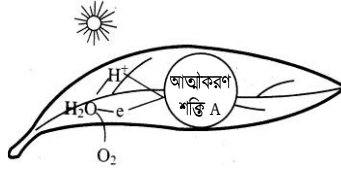


চতুর্থ অধ্যায়

জীবনীশক্তি

সৃজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর

প্রশ্ন - ১ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



ক. পাইরুভিক এসিডের সংকেত কী?

খ. অবাত শ্বসন বলতে কী বুঝায়?

গ. A উপাদানটি কীভাবে তৈরি হচ্ছে তা ব্যাখ্যা কর।

ঘ. A উপাদানটি উৎপন্ন ব্যাঘাত ঘটলে উদ্ভিদের উপর কী প্রতিক্রিয়া সৃষ্টি হবে তা যুক্তিসহ বিশ্লেষণ কর।

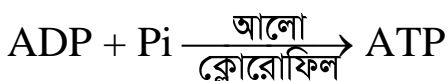
▶◀ ১নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. পাইরুভিক এসিডের সংকেত, $C_3H_4O_3$ ।

খ. যে শ্বসন প্রক্রিয়া অক্সিজেনের অনুপস্থিতিতে হয় তাকে অবাত শ্বসন বলে। অর্থাৎ যে শ্বসন প্রক্রিয়ায় কোনো শ্বসনিক বস্তু অক্সিজেনের সাহায্য ছাড়াই কোষ মধ্যস্থ এনজাইম দ্বারা আংশিকরূপে জারিত হয়ে বিভিন্ন প্রকার জৈব যৌগ (ইথাইল অ্যালকোহল, ল্যাকটিক এসিড ইত্যাদি), CO_2 ও সামান্য পরিমাণ শক্তি উৎপন্ন করে তাকে অবাত শ্বসন বলে।

গ. উদ্ভিদের A উপাদানটি সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ার আত্মীকরণ শক্তি ATP ও $NADPH + H^+$ । এটি সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় তৈরি হচ্ছে।

আলোকনির্ভর পর্যায়ের জন্য আলো অপরিহার্য। এ পর্যায়ে সৌরশক্তি রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। এই রূপান্তরিত শক্তি ATP-এর মধ্যে সঞ্চিত হয়। ATP ও $NADPH + H^+$ সৃষ্টিতে পাতার ক্লোরোফিল গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। ক্লোরোফিল অণু আলোকরশ্মির ফোটন শোষণ করে এবং শোষণকৃত ফোটন হতে শক্তি সঞ্চয় করে ADP (অ্যাডিনোসিন ডাইফসফেট) এর সাথে অজৈব ফসফেট ($P_i = \text{inorganic phosphate}$) মিলিত হয়ে ATP তৈরি করে। ATP তৈরির এই প্রক্রিয়াকে ফটোফসফোরাইলেশন বলে।



সূর্যালোক ও ক্লোরোফিলের সহায়তায় পানি বিয়োজিত হয়ে অক্সিজেন, হাইড্রোজেন ও ইলেকট্রন উৎপন্ন হয়। এ প্রক্রিয়াকে পানির ফটোলাইসিস বলা হয়। ফটোফসফোরাইলেশন প্রক্রিয়ায় ATP উৎপন্ন হয় এবং পানির ইলেকট্রন NADP-কে বিজারিত করে NADPH + H⁺ উৎপন্ন করে। ATP এবং NADPH + H⁺-কে আত্মীকরণ শক্তি বলা হয়।

ঘ. A উপাদানটি হলো আত্মীকরণ শক্তি ATP ও NADPH + H⁺ যা উৎপন্নে ব্যাঘাত ঘটলে উদ্ভিদের পক্ষে বেঁচে থাকা সম্ভব হবে না। কারণ—

সালোকসংশ্লেষণ পদ্ধতিতে সবুজ উদ্ভিদ CO₂, H₂O, খনিজ পদার্থ প্রভৃতি সরল উপাদানগুলো গ্রহণ করে সূর্যের আলোর উপস্থিতিতে জৈব খাদ্যবস্তু সংশ্লেষ করে। সংশ্লেষিত প্রাথমিক শর্করা জাতীয় খাদ্যবস্তু থেকে উদ্ভিদ অন্যান্য সকল প্রকার খাদ্য— প্রোটিন, ফ্যাট ও ভিটামিন সংশ্লেষ করে। উদ্ভিদ নিজের বিপাকীয় কাজ চালানোর জন্য স্বল্প অংশ ব্যয় করে বাকি অংশ ফল, বীজ, দানা শস্য হিসেবে নিজের দেহাংশে জমা রাখে। এছাড়া এই খাদ্য বস্তুতে রাসায়নিক শক্তি ATP কে স্থৈতিক শক্তিরূপে সঞ্চিত করে রাখে যা তার বিভিন্ন বিপাকীয় কাজে বিশেষ করে শ্বসনে ব্যবহৃত হয়।

সুতরাং A উপাদানটির উৎপন্নে ব্যাঘাত ঘটলে উদ্ভিদের পক্ষে বেঁচে থাকা মোটেই সম্ভব হবে না। অন্যদিকে পরিবেশের ভারসাম্য নষ্ট হয়ে যাবে এবং মানুষসহ জীবজগতের সকলেই ধ্বংস হয়ে যাবে।

প্রশ্ন-২ ▶ নিচের উদ্ভীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

দশম শ্রেণির ছাত্রী বিপাশা গাজর খেতে পছন্দ করে। গাজরে গ্লুকোজ থাকায় এটা তার কাজ করার শক্তি যোগায়। তার ছোট বোন তাকে প্রশ্ন করে গাছ বড় হবার জন্য শক্তি কীভাবে পায়? সে তার বোনকে জানায়, গাছও শ্বসন প্রক্রিয়ায় গ্লুকোজ থেকে শক্তি পায়।

ক. ফটোলাইসিস কী?

খ. C₄ উদ্ভিদ বলতে কী বুঝায়?

গ. বিপাশার গৃহীত খাদ্য উপাদানের ২ অণু থেকে ক্রেবস চক্রে কী পরিমাণ শক্তি উৎপন্ন হয় ছকের মাধ্যমে ব্যাখ্যা কর।

ঘ. উক্ত প্রক্রিয়াটি বাধাগ্রস্ত হলে উদ্ভিদের মধ্যে কী প্রভাব ফেলবে তা বিশ্লেষণ কর।

▶◀ ২নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. সূর্যের আলোয় ক্লোরোফিলের সাহায্যে পানি বিয়োজিত হওয়া হলো ফটোলাইসিস।

খ. বিজ্ঞানী হ্যাচ ও স্ল্যাক সালোকসংশ্লেষণ বিক্রিয়ার একটি বিশেষ চক্র আবিষ্কার করেন, যেখানে ৪-কার্বন বিশিষ্ট প্রথম স্থায়ী যৌগ অক্সালো অ্যাসিটিক এসিডের মাধ্যমে কার্বন আত্মীকরণ প্রক্রিয়াটি সম্পন্ন হয়। যেসব উদ্ভিদে এই ধরনের চক্র দেখা যায় তাদেরকে C₄ উদ্ভিদ বলা হয়।

গ. আমরা জানি, ATP কে জৈব মুদ্রা বা শক্তি মুদ্রা বলে। ATP গ্লুকোজ শক্তি হিসাবে জমা থাকে। বিপাশার গৃহীত খাদ্য উপাদানে আছে গ্লুকোজ। ১ অণু গ্লুকোজ থেকে ক্রেবস চক্রে যে পরিমাণ শক্তি অর্থাৎ ATP উৎপন্ন হয় তা নিচে ছকে দেখানো হলো :

চক্র	উৎপাদিত বস্তু	নিট উৎপাদন
ক্রেবস চক্র	৬ অণু NADH ₂	১৮ অণু ATP
	২ অণু FADH ₂	৪ অণু ATP
	২ অণু GTP	২ অণু ATP
	মোট	২৪ ATP

ছক থেকে দেখা যায় ১ অণু গ্লুকোজ থেকে ক্রেবস চক্রে ২৪ অণু ATP উৎপন্ন হয়।

উল্লেখ্য যে,

১ অণু NADH₂ = ৩ অণু ATP

১ অণু FADH₂ = ২ অণু ATP

১ অণু GTP = ১ অণু ATP

সুতরাং ২ অণু গ্লুকোজ থেকে (২৪ × ২) বা ৪৮ অণু ATP উৎপন্ন হয়।

ঘ. উক্ত প্রক্রিয়াটি হলো শ্বসন যা বাধাগ্রস্ত হলে উদ্দিদে মারাত্মক ক্ষতিকর প্রভাব পড়বে।

জীবদেহে জীবনের অস্তিত্ব আছে এটি প্রমাণ করে শ্বসন। জীবদেহে আমৃত্যু দিবারাত্র শ্বসন চলে। এটি জীবতথা উদ্দিদ ও প্রাণীর জন্য একটি তাৎপর্যপূর্ণ প্রক্রিয়া কারণ—

শ্বসন প্রক্রিয়ায় খাদ্যস্থ শক্তিকে তাপশক্তি ও গতিশক্তিরূপে মুক্ত করে জীবের বিভিন্ন বিপাকীয় ও শারীরবৃত্তীয় কার্যে যেমন : পুষ্টি, বৃদ্ধি, রেচন, জনন, চলন ইত্যাদিতে ব্যবহৃত হয়। এছাড়া উদ্দিদের দৈহিক বৃদ্ধিতে ও জননকোষ তৈরিতে শ্বসন ক্রিয়া বিশেষ ভূমিকা পালন করে।

সুতরাং আলোচ্য বিষয়গুলো থেকে সহজেই বুঝা যায় শ্বসন প্রক্রিয়াটি বাধাগ্রস্ত হলে উদ্দিদে বিরূপ প্রভাব পরিলক্ষিত হবে। সংক্ষেপে এর প্রভাব উপস্থাপন করা হলো :

i) শ্বসন প্রক্রিয়ার অভাবে উদ্দিদের বৃদ্ধি ও বিকাশ ব্যাহত হবে।

ii) উদ্দিদের স্বাভাবিক জৈবিক প্রক্রিয়ার জন্য প্রয়োজনীয় শক্তি সরবরাহ ঘটবে না।

iii) উদ্দিদেহে খাদ্য তৈরির জন্য প্রয়োজনীয় CO₂ এর সরবরাহ কমে যাবে।

iv) উদ্দিদের কোষ বিভাজন তথা জনন কোষ তৈরি বাধাগ্রস্ত হবে।

v) সকল শারীরবৃত্তীয় কাজকর্ম ব্যাহত হওয়ায় একসময় উদ্দিদের মৃত্যু ঘটতে পারে।

সুতরাং যদি উদ্দিদের দেহে শ্বসন প্রক্রিয়া বাধাগ্রস্ত হয় তাহলে তার যাবতীয় বিপাকীয় ও শারীরবৃত্তীয় কার্যগুলো দারুণভাবে ব্যাহত হবে এবং পরবর্তীতে উদ্দিদটির মৃত্যু ঘটতে পারে।

প্রশ্ন - ৩ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

CO₂+আত্মীকরণ শক্তি $\xrightarrow{\text{বিজারিত}}$ শর্করা।

- ক. জৈব মুদ্রা কী? ১
খ. গ্লাইকোলাইসিস বলতে কী বোঝায়? ২
গ. উদ্দীপকের আলোকে শর্করা তৈরির এ প্রক্রিয়াটি বর্ণনা কর।

৩

ঘ. “উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট প্রক্রিয়াটি জীবজগতের সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ জৈব রাসায়নিক প্রক্রিয়া” — উক্তিটির যথার্থতা বিশ্লেষণ কর। ৪

▶◀ ৩নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. শক্তি সরবরাহকারী যৌগ ATP হলো “জৈব মুদ্রা”।

খ. গ্লাইকোলাইসিস সবাত ও অবাত উভয় শ্বসনের প্রথম পর্যায়। এ পর্যায়ে কয়েক রকম উৎসেচকের প্রভাবে ১ অণু গ্লুকোজ কোষের সাইটোপ্লাজমে আংশিকভাবে জারিত হয়ে ২ অণু পাইরুভিক এসিড চার অণু ATP এবং দুই অণু NADPH + H⁺ উৎপন্ন হয়।

গ. উদ্দীপকের বিক্রিয়াটি –

CO₂ + আত্মীকরণ শক্তি $\xrightarrow{\text{বিজারিত}}$ শর্করা

এটি সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ার আলোক নিরপেক্ষ বা অন্ধকার পর্যায়ে ঘটে। আলোক নির্ভর পর্যায়ে উৎপন্ন ATP ও NADPH + H⁺ কে আত্মীকরণ শক্তি বলা হয়। ATP ও NADPH + H⁺ এর সহায়তায় CO₂ তিনটি গতিপথে বিজারিত হয়ে শর্করা উৎপন্ন করে। বিক্রিয়ার গতিপথগুলো— (১) ক্যালভিন চক্র (২) হ্যাচ ও স্ল্যাক চক্র (৩) ক্রেসুলেসিয়ান এসিড বিপাক। অধিকাংশ উদ্ভিদে ক্যালভিন চক্রের দ্বারা শর্করা তৈরি হয় তাই নিচে এই চক্রটি আলোচনা করা হলো :

ক্যালভিন চক্রে কোষে অবস্থিত ৫-কার্বনবিশিষ্ট রাইবুলোজ-১, ৫-ডাইফসফেট এর সাথে CO₂ মিলিত হয়ে ৬-কার্বনবিশিষ্ট অস্থায়ী কিটোএসিড তৈরি হয়। এটি সাথে সাথে ভেঙ্গে তিন কার্বনবিশিষ্ট ৩-ফসফোগ্লিসারিক এসিড (3PGA) উৎপন্ন করে। এ সময় ATP ও NaDPH + H⁺ ব্যবহার করে 3PGA, ৩-ফসফোগ্লিসারালডিহাইড ও ডাইহাইড্রোক্সি এসিটোন ফসফেট তৈরি হয়। পরবর্তীতে ৩-ফসফোগ্লিসারালডিহাইড ও ডাইহাইড্রোক্সি এসিটোন ফসফেট থেকে বিভিন্ন বিক্রিয়ার মাধ্যমে একদিকে শর্করা এবং অপরদিকে রাইবুলোজ-১, ৫-ডাইফসফেট তৈরি হতে থাকে। পুনঃসংশ্লেষিত রাইবুলোজ-১, ৫-ডাইফসফেট পুনরায় এক অণু CO₂ গ্রহণ করে ক্যালভিন চক্রে প্রবেশ করে। অতএব, ৬-অণু CO₂ থেকে এক অণু গ্লুকোজ তৈরি হওয়ার সময় ক্যালভিন চক্র ছয়বার ঘুরবে।

হ্যাচ ও স্ল্যাক চক্রে প্রথম স্থায়ী পদার্থ হলো ৪-কার্বনবিশিষ্ট অক্সালো এসিটিক এসিড বাকী বিক্রিয়াগুলো ক্যালভিন চক্রের মতো।

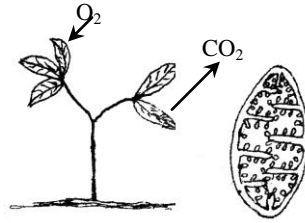
ঘ. উদ্দীপকে সংশ্লিষ্ট প্রক্রিয়া জীবজগতের সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ জৈব রাসায়নিক প্রক্রিয়া কারণ এ বিক্রিয়ার মাধ্যমেই সূর্যালোক ও জীবনের মধ্যে সেতুবন্ধন সৃষ্টি হয়েছে।

