قطبياً بصورة رئيسية، ومن المرجح أن هذا الانتقال قمي قاعدي (Basipetal movement)، بمعنى أن انتقال الأوكسين يتم من القمة الخضرية إلى أسفل النبات. تعد حركة نقل الأوكسين مغايرة لحركة انتقال السكريات والمواد العضوية الأخرى والأيونات، إذ إن I-3-AA لا ينتقل عادة عبر الأنابيب الغربالية في نسيج اللحاء، أو عبر نسيج الخشب، ولكن يتم نقلة عبر الخلايا البارنكيمية الملاصقة للحزم الوعائية (نسيج اللحاء والخشب)، يتميز النقل القطبي للأوكسينات بعدة خصائص منها: أن الأوكسين يمكن أن يتحرك ضد منحدر التركيز، أن له خاصية النقل القطبي، ويحدث هذا دائماً في السيقان في الاتجاه القاعدي، أي يتحرك إلى أسفل النبات. ومن التجارب التي توضح حدوث النقل القطبي هي تجربة العالم ونت (Went) عام 1928 م، التي تدل على أن حركة الأوكسين الداخلي في المقاطع المفصولة من الأغماد الورقية لبادرات نبات الشوفان مستقطبة سفلياً بصورة سائدة من القمة إلى القاعدة، وأن هذه الحركة تتوقف إذا قطعت قطعاً صغيرة تحت القمة النامية، ثم قلب وضعها بين القمة والجزء القاعدي (شكل 5)، ويمكن لحركة الأوكسين أن تستمر إذا أعيد الجزء المقطوع إلى وضعة الطبيعي. ومن المميزات الأخرى أن الانتقال القطبي يتطلب طاقة أيضية، ويتضح ذلك من استعمال المثبطات الأيضية ونقص كمية الأكسجين. وهذا النوع من الانتقال بطيء بمعدل 1 سم لكل ساعة في كل من الجذر والساق، وهو حساس للحرارة.



شكل 5. يبين حركة الاوكسين

التأثيرات الفسيولوجية للأوكسينات:

1- نمو الخلية وتميزها:

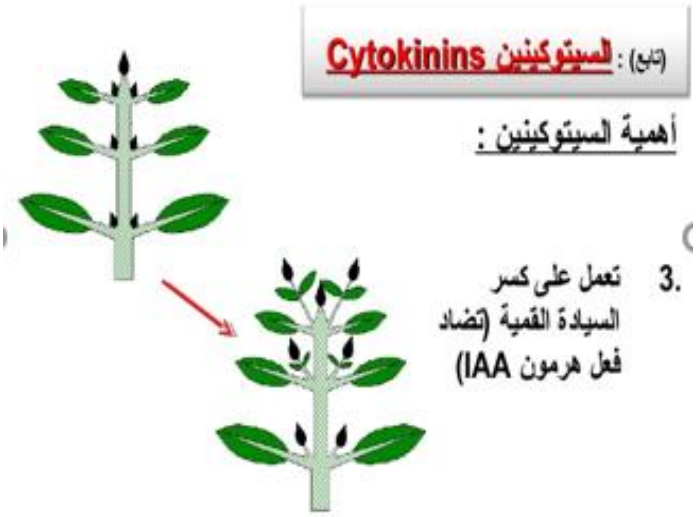
يوجد اتفاق عام على أن الأوكسين يحدث تنظيم لنمو الخلية، وكما هو معروف، فإن تنظيم الأوكسين لاستطالة الخلايا يعد أساساً لاكتشافه، وأن هذه الفعالية وضحت باستخدام قطاعات من أجزاء النبات، مثل قطاعات أسفل قمة الغمد الورقي لبادرات نباتات الحشائش وقطاعات في سيقان بادرات نبات البسلة (البزاليا) النامية في الظلام. يلاحظ أن استحثاث الزيادة في الاستجابة للأوكسين تحدث بزيادة تراكيز الأوكسين إلى الوصول للتركيز الأمثل. وإذا زاد تركيز الأوكسين عن التركيز الأمثل، فإن ذلك سوف يؤدي إلى قلة الاستجابة للأوكسين، وإذا كان تركيز الأوكسين مرتفعاً، ربما يثبط النمو مقارنة بالنباتات التي لم تعامل بالأوكسين توجد عدة عوامل تحدد كميات الأوكسين الداخلي في أجزاء معينة من النبات. تعد قمم السيقان بما فيها الأوراق الصغيرة مراكز لبناء الاوكسينات بكميات كبيرة، فضلاً عن مصادر أخرى مثل الأوراق والثمار والبذور. عندما يتوافر الأوكسين بكميات كبيرة في هذه المناطق، فإنه ينتقل خلال جميع الأنسجة الحية في النبات ويلاحظ أن بعض السيقان والأغماد الورقية السليمة لا يحدث بها استجابة واضحة للمعاملة الخارجية بالأوكسين. من المحتمل أن محتوى هذه الأنسجة النباتية من الأوكسين الداخلي (Endogenous Auxin) ربما يكون في حالة مثلى، لذلك لم تسبب الإضافة الخارجية استحثاث واضح، وجد أن تأثيرات

