অধ্যায় - 13

উচ্চবৰ্গৰ উদ্ভিদৰ সালোকসংশ্লেষণ

(Photosynthesis in Higher Plants)

13.1 সালোকসংশ্লেষণৰ বিষয়ে আমি কি জানো?
13.2 সালোকসংশ্লেষণৰ ইতিহাস
13.3 সালোকসংষশ্লেষণ ক'ত সংগঠিত হয়?
13.4 সালোকসংশ্লেষণত কিমান ৰঞ্জক ব্যৱহাৰ হয়?
13.5 আলোক বিক্ৰিয়া কি?
13.6 ইলেক্ট্ৰনৰ প্ৰবাহ
13.7 **NADP** আৰু **ATP** বোৰ ক'ত খৰচ হয়?
13.8 C_4 চক্ৰ
13.9 আলোকশ্বসন
13.10 সালোকসশ্লেষণত প্ৰভাৱ বিস্তাৰ কৰিব পৰা কাৰকসমূহ

জীৱ শ্ৰেষ্ঠ মানুহকে ধৰি সকলো প্ৰাণীয়ে আহাৰৰ বাবে উদ্ভিদৰ ওপৰতেই নিৰ্ভৰশীল। তোমালোকে কেতিয়াবা ভাবিছানে যে উদ্ভিদে এই আহাৰ ক'ৰ পৰা পায়ে? বাস্তৱিকতে সেউজীয়া উদ্ভিদে পুষ্টিৰ বাবে আৱশ্যকীয় আহাৰ নিজেই প্ৰস্তুত কৰি ল'ব পাৰে। অন্যহাতে বাকী বহু জীৱই আহাৰৰ বাবে উদ্ভিদৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰিবলগা হয়। সেউজীয়া উদ্ভিদে সালোকসংশ্লেষণ (photosyntesis) পদ্ধতিৰে সূৰ্যৰ পোহৰ শক্তি হিচাপে ব্যৱহাৰ কৰি আহাৰ প্ৰস্তুত কৰে। দৰাচলতে সকলোবিলাক প্ৰাণীয়ে সূৰ্যৰ পোহৰ শক্তিৰ উৎস হিচাপে ব্যৱহাৰ কৰে। সালোকসংশ্লেষণত সেইজীয়া উদ্ভিদে সূৰ্যৰ পোহৰ শক্তিৰ উৎস হিচাপে ব্যৱহাৰ কৰাটো এই পৃথিৱীত জীৱনৰ আধাৰ বুলি ধৰিব পৰা যায়। সালোকসংশ্লেষণ দুটা কাৰণে অতিকে আৱশ্যকীয় ঃ এই পৃথিৱীত সকলোবিলাক আহাৰৰ ই হ'ল প্ৰাথমিক উৎস। সকলোবিলাক সেউজীয়া উদ্ভিদে অক্সিজেন গেছ বায়ুমণ্ডলত এৰি দিয়ে। *শ্বাস কাৰ্যত অক্সিজেন গেছ নহ'লে কি ঘটিলহেঁতেন এইটো তোমালোকে কেতিয়াবা ভাবিছানে?* এই অধ্যায়ত সালোকসংশ্লেষণৰ আহিলা, বিভিন্ন ক্ৰিয়া-কৌশল আৰু বিভিন্ন বিক্ৰিয়া আলোচনা কৰা হ'ব; য'ত সৌৰসক্তি ৰাসায়নিক শক্তিলৈ ৰূপান্তৰিত হয়।

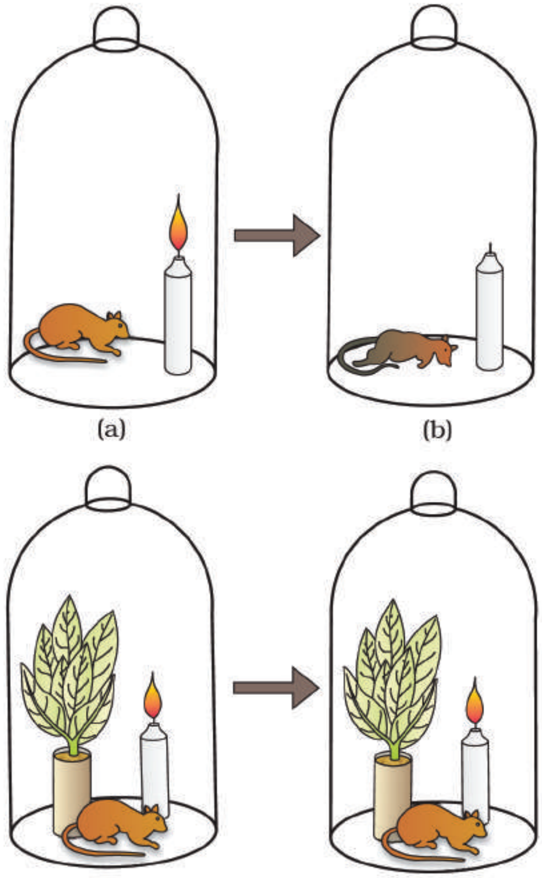
13.1 সালোকসংশ্লেষণৰ বিষয়ে আমি কি জানো?

সালোকসংশ্লেষণৰ বিষয়ে প্ৰকৃততে আমি কি জানো তাকে চোৱা যাওক। সালোকসংশ্লেষণত সূৰ্যৰ পোহৰ, হৰিৎকণা আৰু CO_2 আদিৰ যে আৱশ্যক হয় এইবিলাক তোমালোকে সহজ পৰীক্ষণৰ দ্বাৰা নিৰীক্ষণ কৰিছাঁহক।

সালোকসংশ্লেষণৰ সমাপ্তিত শ্বেতসাৰ প্ৰস্তুত হোৱাটো পৰীক্ষাৰ দ্বাৰা তোমালোকে নিৰীক্ষা কৰিব পাৰিবাহঁক। এখিলা পাতৰ কিছু অংশত পোহৰ সোমাব নোৱাৰাকৈ ক'লা কাগজেৰে মেৰিয়াই থ'ব লাগে আৰু পাতটোৰ বাকী অংশ গোটেই দিনটো ৰ'দ পৰা

ঠাইত ৰাখিব লাগে এতিয়া পাতশিলা ভালকৈ নিৰীক্ষণ কৰিলে দেখা যাব যে ক'লা কাগজৰে মেৰোৱা অংশত শ্বেতসাৰ প্ৰস্তুত হোৱা নাই কিন্তু ৰ'দ পৰা অংশত শ্বেতসাৰ প্ৰস্তুত হৈছে।

অৰ্দ্ধপাত পৰীক্ষাৰ দ্বাৰা তোমালোকে সালোক-সংশ্লেষণৰ অন্য এটা দিশ নিৰীক্ষণ কৰিব পাৰিবাহঁক। ইয়াৰ উদ্দেশ্যে এটা পৰীক্ষা নল (test tube) ত অলপ কপাহ কষ্টিক পটাছত (KOH) শুকাই লৈ এটা পাতৰ আধা অংশ ইয়াত ভৰাই থ'ব লাগে আৰু এই পাতৰে আধা অংশ বাহিৰত মুক্ত হৈ থকাৰ ব্যৱস্থা কৰি পোহৰ পৰাৰ ব্যৱস্থা কৰিবাহঁক। তিনি-চাৰি ঘণ্টাৰ পিছত পৰীক্ষা নলৰ পৰা পাতখিলা এৰুৱাই নিৰীক্ষণ কৰিলে দেখা পোৱা যে পৰীক্ষা নলৰ ভিতৰত থকা কষ্টিক পটাছে কাৰ্বন ডাই-অক্সাইড গেছ শোষণ কৰি পেলোৱাত পাতৰ সেই অংশত সালোকসংশ্লেষণ ঘটিব পৰা নাছিল। কিন্তু বাহিৰৰ অংশ পাতত সকলো অৱস্থা অনুকূল হোৱা বাবে সালোকসংশ্লেষণ ঘটি শ্বেতসাৰ প্ৰস্তুত হৈছিল। গতিকে এই পৰীক্ষাৰ পৰা এইটো বুজা গ'ল যে সালোকসংশ্লেষণৰ বাবে কাৰ্বণ-ডাই-অক্সাইড(CO_2) অপৰিহাৰ্য।



চিত্ৰ নং 13.1 প্ৰিষ্টলেৰ পৰীক্ষা

13.2 সালোকসংশ্লেষণৰ ইতিহাস

সৰু সৰু পৰীক্ষাৰ দ্বাৰাই সালোকসংশ্লেষণৰ সম্পূৰ্ণ কৌশলৰ বিষয়ে তোমালোকে জানিব পাৰিবাহঁক।

যোচেফ প্ৰিষ্টলে (Joseph Pristely, 1733-1804) 1770 চনত প্ৰথম পৰীক্ষণৰ দ্বাৰা উদ্ভিদে অক্সিজেন উৎপাদন ক্ষমতাৰ কথা প্ৰমাণ কৰে। প্ৰিষ্টলিয়ে এইটো নিৰীক্ষণ কৰিছিল যে জলন্ত মমবাতি এডাল যদি এটা বেলজাৰে ঢাকি দিয়া হয়, এই মমবাতিডাল নুমাই যাব (চিত্ৰ-1 ক, খ, গ, ঘ)। একেধৰণে এটা নিগনি যদি জ্বলি থকা মমবাতিসহ বেলজাৰে ঢাকি থোৱা হয় নিগনিটোৰ উশাহ বন্ধ হোৱাৰ উপক্ৰম হ'ব। এই পৰীক্ষাৰ দ্বাৰা তেওঁ এইটোকে প্ৰমাণ কৰিছে যে নিগনি আৰু জলন্ত মমবাতিক অক্সিজেনৰ প্ৰয়োজন হয়। কিন্তু যেতিয়া এজোপা পৰীক্ষাৰ গছ, এটা নিগনি আৰু জলন্ত মমবাতি বেলজাৰ ধাকি থোৱা হয়; তেতিয়া মমবাতিডাল জ্বলি থাকিব আৰু নিগনিটোৱেও ভালধৰণে উশাহ লৈ জীয়াই থাকিব।

এডাল মমবাতি আৰু এজোপা সৰু গছ লৈ প্ৰিষ্টালিয়ে কি ধৰণে এই পৰীক্ষা সামধান কৰিছিল ভাবি চাইছানে? মন কৰিবা যে তেওঁ কেইদিনমানৰ পিছত সেই মমবাতিডাল

কি ধৰণে পুনৰ জ্বলাব পাৰিব। তোমালোকে এতিয়া নিজে ভাবাহঁক কি কি ধৰণে এই প্ৰক্ৰিয়াটো কোনো বিঘিনি নোহোৱাকৈ মমবাটিডাল জ্বলাব পাৰিবাহঁক?

জ'ন ইনজেহাউজে (1730 – 1799) প্ৰিষ্টলিৰ নিচিনাকৈ একেধৰণে এই পৰীক্ষাটো এবাৰ আন্ধাৰত আৰু এবাৰ সূৰ্যৰ পোহৰত ৰাখি নিৰীক্ষণ কৰিছিল। এই প্ৰক্ৰিয়াৰ যোগেদি সূৰ্যৰ পোহৰ যে গছৰ বিভিন্ন ধৰণৰ প্ৰক্ৰিয়াৰ বাবে অত্যাৱশ্যকীয় এইটো প্ৰমাণ কৰিছিল। গছ-গছনিয়ে বায়ু পৰিস্কাৰ কৰে আৰু এই পৰিষ্কাৰ বায়ুত মমবাটি জ্বলে আৰু জীৱই উশাহ লয়। ইনজেনহাউজে আৰু এটা পৰীক্ষাৰ দ্বাৰা এইটো নিৰীক্ষণ কৰিছিল যে জলজ উদ্ভিদে ভালধৰণে পৰা সূৰ্যৰ পোহৰত বায়ুৰ বুৰবুৰণি উলিয়াই দিয়ে। কিন্তু আন্ধাৰত এই বুৰবুৰণি দেখা নাযায়। কিছুদিনৰ পিছত তেওঁ এইটো অনুধাৱন কৰিলে যে সেই বুৰবুৰণিখিনি হ'ল অক্সিজেন গেছ। ইয়াৰ দ্বাৰা তেওঁ এইটো প্ৰমাণ কৰিলে যে কেৱল গছৰ সেউজীয়া অংশইহে অক্সিজেন নিৰ্গত কৰে।

সম্ভৱতঃ 1854 চনত জুলিয়াচ/ভন চেকে উদ্ভিদৰ বৃদ্ধিৰ সময়ত গ্লুক'জ উৎপন্ন হোৱাটো নিশ্চিত কৰে। গ্লুক'জ সাধাৰণতে শ্বেতসাৰ জাতীয় খাদ্যত সঞ্চয় হৈ থাকে। ইয়াৰ কিছুদিনৰ পিছত তেওঁ এইটো প্ৰমাণ কৰিলে যে পত্ৰহৰিৎকণা বিলাক (Chlorophyll) গছৰ পাতত থকা হৰিৎকণা বা chloroplast ত থাকে। তেওঁ এইটো নিৰিক্ষণ কৰিছিল যে গছৰ সেউজীয়া অংশত গ্লুক'জ প্ৰস্তুত হয় আৰু এইবিলাক শ্বেতসাৰ হিচাপে সঞ্চিত হৈ থাকে।

টি, ডব্লিউ এঙ্গোলমেনে (T. W. Englemann, 1843–1909) সালোকসংশ্লেষণ প্ৰক্ৰিয়াৰ বহু মনোগ্ৰাহী পৰীক্ষা কৰিছিল। তেওঁ সেউজীয়া শেলাই ক্লেডফৰাক বায়ুগ্ৰাহী বেক্টেৰিয়াৰ এটা দ্ৰৱত থৈ এটুকুৰা প্ৰিজমৰ সহায়ত পোহৰৰ বিভাজিত ৰশ্মি আলোকিত কৰিছিল। সালোকসংশ্লেষণত অক্সিজেন নিৰ্গত হোৱা দিশটো নিৰ্ণয় কৰিব বাবে বেক্টেৰিয়া ব্যৱহাৰ কৰিছিল। নীলা আৰু ৰঙা বৰ্ণালীতে বেক্টেৰিয়া খিনি গোট খোৱা দেখিবলৈ পাইছিল। এইধৰণেই সালোকসংশ্লেষণত ব্যৱহাৰ হোৱা দৃশ্যমান প্ৰণালীসমূহৰ কাৰ্যকৰী প্ৰণালী নিৰূপণ কৰিছিল।