জীবজগতের সমস্ত শক্তির উৎস হলো সূর্য। একমাত্র সবুজ উদ্ভিদই সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় সৌরশক্তিকে রাসায়নিক শক্তিতে পরিণত করে খাদ্যের মধ্যে আবদ্ধ করতে পারে। কোনো প্রাণীই তার নিজের খাদ্য প্রস্তুত করতে পারে না। খাদ্যের জন্য সমগ্র প্রাণীকুল সবুজ উদ্ভিদের উপর সম্পূর্ণভাবে নির্ভরশীল, আর সবুজ উদ্ভিদ এ খাদ্য প্রস্তুত করে সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায়। কাজেই বলা যায়, পৃথিবীর সকল উদ্ভিদ ও প্রাণীর খাদ্য প্রস্তুত হয় সালোকসংশ্লেষণের মাধ্যমে। পরিবেশের ভারসাম্য রক্ষায়, বিশেষ করে O_2 ও CO_2 -এর সঠিক অনুপাত রক্ষায় সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়া এক বিশেষ ভূমিকা পালন করে থাকে।

শুধু তাই নয় মানব সভ্যতার অগ্রগতিও অনেকাংশে সালোকসংশ্লেষণের উপর প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে নির্ভরশীল। অন্ন, বস্ত্র, শিল্পসামগ্রী (যেমন নাইলন, রেয়ন, কাগজ, সেলুলোজ, কাঠ, রাবার), ঔষধ (যেমন কুইনাইন, মরফিন), জ্বালানি কয়লা, পেট্রোল, গ্যাস প্রভৃতি উদ্ভিদ থেকে পাওয়া যায়। তাই সালোকসংশ্লেষণ না ঘটলে ধ্বংস হবে মানব সভ্যতা, বিলুপ্ত হবে জীবজগত।

উপরিউক্ত আলোচনার পরিপ্রেক্ষিতে বলা যায়, উদ্ভিদকে সংশ্লিষ্ট প্রক্রিয়াটি জীবজগতের সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ জৈব রাসায়নিক প্রক্রিয়া।

প্রশ্ন-৪ > নিচের চিত্রটি দুটি দেখে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



চিত্র : P চিত্র : Q

- ক. প্রস্বেদন কী? ১
- খ. গ্লাইকোলাইসিস বলতে কী বোঝায়? ২
- গ. P-এ দেখানো প্রক্রিয়াটি Q-এ কীভাবে সংঘটিত হয়— ব্যাখ্যা কর। ৩
- ঘ. P-এ দেখানো প্রক্রিয়াটি উদ্ভিদ ও প্রাণী উভয় জীবের জন্য সমান গুরুত্বপূর্ণ—যুক্তিসহ ব্যাখ্যা কর। ৪

>< ৪নং প্রশ্নের সমাধান ><

- ক. বায়বীয় অঞ্জের মাধ্যমে বাষ্পাকারে পানি বের করে দেয়া হলো প্রস্বেদন।
- খ. বোর্ডের সৃজনশীল প্রশ্ন ৩ (খ) অংশের উত্তর।
- গ. P-এ দেখানো প্রক্রিয়াটি হলো শ্বসন এবং Q হলো মাইটোকন্ড্রিয়ার আনুবীক্ষণিক চিত্র। শ্বসন চারটি ধাপে সম্পন্ন হয়। এর তৃতীয় ধাপ ক্রেবস চক্রের এবং চতুর্থ ধাপ ইলেকট্রন প্রবাহতন্ত্রের। এ দুটি চক্রের সফল বিক্রিয়া মাইটোকন্ড্রিয়ার ভেতরে ঘটে।
- ক্রেবস চক্রের ২ কার্বন বিশিষ্ট অ্যাসিটাইল CO-A জারিত হয়ে দুই অণু CO_2 উৎপন্ন করে। CO_2 ছাড়া এ চক্রে এক অণু অ্যাসিটাইল থেকে তিন অণু $NADH + H^+$; এক অণু $FADH_2$ CO-A এবং এক অণু GTP উৎপন্ন হয়।

ইলেকট্রন প্রবাহতন্ত্রে উৎপাদিত $\text{NADH} + \text{H}^+ \text{FADH}_2$ জারিত হয়ে ATP, পানি, ইলেকট্রন ও প্রোটন উৎপন্ন হয়। উচ্চ ক্ষমতাসম্পন্ন ইলেকট্রনসমূহ ইলেকট্রন প্রবাহতন্ত্রের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হওয়ার সময় শক্তি নির্গত হয়। এই শক্তি ATP তৈরিতে ব্যবহৃত হয়। এই বিক্রিয়াগুলো মাইটোকন্ড্রিয়ার ক্রিস্টার অক্সিসোমের এনজাইমগুলোর দ্বারা ঘটে।

ঘ. P-এ দেখানো প্রক্রিয়াটি হলো শ্বসন যা উদ্ভিদ ও প্রাণী উভয় জীবের জন্য অপরিহার্য।

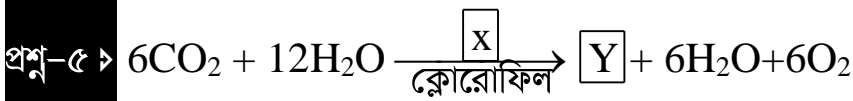
উদ্ভিদ ও প্রাণী খাদ্যের মাধ্যমে সমস্ত শক্তি পেয়ে শ্বসন প্রক্রিয়ায় খাদ্যকে ভেঙে উৎপন্ন শক্তি দিয়ে জীবের সব ধরনের ক্রিয়া বিক্রিয়া ও কাজকর্ম পরিচালিত হয়।

উদ্ভিদের সালোকসংশ্লেষণের মাধ্যমে শর্করা উৎপাদনের জন্য প্রয়োজনীয় CO_2 নির্গত হয় জীবের শ্বসন থেকে। এ প্রক্রিয়া উদ্ভিদের খনিজ লবণ পরিশোধনে সাহায্য করে যা পরোক্ষভাবে উদ্ভিদের বৃদ্ধি ও অন্যান্য জৈবিক প্রক্রিয়া চালু রাখে।

অন্যদিকে প্রাণীর বেঁচে থাকার প্রধান পূর্বশর্ত ও প্রয়োজনীয় উপাদান অক্সিজেন প্রাণীদেহে প্রবেশ করে শ্বসন প্রক্রিয়ার মাধ্যমে। শ্বসনের মাধ্যমে উৎপন্ন তাপ দেহকে উষ্ণ রাখে ও শক্তি জোগায়। শ্বসনের ফলে গৃহীত অক্সিজেন দেহকোষে পরিপাককৃত খাদ্যের সাথে বিক্রিয়া করে CO_2 উৎপন্ন করে। আবার প্রশ্বাসে অক্সিজেন গ্রহণের মতো নিঃশ্বাসেও উৎপন্ন CO_2 বের করে দিতে হয়। এর সাথে দেহরক্ষার নানাবিধ প্রক্রিয়াও চলতে থাকে। ফলে প্রাণী বেঁচে থাকে।

উপরে বর্ণিত শ্বসনের কার্যকারিতা ছাড়াও শ্বসন সমস্ত জীবের দৈহিক বৃদ্ধিও নিয়ন্ত্রণ করে। কোষ বিভাজনের প্রয়োজনীয় শক্তি ও কিছু আনুষঙ্গিক পদার্থ শ্বসন থেকে আসে।

সুতরাং বলা যায়। P অর্থাৎ শ্বসন প্রক্রিয়াটি জীবজগতে (উদ্ভিদ ও প্রাণীর) জন্য সমান গুরুত্বপূর্ণ



ক. C_3 -উদ্ভিদ কী?

১

খ. গ্লাইকোলাইসিস বলতে কী বোঝায়?

২

গ. উদ্ভিদে 'Y' কীভাবে তৈরি হয়? ব্যাখ্যা কর।

৩

ঘ. 'X' এর অনুপস্থিতি উপরিউক্ত বিক্রিয়াটিতে কী প্রভাব ফেলতে পারে? তোমার মতামত দাও।

৪

◀▶ ওনং প্রশ্নের সমাধান ▶◀

ক. C_3 উদ্ভিদ হলো সালোকসংশ্লেষণে প্রথম স্থায়ী পদার্থ ৩- কার্বনবিশিষ্ট ফসফোগ্লিসারিক (3PGA) উৎপন্নকারী উদ্ভিদ।

খ. সৃজনশীল প্রশ্ন ৩ (খ) অংশের উত্তর।

গ. উদ্ভীপকের চিত্রটি সালোকসংশ্লেষণের সার্বিক বিক্রিয়া। Y হলো গ্লুকোজ। এটি উদ্ভিদ দেহে সূর্যালোকের (X) ও ক্লোরোফিলের উপস্থিতিতে CO_2 এবং H_2O থেকে সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় তৈরি হয়। সালোকসংশ্লেষণে H_2O জারিত হয় এবং CO_2 বিজারিত হয়।

সালোকসংশ্লেষণ দুটি পর্যায়ে ঘটে— একটি আলোক নির্ভর পর্যায়, অপরটি আলোক নিরপেক্ষ বা অন্ধকার পর্যায়। আলোক পর্যায়ে পাতার মেসোফিল টিস্যুর ক্লোরোফিল অণু আলোক রশ্মির ফোটন শোষণ করে ফটোফসফোরাইলেশন এবং পানিকে বিয়োজিত করে ATP ও $NADPH + H^+$ উৎপন্ন করে।

অন্ধকার পর্যায়ে CO_2 এর বিজারণ তিনটি গতিপথে ঘটে যথা— i) ক্যালভিন চক্র, ii) হ্যাচ ও স্ল্যাক চক্র ও iii) ক্রেসুলেসিয়ান এসিড বিপাক।

ক্যালভিন চক্রের কোষে অবস্থিত ৪-কার্বন বিশিষ্ট রাইবুলোজ ১, ৪-ডাইফসফেট এর সাথে CO_2 যুক্ত হয়ে প্রথম স্থায়ী পদার্থ, তিন কার্বন বিশিষ্ট ৩-ফসফোগ্লিসারিক এসিড (3PGA) উৎপন্ন করে। আলোক পর্যায়ে উৎপন্ন ATP ও $NADPH + H^+$ ব্যবহার করে 3PGA থেকে ৩ ফসফোগ্লিসারল ডিহাইড ও ডাই হাইড্রোক্সি এসিটোন ফসফেট তৈরি হয়। ৩-ফসফোগ্লিসারল ডিহাইড ও ডাই হাইড্রোক্সি এসিটোন ফসফেট থেকে ক্রমাগত বিভিন্ন বিক্রিয়ার মাধ্যমে একদিকে শর্করা এবং অপরদিকে রাইবুলোজ ১, ৪-ডাই ফসফেট তৈরি হতে থাকে।

ঘ. উদ্ভীপকের বিক্রিয়াটি সালোকসংশ্লেষণের সার্বিক বিক্রিয়া। উদ্ভীপকে সূর্যের আলো 'X' দিয়ে বুঝানো হয়েছে। সালোকসংশ্লেষণ একটি জটিল ও দীর্ঘ প্রক্রিয়া। প্রক্রিয়াটি দুটি পর্যায়ে ঘটে (১) আলোক পর্যায় এবং (২) আলোক নিরপেক্ষ পর্যায়।

আলোক পর্যায়ের জন্য আলো অপরিহার্য। এ পর্যায়ে সৌরশক্তি রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। এ প্রক্রিয়ায় ক্লোরোফিল অণু সূর্যের আলোক রশ্মির ফোটন কণা শোষণ করে ফটোফসফোরাইলেশন দ্বারা ATP উৎপন্ন করে। এছাড়া সূর্যালোক ও ক্লোরোফিলের সহায়তায় পানি বিয়োজিত হয়ে ইলেকট্রন উৎপন্নের মাধ্যমে $NADPH + H^+$ উৎপন্ন হয়।

অন্ধকার পর্যায়ে আলোর প্রত্যক্ষ প্রয়োজন পড়ে না। কিন্তু আলোক পর্যায়ে উৎপন্ন ATP ও $NADPH + H^+$ এর সহায়তা ছাড়া অন্ধকার পর্যায়ে CO_2 বিজারিত হয়ে গ্লুকোজ প্রস্তুত করতে পারে না। সুতরাং সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় সূর্যের আলোর গুরুত্ব অপরিসীম। সূর্যের আলোর অনুপস্থিতিতে আলোক পর্যায় ঘটবে না ফলে অন্ধকার পর্যায়ের বিক্রিয়াগুলো ঘটবে না এবং শর্করা খাদ্য উৎপন্ন হবে না।

প্রশ্ন - ৭ নিচের উদ্ভীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

দশম শ্রেণির ছাত্রী বিভা তার বান্ধবীকে সালোকসংশ্লেষণের গুরুত্ব বুঝিয়ে দিল। বিভা বলল যে, এটি একটি গুরুত্বপূর্ণ জৈব রাসায়নিক প্রক্রিয়া। এ প্রক্রিয়ায় পানির সালোক বিভাজন ঘটে এবং CO_2 বিজারিত হয়ে শর্করা উৎপন্ন হয়। এ প্রক্রিয়ায় কিছু প্রভাবকের গুরুত্ব আছে।

ক. গ্লাইকোলাইসিস কী?

১

খ. সালোকসংশ্লেষণের জন্য প্রয়োজনীয় প্রভাবক কী কী? ব্যাখ্যা কর।

২

গ. উদ্দীপকে বিভার আলোচিত প্রক্রিয়ায় পানির সালোক বিভাজন ও ATP উৎপাদন প্রক্রিয়া যুগপৎ ঘটে—
বিশ্লেষণ কর।

৩

ঘ. জীবজগতের উপর উদ্দীপকে উল্লিখিত প্রক্রিয়াটির প্রভাব বর্ণনা কর।

৪

▶◀ এনং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

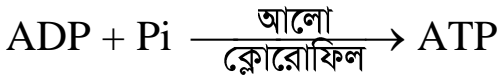
ক. গ্লাইকোলাইসিস শ্বসনের একটি পর্যায়, যেখানে ১ অণু গ্লুকোজ থেকে ২ অণু পাইরুভিক এসিড উৎপন্ন হয়।

খ. সালোকসংশ্লেষণের প্রয়োজনীয় প্রভাবগুলো কিছু বাহ্যিক ও কিছু অভ্যন্তরীণ।

i. বাহ্যিক প্রভাবকসমূহ : আলো, কার্বন ডাইঅক্সাইড, তাপমাত্রা, পানি, অক্সিজেন, খনিজ পদার্থ ও রাসায়নিক পদার্থ।

ii. অভ্যন্তরীণ প্রভাবকসমূহ : ক্লোরোফিল, পাতার বয়স ও সংখ্যা, শর্করার পরিমাণ, পটাসিয়াম ও এনজাইম।

গ. উদ্দীপকে বিভার আলোচিত প্রক্রিয়া হলো সালোকসংশ্লেষণের আলোক নির্ভর পর্যায়। আলোকনির্ভর পর্যায়ে সৌরশক্তি রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। এ পর্যায়ে পাতার ক্লোরোফিল আলোকরশ্মির ফোটন কণা শোষণ করে এবং শোষণকৃত ফোটন হতে শক্তি সঞ্চয় করে ADP (অ্যাডিনোসিন ডাইফসফেট) এর সাথে অজৈব ফসফেট (Pi = inorganic phosphate) মিলিত হয়ে ATP তৈরি করে। ATP তৈরির এই প্রক্রিয়াকে ফটোফসফোরাইলেশন (photophosphorylation) বলে।



