Gibberellins: The Plant Growth Hormones Shaping Life

A journey through the discovery, chemistry, and remarkable impacts of one of nature's most powerful plant growth regulators.

الجبرلينات :هرمونات نمو النبات التي تشكّل الحياة

رحلة عبر اكتشاف وكيمياء والتأثيرات الملحوظة لأحد أقوى مُنظِّمات نمو النبات في الطبيعة.

The Discovery and History of Gibberellins

- ✓ The story of gibberellins starts with an odd plant disease and develops into one of the most important findings in plant physiology, which fundamentally alters our knowledge of how plants regulate their growth.

اكتشاف وتاريخ الجبرلينات

بدأ قصة الجبرلينات بمرض نباتي غريب، وتتطور لتصبح أحد أهم الاكتشافات في علم وظائف الأعضاء النباتية الذي يغير جذريًا معرفتنا بكيفية تنظيم النباتات لنموها.

The "Foolish Seedling" Disease: A Serendipitous Discovery

Early 20th Century Japan

Rice farmers notice plants infected by *Gibberella fujikuroi* growing abnormally tall and weak, a condition called "bakanae" or "foolish seedling" disease. The infected plants would grow excessively tall but ultimately collapse under their own weight.

1

2

1935: Naming of Gibberellin

Japanese scientist Teijiro Yabuta successfully isolates active substances from the fungus and coins the term "gibberellin" after the fungal genus. This marked the first characterization of these powerful growth-promoting compounds.

3

Post-World War II

Western scientists isolate gibberellic acid (GA3) from fungal cultures, confirming gibberellins as potent plant growth regulators. This discovery opened new avenues for understanding plant development and growth control mechanisms.

مرض "الشتلة الحمقاء" :

١- الاكتشاف:

حدث بالصدفة في اليابان، أوائل القرن العشرين لاحظ مزارعو الأرز نباتات مصابة بفطر جيبيريلا فُوجيكور وينمو بشكل غير طبيعي طويل وضعيف، وهي حالة تُدعى "باكاناي"و مرض "الشتلة الحمقاء". كانت النباتات المصابة تنمو بطول مفرط، ولكنها تنهار في النهاية تحت ثقلها.

٢- تسمية الجبرلين ١٩٣٥

نجح العالم الياباني تيجيرو يابوتا في عزل المواد الفعالة من الفطر، وصاغ مصطلح "جبرلين" تيمناً بالجنس الفطري جيبيريلا فُوجيكور . يمثل هذا التوصيف الأول لهذه المركبات القوية المعززة للنمو.

٣- بعد الحرب العالمية الثانية

عزل العلماء الغربيون حمض الجبريليك من المزارع الفطرية، مؤكدين أن الجبرلينات هي مُنظِّمات قوية لنمو النبات. فتح هذا الاكتشاف آفاقاً جديدة لفهم تطور النبات وآليات تنظيم النمو.

From Disease to Discovery

The stark contrast between healthy rice plants and those affected by "**bakanae" disease** led researchers to investigate the underlying mechanism, eventually revealing the powerful growth-promoting properties of gibberellins.

من المرض إلى الاكتشاف:

إن التباين الصارخ بين نباتات الأرز السليمة وتلك المصابة بمرض **"باكاناي"** قاد الباحثين إلى تقصي **الآلية الكامنة**، مما كشف في نهاية المطاف عن الخصائص القوية المعززة للنمو التي تتمتع بها **الجبرلينات**.

- The term "bakanae" literally translates to "foolish seedling" in Japanese, describing the unusually tall but weak plants that would ultimately collapse before harvest.

- يترجم مصطلح **"باكاناي"** حرفياً إلى **"الشتلة الحمقاء"** باللغة اليابانية، واصفاً النباتات الطويلة بشكل غير عادي ولكنها ضعيفة والتي كانت تنهار في نهاية المطاف قبل الحصاد.

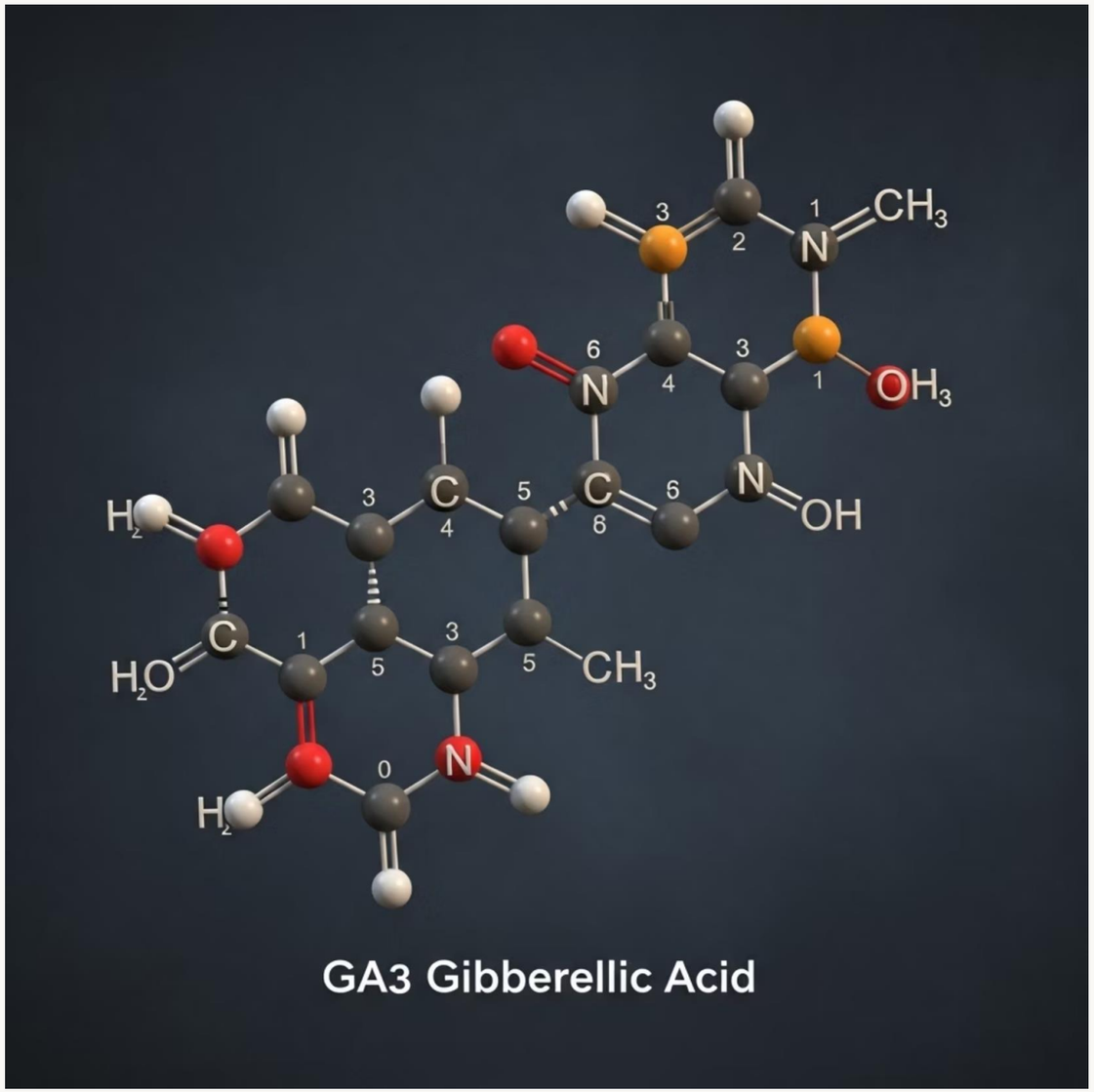
Chemical Structure of Gibberellins Family

