Phytohormones: The Invisible Architects of Plant Growth

Phytohormones are natural organic compounds produced in plants at low concentrations that regulate growth, development, and responses to environmental stimuli. Unlike animal hormones, plants lack specialized glands; hormones move between tissues to exert their effects across the plant body.

لهرمونات النباتية: المهندسون الخفيون للنمو النباتي

الهرمونات النباتية هي مركبات عضوية طبيعية تُنتَج في النباتات بتركيزات منخفضة، وتعمل على تنظيم النمو، والتطور، والاستجابات للمؤثرات البيئية. وعلى عكس الهرمونات الحيوانية، تفتقر النباتات إلى الغدد المتخصصة، حيث تنتقل الهرمونات بين الأنسجة لتُحدث تأثيراتها عبر جسم النبات."

الفارق مع الهرمونات الحيوانية:غياب الغدد المتخصصة: في الحيوانات، تُفرَز الهرمونات من غدد صماء (مثل الغدة النخامية والدرقية). أما في النباتات، فتُنتَج في أنسجة مختلفة، مثل قمة الساق، وقمة الجذر، والأوراق الفتية.آلية الانتقال: بما أن النباتات لا تمتلك جهازاً دورانياً معقداً مثل الحيوانات، فإن الهرمونات النباتية تنتقل بطرق مختلفة، مثل الانتقال من خلية إلى أخرى (عبر البلازموديزماتا)، أو عبر الأنسجة الوعائية (اللحاء)، أو حتى عبر الانتشار البسيط.باختصار، الهرمونات النباتية هي أدوات كيميائية حيوية دقيقة تمكِّن النبات من تنسيق نموه وتطوره واستجابته للبيئة بشكل فعال، حتى مع غياب الأجهزة المتخصصة التي توجد في الكائنات الأكثر تعقيدًا.

Hormonal Substances: Stimulants vs. Inhibitors

Stimulants

- Auxins - promote cell elongation
- Cytokinins - stimulate cell division
- Gibberellins - enhance stem elongation

Promote growth, cell division, elongation, and differentiation

Inhibitors

- Abscisic acid - induces dormancy
- Ethylene - accelerates senescence

Regulate dormancy, senescence, and responses to environmental stress

Auxin: The Primary Growth Hormone

Auxin, primarily **Indole-3-acetic acid (IAA),** was discovered as the first plant hormone. It orchestrates numerous **developmental processes including:**

- Cell elongation and differentiation
- Apical dominance regulation
- Root initiation and development
- Vascular tissue formation

References: Gray, 2004; Sosnowski et al., 2023; Zhang et al., 2022

تنقسم الهرمونات النباتية الى مجموعتين رئيسيتين بناءً على وظيفتها الأساسية:

١- المحفزات.

هي هرمونات تعمل على تحفيز النمو والعمليات الحيوية في النبات. تشمل:

لأوكسينات:

التحفيز: تُعدّ مسؤولة عن استطالة الخلايا، وخاصةً في قمم السيقان.

وظائف أخرى: تلعب دورًا في الانتحاء الضوئي (نمو النبات نحو الضوء) والانتحاء الأرضي (نمو الجذر نحو الجاذبية)، كما تمنع تساقط الأوراق والثمار.

السيتوكينينات:

التحفيز: وظيفتها الرئيسية هي تحفيز انقسام الخلايا

وظائف أخرى: تعمل بالتعاون مع الأوكسينات في تنظيم نمو البراعم الجانبية، وتأخير شيخوخة الأوراق، وتكوين البراعم في زراعة الأنسجة.

الجبرلينات:

التحفيز: تسبب استطالة الساق بشكل كبير، وتُنهي سكون البذور وتُسرع من عملية الإنبات.

وظائف أخرى: تُحفز نمو الفواكه، وتساعد على الإزهار، وتُستخدم تجاريًا لزيادة حجم العناقيد في العنب.

٢- المثبطات :

هي هرمونات تعمل على تثبيط النمو، وإدخال النبات في مراحل السكون، أو الاستجابة لظروف الإجهاد. تشمل:

حمض الأبسيسيك :

التثبيط: يُعرف بأنه "هرمون الإجهاد"؛ لأنه يُثبط النمو العام للنبات، ويُدخل البراعم والبذور في حالة سكون.

وظائف أخرى: يُحفز إغلاق الثغورفي الأوراق عند نقص الماء للحفاظ على رطوبة النبات، ويُسبب تساقط الأوراق.

الإيثيلين:

التثبيط والتحفيز: يُعتبر هرموناً فريداً، فهو يُصنف أحيانًا ضمن المثبطات وأحيانًا ضمن المحفزات.

يُعد الهرمون الغازي الوحيد.

وظائف رئيسية: وظيفته الأبرز هي تحفيز نضج الثماروتسريع شيخوخة الأوراق والأزهار وتساقطها ، يُمكن أن يُثبط نمو الساق في بعض الظروف.

باختصار، يعمل نظام الهرمونات النباتية بتوازن دقيق بين المحفزات والمثبطات، مما يسمح للنبات بالنمو في الظروف المواتية والدخول في حالة السكون أو التكيف مع ظروف الإجهاد عند الحاجة.

الأوكسين، وبشكل أساسي حمض الإندول-٣-الخليك.. يُعتبَر أول هرمون نباتي تم اكتشافه. يُنتَج هذا الهرمون بشكل طبيعي في القمم النامية للنباتات (مثل قمة الساق والجذر) والأوراق الصغيرة، ويُشرف على العديد من العمليات التطورية الحيوية في النبات، بما في ذلك:

استطالة الخلايا وتمايزها: يُحفز الأوكسين استطالة الخلايا في السيقان والجذور، مما يؤدي إلى النمو الطولي. وتختلف استجابة كل من الساق والجذر لتركيزات الأوكسين؛ فالتركيزات التي تُحفز استطالة الساق يمكن أن تُثبط نمو الجذر. كما يُسهم في تمايز الخلايا إلى أنسجة متخصصة.

تنظيم السيادة القمية: يُنتَج الأوكسين في القمة النامية للساق وينتقل إلى الأسفل، مما يُثبط نمو البراعم الجانبية هذه الظاهرة تُعرف باسم "السيادة القمية"، وهي ما يمنح النبات نموه الرأسي. وعند إزالة القمة النامية، يقل تركيز الأوكسين، مما يسمح للبراعم الجانبية بالنمو.

تكوين الجذور وتطورها : يلعب الأوكسين دورًا حاسمًا في تكوين وتطور الجذور، وخاصةً الجذور العرضية. ولهذا السبب، يُستخدم الأوكسين تجاريًا في مساحيق التجذير لتحفيز نمو الجذور في العُقَل النباتية.

تكوين الأنسجة الوعائية: يُسهم الأوكسين في تمايز الخلايا لتكوين الأنسجة الوعائية، مثل الخشب واللحاءالتي تعتبر ضرورية لنقل الماء والمغذيات في النبات.

هذه الوظائف المتعددة تجعل الأوكسين هرمونًا محوريًا في تنسيق نمو النبات وتكييفه مع بيئته.

The Discovery of Auxin: Darwin's Phototropism Experiment (1880)

Charles Darwin and his **son Francis** conducted pioneering experiments that laid the foundation for plant hormone discovery:

- Observed oat seedlings bending toward light
- Hypothesized a mobile signal from the tip caused differential growth
- Covered various parts of seedlings to determine light sensitivity
- Concluded the tip perceives light but growth occurs lower in the stem

This "influence" was later identified as auxin (IAA), becoming the first known plant hormone.

Darwin's landmark experiment demonstrating phototropism in oat seedlings

اكتشاف الأوكسين:

تجربة داروين على الانتحاء الضوئي (١٨٨٠):

أجرى كل من تشارلز داروين وابنه فرانسيس تجارب رائدة وضعت الأساس لاكتشاف الهرمونات النباتية:

١- لاحظا انحناء بادرات الشوفان باتجاه الضوء.

٢- افترضا وجود إشارة متنقلة من القمة تسبب نموًا تفاضليًا.

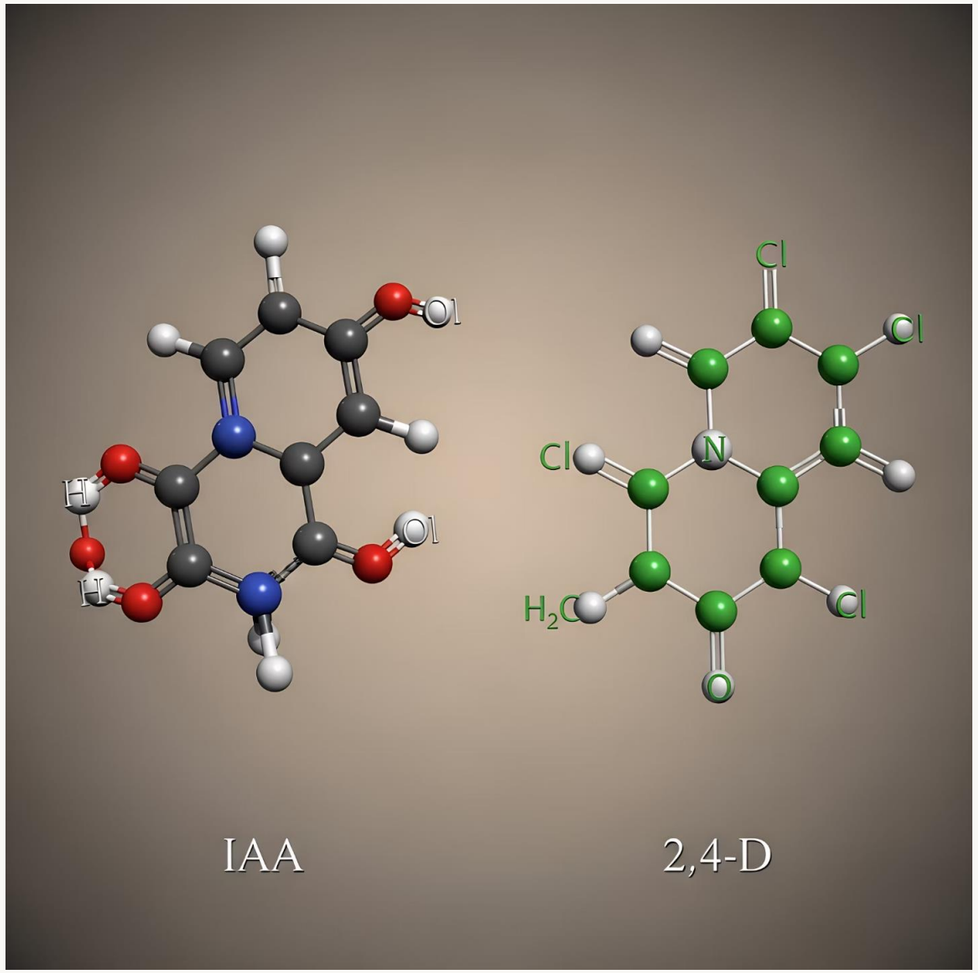
٣- قاما بتغطية أجزاء مختلفة من البادرات لتحديد مدى حساسيتها للضوء.

