

**أولاً: منشطات النمو Growth Regulators****1. الأوكسينات****دور هرمونات النمو في المراحل النباتية المختلفة**

المراحل	الأوكسين	الجبرلين	السيتوكاينين	الابسيسك اسد	الاثيلين
					مثبطات النمو
					منشطات النمو
الاتقسام الخلوي	+				
زيادة حجم الخلية	+				
التمييز	+				
الازهار	+				
الاثمار	+				
تكوين البذور	+				
كمون البذور	±				
الشيخوخة	±				
التساقط	±				

## المراحل :

### 1. الانقسام الخلوي :

للاوكسين دورا بازرا في مضاعفة الحمض النووي DNA عن طريق زيادة كمية rRNA الريبوسومي في النواة لانه مسؤول عن ايجاد القواعد النيتروجينية الخاصة بمضاعفة الحمض النووي DNA. كما ان للاوكسين دورا في نسخ الحمض النووي DNA على mRNA عن طريق التحكم بالجين المنظم في الاوبرون لنسخ الجينات التركيبية.

### 2- زيادة حجم الخلية:

تحدث استطالة الخلايا نتيجة نقص الضغط الجداري، وارتخاء الجدار الخلوي، وتغير تكوين الجدار او تقطع وانفصال مكونات الجدار الخلوي مع إعادة تكوين روابط جديدة ، لذلك اقترح ان الأوكسين يقوم بدور في فك الروابط الهيدروجينية غير التساهمية بين السكريات العديدة وألياف السليولوز الدقيقة مما يسمح بتسلل السكريات العديدة الزيلوجلوكونات الى السليولوز مما ينتج عنة انبساط غير عكسي في

جدار الخلية خاصة عند انخفاض pH

وذلك من خلال فعل أنزيمي ليس معروف على وجه الدقة وهذا بالطبع يشجع زيادة مرونة او ارتخاء جدر الخلية.

هذا الارتخاء يؤدي الى نقص في ضغط الامتلاء و عليه فالجهد المائي للعصير الخلوي يصبح اكثر سالبية عنه في الخلايا المجاورة فينتشر الماء ناحية منحدر التدرج فتزداد الخلية في الحجم ثم يأتي دور إضافة مواد جديدة للجدار و إعادة تثبيت الروابط غير التساهمية بين السليولوز والسكريات العديدة (الزيلوجلوكونات)

فيتكون بذلك خلايا ذات جدر اكبر. ويبدو ان نقص درجة pH تنشط ارتباط أيون الهيدروجين مما يزيد من نشاط أنزيمات الارتخاء او الأنزيمات التي تعمل على فك الارتباط بين السليلوز والزيلوجلوكونات.

### أي ان :

الاوكسين يعمل على تفكيك روابط السليلوز المكونه للجدار الخلوي ليجعلها اكثر قابليه لامتلاء بالماء واكثر مرونة وذلك عن طريق تغيير حموضة الوسط في الجدار الخلوي وذلك بزيادة ضخ ايونات البروتون الموجبة  $H^+$  ما يغير من حموضة الوسط وتزيد مرونة الجدر الخلوي لتمكن الخلية من الامتصاص والاستطالة.

### 3- تميز الخلايا :

يشترك مع الهرمونات المنشطة للنمو مثل الجبرلين والسيتوكاينين في تميز الخلايا وتخصصها بحيث ينشط جينات التميز على مستوى النواه بالخلية وينشط الجينات التي تشفر للانزيمات الخاصة بالتميز لتؤدي وظيفتها حسب موقعها من الجسم النباتي .

### 4- الازهار :

ينشط الازهار في النباتات ماعدا تلك المتعلقة بالارتجاع والتأقت الضوئي بحيث يحول البرعم الخضري الى زهري في النباتات ويحول البرعم القمي الى زهري لتكوين الثمار لاحقا وانتاج البذور في النباتات الحولية مع الهرمونات المنشطة الاخرى وذلك استنادا للظروف البيئية والتركييب الوراثي ولان عمر هذه النباتات قصير فتؤدي دورها في انتاج البذور قبل انتهاء الموسم الماطر .

وهذا اهم التكيفات البيئية التي تلعب فيه الهرمونات دورا بارزا . كما ان للاوكسينات دورا هاما في تأنيث الازهار عن طريق اختزال متوك النباتات ذات الازهار الخنثى واضعافها ، او يعمل على تنشيط تكوين المبيض المختزل في الازهار المذكوره ليجعلها خنثى .