التركيب الكيميائي لعائلة الجبرلينات:

The molecular architecture of gibberellins determines their biological activity and reveals how these hormones interact with plant cellular machinery to produce their remarkable effects on growth and development.

يُحدِّد البناء الجزيئي للجبرلينات نشاطها البيولوجي، ويكشف عن كيفية تفاعل هذه الهرمونات مع الآلية الخلوية النباتية لإحداث تأثيراتها الملحوظة على النمو والتطور.

Gibberellins: Tetracyclic Diterpenoid Acids



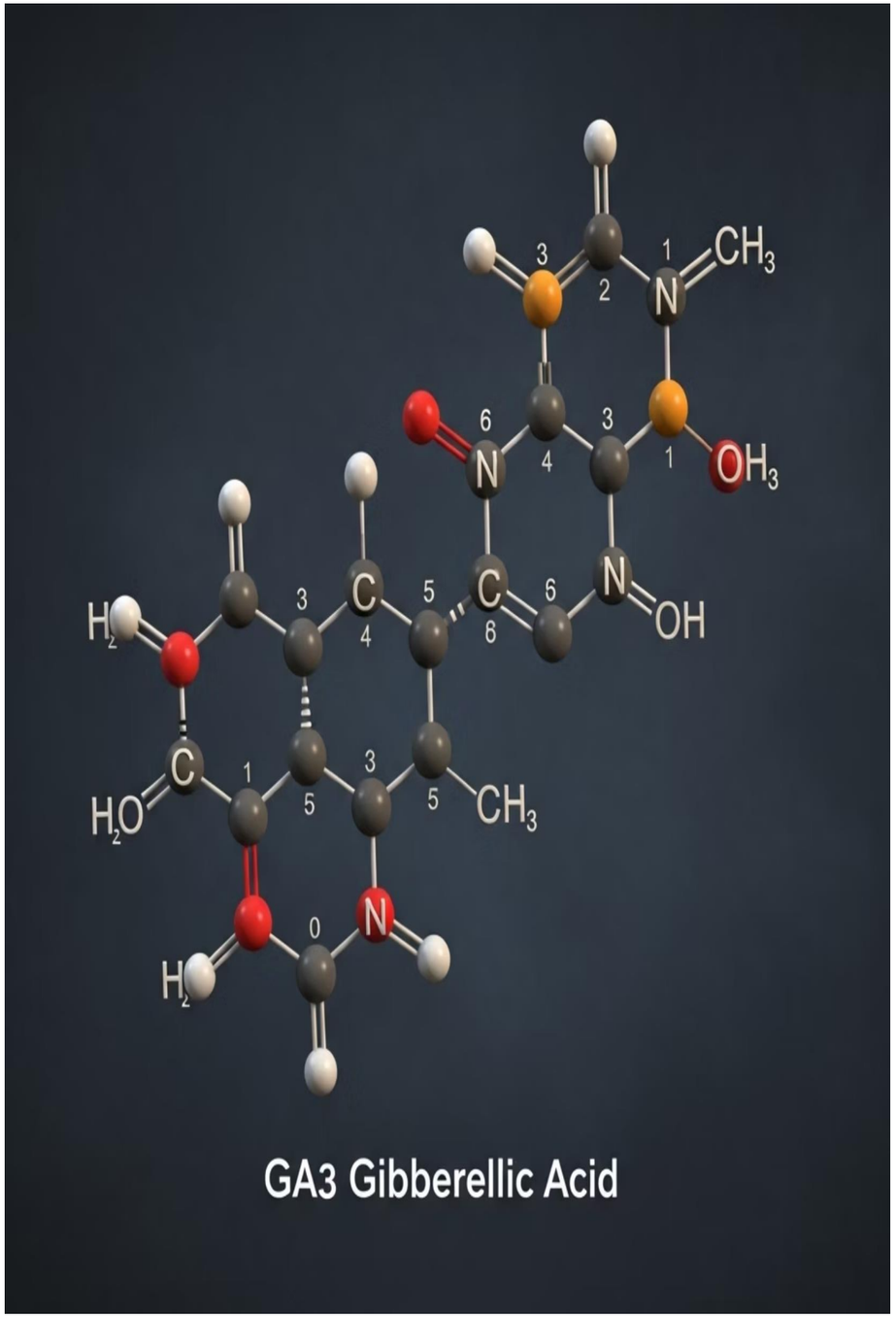
Complex Family of Growth Regulators

- Over 130 different gibberellins identified across plant species
- Only GA1, GA3, GA4, and GA7 function as bioactive hormones
- All share an ent-gibberellane skeleton with either 19 or 20 carbon atoms

Critical Structural Features

- Bioactive forms have 19 carbons with a lactone bridge between C4 and C10
- Hydroxyl group at C-3β position
- Carboxyl group at C-6 position

الجبرلينات: أحماض ديتيربينويدية رباعية الحلقات
Tetracyclic Diterpenoid Acids



عائلة معقدة من مُنظِّمات النمو:

* تم تحديد أكثر من ١٣٠ نوعاً مختلفاً من الجبرلينات عبر الأنواع النباتية.