٤- خلصا إلى أن القمة هي التي تستقبل الضوء، لكن النمو يحدث في الجزء السفلي من الساق.

تم التعرف على هذا "التأثير" لاحقًا على أنه الأوكسين ليصبح أول هرمون نباتي معروف.

https://www.youtube.com/watch?v=80IqHktfidA

Chemical Structure of Auxin (IAA)



Molecular structures of natural auxin (IAA) and synthetic auxin (2,4-D)

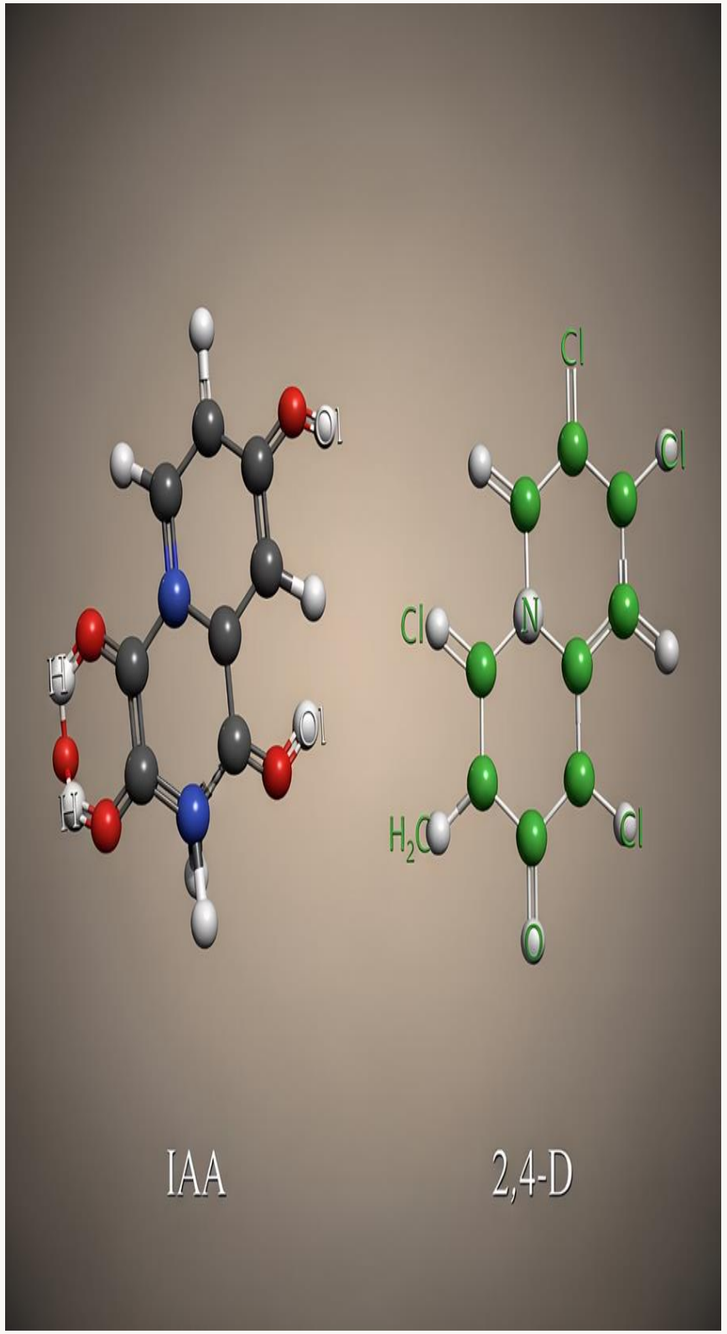
Natural Auxin (IAA)

Chemical formula: $C_{10}H_9NO_2$

- Indole derivative with carboxylic acid group
- Small, simple molecule enabling easy transport
- Produced naturally in plant tissues

Synthetic Auxins

- 2,4-D (2,4-Dichlorophenoxyacetic acid)
- NAA (1-Naphthaleneacetic acid)
- Mimic natural auxin effects
- Widely used in agriculture as herbicides
- and growth regulators



البنية الكيميائية للأوكسين

الأوكسين الطبيعي (IAA)

الصيغة الكيميائية: C 10 H 9 NO 2

* مشتق من الإندول ويحتوي على مجموعة حمض الكربوكسيل.
* جزيء صغير وبسيط، مما يسهل عملية نقله.
* يتم إنتاجه بشكل طبيعي في الأنسجة النباتية.

الأوكسينات الاصطناعية (المركبة):

2,4-D حمض ٢,٤-ديكلوروفينوكسي أسيتيك).

NAA (حمض ١- نافثالين أسيتيك)

*تحاكي تأثيرات الأوكسين الطبيعي.
*تُستخدم على نطاق واسع في الزراعة كمبيدات أعشاب ومنظمات للنمو.
*تُعدّ الأوكسينات الاصطناعية أداة قوية في الزراعة. على سبيل المثال:

2,4-D كمبيد أعشاب انتقائي يستهدف النباتات عريضة الأوراق (ثنائيات الفلقة) دون الإضرار بالمحاصيل ضيقة الأوراق (أحاديات الفلقة) مثل القمح والذرة.

https://www.youtube.com/watch?v=QQmbZiNJ-VE

Auxin Biosynthesis Pathways

Tryptophan

Essential amino acid serving as the primary precursor for auxin biosynthesis

Indole-3-pyruvate (IPyA)

Intermediate compound formed via the TAA1/TAR family of aminotransferases

Indole-3-acetic acid (IAA)

Active auxin formed via the YUCCA family of flavin monooxygenases

- ✓ The tryptophan-dependent TAA/YUC pathway is the **main route for auxin biosynthesis in plants**. This process is tightly regulated to control growth responses and developmental processes.
- ✓ Auxin concentration is fine-tuned through biosynthesis, conjugation, degradation, and transport mechanisms.

Reference: Zhang et al., 2022

مسارات التخليق الحيوي للأوكسين :

مقدمة المسار:

يُعتبر **الحمض الأميني الأساسي التربتوفان** المادة الأولية الرئيسية لتخليق الأوكسين، وتُعرف عملية التخليق هذه باسم مسار **TAA/YUC**

وهو مسارمعتمد على التربتوفان وهو المسار الرئيسي لتخليق الأوكسين في النباتات ويتم تنظيمه بدقة للتحكم في استجابات النمو والعمليات التنموية.

خطوات التخليق الحيوي:

١- التربتوفان : هو حمض أميني أساسي.
يُعدّ المادة الأولية الأساسية لتخليق الأوكسين.

٢- إندول-٣-بيروفات: Indole-3-pyruvate - IPyA

هو مركب وسيط يتكون عن طريق عائلة إنزيمات TAA1/TAR المسماة بـ ناقلات الأمين.

٣- حمض إندول-٣-أسيتيك IAA

هو الشكل النشط للأوكسين.

يتكون من ال IPyA عبر عائلة إنزيمات YUCCA المسماة بـ أُحَادِيَّات الأكسجِيناز الفلافينية.

التحكم في تركيز الأوكسين يتم:

ضبط تركيز الأوكسين بدقة في النباتات من خلال آليات متعددة تشمل:

*-**التخليق الحيوي** : إنتاجه من التربتوفان.

*- **الاقتران** : ارتباطه بجزيئات أخرى لتخزينه أو تعطيله.

*- تكسير جزيئات الأوكسين.

