

ইউনিট ১৩

সালোক সংশ্লেষণ

পৃথিবীর উদ্ভিদ সমূহকে পুষ্টি প্রাপ্তির নিয়মের উপর ভিত্তি করে দুভাগে ভাগ করা যায়, যথা স্বভোজী উদ্ভিদ এবং পরভোজী উদ্ভিদ। যে সকল উদ্ভিদ মাটি, পানি ও বায়ু হতে সংগৃহীত অজৈব উপাদান সমূহ বিশেষ প্রক্রিয়ায় জৈব খাদ্যে রূপান্তরিত করতে পারে তাদেরকে স্বভোজী উদ্ভিদ বলা হয়। পৃথিবীর সব সবুজ উদ্ভিদই সম্পূর্ণ বা আংশিক ভাবে স্বভোজী। অন্য ভাবে বলা যায় যে সব উদ্ভিদ নিজের খাদ্য নিজে তৈরী করতে পারে তারা স্বভোজী। যে সব উদ্ভিদ নিজের খাদ্য নিজে প্রস্তুত করতে পারে না, তারা প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষ ভাবে সবুজ উদ্ভিদের উপর খাদ্যের জন্য নির্ভরশীল, তারা পরভোজী উদ্ভিদ। যে জটিল অথচ অতীব গুরুত্বপূর্ণ জৈব রাসায়নিক পদ্ধতিতে স্বভোজী উদ্ভিদ আলোক শক্তি ব্যবহার করে অজৈব উপাদান সমূহকে জৈব খাদ্যে রূপান্তরিত করে তাকে সালোক সংশ্লেষণ বলে।

পাঠ- ১ : সালোক সংশ্লেষণ

এ পাঠ অধ্যয়ন শেষে আপনি—

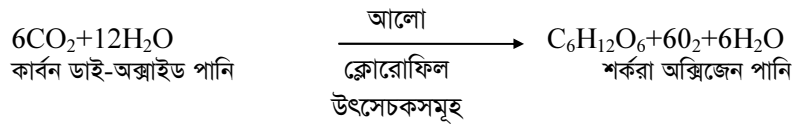
- ◆ সালোক সংশ্লেষণের সংজ্ঞা দিতে পারবেন।
- ◆ সালোক সংশ্লেষণের প্রয়োজনীয় উপাদানগুলি বর্ণনা করতে পারবেন।
- ◆ সূর্যালোকের বর্ণচ্ছটা এবং দৃশ্যমান আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য সম্পর্কে বর্ণনা করতে পারবেন।

সংজ্ঞা : যে উদ্ভিদ শারীরবৃত্তীয় প্রক্রিয়ায় সবুজ উদ্ভিদ সূর্যের আলোক শক্তিকে রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তরিত করে এবং এ রাসায়নিক শক্তি দিয়ে কার্বন ডাই-অক্সাইডকে বিজারিত করে শর্করা জাতীয় খাদ্য প্রস্তুত করে তাকে সালোক সংশ্লেষণ বা ফটোসিনথেসিস বলে।

যেহেতু সালোক সংশ্লেষণে এর সময় কার্বন-ডাই-অক্সাইড শর্করা জাতীয় খাদ্যে রূপান্তরিত হয় সুতরাং ফটোসিনথেসিস প্রক্রিয়ার এই অংশকে কার্বন আন্তীকরণ পদ্ধতি বলে।

সুতরাং সালোক সংশ্লেষণ প্রক্রিয়াকে আলোচনার জন্য দুটি অংশে ভাগ করা যায়। প্রথমত সালোক সংশ্লেষণ বা আলোক রাসায়নিক বিক্রিয়া বা আলোক পর্যায় এবং দ্বিতীয়ত কার্বন ডাই-অক্সাইড বিজারণ বা কার্বন আন্তীকরণ প্রক্রিয়া।

সালোক সংশ্লেষণ প্রক্রিয়ার রাসায়নিক বিক্রিয়া নিচে দেওয়া হলো



সালোক সংশ্লেষণের জন্য প্রয়োজনীয় উপাদানসমূহ

সালোক সংশ্লেষণের জন্য চারটি প্রয়োজনীয় উপাদান হচ্ছে (১) আলো, (২) ক্লোরোফিল, (৩) পানি ও (৪) কার্বন ডাই-অক্সাইড।

বিভিন্ন উপাদান বা নিয়ামকের ভূমিকা

১) আলো

সূর্য হতে যে আলো পৃথিবীতে আসে তার যে অংশ উদ্ভিদের পাতায় পতিত হয় সে অংশের শতকরা ১ থেকে ২ ভাগ মাত্র সালোক সংশ্লেষণে ব্যবহৃত হয়, বাকী ৯৮ থেকে ৯৯ ভাগ সূর্যরশ্মি প্রতিফলিত হয়ে বিভিন্ন দিকে ছড়িয়ে পড়ে অথবা কিছু অংশ তাপ শক্তি রূপে শোষিত হয়।

বিজ্ঞানী অ্যালবার্ট আইনস্টাইন (Albert Einstein) এর মতে সূর্যের আলো এ পৃথিবীতে আসে তড়িৎ চুম্বকীয় বিচ্ছুরিত রশ্মি বা তরঙ্গ (electro magnetic wave) হিসাবে এবং সৌর শক্তি ফোটন (photon) নামক ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কনিকাসমূহের মধ্যে সীমাবদ্ধ থাকে। সূর্যের যে আলো পৃথিবীতে আসে তা বিভিন্ন তরঙ্গদৈর্ঘ্যের হয়। তরঙ্গ দৈর্ঘ্য মিটার, সেন্টিমিটার, ন্যানোমিটার, মিলিমাইক্রন এবং অ্যাংস্ট্রিম হিসাবে প্রকাশ করা হয়।

সূর্যের আলোর (সূর্যরশ্মি)র যে অংশ মানুষের চোখে দৃশ্যমান তা ৩৭০ ন্যানোমিটার (nm) হতে ৭৬০ ন্যানোমিটার (nm) দৈর্ঘ্যের এবং তাকেই দৃশ্যমান তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বলে। দৃশ্যমান তরঙ্গ দৈর্ঘ্যকে প্রধানত সাতটি বর্ণ বা রং বা ভাগে ভাগ করা যায়। প্রত্যেক বর্ণ বা রং এর তরঙ্গদৈর্ঘ্য বিভিন্ন। নীচের ছকে আলোর বর্ণ ও তাদের তরঙ্গদৈর্ঘ্য দেওয়া হল।

চিত্র ১৩.১ : সূর্যালোকের বিভিন্ন বর্ণ ও তাদের তরঙ্গদৈর্ঘ্য

এখানে উল্লেখ্য যে, উদ্ভিদের বিভিন্ন শারীরবৃত্তীয় কার্যাবলী দৃশ্যমান তরঙ্গদৈর্ঘ্যের মধ্যে সীমাবদ্ধ নয়। উদ্ভিদ ৩০০ nm হতে ৮১০ nm তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ব্যবহার করতে পারে। তরঙ্গ দৈর্ঘ্য কম হলে আলোকশক্তি বেশি থাকে এবং তরঙ্গদৈর্ঘ্য বেশি হলে আলোকশক্তি কম থাকে অর্থাৎ তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বাড়লে শক্তির পরিমাণ কমে এবং তরঙ্গ দৈর্ঘ্য কমলে শক্তির পরিমাণ বাড়ে।

উদাহরণ-

বেগুনী ৪০০ ন্যানোমিটার = ৭১,৫০০ ক্যালরী/মোল

সবুজ ৫০০ ন্যানোমিটার = ৫৭,২০০ ক্যালরী/মোল

কমলা ৬০০ ন্যানোমিটার = ৪৭,৬৬৭ ক্যালরী/মোল

আলোর বর্ণ	তড়িৎ চুম্বকীয় তরঙ্গদৈর্ঘ্য (ন্যানোমিটার/মিলিমাইক্রন)
বেগুনী	৩৯০-৪২২
নীল	৪২৩-৪৯২
সবুজ	৪৯৩-৫৩৫
হলুদ	৫৩৬-৫৮৬
কমলা	৫৮৭-৬৪৭
লাল	৬৪৮-৭০০
সুদূর লাল	৭০১-৭৬০
অবলোহিত	৭৬১-৮১০

সালোক সংশ্লেষণের সময় আলোর বেগুনী-নীল ও কমলা-লাল অংশ বেশি ক্লোরোফিল শোষিত করে এবং এরা সালোক সংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় অন্যান্য দৃশ্যমান বর্ণের তুলনায় বেশি কার্যকর। সূর্যালোকের সবুজ বর্ণ সবচেয়ে কম শোষিত হয় এবং সালোক সংশ্লেষণে সবচেয়ে কম কার্যকর।

২) ক্লোরোফিল

উচ্চশ্রেণীর উদ্ভিদের সবুজ অংশে যে ক্লোরোফিল রঞ্জক থাকে তা যৌগিক রঞ্জক এবং এতে ক্লোরোফিল এ (Chla), ক্লোরোফিল বি (Chl b), ক্যারোটিন (Carotene) ও জ্যানথোফিল (Xanthophyll) থাকে। এছাড়া অন্যান্য উদ্ভিদে ক্লোরোফিল সি, ক্লোরোফিল ডি, ক্লোরোফিল ই (chl c, chl d, chl e) থাকে। সালোক সংশ্লেষণকারী ব্যাকটেরিয়াতে ব্যাকটেরিওক্লোরোফিল (bacteriochlorophyll) ও ব্যাকটেরিওভিরিডিন (bacterioviridin) থাকে। এ পর্যন্ত উপরোক্ত সাত প্রকারের ক্লোরোফিল রঞ্জক আবিষ্কৃত হয়েছে।

নীলাভ-সবুজ, বাদামী ও লোহিত শৈবালে ফাইকোবিলিন (phycobilin) নামক রঞ্জক থাকে। ফাইকোবিলিন প্রধানত দুই প্রকারের, লালবর্ণের ফাইকোএরিথ্রিন (phycoerythrin) এবং নীল বাদামী বর্ণের ফাইকোসায়ানিন (phycocyanin) রঞ্জক সূর্যরশ্মির সবুজ অংশ শোষণ করে সালোক সংশ্লেষণে সহায়তা করে।

সালোক সংশ্লেষণের মুখ্য রঞ্জক হচ্ছে ক্লোরোফিল a। ক্লোরোফিল b, ক্যারোটিন ও জ্যানথোফিল সাহায্যকারী রঞ্জক হিসাবে কাজ করে। সাহায্যকারী রঞ্জকসমূহ আলোক রশ্মি তথা আলোকশক্তি শোষণ করে এবং ঐ শক্তি ক্লোরোফিল a তে স্থানান্তরিত করে।