* تعمل كهرمونات **نشطة بيولوجياً** GA1/GA3/GA4/GA7

* تشترك جميعها في **هيكل الجبرلين** ent-gibberellane skeleton
الذي يحتوي إما على **١٩** أو **٢٠** ذرة كربون.

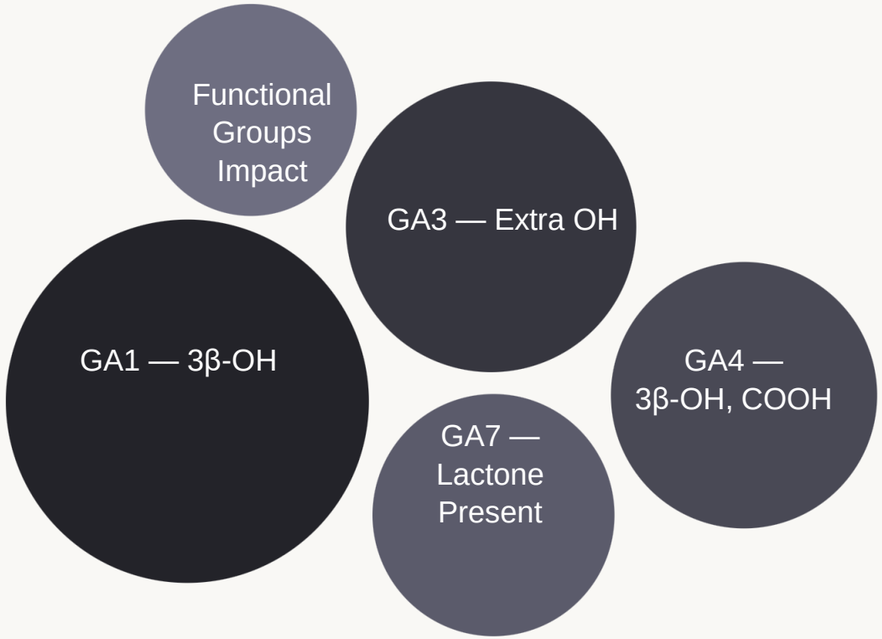
السمات الهيكلية (التركيبية) الحرجة:

* تحتوي الأشكال **النشطة بيولوجياً** على ١٩ ذرة كربون مع **جسر لاكتون** بين **C4 & C10**

* مجموعة **هيدروكسيل** **(OH)** في الموضع **C-3β**

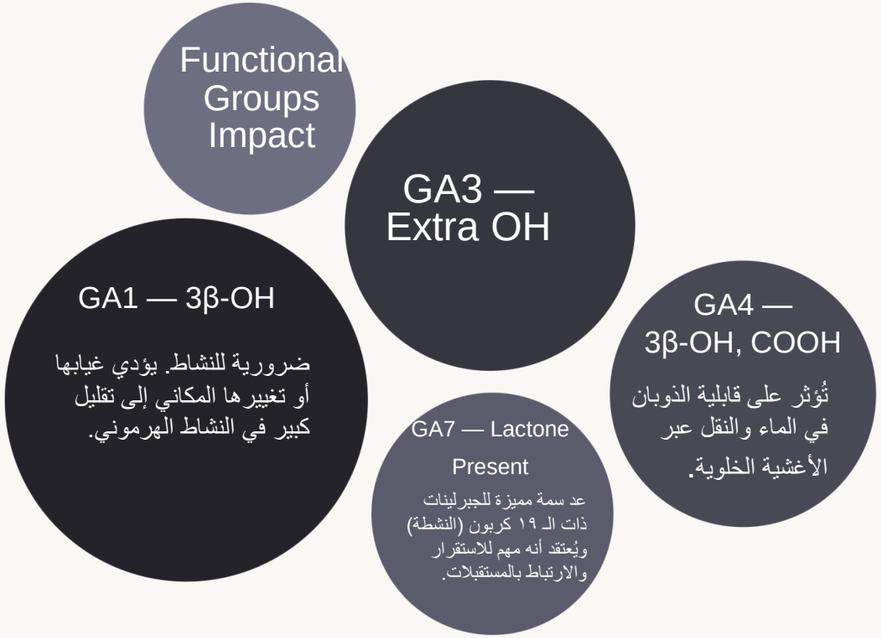
* مجموعة **كربوكسيل** **COOH** في الموضع **C-6**

Chemical Structures of Bioactive Gibberellins



The subtle differences in hydroxylation patterns and ring structures between gibberellin variants determine their binding affinity to receptors and subsequent biological activity in plants.

التراكيب الكيميائية للجبرلينات النشطة بيولوجياً



تُحدد **الفروق الدقيقة** في **أنماط** **الهيدروكسيل** و**تراكيب الحلقات** بين متغيرات الجبرلين **الفة ارتباطها** بالمستقبلات و**نشاطها البيولوجي** اللاحق في النباتات.

Natural Sources of Gibberellins

المصادر الطبيعية للجبرلينات

Cellular Synthesis

Biosynthesis occurs in multiple **cellular compartments, including plastids (early steps)**, **endoplasmic reticulum**, and **cytosol (later steps)** via the complex terpenoid pathway, sharing precursors with other important plant compounds.

تُعدّ الجبرلينات هرمونات طبيعية تُنتَج في أجزاء مختلفة من النبات، وتشمل مصادرها الرئيسية ما يلي:

المناطق النامية النشطة:

١- الأوراق الفتية او حديثة النمو .

٢- القمم النامية للسوق والجذور

اجزاء التكاثر والنمو السريع:

١- البذور غير الناضجة تحتوي على مستويات عاليه من الجبرلين وتعتبر مصدر غني لاستخلاصها .

