KINGDOOM OF SAUDI ARABIA
King Saud University
College of Sciences - Botany and Microbiology Dep.

Plant growth and regulators
BOT 373

Lecture 7

The Cytokinin's

الكاينتين

- In the latter half of the 19th century, scientists hypothesized that tissues that have been torn or injured produce a substance that spreads to healthy cells adjacent to the wound and stimulates meristematic activity in them.
- One researcher demonstrated that compounds dispersed throughout the bark promote cell division in the tissue of potato tubers.
- Additionally, he discovered that tobacco plants' vascular tissue cells contain chemicals that promote cell division.

فرضيات وتحقيقات حول منشطات انقسام الخلايا في الأنسجة التالفة .

في النصف الأخير من القرن التاسع عشر، افترض العلماء أن الأنسجة التي تمزقت أو أُصيبت تنتج مادة تنتشر إلى الخلايا السليمة المجاورة للجرح وتحفز فيها النشاط الميريستيمي

أثبت أحد الباحثين أن المركبات المنتشرة في لحاء (قشرة) درنات البطاطس تعزز انقسام الخلايا في نسيجها.

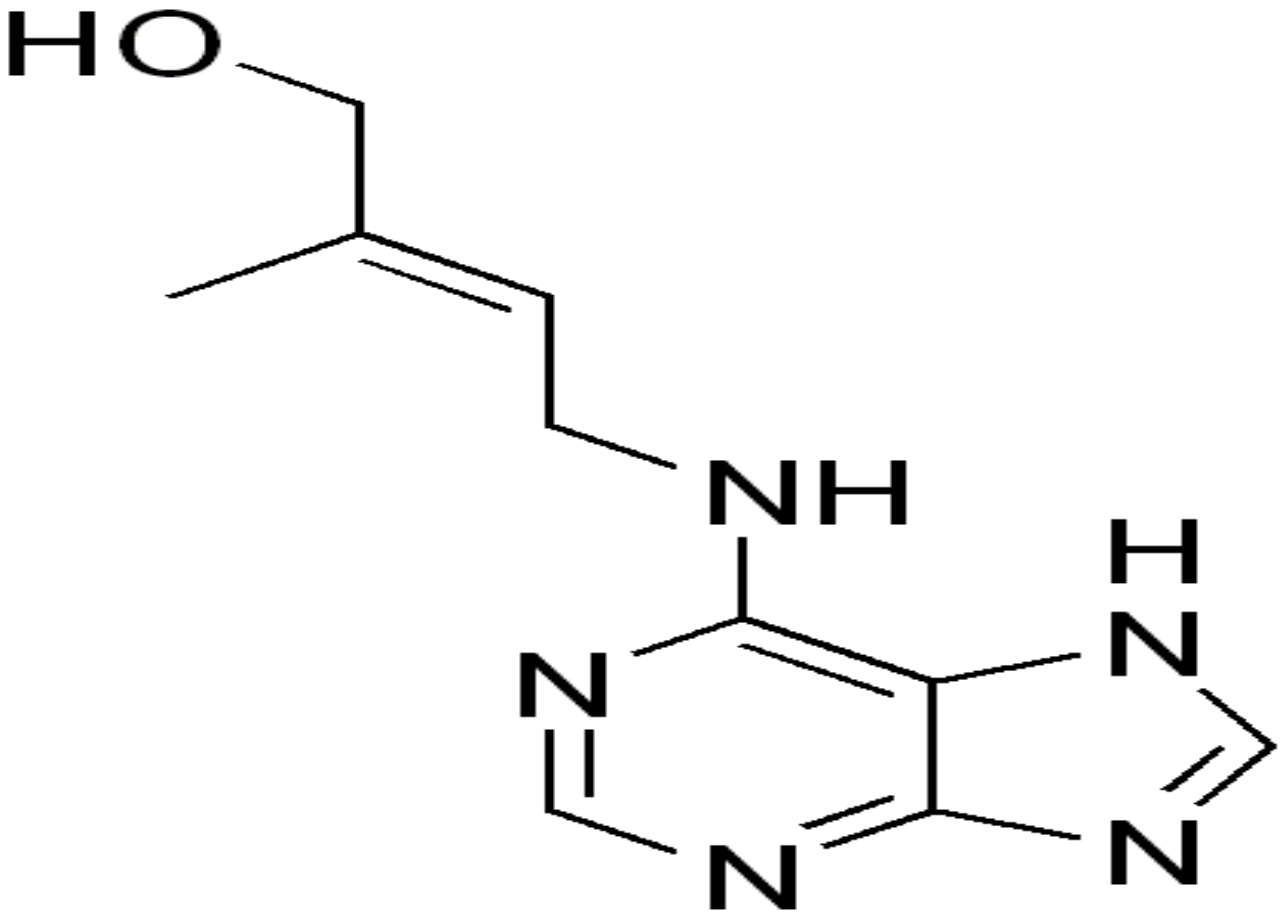
بالإضافة إلى ذلك، اكتشف أن الخلايا في **الأنسجة الوعائية** لنباتات التبغ تحتوي على مواد كيميائية تعزز **انقسام الخلايا**.