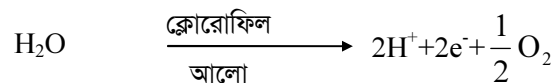
বিভিন্ন রঞ্জক অণুর রাসায়নিক সংকেত

Chl a	C ₅₅ H ₇₂ O ₅ N ₄ Mg
Chl b	C ₅₅ H ₇₀ O ₆ N ₄ Mg
Chl c	সঠিক সংকেত জানা নেই।
Chl d	C ₅₄ H ₇₀ O ₆ N ₄ Mg
Chl e	
Bacteriochlorophyll	C ₅₅ H ₇₄ O ₆ N ₄ Mg
Bacterioviridin	C ₅₅ H ₇₂ O ₆ N ₄ Mg
Phycoerythrin	C ₃₄ H ₄₆ O ₈ N ₄
Phycocyanin	C ₃₄ H ₄₄ O ₈ N ₄

পানি

সালোক সংশ্লেষণ প্রক্রিয়ার জন্য প্রায় সব শ্রেণীর উদ্ভিদের জন্য পানি একটি অত্যাবশ্যিকীয় উপাদান। কিন্তু সালোক সংশ্লেষণকারী কেমোসিনথেটিক ব্যাকটেরিয়ার সালোক সংশ্লেষণে পানির প্রয়োজন হয় না।

ফার্ন, নগ্নবীজী ও গুপ্তবীজী উদ্ভিদসমূহের সালোক সংশ্লেষণের প্রধান স্থান হল পাতার মেসোফিল টিস্যুর কোষে অবস্থিত ক্লোরোপ্লাস্ট। এসব সালোক সংশ্লেষণকারী কোষসমূহে পানি উপস্থিত থাকতে হবে। উদ্ভিদ তার মূলরোম দিয়ে, ফার্ন এর প্রোথ্যালাস এবং ব্রায়োফাইটা রাইজয়েড দিয়ে মাটি কনার ফাঁকে অবস্থিত কৈশিক পানি শোষণ করে। মূলরোম কর্তৃক শোষিত পানি জাইলেম টিস্যুর মাধ্যমে মূল, কাণ্ড, শাখা, প্রশাখার মাধ্যমে পাতার মেসোফিল টিস্যুতে পৌঁছায়। কিছু পরাশ্রয়ী উদ্ভিদ (পরাশ্রয়ী অর্কিড বায়বীয় মূল দিয়ে বায়ুর জলীয় বাষ্প হতে পানি শোষণ করে। অন্য পরাশ্রয়ী ও পরজীবী উদ্ভিদ (যথা ছোট মান্দা, বড় মান্দা, *Loranthus spp.*) এদের বিশেষ ধরনের মূল আশ্রয়দানকারী উদ্ভিদের জাইলেম টিস্যুতে প্রবেশ করে সেখান হতে পানি ও দ্রবীভূত খনিজ দ্রব্য শোষণ করে। পরবর্তীতে এই পানি উদ্ভিদের পাতায় মেসোফিল টিস্যুতে পৌঁছায়। ক্লোরোপ্লাস্টে পৌঁছার পর ঐ পানি বিভাজিত হয় এবং অক্সিজেন উদ্ভূত হয় এবং তার অধিকাংশ পত্ররঞ্জকের মাধ্যমে বাতাসে নির্গত হয়।



৪) কার্বন ডাই অক্সাইড : CO₂ সালোক সংশ্লেষণের মুখ্য উপাদান। সবুজ উদ্ভিদ বায়ু থেকে CO₂ গ্রহণ করে। বায়ুমন্ডলে প্রায় শতকরা ০.০৩৫% বা ৩৫০ পিপিএম (পার্টস পার মিলিয়ন, ppm) CO₂ থাকে। বাতাসের CO₂ খোলা পত্রবৃক্ষের মধ্য দিয়ে পাতার অভ্যন্তরে পৌঁছে এবং পরবর্তীতে ব্যাপনের মাধ্যমে মেসোফিল টিস্যুতে পৌঁছায়। এ কার্বন ডাই-অক্সাইড ক্লোরোপ্লাস্টের স্ট্রোমাতে বিজারিত হয়ে হেকজোস সুগার তৈরী করে।

নিমজ্জিত উদ্ভিদ ও শৈবাল পানিতে দ্রবীভূত কার্বন ডাই-অক্সাইড সারা দেহ দিয়ে গ্রহণ করতে পারে।

সারসংক্ষেপ

- ◆ যে শারীরবৃত্তীয় প্রক্রিয়ায় সবুজ উদ্ভিদ সূর্যের আলোক শক্তিকে রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তরিত করে এবং ঐ রাসায়নিক শক্তি দিয়ে কার্বন ডাই-অক্সাইডকে বিজারিত করে শর্করা জাতীয় খাদ্য প্রস্তুত করে তাকে সালোক সংশ্লেষণ বা ফটোসিনথেসিস বলে।
- ◆ সালোক সংশ্লেষণের জন্য চারটি প্রয়োজনীয় উপাদান হচ্ছে (১) আলো (২) ক্লোরোফিল (৩) পানি ও (৪) কার্বন ডাই-অক্সাইড।
- ◆ সবুজ উদ্ভিদ সালোক সংশ্লেষণ প্রক্রিয়ার জন্য যে কোন তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলো ব্যবহার করতে পারে না, কেবলমাত্র ৩০০nm থেকে ৮১০nm পর্যন্ত তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো উদ্ভিদ ব্যবহার করতে পারে।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন- ১

সঠিক উত্তরের পাশে টিক চিহ্ন (✓) দিন।

- ১। সালোক সংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় আলোকশক্তি কোন শক্তিতে রূপান্তরিত হয়?
ক. তাপ শক্তি
খ. রাসায়নিক শক্তি
গ. বিদ্যুৎ শক্তি
ঘ. চুম্বক শক্তি
- ২। সালোক সংশ্লেষণ প্রক্রিয়াটি উদ্ভিদের কোন অংশে ঘটে?
ক. কাণ্ডে
খ. মূলে
গ. পাতায়
ঘ. সবুজ অংশে
- ৩। উদ্ভিদ কোষের কোন অংশে সালোক সংশ্লেষণ হয়?
ক. ক্লোরোপ্লাস্ট
খ. লিউকোপ্লাস্ট
গ. ক্রোমোপ্লাস্ট
ঘ. টোনোপ্লাস্ট
- ৪। সালোক সংশ্লেষণে প্রয়োজনীয় উপাদান কোনটি?
ক. আলো, ক্লোরোফিল, পানি O₂
খ. আলো, পানি, CO₂ ও O₂
গ. আলো, পানি, ক্লোরোফিল ও CO₂
ঘ. আলো, ক্লোরোফিল, CO₂ ও O₂

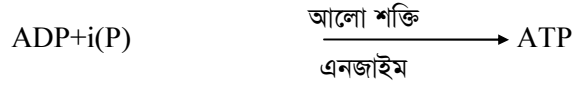
পাঠ- ২ : আলোক রাসায়নিক বিক্রিয়া

এ পাঠ অধ্যয়ন শেষে আপনি—

- ◆ আলোক রাসায়নিক বিক্রিয়া কি তা উল্লেখ করতে পারবেন।
- ◆ ফসফোরাইলেশন ও ফটোফসফোরাইলেশনের সংজ্ঞা লিখতে পারবেন।
- ◆ চক্রীয় ও অচক্রীয় ফটোফসফোরাইলেশন বর্ণনা করতে পারবেন।
- ◆ চক্রীয় ও অচক্রীয় ফটোফসফোরাইলেশনের মধ্যে পার্থক্য নিরূপন করতে পারবেন।

সালোক সংশ্লেষণের আলোক রাসায়নিক বিক্রিয়া পর্যায়ে সূর্য হতে আগত আলোক রশ্মি উদ্ভিদের সবুজ অঙ্গে পতিত হলে ঐ সব অঙ্গে অবস্থিত ক্লোরোফিল পতিত আলোকরশ্মির খানিকটা অংশ শোষণ করে। শোষণকৃত আলোকরশ্মিতে আলোকশক্তি (light energy) থাকে। আলোক রশ্মি ক্লোরোফিল অণুতে পতিত হলে ক্লোরোফিল তা শোষণ করে আলোক শক্তিকে রাসায়নিক শক্তিতে (chemical energy) রূপান্তরিত করে। সালোক সংশ্লেষণের এ আলোক পর্যায় বেশ জটিল অথচ খুবই গুরুত্বপূর্ণ।

এ আলোক রাসায়নিক পর্যায়ে ক্লোরোফিল কর্তৃক শোষিত আলো শক্তি ব্যবহার করে দুপ্রকার উচ্চ শক্তি সম্পন্ন রাসায়নিক পদার্থ তৈরী হয়। প্রথমত ADP=(Adenosine diphosphate) আলোকশক্তি ব্যবহার করে এক অণু অজৈব ফসফেটের সাথে মিলিত হয়ে ATP=(Adenosine triphosphate) তে রূপান্তরিত হয়।



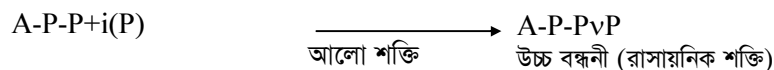
দ্বিতীয়ত NADP (Nicotinamide Adenine Dinucleotide Phosphate) আলোকশক্তি ব্যবহার করে 2H^+ ও 2e^- এর সাথে মিলিত হয়ে বিজারিত NADPH_2 (Reduced Nicotinamide Adenine Dinucleotide Phosphate) তে রূপান্তরিত হয়।

ATP ও NADPH_2 রাসায়নিক বস্তু, এরা ADP ও NADH হতে অনেক উচ্চ শক্তি সম্পন্ন। এদের তৈরী করার সময় আলো শক্তি ব্যবহৃত হয়ে রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

ফসফোরাইলেশন : কোন রাসায়নিক পদার্থের সাথে ফসফেট গ্রুপ (ip/pi/(p)/2(p)= H_3PO_4) যোগ হবার প্রক্রিয়াকে ফসফোরাইলেশন বলে। ফসফোরাইলেশন তিন প্রকার যথা (১) ফটোফসফোরাইলেশন, (Photo phosphorylation) (২) সাবস্ট্রেট লেভেল ফসফোরাইলেশন (substrate level phosphorylation) এবং (৩) অক্সিডেটিভ ফসফোরাইলেশন (oxidative phosphorylation)।

উপরোক্ত তিন প্রকার ফসফোরাইলেশনের মধ্যে ফটোফসফোরাইলেশন সালোক সংশ্লেষণের সময় ঘটে এবং অক্সিডেটিভ ফসফোরাইলেশন সবাত শ্বসনের সময় ঘটে। সাবস্ট্রেট লেভেল ফসফোরাইলেশন শ্বসনের সময় ঘটে।

