

Semester II

BOTGCOR02T

PLANT ECOLOGY AND TAXONOMY

UNIT 4: ECOSYSTEM

খাদ্যশৃঙ্খল

‘যে পদ্ধতিতে খাদ্যশক্তি উৎপাদক থেকে ক্রমপর্যায়ে ভক্ষণ ও ভক্ষিত সম্পর্কে বিভিন্ন প্রাণীগোষ্ঠীর মধ্যে প্রবাহিত হয় এই শক্তিপ্রবাহের ক্রমিক পর্যায়কে খাদ্যশৃঙ্খল বলে।’

খাদ্য-সম্পর্কের ভিত্তিতে উৎপাদক থেকে শুরু করে বিভিন্ন শ্রেণির খাদকেরা যে অবিচ্ছেদ্য সম্পর্ক তৈরি করে (যাতে উৎপাদক প্রাথমিক খাদক, গৌণ খাদক, প্রগৌণ খাদক প্রভৃতি একটি রৈখিক সম্পর্ক দেখায়) তাকে খাদ্যশৃঙ্খল বলে।

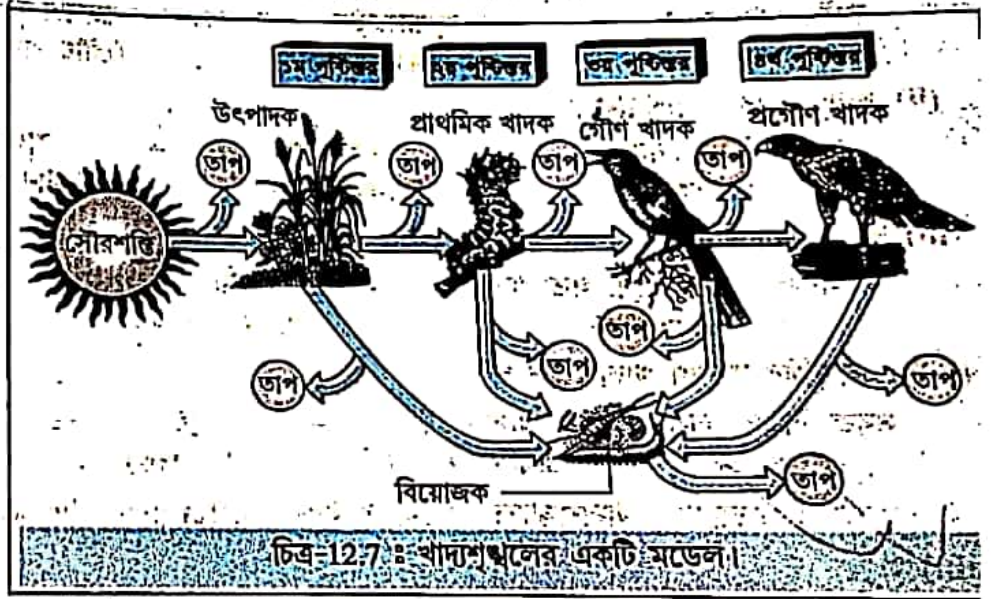
Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

● খাদ্যশৃঙ্খল কীভাবে গঠিত হয়? (How Food-chain is formed?): উৎপাদক খাদ্য উৎপাদন কালে সৌরশক্তিকে দেহে রাসায়নিক শক্তিতে (ATP অণু রূপে) রূপান্তরিত করে। এই রাসায়নিক শক্তি আবার খাদ্যের মধ্যে স্থিতি শক্তিরূপে আবদ্ধ হয়। প্রাথমিক খাদকরা উৎপাদকের তৈরি খাদ্য গ্রহণ করার ফলে ওই শক্তি উৎপাদক থেকে প্রাথমিক খাদকদের দেহে স্থানান্তরিত হয়। গৌণ খাদক প্রাথমিক খাদকদের ভক্ষণ করে; ফলে শক্তি প্রাথমিক খাদক থেকে গৌণ খাদকে স্থানান্তরিত হয়। প্রসৌণ খাদকরা গৌণ খাদকদের গ্রহণ করলে শক্তি গৌণ খাদকদের দেহ থেকে প্রসৌণ খাদকদের দেহে স্থানান্তরিত হয়। এইভাবে শক্তি উৎপাদক থেকে ক্রমশ প্রাথমিক, গৌণ ও প্রসৌণ খাদকে শৃঙ্খলের মতো স্থানান্তরিত হতে থাকে এবং খাদ্যশৃঙ্খল গঠন করে।



● খাদ্যশৃঙ্খলে শক্তিপ্রবাহ যেভাবে ঘটে তা নীচে রেখাচিত্রের সাহায্যে দেখানো হল :



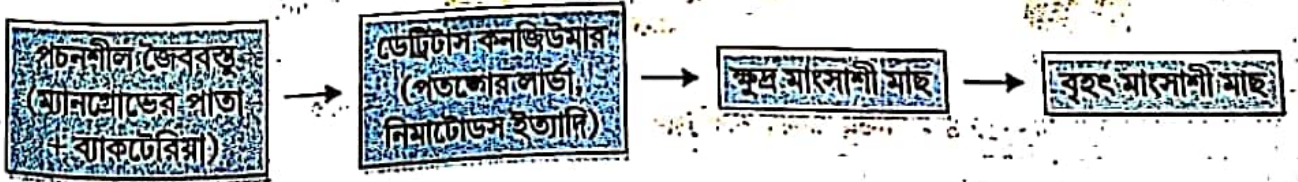
- খাদ্যশৃঙ্খলের প্রকার (Types of Food-chain) : প্রকৃতিতে সাধারণত তিন রকমের খাদ্যশৃঙ্খল দেখা যায়, যেমন—
1. গ্রেজিং খাদ্যশৃঙ্খল বা শিকারিজীবী খাদ্যশৃঙ্খল (Grazing or Predator Food-chain) : এইরকম খাদ্যশৃঙ্খল উৎপাদক থেকে শুরু হয়ে ক্রমশ প্রাথমিক খাদক, গৌণ খাদক ও প্রগৌণ খাদকে শেষ হয়। এইরকম খাদ্যশৃঙ্খলে একদিকে যেমন জীবের আকার ক্রমশ বাড়তে থাকে, তেমন জীবের সংখ্যা ক্রমশ হ্রাস পেতে থাকে। যেমন—



2. পরজীবী খাদ্যশৃঙ্খল (Parasitic Food-chain) : এইরকম খাদ্যশৃঙ্খল উৎপাদক থেকে শুরু হয়ে পরজীবী জীবে শেষ হয়। এক্ষেত্রে বৃহৎ জীব থেকে শুরু হয়ে ক্রমশ ক্ষুদ্র জীবে শেষ হয়। যেমন—



3. ডেট্রিটাস বা কর্কর খাদ্যশৃঙ্খল (Detritus Food-chain) : এইরকম খাদ্যশৃঙ্খল মৃতজীবী থেকে শুরু হয়ে বৃহৎ খাদকে শেষ হয়। উদাহরণস্বরূপ, ফ্রেগরিডার লবণ অঞ্চলে (brackish zone) ম্যানগ্রোভ উদ্ভিদের পাতা অগভীর উল্ল জলে পড়ে পচে যেত। বিভিন্ন মৃতজীবী জীব কর্তৃক এই পচন ঘটত। বিভিন্ন জলজ ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র প্রাণীরা (নিম্যাটোড, কোপিপড, পতঙ্গের লার্ভা ইত্যাদি) ওই পচা জৈব বস্তুদের ভক্ষণ করত, তাই এদের কর্কর ভক্ষক (detritus consumer) বলা হয়। এইসব কর্কর ভক্ষকদের ছোটো ছোটো মাছ ভক্ষণ করে। বড়ো মাছেরা ছোটো মাছদের ভক্ষণ করে। ফলে একটি কর্কর খাদ্যশৃঙ্খল গড়ে ওঠে। সম্পূর্ণ খাদ্যশৃঙ্খলটি হকের সাহায্যে দেখানো হল—



## ● খাদ্যশৃঙ্খলের বৈশিষ্ট্য (Characteristics of Food-chain) :

1. সবুজ উদ্ভিদ খাদ্যশৃঙ্খলের প্রাথমিক ভিত্তিস্বরূপ গঠন করে। কারণ এরাই খাদ্যশৃঙ্খলের উৎপাদক।

2. খাদ্য ধারাবাহিকভাবে উৎপাদক থেকে শুরু হয়ে এক খাদক থেকে অন্য খাদকে যেতে থাকে।

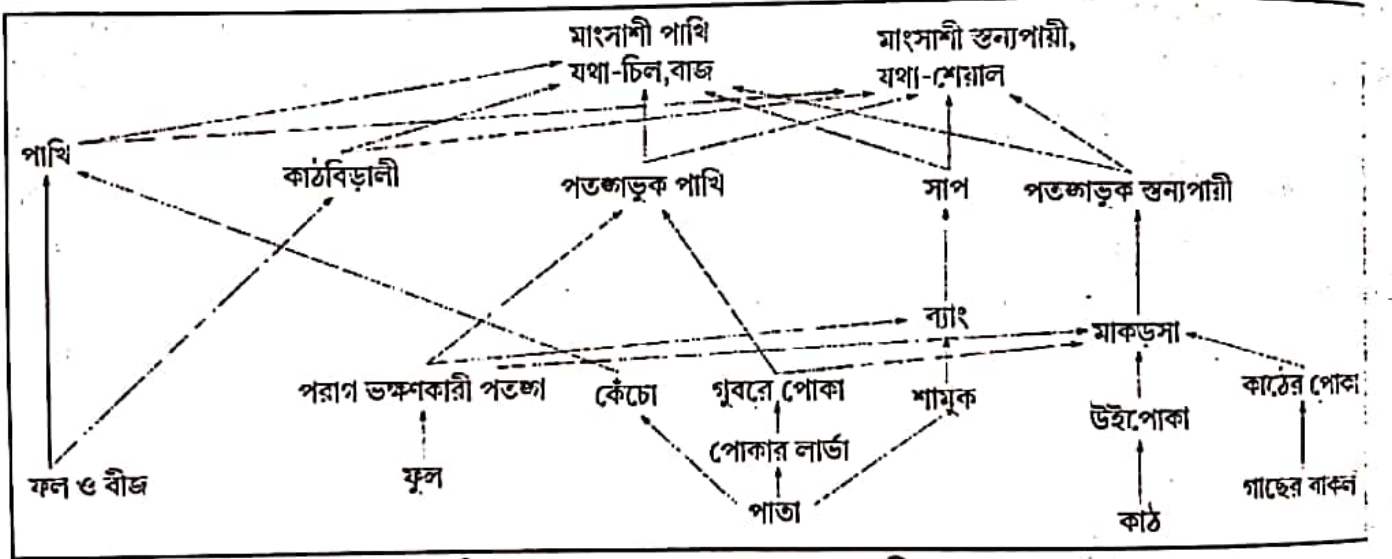
3. খাদ্যশৃঙ্খলের শুরু থেকে শেষের দিকে অর্থাৎ শীর্ষ পর্যায়ে জীবের সংখ্যা ক্রমশ হ্রাস পেতে থাকে এবং আকারে বড়ো হতে থাকে।

4. একই সঙ্গে অনেকগুলি খাদ্যশৃঙ্খল ঘটে পারে।

## খাদ্যজাল

### 23.2.6. খাদ্যজাল (Food webs) :

একটি খাদ্যশৃঙ্খল দ্বারা বাস্তবতন্ত্রের সমগ্র জীবগোষ্ঠীর অবস্থা নিরূপণ করা সম্ভব নয়। উদাহরণস্বরূপ বলা যেতে পারে—অনেক শাকাশী প্রাণীই বিভিন্ন প্রকার গাছের পাতা খায় এবং বাজপাখি, বিভিন্ন প্রকার ছোটপাখি ছাড়াও, ছোট স্তন্যপায়ী প্রাণী, পোকা ইত্যাদি ভক্ষণ করতে পারে। অনেকগুলি খাদ্যশৃঙ্খলের উপাদান সংযুক্ত হয়ে খাদ্যজাল গঠন করে।



