المجال الثاني : التحولات الطاقوية

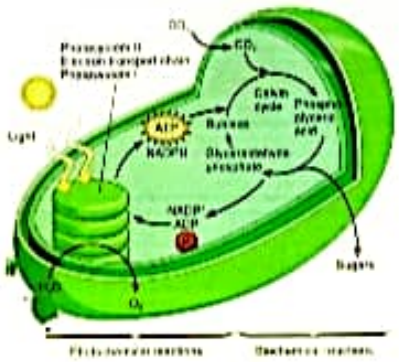
الوحدة الأولى : تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية كامنة

التلميذ : محمود محمدية

تتضمن :

- الدرس الأول :
  - شروط ومظاهر عملية تركيب الضوئي (مظاهره أساسية)
- الدرس الثاني :
  - معقر التركيب الضوئي
    1- بنية الصانعة الخضراء
    2- التركيب الكيميائي للصانعة
    3- مناوق بنية التيلاكويد
- الدرس الثالث :
  - التفاعلات المرحلة الكيميائية :
    1- شروط عمل التيلاكويد (4 تجارب)
    2- آلية عمل التيلاكويد :
    أ- مصير O_2 منطلق
    ب- دور الجفور والضوء في ارجاع مستقبل الكتروني
    ج- آلية عمل الأنظمة الضوئية
    د- تسلسل التفاعلات المرحلة الكيميائية
    ه- الآلية كيميائية التي تحدد اتجاه تنقل الالكترونات
    و- شروط تشكل الـ ATP
- الدرس الرابع :
  - التفاعلات المرحلة الكيميائية :
    1- تثبيت غاز الـ CO_2 ودمجه
    2- تسلسل التفاعلات حلقة كالفن
    3- العلاقة بين المرحلتين الكيميائية والكيميائية

+ مخطط شامل للوحدة + ملخص علمي شامل .





Scanné avec CamScanner

الوحدة 1: تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كامنة

جهوة محمد علي
- Bac 2023 -

1- المفاهيم الأساسية:

الدرس الأول:

شروط ومظاهر عملية التركيب الضوئي

- مقدمة: التركيب الضوئي ظاهرة حيوية تقوم بها النباتات الخضراء فقط وخلالها يتم تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية كامنة مخزنة في روابط المادة العضوية المركبة

1) شروط التركيب الضوئي:

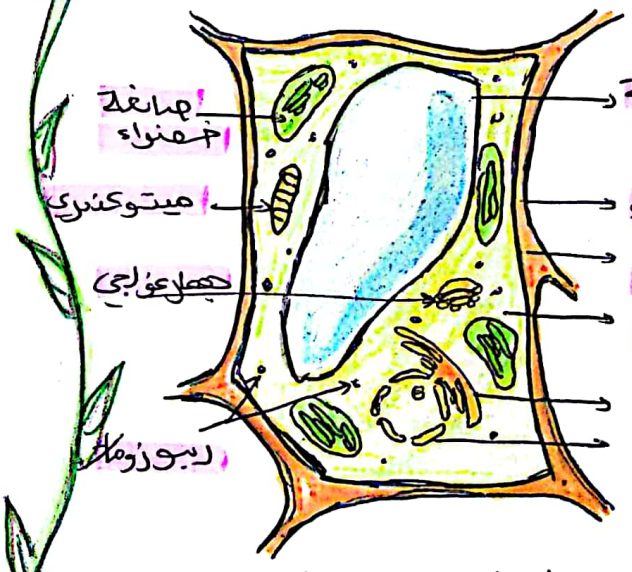
التركيب الضوئي ظاهرة يتم من خلالها صنع المادة العضوية وذلك بتوفير شروط هي الضوء والبخضور وغاز CO_2

ب) مظاهر التركيب الضوئي:

وهي مظاهر خارجية تتمثل في امتصاص CO_2 وطرح O_2، ومظاهر داخلية تتمثل في بناء الجزيئات العضوية

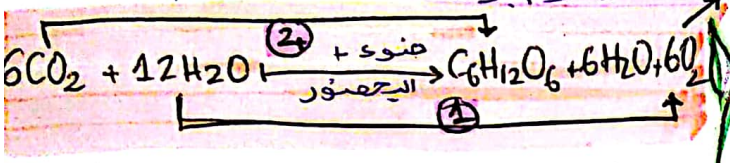
تركيب:

- تتطلب عملية التركيب الضوئي توفر البخضور، الضوء، الـ CO_2 و الـ H_2O وتتمثل مظاهر عملية التركيب الضوئي في امتصاص الـ H_2O وتركيب المادة العضوية كالسكريات، تتميز الخلية النباتية عضية خاصة تسمى الصانعة الخضراء (بلاستيدة بخضورية) تحتوي جزيئات قادرة على امتصاص الطاقة الضوئية تسمى البخضور



- رسم تخطيطي يبين تغضن الخلية النباتية -

3) المعادلة الإجمالية للتركيب الضوئي وطبيعة تفاعلاتها:



① ← تفاعل أكسدة الماء

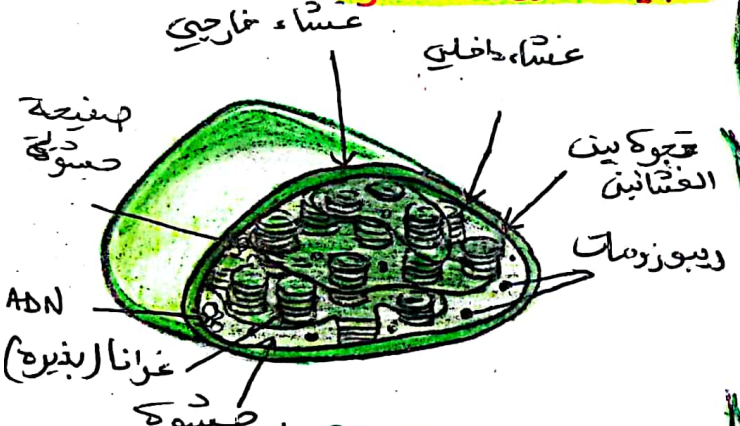
② ← تفاعل إرجاع الماء

- طبيعة تفاعلات التركيب الضوئي هي أكسدة وإرجاع

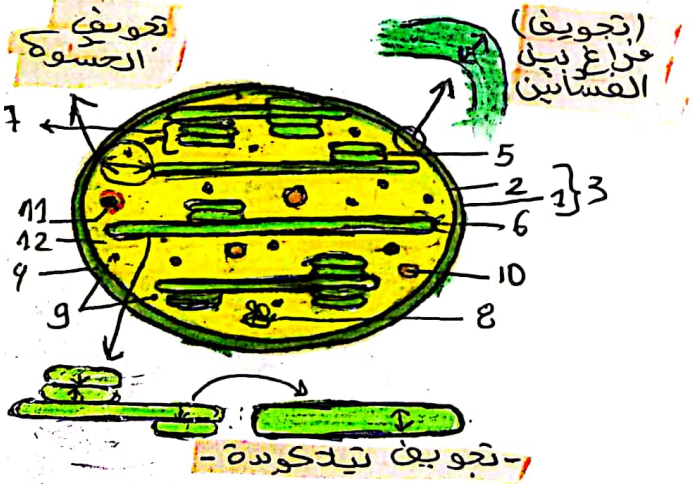
الدرس الثاني: معقر تركيب الضوئي:

- تحدث التفاعلات الكيميوحيوية للتركيب الضوئي على مستوى الصانعة الخضراء

1. بنية الصانعة الخضراء



الحجرات: تتمثل في

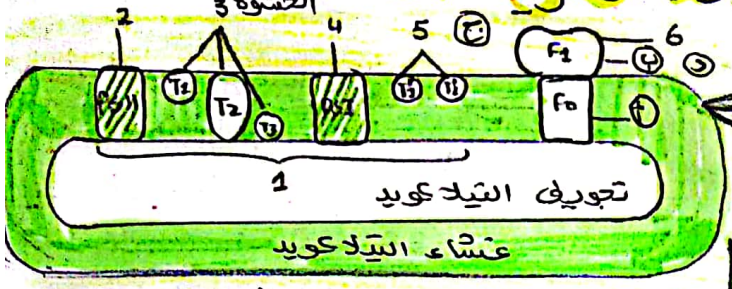


- تجويف تيلاكوئيدة -

1 ← عشاء خارجي
2 ← عشاء داخلي
3 ← غلاف صانعة
4 ← فراغ بين الغشائين
5 ← تيلاكوئيدة صغيرة
6 ← صفيحة تيلاكوئيدة
7 ← حبيبات غرانا
8 ← ADN الصانعة (حلقة)
9 ← ريبوزومات
10 ← حبيبات نشاء
11 ← قطيرة دسم
12 ← حسوة مادة أساسية

Scanné avec CamScanner

الوحدة 1 : تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كامنة



1 ـ سلسلة تركيبية ضوئية
2 ـ نظام ضوئي ثاني
3 ـ سلسلة نقل أولي للإلكترونات
4 ـ نظام ضوئي أول
5 ـ سلسلة نقل ثانوي
6 ـ كرية مدنية
7 ـ أ - Fo ، ج - الأنزيم NADP ريدوكتاز
ب - F1 ، د - الأنزيم ATP سنتاز

الوصف :

الصانعة الخضراء هي عضيات خضراء تحتوي على الكلوروفيل وعلى مستوى تتحدث عملية التركيب الضوئي - تحاط الصانعة الخضراء بغلاف مكون من غشاء داخلي يفصل بينهما فراغ - يحيط الغشاء الداخلي بتجويف يسمى الحسوة (مادة أساسية = ستروما) - تحتوي الحسوة على ADN الصانعة حلقي وريبوزومات ، حبيبات النشاء و قطيرات الدسم - تحتوي الصانعة على تيلاكويدات كبيرة وصغيرة - تمتاز الصانعة ببنيتها الحجيرية أنها مقسمة إلى عدة حجرات مفصولة بأغشية وتتمثل في تجويف حسوة تجويف التيلاكويد ، فراغ بين الغشائين

2 - التركيب الكيموحيوي للصانعة :

لقد سمح فصل مكونات الصانعة الخضراء وتحليل كل من الحسوة والتيلاكويد من الحصول على النتائج التالية

- جزء الصانعة الخضراء -

أهم مكوناتها

الحسوة :
- مواد آيفية
- مرافقات انزيمية ($NADPH,H^+/NADP$)
- الـ ATP والـ (ADP+Pi)
- الأنزيمات متنوعة أهمها Rubisco

أغشية التيلاكويد :
- أصبغة خضراء
- أصبغة تسمى جزيئية (من الجزر واليقطين)
- نواقل إلكترونية
- أنظمة ضوئية (PSI) و (PSII)
- كريات مدنية (ATP synthase)

ملاحظة :

1 ـ إن إختلاف التركيب الكيموحيوي لكل من الحسوة والتيلاكويد يدل على إختلاف الدور كل منهما

synthase يعني أن الأنزيم دوره تركيب بغض النظر عن synthase ينتهي بـ synthase

ase هو كل أنزيم ينتهي بـ ase يعني دوره هو التفكيك

3 - ملامح بنية التيلاكويد

الوصف :

التيلاكويد عبارة عن أكياس صغيرة وأخرى كبيرة محاطة بغشاء هيولي تتخلله مركبات هامة تتدخل في عملية التركيب الضوئي وهي كتالي

- أنظمة ضوئية (PSI) و (PSII) تحتوي على أصبغة خضراء
- كرية مدنية مكونة من جزئين هما (Fo وهي مضخة الـ H^+) و (F1 هو إنزيم ATP سانتاز)

فإن مقر تركيب الضوئي هو صانعة الخضراء وتتم هذه الظاهرة على مرحلتين هما :

- مرحلة تحدث على مستوى التيلاكويد وتسمى كيموضوئية
- مرحلة تحدث على مستوى الحسوة وتسمى كيموحيوية

الدرس الثالث : تفاعلات المرحلة الكيموضوئية

- تتم هذه المرحلة في مستوى التيلاكويد وتتطلب وجود الضوء وتتميز بانطلاق CO_2 (تحرر)

شروط عمل التيلاكويد :

يحتوي التيلاكويد على أصبغة خضراء وينتج عنه نشاط ضوئي يطلق O_2 ويتطلب هذا النشاط شروط أساسية نحددها من خلال دراسة استجابة :

1 - تجربة هيل
2 - تجربة تأثير ألوان الطيف على تيلاكويد
3 - تأثير الـ ADP والـ Pi على عمل تيلاكويد

Scanné avec CamScanner

- تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية كامنة -

Bac. With-MedAli -

4- تجربة دور CO_2 في عمل التيلاكويد

- التجربة 1 :

- تجربة هيل -

- من خلال هذه التجربة يتم تحضير معلق من التيلاكويدات و أضيف له كاشف هيل (فيروسيانور البوتاسيوم $K_3Fe(CN)_6$) بتركيز (0,1 مل) لـ (0,3 مل) والذي يلعب دور مستقبل اصطناعي للإلكترونات يعوض عنه بـ Fe^{+++} وذلك في وجود الضوء وفي غيابه

النتائج من هذه التجربة هي :

- خلال المرحلة الكيميائية تتم تفاعلات أكسدة إرجاع وهي كالتالي : إرجاع المستقبل الاصطناعي للإلكترونات Fe^{3+} إلى Fe^{2+} وذلك باستقباله للإلكترونات يعوض عنه بـ :

$$Fe^{3+} + e^- \xrightarrow{\text{إرجاع}} Fe^{2+}$$

- ويتم خلاله انطلاق وتحرير O_2

- إن مصدر O_2 و e^- هو أكسدة الماء (H_2O) والتفاعل الموالي يوضح ذلك

$$H_2O \longrightarrow \frac{1}{2}O_2 + 2e^- + 2H^+$$

وعليه خلال المرحلة الكيميائية تتم فيها تفاعلات أكسدة وإرجاع :