ফটোফসফোরাইলেশন : সালোক সংশ্লেষণের সময় ADP এর সাথে কোষে অবস্থিত অজৈব ফসফেট (inorganic phosphate/ H_3PO_4 /i(P)/ iP/Pi) যুক্ত হয়ে ATP গঠন করে। ADP এর সাথে i(P) যুক্ত করার জন্য অনেক শক্তির প্রয়োজন হয় এবং সালোক সংশ্লেষণে এ প্রয়োজনীয় শক্তি পাওয়া যায় সূর্যালোকের আলো শক্তি হতে। এ প্রকার ফসফোরাইলেশন যেখানে আলোক (photo) শক্তি ফসফোরাইলেশন ঘটায় তাকে ফটোফসফোরাইলেশন বলা হয়। ফটোফসফোরাইলেশনের মাধ্যমে তৈরী ATP তে আলোক শক্তি রাসায়নিক শক্তি হিসাবে রূপান্তরিত হয়ে জমা থাকে।



ফটোফসফোরাইলেশন প্রকারভেদ : সালোক সংশ্লেষণের সময় যে ফটোফসফোরাইলেশন হয় তা দুই প্রকারের। যথা (১) চক্রীয় ফটোফসফোরাইলেশন (cyclic photo phosphorylation) এবং (২) অচক্রীয় ফটোফসফোরাইলেশন (non-cyclic photophosphorylation)।

এ দুই প্রকার ফটোফসফোরাইলেশন প্রক্রিয়ার সাথে পিগমেন্ট সিস্টেম (pigment system) বা ফটো সিস্টেম (photo system) এর সম্পর্ক থাকায় ফটো ফসফোরাইলেশন প্রক্রিয়া দুটি বর্ণনার পূর্বে সিস্টেম দুটির সংক্ষিপ্ত আলোচনা করা প্রয়োজন।

পিগমেন্ট সিস্টেম/ফটোসিস্টেম

ঊনবিংশ শতাব্দীর পঞ্চদশ দশকের শেষ ভাগে এবং ষাটের দশকের প্রথম দিকে বলা হয় যে সূর্যের আলোকশক্তি রাসায়নিকশক্তিকে রূপান্তরিত করার জন্যে দুটি পিগমেন্ট সিস্টেম বা রঞ্জকতন্ত্র কাজ করে। একটির নাম পিগমেন্ট সিস্টেম I (Pigment System I) এবং অন্যটি পিগমেন্ট সিস্টেম II (Pigment System II, PS II)। পিগমেন্ট সিস্টেম I (Pigment System I, PS I) এর ক্লোরোফিল a র আলোক শোষণ হয় ৬৮৩ nm তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলো যা পরবর্তীতে ৭০০ nm তরঙ্গ দৈর্ঘ্যে রূপান্তরিত হয়ে কার্যক্ষম হয় বা ক্লোরোফিল অণুকে উচ্চ শক্তি সম্পন্ন বা উত্তেজিত করে।

পিগমেন্ট সিস্টেম II (PS II) এর ক্লোরোফিল a রঞ্জক পিগমেন্ট সমূহ ৬৭৩ nm তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলো সর্বাধিক শোষণ করে যা পরবর্তীতে ৬৮০ nm তরঙ্গদৈর্ঘ্যে রূপান্তরিত হয়ে কার্যক্ষম হয়।

তাহলে আলোক বিক্রিয়ার সময় দুরকম ক্লোরোফিল a রঞ্জক কাজ করে, তার একটি ৭০০ nm এর এবং অন্যটি ৬৮০ nm তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলোতে রূপান্তরিত হয়ে কার্যক্ষম হয়।

অন্য দিকে যদি আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের কথা বিবেচনা করা হয় তবে এদেরকে ফটোসিস্টেম I (Photo System I/PS I) ও ফটোসিস্টেম II (Photo System II/PS II) বলা হয়।

PS I এ আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য ৬৮৩-৭০০ nm এবং PS II তে আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য ৬৭৩-৬৮০ nm.

সূত্রাং PS I বলতে পিগমেন্ট সিস্টেম I বা রঞ্জকতন্ত্র I এবং ফটোসিস্টেম I বা আলোসিস্টেম I দুটিকেই বোঝায়। একই ভাবে PS II বলতে পিগমেন্ট সিস্টেম II বা রঞ্জকতন্ত্র II এবং ফটোসিস্টেম II বা আলোসিস্টেম II কে বুঝায়।

পিগমেন্ট সিস্টেম Iতে ক্লোরোফিল a সর্বাধিক থাকে, তা ছাড়া কিছু ক্লোরোফিল b এবং ক্যারটিনয়েডসমূহ ও কার্যকর।

পিগমেন্ট সিস্টেম II এ ৬৭৩-৬৮০ nm তরঙ্গদৈর্ঘ্য শোষণক্ষম ক্লোরোফিল a থাকে তাছাড়া ক্লোরোফিল b ও ক্যারটিনয়েডসমূহ থাকে।

নিম্নশ্রেণীর উদ্ভিদ তথা সালোক সংশ্লেষণকারী ব্যাকটেরিয়াতে শুধু পিগমেন্ট সিস্টেম II বা ফটোসিস্টেম II সালোকসংশ্লেষণের আলোক পর্যায় সম্পন্ন করে। উচ্চশ্রেণীর উদ্ভিদ সমূহে PS I ও PS II মিলিত ভাবে আলোক পর্যায় সম্পন্ন করে।

চক্রীয় ফটোফসফোরাইলেশনে শুধু ফটোসিস্টেম I বা পিগমেন্ট সিস্টেম I(PS I) জড়িত। কিন্তু অচক্রীয় ফটোফসফোরাইলেশনের সময় PSI এবং PSII উভয়েই জড়িত।

চক্রীয় ফটোফসফোরাইলেশন (Cyclic Photophosphorylation)

সংজ্ঞা : যে ফটোফসফোরাইলেশন প্রক্রিয়ায় PS I ক্লোরোফিল অণু (P700) হতে উৎক্ষিপ্ত উচ্চশক্তিসম্পন্ন ইলেকট্রন বিভিন্ন ইলেকট্রন বাহকের মাধ্যমে পুনরায় ঐ ক্লোরোফিল অণুতে শক্তিহীন অবস্থায় ফিরে আসে এবং বাহকগুলির মাধ্যমে ফিরে আসার সময় প্রতিবার ২টি ATP অণু তৈরী করে এবং প্রক্রিয়াটি চক্রাকারে চলতে থাকে তাই তাকে চক্রীয় ফটোফসফোরাইলেশন বলে।

পদ্ধতি : চক্রীয় ফটোফসফোরাইলেশন প্রক্রিয়ায় শুধু PS I (ফটোসিস্টেম I/পিগমেন্ট সিস্টেম I) অংশ গ্রহণ করে।

চিত্র ১৩.২ : চক্রীয় ফটোসিসফেরাইলেশন

যখন PSI এর ক্লোরোফিল অণুসমূহের উপর ৬৮০ nm এর অধিক তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলোকরশ্মি পতিত হয় তখন ক্লোরোফিল অণুসমূহ আলো শোষণ করে এর আলোতে উপস্থিত আলো শক্তি গ্রহণ করে। উচ্চ শক্তি সম্পন্ন ক্লোরোফিল অণু তাদের আলোশক্তি P700 নামক ক্লোরোফিল অণুতে পৌঁছে দেয়। P700 এ সব শক্তি গ্রহণ করে উচ্চশক্তিসম্পন্ন P700 হয় এবং এ উত্তেজিত P700 (P^*700) অণু হতে দুটি উচ্চশক্তিসম্পন্ন ইলেকট্রন ($2e^{-}$) বের হয়ে আসে এবং একটি লৌহ সালফার ঘটিত প্রথম গ্রাহক (A(Fes) দিয়ে গৃহীত হয় এবং গ্রাহকটি বিজারিত হয়। এ বিজারিত প্রথম গ্রাহককে বিভিন্ন বিজ্ঞানী বিভিন্ন নামে আখ্যায়িত করেছেন। এখানে এটি ফেরেডকিসন (Fd) দেখান হয়েছে।

যাহোক, প্রথম বিজারিত গ্রাহক হতে উচ্চশক্তি সম্পন্ন ইলেকট্রন দ্বিতীয় গ্রাহক Cyt b_6 (cytochrome b_6) এর কাছে হস্তান্তরিত হয় এবং এই হস্তান্তরিত হবার সময় উচ্চশক্তিসম্পন্ন ইলেকট্রন দুটির কিছু শক্তি নির্গত হয় এবং ঐ নির্গত শক্তি ADP এর সাথে iP এর মিলন ঘটিয়ে এক অণু ATP তৈরী করে। পরবর্তীতে ঐ দুইটি ইলেকট্রন Cyt b_6 হতে প্লাস্টোকুইনোন (PQ) নামক গ্রাহক কর্তৃক গৃহীত হয় এবং প্লাস্টোকুইনোন বিজারিত (PQH_2) হয়। বিজারিত PQ হতে ইলেকট্রনদ্বয় অতঃপর সাইটোক্রোম f(cyt.f) নামক ইলেকট্রন গ্রাহকের কাছে হস্তান্তরিত হয় এবং এ সময় ইলেকট্রনদ্বয় হতে শক্তি নির্গত হয় এবং নির্গত শক্তি ব্যবহার করে আবার একটি ADP ও iP এর মিলন ঘটিয়ে আর একটি ATP উৎপন্ন হয়।

এভাবে দুটি ATP তৈরী করতে উচ্চ শক্তিসম্পন্ন ইলেকট্রনদ্বয়ের প্রায় সব শক্তি ব্যয় হয়ে যায় এবং প্লাস্টোসায়ানিন (PC) নামক গ্রাহক কর্তৃক গৃহীত হয় এবং শেষ ধাপে P700 এ ফিরে যায়।

পরবর্তীতে পুনরায় আলোশক্তি গ্রহণ করে একই ভাবে P700 এর ইলেকট্রন চক্রাকারে ঘুরতে থাকে। PSI এ এভাবে আলোশক্তি গ্রহণ করে ইলেকট্রনসমূহ P700 হতে বের হয়ে আবার P700 তে ফিরে আসে এবং এ পথচলায় প্রতিবার দুটি করে অণু তৈরী করে। প্রক্রিয়াটি চক্রাকারে চলতে থাকে বলে একে চক্রীয় ফটোসিসফেরাইলেশন বলে।

অচক্রীয় ফটোফসফোরাইলেশন (Non-cyclic photophosphorylation)

সংজ্ঞা : যে ফটোফসফোরাইলেশন প্রক্রিয়ায় সূর্যের আলোকশক্তি গ্রহণ করে PSII এর ক্লোরোফিল অণু (P680) হতে উৎক্ষিপ্ত উচ্চশক্তি সম্পন্ন ইলেকট্রন বিভিন্ন ইলেকট্রন বাহকের মাধ্যমে পুনরায় PSII এর ক্লোরোফিল অণুতে ফিরে আসে না; কিন্তু বিভিন্ন বাহকের মাধ্যমে PSI এ যেয়ে থামে চক্রাকারে আবর্তিত হয় না এবং এ সময় শুধু একবার ADP এর সাথে iP মিলন ঘটিয়ে একটি ATP তৈরী করে এবং এ জন্যই একে অচক্রীয় ফটোফসফোরাইলেশন বলে।