সূর্যালোক ও ক্লোরোফিলের সহায়তায় পানি বিয়োজিত হয়ে অক্সিজেন, হাইড্রোজেন ও ইলেকট্রন উৎপন্ন হয়। এ প্রক্রিয়াকে পানির ফটোলাইসিস বা পানির সালোক বিভাজন বলা হয়। ফটোফসফোরাইলেশন প্রক্রিয়ায় ATP এবং পানির ইলেকট্রন NADP- কে বিজারিত করে NADPH₂ উৎপন্ন করে।

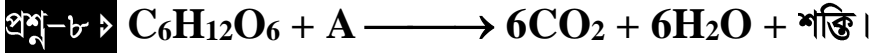
অতএব, উপরিউক্ত প্রক্রিয়া বিশ্লেষণ করে দেখা যায় উদ্দীপকের আলোচিত প্রক্রিয়ায় পানির সালোকবিভাজন ও ATP উৎপাদন প্রক্রিয়া যুগপৎ ঘটে।

ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত প্রক্রিয়াটি হলো সালোকসংশ্লেষণ; জীবজগতে যার প্রভাব অপরিসীম।

সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়াটি জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়া। এ বিক্রিয়ার মাধ্যমেই সূর্যালোক ও জীবনের মধ্যে সেতুবন্ধন সৃষ্টি হয়। সমস্ত শক্তির উৎস হলো সূর্য। সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় সৌরশক্তিকে রাসায়নিক শক্তিতে পরিণত করে খাদ্যের মধ্যে আবদ্ধ রাখে। জীব নিজের খাদ্য তৈরি করতে পারে না। আমরা খাদ্য হিসেবে যা গ্রহণ করি তা সবই প্রত্যক্ষ ও পরোক্ষভাবে সবুজ উদ্দিদ থেকে পেয়ে থাকি। খাদ্যের জন্য সমগ্র প্রাণীকুল সবুজ উদ্দিদের উপর সম্পূর্ণভাবে নির্ভরশীল, আর সবুজ উদ্দিদ এ খাদ্য প্রস্তুত করে সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায়।

বায়ুতে অক্সিজেনের গ্যাসের পরিমাণ ২০.৯৫ ভাগ এবং CO₂ এর পরিমাণ ০.০৩৩ ভাগ। শ্বসন প্রক্রিয়ায় জীব O₂ গ্রহণ করে ও CO₂ ত্যাগ করে। কিন্তু সবুজ উদ্দিদ সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় CO₂ গ্রহণ করে এবং O₂ বায়ুমন্ডলে ত্যাগ করে। এভাবে পরিবেশের ভারসাম্য রক্ষায় বিশেষ করে O₂ ও CO₂ এর সঠিক অনুপাত রক্ষায় সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়া গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে।

উপরিউক্ত আলোচনা থেকে দেখা যায় মানব সভ্যতার অগ্রগতি অনেকাংশে সালোকসংশ্লেষণের উপর প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে নির্ভরশীল। তাই সালোকসংশ্লেষণ না ঘটলে ধ্বংস হবে মানবসভ্যতা, বিলুপ্ত হবে জীবজগত। তাই বলা যায় জীবজগতের উপর সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়াটির প্রভাব অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ।



- ক. গ্লাইকোলাইসিস কোথায় ঘটে? ১
- খ. C_4 উদ্ভিদ বলতে কী বোঝায়? ২
- গ. উদ্ভীপকের প্রক্রিয়াটি A এর অনুপস্থিতিতে কীভাবে ঘটে? ব্যাখ্যা কর। ৩
- ঘ. উদ্ভীপকের প্রক্রিয়াটি জীবের অস্তিত্ব রক্ষায় কী ধরনের ভূমিকা রাখে? মতামত দাও। ৪

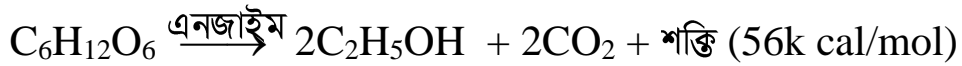
▶◀ চনং প্রশ্নের সমাধান ▶◀

ক. গ্লাইকোলাইসিস কোষের সাইটোপ্লাজমে ঘটে।

খ. বিজ্ঞানী হ্যাচ ও স্ল্যাক সালোকসংশ্লেষণের অন্ধকার পর্যায়ে CO_2 বিজারণের একটি বিশেষ গতিপথ আবিষ্কার করেন। যেখানে প্রথম স্থায়ী যৌগ ৪-কার্বন বিশিষ্ট অক্সালো এ্যাসিটিক এসিড উৎপন্ন হয়। যেসব উদ্ভিদে এই ধরনের চক্র দেখা যায় তাদেরকে C_4 উদ্ভিদ বলা হয়। সাধারণত, ভুট্টা, আখ, অন্যান্য, ঘাস জাতীয় উদ্ভিদ, মুখা ঘাস, অ্যামারাভাস ইত্যাদি C_4 উদ্ভিদ।

গ. উদ্ভীপকের প্রক্রিয়াটি হলো শ্বসনের সামগ্রিক রূপ এবং A হলো অক্সিজেন (O_2) যার অভাবে প্রক্রিয়াটি অবাত শ্বসনে পরিণত হয়।

সাধারণভাবে বলা হয় যে শ্বসন প্রক্রিয়া অক্সিজেনের অনুপস্থিতিতে হয় তাকে অবাত শ্বসন বলে। অবাত শ্বসনে কোনো শ্বসনিক বস্তু অক্সিজেনের সাহায্য ছাড়াই কোষমধ্যস্থ এনজাইম দ্বারা আংশিকরূপে জারিত হয়ে বিভিন্ন প্রকার জৈব যৌগ (ইথাইল অ্যালকোহল, ল্যাকটিক এসিড ইত্যাদি), CO_2 সামান্য পরিমাণ শক্তি উৎপন্ন করে।



গ্লুকোজ(ইথাইল অ্যালকোহল)

এখানে কোষের এনজাইমগুলো প্রধান ভূমিকা পালন করে। এভাবেই উদ্ভীপকের প্রক্রিয়া A অর্থাৎ অক্সিজেনের অনুপস্থিতিতে ঘটে।

ঘ. উদ্ভীপক প্রক্রিয়াটি হলো শ্বসন যা জীবের অস্তিত্ব রক্ষায় গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে।

শ্বসনের সময় জীবদেহে বর্তমান স্থৈতিক শক্তি তাপরূপে উদভূত হয়ে রাসায়নিক শক্তিরূপে (ATP) মুক্ত হয় এবং জীবের বিভিন্ন শারীরবৃত্তীয় কাজের জন্য প্রয়োজনীয় শক্তি যোগায়। শর্করা জাতীয় খাদ্যবস্তু ব্যতীত প্রোটিন, ফ্যাট এবং বিভিন্ন জৈব এসিড শ্বসনিক বস্তুরূপে ব্যবহৃত হয়। শ্বসনের সামগ্রিক সমীকরণটি নিম্নরূপ :

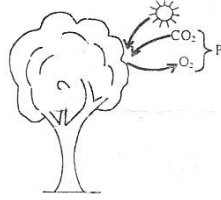


শ্বসন প্রক্রিয়ায় উৎপন্ন শক্তি দিয়ে জীবের সব ধরনের ক্রিয়া-বিক্রিয়া ও কাজকর্ম পরিচালিত হয়। শ্বসনে নির্গত CO_2 জীবের প্রধান খাদ্য শর্করা উৎপন্নের জন্য সালোকসংশ্লেষণে ব্যবহৃত হয়। এ প্রক্রিয়া উদ্ভিদে খনিজ লবণ

পরিশোধনে সাহায্য করে, যা পরোক্ষভাবে উদ্ভিদের বৃদ্ধি ও অন্যান্য জৈবিক প্রক্রিয়া চালু রাখে। কোষ বিভাজনের প্রয়োজনীয় শক্তি ও কিছু আনুষঙ্গিক পদার্থ শ্বসন প্রক্রিয়া থেকে আসে। তাই এ প্রক্রিয়া জীবের দৈহিক বৃদ্ধিও নিয়ন্ত্রণ করে। এ প্রক্রিয়া বিভিন্ন উপক্ষার ও জৈব এসিড সৃষ্টিতে সহায়তা করার মাধ্যমে জীবনের অন্যান্য জৈবিক কাজেও সহায়তা করে। কিছু ব্যাকটেরিয়া অক্সিজেনের উপস্থিতিতে বাঁচতে পারে না। তাদের শক্তি উৎপাদনের একমাত্র উপায় হলো অবাত শ্বসন।

উপরিউক্ত বর্ণনা বিশ্লেষণ করলে দেখা যায় যে, উদ্ভীপকের শ্বসন প্রক্রিয়াটি জীবের অস্তিত্ব রক্ষায় গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে।

প্রশ্ন-৯ > নিচের চিত্রটি দেখে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

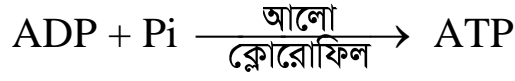


চিত্র : R

- ক. প্রস্বেদন কী? ১
- খ. উদ্ভিদে পরিবহন বলতে কী বোঝায়? ২
- গ. P প্রক্রিয়ায় ADP এর রূপান্তর ব্যাখ্যা কর।
- ৩
- ঘ. চিত্র R এর সার্বিক বৃদ্ধিতে P প্রক্রিয়াই যথেষ্ট নয় খনিজ পুষ্টিরও প্রয়োজন রয়েছে— বিশ্লেষণ কর। ৪

>< ৯নং প্রশ্নের সমাধান ><

- ক. সৃজনশীল প্রশ্ন ৪ (ক) অংশের উত্তর।
- খ. উদ্ভিদে পরিবহন বলতে মাটি থেকে শোষিত পানি ও খনিজ লবণ এবং পাতায় প্রস্তুতকৃত খাদ্যের চলাচলকে বুঝায়।
জাইলেম ভেসেলের মাধ্যমে পানি ও খনিজ লবণ উদ্ভিদের পৌঁছায়। পাতায় পানি পৌঁছালে সেখানে খাদ্য প্রস্তুত হয়। প্রস্তুত খাদ্য উদ্ভিদের বিভিন্ন এলাকায় ফ্লোয়েম টিস্যু দ্বারা পরিবাহিত হয়। এভাবে উদ্ভিদের বিভিন্ন অজৈব পদার্থগুলো জাইলেম দ্বারা এবং বিভিন্ন জৈব যৌগগুলো ফ্লোয়েম দ্বারা পরিবাহিত হয়।
- গ. উদ্ভীপকে উল্লিখিত P প্রক্রিয়াটি সালোকসংশ্লেষণের আলোক নির্ভর পর্যায়ের। এ পর্যায়ে ADP রূপান্তরিত হয়ে ATP উৎপন্ন করে। পর্যায়টি নিচে ব্যাখ্যা করা হলো :
আলোকনির্ভর পর্যায়ে সৌরশক্তি রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। এই রূপান্তরিত শক্তি ATP এর মধ্যে সঞ্চিত হয়। এখানে ক্লোরোফিল গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। ক্লোরোফিল অণু আলোকরশ্মির ফোটন (Photon) শোষণ করে। শোষণকৃত ফোটন হতে শক্তি সঞ্চয় করে ADP এর সাথে অজৈব ফসফেট মিলিত হয়ে ATP তৈরি করে।



ATP তৈরির এই প্রক্রিয়াকে ফটোসিন্থেসিস বলে।

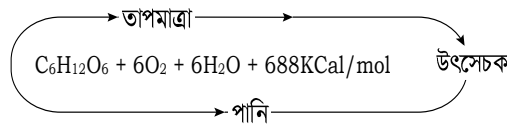
ঘ. উদ্ভীপকের চিত্রটির দ্বারা উদ্ভীপের সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়াকে বুঝানো হয়েছে।

সবুজ উদ্ভীপ কেবল সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়াতেই সৌরশক্তিকে রাসায়নিক শক্তিতে পরিণত করে। এ শক্তি উদ্ভীপের দেহে সঞ্চিত থাকে যা বৃদ্ধির কাজে লাগে। তবে এ প্রক্রিয়ায় ব্যবহৃত কার্বন ডাইঅক্সাইড বায়ু থেকে পেলেও কিছু পুষ্টি উপাদান উদ্ভীপকে মূলের সাহায্যে মাটি থেকে শোষণ করতে হয়। সেগুলোকে বলা হয় খনিজ লবণ। যেমন- N, Mg, K, Co, P ইত্যাদি।

উদ্ভীপের স্বাভাবিক বৃদ্ধির জন্য বিভিন্ন খনিজ পুষ্টি গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। নাইট্রোজেনের অভাব হলে ক্লোরোফিল সৃষ্টি ব্যাহত হয়। ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরোফিল অণুর একটি উপাদান। কাজেই এর অভাব হলে ক্লোরোফিল অণু সৃষ্টি এবং সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় খাদ্য প্রস্তুত ব্যাহত হবে। খাদ্যপ্রস্তুত বাধাপ্রাপ্ত হলে শ্বসন প্রক্রিয়ায় বিঘ্ন ঘটবে এবং শক্তি নির্গমন হ্রাস পাবে। খনিজ লবণগুলো উদ্ভীপের বহু জৈবিক ক্রিয়া-বিক্রিয়ায় সহায়ক হিসেবে কাজ করে। সালোকসংশ্লেষণে ও শ্বসনে পত্ররন্ধ্র খোলা ও বন্ধ হওয়ার ক্ষেত্রে পটাশিয়ামের গুরুত্ব অপরিসীম। কোষ বিভাজনের মাধ্যমে উদ্ভীপের বৃদ্ধি নিয়ন্ত্রণ করে পটাশিয়াম। এটি মূল, ফুল ও ফল উৎপাদন ও বর্ধনেও সাহায্য করে। মূল বর্ধনের জন্য ফসফরাস অত্যন্ত প্রয়োজনীয় উপাদান। ফসফরাস জীবকোষের DNA, RNA, ATP প্রভৃতির গাঠনিক উপাদান। কাজেই এটি ছাড়া উদ্ভীপের সৃষ্টি একেবারেই সম্ভব নয়।

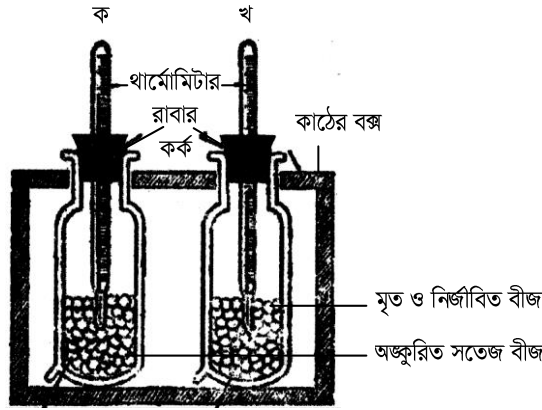
অতএব, উপরিউক্ত আলোচনা থেকে বলা যায়, উদ্ভীপের সার্বিক বৃদ্ধিতে P অর্থাৎ সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়াই যথেষ্ট নয়। খনিজ পুষ্টিরও প্রয়োজন রয়েছে।

প্রশ্ন-১০ নিচের উদ্ভীপকটি পড়ে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



- ক. C_4 উদ্ভীপ কী? ১
- খ. ফটোসিন্থেসিস কী? ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. উদ্ভীপকের প্রক্রিয়াতে যে শক্তি নির্গত হয় তা কীভাবে পরীক্ষার মাধ্যমে প্রমাণ করা যায়-বর্ণনা কর। ৩
- ঘ. উদ্ভীপকের বিক্রিয়াটি সংগঠনের গতি বাড়াতে ছকের সবগুলো উপাদানের মাত্রা বৃদ্ধি কি জরুরি-মূল্যায়ন কর। ৪