- أكسدة الماء :

$$2H_2O \xrightarrow{\text{أكسدة}} O_2 + 4e^- + 4H^+$$

- إرجاع Fe^{3+} :

$$4Fe^{3+} + 4e^- \xrightarrow{\text{إرجاع}} Fe^{2+}$$

- بجمع المعادلتين :

$$2H_2O + 4Fe^{3+} \xrightarrow{\text{②}} O_2 + 4Fe^{2+} + 4H^+$$

① ← أكسدة

② ← إرجاع

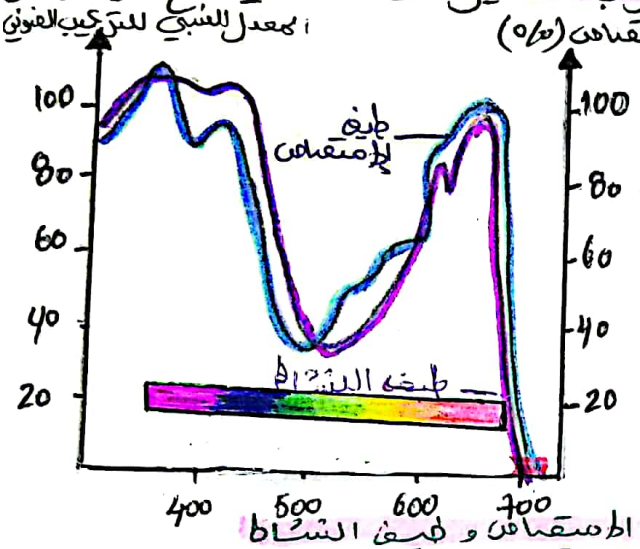
ومنه يتطلب عمل التيلاكويد شروط أساسية من بينها (الضوء) و(مستقبل إلكتروني هو كسد)

ملاحظة :

تستعمل الصانعة الخضراء مستقبل إلكتروني فيزيولوجي (طبيعي) يسمى $NADP^+$

- التجربة 2 :

- تجربة تأثير ألوان الطيف على عمل تيلاكويد



1- طيف الامتصاص و طيف النشاط

- طيف الامتصاص :

هو شدة امتصاص الضوء بدلالة طول الموجة و يعبر عنه بدلالة بواسطة منحنى بياني شدة الامتصاص بالاستعمال جهاز المطياف الضوئي

- طيف النشاط : هو تغير شدة الترتيب الضوئي بدلالة طول الموجة و يعبر عنه كذلك بمنحنى بياني تقاس شدة الترتيب الضوئي باستعمال ExAO

- يوجد تطابق بين طيف الامتصاص و طيف النشاط (تناسب طردي) ، حيث كل منهما كبير على مستوى الأشعاعات الطرفية (الأحمر والبنفسجي) ، ضعيف على مستوى الأشعاعات الوسطية ، ويكاد ينعدم الأشعاع الأخضر . فالأشعاعات الأكثر امتصاصا من طرف اليخضور هي الأكثر فعالية في عملية الترتيب الضوئي (بنفسجي - أحمر)

2- تأثير ألوان الطيف على شدة ترتيب الضوء

- الضوء الأبيض الذي يرى بالعين المجردة مزيج من سبعة ألوان مخصورة مابين 400 نانومتر (البنفسجي) و 700 نانومتر (الأحمر) وهي على الترتيب :

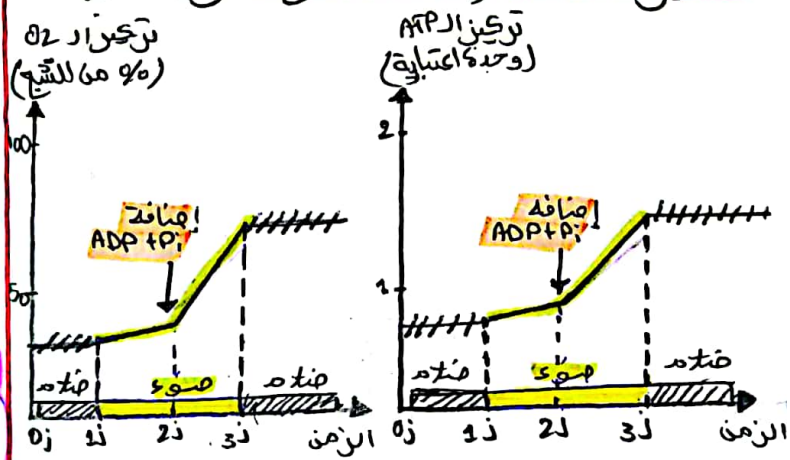
البنفسجي - النيلي - الأخضر - البرتقالي - الأصفر - الأحمر

تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كامنة كيميائية

Bac.With.MedAli

التجربة 03 :

- تأثير الـ ADP و الـ Pi على عمل التيلاكويد



التحليل:

- نلاحظ أن المنحنيين متماثلان حيث تتوافق نسبة تركيز الـ O_2 المطروح مع تركيز الـ ATP المركبة بحيث

- في غياب الضوء وقبل إضافة الـ ADP والـ Pi نلاحظ ثبوت الـ O_2 و الـ ATP دليل على عدم نشاط التيلاكويد أي عدم طرح الـ O_2 وتشكل ATP

- في وجود الضوء وغياب الـ ADP و Pi نلاحظ ارتفاع طفيف كل من تركيز الـ O_2 و ATP دليل على تشكلها بكمية ضئيلة

- في وجود الضوء وإضافة الـ ADP و Pi نلاحظ ارتفاع تركيز كل من O_2 و الـ ATP ارتفاعا كبيرا دليل على تشكلها بوفرة

- في غياب الضوء وعند وجود الـ ADP و Pi نلاحظ ثبوت في تركيز الـ O_2 و الـ ATP دليل على عدم تشكلها

ومنه (ADP و الـ Pi) شرط اساسي مع الضوء شرط اساسيا في عمل التيلاكويد

التجربة 04 :

دور الـ CO_2 في عمل التيلاكويد

حيث في هذه التجربة تم تعريض معلق من الصانعات الخضراء للضوء وذلك في غياب الـ CO_2 فلاحظنا انطلاق الـ O_2 لفترة قصيرة ثم يتوقف مما يدل على أن التيلاكويد يعمل في غياب الـ CO_2 أي الـ CO_2 ليس شرطا اساسيا لعمل التيلاكويد

ومنه تتمثل شروط عمل التيلاكويد فيما يلي :

- (الضوء) / (الوحسون) / (مستقبل الكتروني مؤكسد) / (ADP والـ Pi)

2 / آلية عمل التيلاكويد :

أ - إظهار عملية مصدر الـ O_2 المنطلق :

حيث أن مصدر الـ O_2 المنطلق من طرف التيلاكويد خلال التركيب الضوئي هو التحلل الضوئي للماء (أكسدة الماء) والمعادلة توضح ذلك

$$H_2O \longrightarrow \frac{1}{2}O_2 + 2e + 2H^+$$

ملاحظات :

ملاحظة (1): الإلكترونات (e) الناتجة عن أكسدة الماء هي التي تستعمل من طرف المستقبل الإلكتروني Fe^{3+} مما يسبب إرجاعه إلى Fe^{2+} والمعادلة توضح ذلك

$$4Fe^{3+} + 2H_2O \xrightarrow[\text{الوحسون}]{\text{ضوء}} 4Fe^{2+} + O_2 + 4H^+$$