অচক্রীয় ফটোফসফোরাইলেশনের সময় PSI এবং PSII উভয়ই অংশগ্রহণ করে। এখানে ATP তৈরী হয়, পানির সালোকবিভাজন হয় এবং একটি রাসায়নিক পদার্থ NADP PSI এর ইলেকট্রন ও পানির প্রোটন দিয়ে বিজারিত হয়ে ATP হতে তিন গুন বেশী উচ্চশক্তি সম্পন্ন NADPH₂ তৈরী হয়।

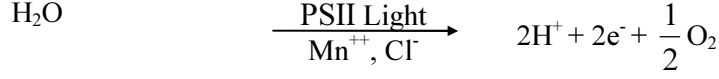
১। PSII এর ক্লোরোফিল অণুসমূহ ৬৭৩ nm তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলোকশক্তি শোষণ করে এক অণু হতে অন্য অণুতে স্থানান্তরিত করে শেষ পর্যন্ত P680 বিক্রিয়া কেন্দ্রে পৌঁছায়।

২। P680 এর অরবিট হতে ২টি উচ্চশক্তিসম্পন্ন ইলেকট্রন বের হয়ে আসে এবং PQ নামক অজানা ইলেকট্রন গ্রাহক কর্তৃক গৃহীত হয়। পরবর্তীতে উচ্চশক্তি সম্পন্ন এ ইলেকট্রন দুটি অজানা গ্রাহক B কর্তৃক গৃহীত হয়। পরে B হতে ইলেকট্রনদ্বয় PQ কর্তৃক গৃহীত হয়। PQ হতে ইলেকট্রনদ্বয় পরবর্তীতে Cyt f কর্তৃক গৃহীত হবার পথে কিছু শক্তি নির্গত করে এবং ঐ আলোকশক্তি ব্যবহার করে ADP ও iP এর মিলনের ফলে একটি ATP উৎপন্ন হয়। Cyt f হতে ইলেকট্রনদ্বয় PC কর্তৃক গৃহীত হয় এবং সেখান হতে PSI যেয়ে থেমে যায়।

চিত্র ১৩.৩ : অচক্রীয় ফটোফসফোরাইলেশন

পানির সালোক বিভাজন (Photolysis of water)

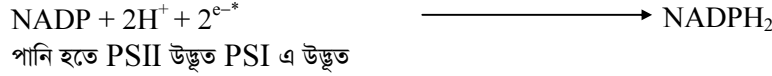
PSII তে আলোরশি পতিত হলে তথায় কোষে অবস্থিত পানি ম্যাংগানিজ (Mn^{++}) ও ক্লোরিন (Cl^-) এর উপস্থিতিতে ভেঙে দুটি প্রোটন, দুটি ইলেকট্রন ও অক্সিজেনে পরিবর্তিত হয়।



পানি বিভাজনের ফলে উদ্ভূত অক্সিজেনই সালোক সংশ্লেষণে উদ্ভূত অক্সিজেন।

পানি বিভাজনের ফলে উদ্ভূত দুটি প্রোটন ($2H^+$) NADP কে বিজারিত করতে ব্যবহৃত হয় এবং উদ্ভূত দুটি ইলেকট্রন ($2e^-$) PSII এর ক্লোরোফিল ৬৮০ (P680) হতে উৎক্ষিপ্ত (নির্গত) দুটি ইলেকট্রন আর P680 তে ফিরে না আসায় ইলেকট্রনের যে শূন্যতা হয় তা পূরণ করে।

অচক্রীয় ফটোফসফোরাইলেশনের সময় ৬৮৩ nm এর অধিক তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলোরশি PSI এর উপর পতিত হলে সেখানে ক্লোরোফিল a রঞ্জকসমূহ আলোশক্তি P700 নামক বিক্রিয়াকেন্দ্রে পৌঁছায়। P700 বিক্রিয়া কেন্দ্র হতে দুটি উচ্চশক্তি সম্পন্ন (উত্তেজিত) ইলেকট্রন একটি অজানা লৌহ-সালফার ঘটিত গ্রাহক [A(FeS); A=Acceptor বা গ্রাহক FeS=Iron sulphur compound বা লৌহ সালফার যৌগ] কর্তৃক গৃহীত হয় এবং উত্তেজিত ইলেকট্রনদ্বয় পরবর্তী ধাপে ফেরেডক্সিন (ferredoxin) নামক ইলেকট্রন গ্রহীতাকে বিজারিত করে। এর পর ফেরেডক্সিন reductase নামক উৎসেচকের কার্যকারীতায় ফেরেডক্সিন হতে উত্তেজিত ইলেকট্রনদ্বয় ($2e^-$) পানির সালোক বিভাজনের সময় উদ্ভূত দুইটি প্রোটন ($2H^+$) র সঙ্গে একযোগে NADP কে বিজারিত করে।



সমগ্র অচক্রীয় ফটোফসফোরাইলেশন তুলনামূলক ভাবে জটিল। এখানে আলোশক্তি ব্যবহার করে তিনটি ঘটনা ঘটে; যথা, (১) ATP উৎপন্ন হয় অচক্রীয় ফটোফসফোরাইলেশন, (২) NADPH₂ উৎপন্ন হয় এবং (৩) সালোকবিভাজনে পানির বিশ্লেষণের ফলে অক্সিজেন (O_2) উদ্ভূত হয়।

চক্রীয় ও অচক্রীয় ফটোফসফোরাইলেশনের মধ্যে পার্থক্য

চক্রীয় ফটোফসফোরাইলেশন	অচক্রীয় ফটোফসফোরাইলেশন
১. P700 হতে উৎক্ষিপ্ত দুটি ইলেকট্রন বিভিন্ন বাহকের মাধ্যমে বাহিত হয়ে পুনরায় P700 তে ফিরে যায় এবং প্রক্রিয়াটি চক্রাকারে চলতে থাকে।	১. PSII হতে উৎক্ষিপ্ত দুটি ইলেকট্রন বিভিন্ন বাহকের মাধ্যমে বাহিত হয়ে PSI এ চেয়ে থেমে যায়। কখনো PSII তে ফিরে যায় না।
২. শুধুমাত্র PSI প্রক্রিয়াটির সাথে জড়িত।	২. PSI এবং PSII উভয়ই প্রক্রিয়াটির সাথে জড়িত।
৩. পানির প্রয়োজন হয় না।	৩. পানির প্রয়োজন হয়।
৪. অক্সিজেন উৎপন্ন হয় না, কারণ পানি ব্যবহৃত হয় না।	৪. PSII তে পানির সালোক বিভাজনের ফলে অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।
৫. দুইটি ATP অণু সৃষ্টি হয়।	৫. একটি ATP অণু সৃষ্টি হয়।
৬. কোন NADPH ₂ অণু সৃষ্টি হয় না।	৬. একটি NADPH ₂ অণু সৃষ্টি হয়।

সারসংক্ষেপ

- ◆ কোন রাসায়নিক পদার্থের সাথে ফসফেট গ্রুপ যোগ হবার প্রক্রিয়াকে বলা হয় ফসফোরাইলেশন।
- ◆ ফসফোরাইলেশন তিন প্রকার, যথা- ফটোফসফোরাইলেশন, সাবস্ট্রেট লেভেল ফসফোরাইলেশন ও অক্সিডেটিভ ফসফোরাইলেশন।
- ◆ ফটোফসফোরাইলেশন দুধরনের, যথা- চক্রীয় ফটোফসফোরাইলেশন ও অচক্রীয় ফটোফসফোরাইলেশন।

এইচএসসি প্রোগ্রাম

পাঠোত্তর মূল্যায়ন- ২

সঠিক উত্তরের পাশে টিক চিহ্ন (✓) দিন।

১। NADP কি

ক. এনজাইম

গ. ভিটামিন

খ. কো-এনজাইম

ঘ. ফাইটোহরমোন

২। সালোক সংশ্লেষণে নির্গত অক্সিজেনের উৎস কি?

ক. পানি

গ. ATP

খ. CO₂

ঘ. NADP

৩। PSI এ আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য কত?

ক. ৬৭৩-৬৮০ nm

গ. ৬৯৩-৭০০ nm

খ. ৬৬৩-৬৮০ nm

ঘ. ৬৮৩-৭০০ nm

পাঠ- ৩ : সালোক সংশ্লেষণে কার্বন আত্মীকরণ বা রাসায়নিক কার্বন বিজারণ অধ্যায়

এ পাঠ অধ্যয়ন শেষে আপনি—

- ◆ কার্বন আত্মীকরণ প্রক্রিয়া প্রক্রিয়া ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- ◆ C_3 , C_4 ও CAM পথ চক্রের বর্ণনা দিতে পারবেন।
- ◆ C_3 , C_4 পথ চক্রের মধ্যে পার্থক্য নিরূপণ করতে পারবেন।

সালোক সংশ্লেষণের যে পর্যায়ে কার্বন-ডাই-অক্সাইড বিভিন্ন ভাবে কোষের মেসোফিল টিস্যুতে প্রবেশ করার পর আলোক পর্যায়ে সৃষ্ট ATP ও $NADPH_2$ দিয়ে বিজারিত হয়ে কার্বোহাইড্রেট বা শর্করা জাতীয় জৈব খাদ্যে রূপান্তরিত হয় তাকে অধুনা কালে কার্বন আত্মীকরণ (carbon assimilation) বা সালোক সংশ্লেষণের রাসায়নিক পর্যায় (chemical reaction phase) বলা হয়। ১৯০৫ খ্রীষ্টাব্দে ইংরেজি বিজ্ঞানী F. F. Blackman সালোক সংশ্লেষণের এই পর্যায় অন্ধকার পর্যায় (dark reaction) নামে অভিহিত করে ছিলেন। কারণ কার্বন আত্মীকরণ পর্যায়টির জন্য তাত্ত্বিক ভাবে কোন আলোর প্রয়োজন হয় না। কিন্তু প্রকৃতিতে C_3 ও C_4 উদ্ভিদে এই কার্বন আত্মীকরণ পর্যায় দিনের বেলায় সূর্যের উপস্থিতিতে হয়, রাত্রিবেলা হয় না।

কার্বন ডাই-অক্সাইড হতে বিভিন্ন রাসায়নিক বিক্রিয়ার মাধ্যমে কার্বোহাইড্রেট সৃষ্টির তিনটি স্বীকৃত পথ আছে। যথা,

- (১) ক্যালভিন চক্র (Calvin cycle) বা C_3 চক্র (কার্বন- ৩ চক্র)
- (২) হ্যাচ ও প্যাক চক্র (Hatch and Slack cycle) বা C_4 চক্র (কার্বন-৪ চক্র)
- (৩) CAM পথ (Crassulacean Acid Metabolism pathway)