**5- تكوين الثمار :****في الثمار البذرية :**

يستحث التزاوج وتكوين الزايجوت تكوين الاوكسين من خلايا المبيض بحيث يفرز من خلايا الجنين والاندوسبيرم بكميات كبيره وينتقل قطبيا للأسفل الى الشمراخ ويمنع تكوين الطبقة الانفصالية في فترة بلوغ الثمره أي يعمل على تثبيت الثمار في مرحلة البلوغ .

تبدأ انقسامات الاندوسبيرم قبل خلايا الجنين لزيادة الاوكسين ولتبعه زيادة في حجم المبيض – الثمرة- في مراحل النمو الاولى في الطور اللوغارتمي تحديدا. يعتمد الجنين على الاندوسبيرم للتغذية كما ان عملية التزاوج وتكوين الاجنة تجعل من المبايض تحديدا منطقة استهلاك للغذاء بحيث تمتص الغذاء الموجود في الاوراق المليئة بمنتجات البناء الضوئي تماما مثلما يستفيد الجنين من الغذاء من الام عبر الحبل السري . تكبر الثمره في الحجم وتبلغ اقصى نمو لها وبذلك تكون وصلت مرحلة البلوغ والذي يتبعه مرحلة النضج الذي يتميز بتغير طعم ولون الثمار .

**في الثمار اللابذرية:**

يفرز الاوكسين من الخلايا المحيطة بالمبيض في الازهار وتكبر المبايض في الحجم وتصل لمرحلة البلوغ الذي يتبعه النضج لاحقا . بعد نضج الثمار تدخل في مرحلة الشيخوخة بحيث تتحلل اجزاء الثمرة بواسطة انزيمات مصدرها الاجسام الكروية سفيروسوم في السيتوبلازم كما يزيد تنفس الثمرة لتدخل اخر مراحل حياة الثمرة وهي مرحلة الذروة. لذا لابد من اختيار الوقت المناسب لقطع الثمار قبل دخولها مرحلة الشيخوخة. لذا يلجاء للتبريد لخفض تنفس الثمار وابطاء عملية التنفس لاطالة مرحلة النضج وتأخير مرحلة الشيخوخة.

**6- البذور :**

للاوكسين دورا بازرا في اتمام عملية الانبات ، حيث ان البذور تصبح قادرة على الانبات عندما تكون ظروفها الداخلية ( هرمونات وانزيمات ) وظروفها الخارجية ( حرارة ورطوبة وموانع الانبات ) مناسبة للانبات .

**موانع انبات البذور :**

-هرمونات مثبطة كالابسيسك اسد والاثيلين

-مواد فينولية معوقه للانبات موجودة في قصرة البذرة .

-صلابة القصرة وعدم نفاذيتها للماء او الهواء .

-كمون الجنين

-عدم اكتمال الاجنة: ( الجنين لا يكتمل نموه الا في الظروف البيئية المناسبة للانبات ، حيث وجد ان

البذور تسقط من الثمار والجنين لم يكتمل وهذا نوع من التكيف لحماية البذرة من الانقراض وضمان

نموها في ظروف مناسبة لاتمام الطور الخضري والزهري والثمري وتكوين البذور مرة اخرى .

-الكمون الهرموني : بفعل هرمون الابسيسك اسد سيتم مناقشته لاحقا .

**كسر الكمون :**

-القصرة المحتوية على مواد مانعة للانبات مثل المركبات الفينولية والتي تعمل بتراكيز عالية وتدخل في

تفاعلات النمو وتوقفها . ويمكن التخلص منها بغسل البذور بمياه الامطار الكافية وضمان انبات البذور

، لكن اذا كانت كمية مياه الامطار غير كافية لغسل تلك المواد فانها تذيبها وتمتصها الخلايا فتعمل على

منع الانبات .

-القصرة المحتوية على مواد غروية ودهنية تسد الفراغات بين الخلايا تمنع نفاذية الغازات ومنها الاوكسجين للداخل يمكن التخلص من تلك المواد بغسل البذور مطريا .

