الاستجابة في النبات
Response in Plant

الدرس 2

الفكرة الرئيسة:
يستجيب النبات لعدد من المثيرات، وتؤدي الهرمونات النباتية دورًا في هذه الاستجابات.

نتاجات التعلُّم:
- أوضح آلية عمل الهُرمونات النباتية المختلفة.
- أُوضِّح آلية عمل الهُرمونات النباتية في استجابات النبات المختلفة للمثيرات.
- أُفسِّر التغيرات التي تحدث للنباتات نتيجة المثيرات البيئية.
- أوضح دور هرموني السيتوكاينين والأكسين في الزراعة النسيجية.

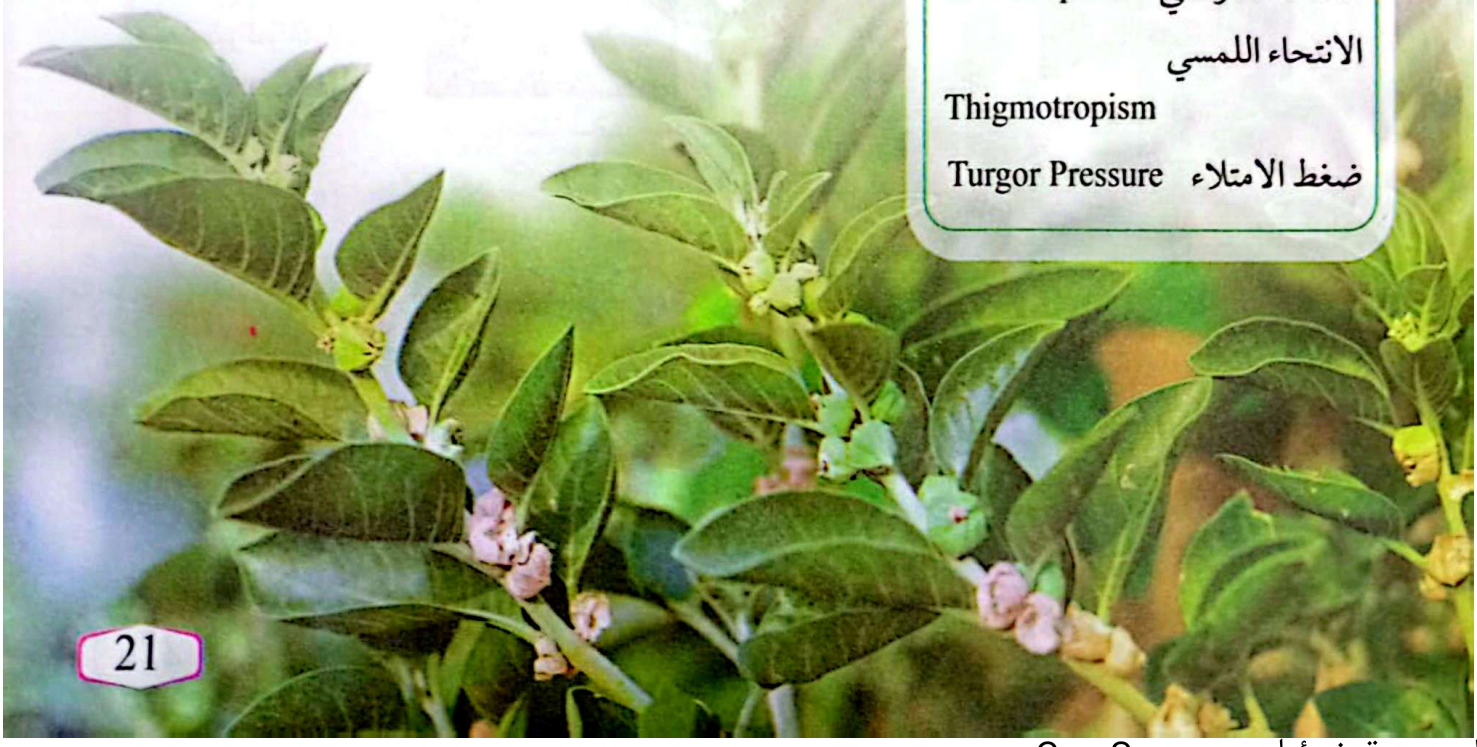
المفاهيم والمصطلحات:
الانتحاء الضوئي Phototropism
الانتحاء الأرضي Gravitropism
الانتحاء اللمسي Thigmotropism
ضغط الامتلاء Turgor Pressure

الهُرمونات النباتية Plant Hormones

يتأثَّر النبات بالعديد من المثيرات في أثناء مراحل الحياة التي يمرُّ بها؛ مثل: الجفاف ①، وطول الليل ②، وانخفاض درجات الحرارة ③، ويستجيب لهذه المثيرات بطرائق عِدَّة، منها إنتاجه هُرمونات نباتية تُسهِم في الحفاظ على بقائه، وهي موادّ تنقل رسائل كيميائية في النبات الذي يحتاج إليها بتراكيز منخفضة.

تُنتَج الهُرمونات في أجزاء مُعيَّنة من النبات، وتؤدي عملها في أجزاء أُخرى منه. وتُعَدُّ الأكسينات Auxins والسيتوكاينينات Cytokinins والجبرلينات Gibberellins والإثيلين Ethylene وحمض الأبسيسيك Abscisic Acid هُرمونات نباتية رئيسة، وقد اكتُشِفت حديثًا هُرمونات نباتية أُخرى.