- ক. যেসব উদ্ভিদে সালোকসংশ্লেষণের অন্ধকার পর্যায়ে C_4 চক্র সংঘটিত হয় তাদেরকে বলা হয় C_4 উদ্ভিদ।
- খ. সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় আলোক শক্তি ব্যবহার করে ATP তৈরির প্রক্রিয়াকে ফটোফসফোরাইলেশন বলা হয়। এ প্রক্রিয়ায় ADP এর সাথে অজৈব ফসফেট মিলিত হয়ে ATP তৈরি করে এবং ইলেকট্রন NADP-কে বিজারিত করে $NADPH+H^+$ উৎপন্ন করে।
- গ. উদ্ভীপকের প্রক্রিয়াটিতে যে শক্তি নির্গত হয় তা নিচের পরীক্ষার মাধ্যমে প্রমাণ করা যায়—
পরীক্ষাটিতে দুটি থার্মোফ্লাস্ক, দুটি থার্মোমিটার, ছিদ্রযুক্ত দুটি রাবার কর্ক, অজ্জুরিত ছোলা এবং ১০% মারকিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণ লাগবে।



দুটি থার্মোফ্লাস্কের একটিতে 'ক' ও অন্যটিতে 'খ' লেবেল লাগাতে হবে। 'ক' চিহ্নিত থার্মোফ্লাস্কে সামান্য পানিসহ কিছু অজ্জুরিত ছোলাবীজ নিতে হবে। ছিদ্রযুক্ত রাবার কর্কের মধ্য দিয়ে একটি থার্মোমিটার প্রবেশ করানোর পর ফ্লাস্কের মুখটি ভালো করে বন্ধ করে দিতে হবে। অবশিষ্ট অজ্জুরিত ছোলাগুলোকে ১০% ফুটন্ত মারকিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণে ১০ মিনিট ডুবিয়ে রেখে 'খ' চিহ্নিত ফ্লাস্কে ছিদ্রযুক্ত কর্কের মধ্য দিয়ে একটি থার্মোমিটার ঢুকিয়ে ফ্লাস্কের মুখ ভালোভাবে আটকে দিতে হবে। এবার 'ক' ও 'খ' চিহ্নিত থার্মোমিটার দুটির প্রাথমিক তাপমাত্রা লিখে রেখে ফ্লাস্ক দুটিকে রেখে দিতে হবে।

কয়েক ঘণ্টা পর দেখা যাবে 'ক' থার্মোমিটারের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাবে কিন্তু 'খ' থার্মোমিটারের তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকবে।

'ক' থার্মোফ্লাস্কের অজ্জুরিত ছোলাগুলো সজীব থাকায় শ্বসন-প্রক্রিয়া অব্যাহত থাকে এবং তাপশক্তি নির্গমনের কারণে তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়। অন্যদিকে 'খ' ফ্লাস্কের ছোলাগুলো মারকিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণে ডুবিয়ে নেওয়াতে বীজগুলো মরে যায়। ফলে শ্বসন প্রক্রিয়া না ঘটায় তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকে। সুতরাং পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণিত হয় শ্বসনে শক্তি (তাপ) নির্গত হয়।

- ঘ. উদ্ভীপকের বিক্রিয়াটি সংগঠনের গতি বাড়াতে তাপমাত্রা, অক্সিজেন, উৎসেচক ও পানি প্রভৃতি উপাদান বৃদ্ধি বা হ্রাস করা জরুরি কিনা তা নিচে আলোচনা করা হলো—

বিক্রিয়াটি যেহেতু শ্বসন প্রক্রিয়ার, আর শ্বসনের উত্তম তাপমাত্রা হলো $20^{\circ}-35^{\circ}$ সে.। তাই এর নিচে বা উপরে তাপমাত্রা রাখা যাবে না। সবাত শ্বসনে পাইরুভিক এসিড জারিত হয়ে CO_2 ও H_2O উৎপন্ন করে।

অক্সিজেন ছাড়া শ্বসন চলতে পারে না। তাই অক্সিজেনের মাত্রা বাড়াতে হবে। পরিমিত পানি সরবরাহ শ্বসন প্রক্রিয়াকে স্বাভাবিক রাখে। অত্যন্ত কম কিংবা অতিরিক্ত পানির উপস্থিতিতে শ্বসন প্রক্রিয়া ব্যাহত হয়। তাই এক্ষেত্রে পরিমিত পরিমাণ পানি সরবরাহ করতে হবে। প্রক্রিয়ায় বহুবিধ এনজাইম বা উৎসেচক সক্রিয়ভাবে অংশগ্রহণ করে। কাজেই উৎসেচকের ঘাটতি শ্বসন হার কমিয়ে দেয়। তাই উক্ত বিক্রিয়াটিতে যথেষ্ট পরিমাণ উৎসেচক সরবরাহ করতে হবে।

উপরিউক্ত আলোচনা প্রেক্ষিতে বলা যায়, উদ্ভীপকের বিক্রিয়াটি সংগঠনের গতি বাড়াতে ছকের সবগুলো উপাদান পরিমিত পরিমাণে প্রয়োগ করা জরুরি।

প্রশ্ন – ১১ ▶ নিচের উদ্ভীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

জনৈক জীববিজ্ঞান শিক্ষক সালোকসংশ্লেষণ বুঝানোর জন্য পরীক্ষাগারের বারান্দায় পর্যাপ্ত আলোতে শৈবালের ওপর একটি বৈজ্ঞানিক পরীক্ষা করেন। বেশ কিছুক্ষণ পর শিক্ষার্থীরা দেখতে পায় শৈবাল থেকে বুদ্ধবুদ্ধ বের হচ্ছে।

- ক. সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ার জন্য অত্যাৱশ্যকীয় উপাদানগুলো কী কী? ১
- খ. রাফেজ বলতে কী বোঝ? ২
- গ. উল্লিখিত বৈজ্ঞানিক পরীক্ষাটির বর্ণনাসহ শৈবাল থেকে বুদ্ধবুদ্ধ ওঠার কারণ ব্যাখ্যা কর। ৩
- ঘ. প্রকৃতিতে অক্সিজেন ও কার্বন ডাইঅক্সাইডের সমতা রক্ষায় উদ্ভীপকের পরীক্ষাটির ভূমিকা বর্ণনা কর। ৪

▶◀ ১১নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

- ক. সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ার জন্য অত্যাৱশ্যকীয় উপাদান ৪টি। যথা : i) ক্লোরোফিল, ii) আলো, iii) পানি এবং iv) কার্বন ডাইঅক্সাইড।
- খ. শস্য দানার বহিরাবরণ, সবজি, ফলের খোসা, শাঁস, বীজ এবং উদ্ভিদের ডাটায় এক ধরনের আঁশ থাকে। এগুলোকে খাদ্য আঁশ বা রাফেজ বলে। এগুলো মূলত কোষ প্রাচীরের সেলুলোজ এবং লিগনিন। হাড় যেমন মানবদেহের কাঠামো গঠন করে, রাফেজ তেমনি উদ্ভিদের কাঠামো তৈরি করে। রাফেজ হজম হয় না। কিন্তু পানি শোষণ করে বৃহদন্ত্র থেকে মল নিষ্কাশনে সাহায্য করে। এটি ক্যান্সারের আশঙ্কা হ্রাস করে।
- গ. উল্লিখিত বৈজ্ঞানিক পরীক্ষাটির দ্বারা শিক্ষক শিক্ষার্থীদের বুঝিয়ে দিলেন শৈবাল থেকে বুদ্ধবুদ্ধ ওঠার কারণ হলো এতে সালোকসংশ্লেষণের সময় O_2 নির্গত হয়।

পরীক্ষার উপকরণ : একটি কাচের বিকার, Spirogyra শৈবাল, একটি ফানেল, একটি টেস্টটিউব, পানি, শিখাহীন জ্বলন্ত কাঠি।

কার্যপদ্ধতি : Spirogyra নামক শৈবাল বিকারে রেখে একটি ফানেল দিয়ে ঢেকে দিতে হবে। এবার বিকারে এমন পরিমাণ পানি ঢালতে হবে যাতে করে ফানেলে নলটি পানিতে ডুবে থাকে। এবার একটি টেস্টটিউব সম্পূর্ণ পানি ভর্তি করে ফানেলের নলের উপর উপুড় করে রাখতে হবে। এ অবস্থায় পরীক্ষণ সেটটিকে সূর্যালোকে রাখতে হবে।

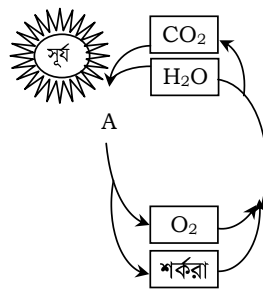
পর্যবেক্ষণ : কিছুক্ষণ পর দেখা যাবে Spirogyra উদ্ভিদ হতে বুদ্ধবুদ্ধ আকারে গ্যাস বের হচ্ছে এবং টেস্টটিউবে জমা হচ্ছে। সবুজ শিখাহীন জ্বলন্ত কাঠি এই গ্যাসে ধরলে জ্বলে উঠবে। শৈবাল (Spirogyra) গুলোতে আলোর উপস্থিতিতে সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়া ঘটেছে এবং অক্সিজেন গ্যাস বুদ্ধবুদ্ধ আকারে বের হয়েছে। এই পরীক্ষার মাধ্যমে শিক্ষক বোঝালেন সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় O_2 উপজাত হিসেবে নির্গত হয়।

ঘ. উদ্ভিদপকের পরীক্ষাটি হলো সালোকসংশ্লেষণ পরীক্ষা যা প্রকৃতিতে অক্সিজেন ও কার্বন ডাইঅক্সাইডের সমতা রক্ষায় গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে।

আমরা জানি, বায়ুমণ্ডলে O_2 -এর পরিমাণ ২০.৯৪৫% এবং CO_2 -এর পরিমাণ ০.০৩৩%। এ শতকরা পরিমাণ স্থিতিশীল রাখতে সালোকসংশ্লেষণের ভূমিকা অপরিসীম। সমস্ত জীবগোষ্ঠী শ্বসন কাজ চালানোর জন্য বাতাসের O_2 ব্যবহার করে এবং তার পরিবর্তে CO_2 ত্যাগ করে। এ ঘটনা যদি ক্রমাগত চলতে থাকত তাহলে বাতাসে CO_2 -এর পরিমাণ বেড়ে যেত এবং পরিবেশ দূষিত হয়ে O_2 এর অভাবে জীবকুল বাঁচতো না। প্রকৃতপক্ষে তা ঘটে না। সবুজ উদ্ভিদে সালোকসংশ্লেষণ ঘটানোর জন্য বাতাসের CO_2 ব্যবহৃত হচ্ছে এবং বাতাসে O_2 -এর যোগান দিচ্ছে। ফলে বায়ুতে O_2 এবং CO_2 -এর সমতা বজায় থাকছে।

সুতরাং পরিবেশে O_2 ও CO_2 -এর সমতা বজায় রাখার জন্য উদ্ভিদের সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়া খুবই গুরুত্বপূর্ণ।

প্রশ্ন-১২ ▶ নিচের চিত্রটি দেখে এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



ক. ইলেকট্রন প্রবাহতন্ত্র কী এবং কোথায় ঘটে? ১

খ. মূলে সালোকসংশ্লেষণ কেন হয় না? ব্যাখ্যাসহ লিখ। ২

গ. আলোর অনুপস্থিতিতে উপরিউক্ত প্রক্রিয়ার রাসায়নিক বিক্রিয়াকে কীভাবে প্রভাবিত করবে ব্যাখ্যা কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের প্রক্রিয়াটি না ঘটলে প্রকৃতির

উদ্ভাবন বিশ্লেষণ কর।

৪

২২নং প্রশ্নের উত্তর

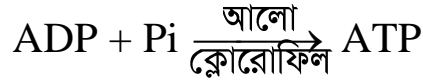
ক. ইলেকট্রন প্রবাহতন্ত্র শ্বসনের একটি ধাপ। এটি মাইটোকন্ড্রিয়ায় ঘটে।

খ. সালোকসংশ্লেষণের জন্য প্রধান উপকরণ— আলো, ক্লোরোফিল, O_2 ও পানি। কিন্তু মূলে ক্লোরোফিল না থাকায় এবং সূর্যালোক না পাওয়ায় সালোকসংশ্লেষণ হয় না।

ভুট্টা গাছ একটি C_4 উদ্ভিদ। C_4 উদ্ভিদে একই সাথে হ্যাচ ও স্ল্যাক চক্র এবং ক্যালভিন চক্র পরিচালিত হয়।

গ. উপরিউক্ত প্রক্রিয়া হলো সালোকসংশ্লেষণ।

সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়া প্রধানত দুটি পর্যায়ে সম্পন্ন হয়। যথা: আলোক পর্যায় ও অন্ধকার পর্যায়। আলোক পর্যায়ে ক্লোরোফিল সূর্যালোকের ফোটন কণা শোষণ করে সক্রিয় হয়ে ADP এর সাথে অজৈব ফসফেট যুক্ত হয়ে ATP উৎপন্ন করে।



একে ফটোফসফোরাইলেশন বলে। এছাড়া সক্রিয় ক্লোরোফিল পানিকে হাইড্রোজেন ও হাইড্রোজেন আয়নে বিশ্লিষ্ট করে। একে ফটোলাইসিস বলে। ফটোলাইসিসের ফলে উৎপাদিত ইলেকট্রন NADP কে জারিতে করে NADPH + H উৎপন্ন করে।

অন্ধকার পর্যায়ে এই ATP ও NADPH + H^+ এর সহায়তায় বিজারিত হয়ে শর্করা উৎপন্ন হয়।

সুতরাং আলোর অনুপস্থিতিতে ফটোফসফোরাইলেশন ও ফটোলাইসিস না ঘটলে পানি থেকে ATP ও NADPH₂ উৎপন্ন হবে না এবং পরবর্তীতে অন্ধকার পর্যায়ের রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলো ঘটবে না।

ঘ. উদ্দীপকের প্রক্রিয়াটি হলো সালোকসংশ্লেষণ যা না ঘটলে প্রকৃতিতে উদ্ভাবন হবে ভয়াবহ।

একমাত্র সবুজ উদ্ভিদ সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় সৌরশক্তিকে শোষণ করে শর্করা খাদ্যে স্থৈতিক শক্তিরূপে সঞ্চিত করে। মানুষসহ অন্য প্রাণীরা প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে এ খাদ্য গ্রহণ করে গতিশক্তি বা তাপশক্তি উৎপাদন করে; যা তারা বিভিন্ন কাজে ব্যয় করে।

জীব শ্বসনের সময় বায়ুমণ্ডলের অক্সিজেন ব্যবহার করে খাদ্য থেকে শক্তি উৎপন্ন করে জৈবিক কাজে লাগায়। শ্বসনের উপজাত হিসেবে কার্বন ডাইঅক্সাইড উৎপন্ন হয়। প্রকৃতিতে যদি এককভাবে শুধু জীবদের শ্বসন কাজ চলতে থাকত তাহলে বায়ুমণ্ডলের অক্সিজেন নিঃশেষ হয়ে কার্বন ডাইঅক্সাইডের পরিমাণ এত বেশি হতো যে জীবদের বেঁচে থাকা অসম্ভব হয়ে পড়ত। একমাত্র সবুজ উদ্ভিদই সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্রহণ করে উপজাত হিসেবে অক্সিজেন ত্যাগ করে বায়ুমণ্ডলের অক্সিজেন ও কার্বন ডাইঅক্সাইডের ভারসাম্য বজায় রাখে।