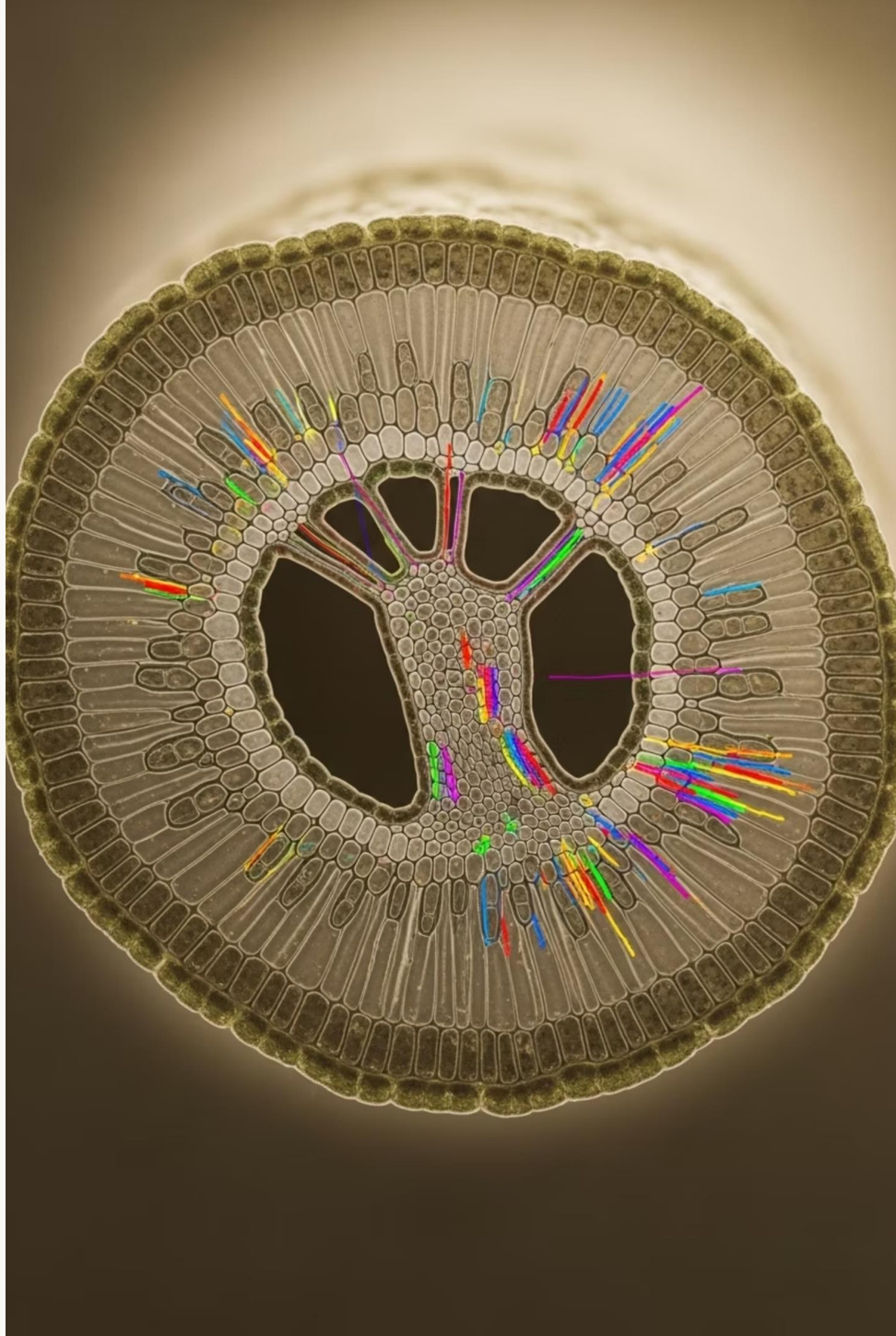
٢- الثمار النامية.

الكائنات الحية الأخرى:

١- الفطريات كما ذكر سابقا.
٢- بعض انواع البكتيريا .

Transport and Localization of Gibberellins in Plants

Understanding how gibberellins move within plant tissues is crucial for explaining their site-specific effects and the coordination of growth responses across different plant organs.



نقل وتوطُّن الجبرلينات في النباتات

يُعدّ فهم كيفية تحرك الجبرلينات داخل **أنسجة النبات** أمراً **حيوياً** لتفسير تأثيراتها **الخاصة بالموقع** وتنسيق **استجابات النمو** عبر مختلف **أعضاء النبات**.

How Gibberellins Move Within Plants

Local Accumulation

Bioactive GAs concentrate in specific growth zones like root tips, shoot apices, and developing seeds where they directly stimulate cell division and elongation.

Long-Distance Transport

Plants primarily transport inactive GA precursors through vascular systems, which are then converted to active forms at target sites—a strategy that helps regulate when and where growth occurs.

Transport Proteins

Recently identified transporters from the NPF and SWEET protein families facilitate GA movement across cell membranes with varying degrees of specificity, creating complex distribution patterns.

كيف تتحرك الجبرلينات داخل النباتات؟

التراكم الموضعي:

تتركز الجبرلينات النشطة بيولوجياً **Bioactive GAs**
في مناطق نمو محددة مثل **قمم الجذور**، و**قمم السيقان** و**البذور النامية**، حيث تقوم بتحفيز **انقسام** و**استطالة الخلايا** بشكل مباشر.

النقل لمسافات طويلة:

تنقل النباتات بشكل أساسي سلائف الجبرلين غير النشطة عبر الأجهزة الوعائية والتي يتم تحويلها بعد ذلك إلى أشكال نشطة في المواقع المستهدفة هذه استراتيجية تساعد في تنظيم متى وأين يحدث النمو.

بروتينات النقل:

تم مؤخراً تحديد ناقلات من عائلتي بروتينات **SWEET & NPF** والتي تُسهّل حركة الجبرلين عبر **أغشية الخلايا** بدرجات متفاوتة من **النوعية** مما يخلق **أنماط توزيع معقدة**.

Gibberellin Transport Pathways in Plant Tissues

1 Synthesis in Young Tissues

Gibberellins are primarily synthesized in actively growing tissues like young leaves, developing seeds, and root tips.

2 Phloem-Mediated Movement

Transport occurs mainly through the phloem, the plant's food-conducting tissue, along with photosynthates. This is a non-polar transport, meaning it's not directional like water transport.

3 Action at Target Sites

They reach various target organs such as stem internodes, roots, and flower buds, where they regulate diverse developmental processes like stem elongation and seed germination.

مسارات نقل الجبرلين في الأنسجة النباتية:

التصنيع في الأنسجة الفتية:

تصنَّع الجبرلينات بشكل أساسي في الأنسجة النامية النشطة مثل الأوراق الفتية، والبذور النامية، وقمم الجذور.

الحركة عبر اللحاء:

يحدث النقل بشكل رئيسي عبر اللحاء وهو نسيج توصيل الغذاء في النبات، جنباً إلى جنب مع الناتج الضوئي ، هذا النقل غير قطبي مما يعني أنه ليس اتجاهياً مثل نقل الماء.

التأثير في المواقع المستهدفة:

تصل الجبرلينات إلى أعضاء مستهدفة مختلفة مثل السُلاميات والجذور، والبراعم الزهرية حيث تنظم عمليات نمائية متنوعة مثل استطالة الساق وانبات البذور .