✓ **أتحقَّق:** ما الهُرمونات النباتية الرئيسة؟

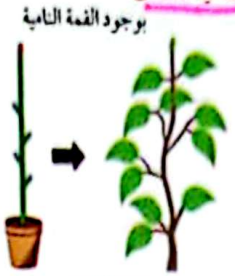


الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

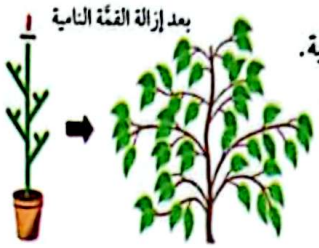
أتأمل البطاقات الآتية التي كُتِب عليها الهُرمونات النباتية الرئيسة، وأماكن تصنيعها، وأهم وظائفها:

الأكسينات

مكان التصنيع الرئيس: القمّة النامية للساق.



تحفيز سيادة القمّة النامية.



الوظائف الرئيسة:

- تحفيز استطالة الساق.
- تحفيز تشكُّل الجذور الجانبية والجذور العرضية.
- تنظيم نمو الثمار.
- تحفيز سيادة القمّة النامية.
- الإسهام في الانتحاء الضوئي والانتحاء الأرضي.

السيتوكاينينات

مكان التصنيع الرئيس: الجذور.

الوظائف الرئيسة:

- تنظيم انقسام الخلايا في الساق والجذر.
- تحفيز نموّ البراعم الجانبية.
- تحفيز انتقال المواد الغذائية إلى أماكن استهلاكها.
- تحفيز إنبات البذور.
- تأخير شيخوخة الأوراق.

تأخير شيخوخة الأوراق.

الجبرلينات

مكان التصنيع الرئيس: الخلايا المرستيمية المولدة في البراعم والجذور والأوراق حديثة النموّ.

الوظائف الرئيسة:

- تحفيز استطالة الساق.
- تحفيز نموّ أنبوب اللقاح.
- تحفيز نموّ الثمار.
- تحفيز إنبات البذور.

استطالة الساق.

حمض الأبسيسيك

مكان التصنيع الرئيس: معظم أجزاء النبات.

الوظائف الرئيسة:

- تثبيط نموّ النبات.
- تحفيز إغلاق الثغور في أثناء الجفاف.
- تحفيز سكون البذور.

إنبات بذور لنبات لا يُنتِج حمض الأبسيسيك.

الإثيلين

مكان التصنيع الرئيس: معظم أجزاء النبات

الوظائف الرئيسة:

- تحفيز نَضْج الثمار، وتساقط الأوراق.
- زيادة معدَّل الشيخوخة.
- تحفيز تكوُّن الجذور والشُّعَيْرات الجذرية.

نَضْج الثمار.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

استجابة النبات للمثيرات Plant Response to Stimuli

تستجيب النباتات للمثيرات في بيئاتها، شأنها في ذلك شأن الكائنات الحية الأُخرى، وقد تكون هذه المثيرات يومية، أو فصلية، أو مُسبِّبات أمراض.

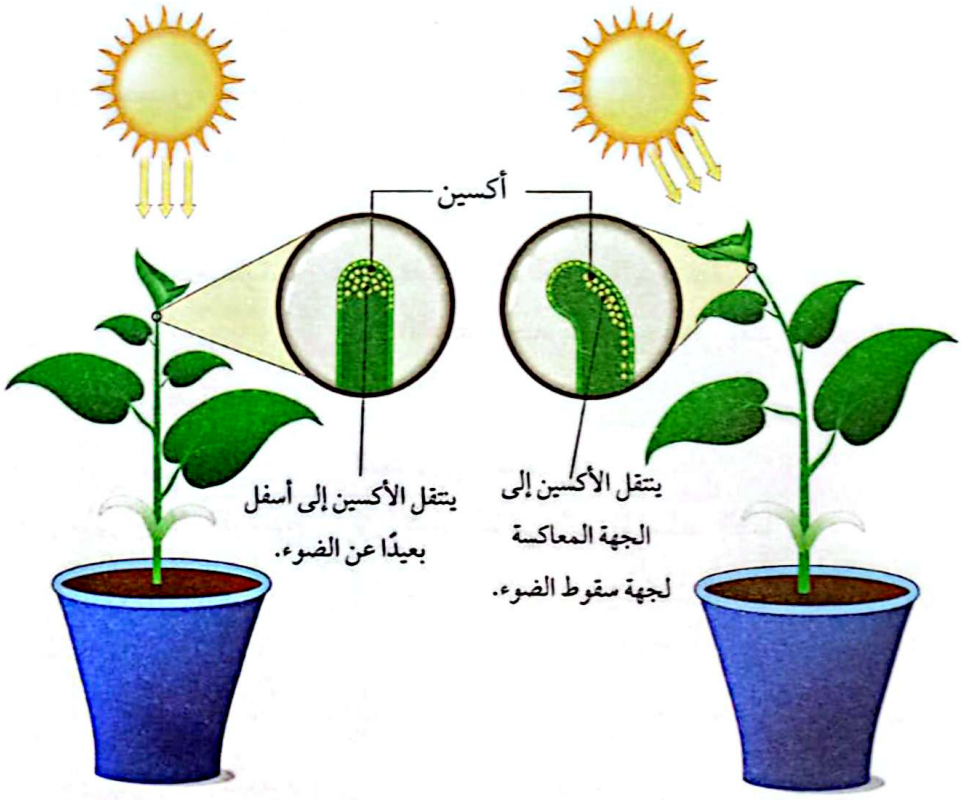
① الانتحاء الضوئي Phototropism

قد يُحفِّز الضوءُ النباتَ إلى النمو في اتجاهه، في ما يُعرَف بعملية الانتحاء الضوئي Phototropism ويلجأ النبات إلى هذه العملية للحصول على ما يَلزمه من إضاءة.