الأوكسين المضاف خارجياً تتضح فقط في أنسجة الأجزاء المفصولة من الساق أو الأغماد الورقية، أي الأجزاء التي فصلت عن الإمدادات الأوكسينية من المصدر الطبيعي لها.

2- السيادة القمية:

عندما يستمر نمو المجموع الخضري ويعطي المنشئ القمي بدايات ورقية جديدة، تصبح مجاميع صغيرة من الخلايا (على المحور) معزولة عن المنشئ، وهذه بدورها تعطي البراعم الابطية. تعرف السيادة القمية (Apical dominance) بأنها تثبيط نمو البراعم الجانبية بواسطة قمة الساق النامية، ولها أهمية كبيرة في تحديد هيئة النمو. وكما هو معروف فإن إزالة البرعم القمي تؤدي إلى استحثاث نمو البرعم الإبطي مما يدل على أن البرعم القمي يسيطر ويهيمن على عدم حدوث انقسام للخلايا واستطالتها في البرعم الإبطي. بينت تجارب عدة أن إزالة البرعم القمي ووضع بدلاً منه مكعب من الأكار يحتوي أوكسين على الجزء المقطوع يؤدي ذلك إلى عدم تكشف البرعم الإبطي. إن هذا يؤيد الاستنتاج الذي ينص على أن نمو البراعم القمية في بعض النباتات يسيطر ويهيمن على نمو براعم الإبطي.

تشير النظرية الأكثر قبولاً في تفسير السيادة القمية، إلى أن تركيز الأوكسين الأمثل لنمو البرعم الإبطي أقل بكثير من التركيز الأمثل لإحداث استطالة الساق، وأن تدفق الأوكسين من قمة المجموع الخضري إلى القاعدة ربما ينتج عنة زيادة تركيز الأوكسين في البرعم الإبطي عن التركيز الأمثل مما يؤدي إلى تثبيطه وأن وقف إمدادات الأوكسين بإزالة البرعم القمي ينتج عنها نقص في الإمدادات الأوكسينية إلى البرعم الإبطي، مما ينتج عنه تحرر البرعم الإبطي من السيادة القمية. حديثاً اتضح أن الاوكسينات ليس لها دور مهم في ضبط السيادة القمية في النباتات لوحدها، وإنما لمركبات السيتوكاينينات دوراً مهماً في التحكم في نمو البراعم الابطية إذ وجد أن إضافة السيتوكاينينات إلى البرعم القمي أو إلى البرعم الإبطي مباشرة يحرر البرعم من التثبيط (شكل 6).