(1) التفاعل (1) = تفاعل أكسدة الماء

(2) التفاعل (2) = تفاعل إرجاع

ملاحظة (2): تستعمل الصانعة الخضراء المستقبل الفيزيولوجي NADP+ (حالة مؤكسدة) الذي يستقبل الـ e الناتجة من أكسدة الماء مما يسبب إرجاعه إلى $NADPH^+H^+$ (حالة مرجعة) والمعادلة الموالية توضح ذلك

$$H_2O + NADP^+ \longrightarrow \frac{1}{2}O_2 + NADPH^+H^+$$

تتمثل التفاعلات المرحلة الكيميائية فيما يلي

1 - أكسدة الضوئية للماء :

$$H_2O \xrightarrow[\text{هيدروجين}]{\text{الوحسون}} \frac{1}{2}O_2 + 2e^- + 2H^+$$

2 - إرجاع المؤقل المؤكسد :

$$NADP^+ + 2e^- + 2H^+ \xrightarrow{\text{ريدوكتاز}} NADPH^+H^+$$

3 - فسفرة الـ ADP وتشكل الـ ATP

$$ADP + Pi + \text{طاقة} \xrightarrow{\text{ATP ستاز}} ATP + H_2O$$

Scanné avec CamScanner

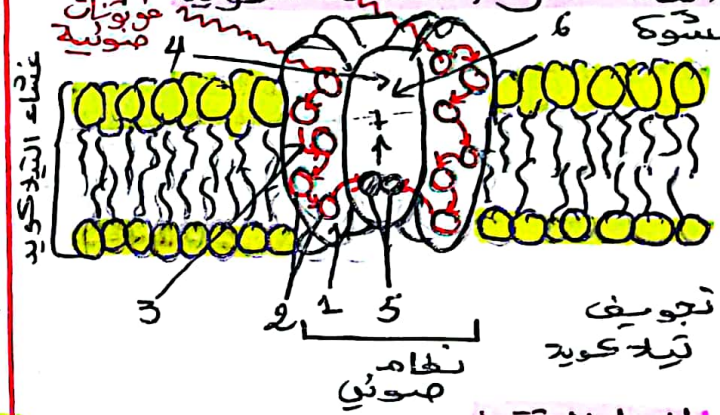
تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية كامنة

ب - دور الهيدروجين الهنوء في إرجاع المستقبل الإلكتروني :

- يتموضع الهيدروجين في غشاء الثيلاكويد بالمقابل في الأنظمة الضوئية (PSI) و (PSII)

- يمتص الهيدروجين الموجات الضوئية فيتهيج ثم يتأكسد ليحرر إلكترونات غنية بالطاقة ولتوضيح كل نشرح آلية عمل النظام الضوئي

آلية عمل الأنظمة الضوئية :



البيانات :

1 ← مجمع بروتيني
2 ← الصبغة الهوائية (لواقط)
3 ← انتقال الطاقة بين الجزيئات
4 ← مركز تفاعلي
5 ← جزيئات الهيدروجين (P)
6 ← إلكترونية عديمة بالطاقة
7 ← تحرير إلكترونية

- يتم التقاط الموجات الضوئية بواسطة أصبغة هوائية (لواقط) والتي تقوم بنقل هذه الطاقة عبر جزيئاتها بظاهرة الرنين وهي نقل طاقة بدون إلكترونات أي أن هذه الأصبغة الهوائية تتأكسد و تحرر إلكترونات

- عن الأخير تفقد هذه الطاقة إلى مركز إستقبالي والذي يتكون من جزيئين من الهيدروجين P_2 من نمط نصبح الهيدروجين ثم أكسدته مركز (ع) إلكترونية غنية بالطاقة

- تنتقل الطاقة عبر مواقل السلسلة الإلكترونية الأولى (P_3 ، P_2 ، P_1) ثم عبر السلسلة الثانية (T_2' ، T_1') لتستقبل في الأخير من طرف المستقبل النهائي

ج - تسلسل تفاعلات المرحلة الضوئية :

يرمز الـ (PSI) بـ 2P700 ، ويرمز لـ (PSII) بـ 2P680

أكسدة (2P700 = PSI)

$$2P_{700} \longrightarrow 2P_{700}^{*} \longrightarrow 2P_{700}^{*} + 2e^-$$

$2e^-$ ← T_1' ← T_2'

إرجاع $NADP^+$

$$NADP^+ + 2e^- + 2H^+ \longrightarrow NADPH,H^+$$

أكسدة (2P680 = PSII)

$$2P_{680} \longrightarrow 2P_{680}^{*} \longrightarrow 2P_{680}^{+} + 2e^-$$

$2e^-$ ← T_1 ← T_2 ← T_3 ← H^+ ← فرق H^+

إرجاع (2P700 = PSI)

$$2P_{700}^{+} + 2e^- \longrightarrow 2P_{700}$$

أكسدة الماء (H_2O)

$$H_2O \longrightarrow \frac{1}{2}O_2 + 2H^+ + 2e^-$$

انتقال ضوئي

إرجاع (2P680 = PSII)

$$2P_{680}^{+} + 2e^- \longrightarrow 2P_{680}$$

- الآلية الفيزيائية التي تحدد إتجاه نقل الإلكترونات :

ملاحظات :

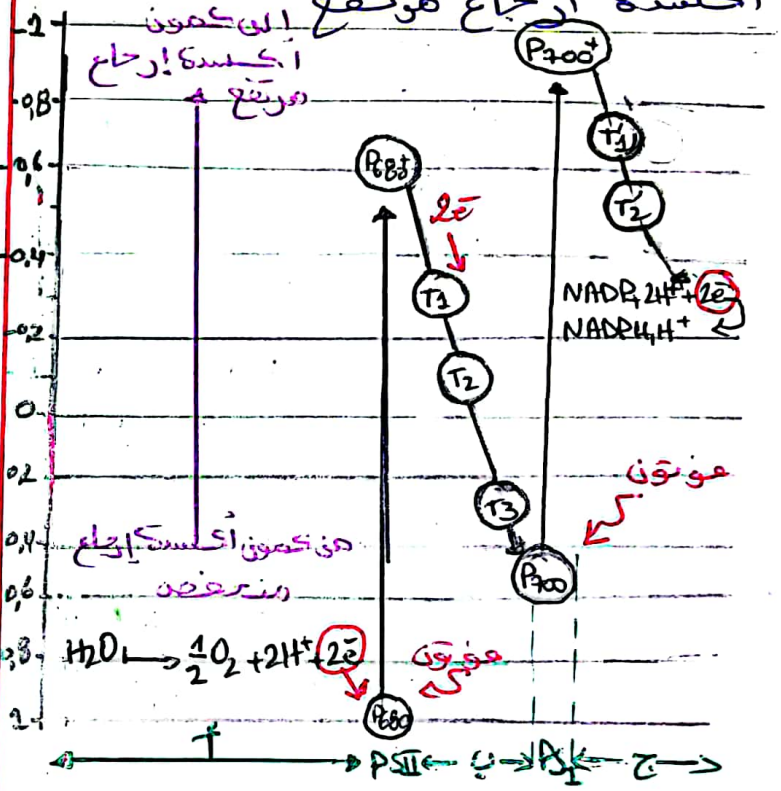
ملاحظة : تنتقل الإلكترونات من كمون أكسدة و إرجاع منخفض إلى كمون أكسدة و إرجاع مرتفع

Scanné avec CamScanner

تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية كامنة

Bac.With.MedAli

ملاحظة (2) : تعمل الفوتونات الضوئية الممتصة على انخفاض عدد الإكسدة والإرجاع كل من ($2P_{680}$ = PSII) و ($2P_{700}$ = PSI) حتى يتم انتقال الإلكترونات عبر السلسلة الضوئية من عدد اكسدة إرجاع منخفض إلى عدد أكسدة إرجاع مرتفع



أ - انتقال الإلكترونات من H_2O إلى PSII

ب - إنتقال الإلكترونات من PSII إلى PSI

ج - إنتقال الإلكترونات من PSI إلى $NADP^+$ مؤكسد

- تسقط الفوتونات الضوئية على النظام الضوئي (PSII) فتلتقطها الأصبغة الهوائية وتنقلها ظاهرة الرنين إلى المركز التفاعلي ($2P_{680}$) الذي يتأكسد محررا إلكترونين عنيين بالطاقة.