ঊনিশ শতিকাৰ মধ্যভাগত সালোকসংশ্লেষণ প্ৰক্ৰিয়াত ব্যৱহৃত মূল উপাদানসমূহ আৰু ইয়াৰ কৌশল প্ৰণালী উদ্ভাবন হয়। হৰিৎকণাই আহৰণ কৰি দিয়া সূৰ্যৰ পোহৰ শক্তিৰ সহায়ত CO_2 আৰু H_2O সংশ্লেষণ হৈ সৰল কাৰ্বহাইড্ৰেট অৰ্থাৎ গ্লুক'জ প্ৰস্তুত হয়। অক্সিজেন প্ৰস্তুত কৰা উদ্ভিদবিলাকৰ বাবে সালোকসংশ্লেষণৰ সমীকৰণটো মুঠতে তলত দিয়া ধৰণে উল্লেখ কৰিব পাৰি; য'ত (CH_2O) 6 টা C অণুযুক্ত এটা কাৰ্বহাইড্ৰেটৰ যেনে গ্লুক'জ।

$$Co_2 + H_2O \xrightarrow[\text{(পত্ৰহৰিৎ সংগ্ৰহ কৰা)}]{\text{673 k.cal সৌৰশক্তি}} CH_2O + O_2$$

বিশিষ্ট অনুজীৱবিদ চি, বি, ভাননিয়েলে (C.B. Van Neil) সৰ্বপ্ৰথমে বেক্‌টেৰিয়াৰ সালোকসংশ্লেষণৰ বিষয়ে ব্যাখ্যা কৰে। বেক্‌টেৰিয়াৰ দেহত হৰিৎকণা নাথাকে। কিন্তু কিছুমান বেক্‌টেৰিয়াৰ দেহত হৰিৎকণাৰ সমপৰ্যায়ৰ ৰঞ্জক পদাৰ্থ থাকে। এইবিলাকক বেকটেৰিঅ' হৰিৎকণা (Bacteriochlorophyll) বোলে। সেউজীয়া ছালফাৰ বেক্‌টেৰিয়া, বেঙুনীয়া ছালফাৰ বেক্‌টেৰিয়া, আদিয়ে পানীৰ (H_2O) পৰিবৰ্তে হাইড্ৰে'জেন ছালফাইড (H_2S) গ্ৰহণ কৰি হাইড্ৰ'জেন মুক্ত কৰি CO_2 বিনস্ত কৰে। এই সমীকৰণটো নিম্নলিখিতধৰণে দেখুওৱা হ'ল—

$$2H_2A + Co_2 \xrightarrow{\text{পোহৰ}} 2A + CH_2O + H_2O$$

সেউজীয়া উদ্ভিদৰ সালোকসংশ্লেষণত H_2O হ'ল হাইড্ৰ'জেনৰ দাতা (donor) আৰু ই অক্সিজেনলৈ (O_2) জাৰিত হয়। কিন্তু অনুজীৱবিলাকৰ দেহত সংঘটিত হোৱা (বিশেষকৈ বেক্‌টেৰিয়া) সালোকসংশ্লেষণত O_2 নিৰ্গত নহয়। সেউজীয়া ছালফাৰ বেক্‌টেৰিয়া, বেঙুনীয়া ছালফাৰ বেক্‌টেৰিয়া আদিত H_2S হ'ল হাইড্ৰ'জেনৰ দাতা (donor) আৰু ই ছালফাৰলৈ (S) চালিত হয়। এই দৰে তেওঁ প্ৰমাণ কৰিলে যে সেউজীয়া উদ্ভিদে নিৰ্গত কৰা অক্সিজেন (O_2) পানীৰ (H_2O) ৰ পৰা নিৰ্গত হোৱা, CO_2 ৰ পৰা নহয়। এই প্ৰক্ৰিয়াটো ইয়াৰ পিছতে তেজস্ক্ৰিয় (radioisotop) মৌল ব্যৱহাৰ কৰি প্ৰমাণ কৰিছিল। সম্পূৰ্ণ সালোকসংশ্লেষণ প্ৰক্ৰিয়াটো নিম্ন লিখিত শুদ্ধ সমীকৰণৰ দ্বাৰা প্ৰকাশ কৰা হৈছে।

$$6\,Co_2 + 12H_2O \xrightarrow[\text{পত্ৰহৰিৎকণা}]{\text{পোহৰ}} \underset{\text{গ্লুকজ}}{C_6H_{12}O_6} + 6H_2O + 6O_2\uparrow$$

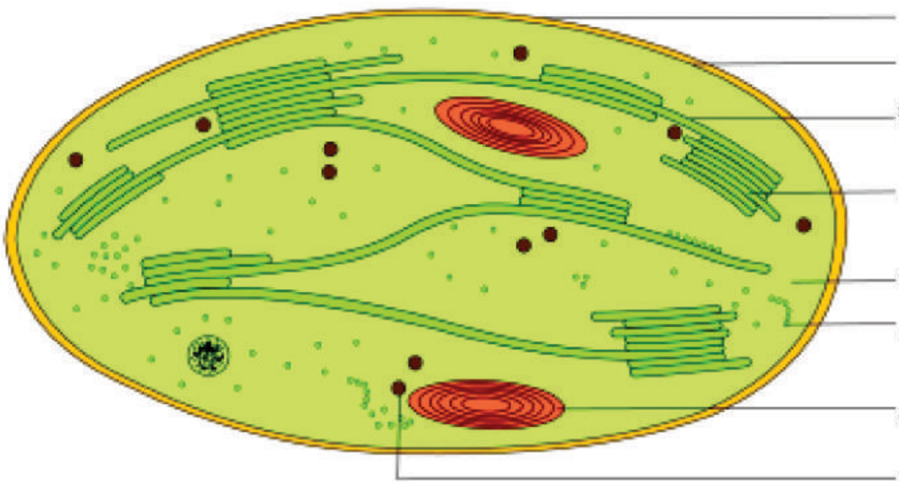
এই সমীকৰণৰ $C_6H_{12}O_6$ হ'ল গ্লুক'জ আৰু এই প্ৰক্ৰিয়াত পানীৰ (H_2O)ৰ পৰা নিৰ্গত হোৱা অক্সিজেন (O_2) তেজস্ক্ৰিয় মৌল ব্যৱহাৰ কৰি প্ৰমাণ কৰা হৈছে। এইটো কথা মনত ৰাখিব লাগিব যে সালোকসংশ্লেষণ প্ৰক্ৰিয়া এটা মাথোঁ বিক্ৰিয়া নহয়, বহুতো ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াৰ সংমিশ্ৰণ। এতিয়া ওপৰোক্ত সমীকৰণত কিয় পানীৰ 12 টা অণু কাৰ্যদ্ৰব্য (substrate) হিচাপে ব্যৱহাৰ হয় ব্যাখ্যা কৰা।

13.3 সালোকসংযশ্লেষণ ক'ত সংগঠিত হয়?

অষ্টম (Chapter-8) অধ্যায় অধ্যয়ন কৰি তোমালোকে নিশ্চয় গম পাইছা যে এই প্ৰক্ৰিয়া হৰিৎকণা বা ক্লৰ'প্লাষ্টত (Chloroplast) ত সংগঠিত হয়। সালোকসংশ্লেষণ সাধাৰণতে সেউজীয়া উদ্ভিদৰ পাত আৰু গছৰ বিভিন্ন সেউজীয়া অংশত হয়। তোমালোকে গছৰ পাত বাদ দি অন্য অংশবিলাকৰ নাম ক'ব পাৰিবানে?

তোমালোকে আগৰ অধ্যায়টোত অধ্যয়ন কৰি এইটো পাইছা যে পাতৰ মধ্যকলাৰ (mesophyll) কোষসমূহতে হৰিৎকণাসমূহ থাকে। হৰিৎকণাসমূহ মধ্যকণাৰ বেৰসমূহত এনেধৰণে লাগি থাকে যে ইহঁত সূৰ্যৰ দৃশ্যমান বৰ্ণালী (visible light) শোষণ কৰিব পাৰে।

তোমালোকে কেতিয়া ভাবিব পাৰা ক্লৰ'প্লাষ্টবিলাক কোষৰ সমান্তৰালভাৱে লাগি থাকে? সিহঁতে কেতিয়া সূৰ্যৰ পোহৰৰ সমান্তৰালভাৱে হৈ থাকে? তোমালোকে অষ্টম অধ্যায়ত (Chapter 8) হৰিৎকণাৰ পৰা ক্ল'ৰ'প্লাষ্টৰ গঠন প্ৰণালী সম্বন্ধে অধ্যয়ন কৰিছাহঁক। হৰিৎকণাৰ ভিতৰত একধৰণৰ দানাকাৰ বস্তু আৰু একধৰণৰ জলীয় আধাৰ দ্ৰৱ পোৱা যায়। দানা আকৃতিৰ বস্তুবোৰক **গ্ৰানা (Grana)** আৰু আধাৰ দ্ৰৱসমূহক **ষ্ট্ৰ'মা (Stroma)** বোলা হয়। হৰিৎকণাৰ ভিতৰত কামৰ সম্পূৰ্ণ বিভাজন দেখা যায়। (চিত্ৰ নং 2) হৰিৎকণাৰ ভিতৰত শ্ৰমৰ বিভাজন স্পষ্টকৈ দেখা যায়। হৰিৎকণাৰ ফলযুক্ত স্তৰসমূহ সৌৰশক্তি আহৰণ কৰি ATP আৰু NADPH প্ৰস্তুত কৰে। বিভিন্নধৰণৰ উৎসেচকৰ উপস্থিতিত CO_2 এষ্টমা অংশত ৰাসায়নিকবিক্ৰিয়া ঘটাই চেনিজাতীয় দ্ৰব্য প্ৰস্তুত কৰে যিবোৰ পাছলৈ শ্বেতসাৰলৈ পৰিৱৰ্তন হয়। গ্ৰানাত হোৱা সালোকসংশ্লেষণ প্ৰণালীক সালোকসংশ্লেষণৰ আলোক বিক্ৰিয়া (Light Reaction)বোলে। পিছত সমীকৰণবোৰ পোহৰ সংগ্ৰহ নকৰে আৰু পোহৰ বিক্ৰিয়াত উৎপাদিত পদাৰ্থসমূহ (ATP আৰু NADPH)ৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীল। সেই কাৰণে পিছৰ সমীকৰণটোক পৃথককৈ



চিত্ৰ নং 13.2 হৰিৎকণাৰ আভ্যন্তৰীণ গঠন

তিমিৰ বিক্ৰিয়া (Dark reaction) বোলে। তথাপি এইটো মানে ইয়াকে বুজায় যে ই আন্ধাৰ বা পোহৰ অবিহনে হয় নাইবা ই পোহৰৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীল নহয়।

13.4 সালোকসংশ্লেষণত কিমান ৰঞ্জক ব্যৱহাৰ হয়?

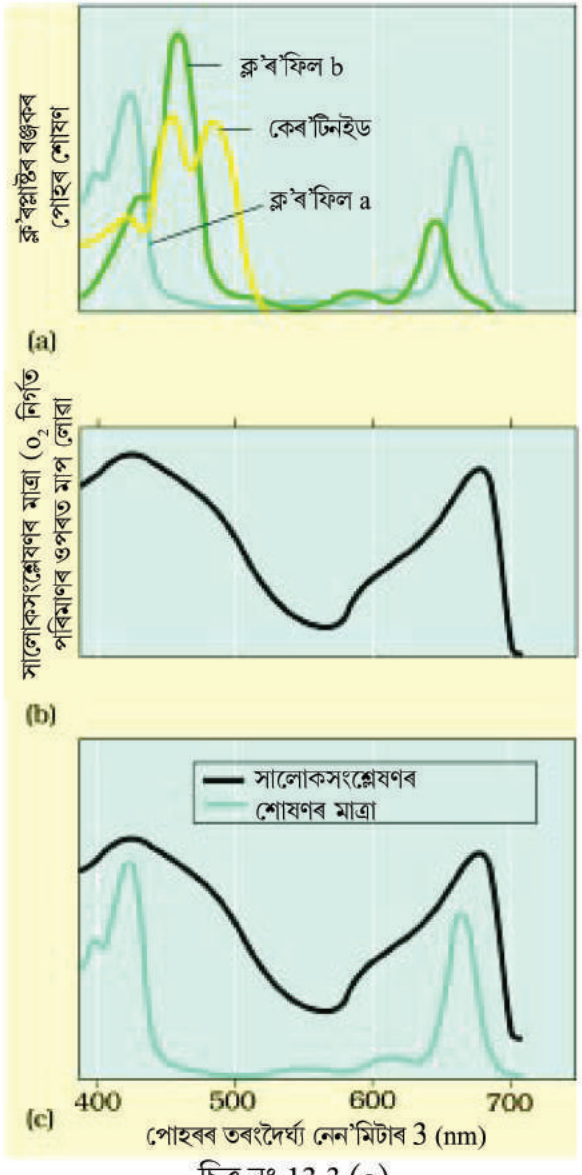
সেউজীয়া উদ্ভিদবিলাকক ভালধৰণে নিৰীক্ষণ কৰি কেতিয়াবা তোমালোক আচৰিত হৈছানে? কিয় আৰু কেনেকৈ একেজোপা গছৰ পাতবোৰৰ সেউজীয়া ৰঙৰ গাঢ়তা ভিন ভিন দেখা যায়? ইয়াৰ উত্তৰ পাবলৈ হ'লে আমি কাগজ ক্ৰ'মেট'গ্ৰাফী (paper cromatography) ব্যৱহাৰ কৰি পত্ৰৰঞ্জক পদাৰ্থখিনি পৃথক কৰিব লাগিব। সেউজীয়া উদ্ভিদৰ পাতৰ ৰঞ্জক পদাৰ্থ খিনি কাগজ ক্ৰ'মেট'গ্ৰাফীৰ যোগেদি পৃথক কৰিলে দেখা

যায় যে ই হ'ল চাৰিটা পৃথক পৃথক ৰঞ্জকৰ সংমিশ্ৰণ, ই অকলশৰীয়াকৈ এটা ৰঞ্জক নহয়। এই চাৰিটা ৰঞ্জক হ'ল— পত্ৰহৰিৎ-a (chlorophyll-a নীলা), পত্ৰহৰিৎ-b (chloropyll-b) হালধীয়া বৰণৰ সেউজীয়া) জেন্থফিল (Xnathophyll-s) (হালধীয়া ৰঙৰ দ্ৰৱক), কেৰ'টিন (কমলা ৰঙৰ ৰঞ্জক)। এতিয়া আমি চাব লাগিব যে সালোকসংশ্লেষণত এই ৰঞ্জকসমূহৰ ভূমিকা কি? এই ৰঞ্জক পদাৰ্থসমূহে নিশ্চিত তৰংগ দৈৰ্ঘ্যৰ সূৰ্যৰ ৰশ্মি শোষণ কৰিব পাৰে। তোমালোকে অনুমান কৰিব পৰিবানে যে গছৰ কোনবিধ ৰঞ্জক পৃথিৱীত আটাইতকৈ বেছি? চিত্ৰ নং 13.3(a) (a) গ্ৰাফখন অধ্যয়ন কৰিলে আমি দেখিবলৈ পাওঁ যে ক্ল'ৰ'ফিল-a ৰঞ্জকে সূৰ্যৰ ৰশ্মি বিভিন্ন তৰংগ দৈৰ্ঘ্যত শোষণ কৰে। আমি ৰামধেনুৰ ৰং (VIBGYOR) আৰু দৃশ্যমান বৰ্ণালী (visible light)ৰ বিভিন্নধৰণৰ তৰংগ দৈৰ্ঘ্যৰ বাবে অৱগত।

চিত্ৰ নং 13.3(a)-ক নিৰীক্ষণ কৰি কোনটো তৰংগৰ দৈৰ্ঘ্যত ক্ল'ৰ'ফিল-a ৰ শোষণ ক্ষমতা বেছি তাক নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি নে? ইয়াৰ উপৰি এই চিত্ৰত অন্য তৰংগৰ উচ্চস্তৰৰ দৈৰ্ঘ্যৰ শোষণ দেখা পাইছা নেকি? যদি পাইছা সেইটো কোনটো?

