

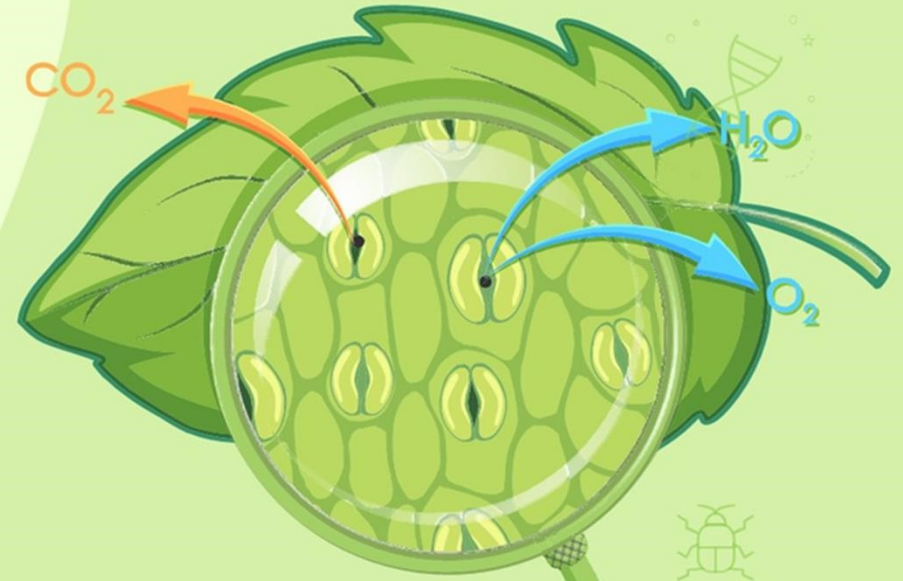


দ্বাদশ শ্রেণি একাডেমিক প্রোগ্রাম ২০২০

জীববিজ্ঞান ১ম পত্র

লেখক : B-16

অধ্যায় ৯ : উদ্ভিদ শারীরতত্ত্ব (সালোকসংশ্লেষণ)



সালোকসংশ্লেষণ (Photosynthesis)

↓ light/আলো ↓
↓ ফটোসিনথেসিস

Photosynthesis

যে শারীরবৃত্তীয় প্রক্রিয়ায় সজীব উদ্ভিদ-কোষস্থ ক্লোরোফিল সূর্যের আলোকশক্তিকে ATP এবং NADPH + H⁺ (পানির সালোকবিভাজনের মাধ্যমে) নামক রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তরিত করে এবং ঐ রাসায়নিক শক্তিকে (ATP ও NADPH + H⁺) কাজে লাগিয়ে CO₂ বিজারণের মাধ্যমে কার্বোহাইড্রেট (শর্করা) জাতীয় খাদ্য প্রস্তুত ও উপজাত হিসেবে O₂ নির্গত করে, তাকে সালোকসংশ্লেষণ বা ফটোসিনথেসিস বলে।

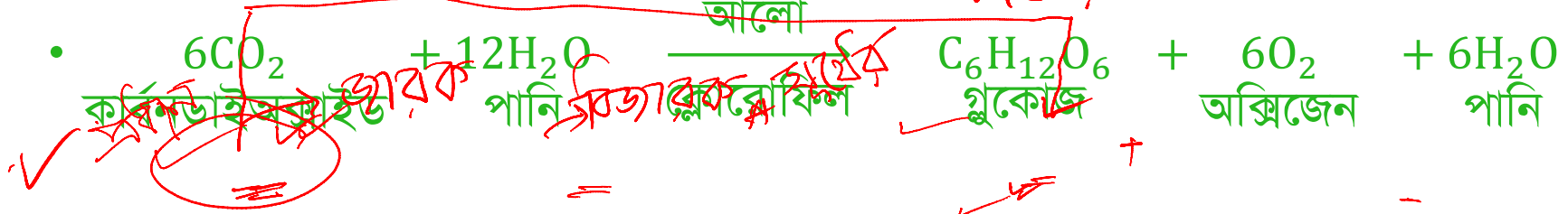
→ Hydrolysis

→ Photolysis

- পানির সালোকবিভাজন (Photolysis of water) : আলোর উপস্থিতিতে পানি (H₂O) ভেঙ্গে অক্সিজেন (O₂), হাইড্রোজেন আয়ন বা প্রোটন (2H⁺) ও ইলেকট্রন (e⁻) উৎপন্ন হওয়াকে পানির সালোকবিভাজন বলে।

বিজারণ, আলোক নিরসেধ
মর্ধ্য

* কঠিন বিজারণ স্রাঙ্ক



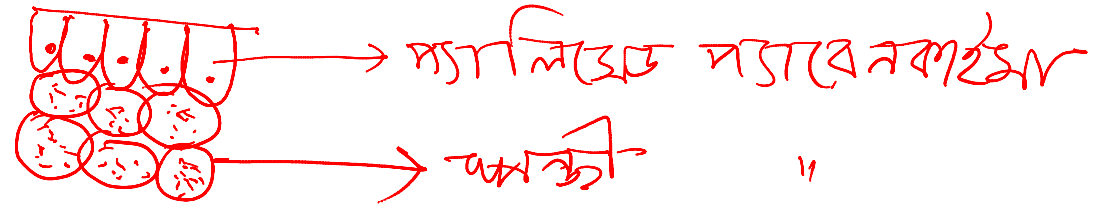
$$\left[\begin{array}{c} \text{ch}_2 \quad \text{ch}_2 \\ \text{---} \end{array} \right]$$
 জারণ, আলোক মর্ধ্য

Process of Photosynthesis



সালোকসংশ্লেষণ অঙ্গ ও রঞ্জক পদার্থ

- সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়াটি শুরু থেকে শেষ পর্যন্ত ক্লোরোপ্লাস্ট নামক সাইটোপ্লাজমিক অঙ্গগুতেই ঘটে থাকে। কাজেই ক্লোরোপ্লাস্টই হলো সালোকসংশ্লেষণের স্থান।
- একবীজপত্রী উদ্ভিদ পাতায় মেসোফিল কোষগুলো প্রায় একই রকম কিন্তু দ্বিবীজপত্রী উদ্ভিদের পাতায় মেসোফিল টিস্যু দু'ভাগে বিভক্ত-উপরের ত্বকের দিকে ঘনভাবে সন্নিবেশিত লম্বা লম্বা কোষের প্যালিসেড প্যারেনকাইমা এবং নিচের ত্বকের দিকে ফাঁক ফাঁকভাবে অবস্থিত গোলাকার কোষের স্পঞ্জী প্যারেনকাইমা। পাতার নিচের ত্বকে অনেক স্টোম্যাটা থাকে।



সালোকসংশ্লেষণ অঙ্গ ও রঞ্জক পদার্থ

রঞ্জক পদার্থ : যে সব রঞ্জক পদার্থ সালোকসংশ্লেষণে জড়িত সেগুলো হচ্ছে- ক্লোরোফিল, ক্যারোটিনয়েডস ও ফাইকোবিলিন।

1. ক্লোরোফিল (Chlorophyll):

2. ক্যারোটিনয়েডস (Carotinoids):

3. ফাইকোবিলিন (Phycobilins):