ক্যালভিন চক্র : যুক্তরাষ্ট্রের ক্যালিফোর্নিয়া বিশ্ববিদ্যালয়ের বার্কলে ক্যাম্পাস এর Melvin Calvin ও তার সহকর্মীরা বিংশ শতাব্দীর চল্লিশ দশকের শেষভাগ ও পঞ্চাশ দশকের প্রথমভাগে দীর্ঘস্থায়ী তেজস্ক্রিয় কার্বন (^{14}C) সাধারণ কার্বনের (^{12}C) তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ ব্যবহার করে কার্বনডাইঅক্সাইড বিজারণের যে পথ আবিষ্কার করেন তাকে ক্যালভিন চক্র বলা হয়। আজকাল এই চক্রকে C_3 পথ বা কার্বন- ৩ পথও বলা হয়। যে সব উদ্ভিদে C_3 পথ বর্তমান তাদেরকে C_3 উদ্ভিদ বলা হয়। পৃথিবীর অধিকাংশ উদ্ভিদ C_3 উদ্ভিদ।

ক্যালভিন চক্র অণুযায়ী স্থলজ ও ভাসমান জলজ উদ্ভিদের জন্য বায়ুমন্ডলের CO_2 , এবং নিমজ্জিত জলজ উদ্ভিদে পানিতে দ্রবীভূত CO_2 পাতার অভ্যন্তরে প্রবেশ করে পাতার মেসোফিল টিস্যুতে অবস্থিত ৫-কার্বন বিশিষ্ট CO_2 গ্রাহক রাইবুলোজ ১,৫-বিসফসফেট (ribulose 1,5- bis phosphate, RUBP) পূর্বের নাম রাইবুলোজ ১,৫- diphosphate, RUDP নামক কিটোসুগারের সাথে মিলিত হয়ে একটি ৬-কার্বন বিশিষ্ট অস্থায়ী কিটো অ্যাসিডের সৃষ্টি হয়। এ বিক্রিয়ার জন্য প্রয়োজনীয় এনজাইমের বর্তমান নাম রুবিসকো (rubisco = ribulose biphosphate carboxylase oxygenase, পূর্বের নাম RUDP carboxylase অথবা carboxy dismutase)।

রাইবুলোজ ১,৫- বিসফসফেট ও CO_2 র মিলনের ফলে যে অস্থায়ী ৬-কার্বন বিশিষ্ট কিটোঅ্যাসিড তৈরী হয় তা rubisco এনজাইম দিয়ে ভেঙ্গে দুই অণু ৩-কার্বন বিশিষ্ট ফসফোগ্লিসারিক অ্যাসিড তৈরী হয়। একে ৩-ফসফোগ্লিসারিক অ্যাসিড (3-PGA) বলা হয় এবং এটি ক্যালভিন চক্রে প্রথম স্থায়ী পদার্থ। যেহেতু ক্যালভিন চক্রের প্রথম স্থায়ী পদার্থ ৩-কার্বন বিশিষ্ট তাই এ চক্রকে C_3 চক্রও বলা হয়। যে সব উদ্ভিদে C_3 চক্র বিদ্যমান সেইসব উদ্ভিদ C_3 উদ্ভিদ বলা হয়।

ফসফোগ্লিসারিক অ্যাসিড ATP হতে শক্তি গ্রহণ করে ১,৩ ডাইফসফোগ্লিসারিক অ্যাসিডে রূপান্তরিত হয়। পরবর্তীতে ১,৩- ডাইফসফোগ্লিসারিক অ্যাসিড (1,3-PGA) $NADPH_2$ কর্তৃক বিজারিত হয়ে ৩-ফসফোগ্লিসারেলডিহাইড (3PGAL) তৈরী করে।

৩ ফসফোগ্লিসারেলডিহাইড ট্রায়োজ ফসফেট আইসোমারেজ উৎসেচকের ক্রিয়ার ফলে ডাইহাইড্রক্সি অ্যাসিটোন ফসফেট (DHAP) তৈরী করে।

পরবর্তীতে এক অণু PGAL ও এক অণু DHAP মিলিত হয়ে এক অণু ছয় কার্বন বিশিষ্ট ফ্রুক্টোজ ১,৬-বিসফসফেট তৈরী করে। এর পর ফসফেটেজ উৎসেচকের ক্রিয়ায় ফ্রুক্টোজ-৬ ফসফেট হয় এবং পরে কয়েকটি রাসায়নিক ধাপের শেষে বেশির ভাগ উদ্ভিদে সুক্রোজ বা শর্করা জাতীয় খাদ্য উৎপন্ন হয়।

চিত্র ১৩.৪ : ক্যালভিন চক্র (সরলীকৃত)

যেহেতু রাইবুলোজ ১-৫ বিসফসফেট C_3 উদ্ভিদে CO_2 এর একমাত্র গ্রাহক সেহেতু এটির পুনঃসৃষ্টির প্রয়োজন। কিছু পরিমাণ ৩ PGAL ও DHAP ফ্রুক্টোজ ৬-ফসফেটের সাথে বিক্রিয়া করে এবং আরো কতগুলি রাসায়নিক ধাপের মাধ্যমে রাইবুলোজ ৫-ফসফেট বা রাইবুলোজ মনোফসফেট তৈরী করে। এ রাইবুলোজ ৫-ফসফেট ATP হতে ফসফেট গ্রহণ করে রাইবুলোজ ১,৫-বিস ফসফেট (CO_2 গ্রাহক) তৈরী করে। রাইবুলোজ ১,৫-বিসফসফেট পুনরায় CO_2 গ্রহণ করে এবং C_3 চক্র চলতে থাকে।

হ্যাচ ও প্যাক চক্র

১৯৬৬ খ্রীষ্টাব্দে দুইজন অস্ট্রেলীয় বিজ্ঞানী M. D. Hatch and C. R. Slack ইক্ষু উদ্ভিদের সালোক সংশ্লেষণ এর রাসায়নিক পর্যায় সম্পর্কে গবেষণার সময় দেখেন যে সালোক সংশ্লেষণের প্রথম স্থায়ী পদার্থ চার -কার্বন বিশিষ্ট। এই চার কার্বন বিশিষ্ট পদার্থ সমূহের মধ্যে সবচেয়ে বেশী অক্সালো অ্যাসিটিক অ্যাসিড। হ্যাচ ও প্যাক এবং অন্যান্য উদ্ভিদ বিজ্ঞানীগণ প্রমাণ করেছেন যে *Saccharum officinarum* (ইক্ষু), *Zea mays* (ভুট্টা), *Panicum maximum*, *Chloris gayana*, *Atriplex spongiosa*, *Digitaria sanguinalis*, *Cyperus rotundus* (মুথা ঘাস), *Amaranthus spinosus* (কাটানটে), *Amaranthus gangeticus* (ডাটাশাক) এবং অন্যান্য *Amaranthus species*, *millet* প্রভৃতি উদ্ভিদে হ্যাচ ও প্যাক চক্র হয়। যেহেতু এসব উদ্ভিদে প্রথম স্থায়ী পদার্থ চার কার্বন বিশিষ্ট সেহেতু হ্যাচ ও প্যাক চক্রকে চার কার্বন চক্র ও বলা হয় এবং যে সব উদ্ভিদে এই চক্র চলে তাদেরকে C_4 উদ্ভিদ বলা হয়। হ্যাচ ও প্যাক চক্র অনুযায়ী বায়ুমন্ডলের CO_2 মেসোফিল টিস্যুর মধ্যে প্রবেশ করলে ৩ কার্বন বিশিষ্ট ফসফোইনল পাইরুভিক অ্যাসিড এর সাথে বিক্রিয়া করে ৪-কার্বন বিশিষ্ট অক্সালো অ্যাসিটিক অ্যাসিড তৈরী হয় এবং এ বিক্রিয়ার জন্য উৎসেচক ফসফোইনল পাইরুভিক অ্যাসিড কার্বোক্সিলেজ। অক্সালো অ্যাসিটিক অ্যাসিড পরবর্তীতে ম্যালিক অ্যাসিড (malic acid) অথবা অ্যাসপারটিক অ্যাসিডে (aspartic acid) এ রূপান্তরিত হয়। এ পর্যন্ত রাসায়নিক বিক্রিয়াসমূহ মেসোফিল টিস্যুতে হয়।

পরবর্তীতে ম্যালিক অ্যাসিড বা অ্যাসপারটিক অ্যাসিড মেসোফিল টিস্যু হতে বান্ডল সীথ কোষ সমূহে প্রবেশ করে। C_4 উদ্ভিদের পরিবহন টিস্যুর চারপাশে বিশেষ ধরনের প্যারেনকাইমা কোষসমূহ থাকে এবং এই সব কোষে ক্লোরোপ্লাস্ট থাকে এবং এদেরকে বান্ডলশীথ কোষ বলে। বান্ডলশীথ কোষসমূহে ম্যালিক অ্যাসিড বা অ্যাসপারটিক অ্যাসিড হতে CO_2 বের হয় এবং সেই CO_2 বান্ডলশীথে অবস্থিত ৫-কার্বন বিশিষ্ট রাইবুলোজ বিসফসফেটের সাথে কার্বন- ৩ পথচক্রের মত ক্রিয়া

বিক্রিয়ার মাধ্যমে সুগার বা চিনি (শর্করা) প্রস্তুত করে। এখানে উল্লেখ করা প্রয়োজন যে ম্যালিক অ্যাসিড বা অ্যাসপারটিক অ্যাসিড হতে যে CO_2 বের হয় তা বাতাস হতে যে CO_2 পাতার অভ্যন্তরে ঢুকেছিল সেই CO_2 ।

বান্ডলশীথে

ম্যালিক অ্যাসিড হতে কার্বন ডাই অক্সাইড, পাইরুভিক অ্যাসিড ও $NADPH_2$ হয়। পাইরুভিক অ্যাসিড বান্ডলশীথ হতে মেসোফিল টিস্যুতে যায় এবং সেখানে একটি এনজাইম পাইরুভেট ফসফেট ডাইকাইনেজের ক্রিয়ার মাধ্যমে ফসফোইনল পাইরুভেট, এএমপি (AMP) ও পাইরোফসফেট (iPP) তৈরী করে। এ ফসফোইনল পাইরুভেট মেসোফিল টিস্যুতে পুনরায় কার্বন ডাই অক্সাইড গ্রাহক হিসাবে কাজ করে।

চিত্র ১৩.৫ : হ্যাচ ও প্যাক চক্র

C_4 উদ্ভিদের ভাস্কুলার বান্ডলের চারপাশ ঘিরে ক্লোরোপ্লাস্টসহ কোষ মালার মত শীথ তৈরী করে এবং ঐ শীথকে বান্ডল শীথ বলে। C_4 উদ্ভিদের পাতায় ক্লোরোপ্লাস্ট যুক্ত বান্ডল শীথ কে Kranz anatomy বলে (জার্মান ভাষায় Kranz মানে মালা)

C_4 উদ্ভিদসমূহ উচ্চ তাপমাত্রা, স্বল্প পানি ও তীব্র আলো (সূর্যরশ্মি) তে C_3 উদ্ভিদ হতে তুলনামূলক ভাবে ভালভাবে জন্মায় ও বেঁচে থাকে।