للأكسين دور مهم في عملية الانتحاء الضوئي في النبات، وهو يُصنَّع في أجزاء مختلفة من النبات، أهمها القمَّة النامية للساق.

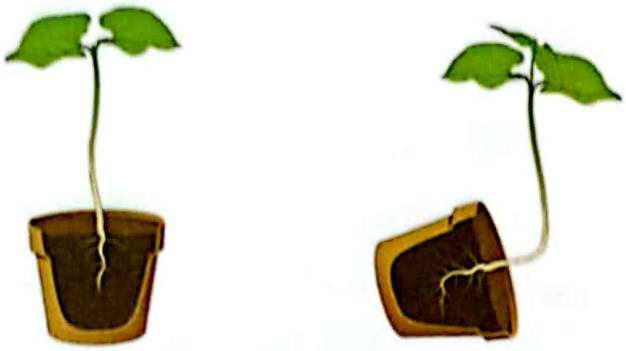
يعمل الأكسين على استطالة خلايا أسفل القمَّة النامية للساق في الجهة البعيدة عن الضوء، مُحدِثًا انتحاءً في اتجاه الضوء، أنظر إلى الشكل (14).

أفكر أصمم تجربة أُحدِّد فيها لون الضوء المرئي الذي يُسبِّب أكبر انتحاء ضوئي للنبات.



الشكل (14): انتحاء نبات في اتجاه الضوء.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

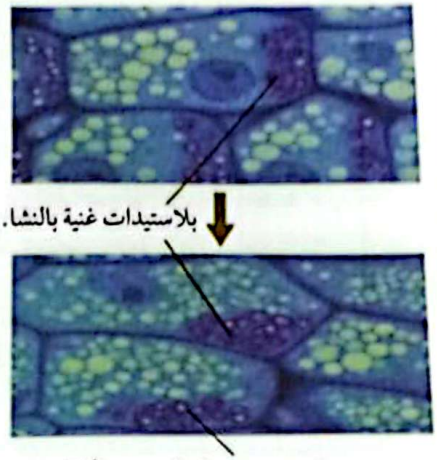


الشكل (15): نموّ الجذر في اتجاه الجاذبية الأرضية.

الانتحاء الأرضي Gravitropism

يستجيب النبات للجاذبية الأرضية عندما تبدأ البذرة بالإنبات؛ إذ ينمو الجذر في اتجاه الجاذبية، في ما يُعرَف بالانتحاء الأرضي Gravitropism، وتنمو الساق في اتجاه ضوء الشمس دائمًا، بصرف النظر عن وضعية البذرة لحظة زراعتها، أنظر إلى الشكل (15).

تحتوي النباتات الوعائية بلاستيدات غنية بحبيبات النشا، وتوجد هذه البلاستيدات في خلايا قريبة من قمّة الجذر النامية، ونظرًا إلى ثقل وزن هذه البلاستيدات؛ فإنّها تتجمّع في الجزء السفلي من هذه الخلايا، ويُعتقَد أنّ تجمُّعها يُحفِّز زيادة تركيز الأكسين فيها، ما يُثبِّط استطالة خلايا الجزء السفلي، ويسمح لخلايا الجزء العلوي أنْ تستطيل على نحوٍ أسرع، فينمو الجذر نحو الأسفل، أنظر إلى الشكل (16).



بعد دقائق من وضع الجذر بصورة أفقية.

الشكل (16): خلايا نباتية للقمّة النامية للجذر تُبيِّن مواقع البلاستيدات الغنية بالنشا.

نشاط

الانتحاء الأرضي

المواد والأدوات: ثلاث من بذور الحمص، طبق بتري، أوراق ترشيح، ماء.

إرشادات السلامة: غسل اليدين قبل وبعد انتهاء التجربة.

خطوات العمل:

1. أُنبِت البذور حتى يتكوَّن لها جذور مستقيمة، يتراوح طولها بين (3 cm) و (4 cm).
2. أضع عددًا من أوراق الترشيح داخل طبق بتري، ثم أُبلِّلها بقليل من الماء.
3. **أطبِّقُ:** أضع بذور الحمص على أوراق الترشيح كما في الشكل المجاور.
4. أُغلِق طبق بتري، وأضغط غطاء الطبق البذور لتثبيتها.
5. أضع طبق بتري في مكان مُظلِم بصورة عمودية مدَّة 3 أيام.
6. **ألاحِظ** اتجاه نمو الجذور بعد 3 أيام، ثم أُدوِّن ملاحظاتي.

التحليل والاستنتاج:

1. **أُفسِّر** النتائج التي توصَّلْتُ إليها.
2. **أتوقَّع:** ماذا سيحدث إذا قلبتُ الطبق حتى زاوية 180°؟

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الشكل (17): أوراق نباتات تلتف بدرجات مُتعدِّدة استجابةً لدرجات جفاف مختلفة.