ফাইকোবিলিন = নীল
ফাইকোবিলিন → লাল

আলোক রাসায়নিক বিক্রিয়া

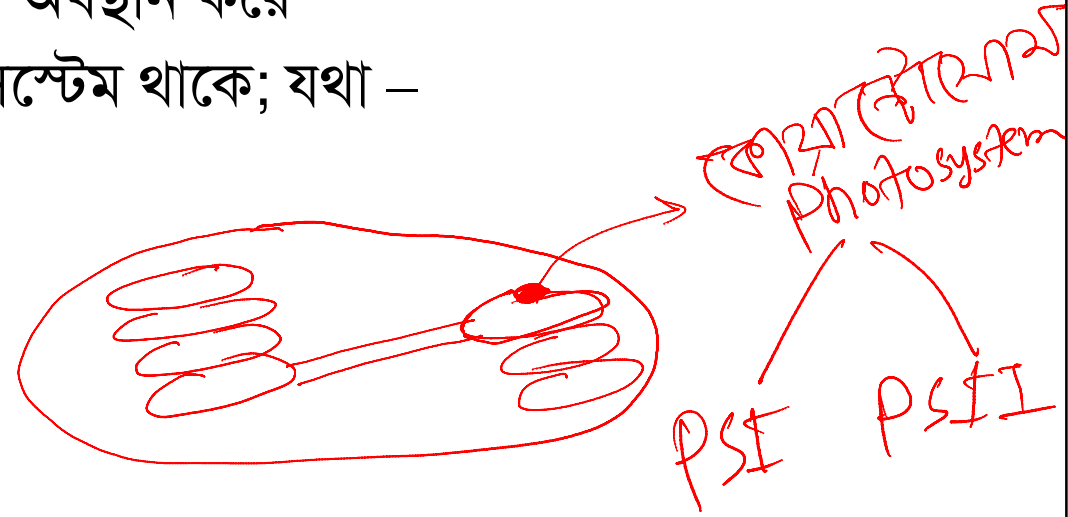
ফটোসিস্টেম :

ক্লোরোফিল অণুসমূহ এবং তার সাথে সংশ্লিষ্ট ইলেকট্রন গ্রহীতাসমূহ এক সাথে একটি 'ইউনিট' হিসেবে অবস্থান করে। এই ইউনিটকে ফটোসিস্টেম (Photosystem) বলে। ফটোসিস্টেম থাইলাকয়েড মেমব্রেনে অবস্থান করে

থাইলাকয়েড মেমব্রেনে দুই ধরনের ফটোসিস্টেম থাকে; যথা –

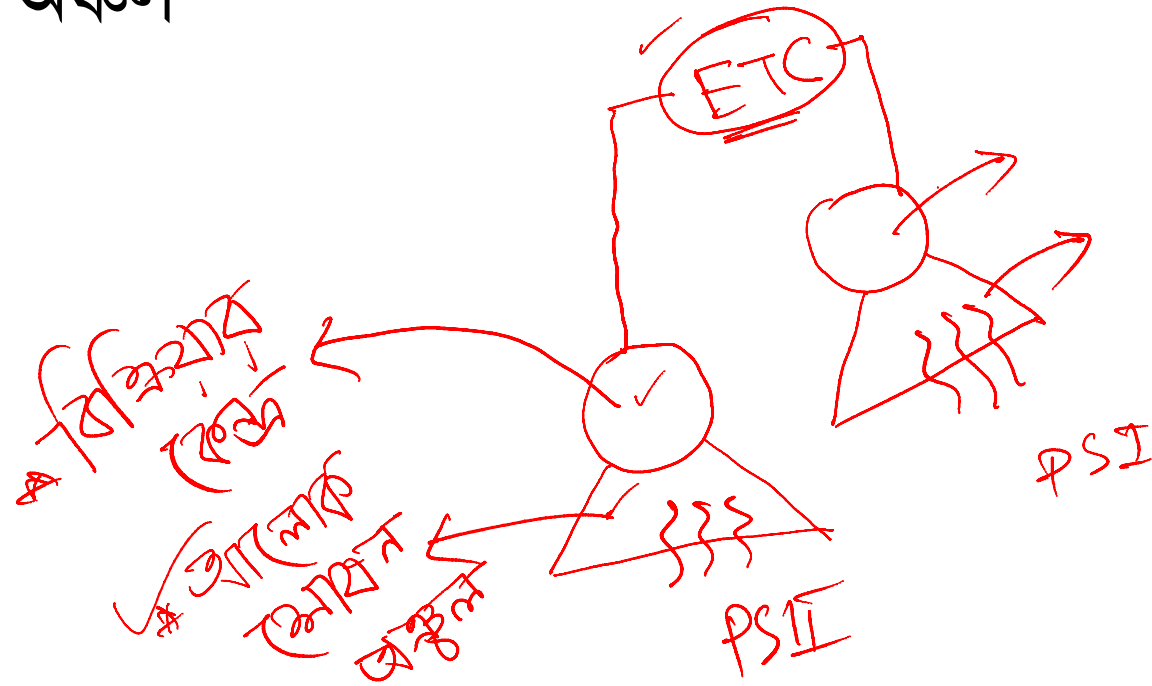
(1) ফটোসিস্টেম-১ (PS-I) :

(2) ফটোসিস্টেম-২ (PS-II) :



প্রতিটি ফটোসিস্টেম তিনটি অংশ সেগুলো হলো:

- আলোক শোষণ অঞ্চলে
- বিক্রিয়ার কেন্দ্র
- ETC

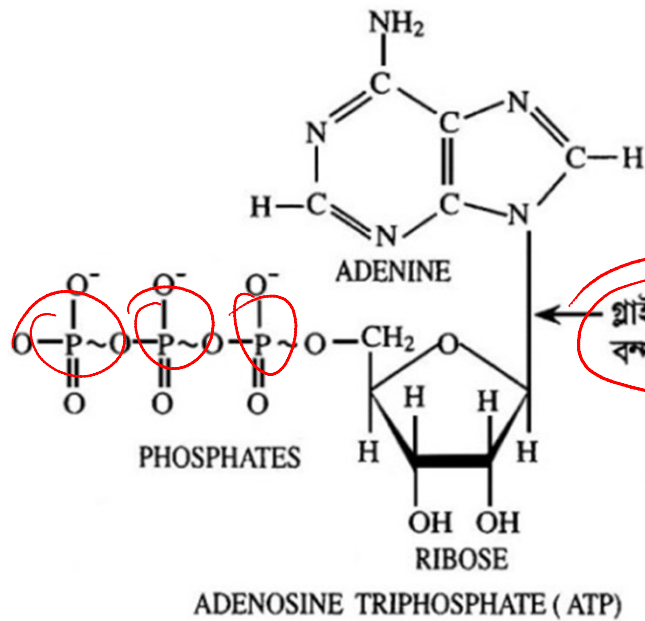


ইলেকট্রন ট্রান্সপোর্ট চেইন

(ইলেকট্রন গ্রহীতা গ্রুপ শিক্ষক আলোচনা করে দেখাবেন)