- ليس للاوكسين دور بازر في الكمون او كسره لكنه يعمل بعد كسر الكمون بواسطه هرمونات اخرى كالجبرلين والسيتوكاينين وما للحرارة وطول فترة الاضاءة دورا بارزا مع هرمونات كسر الكمون .  
أي ان الاوكسين يبدأ عمله بعد كسر الكمون بهرمونات اخرى سنناقشها لاحقا .

### 7- الشيخوخة:

عندما تصل الاوراق الى حجمها النهائي تبدأ في مرحلة التدهور بحيث يقل تركيز هرمون الاوكسين ليبرز دور هرمونات اخرى لها علاقة مباشرة بالشيخوخة مثل الابسيسك اسد والاثيلين بحيث يتم تكوين الطبقة الانفصالية بفعل تركيز الهرمونات المثبطة.

### 8- التساقط :

بعد اكتمال نمو الورقة وانخفاض تركيز الاوكسين في الاوراق يساعد ذلك على تكوين الطبقة الانفصالية وتوقف النمو فيها. الاوراق المتساقطة قبل سقوطها يقوم النبات بامتصاص كل ما فيها من غذاء ليجعلها هيكل فارغ ، او مستودع للنفايات فقط .

### التاثيرات الفسيولوجية للاوكسين:

#### 1- الاوكسينات والنمو الطولى لبعض اجزاء النبات :

ان الجذور والبراعم والسيقان تتجاوب كلها مع الاوكسين بطريقة متماثلة ، فيتأخر نموها بتركيزات الاوكسين العالية نسبيا ، وينشط بالتركيزات المنخفضة نسبيا . ولا يلائم استطالة الجذور الا التركيزات المنخفضة . اذ ان التركيزات العالية تعطلها تماما .

أي ان تركيزات الاوكسين التي من شأنها ان تنشط استطالة السيقان تؤدي هي بذاتها التي تثبط الاستطالة في الجذور. اما البراعم تحتل مركزا وسطا بين السيقان والجذور .

## 2- دور الاوكسين في الانتحاءات Tropisms

يطلق على حركات العضو النباتي التي تنشأ عن استجابته لاتجاه تدفق المنبه البيئي بالانتحاء. وفيها يتحرك احد اعضاء النبات بالنمو البطئ او السريع نحو المؤثر الخارجي او بعيدا عنه، فاذا كان اتجاه النمو نحو المؤثر الخارجي سميت الحركة انتحاء موجب واذا كان بعيدا عنه سميت انتحاء سالب.

ويحدث الانتحاء نتيجة زيادة عدد وحجم الخلايا الغير متساوى فى الأجزاء التى تحدث لها النمو والانتحاء، فالحركة الانتحائية هى الحركات التى تحدث بتأثير العوامل البيئية مثل الانتحاء للضوء الساقط على السوق والجذور (الانتحاء الضوئى) والانتحاء بتأثير الجاذبية الأرضية (الانتحاء الأرضي)، أو اتخاذ أوضاع حركية بتأثير اختلافات المحتوى المائى للتربة (الانتحاء المائى) والانتحاء نتيجة التلامس الفيزيائى او التلامس الكيميائى (الانتحاء التلامسي) أو (الانتحاء الكيميائى).

## الانتحاء الضوئى Phototropism

عندما يتعرض النبات النامي للضوء من جانب واحد فانه ينتحي جهة الضوء، وانتحاء النبات ينتج بسبب استطالة الخلايا التي توجد بالجانب المظلم بمعدل اكبر من الخلايا بالجانب المضاء وهذا الاختلاف في الاستجابة لمعدل النمو للنبات بسبب الضوء يسمى الانتحاء الضوئى (موجب). وهو ناتج عن التوزيع غير المنتظم للأوكسين حيث ان التركيز الاعلى لهرمون النمو يوجد في الجانب المظلل.

## تفسير ذلك:

- ان الضوء يعمل على انتقال وهجرة الأوكسين من الجانب المضاء الى الجانب المظلم

- او ان الضوء يحفز عدم نشاط الأوكسين او اكسدة الاوكسينات في الجانب المضاء

- او ان الضوء يعمل على تثبيط الانتقال القاعدي للأوكسين .

- او تكوين مادة مثبته للنمو في الجانب المضاء .