تحمُّل الجفاف Drought Tolerance

يؤدي تعرُّض النبات للجفاف مُدَدًا طويلةً إلى موته، غير أنَّ للنبات أنظمة تحكُّم تُمكِّنه من التكيُّف مع نقص الماء؛ إذ يلجأ النبات إلى التقليل من معدَّل النتح بصورة كبيرة للحدِّ من فقده الماء، وذلك بإغلاق الثغور، وزيادة إفراز حمض الأبسيسيك الذي يساعد على إبقاء الثغور مُغلَقة.

من أنماط استجابة النبات للجفاف: التفاف الأوراق على شكل يُشبِه الأنبوب، وهو نمط استجابة في النباتات العشبية، أنظر إلى الشكل (17)، وتخلُّص النبات من أوراقه بصورة كلية، أنظر إلى الشكل (18).

أفكر: لماذا تلتف أوراق النباتات على هيئة أنبوب عند تعرُّضها للجفاف؟

الشكل (18): نبات صحراوي يستغني عن أوراقه معظم أيام السنة للتقليل من فقدانه الماء.

✓ **أتحقَّق:** أُوضِّح أنماط استجابة النبات للجفاف.

نضج الثمار Fruits Ripening

تجذب الثمار الناضجة الحيوانات، ما يُسهِم في انتشار البذور، واستمرار دورة حياة النبات.

تحدث سلسلة من التفاعلات في أثناء نضج الثمار؛ إذ يُحفِّز الإثيلين الثمار إلى النَّضْج، ثم يُحفِّز النَّضْج النبات إلى إنتاج مزيد منه، وكذلك ينتشر الإثيلين من ثمرة إلى أُخرى بسبب حالته الغازية، وهو يُستخدَم تجاريًّا بإضافته إلى الثمار غير الناضجة المحفوظة في مخازن حتى تنضج، وفي حال الرغبة في إبطاء عملية النَّضْج، فإنَّ الثمار توضع في صناديق، ثم تُعرَّض لغاز ثاني

أفكر: كيف يُمكِن استثمار هُرمون الإثيلين اقتصاديًّا في مجال الإنتاج النباتي؟

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

أكسيد الكربون، ويراعى في هذه العملية استمرار تجدّد الهواء، ما يمنع تراكم الإثيلين، علمًا أنّ ثاني أكسيد الكربون يُثبّط إنتاج الإثيلين.

أبحث: تتعرّض النباتات للفيضانات في عدد من المناطق حول العالَم، لا سيَّما في تغيُّر المناخ. أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن آلية استجابة النباتات للفيضانات، ثم أُعِدُّ عرضًا تقديميًّا عن ذلك باستخدام برنامج power point، ثم أعرضه على زملائي/ زميلاتي في الصف.

تساقط الأوراق Leaves Abscission

يحمي تساقط أوراق النباتات في فصل الخريف النباتات من الجفاف. وتنقل النباتات بعض الموادّ الضرورية الموجودة في الأوراق قبل تساقطها، وتخزّنها في الخلايا البرنشيمية للساق والجذر.

تنفصل الورقة عن الساق قرب عُنُق الورقة التي تضعف نتيجة تحلُّل السُّكَّريات في الجُدُر الخلوية للخلايا بفعل عدد من الأنزيمات، التي يُسهِم الإثيلين إسهامًا فاعلًا في تحفيزها، وكذلك يُسهِم كلٌّ من الرياح ووزن الورقة في انفصال الورقة عن النبات وسقوطها.

سكون البذور Seeds Dormancy

في مرحلة نَضْج البذور يرتفع تركيز حمض الأبسيسيك، ما يؤدي إلى تثبيط عملية الإنبات، وتحفيز إنتاج بروتينات تساعد البذور على مقاومة عوامل الجفاف التي تمرُّ بها عملية نَضْجها، وما إنْ تتوافر لهذه البذور الظروف المناسبة (مثل الهطْل) حتى ينخفض تركيز حمض الأبسيسيك فيها، ما يجعلها تنهي طور السكون وتنبت، أنظر إلى الشكل (19).

الشكل (19): بذور نبات المانغروف التي تنبت وهي ما تزال متصلة به.

إنبات البذور Seeds Germination

تُعَدُّ أَجِنَّة البذور مصدرًا غنيًّا بالجبرلينات، فبعد امتصاص البذور الماء، يُطلَق الجبرلين من الجنين، في إشارة إلى أنَّ البذرة قد أنهت طور السكون، وأخذت تنبت، علمًا أنّ بعض البذور التي تحتاج إلى عوامل بيئية مُعيَّنة لتنبت (مثل التعرُّض للضوء) تنهي طور السكون، وتنبت إذا عولِجت بالجبرلين من دون حاجة إلى التعرُّض لهذه العوامل.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الإزهار Flowering

تتشكَّل الأزهار من برعم قمي، أو برعم إبطي، وتعمل الأوراق التي تستشعر التغيرات في مدة الضوء على إنتاج موادّ خاصة تُحفِّز البراعم إلى التحوُّل إلى أزهار.