- Researchers have discovered the chemical compound known as kinetin, which stimulates tobacco cell development in tissue cultures.
- As a result of the discovery of kinetin, a new era began in research on cell division in plants, and the name **cytokinin** was given to compounds that exhibit plant growth-regulating properties.

اكتشاف الكينيتين وتسمية السيتوكينينات

- اكتشف الباحثون المركب الكيميائي المعروف باسم **الكينيتين (Kinetin)**، والذي يحفز نمو خلايا التبغ في المزارع النسيجية.
- نتيجة لاكتشاف الكينيتين، بدأت حقبة جديدة في أبحاث **انقسام الخلايا في النباتات**.
- أُطلق اسم السيتوكينين (Cytokinin) على المركبات التي تُظهر خصائص تنظيم نمو النبات وتحفز انقسام الخلايا.

The common compound : **Zeatin** - **الزياتين**



Distribution of cytokinin in plants:❇ توزيع السيتوكينينات في النباتات

- They are produced in mature areas and in areas with continuous growth effort,
- meaning that cytokinins are abundant in **the roots, young leaves and developing fruits**.
- Cytokinins are formed in the roots especially during the seedling stage and then move to the upper parts of the plant through the wood.

تُنتَج السيتوكينينات بشكل أساسي في **المناطق التي تشهد نموًا مستمرًا** أو نموًا نشطًا. هذا يعني أنها تكون وفيرة في الأجزاء التالية من النبات:

- **الجذور (Roots):**
  - الجذور هي **الموقع الرئيسي** لتخليق (إنتاج) السيتوكينينات، خاصةً خلال **مرحلة الشتلة (Seedling stage)**.
  - بعد تكوينها في الجذور، تنتقل السيتوكينينات إلى الأجزاء العلوية للنبات (مثل السيقان والأوراق) عبر **الخشب (Xylem)**، وهو النسيج الوعائي المسؤول عن نقل الماء والمعادن.
- **الأوراق الفتية (Young Leaves):**
  - تتواجد بتركيزات عالية لدعم عمليات النمو والانقسام السريع للخلايا.
- **الثمار النامية (Developing Fruits):**
  - ضرورية لتحفيز انقسام الخلايا ونمو حجم الثمرة.
- **البذور النامية (Developing Seeds):**
  - تلعب دورًا هامًا في تحزيز الانقسام الخلوي وتطور الجنين.

The Cytokines transport انتقال السيتوكينينات في النبات

- Although they cannot move on their own, they are essentially carried by the xylem tissue from the roots to every area of the plant.
- i.e., they are carried in the transpiration current inside the plant, i.e., their movement is passive.
- This has been proven when bleeding occurs in the case of the grape stem; it was found that the aqueous fluid from the bleeding contains a large amount of cytokines.