- ১। ফিয়োফাইটিন (Pheophytin = Ph) : একটি রূপান্তরিত ক্লোরোফিল-a অণু।
- ২। প্লাস্টোকুইনন (Plastoquinone = PQ) : অতি ছোট চলনশীল (mobile) লিপিড যা থাইলাকয়েড মেমব্রেনে মুক্তভাবে চলাচল করতে পারে।
- ৩। সাইটোক্রোম (Cytochrome = Cyt.) : সাইটোক্রোম হলো লৌহযুক্ত হিম (heme) গ্রুপবিশিষ্ট প্রোটিন।
- ৪। প্লাস্টোসায়ানিন (Plastocyanin = PC) : অত্যন্ত চলনশীল একটি ক্ষুদ্র মেমব্রেন প্রোটিন।
- ৫। ফেরিডক্সিন (Ferredoxin = Fd) : এটি একটি আয়রন-সালফার (Fe-S) প্রোটিন।
- ৬। NADP reductase: এটি আসলে একটি ফ্লাভোপ্রোটিন এবং বাউন্ড কো-এনজাইম FAD (ফ্লাভিন অ্যাডেনিন ডাইনিউক্লিওটাইড)।

ATP-কে জৈব মুদ্রা বা শক্তি মুদ্রা (Biological coin or Energy coin) বলা হয়



চিত্র : ATP- এর গঠন

গ্লাইকোসাইড বন্ধনী

Handwritten notes in red ink:

- $\text{ADP} + \text{P}_i \rightarrow \text{ATP}$
- $\text{NADPH}_2 \rightarrow 3\text{ATP}$
- $\text{FADH}_2 \rightarrow 2\text{ATP}$
- $\text{GTP} \rightarrow \text{ATP}$

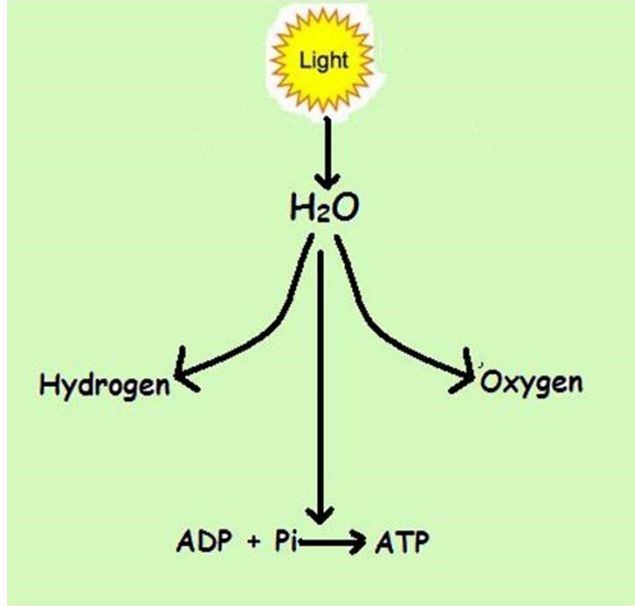


Handwritten notes in red ink:

- Bank check
- ৫০০০ taka
- ৫০০০০ taka

Handwritten notes in red ink:

- check
- Bank
- EIS
- faka
- ATP



সালোকসংশ্লেষণে পানি সরবরাহ

পানি ফটোসিনথেসিস প্রক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে এবং ফটোলাইসিস (Photolysis) তথা সালোক বিভাজনের মাধ্যমে ভেঙে O_2 হিসেবে বায়ুতে নির্গত হয় এবং $2H^+$, NADP-কে বিজারিত করে NADPH + H^+ সৃষ্টি করতে ব্যবহৃত হয়।

Poll Question 01

নিচের কোনটি ইলেকট্রন ট্রান্সপোর্ট চেইনে থাকা সত্ত্বেও প্রোটিন নয়?

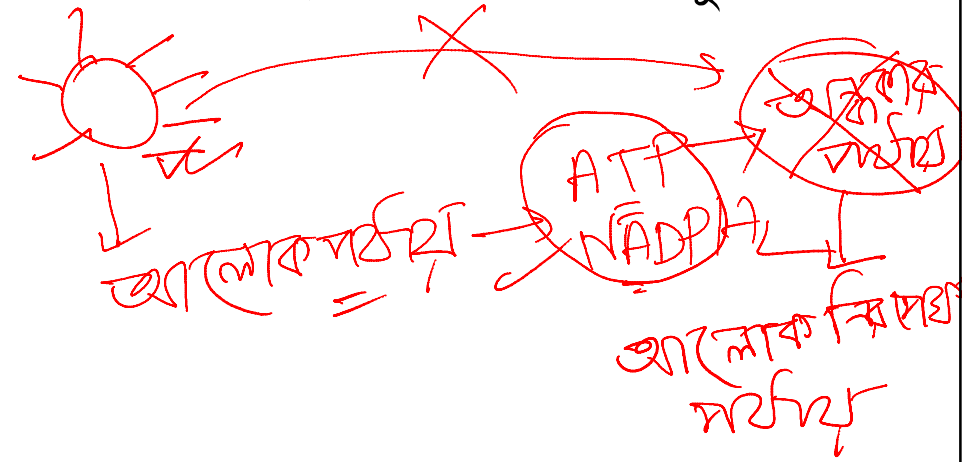
- (ক) প্লাস্টোসায়ানিন
- (খ) সাইটোক্রোম
- (গ) প্লাস্টোকুইনন
- (ঘ) ফেরিডক্সিন

সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ার কলাকৌশল

১৯০৫ খ্রিস্টাব্দে ইংরেজ শারীরতত্ত্ববিদ র্ল্যাকম্যান সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়াকে দুটি অধ্যায়ে ভাগ করেন;

যথা-

- ✓ (ক) আলোকনির্ভর অধ্যায় এবং
- ✓ (খ) আলোক নিরপেক্ষ অধ্যায়।



আলোকনির্ভর অধ্যায় (Light dependent reactions)

আলোকনির্ভর অধ্যায়ের বিক্রিয়াসমূহ থাইলাকয়েড মেমব্রেন-এ সংঘটিত হয়।
সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় যে অধ্যায়ে আলোক শক্তি রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তরিত
হয়ে ATP ও NADPH + H⁺ তে সঞ্চারিত হয়, তাকে আলোকনির্ভর অধ্যায় বলে।
এ অংশের জন্য আলোক অপরিহার্য।