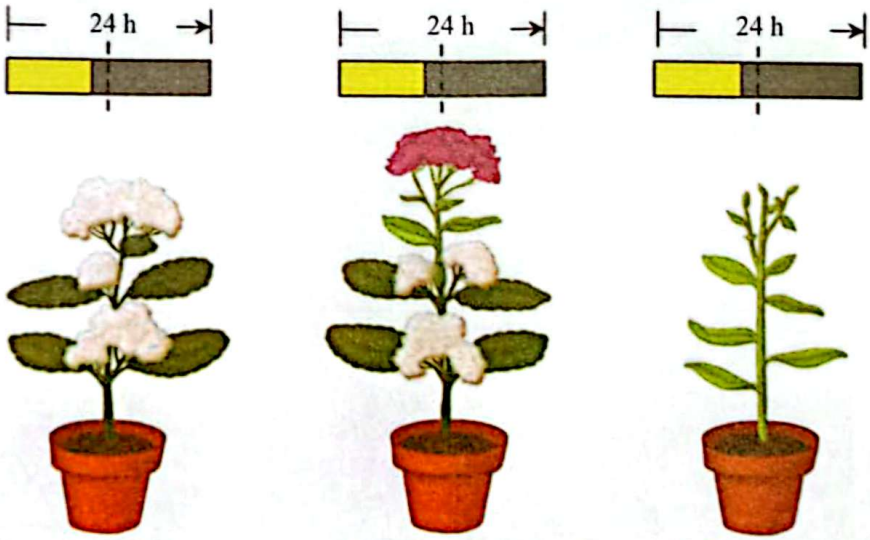
وفي ما يخصُّ نباتات النهار القصير ونباتات النهار الطويل، فإنَّ تعرُّض ورقة واحدة منها فقط لكمية الضوء الضرورية كافٍ ليحدث الإزهار بفعل هرمون الإزهار. كشفت العديد من التجارب العلمية أنَّ المادة المُحفِّزة إلى تشكُّل الأزهار قد تنتقل من نبات تتوافر فيه شروط الإزهار إلى نبات آخر لا تتوافر فيه هذه الشروط باستخدام التطعيم، الذي يتضمَّن قَصَّ جزء من ساق نبات، ثم تطعيمه على ساق نبات آخر، ومن المُلاحَظ أنَّ مُحفِّز الإزهار واحد لنباتات النهار القصير ونباتات النهار الطويل، على الرغم من اختلاف عدد ساعات الضوء اللازمة لتكوين الأزهار في كلا النوعين، أنظر إلى الشكل (20).

وفي سياق متصل، ظل هُرمون الإزهار فلوريجن Florigen مجهول الهوية مدَّة تزيد على 70 عامًا.

✓ **أتحقَّق:** ما المقصود بنباتات النهار القصير، ونباتات النهار الطويل؟

أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن كيفية تطعيم النباتات لإكسابها صفات مرغوبًا فيها، ثم أُعِدُّ عرضًا تقديميًّا عن ذلك باستخدام برنامج power point، ثم أعرضه على زملائي/ زميلاتي في الصف.

✓ **أتحقَّق:** ما المقصود بهرمون الإزهار؟



نبات النهار الطويل يَلزمه أكثر من 12 h لكي يُزهِر.

النبات الناتج من تطعيم نبات نهار قصير بنبات نهار طويل.

نبات النهار القصير يَلزمه أقل من 12 h لكي يُزهِر.

الشكل (20): الإزهار في نباتات النهار القصير، ونباتات النهار الطويل.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