উপরিউক্ত আলোচনা থেকে প্রতীয়মান হয় যে, সমগ্র জীবজগতের খাদ্য ও অস্তিত্ব রক্ষার জন্য সালোকসংশ্লেষণ একটি অপরিহার্য প্রক্রিয়া। তাই এ প্রক্রিয়াটি প্রকৃতিতে না ঘটলে জীবজগত নিশ্চিহ্ন হয়ে যাবে।

প্রশ্ন-১৩ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

জীবনের সকল কর্মকাণ্ডের জন্য শক্তির প্রয়োজন। এ শক্তির একমাত্র উৎস হচ্ছে সূর্য। সূর্যের আলো একমাত্র সবুজ পাতাই উদ্ভিদের সূর্যের আলোকে আবদ্ধ করে এবং একে ব্যবহার করে খাদ্য প্রস্তুত করে।

- ক. সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় জারক ও বিজারকের নাম লেখ। ১
- খ. গ্লাইকোলাইসিস বলতে কী বোঝ? ২
- গ. উদ্দীপকের প্রক্রিয়াটির সাথে শ্বসনের দুটি মিল এবং দুটি পার্থক্য উল্লেখ কর। ৩
- ঘ. ‘উদ্ভিদের বিভিন্ন অংশের মধ্যে পাতাই উক্ত প্রক্রিয়াটির জন্য সবচেয়ে উপযুক্ত স্থান’- বিশ্লেষণ কর। ৪

▶◀ ১৩নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় H_2O জারক এবং CO_2 বিজারক।

খ. গ্লাইকোলাইসিস শ্বসনের প্রথম ধাপ। গ্লাইকোলাইসিসে গ্লুকোজ কোষের সাইটোপ্লাজমে বিদ্যমান কয়েক প্রকার এনজাইমের সাহায্যে আংশিক জারিত হয়ে ২ অণু পাইরুভিক এসিড, ২ অণু $NADH^+ + H^+$ ও ২ অণু ATP উৎপন্ন করে।

গ. উদ্দীপকের সংঘটিত প্রক্রিয়াটি সালোকসংশ্লেষণের। এর সাথে শ্বসনের মধ্যে প্রধান দুটি মিল হচ্ছে—

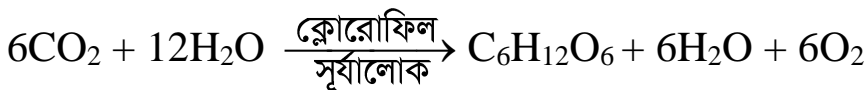
১. উভয় প্রক্রিয়ায় শক্তিকে এক ধরনের থেকে আর এক ধরনের রূপান্তরিত করে। সালোকসংশ্লেষণে আলোকশক্তি রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয় এবং শ্বসনে রাসায়নিক শক্তি গতি শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

২. উভয় প্রক্রিয়ায় ইলেকট্রনের শক্তিকে ব্যবহার করে ATP উৎপন্ন করা হয়।

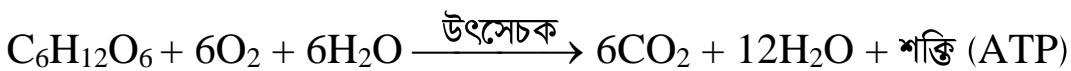
সালোকসংশ্লেষণের সাথে শ্বসনের প্রধান দুটি পার্থক্য হচ্ছে—

১. সালোকসংশ্লেষণের এবং শ্বসনের সমীকরণ দুটি বিপরীত।

সালোকসংশ্লেষণের সমীকরণ—



শ্বসনের সমীকরণ—



২. সালোকসংশ্লেষণ শক্তিকে আবদ্ধ করে, শ্বসন শক্তিকে মুক্ত করে।

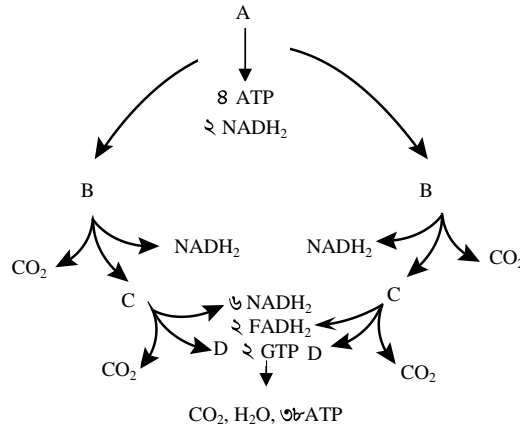
ঘ. উদ্দীপকের প্রক্রিয়াটির অর্থাৎ সালোকসংশ্লেষণের জন্য পাতাই উপযুক্ত স্থান। কারণ :

১. পাতার আকৃতি চ্যাপ্টা ও প্রসারিত হওয়ায় সহজেই বেশি পরিমাণে সূর্যের আলোক শোষণ করতে পারে।

২. পাতায় বেশি সংখ্যক পত্ররন্ধ্র থাকায় পরিবেশের সাথে গ্যাসীয় আদান-প্রদান সহজতর হয়।
৩. পাতার ভেতরে কোষ অবকাশ থাকায় ও বায়ুকুঠুরি থাকায় কার্বন ডাইঅক্সাইড চলাচল ও ব্যাপন সহজ হয়।
৪. পাতার মধ্যে ক্লোরোফিল সমৃদ্ধ প্যালিসেড কোষের ঘনবিন্যাস এবং পাতার তলের সাথে এ কোষের সমকোণে অবস্থান আলোকরশ্মি শোষণের জন্য উপযুক্ত।
৫. পাতার শিরাগুলো মেসোফিল কলায় পানি সরবরাহ করে এবং প্রস্তুতকৃত শর্করা জাতীয় খাদ্যকে দ্রুত বিভিন্ন কোষে পৌঁছতে সাহায্য করে।

উপরিউক্ত আলোচনা থেকে বলা যায়, উদ্ভিদের খাদ্য তৈরির জন্য অর্থাৎ সালোকসংশ্লেষণের জন্য উদ্ভিদের পাতাই উপযুক্ত স্থান।

প্রশ্ন -১৪ ▶ নিচের প্রবাহচিত্রটি লক্ষ কর এবং এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



- ক. NADP কী এবং এর পূর্ণ নাম কী? ১
- খ. প্রাণিজগতের সঙ্গে উদ্ভিদের সম্পর্ক কী? ২
- গ. D পর্যায়টি ব্যাখ্যা কর। ৩
- ঘ. এক অণু গ্লুকোজ থেকে A থেকে D পর্যন্ত সংঘটিত বিক্রিয়াগুলোতে ATP উৎপন্ন হবে তা ছক আকারে দেখাও। ৪

▶▶ ১৪নং প্রশ্নের উত্তর ▶▶

- ক. NADP হলো ইলেকট্রন গ্রাহক। এর পূর্ণ নাম Nicotinamide Adenine Dinucleotide Phosphate.
- খ. প্রাণিজগতের সাথে উদ্ভিদজগতের সম্পর্ক অজ্ঞাজিভাবে জড়িত। কারণ প্রাণীর শ্বাস-গ্রহণের প্রধান উপাদান O₂। যা উদ্ভিদ সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় দেয়। প্রাণীকে খাদ্যের জন্য উদ্ভিদের ওপর সম্পূর্ণ নির্ভর করতে হয় কারণ উদ্ভিদ বাস্তুতন্ত্রের উৎপাদক।
- গ. উদ্ভিদপকের প্রবাহচিত্রে সবাত শ্বসনের প্রক্রিয়াকে দেখানো হয়েছে। ছকের C থেকে D পর্যন্ত বিক্রিয়াগুলো ক্রেবস চক্রে ঘটে। এই চক্রে পাইরুভিক এসিডের পর্যায়ক্রমিক বিক্রিয়ার দ্বারা সৃষ্ট ২ কার্বন বিশিষ্ট অ্যাসিটাইল

CoA মাইটোকন্ড্রিয়ায় প্রবেশ করে। অ্যাসিটাইল CoA জারিত হয়ে দুই অণু CO₂ উৎপন্ন হয়। CO₂ ছাড়াও এ চক্রে এক অণু অ্যাসিটাইল CoA থেকে ৩ অণু NADH + H⁺ এবং ২ অণু FADH₂ এবং এক অণু GTP উৎপন্ন হয়। অতএব প্রবাহচিত্র অনুসারে দুই অণু অ্যাসিটাইল CoA থেকে চার অণু CO₂, ৬ অণু NADH + H⁺, দুই অণু FADH₂ এবং দুই অণু GTP উৎপন্ন হয়। এ চক্রের সকল বিক্রিয়া মাইটোকন্ড্রিয়াতে ঘটে। এই চক্রে সর্বমোট ২৪টি ATP অণু উৎপাদন হয়।

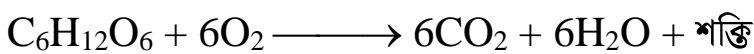
ঘ. উদ্দীপকের সবাত শ্বসনের A থেকে D পর্যন্ত এক অণু গ্লুকোজ থেকে যে সংখ্যক ATP উৎপন্ন হবে তা ছকে দেখানো হলো:

শ্বসনের পর্যায়	নিট ATP উৎপাদন
গ্লাইকোলাইসিস (A)	২ অণু NADH ₂ = ৬ ATP ২ অণু GTP = ২ ATP
অ্যাসিটাইল CoA (C)	২ অণু NADH ₂ = ৬ ATP
ক্রেবস চক্র (D)	৬ অণু NADH ₂ = ১৮ অণু = 18 ATP ২ অণু FADH ₂ = ৪ ATP ২ অণু GTP = ২ ATP
	মোট ATP = ৩৮ ATP

প্রশ্ন - ১৫ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

শ্বসনের সময় কোষস্থ খাদ্য জারিত হয়ে খাদ্যস্থ শৈল্পিক শক্তি গতি বা তাপশক্তিরূপে মুক্ত হয়।

শ্বসনের রাসায়নিক সার্বিক সমীকরণটি-



ক. C₄ উদ্দিদের প্রথম স্থায়ী যৌগটি কী? ১

? খ. অগ্ন্যাশয়কে মিশ্রগ্রন্থি কেন বলা হয়?
ব্যখ্যা কর। ২

- গ. উদ্দীপকের প্রক্রিয়াটির সাথে
সালোকসংশ্লেষণের প্রধান তিনটি
পার্থক্য লেখ। ৩
- ঘ. উদ্দীপকের বিক্রিয়াটির বিশ্লেষণ ধর্মী
আলোচনা কর। ৪

▶▶ ১৫নং প্রশ্নের উত্তর ▶▶

ক. C₄ উদ্ভিদের প্রথম স্থায়ী যৌগটি ৪ কার্বনবিশিষ্ট অক্সালো এসিটিক এসিড।

খ. শ্বসনের সাথে কোষ অঙ্গাণু মাইটোকন্ড্রিয়া সম্পর্কিত। শ্বসনের জন্য প্রয়োজনীয় এনজাইমগুলো এই কোষ অঙ্গাণুর মধ্যে আছে। শ্বসনের দ্বিতীয় ও অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ ধাপ ক্রেবস চক্রের বিক্রিয়াগুলো এজন্য এই কোষ অঙ্গাণুর মধ্যেই সম্পন্ন হয়।

গ. উদ্দীপকের প্রক্রিয়াটি হলো শ্বসন। শ্বসনের সাথে সালোকসংশ্লেষণের প্রধান তিনটি পার্থক্য নিম্নরূপ :

সালোকসংশ্লেষণ	শ্বসন
১.এ প্রক্রিয়া কেবলমাত্র ক্লোরোফিল যুক্ত সবুজ কোষে দিনের বেলায় ঘটে।	১.এ প্রক্রিয়া সমস্ত সজীব কোষে দিবারাত্রি ঘটে।

২.এর রাসায়নিক সমীকরণ : $6\text{CO}_2 + 12\text{H}_2\text{O}$ সূর্যালোক ক্লোরোফিল $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	২. শ্বসনের রাসায়নিক সমীকরণ : $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{শক্তি}$
৩. সালোকসংশ্লেষণ কোষের অঙ্গাণু ক্লোরোপ্লাস্টের মধ্যে ঘটে এবং	৩. শ্বসন কোষের অঙ্গাণু মাইটোকন্ড্রিয়ার মধ্যে ঘটে এবং

শক্তিকে আবদ্ধ করে।	খাদ্যে	শক্তিকে করে।	নির্গত
-----------------------	--------	-----------------	--------

ঘ. উদ্দীপকের বিক্রিয়াটি সবাত শ্বসনের। এটির বিশ্লেষণধর্মী আলোচনা করতে হলে আমাদের শ্বসন প্রক্রিয়ার বিক্রিয়াগুলো উল্লেখ করতে হবে। সবাত শ্বসন প্রক্রিয়া সাধারণত চারটি ধাপে সম্পন্ন হয়। ধাপগুলো—

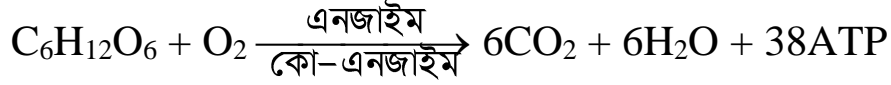
ধাপ-১ গ্লাইকোলাইসিস : এ ধাপে এক অণু গ্লুকোজ বিভিন্ন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় জারিত হয়ে দুই অণু পাইরুভিক এসিড উৎপন্ন হয়। এ ধাপে চার অণু ATP (দুই অণু খরচ হয়ে যায়) এবং দুই অণু NADH₂ উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াগুলো সাইটোপ্লাজমে ঘটে।

ধাপ-২ : এ ধাপে প্রতি অণু পাইরুভিক এসিড থেকে উৎপন্ন হয় এক অণু অ্যাসিটাইল কো-এ, এক অণু CO₂ এবং দুই অণু NADH₂।

ধাপ-৩ : ক্রেবস চক্রে ২ কার্বন বিশিষ্ট অ্যাসিটাইল CoA জারিত হয়ে দুই অণু CO₂ উৎপন্ন করে। কার্বন ডাইঅক্সাইড ছাড়াও এ চক্রে এক অণু অ্যাসিটাইল CoA থেকে তিন অণু NADH₂, এক অণু FADH₂ এবং এক অণু GTP উৎপন্ন হয়। অতএব, দুই অণু অ্যাসিটাইল CoA থেকে চার অণু CO₂, ৬ অণু NADH₂, দুই অণু FADH₂ এবং দুই অণু GTP উৎপন্ন হয়।

ধাপ-৪ : ইলেকট্রন প্রবাহতন্ত্র : এ ধাপে উপরে উল্লিখিত তিনটি ধাপে উৎপন্ন NADH₂, FADH₂ জারিত হয়ে ATP, পানি, ইলেকট্রন ও প্রোটন উৎপন্ন হয়। এ বিক্রিয়াগুলো মাইটোকন্ড্রিয়ায় সংঘটিত হয়।

প্রশ্ন-১৬ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড়ে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



- ক. জীবনীশক্তি কী? ১
- খ. আলোক নির্ভর প্রক্রিয়া ও অন্ধকার পর্যায় এর পার্থক্যগুলি উল্লেখ কর। ২
- গ. উদ্দীপকে উল্লিখিত প্রক্রিয়ায় উৎপন্ন শক্তির হিসাব ছকের মাধ্যমে দেখাও। ৩
- ঘ. উক্ত প্রক্রিয়াটি বাধাগ্রস্ত হলে উদ্ভিদের মধ্যে কী প্রভাব ফেলবে তা বিশ্লেষণ কর। ৪