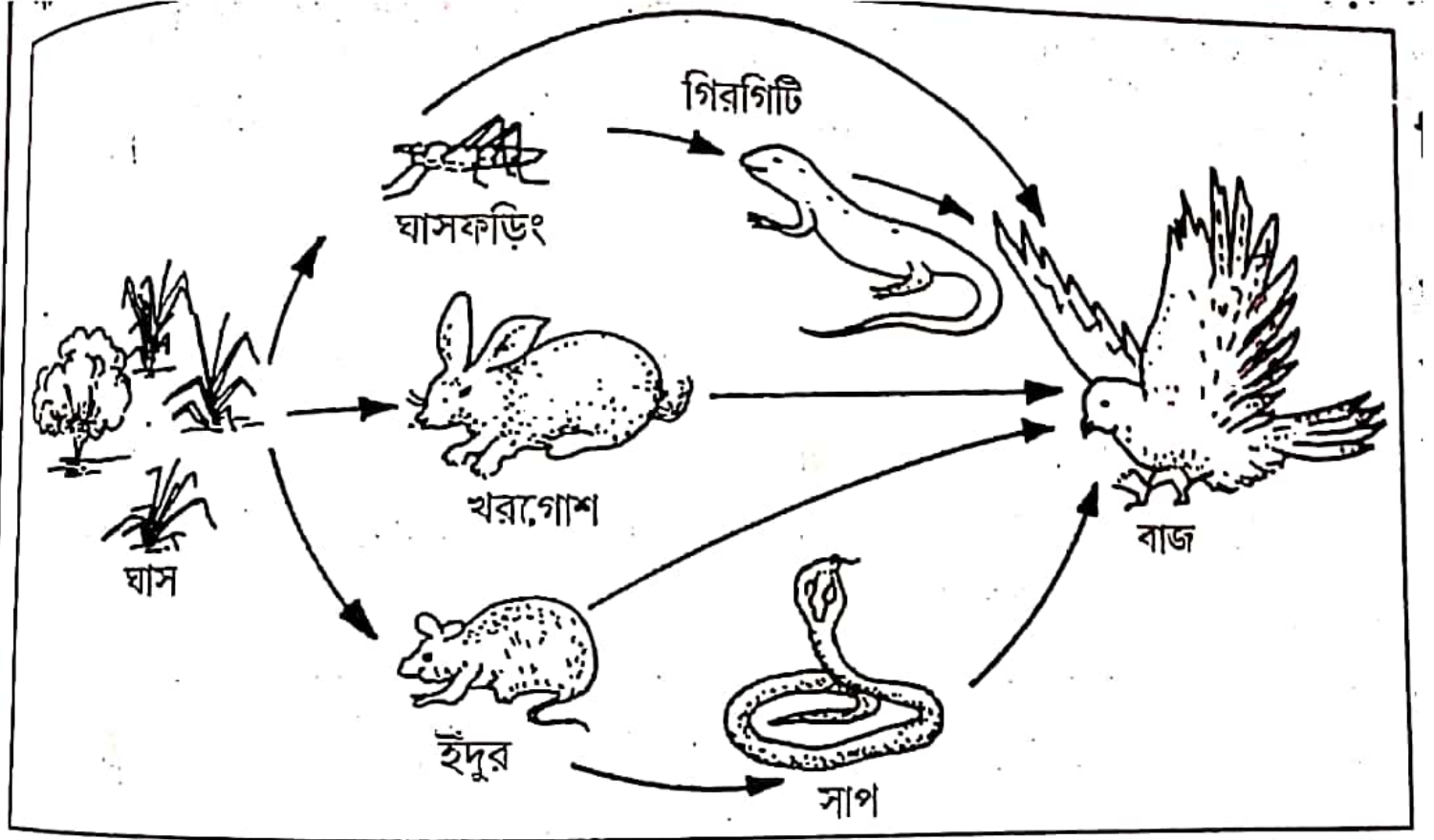
চিত্র 23.9 : অরণ্যের খাদ্যজালের লেখচিত্র।

## খাদ্যশৃঙ্খল ও খাদ্যজাল এর তুলনা

খাদ্যশৃঙ্খলের তুলনায় খাদ্যজাল অনেক বেশী বাস্তবমুখী, যথা—খাদ্যজালে সর্বভুক প্রাণীদের দেখানো হয় কিন্তু খাদ্যশৃঙ্খলে যায় না। খাদ্যজালের কিছু সমস্যাও বর্তমান, যেমন সমস্ত জীবেদের সম্পর্কে জ্ঞান না থাকলে, খাদ্যজাল অনুধাবন করা কষ্টকর ; এছাড়া খাদ্যজালের দ্বারা বিভিন্ন খাদ্যশৃঙ্খলের তুলনামূলক গুরুত্ব অনুধাবন করা যায় না। একটি প্রাণী, কোন এক দিক থেকে তার সমগ্র খাদ্যের 90% পেতে পারে এবং অপর কোন দিক থেকে মাত্র 10% পেতে পারে; কিন্তু খাদ্যজালকের মাধ্যমে এই সম্পর্ক বোঝা সম্ভব নয়।

## খাদ্যশৃঙ্খল ও খাদ্যজাল নির্ণয় পদ্ধতি

খাদ্যশৃঙ্খল এবং খাদ্যজাল নির্ণয়ের জন্য বিভিন্ন পদ্ধতি প্রয়োগ করা হয়, যথা— প্রাণীদের মলের বিশ্লেষণ, পাকস্থলীর অর্ধপাচিত খাদ্যের বিশ্লেষণ,  $^{32}\text{P}$  আইসোটোপ ব্যবহার ইত্যাদি ; এ ছাড়া সরাসরি পর্যবেক্ষণও করা হয়।



চিত্র 23.10 : তৃণভূমির বাস্তুতন্ত্রের খাদ্যজাল।  
এখানে পাঁচটি খাদ্যশৃঙ্খলের সমন্বয় দেখানো হয়েছে।



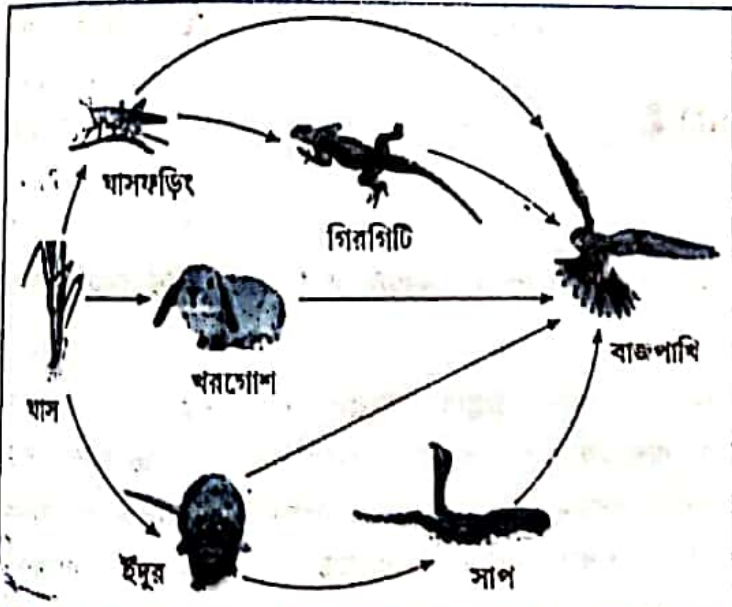
কোনো বাতুতন্ত্রে জীবসম্প্রদায়ের মধ্যে একাধিক আন্তঃসম্পর্কযুক্ত খাদ্যশৃঙ্খলকে একত্রে খাদ্যজাল বা খাদ্যপ্রবাহ বা ফুড-ওয়েব বলে।

কোনো বাতুতন্ত্রে জীবসম্প্রদায়ের (bio-community) মধ্যে অনেক ধরনের খাদ্যশৃঙ্খল দেখা যায়। অনেকগুলি খাদ্যশৃঙ্খল বিভিন্ন প্রজাতির দ্বারা পরস্পরের সঙ্গে আন্তঃসম্পর্কযুক্ত হয়। বিভিন্ন প্রজাতির দ্বারা আন্তঃসম্পর্কযুক্ত কতকগুলি খাদ্যশৃঙ্খলকে একত্রে খাদ্যজাল বা খাদ্যপ্রবাহ বা ফুডওয়েব। উদাহরণস্বরূপ, কোনো একটি ভূগর্ভমির শ্রেণি খাদ্যশৃঙ্খলে ধরগোশের অনুপস্থিতিতে ঘাস ইঁদুর কর্তৃক ভক্ষিত হয়। ইঁদুর সরাসরি বাজপাখির দ্বারা অথবা সাপ দ্বারা ভক্ষিত হয়। সাপ আবার বাজপাখি দ্বারা ভক্ষিত হয়। ঘাসফড়িং সরাসরিভাবে অথবা গিরগিটির মাধ্যমে বাজপাখি দ্বারা ভক্ষিত হয়।

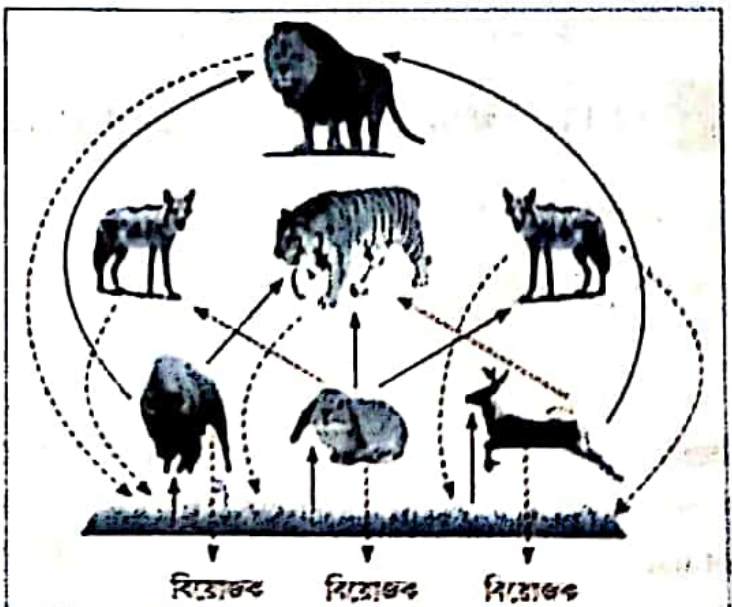
উদাহরণ : ভূগর্ভমির বাতুরীতিতে ঘাসকে কেন্দ্র করে মোট পাঁচটি খাদ্যশৃঙ্খল গড়ে উঠেছে, এগুলি হল—

- (i) ঘাস → ঘাসফড়িং → বাজপাখি
- (ii) ঘাস → ঘাসফড়িং → গিরগিটি → বাজপাখি
- (iii) ঘাস → ধরগোশ → বাজপাখি
- (iv) ঘাস → ইঁদুর → বাজপাখি
- (v) ঘাস → ইঁদুর → সাপ → বাজপাখি

ওপরের খাদ্যশৃঙ্খলগুলির সবগুলিতেই উৎপাদক ঘাস এবং সর্বোচ্চ খাদক বাজ। সুতরাং ঘাস ও বাজ পরস্পরের সঙ্গে পাঁচটি খাদ্যশৃঙ্খলের দ্বারা যুক্ত হয়ে একটি খাদ্যজাল বা খাদ্যপ্রবাহ তৈরি করেছে।



চিত্র-12.12 : ভূগর্ভমির খাদ্যজাল।



চিত্র-12.13 : সর্বমের খাদ্যজাল।

খাদ্যশৃঙ্খল ও খাদ্যজালের মধ্যে পার্থক্য (Differences between food-chain and food-web) :

খাদ্যশৃঙ্খল	খাদ্যজাল
1. একটি সরল একমুখী খাদ্যশৃঙ্খলের মাধ্যমে বাতুতন্ত্রে খাদ্যশক্তি প্রবাহিত হয়।	1. পরস্পর সম্পর্কযুক্ত একাধিক খাদ্যশৃঙ্খলের মাধ্যমে খাদ্যশক্তি প্রবাহিত হয়।
2. উচ্চ পুষ্টিস্তরের খাদকেরা নিচের পুষ্টিস্তরের প্রায় একই প্রকার জীবদের খাদ্য হিসেবে গ্রহণ করে।	2. উচ্চ পুষ্টিস্তরের খাদকেরা নিচের পুষ্টিস্তরের বিিন্ন নানান জীবদের খাদ্য হিসেবে গ্রহণ করে।
3. পৃথক খাদ্যশৃঙ্খলের উপস্থিতি বাতুতন্ত্রে খাদ্যশৃঙ্খলের স্থিতিশীলতা হ্রাস করে।	3. আন্তঃসম্পর্কযুক্ত খাদ্যশৃঙ্খলগুলি বাতুতন্ত্রে খাদ্যশৃঙ্খলের স্থিতিশীলতা বৃদ্ধি করে।
4. একই প্রজাতিভুক্ত জীবদের মধ্যে প্রতিযোগিতা লক্ষ করা যায় না।	4. একই বা ভিন্ন প্রজাতিভুক্ত জীবদের মধ্যে প্রতিযোগিতা লক্ষ করা যায়।

## বাস্তুতন্ত্রের পিরামিড

বর্তমানে আমরা জানি যে বাস্তুতন্ত্রের খাদ্যশৃঙ্খলের নীচের ধাপের ট্রফিক স্তরের জীবদের সংখ্যা, ভর এবং সঞ্চিত শক্তির পরিমাণ ক্রমশ পরবর্তী ধাপগুলিতে পরস্পরাগতভাবে ধারাবাহিক হ্রাসপ্রাপ্ত হয় এবং সর্বোচ্চ স্তরে এই পরিমাণ সবচেয়ে কম হয়। বাস্তুতন্ত্রের জীবদের খাদ্য, ভর ও শক্তি সংক্রান্ত এইরূপ পারস্পরিক সম্পর্ককে পিরামিডের ন্যায় আকৃতিযুক্ত চিত্র দ্বারা উপস্থাপিত করা হয়, যাকে বাস্তুতন্ত্রের পিরামিড (ecological pyramid) বলে।