آلية الانتقال السلبي للسيتوكينينات

- على الرغم من أن السيتوكينينات لا يمكنها أن تتحرك بمفردها، إلا أنها تُحمَل بشكل أساسي بواسطة **أنسجة الخشب (Xylem)** من الجذور إلى جميع أنحاء النبات.
- أي أنها تُنقَل ضمن **تيار النتح (Transpiration Current)** داخل النبات، مما يعني أن حركتها تكون **سلبية (Passive)** وغير نشطة (لا تتطلب طاقة من الخلية).
- تم إثبات ذلك عند حدوث ظاهرة **النزف (Bleeding)** في ساق العنب؛ فقد وُجد أن السائل المائي الخارج من النزف يحتوي على كمية كبيرة من **السيتوكينينات**.

توضيح النزف (Bleeding) وعلاقته بالنقل:

ظاهرة النزف تحدث عندما يُقطع ساق النبات، فيندفع سائل الخشب (الذي يحتوي على الماء والمعادن والهرمونات المُنتَجة في الجذور مثل السيتوكينينات) إلى الخارج بفعل **ضغط الجذر (Root Pressure)**. هذا يؤكد أن السيتوكينينات موجودة وتُحمَل داخل تيار الخشب الصاعد.

The function of cytokines وظائف السيتوكاينين

1- Cell division

- The most important function of cytokinin is its effect on cell division, and this characteristic is taken as a basis to prove the presence of cytokinin in many biological tests. However, it became clear from experiments that auxin must be present in experiments on callus of tobacco stem marrow.
- It became clear that adding auxin alone to the environment causes an increase in cell size only without division, and vice versa, adding cytokinin alone to the environment does not cause cell division.

الوظيفة الأولى للسيتوكينين: تحفيز انقسام الخلايا

تُعدّ قدرة السيتوكينين على تحفيز **انقسام الخلايا (Cell Division)** هي وظيفته الأهم والأساسية. وتُستخدم هذه الخاصية كمعيار أساسي لإثبات وجود السيتوكينين في العديد من الاختبارات البيولوجية.

الاعتماد المتبادل مع الأوكسين

أوضحت التجارب أن عمل السيتوكينين لتحفيز الانقسام الخلوي غالبًا ما يكون **مشروطًا بوجود هرمون الأوكسين (Auxin)**، وخاصةً في تجارب **الكالوس** (Callus) المأخوذ من نخاع ساق التبغ:

- **الأوكسين وحده:** إضافة الأوكسين وحده إلى البيئة المغذية يؤدي إلى زيادة في **حجم الخلية** فقط دون حدوث انقسام.
- **السيتوكينين وحده:** إضافة السيتوكينين وحده إلى البيئة المغذية لا يسبب **انقسامًا خلويًا**.
- **كلاهما معًا:** يجب أن يُضاف **كلا الهرمونين** (السيتوكينين والأوكسين) بالنسب الصحيحة لحدوث **انقسام خلوي مستمر** وتكوين نسيج الكالوس.

- When auxin and cytokinin are added to the environment, rapid cell division occurs and the callus tissue grows and increases in size. That is, it becomes clear that cytokinin and auxin are necessary together for cell division to occur.
- If kinetin is added more than auxin, it stimulates stems and leaves.
- If kinetin is added less than auxin, it stimulates roots.

نمو الكالس وتأثير الأوكسين والسيتوكينين

عند إضافة **الأوكسين** (Auxin) و**السيتوكينين** (Cytokinin) إلى البيئة، يحدث **انقسام خلوي سريع** (rapid cell division) وينمو **نسيج الكالس** (callus tissue) ويزداد حجمه. أي، يصبح واضحًا أنَّ **السيتوكينين والأوكسين ضروريان معًا لحدوث الانقسام الخلوي**.

تنظيم تمايز الأنسجة بواسطة الهرمونات

- إذا أُضيف **الكينيتين** (Kinetin) (وهو نوع من السيتوكينين) **بكمية أكبر من الأوكسين**، فإنه يحفز تكوين **السيقان والأوراق** (stems and leaves).
- إذا أُضيف **الكينيتين بكمية أقل من الأوكسين**، فإنه يحفز تكوين **الجذور** (roots).