ফটোফসফোরাইলেশন

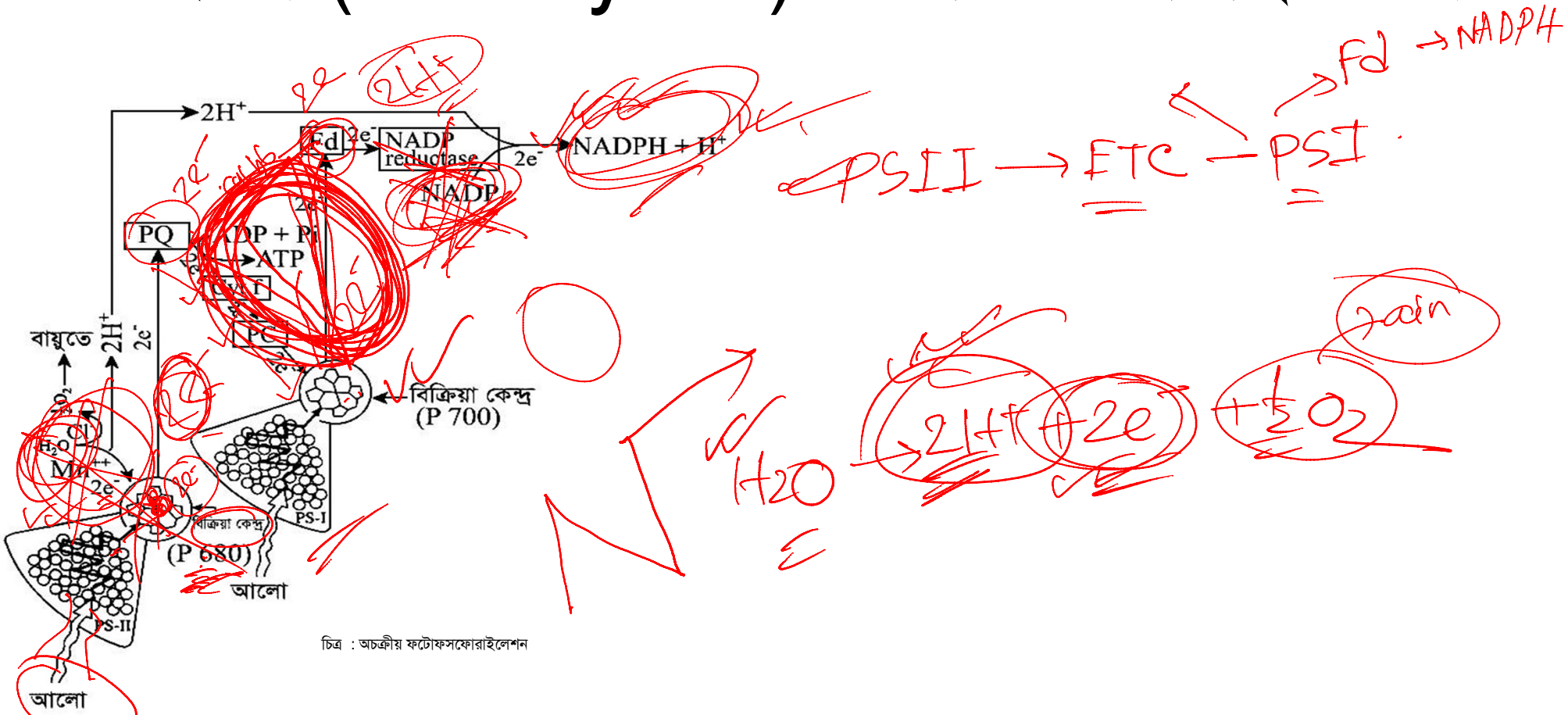
কোনো যৌগের সাথে ফসফেট সংযুক্তি প্রক্রিয়াকে বলা হয় ফসফোরাইলেশন; আর আলোক শক্তি ব্যবহার করে ফসফোরাইলেশন ঘটানোকে বলা হয় ফটোফসফোরাইলেশন।

সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় আলোক শক্তি ব্যবহার করে ATP তৈরির প্রক্রিয়াকে বলা হয় ফটোফসফোরাইলেশন।

ফটোফসফোরাইলেশন অচক্রীয় (non-cyclic) এবং চক্রীয় (cyclic) এ দু'ভাবে হতে পারে



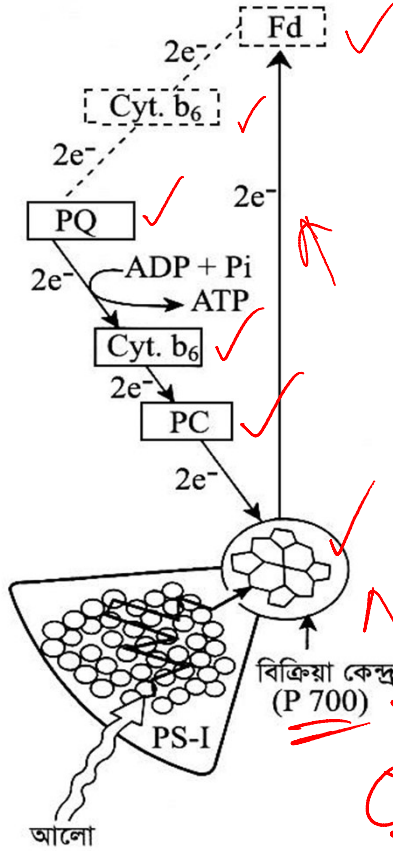
অচক্রীয় (non-cyclic) ফটোসফোরাইলেশন



চিত্র : অচক্রীয় ফটোসফোরাইলেশন

অচক্রীয় (non-cyclic) ফটোসিসফোরাইলেশন

চক্রীয় (cyclic) ফটোসফোরাইলেশন



অচক্রীয়
 PSI, PSII
 P-700, P-680

চক্রীয়
 PSI 680 - নাম
 P-700 → অতি নাম
 =
 ক্লাসে ন

NAOPH₂ ← নামে
 H₂O, O₂, H₂

চক্রীয় (cyclic) ফটোসফোরাইলেশন

আলোক নিরপেক্ষ অধ্যায় (Light independent reactions)

- কার্বোহাইড্রেট তৈরি বা কার্বন বিজারণ পদ্ধতি।
- আলোকনির্ভর অধ্যায়ে সৃষ্ট ATP ও NADPH + H⁺ বিশেষ প্রক্রিয়ার মাধ্যমে CO₂ হতে কার্বোহাইড্রেট (শর্করা) উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়।
- এ অধ্যায়ে CO₂ বিজারিত হয়ে কার্বোহাইড্রেট উৎপাদন করে বলে একে কার্বন বিজারণ অধ্যায়ও বলা হয়। কার্বন বিজারণ প্রক্রিয়ায় কোনো আলোর প্রত্যক্ষ প্রয়োজন পড়ে না তাই একে আলোক নিরপেক্ষ অধ্যায় বা অন্ধকার অধ্যায়ও বলা হয়। তবে আলোর উপস্থিতিতে কার্বন বিজারণ অধিক হয়ে থাকে। এর কারণ আলোর উপস্থিতিতে ATP ও NADPH + H⁺ সরবরাহ নিশ্চিত হয় এবং স্টোম্যাটা খোলা থাকায় CO₂ ও O₂ বিনিময় সহজ হয়।