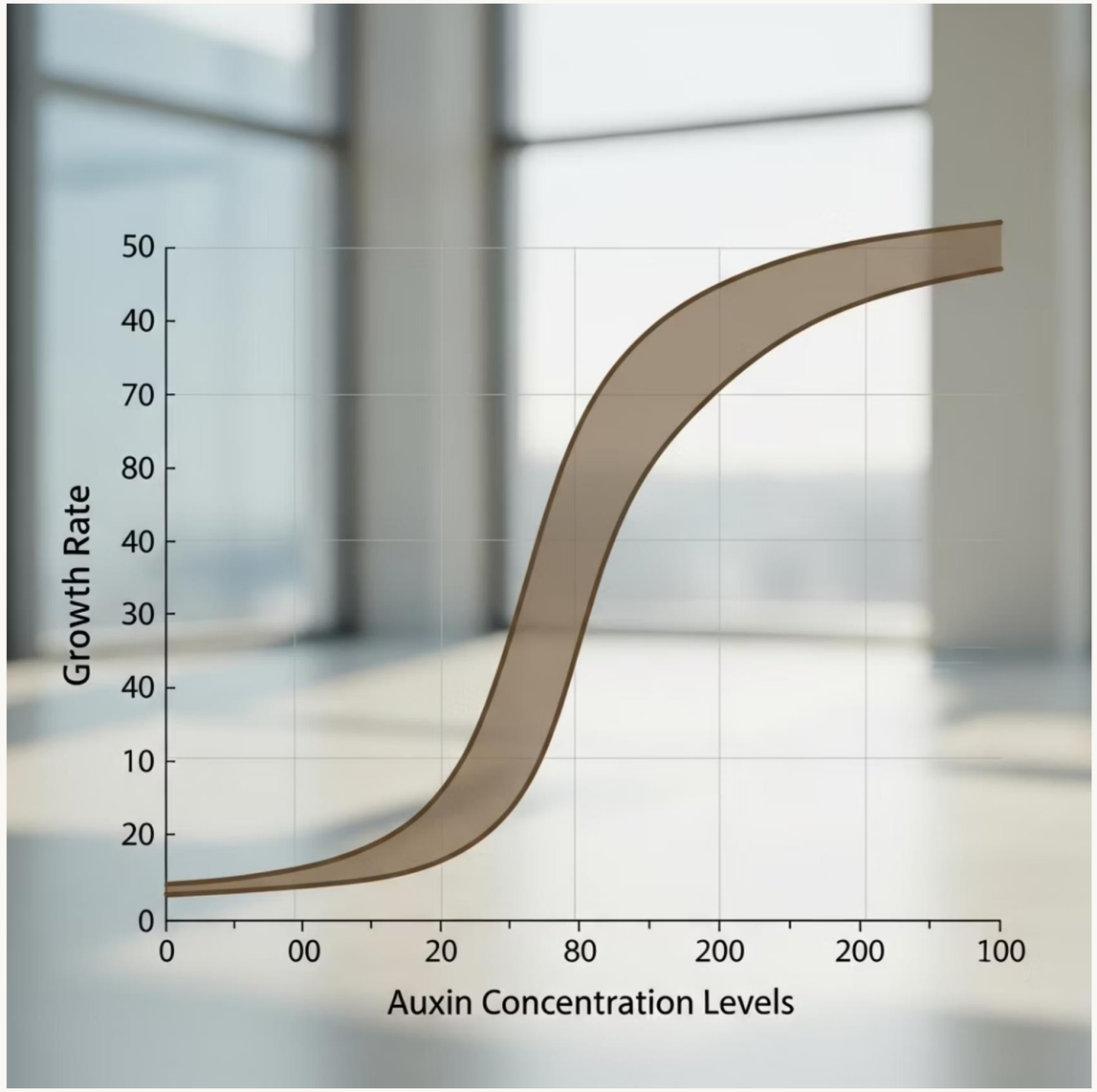
*- **النقل** : حركته داخل الأنسجة النباتية.

Growth Kinetics: Auxin's Role in Whole Organ Growth

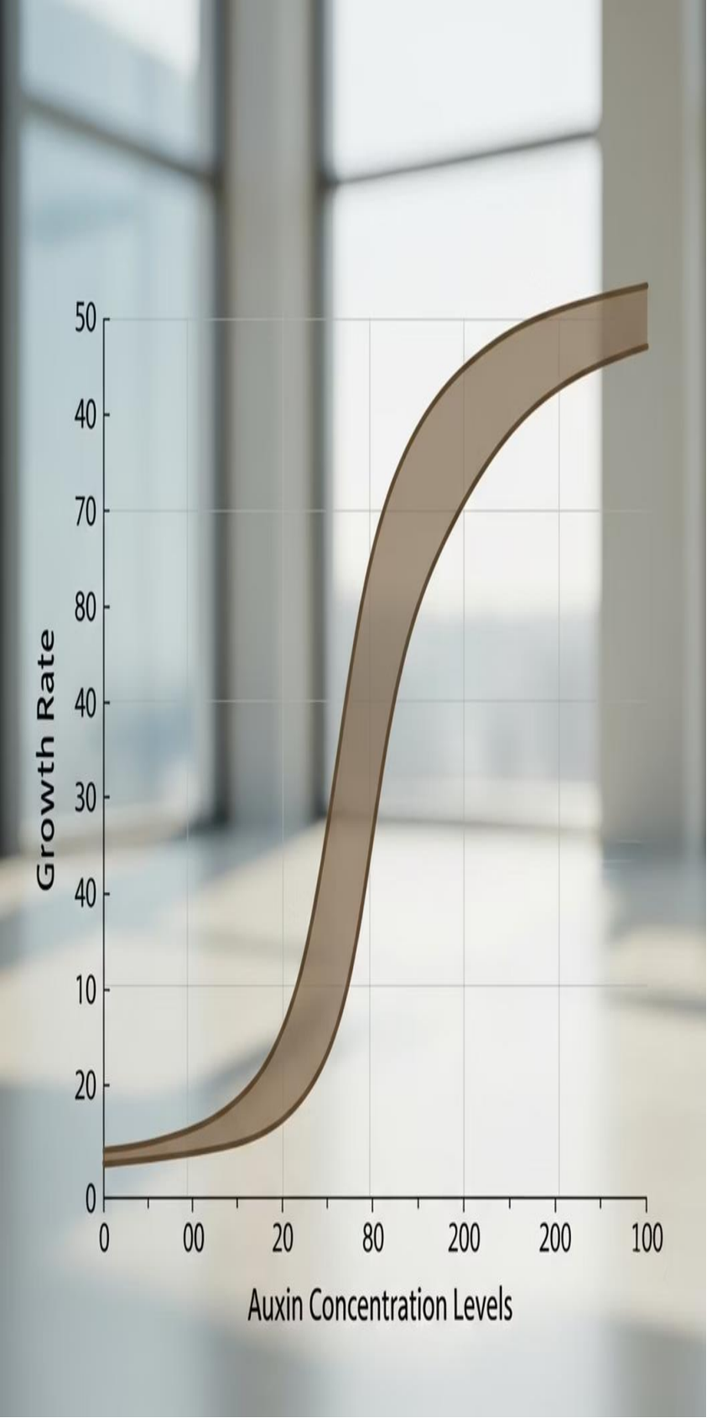
Auxin concentration directly influences the rate and pattern of growth in plant organs.

The relationship between auxin and growth follows several key principles:

- Growth curves typically show sigmoidal elongation phases in both shoots and roots
- Auxin stimulates cell wall loosening by activating expansins and other wall-modifying enzymes
- The "acid growth theory" explains how auxin promotes H^+ extrusion, lowering cell wall pH
- Optimal growth occurs within specific auxin concentration ranges



Sigmoidal growth curve showing the relationship between auxin concentration and shoot elongation rate over time



حركية النمو:

دور الأوكسين في نمو الأعضاء النباتية الكاملة:

يؤثر تركيز الأوكسين بشكل مباشر على معدل ونمط النمو في الأعضاء النباتية.

وتتبع العلاقة بين الأوكسين والنمو عدة مبادئ أساسية:

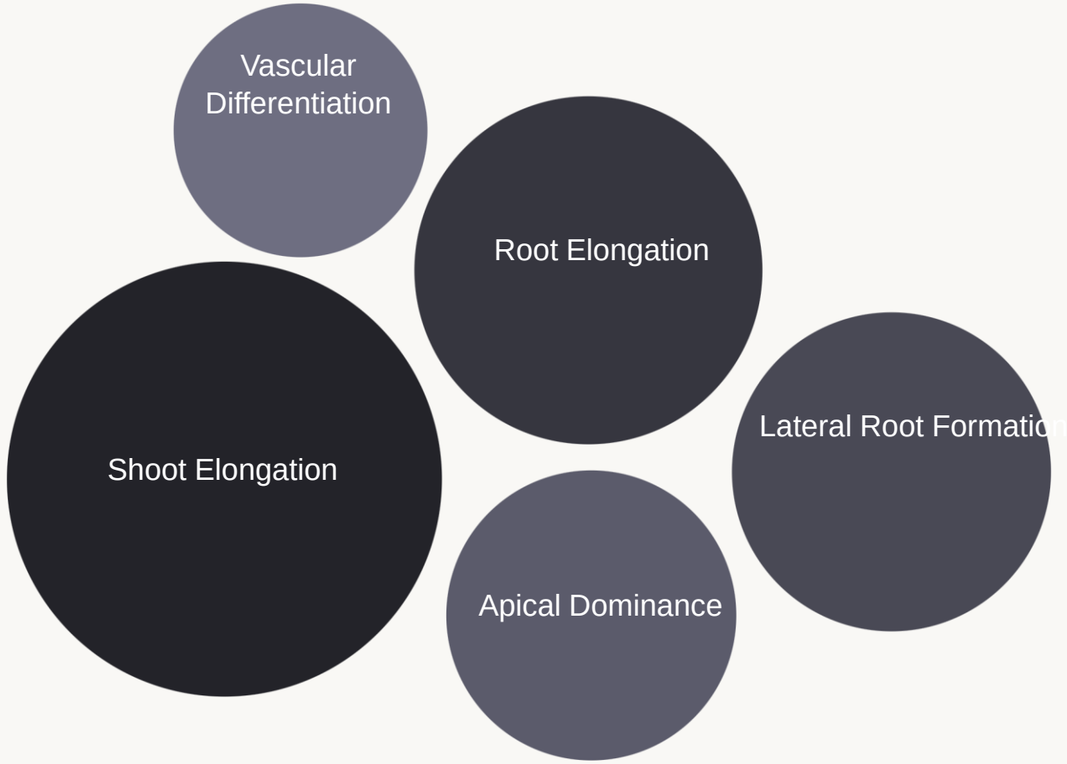
*منحنيات النمو تُظهر عادةً مراحل استطالة على شكل حرف S (منحنى سيني) في كل من السيقان والجذور.