شكل 6. دور السايتوكاينين في التخلص من السيادة القمية

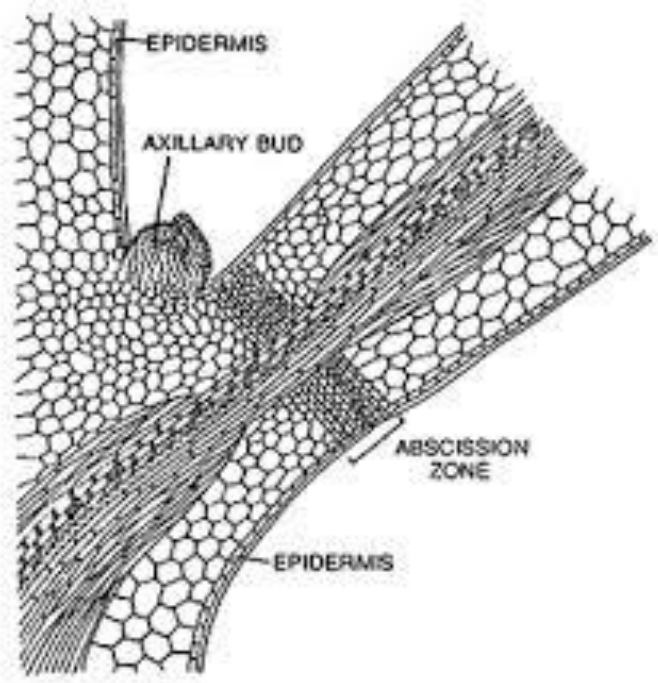
دور منظمات النمو في ضبط السيادة القمية:

إن إضافة حامض الأبسيسيك إلى القمة الخضرية يحرر البرعم الإبطي من السيادة القمية. وربما أن الإثلين المستحث بواسطة الأوكسين هو الآخر يؤدي دوراً مهماً في تثبيط نمو البراعم الابطية. تم التوصل حديثاً إلى أن مركبات حامض الأبسيسيك والأثيلين وحمض الجبريلين تعمل كمثبطات ومستحثات متنقلة لها علاقة في ضبط السيادة القمية.

3- الانفصال:

تعرف عملية سقوط الأعضاء النباتية من النبات الأم مثل الأوراق والثمار بالانفصال (Abscission). وهذه العملية ناتجة من تكشف طبقة معينة من الخلايا تدعى بطبقة الانفصال (Abscission layer) تقع بالقرب من قاعدة العنق (نقطة اتصال العنق بالساق). وباستمرار تقدم العضو النباتي في العمر تضعف خلايا الجدار الخلوي لطبقة الانفصال ومن ثم تنفصل وتسقط. يبدو أن حدوث الانفصال يعتمد على تركيز الأوكسين في طبقة الانفصال. وهذا قد يتضح من أن تركيز الأوكسين في الأجزاء الصغيرة النباتية التي تتميز بسرعة النمو عالية نسبياً، وينحدر تركيز الأوكسين كلما تقدم العضو النباتي في العمر وبدأ في الاصفرار (Senescence). يمكن إيضاح تأثير الأوكسين على عملية الانفصال بواسطة قطع نصل الورقة مع ترك عنق الورقة متصلاً بالساق. فإضافة الأوكسين إلى سطح عنق الورقة على بعد مسافة قصيرة من منطقة الانفصال يؤخر انفصال العنق مقارنة بأعناق الأوراق المفصولة غير

المعاملة، هذا يدل على أن الأوكسين يؤخر الانفصال إذا أضيف إلى عنق الورقة في المراحل الابتدائية من تكشف الورقة. وربما يدل هذا على أن الأوراق المتقدمة في العمر والتي مرت بمراحل متقدمة من التكشف يحدث بها الاصفرار وتتكون منطقة الانفصال وذلك بسبب قلة محتوى الاوراق من الأوكسين والشكل 7. يبين منطقة الانفصال.



شكل 7. منطقة الانفصال

4- استطالة الجذر وتكشفه:

تعد استطالة الجذر حساسة جداً لأندول حامض الخل. إذ وجد أنه يستحث نمو قطاعات الجذور المقصوصة والجذور السليمة وذلك بالمعاملة بتراكيز منخفضة من الأوكسين في حدود 10^{-8} جزيئي أو أقل. وإذا استخدمت تراكيز عالية من الأوكسين مثل تلك التراكيز التي تستخدم لاستحثاث استطالة الساق (نحو 10^{-6} إلى 10^{-5} جزيئي)، فإنها تؤدي إلى تثبيط نمو تلك الجذور. واتضح أن تثبيط نمو الجذر يعزى جزئياً إلى إنتاج غاز الاثيلين، الذي يستحث بالمعاملة بتراكيز عالية من الأوكسين. من الملاحظ أن إزالة قمم الجذور (Root tips) غالباً ما تساهم في استحثاث نمو الجذور مما يشير إلى أن قمم الجذور تنتج كميات كبيرة من الأوكسين الداخلي كافية لتثبيط نمو الجذور. علاوة على أن استطالة الجذور تثبط باستخدام

