

বাস্তু শক্তিবিদ্যার (ecological energetics) প্রধান আলোচ্য বিষয় হল—

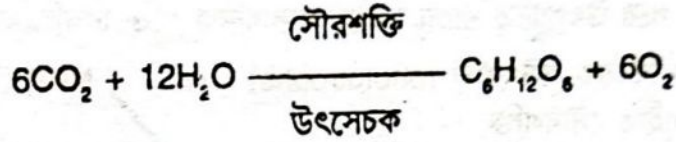
(ক) বাস্তুতন্ত্রে কি পরিমাণ সৌরশক্তি পৌঁছায়।

(খ) সবুজ উদ্ভিদ তার সালোক সংশ্লেষ প্রক্রিয়া পরিচালনার জন্য কি পরিমাণ সৌরশক্তি গ্রহণ করে।

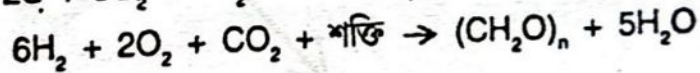
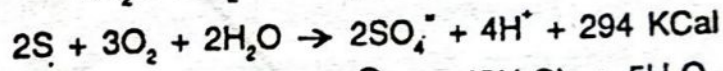
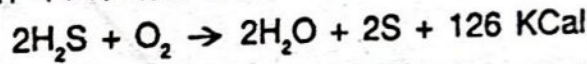
(গ) উৎপাদকের কাছ থেকে গ্রাহক কতটা পরিমাণ শক্তি কি উপায়ে সংগ্রহ করে।

১০.১.২ বাস্তুতন্ত্রে উৎপাদক সমূহ (Producers in Ecosystem)

প্রাথমিক উৎপাদক (Primary producers) ব্যতিরেকে অন্যান্য জীবের খাদ্য শক্তির উৎস হল উদ্ভিদ জগৎ। উদ্ভিদ সৌরশক্তি এবং অন্যান্য অজৈব যৌগ যেমন—উর্বরক পদার্থ, কার্বন-ডাই-অক্সাইড এবং জলের সাহায্যে জৈব-রাসায়নিক পদ্ধতিতে (bio-chemical process) খাদ্য প্রস্তুত করে। একে সালোক সংশ্লেষ (Photosynthesis) বলে। আলোক নির্ভর স্ব-উৎপাদী জীব (মূলত উদ্ভিদ) যে বিক্রিয়ার মাধ্যমে সালোক সংশ্লেষ সম্পাদন করে, তা নিম্নরূপ :



জীব জগতে কিছু কিছু স্ব-উৎপাদী প্রাণী আছে যারা অজৈব যৌগের জারণের মাধ্যমে উৎপাদিত শক্তিকে সালোক সংশ্লেষের কাজে লাগায়। যেমন—বেগিয়াটোয়া (Beggiatoa) হাইড্রোজেন ডাই সালফাইডের জারণের মাধ্যমে নির্গত শক্তিকে খাদ্য প্রস্তুতির ক্ষেত্রে ব্যবহার করে থাকে। এই ধরনের প্রাণীগুলি উদ্ভিদের অনুপস্থিতিতেও জীবনধারণে সক্ষম। এদের রাসায়নিক স্ব-উৎপাদী (Chemotroph) বলে।



১০.১.৩ খাদ্য উৎপাদনের বিভিন্ন পর্যায় (Stages of Production)

ওডাম (১৯৭১, ১৯৮৩) খাদ্য উৎপাদনশীলতার চারটি পর্যায়ক্রমিক স্তরের উল্লেখ করেন।

(ক) সামগ্রিক প্রাথমিক উৎপাদনশীলতা (Gross Primary Productivity বা G.P.P.) : সামগ্রিক প্রাথমিক উৎপাদনশীলতা বা G.P.P. বলতে সমীক্ষাকালীন সময়ে সালোক সংশ্লেষের ফলে উৎপাদিত মোট জৈব পদার্থ বা খাদ্যকে বোঝায়। অর্থাৎ স্বসনের জন্য যে জৈব পদার্থ ব্যয় হয়, তাও এর মধ্যে অন্তর্ভুক্ত।

(খ) মোট প্রাথমিক উৎপাদনশীলতা (Net Primary Productivity বা N.P.P.) : স্বসনের জন্য ব্যবহৃত জৈব পদার্থ বা খাদ্য ব্যতিরেকে যে পরিমাণ খাদ্য বা জৈব পদার্থ উদ্ভিদকলায় সঞ্চিত হয় তাকে মোট প্রাথমিক উৎপাদনশীলতা বা N.P.P. বলে।

(গ) সম্প্রদায়গত মোট উৎপাদনশীলতা (Net Community Productivity) : কোনও একটি নির্দিষ্ট সময়ের নিরিখে NPP থেকে পরভোজী জীব কর্তৃক গৃহীত জৈব পদার্থ বিয়োগ করলে সম্প্রদায়গত মোট উৎপাদনশীলতা পাওয়া যায়।

(ঘ) গৌণ উৎপাদনশীলতা (Secondary Productivity) : প্রতিটি ভোগস্তরে যে পরিমাণ শক্তি সঞ্চিত হয় তাকে গৌণ উৎপাদনশীলতা বলে।

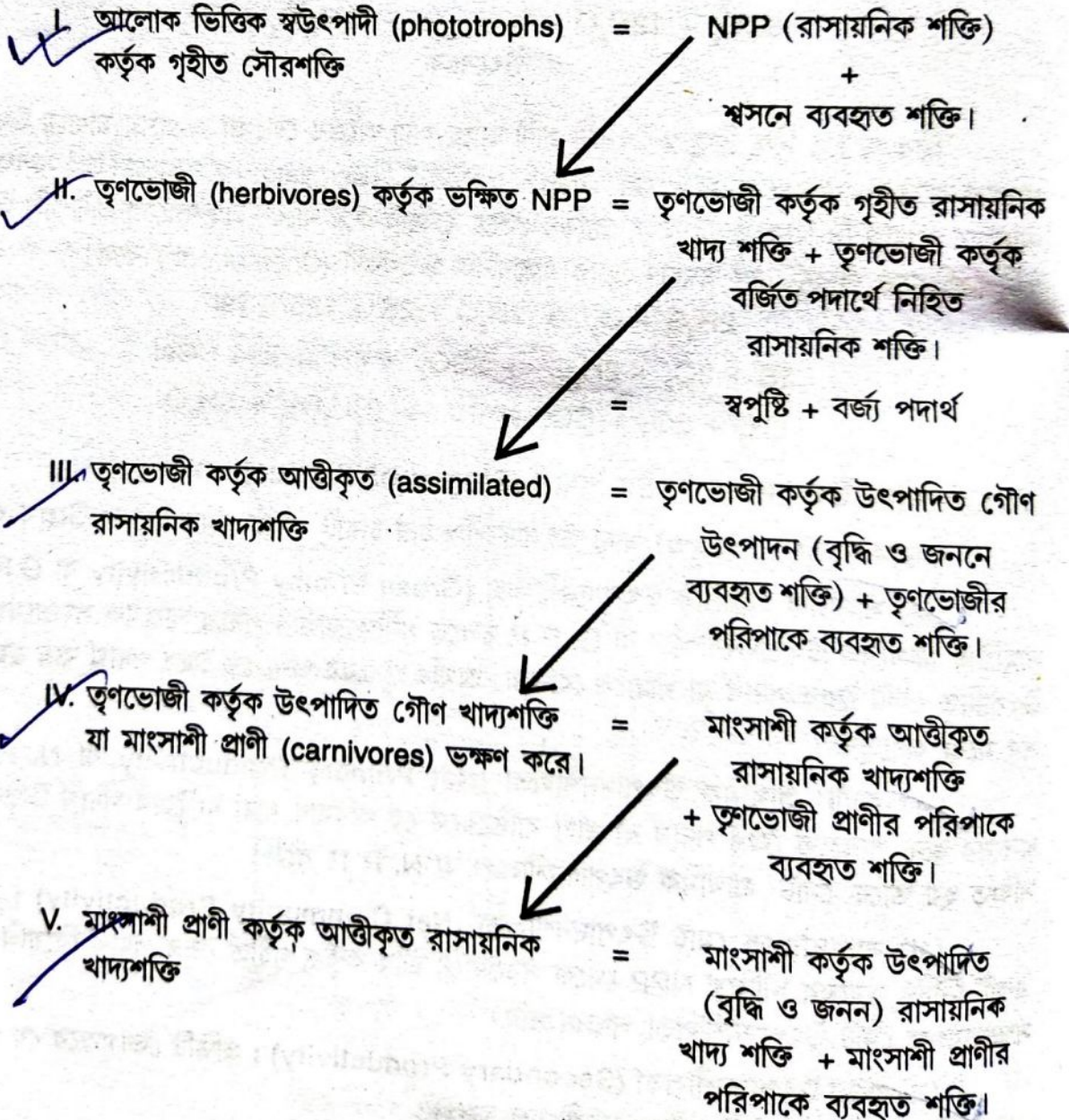
১৫.১.৪ প্রকৃতিতে শক্তির রূপান্তর (Transformation of Energy in Nature)

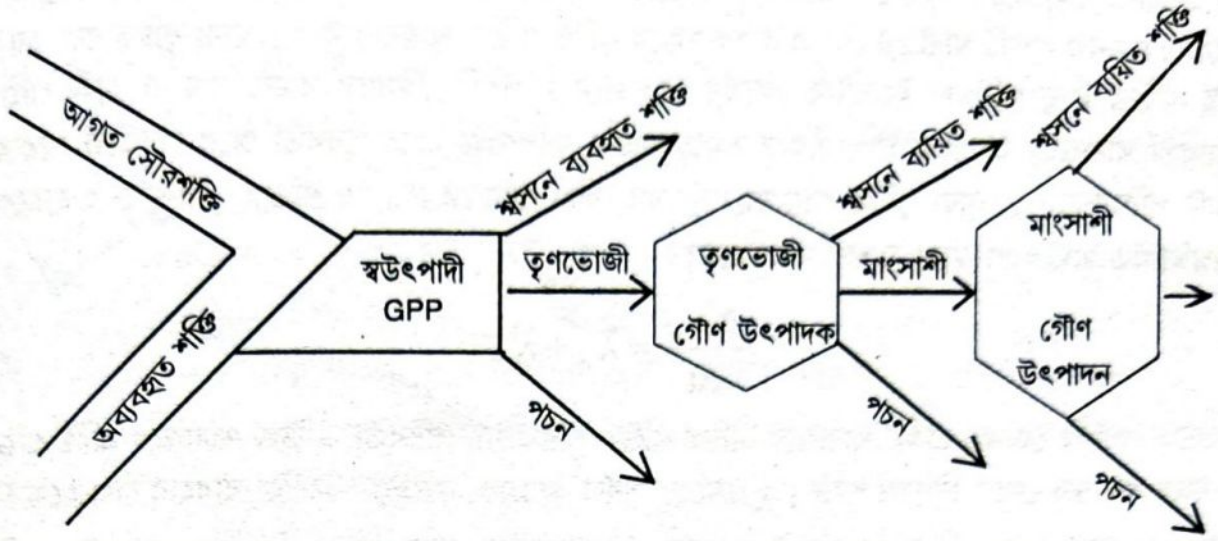
প্রাথমিক পর্যায়ে সৌরশক্তি প্রাথমিক উৎপাদকগুলি কর্তৃক গৃহীত হয়। উৎপাদী জীব কর্তৃক শোষিত সৌরশক্তির মোট পরিমাণ নির্ভর করে ভূ-পৃষ্ঠে তাদের অবস্থানের ওপর। কারণ অক্ষাংশ বিভেদে প্রাপ্ত সৌরশক্তির পরিমাণের পার্থক্য পরিলক্ষিত হয়।

অক্ষাংশ	প্রাপ্ত সৌরশক্তি (Kcal/m ²)
০°-২০°	১৭৩ × ১০ ^৮
২০°-৪০°	১৬৩ × ১০ ^৮
৪০°-৬০°	১১৪ × ১০ ^৮
৬০°-৮০°	৭৩ × ১০ ^৮

সারণী : অক্ষাংশ বিভেদে সৌরশক্তির প্রাপ্তি

স্ব-উৎপাদী (autotroph) জীব কর্তৃক গৃহীত সৌরশক্তির ৯০%-৯৫% শক্তি বাষ্পীভবনের মাধ্যমে পরিত্যক্ত হয়। অবশিষ্ট ১%-৫% শক্তি সালোক সংশ্লেষ প্রক্রিয়ায় প্রাথমিক খাদ্য উৎপাদনের কাজে ব্যবহৃত হয়। পরে উৎপাদিত খাদ্যে নিহিত রাসায়নিক শক্তি নিম্নলিখিতভাবে প্রবাহিত হয়।



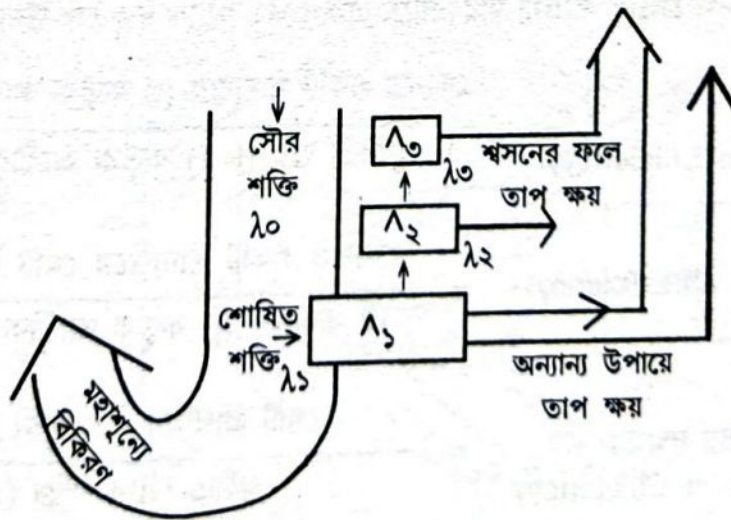


চিত্র-১০.৩ বাস্তবতন্ত্রে শক্তি প্রবাহের রেখাচিত্র

উপরিউক্ত প্রবাহ চিত্র (চিত্র-১০.৩) থেকে বোঝা যায় যে, প্রত্যেক রূপান্তরেই কিছু পরিমাণ তাপশক্তি নষ্ট হয়। অর্থাৎ প্রত্যেকটি রূপান্তর তাপগতিবিদ্যার দ্বিতীয় সূত্র মেনে চলে। আবার কোনও একটি বাস্তবতন্ত্রের ক্ষেত্রে আপতিত সৌরশক্তির পরিমাণ ও পরিত্যক্ত তাপশক্তির পরিমাণ সমান অর্থাৎ তাপগতি বিদ্যার প্রথম সূত্র মেনে চলে।

১০.১.৫ লিণ্ডম্যানের গতিশীল খাদ্যস্তরের ধারণা (Lindeman's Trophic-Dynamic Concept)

বাস্তবতন্ত্রে খাদ্যশক্তির প্রবাহ সংক্রান্ত লিণ্ডম্যানের (১৯৪২) গতিশীল খাদ্যস্তরের ধারণাটি বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য (চিত্র-১০.৪)। এই ধারণা অনুযায়ী কোনও একটি খাদ্যস্তরে (n) নিহিত মোট



চিত্র-১০.৪ লিণ্ডম্যানের গতিশীল খাদ্যস্তরের ধারণা

শক্তি = λ_n (ল্যান্ডম্যান) [n = যে কোন সরল সংখ্যা, যেমন—১, ২, ৩..... ইত্যাদি]। অর্থাৎ যদি λ_1

উৎপাদক স্তরের (Producer level) মোট শক্তিকে নির্দেশ করে, তবে Λ_2 ও Λ_3 যথাক্রমে তৃণভোজী ও মাংসাশী খাদ্যস্তরের শক্তিকে নির্দেশ করবে। প্রতিটি খাদ্যস্তরেই ক্রমাগত শক্তির প্রবেশ ও নিষ্ক্রমণ ঘটে। কোনও একটি খাদ্যস্তর (n)-এ একক সময়ে প্রবিষ্ট শক্তির পরিমাণকে λ_n দ্বারা সূচিত করা হয়। এই শক্তির কিছু পরিমাণ জৈবনিক কার্যের প্রয়োজনে তাপশক্তি হিসাবে বর্জিত হয় ও বাকী শক্তি পরবর্তী খাদ্যস্তরে প্রবাহিত হয়। একক সময়ে বর্জিত তাপশক্তি এবং পরবর্তী স্তরে প্রবাহিত শক্তির মোট পরিমাণকে λ_n দ্বারা সূচিত করা হয়। সুতরাং কোন খাদ্যস্তর (Λ_n) এ শক্তির পরিবর্তনের হারকে নিম্নলিখিত সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা যায়।

$$\frac{\Delta \Lambda_n}{\Delta t} = \lambda_n + \lambda'_n$$

অর্থাৎ কোনও একটি খাদ্যস্তরে নিহিত শক্তির পরিমাণের পরিবর্তন = উক্ত খাদ্যস্তরে প্রবিষ্ট শক্তি + উক্ত খাদ্যস্তর থেকে নিষ্ক্রান্ত শক্তি [λ_n যেহেতু সর্বদা ঋণাত্মক, সেহেতু '+' চিহ্ন ব্যবহার করা হয়েছে।

এই আলোচনা থেকে স্পষ্ট যে প্রতিটি খাদ্যস্তর সর্বদা শক্তি গ্রহণ ও বর্জন করে, অর্থাৎ একটি গতিশীল অবস্থায় রয়েছে। তাই ধারণাটিকে গতিশীল খাদ্যস্তরের ধারণা বলা হয়। এই ধারণাটি কতকগুলি প্রশ্নের উদ্ভেদ করে।

- (১) কোনও বাস্তুতন্ত্রের ক্ষেত্রে Λ_2/Λ_1 অপর একটি বাস্তুতন্ত্রের সমান কিনা।
- (২) কোনও একটি বাস্তুতন্ত্রের ক্ষেত্রে Λ_2/Λ_1 Λ_3/Λ_2 এর সমান কিনা।
- (৩) কোনও একটি নির্দিষ্ট বাস্তুতন্ত্রের ক্ষেত্রে শক্তিপ্রবাহ কতটা কার্যকরভাবে ক্রিয়াশীল।
- (৪) বিভিন্ন খাদ্যস্তরের মোট উৎপাদনের মধ্যে কোনও সম্পর্ক আছে কিনা।