- تنتقل هذه الإلكترونات المحررة من المركز التفاعلي إلى الناقل T_1 و T_2 ثم T_3 وذلك من عدد أكسدة إرجاع منخفض إلى عدد أكسدة إرجاع مرتفع حيث تفقد الإلكترونات طاقتها تدريجيا

- يقوم الناقل T_2 باستغلال هذه الطاقة في ضخ البروتونات (H^+) من الحشوة إلى تجويف الثيلاكويد وذلك بمساعدة

الناقل المتحرك T_1

- تسقط الفوتونات الضوئية في نفس الوقت على النظام الضوئي (PSI) فتلتقطها الأصبغة الهوائية وتنقلها ظاهرة الرنين إلى المركز التفاعلي ($2P_{700}$) الذي يتأكسد بدوره محررا إلكترونين عنيين بالطاقة

- تنتقل هذه الإلكترونات المحررة من المركز التفاعلي إلى الناقل T'_1 و T'_2 وذلك من عدد أكسدة إرجاع منخفض إلى عدد أكسدة إرجاع مرتفع، لتستقبل في الأخير من طرف المستقبل النهائي المؤكسد $NADP^+$ الذي يرجع إلى $NADPH$ بعد استقباله لـ (H^+) كذلك وذلك بتدخل إنزيم NADP ريدوكتاز

- يسترجع النظام الضوئي (PSII) إلكتروناته المفقودة من التحلل الضوئي للماء (أكسدة الماء)

- يسترجع النظام الضوئي (PSI) إلكتروناته المفقودة من (PSII)

- تتراكم البروتونات (H^+) التي تم ضخها بواسطة الناقل T_2 والبروتونات الناتجة من التحلل الضوئي للماء في تجويف الثيلاكويد مما يؤدي إلى توليد فرق في تركيز البروتونات على جانبي غشاء الثيلاكويد حتى يصبح PH تجويف الثيلاكويد حمضي و PH الحشوة قاعدي

- يتسبب فرق الـ PH في انتقال البروتونات من التجويف إلى الحشوة عبر القنوات المذنبة وفق الميز محررة طاقة تحفز إنزيم ATP Synthase الذي يقوم بفسفرة الـ ADP مشكلا الـ ATP وتسمى هذه العملية بالفسفرة الضوئية

- شروط تشكل الـ ATP :

1 ← الضوء
2 ← فرق تركيز H^+ (تجويف الثيلاكويد حامضي و الحشوة قاعدي)
3 ← سلامة غشاء الثيلاكويد
4 ← توفير الـ ADP والـ P_i
5 ← سلامة قنوات مذنبة لأن إنزيم ATP synthase

Scanné avec CamScanner

تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية كامنة

الدرس الرابع:

تفاعلات المرحلة الكيميو حيوية

- هذه المرحلة تحدث على مستوى الحشوة حيث سرعتها تتطلب في نواتج العنوية في كل من (ATP و NADPH/) وتمتاز بـ (تثبيت CO_2) و بناء مادة عضوية) و تتطلب منها الضوء

- خلال المرحلة الكيميو حيوية يتم دمج غاز الـ CO_2 و تنتج مركبات عضوية مشعة تسلسلها الزمني كالتالي [يتم الكشف عنها بتقنية الكرو ماتوغرافي الذي يفصل المركبات العضوية المشعة المركبة خلال المرحلة الكيميو حيوية] حيث

APG ⟶ TP ⟶ HP ⟶ R

تكشف عن هذه المركبات إلا بعد تثبيت الـ CO_2

HP : سكر بسداسي الكربون

APG : حمض فسفوغليسريك (مركب ثلاثي الكربون)

R : ريبلوز (مركب خماسي الكربون)

TP : سكر ثلاثي الكربون هو (ADPG) و (PGAL)

وعليه يمكن تلخيص تفاعلات المرحلة الكيميو حيوية في العلقة الموالية و التي تعرف بحلقة كالفن

- تتم حلقة كالفن بأربع مراحل هي :

1 ← إدماج CO_2
2 ← إرجاع APG إلى PGAL
3 ← تجديد Rudipe
4 ← بناء مادة عضوية

ملاحظة :

تتم المرحلة الكيميو ضوئية على مستوى التيلاكويد و تستعمل بالفسفرة الضوئية و تمتاز بتشكل نواتج العنوية ATP و $NADPH,H^+$ و انطلاق الـ O_2

- يمكن أن نعبر عن هذه المرحلة بالمعادلة الإجمالية التالية

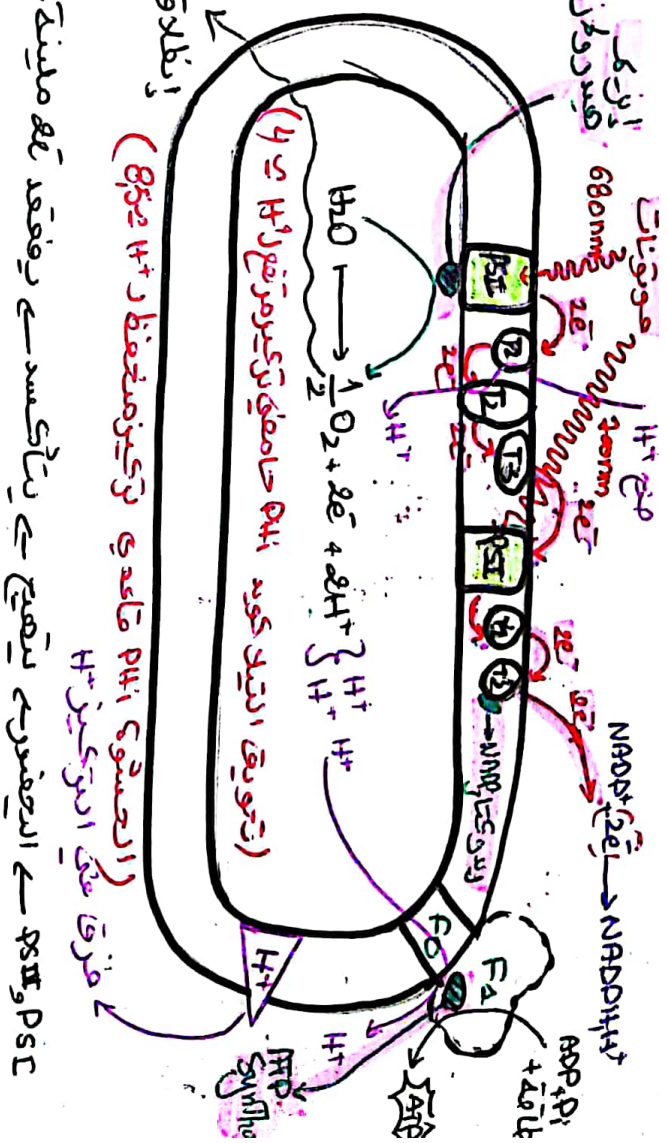
ضوء !