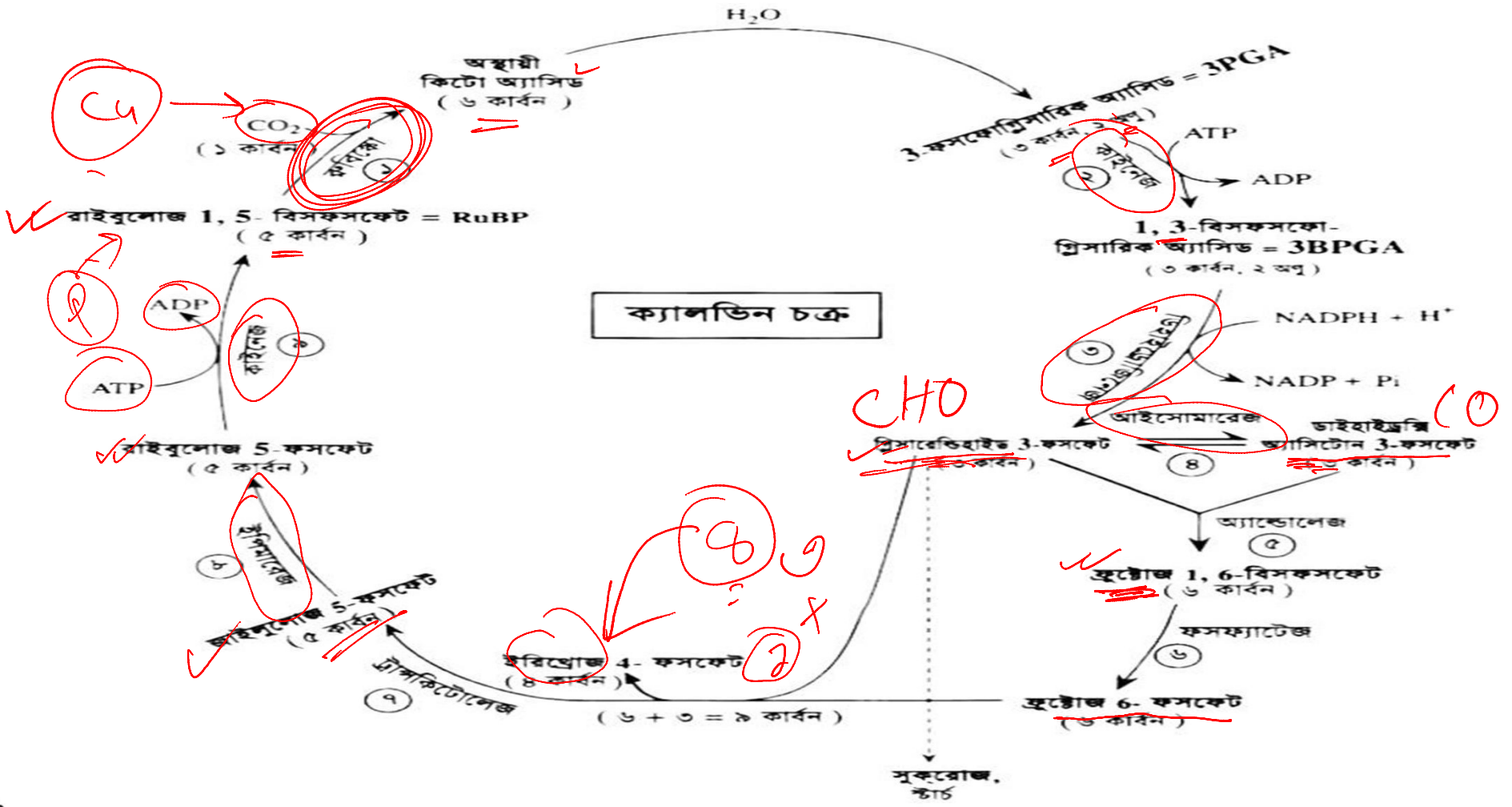
আলোক নিরপেক্ষ অধ্যায় (Light independent reactions)

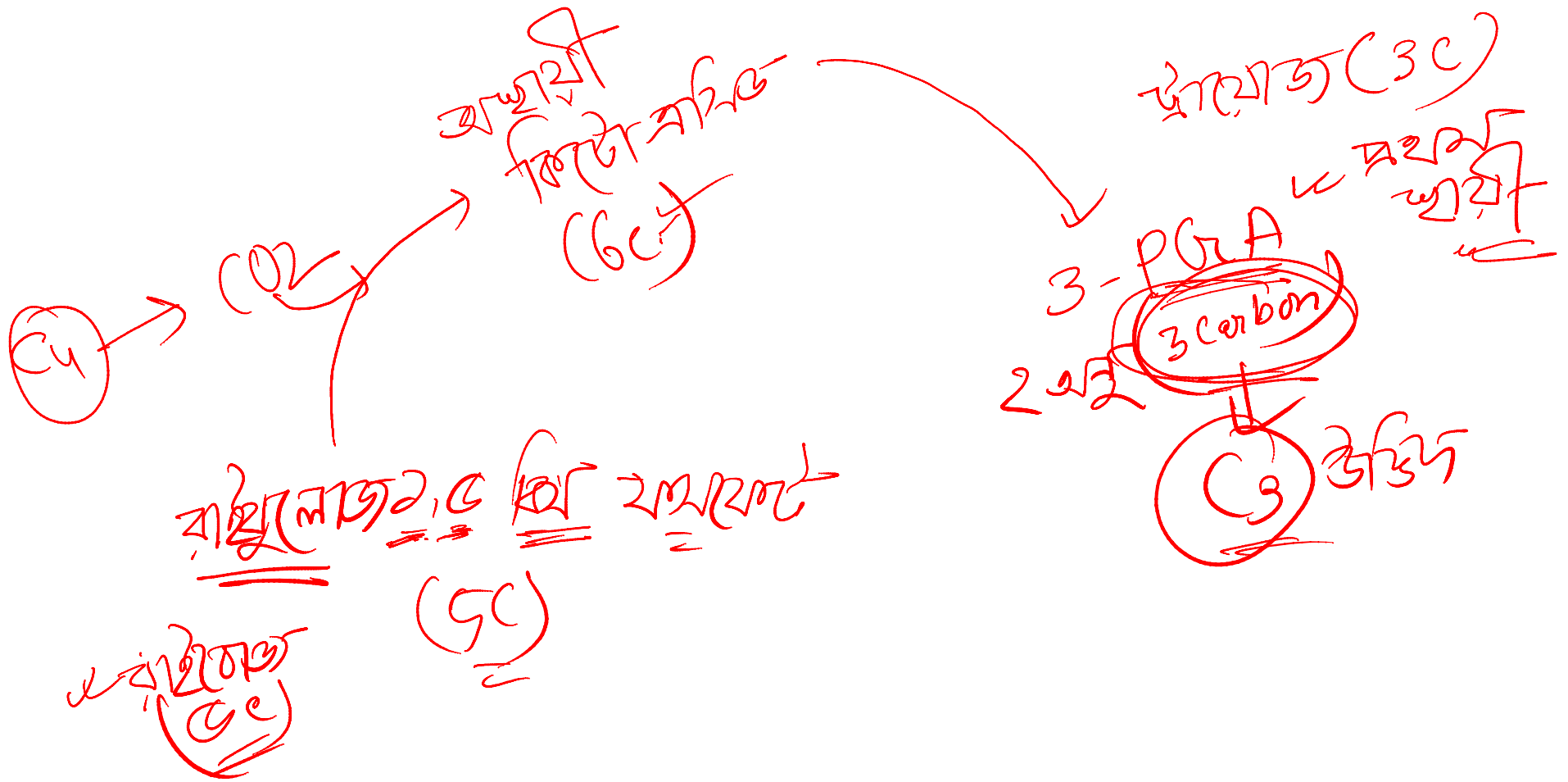
আবহমণ্ডলের CO_2 হতে বিভিন্ন রাসায়নিক বিক্রিয়ার মাধ্যমে কার্বহাইড্রেট সৃষ্টির তিনটি স্বীকৃত পথ আছে, তা হল —

- (১) ক্যালভিন চক্র, C_3
- (২) হ্যাচ ও স্ল্যাক চক্র C_4
- (৩) CAM প্রক্রিয়া। C_4 ক্রামনুঘিয়ান

ক্যালভিন চক্র (পথ) বা C₃ চক্র

- ✓ C₃ চক্র (Calvin cycle: C₃ – cycle) : ১৯৪৭-১৯৪৯ সালে যুক্তরাষ্ট্রের ক্যালিফোর্নিয়া বিশ্ববিদ্যালয়ের ক্যালভিন ও তাঁর সহযোগীরা (Melvin Calvin, 1911-1997, Benson & Bassham)
- ✓ তেজস্ক্রিয় কার্বন (¹⁴C – কার্বনের আইসোটোপ) ব্যবহার করে সন্ধানী পদ্ধতিতে (tracer technique) *Chlorella* নামক এককোষী শৈবালে কার্বন বিজারণের যে চক্রাকার গতি পথ আবিষ্কার করেন তা ক্যালভিন চক্র নামে পরিচিত।
- ✓ ক্যালভিন এজন্য ১৯৬১ সালে নোবেল পুরস্কার পান।





আলোক শ্বসন/ফটোসিপিৰেশন

- আলোর সাহায্যে O_2 গ্রহণ ও CO_2 ত্যাগ করার প্রক্রিয়া হলো ফটোসিপিৰেশন।
- ক্লোরোপ্লাস্টে CO_2 এর পরিমাণ কম এবং O_2 এর পরিমাণ বেশি হলেই ফটোসিপিৰেশন হয়।

Poll Question 02

ক্যালভিন চক্রে প্রথম স্থায়ী উপাদানটির নাম কি?