এতিয়া চিত্ৰ নং 13.3(b) লৈ মন কৰা। ইয়াত সেউজীয়া উদ্ভিদৰ আটাইতকৈ বেছি সালোকসংশ্লেষণ হোৱা অংশটো দেখুওৱা হৈছে। ক্ল'ৰ'ফিল-a ৰঞ্জকে নীলা (blue) আৰু ৰঙা (red) ৰঙৰ বৰ্ণালী আটাইতকৈ বেছি শোষণ কৰে, গতিকে এই দুই ৰঙৰ বৰ্ণালী অধিক কাৰ্যকৰী হোৱা বাবে এই দুই বৰ্ণালীত সালোকসংশ্লেষণৰ মাত্ৰা অধিক হয়। ইয়াৰ পৰা আমি ক'ব পাৰো যে ক্ল'ৰ'ফিল-a ৰঞ্জকবিধ হ'ল প্ৰধান সালোকসংশ্লেষণকাৰী ৰঞ্জক। কিন্তু চিত্ৰ নং 13.3(c) নিৰীক্ষণ কৰিলে তোমালোকে ক'ব পাৰিবানে যে সালোকসংশ্লেষণত ব্যৱহৃত দৃশ্যমান বৰ্ণালীসমূহৰ ভিতৰত এটা এটাকৈ ক্ল'ৰ'ফিল a আৰু তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ বৰ্ণালীসমূহ ওপৰাওপৰি হৈ আছে নেকি?

ওপৰোক্ত চিত্ৰত দেখুউৱা ৰৈখিক চিত্ৰ সমূহ নিৰীক্ষণ কৰিলে দেখা যায় যে সালোকসংশ্লেষণৰ মাত্ৰা নীলা আৰু ৰঙা বৰ্ণালীত আটাইতকৈ অধিক হয়। অন্য তৰংগ দৈৰ্ঘ্যৰ বৰ্ণালীতো

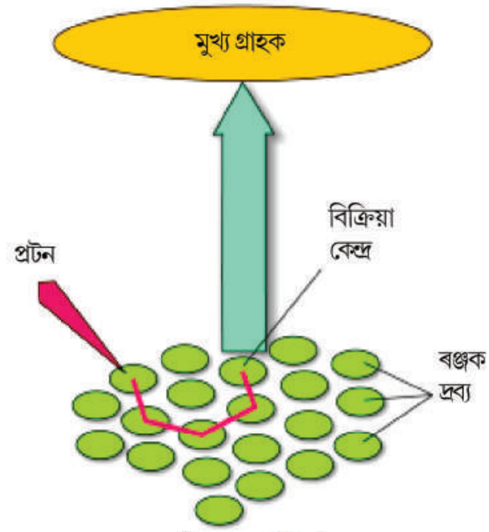


চিত্ৰ নং 13.3 (a)

চিত্ৰ নং 13.3 (a) হৰিৎকণা a, b, আৰু কেৰোটিনিয়ডৰ শোষণৰ ৰৈখিক চিত্ৰ।
চিত্ৰ নং 13.3 (b) সালোকসংশ্লেষণৰ ক্ৰিয়া বৰ্ণালী।
চিত্ৰ নং 13.3 (c) সালোকসংশ্লেষণৰ ক্ৰিয়া বৰ্ণালী আৰু হৰিৎকণা a ৰ শোষণ বৰ্ণালী একেটা ৰৈখিক চিত্ৰত প্ৰদৰ্শন।

কম-বেছি পৰিমাণে সালোকসংশ্লেষণ সংগঠিত হয়। যদিও ক্ল'ৰ'ফিল a সৌৰশক্তি ধৰি ৰখা প্ৰধান ৰঞ্জক অন্যান্য ৰঞ্জকসমূহ যেনে জেন্থফিল, ক্ল'ৰ'ফিল b আৰু কেৰাটিনইডৰ নিচিনা সহায়কাৰী ৰঞ্জকসমূহো শক্তি ক্ল'ৰ'ফিল a লৈ পৰিবহন কৰে। সিহঁতে কেৱল সালোকসংশ্লেষণত বেছি তৰঙ্গ দৈৰ্ঘ্যৰ পোহৰৰ ব্যৱহাৰ কৰিবলৈ দিয়াই নহয় এই ৰঞ্জকসমূহে ক্ল'ৰ'ফিল-a ৰঞ্জকক সালোক সাৰণৰ (photo-oxidation) পৰাও ৰক্ষা কৰে।

13.5 আলোক বিক্ৰিয়া কি ?



চিত্ৰ নং **13.4**

চিত্ৰ নং **13.4** সূৰ্য্যৰ কিৰণ সঞ্চয়কাৰী মিশ্ৰ।

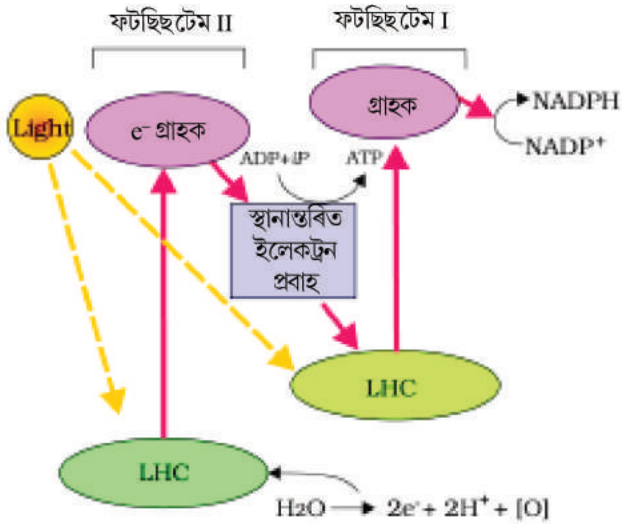
আলোক বিক্ৰিয়া বা আলোক ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াত হৰিৎকণাৰ পৰা ইলেক্ট্ৰনৰ বিচ্যুতি, বিচ্যুত ইলেক্ট্ৰনৰ প্ৰবাহ, পানীৰ আলোক বিশ্লেষণ, সৌৰশক্তিক ৰাসায়নিক শক্তিলৈ ৰূপান্তৰ বা ফট'ফছফ'ৰিলেছন, হাইড্ৰ'জেনৰ স্থানান্তৰ, ATP, NADPHৰ প্ৰস্তুতি আদিৰ ভূমিকা অত্যন্ত গুৰুত্বপূৰ্ণ। আলোক ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াৰ প্ৰথম অধ্যায়ৰ সৌৰশক্তি শোষণৰ দুটা পৃথক ৰঞ্জক তন্ত্ৰত (Pigment system) ভাগ কৰা হৈছে যেনে— **ফট'ছিছটেম-I (PS-I)** আৰু **ফট'ছিছটেম-II (PS-II)**। ইহঁতক আৱিষ্কাৰৰ ক্ৰম অনুযায়ী নামাকৰণ কৰা হৈছে। কিন্তু পোহৰবিক্ৰিয়াত কাৰ্যকৰী ক্ৰম অনুযায়ী নহয়। **আলোক সঞ্চয়কাৰী মিশ্ৰ** (Light Harvesting Complexes, LHC)সমূহ বহু শতাধিক প্ৰ'টিন ৰঞ্জকৰে তৈয়াৰ হয়। এটা ক্ল'ৰ'ফিল-a অণুৰ বাহিৰে প্ৰত্যেকটো ফট'ছিছটেমত সকলোবিলাক ৰঞ্জক থাকে। ইহঁতে আলোক সঞ্চয়কাৰী মিশ্ৰ প্ৰস্তুত কৰে আৰু ইয়াক **এন্‌টিনা** (antennae) বুলিও কোৱা হয়। (চিত্ৰ নং 13.4)

বিভিন্ন তৰংগ দৈৰ্ঘ্যৰ বৰ্ণালীসমূহ ৰঞ্জকসমূহ শোষণ কৰি সালোকসংশ্লেষণ প্ৰক্ৰিয়াটো বহু পৰিমাণে সক্ৰিয় কৰি তোলে। অকল ক্ল'ৰ'ফিল-a অণুৱেই **বিক্ৰিয়া কেন্দ্ৰ** (reaction centre) তৈয়াৰ কৰি লয়। এই বিক্ৰিয়া কেন্দ্ৰ দুয়োটা ফট'ছিছটেমতে বেলেগ বেলেগ হয়। দীৰ্ঘ তৰংগ দৈৰ্ঘ্যৰ লগত জড়িত ফট্'ছিছটেম-I (PS-I)ৰ ক্ল'ৰ'ফিল-a ৰ বিক্ৰিয়া কেন্দ্ৰৰ শোষণ শৃংগ হয় P700 nm আৰু সেইবাবে ইয়াক **P700** বুলি কোৱা হয়। অন্যহাতে **ফট'ছিছটেম**-II (PS-II)ৰ লগত জড়িত বিক্ৰিয়া কেন্দ্ৰৰ শোষণ শৃংগ হয় 680 nm আৰু সেইবাবে ইয়াক **P680** বুলি কোৱা হয়।

13.6 ইলেক্ট্ৰনৰ প্ৰবাহ (The Electron Transport)

ফট'ছিছটেম-IIৰ বিক্ৰিয়া কেন্দ্ৰ 680ত ক্ল'ৰ'ফিল-a অণুৱে ৰঙা ৰঙৰ বৰ্ণালীৰ প্ৰভাৱত উত্তেজিত হৈ ইলেক্ট্ৰন (e^-) ত্যাগ কৰে। এই ইলেক্ট্ৰন 'Q' নামৰ অজান যৌগই গ্ৰহণ

কৰি অন্য এক স্তৰলৈ ইলেক্ট্রন শৃংখলত স্থানান্তৰিত কৰে আৰু ই ইলেক্ট্রন প্রবাহিত শৃংখল যিবিলাক চিত্র নং 13.5ত দেখুওৱা ধৰণে বিভিন্নধৰণৰ চাইটচক্রমেৰে গঠিত ইলেকট্রন প্রবাহ তন্ত্রৰ মাজেদি প্রবাহিত হয়। এই ইলেক্ট্রনসমূহ জাৰণ-বিজাৰণ প্রক্রিয়াৰ দ্বাৰা নিম্নগামীভাৱে প্রবাহিত হয়। এই ইলেক্ট্রনসমূহ ইয়াতেই শেষ হৈ নাযায়, মাত্র ইলেক্ট্রন শৃংখলৰ মাজেদি প্রবাহিত হৈ ফট'ছিছটেম-I ত প্রৱেশ কৰে। ঠিক একে সময়তে ফটছিছটেম-1 বিক্রিয়া কেন্দ্রৰ e^- বিলাকো ৰ'ঙা ৰঙৰ P700 তৰঙ্গ দৈৰ্ঘ্যৰ পোহৰ শোষণ কৰি উত্তেজিত হৈ উচ্চস্তৰীয় বিভৱযুক্ত (redox) স্তৰলৈ স্থানান্তৰিত হয়। ইয়াৰ পাছত e^- বিলাক $NADPH^+$ নামৰ উচ্চ শক্তিসম্পন্ন কণিকালৈ গতি কৰে। তাৰোপৰি এই e^- বিলাকে $NADP^+$ ক বিজাৰিত কৰি $NADPH + H^+$ লৈ স্থানান্তৰ হয়। এই গোটেই PS-II ৰ ইলেকট্রন প্রবাহ তন্ত্রটো উচ্চ স্থৰলৈ গতি কৰি সংগ্ৰাহকলৈ (acceptor) নিম্নস্তৰত গতি কৰি PS-I লৈ, e^- বিলাকক উত্তেজক, অন্যটো সংগ্ৰাহকলৈ গমন, আৰু শেষত নিম্নস্তৰলৈ গতি কৰি (NADH লৈ) $NADPH + H^+$ বিজাৰিত হোৱাটো 13.5 নং চিত্ৰত দেখুওৱাৰ দৰে ইংৰাজী আখৰ 'Z' দৰে প্রবাহিত হৈ ইলেক্ট্রন শৃংখলত সংযুক্ত কৰে। এই অৱয়বটো জাজাৰণ বিভৱৰ (redox potential) ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰিয়েই তৈয়াৰ হৈছে।



চিত্র নং **13.5** পোহৰ বিক্রিয়াৰ Z পদ্ধতি

13.6.1 পানীৰ বিয়োজন (Splitting of water)