$12H_2O + 12NADP^+ + 18ADP + 18Pi$ ⟶ $12NADPH,H^+ + 18ATP + 6O_2$

إنزيمات

ملاحظة :

إن النواتج العنوية (ATP) و ($NADPH,H^+$) تستعمل في المرحلة الكيميو حيوية

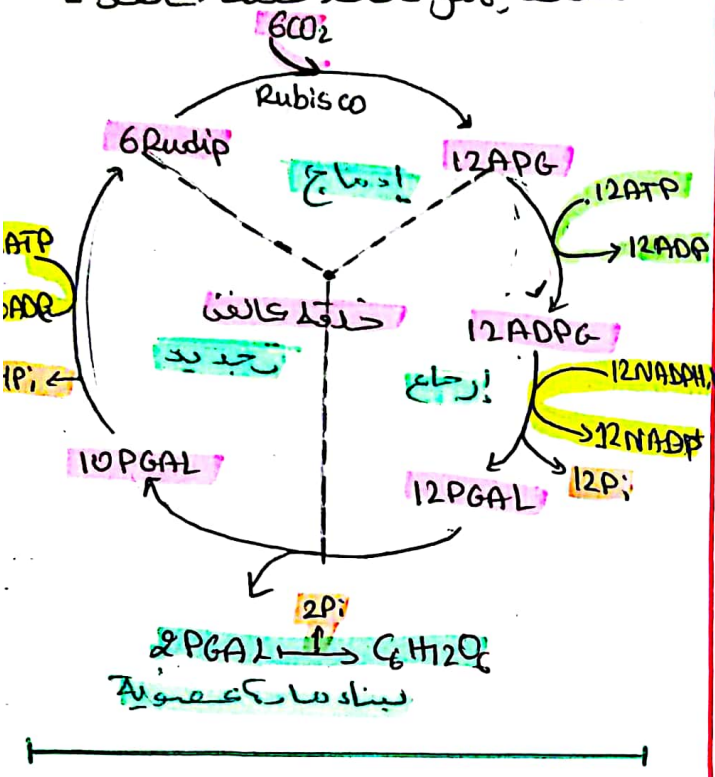


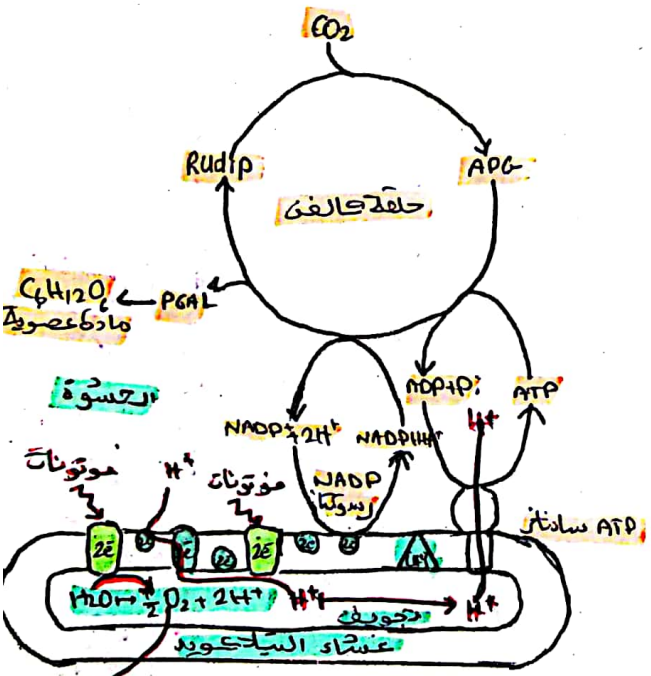
Bac-With-MedAli

Scanné avec CamScanner

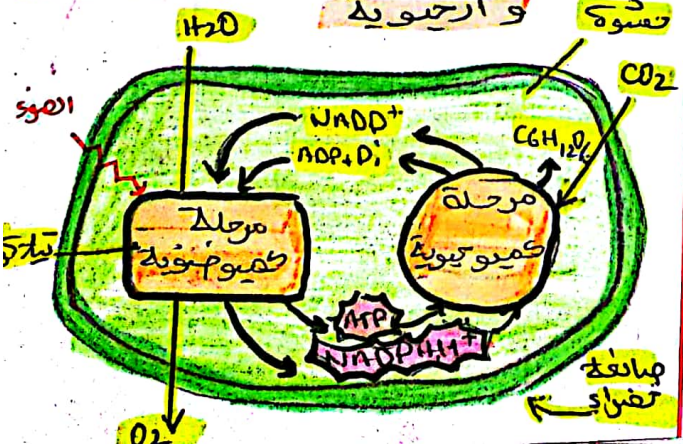
تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية كامنة

- مخطط يمثل تفاعلات حلقة كالفن -





التكامل الوظيفي بين مرحلتي التمثيل الضوئي



- تسلسل تفاعلات حلقة كالفن :

- التفاعل الأول :

تثبيت الـ CO_2 على RuAdpe

$$6CO_2 + 6\,RudiP \xrightarrow{Rubisco} 12APG$$

- التفاعل الثاني :

- هنسفرة الـ APG و تشكل PGAL

$$12APG + 12ATP \longrightarrow 12ADPG + 12ADP$$

- التفاعل الثالث

- إرجاع الـ ADPG إلى PGAL

$$12ADPG + 12NADPH,H^+ \longrightarrow 12PGAL + 12NADP^+ + 12Pi$$

- التفاعل الرابع :

- تجديد الـ Rudipe إنطلاقا من PGAL

$$10PGAL + 6ATP \longrightarrow 6\,Rudip + 6ADP + 4Pi$$

- التفاعل الخامس :

بناء و تشكل سكر سداسي انطلاقا من PGAL

$$2PGAL \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 2Pi$$

المعادلة الإجمالية للمرحلة الكيميوحيوية كالتالي :

$$6CO_2 + 12NADPH,H^+ + 18ATP + 18H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_2 + 12NADP^+ + 18ADP + 18Pi + 6H_2O$$

العلاقة بين المرحلتين الكيموضوئية و الكيميوحيوية :

هي علاقة تكامل و ترابط حيث :

- المرحلة الكيموضوئية توفر لحيوية (ATP و NADPH,H+)

- المرحلة الكيميوحيوية توفر لضوئية (ADP+Pi و NADP+)

Bac.with.MedAli

Scanné avec CamScanner

وعليه يمكن استخلاص المعادلة الإجمالية لتركيب العضوي من خلال جمع بين معادلة كل من المرحلة الضوئية والمرحلة الحيوية كاتالي:

- معادلة الضوئية:

$12H_2O + 12NADP^+ + 18ADP + Pi \xrightarrow[\text{بالضوء}]{\text{بالكلوروفيل}} 6O_2 + 12NADPH,H^+ + 18ATP + 18H_2O$

- معادلة الحيوية:

$6CO_2 + 12NADPH,H^+ + 18ATP + 18H_2O \xrightarrow{\text{انزيمات}} C_6H_{12}O_6 + 12NADP^+ + 18ADP + Pi + 6H_2O$

بالجمع:

$12H_2O + 6CO_2 \xrightarrow[\text{انزيمات ضوئية}]{\text{ضوء + يخضور}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O$

Scanné avec CamScanner

النص العلمي :

المقدمة : الصانعة الخضراء هي عضية خلوية خاصة بالخلايا النباتية الخضورية فقط و هي مقر حدوث عملية التركيب الضوئي التي يتم خلالها إنطلاق الأكسجين الضروري لتنفس جميع الكائنات الحية من جهة و من جهة أخرى فهي تركب المواد العضوية الضرورية لتغذية هذه الكائنات .