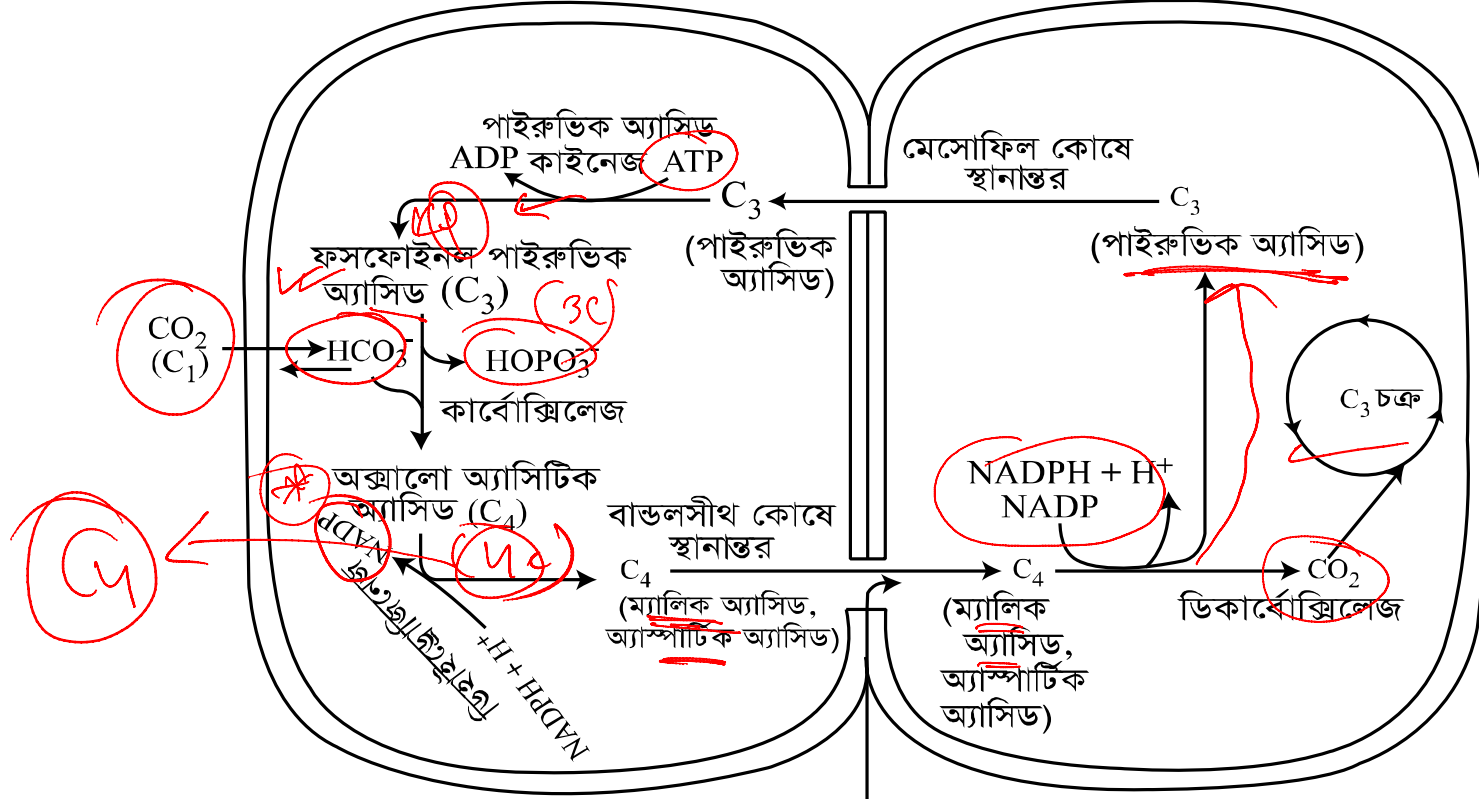
- (ক) কিতো অ্যাসিড
- (খ) অ্যাসিটাইল-CoA
- (গ) ৩-ফসফোগ্লিসারিক এসিড
- (ঘ) রাইবুলোজ-৫-ফসফেট

হ্যাচ ও স্ল্যাক চক্র বা C4 চক্র

- ✓ M. D. Hatch and C. R. Slack নামক দু'জন অস্ট্রেলীয় বিজ্ঞানী ইক্ষু উদ্ভিদ নিয়ে বিস্তারিত গবেষণা করে কার্বন বিজারণের এ ভিন্ন পথকে সুন্দরভাবে ব্যাখ্যা করেন, (অর্থাৎ ইক্ষু উদ্ভিদেই পূর্ণাঙ্গভাবে এই গতিপথ প্রথম আবিষ্কৃত হয়) যা পরে Hatch and Slack গতিপথ বা C4 চক্র হিসেবে স্বীকৃতি পায় (১৯৭০)।
- ✓ এটি ডাই-কার্বোক্সিলিক চক্র নামেও এটি পরিচিত। বর্তমানে ১৬টি গোত্রের বহু উদ্ভিদে এ গতিপথ আবিষ্কৃত হয়েছে।