CAM চক্র : CAM এর পূর্ণ নাম Crassulacean Acid Metabolism। এই চক্র C_3 ও C_4 চক্র হতে ভিন্নতর। এটি প্রথমে Crassulaceae গোত্রের উদ্ভিদসমূহে পরিলক্ষিত হয় তাই একে CAM চক্র বলে, যে সব উদ্ভিদে CAM চক্র চলে তাদের CAM উদ্ভিদ বলে।

CAM উদ্ভিদের পত্ররন্ধ্র দিনে বন্ধ থাকে এবং রাত্রিতে খোলা থাকে। পত্ররন্ধ্র খোলা থাকলে বায়ুস্থ CO_2 উদ্ভিদের পাতা বা দেহে প্রবেশ করলে ফসফোইনল পাইরুভিক অ্যাসিডের সাথে বিক্রিয়া করে চার কার্বন বিশিষ্ট ম্যালিক অ্যাসিড তৈরী করে এবং ম্যালিক অ্যাসিড কোষের গহ্বরে জমা হয়।

সকাল হলে এবং সূর্য উঠলে পত্ররন্ধ্র বন্ধ হয়ে যায়, সূর্যালোকের শক্তি রাসায়নিক শক্তিসমূহে (ATP, $NADPH_2$) রূপান্তরিত হয় এবং ম্যালিক অ্যাসিড কোষের ক্লোরোপ্লাস্টে যেয়ে CO_2 ছেড়ে দেয় এবং উহা রাইবুলোজ বিসফসফেটের সাথে ক্রিয়া বিক্রিয়ার মাধ্যমে C_3 উদ্ভিদের পথ অনুসরণ করে শর্করা তৈরী করে এবং কিছু পরিমাণ শর্করা হতে আবার ফসফোইনল পাইরুভেট তৈরী করে।

অধিকাংশ মরুজ উদ্ভিদ CAM জাতীয় উদ্ভিদ। দেহে পানি সংরক্ষণের জন্য এদের পত্রবন্ধ দিনে বন্ধ থাকে এবং রাত্রে খোলা থাকে। শুষ্ক পরিবেশে আনারস গাছ CAM গাছ, সেখানে CAM পথ চলে, কিন্তু পর্যাপ্তপানি পেলে আনারস গাছে C₃ পথ চলে।

ক্যালভিন চক্র ও হ্যাচ ও প্যাক চক্রের মধ্যে প্রধান পার্থক্যসমূহ

ক্যালভিন চক্র/ C ₃ চক্র	হ্যাচ ও প্যাক চক্র/ C ₄ চক্র
১. CO ₂ এর প্রথম গ্রাহক রাইবুলোজ ১,৫-বিসফসফেট।	১. CO ₂ এর প্রথম গ্রাহক ফসফোইনল পাইরুভিক অ্যাসিড।
২. CO ₂ এর দ্বিতীয় গ্রাহক নাই।	২. CO ₂ এর দ্বিতীয় গ্রাহক রাইবুলোজ ১,৫-বিসফসফেট।
৩. ৬ কার্বন বিশিষ্ট অস্থায়ী যৌগ উৎপন্ন হয়।	৩. কোন অস্থায়ী যৌগ উৎপন্ন হয় না।
৪. প্রথম স্থায়ী পদার্থ ৩-কার্বন বিশিষ্ট ৩-ফসফোগ্লিসারিক অ্যাসিড।	৪. প্রথম স্থায়ী পদার্থ ৪ কার্বন বিশিষ্ট অক্সালো অ্যাসেটিক অ্যাসিড।
৫. মেসোফিল টিস্যুর ক্লোরোপ্লাস্টে আলোক বিক্রিয়া ও রাসায়নিক বিক্রিয়ার (কার্বন আকর্ষণ) সব ধাপ সম্পন্ন হয়।	৫. মেসোফিল টিস্যুর ক্লোরোপ্লাস্টে আলোক বিক্রিয়ার সব ধাপ ও রাসায়নিক বিক্রিয়ার কিছু অংশ বিশেষ সম্পন্ন হয়।
৬. ক্রান্জ অ্যানাটমি অণুপস্থিত।	৬. ক্রান্জ অ্যানাটমি উপস্থিত। এখানকার বাউল শীথ কোষসমূহে রাসায়নিক বিক্রিয়ার অংশ বিশেষ সম্পন্ন হয় এবং শর্করা উৎপন্ন হয়।
৭. গঠনগতভাবে ক্লোরোপ্লাস্ট একই রকম। (ক) শুধু গ্রানায়ুক্ত মেসোফিল ক্লোরোপ্লাস্ট।	৭. গঠনগতভাবে ক্লোরোপ্লাস্ট দুরকম। (ক) গ্রানায়ুক্ত মেসোফিল ক্লোরোপ্লাস্ট। (খ) গ্রানাবিহীন বাউলশীথ ক্লোরোপ্লাস্ট।
৮. সালোক সংশ্লেষণের হার কম (১৫-৩৫ mg CO ₂ /dcm ² /hr)।	৮. সালোক সংশ্লেষণের হার বেশী (৪০-৮০ mg CO ₂ /dcm ² /hr)।
৯. সবচেয়ে অনুকূল তাপমাত্রা ১০-২৫° সেলসিয়াস।	৯. সবচেয়ে অনুকূল তাপমাত্রা ৩০°-৪৫° সেলসিয়াস।
১০. আলোর প্রখরতা খুব বেশী হলে ক্ষতিকর।	১০. আলোর প্রখরতা খুব বেশী হলে ক্ষতি নাই।
১১. যে সব উদ্ভিদে C ₃ চক্র বলে মনে করা হয় তারা নাতিশীতোষ্ণ ও শীত প্রধান দেশে উদ্ভব হয়েছিল।	১১. যে সব উদ্ভিদে C ₄ চক্র চলে মনে করা হয় তারা গ্রীষ্মপ্রধান দেশে উদ্ভব হয়েছিল।
১২. ধান, গম, পাট, বেগুন, টম্যাটো ইত্যাদি।	১২. ইক্ষু, ভুট্টা, কাওন, মুথাঘাস, নটেশাক, ডাটা শাক ইত্যাদি।

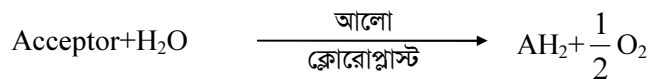
সালোকসংশ্লেষণে সৃষ্ট অক্সিজেনের উৎস

সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় উপজাত দ্রব্য হিসাবে যে অক্সিজেন নির্গত হয় তা পানি (H₂O) হতে আসে, কার্বন ডাই অক্সাইড (CO₂) হতে নয়।

হিল বিক্রিয়া

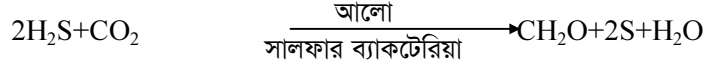
(ii) ১৯৩৭ খ্রীষ্টাব্দে Robin Hill নামক ইংরেজ প্রাণরসায়নবিদ পৃথকীকৃত ক্লোরোপ্লাস্ট, পানি ও কিছু হাইড্রোজেন গ্রাহক একত্রে আলোতে রাখেন, এখানে কোন কার্বন ডাই-অক্সাইড ছিল না। তিনি দেখেন যে এই অবস্থায় কোন শর্করা উৎপন্ন হয় না কিন্তু O₂ নির্গত হয়।

এখানে ক্লোরোপ্লাস্ট ও আলোর উপস্থিতিতে পানি ভেঙে যায় এবং পানির H₂O হাইড্রোজেন অংশ হাইড্রোজেন গ্রাহক কে বিজারিত করে এবং O₂ নির্গত হয়।



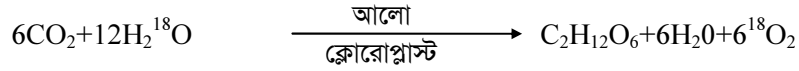
ভ্যান নিল এর তথ্য

ii) ১৯৪১ খ্রীষ্টাব্দে C.B. Van Niel প্রমাণ করেন যে সালোক সংশ্লেষণকারী সালফার ব্যাকটেরিয়া সালোক সংশ্লেষণের সময় CO₂ ও H₂S (হাইড্রোজেন সালফাইড) ব্যবহার করে এবং এ বিক্রিয়ায় কার্বোহাইড্রেট, সালফার ও পানি উৎপন্ন হয়। যেহেতু পানি ব্যবহৃত হয়নি তাই অক্সিজেন নির্গত হয়নি।

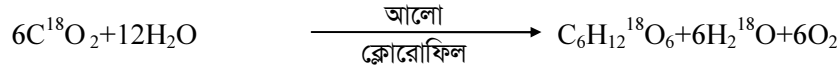


এ পরীক্ষা লব্ধ তথ্যকে ভ্যান নিল এর তথ্য বলা হয়

iii) ১৯৪১ খ্রীষ্টাব্দে ক্যালিফোর্নিয়া বিশ্ববিদ্যালয়ের Samuel Ruben and M. D, Kamen তেজস্ক্রিয় O₂ (¹⁸O₂) দিয়ে পানির অক্সিজেনকে চিহ্নিত করলেন এবং ঐ পানিতে কিছু এককোষী শৈবাল রেখে সেগুলি সূর্যালোক বা আলোতে রাখেন। তারা দেখলেন সালোক সংশ্লেষণ হয়েছে এবং ঐ সময় যে অক্সিজেন নির্গত হয়েছে সে অক্সিজেন তেজস্ক্রিয়। সূত্রাং সালোক সংশ্লেষণে নির্গত অক্সিজেন পানি হতে আসে প্রমাণিত হল



পরবর্তী পরীক্ষণে তাঁরা শুধু CO₂ এর অক্সিজেনকে তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ দিয়ে চিহ্নিত করলেন এবং সাধারণ পানি ব্যবহার করলেন। একই ভাবে পরীক্ষা করে দেখা গেল যে সালোক সংশ্লেষণে যে অক্সিজেন নির্গত হয়েছে তা তেজস্ক্রিয় নয়। এতে প্রমাণিত হয় যে সালোক সংশ্লেষণে নির্গত অক্সিজেন কার্বনডাই-অক্সাইড হতে আসে না।

**সারসংক্ষেপ**

- ◆ সালোক সংশ্লেষণের যে পর্যায়ে কার্বন ডাই-অক্সাইড বিভিন্নভাবে কোষের মেসোফিল টিস্যুতে প্রবেশ করার পর আলোক পর্যায়ে সৃষ্ট ATP ও NADPH₂ দিয়ে বিজারিত হয়ে কার্বোহাইড্রেট বা শর্করা জাতীয় জৈব খাদ্যে রূপান্তরিত হয় তাকে অধুনাকালে কার্বন আঁকরণ বা সালোক সংশ্লেষণের রাসায়নিক পর্যায় বলা হয়।
- ◆ কার্বন ডাই-অক্সাইড হতে বিভিন্ন রাসায়নিক বিক্রিয়ার মাধ্যমে কার্বোহাইড্রেট সৃষ্টির তিনটি পথ আছে, ক্যালভিন চক্র, হ্যাচ ও প্যাক চক্র ও CAM চক্র।
- ◆ C₄ উদ্ভিদসমূহ উচ্চ তাপমাত্রা, স্বল্প পানি ও তীব্র আলোতে C₃ উদ্ভিদ অপেক্ষা ভালভাবে জন্মাতে পারে।
- ◆ যে সকল উদ্ভিদে C₃ চক্র পরিলক্ষিত হয় তাদেরকে C₃ উদ্ভিদ, C₄ চক্র সংঘটিত উদ্ভিদসমূহকে C₄ উদ্ভিদ এবং CAM চক্র সংঘটিত উদ্ভিদসমূহকে CAM উদ্ভিদ বলে।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন- ৩

সঠিক উত্তরের পাশে টিক চিহ্ন (✓) দিন।

১। ক্যালভিন চক্রে নিচের কোনটি CO₂ এর গ্রাহক?