ইত্যাদি প্রশ্নগুলির সমাধানের মধ্য দিয়ে বাস্তুতন্ত্রের ক্রিয়াকলাপ ও উৎপাদনশীলতা সম্পর্কে জ্ঞানলাভ করা যায়।

১০.১.৫.১. বাস্তুতান্ত্রিক দক্ষতা (Ecological Efficiencies)

কোনও একটি খাদ্য শৃঙ্খলের বিভিন্ন বিন্দুতে শক্তিপ্রবাহের অনুপাতগুলিকে শতকরা হিসাবে প্রকাশ করলে বাস্তুতান্ত্রিক দক্ষতাগুলি পাওয়া যায়। নিম্নে এরূপ কতকগুলি দক্ষতার উদাহরণ দেওয়া হল।

- (১) আত্মীকরণ দক্ষতা (Assimilation Efficiency) = $\frac{\text{কোনও একটি খাদ্যস্তর (t) কর্তৃক আত্মীকৃত শক্তি (A_t)}}{\text{পূর্ববর্তী স্তর (t-1) কর্তৃক আত্মীকৃত শক্তি (A_{t-1})}}$
- (২) বৃদ্ধি দক্ষতা (Growth Efficiency) = $\frac{\text{কোনও একটি খাদ্যস্তরে মোট উৎপাদন (P)}}{\text{এই খাদ্যস্তর (t) কর্তৃক আত্মীকৃত শক্তি (A_t)}}$
- (৩) সালোক সংশ্লেষীয় দক্ষতা (Photosynthetic Efficiency) = $\frac{\text{মোট প্রাথমিক উৎপাদন (NPP)}}{\text{গৃহীত সৌর শক্তি (L_a)}}$

১০.১.৫.২. শক্তি পিরামিড (Energy Pyramid)

একটি বাস্তুতন্ত্রের বিভিন্ন খাদ্যস্তরের মধ্যে শক্তিগত সম্পর্ক যে পিরামিড আকৃতি চিত্রের সাহায্যে প্রদর্শিত হয়, তাকে শক্তি পিরামিড বলে। শক্তি পিরামিড একটি খাদ্যস্তর থেকে পরবর্তী উচ্চস্তর খাদ্যস্তরে শক্তি প্রবাহকে নির্দেশ করে। এক্ষেত্রে ব্যবহৃত একক হল শক্তি/ক্ষেত্রফল/সময়।

- ✓ শক্তির সংরক্ষণ সূত্র থেকে পাই, $E = F + G$
 যেখানে, $E = NPP$ বা মোট প্রাথমিক উৎপাদন
 $F =$ তৃণভোজী কর্তৃক ভক্ষিত প্রাথমিক উৎপাদন
 $G =$ প্রাথমিক উৎপাদনের যে অংশ বিশ্লেষণ বা পচন স্তরে (decomposer's level) যায়।
 আবার $F = H + I + J$
 যেখানে, $H =$ তৃণভোজী স্তর থেকে শক্তির যে অংশ সরাসরি বর্জিত পদার্থ হিসাবে বিশ্লেষণ স্তরে আসে।
 $I =$ তৃণভোজী স্তরে শ্বসনের মাধ্যমে ব্যয়িত শক্তি।
 $J =$ তৃণভোজী স্তরে শক্তির যে অংশ স্ব-পুষ্টিতে বা পরবর্তী খাদ্যসূত্রের উৎপাদনের কাজে লাগে।

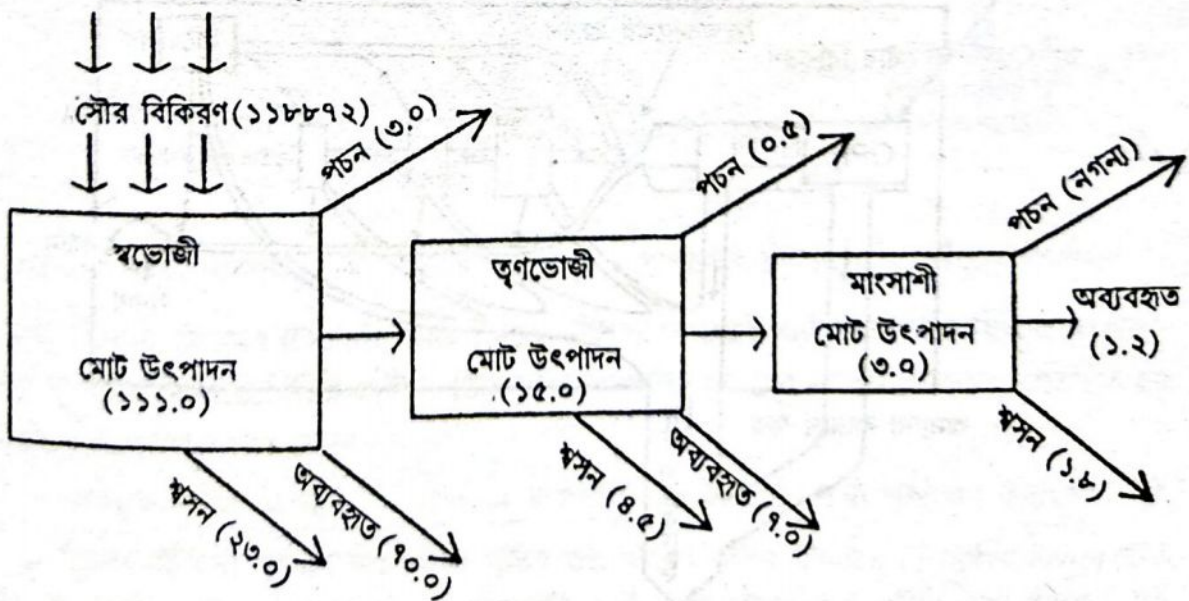
সুতরাং দুটি সমীকরণ থেকে পাওয়া যায় $J \leq E$ অর্থাৎ প্রাথমিক উৎপাদক স্তরের মোট উৎপাদন সর্বদাই পরবর্তী স্তর (তৃণভোজী স্তর)-এর উৎপাদন অপেক্ষা বেশী হবে।

অনুরূপভাবে তৃণভোজী স্তর অপেক্ষা মাংসারী স্তরের মোট উৎপাদন কম হবে। সুতরাং স্বউৎপাদী স্তর থেকে উচ্চস্তরগুলিতে খাদ্যশক্তির প্রাপ্যতা ক্রমশ কমবে। অর্থাৎ পিরামিডটি সোজা (upright) আকৃতির হবে।

১০১.৬. শক্তিপ্রবাহ সংক্রান্ত বিভিন্ন মডেল (Different Models of Energy Flow)

বিভিন্ন বাস্তবত্বে শক্তির প্রবাহ কিরূপে হয়, সে সম্পর্কে বিভিন্ন বাস্তবত্ববিদ বিভিন্ন মডেল উপস্থাপন করেছেন। নিম্নে এরূপ দুটি মডেল নিম্নে বর্ণিত হল।

ক) একখাত বিশিষ্ট শক্তিপ্রবাহ মডেল (Single-Channel Energy Flow Model)



চিত্র : ১০.৫ হুসে (মিষ্টি জলের বাস্তবত্ব) শক্তিপ্রবাহ (গ্রাম ক্যালরি/সে.মি.^২/বছর) (লিভম্যান, ১৯৪২)

মোট আগত সৌরশক্তির (১১৮৮৭২ গ্রাম ক্যালোরি/সে.মি.^২/বছর) ১১৮৭৬১ গ্রাম

জৈব বিবর্ধন (Bio-magnification) : ক্ষতিকারক অপ্রয়োজনীয় রাসায়নিক উপাদান বা যৌগ অনেক সময় জীবদেহে প্রবেশ করে ও পুঞ্জীভূত হয়। ডি.ডি.টি., সীসা, পারদ, তেজস্ক্রিয় পদার্থ ইত্যাদি বিনষ্ট হয় না, অবিকৃত অবস্থায় থেকে যায়। খাদ্য শৃঙ্খলের নীতি অনুযায়ী উৎপাদক জীবের কোষে পুঞ্জীভূত ক্ষতিকারক রাসায়নিক পদার্থগুলি খাদ্যের মাধ্যমে উৎপাদক জীব থেকে তৃণভোজী প্রাণীতে এবং তৃণভোজী প্রাণী থেকে মাংসাশী প্রাণীতে সঞ্চারিত হয়। ফলে খাদ্য শৃঙ্খলের উচ্চতম স্তরের জীবে পুঞ্জীভবনের পরিমাণ ক্রমশ বাড়তে থাকে বা বিবর্ধন ঘটে। অর্থাৎ উৎপাদক জীবে সবচেয়ে কম ও মাংসাশী জীবে সবচেয়ে বেশী পুঞ্জীভবন ঘটে। জীবদেহে বিযাক্ত রাসায়নিক পদার্থের এই ক্রমাঙ্কিত বৃদ্ধির ঘটনাকে জৈব বিবর্ধন বলে। ফলে জীবদেহে এই সব রাসায়নিক পদার্থের বিষক্রিয়াজনিত অস্বাভাবিকতা পরিলক্ষিত হয়।

১০.২.৪ খাদ্যস্তর (Trophic Level)

প্রত্যেক বাস্তুতন্ত্রের খাদ্য শৃঙ্খলে কতকগুলি পুষ্টির স্তর থাকে। এদের প্রত্যেকটিকে এক একটি খাদ্যস্তর বলা হয়। যে সমস্ত জীব উদ্ভিদস্তর থেকে সমান সংখ্যক ধাপ উচ্ছে অবস্থিত স্তর থেকে খাদ্য সংগ্রহ করে সেই সমস্ত জীবগুলি একই খাদ্যস্তরে অবস্থান করে। খাদ্য শৃঙ্খলে দুই বা ততোধিক খাদ্যস্তর থাকতে পারে। প্রথম খাদ্যস্তরটি স্ব-উৎপাদী উদ্ভিদ দ্বারা গঠিত। পরবর্তী খাদ্য স্তরগুলিতে বিভিন্ন শ্রেণীর খাদক অবস্থান করে। নিম্নে একটি চারণভিত্তিক খাদ্য শৃঙ্খলের খাদ্যস্তরগুলি প্রদর্শিত হল।

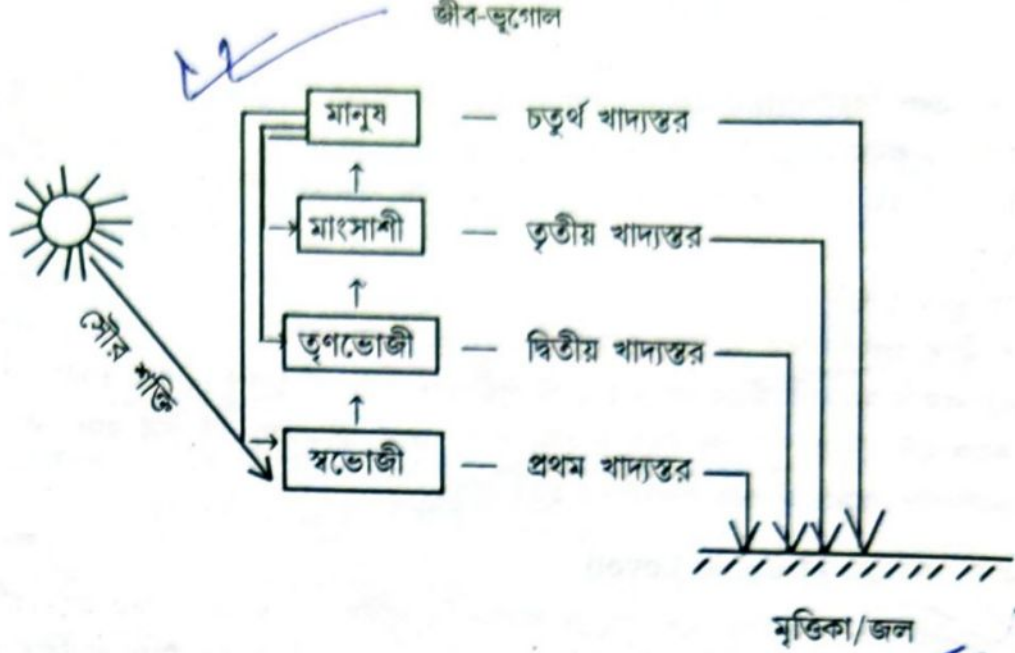
জীব	ডায়াটম	প্রাণী প্লাঙ্কটন	ছোট মাছ	বড়মাছ	মানুষ
খাদ্যশৃঙ্খলে অবস্থান	উৎপাদক	প্রথম শ্রেণীর খাদক	দ্বিতীয় শ্রেণীর খাদক	তৃতীয় শ্রেণীর খাদক	চতুর্থ শ্রেণীর খাদক
খাদ্যস্তর	প্রথম	দ্বিতীয়	তৃতীয়	চতুর্থ	পঞ্চম

প্রথম খাদ্যস্তর (Trophic Level-I) : এটি খাদ্য শৃঙ্খলের ভিত্তিস্তর (base level)। মূলত স্ব-উৎপাদী, স্বভোজী উদ্ভিদই এই স্তরে অবস্থান করে। একে উৎপাদক স্তরও বলা হয়।

দ্বিতীয় খাদ্যস্তর (Trophic Level-II) : যে সব জীব নিজেদের খাদ্য নিজেরা প্রস্তুত করতে পারে না, খাদ্যের জন্য প্রথম খাদ্যস্তরের উদ্ভিদগুলির উপর নির্ভরশীল সেই সমস্ত জীবগুলি দ্বিতীয় খাদ্যস্তরের সদস্য। এদের প্রথম শ্রেণীর খাদক (Primary Consumer) বলে। চারণ পশু যেমন—ভেড়া, গরু, হাঁস, ছাগল, হরিণ ইত্যাদি এই স্তরের অন্তর্ভুক্ত। এদের তৃণভোজী (herbivores) বলে।

তৃতীয় খাদ্যস্তর (Trophic Level-III) : তৃতীয় খাদ্যস্তরে অবস্থানকারী জীবগুলি খাদ্যের জন্য তৃণভোজী প্রাণীদের উপর নির্ভর করে। এদের মাংসাশী (Carnivores) প্রাণী বলে। যেমন—হলভাগে সিংহ, ঈগল, চিতাবাঘ, বাজপাখী ইত্যাদি; জলভাগে—উদ্ভিদ প্লাঙ্কটন, শিকারী মাছ ইত্যাদি; মৃত্তিকায়—বিয়োজক অণুজীব যথা ব্যাকটেরিয়া।

চতুর্থ খাদ্যস্তর (Trophic Level-IV) : যে সমস্ত প্রাণী নিম্নবর্তী তিনটি খাদ্যস্তর থেকে প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে খাদ্য আহরণ করে তাদের চতুর্থ খাদ্যস্তরের জীব বলা হয়। মানুষ হল এই স্তরের গুরুত্বপূর্ণ সদস্য। এরা সর্বভুক (Omnivores) প্রাণী।

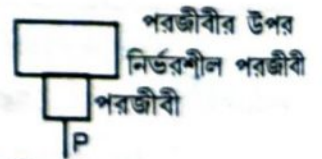
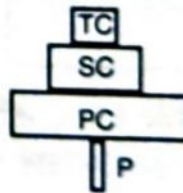


চিত্র-১০.৯ বিভিন্ন খাদ্য স্তর

১০.২.৫ বাস্তু পরিবেশগত পিরামিড (Ecological Pyramids)

কোনও বাস্তুতন্ত্রের খাদ্যস্তরীয় গঠন (Trophic Structure)-কেই বাস্তু পরিবেশগত পিরামিড বলে। জি. এলটন (G. Elton, 1939) প্রথম এই পিরামিডের বর্ণনা দেন। কোনও খাদ্য শৃঙ্খলের অন্তর্গত উৎপাদকগুলিকে সর্বনিম্নে রেখে প্রথম শ্রেণীর ভক্ষক থেকে সর্বোচ্চ স্তরের ভক্ষকগুলিকে পরপর ধাপে ধাপে সজ্জিত করে প্রতি ধাপের জীবসংখ্যা, জীবভর বা নিহিত শক্তি অনুযায়ী অঙ্কিত পিরামিডাকৃতির চিত্রকে বাস্তু পরিবেশগত পিরামিড বলে। বাস্তুপরিবেশগত পিরামিড তিন প্রকারের— (চিত্র-১০.১০)

জীব সংখ্যার পিরামিড



বিপরীত পিরামিড

জীবভরের পিরামিড



শক্তির পিরামিড



চিত্র-১০.১০ বাস্তু পরিবেশগত পিরামিড।

P = উৎপাদক, PC = প্রথম শ্রেণীর খাদক, SC = দ্বিতীয় শ্রেণীর খাদক, TC = তৃতীয় শ্রেণীর খাদক

ক) জীব সংখ্যার পিরামিড (Pyramid of Numbers)

খ) জীবভরের পিরামিড (Pyramid of Biomass)

গ) শক্তির পিরামিড (Pyramid of Energy)