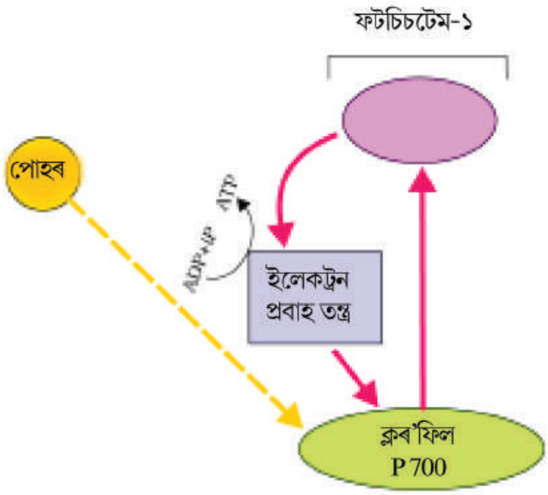
তোমালোকে এতিয়া প্রশ্ন কৰিব পাৰা যে PS-II এ একেৰাহে কেনেধৰণে ইলেক্ট্ৰ'নৰ যোগান ধৰে? ফ'ট'চিছটেম-II (PS-II) ৰ পৰা আতৰি যোৱা ইলেক্ট্ৰ'নৰ ঠাই খিনি নিশ্চয়কৈ পুৰাব লাগি ।এইটো সম্ভৱ হ'ব পানীৰ বিয়োজনৰ ফলত উদ্ভৱ হোৱা ইলেক্ট্ৰ'নৰ দ্বাৰাহে। পানীৰ অনু বিয়োজন বা আলোকবিশ্লেষণ, PS-II ৰ সৈতে জৰিত। পানীৰ অনু বিয়োজন হৈ H^+, [O] আৰু ইলেক্ট্ৰ'নৰ সৃষ্টি হয়। এইটোৰ পৰা সালোকসংশ্লেষণৰ অন্যতম উৎপাদক অক্সিজেনৰ সৃষ্টি হয়। ফ'ট'চিছটেম-I (PS-I) ৰ পৰা আতৰি যোৱা ইলেক্ট্ৰ'নৰ ঘাটি পূৰাবলৈ প্রয়োজন হোৱা ইলেক্ট্ৰ'নৰ যোগান ধৰে ফ'ট'চিছটেম II এ।

$$2H_2O \longrightarrow 4H^+ + O_2 + 4e^-$$

আমি এই কথাটোত গুৰুত্ব দিব লাগিব যে পানীৰ বিশ্লেষণ (Splitting of water) প্ৰক্ৰিয়াটো PS-II ৰ সৈতে জৰিত যিটো আকৌ থাইলাকয়ড আৱৰণৰ ভিতৰফালে অৱস্থিত। এতিয়া প্ৰশ্নটো হল, ইতিমধ্যে উৎপাদিত প্ৰট'ন আৰু O_2 ক'ত নিৰ্গত হ'ব? লিউমেন (Lumen) ৰ ভিতৰত নে আৱৰণ বাহিৰ ফালে?

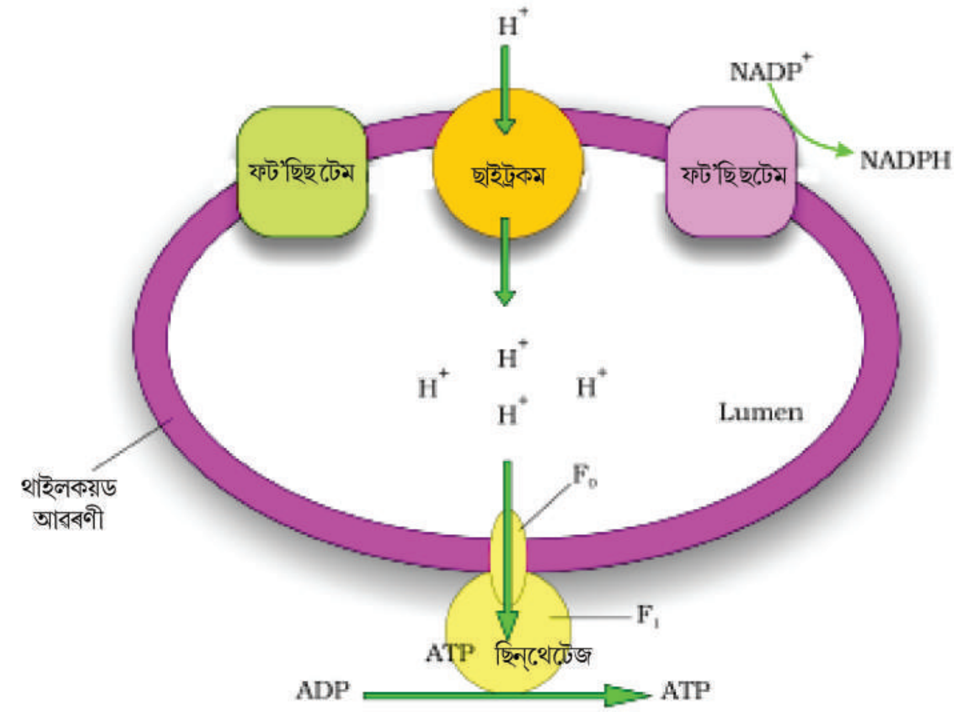
13.6.2 আৱৰ্তক আৰু অনাৱৰ্তক ফট'ফছফ'ৰিলেছন (Cyclic and Non-cyclic Phosphorylation)

সকলোবিলাক জীৱিত প্ৰাণীয়েই জাৰিত হোৱা বস্তুৰ পৰা শক্তি আহৰণ কৰে আৰু এইখিনি শক্তিবন্ধন (bond energy) হিচাপে সঞ্চয় কৰে। ATPৰ নিচিনা মুখ্য পদাৰ্থসমূহত সৌৰশক্তিয়ে ৰাসায়নিক শক্তি হিচাপে স্থিতি লয়। কোষৰ মাইট'কণ্ড্ৰিয়া আৰু হৰিৎকণাত যি প্ৰক্ৰিয়াৰ দ্বাৰা ATP প্ৰস্তুত হয় তাকে ফছফ'ৰিলেছন বোলা হয়। পোহৰৰ উপস্থিতিত সৌৰ শক্তিৰ সহায়ত ATP আৰু অজৈৱ ফছফেট লগ হৈ ADPৰ পৰা ATP গঠন হোৱা প্ৰক্ৰিয়াকে ফট'ফছফ'ৰিলেছন বোলা হয়। যেতিয়া দুয়োটা ফট'ছিছটেমে একেলগে এটা শৃংখলত কাম কৰি থাকে য'ত ফট'ছিছটেম-II প্ৰথমত আৰু ফট'ছিছটেম-I দ্বিতীয়তে থাকে তেতিয়া এই প্ৰক্ৰিয়াটোক আৱৰ্তক (Non cyclic) ফট'ফছফ'ৰিলেছন বুলি কোৱা হয়। দুয়োটা ফট'ছিছটেম ইলেক্ট্ৰন স্থানান্তৰ শৃংখলত সংযুক্ত হৈ আগত উল্লেখ কৰা নিচিনাকৈ 'Z'ৰ নিচিনা আকৃতি গঠন কৰে। চিত্ৰ নং 13.5 ত দেখুওৱা ধৰণে ATP আৰু NADPH + H   এই ইলেক্ট্ৰন প্ৰবাহত উৎপন্ন হয়।



চিত্ৰ নং **13.6**

যেতিয়া ফট'ছিছটেম-I (PS I) কাৰ্যক্ষম হৈ থাকে তেতিয়া ক্ল'ৰফিল অণুৰ পৰা নিৰ্গত উচ্চ শক্তিসম্পন্ন ইলেক্ট্ৰন বিভিন্ন ইলেক্ট্ৰন বাহকৰ মাধ্যমত চক্ৰাকাৰে প্ৰবাহিত হৈ পুনৰ সেই ক্ল'ৰ'ফিল কণাত প্ৰৱেশ কৰে বাবে ইয়াক আৱতৰ্ক ফট'ফছফ'ৰিলেছন (Cyclic photo-phosphorylation) বোলে (চিত্ৰ নং 13.6)। এই প্ৰক্ৰিয়াটো ক্ল'ৰ'প্লাষ্টৰ ষ্ট্ৰ'মা আৱৰণত অংশতে হয়। গ্ৰানাৰ আন্তঃ আৱৰণ আৰু লামেপিত ফট'ছিছটেম-I (PS I) আৰু ফট'ছিছটেম-II (PS II) দুয়োবিধেই থাকে; কিন্তু ষ্ট্ৰ'মা আৱৰণত ফট'ছিছটেম-II (PS II) আৰু NADP ৰিডাক্টেজ উৎসেচক নাথাকে। চিত্ৰ নং 13.6 ত দেখুওৱাধৰণে উত্তেজিত ইলেক্ট্ৰনটো $NADP^+$ লৈ স্থানান্তৰিত নহয় কিন্তু ইলেক্ট্ৰনটো ইলেক্ট্ৰন বাহকৰ মাজেদি প্ৰবাহিত হৈ PS I লৈ চক্ৰাকাৰে উভতি আহে। এই ইলেক্ট্ৰনৰ চক্ৰাকাৰ পৰিভ্ৰমণৰ কালছোৱাত ATP অণু সংশ্লেষিত হয়; কিন্তু NADPH + H   সংশ্লেষিত নহয়। উত্তেজিত ক্ষমতা 680 nm তৰংগ দৈৰ্ঘ্যৰ পোহৰতকৈ বেছি হ'লেই আৱৰ্তক ফ'ট'ফছফ'ৰিলেছনৰ সংশ্লেষণ হয়।



চিত্ৰ নং **13.7** ৰসায়নসংশ্লেষীৰ দ্বাৰা ATP ৰ সংশ্লেষণ।

13.6.3 ৰসায়নসংশ্লেষী উপকল্পনা (Chemiosmotic Hypothesis)

ক্ল'ৰ'প্লাষ্টত কি ধৰণে ATP প্ৰস্তুত হয় এইটোৰ আমি সকলোৱে বুজিবলৈ চেষ্টা কৰাটো প্ৰয়োজন। ইয়াৰ ক্ৰিয়া-কৌশলৰ বিষয়ে ৰাসায়ণসংশ্লেষী উপ-কল্পনাৰ যোগেদি ব্যাখ্যা কৰা হৈছে। শ্বসনৰ নিচিনাকৈ সালোকসংশ্লেষণতো আৱৰণীৰ মাজেদি ATP সংশ্লেষণৰ বাবে প্ৰয়োজনীয় প্ৰ'টন প্ৰৱণতাৰ লগ লাগি ATP ৰ সংশ্লেষণ কৰে। এই আৱৰণখিনি হ'ল ক্ল'ৰ'প্লাষ্টত থকা থাইলাকয়ডৰ আৱৰণ। প্ৰ'টনসমূহ আৱৰণিৰ আন্তঃঅৰশলিতাত গোট খাই থাকে ; কিন্তু শ্বসনত প্ৰটনসমূহ মাইট'কণ্ড্ৰিয়াৰ ভিতৰৰ আৱৰণ অংশত থাকে আৰু ইলেক্ট্ৰন বাহক মাধ্যমৰ যোগেদি প্ৰবাহিত হয়।

আৱৰণৰ মাজেদি প্ৰ'টনৰ প্ৰৱণতা কিহে ঘটাই এই বিষয়ে আমি বুজিব পাৰিলোহঁক। ইলেক্ট্ৰনসমূহ উত্তেজিত হোৱা আৰু ইহঁতৰ প্ৰবাহ হোৱা প্ৰক্ৰিয়াসমূহ আমি জানি থোৱা আৱশ্যক যাতে প্ৰ'টনৰ প্ৰৱণতা বৃদ্ধি হোৱাটো নিৰ্ণয় কৰিব পাৰোহঁক। (চিত্ৰ নং 13.7)

(ক) যিহেতু আৱৰণৰ ভিতৰৰ অংশত পানীৰ অণুবোৰ বিশ্লেষণ হৈ প্ৰ'টন বা হাই'ড্ৰজেন আয়ন উৎপন্ন হয় আৰু এইখিনি থাইলাকায়ডৰ আন্তঃঅৰকাশিতাত গোট খাই থাকে।

(খ) ইলেক্ট্ৰনসমূহ ফট'ছিছটেম যোগেদি প্ৰবাহিত হয় অন্যথা প্ৰ'টনসমূহ আৱৰণীৰ

মাজেদি প্ৰবাহিত হয়। এই প্ৰক্ৰিয়াটো ঘটে কাৰণ ইলেক্ট্ৰনটোৰ মূল গ্ৰাহকৰ অৱৰণৰ বাহিৰফালে থাকে আৰু e^- বিলাক e^- বাহকলৈ কঢ়িয়াই নানে; কিন্তু H^+ বাহকলৈহে কঢ়িয়ায়। সেই কাৰণে ইলেক্ট্ৰন পৰিবহনৰ সময়ত ষ্ট্ৰ'মা অংশৰ পৰা এই অণুটোৱে এটা প্ৰ'টন বাহিৰ কৰি দিয়ে। যেতিয়া কণাটোৱে e^- বিলাক আৱৰণীৰ ভিতৰফালে অৱস্থিত e^- বাহকলৈ স্থানান্তৰিত কৰে, তেতিয়া প্ৰ'টনবিলাক আৱৰণীৰ ভিতৰফালে অৱস্থিত লিউমেন অংশত এৰি দিলে।

(গ) NADP ৰিদাকতেজ এন্‌জাইম বা উৎসেচক ষ্টমা অংশৰ আৱৰণিত সন্নিৱিষ্ট হৈ থাকে। PS I ৰ ইলেক্ট্ৰনবিলাকৰ পৰিগ্ৰাহকৰ (acceptor) উপৰিও প্ৰটনবোৰ (H^+/ e^-) $NADP^+$ৰ পৰা NADPH + H ($NADPH_2$) বিজাৰণৰ বাবেও প্ৰয়োজন হয়। এই প্ৰ'টনবিলাকো ষ্ট্ৰ'মাৰ পৰা অপসাৰণ হয়।

সেইকাৰণে হৰিৎকণাৰ ভিতৰৰ ষ্ট'মাত থকা প্ৰ'টনবিলাকৰ সংখ্যা কমি যায় আৰু লুমেনত (lumen) প্ৰ'টনবিলাক থুপ খাই লগলাগি থাকে। এইবিলাকৰ ফলত থাইলাকইডত আৱৰণৰ মাজত ধৰিব পৰাকৈ প্ৰ'টন প্ৰৱণতা কমি যায় আৰু লুমেনৰ PH কমি যায়।