- ক. পাইরুভিক অ্যাসিড
গ. রাইবুলোজ ১.৫ বিসফসফেট

- খ. সেডোহেপ্টুলোজ
ঘ. রাইবুলোজ ৫ ফসফেট

২। C₃ চক্রে প্রথম স্থায়ীপদার্থ কোনটি?

- ক. ফসফোগ্লিসারিক অ্যাসিড
গ. CO₂

- খ. অক্সালো অ্যাসিটিক অ্যাসিড
ঘ. রাইবুলোজ

এইচএসসি প্রোগ্রাম

৩। C₄ চক্রে প্রথম স্থায়ী পদার্থ কোনটি?

ক. ম্যালিক অ্যাসিড

গ. পাইরুভিক অ্যাসিড

খ. অক্সালো অ্যাসিটিক অ্যাসিড

ঘ. ফসফো গ্লিসারিক অ্যাসিড

৪। C₃ উদ্ভিদে সালোক সংশ্লেষণের জন্য উপযোগী তাপমাত্রা কত?

ক. ১০-১৫° সে.

গ. ৩০-৩৫° সে.

খ. ২০-২৫° সে.

ঘ. ১০-২৫° সে.

৫। ধানে কোন ধরনের চক্র পরিলক্ষিত হয়?

ক. C₃ চক্র

গ. CAM চক্র

খ. C₄ চক্র

ঘ. কোনটাই না

পাঠ- ৪ : সালোক সংশ্লেষণ প্রক্রিয়ার প্রভাবকসমূহ ও গুরুত্ব

এ পাঠ অধ্যয়ন শেষে আপনি—

- ◆ সালোক সংশ্লেষণের প্রভাবকসমূহ উল্লেখ করতে পারবেন।
- ◆ এর বাহ্যিক প্রভাবকসমূহ বর্ণনা করতে পারবেন।
- ◆ এর অভ্যন্তরীণ প্রভাবকসমূহ ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- ◆ সালোক সংশ্লেষণের গুরুত্ব নিরূপণ করতে পারবেন।

বিভিন্ন শারীরবৃত্তীয় ক্রিয়া বিক্রিয়ার মতন সালোক সংশ্লেষণ কতগুলি প্রভাবক দিয়ে প্রভাবিত হয়। প্রভাবকগুলি দু'প্রকার - বাহ্যিক প্রভাবক এবং অভ্যন্তরীণ প্রভাবক।

ক) বাহ্যিক প্রভাবকসমূহ

সালোক সংশ্লেষণের বাহ্যিক প্রভাবকসমূহ হচ্ছে আলো, কার্বন ডাই অক্সাইড, পানি ও তাপ।

(১) আলো (Light) : আগেই বলা হয়েছে সালোক সংশ্লেষণে আলোর গুরুত্ব অপরিসীম। এ প্রক্রিয়ায় উৎপাদিত শর্করা জাতীয় খাদ্যের মধ্যে যে রাসায়নিক স্থিতি শক্তি (potential energy) সঞ্চিত হয় তা আলোর আলোক শক্তির রূপান্তর। সুতরাং সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় আলো একান্ত প্রয়োজন।

সালোক সংশ্লেষণের হার আলোর তীব্রতা (intensity), স্থিতিকাল (duration) এবং গুণের (quality) উপর নির্ভরশীল। প্রকৃতিতে সূর্যালোকের প্রভাবে পত্ররন্ধ্র উন্মুক্ত হয় (CAM উদ্ভিদ এর ব্যতীত) এবং CO₂ পাতার অভ্যন্তরে প্রবেশ করে বিজারিত হয় ও শর্করা প্রস্তুত করে। একটি নির্দিষ্ট সীমা পর্যন্ত আলোর তীব্রতা ও সময়কাল বৃদ্ধি করলে সালোক সংশ্লেষণের হার ও পরিমাণ বেড়ে যায়। আলোর তীব্রতা বেশি কমে গেলে পত্ররন্ধ্র ছোট হয় বা বন্ধ হয়ে যায় এবং তার ফলে মেসোফিল টিসুতে কম CO₂ প্রবেশ করে এবং সালোক সংশ্লেষণের হার কমে যায়।

আলোর তীব্রতা যদি অত্যধিক বৃদ্ধি পায় তাহলে বিভিন্ন কারণে সালোক সংশ্লেষণের হার কমে যায়; বিভিন্ন কারণগুলি হচ্ছে অতিরিক্ত প্রস্বেদনের ফলে কোষে পানির স্বল্পতা, পত্ররন্ধ্র বন্ধ হয়ে যাওয়া এবং আলোকশ্বসন বা ফটোরেসপিরেশন নামক প্রক্রিয়ায় বেশি হওয়া (প্রধানত: C₃ উদ্ভিদে) এবং তীব্র আলো ক্লোরোফিল কণা ভেঙে যাওয়া বা সোলারিজেসন (solarization)।

২। কার্বন ডাই-অক্সাইড CO₂ : যেহেতু CO₂ সালোকসংশ্লেষণে শর্করা প্রস্তুত করার উপাদান তাই CO₂ কমলে সালোকসংশ্লেষণের হার কমে যায় এবং একটি নির্দিষ্ট সীমারেখা পর্যন্ত CO₂ বৃদ্ধি পেলে সালোক সংশ্লেষণের হার বেশি হয়।

৩। পানি (H₂O) : সালোক সংশ্লেষণের উপর পানির অনেক প্রভাব। সালোক সংশ্লেষণে শর্করা প্রস্তুতে পানি পরোক্ষ কাঁচামাল। পানি অতিরিক্ত কমে গেলে পত্ররন্ধ্র বন্ধ হয়ে যেতে পারে যার ফলে CO₂ পাতার অভ্যন্তরে প্রবেশ করতে পারে না এবং সালোক সংশ্লেষণের হার কমে যায়। পানির পরিমাণ কমে গেলে উৎসেচক ও কোষের কিছু অঙ্গণুর কার্যক্রম কমে যায় এবং সালোক সংশ্লেষণের হার কমে যায়।

৪। তাপমাত্রা (Temperature) : সালোক সংশ্লেষণে তাপমাত্রা একটি গুরুত্বপূর্ণ প্রভাবক। বিভিন্ন প্রকার উদ্ভিদের এর জন্য সর্বনিম্ন (minimum), সর্বোচ্চ (maximum) ও পরিমিত (optimum) তাপমাত্রা আছে। C₄ ও CAM উদ্ভিদ উচ্চ তাপমাত্রায় (৪০°-৫৫° সে) সালোক সংশ্লেষণ করতে পারে কিন্তু ঐ তাপমাত্রায় বেশির ভাগ C₃ উদ্ভিদের সালোক সংশ্লেষণের হার খুব কমে যায় বা বন্ধ হয়ে যায়। কতগুলো ব্যাকটেরিয়া ও উষ্ণ প্রস্রবণের নীলাভ সবুজ শৈবাল ৭০° সে. বা তার বেশি তাপমাত্রায় সালোক সংশ্লেষণ করতে পারে। অন্যদিকে বেশ কিছু নগ্নবীজী উদ্ভিদ ০° সে. বা তার নিচের তাপমাত্রায় সালোক সংশ্লেষণ প্রক্রিয়া চালিয়ে যেতে পারে।

৫। অক্সিজেন : বায়ুমন্ডলে অক্সিজেনের ঘনত্ব বৃদ্ধি পেলে C₃ উদ্ভিদে আলোক শ্বসনের হার বেড়ে যায় এবং তার ফলে নীট সালোক সংশ্লেষণে উৎপন্ন শর্করার পরিমাণ কম হয়। C₄ উদ্ভিদের অক্সিজেনের ঘনত্বের তারতম্যের ফলে সালোক সংশ্লেষণের হারের উপর প্রভাব খুবই কম।

(খ) অভ্যন্তরীণ প্রভাবকসমূহ

সালোক সংশ্লেষণের অভ্যন্তরীণ প্রভাবকসমূহ হচ্ছে ক্লোরোফিলের পরিমাণ, পাতার বয়স, শর্করার পরিমাণ, পাতার গঠন, কয়েকটি ধাতুর উপস্থিতি, উদ্ভিদ বৃদ্ধি নিয়ন্ত্রক রাসায়নিকসমূহ ইত্যাদি।

১। ক্লোরোফিলের পরিমাণ : ক্লোরোফিলই আলোক শক্তিতে রূপান্তরিত করার ক্ষমতা রাখে। ক্লোরোফিলের পরিমাণ কম হলে, বিশেষ করে ক্লোরোফিল ধর পরিমাণ, সালোক সংশ্লেষণের হার কমে যায় এবং পরবর্তীতে ক্লোরোফিলের পরিমাণ বাড়লে সালোক সংশ্লেষণের হার বৃদ্ধি পায়।

২। পাতার বয়স : একেবারে কচি পাতা ও বৃদ্ধ পাতায় ক্লোরোফিলের পরিমাণ কম থাকে বলে সালোক সংশ্লেষণ কম হয়। পাতা যখন আয়তনে পরিপূর্ণতা লাভ করে এবং ক্লোরোফিল a ও ক্লোরোফিল b যথেষ্ট পরিমাণ হয় তখন সালোক সংশ্লেষণ বেশি হয়। একটি গাছের পাতার সংখ্যা বৃদ্ধি পেলে এবং পাতাগুলি যদি সূর্যের আলো ভাল ভাবে পায় তাহলে সালোক সংশ্লেষণ বেশি হয়।

৩। শর্করার পরিমাণ : সালোক সংশ্লেষণের ফলে উৎপাদিত শর্করা জাতীয় পদার্থ সালোক সংশ্লেষণকারী কোষের অভ্যন্তরে বেশি হলে সালোক সংশ্লেষণের হার হ্রাস পায়।

৪। পাতার গঠন : পাতায় পত্ররঞ্জের আকার ও আয়তন, প্যালিসেড ও স্পঞ্জী মেসোফিল টিস্যুর বিন্যাস ও পাতার কোষে পানি ও বিভিন্ন রাসায়নিক পদার্থের পরিমাণ ও ধরন সালোক সংশ্লেষণের হারের উপর প্রভাব রাখে।