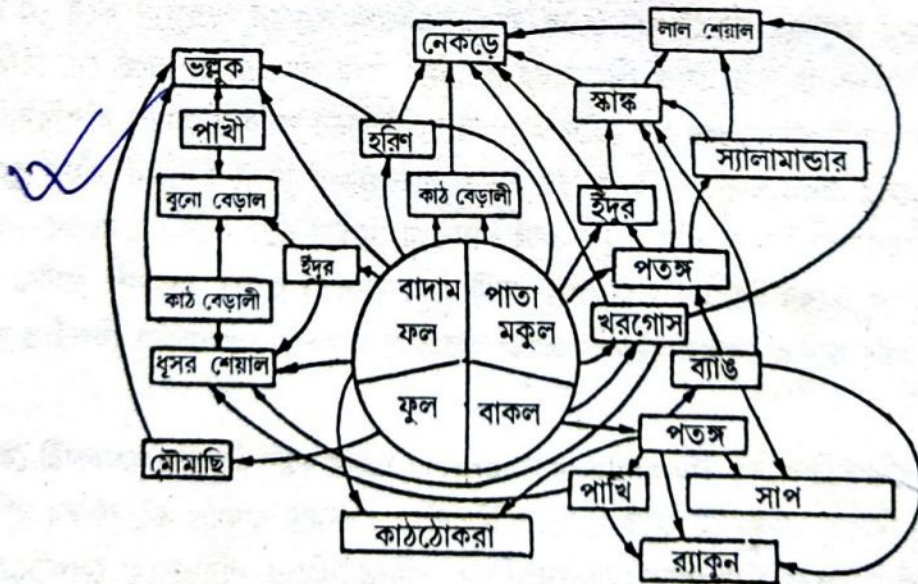
(ক) জীবসংখ্যার পিরামিড (Pyramid of Numbers) : প্রত্যেক খাদ্যস্তরের প্রতি একক ক্ষেত্রফলে প্রাপ্ত জীবগুলির সংখ্যাভিত্তিক সম্পর্কের নিরিখে যে পিরামিড পাওয়া যায়, তাকে জীবসংখ্যার পিরামিড বলে। এই পিরামিডের ভূমিতে অবস্থান করে উৎপাদক জীব। খাদ্য শৃঙ্খলের অন্যান্য খাদ্য স্তরগুলিতে অর্থাৎ প্রথম শ্রেণীর খাদক, দ্বিতীয় শ্রেণীর খাদক, তৃতীয় শ্রেণীর খাদক ইত্যাদি প্রতিটি খাদ্যস্তরে জীবের সংখ্যা ক্রমশ কমতে থাকে। যেহেতু জীবের খাদ্য-খাদক সম্পর্ক অনুযায়ী খাদ্য শৃঙ্খল গড়ে ওঠে। তাই কোনও খাদ্যস্তরের জীবের সংখ্যা পরবর্তী উচ্চ খাদ্য স্তরে প্রতিপালিত জীবের সংখ্যা নির্ধারণ করে। সেই কারণে সংখ্যার পিরামিডের ভূমি থেকে শীর্ষদেশ পর্যন্ত প্রতিটি খাদ্যস্তরে জীবের সংখ্যা, কমতে থাকে। উৎপাদক স্তরের জীবসংখ্যা প্রথম শ্রেণীর খাদক সংখ্যা অপেক্ষা বেশী হয়। আবার প্রথম শ্রেণীর খাদক সংখ্যা দ্বিতীয় শ্রেণীর খাদক অপেক্ষা কম হয়। যেমন—চারগভিত্তিক খাদ্য শৃঙ্খলের (তৃণভূমির বাস্তুতন্ত্রে) তৃণ উদ্ভিদের তুলনায় তৃণভোজী প্রাণীর সংখ্যা কম হয়। আবার যেহেতু তৃণভোজী প্রাণী মাংসাশী প্রাণীর খাদ্য, সেহেতু মাংসাশী প্রাণীর সংখ্যা তৃণভোজীর তুলনায় কম। অনুরূপভাবে মাংসাশী প্রাণীর উপর নির্ভরশীল সর্বোচ্চস্তরের মাংসাশী প্রাণীর সংখ্যা সবচেয়ে কম হয়ে থাকে। কিন্তু পরজীবী বাস্তুতন্ত্রে জীবসংখ্যার পিরামিড বিপরীত আকৃতির হয়ে থাকে।

(খ) জীবভরের পিরামিড (Pyramid of Biomass) : একটি খাদ্য শৃঙ্খলের কোনও নির্দিষ্ট খাদ্যস্তরে পরিপোষিত জীবের মোট ওজনকে উক্ত খাদ্যস্তরের জীবভর বলে। কোনও খাদ্য শৃঙ্খলের অনুক্রম অনুসারে প্রতিটি খাদ্যস্তরের জীবভরগুলিকে পরপর সংস্থাপন করে যে পিরামিড আকৃতি লেখচিত্র পাওয়া যায় তাকে জীবভরের পিরামিড বলা হয়। দেখা গেছে যে, বিভিন্ন খাদ্য শৃঙ্খলের ক্ষেত্রে একটি খাদ্য স্তরের ১৫ থেকে ২০ শতাংশ জীবভর পরবর্তী খাদ্যস্তরে পরিবাহিত হয়। তাই খাদ্য শৃঙ্খলের প্রথম খাদ্যস্তর থেকে উচ্চতর খাদ্যস্তরগুলির দিকে জীবভর ক্রমশ হ্রাস পায়। সুতরাং জীবভরের পিরামিডের ভূমি বিস্তৃত এবং শীর্ষভাগ সংকীর্ণ হয়ে থাকে। উদাহরণ—বনভূমির বাস্তুতন্ত্রে উৎপাদক স্তরের জীবভর সর্বাপেক্ষা বেশী এবং সর্বোচ্চ স্তরের মাংসাশী প্রাণীর জীবভর সর্বাপেক্ষা কম হয়। আবার কোনও কোনও জলজ বাস্তুতন্ত্রে জীবভরের পিরামিড বিপরীত আকৃতির হতে পারে।

(গ) শক্তির পিরামিড (Pyramid of Energy) : সজীব বস্তুর জীবভর গঠনকারী জৈবযৌগে রাসায়নিক শক্তি নিহিত থাকে। জীবদেহে সংঘটিত বিপাকীয় প্রক্রিয়ার মাধ্যমে এই শক্তির মুক্তি ঘটে। কোনও খাদ্য শৃঙ্খলে পরপর অবস্থিত খাদ্যস্তরগুলিতে সঞ্চিত শক্তির পরিমাণকে লেখচিত্রের দ্বারা প্রকাশ করলে যে পিরামিড আকৃতির চিত্র পাওয়া যায় তাকে শক্তির পিরামিড বলে। এই পিরামিডের ভূমিভাগে অবস্থিত উৎপাদক স্তরে শক্তির পরিমাণ সর্বাধিক এবং শীর্ষভাগে অবস্থিত সর্বোচ্চ শ্রেণীর খাদক স্তরে সঞ্চিত শক্তির পরিমাণ সবচেয়ে কম। কারণ একটি খাদ্যস্তর থেকে পরবর্তী খাদ্যস্তরে শক্তি পরিবহনকালে কিছু পরিমাণ শক্তির হ্রাস ঘটে। কেননা প্রত্যেক খাদ্যস্তরের নিজস্ব পরিপোষণের জন্য কিছু পরিমাণ শক্তি ব্যয়িত হয় এবং কিছু পরিমাণ তাপশক্তির অপচয় ঘটে। তাই প্রতি ধাপে শক্তি স্থানান্তরণের সময়ে ৬০%-৯০% শক্তি হ্রাস পায়।

১০.২.৬ খাদ্য জালক (Food Web)

বাস্তুতন্ত্রে শক্তি এবং বস্তু কেবলমাত্র একটি খাদ্য শৃঙ্খলের মাধ্যমে পরিবাহিত হয় না, পারস্পরিক সম্পর্কযুক্ত অসংখ্য খাদ্য শৃঙ্খলের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়ে থাকে। অর্থাৎ প্রকৃতিতে কোনও একটি খাদ্য শৃঙ্খল বিচ্ছিন্নভাবে অবস্থান করে না। খাদ্য শৃঙ্খলগুলি পরস্পরের সাথে বিভিন্নভাবে সম্পর্কিত। কারণ জীব সমূহের খাদ্যাভ্যাসগত বৈশিষ্ট্য যথেষ্ট বৈচিত্র্যপূর্ণ। যখন কোনও প্রাণী ভিন্ন ভিন্ন প্রকৃতির অসংখ্য খাদ্য খায় তখন জীবটি আর একটিমাত্র খাদ্য শৃঙ্খলের সদস্য থাকে না, বেশ কতকগুলি খাদ্য শৃঙ্খলের সদস্য হয়ে পড়ে। শুধুমাত্র তাই নয়, প্রাণীটির খাদ্যসূত্র বিভিন্ন খাদ্য শৃঙ্খলের ক্ষেত্রে ভিন্ন ভিন্ন হয়। অর্থাৎ কোনও একটি প্রাণী কোনও খাদ্য শৃঙ্খলের প্রথম শ্রেণীর খাদক হলেও অপর একটি খাদ্য শৃঙ্খলের ক্ষেত্রে প্রাণীটি দ্বিতীয় বা তৃতীয় শ্রেণীর খাদক হতে পারে। বাস্তবে বাস্তুতন্ত্রের খাদ্য-খাদক সম্পর্ক অত্যন্ত জটিল প্রকৃতির। একটি খাদ্য শৃঙ্খলের কোনও একটি খাদ্যসূত্রের জীব অন্যান্য খাদ্য শৃঙ্খলের ভিন্ন ভিন্ন খাদ্যসূত্রে অবস্থিত জীবগুলির খাদ্য হতে পারে। জীবগোষ্ঠীর মধ্যে অসম প্রকৃতির খাদ্য-খাদক সম্পর্কের ফলে একটি বাস্তুতন্ত্রের বিভিন্ন খাদ্য শৃঙ্খলের অন্তঃসংযোগের মাধ্যমে যে জালিকাকার গঠন সৃষ্টি হয় তাকে 'খাদ্য জালক' বলে। সুতরাং একটি খাদ্য শৃঙ্খলকে খাদ্য জালকের অংশ হিসাবে গণ্য করা যায়। যেমন নিচের উদাহরণে নেকড়ে বাঘ-হরিণ, শেয়াল, কাঠ-বেড়ালি ইত্যাদি সব ধরনের প্রাণীকেই খেয়ে থাকে। সুতরাং ফল → হরিণ/কাঠ-বেড়ালি → নেকড়ে এই খাদ্য শৃঙ্খলে নেকড়ে দ্বিতীয় শ্রেণীর খাদক হলেও, উদ্ভিদ → খরগোস → শেয়াল → নেকড়ে খাদ্য শৃঙ্খলে এরা তৃতীয় শ্রেণীর খাদক। অনুরূপভাবে ফল → ভল্লুক খাদ্য শৃঙ্খলে ভল্লুক প্রথম শ্রেণীর খাদক। আবার ফল → ইঁদুর → বুনো বেড়াল → পাখী → ভল্লুক খাদ্য শৃঙ্খলে ভল্লুক চতুর্থ শ্রেণীর খাদক (চিত্র-১০.১১)



চিত্র-১০.১১ খাদ্য জালক

জলভাগের তুলনায় স্থলভাগের বাস্তুতন্ত্রে খাদ্য জালকগুলি অপেক্ষাকৃত সরল প্রকৃতির। আবার নাতিশীতোষ্ণ অঞ্চলের তুলনায় ক্রান্তীয় অঞ্চলের বাস্তুতন্ত্রগুলিতে খাদ্য জালক জটিলতর হয়ে থাকে।

১০.৩ জৈব ভূ-রাসায়নিক চক্র (Biogeochemical Cycles)

ভাইরাস, ব্যাকটেরিয়া ইত্যাদি অণুজীব থেকে শুরু করে উদ্ভিদ, প্রাণী, এমনকি মানুষ পর্যন্ত সমস্ত জীবই পদার্থ দ্বারা গঠিত। জীবের জীবনধারণের জন্য প্রায় ৪০টি মৌলিক পদার্থের প্রয়োজন

হয়। এদের মধ্যে হাইড্রোজেন, অক্সিজেন এবং কার্বনের ভূমিকা সর্বাপেক্ষা গুরুত্বপূর্ণ। অন্যান্য প্রয়োজনীয় উপাদানগুলির মধ্যে নাইট্রোজেন, ফসফরাস, সালফার, ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, লৌহ, পটাশিয়াম ইত্যাদি উল্লেখযোগ্য। এছাড়াও আরো অসংখ্য লবণ এবং মৌলিক উপাদান রয়েছে যেগুলি জীবের বৃদ্ধির ক্ষেত্রে সহায়ক ভূমিকা গ্রহণ করে। উপরিউক্ত ৪০টি মৌলের মধ্যে ৬টি মৌল যথা—কার্বন, হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, ফসফরাস এবং সালফার অধিক পরিমাণে প্রয়োজন হয় এবং এই ৬টি মৌল উদ্ভিদ, প্রাণী এবং অণুজীবের প্রায় ৯৫% জীবভর গঠন করে। এদের ম্যাক্রো পরিপোষক (Macronutrients) বলে। অপরপক্ষে বাকী ৩৪টি মৌল যথা—সোডিয়াম, ম্যাঙ্গানিজ, লোহা, তামা, দস্তা, আয়োডিন ইত্যাদি মৌলগুলি অপেক্ষাকৃত কম পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। এদের মাইক্রো পরিপোষক (Micronutrients) বলা হয়। এই উপাদানগুলি জীব ও তার পরিবেশের মধ্যে চক্রাকারে আবর্তিত হয়। যে চক্রাকার পথে এই পরিপোষকগুলি প্রবাহিত হয় তাকে 'জৈব ভূ-রাসায়নিক চক্র' বলে। এই চক্র পরিপোষক চক্র (Nutrient Cycle) নামেও পরিচিত।

Bio কথাটির অর্থ জীব, geo অর্থাৎ পৃথিবী বা ভূ-ভাগ, Chemical অর্থাৎ রাসায়নিক এবং Cycle অর্থাৎ চক্র। সুতরাং আক্ষরিকভাবে, 'Biogeochemical Cycle' কথাটির অর্থ হল—ভূ-ভাগ থেকে জীবদেহ এবং জীবদেহ থেকে পুনরায় ভূ-ভাগে বিভিন্ন রাসায়নিক উপাদানগুলির চক্রাকারে আবর্তন। প্রকৃতিতে প্রধানত দু-ধরনের জৈব ভূ-রাসায়নিক চক্র পরিলক্ষিত হয়।

(i) গ্যাসীয় চক্র (Gaseous cycle) : যেমন—কার্বনচক্র, নাইট্রোজেন চক্র, অক্সিজেন চক্র ইত্যাদি।

(ii) অবক্ষেপ চক্র (Sedimentary Cycle) : যেমন—সালফার চক্র, ফসফরাস চক্র ইত্যাদি। প্রত্যেকটি চক্র দুই ধরনের আধার (pool) -এর সমন্বয়ে গঠিত।

(i) সংগ্রাহক আধার (Reservoir Pool) : এটি একটি বৃহৎ অজৈব আধার। এই অংশে উপাদানগুলি দীর্ঘ সময় ব্যাপী অবস্থান করে।

(ii) বিনিময় বা চক্রীয় অধার (Exchange or cyclic pool) : এটি তুলনামূলকভাবে ছোট এবং সক্রিয় অংশ। এই অংশে জীব ও পরিবেশের মধ্যে পদার্থের দ্রুত বিনিময় ঘটে।

কোনও জৈব ভূ-রাসায়নিক চক্রের ক্রিয়াশীলতা শক্তি প্রবাহের উপর নির্ভর করে। শক্তি এক খাদ্যস্তর থেকে অন্য খাদ্যস্তরে পরিবাহিত হয়। খাদ্য হিসাবে পদার্থও পরিবাহিত হয়ে থাকে। জীবের মৃত্যুর পর পচনের মাধ্যমে পদার্থের চক্রাকার আবর্তন সম্পূর্ণ হয়। কিন্তু শক্তি তাপ হিসাবে পরিবেশে মুক্ত হয়।

আলোচ্য অধ্যায়ে গুরুত্বপূর্ণ চারটি পরিপোষক উপাদানের জৈব ভূ-রাসায়নিক চক্র আলোচনা করা হল।

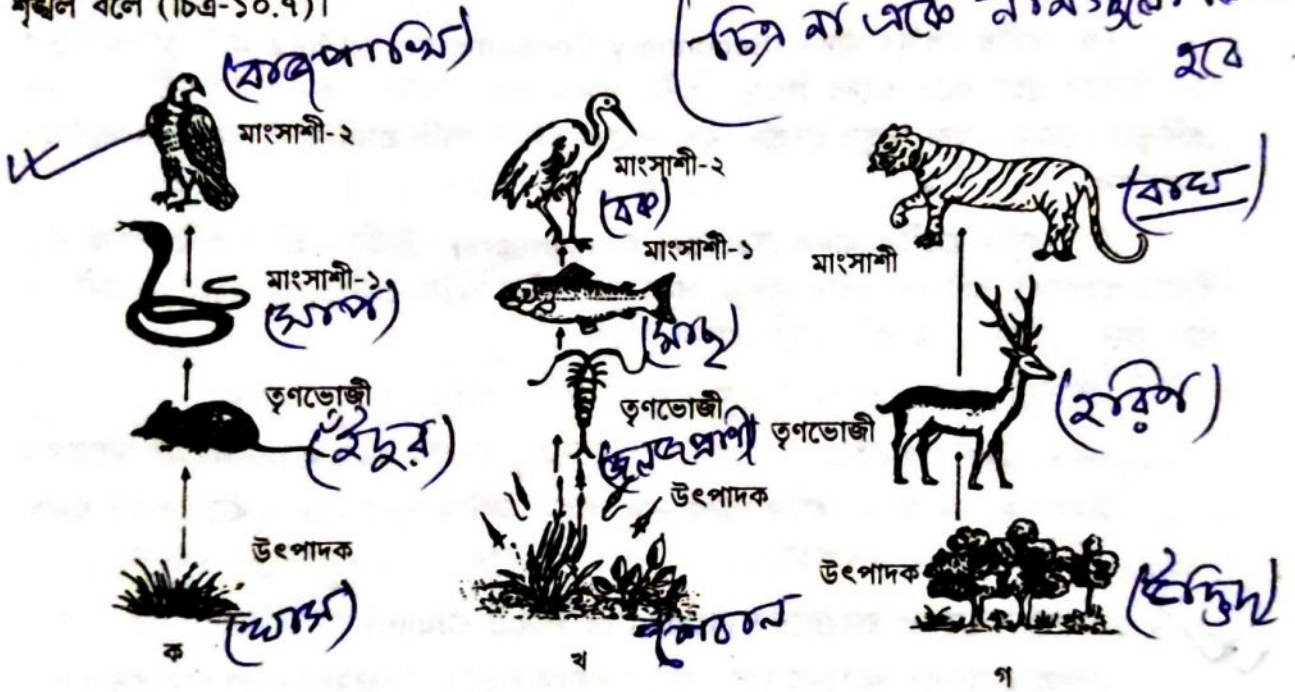
১০.৩.১ কার্বন চক্র (Carbon Cycle)

জৈব ভূ-রাসায়নিক চক্রগুলির মধ্যে সর্বাপেক্ষা সরল চক্রটি হল কার্বনচক্র (চিত্র-১০.১২)। একটি বিশেষ ধরনের ইলেকট্রন বিন্যাস থাকার সুবাদে কার্বন অন্যান্য মৌল (যেমন—অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেন ইত্যাদি)-গুলির সাথে সহজেই সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ হয়ে নানা ধরনের জৈব যৌগ গঠন করতে পারে। এই জৈব যৌগগুলি জীবদেহ গঠনে অংশগ্রহণ করে। সেই কারণে জীবকুলের অস্তিত্বের প্রক্ষেপে কার্বনচক্র অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ।