▶◀ ১৬নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. জীব কর্তৃক তার দেহে শক্তি উৎপাদন ও ব্যবহারের মৌলিক কৌশলই হচ্ছে জীবনীশক্তি।

খ. আলোক নির্ভর প্রক্রিয়া ও অন্ধকার পর্যায় এর পার্থক্যগুলি নিচে উল্লেখ করা হলো :

আলোক নির্ভর প্রক্রিয়া	অন্ধকার পর্যায়
১. আলোর উপস্থিতি প্রয়োজন।	১. আলোর উপস্থিতি প্রয়োজন নেই।
২. বিক্রিয়াটি ক্লোরোপ্লাস্টের গ্রানায় ঘটে।	২. বিক্রিয়াটি স্ট্রোমায় ঘটে।
৩. এক্ষেত্রে O_2 নির্গত হয়।	৩. এক্ষেত্রে O_2 নির্গত হয় না।
৪. NADP বিজারিত হয়।	৪. NADPH ₂ জারিত হয় না।

গ. উদ্দীপকে উল্লিখিত বিক্রিয়াটি শ্বসনে সার্বিক বিক্রিয়া সবার শ্বসন। এ প্রক্রিয়ায় অক্সিজেনের উপস্থিতিতে শ্বসনিক বস্তু জারিত হয়ে CO_2 , H_2O ও ATP এর মধ্যে শক্তি সঞ্চিত থাকে। নিচে ছকের মাধ্যমে উৎপন্ন ATP এর হিসাব দেখানো হলো—

শ্বসনের পর্যায়	উৎপাদিত শক্তি	ব্যয়িত শক্তি	নিট উৎপাদিত শক্তি
গ্লাইকোলাইসিস	২ অণু $\text{NADH}+\text{H}^+$ ৪ অণু ATP	২ অণু ATP	৬ ATP ২ ATP
অ্যাসিটাইল কো-এ	২ অণু $\text{NADH}+\text{H}^+$		৬ ATP
ক্রেবস চক্র	৬ অণু $\text{NADH}+\text{H}^+$ ২ অণু FADH_2 ২ অণু GTP		১৮ ATP ৪ ATP ২ ATP
			৩৮ ATP (নিট মোট ATP)

এখানে,

$$১ \text{ অণু } \text{NADH}+\text{H}^+ = ৩ \text{ অণু } \text{ATP}$$

$$১ \text{ অণু } \text{FADH}_2 = ২ \text{ অণু } \text{ATP}$$

$$১ \text{ অণু } \text{GTP} = ১ \text{ অণু } \text{ATP}$$

এভাবে তিনটি ধাপে মোট ৩৮ অণু ATP উৎপন্ন হয়।

ঘ. প্রক্রিয়াটি হলো সবাত শ্বসন। সবাত শ্বসনই হলো উদ্ভিদ ও প্রাণীর স্বাভাবিক শ্বসন প্রক্রিয়া। এ প্রক্রিয়ায় শ্বসনিক বস্তু শর্করা জারিত হয়ে যে শক্তি উৎপন্ন করে তা দিয়ে জীবের সব ধরনের ক্রিয়া-বিক্রিয়া ও কাজকর্ম পরিচালিত হয়। শ্বসনে নির্গত CO₂ উদ্ভিদের প্রধান খাদ্য শর্করা উৎপাদনের জন্য সালোকসংশ্লেষণে ব্যবহৃত হয়। এ প্রক্রিয়া উদ্ভিদে খনিজ লবণ পরিশোধনে সাহায্য করে। যা পরোক্ষভাবে উদ্ভিদের বৃদ্ধি ও অন্যান্য জৈবিক প্রক্রিয়া চালু রাখে। উদ্ভিদের কোষ বিভাজনের প্রয়োজনীয় শক্তি ও কিছু আনুষঙ্গিক পদার্থ এ প্রক্রিয়া থেকেই আসে। তাই এ প্রক্রিয়া জীবের দৈনিক বৃদ্ধিও নিয়ন্ত্রণ করে। এ প্রক্রিয়া উদ্ভিদে বিভিন্ন উপক্ষার ও জৈব এসিড সৃষ্টিতে সহায়তা করে। উপরের আলোচনা হতে দেখা যায়, সবাত শ্বসন প্রক্রিয়া বাধাগ্রস্ত হলে উদ্ভিদের জীবন ধারণ অর্থাৎ চলন, ক্ষয়পূরণ, বৃদ্ধি, জনন প্রভৃতি সকল জীবজ কাজ সুষ্ঠুভাবে সম্পন্ন হবে না।

প্রশ্ন-১৭ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড়ে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় উদ্ভিদ শর্করা জাতীয় খাদ্য প্রস্তুত করে যা স্থিতিশক্তি হিসেবে সঞ্চিত থাকে। শ্বসন প্রক্রিয়ায় খাদ্যের স্থিতিশক্তি তাপ ও গতিশক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

- ক. ফটোফসফোরাইলেশন কী? ১
- খ. C₃ ও C₄ উদ্ভিদ কী? ২
- গ. উদ্দীপকে উল্লিখিত প্রক্রিয়া দুটির পার্থক্য নিরূপণ কর। ৩
- ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত প্রক্রিয়ায় শক্তি উৎপাদন প্রক্রিয়ার ধাপগুলো ব্যাখ্যা কর। ৪

▶◀ ১৭নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. ADP-এর সঙ্গে অজৈব ফসফেট (Pi) মিলিত হয়ে ATP তৈরির প্রক্রিয়াই হলো ফটোফসফোরাইলেশন।

খ. যেসব উদ্ভিদে CO₂ বিজারণের ক্যালভিন চক্র সম্পন্ন হয় তারা হলো C₃ উদ্ভিদ। এই চক্রের প্রথম স্থায়ী পদার্থ ৩ কার্বনবিশিষ্ট। আবার, যেসব উদ্ভিদে CO₂ বিজারণে হ্যাচ ও স্ল্যাক চক্র সম্পন্ন হয়

তাদের বলা হয় C₄ উদ্ভিদ। হ্যাচ ও স্ল্যাক চক্রের প্রথম স্থায়ী পদার্থ ৪ কার্বনবিশিষ্ট অক্সালো এসিটিক এসিড।

গ. উদ্ভিদকে উল্লিখিত প্রক্রিয়া দুটি হলো সালোকসংশ্লেষণ এবং শ্বসন। প্রক্রিয়া দুটির মধ্যে বেশ কিছু পার্থক্য পরিলক্ষিত হয়। যেমন :

সালোকসংশ্লেষণ	শ্বসন
১. সালোকসংশ্লেষণ একটি জারণ-বিজারণ প্রক্রিয়া। H ₂ O জারিত হয় CO ₂ বিজারিত হয়।	১. শ্বসন একটি জারণ প্রক্রিয়া এখানে জীবের সঞ্চিত খাদ্য জারিত হয়।
২. এ প্রক্রিয়ায় আলোক শক্তি রাসায়নিক শক্তিতে পরিণত হয়।	২. শ্বসন প্রক্রিয়ায় রাসায়নিক শক্তি গতিশক্তিতে রূপান্তরিত হয়।
৩. শক্তি সঞ্চিত হয়।	৩. শক্তি নির্গত হয়।
৪. এ প্রক্রিয়া	৪. শ্বসন ক্রিয়া দিনরাত সবসময়ই হয়।

সূর্যালোকের উপস্থিতিতে হয়।	
৫. সালোকসংশ্লেষণে শর্করা ও O ₂ উৎপন্ন হয়। সমীকরণ : 6CO ₂ + 12H ₂ O $\xrightarrow[\text{ক্লোরোফিল}]{\text{সূর্যালোক}}$ C ₆ H ₁₂ O ₆ + 6H ₂ O + 6O ₂	৫. শ্বসনে প্রধানত পানি ও CO ₂ উৎপন্ন হয়। সমীকরণ : C ₆ H ₁₂ O ₆ + 6O ₂ \longrightarrow 6CO ₂ + 6H ₂ O + শক্তি (686 K. Cal)
৬. শুধুমাত্র ক্লোরোফিল বিশিষ্ট উদ্ভিদে সালোকসংশ্লেষণ ঘটে।	৬. শ্বসন প্রক্রিয়া সকল উদ্ভিদ ও প্রাণিদেহে ঘটে।

ঘ. উদ্ভিদকে উল্লিখিত শক্তি উৎপাদন প্রক্রিয়াটি হলো শ্বসন প্রক্রিয়া। কিছু নিম্নশ্রেণির উদ্ভিদ ব্যতীত প্রায় সকল উদ্ভিদে সবার শ্বসনের মাধ্যমে শক্তি উৎপন্ন হয়। সবার শ্বসন প্রক্রিয়ায় শক্তি উৎপাদনের ধাপগুলো হলো :

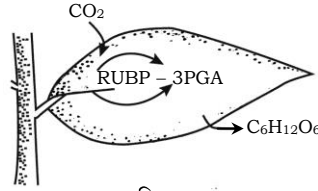
গ্লাইকোলাইসিস : এই প্রক্রিয়ায় এক অণু গ্লুকোজ বিভিন্ন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় জারিত হয়ে দুই অণু পাইরুভিক এসিড ২ অণু ATP ও দুই অণু NADH₂ উৎপন্ন করে।

অ্যাসিটাইল কো-এ সৃষ্টি : এ ধাপে প্রতি অণু পাইরুভিক এসিড পর্যায়ক্রমিক বিক্রিয়া শেষে ২ কার্বনবিশিষ্ট এক অণু অ্যাসিটাইল কো-এ, এক অণু CO_2 এবং এক অণু $NADH_2$ উৎপন্ন করে।

ক্রেবস চক্র : এ চক্রে CO_2 উৎপন্ন হয়। CO_2 ছাড়াও এ চক্রে এক অণু অ্যাসিটাইল কো-এ থেকে তিন অণু $NADH_2$, এক অণু $FADH_2$ এবং এক অণু GTP উৎপন্ন হয়। অতএব দুই অণু অ্যাসিটাইল কো-এ থেকে ৪ অণু CO_2 , ৬ অণু $NADH_2$, ২ অণু $FADH_2$ এবং ২ অণু GTP উৎপন্ন হয়।

ইলেকট্রন প্রবাহতন্ত্র : এ প্রক্রিয়ায় উপরিউক্ত তিনটি ধাপে উৎপন্ন $NADH_2$, $FADH_2$ জারিত হয়ে ATP , পানি, ইলেকট্রন ও প্রোটন উৎপন্ন হয়। উল্লিখিত ধাপগুলির মধ্যে গ্লাইকোলাইসিস ও অ্যাসিটাইল কো-এ সৃষ্টি সাইটোপ্লাজমে ঘটে। ক্রেবস চক্র ও ইলেকট্রন প্রবাহ তন্ত্র মাইটোকন্ড্রিয়ার মধ্যে ঘটে।

প্রশ্ন-১৮ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড়ে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



- ক. ক্রেবস চক্র কাকে বলে? ১
- খ. C_3 ও C_4 চক্রের ২টি পার্থক্য লেখ। ২
- গ. চিত্র A তে সংঘটিত পর্যায়টি বর্ণনা কর। ৩
- ঘ. পরিবেশের ভারসাম্য রক্ষায় A প্রক্রিয়াটির গুরুত্ব বিশ্লেষণ কর। ৪

▶▶ ১৮নং প্রশ্নের উত্তর ▶▶

ক. সবাত শ্বসনের যে চক্রে এক অণু অ্যাসিটাইল CoA থেকে ৩ অণু $NADH_2$, এক অণু $FADH_2$, এক অণু GTP ও দুই অণু CO_2 উৎপন্ন হয় সেই চক্রকে বলা হয় ক্রেবস চক্র।

খ. C_3 ও C_4 চক্রের দুটি পার্থক্য নিচে উল্লেখ করা হলো :

C ₃ চক্র	C ₄ চক্র
১. রাইবুলোজ ১, ৫- বিসফসফেট হলো CO ₂ এর গ্রাহক পদার্থ।	১. ফসফোইনল পাইরুভিক এসিড হলো CO ₂ এর প্রথম গ্রাহক পদার্থ।
২. প্রয়োজনীয় তাপমাত্রা ১০°- ২৫° সে.	২. প্রয়োজনীয় তাপমাত্রা ৩০°- ৪৫° সে.

গ. চিত্র-A তে আলোক নিরপেক্ষ পর্যায়ে C₃ চক্র দেখানো হয়েছে। বায়ুমন্ডলের CO₂ পত্ররশ্মির মধ্য দিয়ে কোষে প্রবেশ করে। কোষে অবস্থিত ৫ কার্বনবিশিষ্ট রাইবুলোজ ১, ৫ ডাইফসফেট এর সাথে CO₂ মিলিত হয়ে ৬ কার্বনবিশিষ্ট অস্থায়ী কিটো এসিড তৈরি হয় যা সাথে সাথে ভেঙে তিন কার্বনবিশিষ্ট দুই অণু ৩ ফসফোগ্লিসারিক এসিড (3PGA) উৎপন্ন করে। কাজেই এই চক্রের প্রথম স্থায়ী পদার্থ তিন কার্বনবিশিষ্ট ৩ ফসফোগ্লিসারিক এসিড বলে একে C₃ গতিপথ বলা হয়। আলোক পর্যায়ে তৈরি ATP ও NADPH+H⁺ ব্যবহার করে 3 PGA, ৩ ফসফোগ্লিসারালডিহাইড ও ডিহাইড্রোক্সি এসিটোন ফসফেট তৈরি হয়। ৩ ফসফোগ্লিসারালডিহাইড ও ডিহাইড্রোক্সি এসিটোন ফসফেট হতে ক্রমাগত বিভিন্ন বিক্রিয়ার মাধ্যমে একদিকে শর্করা এবং অপরদিকে রাইবুলোজ ১, ৫ ডাই ফসফেট তৈরি হতে থাকে। পুনঃসংশ্লেষিত রাইবুলোজে ১, ৫ ডাই ফসফেট পুনরায় এক অণু CO₂ গ্রহণ করে ক্যালভিন চক্রে প্রবেশ করে। অর্থাৎ, ৬ অণু CO₂ থেকে এক অণু গ্লুকোজ তৈরি হওয়ার সময় ক্যালভিন চক্র ছয়বার ঘুরবে। এভাবেই আলোক নিরপেক্ষ পর্যায়ে CO₂ চক্র সম্পন্ন হয়।

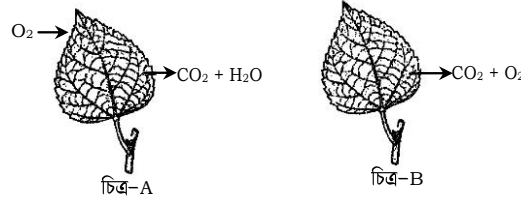
ঘ. উদ্ভিদকে A প্রক্রিয়াটি দ্বারা সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়াকে বুঝানো হয়েছে যা পরিবেশের ভারসাম্য রক্ষায় অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে।

সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়া সমগ্র জীবকুলের জন্য অপরিহার্য। প্রকৃতিতে একমাত্র সবুজ উদ্ভিদই সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় খাদ্য তৈরি করতে পারে। যেহেতু প্রাণী তার নিজের খাদ্য নিজে তৈরি করতে পারে না তাই সমগ্র প্রাণিকুলকে সম্পূর্ণভাবেই সবুজ উদ্ভিদের ওপর নির্ভর করতে হয়।