● পিরামিডের উদ্দেশ্য— বাস্তুতন্ত্রের পিরামিডের দ্বারা আমরা—

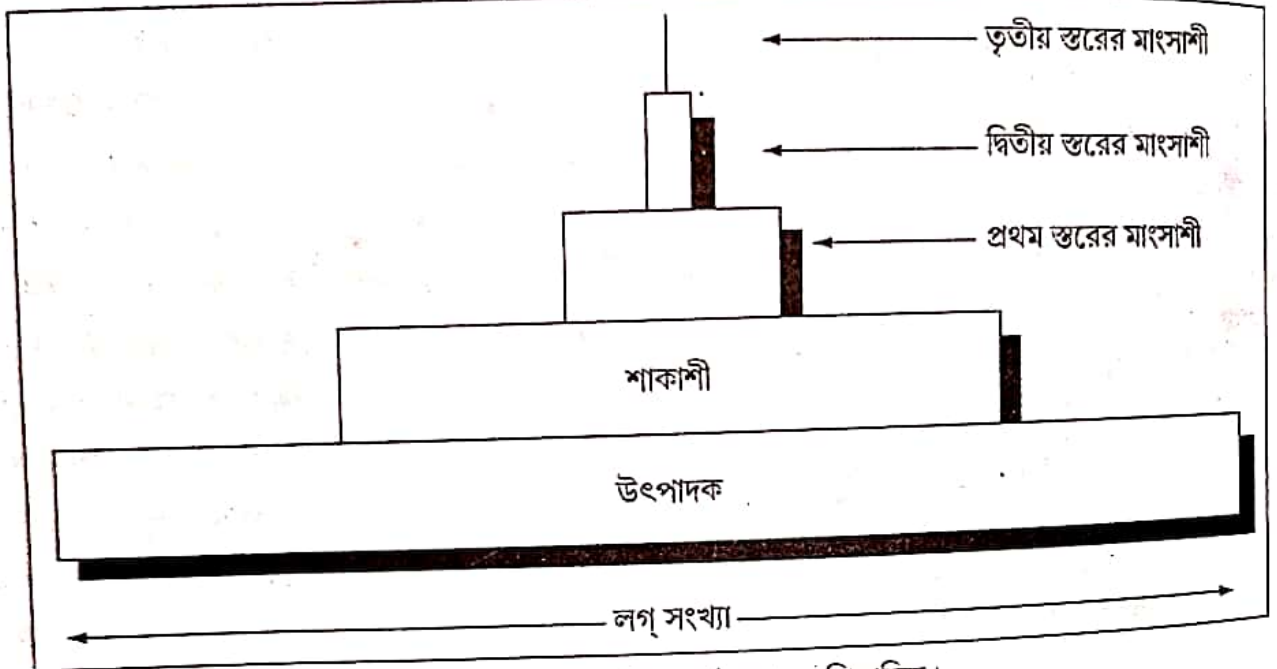
1. বিভিন্ন বাস্তুতন্ত্রের তুলনা করতে পারি ;
2. ঋতু পরিবর্তনের সাথে সাথে বিভিন্ন বাস্তুতন্ত্রের পরিবর্তন লক্ষ্য করতে পারি ;
3. কোন বিশেষ বাস্তুতন্ত্রের পরিবর্তন পর্যবেক্ষণ করতে পারি।

● পিরামিডের প্রকার— বাস্তুতন্ত্রে তিন প্রকার পিরামিড গঠন করা যেতে পারে, যথা—

1. সংখ্যার পিরামিড — প্রতি ট্রফিক স্তরের জীবদের সংখ্যা গণনার দ্বারা ;
  2. জীবভরের পিরামিড— প্রতি ট্রফিক স্তরের জীবদের ভর (সাধারণত শুষ্ক ভর = dry weight) নির্ণয়ের মাধ্যমে ;
  3. শক্তির পিরামিড — প্রতি ট্রফিক স্তরের শক্তি পরিমাণের উপর ভিত্তি করে।
- এই তিন প্রকার পিরামিডের মধ্যে শক্তির পিরামিডকেই সর্বাপেক্ষা গুরুত্বপূর্ণ গণ্য করা হয়, কারণ এই প্রকার পিরামিড, খাদ্যশৃঙ্খলের ভিত্তি অর্থাৎ শক্তিপ্রবাহের সাথে সম্পর্কযুক্ত।

### 23.2.7.A. সংখ্যার পিরামিড (Pyramids of numbers) :

ট্রফিক স্তরের উপর ভিত্তি করে, সংখ্যার পিরামিডের ক্ষেত্রে একটি নির্দিষ্ট স্থানের জীবদের গণনা করা হয় এবং যথাসাধ্য ট্রফিক স্তর অনুসারে শ্রেণীবিভক্ত করা হয়। এইরূপ বিন্যাসকালে নিম্ন থেকে উচ্চ ট্রফিক স্তরগুলিতে



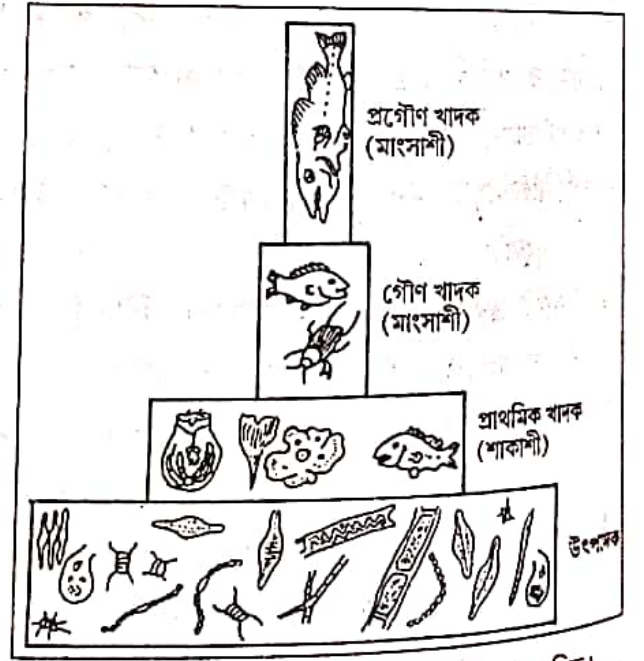
চিত্র 23.11 : একটি আদর্শ, সংখ্যার পিরামিড।

জীবদের সংখ্যা

চিত্র 23.12-তে একটি ভূগভূমির বাস্তুতন্ত্রে সংখ্যার পিরামিড দেখানো হল। এক্ষেত্রেও উৎপাদক বা ঘাসের সংখ্যা সর্বোচ্চ ; শাকাশী প্রাণী বা মুখ্য খাদক, যথা—খরগোশ, হাঁদুর ইত্যাদির সংখ্যা তুলনামূলকভাবে কম ; গৌণ খাদক, যথা— সাপ, গিরগিটি ইত্যাদির সংখ্যায় আরও কম এবং অবশেষে প্রগৌণ খাদক, যথা—বান্দু, চিল ইত্যাদিদের সংখ্যা অত্যন্ত অল্প। অতএব একটি সঠিক সোজা (upright) পিরামিড গঠিত হয়।



চিত্র 23.12 : ভূগভূমির বাস্তুতন্ত্রে সংখ্যার পিরামিড।

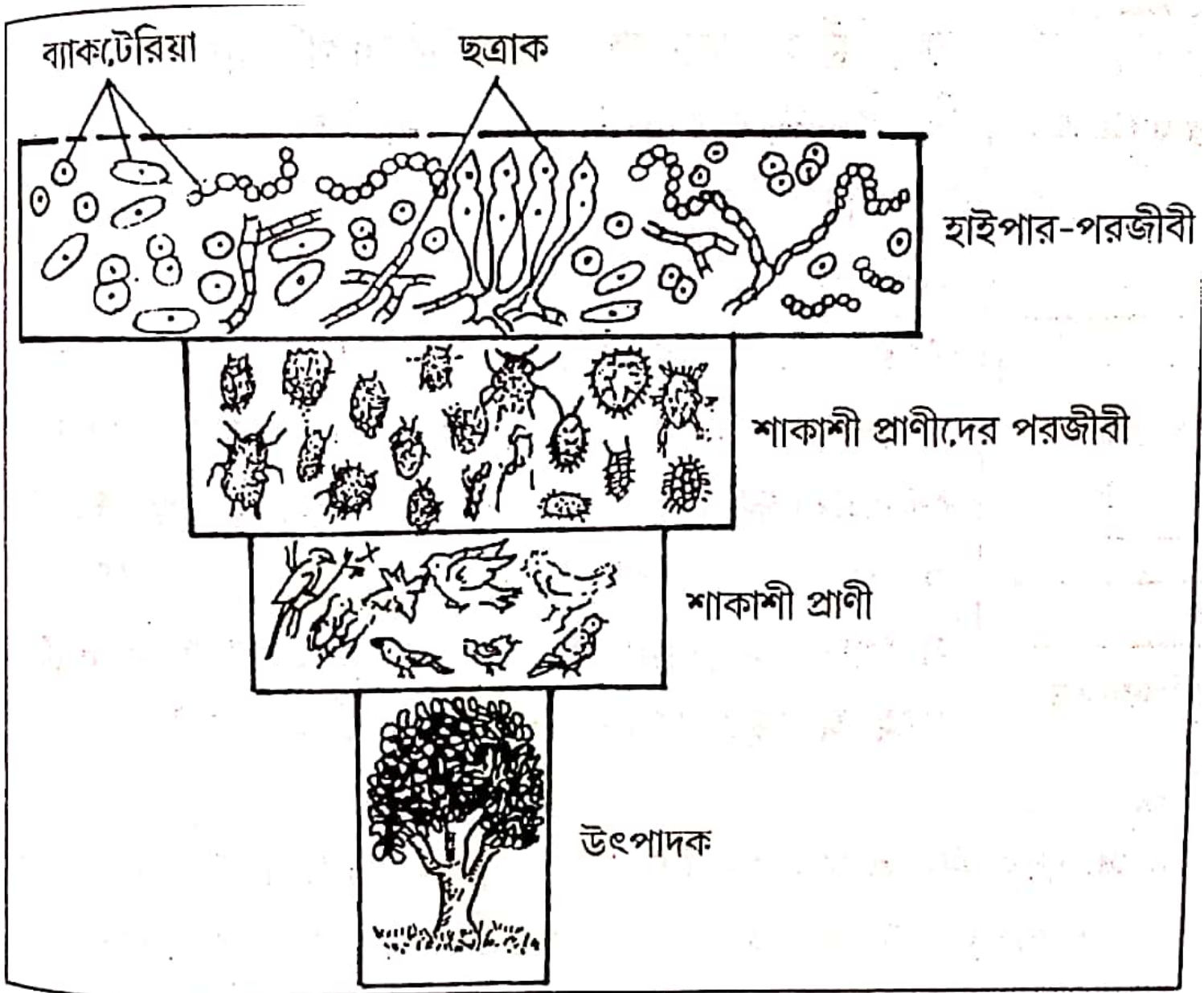


চিত্র 23.13 : পুকুরের বাস্তুতন্ত্রের সংখ্যার পিরামিড।

পুকুরের বাস্তুতন্ত্রের সংখ্যার পিরামিডেও একই ঘটনা লক্ষ্য করা যায় (চিত্র 23.13)। এক্ষেত্রেও উৎপাদক বা ফাইটোপ্ল্যাকটনদের সংখ্যা প্রচুর ; মুখ্য খাদক বা শাকাশী প্রাণী, যথা—ছোট মাছ, রটিফার ইত্যাদিদের সংখ্যা উৎপাদকদের তুলনায় কম ; মাংসাশী গৌণ খাদক, যথা— অপর কিছু ছোট মাছ, পোকা ইত্যাদিদের সংখ্যা

কম এবং সর্বোচ্চ খাদক বা মাংসাসী বড় মাছের সংখ্যা নগণ্য। এক্ষেত্রেও একটি সঠিক সোজা পিরামিড গঠিত হয়।

অরণ্যের বাস্তুতন্ত্রের ক্ষেত্রে অথবা পরজীবীদের অন্তর্ভুক্ত করা হল সেক্ষেত্রে সংখ্যার পিরামিডে কিছু আকৃতিগত পরিবর্তন লক্ষ্য করা যায় এবং উন্টানো পিরামিড (inverted pyramid) গঠিত হয় (চিত্র 23.14)। এক্ষেত্রে ইংপাদক অর্থাৎ বৃহৎ আকারের বৃক্ষের সংখ্যা বেশ কম। একটি বৃক্ষে অনেক সংখ্যক শাকাসী পাখি বা প্রথম স্তরের খাদক বর্তমান ; তাদের পরজীবীর সংখ্যা অনেক বেশী এবং হাইপার-পরজীবীদের (পরজীবীদের পরজীবী) সংখ্যা অসংখ্য।