### 1. نظرية الهجرة :

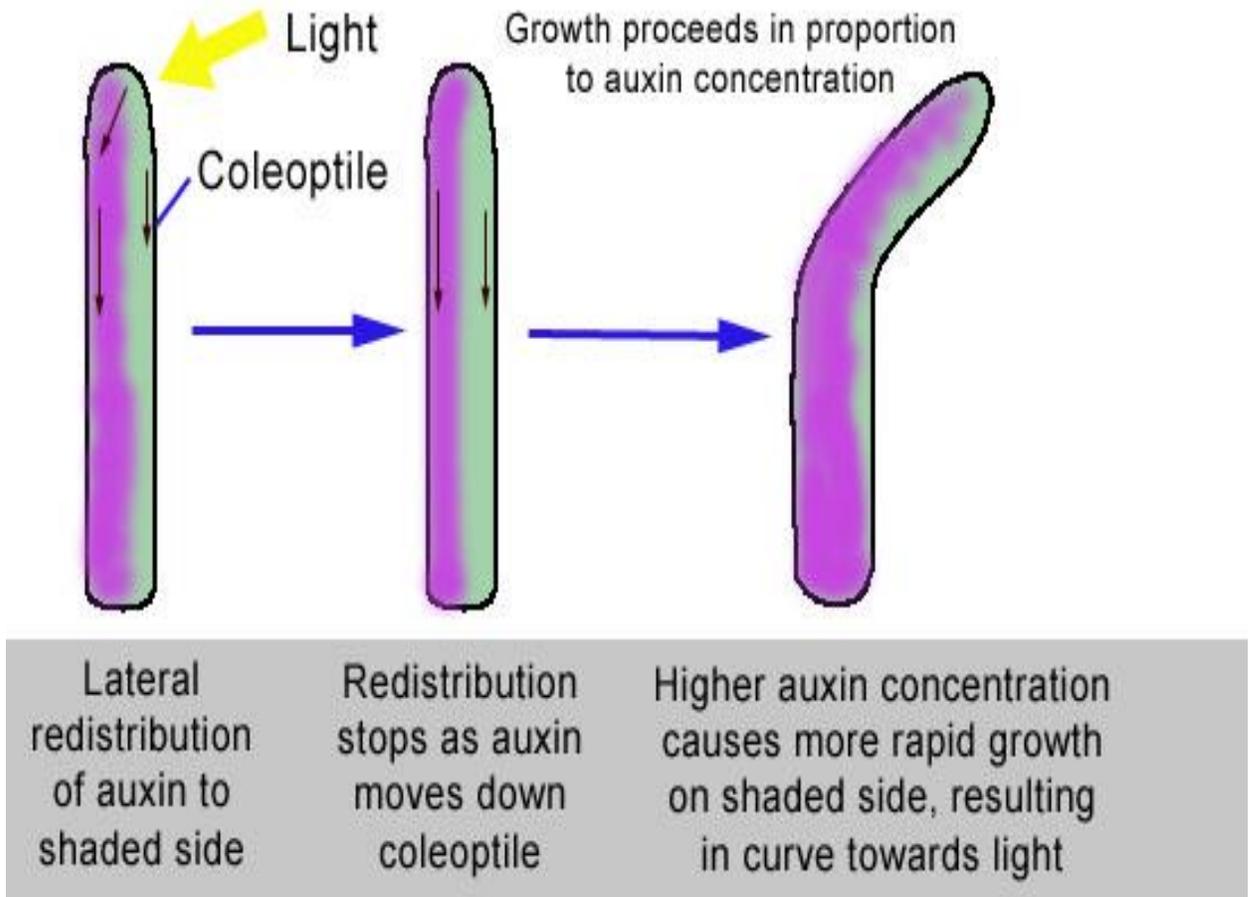
اذا تعرض غمد ورقي من الشوفان للاضاءة من جانب واحد وفصل قمة الغمد ثم وضعت على قطعة من الاجار وتم فصلها نصفين بصفيحة رقيق من الميكا حتى يمنع الانتشار الجانبي ، بحيث يهبط الاوكسين الموجود في جانب الغمد المضاء في احد القطعتين بينما يهبط الاوكسين الموجود في الجانب المظلم في القطعة الاخرى .