2- Cell enlargement

Cytokinin affects the transverse elongation of cells, i.e. the cells elongate transversely, while the longitudinal elongation of cells is controlled by auxin and gibberellin. It was found that it has a role in concentrating organic matter inside the cells to increase their osmoticity and thus their size.

تضخم الخلية وتأثير الهرمونات النباتية

التوسع والنمو الخلوي (Cell Enlargement)

يؤثر **السيتوكينين** (Cytokinin) على **الاستطالة العرضية** (transverse elongation) للخلايا، أي أنّ الخلايا تستطيل بشكل **عرضي** (أفقي).

بينما يتم التحكم في **الاستطالة الطولية** (longitudinal elongation) للخلايا بواسطة **الأوكسين** (Auxin) و**الجبريلين** (Gibberellin).

الدور في الأسموزية (Osmotic Role)

وُجد أن **السيتوكينين** له دور في **تركيز المواد العضوية** (organic matter) داخل الخلايا لزيادة **خاصيتها الأسموزية** (osmoticity)، وبالتالي زيادة **حجمها** (size).

Cell elongation is due to the following reasons:

1- Activating water absorption in the cells, and water absorption is formed in response to the formation of reducing sugars in the cotyledon cells.

2- Increases the activity of invertase, which is the enzyme that breaks down sugar into glucose and fructose.

3- Kinetin works on the flexibility of the cell wall, which encourages the swelling and expansion of the cotyledons.

أسباب استطالة الخلية (Cell Elongation)

تعود استطالة الخلية إلى الأسباب التالية:

1. تنشيط امتصاص الماء

- يتم **تنشيط امتصاص الماء** في الخلايا.
- يتكون امتصاص الماء استجابةً لـ**تكوين السكريات المختزلة** (reducing sugars) في خلايا **الفلقات** (cotyledon cells).

---

2. زيادة نشاط إنزيم الإنفرتيز

- تزداد **فاعلية إنزيم الإنفرتيز** (Invertase).
- **الإنفرتيز** هو الإنزيم الذي يعمل على **تكسير السكر** (السكروز) إلى **جلوكوز** و**فركتوز**.

---

3. مرونة الجدار الخلوي

- يعمل **الكينيتين** (Kinetin) على **مرونة جدار الخلية** (cell wall flexibility).
- هذا يشجع على **انتفاخ** و**تمدد** الفلقات (cotyledons).

3- Differentiation in cells: تمايز الخلايا

- It plays a role in differentiating plant cells into vascular tissues, as it activates the fascicular and interfascicular cambium
- To produce wood and bark, and it cooperates with auxin and gibberellin in producing xylem and phloem.
- It cooperates with auxin to produce more wood in the event of the plant's thirst and exposure to drought.
- It cooperates with gibberellin to produce more phloem.

1. دور السيتوكينين في الأنسجة الوعائية

يلعب السيتوكينين دورًا في **تمايز الخلايا النباتية** (differentiating plant cells) إلى **أنسجة وعائية** (vascular tissues).

- حيث يقوم بتنشيط **الكامبيوم الحُزْمي** (fascicular cambium) و**الكامبيوم بين الحُزْمي** (interfascicular cambium).
- وذلك لإنتاج **الخشب** (Wood) و**اللحاء** (Bark).
- كما يتعاون السيتوكينين مع كل من **الأوكسين** و**الجبريلين** في إنتاج **الخشب (Xylem)** و**اللحاء (Phloem)**.

---

2. التعاون لتنظيم إنتاج الخشب واللحاء

- **التعاون مع الأوكسين (Auxin):** يتعاون السيتوكينين مع **الأوكسين** لإنتاج **المزيد من الخشب** (more wood) في حالة **عطش النبات** وتعرضه **للجفاف** (drought).
- **التعاون مع الجبريلين (Gibberellin):** يتعاون السيتوكينين مع **الجبريلين** لإنتاج **المزيد من اللحاء** (more phloem).

4- Cytokinin prevents yellowing:

- Due to its positive effect on protein and retention of chlorophyll and preventing its decomposition, this is considered one of the biological tests indicating it. This idea has been exploited in storing some leafy crops such as lettuce and parsley. It has been found that it reduces the respiration rate of some leafy crops, thus helping to store them.