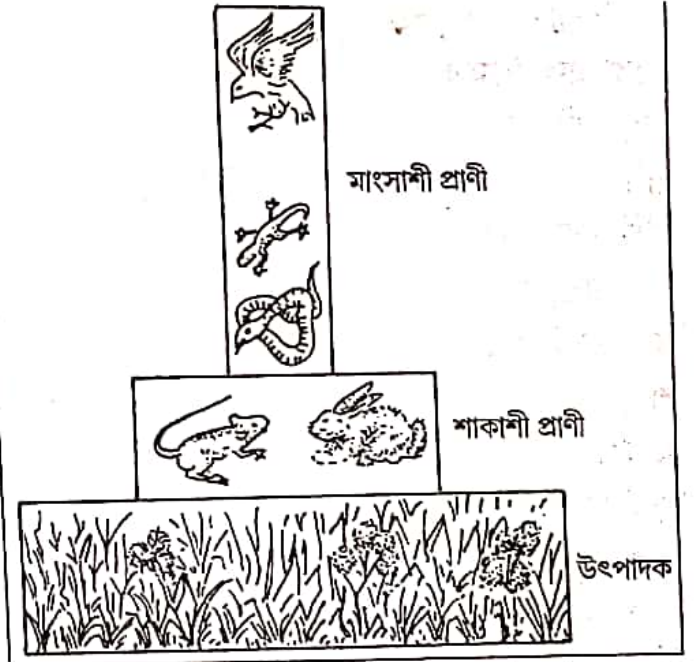
চিত্র 23.14 : সংখ্যার উল্টানো পিরামিড  
(পরজীবীদের অন্তর্ভুক্ত করা হয়েছে)।

মূল যথেষ্ট সতর্কতা অবলম্বন করা প্রয়োজন।

3. খাদ্যজালের কারণে অনেক ক্ষেত্রে অনেক জীবের মঠিক ট্রফিক স্তর নির্ণয় করা দুষ্কর।

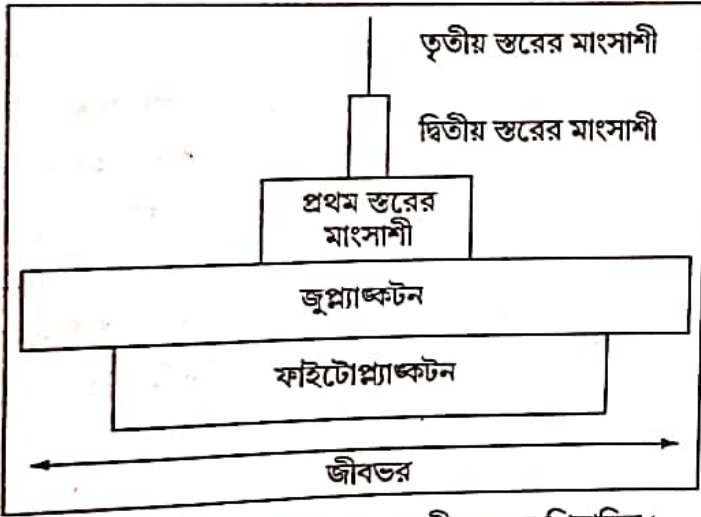
23.2.7.B. জীবভরের পিরামিড (Pyramids of biomass) :

অনেক ক্ষেত্রে উৎপাদকদের বৃহৎ আকারের কারণে অথবা পরজীবীদের ছোট আকারের কারণে সংখ্যার পিরামিডের ক্ষেত্রে কিছু সমস্যা সৃষ্টি হয় এবং পিরামিডের আকারের পরিবর্তন অথবা উল্টানো পিরামিড গঠিত হতে পারে। এই সব সমস্যাগুলির কয়েকটি, জীবভরের পিরামিডের দ্বারা অতিক্রম করা যেতে পারে। কোন নির্দিষ্ট দময়ে, নির্দিষ্ট স্থানে প্রতি ট্রফিক স্তরের জীবদের সামগ্রিক ভরকে (মূলতঃ শুষ্ক ভর = dry weight) জীবভর (biomass) বলা হয়। উৎপাদক, শাকশী প্রাণী, মাংসশী প্রাণী ইত্যাদি প্রতিটি স্তরের জীবদের জীবভর নির্ণয়ের দ্বারা এবং তার চিত্ররূপ গঠনের মাধ্যমে জীবভরের পিরামিড গঠিত হয় (চিত্র 23.15)। জীবভরের পিরামিডের একক হল কোন একক ক্ষেত্রে জীবভরের পরিমাণ বা জীবভর / ক্ষেত্র (biomass / area)।



চিত্র 23.15 : তৃণভূমির জীবভরের পিরামিড।

বাস্তবে খুবই কম সংখ্যক জীবভরের পিরামিড গঠন করা হয়েছে কারণ এই প্রকার পিরামিড গঠন করা অত্যন্ত সময় সাপেক্ষ ; অবশ্য এই প্রকার পিরামিড আদর্শ আকৃতিবিশিষ্ট হওয়ার (অর্থাৎ উল্টান আকারের না হওয়ার) সম্ভাবনা বেশী। আফ্রিকার সাভানায় পর্যবেক্ষণকারীদের মনে হতে পারে যে শাকাশী পশুদের জীবভর, তৃণভূমি উদ্ভিদের তুলনায় অনেক বেশী এবং উল্টানো পিরামিড গঠিত হবার সম্ভাবনায়ুক্ত ; কিন্তু এই সব উদ্ভিদের অতি বিস্তৃত ভূমিস্থ মূলকেও জীবভরের আওতায় ধরলে, সঠিক আকারের পিরামিডই গঠিত হবে (Chapman এবং Reiss, 1992)। অবশ্য জীবভরের ভিত্তিতে তত্ত্বগতভাবে, কখনই উল্টানো পিরামিড গঠিত



চিত্র 23.16 : সমুদ্রের বাস্তুতন্ত্রে জীবভরের পিরামিড।

না হওয়ার কোন কারণ নেই। সমুদ্রের বাস্তুতন্ত্রে বছরের কিছু নির্দিষ্ট সময়ে ফাটোপ্ল্যাঙ্কটনের পরিমাণ, তাদের উপর নির্ভরকারী জুপ্ল্যাঙ্কটনের পরিমাণের তুলনায় কম থাকে, ফলে পিরামিডের নীচের দিক উল্টান আকারের হলেও, উপরের দিকে সঠিক আকার বজায় থাকে (চিত্র 23.16)। এইরূপ ঘটার কারণ হল, ফাইটোপ্ল্যাঙ্কটনদের ক্ষুদ্র আকারের তুলনায় তাদের প্রজনন হার অনেক বেশী। ফলে ফাইটোপ্ল্যাঙ্কটনদের উৎপাদন এত বিপুল যে, জুপ্ল্যাঙ্কটনদের আহারের পক্ষে তা পর্যাপ্ত (Whittaker, 1975)। এর সাদৃশ্যমূলক তুলনা হিসাবে বলা যেতে পারে যে মানুষের গৃহে অবস্থিত খাদ্যের ভর ঐ গৃহে বাসকারী মানুষদের

ভরের তুলনায় যথেষ্ট কম।

নমুনা সংগ্রহকালে জীবভর বা নির্দিষ্ট সময়ের জীবভরকে স্ট্যান্ডিং জীবভর (standing biomass) বা স্ট্যান্ডিং ক্রপ জীবভর (standing crop biomass) বলা হয়। জীবভরের পিরামিড থেকে উৎপাদনের হার (productivity) বা খাদ্য হিসাবে গ্রহণের পরিমাণ (rate of consumption) বোঝা যায় না।

যে কোন প্রকার পিরামিডেরই কিছু সীমাবদ্ধতা থাকা সত্ত্বেও যে কোন পিরামিড থেকেই আমরা নানা তথ্য পেতে পারি।

শক্তির পিরামিড (Pyramids of energy) :



### 23.2.7.C. শক্তির পিরামিড (Pyramids of energy) :

বাস্তুতন্ত্রে শক্তিপ্রবাহ এবং শক্তির পিরামিড সংক্রান্ত আলোচনা পরস্পরের সম্পূরক। শক্তির পিরামিড দ্বারা এক ট্রফিক স্তর থেকে পরবর্তী ট্রফিক স্তরে শক্তির প্রবাহ দেখান হয়। শক্তির পিরামিডের একক হল—কোন নির্দিষ্ট সময়ে, কোন নির্দিষ্ট ক্ষেত্রে শক্তির পরিমাণ অর্থাৎ—শক্তি / ক্ষেত্র / সময় (energy / area / time), যথা— কিলোজুল / হেক্টর / বছর (Kj / ha / yr)। অতএব শক্তির পিরামিডের দ্বারা শক্তি প্রবাহের গতি বোঝা যায়।

বাস্তুতন্ত্রে শক্তির একমাত্র উৎস হল সৌরশক্তি। মোট সৌরশক্তির অত্যন্ত অল্প পরিমাণ পৃথিবীতে পৌঁছায় এবং সেই শক্তির অল্প পরিমাণ গাছেরা সালোকসংশ্লেষ পদ্ধতিতে ব্যবহার করে ও রাসায়নিক যৌগে, বিশেষত শর্করা জাতীয় যৌগে আবদ্ধ করে। চিত্র 23.17-তে বাস্তুতন্ত্রের বিভিন্ন ট্রফিক স্তরে শক্তি প্রবাহের একটি সরলীকৃত চিত্ররূপ দেখানো হল (Chapman ও Reiss, 1992 অনুসরণে)। এক্ষেত্রে জীবগোষ্ঠীতে প্রাপ্ত মোট সূর্যালোকের পরিমাণ = A + B ; B অংশ উৎপাদকদের দ্বারা প্রাপ্ত হয়, যার থেকে C অংশ প্রতিফলিত হয়ে নির্গত হয়ে যায়। প্রকৃতপক্ষে D + E পরিমাণ সূর্যালোক সালোকসংশ্লেষে ব্যবহৃত হয় ; একে মোট প্রাথমিক উৎপাদনের হার (gross primary productivity) বলা হয়। এর থেকে D স্বসনে ব্যবহৃত হয় এবং E-কে নেট প্রাথমিক উৎপাদন (net primary production) রূপে গণ্য করা যেতে পারে। নেট প্রাথমিক উৎপাদনের কিছু অংশ (F) শাকাশী প্রাণীরা গ্রহণ করে এবং কিছু অংশ (G) বিয়োজকদের স্তরে পৌঁছায় (মৃত্যুর ফলে)। F-এর কিছু অংশ (H) মলের মাধ্যমে বিয়োজকদের কাছে পৌঁছায় এবং বাকী অংশের আত্মীকরণ সম্পন্ন হয় ; ঐ অংশ স্বসনে ব্যবহৃত হয় (I) অথবা উৎপাদনে কাজে লাগে (J)। একইভাবে পরবর্তী স্তরগুলিতে শক্তি প্রবাহিত হয়।

এখানে লক্ষণীয় যে, কোন ট্রফিক স্তরের সম্পূর্ণ শক্তি কখনই তার পরবর্তী ট্রফিক স্তরে পৌঁছায় না কারণে

কোন স্তরের জীবেরাই তাদের জৈবনিক কাজ সম্পন্ন করার জন্য এবং রেচনের মাধ্যমে কিছু শক্তি ব্যয় করে।  
Lindeman (1942)-এর মতে, এক ট্রফিক স্তর থেকে পরবর্তী স্তরে মাত্র 10% শক্তি স্থানান্তরিত হয় ; একে

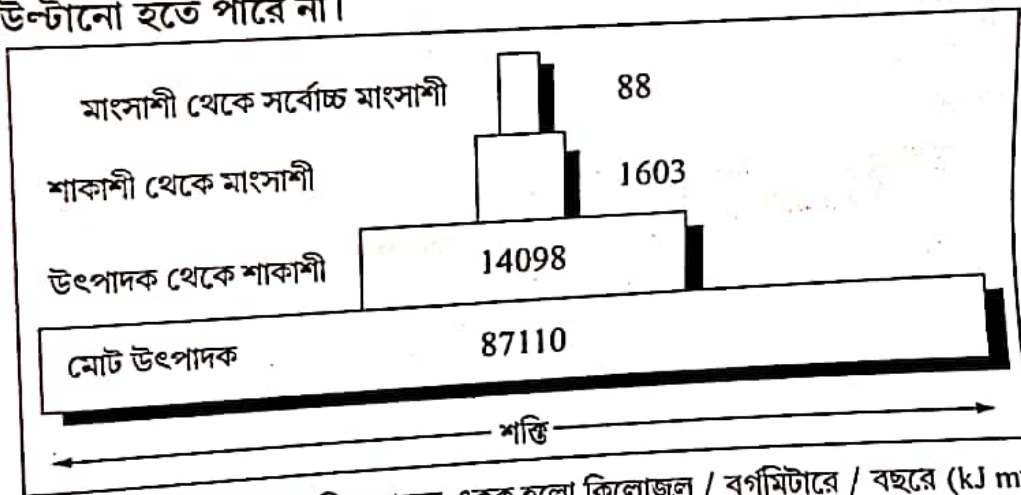
শক্তি যোগ্যতা সম্পর্কে লিন্ডেম্যানের সূত্র বলা হয় (Lindeman's law of trophic efficiency)। শক্তির পিরামিড কখনই উল্টানো হতে পারে না। তাপগতিবিদ্যার (thermodynamics) প্রথম সূত্র (law of conservation of energy) অনুসারে শক্তিকে সৃষ্টি বা ধ্বংস করা যায় না, তবে সংরক্ষণ করা যায়। চিত্র 23.17-তে, যদি আমরা নেট প্রাথমিক উৎপাদক বা E-কে লক্ষ্য করি, তবে দেখা যাবে যে—

$$E = F + G \text{ এবং}$$

$$F = H + I + J.$$

$$\text{অতএব } J \leq E$$

একইভাবে প্রথম স্তরের মাংসাশী প্রাণীদের উৎপাদনের হার (productivity) সর্বদাই শাকাশী প্রাণীদের উৎপাদনের হারের তুলনায় কম এবং দ্বিতীয় স্তরের মাংসাশী প্রাণীদের উৎপাদনের হার, প্রথম স্তরের মাংসাশী প্রাণীদের উৎপাদনের হারের তুলনায় কম। সমগ্র ঘটনাকে পিরামিডের আকারে উপস্থাপিত করা হলে, তার স্ফুটন কখনই উল্টানো হতে পারে না।