আমি কিয় প্ৰ'টন প্ৰৱণতাৰ বিষয়ে জানিবৰ বাবে আগ্ৰহী? এই প্ৰ'টন প্ৰৱণতা বিশেষভাৱে আৱশ্যকীয় কিয়নো ই শক্তি উৎপাদন কৰে। এই প্ৰৱণতা ষ্ট'মাৰ কোষ আৱৰণৰ মাজেদি প্ৰ'টনবিলাক পাৰ হৈ যোৱাৰ বাবে আৰু ষ্ট্ৰ'মাৰ আন্তঃআৱৰণীয় এজ শাৰীয়েদি ATP এনজাইমৰ Fo কোষাৱৰণৰ মাজেদি চলাচল কৰাৰ বাবে সংগঠিত হয়। ATP এজ উৎসেচকবিলাক আকৌ দুটা ভাগত বিভক্ত— Fo খিনি কোষাৱৰণত লাগি থাকে আৰু আন্তঃআৱৰণীৰ (trans membranc) শাৰীবোৰৰ দ্বাৰা কোষাৱৰণৰ মাজেদি প্ৰ'টন ব্যাপনত সহায় কৰে। অন্য অংশটোক F_1 বোলে আৰু ই থাইলাকইডৰ (thy-lakoid) বাহিৰৰ আৱৰণত ষ্ট'মাৰফালে মুখ কৰি থকা অংশত থাকে। এই প্ৰৱণতা (gradient) ভাগি যোৱাৰ ফলত শক্তি (e^-) উৎপন্ন হৈ F_1 ATP এজৰ কণাবিলাকৰ স্থায়ীকৰণ কৰে আৰু ইয়াৰ ফলত এনজাইমৰ বহুতো ATP ৰ কণা (molecule) উৎপন্ন হয়। ৰাসায়নিক ব্যাপনত (chemiomosis) এখন আৱৰণৰ, এটা প্ৰ'টন পাম্প, প্ৰ'টন প্ৰৱণতা (protongradient) আৰু উৎসেচক হিচাপে ATPএজ এনজাইম। ইয়াৰ ভিতৰত শক্তি (e^-) কোষবোৰৰ মাজেদি প্ৰ'টনবিলাক ঠেলি পঠিয়াবৰ বাবে ব্যৱহাৰ কৰা হয় আৰু অতিমাত্ৰা প্ৰ'টনৰ প্ৰৱণতা থাইলাকইডৰ লুমেনৰ আৱৰণত সৃষ্টি কৰিবৰ বাবে ব্যৱহাৰ হয়। ATP এজ এনজাইমৰ এটা শাৰীয়ে আকৌ প্ৰ'টনৰ প্ৰৱণতা আৱৰণলৈ ঘূৰাই পঠায় আৰু ই যথেষ্ট শক্তি (e^-) ATP এজ এন্‌জাইমক ATP সৃষ্টি কৰে। এই বিক্ৰিয়াত যথেষ্ট শক্তি নিৰ্গত হয় যিবোৰে ATP এজ এন্‌জাইম উৎপাদনত অনুঘটক হিচাপে কাম কৰে।

ইলেক্ট্ৰন সমাগমৰ কাৰণে উৎপত্তি হোৱা $NADPH^+$ ৰ উপৰিও ATP বিলাক জৈৱসংশ্লেষণ ভিতৰত হয় যিবোৰে Co_2 ধৰি ৰাখে আৰু শৰ্কৰাজাতীয় পদাৰ্থৰ উৎপন্ন কৰে।

13.7 NADP আৰু ATP বোৰ ক'ত খৰচ হয় ?

আমি জানো যে আলোক বিক্ৰিয়াৰ প্ৰধান উৎপাদিত পদাৰ্থসমূহ হ'ল ATP, NADP আৰু O_2। তাৰে ভিতৰত O_2 হৰিৎকণাৰ লগতে NADP আৰু ATP ব্যাপনৰ ফলত চেনিজাতীয় দ্ৰব্য উৎপন্ন কৰে। এইটোৱেই সালোক সংশ্লেষণৰ জৈৱ সংশ্লেষণ প্ৰক্ৰিয়া। এই পদ্ধতিত পোহৰৰ উপস্থিতিৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে, কিন্তু আলোক বিক্ৰিয়াৰ উৎপাদিত দ্ৰব্যসমূহৰ (NADP আৰু ATP); উপৰিও Co_2 আৰু H_2O ওপৰত নিৰ্ভৰশীল। তোমালোকে আচৰিত হ'বা ইয়াক কেনেকৈ প্ৰমাণ কৰিব পাৰি? এইটো সহজ; অতি সোনকালে জৈৱসংশ্লেষণ প্ৰক্ৰিয়া পোহৰ অবিহনে কিছু সময়ৰ কাৰণে চলি যায় আৰু তাৰ পাছত ই বন্ধ হয়। যদি এই মুহূৰ্তত আকৌ আলোক পৰে; তেন্তে এই বিক্ৰিয়া পুনৰ আৰম্ভ হয়।

সেই কাৰণে আমি জৈৱসংশ্লেষণ প্ৰক্ৰিয়াটোৰ তিমিৰ বিক্ৰিয়া (Dark Reaction) বুলি কোৱাটো ভুল হ'ব নেকি? তোমালোকৰ মাজত আলোচনা কৰা।

এতিয়া চোৱা কেনেকৈ ATP আৰু NADPয়ে জৈৱসংশ্লেষণ প্ৰক্ৰিয়াত অংশ লয়। আমি আগতে দেখিছো যে Co_2য়ে H_2Oৰ লগ লাগি শৰ্কৰাজাতীয় $(CH_2O)n$ বা চেনিজাতীয় পদাৰ্থ উৎপাদন কৰে। বৈজ্ঞানিকসকলৰ বাবে কেনেকৈ এই প্ৰক্ৰিয়াটো চলি থাকে এইটো ৰহস্যজনক; নাইবা প্ৰথমে Co_2ৰ পৰা সৃষ্টি হোৱা যৌগটোনো কি? 2য় মহাযুদ্ধৰ পাছতে ৰেডিঅ' আইচ্‌টপৰ ব্যৱহাৰিক দিশসমূহৰ বিষয়ে চিন্তা-চৰ্চা চলিছিল; তাৰ ভিতৰত মেলভিন কেলভিনৰ নাম বিশেষভাৱে উল্লেখযোগ্য। তেখেতে ^{14}C আইচ্‌টপ সেউজীয়া শেলুৱৈৰ ওপৰত অধ্যয়ন কৰোতে আৱিষ্কাৰ কৰিলে যে প্ৰথম Co_2ৰ পৰা সৃষ্টি হোৱা যৌগটো এটা 3 টা কাৰ্বন কণাৰ বন্ধনীযুক্ত জৈৱ এচিড। তেখেতে গোটেই জৈৱসংশ্লেষণ প্ৰক্ৰিয়াটো ব্যাখ্যা কৰিছিল। সেই কাৰণে তেখেতৰ নামেৰে ইয়াক কেলভিন চক্ৰ বোলে। এই চক্ৰৰ প্ৰথম চিনাক্তকৰণ জৈৱিক পদাৰ্থবিধ হ'ল 3 ফছফ'গ্লিচাৰিক এচিড বা চমুকৈ PGA। *এতিয়া ইয়াত কিমান কাৰ্বন এট'ম থাকে?*

বৈজ্ঞানিকসকলে এটা কথা জানিবলৈ চেষ্টা কৰিছিল যে সকলো উদ্ভিদতে PGA টোৱেই CO_2 সংস্থাপনৰ প্ৰথম উৎপাদিনত সামগ্ৰী নে অন্য কিছুমান উদ্ভিদত অন্য ধৰণৰ উৎপাদিত সামগ্ৰীৰ সৃষ্টি হয়। বহু ধৰণৰ উদ্ভিদত চলোৱা নানা পৰীক্ষা-নিৰীক্ষাৰ অন্তত এটা কথা পৰিষ্কাৰ হ'ল যে কিছুমান উদ্ভিদত CO_2 সংস্থাপনৰ প্ৰথম উৎপাদিত সামগ্ৰী হৈছে এবিধ 4C যুক্ত জৈৱিক এচিড। এই এচিডবিধ হৈছে অক্সেল' এচিটিক এচিড (OAA)। তেতিয়াৰ পৰাই সালোক সংশ্লেষণৰ CO_2 স্বাংগীকৰণ (CO_2 assimilation) প্ৰধানকৈ দুই ধৰণৰ বুলি কোৱা হৈছে। যিবোৰ উদ্ভিদত CO_2- সংস্থাপনৰ প্ৰথম

উৎপাদিত দ্ৰব্য এটা C_3 এচিড (PGA), সেইবোৰ উদ্ভিদৰ বিক্ৰিয়াক C_3 চক্ৰ (C_3 pathway) বোলে আৰু যিবোৰ উদ্ভিদৰ CO_2 সংস্থাপনৰ প্ৰথম উৎপাদিত সামগ্ৰী এটা C_4 এচিড (OAA) তাক C_4 চক্ৰ (C_4 pathway) বোলে। এই দুয়োবিধ উদ্ভিদতে বিভিন্নধৰণৰ বৈশিষ্ট্য দেখা পোৱা যায় যিবিলাক পিছত আলোচনা কৰা হ'ব।

13.7.1 CO_2ৰ প্ৰাথমিক গ্ৰাহক (The primary acceptor of CO_2)

যিসকল বিজ্ঞানীয়ে 'তিমিৰ বিক্ৰিয়া'ৰ (Dark reaction) জানিবলৈ অহৰহ প্ৰচেষ্টা কৰিছিল সেইসকল বিজ্ঞানীয়ে সোধা এটা প্ৰশ্নৰ আমিও সন্মুখিন হওঁচোন! CO_2 সংস্থাপনৰ পিচত 3 কাৰ্বনযুক্ত PGA হ'বলৈ হ'লে কেইটা কাৰ্বন এটমৰ প্ৰয়োজন হয়?

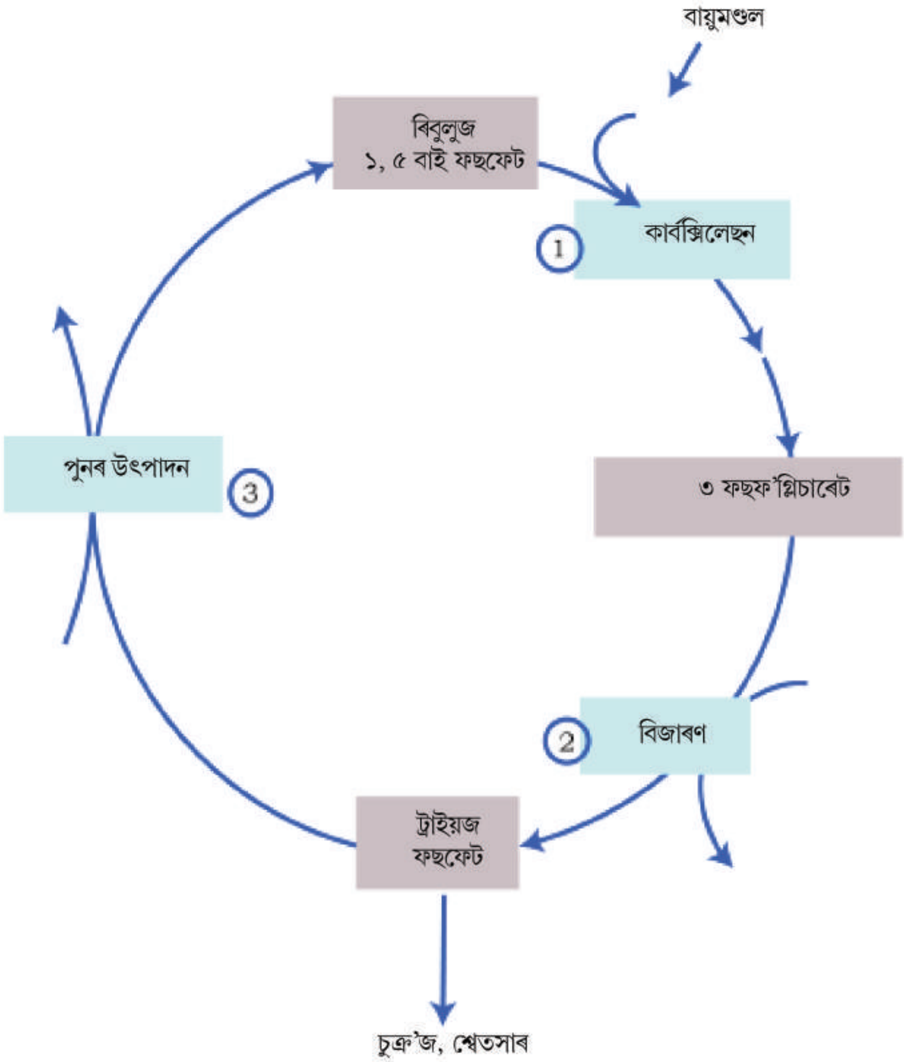
গভীৰ অধ্যয়নৰ পাচত আশাতীতভাৱে এইটোৱেই জনা হ'ল যে CO_2 গ্ৰাহক কণাবিধ হ'ল এবিধ 5C চেনিজাতীয় দ্ৰব্য— এইবিধ হৈছে 5 টা কাৰ্বনযুক্ত ৰিবল'জ বাই ফচফেট (RuBP)। তোমালোকে বাৰু অন্যধৰণৰ সাম্ভাব্যতাৰ বিষয়ে ভাবিছিলানে? চিন্তা নকৰিবা; বিজ্ঞানীসকলেও বহুদিন কৰা পৰীক্ষা-নিৰীক্ষাৰ পাছতহে এটা সিদ্ধান্তত উপনীত হ'ব পাৰিছিল। তেওঁলোকেও বিশ্বাস কৰিছিল যে যিহেতু প্ৰথম উৎপাদিত যৌগবিধ C_3 এচিড, গতিকে প্ৰাথমিক গ্ৰাহক পদাৰ্থবিধ এবিধ 2 টা কাৰ্বনযুক্ত যৌগ; তেওঁলোকে 5 টা কাৰ্বনযুক্ত RuBP আৱিষ্কাৰ কৰাৰ আগেয়ে বহু বছৰ 2 টা কাৰ্বনযুক্ত যৌগৰ সন্ধান কৰিছিল।

13.7.2 কেলভিন চক্ৰ (The Calvin Cycle)

কেলভিন আৰু তেখেতৰ সহকৰ্মীসকলে গোটেই চক্ৰটোত দেখুৱাইছিল যে চক্ৰটো আৱৰ্তক; য'ত RUBPৰ সৃষ্টি হয়। আমি কেনেকৈ কাৰ্বন চক্ৰটো সম্পন্ন হয় আৰু কেনেকৈ চেনিজাতীয় পদাৰ্থৰ উৎপাদন হয় তাকে তলৰ আলোচনাত দেখা যাব। আমি স্পষ্টভাৱে প্ৰথমে ধৰি লোৱা হ'ল যে কেলভিন চক্ৰ সকলো সালোকসংশ্লেষণ হোৱা উদ্ভিদতে হয়। এইটো C_3 চক্ৰই হওঁক বা C_4 চক্ৰই হওঁক ইটো কোনো কথা নহয়। (চিত্ৰ নং 13.8)।