4. منع الاصفرار وتأثير السيتوكينين (Preventing Yellowing)

الحفاظ على اليخضور والبروتين

يمنع **السيتوكينين** (Cytokinin) عملية **اصفرار** الأوراق (yellowing) بسبب:

1. تأثيره الإيجابي على **البروتين** (protein).
2. قدرته على **الاحتفاظ باليخضور (الكلوروفيل)** (chlorophyll retention) ومنع تحلله.

ويُعتبر هذا التأثير **أحد الاختبارات البيولوجية** (biological tests) التي تُشير إلى وجود السيتوكينين.

الاستغلال في التخزين

تم استغلال هذه الفكرة في **تخزين بعض المحاصيل الورقية** (leafy crops) مثل **الخس** و**البقدونس**.

- وُجد أنَّ السيتوكينين **يُقلل من معدل تنفس** (respiration rate) بعض المحاصيل الورقية.
- بالتالي، يساعد هذا في **تخزينها** لفترة أطول.

- it also has a role in the formation of betacyanin pigment, as it was found that the seedlings of some plants need light to form betacyanin pigment, but it can form in the dark when treated with cytokinin. That is, cytokinin plays an important role in the formation of the pigment.

5- Flowers:

- It works to activate the flowering hormone in short-day plants that need a long night to activate the flowering hormone.
- It has been found that cytokinin has a prominent role in activating flowers when plants are treated with it.

دور السيتوكينين في التصبغ والتزهير

التصبغ (Pigment Formation)

للسيتوكينين (Cytokinin) أيضًا دور في **تكوين صبغة البيتا سيانين** (betacyanin pigment):

- وُجد أن بادرات (شتلات) بعض النباتات تحتاج إلى **الضوء** لتكوين صبغة البيتا سيانين.
- لكن يمكن أن تتكون هذه الصبغة **في الظلام** عند معاملتها **بالسيتوكينين**.
- وهذا يعني أن السيتوكينين يلعب دورًا **مهمًا** في تكوين الصبغة.

---

5. التزهير (Flowers)

يعمل السيتوكينين على **تنشيط هرمون التزهير** (flowering hormone):

- وذلك في **نباتات النهار القصير** (short-day plants) التي تحتاج إلى ليل طويل لتنشيط هذا الهرمون.
- وُجد أن السيتوكينين له دور **بارز** في تنشيط **الأزهار** عند معاملة النباتات به.

7- Fruit formation:

- After fertilization, the growth of the ovary in the first period is the result of cell division only, and after this stage, the growth of the ovary becomes the result of the increase in size or elongation of the cells.
- Therefore, the growth of the ovary and its transformation into the fruit is at least in the early stages due to cytokinin, especially since it has been possible to prove this.
- It has been found that fruits during their formation contain a high concentration of cytokinin, especially in the early stages during cell division, such as cotton, apples, bananas, etc.

7. تكوين الثمار (Fruit Formation)

📈 مراحل نمو المبيض والثمرة

بعد عملية **الإخصاب** (fertilization)، يمر نمو **المبيض** (ovary) بالمراحل التالية:

1. **المرحلة الأولى:** يكون نمو المبيض ناتجًا عن **انقسام الخلايا** (cell division) فقط.
2. **المرحلة اللاحقة:** يصبح نمو المبيض ناتجًا عن **زيادة حجم الخلايا أو استطالتها** (increase in size or elongation of the cells).

🧪 دور السيتوكينين في المراحل المبكرة

- لذلك، فإن نمو المبيض وتحوله إلى **الثمرة** يرجع، على الأقل في المراحل المبكرة، إلى **السيتوكينين** (Cytokinin)، خاصة وأنه **أمكن إثبات ذلك**.
- وُجد أن **الثمار** أثناء تكوينها تحتوي على **تركيز عالٍ من السيتوكينين**، خاصة في **المراحل المبكرة** خلال فترة انقسام الخلايا، كما هو الحال في نباتات مثل **القطن**، **التفاح**، و**الموز**، وغيرها.