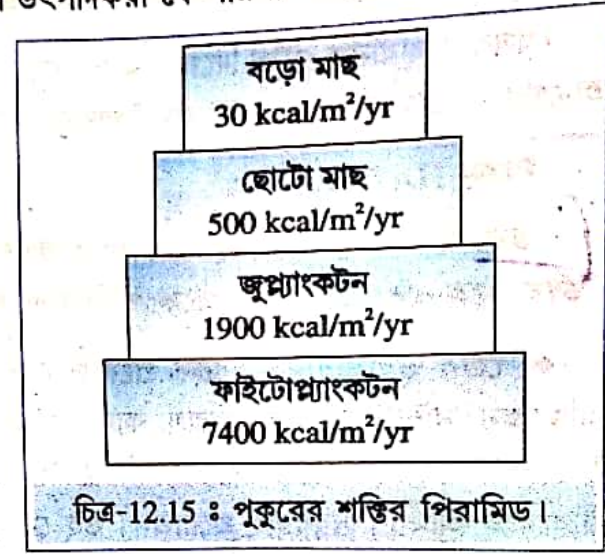


চিত্র 23.18 : শক্তির পিরামিড [শক্তিপ্রবাহের একক হলো কিলোজুল / বর্গমিটারে / বছরে (kJ m<sup>-2</sup>yr<sup>-1</sup>)]।

চিত্র 23.18-তে আমেরিকার ফ্লোরিডার, সিলভার স্প্রিংস অঞ্চলের (Silver Springs, Florida) শক্তির পিরামিড দেখানো হল [Odum, (1971), থেকে প্রাপ্ত তথ্য]।

(ii) শক্তির পিরামিড (Pyramid of energy) : বাস্তুতন্ত্রের খাদ্যশৃঙ্খলে উৎপাদকরা যে পরিমাণ শক্তি অর্জন করে তার সবটাই প্রাথমিক খাদকে সঞ্চারিত হয় না। তেমনি প্রাথমিক খাদক থেকে গৌণ খাদক ও গৌণ খাদক থেকে প্রগৌণ খাদকে শক্তিপ্রবাহ ক্রমশ হ্রাস পেতে থাকে। কারণ শক্তি স্থানান্তর কালে স্বেতিক শক্তির প্রায় 90 শতাংশ তাপশক্তিরূপে নির্গত হয়ে যায়। শক্তি পিরামিড গঠনের একক হল—কিলোক্যালোরি/বর্গমিটার/বছর।

ওডাম (Odum, 1971) শক্তির পিরামিড সম্পর্কে একটি তথ্য (data) দিয়েছেন। একটি মাছ পুকুরে (fish pond) ফাইটোপ্ল্যাংকটন (উৎপাদক)  $7400 \text{ kcal/m}^2/\text{yr}$  সৌরশক্তি আহরণ করে। এই শক্তি জুপ্ল্যাংকটনের দেহে (প্রাথমিক খাদক) প্রবেশ করে যার পরিমাণ হল— $1900 \text{ kcal/m}^2/\text{yr}$ । জুপ্ল্যাংকটন থেকে শক্তি গৌণ খাদকের (ছোটো মাছ) দেহে প্রবেশ করে, যার পরিমাণ হল— $500 \text{ kcal/m}^2/\text{yr}$ । এই শক্তির যে অংশ প্রগৌণ খাদকদের (বড়ো মাছ) দেহে যায় তার পরিমাণ হল— $30 \text{ kcal/m}^2/\text{yr}$ । এই মাছ থেকে মানুষের দেহে যে শক্তি প্রবেশ করে তার পরিমাণ হল  $4 \text{ kcal/m}^2/\text{yr}$ ।



### 23.2.7.D. বাস্তুতন্ত্রে পিরামিডের সমস্যাঃ

সব প্রকার পিরামিডেরই সাধারণ সমস্যাগুলি হল—

1. জীবেদের সঠিক ট্রফিক স্তর নির্ণয় করা কষ্টসাধ্য কারণ একই জীব অনেক সময় বিভিন্ন ট্রফিক স্তরে অবস্থান করে।
2. কিছু বাস্তুবিদের মতে উদ্ভিদের সমগ্র অংশকে উৎপাদক রূপে গণ্য করা সঠিক নয়; যথা— কন্দ, ফল, বীজ ইত্যাদি ক্লোরোফিলযুক্ত নয় এবং উদ্ভিদের উৎপাদন। কিছু শাকাশী প্রাণী, উদ্ভিদের কিছু নির্দিষ্ট অংশ, যথা— ফল, বীজ, মকরন্দ ইত্যাদি খায়।
3. পিরামিডের চিত্র থেকে মৃত জৈববস্তু বা বিয়োজকদের বাদ দেওয়া হয় ; যদিও উৎপাদকদের দ্বারা আবদ্ধ শক্তির প্রায় 80% খাদকদের দ্বারা ব্যবহৃত হয় না এবং বিয়োজক ও ডেট্রিটিভোরদের কাজে লাগে।

জৈব ভূরাসায়নিক চক্র

## সংজ্ঞা (Definition) :

যে প্রক্রিয়ায় প্রকৃতির কার্বন, কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাসরূপে পরিবেশ থেকে জীবদেহে এবং জীবদেহ থেকে পরিবেশে আবর্তিত হয়ে পরিবেশে কার্বনের সমতা বজায় রাখে তাকে কার্বন চক্র বলে।

● কার্বন ডাইঅক্সাইডের উৎস (Source of  $\text{CO}_2$ ) : বায়ুমণ্ডলের কার্বন ডাইঅক্সাইডের প্রধান উৎসগুলি হল :

- (i) জীবের শ্বসনের সময় উৎপন্ন কার্বন ডাইঅক্সাইড।
- (ii) বিভিন্ন রকম জৈব পদার্থের (কাঠ, কয়লা, পেট্রোল, কেরোসিন, রাবার ইত্যাদি) দহনের ফলে উৎপন্ন কার্বন ডাইঅক্সাইড।
- (iii) মৃত জীবদেহ এবং অন্যান্য জৈববস্তুর পচনের ফলে উৎপন্ন কার্বন ডাইঅক্সাইড।
- (iv) আগ্নেয়গিরির অগ্ন্যুৎপাতের সময় উৎপন্ন কার্বন ডাইঅক্সাইড।

● জলে কার্বন ডাইঅক্সাইডের প্রধান উৎস হল :

(i) বায়ুর কার্বন ডাইঅক্সাইড জলে দ্রবীভূত হওয়া এবং

(ii) চুন জাতীয় পদার্থের আস্তর (lime deposit) থেকে কার্বন ডাইঅক্সাইড উৎপন্ন হওয়া।

জলে যখন কার্বন ডাইঅক্সাইড দ্রবীভূত হয়, তখন কিছু পরিমাণ কার্বন ডাইঅক্সাইড জলের সঙ্গে যুক্ত হয়ে কার্বনিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। তা থেকে প্রথমে বাইকার্বনেট এবং পরে কার্বনেট উৎপন্ন হয়। কার্বনেট অদ্রবীভূত অবস্থায় হ্রদ এবং সমুদ্রের তলায় অধঃক্ষিপ্ত (precipitate) হয়। ওই চূনাপাথর অ্যাসিডের সংস্পর্শে এলে  $CO_2$  উৎপন্ন হয়।

● কার্বন ডাইঅক্সাইডের সমতা (Balance of  $CO_2$ ) : প্রকৃতিতে নিম্নলিখিত উপায়ে কার্বন ডাইঅক্সাইডের তথা কার্বনের ভারসাম্য বজায় থাকে, যেমন :

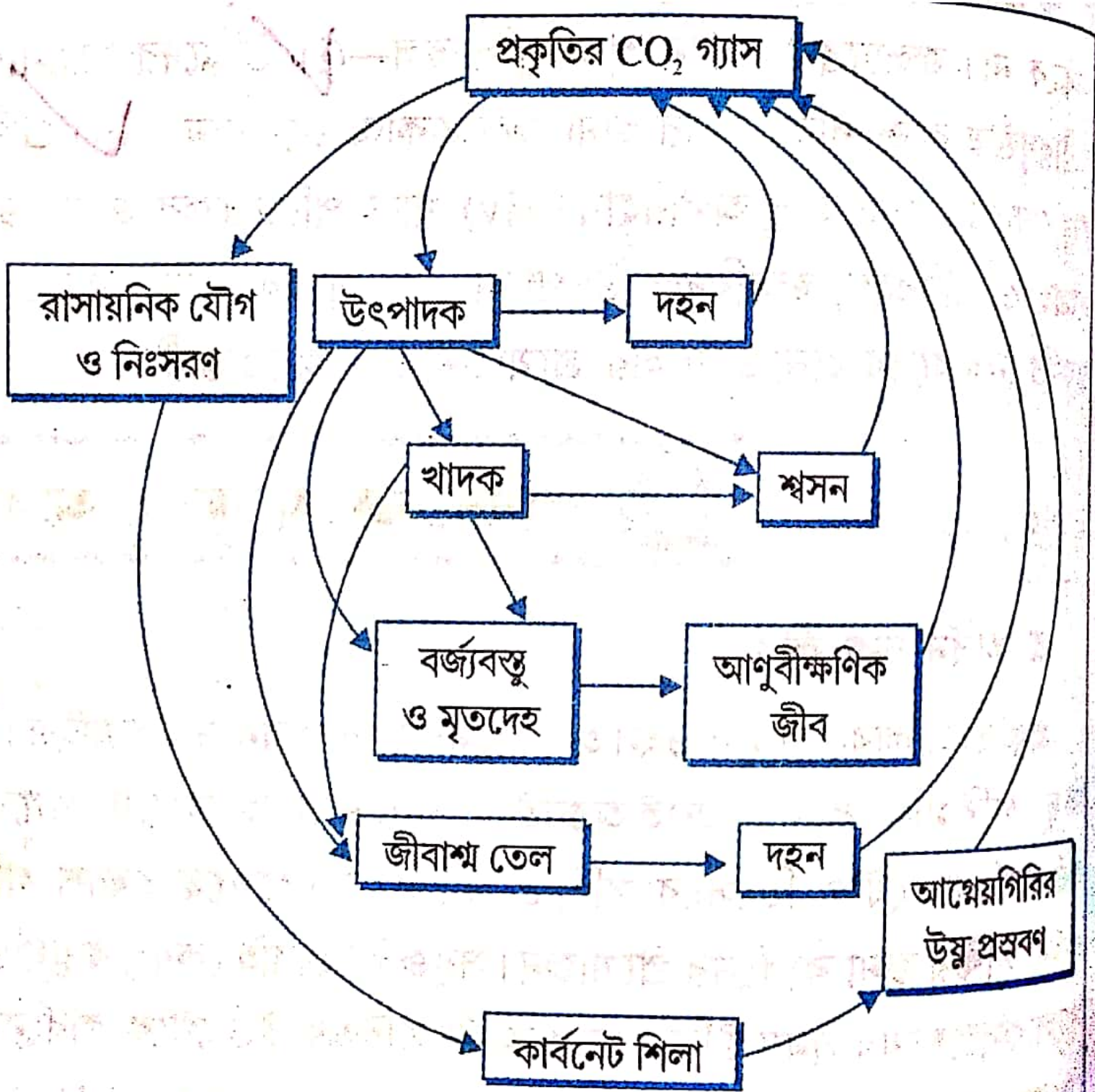
1. স্থলজ সবুজ উদ্ভিদ বায়ুমণ্ডল থেকে এবং জলজ সবুজ উদ্ভিদ জল থেকে কার্বন