বুজিবলৈ সুবিধাৰ কাৰণে কেলভিন চক্ৰটো 3 টা ভাগত বিভক্ত কৰিব পাৰি— কাৰ্বক্সিলেছন, বিজাৰণ আৰু ৰিজেনাৰেচন বা পুনৰ উৎপাদন।

1) **কাৰ্বক্সিলেছন** ঃ কাৰ্বক্সিলেছন হ'ল Co_2ক সংস্থাপিত কৰি স্থায়ী জৈৱ যৌগ তৈয়াৰ কৰা পদ্ধতি। কাৰ্বক্সিলেছনটো কেলভিনৰ চক্ৰৰ এটি অতিশয় জটিল (crucial) দশা য'ত Co_2 RUBP কাৰ্বক্সিলেছনৰ বাবে ব্যৱহাৰ হয়। এই বিক্ৰিয়াটোত এন্‌জাইম RUDP কাৰ্বক্সিলেজে অনুঘটক হিচাপে কাম কৰি 3 PGAৰ দুটা কণাৰ সৃষ্টি কৰে। যিহেতুকে এনজাইমটোৰ অক্সিজেন গ্ৰহণ কৰিব পৰা ক্ষমতা আছে নাইবা জাৰণ



চিত্ৰ নং 13.8 কেলভিন চক্ৰৰ 3 টা দশা (1) কাৰ্বক্সিলেছন য'ত Co_2 আৰু RUBP লগ হৈ ৰিবুলুজ 1, 5 বাই ফছফেট তৈয়াৰ কৰে (2) বিজাৰণ য'ত কাৰ্বহাইড্ৰেট সৃষ্টি হয় আৰু NADPH আৰু ATP ৰ খৰচ হয় আৰু (3) ৰিজেনেৰেচন য'ত Co_2ৰ পুনৰ উৎপাদন হয় যাৰ ফলত চক্ৰটো চলি থাকে।

ক্ষমতা আছে সেই কাৰণে আচলতে ইয়াক RUBP কাৰ্বক্সিলেজ-অক্সিজিনেজ বা RuBisCo বুলিহে কোৱাটো উচিত হ'ব।

2) **বিজাৰণ ঃ** গ্লুক'জ উৎপাদন কৰিবৰ বাবে বহুতো সমীকৰণৰ প্ৰয়োজন হয়। ইয়াত ফছফ'ৰিলেছনৰ বাবে প্ৰয়োজন হোৱা 2 টা ATP ৰ কণাৰ আৰু বিজাৰণৰ বাবে 2 NADPHৰ জৰিয়তে প্ৰতিটো Co_2ৰ কণা সংস্থাপিত হয়। 6 টা Co_2ৰ কণা সংস্থাপিত হ'বৰ বাবে আৰু 1 টা গ্লুক'জ কণা অপসাৰণ কৰিবৰ বাবে এই চক্ৰটোৰ 6 টা চক্ৰৰ প্ৰয়োজন হয়।

3) **পুনৰ উৎপাদন ঃ** Co_2 সংগ্ৰাহক কণা RUBPৰ লগত ATPৰ যোগান অব্যাহত থাকিব লাগিব যদিহে কেলভিনচক্ৰ অহৰহভাৱে চলি থাকিব লাগে। এই চক্ৰত 1টা ATPয়ে ফছফ'ৰিলেছন হৈ RUBP সৃষ্টি কৰে।

সেই কাৰণে কেলভিন চক্ৰত সোমোৱা প্ৰতিটো Co_2 কণাৰ বাবে 3 টা ATP আৰু 2 টা NADPHৰ দৰকাৰ। সম্ভৱতঃ এইটো ATP আৰু NADPH তিমিৰ বিক্ৰিয়াত ATP আৰু NADPHৰ ভিন্নতাৰ বাবে ফছফ'ৰিলেছন প্ৰক্ৰিয়াটো চলি থাকে।

এটা গ্লুক'জৰ কণা উৎপাদন কৰিবৰ বাবে কেলভিন চক্ৰৰ 6 বাৰ প্ৰয়োজন হয়। *এতিয়া গণনা কৰি ঠাৰৰ কৰা এটা গ্লুক'জৰ কণা উৎপাদন কৰিবৰ কাৰণে কেইটা NADP আৰু ATP কণাৰ প্ৰয়োজন হ'ব?*

তোমালোকৰ বুজিবলৈ সুবিধাৰ বাবে কেলভিন চক্ৰত কি কি সোমায় আৰু কি কি দ্ৰব্য ওলাই যায় সেইটো তলত দিয়াধৰণে চাব পৰি—

সোমায়	ওলাই যায়
6 টা Co_2 কণা	এটা গ্লুক'জ কণা
18 টা ATP	18 টা ADP
12 টা NADPH	12 টা NADP

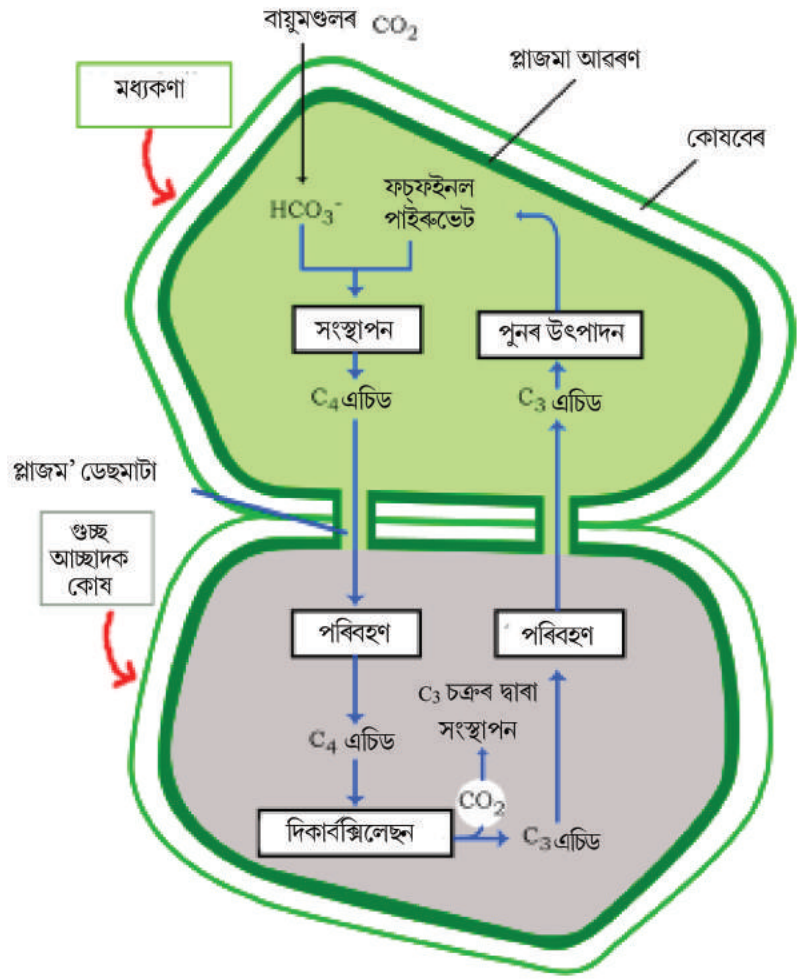
13.8 C_4 চক্ৰ ঃ (The C_4 pathway)

শুকান মৰুভূমি অঞ্চলত হোৱা উদ্ভিদবিলাকে আকৌ C_4 চক্ৰ দেখা পোৱা যায়। যদিও এই উদ্ভিদবোৰে প্ৰথম Co_2 সংস্থাপিত দ্ৰব্য হিচাপে C_4 অক্সেল এচিটিক এচিড উৎপাদন কৰে তথাপিও সিহঁতে কেলভিন চক্ৰ বা C_3 চক্ৰও ব্যৱহাৰ কৰে। তেতিয়াহ'লে সিহঁতে কি কি কাৰণত এটা C_3 আৰু C_4 উদ্ভিদৰ ভিন্নতা দেখা যায়? এইটো তোমালোকে যুক্তিসহকাৰে সুধিবলগীয়া এটি প্ৰশ্ন।

C_4 উদ্ভিদবিলাক বিশেষধৰণৰ ঃ সিহঁতৰ বিশেষধৰণৰ পাতৰ গঠন দেখা যায়; সিহঁতে উচ্চমাত্ৰাৰ তাপ সহ্য কৰিব পাৰে, সিহঁতৰ আলোক শ্বসন ক্ৰিয়া (photorespiration) নাথাকে আৰু সিহঁতৰ Co_2 আত্মীয়কৰণৰ পৰিমাণ বেছি। এইবিলাক এটা এটাকৈ বুজোচোন আহা।

পাতৰ প্ৰস্থচ্ছেদ (এটা C_3আৰু এটা C_4উদ্ভিদৰ) কৰা হওঁক। তোমালোকে পাৰ্থক্যবিলাক দেখা পাইছানে? দুয়োটা উদ্ভিদতে পাতৰ মধ্যকলাবিলাক একেইনে? ইয়াৰ সংবহন কলাৰ চাৰিওফালে একেধৰণৰ কোষ থাকেনে?

C_4 উদ্ভিদৰ সংবহন কলাৰ চাৰিওফালে মধ্যকলাত থকা ডাঙৰ কলাসমূহক সংবহন গুচ্ছ (bundle sheath) কলা বোলে আৰু তেনেকুৱা পাতৰ ভিতৰত সংবহন গুচ্ছ থকা



চিত্ৰ নং 13.9 হাট্‌ছ আৰু স্লেক চক্ৰৰ চিত্ৰীয় বৰ্ণনা

পাতক 'ক্ৰাঞ্জ' (cranz) বোলে। 'ক্ৰাঞ্জ' মানে ঘূৰণীয়াকৈ থুপপাতি থকা কোষৰ সমষ্টি। গুচ্ছ আচ্ছাদক (bundle sheath) সংবহন কলাৰ চাৰিওফালে কেইবাতৰপীয়া কোষৰ আৱৰণৰ সৃষ্টি কৰে। সংবহন কণাক আৱৰি গুচ্ছ আচ্ছাদকবিলাকে কেইবাতৰপৰ কোষৰ সৃষ্টি কৰে; ইহঁতৰ এটা বৈশিষ্ট্য হ'ল যে ইয়াত বহুতো আকাৰৰ ডাঙৰ হৰিৎকণা থাকে, কোষবেৰখন যথেষ্ট ডাঠ হয় আৰু ইয়াত কোষমধ্যৱৰ্তী (intercellular space) স্থান নাথাকে। তোমালোকে ইচ্ছা কৰিলে C_4 উদ্ভিদ যেনে— গোমধান বা চৰগাম (sorghum) গুচ্ছ আচ্ছাদক মধ্যকলাত কেনেদৰে সিঁচৰতি হৈ থাকে চাব পাৰা।

তোমালোকে তোমালোকৰ চাৰিওফালে সিঁচৰতি হৈ থকা গছ-গছনিবিলাকৰ প্ৰস্থচ্ছেদ কৰি চাব পাৰা। অণুবীক্ষণ যন্ত্ৰৰ তলত প্ৰস্থচ্ছেদ কৰি সংবহন কলাৰ চাৰিওফালে আৱৰি থকা গুচ্ছ আচ্ছাদকবোৰক চোৱাচোন। গুচ্ছ আচ্ছাদকৰ উপস্থিতিয়ে তোমালোকক C_4 উদ্ভিদবিলাকক চিনাক্ত কৰিবৰ বাবে সহায় কৰিব।

এতিয়া তোমালোকে 13.9 নং চিত্ৰত দেখুওৱা ধৰণে চক্ৰটো অধ্যয়ন কৰা। এই চক্ৰটোক হাট্‌ছ আৰু শ্লেক (Hatch and Slack) চক্ৰ বোলে। ই আকৌ চক্ৰাকাৰ। এতিয়া আমি এই চক্ৰটোৰ বিভিন্ন খণ্ড বা ভাগসমূহ অধ্যয়ন কৰোহঁক।

এই চক্ৰটোৰ মুখ্য CO_2 সংগ্ৰাহক হ'ল 3 টা কাৰ্বনযুক্ত যৌগ ফছ্‌ফ'এনল পাইৰুভেট (PEP) আৰু ইয়াক পাতৰ মধ্যকলাত পোৱা যায়। এই চক্ৰত কাৰ্বন আত্মীকৰণ বা সংস্থাপিত কৰা এন্‌জাইমবিধ হ'ল PEP কাৰ্বক্সিলেজ বা PEP এজ (ফট্‌ফ'নেল পাইৰুভিক এচিড)। এইটো বিশেষভাৱে মন কৰিবলগীয়া যে পাতৰ মধ্যকলাত RuBisCo এন্‌জাইম নাথাকে।

ইয়াৰ পাছত ই মেলিক এচিডৰ নিচিনা বা এছপাৰটিক এচিডৰ নিচিনা 4C যৌগ মধ্যকোষত সৃষ্টি কৰে আৰু ই সংবহন গুচ্ছৰ মাজলৈ পৰিবহন হয়। গুচ্ছ আচ্ছাদকত এই 4C এচিড ভাগি 3 টা CO_2 আৰু 3 টা C (কাৰ্বন) কণিকা ওলাই যায়।

আকৌ পাতৰ মধ্যকোষৰ ভিতৰলৈ এই 3 টা কাৰ্বনৰ কণিকা সংবহন গুচ্ছ ভিতৰলৈ পুনৰ উভতি আহে আৰু পুনৰ PEP লৈ ৰূপান্তৰ হৈ চক্ৰটো সম্পূৰ্ণ কৰে।

এনেদৰে সংবহন গুচ্ছত ওলোৱা CO_2 C_3 চক্ৰ বা কেলভিন চক্ৰত সোমাই যিটো সকলো উদ্ভিদৰ বাবে একে। সংবহন গুচ্ছৰ কোষবিলাক ৰিবুলজ বাইফছ্‌ফেট কাৰ্বক্সিলেজ এন্‌জাইম পোৱা যায়, কিন্তু PEP এজত পোৱা নাযায়। সেইকাৰণে মুখ্য চক্ৰটো যিটোৱে শৰ্কৰাজাতীয় পদাৰ্থ কেলভিন চক্ৰৰ জৰিয়তে উৎপাদন কৰে সেইটো C_3 আৰু C_4 উদ্ভিদৰ বাবে একেই।