*يحفز الأوكسين ارتخاء جدران الخلايا عن طريق تنشيط **بروتينات الإكسبانسين** والإنزيمات الأخرى المعدِّلة للجدار الخلوي.

***نظرية النمو الحمضي"** تشرح كيف يعزز الأوكسين إفراز أيونات الهيدروجين الموجبه مما يؤدي إلى خفض درجة حموضة جدار الخلية.

*يحدث النمو الأمثل ضمن نطاقات تركيز محددة من الأوكسين.

Auxin and Growth Curves: Organ-Level Effects



Auxin Concentration Gradients

Auxin establishes concentration gradients throughout plant tissues that:

- Create polarity and direct growth
- Balance growth between different organs
- Maintain overall plant architecture

Differential Growth Responses

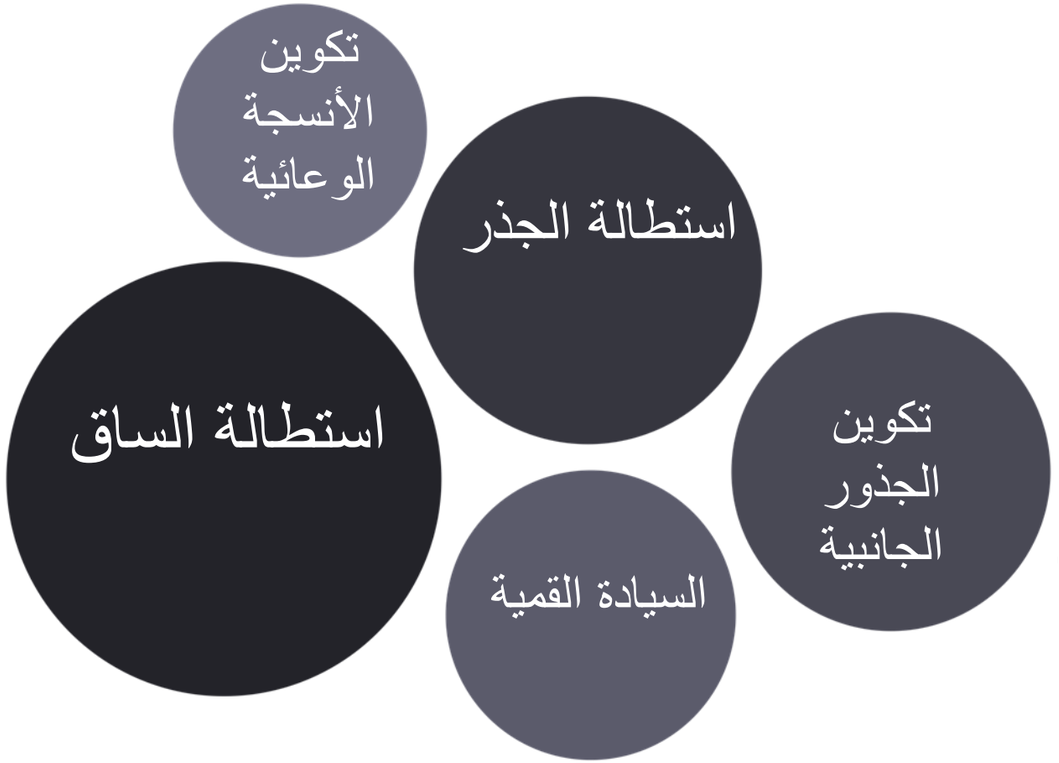
Auxin effects are concentration-dependent and organ-specific:

- Promotes elongation in shoots
- Inhibits primary root elongation at high concentrations
- Stimulates lateral root formation

تدرجات تركيز الأوكسين :

يُنشئ الأوكسين تدرجات في التركيز عبر الأنسجة النباتية، والتي تعمل على :

* تحديد القطبية وتوجيه النمو.
* موازنة النمو بين الأعضاء المختلفة.
* الحفاظ على البنية الهيكلية العامة للنبات.



استجابات النمو التفاضلية:

تعتمد تأثيرات الأوكسين على التركيز وتختلف من عضو لآخر:

*يعزز الاستطالة في السيقان.

*يثبط استطالة الجذر الرئيسي عند التركيزات العالية.

*يحفز تكوين الجذور الجانبية.

Auxin Transport: The Plant's Internal Messaging System

Polar Transport

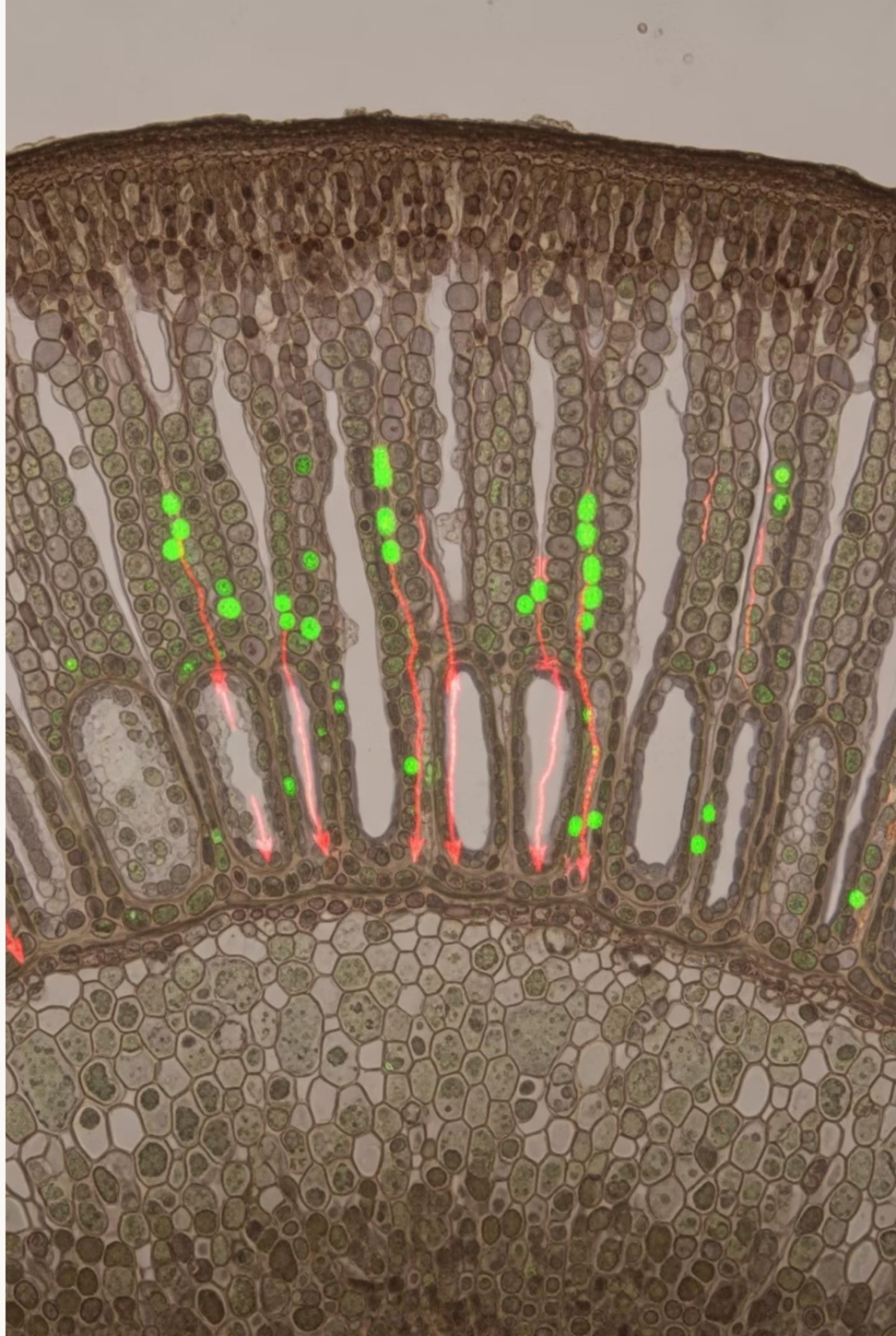
Auxin moves directionally from shoot apex downward through the plant body in a polar fashion, creating concentration gradients that guide development.

Transport Proteins

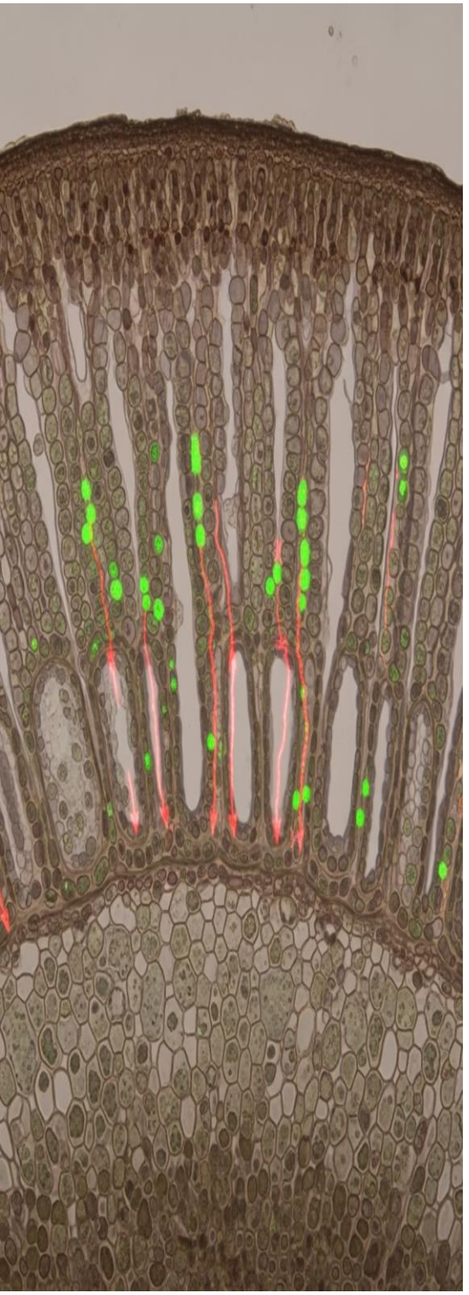
PIN proteins (efflux carriers) export auxin from cells, while AUX/LAX proteins (influx carriers) import auxin into cells. Their asymmetric localization directs flow.