Gibberellins as Growth Hormones in Plant Development

الجبرلينات كهرمونات نمو في التطور النباتي

Multifaceted Roles of Gibberellins Across Plant Life Stages

Seed Germination

GA signals the aleurone layer to produce α-amylase enzymes that break down starch reserves into glucose, providing energy for the growing embryo to emerge from the seed coat.

Flowering & Fruiting

GAs help regulate the transition from vegetative to reproductive growth, influence flower gender in some species, and stimulate fruit development through cell expansion.

Breaking Dormancy

GAs overcome seed and bud dormancy by neutralizing growth inhibitors and promoting cell division, enabling plants to resume growth after unfavorable periods like winter.

Stem Elongation

GA promotes rapid cell division in intercalary meristems and subsequent cell elongation, leading to dramatic increases in plant height, especially in grasses and bolting plants.

التأثيرات الفسيولوجية الرئيسية

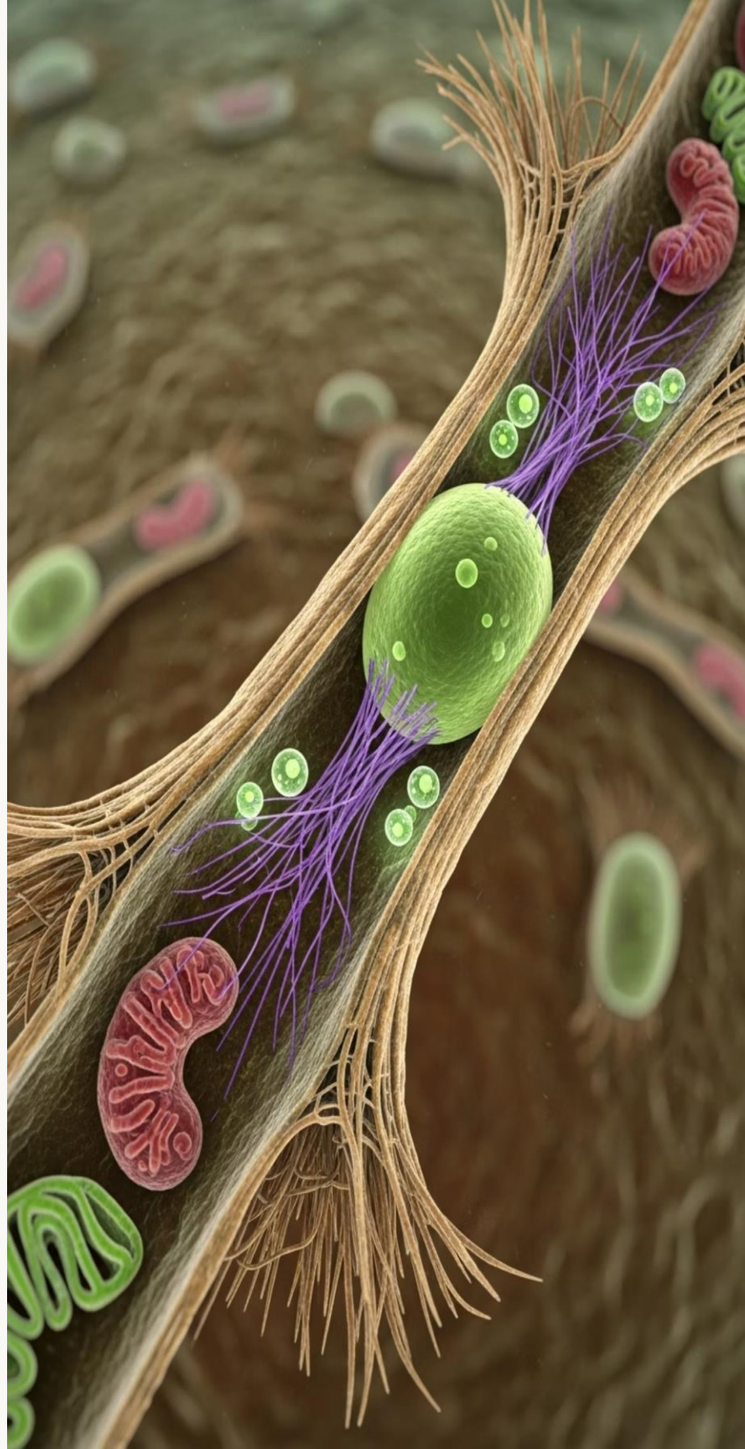
العملية النباتية	دور الجبرلين (GA)	الآلية
إنبات البذور (Seed Germination)	**يكسر السكون (Dormancy)**، ويحث على إنبات البذرة.	يحفز إنتاج إنزيمات محللة (مثل إنزيم **ألفا-أميلاز**) في طبقة **الأليرون** لتحويل النشا المخزون في السويداء إلى سكريات قابلة للاستخدام لتغذية الجنين النامي.
استطالة الساق (Stem Elongation)	يزيد من طول الساق بشكل ملحوظ، خاصة في النباتات القزمة وذات الوردة (Rosette plants).	يحفز **استطالة الخلايا** ويزيد من **انقسام الخلايا** في السُلاميات (Internodes)، مما يؤدي إلى نمو طولي سريع.
الإزهار (Flowering)	يحث على **التزهير** في بعض نباتات النهار الطويل (Long-day plants) التي تحتاج إلى فترة برودة (Vernalization).	يسرّع عملية **تكوين البراعم الزهرية** ويزيد من نمو الحامل الزهري (Bolting).
تكوين الثمار (Fruit Development)	يدعم نمو الثمرة وتطورها.	يمكن أن يحث على **العقد البكري (Parthenocarpy)**، وهو تكوين ثمار بلا بذور (مثل بعض أنواع العنب والكمثرى).
تأثيرات أخرى	يؤخر **الشيخوخة (Senescence)** ويؤثر على تمايُز الأعضاء الذكرية والأنثوية في بعض الأنواع.	يؤخر تحلل الكلوروفيل ويحافظ على الأنسجة نشطة.