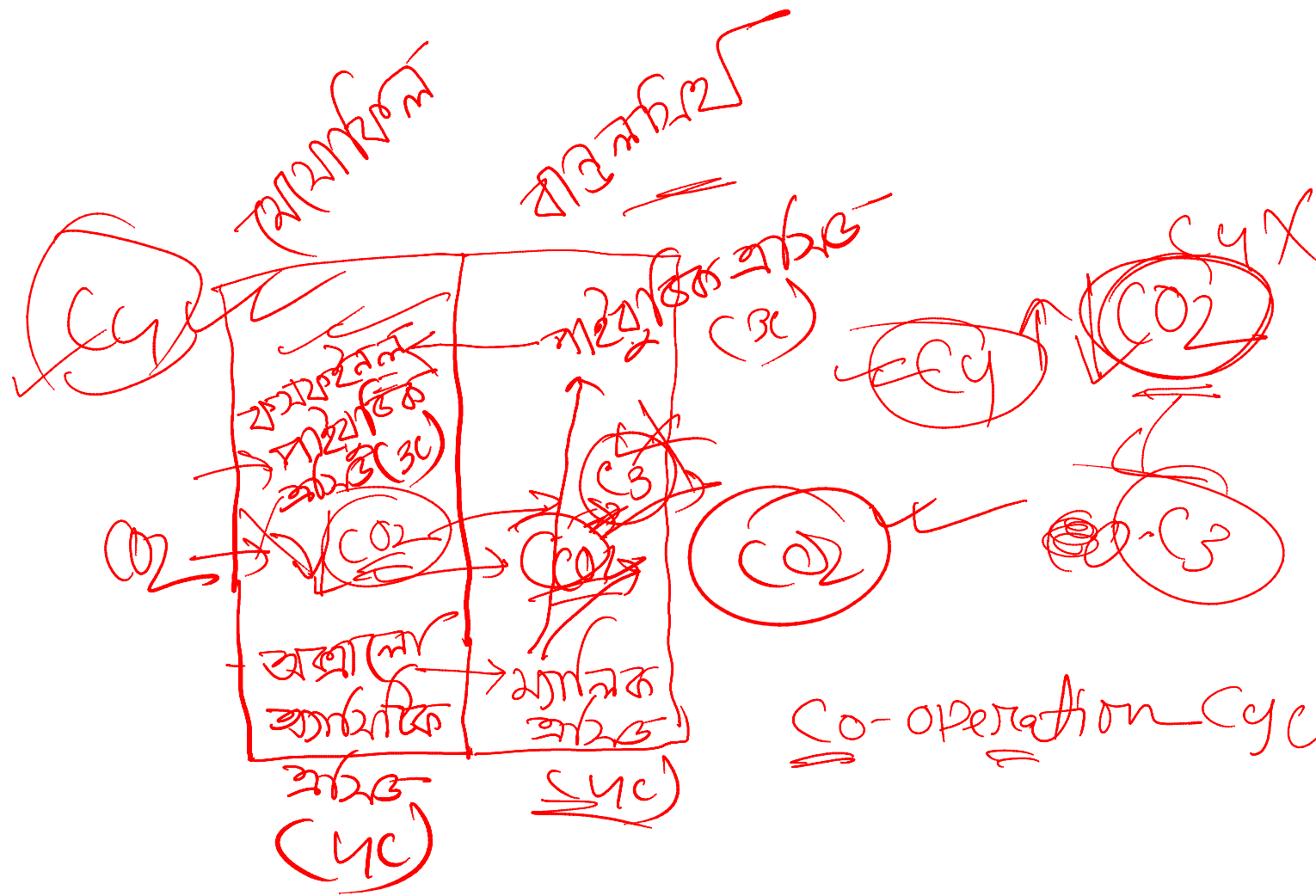
মেসোফিল কোষ

বান্ডলসীথ কোষ



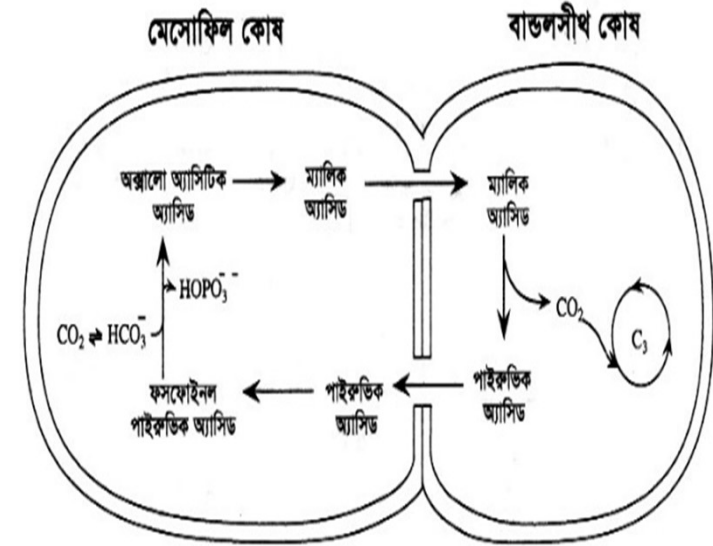
প্লাজমোডেসমা
পাইরুভিক অ্যাসিড ও ম্যালিক অ্যাসিড-এর মাইটোকন্ড্রিয়নে প্রবেশ

চিত্র : হ্যাচ ও স্লাক চক্র: একটি সাধারণ পথ পরিক্রমা



উদ্ভিদে তিন প্রকার C₄ গতিপথ লক্ষ্য করা যায়

- (i) বাণ্ডলসীথ কোষে স্থানান্তরিত C₄ অ্যাসিডের ধরন,
- (ii) মেসোফিল কোষে স্থানান্তরিত C₃ অ্যাসিডের ধরন এবং
- (iii) বাণ্ডলসীথ কোষে ডিকার্বোক্সিলেশন এনজাইমের প্রকার –
এ তিন বৈশিষ্ট্যের ভিত্তিতে নিম্নলিখিত **তিন প্রকার C₄ গতিপথ** লক্ষ্য করা যায়-



চিত্র: ৯.১৪: C₄ গতিপথ: NADP – malic enzyme প্রকার ইক্ষু, ভুট্টা, সরগাম উদ্ভিদে এই চক্র পরিচালিত হয়।

- (A) NADP-malic enzyme প্রকার: **ভুট্টা, ইক্ষু, সরগাম, ক্র্যাব ঘাস** ইত্যাদি উদ্ভিদে এ প্রকার কার্যকরী।
- (B) NAD – malic enzyme প্রকার: **মিল্লোত, কাউন, চিনা** ইত্যাদি উদ্ভিদে এ প্রকার কার্যকরী।
- (C) Phosphoenolpyruvate carboxykinase প্রকার: **গিনি ঘাস-এ (Guinea grass)** এ প্রকার কার্যকরী।