খাদ্য শৃঙ্খল (Food Chain)

বাস্তবত্বে উৎপাদক এবং খাদকের মধ্যে খাদ্যশক্তি প্রবাহের মধ্য দিয়ে যে শৃঙ্খল রচিত হয় তাকে খাদ্য শৃঙ্খল বলে। যে কোনও ধরনের বাস্তবত্বে সাধারণত সবুজ উদ্ভিদ সৌরশক্তিকে নিজের দেহে শৃঙ্খলিত করার পর তাকে রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তরিত করতে পারে। এই রাসায়নিক শক্তি কার্বহাইড্রেট, ফ্যাট, প্রোটিন ইত্যাদি খাদ্য বা জৈবযৌগে বাঁধা পড়ে। জীব জগতের সব সদস্যকেই শক্তি সরবরাহের প্রশ্নে সবুজ উদ্ভিদের ওপরেই নির্ভর করতে হয়। সে কারণে কোনও অঞ্চলে সবুজ উদ্ভিদের সৌরশক্তি আবদ্ধ করার ক্ষমতার ওপরেই সর্বোচ্চ খাদ্যস্বত্বের প্রাপ্ত শক্তির পরিমাণ নির্ভর করে।

অনুকূল পরিবেশে সর্বত্রই সবুজ উদ্ভিদ খাদ্য প্রস্তুত করে। তৃণভোজী প্রাণী সবুজ উদ্ভিদকে খাদ্য হিসাবে গ্রহণ করে এবং একইভাবে তৃণভোজী প্রাণী অন্য কোনও মাংসাশী প্রাণীর শিকার হয়। এইভাবে শক্তি ক্রমাঙ্কয়ে নিম্ন খাদ্যস্তর থেকে সর্বোচ্চ খাদ্যস্তরে পৌঁছায়। এ থেকে বোঝা যায় যে খাদ্য সংগ্রহের ব্যাপারে উৎপাদক থেকে সর্বোচ্চ খাদক সকল শ্রেণীর জীব পরস্পর একটি শৃঙ্খলে আবদ্ধ এবং এক ধরনের জীব অন্য প্রকার জীবের অস্তিত্ব বজায় রাখতে সাহায্য করে। এই পারস্পরিক সম্পর্ককেই খাদ্য শৃঙ্খল বলে (চিত্র-১০.৭)।



চিত্র-১০.৭ বিভিন্ন খাদ্যশৃঙ্খল—ক. তৃণভূমির খাদ্যশৃঙ্খল, খ. পুষ্পরিণীর খাদ্যশৃঙ্খল, গ. অরণ্যের খাদ্যশৃঙ্খল

বিজ্ঞানী ওডামের (Odum, 1966) মতে—উৎপাদক থেকে শুরু করে ক্রমাঙ্কমিক ভাবে খাদ্য-খাদক সম্পর্কের ভিত্তিতে বিভিন্ন প্রাণী গোষ্ঠীর মধ্যে খাদ্যশক্তি প্রবাহের যে ধারাবাহিকতা প্রতিষ্ঠিত হয় তাকেই খাদ্য শৃঙ্খল বলে। যেমন—

পত্রভুক পতঙ্গ → ব্যাঙ → সাপ → বাজপাখী—এটি একটি খাদ্য শৃঙ্খলের উদাহরণ।

প্রত্যেকটি খাদ্য শৃঙ্খলে কতকগুলি পুষ্টির স্তর থাকে। এদের খাদ্যস্তর (Trophic level) বলা হয়। যে কোনও খাদ্য শৃঙ্খলের প্রথম খাদ্যস্তরটি স্ব-উৎপাদী জীব দ্বারা গঠিত হয়ে থাকে। এই খাদ্যস্তরটিকে উৎপাদক স্তর (producer level) বলে। পরবর্তী খাদ্যস্তরগুলি বিভিন্ন ধরনের খাদক (consumer) দ্বারা গঠিত হয়ে থাকে। খাদক জীবগুলি স্বভোজী জীব অথবা স্বভোজী জীবের ওপর

নির্ভরশীল জীবগুলিকে খাদ্য হিসাবে গ্রহণ করে। এ কারণে এদের পরভোজী জীব (heterotroph) বলে। জীবমণ্ডলীয় খাদকগুলিকে তিনভাগে ভাগ করা যায়।

(ক) তৃণভোজী (Herbivores) : তৃণভোজী জীব কেবলমাত্র উদ্ভিদ বা উদ্ভিদাংশগুলিকে খাদ্য হিসাবে গ্রহণ করে। যেমন—হরিণ, গরু, ভেড়া ইত্যাদি।

(খ) মাংসাশী (Carnivores) : এই ধরনের খাদক প্রাণীগুলি কেবলমাত্র অন্যান্য প্রাণী খেয়ে বেঁচে থাকে। যেমন—সিংহ, বাঘ ইত্যাদি।

(গ) সর্বভুক (Omnivores) : যে সমস্ত খাদক প্রাণী, উদ্ভিদ এবং প্রাণী—উভয়ই খাদ্য হিসাবে গ্রহণ করে তাদের সর্বভুক বলে। যেমন—মানুষ, ভল্লুক ইত্যাদি।

খাদ্য-খাদক সম্পর্কের অনুক্রম অনুসারে জীবমণ্ডলীয় খাদকগুলিকে নিম্নলিখিত শ্রেণীতে ভাগ করা যায়।

(ক) প্রথম শ্রেণীর খাদক (Primary Consumers) : যে সমস্ত প্রাণী উৎপাদক উদ্ভিদের উপর খাদ্যের জন্য প্রত্যক্ষ ভাবে নির্ভর করে তাদের প্রথম শ্রেণীর খাদক বলে। সমস্ত তৃণভোজী প্রাণীই প্রথম শ্রেণীর খাদক। খাদ্য শৃঙ্খলে এরা উৎপাদক স্তরের পরবর্তী স্তরটি গঠন করে।

(খ) দ্বিতীয় শ্রেণীর খাদক (Secondary Consumers) : যে সমস্ত প্রাণী তৃণভোজীদের খাদ্য হিসাবে গ্রহণ করে তাদের দ্বিতীয় শ্রেণীর খাদক বলে। কোনও কোনও মাংসাশী প্রাণী এই শ্রেণীভুক্ত। যেমন—বাঘ, ভল্লুক ইত্যাদি। খাদ্য শৃঙ্খলে এই প্রাণীগুলি প্রথম খাদক স্তরের পরবর্তী স্তর গঠন করে।

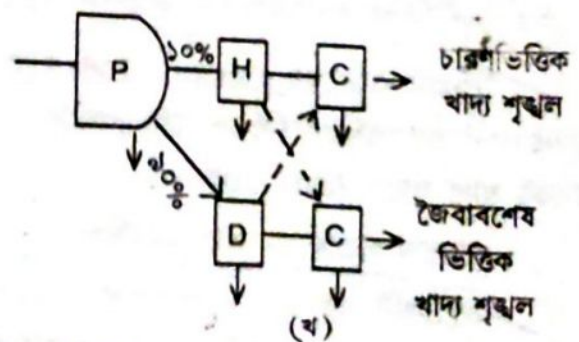
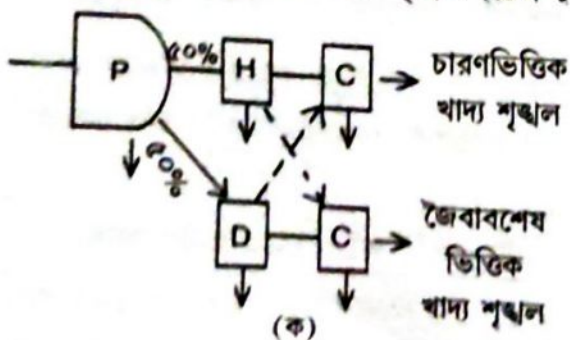
(গ) তৃতীয় শ্রেণীর খাদক (Tertiary Consumers) : দ্বিতীয় শ্রেণীর প্রাণীগুলিকে খাদ্য হিসাবে গ্রহণকারী প্রাণীদের তৃতীয় শ্রেণীর খাদক বলে। এরা দ্বিতীয় শ্রেণীর খাদ্যস্তরের পরবর্তী স্তর গঠন করে। যেমন—বাজপাখী, মানুষ, হায়ানা ইত্যাদি।

এইভাবে কোনও কোনও বাস্তুক্ষেত্রে চতুর্থ শ্রেণীর খাদ্যস্তরও পাওয়া যায়।

সুতরাং কোনও বাস্তুতন্ত্রের খাদ্য শৃঙ্খলে জীবসমূহের অনুক্রম (sequence)—টি হল নিম্নরূপ :
উৎপাদক → প্রথম শ্রেণীর খাদক → দ্বিতীয় শ্রেণীর খাদক → তৃতীয় শ্রেণীর খাদক
(উদ্ভিদ) (পতঙ্গ) (মাছ) (মানুষ)

১০.২.১. খাদ্য শৃঙ্খলের প্রকারভেদ (Types of Food Chain)

প্রকৃতিতে প্রধানত দুধরনের খাদ্য শৃঙ্খল পরিলক্ষিত হয়—ক) চারণ ভিত্তিক খাদ্য শৃঙ্খল এবং খ) জৈবাবশেষ ভিত্তিক খাদ্য শৃঙ্খল (চিত্র-১০.৮)।



চিত্র-১০.৮ চারণভিত্তিক এবং জৈবাবশেষ ভিত্তিক খাদ্য শৃঙ্খল

ক. তৃণভূমি ও জলজ বাস্তুতন্ত্রের চারণভিত্তিক খাদ্য শৃঙ্খল। প্রাথমিক উৎপাদনের ২০-৩০% চারণপশু কর্তৃক ভক্ষিত হয়।
খ. অরণ্যাক্ষয়ের জৈবাবশেষ ভিত্তিক খাদ্য শৃঙ্খল। প্রাথমিক উৎপাদনের ৯০%-এরও বেশী বিয়োজক প্রাণী কর্তৃক বিয়োজিত হয়।

(ক) চারণ ভিত্তিক খাদ্য শৃঙ্খল (Grazer Food Chain) : যে সমস্ত খাদক প্রাণী উৎপাদক উদ্ভিদ বা উদ্ভিদাংশ খাদ্য হিসাবে গ্রহণ করে তাদের চারণপশু (grazer) বলা হয়। চারণভিত্তিক খাদ্য শৃঙ্খল উদ্ভিদ থেকে শুরু হয়। এক্ষেত্রে খাদ্যশক্তি উদ্ভিদ থেকে তৃণভোজী প্রাণীতে তারপরে মাংসাশী প্রাণীতে স্থানান্তরিত হয়। নিম্নে কয়েকটি বিশেষ বাস্তুতন্ত্রের চারণভিত্তিক খাদ্য শৃঙ্খলের উদাহরণ দেওয়া হল।

- i) জলাভূমির বাস্তুতন্ত্র (Marsh Ecosystem) :
সবুজ উদ্ভিদ → প্রজাপতি → ফড়িং → ব্যাঙ → সাপ → বাজপাখী।
- ii) তৃণভূমির বাস্তুতন্ত্র (Grassland Ecosystem) :
তৃণ → গদাফড়িং → ব্যাঙ → সাপ → বাজপাখী।
- iii) বনভূমি বাস্তুতন্ত্র (Forest Ecosystem) :
সবুজ উদ্ভিদ → হরিণ → বাঘ।
- iv) পুকুরের বাস্তুতন্ত্র (Pond Ecosystem) :
জলজ কীট-পতঙ্গ → ছোট মাছ → বড় মাছ।
- v) সামুদ্রিক বাস্তুতন্ত্র (Marine Ecosystem) :
সামুদ্রিক অ্যালগি → ছোট মাছ → বড় মাছ → হাঙর।
- vi) কৃষি বাস্তুতন্ত্র (Agroecosystem) :
শস্য → পতঙ্গ → পতঙ্গভুক পাখী → শিকারী-পাখী (বাজ পাখী)।

(খ) বিয়োজক খাদ্য শৃঙ্খল বা জৈবাবশেষভিত্তিক খাদ্য শৃঙ্খল (Decomposers Food Chain or Detritus Food Chain) : বাস্তুতন্ত্রে পদার্থ চক্রাকারে আবর্তিত হয়। মৃত উদ্ভিদ বা প্রাণীর দেহাবশেষ বা তার অংশ, প্রাণীর বর্জ্য পদার্থ ইত্যাদি জৈবাবশেষগুলি বিশ্লেষক অণুজীব (decomposers) এবং জৈবাবশেষভোজী (detritivores) প্রাণীর দ্বারা বিয়োজিত হয়। এই বিয়োজনের মাধ্যমে জৈবাবশেষে নিহিত পুষ্টি পদার্থসমূহ পরিবেশে ফিরে আসে এবং পুনরায় সেগুলি উদ্ভিদ কর্তৃক গৃহীত হয়ে থাকে। জৈবাবশেষের বিয়োজনে মূলত দুই ধরনের অণুজীব অংশগ্রহণ করে।

i) বিয়োজক (Decomposers) : সদ্য পরিত্যক্ত জৈবাবশেষের উপর প্রাথমিক ভাবে ছত্রাক, ব্যাকটেরিয়া, শেওলা ইত্যাদি মৃতজীবী জীব জন্মায়। এই সমস্ত মৃতজীবী জীবের দেহ নিঃসৃত উৎসেচকের প্রভাবে জৈবাবশেষের জটিল জৈবযৌগগুলি সরলীকৃত হয় এবং সেই সঙ্গে শক্তি নির্গত হয়। এই প্রক্রিয়াকে বিশ্লেষণ (decomposition) বা পচন বলে। বিশ্লেষণের ফলে উৎপন্ন শক্তি ও রাসায়নিক পুষ্টি পদার্থের কিছু অংশ ঐ সমস্ত বিয়োজকের পুষ্টি ও বৃদ্ধিতে কাজে লাগে এবং অবশিষ্ট অংশ পরিবেশে ফিরে যায়। জীবদেহাবশেষ এবং জৈব বর্জ্য পদার্থ থেকে শক্তি ও পুষ্টি পদার্থ মৃতজীবী বিয়োজকে প্রবাহিত হওয়ার মাধ্যমে যে খাদ্য শৃঙ্খল রচিত হয় তাকে বিয়োজক খাদ্য শৃঙ্খল বলে।

ii) জৈবাবশেষ ভোজী জীব (Detritivores) : বিয়োজক অণুজীবগুলি জৈব দেহাবশেষ এবং জৈব বর্জ্য পদার্থ সমূহকে বিশ্লেষণ ও পচনের মাধ্যমে এক ধরনের অর্ধ বিঘ্নিষ্ট (semi-decomposed) জৈব পদার্থে পরিণত করে। একে জৈবাবশেষ (detritus) বলে। যে সমস্ত অণুজীব এই জৈবাবশেষকে খাদ্য হিসাবে গ্রহণ করে তাদের জৈবাবশেষভোজী বলে। জৈবাবশেষভোজী অণুজীবগুলি আবার উচ্চতর

স্তরের খাদক কর্তৃক ভক্ষিত হয়। এইভাবে জৈবাবশেষ → জৈবাবশেষভোজী → মাংসাশী প্রাণী → খাদ্যশৃঙ্খল রচিত হতে দেখা যায়। একে জৈবাবশেষ ভিত্তিক খাদ্য শৃঙ্খল বলে।

বিয়োজক খাদ্য শৃঙ্খল বা জৈবাবশেষ ভিত্তিক খাদ্য শৃঙ্খলে প্রাথমিক খাদক হল—বিভিন্ন ধরনের কীট-পতঙ্গ এবং বিয়োজক। তবে কীট-পতঙ্গগুলি প্রাথমিক উৎপাদনের ১০% এরও কম গ্রহণ করে থাকে। বাকী ৯০% প্রাথমিক উৎপাদনই বিয়োজক কর্তৃক বিলুপ্ত হয়ে থাকে। এই খাদ্য শৃঙ্খল সমস্ত বাস্তুতন্ত্রেই উপস্থিত থাকে। তবে কোনও কোনও বাস্তুতন্ত্রে এই খাদ্য শৃঙ্খলের মাধ্যমে প্রবাহিত শক্তি ও পদার্থের পরিমাণ যথেষ্ট বেশী।

উদাহরণ : উদ্ভিদ দেহাবশেষ → কেঁচো → শ্যামাপাখি → বাজপাখি।
মৃতপ্রাণী → মাছি → ব্যাঙ → সাপ।

১০.২.২. খাদ্য শৃঙ্খলের গুরুত্ব (Significance of Food Chain)

বাস্তুতন্ত্র তথা সমগ্র জীবমণ্ডলের অস্তিত্ব রক্ষার প্রক্ষেপে খাদ্য শৃঙ্খলের গুরুত্ব অপরিমিত। কারণ, খাদ্য শৃঙ্খলের মাধ্যমে স্ব-উৎপাদী উদ্ভিদ থেকে খাদ্য এবং শক্তি অন্যান্য জীবে স্থানান্তরিত হয়। অর্থাৎ খাদ্য-খাদক সম্পর্কের ভিত্তিতেই উদ্ভিদ ব্যতীত অন্যান্য জীবগুলি জীবন ধারণের জন্য প্রয়োজনীয় খাদ্য ও শক্তি পেয়ে থাকে। তাই খাদ্য শৃঙ্খল নষ্ট হলে বাস্তুতন্ত্রটির অস্তিত্ব বিপন্ন হয়ে পড়ে। খাদ্য শৃঙ্খলে উৎপাদক থেকে ক্রম পর্যায়ে খাদকের সংখ্যা হ্রাস পায় কিন্তু প্রয়োজনীয় খাদ্যের আয়তন বৃদ্ধি পায়। তাই খাদ্য শৃঙ্খল যত সংক্ষিপ্ত হবে বাস্তুতন্ত্রও তত সুগঠিত হয়ে থাকে।

১০.২.৩. খাদ্য শৃঙ্খলের বৈশিষ্ট্য (Characteristics of Food Chain)