- ডাইঅক্সাইড গ্রহণ করে, সূর্যালোকের উপস্থিতিতে সালোকসংশ্লেষ প্রক্রিয়ায় দেহে কার্বন সমন্বিত যৌগ (গ্লুকোজ) উৎপন্ন করে। প্রাণীরা উদ্ভিদের তৈরি কার্বন যৌগকে খাদ্য হিসেবে গ্রহণ করে কার্বন সংগ্রহ করে।
2. উদ্ভিদ এবং প্রাণী, উভয়ের দেহেই কার্বন সমন্বিত যৌগ (গ্লুকোজ) জারিত হয়, ফলে কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়ে প্রকৃতিতে ফিরে যায়।
  3. উদ্ভিদজাত পদার্থ কাগজ, কাঠ, কয়লা, পেট্রোল ইত্যাদির দহন ক্রিয়ার সময় কার্বন যৌগ ভেঙে গিয়ে কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয় এবং প্রকৃতিতে মুক্ত হয়।
  4. উদ্ভিদ ও প্রাণীর মৃত্যুর পর পচনশীল জৈব বিয়োজক (জীবাণু) কর্তৃক বিয়োজিত হয়ে কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাস নির্গত হয়।
  5. মাটিতে অবস্থিত বিভিন্ন রকম ব্যাকটেরিয়া, ছত্রাক ইত্যাদি অবাত ও সবাত শ্বসন প্রক্রিয়ায়  $CO_2$  গ্যাস উৎপন্ন করে। ওই গ্যাস বায়ুমণ্ডলে মিশে যায়।
  6. আগ্নেয়গিরির অগ্ন্যুৎপাতের সময় কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়ে বায়ুমণ্ডলে মিশে যায়।
  7. জলজ প্রাণী শামুক, বিনুক ইত্যাদির খোলক কার্বনেট দিয়ে গঠিত। এগুলির দহনের সময় অথবা ওই প্রাণীদের মৃত্যুর পর নানারকম রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়ে জলে মিশে যায়। এর জন্য জলে কার্বন ডাইঅক্সাইডের পরিমাণ ঠিক থাকে।
  8. ফেলস্পার পাথর বাতাসের  $CO_2$  শোষণ করে ধাতব কার্বনেট গঠন করে।

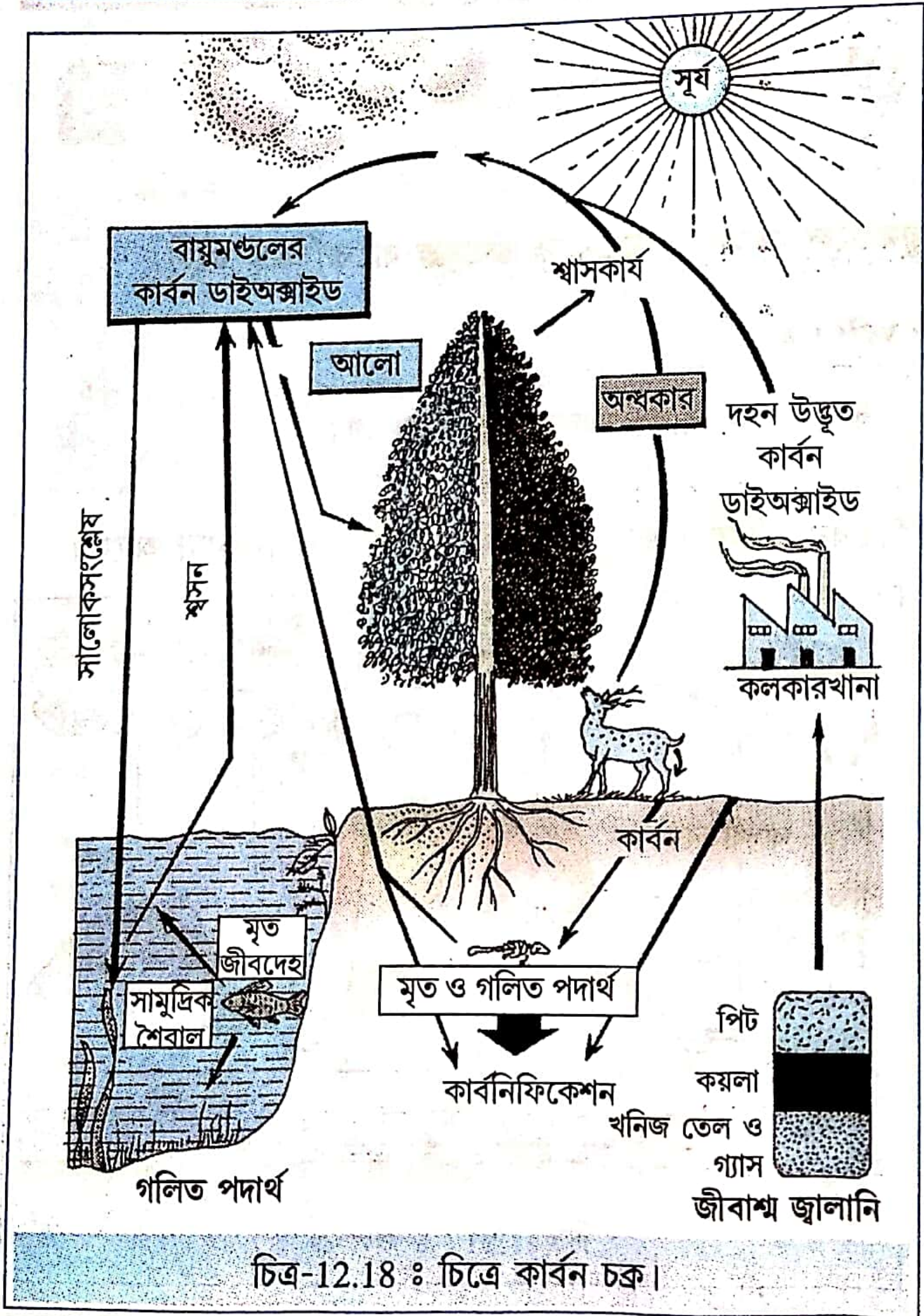
● প্রধানত জীবের শ্বসন ও খনিজ পদার্থের দহনের ফলে প্রকৃতিতে কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাসের ভার গড়ে ওঠে এবং সবুজ উদ্ভিদের সালোকসংশ্লেষকালে প্রকৃতির কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাস শোষিত হওয়ায় প্রকৃতিতে কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাসের ভারসাম্য বজায় থাকে।

● কার্বন চক্রের তাৎপর্য (Significance of  $CO_2$  cycle) : কার্বন চক্রের মাধ্যমে প্রকৃতিতে কার্বনের ভারসাম্য বজায় থাকে এবং প্রকৃতির কার্বনের ভার কখনও শূন্য হয় না, ফলে বিশ্বের জীবকুলের অস্তিত্ব বজায় থাকে।

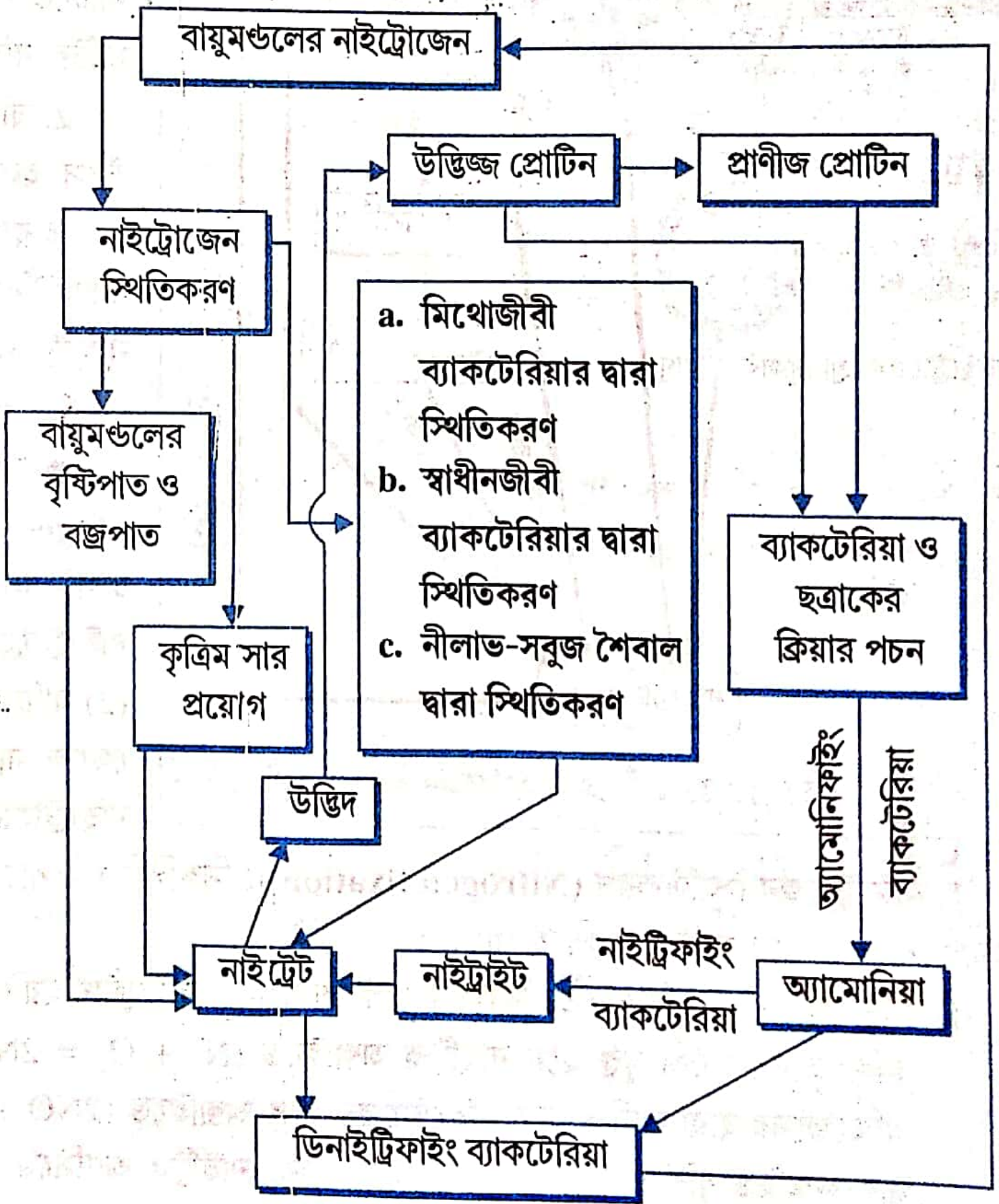




চিত্র-12.19 : কার্বন চক্রের শব্দচিত্র।



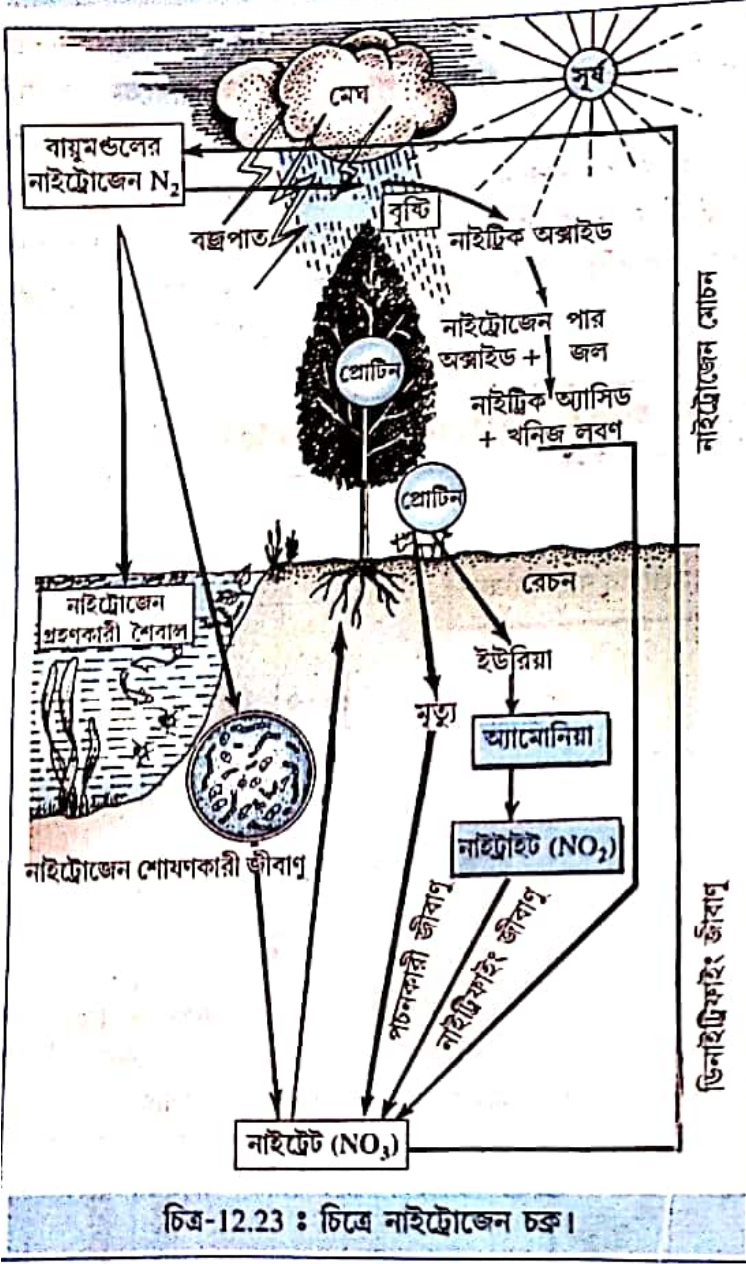
চিত্র-12.18 : চিত্রে কার্বন চক্র।



চিত্র-12.22 : নাইট্রোজেন চক্রের শব্দচিত্র।

## সংজ্ঞা (Definition) :

যে পদ্ধতিতে বায়ুর নাইট্রোজেন মাটিতে এবং মাটির নাইট্রোজেন বায়ুতে আবর্তিত হয়ে পরিবেশে নাইট্রোজেন সমতা বজায় রাখে তাকে নাইট্রোজেন চক্র বলে।