Developmental Control

Auxin transport patterns control organ formation, vascular patterning, tropisms, and responses to environmental stimuli.



Reference: Zhang et al., 2022



نقل الأوكسين: نظام المراسلة الداخلي للنبات:

النقل القطبي:

ينتقل الأوكسين بشكل اتجاهي من قمة الساق إلى الأسفل عبر جسم النبات بطريقة قطبية، مما يُنشئ تدرجات في التركيز تُوجِّه عملية النمو.

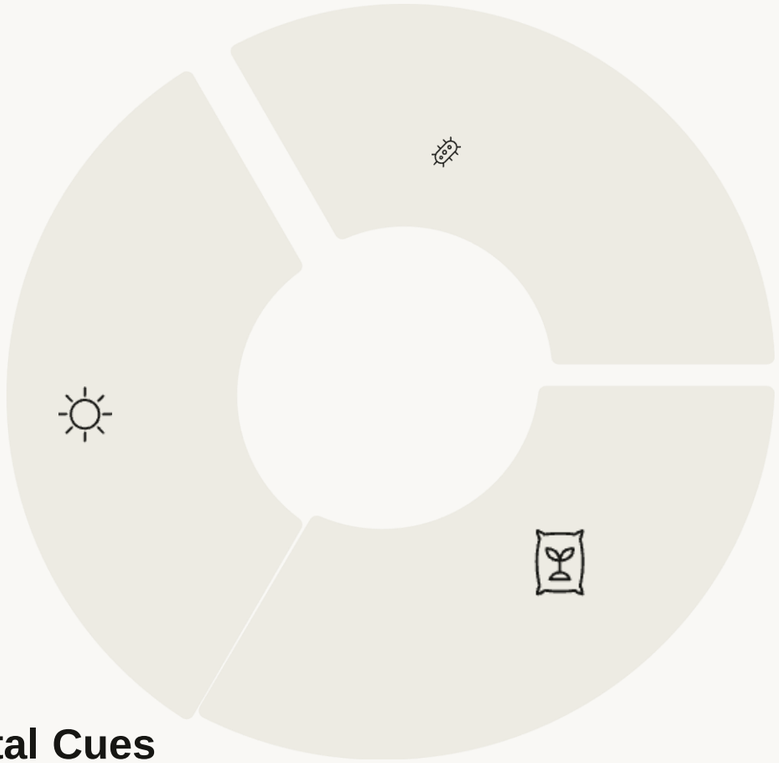
بروتينات النقل :

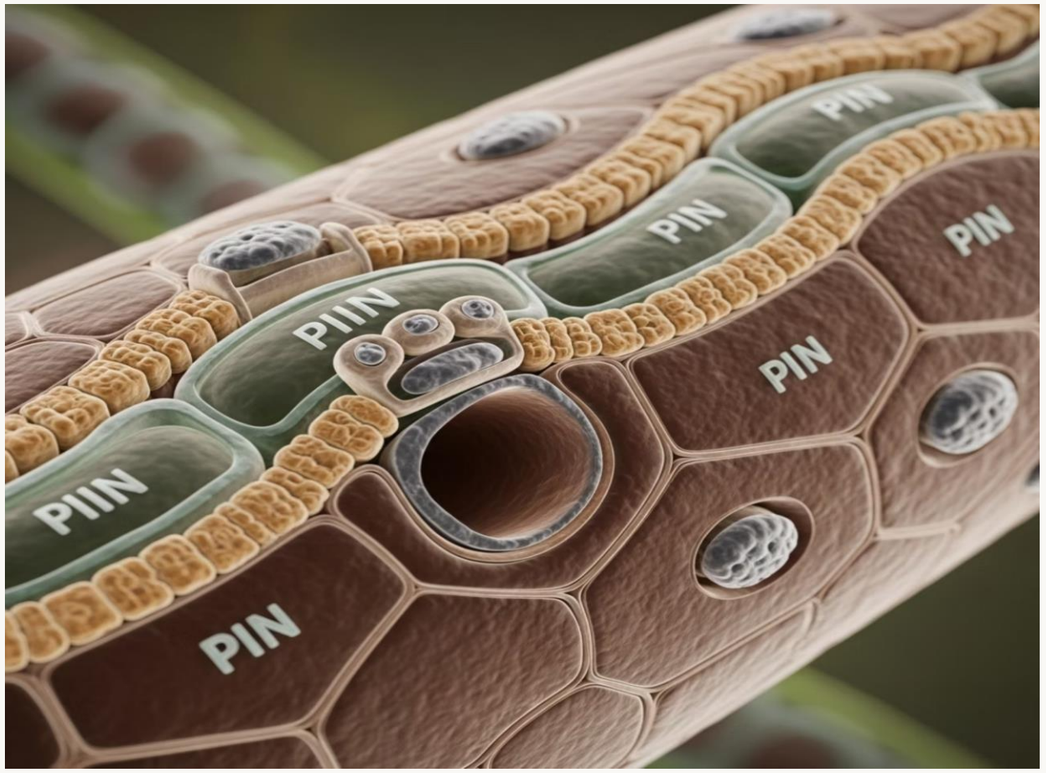
تقوم بروتينات **PIN**(نواقل الخروج) بتصدير الأوكسين من الخلايا، بينما تقوم بروتينات **AUX/LAX** (نواقل الدخول) باستيراده إلى الخلايا. ويُوجِّه توزعها غير المتماثل تدفق الأوكسين.

التحكم في النمو:

تتحكم أنماط نقل الأوكسين في تكوين الأعضاء، وتشكل الأنسجة الوعائية، والاستجابات للمؤثرات البيئية، وحركات الانتحاء.

Factors Influencing Auxin Transfer





Environmental Cues

- Light direction and intensity
- Gravity orientation
- Mechanical stimulation

Cellular Factors

- PIN protein localization
- Transporter activity regulation
- Vesicle trafficking pathways

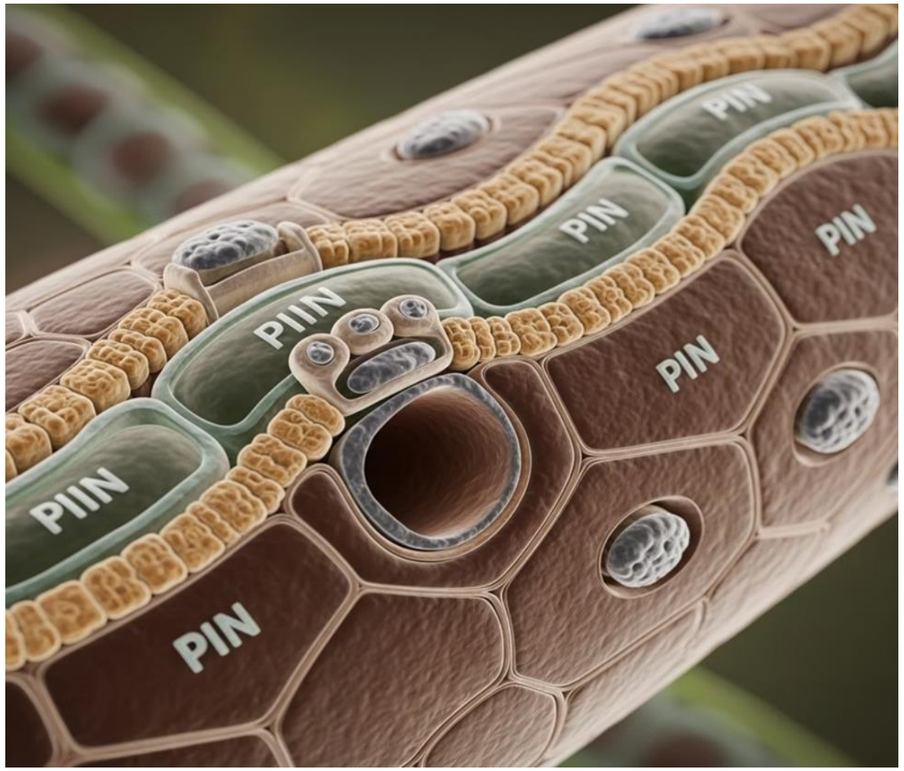
Developmental Stage

- Tissue differentiation status
- Organ maturity
- Growth phase

✓ **Auxin transport is regulated by multiple factors that together create a complex, responsive system that can adapt to changing environmental conditions and developmental needs.**

✓ **The asymmetric localization of PIN proteins on cell membranes is particularly important for establishing directional auxin flow.**

العوامل المؤثرة على انتقال الأوكسين :



العوامل البيئية:

*اتجاه وشدة الضوء.
*اتجاه الجاذبية.
*التحفيز الميكانيكي.