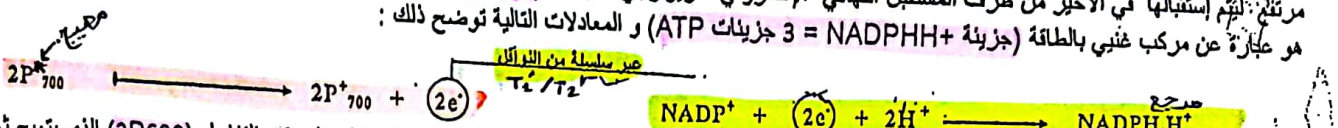
– فما هي أهم أنواع التحولات الطاقوية التي تحدث على مستوى الصانعة الخضراء ؟.

و ما هو دور المكونات الكيميائية لها ؟ و ما هي أهم التفاعلات الناتجة عن نشاطها ؟

العرض : تمتاز الصانعة الخضراء ببنية حجيرية حيث أنها مقسمة إلى عدة حجرات هي الفراغ بين الغشائين ، تجويف الحشوة ، و تجاويف الثيلاكوئيدات حيث يمتاز كل جزء من هذه الأجزاء بتركيب كيميوحيوي خاص به يسمح له بالقيام بتفاعلات خاصة يتم خلالها تحويل الطاقة الضوئية بأشكالها المختلفة خلال عملية التركيب الضوئي . .

على مستوى الثيلاكوئيد : يعتبر الثيلاكوئيد مقرا لحدوث المرحلة الكيميوضوئية بحيث يتم تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية تحملها مركبات طاقوية هي (الـ ATP و الـ +NADPHH) و ذلك خلال سلسلة من التفاعلات يتدخل في تحقيقها عدة مركبات كيميائية تدخل في تركيب غشاء الثيلاكوئيد و هي (الأنظمة الضوئية PSI و PSII – الكريات المذنبة – سلسلتي النواقل الإلكترونية T1 ,T 2 ,T3 و T2`,T 1`) .

– يتم إمتصاص الفوتونات الضوئية من طرف الأصبغة الهوائية (اللواقط) للنظام الضوئي PSI و نقلها إلى المركز التفاعلي (2P700) الذي يتهيج ثم يتأكسد محررا الكترونين غنيين بالطاقة (2é) ، تنتقل هذه الإلكترونات عبر السلسلة الثانية من النواقل (T`1 ,T`2) و ذلك من كمون أكسدة و إرجاع منخفض نحو كمون أكسدة و إرجاع مرتفع ليتم إستقبالها في الأخير من طرف المستقبل النهائي الإلكتروني اللزيولوجي المؤكسد (NADP+) الموجود في الحشوة و الذي يرجع إلى(NADPHH+) و هو عبارة عن مركب غني بالطاقة (جزيئة NADPHH+ = 3 جزيئات ATP) و المعادلات التالية توضح ذلك :



$$2P^{*}_{700} \longrightarrow 2P^{+}_{700} + 2e^{-}$$

$$NADP^{+} + 2e^{-} + 2H^{+} \longrightarrow NADPH,H^{+}$$

– في نفس الوقت تقريبا يتم إمتصاص الفوتونان الضوئية من طرف الأصبغة الهوائية للنظام الضوئي PSII و نقلها إلى المركز التفاعلي(2P680) الذي يتهيج ثم يتأكسد محررا إلكترونين غنيين بالطاقة (2é) ، تنتقل هذه الإلكترونات عبر السلسلة الأولى من النواقل(T1, T 2 ,T3) و ذلك من كمون أكسدة و إرجاع منخفض نحو كمون أكسدة و إرجاع مرتفع ليتم إستقبالها من طرف الـ PSI المؤكسد حيث يسترجع إلكتروناته المفقودة و يسترجع بذلك القدرة على تحرير إلكترونات أخرى من جديد .

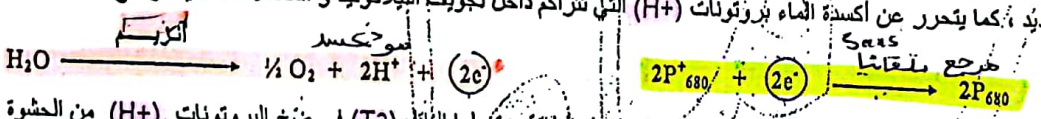
و المعادلات التالية توضح ذلك :



$$2P^{*}_{680} \longrightarrow 2P^{+}_{680} + 2e^{-}$$

$$2P^{+}_{700} + 2e^{-} \longrightarrow 2P_{700}$$

– في نفس الوقت و بواسطة الفوتونات الضوئية تتأكسد جزيئات الماء (تحلل ضوئي للماء) محررة الـ O2 الذي يخرج إلى الوسط ، إلى جانب إلكترونات تنتقل تلقائيا إلى الـ PSII المؤكسد و ذلك من كمون أكسدة و إرجاع منخفض نحو كمون اكسدة و إرجاع مرتفع حيث يسترجع إلكتروناته المفقودة و يسترجع بذلك القدرة على تحرير إلكترونات أخرى من جديد ، كما يتحرر عن أكسدة الماء بروتونات (H+) التي تتراكم داخل تجويف الثيلاكوئيد و المعادلات التالية توضح ذلك : .



$$H_2O \longrightarrow \frac{1}{2}O_2 + 2H^{+} + 2e^{-}$$

$$2P^{+}_{680} + 2e^{-} \longrightarrow 2P_{680}$$

– أثناء إنتقال الإلكترونات عبر نواقل السلسلة الضوئية فإنها تفقد طاقتها ، و هذه الطاقة يستعملها الناقل (T2) في ضخ البروتونات (H+) من الحشوة إلى تجويف الثيلاكوئيد و يساعده الناقل المتحرك (T1) و ذلك عكس الميز (عمل عكسي) .

– إن تراكم البروتونات في تجويف الثيلاكوئيد يولد فرق في تركيزها على جانبي غشاء الثيلاكوئيد بحيث يصبح تجويف الثيلاكوئيد ذو PH حامضي و الحشوة ذات PH قاعدي و هذا ما يسبب خروج البروتونات من التجويف إلى الحشوة عبر الكرات المذنبة بظاهرة الميز محررة طاقة .