## ● নাইট্রোজেনের উৎস (Source of Nitrogen) :

পরিবেশে অর্থাৎ প্রকৃতিতে নাইট্রোজেনের উৎস হল বায়ুর নাইট্রোজেন এবং মাটির নাইট্রেট যৌগ।

1. মাটির নাইট্রোজেনের উৎস : মাটির নাইট্রোজেনের বিভিন্ন উৎসগুলি হল : (i) বিদ্যুৎস্ফুরণের সময় বায়ুর নাইট্রোজেন বিভিন্ন যৌগের মাধ্যমে আসে, (ii) মাটিতে বসবাসকারী কয়েক রকম নাইট্রোজেন স্থিতিকারী (nitrogen fixing) ব্যাকটেরিয়া ও নীলাভ-সবুজ শৈবাল বায়ুর নাইট্রোজেনকে সরাসরি শোষণ করে মাটিতে মিশিয়ে দেয়, (iii) প্রাণীদের মলমূত্র এবং মৃত উদ্ভিদ ও প্রাণীর দেহ মাটিতে মিশে মাটির নাইট্রোজেনের পরিমাণ বাড়ায়, (iv) মাটিতে নাইট্রোজেন-ঘটিত জৈবসার প্রয়োগ করার ফলে মাটির নাইট্রোজেনের পরিমাণ বৃদ্ধি পায়।

2. বায়ুর নাইট্রোজেনের উৎস : বায়ুর নাইট্রোজেনের উৎস হল মাটির নাইট্রেট যৌগ। মাটির নাইট্রেট যৌগ কয়েক রকম নাইট্রোজেন মোচনকারী অর্থাৎ ডি-নাইট্রিফাইং ব্যাকটেরিয়ার (denitrifying bacteria) দ্বারা বিক্ষিপ্ত হয়ে নাইট্রোজেনে রূপান্তরিত হয় এবং ওই মুক্ত নাইট্রোজেন বায়ুমণ্ডলে নাইট্রোজেনের ভাণ্ডার গড়ে তোলে।

● নাইট্রোজেন চক্রের বিভিন্ন পর্যায়ে (Different Stages of Nitrogen Cycle) : প্রকৃতির নাইট্রোজেন চক্রটি নিম্নরূপ চারটি পর্যায়ে ঘটে, যথা—(1) বায়ুর নাইট্রোজেন মাটিতে মেশা বা নাইট্রোজেন স্থিতিকরণ, (2) মাটির নাইট্রোজেনের জীবদেহে প্রবেশ, (3) জীবসংস্রব থেকে নাইট্রোজেনের মাটিতে পুনঃপ্রবেশ, (4) মাটির নাইট্রোজেন বায়ুতে ফিরে যাওয়া বা নাইট্রোজেন মোচন।

1. নাইট্রোজেন স্থিতিকরণ (Nitrogen fixation) : নিম্নলিখিত উপায়ে বায়ুমণ্ডলের মুক্ত নাইট্রোজেন নাইট্রোজেনের মাটিতে পরিণত হয়ে মাটিতে সঞ্চিত থাকে :

(i) বিদ্যুৎস্ফুরণ ও বৃষ্টিপাতের ফলে : আকাশে যখন বিদ্যুৎস্ফুরণ হয় (বৃষ্টিপাতের সময়) তখন বায়ুমণ্ডলের নাইট্রোজেন অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে নাইট্রিক অক্সাইডে ( $N_2 + O_2 = 2NO$ ) পরিণত হয়। এই নাইট্রিক অক্সাইড পৃষ্ঠের অক্সিজেনের দ্বারা জারিত হয়ে নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডে ( $2NO + O_2 = 2NO_2$ ) রূপান্তরিত হয়। এই নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড বৃষ্টির জলের সঙ্গে নাইট্রাস এবং নাইট্রিক অ্যাসিডে ( $2NO_2 + H_2O = HNO_2 + HNO_3$ ) পরিণত হয়ে মাটিতে আসে। ওই দুই রকম অ্যাসিড মাটিতে থাকা বিভিন্ন রকম খনিজ লবণের (ক্যালশিয়াম, পটাশিয়াম ইত্যাদি) সঙ্গে মিশে নাইট্রেট যৌগে (ক্যালশিয়াম নাইট্রেট, পটাশিয়াম নাইট্রেট) পরিণত হয়।

(ii) নাইট্রোজেন স্থিতিকারী জীবাণুর দ্বারা :

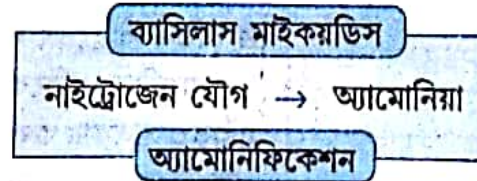
(a) স্বাধীনজীবী জীবাণুর দ্বারা : মাটিতে বসবাসকারী কয়েকরকম নাইট্রোজেন স্থিতিকারী ব্যাকটেরিয়া, যেমন— ক্লসট্রিডিয়াম (*Clostridium*), অ্যাজোটোব্যাকটার (*Azotobacter*) প্রভৃতি এবং নীলাভ-সবুজ শৈবাল [যেমন— অ্যানাবিনা (*Anabaena*) নস্টক (*Nostoc*) ইত্যাদি] বায়ু থেকে সরাসরি নাইট্রোজেন শোষণ করে নিজেদের দেহে নাইট্রোজেন যৌগ গঠন করে। ওইসব ব্যাকটেরিয়া ও শৈবালের মৃত্যুর পর নাইট্রোজেন যৌগগুলি মাটিতে মুক্ত হয়। এই উপায়ে বছরে একর প্রতি 10-20 kg নাইট্রোজেন মাটিতে সঞ্চিত হয়।

(b) মিথোজীবী জীবাণুর দ্বারা : ছোলা, মটর, মশুর, শিম, ধুন্ধু প্রভৃতি শিশ্বগোত্রীয় (*Leguminosae* family) উদ্ভিদের মূলের গুটি বা অর্বুদের মধ্যে (nodules) রাইজোবিয়াম (*Rhizobium*) নামে একরকম মিথোজীবী ব্যাকটেরিয়া বসবাস করে। এই ব্যাকটেরিয়া বায়ুমণ্ডল থেকে সরাসরি নাইট্রোজেন শোষণ করে তার খানিকটা আশ্রয়দাতা গাছকে সরবরাহ করে এবং কিছুটা নিজেদের দেহে নাইট্রোজেন যৌগ গঠনে কাজে লাগায়। আশ্রয়দাতা গাছগুলির মৃত্যুর পর দেহস্থ নাইট্রোজেন যৌগ মাটিতে মিশে যায়। এই উপায়ে বছরে হেক্টর প্রতি প্রায় 45-110 kg নাইট্রোজেন মাটিতে সঞ্চিত হয়।

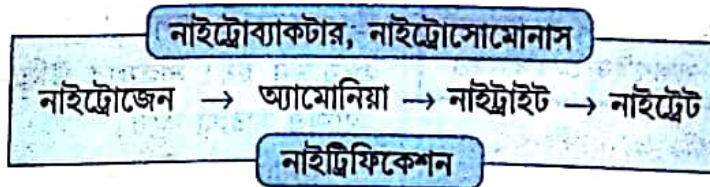
(iii) সার প্রয়োগ দ্বারা : আজকাল মাটির উর্বরশক্তি বৃদ্ধির জন্য নাইট্রোজেন ঘটিত অর্জৈব সার (ইউরিয়া, অ্যামোনিয়া সালফেট ইত্যাদি) প্রয়োগ করে মাটিতে নাইট্রোজেনের পরিমাণ বৃদ্ধি করা হয়।

2. মাটির নাইট্রোজেন জীবদেহে প্রবেশ : উদ্ভিদরা মাটি থেকে নাইট্রেট লবণ শোষণ করে নিজেদের দেহে নাইট্রোজেনের চাহিদা মেটায়, প্রাণীরা উদ্ভিদকে খাদ্য হিসেবে গ্রহণ করে নিজদেহে নাইট্রোজেনের চাহিদা মেটায়। এইভাবে মাটির নাইট্রোজেন জীবদেহে প্রবেশ করে।

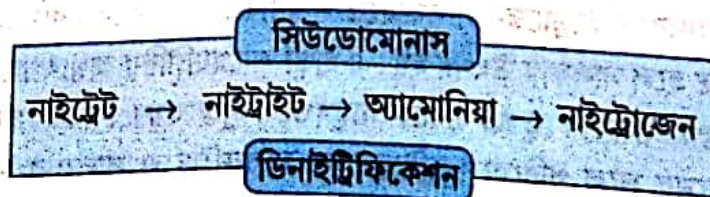
3. জীবদেহ থেকে নাইট্রোজেনের মাটিতে পুনঃপ্রবেশ : প্রাণীদের রেচন পদার্থ এবং মৃত উদ্ভিদ ও প্রাণীদেহ মাটিতে আসলে নাইট্রোজেন যৌগগুলি বিয়োজক দ্বারা বিয়োজিত হয়ে প্রথমে অ্যামোনিয়া, পরে নাইট্রাইট এবং সর্বশেষে নাইট্রেট যৌগ গঠন করে। যে প্রক্রিয়ায় নাইট্রোজেন যৌগ অ্যামোনিয়ায় রূপান্তরিত হয় তাকে অ্যামোনিফিকেশন (Ammonification) বলে। ব্যাসিলাস মাইকয়ডিস (*Bacillus mycoides*) নামক ব্যাকটেরিয়া এই পদ্ধতি ঘটাতে সাহায্য করে।



অ্যামোনিয়া থেকে নাইট্রাইট এবং নাইট্রেট গঠিত হওয়ার পদ্ধতিকে নাইট্রিফিকেশন (Nitrification) বলে। নাইট্রোব্যাকটার (*Nitrobacter*), নাইট্রোসোমোনাস (*Nitrosomonas*) ব্যাকটেরিয়া নাইট্রিফিকেশন পদ্ধতিতে সাহায্য করে।



4. নাইট্রোজেন মোচন বা ডিনাইট্রিফিকেশন (Denitrification) : এই প্রক্রিয়ায় মাটির নাইট্রাইট এবং নাইট্রেট যৌগ সিউডোমোনাস (*Pseudomonas*), থিওব্যাসিলাস (*Thiobacillus denitrificans*) প্রভৃতি ডিনাইট্রিফাইং ব্যাকটেরিয়া দ্বারা বিয়োজিত হয়ে পুনরায় নাইট্রোজেনে পরিণত হয় এবং বায়ুমণ্ডলে ফিরে যায়। যে প্রক্রিয়ায় নাইট্রাইট বা নাইট্রেট থেকে নাইট্রোজেন মুক্ত হয়, তাকে ডিনাইট্রিফিকেশন বলে।



● অ্যামোনিফিকেশন	: নাইট্রোজেন ঘটিত যোগ থেকে অ্যামোনিয়ার সৃষ্টি।
● নাইট্রিফিকেশন	: অ্যামোনিয়া থেকে নাইট্রেট উৎপাদন।
● ডিনাইট্রিফিকেশন	: নাইট্রেট থেকে নাইট্রোজেন উৎপাদন।
● নাইট্রোজেন স্থিতিকারী স্বাধীন ব্যাকটেরিয়া	: অ্যাজোটোব্যাকটার, ক্লসট্রিডিয়াম।
● নাইট্রোজেন স্থিতিকারী মিথোজীবী ব্যাকটেরিয়া	: রাইজোবিয়াম।
● নাইট্রোজেন স্থিতিকারী শৈবাল	: নীলাভ-সবুজ শৈবাল (নস্টক, অ্যানাবিনা)।
● নাইট্রিফাইং ব্যাকটেরিয়া	: <u>নাইট্রোব্যাকটার, নাইট্রোসোমোনাস।</u>
● অ্যামোনিফাইং ব্যাকটেরিয়া	: ব্যাসিলাস, মাইকয়ডিস।
● ডিনাইট্রিফাইং ব্যাকটেরিয়া	: <u>সিউডোমোনাস, থিয়োব্যাসিলাস।</u>

● নাইট্রোজেন চক্রের তাৎপর্য (Significance of N<sub>2</sub> cycle) : (i) নাইট্রোজেন চক্রের মাধ্যমে প্রকৃতিতে নাইট্রোজেনের ভারসাম্য বজায় থাকে; (ii) জীবদেহের কোশ গঠনের জন্য যে নাইট্রোজেনের প্রয়োজন হয় তা নাইট্রোজেন চক্রের মাধ্যমেই জীবদেহে পরিবাহিত হয়, ফলে যুগ যুগ ধরে জীবকুলের চিরস্থায়িত্ব বজায় থাকে।