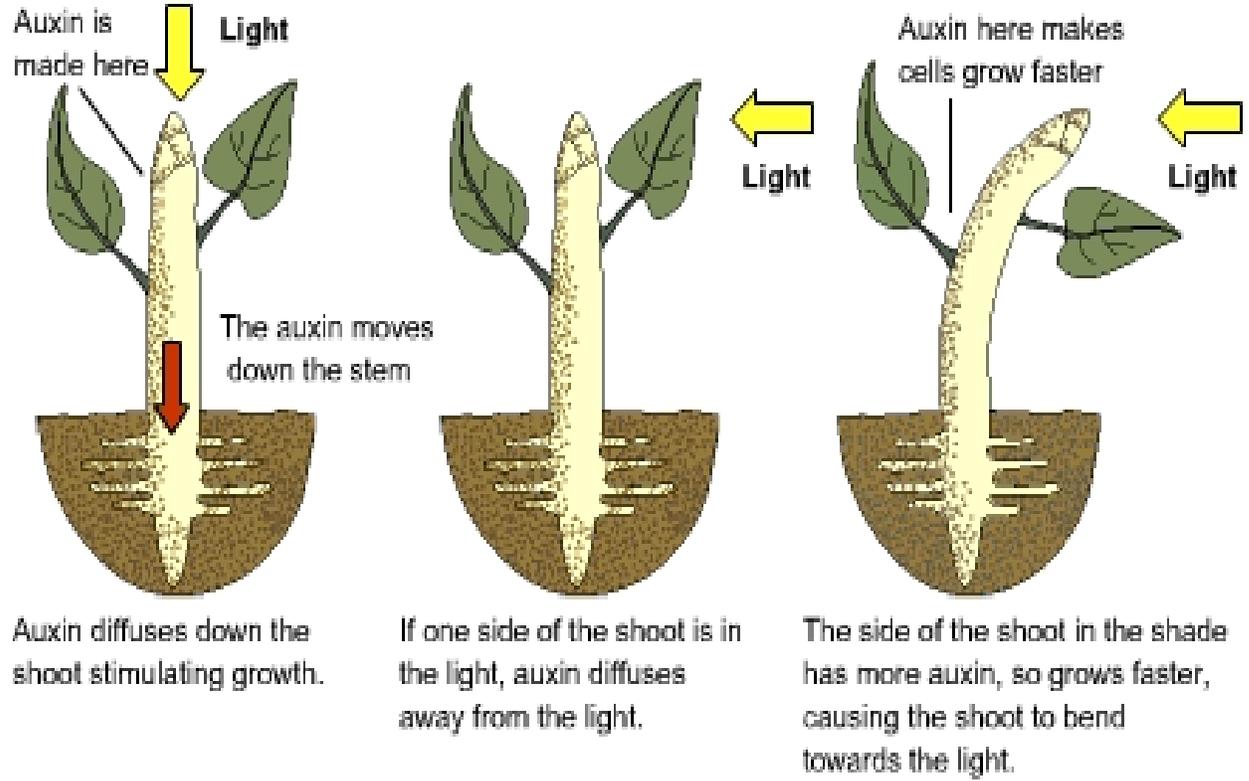
وبتقدير كمية الاوكسين وجد ان كمية الاوكسين التي هبطت في النصف المضاء =35%

والنصف المظلم 57%.

وإذا اجريت نفس التجربة في الظلام ، نجد ان كمية الاوكسين في القطعتين متساوية = 50%

وقد دلت هذه التجربة ان الاضاءة من جانب واحد تؤدي الى هجرة الاوكسينات من الجانب المضاء الى الجانب المظلم ونتيجة لذلك يزداد معدل نمو الجانب المظلم عن معدل نمو الجانب المضاء مما يؤدي الى الانتحاء .





## 2- نظرية الأكسدة الضوئية:

ان الضوء يعمل على اتلاف جزء من اوكسينات النمو في الجانب المضاء مما يسبب عن زيادة تركيز الاوكسينات في الجانب المظلم فيزداد معدل نمو هذا الجزء مما يؤدي للانتحاء الضوئي .

وجد العلماء ان هناك صبغتان هما:

1- رايبوفلافين .

2- بيتا كاروتين .

وهذه الصبغات تتشابه في طيف امتصاص كل منها مع طيف اداء الانتحاء الضوئي مما يرجح قيام احد الصبغتين بدور الامتصاص ، ومعنى ذلك ان هذه الصبغات هي المسؤولة عن امتصاص بعض الموجات الضوئية التي يتسبب عنها اتلاف او اكسدة جانب من اوكسينات النمو في الجانب المضاء .