– إن الطاقة المحررة من ميز الـ (H+) تحفز إنزيم ATP Synthase على فسفرة الـ ADP و تشكل الـ ATP و المعادلة التالية توضح ذلك :

$$ADP + Pi \longrightarrow ATP + H_2O$$

و منه :تمتاز المرحلة الكيميوضوئية بإنطلاق (الـ O2) و تشكل النواتج الضوئية (الـ ATP و الـ +NADPHH) و المعادلة الإجمالية توضح ذلك :

$$12H_2O + 12NADP^{+} + 18ADP + 18Pi \xrightarrow{\text{ضوء}} 12NADPH,H^{+} + 18ATP + 6O_2$$

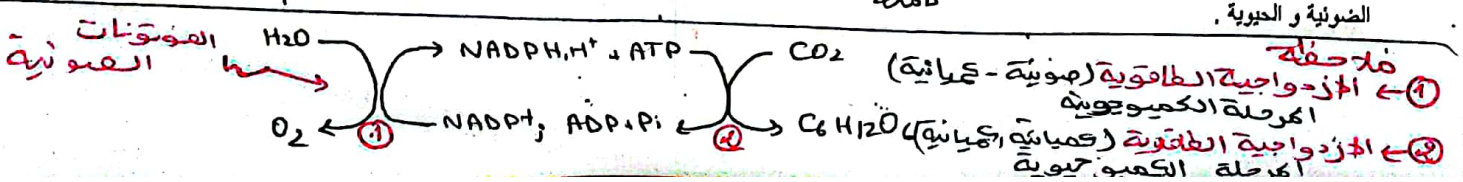
على مستوى الحشوة : تعتبر الحشوة مقرا لحدوث المرحلة الكيميوحيوية بحيث يتم تحويل الطاقة الكيميائية لكل من الـ ATP و الـ +NADPHH) إلى طاقة كيميائية كامنة في روابط الجزيئات العضوية المركبة و يسمى هذا النوع من التحويل الطاقوي بتفاعلات حلقة كالفن و يتدخل في تحقيق هذه التفاعلات عدة إنزيمات نوعية أهمها إنزيم الـ Rubisco بحيث :

- يعمل إنزيم الـ Rubisco على تثبيت الـ CO2 على مركب خماسي الكربون هو الـ Rudip ليتشكل مركب سداسي الكربون غير ثابت سرعانما ينشطر إلى جزيئتان من الـ APG ، يتحول الـ APG إلى PGal مستعملا النواتج الضوئية ATP و +NADPHH .
- يعمل الـ PGal على بناء السكر السداسي من جهة و يجدد الـ Rudip من جهة أخرى .

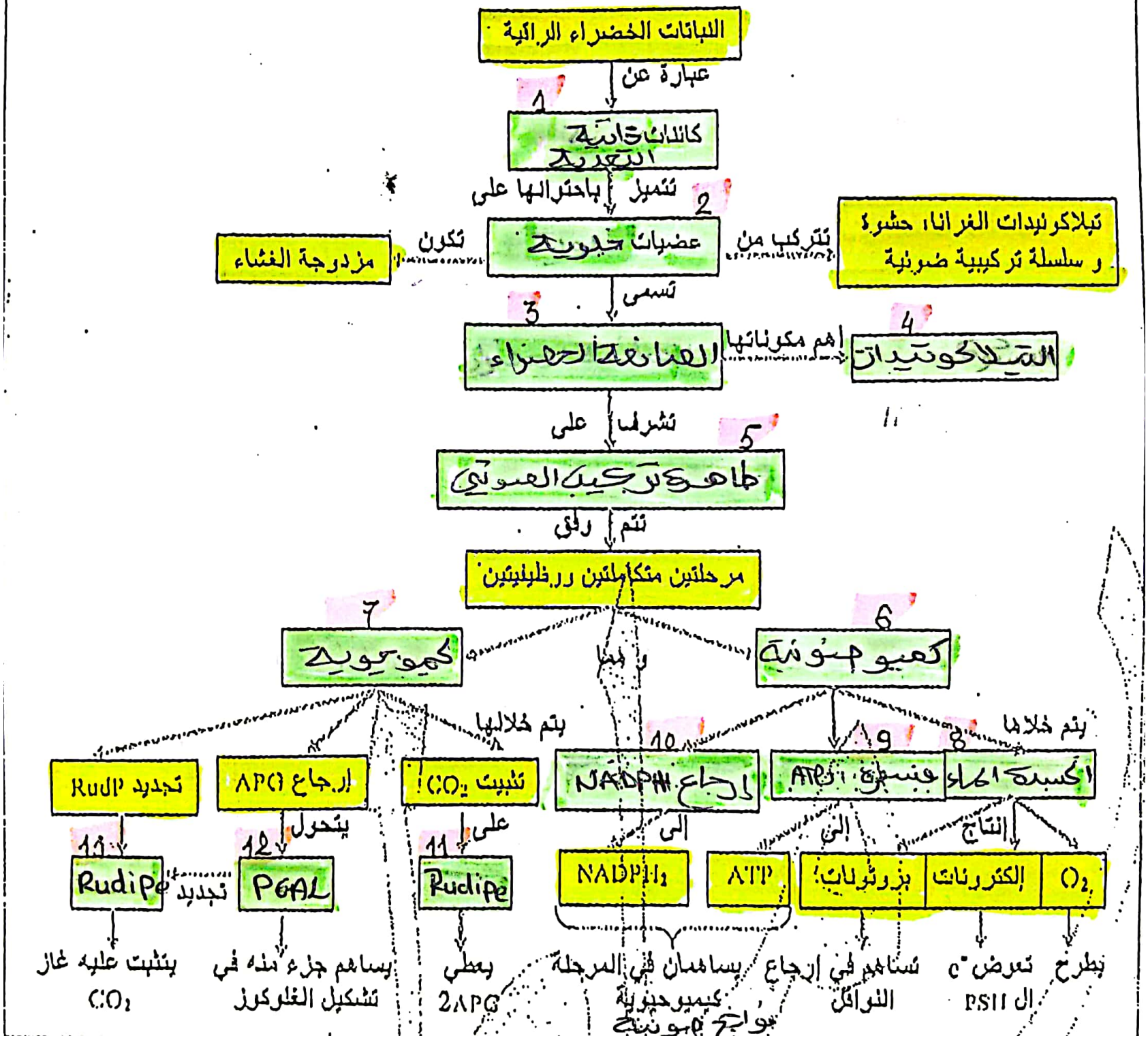
و منه : تمتاز المرحلة الكيميوحيوية بتثبيت غاز الـ CO2 و تركيب المواد العضوية و المعادلة الإجمالية التالية توضح ذلك .

$$6CO_2 + 12NADPH,H^{+} + 18ATP \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 12NADP^{+} + 18ADP + 18Pi + 6H_2O$$

الخاتمة : تتم عملية التركيب الضوئي على مرحلتين متكاملتين هما : كيميوضوئية تحدث في الثيلاكيد وبواسطة جزيئاته الكميوحيوية و يتم خلالها تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية تحملها جزيئات الـ ATP و الـ +NADPHH كيميوحيوية تحدث في الحشوة و بفضل مكوناتها الكميوحيوية كذلك ويتم فيها تحويل طاقة الـ ATP و الـ +NADPHH إلى طاقة كيميائية تخزن في روابط المادة العضوية المركبة و هذا ما يوضح وجود علاقة تكامل وظيفي بين المرحلتين الضوئية و الحيوية .



Scanné avec CamScanner



Scanné avec CamScanner