Physiological and Molecular Mechanisms of Gibberellins

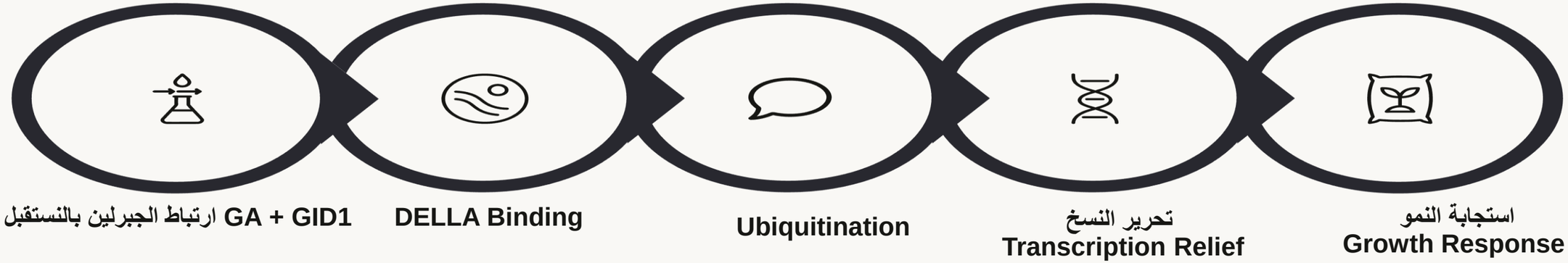
The remarkable effects of gibberellins on plant growth stem from sophisticated molecular interactions that trigger cascades of gene expression changes, ultimately transforming cellular behavior.

الآليات الفسيولوجية والجزيئية للجبرلينات

تتبع التأثيرات الملحوظة للجبرلينات على نمو النبات من **تفاعلات جزيئية معقدة (Sophisticated Molecular Interactions)** تُطلق **سلاسل متتالية (Cascades)** من **تغيرات التعبير الجيني (Gene Expression Changes)**، والتي تُحوّل في نهاية المطاف **السلوك الخلوي**.



How Gibberellins Work at the Molecular Level



The degradation of DELLA proteins acts as a molecular switch that unleashes a suite of growth-promoting genes, fundamentally altering the plant's developmental trajectory.

كيف تعمل الجبرلينات على المستوى الجزيئي

يعمل تحطيم بروتينات DELLA كمفتاح جزيئي (Molecular Switch) يطلق مجموعة من الجينات المُحفزة للنمو (Growth-promoting Genes)، مما يغير بشكل جذري المسار النمائي (Developmental Trajectory) للنبات.

كيف تعمل الجبرلينات (GA Mode of Action)

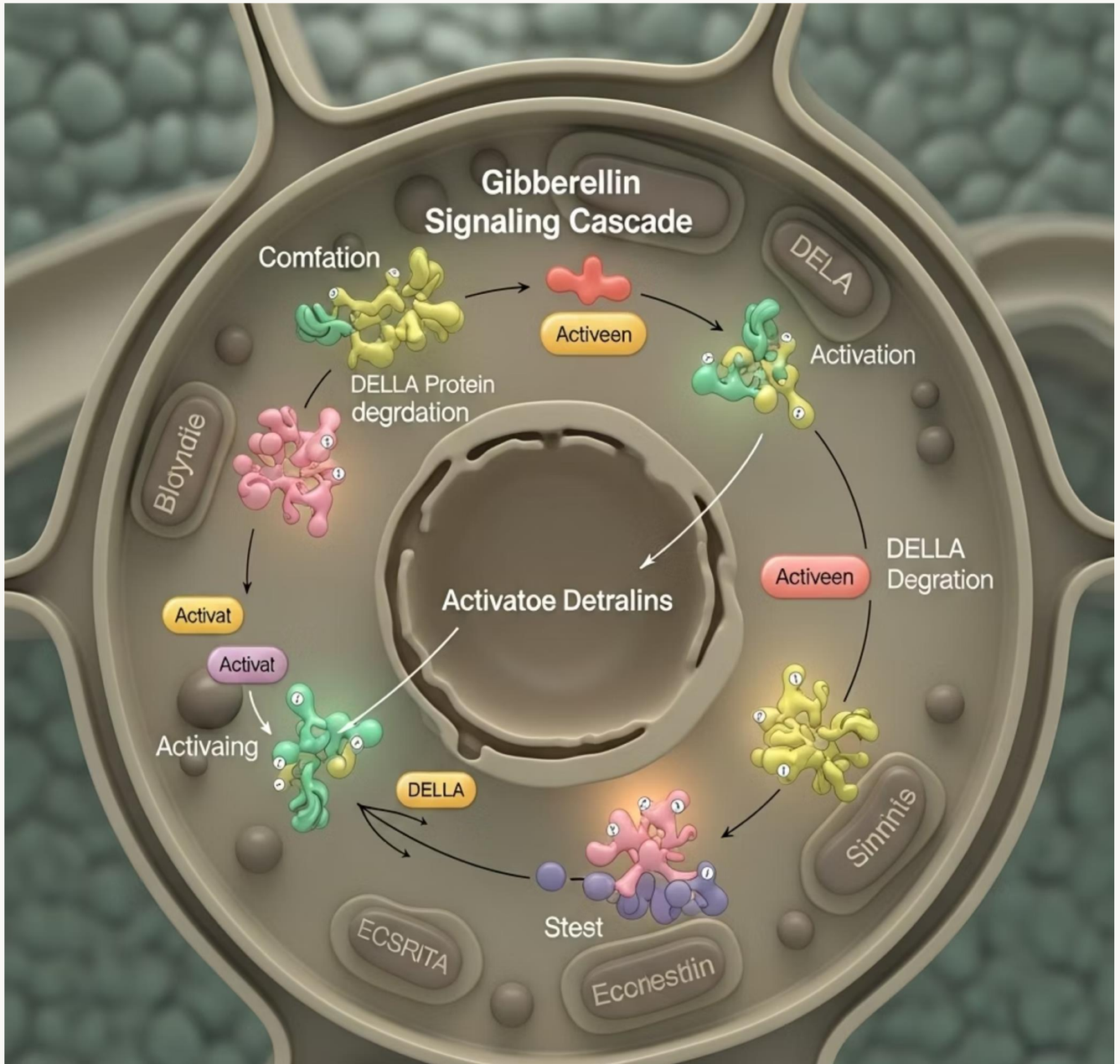
يعمل الجبرلين عبر مسار إشارات دقيق على المستوى الجزيئي:

