١-٧ التمثيل الضوئي Photosynthesis

ماهي عملية التمثيل الضوئي ؟

بعض الكائنات الحية تمتص الطاقة من ضوء الشمس وتحولها إلى طاقة كيميائية مثل النباتات بواسطة عملية التمثيل الضوئي وهي العملية التي يستخدم فيها النبات الطاقة الضوئية وثاني أكسيد الكربون والماء لصنع الجلوكوز، ويتحرر خلالها الأكسجين الذي تستخدمه الكائنات الحية في تفاعلاتها الحيوية.

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow[\text{chlorophyll كلوروفيل}]{\text{light ضوء}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

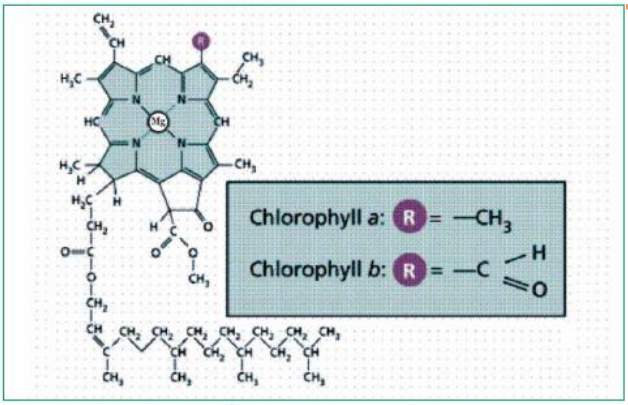
تعتبر جميع النباتات الخضراء والعديد من الأوليات وبعض أنواع البكتيريا كائنات حية ذاتية التغذية، وذلك لأن لديها القدرة على صنع الغذاء من مواد غير عضوية.

ما هما النوعان من الكائنات ذاتية التغذية؟

1- كائنات ذاتية التغذية الضوئية: تستخدم الطاقة الضوئية في التفاعلات لصنع الغذاء وتمثلها الكائنات التي تقوم بعملية التمثيل الضوئي.

2- كائنات ذاتية التغذية الكيميائية: تستخدم المواد الكيميائية غير العضوية في التفاعلات لصنع الغذاء ويمثلها بعض أنواع البكتيريا.

صبغات التمثيل الضوئي Photosynthesis pigments



ما فائدة صبغة الكلوروفيل ؟

تشكل صبغة الكلوروفيل عاملاً أساسياً في عملية التمثيل الضوئي،

ويوجد نوعان من الكلوروفيل، كلوروفيل (أ) وكلوروفيل (ب)

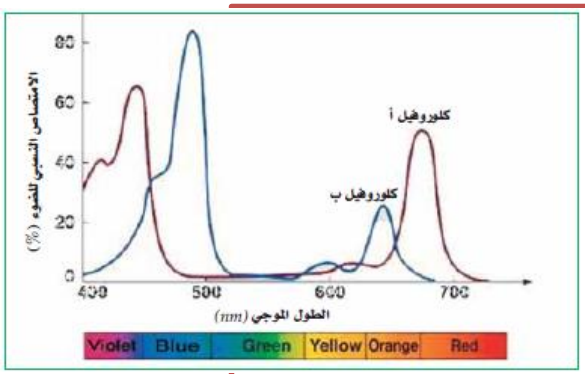
وتمثل ذرة المغنيسيوم ذرة مركزية في كليهما.

وتعتبر صبغة الكلوروفيل أكثر أنواع الأصباغ النباتية الخضراء انتشاراً

حيث توجد في جميع أنواع الكائنات ذاتية التغذية الضوئية

ماعدا البكتيريا التي تحتوي على كلوروفيل بكتيري (أ،ب).

وتختلف صبغة الكلوروفيل (أ) والكلوروفيل (ب) اختلافا بسيطا في التركيب الكيميائي.



ما الفرق بين الضوء المرئي لكلوروفيل أ وكلوروفيل ب ؟

ويبلغ أعلى امتصاص للضوء المرئي لكلوروفيل (أ) في منطقة الأشعة الحمراء من الطيف المرئي. بينما كلوروفيل (ب) يبلغ أعلى امتصاص للضوء المرئي في منطقة الأشعة الزرقاء من الطيف المرئي

ويعد كلوروفيل (أ) الأساس لصبغة التمثيل الضوئي لأنه يحول الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية، بينما كلوروفيل (ب) وبقية الصبغات مثل الكاروتيناتوالزانثوفيلات تمتص الضوء وتحول الطاقة الممتصة إلى كلوروفيل (أ).

اختبر فهمك ١

١– عندما تنظر إلى أوراق النباتات فإنها تبدو لك خضراء اللون. فسّر ذلك.

٢–تعتبر الشمس مصدر الحياة للكائنات الحية على كوكب الأرض. فسّر إجابتك.

معلومات تهمك

الكاروتينات *Carotenes* صبغات برتقالية اللون كما في نبات الجزر بينما الزانثوفيلات *Xanthophylls* صبغات صفراء اللون كما في نبات الشمام .

إجابة اختبر فهمك (١)

١–وذلك عند امتصاص مادة الكلوروفيل للطيف المرئي في منطقة الضوء الأخضر تنعكس منها الأشعة أو تنفذ، وهذا ما يجعل النباتات التي تكثر فيها صبغة الكلوروفيل تبدو للعين خضراء.

٢–تعد مصدراً أساساً للكائنات ذاتية التغذية والتي تقوم بصنع الغذاء والذي بدوره يتنقل إلى الكائنات الحية الأخرى.

٢-٧ تركيب البلاستيدة الخضراء Chloroplast structure

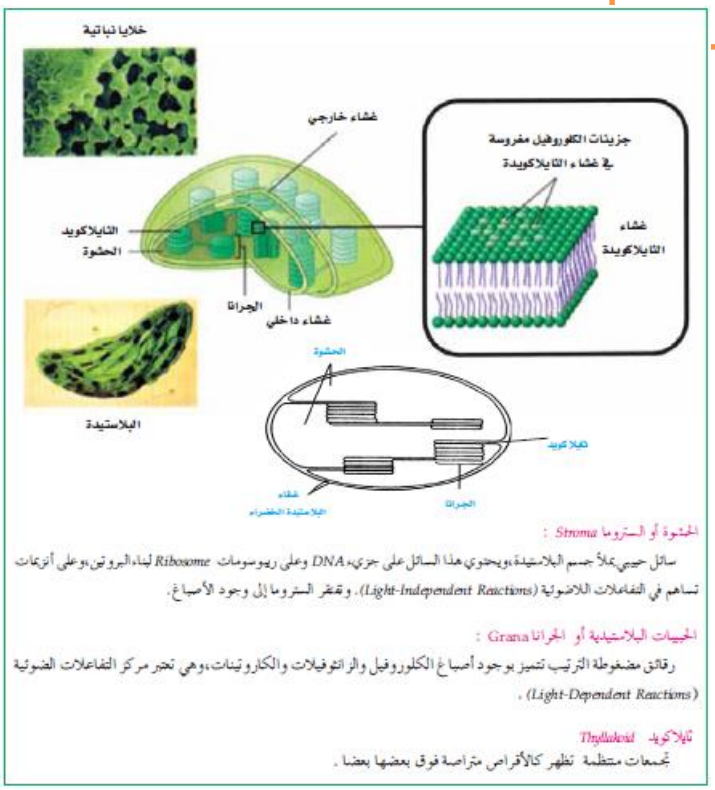
ماهو تركيب البلاستيدة الخضراء ؟

تحتوي البلاستيدات الخضراء على مجموعة من الصبغات التي من أهمها صبغة اليخضور (الكلوروفيل).