তোমালোকে সকলো উদ্ভিদত কেলভিন চক্ৰ মধ্যকোষত হোৱা লক্ষ্য কৰিছানে? C_4 উদ্ভিদত এইটো মধ্যকোষত সংগঠিত নহয় মাত্ৰ সংবহন গুচ্ছৰ ভিতৰতহে সংগঠিত হয়।

13.9 আলোকশ্বসন (Photorespiration)

আমি আৰু এটা প্ৰক্ৰিয়া বুজো আহা যিটোৱে C_3 আৰু C_4 উদ্ভিদৰ এটা মুখ্য পাৰ্থক্য দেখুৱাব পাৰে। ই হ'ল আলোকশ্বসন। আলোকশ্বসন প্ৰক্ৰিয়াটো বুজিবলৈ হ'লে আমি কেলভিন চক্ৰৰ প্ৰথম খণ্ডটো বুজিব লাগিব য'ত প্ৰথমে CO_2 সংস্থাপিত হয়। এই ৰাসায়নিক প্ৰক্ৰিয়াটোতে য'ত RUBP য়ে লগত লগলাগি 2 টা 3PGA কণাৰ সৃষ্টি কৰে। এই সমীকৰণটোত RuBisCo এন্‌জাইমে অনুঘটক হিচাপে কাম কৰে।

$$RUBP + CO_2 \xrightarrow{RuBisCo} 2 \times 3PGA$$

RuBisCo হ'ল পৃথিৱীৰ ভিতৰত বেছিকৈ পোৱা এন্‌জাইম (তোমালোকে আচৰিত নহ'বানে? কিয়? ইয়াৰ মুখ্য চৰিত্ৰ হ'ল ইয়াত এটা সক্ৰিয় স্থান (active site) থাকে যিটোৱে Co_2 আৰু O_2 দুয়োটাকে ধৰি ৰাখিব পাৰে যিটো ইয়াৰ নামটোৱেই সূচায়।

তোমালোকে ভাবিব পাৰানে কেনেকৈ এইটো সম্ভৱ হয়? RuBisCo এন্‌জাইমৰ O_2তকৈ Co_2ৰ প্ৰতি আসক্তি বেছি। কল্পনা কৰাচোন এইটো নোহোৱা হ'লে কি হ'লহেঁতেন! এই বন্ধনটো বৰ প্ৰতিযোগিতামূলক। ইয়াত O_2 আৰু Co_2ৰ গ্ৰাঢ়তাইহে ইয়াৰ ভিতৰৰ কোনটো এন্‌জাইমটোৱে গ্ৰহণ কৰিব পাৰে ঠিৰাং কৰিব।

C_3 উদ্ভিদত কিছুমান O_2 RuBisCoৰ লগত বন্ধনী তৈয়াৰ নকৰে আৰু সেইকাৰণে Co_2 সংস্থাপনৰ মাত্ৰা কমি যায়। ইয়াত RUBP য়ে 2 টা PGA অণুলৈ ৰূপান্তৰিত নহৈ O_2ৰ লগলাগি এটাকৈ ফছফ'গ্লিচাৰেট আৰু ফছফ'গ্লাইকলেট উৎপন্ন কৰাকে আলোকসংশ্লেষণ বোলে। এই আলোকশ্বসন প্ৰক্ৰিয়াটো কোনো শৰ্কৰা বা চেনিজাতীয় দ্ৰব্য নাইবা ATP সংশ্লেষণ নহয়। ইয়াৰ পৰা ATP গ্ৰহণ কৰি Co_2 নিৰ্গত কৰে। আলোকশ্বসন প্ৰক্ৰিয়াত কোনো ATP নাইবা $NADPH_2$ৰ উৎপন্ন নহয়।

C_4 উদ্ভিদত আকৌ আলোকশ্বসন নহয়। কিয়নো ইয়াত Co_2ৰ গাঢ়তা এন্‌জাইমৰ অংশত Co_2 ৰ গাঢ়তা বেছি কৰিব পৰা এবিধ ক্ষমতা আছে। এইটো C_4 এচিড পাতৰ মধ্যকোষত ভাগি সংবহন গুচ্ছত Co_2 নিৰ্গত কৰে আৰু সেইকাৰণে Co_2ৰ গাঢ়তা পাতৰ মধ্যকোষত বেছি হয়। অন্যহাতেদি এইটো প্ৰতিপন্ন কৰিব পাৰি যে RuBisCo কাৰ্বক্সিলেজ এন্‌জাইমৰ নিচিনাকৈ ক্ৰিয়া কৰি অক্সিজেনেজৰ (oxygenase) কাৰ্যকলাপ কমাই ৰাখে।

এতিয়া তোমালোকে জানা যে C_4 উদ্ভিদত আলোকশ্বসন নহয়, তোমালোকে সম্ভৱতঃ বুজিব পাৰিবা কিয় C_4 উদ্ভিদত ক্ষমতা অন্যবিলাকতকৈ বেছি হয়।

এই আলোচনাৰ উপৰিও তোমালোকে C_3 আৰু C_4 উদ্ভিদবিলাক তুলনা কৰি চাইছানে? তলত দিয়া টেবুলখন খালী ঠাইখিনি উত্তৰ লিখি পূৰণ কৰা।

তালিকা 13.1— 2নং আৰু 3নং কলমৰ খালী ঠাই পূৰণ কৰি C_3 আৰু C_4 উদ্ভিদৰ পাৰ্থক্য দেখুওৱা

চৰিত্ৰসমূহ	C_3	C_4	**উপযুক্ত অৰ্থ** (form)
কোষৰ প্ৰকাৰ য'ত কেলভিন চক্ৰ দেখা পোৱা যায়			মেছাফিল/সংবহন গুচ্ছ/দুয়োটা
* কোন প্ৰকাৰ কোষত সৰ্বপ্ৰথমে কাৰ্বক্সিলেছন পদ্ধতি আৰম্ভ হয়?			মধ্যকলা/সংবহন গুচ্ছ/দুয়োটা
* Co_2 সংস্থাপিত কৰা পাতত কেইপ্ৰকাৰৰ কোষ পোৱা যায়			২টা সংবহন গুচ্ছ আৰু মধ্যকলা। ১ টা সংবহন গুচ্ছ পেলাচিত আৰু শোপোৰণ পেৰেনকাইনা।
* মুখ্য Co_2 পৰিগ্ৰাহকটোনো কোনটো			RUBP/PEP/PGA
* মুখ্য Co_2 পৰিগ্ৰাহকত থকা C পৰমাণুৰ সংখ্যা			৩/৪/৫

* কোনটো মুখ্য Co_2 সংস্থাপিত দ্ৰব্য	PGA/OAA/RuBP/PEP
* RuBisCo উৎসেচক উদ্ভিদত থাকেনে?	৩/৪/৫
* উদ্ভিদত PEP এজ থাকেনে?	হয়/নহয়/সকলো সময়তে নহয়
* উদ্ভিদৰ কোনটো কোষত RuBisCo থাকে	মধ্যকলা/সংবহন গুচ্ছ/এটাও নহয়
* Co_2 সংস্থাপনৰ মাত্ৰা উচ্চ সৌৰশক্তি থাকোতে	কম/বেছি/মধ্যৱৰ্তী
* ফছফ'ৰিলেছন কম সৌৰশক্তিত	বেছি/অলপমাত্ৰা/কেতিয়াবা
* ফছফ'ৰিলেছন প্ৰক্ৰিয়াটো কম মাত্ৰাৰ Co_2ৰ উপস্থিতিত	বেছি/অলপমান/কেতিয়াবা
* ফছফ'ৰিলেছন প্ৰক্ৰিয়াটো উচ্চ Co_2 মাত্ৰাত	বেছি/কম/কেতিয়াবা কেতিয়াবা
* আৱশ্যকীয় তাপমাত্ৰা	30-40^0/20-25^{0}ছে/40^{0}ছে ওপৰত
* উদাহৰণ	বিভিন্নধৰণৰ উদ্ভিদৰ পাতৰ প্ৰস্থচ্ছেদ কৰি অনুবীক্ষণ যন্ত্ৰৰ তলত পাতৰ ক্ৰাঞ্জত এনাটমিটো চোৱা আৰু (উপযুক্ত column 3) প্ৰণালীবদ্ধ কৰা।

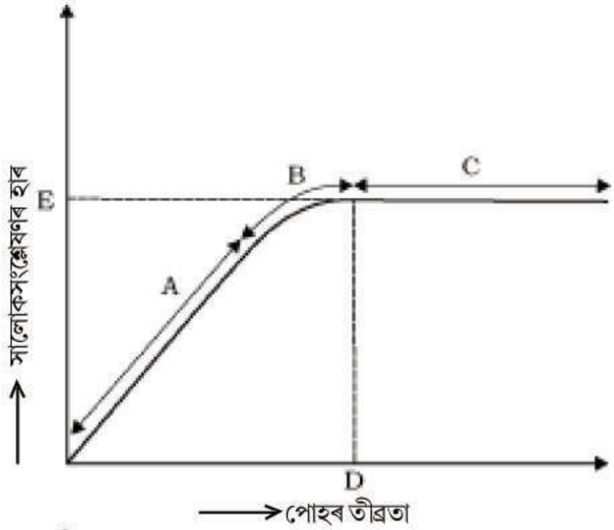
13.10 সালোকসংশ্লেষণত প্ৰভাৱ বিস্তাৰ কৰিব পৰা কাৰকসমূহ

সালোকসংশ্লেষণত প্ৰভাৱ বিস্তাৰ কৰিব পৰা কাৰকসমূহ অধ্যয়ন কৰাটো নিতান্তই প্ৰয়োজনীয়। উদ্ভিদ নাইবা খাদ্যশস্য দুয়োটাতে উৎপাদন বঢ়াবৰ কাৰণে সালোকসংশ্লেষণ প্ৰক্ৰিয়াটো বৰ জৰুৰী। সালোকসংশ্লেষণ আকৌ বিভিন্ন কাৰকৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীল। ইয়াৰ ভিতৰত কিছুমান বাহ্যিক (External) আৰু কিছুমান আভ্যন্তৰীণ (Internal) কাৰক। উদ্ভিদৰ কাৰকসমূহ হ'ল পাতৰ সংখ্যা, বয়স, আকাৰ আৰু পাতৰ সাজোন, মধ্যকলা কোষ আৰু পত্ৰহৰিৎকণা, ভিতৰৰ কোষৰ Co_2ৰ মাত্ৰা আৰু ক্ল'ৰ'প্লাষ্টৰ পৰিমাণ। আভ্যন্তৰীণ কাৰকসমূহৰ ভিতৰত জিনীয় সাজোন আৰু উদ্ভিদৰ বৃদ্ধিয়েই প্ৰধান। বাহ্যিক কাৰকসমূহৰ ভিতৰত সৌৰশক্তিৰ প্ৰয়োজনীয়তা, তাপমাত্ৰা, Co_2ৰ মাত্ৰা আৰু পানী বৰ আৱশ্যকীয়। উদ্ভিদৰ সালোকসংশ্লেষণত সকলোবিলাক কাৰকেই সাময়িকভাৱে একেলগে কাম কৰে আৰু ইয়াৰ মাত্ৰা বঢ়ায়। সেই হেতুকে বহুবিলাক কাৰকে একেলগে ক্ৰিয়া কৰি সালোকসংশ্লেষণৰ মাত্ৰা বঢ়ায় আৰু Co_2 সংস্থাপনত প্ৰভাৱ পেলায়। সাধাৰণতে এটা কাৰক মুখ্য কাৰক নাইবা এনে এটা কাৰকে সালোকসংশ্লেষণ প্ৰক্ৰিয়াটো সাময়িকভাৱে বন্ধ কৰিব পাৰে। সেই কাৰণে যিকোনো মুহূৰ্ততে ইয়াৰ মাত্ৰা নিৰ্ভৰ কৰিব সেই সময়ৰ থকা কাৰকবিলাকৰ মাত্ৰাৰ ওপৰত।

এটা জৈৱ ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াত ব্লেকমেনৰ (1950) কাৰকটোৱে ক্ৰিয়া কৰিলে তলত দিয়া ধৰণে বৰ্ণনা কৰিব পাৰি—

"কোনো ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াত যেতিয়া কেইবাটাও কাৰকে ভাগ লয় তেতিয়া ন্যূনতম বা ধীৰ কাৰকৰ ক্ৰিয়াই বিক্ৰিয়াটো নিয়ন্ত্ৰণ কৰি ৰাখে আৰু যদিহে ইয়াৰ মাত্ৰা বঢ়োৱা নাযায়।"

উদাহৰণস্বৰূপে সেউজীয়া উদ্ভিদে পাতত থকা পত্ৰ হৰিৎকণা, উপযুক্ত পোহৰ আৰু Co_2 গেছৰ মাত্ৰা যথেষ্ট পৰিমাণে থাকিলেও উদ্ভিদে সালোকসংশ্লেষণ পদ্ধতিত সহায় নকৰিব পাৰে, যদিহে জোখতকৈয়ো তাপমাত্ৰা কম পৰিমাণে থাকে। সেই পাতবিলাক যদি উপযুক্ত তাপমাত্ৰাত ৰখা হয় তেন্তে তাত সালোকসংশ্লেষণ প্ৰথাৰ আৰম্ভ হ'ব।



চিত্ৰ 13.10 সালোক সংশ্লেষণৰ হাৰৰ ওপৰত পোহৰৰ তীব্ৰতাৰ প্ৰভাবৰ ৰেখাচিত্ৰ

13.10.1 পোহৰ (Light)

পোহৰ বুলিলে আমি পোহৰৰ প্ৰকাৰ (light quality), পোহৰৰ তীব্ৰতা (light intensity) পোহৰ পৰি থকা সময়কেই বুজায়। Co_2ৰ সংস্থাপনৰ পৰিমাণ আৰু পোহৰৰ পৰিমাণৰ উচ্চ পোহৰ দৈৰ্ঘ্যত সালোকসংশ্লেষণৰ পৰিমাণ আৰু বেছি বাঢ়ি নাযায় কিয়নো সমসাময়িকভাৱে অন্য কাৰকবিলাকে বাধা প্ৰদান কৰে। (চিত্ৰ 13.10)। ইয়াত অতি আৱশ্যকীয় মন কৰিবলগীয়া কথা এইটোৱেই যে পোহৰ পৰিগৰ্ভিত হয় মাত্ৰ 10% পূৰ্ণসূৰ্যৰ পোহৰত। সেই হেতুকে ছাঁয়াত হোৱা গছবিলাকৰ বাদে বা ঘন অৰণ্যত থকা গছবিলাকত পোহৰ কমকৈ পৰে বা নপৰে বাবে প্ৰকৃতিত পোহৰেই বাধাৰ সৃষ্টি কৰে। পোহৰৰ মাত্ৰা এটা স্তৰৰ পৰা হৰিৎকণাবিলাক ভাগি যায় আৰু সালোকসংশ্লেষণৰ মাত্ৰা কমি যায়।