কাজেই বলা যায়, পৃথিবীর সকল উদ্ভিদ ও প্রাণীর খাদ্য তৈরি হয় সালোকসংশ্লেষণের মাধ্যমে। পরিবেশের ভারসাম্য রক্ষায়, বিশেষ করে O_2 ও CO_2 এর সঠিক অনুপাত রক্ষায় সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়া এক বিশেষ ভূমিকা পালন করে থাকে। সকল জীব শ্বসন প্রক্রিয়ায় O_2 গ্রহণ করে এবং CO_2 ত্যাগ করে। কেবলমাত্র শ্বসন প্রক্রিয়া চলতে থাকলে বায়ুমন্ডলে O_2 গ্যাসের স্বল্পতা এবং CO_2 গ্যাসের আধিক্য দেখা দিত। কিন্তু সবুজ উদ্ভিদ সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় CO_2 গ্রহণ করে এবং O_2 ত্যাগ করে বলে এখনো বায়ুমন্ডলে O_2 ও CO_2 গ্যাসের ভারসাম্য বজায় রয়েছে। বেঁচে রয়েছে জীবকুল।

তাই বলা যায় যে, পরিবেশের ভারসাম্য রক্ষায় A প্রক্রিয়াটি অর্থাৎ সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়াটির গুরুত্ব ব্যাপক।

প্রশ্ন-১৯ ▶ নিচের উদ্ভীপকটি পড়ে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



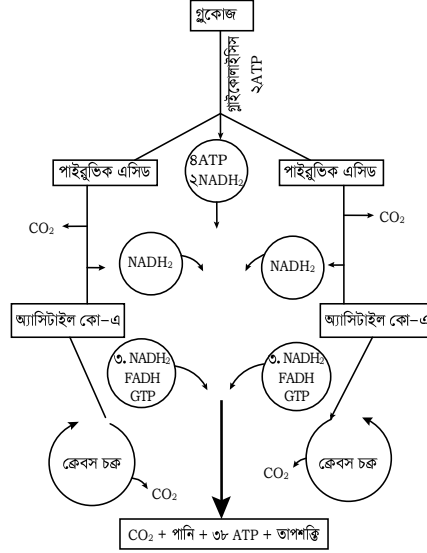
- ক. পাইরুভিক এসিডের সংকেত লেখ। ১
- খ. সালোকসংশ্লেষণে সৃষ্ট O_2 এর উৎস ব্যাখ্যা কর। ২
- ? গ. চিত্রে সংঘটিত প্রক্রিয়াটি প্রবাহচিত্রের মাধ্যমে ব্যাখ্যা কর। ৩
- ঘ. চিত্র A ও B এর মধ্যে পার্থক্য উল্লেখ করে দেখাও যে কোনটি শিল্প সহায়ক? ৪

▶◀ ১৯নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

- ক. পাইরুভিক এসিডের সংকেত হলো $C_3H_4O_3$.
- খ. সালোকসংশ্লেষণে সৃষ্ট O_2 এর উৎস পানি। সালফার ব্যাকটেরিয়া পানির পরিবর্তে H_2S গ্যাস ও CO_2 ব্যবহার করে শর্করা ও পানি উৎপন্ন করে। কিন্তু সেখানে কোনো অক্সিজেন নির্গত হয় না।

তবে সালফার অণু নির্গত হয়। কাজেই এখানে প্রমাণিত হয় যে, সালোকসংশ্লেষণে নির্গত O_2 এর উৎস পানি।

গ. উদ্দীপকের বিক্রিয়াটি হলো সবাত শ্বসন প্রক্রিয়ার। বিক্রিয়াটি নিচে একটি প্রবাহচিত্রের মাধ্যমে দেখানো হলো—

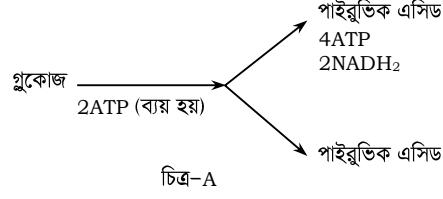


ঘ. চিত্র A তে সবাত শ্বসন এবং চিত্র B তে অবাত শ্বসন দেখানো হয়েছে। এদের মধ্যে উল্লেখযোগ্য পার্থক্য বিদ্যমান।

সবাত শ্বসনে অক্সিজেনের প্রয়োজন হলেও অবাত শ্বসনে অক্সিজেনের প্রয়োজন হয় না। সবাত শ্বসনে CO_2 ও H_2O উৎপন্ন হলেও অবাত শ্বসনে খুব অল্প পরিমাণ CO_2 উৎপন্ন হয়। সবাত শ্বসনে পানি উৎপন্ন হলেও অবাত শ্বসনে হয় না। সবাত শ্বসনে অ্যালকোহল বা ল্যাকটিক এসিড উৎপন্ন হয় না। কিন্তু অবাত শ্বসনে উৎপন্ন হয়।

কিন্তু অবাত শ্বসনে CO_2 ও পানি উৎপন্ন হয় না। তবে অ্যালকোহল বা ল্যাকটিক এসিড উৎপন্ন হয়। ল্যাকটিক এসিড ফার্মেন্টেশনের মাধ্যমে এ প্রক্রিয়ায় দই, পনির উৎপাদিত হয়। রুটি তৈরিতে এ প্রক্রিয়া ব্যবহৃত হয়। ইস্টের অবাত শ্বসনের ফলে অ্যালকোহল ও CO_2 গ্যাস তৈরি হয়। CO_2 এর চাপে রুটি ফাঁপা হয়। সুতরাং বলা যায়, শিল্পক্ষেত্রে A অপেক্ষা B অর্থাৎ অবাত শ্বসন শিল্প সহায়ক।

প্রশ্ন-২০ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড়ে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



- ক. ফটোসিসফোরাইলেশন কী? ১
- খ. জৈব মুদ্রা বলতে কী বুঝ? ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. চিত্র-A এর প্রক্রিয়াটি সংক্ষেপে বর্ণনা কর। ৩
- ঘ. উভয় প্রকার শ্বসনে উক্ত ধাপ অভিনু হলেও পরবর্তী ধাপেই ভিনুতা দেখা যায়- বিশ্লেষণ কর। ৪

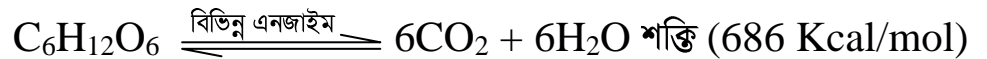
২০নং প্রশ্নের উত্তর

ক. আলোক শক্তি ব্যবহার করে ATP তৈরির প্রক্রিয়াই হলো ফটোসিসফোরাইলেশন।

খ. ATP কে জৈব মুদ্রা বলা হয়।

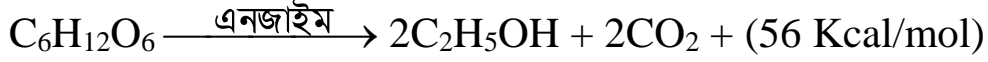
জীবন পরিচালনার জন্য জীবকোষে তথা জীবদেহে প্রতিনিয়ত নানারকমের জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে। কিছু শক্তিসমৃদ্ধ যৌগ উচ্চশক্তি ধারণ করে এবং প্রয়োজনে এসব বিক্রিয়ায় শক্তি জোগায় যেমন : ATP, GTP, NAD, NADP, FADH₂ ইত্যাদি। এদের মধ্যে ATP শক্তি জমা রাখে এবং প্রয়োজন অনুসারে অন্য বিক্রিয়ায় শক্তি সরবরাহ করে। একে জৈব মুদ্রা বলা হয়।

গ. সবাত শ্বসন : যে শ্বসন প্রক্রিয়ায় অক্সিজেনের প্রয়োজন হয় এবং শ্বসনিক বস্তু (শর্করা, প্রোটিন, লিপিড, বিভিন্ন ধরনের জৈব এসিড) সম্পূর্ণভাবে জারিত হয়ে CO₂, H₂O ও বিপুল পরিমাণ শক্তি উৎপন্ন করে তাকে সবাত শ্বসন বলে। সবাত শ্বসনই হলো উদ্ভিদ ও প্রাণীর স্বাভাবিক শ্বসন প্রক্রিয়া। সবাত শ্বসনের রাসায়নিক সংকেত নিম্নরূপ-



সবাত শ্বসন প্রক্রিয়ায় এক অণু গ্লুকোজ সম্পূর্ণরূপে জারিত হয়ে শক্তি সর্বমোট ছয় অণু CO₂, বার অণু পানি এবং ৩৮ অণু ATP উৎপন্ন হয়।

অবাত শ্বসন : যে শ্বসন প্রক্রিয়া অক্সিজেনের অনুপস্থিতিতে হয় তাকে অবাত শ্বসন বলে অর্থাৎ যে শ্বসন প্রক্রিয়ায় কোনো শ্বসনিক বস্তু অক্সিজেনের সাহায্য ছাড়াই কোষ মধ্যস্থ এনজাইম দ্বারা আংশিকরূপে জারিত হয়ে বিভিন্ন প্রকার জৈব যৌগ (ইথাইল অ্যালকোহল, ল্যাকটিক এসিড ইত্যাদি), CO₂ ও সামান্য পরিমাণ শক্তি উৎপন্ন করে তাকে অবাত শ্বসন বলে।



কেবলমাত্র কতিপয় অণুজীব যেমন ব্যাকটেরিয়া, ইস্ট ইত্যাদিতে অবাত শ্বসন হয়ে থাকে।

ঘ. উদ্ভীপকের ধাপটি হলো উভয় প্রকার শ্বসনের অভিনু ধাপ গ্লাইকোলাইসিস। এ ধাপটি সবাত শ্বসন ও অবাত শ্বসনে অভিনু। কিন্তু এ ধাপটির পরের ধাপগুলো উভয় প্রকার শ্বসনে ভিনু। যেমন— সবাত শ্বসনে গ্লাইকোলাইসিসের পরে নিম্নোক্ত ৩টি ধাপ সংঘটিত হয়—

অ্যাসিটাইল কো-এ সৃষ্টি : গ্লাইকোলাইসিস পর্যায়ে সৃষ্ট প্রতি অণু পাইরুভিক এসিড পর্যায় ক্রমিক বিক্রিয়া শেষে ২ কার্বনবিশিষ্ট এক অণু অ্যাসিটাইল কো-এ, ১ অণু CO₂ এবং ১ অণু NADPH+H⁺ উৎপন্ন করে।

ক্রেবস চক্র : এ চক্রে এক অণু অ্যাসিটাইল কো-এ থেকে ৩ অণু NADH₂, এক অণু FADH₂ এবং এক অণু GTP উৎপন্ন হয়।

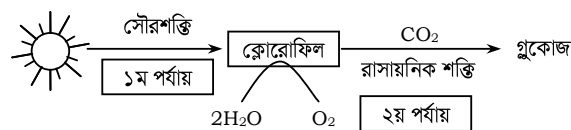
ইলেকট্রন প্রবাহতন্ত্র : এ প্রক্রিয়ায় উপরের ধাপগুলোতে উৎপন্ন NADPH + H⁺, FADH₂ জারিত হয়ে ATP, পানি, ইলেকট্রন ও প্রোটন উৎপন্ন হয়।

অপরদিকে, অবাত শ্বসনে শুধু নিচের ধাপটি সংঘটিত হয়।

পাইরুভিক এসিডের অসম্পূর্ণ জারণ : এ ধাপে সাইটোপ্লাজমে অবস্থিত এনজাইমের কার্যকারিতায় পাইরুভিক এসিড অসম্পূর্ণরূপে জারিত হয়ে CO₂ এবং ইথাইল অ্যালকোহল অথবা শুধু ল্যাকটিক এসিড উৎপন্ন করে।

উপরিউক্ত বর্ণনা হতে দেখা যায়, সবাত শ্বসন ও অবাত শ্বসনে গ্লাইকোলাইসিস ধাপটি অভিনু হলেও পরবর্তী ধাপেই ভিনুতা দেখা যায়।

প্রশ্ন-২১ ▶ নিচের উদ্ভীপকটি পড়ে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



?

- ক. বায়োএনার্জি কাকে বলে? ১
খ. রক্ত সংবহনতন্ত্র বলতে কী বোঝায়? ২
গ. উদ্ভীপকের ২য় পর্যায়টি বর্ণনা কর। ৩
ঘ. মানব সভ্যতার অগ্রগতিতে প্রক্রিয়াটির
ভূমিকা মূল্যায়ন কর। ৪

▶◀ ২৩নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

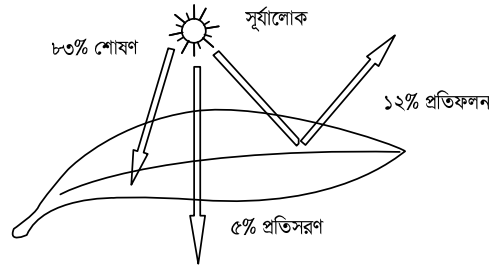
- ক. সবুজ উদ্ভিদ সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় সৌরশক্তিকে রাসায়নিক শক্তিতে পরিণত করে প্রথমে ATP ও NADPH নামক জৈব যৌগে আবদ্ধ করে। এগুলোকে বলা হয় বায়োএনার্জি।
- খ. যে তন্ত্রের মাধ্যমে মানবদেহের অভ্যন্তরে রক্ত পরিবাহিত হয় এবং CO₂ সমৃদ্ধ দূষিত রক্ত ধারাবাহিকভাবে পরিশোধিত হয়ে O₂ সমৃদ্ধ বিশুদ্ধ রক্তে পরিণত হয়, তাকে রক্ত সংবহনতন্ত্র বলে। রক্ত সংবহনতন্ত্রের প্রধান অঙ্গ হলো হৃৎপিণ্ড। এছাড়াও শিরা, ধমনি ও কৈশিক নালিকা এ তন্ত্রের অন্তর্গত।
- গ. উদ্ভীপকে সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়া দেখানো হয়েছে যার ২য় পর্যায়টি হলো আলোক নিরপেক্ষ পর্যায়। আলোক নিরপেক্ষ পর্যায়ে কোনো আলোর প্রয়োজন পড়ে না। তবে আলোর উপস্থিতিতেও এ পর্যায় চলতে পারে।
আলোক নিরপেক্ষ পর্যায়ে পূর্ববর্তী পর্যায় অর্থাৎ আলোক পর্যায়ে উৎপন্ন ATP ও NADPH + H⁺ এর সহায়তায় CO₂ বিজারিত হয়ে কার্বোহাইড্রেট উৎপন্ন হয়। সবুজ উদ্ভিদে CO₂ বিজারণের ৩টি গতিপথ শনাক্ত করা হয়েছে। এর মধ্যে C₃ অর্থাৎ ক্যালভিন চক্রে ৫ কার্বন বিশিষ্ট রাইবুলোজ-১, ৫-ডাই ফসফেট এর সাথে CO₂ মিলিত হয়ে ৬ কার্বন বিশিষ্ট অস্থায়ী কিটো এসিড তৈরি করে, যা সাথে সাথে ভেঙে ৩ কার্বন বিশিষ্ট ৩-ফসফোগ্লিসারিক এসিড তৈরি হয়। অধিকাংশ উদ্ভিদেই এ চক্র সম্পন্ন হয়। কার্বন বিজারণের অন্য আরেকটি গতিপথ হলো C₄ অর্থাৎ হ্যাচ ও স্ল্যাক চক্র। উল্লেখ্য যে, C₃ এর তুলনায় C₄ উদ্ভিদে সালোকসংশ্লেষণের হার ও উৎপাদন ক্ষমতা বেশি হয়ে থাকে।
- ঘ. উদ্ভীপকের চিত্রে সূর্যালোকের শক্তি দ্বারা উদ্ভিদের সালোকসংশ্লেষণের যে চিত্ররূপ দেখানো হয়েছে তা পৃথিবীর সমস্ত জীবকুল তথা মানবগোষ্ঠীর জন্য এক বিশাল আশীর্বাদ।