المرحلة التطورية:

*حالة تمايز الأنسجة.
*نضج العضو.
*مرحلة النمو.

العوامل الخلوية:

*موضع بروتين –نواقل الخروج - PIN

*تنظيم نشاط النواقل.
*مسارات نقل الحويصلات.

يتم تنظيم نقل الأوكسين بواسطة عوامل متعددة تعمل معًا على تكوين نظام معقد وسريع الاستجابة، قادر على التكيف مع الظروف البيئية المتغيرة والاحتياجات الخاصه بالنمو.

ويعتبر التوزع غير المتماثل لبروتينات PIN على أغشية الخلايا ذا أهمية خاصة في تحديد الاتجاه الذي يتدفق فيه الأوكسين.

'isu alizing Auxin Transport: Infographic

Biosynthesis

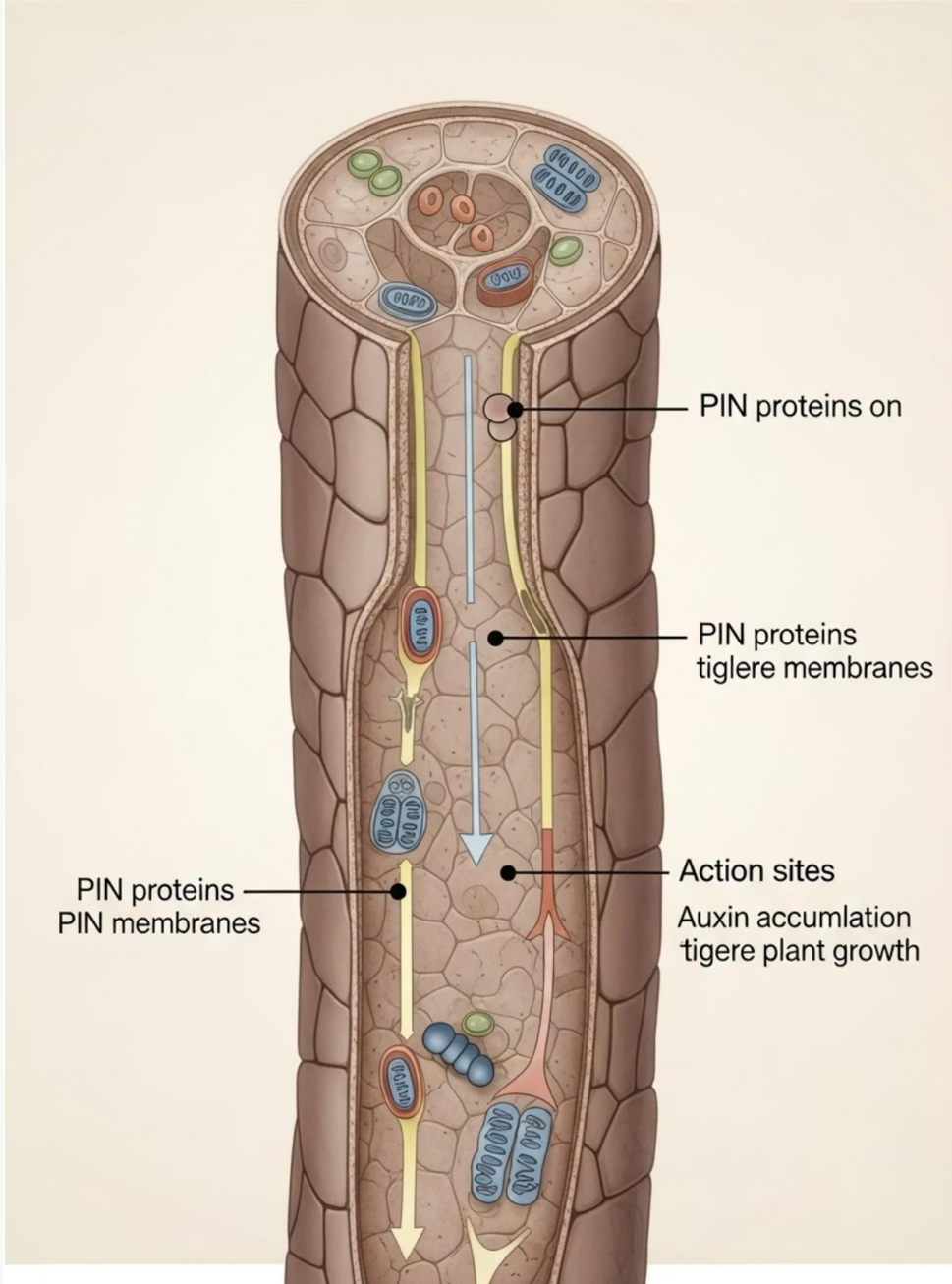
Auxin is primarily synthesized in shoot apical meristems, young leaves, and developing seeds via the tryptophan-dependent pathway.

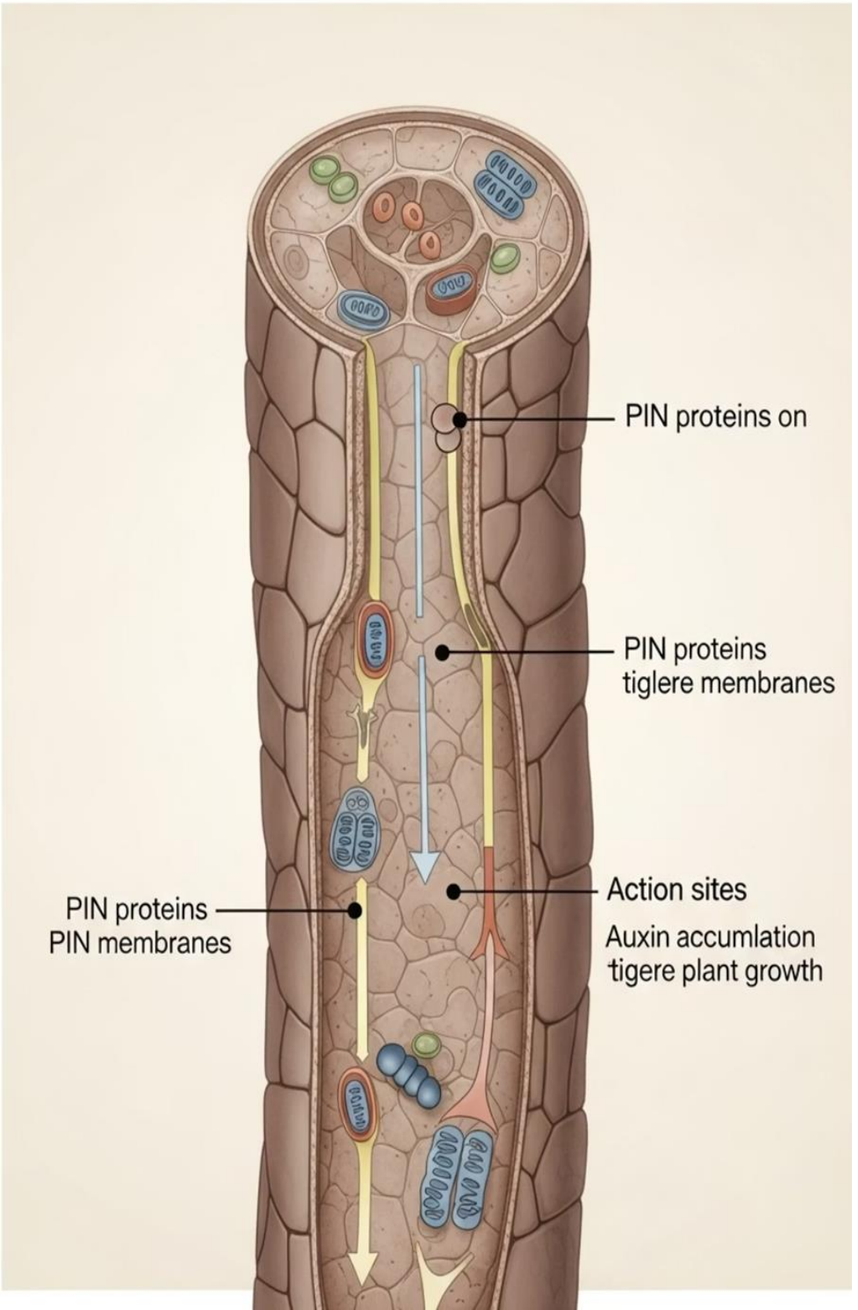
Transport

PIN proteins localized asymmetrically on cell membranes direct basipetal (shoot-to-root) auxin flow through plant tissues.

Action

Auxin accumulation in specific tissues triggers differential cell elongation or differentiation, leading to coordinated growth responses.





صور نقل الأوكسين: مخطط معلومات (إنفوجرافيك)

التخليق الحيوي :

يتم تخليق الأوكسين بشكل أساسي في المرستيمات القمية للساق، والأوراق الفتية، والبذور النامية، عبر مسار يعتمد على الحمض الأميني التريبتوفان.