ছবি কণা চি

C₃ ও C₄ উদ্ভিদের মধ্যে পার্থক্য

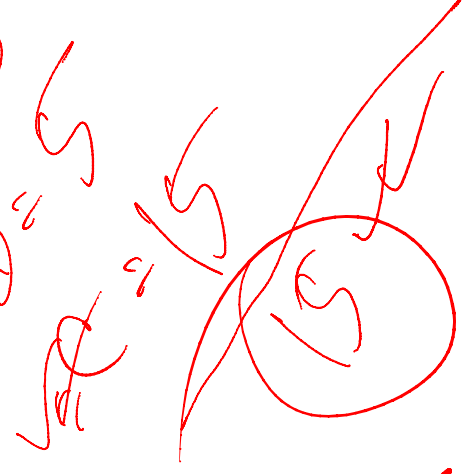
পার্থক্যের বিষয়	C ₃ উদ্ভিদ	C ₄ উদ্ভিদ
১। তাপমাত্রা	উচ্চ তাপমাত্রায় খাপখাইয়ে নিতে সক্ষম নয়।	উচ্চ তাপমাত্রায় খাপখাইয়ে নিতে সক্ষম।
২। ক্র্যাঞ্জ অ্যানাটমি	পাতার বাণ্ডলসীথকে ঘিরে মেসোফিল কোষের কোনো পৃথক স্তর থাকে না।	পাতার বাণ্ডলসীথকে ঘিরে অরীয়ভাবে সজ্জিত মেসোফিল কোষের ঘন স্তর বিদ্যমান (ক্র্যাঞ্জ অ্যানাটমি)।
৩। ক্লোরোপ্লাস্টের প্রকার	গঠনগতভাবে ক্লোরোপ্লাস্ট একই রকম। বাণ্ডলসীথ	গঠনগতভাবে ক্লোরোপ্লাস্ট দুই রকম: (i) গ্রানায়ুক্ত মেসোফিল ক্লোরোপ্লাস্ট এবং (ii) গ্রানাবিহীন বাণ্ডলসীথ ক্লোরোপ্লাস্ট [স্বল্প সংখ্যক গ্রানাবিশিষ্ট বৃহদাকৃতির ক্লোরোপ্লাস্ট-Ref: আজমল]।
৪। CO ₂ এর ঘনত্ব	সালোকসংশ্লেষণের জন্য বায়ুমণ্ডলে CO ₂ এর ঘনত্ব কমপক্ষে ৫০ ppm (parts per million) প্রয়োজন (৫০-১৫০ppm)।	সালোকসংশ্লেষণের জন্য বায়ুমণ্ডলে CO ₂ এর ঘনত্ব কমপক্ষে ০.১০ ppm প্রয়োজন (০.১০-১০ ppm)।
৫। বিক্রিয়া	মেসোফিল কোষে আলোক বিক্রিয়া এবং ক্যালভিন চক্র সম্পন্ন হয়।	মেসোফিল কোষে আলোক বিক্রিয়া এবং বাণ্ডলসীথ কোষে CO ₂ সৃষ্টি ও ক্যালভিন চক্র সম্পন্ন হয়।
৬। উৎপত্তি	মনে করা হয় বেশির ভাগ C ₃ উদ্ভিদ অপেক্ষাকৃত শীতপ্রধান অঞ্চলে উৎপত্তি লাভ করেছে।	মনে করা হয় বেশির ভাগ C ₄ উদ্ভিদ উষ্ণমণ্ডলে উৎপত্তি লাভ করেছে।
[আজিবুর]☆	[কেবল মেসোফিল কোষে ক্লোরোপ্লাস্ট থাকে, বান্ডল সিথ কোষে ক্লোরোপ্লাস্ট থাকে না।]☆	[মেসোফিল ও বান্ডল সিথ কোষ উভয় স্থানেই ক্লোরোপ্লাস্ট থাকে।]☆

ক্যালভিন চক্র এবং হ্যাচ এ্যান্ড স্ল্যাক চক্রের পার্থক্য

ক্যালভিন চক্র	হ্যাচ এ্যান্ড স্ল্যাক চক্র
(i) কেবল মেসোফিল কোষে হয়। ✓	(i) মেসোফিল ও বাণ্ডলসীথ কোষে হয়। ✓
(i) ফটোসিন্থেসিস ঘটে। ✓	(ii) ফটোসিন্থেসিস ঘটে না। ✓
(i) প্রাথমিক CO ₂ গ্রহীতা RuBP।	(iii) প্রাথমিক CO ₂ গ্রহীতা PEP।
(i) CO ₂ -ফিকসিং এনজাইম রুবিস্কো। ✓	(iv) CO ₂ ফিকসিং এনজাইম PEP কার্বোক্সিলেজ। ✓
(i) প্রথম স্থায়ী দ্রব্য 3 PG (৩-কার্বন)। ✓	(v) প্রথম স্থায়ী দ্রব্য অক্সালো অ্যাসিটিক এসিড (৪-কার্বন)। ✓
(i) CO ₂ -এর জন্য কার্বোক্সিলেজ-এর দক্ষতা মধ্যম।	(vi) CO ₂ -এর জন্য কার্বোক্সিলেজ-এর দক্ষতা উচ্চ।
(i) ক্লোরোপ্লাস্টের ধরন একই রকম।	(vii) ব্যবহৃত ক্লোরোপ্লাস্টের ধরন দু'রকম (বাণ্ডলসীথ ক্লোরোপ্লাস্ট উন্নত গ্রানাম থাকে না)।
(i) এ চক্রের জন্য আদর্শ তাপমাত্রা ১০° সে. থেকে ২৫° সে.। [অধিক আলোর প্রখরতায় অচল- Ref: আজমল]	(viii) এ চক্রের জন্য আদর্শ তাপমাত্রা ৩০° সে. থেকে ৪৫° সে.। [অধিক আলোর প্রখরতায় সচল- Ref: আজমল]
(i) বায়ুমণ্ডলে প্রতি মিলিয়নে কমপক্ষে ৫০ পরিমাণ [৫০ – ১৫০- Ref: আজমল] CO ₂ থাকা প্রয়োজন।	(ix) বায়ুমণ্ডলে প্রতি মিলিয়নে নিম্নতম ০.১০ পরিমাণ [১০- Ref: আজমল] CO ₂ থাকলেও চলে।

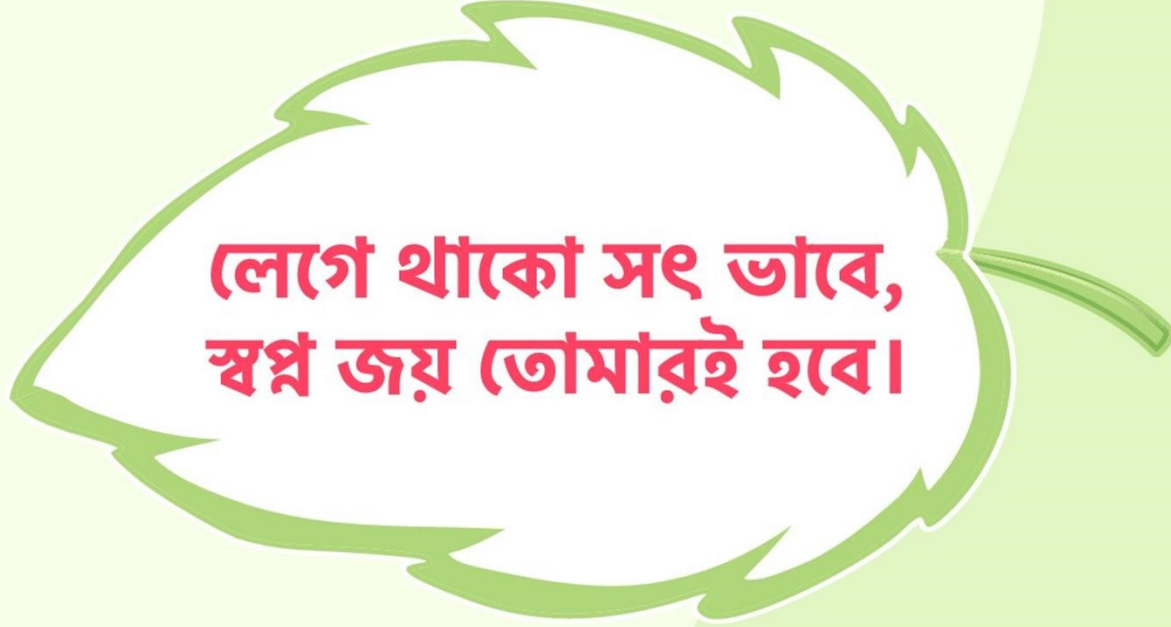
~~11-11-22-35°C~~
~~PT of = 20-45°C~~
~~C₃ = 10-25°C~~
~~C₄ = 30-35°C~~

~~A → B~~
~~B → S~~



C₂

* 11/11/22 = law of minimum
* blackman = law of limiting factor



লেগে থাকো সৎ ভাবে,
স্বপ্ন জয় তোমারই হবে।