13.10.2 কাৰ্বন-ডাই-অক্সাইডৰ গাঢ়তা (Concentration of Co_2)

Co_2 এবিধ সালোকসংশ্লেষণৰ প্ৰধান বাধা সৃষ্টি কৰা কাৰক। Co_2ৰ পৰিমাণ বায়ুমণ্ডলত খুউব কম (মাত্ৰ 0.05 শতাংশহে)। Co_2 গেছৰ গাঢ়তা 0.05% লৈ বঢ়াই দিলে Co_2 সংস্থাপনৰ মাত্ৰা বঢ়াব পাৰি; ইয়াৰ ওপৰত বেছি সময় Co_2 পাই থাকিলে ই ধ্বংসকাৰক হ'ব পাৰে।

C_3 আৰু C_4 উদ্ভিদবিলাকে Co_2 গেছৰ মাত্ৰাৰ ওপৰত ভিত্তি কৰি বেলেগ বেলেগধৰণে প্ৰতিক্ৰিয়া কৰে। কম পোহৰৰ গাঢ়তাত কোনো উদ্ভিদেই বেছি Co_2 মাত্ৰাত প্ৰতিক্ৰিয়া নকৰে। কিন্তু উচ্চ পোহৰৰ তীব্ৰতাৰ দুয়োবিধ উদ্ভিদেই সালোকসংশ্লেষণ প্ৰক্ৰিয়াটো বাঢ়ি যায়। এইটো মুখ্যভাৱে মন কৰিবলগীয়া যে C_4 উদ্ভিদৰ সংপৃক্ততা (saturation) হয় 360 μL^{-1} ত কিন্তু C_3 উদ্ভিদে Co_2 বেছি গাঢ়তাতো সালোকসংশ্লেষণ

বঢ়ায় আৰু ইয়াৰ সংপৃক্ততা (saturation)450 μ L^{-1}ৰ ওপৰতহে দেখা যায়। সেই কাৰণে বৰ্তমান Co_2ৰ মাত্ৰা C_3 উদ্ভিদৰ বাবে সীমিত (limiting) হয়।

মুঠতে C_3 উদ্ভিদে উচ্চ Co_2ৰ মাত্ৰাত সালোকসংশ্লেষণ প্ৰক্ৰিয়াটো বৃদ্ধি কৰি বেছি উৎপাদনক্ষম হয় আৰু ইয়াক কিছু পৰিমাণ গ্ৰীণ হাউছ শস্য যেনে- বিলাহী আৰু বেল পেপাৰৰ (Bell papper)ক্ষেত্ৰত ব্যৱহাৰ কৰে। ই শস্যসমূহক বেছি Co_2 গেছ থকা পৰিৱেশত ডাঙৰ কৰি বেছি উৎপাদনমুখী কৰি তুলিব পাৰি।

13.10.3 তাপমাত্ৰা (Temperature)

তিমিৰ বিক্ৰিয়া এন্‌জাইমৰ দ্বাৰা হোৱাৰ বাবে ই তাপমাত্ৰাৰ দ্বাৰা নিয়ন্ত্ৰণ কৰিব পাৰি। যদিও পোহৰ বিক্ৰিয়া তাপমান সংবেদক। তথাপিও ই কম পৰিমাণেহে ক্ৰিয়া কৰে। C_4 উদ্ভিদবিলাকে উচ্চ তাপমানত বেছি সালোকসংশ্লেষণৰ মাত্ৰা দেখুৱায়। কিন্তু C_3 উদ্ভিদৰ আকৌ অতি কম তাপমান (optimum) হে দেখুউৱা হয়।

সালোকসংশ্লেষণৰ সৰ্বোচ্চ মাত্ৰা বিভন্নধৰণৰ উদ্ভিদৰ ক্ষেত্ৰত যিটো পৰিৱেশত উদ্ভিদজোপাৰ ডাঙৰ-দীঘল হয় তাৰ ওপৰতো নিৰ্ভৰ কৰে। নাতিশীতোষ্ণ উদ্ভিদত তাপৰ পৰ্যাপ্ত (temperature) গ্ৰীষ্মপ্ৰধান অঞ্চলত পোৱা উদ্ভিদতকৈ বেছি।

13.10.4 পানী (Water)

পানী যদিও পোহৰ দশাৰ এবিধ বিক্ৰিয়া (reactants) তথাপি ইয়াৰ প্ৰয়োজন সালোক সংশ্লেষণতকৈ গছজোপাৰ অন্য পৰিমাণৰ ওপৰতহে বেছি নিৰ্ভৰশীল। পানীৰ অবিহনে পাতত থকা পত্ৰৰন্ধ্ৰবিলাক বন্ধ হৈ যায় আৰু Co_2ৰ পৰিমাণ কমকৈ পায়। তাৰোপৰি পানীৰ চাপৰ (water stress) বা প্ৰতিচাপত পাতবিলাক মোজোৰা পৰি যায় (wilt) আৰু পাতৰ বহল অংশটো সংকুচিত কৰি পেলায়। তাৰোপৰি ইয়াৰ ফলত পাতৰ বিপাকীয় ক্ষমতাৰো হ্ৰাস পায়।

সাৰাংশ

সেউজীয়া উদ্ভিদে নিজৰ খাদ্য নিজে সালোকসংশ্লেষণ পদ্ধতিৰ সহায়ত প্ৰস্তুত কৰে। এই প্ৰক্ৰিয়াটোত বায়ুমণ্ডলত থকা Co_2 পাতে পত্ৰৰন্ধ্ৰৰ সহায়ত গ্ৰহণ কৰে আৰু কাৰ্বহাইড্ৰেট বা চেনী জাতীয় পদাৰ্থ উৎপাদন কৰিবৰ বাবে ব্যৱহাৰ কৰে, তাৰে ভিতৰত গ্লুক'জ আৰু শ্বেতসাৰ জাতীয় পদাৰ্থ অন্যতম। সালোকসংশ্লেষণ মাত্ৰ পাতৰ সেউজীয়া অংশতহে সংঘটিত হয়। পাতৰ ভিতৰত মধ্যকোষত বহুসংখ্যক হৰিৎকণা থাকে যি

Co_2 ক সংস্থাপিত কৰে। ক্ল'ৰ'প্লাষ্টৰ ভিতৰত থকা আৱৰণখনেই পোহৰ বিক্ৰিয়াৰ প্ৰধান উৎস কিন্তু ৰাসায়নিক সংশ্লেষণ প্ৰক্ৰিয়াটো ষ্টমাৰ ভিতৰত সংগঠিত হয়।

সালোকসংশ্লেষণৰ দুটা দশা আছে— পোহৰ আৰু তিমিৰ বিক্ৰিয়া বা Co_2 সংস্থাপিত কৰা বিক্ৰিয়া। পোহৰ বিক্ৰিয়াত সৌৰশক্তিক এনটিনাত থকা ৰঞ্জক কণাসমূহে শোষণ কৰে আৰু ক্ল'ৰ'ফিল a লৈ কঢ়িয়াই আনে; যাক সমীকৰণ কেন্দ্ৰ বুলি কয়। আলোকতন্ত্ৰ (Photosystem) আকৌ ২ প্ৰকাৰৰ ঃ আলোকতন্ত্ৰ ১ আৰু ২। আলোকতন্ত্ৰ ১ আৰু 700 nm তৰংগদৈৰ্ঘ্য পোহৰে সমীকৰণ কেন্দ্ৰ আৰু আলোকতন্ত্ৰ ২ত ৰঙা তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ পোহৰ শোষণ কৰা P680 সমীকৰণ কেন্দ্ৰ হিচাপে কাম কৰে। সৌৰশক্তি শোষণ কৰাৰ পাছত ইলেক্ট্ৰনবিলাক উত্তেজিত আৰু সক্ৰিয় হৈ Ps II আৰু Ps I। লৈ স্থানান্তৰিত হয়; আৰু অৱশেষত NAD লৈ বিজাৰিত হৈ NADHৰ সৃষ্টি কৰে। এই প্ৰক্ৰিয়াটোত hv ৰ (gradient)ৰ ATP এজ এনজাইমৰ Fo অংশৰ চাপৰ (gradiant)ৰ সৃষ্টি হয় আৰু ATP উৎপাদন কৰিবলৈ যথেষ্ট শক্তিৰ সৃষ্টি কৰে। পানীৰ অণু ভগাটো Ps II লগত সামঞ্জস্য আছে যাৰ ফলত O_2 নিৰ্গত হয়, প্ৰ'টনবিলাক Ps IIলৈ স্থানান্তৰিত হয়।

কাৰ্বন সংস্থাপিত (Carbon Fixation) চক্ৰত আকৌ Co_2 এনজাইম RuBisCo ই লগ লাগি এটা 5C যুক্ত RuBP ৰ যৌগৰ সৃষ্টি কৰে যিটোৱে পাছত ২ টা কাৰ্বনযুক্ত PGA লৈ ৰূপান্তৰিত হয়। এইটো কেলভিন চক্ৰৰ জৰিয়তে শৰ্কৰাজাতীয় পদাৰ্থলৈ ৰূপান্তৰিত হয় আৰু RuBPৰ সৃষ্টি কৰে।

এই পদ্ধতিত পোহৰ বিক্ৰিয়াৰ সৃষ্টি হোৱা ATP আৰু NADPHৰ পাতৰ মধ্যকোষত (mesophyll) উৎপাদন হোৱা ATP আৰু NADPHৰ অপচয় হয়। RuBisCo ই C_3 উদ্ভিদত আলোকশ্বসন পদ্ধতিত অনুঘটন হিচাপে কাম কৰে।

কিছুমান উষ্ণ বায়ুমণ্ডলৰ উদ্ভিদত C_4 চক্ৰ নামৰ এবিধ বিশেষধৰণৰ সালোকসংশ্লেষণ প্ৰক্ৰিয়া দেখা যায়। এইবিলাক উদ্ভিদত পাতৰ মধ্যকোষত সৃষ্টি হোৱা পদাৰ্থবিধ এবিধ 4C যুক্ত যৌগ। কেলভিন চক্ৰৰ সংবহন গুচ্ছৰ কোষবিলাকে শৰ্কৰা জাতীয় দ্ৰব্য উৎপাদন কৰে।

অনুশীলনী

1) বাহ্যিকভাৱে উদ্ভিদ এজোপা চাই তুমি C_4 নে C_3 উদ্ভিদ ক'ব পাৰিবানে? কিয় আৰু কেনেকৈ?
2) কোনটো ভিতৰৰ অংশ চাই তুমি এজোপা উদ্ভিদ C_3 নে C_4 ক'ব পাৰিবা? ব্যাখ্যা কৰা।
3) যদিওবা কমসংখ্যক C_4 উদ্ভিদৰ কোষে জৈৱসংশ্লেষণ প্ৰক্ৰিয়াটো সম্পন্ন কৰে— কেলভিন চক্ৰ তথাপিও উৎপাদনমুখী। তুমি এইটো কিয় হয় আলোচনা কৰা।
4) RuBisCo এবিধ অক্সিজিনেজ আৰু কাৰ্বক্সিলেজ বিক্ৰিয়াত সহায় কৰা এনজাইম। তুমি RuBisCo ই C_4উদ্ভিদত বেছি কাৰ্বক্সিলেছন সংহতিত কৰে বুলি কিয় ভাবিলা?
5) ধৰি লোৱা হ'ল এজোপা উদ্ভিদত ক্ল'ৰ'ফিল b বেছি মাত্ৰাত পোৱা যায় আৰু ক্ল'ৰ'ফিল a নাথাকে। এতিয়া সালোকসংশ্লেষণ হ'বনে? তেতিয়াহ'লে ক্ল'ৰ'ফিল b আৰু অন্যান্য আৱশ্যকীয় ৰঞ্জক পদাৰ্থসমূহৰ ভূমিকা কি?
6) কিয় আন্ধাৰত থকা এজোপা উদ্ভিদৰ পাত সচৰাচৰ ৰঙচুৱা বা মদৰুৱা নাইবা সেউজীয়া ৰঙচুৱা পৰি যায়? তুমি ভবা মতে কোনবিধ ৰঞ্জক পদাৰ্থ বেছি স্থায়ী?

7) কিছুমান উদ্ভিদৰ পাতবোৰ লক্ষ্য কৰা আৰু ৰ'দ পৰা ঠাইত হোৱা উদ্ভিদৰ লগত তুলনা কৰা। নাইবা এটা টাবত হোৱা উদ্ভিদ সূৰ্যৰ পোহৰ পৰা অংশটো ছাঁত থকা অংশৰ লগত তুলনা কৰা। ইয়াৰ ভিতৰত কোনবিধত গাঢ় সেউজীয়া ৰং দেখা যায়? আৰু কিয়?

8) চিত্ৰ 13.10ত সালোকসংশ্লেষণ প্ৰক্ৰিয়াত পৰ্যাপ্তত পোহৰৰ আৱশ্যকীয়তাৰ কথা কোৱা হৈছে। এতিয়া ৰেখাচিত্ৰটো নিৰীক্ষণ কৰি তলৰ প্ৰশ্নসমূহৰ উত্তৰ লিখা।

(a) কোনটো বিন্দুত (a, b, c) বক্ৰৰেখাডাল সীমিতকাৰী কাৰক?

(b) a বিন্দুত কোনটো সীমিতকাৰী কাৰক?

(c) বক্ৰৰেখাডালত a আৰু b বিন্দুত কি সূচায়?

9) তলত দিয়া জোৰাসমূহৰ তুলনামূলক মন্তব্য আগবঢ়োৱা।

(a) C_3 আৰু C_4 চক্ৰ।

(b) আৱৰ্তক (cyclic) আৰু জলাৱৰ্তক (noncyclic) ফছফ'ফৰিলেছন।

(c) C_3 আৰু C_4 উদ্ভিদৰ পাতৰ আভ্যন্তৰীণ গঠন।