استجابة النبات للمثيرات الميكانيكية

Plant Response to Mechanical Stimuli

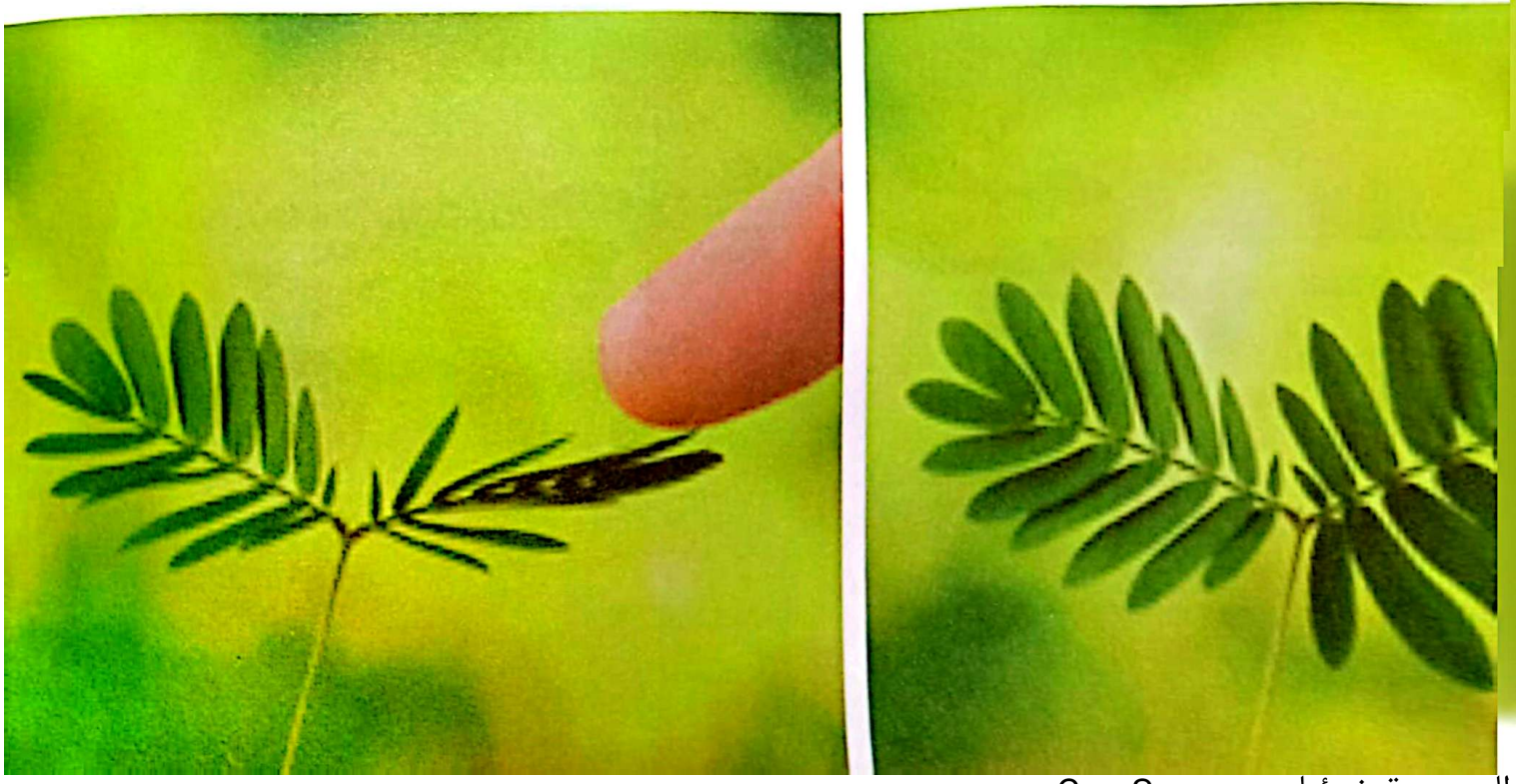
تتصف النباتات بحساسيتها الشديدة للمثيرات الميكانيكية، فمثلًا، عند قياس طول ورقة نبات بمسطرة، قد يُؤثّر وضع المسطرة على سطح هذه الورقة في نموها، وقد ينتج من فرك ساق نبات مرّات عِدَّة يوميًّا نباتٌ قصيرٌ مقارنةً بنبات من النوع نفسه لم تُفرَك ساقه، أنظر إلى الشكل (21).

أمّا النباتات المُتسلِّقة ومنها العنب، فلها محاليق تلتف حول الدعامة (إنْ وُجِدت)، وهذه التراكيب المُتسلِّقة تنمو مستقيمة إلى أنْ تُلامِس جسمًا صُلْبًا، فيُحفِّز التلامس استجابة الالتفاف الناتجة من النمو غير المُتماثِل للخلايا على جانبي المحلاق، ويُطلَق على النمو المُوجَّه (الالتفاف) الانتحاء اللمسي **Thigmotropism**.

من الأمثلة الأُخرى على استجابة النباتات للمثيرات الميكانيكية، سلوك أوراق نبات الميموزا ***Mimosa*** المُركَّبة عند ملامستها؛ إذ تنطوي هذه الوريقات بعضها على بعض نتيجة فقدان ضغط الامتلاء في خلايا الوريقات، أنظر إلى الشكل (22)، وتُسهِم هذه الاستجابة في حماية النبات من آكلات الأعشاب. يُعرَّف ضغط الامتلاء **Turgor Pressure** بأنَّه ضغط يُواجِه الجدار الخلوي للخلية النباتية بعد تدفُّق الماء، وانتفاخ الخلية بسبب الخاصية الأسموزية.