সালোকসংশ্লেষণ গুরুত্বপূর্ণ জৈব রাসায়নিক প্রক্রিয়া। এ প্রক্রিয়াটি সঠিকভাবে না ঘটলে মানুষসহ অন্যান্য পরভোজী প্রাণী যারা নিজের খাদ্য তৈরি করতে পারে না তাদের নানাবিধ সমস্যা সৃষ্টি হত। সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় উদ্ভিদ বায়ুমন্ডল থেকে CO₂ গ্রহণ করে O₂ ত্যাগ করে। অপরদিকে মানুষসহ অন্যান্য প্রাণী CO₂ ত্যাগ করে এবং O₂ গ্রহণ করে শ্বসন প্রক্রিয়ায়। এভাবে CO₂ ও O₂ এর পারস্পরিক গ্রহণ ও বর্জনে পরিবেশের ভারসাম্য থাকে। যদি সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়া ব্যাহত হয় তবে বায়ুমন্ডলে CO₂ ও O₂ এর ভারসাম্য ঠিক থাকবে না।

এছাড়া আমাদের ব্যবহার্য বস্ত্র, শিল্পসামগ্রী, ঔষধ, বিভিন্ন ধরনের জ্বালানি প্রভৃতি আমরা উদ্ভিদ থেকেই পেয়ে থাকি। এসব উপাদান সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ারই ফল। তাই সালোকসংশ্লেষণ না ঘটলে ধ্বংস হবে জীবজগত তথা মানব সভ্যতা।

কাজেই সালোকসংশ্লেষণ আমাদের জন্য অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ একটি জৈব রাসায়নিক প্রক্রিয়া। অর্থাৎ মানব সভ্যতার অগ্রগতিতে সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ার গুরুত্ব অপরিসীম।

প্রশ্ন-২২ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড়ে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



- ক. জীবনীশক্তি কী? ১
- খ. সালোকসংশ্লেষণকে জারণ-বিজারণ প্রক্রিয়া বলা হয় কেন? ২
- গ. সালোকসংশ্লেষণের চিত্রের পর্যায়টি ব্যাখ্যা কর। ৩
- ঘ. সালোকসংশ্লেষণের জন্য চিত্রের উপাদানটি অপরিহার্য যুক্তি প্রদর্শন কর। ৪

▶◀ ২২নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. জীব কর্তৃক তার দেহ শক্তি উৎপাদন ও ব্যবহারের মৌলিক কৌশলই হচ্ছে জীবনীশক্তি।

খ. সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় পানি জারিত হয়ে অক্সিজেন মুক্ত করে এবং কার্বন ডাইঅক্সাইড বিজারিত হয়ে গ্লুকোজ উৎপন্ন করে। তাই সালোকসংশ্লেষণকে জারণ-বিজারণ প্রক্রিয়া বলা হয়।

গ. উদ্ভীপকে উল্লিখিত প্রক্রিয়াটি অর্থাৎ, সালোকসংশ্লেষণের আলোক নির্ভর পর্যায়টি নিচে আলোচনা করা হলো-

আলোকনির্ভর পর্যায়ের জন্য আলো অপরিহার্য। এ পর্যায়ে সৌরশক্তি রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। এ প্রক্রিয়ায় ATP এবং NADPH + H⁺ উৎপন্ন হয়। এই রূপান্তরিত শক্তি ATP এর মধ্যে সঞ্চিত হয়। ATP এবং NADPH + H⁺ সৃষ্টিতে ক্লোরোফিল গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। ক্লোরোফিল অণু আলোকরশ্মির ফোটন শোষণ করে। শোষণকৃত ফোটন হতে শক্তি সঞ্চয় করে ADP এর সাথে অজৈব ফসফেট মিলিত হয়ে ATP তৈরি করে। ATP তৈরির এই প্রক্রিয়াকে ফটোফসফোরাইলেশন বলে।



ফটোফসফোরাইলেশন প্রক্রিয়ায় ATP উৎপন্ন হয়। ইলেকট্রন NADP-কে বিজারিত করে ATP এবং NADPH + H⁺ উৎপন্ন করে।

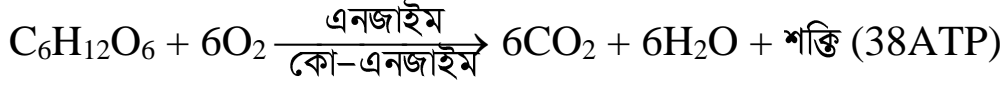
ঘ. চিত্রের উপাদানটি হলো সূর্যালোক। যা সালোকসংশ্লেষণের জন্য অপরিহার্য।

পানি ও CO₂ থেকে শর্করা তৈরির জন্য প্রয়োজনীয় শক্তির উৎস সূর্যালোক। সূর্যালোক ক্লোরোফিল সৃষ্টিতে অংশগ্রহণ করে। এর প্রভাবেই পত্ররন্ধ্র উন্মুক্ত হয়, CO₂ পাতার অভ্যন্তরে প্রবেশ করতে পারে এবং খাদ্য প্রস্তুতকরণে অংশগ্রহণ করে। কিন্তু পাতায় যেটুকু আলো পড়ে তার অতি সামান্য অংশই সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় ব্যবহৃত হয়।

আবার, আলোক বর্ণালির লাল, নীল, কমলা ও বেগুনি অংশটুকুতেই সালোকসংশ্লেষণ ভালো হয়। সবুজ ও হলুদ আলোতে সালোকসংশ্লেষণ ভালো হয় না। একটি নির্দিষ্ট সীমা পর্যন্ত সূর্যালোকের পরিমাণ বাড়লে সালোকসংশ্লেষণের হারও বেড়ে যায়, কিন্তু সূর্যালোকের পরিমাণ অত্যধিক বেড়ে গেলে পাতার অভ্যন্তরস্থ এনজাইম নষ্ট হয়ে যায়। ক্লোরোফিল উৎপাদন কম হয়। ফলে সালোকসংশ্লেষণের হারও কমে যায়। সাধারণ 400nm থেকে 480nm এবং 680nm (ন্যানোমিটার) তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট সূর্যালোকে সালোকসংশ্লেষণ সবচেয়ে ভালো হয়।

উপরিউক্ত আলোচনা থেকে বলা যায় যে, সালোকসংশ্লেষণের জন্য সূর্যালোক অপরিহার্য।

প্রশ্ন-২৩ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড়ে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



- ক. পাতার কোন অংশে সালোকসংশ্লেষণ হয়? ১
- খ. C_3 ও C_4 গতিপথের মধ্যে দুটি পার্থক্য লেখ। ২
- গ. উপরের প্রক্রিয়াটি প্রবাহ চিত্রের সাহায্যে দেখাও। ৩
- ঘ. জীবের সার্বিক ক্রিয়াকর্ম উল্লেখিত প্রক্রিয়া দ্বারা নিয়ন্ত্রিত বিশ্লেষণ কর। ৪

▶◀ ২৩নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. পাতার মেসোফিল টিস্যুতে সালোকসংশ্লেষণ হয়।

খ. C_3 ও C_4 গতিপথের মধ্যে দুটি পার্থক্য নিচে উল্লেখ করা হলো :

C_3 গতিপথের প্রথম স্থায়ী পদার্থ হলো তিন কার্বন বিশিষ্ট দুই অণু ৩-ফসফোগ্লিসারিক এসিড।

অপরদিকে C_4 গতিপথের প্রথম স্থায়ী পদার্থ হলো ৪- কার্বন বিশিষ্ট অক্সালো এসিটিক এসিড।

C_3 গতিপথে উদ্ভিদের সালোকসংশ্লেষণের হার এবং উৎপাদন ক্ষমতা কম। অপরদিকে C_4 গতিপথে উদ্ভিদের সালোকসংশ্লেষণের হার এবং উৎপাদন ক্ষমতা তুলনামূলকভাবে বেশি।

গ. সৃজনশীল ৩ (ঘ) নং প্রশ্নের উত্তর দেখ।

ঘ. জীবের সার্বিক ক্রিয়াকর্ম উল্লিখিত প্রক্রিয়া অর্থাৎ শ্বসন প্রক্রিয়া দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয় কারণ জীবের জীবন ধারণ অর্থাৎ চলন, ক্ষয়পূরণ, বৃদ্ধি, জনন প্রভৃতি কাজগুলো সুষ্ঠুভাবে করার জন্য শক্তি প্রয়োজন।

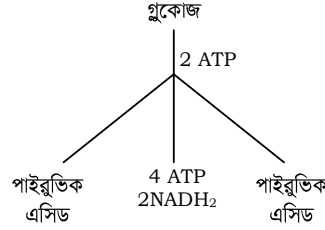
উদ্ভিদ সৌরশক্তিকে শর্করা জাতীয় খাদ্যবস্তুর মধ্যে স্থৈতিক শক্তিরূপে সঞ্চয় করে রাখে। খাদ্যের মধ্যে সঞ্চিত এ প্রকার শক্তি জীব তার জীবন ধারণের জন্য সরাসরি ব্যবহার করতে পারে না।

শ্বসনের সময় জীবদেহে বিদ্যমান এ স্থৈতিক শক্তি তাপরূপে উদত হয়ে শক্তিরূপে মুক্ত হয় এবং জীবের বিভিন্ন শারীরবৃত্তীয় কাজের জন্য প্রয়োজনীয় শক্তি যোগায়। শর্করা জাতীয় খাদ্য ব্যতীত প্রোটিন, ফ্যাট এবং বিভিন্ন জৈব এসিড শ্বসনিক বস্তুরূপে ব্যবহৃত হয়। সজীব কোষের সাইটোপ্লাজম

ও মাইটোকন্ড্রিয়াতে শ্বসন প্রক্রিয়া সম্পন্ন হয়। এ জৈব রাসায়নিক প্রক্রিয়া জীবদেহে যৌগিক খাদ্য দ্রব্য জারিত করে সরল দ্রব্যে পরিণত করে এবং শক্তি উৎপন্ন করে।

তাই বলা যায়, জীবের সার্বিক ক্রিয়াকর্ম উল্লিখিত প্রক্রিয়া অর্থাৎ শ্বসন প্রক্রিয়া দ্বারা নিয়ন্ত্রিত।

প্রশ্ন-২৪ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড়ে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



- ক. সম্পূরক আমিষ কাকে বলে? ১
- খ. মানবদেহে কয়টি লালগ্রন্থি আছে
নামসহ লেখ। ২
- গ. উদ্দীপকের প্রক্রিয়াটি সংক্ষেপে বর্ণনা
কর। ৩
- ঘ. উক্ত প্রক্রিয়াটির সাথে
সালোকসংশ্লেষণের তুলনামূলক
পর্যালোচনা কর। ৪

▶◀ ২৪নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. যেসব মিশ্রিত আমিষে আটটি অ্যামাইনো এসিড থাকে তাকে সম্পূরক আমিষ বলে।

খ. মানবদেহে ছয়টি লালগ্রন্থি আছে। এদের মধ্যে কানের সামনে ও নিচে একজোড়া প্যারোটাইড গ্রন্থি, চোয়ালের নিচে একজোড়া ম্যাক্সিলারি গ্রন্থি এবং চিবুকের নিচে সাব-লিঙ্গুয়াল গ্রন্থি উপস্থিত।

গ. উদ্দীপকে উল্লিখিত প্রক্রিয়াটি হলো শ্বসন প্রক্রিয়ার গ্লাইকোলাইসিস পর্যায়ের। যা অবাত ও স বাত উভয় শ্বসনে ঘটে। এ পর্যায়টি সাইটোপ্লাজমে ঘটে। সবাত শ্বসনের পরবর্তী পর্যায়গুলো নিম্নরূপ :
অ্যাসিটাইল কো-এ সৃষ্টি : এ ধাপে প্রতি অণু পাইরুভিক এসিড পর্যায়ক্রমিক বিক্রিয়া শেষে এক অণু অ্যাসিটাইল কো-এ, এক অণু CO_2 এবং এক অণু $NADH_2$ উৎপন্ন করে।

ক্রেবস চক্র : এ চক্রে CO_2 উৎপন্ন হয়। CO_2 ছাড়াও এ চক্রে এক অণু অ্যাসিটাইল কো-এ থেকে তিন অণু $NADH_2$, এক অণু $FADH_2$ এবং এক অণু GTP উৎপন্ন হয়। অতএব দুই অণু

অ্যাসিটাইল কো-এ থেকে ৪ অণু CO_2 , ৬ অণু NADH_2 , ২ অণু FADH_2 এবং ২ অণু GTP উৎপন্ন হয়।

ইলেকট্রন প্রবাহতন্ত্র : এ প্রক্রিয়ায় উপরিউক্ত তিনটি ধাপে উৎপন্ন NADH_2 , FADH_2 জারিত হয়ে ATP , পানি, ইলেকট্রন ও প্রোটন উৎপন্ন হয়।

ঘ. উক্ত প্রক্রিয়াটি হলো সবাত শ্বসন প্রক্রিয়া যার সাথে সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ার বহু তুলনীয় বিষয় রয়েছে। সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়া শুধু উদ্ভিদে সম্পন্ন হয়, কিন্তু সবাত শ্বসন প্রক্রিয়া সব জীবে সম্পন্ন হয়ে থাকে। সবাত শ্বসন প্রক্রিয়ায় রাসায়নিক স্থির শক্তি গতি শক্তিতে পরিণত হয়। অন্যদিকে সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় আলোক শক্তি রাসায়নিক স্থির শক্তিতে পরিণত হয়। সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় শক্তি নির্গত হয় কিন্তু সবাত শ্বসনে শক্তি সঞ্চিত হয়।

সূর্যালোকের উপস্থিতিতেই কেবল সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়া সংঘটিত হয়। অন্যদিকে সবাত শ্বসন প্রক্রিয়া দিন-রাত চব্বিশ ঘণ্টাই সংঘটিত হয়। সালোকসংশ্লেষণের প্রধান কাঁচামাল হলো পানি ও কার্বন ডাইঅক্সাইড কিন্তু সবাত শ্বসনের প্রধান হলো জটিল খাদ্যদ্রব্য, বিশেষ করে শর্করা ও অক্সিজেন। সবাত শ্বসন একটি অপচিতি প্রক্রিয়া, অপরদিকে সালোকসংশ্লেষণ একটি উপচিতি প্রক্রিয়া। সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় উদ্ভিদ কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্রহণ করে অক্সিজেন গৃহীত হয় এবং সব জীব থেকে কার্বন ডাইঅক্সাইড নির্গত হয়। ক্লোরোপ্লাস্টেই সালোকসংশ্লেষণের সব বিক্রিয়া ঘটে থাকে। কিন্তু সবাত শ্বসনের প্রাথমিক পর্যায়ে সাইটোপ্লাজমে এবং শেষ পর্যায়ে মাইটোকন্ড্রিয়াতে ঘটে।

উপরিউক্ত আলোচনার প্রেক্ষিতে বলা যায় যে, সালোকসংশ্লেষণ ও সবাত শ্বসন প্রক্রিয়া জীবের জন্য উপকারী ভূমিকা পালন করলেও এদের মধ্যে বৈসাদৃশ্য লক্ষণীয়।