وتتركب البلاستيدات الخضراء كيميائياً من الدهون وأصباغ الكلوروفيل والزانثوفيلاتوالكاروتينات،

بالإضافة إلى الأحماض DNA و RNAوبعض العناصر مثل عناصر الماغنيسيوم النووية.

وتتميز البلاستيدة بوجود غشاءين، خارجي وآخر داخلي ينثني إلى الداخل على هيئة صفائح تتميز إلى منطقتين.



الحشوة أو السترومـا Stroma :

سائل حيوي يملأ جسم البلاستيدة،ويحتوي هذا السائل على جزيء DNA وعلى ريبوسومات Ribosome لبناء البروتين،وعلى أنزيمات تساهم في التفاعلات اللاضوئية (Light-Independent Reactions). وتعتبر السترومـا إلى وجود الأصباغ.

الحبيبات البلاستيدية أو الجرانا Grana :

رقائق مضغوطة الترتيب تتميز بوجود أصباغ الكلوروفيل والزانثوفيلات والكاروتينات،وهي تعتبر مركز التفاعلات الضوئية (Light-Dependent Reactions).

ثايلاكويد Thylakoid

تجمعات منتظمة تظهر كالأقراص متراصة فوق بعضها بعضا .

٣-٧ كيمياء التمثيل الضوئي Chemistry of Photosynthesis

كم عملية للتمثيل الضوئي ؟

1- تفاعلات ضوئية: تتطلب وجود الضوء.

2- تفاعلات لا ضوئية: لا تتطلب وجود الضوء، ولكنها تعتمد على نواتج التفاعلات الضوئية.

التفاعلات الضوئية Light dependent Reactions

ماهي التفاعلات الضوئية ؟

هي مجموعة من التفاعلات التي تحدث في أغشية الثايلاكويدات في الجرانا والتي تتطلب وجود الضوء والجزيئات التي تشارك في التفاعلات الضوئية تدى بمراكز التفاعل حيث يتم تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية على شكل ATP ، كما يتم اتحاد أيون الهيدروجين مع المرافق الأنزيمي $NADP^+$ لتكوين NADPH.

معلومات تهمك

- هناك اعتقاد خاطئ مفاده أن التفاعلات الضوئية تحدث أثناء النهار والتفاعلات اللاضوئية تحدث في الليل . إلا أن ذلك ليس صحيحًا، حيث أن التفاعلات الضوئية تحدث خلال الإضاءة اليومية ، والتفاعلات اللاضوئية تحدث في الليل والنهار .
- فيتامين النياسين المفسفر $NADP$: نيكوتين أميد ثنائي الفوسفات .

وقد توصل العلماء إلى أن هناك موقعين في البلاستيدة الخضراء لامتصاص الطاقة الضوئية وهما:

أ- النظام الضوئي الأول ويمتص الطاقة عند طول موجي قدره 700 nm.

ب- النظام الضوئي الثاني ويمتص الطاقة عند طول موجي قدره 680 nm.

أشرح ماذا يحدث في التفاعلات الضوئية ؟

1- يعمل الضوء الممتص في الكلوروفيل (أ) في النظام الضوئي الثاني على إثارة الالكترونات فيؤدي إلى انتقالها من مستوى طاقة أقل إلى مستوى طاقة أعلى.

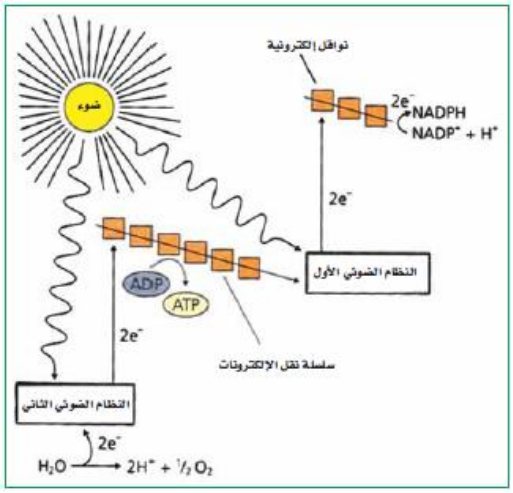
2- تنتقل الالكترونات المثارة إلى مستقبل إلكترون أولي الموجود في أغشية الثايلاكويدات، ثم تمر لتستخدم لتعويض الفاقد من الالكترونات في النظام الضوئي الأول.

3- عند انتقال الالكترونات عبر سلسلة نقل الالكترونات من مستوى طاقة أقل إلى مستوى طاقة أعلى يسبب ذلك تدفق أيونات الهيدروجين عبر غشاء الثايلاكويدات للخارج مما يؤدي إلى نشوء فرق تركيز، وأثناء تحركها مع منحدر التركيز فإنها تعمل على تكوين الطاقة وخزنها على شكل ATP

4 - يمتص الكلوروفيل (أ) الضوء في النظام الضوئي الأول فتتدفق الإلكترونات إلى مستقبل الإلكترون الأولي وتمر خلال النواقل الإلكترونية لتصل إلى $NADP^+$

تنضم ايونات الهيدروجين والالكترونات مع ناقل الالكترونات +NADP لتكوين NADPH الذي يواصل رحلته مع ATP إلى التفاعلات اللاضوئية

5- يعوض الفاقد من الالكترونات في النظام الضوئي عن طريق سطر جزيئات الماء إلى بروتونات والكترونات تدخل في النظام الضوئي الثاني، وأكسجين ينتقل إلى الخارج.



اختبر فهمك ؟

١- أي من أنواع صبغات الكلوروفيل تعتبر مركز التفاعلات الضوئية ؟ فسر اجابتك .
٢- ما مصير الأكسجين المنشطر من الماء أثناء مرحلة النظام الضوئي الثاني ؟
٣- ما نواتج كل من النظام الضوئي الأول والنظام الضوئي الثاني ؟

إجابة اختبر فهمك (٢)

١- كلوروفيل (أ) وذلك لأنه يقوم بامتصاص الطاقة الضوئية ، واستقبال الطاقة الممتصة من الصبغات الأخرى، مثل كلوروفيل (ب) والكاروتينات والزانثوفيلات، ثم تحول هذه الطاقة إلى إلكترونات تنقل إلى سلسلة النواقل الإلكترونية في التفاعلات الضوئية .

٢- ينتشر خارج البلاستيدة الخضراء، فجزء منه يستعمل في التنفس الخلوي والجزء الآخر ينتشر خارج الخلية النباتية إلى الجو لتستفيد منه الكائنات الحية الأخرى .

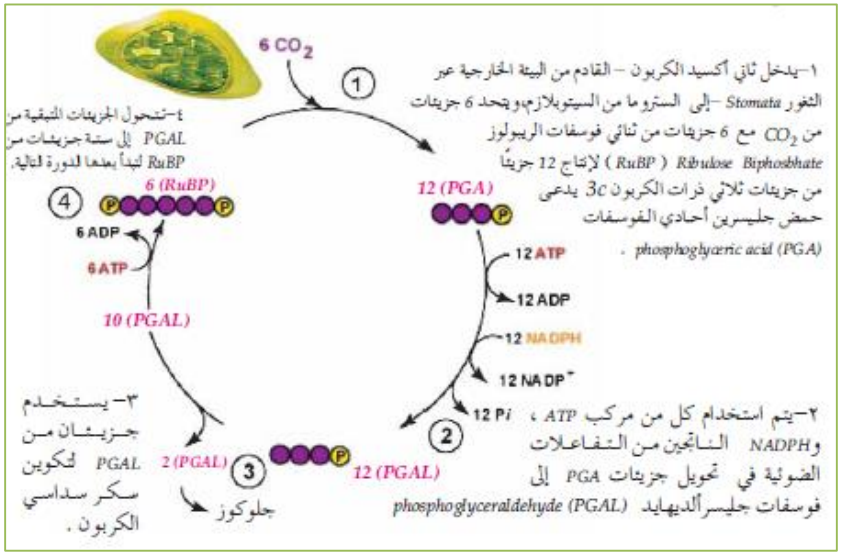
النظام الضوئي الأول مركب *NADPH* ، بينما في النظام الضوئي الثاني مركب *ATP* وغاز الأكسجين كناتج ثانوي .

التفاعلات اللاضوئية Light - Independent Reactions

ماهي التفاعلات اللاضوئية ؟

هي مجموعة من التفاعلات التي تحدث في سترومالبلاستيدة الخضراء، والتي تم فيها تثبيت ثاني أكسيد الكربون لإنتاج السكريات والمواد العضوية الأخرى.

ملحوظة : لقد تمكن العالم ميلفن كالفن ومعاونوه من إثبات عملية التمثيل الضوئي في طحلب الكلوريلا



اختبر فهمك ٣

١- يمكن للتفاعلات اللاضوئية أن تحدث في الضوء أو الظلام . فسر إجابتك .

٢- قارن بين نواتج عملية التمثيل الضوئي في كل من التفاعلات الضوئية والتفاعلات اللاضوئية .

إجابة اختبر فهمك (٣)

١- لأن التفاعلات اللاضوئية لا تعتمد على الضوء وإنما تعتمد في تفاعلاتها على نواتج عملية التفاعلات الضوئية وهي مركبا NADPH و ATP .

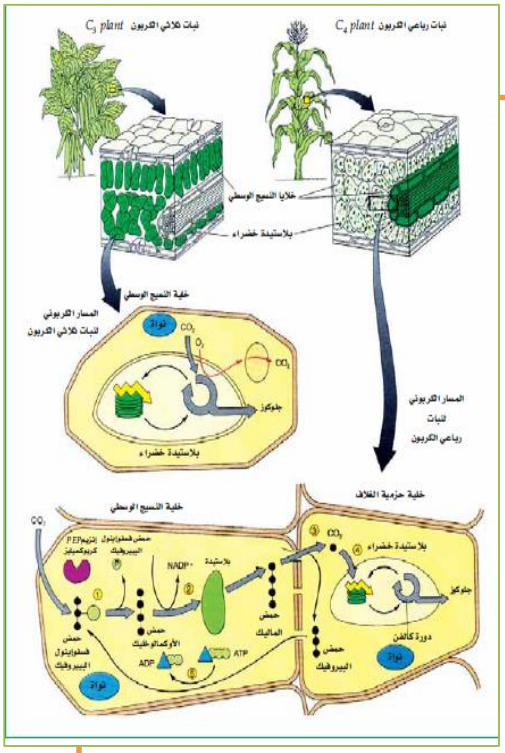
٢- دَرِّب طلابك على كيفية تصميم وتنظيم إجاباتهم مثل التخطيط لعمل جدول مقارنة).

	التفاعلات الضوئية	التفاعلات اللاضوئية
النواتج	١- 18ATP ٢- 12NADPH ٣- 6O2	١- 18ADP +12Pi ٢- 12NADP+ ٣- 12PGAL (جزيئان يكونان جزيء جلوكوز) ٤- $6H_2O$

٧-٤ طرق بديلة لتثبيت الكربون Alternative methods of carbon fixation

بعد أن تعرفت إلى الآلية التي يتم فيها تثبيت الكربون لصنع الغذاء في النباتات ثلاثية الكربون ستجد أن هناك طرقاً أخرى لتثبيت الكربون يسلكها بعض أنواع النباتات نتيجة لتكيفها مع عوامل بيئية مختلفة

١ - النباتات رباعية الكربون C_4 plants



ماهي النباتات رباعية الكربون ؟

عندما يكون الطقس حاراً وجافاً فإن جميع النباتات تقوم بغلق ثغورها.

بعض النباتات التي تعيش في ظروف بيئية قاسية (حرارة وجفاف) مثل نباتات قصب السكر والذرة لا تقوم مباشرة بتثبيت الكربون مع مركب RuBP ، وإنما تسلك مسلكاً آخر يدعى بالتمثيل الضوئي في النباتات رباعية الكربون C_4 plants

وفي ما يأتي خطوات تثبيت الكربون في نبات رباعي الكربون :

1- يتحد ثاني أكسيد الكربون CO_2 مع فوسفو إينول حمض البيروفيك بمساعدة إنزيم كربوكسيليزفسفو إينول حمض البيروفيك ليتكون مركب رباعي الكربون 4C يدعى حمض الأوكسالوخليك.

2- بواسطة NADPH يتم اختزال حمض الأوكسالوخليك إلى مركب راعي الكربون 4C يعرف بحمض الماليك.

3- تتم أكسدة حمض الماليك إلى حمض الأوكالوخليك الذي يتحول إلى ثاني أكسيد الكربون وحمض البيروفيك الذي ينتقل مرة أخرى إلى خلايا النسيج الوسطي ليعيد التفاعل مرة أخرى.

4- يتم تثبيت ثاني أكسيد الكربون عن طريق دورة كالفن لإنتاج الجلوكوز.

5- تعمل بلاستيدات خلايا النسيج الوسطي على إمداد بلاستيدات خلايا حزمية الغلاف بـ و اللذان يستخدمان في اختزال ثاني أكسيد الكربون لإنتاج الجلوكوز .

٢- النباتات العصارية crassulacean acid metabolism (CAM plants)

ماهي النباتات العصارية ؟

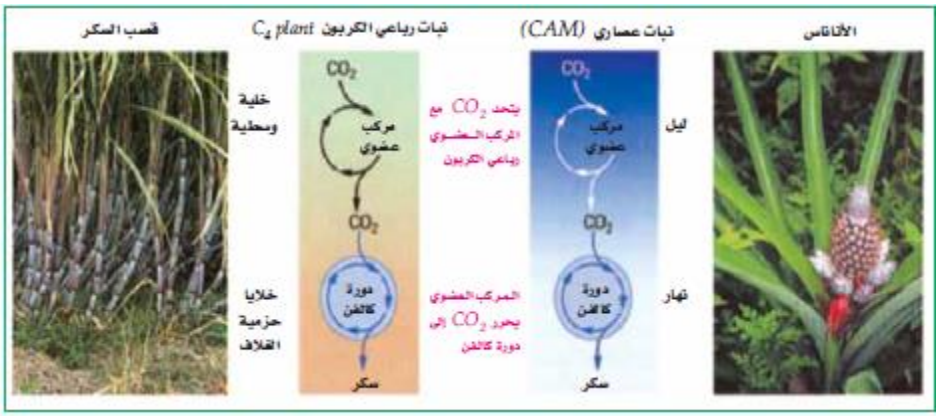
هي النباتات التي تختزن الماء، ومن أمثلتها الصبار والأناناس، حيث تفتح هذه النباتات ثغورها في الليل وتغلقها في النهار.

ما فائدة عملية غلق الثغور ؟

تقلل من فقدان النبات للماء ولكن في الجانب الآخر يمنع دخول ثاني أكسيد الكربون للأوراق.

وفي الليل عندما تفتح الثغور تأخذ النباتات ثاني أكسيد الكربون الذي ينتشر إلى جميع الخلايا الوسطية ليختزن على شكل حمض رباعي الكربون، وهو عادة حمض الماليك، ويتم ذلك بمساعدة أنزيم كربوكسيليزفوسفوإينزل حمض البيروفيك. إن هذا الشكل من تثبيت الكربون يدعى بالايض الحمضي في النباتات العصارية CAM plants.

التركيب الحمضي المتكون بالليل بواسطة نباتات يختزن في الفجوات حتى وقت النهار، وفي هذه الأثناء تنغلق الثغور وتتحرر جزيئات ثاني أكسيد الكربون ليتم تثبيتها في دورة كالفن لإنتاج السكريات.



٧-٥ العوامل التي تؤثر على التمثيل الضوئي Factors Affecting Pohotosynthesis

أولا العوامل الخارجية

١- تركيز ثاني أكسيد الكربون

تزداد عملية التمثيل الضوئي تحت الظروف المناسبة من الضوء والحرارة بازدياد تركيز ثاني أكسيد الكربون إلى حد معين، فإذا زاد التركيز عن هذا الحد فإن معدل التمثيل الضوئي يأخذ في الانخفاض وذلك لتاثير ثاني أكسيد الكربون السام من ناحية، ومن ناحية أخرى لأنه يؤدي إلى غلق الثغور.

٢- شدة الإضاءة

تؤثر شدة الإضاءة ومدة تعرض النبات لها في معدل التمثيل الضوئي، فعند زيادة شدة الإضاءة يزداد معدل التمثيل الضوئي إلى حد معين. مع ثبات العوامل الأخرى فإذا زادت شدة الإضاءة عن هذا الحد فإنها تؤدي إلى تحلل النشا وتلف الكلوروفيل.

٣- درجة الحرارة

إن تأثير درجة الحرارة على معدل التمثيل الضوئي يعود إلى تأثيرها على نشاط الأنزيمات الداخلة في التفاعلات اللاضوئية حيث تكون الأنزيمات في أوج نشاطها عند الدرجة المثلى لكل أنزيم والتي تتراوح بين ٣٧-٥٠C

ويقل نشاطها عند أقل أو أكثر من ذلك.

وتختلف النباتات في مدى الإستجابة لتأثير درجة الحرارة حسب البيئة التي تعيش فيها.

٤- الأكسجين

لقد عرفت أن الأكسجين ناتج ثانوي لانشطار الماء في التفاعلات الضوئية، فنقصه حول النبات يزيد من معدل عملية التمثيل الضوئي بينما زيادة تركيزه داخل البلاستيدة بدرجة تفوق معدل انتشاره خارجها وخارج النبات تنتج عنها أكسدة بعض المركبات الموجودة في البلاستيدة مثل الكلوروفيل والدهون الموجودة في أغشيتها، وهو ما يؤدي إلى انخفاض في سرعة التمثيل الضوئي؟

٥- الماء

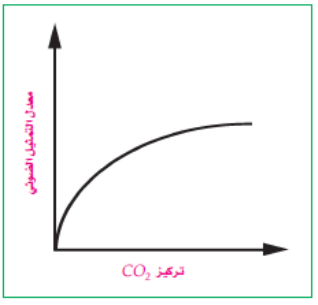
الماء من العوامل الأساسية اللازمة لحدوث عملية البناء الضوئي، فهو المانح للهيدروجين الذي يختزل ثاني أكسيد الكربون إلى مادة كربوهيدراتية، ونقص كمية الماء عن حاجة النبات يسبب انخفاضا في سرعة التمثيل الضوئي، وذلك بسبب غلق الثغور جزئياً أو كلياً. وعند زيادتها فوق حاجة النبات فإنه يسبب دخول الماء بكميات كبيرة مما يؤثر في جميع العمليات الحيوية. وعند غمر النبيات بالماء الكامل يؤدي إلى ما يسمى بالاحتقان المائي حيث لا يستطيع النبات امتصاص ثاني أكسيد الكربون من الجو فلا تحديث عملية التمثيل الضوئي.

٦- الأملاح المعدنية

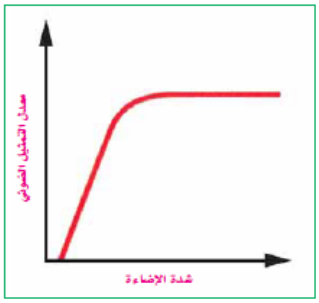
الأملاح المعدنية تعمل كمساعدات أنزيمية أو تركيبية مثل الماغنيسيوم والزنك والحديد، فإن أي نقص فيها يؤثر في معدل عملية التمثيل الضوئي عن طريق تأثيرها في التفاعلات الأنزيمية. والزيادة في تركيز هذه العناصر له تأثير سمي على عالميات المختلفة في البلاستيدة، فعلى سبيل المثال الزيادة في تركيز الزنك تؤثر في التفاعل الضوئي، وهو ما يؤدي إلى التقليل من إنتاج الطاقة.

٧- الرياح

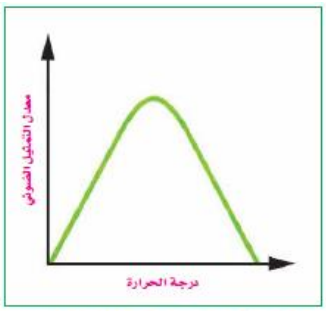
تعمل سرعة الرياح على تقليل سمك طبقة الهواء الساكن حول أسطح الأوراق المشبعة ببخار الماء، الأمر الذي يقلل من مقاومة انتشار ثاني أكسيد الكربون داخل الورقة، فيزيد معدل التمثيل الضوئي، ولكن إذا زادت سرعة الرياح عن حد معين بحيث يفوق معدل النتح معدل امتصاص الماء فإن الثغور تنغلق إما جزئيا وإما كليا وبالتالي ينخفض معدل التمثيل الضوئي.



الشكل (٧-٨) : العلاقة بين تركيز CO_2 ومعدل التمثيل الضوئي



الشكل (٧-٩) : العلاقة بين شدة الإضاءة ومعدل التمثيل الضوئي



الشكل (٧-١٠): العلاقة بين درجة الحرارة ومعدل التمثيل الضوئي

العوامل الداخلية

١- المحتوى الكلوروبلي

الكلوروفيل من العوامل الأساسية في عملية التمثيل الضوئي، فالأجزاء غير الخضراء في الأوراق المبرقشة لا تستطيع القيام بعملية التمثيل الضوئي التي تحدث في الأجزاء الخضراء من الورقة. وترجع أهمية الكلوروفيل في التمثيل الضوئي إلى قدرته على امتصاص الطاقة الضوئية التي تكون كلاً من

NADPHوATP

المستخدمة في اختزال ثاني أكسيد الكربون لتكوين الجلوكوز. ولم يثبت أن هناك تناسباً طردياً بين كمية الكلوروفيل ومعدل التمثيل الضوئي.

٢- تراكم نواتج عملية التمثيل الضوئي

إن تراكم المواد الكربوهيدراتية يزيد من تركيز العصير الخلوي فتقل بذلك نسبة الماء في البروتوبلازم الأمر الذي يقلل من نشاطاته الحيوية، كما أن الكربوهيدرات تزيد من تراكم مادة النشا في البلاستيدات الخضراء وهو ما يقلل من نشاطها، وبالتالي يقلل من معدل التمثيل الضوئي.

٧-٦ التغذية في البكتيريا Nutrition in Bacteria

التمثيل الضوئي في البكتيريا Photosynthesis In Bacteria

ماهوالتمثيل الضوئي في البكتيريا ؟

جميع أنواع البكتيريا التي تقوم بعملية التمثيل الضوئي لا تحتوي على بلاستيدات خضراء وإنما تحتوي على أغشية للتمثيل الضوئي تظهر في سيتوبلازم الخلية البكتيرية، وتستخدم بكتيريا التمثيل الضوئي الطاقة الضوئية لاختزال ثاني أكسيد الكربون وتحوله إلى مركبات عضوية خلال دوره كالفن، حيث تتشابه فيها مع عملية التمثيل الضوئي في النباتات.

١-البكتيريا الخضراء المزرقة blue -green bacteria (Cyanobacteria)	٢-بكتيريا الكبريت الخضراء (green sulphur bacteria)
ماذا تشبه البكتيريا الخضراء المزرقة؟ تشبه النباتات من حيث احتوائها على صبغة الكلوروفيل وحدوث النظام الضوئي الثاني الذي من خلاله يتم شطر جزيء الماء إلى أكسجين وأيونات هيدروجين لتكوين مركب NADPH ، ولتتم بعدها مراحل عملية صنع الغذاء.	تحتوي على صبغة الكلوروفيل البكتيري، ولا يحدث فيها النظام الضوئي الثاني وتستخدم بكتيريا الكبريت الخضراء هذه الأنواع من البكتيريا كبريتيد الهيدروجين كمصدر لأيونات الهيدروجين اللازمة لعملية التفاعلات اللاضوئية لاختزال ثاني أكسيد الكربون إلى كربوهيدرات، والمعادلة التية توضح التمثيل الضوئي في بكتيريا الكبريت الخضراء: $6CO_2 + 12H_2S \xrightarrow[\text{bacteriochlorophyll كلوروفيل بكتيري}]{\text{light ضوء}} C_6H_{12}O_6 + 12S + 6H_2O$

التمثيل الكيميائي في البكتيريا Chemosynthesis in Bacteria

ماهوالتمثيل الكيميائي في البكتيريا ؟

يتم صنع الغذاء من ثاني أكسيد الكربون باستخدام الطاقة الناتجة من أكسدة المواد غير العضوية. وتتشابه كائنات التمثيل الضوئي مع بكتيريا التمثيل الكيميائي من خلال تثبيت ثاني أكسيد الكربون خلال تفاعلات دورة كالفن،

من أين تأتي الطاقة التي تحتاج إلى تكوينNADPHو ATP ؟

تأتي من أكسدة المواد غير العضوية مثل الكبريت والأمونيا والنيترايت وليست من امتصاص الضوء.

والمعادلة الآتية توضح أكسدة النيترايت في بكتيريا النترتة :

$$2HNO_2 + O_2 \longrightarrow 2HNO_3 + \text{طاقة}$$

حمض النيتروز — حمض النيتريك

اختبر فهمك ٤

١– هل يتم إنتاج غاز الأكسجين في تفاعلات التمثيل الضوئي بكتيريا الكبريت الخضراء ؟ فسر إجابتك.

٢– ما دور الأكسجين الداخل في تفاعل أكسدة بكتيريا النترتة ؟

إجابة اختبر فهمك (٤)

١– لا،وذلك لأن مصدر أيونات الهيدروجين هو كبريتيد الهيدروجين وليس الماء.

٢– يدخل في أكسدة المادة غير العضوية والتي ينتج بعدها مركب آخر وطاقة . والطاقة المنتجة يستفاد منها في التفاعلات الأيضية.

٧-٧ التقانة الحيوية في النبات The Biotechnology in Plant

حدث تطور كبير في مختلف العمليات الزراعية على مستوى الزراعة التقليدية أو تطبيقات التقانة الحيوية على مستوى الزراعية الحديثة، والتي تهدف إلى زيادة إنتاج المحصول بأقل التكاليف وأقل جهد وأفضل نوعية وجودة، وقد شملت التحسينات الزراعية المجالات الآتية:

أ- الزراعة والبستنة Agriculture and Horticulture

من العمليات الزراعية التي شملتها التطوير:

١- الحراثة	٢- الحفر المباشر	٣- دورة المحصول
والتي تهدف لتفتيت وتقليب التربة مما يساهم في زيادة المحصول عند زراعته.	بعدما تتم عملية حصاد الحبوب آلياً، تبدأ عملية معالجة مخلفات النبات وذلك إما بجمعها وتحويلها إلى تبن يصلح كغذاء للحيوانات وإما يتم معالجتها بمبيدات الأعشاب للقضاء على الأعشاب الضارة وبعد ذلك يستخدم المبذار الآلي وهو عبارة عن آلة حراثة وبذار في نفس الوقت، مما يوفر الوقت والجهد والمال.	تمر زراعة المحاصيل في كثير من مناطق العالم بدورة واحدة كل أربع سنوات: أي يتم التناوب بين محاصيل مختلفة ذات حاجات مختلفة من المواد العضوية والأسمدة وذلك لحماية التربة من الانهاك وتوفر تجديداً للتربة والتخلص من الكثير من الآفات، لأن زراعة التربة بمحصول واحد لسنوات متكررة ينهك التربة ويفقدها عناصرها الغذائية ويقل إنتاج المحصول بدرجة كبيرة. في البلدان الزراعية المتطورة تستخدم النظام الذي يوصف اقطع واحرق، أي قطع مخلفات لنبات بعد جني المحصول وحرقها، وهذه الطريقة تعود بالأملاح المعدنية للتربة. فتشكل التنظيف يجعل من احتمالية الزراعة المستمرة لسنوات عدة أمراً ممكناً إلا أن سماد التربة يستنفذ، لذلك يلجأ المزارع إلى ترك الموقع لعدد من السنين ويحضر منطقة جديدة للزراعة.

٤- جمع المحاصيل
تطورت طرق جمع المحاصيل من الطرق التقليدية التي كانت تعتمد على الجمع اليدوي إلى الجمع الآلي والمعقم مما وفر الوقت والجهد والمال وحافظ على سلامة المحاصيل التي يمكن أن تتعرض للتلف كالخضراوات والفواكه.

٥- التخزين

أحد الأهداف الرئيسة من تخزين المحاصيل هو منع أو تقليل تدهورها وتعرضها للحشرات والفطريات عند طريقتها للأسواق.

وعملية التخزين تعتمد على نوعية المحصول مثل وضع الحبوب في المستودعات أو المخازن، وضع البطاطا والمحاصيل الجذرية في المشابك، وضع الفواكه في مخازن تبريد خاصة تمنع من عملية نضجها.

ووجد أن فترة تخزين الفواكه له علاقة عكسية بمعدل تنفس خلايا الثمرة (بذور، أوراق، سيقان، جذور، ثمرة فواكه).

هذا المعدل يمكن تخفيضه بواسطة التبريد وفي بعض الحالات بواسطة التدوير ببخار الهواء المشبع بثاني أكسيد الكربون بنسبة 10% كالإيثلين الذي يعمل على تعجيل النضج الأولي والتخزين لفترة أطول،

كذلك يمكن إضافة العديد من المواد المتطايرة إلى دورة بخار الهواء أثناء تخزين البطاطا لمنع نموها وتكون البراعم،

وعلى نحو مماثل يستخدم مبيد مكافحة الفطريات أثناء عملية التخزين للبطاطا.

ب- الكتلة الحيوية والتمثيل الضوئي Biomass and Photosynthesis

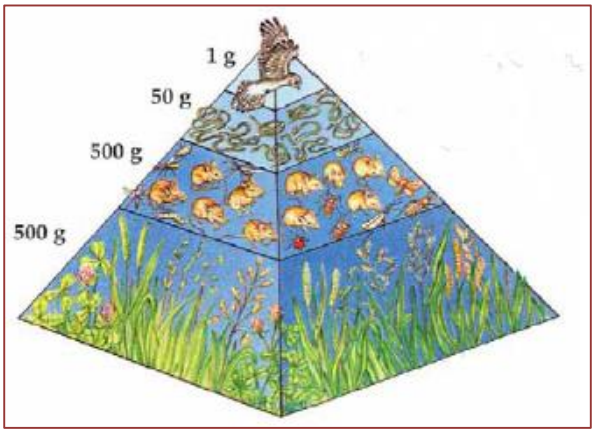
كيف يتم إنتاج السكريات ؟

من عملية التمثيل الضوئي، حيث يستهلك جزء منها في نمو النبات والعمليات الأيضية المختلفة بينما يختزن الجزء الآخر كطاقة كيميائية تتغذى عليها الكائنات الحية الأخرى فيما بعد محررة تلك الطاقة المختزنة فالمادة العضوية التي تشكلت من النباتات والحيوانات، والتي تحتوي على طاقة مخزنة من الشمس، إثر قيام النباتات بعملية التمثيل الضوئي تعرف بالكتلة الحيوية. والطاقة المختزنة في تلك الكائنات الحية بإمكانها أن تتحول إلى طاقة تكون كمورد للوقود عند عملية احتراقه وهذا ما يطلق عليه بوقود الكتلة الحيوية.

معلومات تحملك

استخدام الكتلة الحيوية كوقود يقلل استخدام الوقود الأحفوري *fossil fuel* ، وهو ما يساعد على التقليل من الاحتباس الحراري *global warming* .

وتنتقل الطاقة الكيميائية المتكونة في النباتات إلى الحيوانات والإنسان وبقية الكائنات الحية الأخرى عن طريق التغذية عليها من خلال هرم الكتلة الحيوية.



ومن أمثلة المواد التي تستخدم فيها الكتلة الحيوية كوقود: الخشب والمحاصيل الزراعية والسماد الحيواني والقمامة.

معلومات تحملك

- بعض الدول المتقدمة تستخدم 3% من وقود الكتلة الحيوة كطاقة
- 81% من وقود الخشب يستهلك في المصانع .

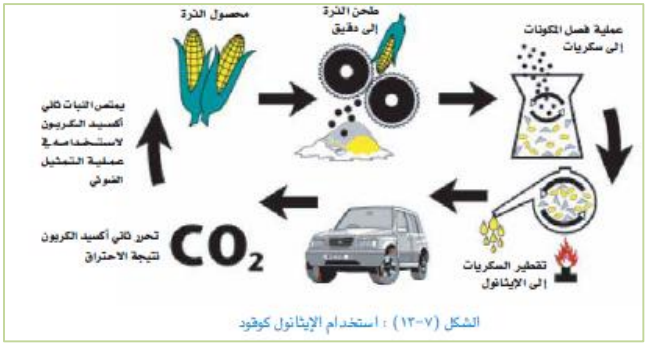
الفصل السابع التغذية في النبات

ماذا يحدث عند عملية الاحتراق؟

تتحرر الطاقة الكيميائية في الكتلة الحيوية على شكل حرارة،

مثال: عند حرق مخلفات الأخشاب وفضلات القمامة يتحرر وقود حيوي عبارة عن بخار يستفاد منه في إنتاج الكهرباء التي تزود بها المصانع والمنازل.

ملحوظة: إن حرق الكتلة الحيوية لا يقتصر على تحرير الطاقة فقط، ولكن يمكن تحويلها إلى أشكال أخرى من الطاقة يستفاد منها في مجالات متعددة مثل:



الشكل (٧-١٣) : استخدام الإيثانول كوقود

١- الغاز الحيوي	٢-الإيثانول	٣- الزيت الثقيل الحيوي
يعتبر أحد المقومات الأساسية للغاز الطبيعي الميثان، ويتميز هذا الغاز برائحته النتنة التي تشبه الفضلات الزراعية وتعفن القمامة، ويتم إنتاج الغاز الحيوي عن طريق عملية تخمر المواد العضوية مثل روث الحيوان أو الصرف الصحي وينتشر استخدامه كمصدر للطاقة في الأماكن الريفية عن طريق تصنيع وحدات أو أوعية لاهوائية لانتاجة.	وقود يستعمل في وسائل النقل في بعض البلدان، ينتج من عملية تخمر المحاصيل الزراعية مثل الذرة وقصب السكر. يوضح استخدام الإيثانول كوقود، ويبين دوره في المحافظة على توازن ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي.	وقود يستعمل في وسائل النقل، ينتج من مخلفات نواتج الطعام، مثل الزيوت النباتية والدهون الحيوانية وتعتمد فكرة إنتاجه على تفاعل كيميائي حيث يتم بتحطيم جزيئات الزيت باستخدام الكحوليات مثل الميثانول مع وجود عامل حفاز مثل هيدروكسيد الصوديوم. إن استخدام الكتلة الحيوية الناتجة عنه كطاقة يسبب انخفاض نسبة ثاني أكسيد الكربون المتحررة إلى الغلاف الجوي، وذلك بنمو النباتات التي بإمكانها أن تستفيد من ثاني أكسيد الكربون وتقلل من نسبته في الغلاف الجوي من خلال عملية التمثيل الضوئي. واتزان ثاني أكسيد الكربون ينتج من خلال كمية الكتلة الحيوية المزروعة التي تتوازن مع الكتلة الحيوية المستخدمة كطاقة.

ج- المبيدات العشبية والتمثيل الضوئي Herbicides and Photosynthesis

ماعلاقة المبيدات الحشرية والمحاصيل الزراعية ؟

وجود الآفات الزراعية الضارة وعدم السيطرة عليها يؤديان إلى العديد من التاثيرات السلبية في المحاصيل الزراعية ومن تاثيراتها أنها:

- تمنع الإنتاج الجيد والوفير للمحاصيل.
- تنافس المحاصيل في حصولها على الماء والمواد الغذائية الموجودة بالتربة، وعلى الطاقة الضوئية اللازمة لتفاعلات التمثيل الضوئي.
- تسبب بعض الأمراض للمحاصيل الزراعية.

ملحوظة :- توجد أنواع مختلفة من الآفات الزراعية الضارة ومن أمثلتها المعروفة الأعشاب الضارة، والحشرات الضارة، والفطريات الضارة.

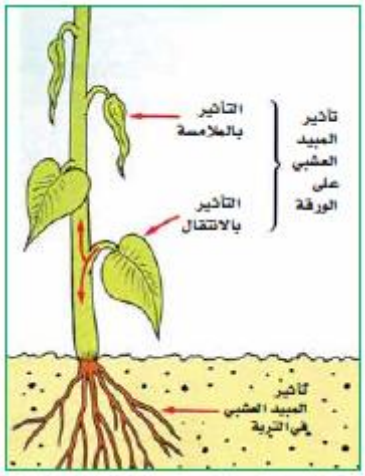
كيف يتم التخلص منها ؟

يتم توظيف التقانة في مكافحتها والسيطرة على نموها أو انتشارها، وذلك باستخدام مواد كيميائية تقوم بالقضاء على الآفات الزراعية المختلفة تدعى بمبيدات الآفات الزراعية. وإذا ما كانت تلك المواد الكيميائية المستخدمة لمكافحة الآفات الزراعية خاصة بالآفات العشبية فإنها تسمى بالمبيدات العشبية.

ويتم التخلص من الأضرار التي تسببها الآفات الزراعية العشبية بطريقتين:

الأولى المكافحة الكيميائية والثانية طريقة المكافحة الحيوية.

الشكل (٧-١٤) :رش المزروعات بمبيد الآفات الزراعية



ماهي المكافحة الكيميائية ؟

هي العملية التي يتم بواسطتها رش الأرض الزراعية بمادة كيميائية والتي بدورها تؤدي إلى القضاء على الآفات الزراعية.

ما أثر المبيدات العشبية على النباتات ؟

يستعمل المزارعون المبيد العشبي الهرموني لتصفية الأراضي الزراعية من الأعشاب الضارة.

وعند رش الأراضي الزراعية بالمبيد العشبي الهرموني وبتراكيز صحيحة تموت الأعشاب الضارة المحددة للمبيد الهرموني.

لماذا لا تتم إبادة كل الأعشاب عند رشها بالمبيد العشبي الهرموني وإنما تتم إبادة الأعشاب الضارة فقط؟

السبب في ذلك هو أن تركيبة نصل أوراق الأعشاب غير الضارة ضيقة جدا بحيث لا تسمح بامتصاص كمية كافية من المادة الكيميائية الضارة، بينما الأعشاب الضارة مع أوراقها الواسعة تأخذ كمية كبيرة من المادة الكيميائية التي رشت بها.

ماذا يحدث عند توازن الهرمون العشبي مع الهرمون النباتي (الأكسين)؟

يلعب دورا أساسيا في نمو النباتات. وعندما تستخدم الأعشاب الضارة المادة الكيميائية بكميات كبيرة، فإنها تؤثر على العمليات الحيوية التي تقوم بها وهو ما يؤدي في نهاية الأمر إلى سرعة موتها.

ما سلبيات السيطرة الكيميائية ؟

حدوث أضرار للكائنات الحية الأخرى في البيئة التي تتعرض لعملية الرش.

ومن الأمثلة على ذلك القضاء على بعض النباتات الزهرية التي يظهر أثر المبيدات عليها من خلال إيقاف تفاعلات النظام الضوئي الثاني، الأمر الذي يؤدي إلى انخفاض في نقل الإلكترونات من الماء إلى مركب NADPH خلال مراحل التمثيل الضوئي الكيميائي.

ماذا يحدث من عملية الرش بالمبيدات العشبية ؟

ينتج عن عملية الرش بالمبيدات العشبية أن تؤدي المادة الكيميائية فيها إلى منع ارتباط النواقل الإلكترونية في مواقعها، نتيجة لترسب المادة الكيميائية في جزيئات الكلوروفيل، وكنتيجة تزداد تفاعلات الأكسدة ليصل تأثيرها إلى الخلايا الأخرى وهو ما يؤدي إلى موت النبات.

وقد تصل أخطار المبيدات العشبية الهرمونية إلى الكائنات الأخرى كالإنسان والحشرات، مشكلة تلوثاً بيئياً.

٨-٧ المكافحة الحيوية Biological Control

ماهي المكافحة الحيوية ؟

درس الإنسان العلاقة بين الأعداء الطبيعية وعوائلها وفرائسها

فتوفرت لديه معلومات وخبرة بيئية دقيقة حول تلك العلاقات،

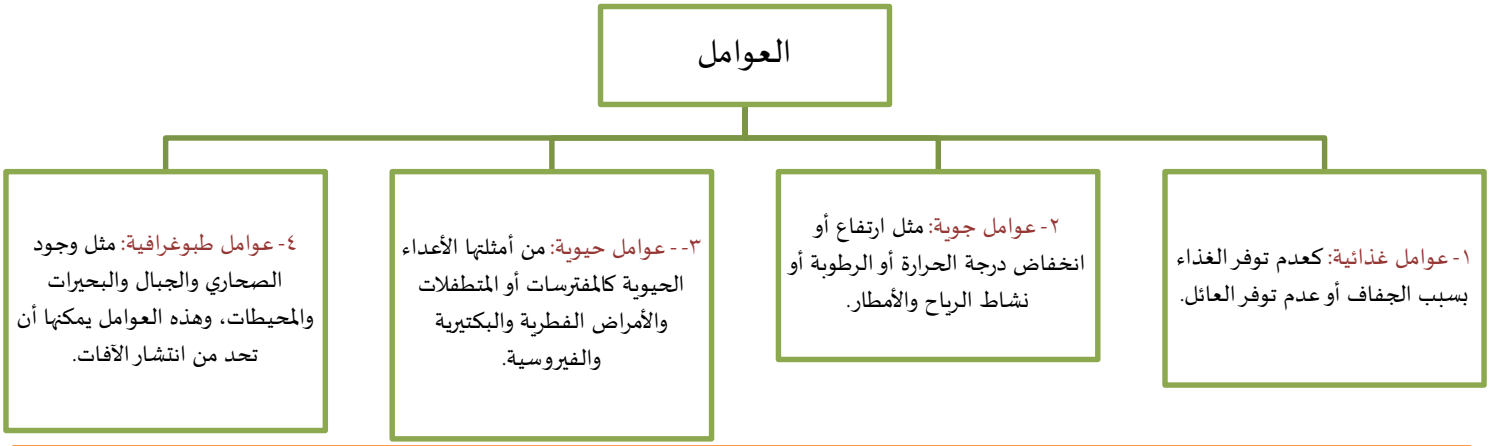
استفاد منها في مكافحة الآفات،

وقسم طرق المكافحة إلى قسمين:

المكافحة الطبيعية والمكافحة التطبيقية ويطلق عليها المكافحة الحيوية.

ماهي المكافحة الطبيعية ؟

تشمل العوامل الطبيعية التي تقضي على الآفة أو تحد من انتشارها دون تدخل الإنسان في ذلك، ويمكن إيجاز هذه العوامل فيما يلي:



ماهي المكافحة الحيوية ؟

هي محاولة تطبيق وسائل المقاومة الطبيعية بواسطة الإنسان لتقليل الآفات والحد منها،

وتحديداً استخدام الإنسان لمفترسات ومسببات الأمراض والأعداء الطبيعية لمقاومة الآفة، لخفض أعدادها إلى الحد الذي لا تسبب فيه الآفة ضرراً اقتصادياً.

ماهدف المكافحة الحيوية ؟

المكافحة الحيوية لا تهدف إلى القضاء على الآفة وإبادتها بل تهدف إلى خفض أعدادها لدرجة التوازن الطبيعي،

فتصبح فيه الآفة غير ضارة اقتصادياً رغم تواجدها على المحصول، لذا فقد زاد الاهتمام في الفترة الأخيرة بالمكافحة الحيوية لسببين:

١- النجاح الكبير الذي حققته في مكافحة الآفات.

٢- السيطرة على تدهور وتلوث البيئة من جراء استخدام المواد السامة (الكيميائية) في مكافحة الآفات والأمراض الزراعية.

الأعداء الطبيعية Natural Enemies

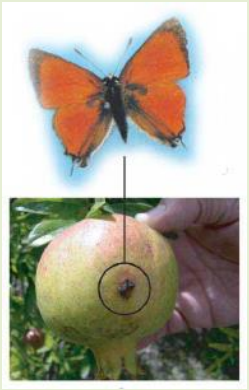
تقسم الأعداء الطبيعية للكائنات الحية إلى ثلاثة أقسام:

١- المفترسات: فهي تفترس الآفة وتتغذى عليها، مثل افتراس خنفساء أبو العيد لحشرات المن.

٢- الطفيليات: وهي كائنات تتطفل على الآفة ، وقد تكون هذه الطفيليات داخلية أو طفيليات خارجية.

٣- مسببات الأمراض: وهي التي تسبب للآفة الأمراض بأنواعها المختلفة وتفتك بها.

طرق المكافحة الحيوية Methods of Biological control

١- طريقة الإدخال	٢- طريقة الإكثار Augmentation	٣- طريقة الحماية والتنمية Conservation
تعتمد هذه الطريقة على إدخال الأعداء الحيوية الطبيعية من مناطق أخرى وتوطينها في البيئة المراد مكافحة الآفة بها وتعتبر هذه الطريقة من أنجح الطرق في حالة ما إذا كانت الآفة نفسها قد أتت من خارج المنطقة واستوطنت في تلك البيئة وتدعى هذه الطريقة أيضاً بالمكافحة التقليدية والمثال على ذلك: - المكافحة الحيوية لآفة دوباس النخيل (المتق): في مزارع النخيل بالسلطنة بواسطة إدخال العدو الطبيعي لها وهو طفيل ابروستوسيس. - إطلاق الطفيل المستورد ترايكوجراما لمكافحة آفة فراشة الرمان بالجبل الأخضر. 	وفي هذه الطريقة يتم إكثار العدو الطبيعي بأعداد هائلة وإطلاقه أو رشه على المحصول وتكرار ذلك حتى يتسبب في خفض أعداد الآفة المراد مكافحتها والمثال عليها: - إنتاج 175 مليون طفيل محلي من نوع بمركز بحوث الوقاية بالرميس ومحطة بحوث جماح بسمائل، وإطلاقه بالجبل الأخضر لمكافحة آفة فراشة الرمان. 	تعتمد هذه الطريقة على حماية وتنمية قدرات وفعالية الأعداء الطبيعية المحلية، وذلك بتغيير بعض العمليات الزراعية أو التركيبة المحصولية أو الدورة الزراعية باستخدام مبيدات اختيارية عند الضرورة وبذلك تنمو أعداد هذه الأعداء الطبيعية المحلية لتعمل على مقاومة الآفة المستهدفة. ومن أمثلة هذه الطريقة مكافحة الحشرة القشرية الحمراء في زراعة الحمضيات، حيث تم وقف استخدام المبيدات الكيماوية بشكل كامل، مما أدى إلى زيادة أعداد وفاعلية الأعداء الطبيعية المحلية والتي استطاعت السيطرة على الآفة.

مميزات المكافحة الحيوية

تتميز المكافحة الحيوية بعدة مميزات منها:

١- أنها متخصصة، حيث توجه طريقة المكافحة - كقاعدة - ضد آفة واحدة فقط، وليس لها تأثير سلبي مباشر على مجتمعات الأعداء الحيوية الطبيعية الأخرى.

٢- أكثر أماناً من باقي الطرق التقليدية للمكافحة (كاستخدام المبيدات الكيميائية).

٣- غير سامة، وغير ملوثة للبيئة، ولا تسلل مخاطر سمية لمستخدميها، أو للبيئة أو للمستهلكين.

٤- مستمرة وباقية لفترات طويلة وهي ما تعرف بطرقة الوقاية المستديمة.

٥- غير مكلفة اقتصادياً إذ أنها رخيصة مقارنة مع الطرق التقليدية في المكافحة.

٦- متوافقة مع الطرق الأخرى، حتى الكيميائية منها، وخاصة عندما تستعمل المبيدات الانتخابية المتخصصة (مبيدات انتقائية).

ما صعوبات التي تواجه المكافحة الحيوية ؟

بالرغم من تلك المميزات للمكافحة الحيوية إلا أنه تواجه العديد من الصعوبات في تطبيقها

مثل:

1. عند إدخال الأعداء الطبيعية إلى منقطة جديدة، يجب أن تراعي أنظمة وقوانين الحجر الزراعي،
2. ربما يكون من الصعب توطين الأعداء الطبيعية بسبب صعوبة تكيفها مع البيئة الجديدة،
3. تحتاج إلى فهم دقيق للظروف البيئية المزمع إطلاق العدو الطبيعي للآفة فيها
4. دراسة كلاً من الآفة والعدو الطبيعي بشكل دقيق من كل النواحي الحيوية والبيئية.

اختبر فهمك ٥

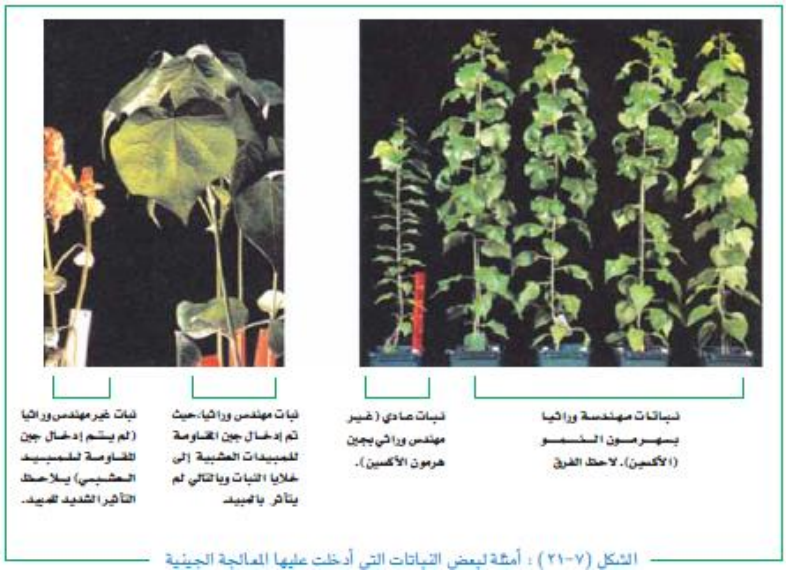
١- قارن بين المكافحة الحيوية والمكافحة الكيميائية من حيث إيجابياتهما ومضارهما.
٢- كيف ساهمت المكافحة الحيوية في زيادة التمثيل الضوئي؟

استخدامات الهندسة الوراثية Applications of genetic engineering

ما استخدامات الهندسة الوراثية ؟

تعرف الهندسة الوراثية بعملية إدخال أو حذف أو استبدال أو تعديل جين أو جينات المحتوى الوراثي للكائن الحي بهدف الحصول على صفات جديدة أو زيادة إنتاج صفات موجودة أو التخلص من صفات غير مرغوبة.

تلعب الهندسة الوراثية دورا في تحسين نوعية وكمية الغذاء والذي بدوره يجعل الكتلة الحيوية مستقرة بين المنتجات والمستهلكات.



الشكل (٧-٢١) : أمثلة لبعض النباتات التي أدخلت عليها المعالجة الجينية

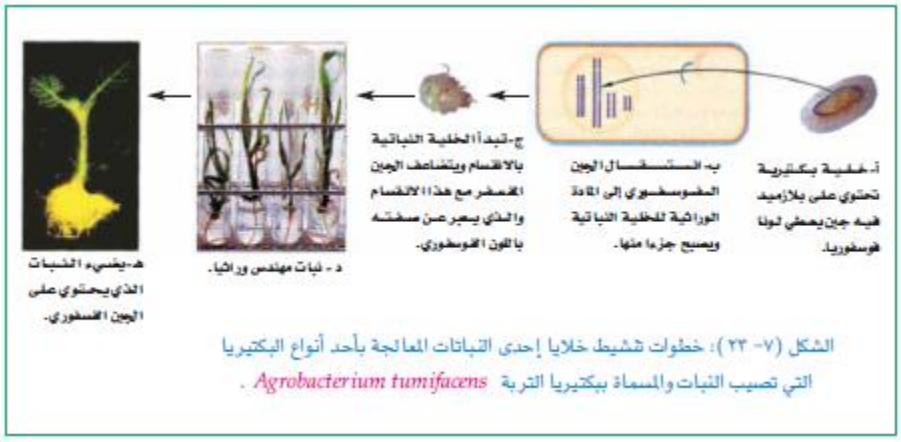
من الأدوار الأخرى للهندسة الوراثية:

- جعل النباتات أكثر مقاومة للآفات الزراعية المختلفة
- إنتاج محاصيل زراعية مناسبة للأسواق والتخزين .

الشكل (٧-٢٢) : مقاومة بعض النباتات للآفات الزراعية المختلفة

وقد تم إدخال الجينات من أنواع أخرى للكائنات الحيوية إلى النباتات الزراعية،

الشكل (23-7) يوضح خطوات تنشيط خلايا أحد النباتات المعالجة بأحد أنواع البكتريا التي تصيب النبات والمعروفة بكتيريا التربة.



الشكل (٧- ٢٣): خطوات تنشيط خلايا إحدى النباتات المعالجة بأحد أنواع البكتيريا التي تصيب النبات والمسماة بكتيريا التربة *Agrobacterium tumifacens* .