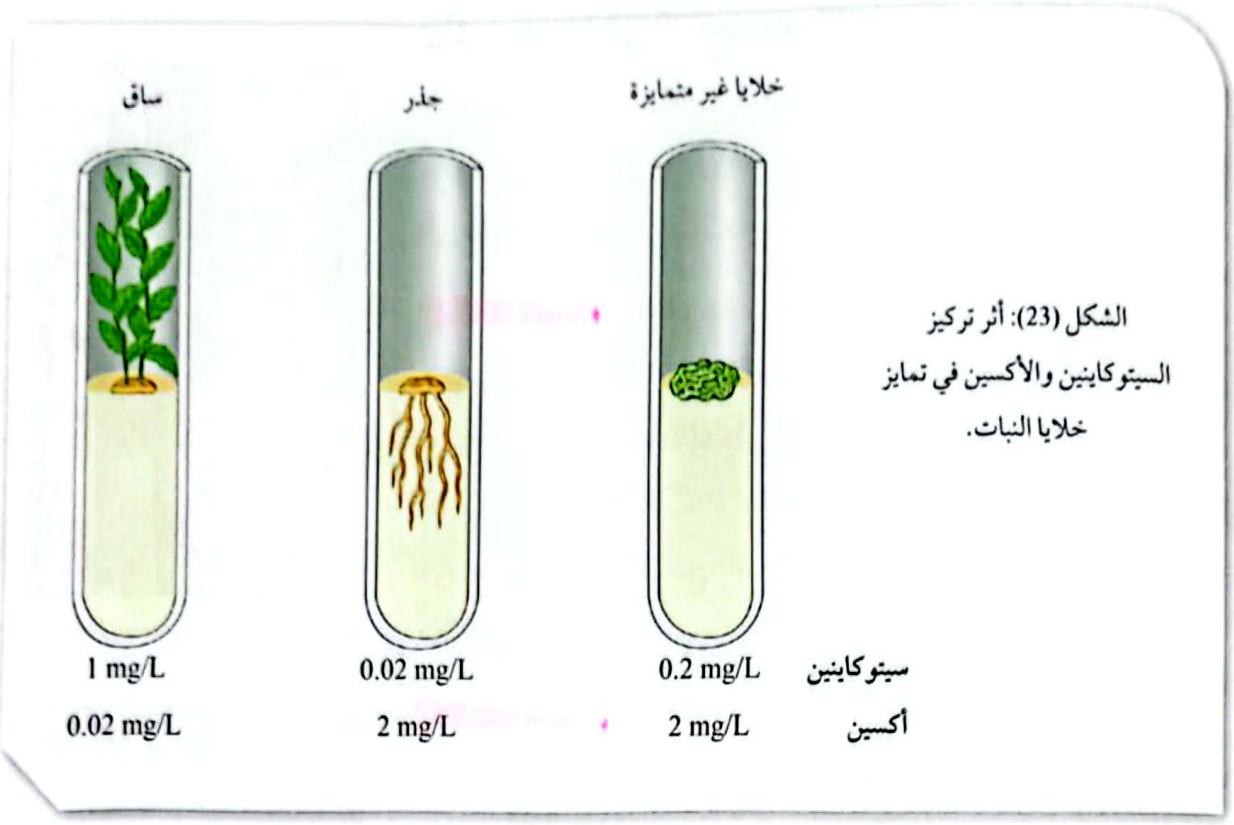
✓ **أتحقَّق:** أُعدِّد بعض أنماط استجابة النبات للمثيرات الميكانيكية.

الشكل (21): أثر فرك ساق النبات في طوله.



الشكل (22): أوراق نبات الميموزا قبل اللمس وبعده.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner



الشكل (23): أثر تركيز السيتوكاينين والأكسين في تمايز خلايا النبات.

دور السيتوكاينينات والأكسينات في الزراعة النسيجية

Role of Cytokinins and Auxins in Tissue Culture

تؤدي السيتوكاينينات والأكسينات دورًا مهمًّا في تحفيز انقسام الخلايا؛ فعند إكثار نسيج من خلايا برنشيمية في أنبوب اختبار يحوي الأكسين، لوحِظ أنَّ هذه الخلايا تنمو حتى تصل حجمًا كبيرًا من دون أنْ تنقسم، وأنَّه عند إضافة السيتوكاينين والأكسين تبدأ هذه الخلايا بالانقسام، علمًا أنّ إضافة السيتوكاينين وحده لا تُدخِل الخلايا في طور الانقسام، وبالمثل، فإنَّ نسبة السيتوكاينين إلى الأكسين تُعَدُّ عاملًا مهمًّا في تمايز الخلايا، أنظر إلى الشكل (23).

أبحث: تُعَدُّ الاستجابة الثلاثية للبادرات إحدى وظائف هُرمون الإثيلين. أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن هذا الموضوع، ثم أُعِدُّ فيلمًا قصيرًا عنه باستخدام برنامج movie maker، ثم أعرضه على زملائي/ زميلاتي في الصف.

أتحقَّق: أَصِف التراكيز المطلوبة من هُرمونَي السيتوكاينين والأكسين لتشكُّل الجذور.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

تكيُّفات غذائية في النباتات Nutritional Adaptations in Plants

تحصل معظم النباتات على المواد الأولية التي تَلزمها لصنع الغذاء من التربة عن طريق جذورها، لكنَّ بعضها تَكيَّف للحصول على هذه الموادّ، إضافةً إلى توفير الغذاء بطرائق مختلفة.

النباتات الهوائية Epiphytes

تعيش هذه النباتات على سيقان نباتات أُخرى من دون أنْ تتصل جذورها بالتربة، وتحصل على الماء والعناصر الغذائية بامتصاصها من الأوراق التي تهطل عليها الأمطار، وبعض أنواع النباتات تمتلك جذوراً هوائية تُثبتها على السطح الذي تنمو عليه وتمتص الماء من الرطوبة، أنظر إلى الشكل (24).

الشكل (24): نبات ينمو على ساق نبات آخر. ▲

النباتات الطفيلية Parasitic Plants

تحصل هذه النباتات على الماء والعناصر الغذائية والسُّكَّر من النبات العائل، وتمتاز بأنَّ لها جذورًا تخترق الأنسجة الوعائية للنبات العائل؛ ما يُمكِّنها من أخذ حاجتها من الماء والغذاء، أنظر إلى الشكل (25).

الشكل (25): نبات يتطفَّل على نبات آخر. ▲

النباتات الآكلة اللحوم Carnivorous Plants

يُمكِن لهذا النوع من النباتات القيام بعملية البناء الضوئي، ونظرًا إلى عيشه في بيئات حمضية، وافتقار تربته إلى عناصر غذائية ضرورية مثل النيتروجين؛ فقد تكيَّف لتوفير ما يَلزمه من هذه العناصر عن طريق اصطياد الحشرات وبعض الحيوانات الصغيرة، ويحاصر هذا النوع من النباتات الحشرات والحيوانات الصغيرة داخل بعض أجزائه مثل الزهرة، ثم يُفرِز أنزيمات تُسهِم في هضم هذه الفرائس، أنظر إلى الشكل (26).