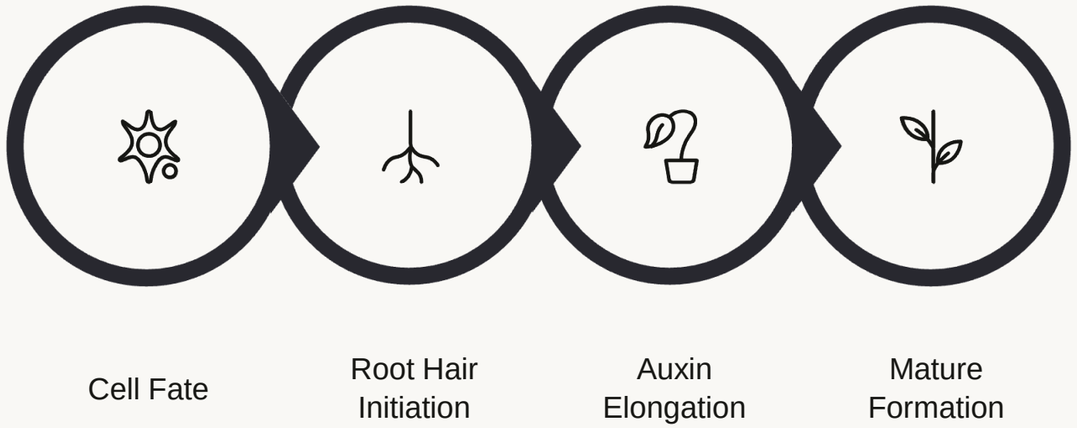
النقل :

توجه بروتينات PIN الموجودة بشكل غير متماثل على أغشية الخلايا تدفق الأوكسين القاعدي (من الساق إلى الجذر) عبر أنسجة النبات.

التأثير:

يؤدي تراكم الأوكسين في أنسجة معينة إلى استطالة الخلايا أو تمايزها بشكل تفاضلي، مما يؤدي إلى استجابات نمو منسقة.

Auxin in Root Hair Growth: Cellular Elongation Model



Molecular Regulation

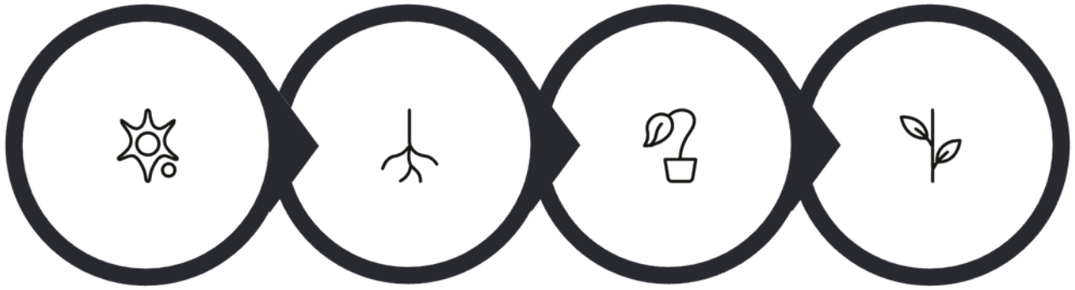
Auxin coordinates root hair development through a complex regulatory network:

- Transcription factors GL2 and CPC determine hair vs. non-hair cell fate
- Auxin response factors (ARFs) mediate auxin signaling
- Auxin activates RHO GTPases to regulate actin cytoskeleton during tip growth
- Cell wall loosening enzymes are activated to permit rapid elongation

The resulting root hairs significantly increase the root surface area, enhancing nutrient and water uptake efficiency.

Reference: PMC4775141

الأوكسين في نمو الشعيرات الجذرية: نموذج الاستطالة الخلوية



التنظيم الجزيئي:

ينسق الأوكسين نمو الشعيرات الجذرية من خلال شبكة تنظيمية معقدة:

*العوامل النسخية GL2 CPC تحدد مصير الخلايا (هل ستصبح شعيرات جذرية أم لا).

*عوامل استجابة الأوكسين ARFs تتوسط في إشارات الأوكسين.

*ينشط الأوكسين بروتينات RHO GTPases لتنظيم الهيكل الخلوي أثناء النمو القمي (نمو الأطراف).

*يتم تنشيط إنزيمات ارتخاء جدران الخلايا للسماح بالاستطالة السريعة.

*تزيد الشعيرات الجذرية الناتجة بشكل كبير من مساحة سطح الجذر، مما يعزز كفاءة امتصاص المغذيات والماء.

n's R

Temperature Stress

Auxin transport and signaling are temperature-sensitive, helping plants adjust growth patterns during heat or cold stress exposure.

Auxin coordinates plant responses to abiotic stresses by modulating growth adjustments to optimize survival. The hormone engages in complex cross-talk with other phytohormones like abscisic acid, ethylene, and cytokinins to fine-tune these adaptive responses.

Reference: EL Sabagh et al., 2022

دور الأوكسين فى التكيف مع الإجهاد والنمو:

الإجهاد الحراري :نقل وإشارات الأوكسين حساسة لدرجة الحرارة، مما يساعد النباتات على تعديل أنماط نموها خلال التعرض للإجهاد الحراري أوالبروده.

إجهاد الجفاف : تنخفض مستويات الأوكسين عادةً أثناء الجفاف، مما يؤدي إلى تقليل نمو الساق ولكنه يعزز نمو الجذور، خاصةً الجذور الجانبية التي تُحسِّن من البحث عن الماء.
الأوكسين في حالات الجفاف :تنخفض مستويات الأوكسين عادةً أثناء الجفاف، مما يؤدي إلى تقليل نمو الساق، ولكنه يعزز نمو الجذور، وخاصةً الجذور الجانبية التي تعمل على تحسين البحث عن الماء.

الأوكسين والإجهاد الملحي : تؤدي إعادة توزيع الأوكسين تحت تأثير الإجهاد الملحي إلى تعديل البنية الهندسية للجذر، مما يعزز تكوين الجذور الجانبية بينما يثبط استطالة الجذر الرئيسي.

استجابات الأوكسين للإجهادات اللاأحيائية: ينسق الأوكسين استجابات النبات للإجهادات اللاأحيائية

عن طريق تعديل ضبط النمو لتحقيق أفضل فرص البقاء. ويتشارك هذا الهرمون في حوار معقد مع الهرمونات النباتية الأخرى مثل حمض الأبسيسيك / الإيثيلين، والسيتوكينينات لضبط هذه الاستجابات التكيفية.

Synthetic Auxins and Agricultural Applications

Common Synthetic Auxins

- 2,4-D (2,4-Dichlorophenoxyacetic acid)
- NAA (1-Naphthaleneacetic acid)
- IBA (Indole-3-butyric acid)
- Picloram (4-amino-3,5,6-trichloropicolinic acid)

These compounds are more stable than natural IAA and resist enzymatic degradation, making them effective for agricultural applications.

Agricultural Uses

Rooting Promotion

Enhances adventitious root formation in cuttings and tissue cultures

Fruit Management

Controls fruit setting, prevents premature drop , and influences ripening

Herbicide Action

Selectively kills broadleaf weeds at higher concentrations

Reference: Sosnowski et al., 2023

الأوكسينات الصناعية وتطبيقاتها الزراعية:

أوكسينات صناعية شائعة:

2,4-Dichlorophenoxyacetic acid)

تطبيقات: يُستخدم بشكل رئيسي كمبيد أعشاب جهازي انتقائي، حيث يقتل معظم الأعشاب عريضة الأوراق عن طريق التسبب في نمو غير منضبط، بينما لا يتأثر العشب والحبوب. كما يُستخدم كمنظم لنمو النبات في بعض محاصيل الفاكهة.

NAA (Naphthaleneacetic acid)

تطبيقات: يُستخدم على نطاق واسع في الزراعة والبستنة لتحفيز تكوين الجذور في العُقَل والبذور، مما يعزز التجذير. كما يساعد في زيادة حجم الثمار، ومنع تساقطها قبل النضج.

IBA (Indole-3-butyric acid)

تطبيقات: يُعد من أشهر الأوكسينات الصناعية وأكثرها فعالية في تحفيز نمو الجذور. يُستخدم بشكل شائع في زراعة الأنسجة النباتية، ولتحفيز التجذير في العُقَل.

Picloram (4-amino-3,5,6-trichloropicolinic acid)

تطبيقات: مبيد أعشاب قوي يُستخدم لمكافحة النباتات الخشبية والأعشاب عريضة الأوراق المعمرة في الأراضي الزراعية، والمراعي، والغابات. يمتاز بفعاليته الدائمة في التربة، مما يجعله خيارًا فعالًا لمكافحة الأعشاب العنيدة.

الأوكسينات الصناعية:

المميزات: تُعتبر هذه المركبات أكثر استقرارًا من الأوكسين الطبيعي كما أنها تقاوم التحلل الإنزيمي، مما يجعلها فعالة للتطبيقات الزراعية.

تعزيز التجذير في الزراعة :تعمل الأوكسينات على تعزيز تكوين الجذور العرضية في العُقَل ومزارع الأنسجة النباتية.

الاستخدامات الزراعية:

تعزيز التجذير: ستخدم الأوكسينات الصناعية لتحفيز تكوين الجذور في عُقَل النباتات.

تُطبق هذه الهرمونات على قاعدة العُقَل قبل الزراعة لتسريع عملية التجذير، مما يزيد من معدلات نجاح الإكثار.

إدارة الثمار:

التحكم في عقد الثمار: تُستخدم الأوكسينات للمساعدة في تكوين الثمار بعد الإخصاب.

منع التساقط المبكر: تُطبق الأوكسينات لمنع تساقط الثمار قبل نضجها، مما يسمح لها بالوصول إلى الحجم والجودة المطلوبين.

التأثير على النضج: يمكن للأوكسينات أن تؤثر على عملية نضج الثمار، مما يساعد على تنسيق الحصاد.

عمل مبيدات الأعشاب:

القتل الانتقائي للأعشاب عريضة الأوراق: تُستخدم الأوكسينات الصناعية بتركيزات عالية كمبيدات أعشاب انتقائية، حيث تقتل الأعشاب عريضة الأوراق مثل 2.4D بينما تترك الحشائش والنباتات الأخرى سليمة.

الية العمل: بتركيزات عالية، تُسبب الأوكسينات نموًا غير منضبط وخارج عن السيطرة في النباتات المستهدفة، مما يؤدي في النهاية إلى استنزافها وموتها.

Auxin: The Lifeblood of Plant Growth

الأوكسين: شريان الحياة في نمو النبات

Key References

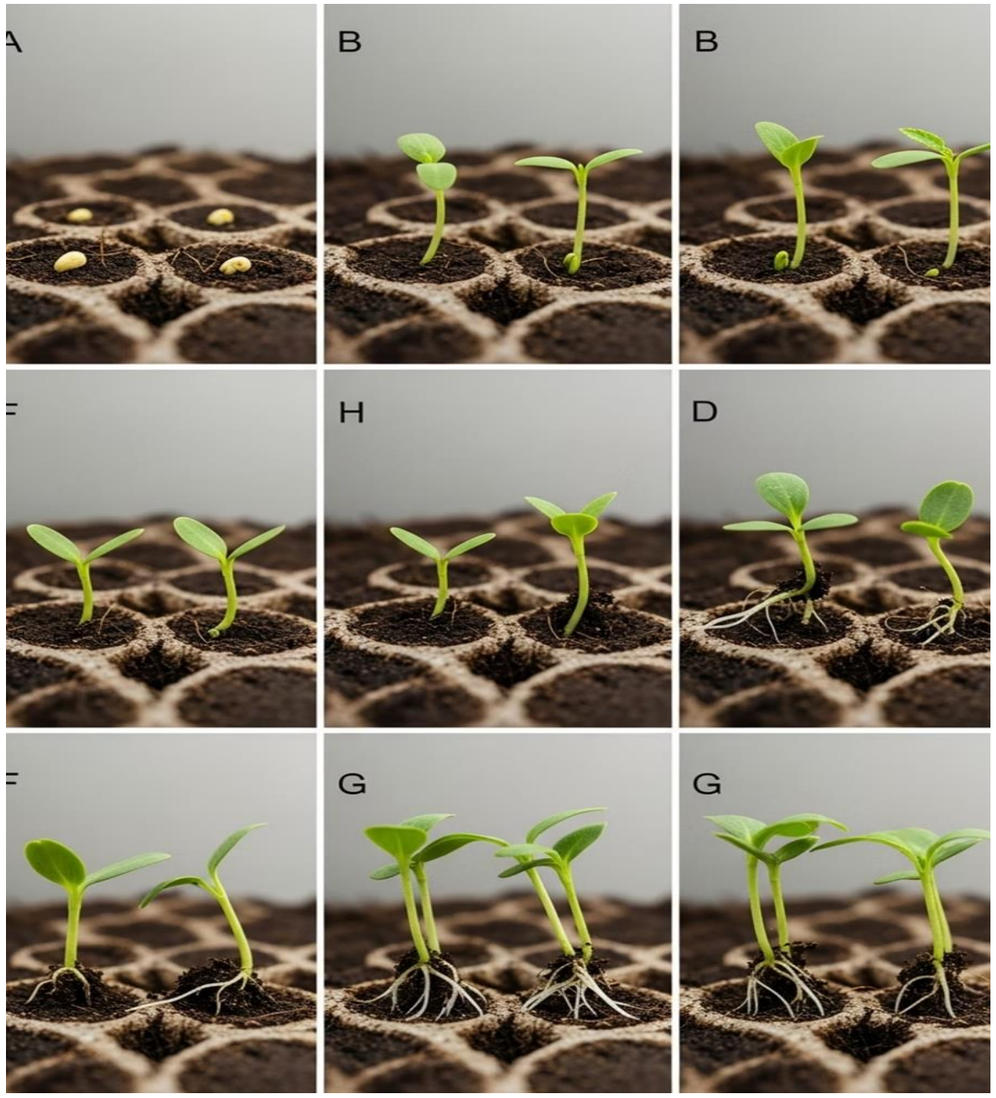
Primary Research Articles

- Zhang Q. et al., "Roles of Auxin in Growth and Stress," *Frontiers in Plant Science*, 2022.
- Sosnowski J. et al., "Auxin and Cytokinin Impact," *Agriculture*, 2023.
- EL Sabagh A. et al., "Phytohormones in Abiotic Stress," *Frontiers in Agronomy*, 2022.

Review Articles & Books

- Gray W.M., "Hormonal Regulation of Plant Growth," *Plant Physiology*, 2004.
- Mukherjee A., "The Bioactive Potential of Phytohormones," *Sci. Direct*, 2022.
- PMC4775141, "Auxin and Cellular Elongation," 2015.

These references provide comprehensive information on auxin biology, from molecular mechanisms to agricultural applications. They represent the current understanding of auxin's roles in plant growth regulation and stress responses.



خلاصة:

من جزيء صغير إلى أشجار باسقة: الأوكسينمن جزيء صغير إلى أشجار شاهقة، ينسق الأوكسين سيمفونية الحياة النباتية؛ فهو يفتح آفاق النمو والتكيف والمرونة.

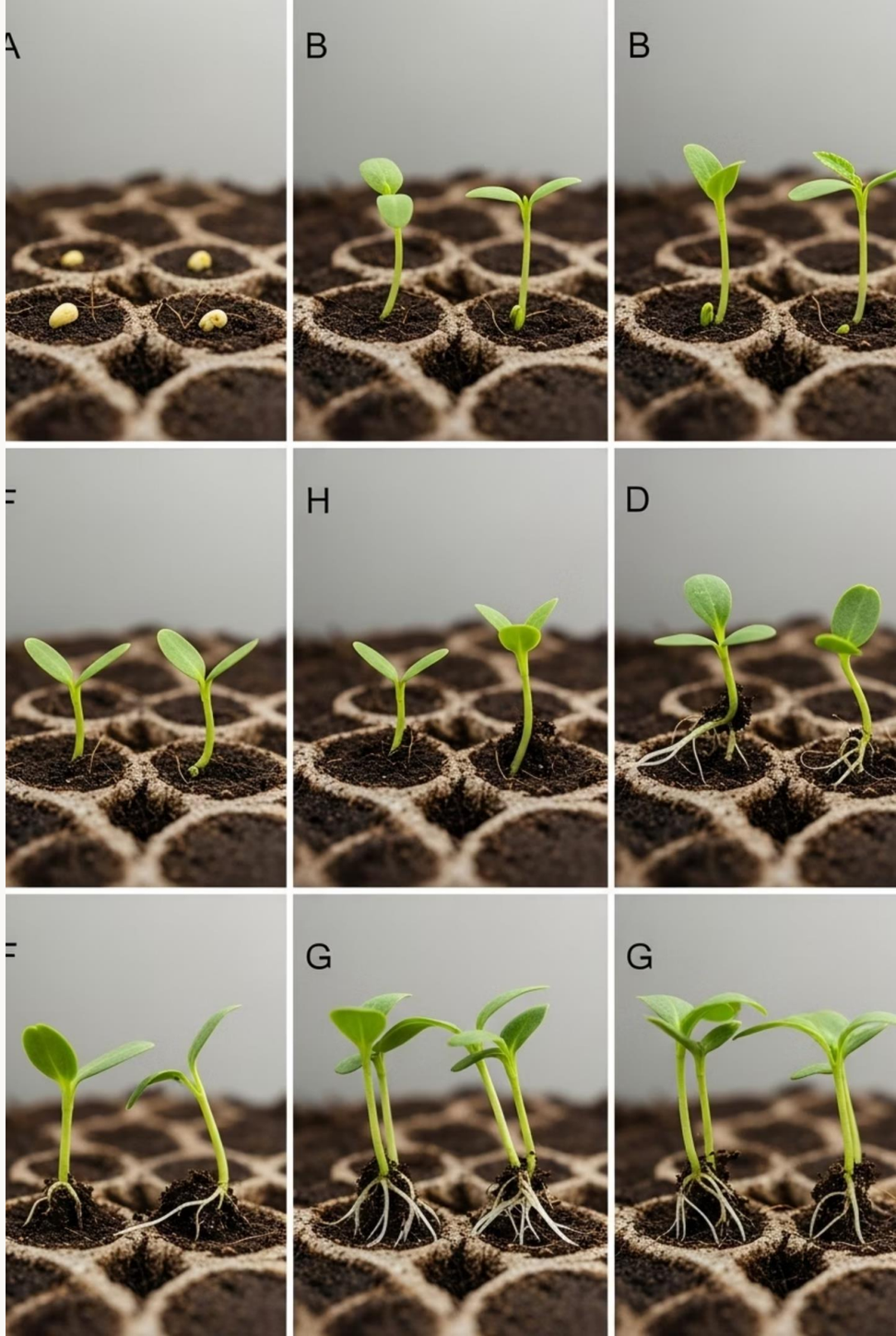
تطبيقات الأوكسين في عالم متغير:

إن فهم الدور الأساسي للأوكسين في نمو النبات لا يساهم فقط في تقدم معرفتنا العلمية، بل يوفر أيضًا أدوات لتعزيز مجالات الزراعة والبستنة وجهود الحفاظ على البيئة في عالم متغير.

Closing Thought

> "From a tiny molecule to towering trees, auxin orchestrates the symphony of plant life — unlocking growth, adaptation, and resilience."

Understanding auxin's fundamental role in plant development not only advances our scientific knowledge but also provides tools to enhance agriculture, horticulture, and conservation efforts in a changing world.



Thank you!

Questions & Discussion

We welcome your questions about phytohormones and auxin biology. The complex interplay between different plant hormones offers many opportunities for exploration and discovery.

Further Resources

- International Plant Growth Substances Association (IPGSA)
- American Society of Plant Biologists (ASPB)
- The Plant Cell journal's special collection on hormone signaling

Contact: phytohormone.research@university.edu