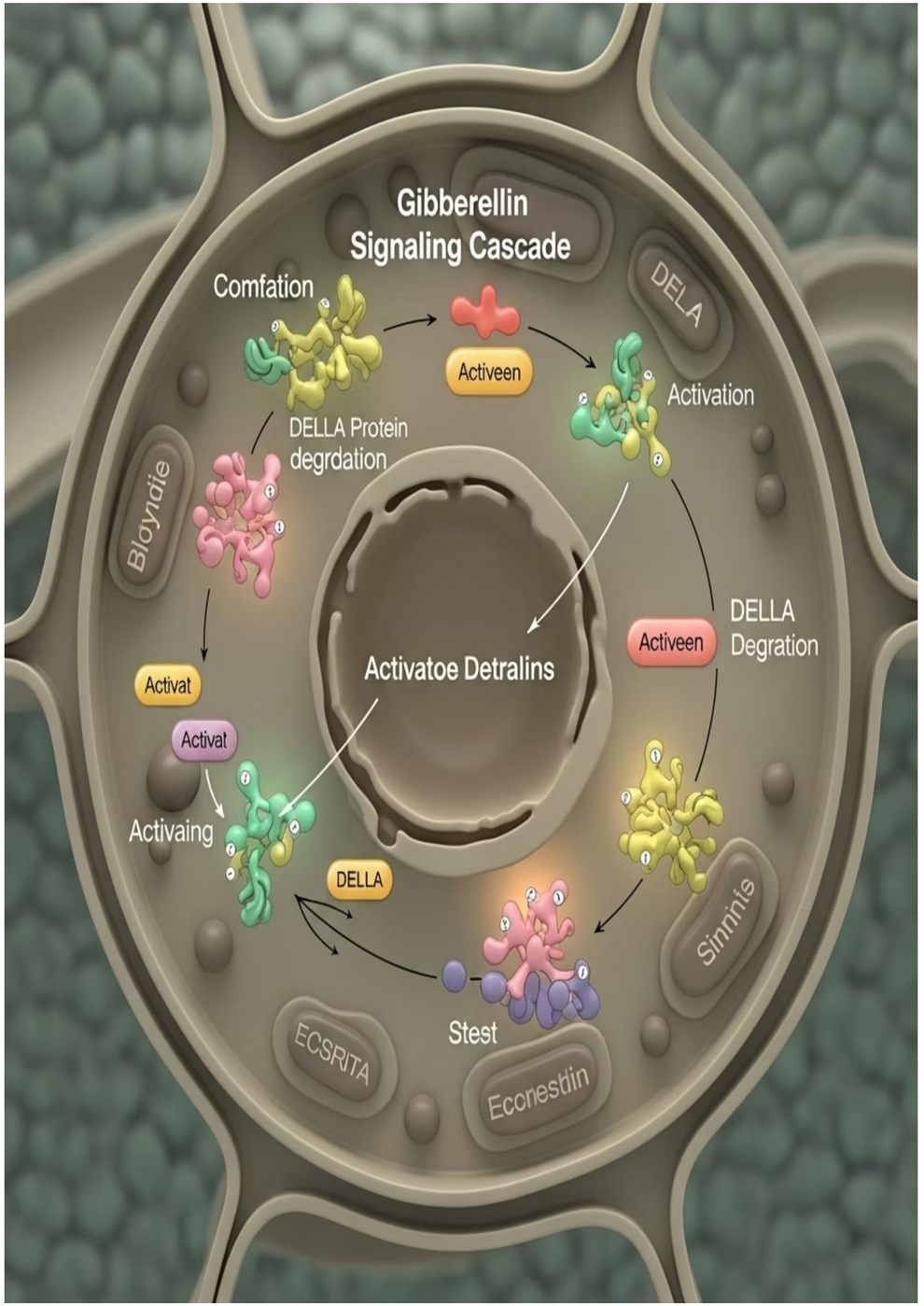
1. **الارتباط بالمستقبل (Receptor Binding):** يدخل الجبرلين إلى نواة الخلية ويرتبط بمستقبل بروتيني يُسمى **GID1** (Gibberellin Insensitive Dwarf 1).
2. **تشكيل المعقد (Complex Formation):** يؤدي هذا الارتباط إلى تشكيل معقد GA/GID1، والذي بدوره يرتبط ببروتينات **المثبط (Repressor proteins)** من عائلة **DELLA** (وهي كابحات قوية للنمو).
3. **تحطيم المثبط (Repressor Degradation):** الارتباط بمعقد GA/GID1 يضع علامة على بروتينات DELLA للتحطيم الفوري بواسطة نظام **اليوبيكويتين/البروتيازوم (Ubiquitin/Proteasome system)**.
4. **إطلاق الجينات:** بمجرد تحطيم DELLA المثبط، تتحرر جينات النمو، مما يسمح لها بالتعبير وإنتاج البروتينات اللازمة لـ **انقسام الخلايا، والاستطالة، وبدء النمو**.

Gibberellin Signaling Pathway: From Perception to Growth Response

Key Steps in GA Signaling

- ✓ GA binds to GID1 receptor in cytoplasm
- ✓ GA-GID1 complex binds DELLA proteins
- ✓ DELLA proteins are targeted for degradation
- ✓ Transcription factors are released from inhibition
- ✓ Growth-promoting genes are activated





مسار إشارات الجبرلين (Gibberellin Signaling Pathway): من الاستشعار إلى استجابة النمو

الخطوات الرئيسية في إشارات الجبرلين (Key Steps in GA Signaling)

1. يرتبط الجبرلين (GA) بالمستقبل GID_1 في السيتوبلازم (Cytoplasm).
2. يرتبط مُعقَّد $GA\text{-}GID_1$ ببروتينات DELLA (المُثبِّطة).
3. يتم استهداف بروتينات DELLA للتحطيم (Degradation).
4. يتم تحرير عوامل النسخ (Transcription Factors) من التثبيط.
5. يتم تنشيط الجينات المُحفِّزة للنمو (Growth-promoting Genes).

هذا المسار هو الآلية الجزيئية التي تترجم بها النباتات وجود هرمون الجبرلين إلى استجابة نمو فعلية.

Agricultural Importance and Applications

الأهمية والتطبيقات الزراعية

تُعدّ الجبرلينات أدوات لا غنى عنها في الزراعة الحديثة، حيث يتم استخدامها تجارياً على نطاق واسع لـ:

1. **زيادة حجم المحصول (Increasing Crop Yield):**
   - **تطويل الساق (Stem Elongation):** تُستخدم لزيادة ارتفاع محاصيل العلف وتحسين طول السُلاميات في قصب السكر.
   - **تحسين حجم الثمار (Fruit Sizing):** تُستخدم بشكل خاص في **العنب اللابذري (Seedless Grapes)**، حيث تزيد من طول العنقود وحجم الحبات، مما يُحسن من جودة التسويق.
2. **تعديل نمو الثمار (Modifying Fruit Development):**
   - **العقد البكري (Parthenocarpy):** تُطبق لتحفيز نمو ثمار خالية من البذور في بعض المحاصيل مثل الكمثرى والحمضيات.
   - **تأخير النضج (Delaying Ripening):** يمكن أن تُستخدم لتأخير نضج بعض الفواكه (مثل الكرز)، مما يسمح بفترات حصاد وتسويق أطول.
3. **كسر السكون (Breaking Dormancy):**
   - **إنبات الشعير (Barley Malting):** تُستخدم على نطاق واسع في صناعة **تخمير الشعير (Malting)**، حيث تُسرّع عملية إنبات حبوب الشعير وتُحفز إنتاج إنزيم α-amylase اللازم لتحويل النشا إلى سكريات التخمير.
   - **إنبات البراعم والبذور:** تُطبق لكسر سكون براعم درنات البطاطس والبذور التي تتطلب فترة برودة (vernalization) أو ضوء لتبدأ النمو.
4. **إنتاج البذور (Seed Production):**
   - **حث الإزهار (Inducing Flowering):** تُستخدم لإحداث الإزهار في نباتات تحتاج عادةً لظروف خاصة (مثل البرودة أو النهار الطويل) مثل الخس والسبانخ، مما يُسهل إنتاج بذورها.

Gibberellins in Crop Improvement and Stress Response

Green Revolution Connection

Semi-dwarf varieties of wheat and rice that revolutionized agriculture carry mutations affecting GA biosynthesis or signaling. These shorter plants resist lodging (falling over) and allocate more resources to grain production rather than stem growth.

Commercial Applications

Agricultural applications include breaking seed dormancy, increasing fruit size in seedless grapes, malting barley for beer production, inducing male flowers in cucumbers for hybrid seed production, and accelerating sugarcane ripening.

Stress Adaptation

GA signaling adjusts during environmental stresses like drought, cold, and salinity. Plants often reduce GA levels during stress to limit growth and conserve resources, then restore GA activity during recovery phases.

الجبرلينات في تحسين المحاصيل والاستجابة للإجهاد:

الارتباط بالثورة الخضراء (Green Revolution Connection)

تحمل الأصناف **شبه القزمة (Semi-dwarf varieties)** من القمح والأرز التي أحدثت ثورة في الزراعة **طفرات (Mutations)** تؤثر على **التخليق الحيوي (Biosynthesis)** أو **الإشارات (Signaling)** الخاصة بالجبرلين. هذه النباتات الأقصر **تقاوم الرقاد (Lodging)** (السقوط)، وتُخصِّص المزيد من الموارد لإنتاج **الحبوب (Grain Production)** بدلاً من نمو الساق.

التطبيقات التجارية (Commercial Applications)

تشمل التطبيقات الزراعية ما يلي:

- **كسر سكون البذور.**
- **زيادة حجم الثمار** في العنب اللابذري.
- **تخمير الشعير (Malting)** لإنتاج البيرة.
- **حثّ تكوين الأزهار الذكرية** في الخيار لإنتاج البذور الهجينة.
- **تسريع نضج قصب السكر.**

التكيف مع الإجهاد (Stress Adaptation)

تتغير **إشارات الجبرلين أثناء الإجهادات البيئية (Environmental Stresses)** مثل **الجفاف**، والبرودة، و**الملوحة**. غالباً ما تقلل النباتات مستويات الجبرلين أثناء الإجهاد **للحد من النمو وحفظ الموارد (Conserve Resources)**، ثم تستعيد نشاط الجبرلين خلال مراحل التعافي.

Conclusion: Gibberellins — Tiny Hormones, Massive Impact

- ✓ From a fungal disease to a cornerstone of modern agriculture, the discovery and understanding of gibberellins has transformed plant science and agricultural practices worldwide.
- ✓ The intricate chemistry, transport mechanisms, and signaling pathways of gibberellins reveal nature's elegant solutions for regulating plant growth and development.
- ✓ Future research and biotechnological applications promise new breakthroughs in harnessing these powerful hormones for improved crop varieties, enhanced food security, and sustainable agriculture in a changing climate.

الخلاصة: الجبرلينات (Gibberellins) – هرمونات ضئيلة، تأثير هائل

من مرض فطري إلى حجر زاوية في الزراعة الحديثة، أدى اكتشاف وفهم الجبرلينات إلى **إحداث تحول (Transformed)** في **علم النبات (Plant Science)** و**الممارسات الزراعية (Agricultural Practices)** حول العالم.

يكشف **الكيمياء المعقدة (Intricate Chemistry)**، و**آليات النقل (Transport Mechanisms)**، و**مسارات الإشارات (Signaling Pathways)** للجبرلينات عن **الحلول الطبيعية الأنيقة (Nature's Elegant Solutions)** لتنظيم نمو النبات وتطوره.

تَعِدُ الأبحاث المستقبلية والتطبيقات التكنولوجية الحيوية بـ**اكتشافات جديدة (New Breakthroughs)** في تسخير هذه الهرمونات القوية من أجل **تحسين أصناف المحاصيل (Improved Crop Varieties)**، و**تعزيز الأمن الغذائي (Enhanced Food Security)**، و**الزراعة المستدامة (Sustainable Agriculture)** في ظل مناخ متغير.

References & Further Reading

Scientific Articles

- Rieu I, et al. "Gibberellin Localization and Transport in Plants." *Trends Plant Sci.* 2018.
- Hedden P, Sponsel V. "A Century of Gibberellin Research." *J Plant Growth Regul.* 2015.
- Yamaguchi S. "Gibberellin Metabolism and its Regulation." *Annu Rev Plant Biol.* 2008.
- Davière JM, Achard P. "Gibberellin signaling in plants." *Development.* 2013.

Books & Reviews

- Davies PJ. "Plant Hormones: Biosynthesis, Signal Transduction, Action!" Springer, 2010.
- Taiz L, Zeiger E. "Plant Physiology and Development." Sinauer Associates, 2018.
- Buchanan BB, et al. "Biochemistry & Molecular Biology of Plants." Wiley, 2015.

Online Resources

- Khanacademy.org: "Plant Hormones and Signaling"
- ASPB Plant Physiology Education: "Gibberellins"
- Plant Cell Atlas: "Hormone Distribution Maps"
- International Plant Growth Substances Association