- (i) খাদ্য শৃঙ্খলের প্রকৃতি অত্যন্ত জটিল।
- (ii) স্ব-উৎপাদী সবুজ উদ্ভিদই সমস্ত ধরনের খাদ্য শৃঙ্খলের ভিত্তি স্তর রচনা করে।
- (iii) উৎপাদকগুলি সালোক সংশ্লেষের মাধ্যমে সৌরশক্তিকে রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তরিত করে খাদ্যের মধ্যে আবদ্ধ করে। এই শক্তি খাদ্যের মধ্যে শৈতিক শক্তি হিসাবে অবস্থান করে।
- (iv) দু-একটি ব্যতিক্রম ব্যতীত খাদ্য শৃঙ্খলে তিন থেকে পাঁচটি স্তর থাকে।
- (v) একটি খাদ্য শৃঙ্খল বরাবর উচ্চতম স্তর থেকে নিম্নতর স্তরের দিকে জীবসংখ্যা ক্রমশ বৃদ্ধি পেতে থাকে।

জৈবিক স্থানান্তরণ (Biological Migration) : মানুষের কার্যাবলীর ফলে কিছু কিছু বিষাক্ত পদার্থ উৎপাদিত হয়। যেমন—শিল্পজাত বর্জ্য পদার্থের সাথে নিঃসৃত ভারী ধাতু (heavy metals) (তামা, দস্তা, ক্যাডমিয়াম ইত্যাদি) অথবা কৃষিক্ষেত্রে ব্যবহৃত রাসায়নিক সার ইত্যাদি। এগুলি খাদ্য শৃঙ্খলের অনুক্রম অনুসারে এক জীবদেহে থেকে অন্য জীবদেহে পরিবাহিত হয়। এই পদার্থগুলি জীবদেহান্তরিত হয়ে স্ববিয়োজিত হয় না, দেহকলায় সঞ্চিত থাকে। সর্বোচ্চস্তরের খাদক হওয়ার কারণে এগুলি মানুষের দেহে সঞ্চিত হতে থাকে। খাদ্য শৃঙ্খল বরাবর এই বিষাক্ত পদার্থগুলির পরিবহণকে জৈবিক স্থানান্তরণ বলে।

জৈব কেন্দ্রীভবন (Bioconcentration) : জৈবিক স্থানান্তরণের মাধ্যমে অনেক সময়ে বিভিন্ন রাসায়নিক উপাদান বা যৌগ জীবদেহে পুঞ্জীভূত হয়। এই ঘটনাকে জৈব কেন্দ্রীভবন বলে। মানুষের খাইরয়েড গ্রন্থিতে আয়োডাইডের পুঞ্জীভবন ; স্ক্যালোপ (Scallops) প্রজাতিভুক্ত মলাস্কার দেহে সমুদ্র জল থেকে দস্তা, তামা, ক্যাডমিয়াম ও ক্রোমিয়ামের পুঞ্জীভবন ঘটে।

জৈব বিবর্ধন (Bio-magnification) : ক্ষতিকারক অপ্রয়োজনীয় রাসায়নিক উপাদান বা যৌগ অনেক সময় জীবদেহে প্রবেশ করে ও পুঞ্জীভূত হয়। ডি.ডি.টি., সীসা, পারদ, তেজস্ক্রিয় পদার্থ ইত্যাদি বিনষ্ট হয় না, অবিকৃত অবস্থায় থেকে যায়। খাদ্য শৃঙ্খলের নীতি অনুযায়ী উৎপাদক জীবের কোষে পুঞ্জীভূত ক্ষতিকারক রাসায়নিক পদার্থগুলি খাদ্যের মাধ্যমে উৎপাদক জীব থেকে তৃণভোজী প্রাণীতে এবং তৃণভোজী প্রাণী থেকে মাংসাশী প্রাণীতে সঞ্চারিত হয়। ফলে খাদ্য শৃঙ্খলের উচ্চতম স্তরের জীবে পুঞ্জীভবনের পরিমাণ ক্রমশ বাড়তে থাকে বা বিবর্ধন ঘটে। অর্থাৎ উৎপাদক জীবে সবচেয়ে কম ও মাংসাশী জীবে সবচেয়ে বেশী পুঞ্জীভবন ঘটে। জীবদেহে বিযাক্ত রাসায়নিক পদার্থের এই ক্রমাঙ্কিত বৃদ্ধির ঘটনাকে জৈব বিবর্ধন বলে। ফলে জীবদেহে এই সব রাসায়নিক পদার্থের বিষক্রিয়াজনিত অস্বাভাবিকতা পরিলক্ষিত হয়।

১০.২.৪ খাদ্যস্তর (Trophic Level)

প্রত্যেক বাস্তবত্বের খাদ্য শৃঙ্খলে কতকগুলি পুষ্টির স্তর থাকে। এদের প্রত্যেকটিকে এক একটি খাদ্যস্তর বলা হয়। যে সমস্ত জীব উদ্ভিদস্তর থেকে সমান সংখ্যক ধাপ উচ্চে অবস্থিত স্তর থেকে খাদ্য সংগ্রহ করে সেই সমস্ত জীবগুলি একই খাদ্যস্তরে অবস্থান করে। খাদ্য শৃঙ্খলে দুই বা ততোধিক খাদ্যস্তর থাকতে পারে। প্রথম খাদ্যস্তরটি স্ব-উৎপাদী উদ্ভিদ দ্বারা গঠিত। পরবর্তী খাদ্য স্তরগুলিতে বিভিন্ন শ্রেণীর খাদক অবস্থান করে। নিম্নে একটি চারণভিত্তিক খাদ্য শৃঙ্খলের খাদ্যস্তরগুলি প্রদর্শিত হল।

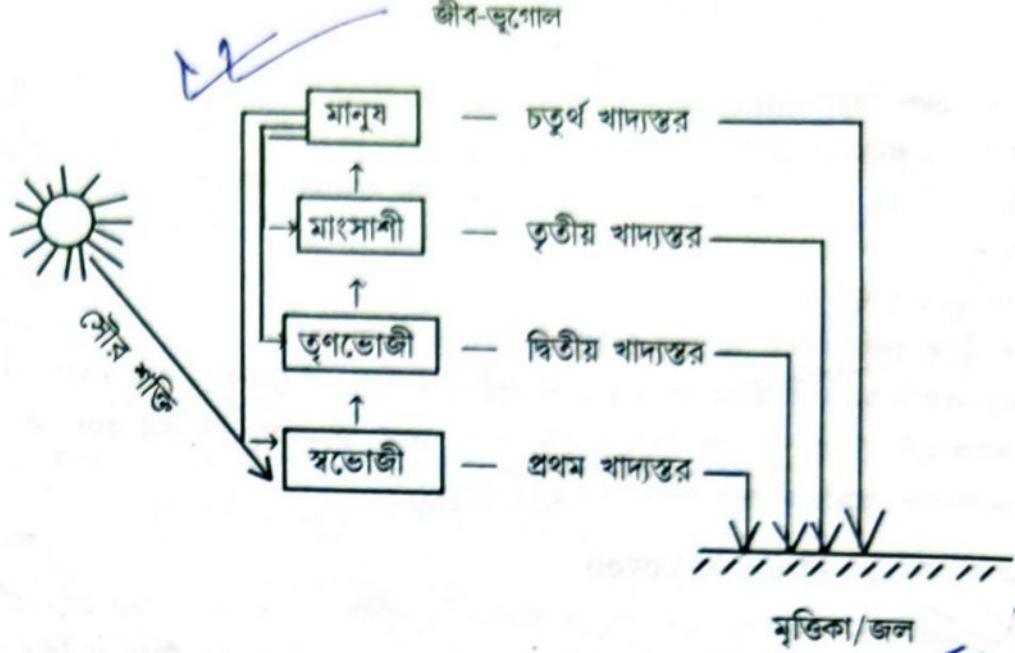
জীব	ডায়াটম	প্রাণী প্লাঙ্কটন	ছোট মাছ	বড়মাছ	মানুষ
খাদ্যশৃঙ্খলে অবস্থান	উৎপাদক	প্রথম শ্রেণীর খাদক	দ্বিতীয় শ্রেণীর খাদক	তৃতীয় শ্রেণীর খাদক	চতুর্থ শ্রেণীর খাদক
খাদ্যস্তর	প্রথম	দ্বিতীয়	তৃতীয়	চতুর্থ	পঞ্চম

প্রথম খাদ্যস্তর (Trophic Level-I) : এটি খাদ্য শৃঙ্খলের ভিত্তিস্তর (base level)। মূলত স্ব-উৎপাদী, স্বভোজী উদ্ভিদই এই স্তরে অবস্থান করে। একে উৎপাদক স্তরও বলা হয়।

দ্বিতীয় খাদ্যস্তর (Trophic Level-II) : যে সব জীব নিজেদের খাদ্য নিজেরা প্রস্তুত করতে পারে না, খাদ্যের জন্য প্রথম খাদ্যস্তরের উদ্ভিদগুলির উপর নির্ভরশীল সেই সমস্ত জীবগুলি দ্বিতীয় খাদ্যস্তরের সদস্য। এদের প্রথম শ্রেণীর খাদক (Primary Consumer) বলে। চারণ পশু যেমন— ভেড়া, গরু, হাঁস, ছাগল, হরিণ ইত্যাদি এই স্তরের অন্তর্ভুক্ত। এদের তৃণভোজী (herbivores) বলে।

তৃতীয় খাদ্যস্তর (Trophic Level-III) : তৃতীয় খাদ্যস্তরে অবস্থানকারী জীবগুলি খাদ্যের জন্য তৃণভোজী প্রাণীদের উপর নির্ভর করে। এদের মাংসাশী (Carnivores) প্রাণী বলে। যেমন— হুলভাগে সিংহ, ঈগল, চিতাবাঘ, বাজপাখী ইত্যাদি; জলভাগে—উদ্ভিদ প্লাঙ্কটন, শিকারী মাছ ইত্যাদি; মৃত্তিকায়—বিয়োজক অণুজীব যথা ব্যাকটেরিয়া।

চতুর্থ খাদ্যস্তর (Trophic Level-IV) : যে সমস্ত প্রাণী নিম্নবর্তী তিনটি খাদ্যস্তর থেকে প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে খাদ্য আহরণ করে তাদের চতুর্থ খাদ্যস্তরের জীব বলা হয়। মানুষ হল এই স্তরের গুরুত্বপূর্ণ সদস্য। এরা সর্বভুক (Omnivores) প্রাণী।

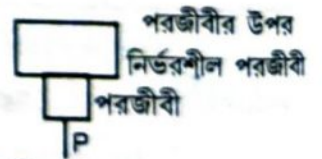
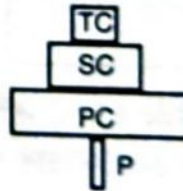


চিত্র-১০.৯ বিভিন্ন খাদ্য স্তর

১০.২.৫ বাস্তু পরিবেশগত পিরামিড (Ecological Pyramids)

কোনও বাস্তুতন্ত্রের খাদ্যস্তরীয় গঠন (Trophic Structure)-কেই বাস্তু পরিবেশগত পিরামিড বলে। জি. এলটন (G. Elton, 1939) প্রথম এই পিরামিডের বর্ণনা দেন। কোনও খাদ্য শৃঙ্খলের অন্তর্গত উৎপাদকগুলিকে সর্বনিম্নে রেখে প্রথম শ্রেণীর ভক্ষক থেকে সর্বোচ্চ স্তরের ভক্ষকগুলিকে পরপর ধাপে ধাপে সজ্জিত করে প্রতি ধাপের জীবসংখ্যা, জীবভর বা নিহিত শক্তি অনুযায়ী অঙ্কিত পিরামিডাকৃতির চিত্রকে বাস্তু পরিবেশগত পিরামিড বলে। বাস্তুপরিবেশগত পিরামিড তিন প্রকারের— (চিত্র-১০.১০)

জীব সংখ্যার পিরামিড



জীবভরের পিরামিড



শক্তির পিরামিড



চিত্র-১০.১০ বাস্তু পরিবেশগত পিরামিড।

P = উৎপাদক, PC = প্রথম শ্রেণীর খাদক, SC = দ্বিতীয় শ্রেণীর খাদক, TC = তৃতীয় শ্রেণীর খাদক

ক) জীব সংখ্যার পিরামিড (Pyramid of Numbers)

খ) জীবভরের পিরামিড (Pyramid of Biomass)

গ) শক্তির পিরামিড (Pyramid of Energy)

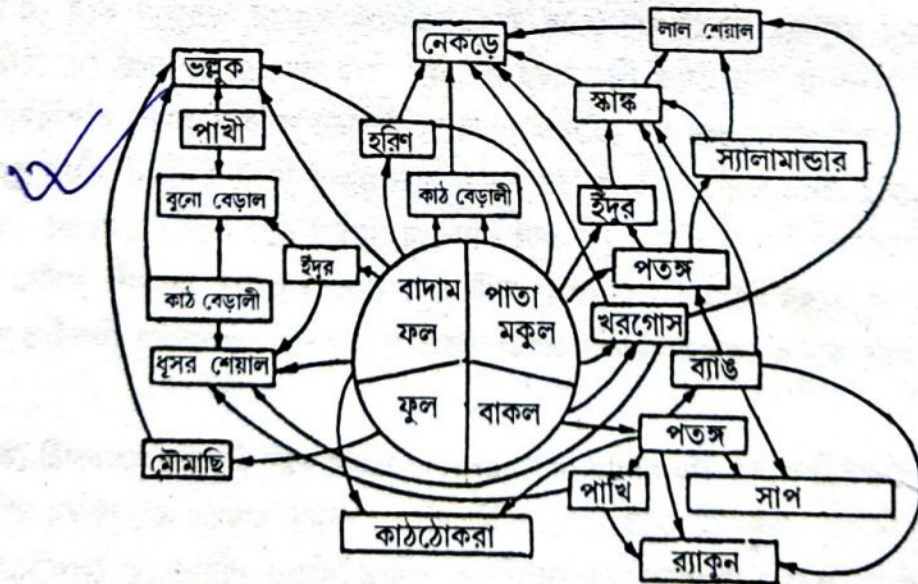
(ক) জীবসংখ্যার পিরামিড (Pyramid of Numbers) : প্রত্যেক খাদ্যস্তরের প্রতি একক ক্ষেত্রফলে প্রাপ্ত জীবগুলির সংখ্যাভিত্তিক সম্পর্কের নিরিখে যে পিরামিড পাওয়া যায়, তাকে জীবসংখ্যার পিরামিড বলে। এই পিরামিডের ভূমিতে অবস্থান করে উৎপাদক জীব। খাদ্য শৃঙ্খলের অন্যান্য খাদ্য স্তরগুলিতে অর্থাৎ প্রথম শ্রেণীর খাদক, দ্বিতীয় শ্রেণীর খাদক, তৃতীয় শ্রেণীর খাদক ইত্যাদি প্রতিটি খাদ্যস্তরে জীবের সংখ্যা ক্রমশ কমতে থাকে। যেহেতু জীবের খাদ্য-খাদক সম্পর্ক অনুযায়ী খাদ্য শৃঙ্খল গড়ে ওঠে। তাই কোনও খাদ্যস্তরের জীবের সংখ্যা পরবর্তী উচ্চ খাদ্য স্তরে প্রতিপালিত জীবের সংখ্যা নির্ধারণ করে। সেই কারণে সংখ্যার পিরামিডের ভূমি থেকে শীর্ষদেশ পর্যন্ত প্রতিটি খাদ্যস্তরে জীবের সংখ্যা, কমতে থাকে। উৎপাদক স্তরের জীবসংখ্যা প্রথম শ্রেণীর খাদক সংখ্যা অপেক্ষা বেশী হয়। আবার প্রথম শ্রেণীর খাদক সংখ্যা দ্বিতীয় শ্রেণীর খাদক অপেক্ষা কম হয়। যেমন—চারগভিত্তিক খাদ্য শৃঙ্খলের (তৃণভূমির বাস্তুতন্ত্রে) তৃণ উদ্ভিদের তুলনায় তৃণভোজী প্রাণীর সংখ্যা কম হয়। আবার যেহেতু তৃণভোজী প্রাণী মাংসাশী প্রাণীর খাদ্য, সেহেতু মাংসাশী প্রাণীর সংখ্যা তৃণভোজীর তুলনায় কম। অনুরূপভাবে মাংসাশী প্রাণীর উপর নির্ভরশীল সর্বোচ্চস্তরের মাংসাশী প্রাণীর সংখ্যা সবচেয়ে কম হয়ে থাকে। কিন্তু পরজীবী বাস্তুতন্ত্রে জীবসংখ্যার পিরামিড বিপরীত আকৃতির হয়ে থাকে।

(খ) জীবভরের পিরামিড (Pyramid of Biomass) : একটি খাদ্য শৃঙ্খলের কোনও নির্দিষ্ট খাদ্যস্তরে পরিপোষিত জীবের মোট ওজনকে উক্ত খাদ্যস্তরের জীবভর বলে। কোনও খাদ্য শৃঙ্খলের অনুক্রম অনুসারে প্রতিটি খাদ্যস্তরের জীবভরগুলিকে পরপর সংস্থাপন করে যে পিরামিড আকৃতি লেখচিত্র পাওয়া যায় তাকে জীবভরের পিরামিড বলা হয়। দেখা গেছে যে, বিভিন্ন খাদ্য শৃঙ্খলের ক্ষেত্রে একটি খাদ্য স্তরের ১৫ থেকে ২০ শতাংশ জীবভর পরবর্তী খাদ্যস্তরে পরিবাহিত হয়। তাই খাদ্য শৃঙ্খলের প্রথম খাদ্যস্তর থেকে উচ্চতর খাদ্যস্তরগুলির দিকে জীবভর ক্রমশ হ্রাস পায়। সুতরাং জীবভরের পিরামিডের ভূমি বিস্তৃত এবং শীর্ষভাগ সংকীর্ণ হয়ে থাকে। উদাহরণ—বনভূমির বাস্তুতন্ত্রে উৎপাদক স্তরের জীবভর সর্বাপেক্ষা বেশী এবং সর্বোচ্চ স্তরের মাংসাশী প্রাণীর জীবভর সর্বাপেক্ষা কম হয়। আবার কোনও কোনও জলজ বাস্তুতন্ত্রে জীবভরের পিরামিড বিপরীত আকৃতির হতে পারে।