8- Seed dormancy:

- Treatment with cytokines can cause seed germination in some cases. It was found in the case of Grand Rapids lettuce seeds that light is necessary for the germination of these seeds and that red light is the one that affects germination without other colors of the light spectrum.
- It was found that seeds treated with kinetin can germinate in the dark, i.e. it replaces red light or normal light.
- It also works to **break dormancy** in seeds with gibberellin and resist the action of **abscisic acid** as it works opposite to the action of the hormone that causes seed dormancy.

8. كُمُون البذور (Seed Dormancy)

كسر الكمون وتأثير السيتوكينين والضوء

يمكن أن تُسبب المعاملة **بالسيتوكينينات** (Cytokinins) **إنبات البذور** (seed germination) في بعض الحالات.

- وُجد في حالة بذور الخس من نوع **جراند رابيدز** (Grand Rapids lettuce seeds) أنَّ **الضوء** ضروري لإنبات هذه البذور، وأن **الضوء الأحمر** هو الذي يؤثر على الإنبات دون غيره من ألوان طيف الضوء.
- وُجد أن البذور المعاملة **بالكينيتين** (Kinetin) يمكن أن تنبت **في الظلام**، أي أنه يحل محل **الضوء الأحمر** أو الضوء العادي.

مقاومة حمض الأبسيسيك

- يعمل السيتوكينين أيضًا على **كسر الكمون** (break dormancy) في البذور بالتعاون مع **الجبريلين** (Gibberellin).
- كما أنه **يقاوم عمل حمض الأبسيسيك** (abscisic acid - ABA)، حيث يعمل **عكس** عمل هذا الهرمون الذي يسبب كمون البذور.

9- Delay aging:

- When the leaf aging occurs, there is a decrease in the content of chlorophyll, protein and RNA, and then the leaf falls or dries on the plant.
- Cytokinin delays aging because it prevents rapid deterioration and decrease in the concentration of chlorophyll, protein and RNA.
- Also, cytokinin delays the entry of plant tissue into aging by inhibiting the enzymatic activity of all individual aging processes, such as preventing the activity of the enzyme Dehydrogenase.

🌿 تأخير الشيخوخة (Delaying Aging)

آلية الشيخوخة في الأوراق

عندما تبدأ عملية شيخوخة الورقة، يحدث **نقصان** في محتوى كل من **الكلوروفيل** والبروتين والحمض النووي الريبوزي **(RNA)**. ونتيجة لذلك، تسقط الورقة أو تجف وهي لا تزال على النبات.

دور السيتوكينين في تأخير الشيخوخة

يؤخر **السيتوكينين (Cytokinin)** عملية الشيخوخة لأنه:

- **يمنع التدهور السريع** والنقصان في تركيز كل من **الكلوروفيل**، والبروتين، و**الحمض النووي الريبوزي (RNA)**.
- **يؤخر دخول نسيج النبات في مرحلة الشيخوخة** عن طريق **تثبيط النشاط الإنزيمي** لجميع العمليات الفردية المسببة للشيخوخة، مثل منع نشاط إنزيم **نازع الهيدروجين (Dehydrogenase)**.

10- Abscission:

- It plays a role in stopping and preventing abscission, such as the falling of leaves, flowers and fruits, due to its prominent role in preventing the activity of decomposition enzymes.

الانفصال (القطع/التساقط) - Abscission

يلعب دورًا في إيقاف ومنع عملية **الانفصال (التساقط)**، مثل **سقوط الأوراق، والأزهار، والثمار**، وذلك لدوره البارز في **منع نشاط إنزيمات التحلل (التعفن/التفكيك)**.

ملاحظات توضيحية:

- **Abscission:** ترجمت إلى **الانفصال (التساقط)**، وهو المصطلح الأكثر دقة في علم النبات لوصف العملية التي تؤدي إلى سقوط جزء من النبات (مثل الأوراق أو الثمار).
- **Decomposition enzymes:** ترجمت إلى **إنزيمات التحلل (أو التفكيك)**، وهي الإنزيمات التي تسبب تفكك وتدهور الأنسجة في طبقة الانفصال.