### 3- نظرية تكوين مواد مثبطة:

يقترح بعض العلماء ان الضوء يعمل على تحويل بعض اوكسينات النمو في المناطق النامية الى مادة مثبطة للنمو وذلك باعادة ترتيب ذراتها الداخلية . ومما يؤيد هذا الرأي ان مادة **Auxin A Lactone** وهي مادة منشطة للنمو قد تتحول في الضوء الى مادة **Lumiauxone** وهي مادة مثبطة للنمو.

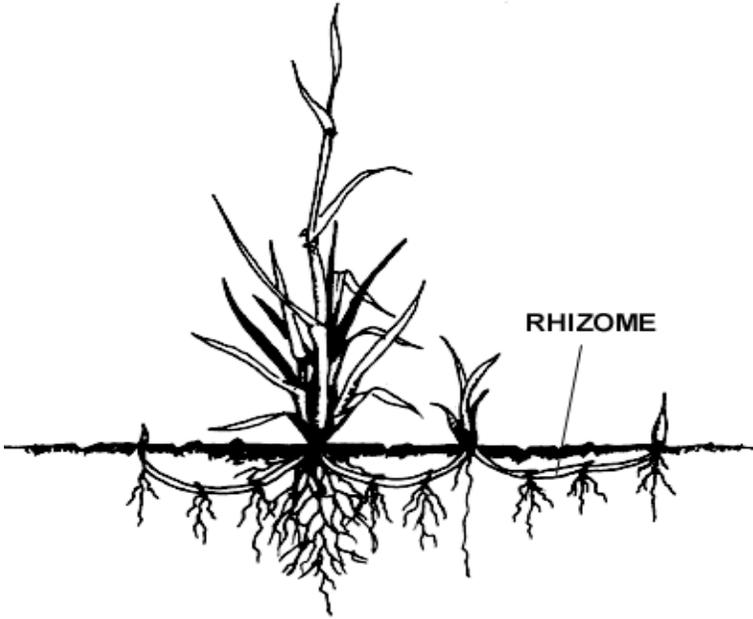


### الانتحاء الأرضي Geotropism

في الظروف الطبيعية تنمو الجذور الابتدائية في اتجاه تأثير الجاذبية الارضية وتنمو السيقان في اتجاه عكسي لذلك. فاذا حرك النبات عن وضعه الطبيعي ووضع افقيا تحركت قمة الساق الى اعلى وتحركت قمة الجذر الى اسفل ليأخذ كل عضو اتجاهه الطبيعي الاصلي وتسمى حركة الساق **انتحاء ارضي سالب** وحركة الجذر **انتحاء ارضي موجب**.

الجذور والسيقان الابتدائية تكون موجبة وسالبة للجاذبية الأرضية على التوالي اما الجذور والسيقان الثانوية فانها غريبة او شاذة في انتحاءها الأرضي حيث انها تنمو الى وضع يعمل زاوية منفرجة مع الجاذبية الارضية، والريزومات يمكن ان يطلق عليها محايدة للانتحاء الارضي لانها تنمو افقيا.

والريزومة هي ساق تمتد أفقياً تحت سطح الأرض وتتفرع في كل اتجاه، وتنقسم إلى عقد وسلاميات وتحمل عند العقد جذوراً عرضية ليفية، كما تحمل أوراقاً حشفية تغطي الساق وفي آباط هذه الأوراق توجد البراعم.