(গ) শক্তির পিরামিড (Pyramid of Energy) : সজীব বস্তুর জীবভর গঠনকারী জৈবযৌগে রাসায়নিক শক্তি নিহিত থাকে। জীবদেহে সংঘটিত বিপাকীয় প্রক্রিয়ার মাধ্যমে এই শক্তির মুক্তি ঘটে। কোনও খাদ্য শৃঙ্খলে পরপর অবস্থিত খাদ্যস্তরগুলিতে সঞ্চিত শক্তির পরিমাণকে লেখচিত্রের দ্বারা প্রকাশ করলে যে পিরামিড আকৃতির চিত্র পাওয়া যায় তাকে শক্তির পিরামিড বলে। এই পিরামিডের ভূমিভাগে অবস্থিত উৎপাদক স্তরে শক্তির পরিমাণ সর্বাধিক এবং শীর্ষভাগে অবস্থিত সর্বোচ্চ শ্রেণীর খাদক স্তরে সঞ্চিত শক্তির পরিমাণ সবচেয়ে কম। কারণ একটি খাদ্যস্তর থেকে পরবর্তী খাদ্যস্তরে শক্তি পরিবহনকালে কিছু পরিমাণ শক্তির হ্রাস ঘটে। কেননা প্রত্যেক খাদ্যস্তরের নিজস্ব পরিপোষণের জন্য কিছু পরিমাণ শক্তি ব্যয়িত হয় এবং কিছু পরিমাণ তাপশক্তির অপচয় ঘটে। তাই প্রতি ধাপে শক্তি স্থানান্তরণের সময়ে ৬০%-৯০% শক্তি হ্রাস পায়।

১০.২.৬ খাদ্য জালক (Food Web)

বাস্তুতন্ত্রে শক্তি এবং বস্তু কেবলমাত্র একটি খাদ্য শৃঙ্খলের মাধ্যমে পরিবাহিত হয় না, পারস্পরিক সম্পর্কযুক্ত অসংখ্য খাদ্য শৃঙ্খলের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়ে থাকে। অর্থাৎ প্রকৃতিতে কোনও একটি খাদ্য শৃঙ্খল বিচ্ছিন্নভাবে অবস্থান করে না। খাদ্য শৃঙ্খলগুলি পরস্পরের সাথে বিভিন্নভাবে সম্পর্কিত। কারণ জীব সমূহের খাদ্যাভ্যাসগত বৈশিষ্ট্য যথেষ্ট বৈচিত্র্যপূর্ণ। যখন কোনও প্রাণী ভিন্ন ভিন্ন প্রকৃতির অসংখ্য খাদ্য খায় তখন জীবটি আর একটিমাত্র খাদ্য শৃঙ্খলের সদস্য থাকে না, বেশ কতকগুলি খাদ্য শৃঙ্খলের সদস্য হয়ে পড়ে। শুধুমাত্র তাই নয়, প্রাণীটির খাদ্যসূত্র বিভিন্ন খাদ্য শৃঙ্খলের ক্ষেত্রে ভিন্ন ভিন্ন হয়। অর্থাৎ কোনও একটি প্রাণী কোনও খাদ্য শৃঙ্খলের প্রথম শ্রেণীর খাদক হলেও অপর একটি খাদ্য শৃঙ্খলের ক্ষেত্রে প্রাণীটি দ্বিতীয় বা তৃতীয় শ্রেণীর খাদক হতে পারে। বাস্তবে বাস্তুতন্ত্রের খাদ্য-খাদক সম্পর্ক অত্যন্ত জটিল প্রকৃতির। একটি খাদ্য শৃঙ্খলের কোনও একটি খাদ্যসূত্রের জীব অন্যান্য খাদ্য শৃঙ্খলের ভিন্ন ভিন্ন খাদ্যসূত্রে অবস্থিত জীবগুলির খাদ্য হতে পারে। জীবগোষ্ঠীর মধ্যে অসম প্রকৃতির খাদ্য-খাদক সম্পর্কের ফলে একটি বাস্তুতন্ত্রের বিভিন্ন খাদ্য শৃঙ্খলের অন্তঃসংযোগের মাধ্যমে যে জালিকাকার গঠন সৃষ্টি হয় তাকে 'খাদ্য জালক' বলে। সুতরাং একটি খাদ্য শৃঙ্খলকে খাদ্য জালকের অংশ হিসাবে গণ্য করা যায়। যেমন নিচের উদাহরণে নেকড়ে বাঘ-হরিণ, শেয়াল, কাঠ-বেড়ালি ইত্যাদি সব ধরনের প্রাণীকেই খেয়ে থাকে। সুতরাং ফল → হরিণ/কাঠ-বেড়ালি → নেকড়ে এই খাদ্য শৃঙ্খলে নেকড়ে দ্বিতীয় শ্রেণীর খাদক হলেও, উদ্ভিদ → খরগোস → শেয়াল → নেকড়ে খাদ্য শৃঙ্খলে এরা তৃতীয় শ্রেণীর খাদক। অনুরূপভাবে ফল → ভল্লুক খাদ্য শৃঙ্খলে ভল্লুক প্রথম শ্রেণীর খাদক। আবার ফল → ইঁদুর → বুনো বেড়াল → পাখী → ভল্লুক খাদ্য শৃঙ্খলে ভল্লুক চতুর্থ শ্রেণীর খাদক (চিত্র-১০.১১)



চিত্র-১০.১১ খাদ্য জালক

জলভাগের তুলনায় স্থলভাগের বাস্তুতন্ত্রে খাদ্য জালকগুলি অপেক্ষাকৃত সরল প্রকৃতির। আবার নাতিশীতোষ্ণ অঞ্চলের তুলনায় ক্রান্তীয় অঞ্চলের বাস্তুতন্ত্রগুলিতে খাদ্য জালক জটিলতর হয়ে থাকে।

১০.৩ জৈব ভূ-রাসায়নিক চক্র (Biogeochemical Cycles)

ভাইরাস, ব্যাকটেরিয়া ইত্যাদি অণুজীব থেকে শুরু করে উদ্ভিদ, প্রাণী, এমনকি মানুষ পর্যন্ত সমস্ত জীবই পদার্থ দ্বারা গঠিত। জীবের জীবনধারণের জন্য প্রায় ৪০টি মৌলিক পদার্থের প্রয়োজন

হয়। এদের মধ্যে হাইড্রোজেন, অক্সিজেন এবং কার্বনের ভূমিকা সর্বাপেক্ষা গুরুত্বপূর্ণ। অন্যান্য প্রয়োজনীয় উপাদানগুলির মধ্যে নাইট্রোজেন, ফসফরাস, সালফার, ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, লৌহ, পটাশিয়াম ইত্যাদি উল্লেখযোগ্য। এছাড়াও আরো অসংখ্য লবণ এবং মৌলিক উপাদান রয়েছে যেগুলি জীবের বৃদ্ধির ক্ষেত্রে সহায়ক ভূমিকা গ্রহণ করে। উপরিউক্ত ৪০টি মৌলের মধ্যে ৬টি মৌল যথা—কার্বন, হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, ফসফরাস এবং সালফার অধিক পরিমাণে প্রয়োজন হয় এবং এই ৬টি মৌল উদ্ভিদ, প্রাণী এবং অণুজীবের প্রায় ৯৫% জীবভর গঠন করে। এদের ম্যাক্রো পরিপোষক (Macronutrients) বলে। অপরপক্ষে বাকী ৩৪টি মৌল যথা—সোডিয়াম, ম্যাঙ্গানিজ, লোহা, তামা, দস্তা, আয়োডিন ইত্যাদি মৌলগুলি অপেক্ষাকৃত কম পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। এদের মাইক্রো পরিপোষক (Micronutrients) বলা হয়। এই উপাদানগুলি জীব ও তার পরিবেশের মধ্যে চক্রাকারে আবর্তিত হয়। যে চক্রাকার পথে এই পরিপোষকগুলি প্রবাহিত হয় তাকে 'জৈব ভূ-রাসায়নিক চক্র' বলে। এই চক্র পরিপোষক চক্র (Nutrient Cycle) নামেও পরিচিত।

Bio কথাটির অর্থ জীব, geo অর্থাৎ পৃথিবী বা ভূ-ভাগ, Chemical অর্থাৎ রাসায়নিক এবং Cycle অর্থাৎ চক্র। সুতরাং আক্ষরিকভাবে, 'Biogeochemical Cycle' কথাটির অর্থ হল—ভূ-ভাগ থেকে জীবদেহ এবং জীবদেহ থেকে পুনরায় ভূ-ভাগে বিভিন্ন রাসায়নিক উপাদানগুলির চক্রাকারে আবর্তন। প্রকৃতিতে প্রধানত দু-ধরনের জৈব ভূ-রাসায়নিক চক্র পরিলক্ষিত হয়।

(i) গ্যাসীয় চক্র (Gaseous cycle) : যেমন—কার্বনচক্র, নাইট্রোজেন চক্র, অক্সিজেন চক্র ইত্যাদি।

(ii) অবক্ষেপ চক্র (Sedimentary Cycle) : যেমন—সালফার চক্র, ফসফরাস চক্র ইত্যাদি। প্রত্যেকটি চক্র দুই ধরনের আধার (pool) -এর সমন্বয়ে গঠিত।

(i) সংগ্রাহক আধার (Reservoir Pool) : এটি একটি বৃহৎ অজৈব আধার। এই অংশে উপাদানগুলি দীর্ঘ সময় ব্যাপী অবস্থান করে।

(ii) বিনিময় বা চক্রীয় অধার (Exchange or cyclic pool) : এটি তুলনামূলকভাবে ছোট এবং সক্রিয় অংশ। এই অংশে জীব ও পরিবেশের মধ্যে পদার্থের দ্রুত বিনিময় ঘটে।

কোনও জৈব ভূ-রাসায়নিক চক্রের ক্রিয়াশীলতা শক্তি প্রবাহের উপর নির্ভর করে। শক্তি এক খাদ্যস্তর থেকে অন্য খাদ্যস্তরে পরিবাহিত হয়। খাদ্য হিসাবে পদার্থও পরিবাহিত হয়ে থাকে। জীবের মৃত্যুর পর পচনের মাধ্যমে পদার্থের চক্রাকার আবর্তন সম্পূর্ণ হয়। কিন্তু শক্তি তাপ হিসাবে পরিবেশে মুক্ত হয়।

আলোচ্য অধ্যায়ে গুরুত্বপূর্ণ চারটি পরিপোষক উপাদানের জৈব ভূ-রাসায়নিক চক্র আলোচনা করা হল।

১০.৩.১ কার্বন চক্র (Carbon Cycle)

জৈব ভূ-রাসায়নিক চক্রগুলির মধ্যে সর্বাপেক্ষা সরল চক্রটি হল কার্বনচক্র (চিত্র-১০.১২)। একটি বিশেষ ধরনের ইলেকট্রন বিন্যাস থাকার সুবাদে কার্বন অন্যান্য মৌল (যেমন—অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেন ইত্যাদি)-গুলির সাথে সহজেই সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ হয়ে নানা ধরনের জৈব যৌগ গঠন করতে পারে। এই জৈব যৌগগুলি জীবদেহ গঠনে অংশগ্রহণ করে। সেই কারণে জীবকুলের অস্তিত্বের প্রক্ষেপে কার্বনচক্র অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ।



অসম্পূর্ণ বাস্তুতন্ত্র (Incomplete Ecosystem)।

যে বাস্তুতন্ত্রে বাস্তুতন্ত্রের উপাদানগুলো যেমন— জড় উপাদান, সজীব উপাদানের মধ্যে স্বভোজী, পরভোজী এবং বিয়োজন প্রভৃতি উপাদানগুলোর মধ্যে এক বা দুই উপাদান উপস্থিত থাকে না তাকে অসম্পূর্ণ বাস্তুতন্ত্র বলে (Southwick, 1976)।

উদাহরণসহ ব্যাখ্যা : গভীর সমুদ্র অঞ্চলে পরভোজী খাদকের সংখ্যা ও বিয়োজকের সংখ্যা বেশি। সূর্যালোকের অভাবে উদ্ভিদ এখানে জন্মায় না। তাই সমুদ্রের গভীর অঞ্চল অসম্পূর্ণ বাস্তুতন্ত্রে পরিণত হয়েছে।

মেমরী প্লাস : গভীর অন্ধকারাচ্ছন্ন গুহায় বিয়োজকের অভাবে অপূর্ণ বাস্তুতন্ত্র গঠিত হয়েছে। আবার বরফাচ্ছন্ন তুষারভূমির নিম্নেও অসম্পূর্ণ বাস্তুতন্ত্রের প্রকৃষ্ট নিদর্শন দেখা যায়।



অটোইকোলজি (Autecology) ও সিন্ইকোলজি (Synecology)।

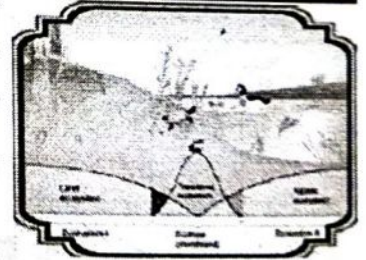
বাস্তুতন্ত্র দুটি প্রধান ভাগে বিভক্ত। যথা— অটোইকোলজি ও সিন্ইকোলজি। একটি নির্দিষ্ট জীব বা একটি প্রজাতির ইকোলজি সম্পর্কিত আলোচনাকে অটোইকোলজি বলে। যেমন— একটি অরণ্যের একটি ইউক্যালিপটাস বৃক্ষ বা বৃক্ষের প্রজাতির বাস্তুসংস্থান অধ্যয়ন।

অন্যদিকে সিন্ইকোলজি বলতে বোঝায় একটি নির্দিষ্ট অঞ্চলের জীবসম্প্রদায়ের ইকোলজি সম্পর্কিত আলোচনা। সিন্ইকোলজি চার প্রকার। যথা— কমিউনিটি ইকোলজি, পপুলেশন ইকোলজি, বায়োম ইকোলজি ও ইকোসিস্টেম ইকোলজি। কোনও একটি অরণ্যের সমস্ত বৃক্ষের প্রজাতি অধ্যয়ন সিন্ইকোলজির অন্তর্গত।



ইকোটন (Ecotone)।

'Ecotone' অর্থ 'Transition zone' যখন কোনও ভিন্নধর্মী বাস্তুতন্ত্র অঞ্চলসমূহ পৃথক পৃথকভাবে না থেকে একে অপরের সীমান্তবর্তী অঞ্চলের সঙ্গে উদ্ভিদ ও প্রাণীর বৈশিষ্ট্যগুলো ধীরে ধীরে পরবর্তী বায়োমের সঙ্গে মিশে যায়, তখন সেই দুই ভিন্নধর্মী সংক্রমণগত অঞ্চলকে ইকোটন বলে।



ইকোটন

বৈশিষ্ট্য : i) বিভিন্ন বাস্তুতান্ত্রিক অঞ্চলের মধ্যে কোনও নির্দিষ্ট সীমারেখা টানা যায় না।

ii) দুটি বায়োমের মধ্যবর্তী অঞ্চলের উদ্ভিদ ও প্রাণীর প্রকৃতি প্রায় সমরূপ সম্পর্কযুক্ত হয়।

উদাহরণ : নাতিশীতোষ্ণ বনভূমি ও সাভানা তৃণভূমির পরিবর্তনশীল অঞ্চল জীববৈচিত্র্যে ভরপুর।



জৈবপ্রণালী।

যে নির্দিষ্ট প্রণালীর মাধ্যমে কোনও আবাসভূমির অন্তর্গত উদ্ভিদকুল নিজেদের অস্তিত্ব রক্ষার জন্য পরিবেশ ও মৃত্তিকা হতে পুষ্টি উপাদান সংগ্রহ করে এবং প্রাণীকুল ঐ প্রাকৃতিক পরিবেশের অন্তর্গত উদ্ভিদকুল হতে পুষ্টি উপাদান সরাসরি সংগ্রহ করে, সেই পারস্পরিক ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়াটিকে জৈবপ্রণালী বলে।

অটোকোলজি ও সিনকোলজির পার্থক্য।

AUTECOLOGY	SYNECOLOGY
(i) কোনও নির্দিষ্ট পরিবেশে একটি প্রজাতির জীবদের সম্পর্কে আলোচনা করা হল Autecology।	(i) কোনও নির্দিষ্ট পরিবেশে বিভিন্ন প্রজাতির জীবদের সম্পর্কে আলোচনা করা হল Synecology।
(ii) এক্ষেত্রে একটি প্রজাতি বাস্তুতন্ত্রের একক।	(ii) এক্ষেত্রে সব প্রজাতি জীবের বাস্তুতন্ত্রের একক।
(iii) এটি অপেক্ষাকৃত সরল, কারণ এখানে কেবল একটি প্রজাতির জীবের পারস্পরিক সম্পর্ক ও তাদের উপর পরিবেশের প্রভাব আলোচনা করা হয়।	(iii) এটি অপেক্ষাকৃত জটিল। কারণ এখানে বিভিন্ন প্রজাতির জীবের পারস্পরিক সম্পর্ক আলোচিত হয়।

প্রকৃত প্রাথমিক উৎপাদন বা N. P. P. (Net Primary Production)।

সালোকসংশ্লেষে মোট প্রাথমিক উৎপাদন শক্তির কিছুটা পরিমাণ শক্তি উদ্ভিদের শারীরবৃত্তীয় কাজে (শ্বসন) ব্যবহৃত হয়। উৎপাদকের কাজে লাগার পর অবশিষ্ট সঞ্চিত শক্তিকে নীট প্রাথমিক উৎপাদন বা N. P. P. বলে।

মোট প্রাথমিক উৎপাদনের 50-80 শতাংশ হল আসল প্রকৃত উৎপাদন।

BIOTA।

একটি অঞ্চলে বিভিন্ন প্রজাতির জীব অবস্থান করে। এরূপ বিভিন্ন জীব প্রজাতির উপস্থিতিগত বিবরণকে Biota বলে। কোনও অঞ্চলের সমস্ত উদ্ভিদ, গুল্ম, ব্যাকটেরিয়া, প্রাণীর প্রজাতিগত সংখ্যা প্রভৃতি Biota-এর মূল প্রতিপাদ্য বিষয়।

গুরুত্ব : Biota তথ্যনির্ভর অবস্থার পরিপ্রেক্ষিতে ঠিক করা হয়। জৈবমণ্ডলের গঠন সম্পূর্ণভাবে বিচার ও তথ্য বিশ্লেষণের জন্য BIOTA ব্যবহার করা হয়।