كل (26): نبات آكل للحوم. ▲

الربط بصناعة العطور من إصابته تفوح الرائحة الزكية.

تعيش في جنوب شرق آسيا أشجار العود من جنس ***Aquilaria***، وهي تُنتِج نوعًا من الخشب يوجد في قلب الساق والجذر، ويُسمّى Agarwood، ويُفرِز مادة راتنجية عطرية داكنة اللون نتيجة إصابته بفطر ***Phialophora parasitica*** ومنها يُستخلَص عطر العود الثمين الذي تعتمد جودته على عوامل عِدَّة، منها: نوع الأشجار، وأماكن وجودها.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

أمّا سبب ارتفاع ثمن هذا العطر، فمردُّه إلى ندرة هذه الأشجار في البيئات البرِّية التي تعيش فيها، علمًا أنّ سعر الكيلوغرام الواحد من هذا الخشب قد يصل إلى 70000 دينار أردني، في حين لا تتعدّى كمية العطر التي يُمكِن استخلاصها من الكيلوغرام الواحد منه نحو 0.3 mL.

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة:** أوضح كيف يستجيب النبات للضوء. عن طريق الهرمونات النباتية .

2. ما المقصود بالهُرمونات النباتية؟ مواد تنقل رسائل كيميائية في النبات.

3. **أُفسِّر** سبب كلٍّ ممّا يأتي:

أ. إنضاج الإثيلين ثمارًا عِدَّةً في آنٍ معًا ضمن مكان واحد.

ب. نموّ الجذر نحو الأسفل في النباتات الوعائية.

4. **أُقارِن** بين كلٍّ ممّا يأتي:

أ. دور كلٍّ من الأكسينات، والسيتوكاينينات في الحصول على نبات كامل بالزراعة النسيجية.

ب. تساقط الأوراق، وإنبات البذور.

5. **أستنتجُ:** ما الأسباب التي تدفع بعض النباتات إلى أكل الحيوانات الصغيرة؟

6. **أطرح سؤالًا** تكون إجابته «تؤدي إلى إنتاج موادّ خاصة تُحفِّز البراعم إلى التحول إلى إزهار».

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

السؤال الأول:

أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في كل فقرة مما يأتي:

1. يستعمل النبات جذوره في التربة للحصول على:
   أ . الماء والبروتينات.
   ب . العناصر الغذائية والسُّكَّريات.
   جـ. السُّكَّريات والماء.
   د. الماء والأملاح المعدنية.

2. القوَّة التي تربط جزيئات الماء معًا هي:
   أ. التماسك. ب. التلاصق.
   جـ. التوتُّر. د. النتح.

3. يوجد شريط كاسبري في الجدر الخلوية لـخلايا:
   أ . القشرة.
   ب. البشرة الداخلية.
   جـ. البشرة.
   د . الأوعية الخشبية.

4. العملية التي يُحمَّل فيها السكروز من خلايا المصدر إلى الخلايا المرافقة هي:
   أ . الانتشار البسيط.
   ب . الانتشار المسهّل.
   جـ. النقل النشط.
   د. الخاصية الأسموزية.

5. أحد أزواج الهرمونات النباتية الآتية ضروري لإكثار النباتات بالزراعة النسيجية:
   أ. الأكسين والسيتوكاينين.
   ب . الإيثلين والسيتوكاينين.
   جـ. الأكسين والجبرلين.
   د . حامض الإبسيسيك والأكسين.

6. واحد مما يأتي يساعد المزارعين على حصاد ثمارهم آليًّا:
   أ . الأكسين. ب. السيتوكاينين.
   جـ. الجبرلين. د. الإيثلين.

السؤال الثاني:

أضع إشارة (✓) إزاء العبارة الصحيحة، و إشارة (×) إزاء العبارة غير الصحيحة في ما يأتي:

1. يتكوَّن اللِّحاء من خلايا حية. (✓)
2. توجد الأنسجة الوعائية في الجذر على هيئة حُزم. (×)
3. تصبح الأجزاء التي تخزن الغذاء مصدر غذاء للنبات عندما ينخفض معدل عملية البناء الضوئي للنبات في فصل الشتاء. (✓)
4. تُصنَع الهُرمونات النباتية في القمَّة النامية للساق. (×)
5. يتداخل عمل أكثر من هُرمون نباتي واحد في استجابة النبات لمثير ما. (✓)

السؤال الثالث:

أفسِّر كلًّا ممّا يأتي:

1. يمرُّ الماء من طبقة البشرة الداخلية عن طريق المسار الخلوي الجماعي.
2. توجد البلاستيدات الغنية بحبيبات النشا في النباتات الوعائية في خلايا قريبة من قمة الجذر النامية.
3. تنبت جذور النباتات في محطات الفضاء بصورة مختلفة عن إنباتها على سطح الأرض.

السؤال الرابع:

أُقارِن بين أثر كلٍّ من العوامل الآتية في معدَّل عملية النتح:

الحرارة، والرطوبة، وشِدَّة الإضاءة.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner