

إنتاج المادة العضوية وتدفق الطاقة

الفصل الثالث:

الوثيقة 1: استخلاص الصبغات اليخضورية

★ المناولة الأولى: استخلاص اليخضور (أنظر الشكل أ)

- ← نقوم بنقطة أوراق خضراء إلى أجزاء، ثم نقوم بهرسها في مهراس مع قليل من الرمل من أجل سحق الخلايا.
- ← نضيف بكيفية تدريجية 10ml من الكحول 90° أو الأسيتون Acétone، من أجل تذويب الصبغات اليخضورية.
- ← نقوم بترشيح محتوى المهراس باستعمال ورق الترشيح، وبذلك نحصل على محلول كحولي للصبغات اليخضورية، انه اليخضور الخام Chlorophylle brute.

★ المناولة الثانية: عزل الصبغات اليخضورية بواسطة الذوبانية الاختلافية (أنظر الشكل ب).

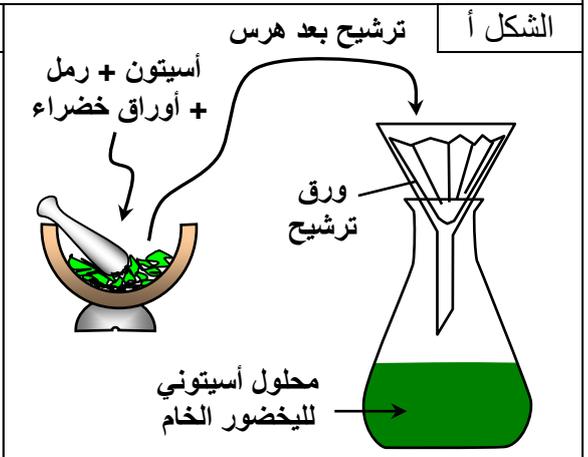
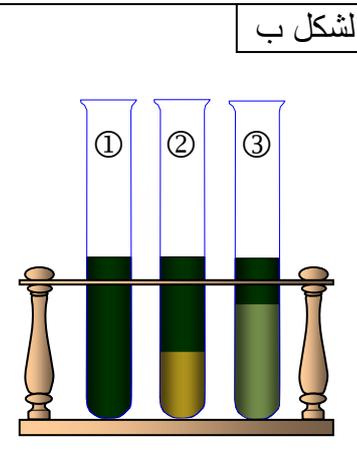
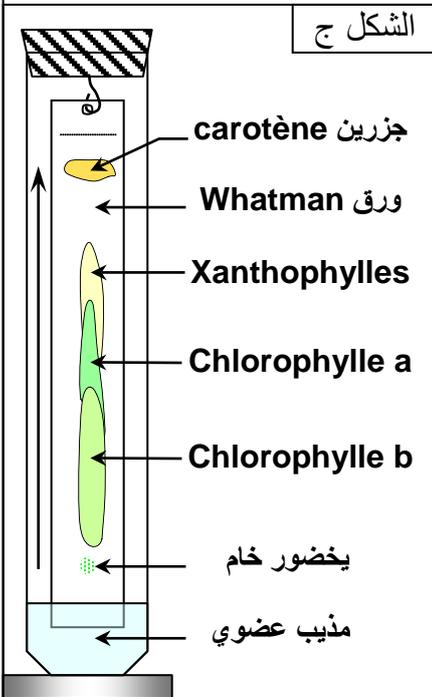
- ← باعتبار أن قابلية الذوبان للصبغات اليخضورية تختلف حسب المذيبات، نقوم بالمناولة التالية:
- ← نسكب 5cm³ من المحلول الأسيتوني لليخضور الخام في أنبوب اختبار، ونضيف إليه 5cm³ من إيثير البترول وقليلًا من الماء (الأنبوب ①) فنحصل على خليطين (الأنبوب ②).
- ← نحفظ بالخليط الأكثر اخضرارًا وهو الذي يحتوي على إيثير البترول. ثم نضيف لهذا الخليط كحول الميثانول (الأنبوب ③).

★ المناولة الثالثة: عزل اليخضور بواسطة التحليل الكروماتوغرافي (أنظر الشكل ج).

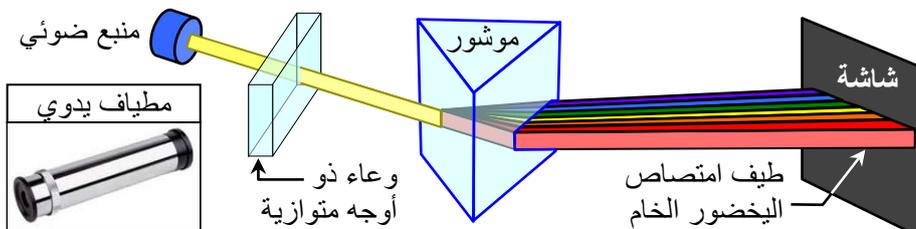
- ← نضع قطرة أو قطرتين من محلول اليخضور الخام على بعد 2 cm من أسفل سفيضة ورق Wattman.
- ← نترك البقعة الخضراء حتى تجف، ثم نضيف إليها قطرات أخرى، ثم ننتظر حتى تجف البقعة تمامًا.
- ← نعلق السفيضة بسداة ونضعها داخل مخبر مدرج به خليط من المذيبات العضوية، لا يتعدى علوه 2cm. مع الحرص أن لا يغمر هذا الأخير إلا بضع مليمترات من أسفل السفيضة.
- ← نغلق المخبر لمنع تبخر المذيبات مع الحرص على عدم لمس الورقة لجدار المخبر.
- ← نحجب التركيب عن الضوء لمدة 40min.

1) أنجز المناولات الممثلة في الوثيقة.

2) ماذا تستخلص من تحليلك لنتائج هذه المناولات؟

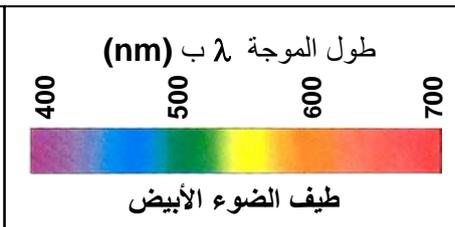
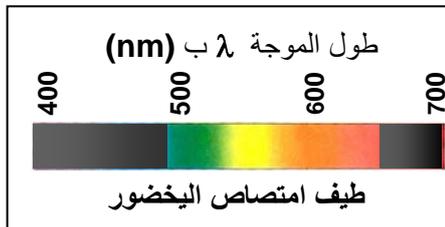


الوثيقة 2: الكشف عن امتصاص الإشعاعات الضوئية من طرف الصبغات اليخضورية



نحصل على طيف الضوء الأبيض بتعريض شعاع من الضوء الأبيض لموشور (Prisme)، واستقبال الأشعة النافذة منه على شاشة، وللكشف عن طيف امتصاص اليخضور الخام نملاً وعاء ذا أوجه متوازية بمادة اليخضور الخام، ثم نضعه بين الموشور ومنبع الضوء، ونلاحظ النتيجة على الشاشة.

★ قارن بين طيف الضوء الأبيض وطيف اليخضور الخام. ماذا تستنتج؟

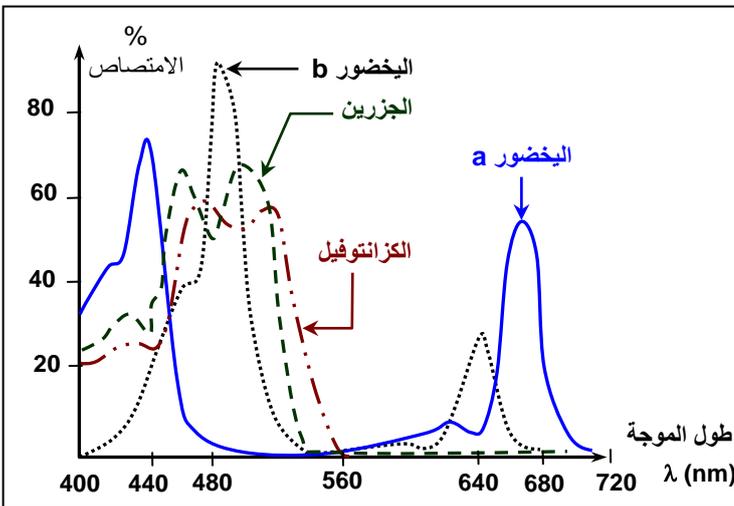


تتمة الوثيقة 2:

أطياف امتصاص الصبغات اليخضورية

بطريقة مماثلة لطريقة قياس طيف امتصاص اليخضور الخام، نحصل على قياسات طيف امتصاص الصبغات اليخضورية بعد عزلها. يعطي المبيان أمامه أطياف امتصاص أهم الصبغات اليخضورية.

★ ماذا تستخلص من تحليل هذه المعطيات؟



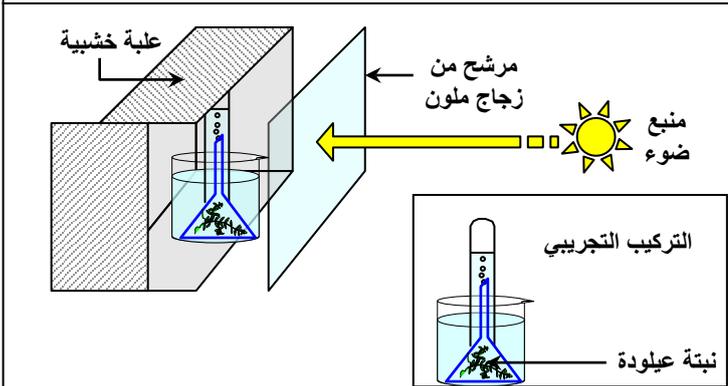
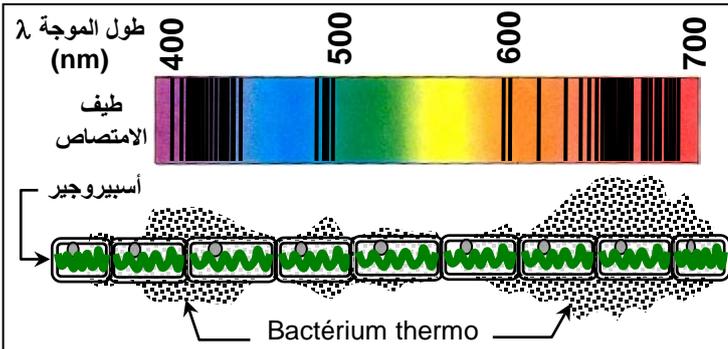
الوثيقة 3: فعالية الإشعاعات الممتصة

★ التجربة الأولى: تجربة Engelmann 1885: لمعرفة تأثير مختلف الإشعاعات الضوئية الممتصة على شدة التركيب الضوئي. قام Engelmann بوضع طحلب الأسبيروجير في وسط يحتوي على عالق من بكتيريا Bacterium thermo التي تتميز بالانجذاب الكيميائي لـ O_2 . يبين الشكل أمامه نتائج هذه التجربة.

(1) قارن بين النتائج التجريبية المحصلة واقترح تفسيراً لذلك.

★ التجربة الثانية: نضع التركيب التجريبي داخل علبة خشبية، ثم نعرض الوجه المفتوح من العلبة لمنع ضوئي بعد حجب الضوء بأحد المرشحات الزجاجية الملونة (الأحمر، الأصفر، الأخضر، الأزرق والبنفسجي). نقوم بقياس حجم O_2 المطروح خلال استعمال كل مرشح وذلك خلال نفس المدة الزمنية. نحصل على النتائج الممثلة أمامه.

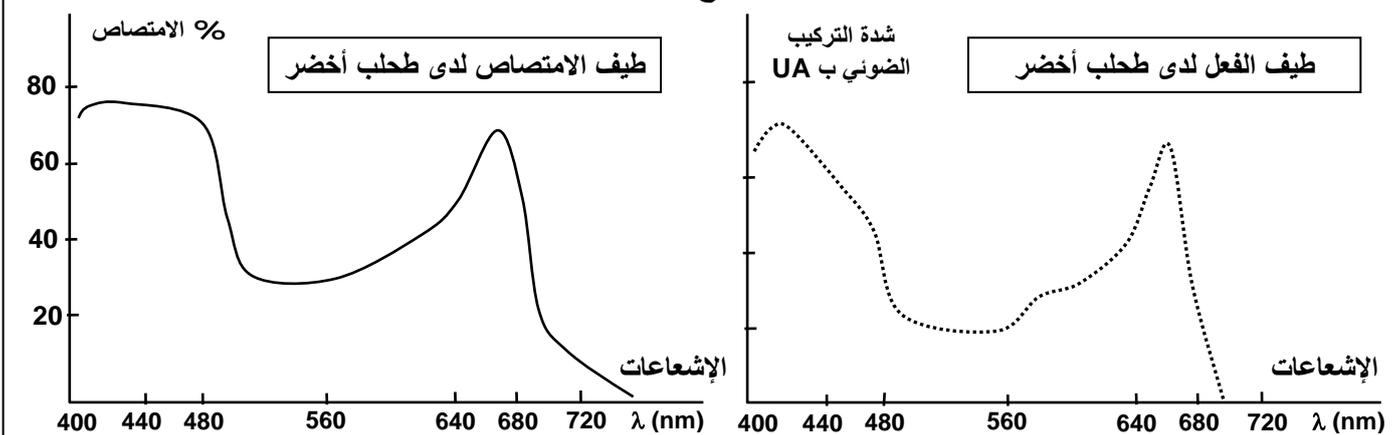
(2) ماذا تستنتج من نتائج هذه التجربة؟

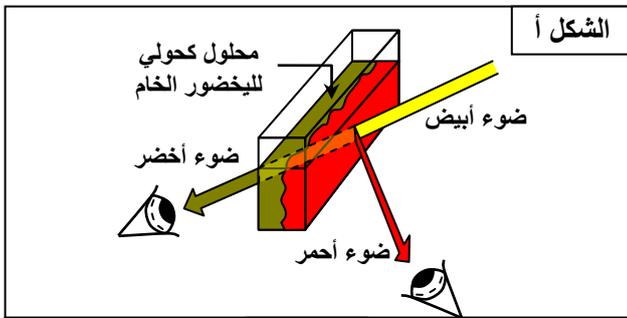


لون المرشح	بنفسجي	أزرق	أخضر	أصفر	أحمر
عدد فقاعات O_2 في الدقيقة	11	4	0	3	6

الوثيقة 4: طيف الفعل لدى طحلب أخضر

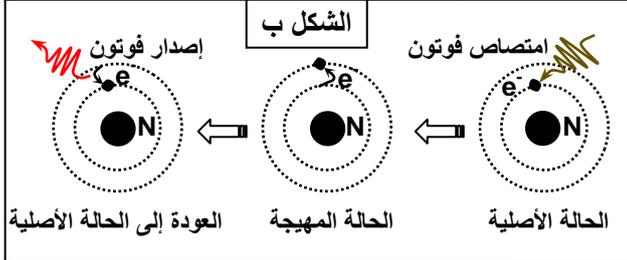
نقيس شدة التركيب الضوئي (طيف الفعل) وكمية الضوء الممتص على مستوى اليخضور (طيف الامتصاص). ونمثل على نفس المبيان تغيرات شدة التركيب الضوئي ونسبة الامتصاص حسب طول الموجات الضوئية. قارن بين طيف الامتصاص وطيف الفعل. ماذا تستنتج من ذلك؟





الوثيقة 5: خاصية التفلور لدى اليخضور

★ عند تسليط الضوء الأبيض على محلول اليخضور الخام، تكون الإشعاعات الضوئية التي تعبر المحلول خضراء والمنعكسة حمراء. وتسمى هذه الظاهرة بالتفلور (الشكل أ). وتفسر بكون جزيئات اليخضور المعزول تستجيب للضوء بفقدان إلكترون يخرج عن مداره مبتعدا عن نواة الذرة ومكتسبا مستوى طاقة أكبر مؤقتا. وعند رجوعه إلى مداره الأصلي يعيد الطاقة المكتسبة على شكل حرارة وتفلور (الشكل ب)

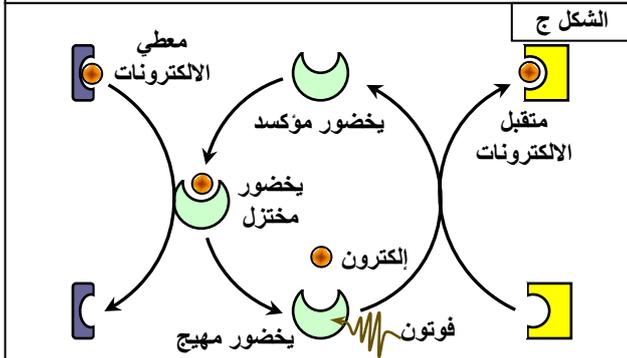


★ تنتظم جزيئات الصبغات اليخضورية على شكل مجموعة وظيفية تسمى اللاقطة المجمعة. تلتقط هذه الجزيئات الطاقة الضوئية وتوجهها إلى جزيئة واحدة من اليخضور a التي تصبح في حالة اهتياج.

عند اهتياجها تفقد جزيئة اليخضور a الكترونا لفائدة متقبل الكترولونات فنكتسب قدرة مؤكسدة عالية تمكنها من انتزاع إلكترون من معطي الكترولونات لتسترجع حالتها الأصلية (الشكل ج).

تسمى الوحدة الوظيفية المكونة من اللاقطة المجمعة وجزيئة اليخضور a نظاما ضوئيا.

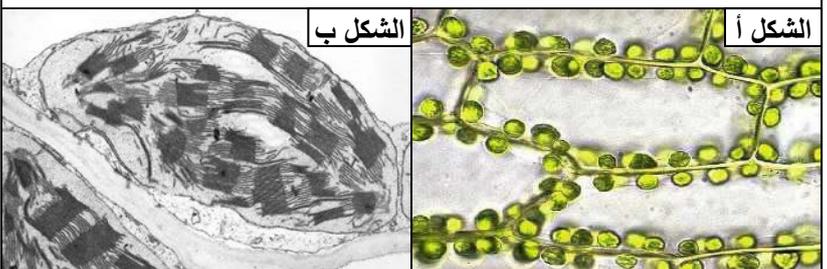
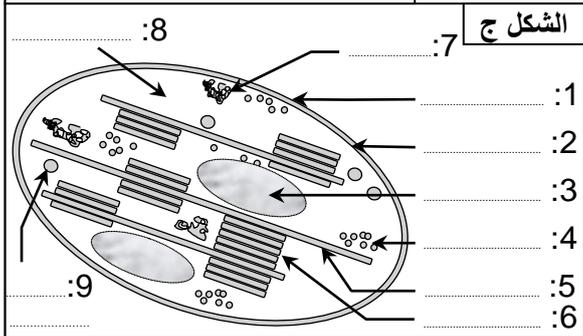
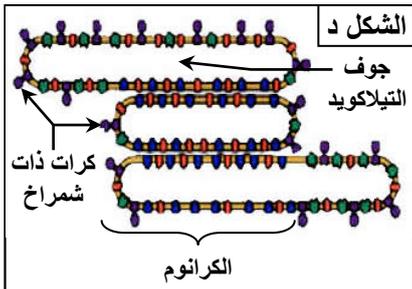
من خلال معطيات هذه الوثيقة أبرز دور النظام الضوئي في تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية.



الوثيقة 6: مكان تموضع الصبغات اليخضورية

يعطي الشكل أ ملاحظة مجهرية لخلايا ورق عيلودة. ويعطي الشكل ب فوق بنية البلاستيدة الخضراء ملاحظة بالمجهر الإلكتروني. والشكل ج رسم تفسيري لفوق بنية البلاستيدة الخضراء. والشكل د رسم تفسيري لفوق بنية التيلاكويد.

بالاعتماد على معطيات الوثيقة وعلى ملاحظات مجهرية لورقة خضراء صف بنية وفوق بنية البلاستيدة الخضراء وحدد تموضع الصبغات اليخضورية بها.

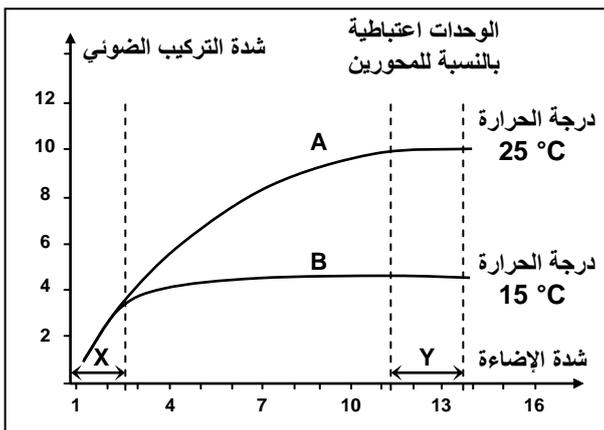


الوثيقة 7: الكشف عن تفاعلات التركيب الضوئي

اهتم Blackman بدراسة تأثير درجة الحرارة وشدة الإضاءة على شدة التركيب الضوئي، فحصل على النتائج الممثلة على المبيان أمامه.

افترض Blackman وجود نوعين من التفاعلات في ظاهرة التركيب الضوئي: تفاعلات ضو كيميائية وأخرى كيميائية حرارية.

أبرز هذا الافتراض انطلاقا من تحليل معطيات هذه الوثيقة.

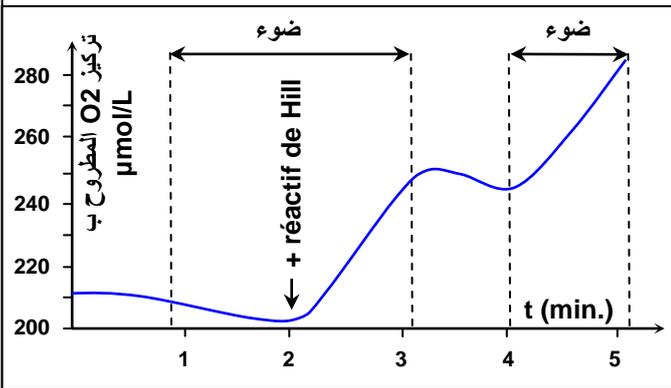


الوثيقة 8: الكشف عن التحليل الضويميائي للماء La photolyse de l'eau

★ تجربة Ruben و Karmen (1941).

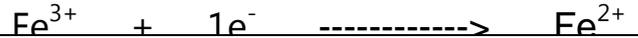
لمعرفة أصل O₂ المطروح اثر التركيب الضوئي قام Ruben و Karmen بتزويد وسط زرع طحلب يخضوري أحادي الخلية (الكولريل Chlorella) بماء مشع يحتوي على الأوكسجين الثقيل H₂O¹⁸ وبثنائي أكسيد الكربون يحتوي على الأوكسجين الخفيف CO₂¹⁶. ثم قاما بتحليل الأوكسجين المطروح الذي اتضح أنه يحتوي على O¹⁸ بنسبة قريبة من نسبته في الماء المستعمل في بداية التجربة. كما قاما بتجربة مضادة حيث زودت الكلوريلات بماء يحتوي على الأوكسجين الخفيف H₂O¹⁶ وثنائي أكسيد الكربون مشع يحتوي على الأوكسجين الثقيل CO₂¹⁸. وتبين أن الأوكسجين المطروح يحتوي على O¹⁶ بنفس النسبة الموجودة في الماء المستعمل في التجربة المضادة.

- 1) ماذا يمكنك استخلاصه من هذه التجارب؟
- 2) أكتب معادلة التفاعل.



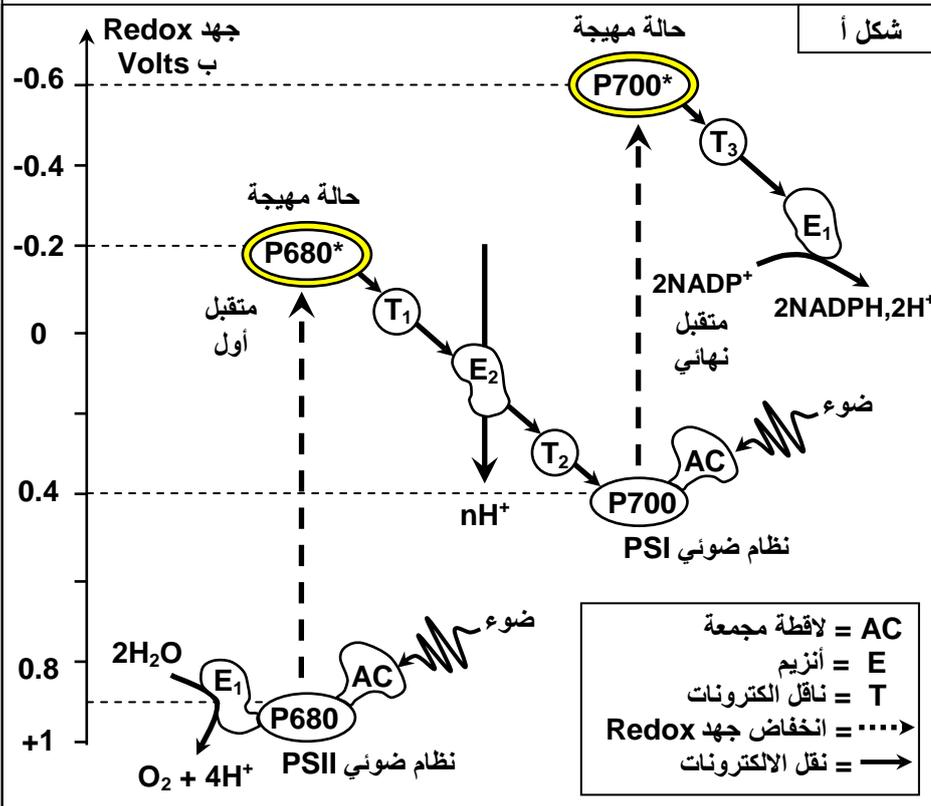
★ تجربة Hill (1939)

استعمل Hill محلولاً عالقاً للبلاستيدات الخضراء المعزولة في وسط بدون CO₂. وقام بقياس حجم O₂ المطروح تحت إضاءة مستمرة. أضاف إلى الوسط متقبلاً غير طبيعي للالكترونات (Ferricyanure de potassium) يدعى كاشف Hill بدل المتقبل الطبيعي الموجود داخل البلاستيدة الخضراء. يحتوي هذا الكاشف على Fe³⁺ وهو ايون قابل لاستقبال إلكترون وفق التفاعل التالي:

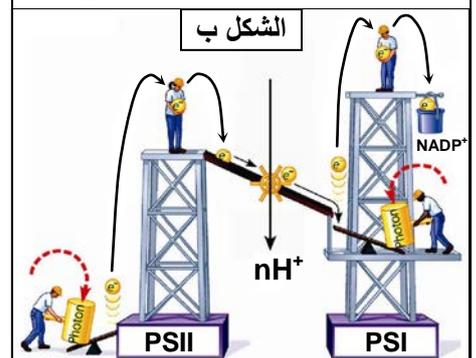


الوثيقة 9: نقل الالكترونات من اليخضور a إلى المتقبل النهائي NADP⁺

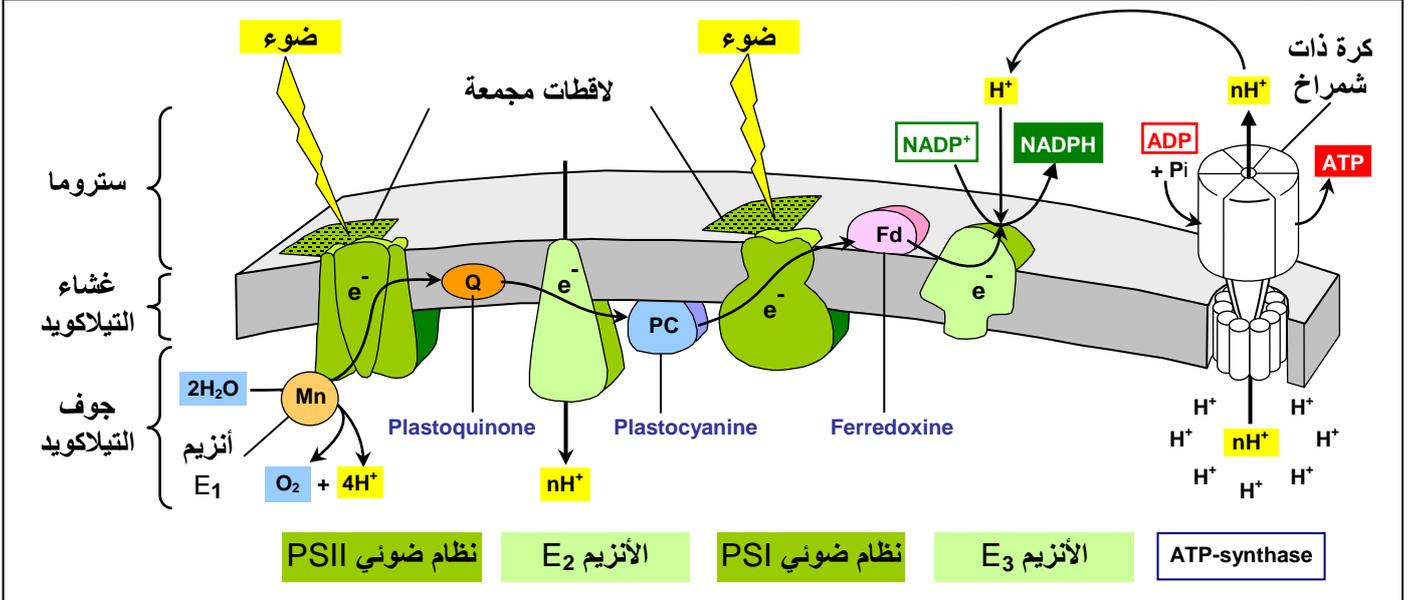
لمعرفة كيفية تحول الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية نقترح دراسة الوثائق التالية: يبين الشكل أ من الوثيقة قيم جهد الأوكسدة / اختزال لناقلات الالكترونات. ونعلم أن الالكترونات تنتقل تلقائياً في اتجاه E₀ متزايد مع تحرير الطاقة، ولا تنتقل في اتجاه E₀ متناقص إلا إذا توفرت الطاقة.



- 1) بالاستعانة بالشكل 2 من الوثيقة، بين معللاً جوابك كيف تنتقل الالكترونات عبر السلسلة من الناقلات المبينة في الشكل أ.
- 2) حدد المتقبل النهائي للالكترونات بالاعتماد على معطيات الشكل ج من الوثيقة، حدد ما هو مصدر البروتونات H⁺؟ وما مصيرها؟
- 3) فسر تركيب جزيئة ATP على مستوى الكرات ذات شمراخ.



الشكل ج: تموضع سلسلة التركيب الضوئي على مستوى غشاء التيلاكويد



الوثيقة 10: الكشف عن مصير CO₂ الممتص من طرف النباتات

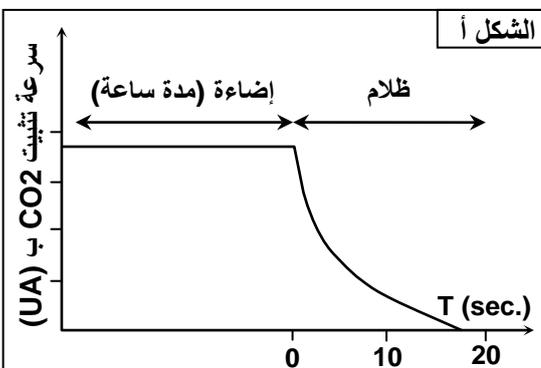
★ تجربة Gaffron وزملاؤه (1951). الشكل أ يتم إدماج ثنائي أكسيد الكربون مشع ¹⁴CO₂ في محلول عالق لطحاب الكلوريل. وتتبع سرعة امتصاصه خلال فترة إضاءة لمدة ساعة، وبعد توقيف الإضاءة مباشرة. يبين منحنى الشكل أ النتائج المحصل عليها.

(1) حل المنحنى واستنتج مستلزمات امتصاص CO₂.

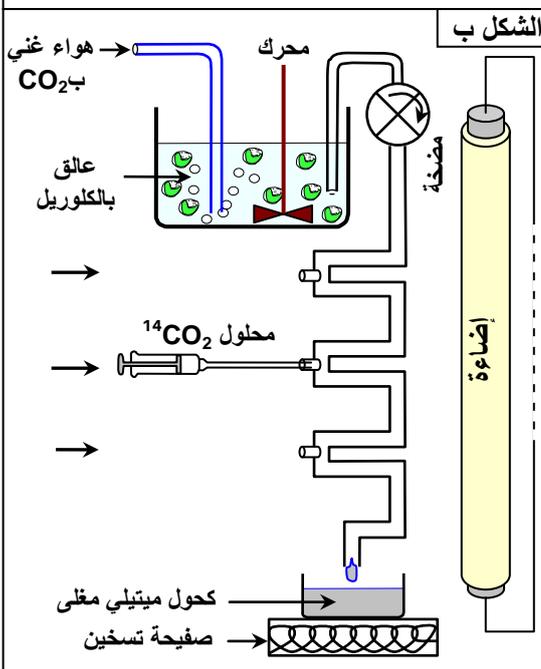
★ تجربة Benson و Calvin (1962). الشكل ب

تم وضع عينة من طحالب الكلوريل في محلول مغذ داخل وعاء مغلق دقيق الجدران وشفاف، حيث تتم إضاءتها وتزويدها بثنائي أكسيد الكربون العادي. تدفع الطحالب بواسطة مضخة داخل أنبوب دقيق وشفاف، يتم عبوره في مدة زمنية محددة حسب قوة صبيب المضخة. يحقن ¹⁴CO₂ الإشعاعي النشاط في مستويات مختلفة من الأنبوب حسب المدة الزمنية المختارة لمكوث الطحالب في الوسط الذي يحتوي على ¹⁴C، والتي بعدها تقتل الخلايا الطحلبية بواسطة الكحول المغلي. بعد استخراج المواد العضوية المركبة من طرف الخلايا الطحلبية، يتم فرزها بواسطة تقنية التحليل الكروماتوغرافي الإشعاعي ثنائي القطب على النحو التالي:

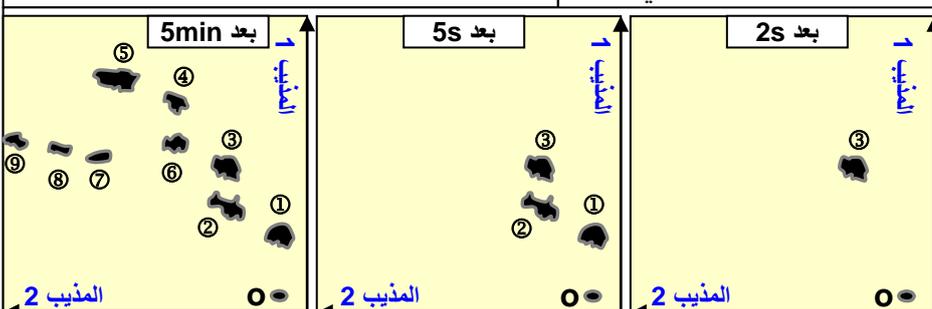
- توضع قطرة من مستخلص الطحالب المقنونة في النقطة 0 من ورق التحليل الكروماتوغرافي.
 - يستعمل على التوالي مذيبيان مختلفان في اتجاهين مختلفين.
 - بعد انتشار المواد تقاس شدة إشعاعها وتجز صور إشعاعية ذاتية تكون فيها مواقع المواد المركبة محددة ومعروفة. (الشكل ج).
- (2) حدد ترتيب ظهور المواد المركبة حسب التسلسل الزمني. ماذا تستنتج؟



الشكل أ



الشكل ب



الشكل ج = الوضعية الأولى للمستخلص

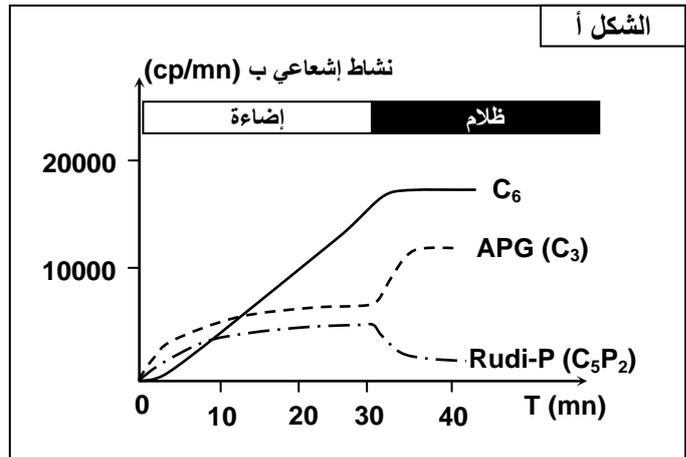
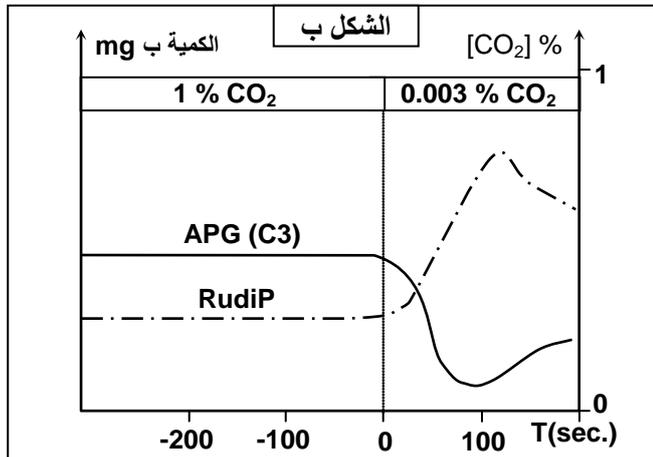
- ① = ريبولوز ثنائي الفوسفات RudIP
- ② = سكر سداسي فوسفات
- ③ = حمض فوسفو غليسيرى APG
- ④ = حمض بيروفي، ⑤ = حمض المالك
- ⑥ = حمض أسبرتي، ⑦ = سيرين
- ⑧ = غليسين، ⑨ = ألنين

الوثيقة 11: اختزال CO₂ الممتص وتركيب المادة العضوية

للكشف عن التحولات المتبادلة بين المواد المركبة حسب الإضاءة وحسب توفر CO₂ نستعمل تركيب Calvin ونقوم بالتجارب التالية:

★ عرضت عينة من الكلوريلات لفترة إضاءة متبوعة بفترة مظلمة مع قياس شدة الإشعاع عبر الزمن بالنسبة لثلاث مركبات كربونية: سكر سداسي الكربون (C₆) و RudiP وهو سكر خماسي الكربون (C₅) و APG (C₃). النتائج مبينة على الشكل أ من الوثيقة.

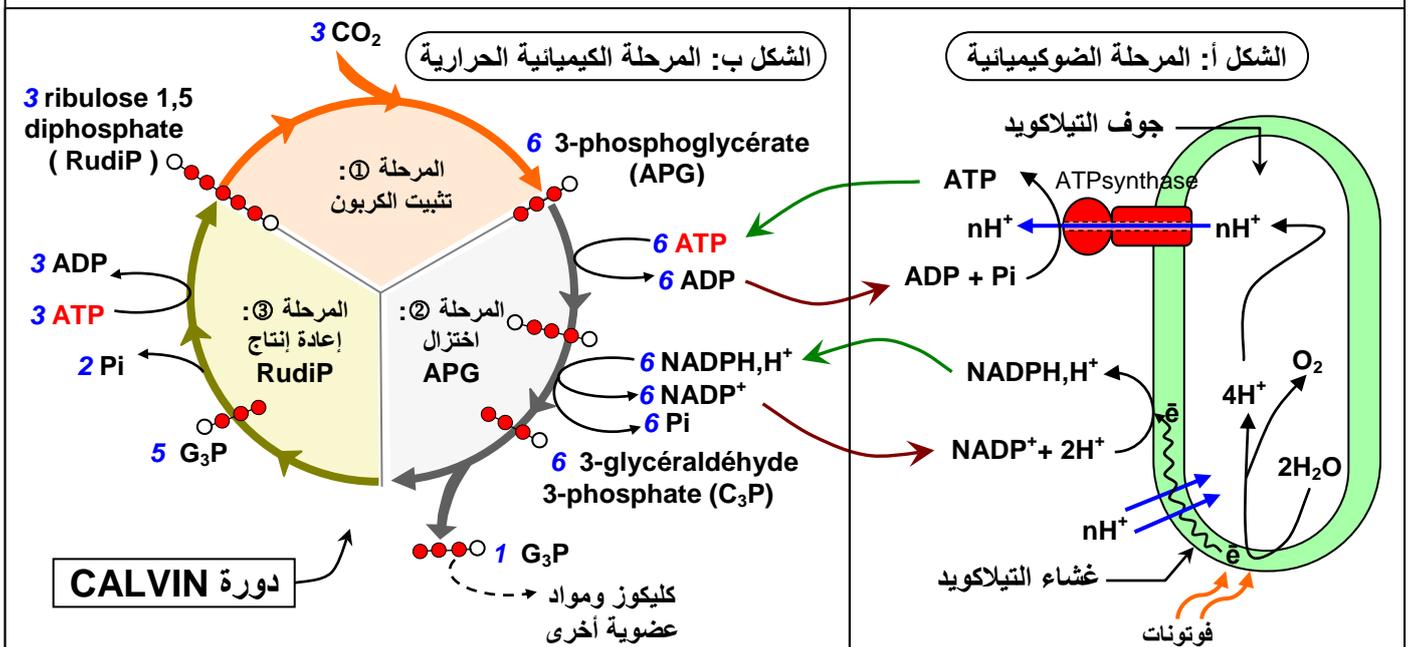
★ في فترة ثانية تم وضع الكلوريلات بالتتالي في وسط غني ب CO₂ (1%) ووسط فقير من CO₂ (0.003%) مع إخضاعها لإضاءة ثابتة وقياس شدة الإشعاع بالنسبة لكل من RudiP و APG (أنظر الشكل ب).



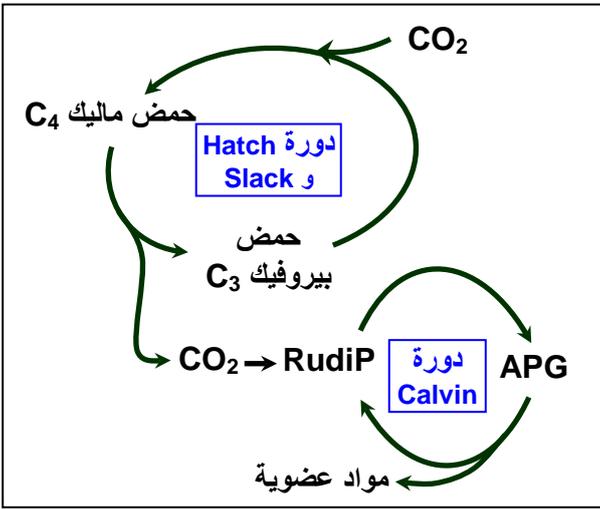
- 1) صف تطور كل من المركبات C₆ و C₅ و C₃ في مختلف مراحل التجربتين.
- 2) اقترح تفسيراً للتطور المتزامن لهذه المركبات (اربط العلاقة بين تطور كل من RudiP و APG ووجود CO₂ في الوسط).

الوثيقة 12: تفاعلات دورة Calvin وعلاقتها بتفاعلات المرحلة الضوئية

بينت عدة تجارب أن تفاعلات المرحلة المظلمة (شكل ب) ترتبط بالمرحلة المضاءة (شكل أ). ففي ستروما البلاستيدة الخضراء تتحول جزيئة APG عبر تفاعلات مستهلكة ل ATP و NADPH,H⁺ إلى سكر ثلاثي الفوسفات C₃، مصدر تركيبات عضوية متنوعة، وإلى تجديد RudiP. تشكل هذه التفاعلات دورة بيوكيميائية تدعى دورة Calvin. تعطي الوثيقة أسفله مزاوجة تفاعلات كل من المرحلة المضاءة (شكل أ) والمرحلة المظلمة (شكل ب). أول معطيات هذه الوثيقة إلى نص علمي سليم محدد مراحل دورة Calvin مع الربط بين المرحلة المضاءة والمظلمة.

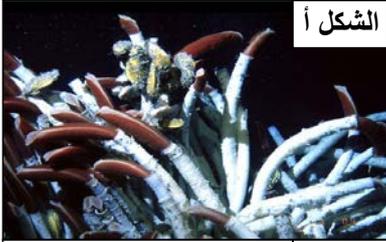


الوثيقة 13: دمج CO₂ عند المخدرات

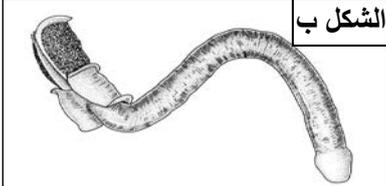


تضم فصيلة المخدرات النباتات المكيفة على العيش في المناطق الجافة، إذ تتميز بقدرتها على الاحتفاظ بكميات هائلة من الماء في بعض أجزائها، وتتميز بعدم انفتاح الثغور خلال النهار، مما يجعلها تمتص CO₂ خلال الليل فقط. عند المخدرات والنباتات C₄ كالذرة وقصب السكر، يتم تثبيت CO₂ خلال الليل على مستوى مركبات رباعية الكربون (C₄) (حمض ماليك مثلا). خلال النهار يتم انتزاع CO₂ منها ليدخل في دورة Calvin. يعتبر التركيب الضوئي عند النباتات (C₄) تكيفا مع العيش في المناطق الحارة والجافة. أبرز ذلك.

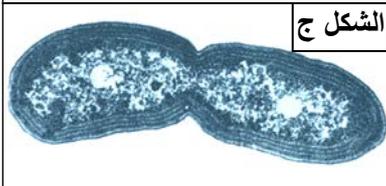
الوثيقة 14: الكائنات الكيميائية المعدنية التغذية



الشكل أ



الشكل ب



الشكل ج



الشكل د

★ في بداية ثمانينيات القرن العشرين اكتشفت فونة تحت بحرية تعيش في أعماق البحار التي تفوق 2500m، باستقلال تام عن الطاقة الشمسية، كحالة بعض البكتريات وحيوان ريفتيا *Riftia pachyptila* (الشكل أ و ب) تعيش هذه الكائنات، بمحاذاة الذروات الوسط محيطية، حيث توجد مدخنت حرارية تنثر مجموعة من المركبات المعدنية المختزلة، من أهمها H₂S. تعمل البكتريات معدنية التغذية على أكسدها من أجل تركيب المادة العضوية.

★ تتمكن بكتيريا من نوع *Nitrosomonas* (الشكل ج) من أكسدة محلول النشادر NH₄⁺ Ammoniac إلى حمض النتروز NO₂⁻ بوجود O₂ مع تحرير طاقة (ATP و RH₂) تعتبر مصدرا لإنتاج مادتها العضوية.



★ تتمكن بكتيريا *Nitrobacter* (الشكل د) من أكسدة حمض النتروز NO₂⁻ إلى حمض النتريك NO₃⁻ : NO₂⁻ + 1/2O₂ → NO₃⁻

قارن بين مصدر الطاقة المستعملة من طرف النباتات اليخضورية ومصدر الطاقة المستعملة من طرف البكتريات التي تعيش قرب الذروات الوسط محيطية، وبكتريات التربة المعدنية التغذية.

الوثيقة 15: تنوع مصادر المادة ومصادر الطاقة واستعمالها من طرف الكائنات الحية

تختلف الكائنات الحية حسب مصادر المادة	مصادر الطاقة	يمكنها استعمال الضوء (دائما) يخضورية	- لا تستعمل الضوء - تستعمل مواد تؤكسدها
تتطلب مواد معدنية فقط	ذاتية التغذية	ضوء معدنية التغذية تنجز عملية التركيب الضوئي (أغلبية الخلايا اليخضورية بوجود الضوء)	كيميائية التغذية
تتطلب مواد عضوية	اعتمادية التغذية (غير ذاتية التغذية)	ضو عضوية التغذية تستعمل معطيا عضويا للبروتونات والالكترونات في التركيب الضوئي (بعض البكتريات اليخضورية)	كيميائية عضوية التغذية (عدد كبير من البكتريات والفطريات، الخلايا اللايخضورية للنباتات اليخضورية، خلايا يخضورية في الظلام)