تراكيز عالية من الأوكسين، إلا أن هذه التراكيز العالية تستحث استهلال الجذور العرضية (الثانوية). ومما يدل على ذلك، أن إزالة الأوراق أو البراعم الصغيرة، التي تعد مصدراً غنياً للأوكسين الداخلي، تؤدي إلى اختزال عدد الجذور الثانوية وقلة تكشفها، مما يشير إلى أن استهلال تكوين الجذور الثانوية يتطلب إمدادات أوكسينية من قمم المجاميع الخضرية، أي أن نشوء الجذور الثانوية يضبط بواسطة النقل القطبي للأوكسينات المتكونة في قمم السوق الإنشائية.

5- تكوين الأزهار والثمار:

يبدو واضحاً أن تكوين الأزهار والثمار يعد من أهم أحداث النمو في النبات. ومن الملاحظ أن الأوكسين ربما ليس له دور رئيسي مهم في استهلال الإزهار، والسبب ربما يعود إلى أن المعاملة بالأوكسين خارجياً (Exogenous) لمعظم أجزاء النبات ينتج عنها تثبيط تكوين الأزهار يعد هذا التثبيط تأثيراً ثانوياً، لأن زيادة الامداد بالأوكسين تعمل على إنتاج غاز الإيثيلين. وفي حالة نشوء الأزهار فيبدو أن الاوكسينات تؤدي أدواراً مهمة في التحكم في عملية تكشفها فعلى سبيل المثال ربما تنتج أزهاراً كاملة التكوين (Perfect)، بمعنى أن الأزهار تحتوي على الأعضاء التكاثرية، الذكرية والأنثوية على الزهرة نفسها، أو ربما تنتج أزهار ناقصة التكوين (Imperfect)، بمعنى أن الأزهار ذات أسدية أو مدقات وليس الأسدية والمدقات معاً على الزهرة نفسها. وربما باستعمال الاوكسينات يحدد جنس الزهرة ناقصة التكوين، ولكن ربما تشارك في تحديده عوامل أخرى مثل العوامل البيئية والتغذية والمعاملات الخارجية بالمنظمات.

تعد عمليتي التلقيح والإخصاب أحد أهم المتطلبات لإنتاج الثمار ووجد أن حبوب اللقاح غنية بالاوكسينات ومما يدل على ذلك أن استعمال مستخلص حبوب اللقاح يستحث إنتاج الثمار في بعض النباتات. وهذا قاد إلى ما يعرف بإنتاج الثمار اللابذرية (Parthenocarpy) في بعض النباتات. تجدر الإشارة إلى أن إنتاج الثمار اللابذرية باستعمال الأوكسينات قد تطور في الوقت الحاضر بحيث أصبح من الممكن إنتاج ثمار بدون بذور في العديد من النباتات مثل الفصيلة الباذنجانية (Solanaceae) والقرعية (Cucurbitaceae) ونبات العنب وغيرها.

6- الأوكسينات كمبيدات عشبية:

أوضح العمل الذي أجرى في معهد بويس تومبسون في نيويورك في العقد الرابع من القرن العشرين، أن مركب (2,4-Dichlorophenoxy Acetic Acid) له نشاط أوكسيني. وأشارت أعمال أخرى في الولايات المتحدة وبريطانيا إلى أن مركبات 2,4-D ونفثالين حامض الخل NAA (Naphthalene

Acetic Acid) ومركبات أخرى ذات علاقة تعد مبيدات عشبية فعالة وقاتلة لبعض النباتات. من هذه المبيدات العشبية يشتق معظم هذه المركبات من مركبات سامة ذات أسعار منخفضة، وتتميز بالتأثير على النباتات ذوات الفلقتين أكثر بكثير من التأثير على النباتات ذوات الفلقة الواحدة. من أجل هذه الخاصية الاختيارية تستعمل هذه المركبات غالباً لقتل النباتات عريضة الأوراق الضارة بمحاصيل نباتات الحبوب.