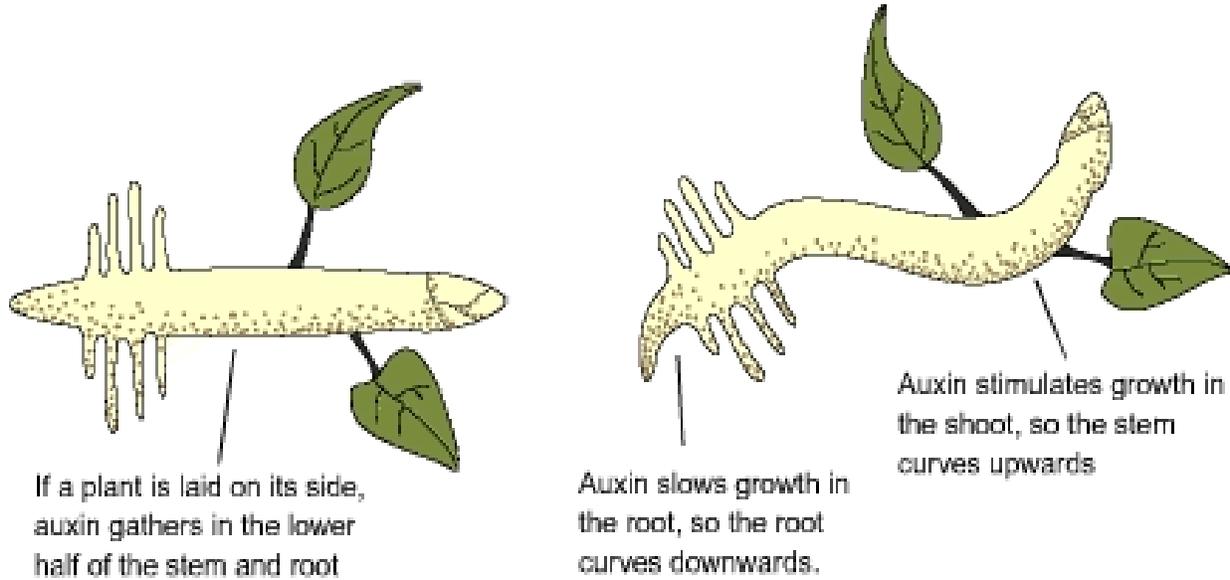


ان الاختلاف في معدل النمو الناتج عن وضع الساق او الجذر في وضع افقي راجع الى تراكم الأوكسين على السطح السفلي للساق الموضوعة افقيا مما يسرع من النمو على هذا الجانب السفلي وينتج عن ذلك انحناء الساق الى اعلى (انحناء ارضي سالب).

وعلى العكس فان الجذر الموضوع أفقيا يظهر انتحاءا موجبا للجاذبية الارضية عندما يتركز الأوكسين على الجانب السفلي للجذر.

وتبعاً لنظرية كولودني ونت فان الجذور تكون اكثر حساسية للأوكسين وان تركيزه الذي يشجع استطالة خلايا الساق يكون في نفس الوقت مثبط لاستطالة خلايا الجذور. وعملية تراكم الأوكسين على الجانب السفلي للجذر الموضوع افقيا يعمل على تثبيط استطالة خلايا هذا الجانب.

كما ان هناك نظرية اخرى وهي التي تم اثباتها ان في القمة النامية للجذور 12 مثبت 10 منها تعمل في الظلام وان انتقال هذه المثبتات الى الجانب السفلي من الجذر يعوق الاستطالة اكثر من الجزء العلوي وذلك لتركز المثبتات بفعل الجاذبية الارضية في الجزء السفلي من الجذر .



### انتحاءات اخرى :

#### 1- الانتحاء التلامسي :

هي حركات النمو التي تؤديها النباتات نتيجة ملامستها للأجسام بتأثيرات الانتحاء التلامسي مثل حركة نمو المحاليق (وهي أعضاء رفيعة أسطوانية تمثل سوقا ووريفات متحورة مثل ما توجد في العنب والبالا) حيث تنتهي قمم المحاليق الحديثة نتيجة اختلاف معدلات النمو في الجانب الملامس للجسم الصلب عن الجزء المقابل والذي ينمو بمعدل اعلى مما يؤدي الي التفاف المحلاق حول الدعامة، ثم بعد الالتفاف يبدأ تغليظ الجذر وثبات شكل الخلايا بعد تكون الجذر الثانوية فيتحول المحلاق الى جسم دعامي متين.



## 2. الانتحاء المائي :

هو انتحاء قمم الجذور النامية الي الاماكن ذات المحتوي المائي العالي فتظهر الجذور على أنها باحثة عن الماء. وهى الخاصية التى يتبعها البستاني الماهر فى تربية مجموع جذرى قوى لنباتاته بأن يباعد فى كل عدة ريات بين فترات الري. أي انه يعرض الجذور الماصة لقليل من الجفاف مما يدفعها الى البحث عن الماء فى طبقات التربة الأبعد والتي ما زالت محتفظة بالرطوبة الأرضية فوق مستوى الاستنزاف.