ইকোলাইন।

কোনও বিশেষ অঞ্চলে দুই বা তিনটি জৈবমণ্ডল মিশ্র অবস্থায় থাকে। আসলে জলবায়ুর পরিবর্তনের সঙ্গে সঙ্গে যখন প্রজাতির পরিবর্তন ঘটে তখন এরূপ অবস্থা ও আঞ্চলিক বিস্তৃতিকে ইকোলাইন বলে। যেমন :

- হিমালয়ের পার্বত্য ঢালে 0-300 মিটার উচ্চতায় — শাল, সেগুন, শিশু দেখা যায়।
- 300-1000 মিটার উচ্চতায় — শালের সঙ্গে সেগুন, খয়ের বৃক্ষ দেখা যায়।
- 1000-2000 মিটার উচ্চতায় — পাইন, বীচ একত্রে থাকে।

এরূপ সম্মিলিত মিশ্রণ ক্রান্তীয় পর্ণমোচী ও নাতিশীতোষ্ণ চিরহরিতের সীমারেখাকে Ecoline বলে।

নিস্ (Niche) বা প্রকৃত বাসস্থান।

যখন এক বিশেষ শ্রেণির প্রজাতি খাদ্যশৃঙ্খলের মধ্যে প্রতিযোগিতামূলক স্থানের কোনও অবস্থান করছে তাকে তখন ঐ প্রজাতির প্রকৃত বাসস্থান বলে।

জন সডিওয়েল একটি ছোট নদীর মধ্যে বসবাসকারী প্রজাতির খাদ্যশৃঙ্খল যেমন আছে তেমনি শক্তির প্রবাহস্রবও লক্ষ্য করা যায়। আবার বিভিন্ন প্রজাতির শক্তি প্রবাহ স্রবও দেখা যায়। প্রজাতিগুলো শক্তির

প্রবাহ স্তরগুলোর মধ্যে বিশেষ স্থান অধিকার করে। এরূপ শক্তিপ্রবাহ বছরের মধ্যে বিশেষ প্রজাতির অবস্থানকে সেই প্রজাতির Niche বলে।



Endimism।

বিভিন্ন পরিবেশ বৃষ্টির উপযুক্ত সাহায্য পেলেও প্রজাতিগুলো সরূপ সুযোগ সুবিধা পায় না। এরূপ বিশেষ পরিবেশে পরিবেশগত বিশেষ প্রজাতির সুবিধাকে Endimism বলে। Endimism-এ একটি বিশেষ প্রজাতি বিভিন্ন ভৌগোলিক অঞ্চলে বিশেষ কারণবশত মাটি অথবা আবহাওয়ার দরুন সেই অঞ্চলেই কেন্দ্রীভূত হয়।



Climax।

কোনও সুনির্দিষ্ট পরিণত প্রজাতি যখন সেখানকার আবহাওয়া এবং মৃত্তিকার সঙ্গে মানিয়ে নিয়ে সর্বোচ্চ পরিণতি লাভ করে তখন তাকে Climax বলে।



RAD (Radiation Absorbed Dose)।

যে পরিমাণ সূর্যরশ্মি কোনও জীব প্রধানত উদ্ভিদ গ্রহণ করে তাকে শক্তিতে প্রকাশ করা হয় (eng/gm.) দ্বারা। ঐ সুনির্দিষ্ট কোষ বা পদার্থের ওজনকে RAD বলে।



Population।

কোন সুনির্দিষ্ট স্থানের একই প্রজাতির নিজেদের মধ্যে সদা ক্রিয়ারত পৃথক পৃথক জৈবসত্তাকে Population বলে। Population শব্দটি লাতিন Populus থেকে এসেছে। সাধারণভাবে Population বলতে বোঝায় কোন একটি নির্দিষ্ট স্থানে নির্দিষ্ট সময়ে একই প্রজাতির যত জীব বসবাস করে তাদের মোট সংখ্যা। পপুলেশনে অবস্থিত জীবগুলোর মধ্যে জিনের আদানপ্রদান সম্ভব অর্থাৎ স্বাভাবিক প্রজননের ফলে ঐ জীব উৎপাদন সম্ভব।

উদাহরণ : 2010 সালে সুন্দরবন অঞ্চলের বাঘের সংখ্যাই হল ঐ স্থানে বর্তমান বাঘের Population.



ক্যাটাবেলেজম (Ketabalism) বা অপচিতি বিপাক।

ক্যাটাবেলেজম পদ্ধতির দ্বারা প্রাণীরা খাদ্যকে ভেঙে দেয় এবং জটিল খাদ্যবস্তু নিজেদের কাজে লাগায়। এই ভাঙনের পৃথক প্রক্রিয়াকে বলে ক্যাটাবেলেজম। এই প্রক্রিয়ায় জীবদেহের শুল্ক ওজন হ্রাস পায়।
উদাহরণ— শ্বসন (Respiration)



অ্যানাবেলেজম (Anablisim) বা উপচিতি বিপাক।

অ্যানাবেলেজম পদ্ধতির দ্বারা প্রাণীরা খাদ্যকে গঠন করে থাকে এবং নিজেদের দেহ গঠনের কাজে লাগায়। যা প্রাণীর বৃদ্ধি ও সজীব গঠনের একান্ত প্রয়োজনীয়। যেমন, পুষ্টি (Nutrition) এই প্রক্রিয়ায় জীবদেহের শুল্ক ওজন বৃদ্ধি পায়।



সৌরপুকুর (Solar Pond)।

বিশেষ প্রক্রিয়ার দ্বারা কোনও পুকুর বা জলাশয়ের মধ্যে সূর্যের তাপশক্তিকে আবদ্ধ করা হয়, তাকে সৌরপুকুর বলে। পুকুরের জলে যথেষ্ট পরিমাণে সোডিয়াম ক্লোরাইড, ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম প্রভৃতি মিশিয়ে জলের ঘনত্ব বৃদ্ধি করা হয়। এই জল সূর্যের তাপে 200°C পর্যন্ত উত্ত্ব হয়।

- গুরুত্ব : i) সৌরপুকুরের জল গৃহস্থালী, শিল্পক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়।
ii) জলের উন্নততাকে কাজে লাগিয়ে বিদ্যুৎ উৎপাদন সম্ভব হয়।

সোনারী প্রাস : বিশ্বের বৃহত্তম সৌরপুকুর ইস্রায়েলে অবস্থিত।



STATE ।

বিশেষ প্রজাতিগুলোর বৈশিষ্ট্যজাত যৌথতাকে পরিবেশতন্ত্র স্তর বা STATE বলে। জৈব প্রজাতির মধ্যে বৈশিষ্ট্যপূর্ণ সাম্যযুক্ত বিস্তৃতি বহুক্ষেত্রে দেখা যায়; এগুলো আবার সকল সময় নাও দেখা যেতে পারে। তবে স্থানের সঙ্গে সঙ্গে এরূপ বিস্তৃতি দেখা যায়।

উদাহরণ : পরিবেশতন্ত্র এরূপ স্তর নিরক্ষীয় জৈবতন্ত্রের এক বিশেষ বৈশিষ্ট্য।



এসচুইরাইন হ্যাবিটেট ।

যখন কোনও জলাভূমি বা মোহনাতে অনেক জলজ উদ্ভিদ, জলাভূমির লম্বা ঘাস, প্রাংটন, ইলিস, স্যামন, মাছ, কুমিরসহ বহু জলজ প্রাণী একত্রে বসবাস করে থাকে তখন এরূপ জলজ বাস্তুতন্ত্রকে এসচুইরাইন হ্যাবিটেট বলা হয়ে থাকে। যেমন—মোহনাতে প্রাংটন, জলজ উদ্ভিদ, ঘাস, ইলিশ, মাছ, কুমির ও অন্যান্য প্রাণী বসবাস করে জীববৈচিত্র্যে ভরপুর করেছে।



প্ল্যাঙ্কটন (Plankton) ।

বাস্তুতন্ত্রের অন্তর্গত জলে ভাসমান ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র আণুবীক্ষণিক জীবকুলকে প্ল্যাঙ্কটন বলে। প্ল্যাঙ্কটন প্রধানত দুই প্রকার—

(1) ফাইটোপ্ল্যাঙ্কটন (Phytoplankton)।

(2) জুপ্ল্যাঙ্কটন (Zooplankton)।

ফাইটোপ্ল্যাঙ্কটন—জলে ভাসমান আণুবীক্ষণিক উদ্ভিদগোষ্ঠীকে ফাইটোপ্ল্যাঙ্কটন বলে।

যেমন—ক্রামাইডোমোনাস, ভলভাক্স, ডায়টন, নস্টক অ্যানাবিনা ইত্যাদি।

জুপ্ল্যাঙ্কটন—জলে ভাসমান ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র আণুবীক্ষণিক প্রাণীগোষ্ঠীকে জুপ্ল্যাঙ্কটন বলে।

যেমন—ড্যাফনিয়া, সাইপ্রিস, মাইসিস, সাইক্রুপস ইত্যাদি।



নেকটন (Necton) ।

সংজ্ঞা : যে সকল প্রাণী জলের উপরিভাগে স্বাধীনভাবে সাঁতার কেটে ঘুরে বেড়ায় তাদের নেকটন বলে।

অর্থ : 'Necton' একটি গ্রিক শব্দ, যার অর্থ সাঁতার; অর্থাৎ, এরা জলে ভেসে থেকে নিজেদের ইচ্ছামতো সাঁতার কেটে স্থান পরিবর্তন করতে পারে।

বৈশিষ্ট্য : (i) নেকটন পরিবারভুক্ত সামুদ্রিক প্রাণী অতি ক্ষুদ্র এককোষী প্রাণী থেকে অতি বৃহৎ হয়ে থাকে।
যেমন—নীল তিমি, দৈর্ঘ্য ৩০ মিটার।

(ii) কিছু নেকটন প্রাণী জলের উপরিভাগে থাকলেও জলের নীচে কিছু স্তন্যপায়ী নেকটন থাকে। যেমন—তিমি, ডুগা, মানাসি।

(iii) নেকটনদের মধ্যে কিছু উভচর প্রাণীও থাকে—সী-লায়ন, ওয়ালরাস।

উদাহরণ : চিংড়ি, অ্যাঞ্জেল মাছ, তিমি মাছ সহ প্রায় ১৩০০ প্রজাতির নেকটন দেখা যায়।



বেনথস (Benthos) ।

সংজ্ঞা : যে সকল প্রাণী জলভাগের তলদেশে বসবাস করে তাদের বেনথস বলে।

শব্দার্থের অর্থ : 'Benthos' একটি গ্রিক শব্দ, যার অর্থ সমুদ্রের গভীরতা; অর্থাৎ, যে সকল প্রাণী ও উদ্ভিদ সমুদ্র তলদেশে পূর্ণ বা প্রায় নিশ্চল অবস্থায় জীবনধারণ করে তাদের বেনথস বলে।

বৈশিষ্ট্য : (i) এখানে বিভিন্ন সামুদ্রিক উদ্ভিদ থাকে; যেমন—কেলপ, র্যাক, ষ্টিলমাস, ডাবারলক্।

(ii) বিভিন্ন সামুদ্রিক প্রাণী এখানে থাকে; যেমন—কাঁকড়া, স্টারফিস, শামুক, গুয়েস্টার।

(iii) খুবই গভীর সমুদ্রভাগে কিছু কীট অবস্থান করে।

(iv) অধিকাংশ বেনথেসই মাটি আঁকড়ে জলভাগের তলায় অবস্থান করে।

উদাহরণ : বিনুক, প্রবাল, স্পঞ্জ, সাগর কুসুম প্রভৃতি বেনথস এর প্রকৃষ্ট উদাহরণ।



ফ্লোরা (Flora) ও ফনা (Fona) ।

বাস্তুতন্ত্রের অন্তর্গত কোনো স্থানের উদ্ভিদ গোষ্ঠীকে ফ্লোরা এবং প্রাণী গোষ্ঠীকে ফনা বলা হয়।

জলজ বাস্তুতন্ত্রে ফ্লোরা হল আণুবীক্ষণিক শৈবাল (ভলভান্স, ডায়টম), এককোষী শৈবাল (নস্টক, অ্যানাবিনা) বহুকোষী শৈবাল (স্পাইরোগাইরা, কারা) জলজ ছোট বড় উদ্ভিদ যেমন ক্ষুদে পানা, টোকা পানা, কচুরি পানা, ঝাঁঝি, হোগলা ইত্যাদি জলজ। বাস্তুতন্ত্রে ফনা হল আণুবীক্ষণিক প্রাণী (ডায়ফনিয়া, সাইপ্রিস, মাইসিস, সাইক্রপম) ছোট মাছ, বড় মাছ মাছরাঙা, চিল, বাজ, বক ইত্যাদি।

BOD বা Biochemical Oxygen Demand কী?

সংজ্ঞা : 20°C উষ্ণতায় একক আয়তন কোনো জলে অবস্থিত জীবাণুর জৈবিক জারণের জন্য প্রয়োজনীয় O₂ এর মাত্রাকে BOD বলে। সাধারণত 20°C তাপমাত্রায় একক পরিমাণ জলকে 5 দিন রেখে BOD মাপা হয়। BOD মিলিগ্রাম/লিটার এককে মাপা হয়।

BOD এর সঙ্গে DO (Dissolved Oxygen) এর সম্পর্ক আছে। আদর্শ পানীয় জলে BOD এর মান 0.75–1.50 mg/Liter (WHO)।

কেন্দ্রীয় দূষণ নিয়ন্ত্রণ পর্ষদ নির্ধারিত BOD এর মান নিম্নরূপ—(i) পানীয় জল সর্বাধিক BOD—2 ন্যূনতম DO-6, (ii) স্নানের জল সর্বাধিক BOD-3 ন্যূনতম DO-5।

BOD এর মান 10 । দূষিত জল।

BOD এর মান 20 । অত্যন্ত দূষিত।

মেমরী প্লাস : BOD-এর পুরো নাম Biochemical Oxygen Demand (Oxford Dictionary)। তবে কেউ একে Biological Oxygen Demand বলে থাকেন।

COD বা Chemical Oxygen Demand ।

একক আয়তন কোনও জলে নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট রাসায়নিক জারক পদার্থ দ্বারা যে পরিমাণ জলে দ্রবীভূত জৈবপদার্থ জারিত হয়, তাকে ঐ জলের রাসায়নিক অক্সিজেন চাহিদা বা COD বলে। COD তে পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট (K₂Cr₂O₇) জারক পদার্থ ব্যবহার করা হয়।

COD এর মান ও জলদূষণের সূচক হিসাবে ব্যবহৃত হয় এবং এর মান BOD এর মানের চেয়ে অনেক বেশি।



NUDATION ।

বন্যা, খরা, দাবানল প্রভৃতি প্রাকৃতিক কারণের দ্বারা প্রভাবিত হয়ে কোনও এলাকার স্বাভাবিক উদ্ভিদসমূহ সম্পূর্ণরূপে ধ্বংসপ্রাপ্ত হয়ে অনাবৃত, নগ্ন এলাকায় পরিণত হওয়াকে ন্যুডেশন বলে।



ECOTYPE ।

বেশ কিছু অধিক সহ্যশক্তিসম্পন্ন জীব আছে, যারা এক বা একাধিক নিয়ন্ত্রণকারী উপাদান (বিভিন্ন প্রকার আলোকরশ্মি, রাসায়নিক পদার্থ ইত্যাদি) এর পরিপ্রেক্ষিতে বেশি স্থান জুড়ে থাকে। এরা অনেক সময়ই ঐ গভীর বিভিন্ন অঞ্চলে শারীরবৃত্তীয়ভাবে এবং কখনও কখনও অঙ্গসংস্থানগতভাবে ভিন্ন হয়। এইভাবে স্থানীয়ভাবে অভিযোজিত প্রজাতি পপুলেশনকে ইকোটাইপ বলে।



ECOSIS ।

কোনো ইকোসিস্টেম থেকে অপর একটি ইকোসিস্টেমে আগত জীব যে প্রক্রিয়ায় ধীরে ধীরে দ্বিতীয় ইকোসিস্টেমে অভিযোজিত হয়, তাকে ইকোসিস বলে।

উদাহরণ : বিদেশীগত কার্প এর স্থায়ী অঞ্চল থেকে ভারতের স্বাদুজলে এসে জীবনধারণে সক্ষমতা অর্জন করে।



ইকোড ।

একটি জীব সম্প্রদায়, যারা বাস্তুতান্ত্রিকভাবে নিজ নিজ প্রজাতির বহিঃলক্ষণ ভিন্ন, তাকে ইকোড বলে।



BIOTPE ।

BIOTPE হল "An area characterized by uniform ecology and organic adaptation."



মানবীয় বাস্তুসংস্থান (Human Ecology) ।

সংজ্ঞা : মানুষ বাস্তুতন্ত্রের গুরুত্বপূর্ণ উপাদান। পরিবেশের প্রভাব মানুষের উপর আছে। তবু কিছু কিছু ক্ষেত্রে মানুষ পরিবেশকে নিয়ন্ত্রণ করেছে। মানুষ ও পরিবেশের এইরূপ পারস্পরিক ক্রিয়া প্রতিক্রিয়াকেই মানবীয় বাস্তুসংস্থান বলে।

প্রধান বিষয় : প্রাকৃতিক জীবজগতের মধ্যে মানুষের স্থান ও মানুষের প্রভাব হল Human Ecology-এর প্রতিপাদ্য বিষয়।

বিকাশ : 1910 সালের পর এই মানবীয় বাস্তুসংস্থান বিষয়টি ভূগোলশাস্ত্রে প্রাধান্য পায়। মার্কিন ভূগোলবিদ ব্যারোজ সমগ্র ভূগোলকে মানবীয় বাস্তুতন্ত্র সংস্থানের বিষয় হিসাবে বর্ণনা করেছেন।

প্রবক্তা : Human Ecology কথাটি প্রথম ব্যবহার করেন Henry Thoreau.