৫। কয়েকটি ধাতুর উপস্থিতি : লৌহ, পটাশিয়াম, ম্যাগনেশিয়াম, ক্লোরিন ও ম্যাঙ্গানিজ প্রভৃতি ধাতু ক্লোরোফিল তৈরী ও পানির আলোক বিভাজনের উপর প্রভাব রেখে সালোক সংশ্লেষণের উপর প্রভাব রাখে।

অধুনা IRGA (ইনফ্রারেড গ্যাস অ্যানালাইজার) যন্ত্রের মাধ্যমে পাতায় সালোক সংশ্লেষণের হার মাপা যায়। এতে পাতার নির্দিষ্ট অংশ কত মিলিগ্রাম CO₂ প্রতি ঘন্টায় ব্যবহার করে তা মাপা হয়।

mgCO₂/dcm²/hr

dcm² = square decimeter (পাতার অংশ)। তার মানে পাতার এক dcm² অঞ্চলে প্রতি ঘন্টায় কত মিলিগ্রাম CO₂ শর্করা তৈরীতে ব্যবহৃত হয়।

সালোকসংশ্লেষণের গুরুত্ব

জীবজগতে যতগুলি জৈব রাসায়নিক প্রক্রিয়া আছে তার মধ্যে সালোক সংশ্লেষণ প্রক্রিয়া সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ। এ প্রক্রিয়ার মাধ্যমে সূর্যের আলো শক্তি ক্লোরোফিলের মাধ্যমে রাসায়নিক আকর্ষণ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। পরবর্তীতে আকর্ষণ শক্তি CO₂ কে বিজারিত করে শর্করা জাতীয় খাদ্য তৈরী করে এবং শর্করা খাদ্য বিভিন্ন প্রকার খাদ্য ও রাসায়নিক দ্রব্য উৎপাদন করে। প্রতিটি প্রাণী ও পরভোজী উদ্ভিদ প্রত্যক্ষ ও পরোক্ষভাবে তাদের জীবনে প্রয়োজনীয় খাদ্য ও গাঠনিক মালামাল এর জন্য স্বভোজী উদ্ভিদের সালোক সংশ্লেষণ প্রক্রিয়ার উপর নির্ভরশীল। এ পৃথিবীতে সালোক সংশ্লেষণ প্রক্রিয়া না থাকলে কোন উদ্ভিদ বা প্রাণীর আবির্ভাব হত না, আবির্ভাব হলেও বেঁচে থাকতে পারত না।

নিচে সালোক সংশ্লেষণ প্রক্রিয়ার গুরুত্ব উল্লেখ করা হ'ল।

১। স্বভোজী উদ্ভিদের খাদ্য প্রস্তুত : এ প্রক্রিয়ায় সবুজ উদ্ভিদ অজৈব CO₂ কে বিজারিত করে শর্করা জাতীয় খাদ্য প্রস্তুত করে যা তাদের জীবন ধারণের চাহিদা মেটায়।

২। পরভোজী উদ্ভিদের খাদ্য : স্বভোজী উদ্ভিদ কর্তৃক প্রস্তুত খাদ্য প্রত্যক্ষ ও পরোক্ষভাবে পরভোজী উদ্ভিদের খাদ্য।

৩। প্রাণীকূলের খাদ্য : প্রাণীজগতের সর্বপ্রকার প্রাণী তাদের খাদ্যের জন্য সম্পূর্ণভাবে সবুজ উদ্ভিদের উপর নির্ভরশীল। এ নির্ভরশীলতা প্রত্যক্ষ, পরোক্ষ বা উভয়ই হতে পারে।

৪। সৌরশক্তিকে জীবজগতের ব্যবহার যোগ্য শক্তিতে রূপান্তরীকরণ : একমাত্র সালোক সংশ্লেষণের মাধ্যমেই সৌরশক্তি রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়ে খাদ্যের মধ্যে আবদ্ধ থাকে। জীবজগতে ব্যবহৃত সব শক্তি খাদ্যের মাধ্যমে পাওয়া যায়। খাদ্যের মধ্যে নিহিত শক্তি সূর্যের আলোকশক্তি রূপান্তরিত রাসায়নিক শক্তি।

৫। পরিবেশের ভারসাম্য রক্ষা : উদ্ভিদ ও প্রাণীর শ্বসন চলাকালে CO_2 নির্গত হয় যার পরিমাণ বেড়ে গেলে প্রাণীদের জন্য বিশেষ ক্ষতির কারণ। সালোক সংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় বাতাসের CO_2 উদ্ভিদ ব্যবহার করে এবং এ প্রক্রিয়ায় উপজাত দ্রব্য হিসাবে O_2 নির্গত হয়। এ ভাবে প্রকৃতিতে O_2 ও CO_2 এর ভারসাম্য বজায় থাকতে পারে।

সুতরাং উদ্ভিদ তথা বনরাজির বৃক্ষ ও অন্যান্য উদ্ভিদসমূহ ধ্বংস করলে পৃথিবীতে CO_2 এর পরিমাণ বেড়ে যেয়ে সমস্ত প্রাণীকূলের জীবনধারণ কঠিন হবে।

৬। মানব সভ্যতা : সালোক সংশ্লেষণ না হলে মানুষ থাকত না। বর্তমান মানব সভ্যতার জন্য প্রয়োজনীয় বিভিন্ন প্রকার দ্রব্য যথা পেট্রোল, কেরোসিন, কয়লা, কাগজ, রাবার, বিভিন্ন ধরনের ভেষজ ঔষধ, ও বিভিন্ন প্রকার মসল্লা ও সুগন্ধীদ্রব্য সবই প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে সালোক সংশ্লেষণ প্রক্রিয়ার ফলাফল।

সুতরাং সমগ্র জীবজগতের প্রতিটি প্রাণী বা প্রতিটি উদ্ভিদ তাদের খাদ্য, শক্তি ও জীবনসত্তার জন্য সম্পূর্ণভাবে সালোক সংশ্লেষণ প্রক্রিয়ার উপর প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষ ভাবে নির্ভরশীল। সুতরাং সালোক সংশ্লেষণ প্রক্রিয়ার গুরুত্ব অপরিসীম, ও তুলনাবিহীন।

সারসংক্ষেপ

- ◆ বিভিন্ন শারীরবৃত্তীয় ক্রিয়া বিক্রিয়ার ন্যায় সালোক সংশ্লেষণ কতগুলি প্রভাব দিয়ে প্রভাবিত হয়। প্রভাবকগুলি দুধরনের, বাহ্যিক প্রভাবক ও অভ্যন্তরীণ প্রভাবক।
- ◆ সালোক সংশ্লেষণের বাহ্যিক প্রভাবকগুলি হলো- আলো, কার্বন ডাই-অক্সাইড, পানি ও তাপমাত্রা এবং অভ্যন্তরীণ প্রভাবকগুলি হলো- ক্লোরোফিলের পরিমাণ, পাতার বয়স, শর্করার পরিমাণ, পাতার গঠন, কয়েকটি ধাতুর উপস্থিতি ইত্যাদি।
- ◆ জীবজগতে সংঘটিত বিভিন্ন জৈব রাসায়নিক প্রক্রিয়াগুলির মধ্যে সালোক সংশ্লেষণ প্রক্রিয়া সর্বাপেক্ষা গুরুত্বপূর্ণ।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন- ৪

সঠিক উত্তরের পাশে টিক চিহ্ন (✓) দিন।

- ১। নিচের কোনটি সালোক সংশ্লেষণের বাহ্যিক প্রভাবক?

ক. পাতার বয়স	খ. পাতার গঠন
গ. আলো	ঘ. শর্করার পরিমাণ
- ২। নিচের কোনটি সালোক সংশ্লেষণের অভ্যন্তরীণ প্রভাবক?

ক. পানি	খ. কার্বন ডাই-অক্সাইড
গ. আলো	ঘ. ক্লোরোফিলের পরিমাণ
- ৩। বনাঞ্চল ধ্বংস হলে নিচের কোনটি ঘটবে?

ক. সালোক সংশ্লেষণের পরিমাণ হ্রাস পাবে।
খ. সালোক সংশ্লেষণের পরিমাণ বৃদ্ধি পাবে।
গ. পরিবেশে কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ বৃদ্ধি পাবে।
ঘ. পরিবেশে অক্সিজেনের পরিমাণ বৃদ্ধি পাবে।
- ৪। মানুষ খাদ্যের জন্য প্রত্যক্ষ ও পরোক্ষভাবে কাদের উপর নির্ভরশীল?

ক. অন্যান্য প্রাণীর উপর	খ. সবুজ উদ্ভিদের উপর
গ. শৈবালের উপর	ঘ. ব্যাকটেরিয়ার উপর

চূড়ান্ত মূল্যায়ন

সংক্ষিপ্ত ও রচনামূলক প্রশ্নাবলী

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলী

১. সালোক সংশ্লেষণ অঙ্গ বলতে কি বুঝ? সালোক সংশ্লেষণ অঙ্গের সচিত্র বর্ণনা দিন।
২. আলো কি? সালোক সংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় আলোর ভূমিকা আলোচনা করুন।
৩. ক্লোরোফিল পিগমেন্ট বলতে কি বুঝ? পিগমেন্ট সিস্টেম সম্বন্ধে আলোচনা করুন।
৪. ফটোফসফোরাইলেশন কি? উদ্ভিদ জীবনে এ প্রক্রিয়ার গুরুত্ব আলোচনা করুন।
৫. C_3 ও C_4 উদ্ভিদ বলতে কি বুঝ? বর্ণনা করুন।
৬. সালোক সংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় অক্সিজেনের উৎস সম্বন্ধে আলোচনা করুন।
৭. একটি পরীক্ষার মাধ্যমে সালোক সংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় O_2 নির্গত হয় তা প্রমাণ করুন।
৮. উদ্ভিদজীবনে সালোক সংশ্লেষণ প্রক্রিয়ার গুরুত্ব আলোচনা করুন।

রচনামূলক প্রশ্নাবলী

১. সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ার আলোক নির্ভর অধ্যায়ের বর্ণনা দিন। উক্ত প্রক্রিয়ায় এ অধ্যায়ের গুরুত্ব কি?
২. আলোক নিরপেক্ষ অধ্যায় বলতে কি বুঝ? কার্বন বিজারণ-এর ক্যালভিন চক্র বর্ণনা করুন।
৩. সংক্ষেপে সালোক সংশ্লেষণ প্রক্রিয়াটি বর্ণনা করুন।

উত্তরমালা

পাঠোত্তর মূল্যায়ন- ১ : ১।খ ২।ঘ ৩।ক ৪।গ

পাঠোত্তর মূল্যায়ন- ২ : ১।খ ২।ক ৩।ঘ

পাঠোত্তর মূল্যায়ন- ৩ : ১।গ ২।ক ৩।খ ৪।ঘ ৫।ক

পাঠোত্তর মূল্যায়ন- ৪ : ১।গ ২।ঘ ৩।ক ৪।খ