Mechanism of action of cytokinin

There are suggestions for the mechanism of action of cytokinin:

1- Kinetin causes the transfer of dissolved nitrogen from leaves to other places on the same plant.

These results led to the conclusion that cytokinins affect the plant because it makes an attractive site in some places on the plant that have a preference for attracting, concentrating and accumulating nutrients.

For ex: Researchers have suggested that leaves treated with cytokinin regulate the flow and flow of nutrients to them, meaning that these nutrients are drawn from the plant to specific places on the same plant,

🌸 آلية عمل السيتوكينين المقترحة (Cytokinin Mechanism of Action)

1. تأثير السيتوكينين على نقل النيتروجين

تشير الملاحظات إلى أن مادة **الكينيتين (Kinetin)**، وهي نوع من السيتوكينينات، تسبب انتقال **النيتروجين المذاب** من الأوراق إلى أماكن أخرى في نفس النبتة.

2. دور السيتوكينينات كمناطق جاذبة (Attractive Sites)

قادت هذه النتائج الباحثين إلى استنتاج مفاده أن تأثير السيتوكينينات على النبات ينبع من قدرتها على **إنشاء "موقع جاذب"** في أماكن معينة من النبات.

- **الموقع الجاذب:** هو منطقة ذات **أفضلية عالية** لجذب، وتركيز، وتجميع العناصر الغذائية.
- **الآلية:** يقترح الباحثون أن الأوراق المعالجة بالسيتوكينين **تُنظِّم تدفق العناصر الغذائية** نحوها. هذا يعني أن العناصر الغذائية يتم **سحبها** من أجزاء أخرى من النبتة وتوجيهها نحو هذه المواقع المحددة التي تحتوي على السيتوكينين.

خلاصة الآلية:

ببساطة، تعمل السيتوكينينات كـ**"مغناطيس"** للعناصر الغذائية؛ حيث تخلق **نقاط طلب مرتفع** في الأنسجة التي تتراكم فيها، مما يضمن **توجيه (Translocation)** الموارد مثل الأحماض الأمينية (النيتروجين) والسكريات إليها لضمان النمو والتطور في تلك المنطقة.

2- The action of cytokinin is most likely to affect the process of protein synthesis by its participation in the process of RNA connection with the ribosome during protein synthesis.

- **Among the factors that indicate that cytokinins interact directly with nucleic acids are:**

1. Chemical composition of cytokinin.
2. Cytokinin stimulates and activates the synthesis of both RNA and protein.

🧬 الآلية المقترحة الثانية لعمل السيتوكينين (تخليق البروتين)

2- يُرجّح أن تأثير السيتوكينين يؤثر على عملية تخليق البروتين (Protein Synthesis) من خلال مشاركته في عملية ارتباط الحمض النووي الريبوزي (RNA) بالرايبوسوم (Ribosome) أثناء تخليق البروتين.

🔬 العوامل التي تشير إلى تفاعل السيتوكينينات مباشرة مع الأحماض النووية (Nucleic Acids):

1. **التركيب الكيميائي للسيتوكينين (Chemical Composition of Cytokinin):**

- إن التركيب الكيميائي للسيتوكينين (مشتقات **الأدينين**) يشبه بشكل كبير تركيب إحدى وحدات بناء **الحمض النووي الريبوزي الناقل (tRNA)**، مما يشير إلى احتمالية تفاعله المباشر أو إدراجه في تركيب الحمض النووي.

2. **تحفيز وتنشيط تخليق كل من الحمض النووي الريبوزي والبروتين (Stimulation of RNA and Protein Synthesis):**

- يقوم السيتوكينين بـ**تحفيز وتنشيط** عملية بناء (تخليق) كل من **الحمض النووي الريبوزي (RNA)** و**البروتين**، مما يدعم دوره في الآليات الجزيئية الأساسية داخل الخلية.

خلاصة: تفترض هذه الآلية أن السيتوكينين يسهل ربط **RNA** بالرايبوسوم، وهي خطوة حاسمة لترجمة الشفرة الجينية إلى بروتين.