○ SUCCESSION বা উত্তরণ ।

একটি ইকোসিস্টেম যতই পরিণতি প্রাপ্তির দিকে এগোয় ততই এটি কম জটিল অবস্থা থেকে বেশি জটিল অবস্থার দিকে চালিত হয়। এই দিক বা লক্ষ্য পরিবর্তনকে Succession বলে। এটি দু'প্রকার নতুন কোনো অঞ্চল (যেমন—নব সৃষ্ট দ্বীপে) প্রথম জীবের যে সমাবেশ ঘটে, তাকে Primary Succession বলে। কিন্তু পুরানো কোনো ইকোসিস্টেমে পরিবেশের পরিবর্তনে যে নতুন জীবনের আকার গঠিত হয় তাকে Secondary Succession বলে।



কমিউনিটি বা জীবগোষ্ঠী।

কমিউনিটি বলতে বোঝায় সেই উদ্ভিদ ও প্রাণীগোষ্ঠীকে যারা একই পরিবেশে বাস করে এবং পরিবেশের সঙ্গে খাপ খাইয়ে স্বতন্ত্র অস্তিত্ব বজায় রাখে এবং অপর গোষ্ঠীগুলোর সঙ্গে আন্তঃসম্পর্ক বজায় রাখে।

উদাহরণ : ক্রান্তীয় বৃষ্টি অরণ্যে এই আন্তঃসম্পর্কের সুন্দর নিদর্শন পাওয়া যায়।



CLIMAX VEGETATION।

বাস্তুতন্ত্রে যখন উদ্ভিদের সবচেয়ে বেশি বিকাশ ঘটে, তখন তাকে ক্লাইম্যাক্স ভেজিটেশন (Climax Vegetation) বলে।

বৈশিষ্ট্য : i) বাস্তুতন্ত্রের গুণমানের আরও সমৃদ্ধি হয়।

ii) ঐ অঞ্চলের জীববৈচিত্র্যও নতুনত্ব আসে।

উদাহরণসহ ব্যাখ্যা : নিরক্ষীয় ক্রান্তীয় বৃষ্টি অরণ্যে এর প্রকৃষ্ট নিদর্শন দেখা যায়।



IUCN, IBWL, EIA ও UNEP-এর সম্পূর্ণ নাম।

- i) IUCN : International Union for Conservation of Nature and Natural Resource.
- ii) IBWL : Indian Board of Wild Life.
- iii) EIA : Environment Impact Assessment.
- iv) UNEP : United Nations Environment Programme.
- v) PAN : Peroxy Aceatyle Nitrate.
- vi) SPM : Suspended Particulate Matter.
- vii) MAB : Man And Biosphere Program.



বাস্তুতন্ত্রের বৃহত্তম একক।

বাস্তুতন্ত্রের বৃহত্তম একক হল জীবমণ্ডল বা বায়োস্ফিয়ার। NASA-এর মতে, জল ও বায়ুমণ্ডলের প্রায় 13 কি.মি. ব্যাপী যে স্তরে জীবনের আধিপত্য সীমাবদ্ধ, তাকে জীবস্তর বা জীবমণ্ডল বলে। বায়ুমণ্ডল (Atmosphere), জলমণ্ডল (Hydrosphere) এবং শিলামণ্ডল (Lithosphere) জীবের বাসোপযোগী অঞ্চলগুলোকে নিয়েই জীবমণ্ডল গঠিত।



বাস্তুবিদ্যার প্রয়োজনীয়তা।

বাস্তুবিদ্যার প্রয়োজনীয়তা হল নিম্নরূপ :

- i) বাস্তুবিদ্যা অর্থাৎ বাস্তুসংস্থান বা Ecology অধ্যয়ন করলে জনমানসে পরিবেশ সচেতনতা গড়ে তোলা এবং তার প্রসার ঘটানো সম্ভব।
- ii) ইকোলজি অধ্যয়ন করলে পৃথিবীর বিভিন্ন দেশের পরিবেশ ও তাদের জীব সম্প্রদায় এবং এদের পারস্পরিক সম্পর্ক সম্বন্ধে জ্ঞানলাভ করা যায়।
- iii) এছাড়া ইকোলজি অধ্যয়নের মাধ্যমে প্রাকৃতিক সম্পদের সংরক্ষণ, বন্যপ্রাণী সংরক্ষণ ও বন্যা নিয়ন্ত্রণ সম্পর্কে বিজ্ঞানভিত্তিক জ্ঞান অর্জন করা যায়।



পরজীবী খাদ্যশৃঙ্খল (Parasitic Food Chain)।

যে খাদ্যশৃঙ্খলে সকল পুষ্টিস্তরে জীবের আকার ক্ষুদ্র থেকে অতি ক্ষুদ্র হয়ে অথবা বৃহত্তর জীব থেকে শুরু হয় এবং ক্ষুদ্র প্রাণীতে শেষ হয়, তাকে পরজীবী খাদ্যশৃঙ্খল বলে। এরূপ খাদ্যশৃঙ্খলের বড়ো জীবকে Host ও অতি ক্ষুদ্র জীবকে পরজীবী বা Parasite বলে।

যেমন : মানুষ → কৃমি → আদ্য প্রাণী



শিকারী খাদ্যশৃঙ্খল (Predator Food Chain)।

যে খাদ্যশৃঙ্খল তৃণভোজী বা শাকাহারী প্রাণীদের প্রাথমিক খাদকস্তর থেকে শুরু হয় এবং খাদ্য-খাদক সম্পর্কের ভিত্তিতে বৃহত্তর মাংসাশী প্রাণীর স্তরে শেষ হয়, তাকে শিকারী খাদ্যশৃঙ্খল বলে। যেমন—

ঘাসফড়িং → ব্যাঙ → সাপ → বাজপাখি



চারণভূমির খাদ্যশৃঙ্খল (Grazing Food Chain)।

যে খাদ্যশৃঙ্খল উৎপাদক স্তর থেকে শক্তি ধাপে ধাপে তৃণভোজী ও মাংসাশী প্রাণীদের মধ্যে সংক্রমিত হয়; তাকে গ্রেজার বা গ্রেজিং ফুড চেন বলে। একে চারণভূমির খাদ্যশৃঙ্খলও বলা হয়।

উদাহরণ : উদ্ভিদ → খরগোস → শেয়াল → বাঘ



কর্কর খাদ্যশৃঙ্খল (Detritus Food Chain)।

যে খাদ্যশৃঙ্খলে বিয়োজক স্তর থেকে খাদক স্তরে শক্তি ধাপে ধাপে সঞ্চারিত হয়, তাকে কর্কর খাদ্যশৃঙ্খল বলে।

উদাহরণ : বাস্তুবিজ্ঞানী হিন্ড ও ওডাম ম্যানগ্রোভ পাতার উপর ভিত্তি করে এর উদাহরণ দিয়েছেন; ম্যানগ্রোভ গাছের পাতা সূর্যালোকে গরম হয়ে লবণ জলে পড়ে পচে যায় ও মৃতজীবী জলজ ছত্রাক সৃষ্টি হয়। এই ছত্রাককে ছোট মাছ ও ছোট মাছকে বড় মাছ খায়।

হিন্ড (1969) এবং ওডাম (1970)

মৃত পচা জৈববস্তু → ডেট্রিটাস কনজিউমার → ছোট মাংসাশী মাছ
(ম্যানগ্রোভের পাতা (পতঙ্গের লার্ভা, শৈবাল, ↓

+ ব্যাকটেরিয়া)

নিমাটোডস ইত্যাদি

বৃহৎ মাংসাশী মাছ

দক্ষিণ ফ্লোরিডার ব্র্যাকিশ অঞ্চলে দেখতে পাওয়া যায়।

মৃতজীবী খাদ্যশৃঙ্খল :

মৃতজীবী থেকে শুরু করে ব্যাকটেরিয়াতে শেষ হয় জৈববস্তু → কেঁচো → ব্যাকটেরিয়া।



বৈপরীত্য খাদ্যশৃঙ্খল।

মূলত ট্রফিক লেভেল বা পুষ্টিস্তরের নীচের কোন একটি ট্রফিক গঠন থেকে তার ওপরের ট্রফিক গঠনে জীবের পরিমাণ কম হয়। কোন ক্ষেত্রে নীচের স্তরে জীব অপেক্ষা উপরের স্তরে জীবের পরিমাণ বেশি হলে তাকে বৈপরীত্য খাদ্যশৃঙ্খল বলে। যেমন—পরজীবী খাদ্যশৃঙ্খলে এরূপ অবস্থা দেখা যায়। খাদ্য স্তরের উপরের কোন স্তরে ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র পরজীবী জীবের পরিমাণ অত্যধিক বেশি হলে এরূপ অবস্থা দেখা যায়।



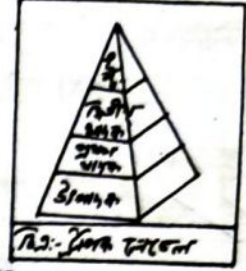
Green Bench.

পরিবেশ দূষণ সম্পর্কিত বিভিন্নপ্রকার মামলার দ্রুত নিষ্পত্তির জন্য ভারতীয় সুপ্রিম কোর্টের নির্দেশে রাজ্যের হাইকোর্ট যে বিশেষ বিচার সভা গঠন করেছেন তাকে গ্রিন বেঞ্চ বলে। সুতরাং গ্রিন বেঞ্চ হল সবুজায়নের জন্য বিচারালয়। 1986 খ্রিঃ প্রতিষ্ঠিত হওয়ার পর গঙ্গা দূষণ রোধ, তাজমহল, জাতীয় ও সংস্কৃতিসম্পন্ন দূষণরোধে গ্রিন বেঞ্চ উল্লেখযোগ্য কাজ করে চলেছে।



ট্রপিক লেভেল (Trophic Level)

'Trophic Level'-এর 'Trophic' শব্দের অর্থ 'পরিপুষ্ট' ও 'Level' অর্থ 'অবস্থান'। একটি বাস্তুতন্ত্রের বিভিন্ন স্তরের মধ্যে খাদ্য ও শক্তির স্থানান্তর ঘটে। এইভাবে এক জাতীয় অনুন্নত জীব থেকে অন্য জাতীয় অপেক্ষাকৃত উন্নত জীবের মধ্যে শক্তি স্থানান্তরিত হয় যে স্তরের মাধ্যমে, তাকে ট্রপিক লেভেল বা পুষ্টিস্তর বলে।



ট্রপিক স্তরের প্রথম স্তরে সবুজ উদ্ভিদ ও পরবর্তীকালে প্রাথমিক, মাধ্যমিক ও প্রসৌণ স্তর থাকে। যেমন : সবুজ উদ্ভিদ → শাকাশী (হারভিভোরাস) → মাংসাশী (কারনিভোরাস) → সর্বভুক (ওমনিভোরাস) → বিয়োজক।



জীবভর (Biomass)

[স্কুল সার্ভিস কমিশন (H) 2007]

গ্রিক শব্দ 'Bios' অর্থ 'জীবন' ও ল্যাটিন শব্দ 'massa' অর্থ 'ওজন'। অর্থাৎ কোন নির্দিষ্ট স্থানে একটি নির্দিষ্ট সময়ে উপস্থিত সবকয়টি জীবের মোট ওজন অথবা পরিমাপকে বলা হয় ঐ স্থানের জীবভর বা বায়োমাস। জীবের শুষ্ক অথবা সজীব ওজনের ভিত্তিতে জীবভর প্রকাশ করা হয়।

প্রধান বাস্তুতন্ত্র ও জীবভর	
ক্রান্তীয় অরণ্য	42 কেজি/বর্গমি.
নাতিশীতোষ্ণ অরণ্য	32 কেজি/বর্গমি.
ঝোপঝাড়	6 কেজি/বর্গমি.
জলাভূমি	15 কেজি/বর্গমি.

উদাহরণ : কোন একটি বনাঞ্চলের প্রতি বর্গমিটারে কতটা কাঠ বা শুকনো লতাপাতা পাওয়া যায়, সেটিই হল ঐ অঞ্চলের জীবভর।

মেমরী প্লাস : কোন নির্দিষ্ট স্থানে নির্দিষ্ট সময়ে পুষ্টিস্তরে অবস্থিত বিভিন্ন প্রজাতিগুলির শুষ্ক ভরকে ঐ স্থানের জীবভর বা বায়োমাস বা স্ট্যাভিং বায়োমাস বা স্ট্যাভিং ক্রপ বলে। জীবভর মূলত শুষ্ক ওজন দ্বারা প্রকাশ করা হয়। তবে সজীব (Wet) ওজনের ভিত্তিতেও প্রকাশ করা হয়ে থাকে। এটি গ্রাম/মিটার² (স্থল ভাগে) বা গ্রাম/মিটার³ (জলভাগে) এককে প্রকাশ করা হয়।



শিকার ও শিকারীর Ecological পার্থক্য।

শিকার বলতে বোঝায় যে প্রাণীকে ধরা হবে এটাই হল খাদ্য। শিকারী বলতে বোঝায় যে শিকার বা খাদ্য সংগ্রহ করেছে। অর্থাৎ খাদ্য-খাদক এই দুইয়ের মধ্যে প্রত্যক্ষ সম্পর্ক বজায় থাকে। খাদকের বেঁচে থাকার জন্য খাদ্য প্রয়োজন। সেই অর্থে খাদক হল নির্ভরশীল উপাদান। খাদ্য হল এক্ষেত্রে স্বাধীন।



খাদ্যশৃঙ্খলের শীর্ষে মানুষের অবস্থান।

মানুষ খাদ্যশৃঙ্খলের শীর্ষে বাস করে, কারণ মানুষ সর্বভুক প্রাণী। মানুষ সরাসরি স্বভোজী অর্থাৎ উৎপাদককে ও অন্য প্রাণীকে নিজেদের পুষ্টি হিসাবে গ্রহণ করে। মানুষ খাদ্যশৃঙ্খলের শীর্ষে অবস্থান

করায় মানুষের পুষ্টির জন্য বিভিন্ন দিক থেকে শক্তি এসে থাকে। সেই কারণে প্রাথমিক, দ্বিতীয়, তৃতীয় ইত্যাদি শ্রেণির খাদকের তুলনায় সংঘাত স্বাভাবিক নিয়মে অনেক কম হয়।

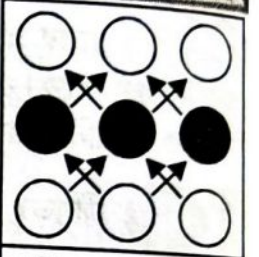
লিভম্যানের 10 শতাংশ সূত্র।

1945 খ্রিস্টাব্দে লিভম্যান বাস্তুতন্ত্রের শক্তিপ্রবাহের ব্যাখ্যা করতে গিয়ে 'দশ শতাংশ সূত্র' প্রবর্তন করেন। এই নিয়মে বলা হয়, প্রাথমিক খাদকেরা উৎপাদকের উৎপাদিত খাদ্যশক্তির যতটা ভক্ষণ করে তার 10 শতাংশ ব্যবহারকারীর দেহগঠনে কাজে লাগে। এটি তাপগতি বিদ্যার নিয়মে স্থানান্তরের সময় হ্রাস পায়। ওই 10 শতাংশ শক্তি পরবর্তী খাদ্যস্তরে যায়।

উদাহরণ : উৎপাদক → প্রাথমিক খাদক → দ্বিতীয়/গৌণ খাদক → প্রগৌণ খাদক
(1000 ক্যালোরি শক্তি) (100 ক্যালোরি শক্তি) (10 ক্যালোরি শক্তি) (1 ক্যালোরি শক্তি)

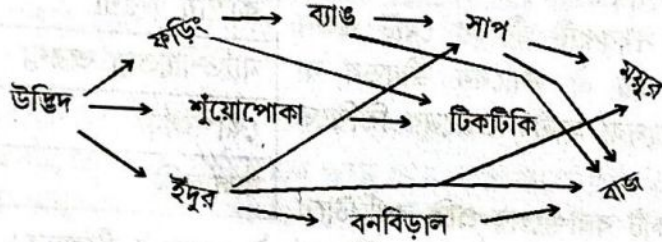
খাদ্যজাল (Food Web)।

কোন বাস্তুতন্ত্রে জীব সম্প্রদায়ের মধ্যে অনেকগুলো খাদ্যশৃঙ্খল বিভিন্ন খাদকদের দ্বারা আন্তঃসম্পর্ক থাকে। এই বিভিন্ন প্রজাতির খাদকদের দ্বারা আন্তঃসম্পর্কযুক্ত অনেকগুলো খাদ্যশৃঙ্খলকে একত্রে খাদ্যজালিকা বলে। কোন প্রাণী কোন খাদ্যশৃঙ্খলের প্রথম শ্রেণির খাদক অর্থাৎ তৃণভোজী হলেও সেই প্রাণীটিই দ্বিতীয় বা তৃতীয় পর্যায়ভুক্ত হতে পারে। কোন বাস্তুতন্ত্রে সমস্ত সজীব জীব একাধিক খাদ্যশৃঙ্খলে বিন্যস্ত থেকে শক্তি প্রবাহ দ্বারা পারস্পরিক সম্বন্ধযুক্ত হয়ে সামগ্রিক যে শক্তিজালক সৃষ্টি করে তাকে খাদ্যজাল (Food Web) বলে।



চিত্র : খাদ্যজাল

উদাহরণ :



খাদ্যশৃঙ্খল (Food Chain) ও খাদ্যজাল (Food Web)-এর মধ্যে পার্থক্য।

[স্কুল সার্ভিস কমিশন (H) 2007/(P) 2005]

বিষয়	খাদ্যশৃঙ্খল (Food Chain)	খাদ্যজাল (Food Web)
শক্তিপ্রবাহের প্রকৃতি	খাদ্যশৃঙ্খল একমুখী।	শক্তির বহুমুখী প্রবাহ ঘটে।
খাদ্য খাদক সংখ্যা	পুষ্টিস্তরে একটি করে খাদ্য খাদক থাকে।	একাধিক থাকে।
জীববৈচিত্র্য	খাদ্যশৃঙ্খল কম।	অধিক জীববৈচিত্র্য থাকে।
অস্তিত্বের সংকট	শক্তি সরবরাহের বিঘ্ন ঘটলে বাস্তুতন্ত্রের অস্তিত্বের সংকট দেখা যায়।	অনেক খাদ্যশৃঙ্খল থাকে বলে বাস্তুতন্ত্রের অস্তিত্ব বিপন্ন হয় না।
প্রবাহ পথ	সরল পথে শক্তি সঞ্চারিত হয়।	জটিল পথে পুষ্টি পরিবাহিত হয়।
সর্বভূক প্রাণী	খাদ্যশৃঙ্খলে সর্বভূক প্রাণীদের দেখানো যায় না।	খাদ্য জালে সর্বভূক প্রাণীদের দেখানো যায়।