শক্তি প্রবাহ

### 23.2.8. বাস্তুতন্ত্রে শক্তি প্রবাহ ( Energy flow through ecosystem ) :

বাস্তুতন্ত্রে শক্তির উৎস হল সূর্য। প্রচণ্ড সৌরশক্তি 150 মিলিয়ন ভাগের মাত্র একভাগ (One fifty millionth) পৃথিবীর বাইরের পরিবেশ পৌঁছায় (Kormondy, 1996) এবং ঐ শক্তির বেশ কিছু অংশ ওজোন স্তরে, মেঘে, ধূলা-ধোয়াতে প্রতিফলিত হয়ে পুনরায় পৃথিবী পৃষ্ঠ থেকে দূরে চলে যায়। অসুস্থ পৃথিবী সৌরশক্তির মাত্র 43-45% পৃথিবী পৃষ্ঠে পৌঁছায় (চিত্র 23.19)। উদ্ভিদের দ্বারা সৌরশক্তিকে রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তরিত করার হারকে মোট প্রাথমিক উৎপাদন হার বা গ্রস প্রাইমারি প্রোডাক্টিভিটি (gross primary productivity = GPP)। পৃথিবীতে পৌঁছান সৌরশক্তির মাত্র 1-5% GPP-তে রূপান্তরিত হয়। মোট GPP-র 20-25% উদ্ভিদের নিজেদের বিপাকীয় কাজে ও শ্বসনে ব্যয় হয় এবং বাকি শক্তি উদ্ভিদে সঞ্চিত হয়, যাকে বলে নেট প্রাথমিক উৎপাদন বা নেট প্রাইমারি প্রোডাক্টিভিটি (net primary productivity = NPP)। এই শক্তি, পরবর্তী ট্রফিক স্তরের অর্থাৎ শাকাশী প্রাণীদের পক্ষে গ্রহণযোগ্য।

$$NPP = GPP - (\text{বিপাক} + \text{শ্বসন})।$$

শাকাশী ও মাংসাশী প্রাণীরা যখন অপর জীবকে ভক্ষণ করে, তখন খাদ্য (বস্তু ও শক্তি) এক ট্রফিক স্তর থেকে অন্য ট্রফিক স্তরে গমন করে। খাদ্যের সমস্ত বস্তু বা শক্তি উৎপাদকদের উৎপাদনের (production) কাজে ব্যবহৃত হয় না ; কিছু শক্তি—শ্বসন, বিপাকজাত পদার্থের রেচন এবং অপাচ্য বস্তুর বহিষ্করণে ব্যয় হয় এবং এই বর্জ্য পদার্থগুলি বিয়োজক ও ডেট্রিটিভোরদের দ্বারা ব্যবহৃত হয়। অতএব—

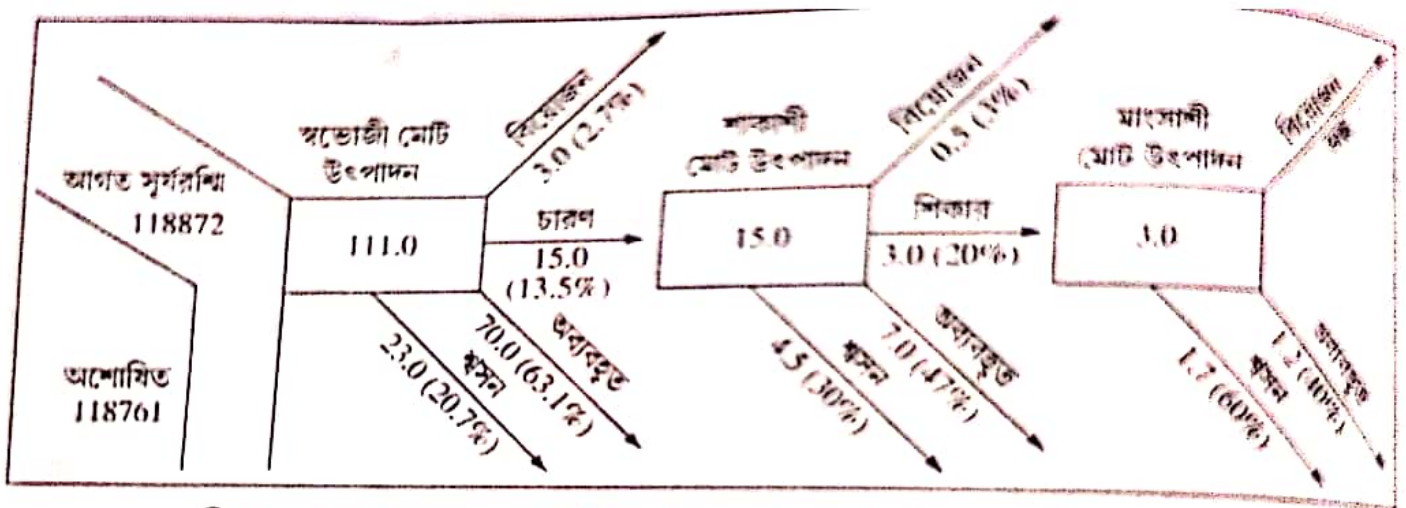
$$\text{খাদ্যগ্রহণ} = \text{বৃদ্ধি} + \text{শ্বসন} + \text{রেচন} + \text{বহিষ্করণ}।$$

পরভোজী প্রাণীদের দেহে শ্বসন, রেচন, বহিষ্করণ ইত্যাদি ক্ষয়ক্ষতির পরে অবশিষ্ট যে শক্তি বৃদ্ধি, জনন ইত্যাদি কাজে অর্থাৎ উৎপাদনের কাজে ব্যয়িত হয় তাকে গৌণ উৎপাদন (secondary production) বলে। পূর্ব অনুচ্ছেদে উল্লেখ করা হয়েছে যে, Lindeman (1942)-এর সূত্র অনুসারে (Lindeman's law of trophic efficiency) এক ট্রফিক স্তর থেকে পরবর্তী স্তরে মাত্র 10% শক্তি স্থানান্তরিত হয়।

● বাস্তুতন্ত্রে শক্তি প্রবাহ তাপগতিবিদ্যার সূত্রসমূহকে (Law of thermodynamics) মান্য করে। তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রানুসারে বলা হয়— শক্তিকে সৃষ্টি বা ধ্বংস করা যায় না, তবে একপ্রকার থেকে অন্যপ্রকারে রূপান্তরিত করা যায়, একে শক্তির নিত্যতা সূত্র (law of conservation of energy) বলে। বাস্তুতন্ত্রে দেখা যায় যে সৌরশক্তি উদ্ভিদের সালোকসংশ্লেষের মাধ্যমে রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয় এবং সেই রাসায়নিক শক্তি খাদক প্রাণীদের দেহে জারণের ফলে তাপশক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

তাপগতিবিদ্যার দ্বিতীয় সূত্রানুসারে, শক্তির প্রতি রূপান্তরের ক্ষেত্রেই কিছু পরিমাণ শক্তি ক্ষয়প্রাপ্ত হয় বা ছড়িয়ে পড়ে ও ব্যবহারের যোগ্য থাকে না ; একে এনট্রপি (entropy) বলে। ভৌত বিজ্ঞানের উদাহরণ হিসাবে বলা যেতে পারে যে, একটি ইলেকট্রিক বাম্বের ফিলামেন্ট উত্তপ্ত হলে আলো প্রদান করে, অর্থাৎ তাপশক্তি সালোকশক্তিতে রূপান্তরিত হয় ; কিন্তু যে পরিমাণ তাপ উৎপন্ন হয় ঠিক সমপরিমাণে আলো উৎপন্ন হয় না। বাস্তুতন্ত্রের ক্ষেত্রেও দেখা যায় যে এক ট্রফিক স্তরে যে শক্তি সঞ্চিত থাকে, তার পরবর্তী ট্রফিক স্তরে ঠিক সমপরিমাণ শক্তি গমন করে না ; বরং অত্যন্ত কম পরিমাণ শক্তিই গমন করে। শক্তিপ্রবাহ সংক্রান্ত কিছু গবেষণার ফলাফলেও এই ঘটনার সত্যতা লক্ষ্য করা যায়। এরূপ করে একটি পরীক্ষার ফল বা শক্তিপ্রবাহের বিভিন্ন মডেল নিম্নে উল্লেখ করা হল—

● Minnesota-র Cedar Bog হ্রদে Lindeman-এর পরীক্ষা (1942) : Lindeman লক্ষ্য করেন যে Cedar Bog হ্রদে উৎপাদকদের মোট উৎপাদনের (gross production) পরিমাণ 111 ক্যালোরি / বর্গ সেন্টিমিটারে / বছরে (111c / cm<sup>2</sup> / yr)। এর থেকে 20.7% তাদের বৃদ্ধি, শ্বসন ইত্যাদিতে ব্যয়িত হয় এবং নেট উৎপাদনের পরিমাণ দাঁড়ায় 88c / cm<sup>2</sup> / yr। শাকাশী প্রাণীরা 15c / cm<sup>2</sup> / yr (13.5%), চারণের মাধ্যমে গ্রহণ করে, বিয়োজকরা পায় 3c / cm<sup>2</sup> / yr. (2.7%) এবং 70c / cm<sup>2</sup> / yr (63.1%) অব্যবহৃত থাকে। পরবর্তী বিভিন্ন ট্রফিক স্তরগুলি শক্তির প্রবাহ এবং পরিণতি চিত্র 23.20-তে দেখানো হল।



চিত্র 23.20 : Ceder bog হুদে শক্তিপ্রবাহ ( $g/cm^2/yr$ ) [Lindeman, 1942 অনুসরণে]



## ■ বৈশিষ্ট্য (Characters) :

বাস্তুরীতিতে শক্তিপ্রবাহের বৈশিষ্ট্যগুলি হল—

1. প্রকৃতিতে বিভিন্ন মৌলের (কার্বন, অক্সিজেন, হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন, ফসফরাস ইত্যাদি) যেভাবে চক্রাকারে আবর্তন ঘটে, শক্তির সেই রকম আবর্তন হয় না।

2. বাস্তুরীতিতে শক্তিপ্রবাহ সর্বদা একমুখী (unidirectional) অর্থাৎ সৌরশক্তি প্রথমে উৎপাদকদের দেহে আসে এবং পরে তা বিভিন্ন খাদকের মধ্যে স্থানান্তরিত হয়। কিন্তু ওই শক্তি উৎপাদকরা ব্যবহারকারীদের অর্থাৎ খাদকদের কাছ থেকে পুনরুদ্ধার করতে পারে না এবং শক্তি পুনরায় সূর্যে ফিরে যায় না।

3. বাস্তুরীতিতে সমগ্র শক্তিপ্রবাহের মূল উৎস হল সৌরশক্তি। সৌরশক্তির প্রবাহের বাইরে এলে বাস্তুরীতি ধ্বংস হয়ে যায়।

4. খাদ্যশৃঙ্খলের শুরুর থেকে যত শেষের দিকে (প্রথম সারির খাদক → দ্বিতীয় সারির খাদক → তৃতীয় সারির খাদক) যাওয়া যায় ততই শক্তির অবনতি ঘটতে থাকে। উৎপাদনকারীরা যত শক্তি আহরণ করে তার সবটাই প্রাথমিক স্তরের খাদকরা পায় না; শক্তির কিছু অংশ অব্যবহৃত থেকে যায় এবং কিছু খরচ হয় ও কিছু বিয়োজিত হয়ে যায়।
5. বাস্তবীভূত শক্তির প্রবাহে তাপগতিবিদ্যার (thermodynamics) প্রথম ও দ্বিতীয় সূত্র সম্পূর্ণরূপে প্রযোজ্য। প্রথম সূত্রানুসারে শক্তি ধ্বংস হয় না, শক্তির রূপান্তর ঘটে। দ্বিতীয় সূত্রানুসারে শক্তির রূপান্তরকালে কিছু শক্তির অপচয় ঘটে।

লিন্ডেম্যান (Lindemann) 1942 খ্রিস্টাব্দে বাস্তবীভূত শক্তির প্রবাহ ব্যাখ্যায় 10 শতাংশ নিয়ম (10 percent law) নামে একটি মতবাদ প্রবর্তন করেন। প্রাথমিক স্তরের ব্যবহারকারীরা যত উৎপাদনকারীদের ভক্ষণ করে, তার দশ শতাংশ প্রাথমিক স্তরের ব্যবহারকারীদের দেহগঠনে লেগে যায় অর্থাৎ একটি হরিণ যদি 100 kg খাদ্যবস্তু খায়, তাহলে এই খাদ্যবস্তুর দশ শতাংশ অর্থাৎ 10 kg তার দেহগঠনে লাগে। আবার একটি বাঘ যদি 10 kg মাংস খায় তাহলে এই মাংসের মাত্র 1 kg তার দেহগঠনে লাগে।

- কর্মের চক্র কয়টি বলে? সংক্ষেপে বর্ণনা করো।
- নার্সিংয়ে লিডিকরণে ব্যক্তিগত বিষয় বৃত্তিকা কী?
- প্রোগ্রামিং কিসের কী?
- নার্সিং কিসের ও ডিভিশন কিসের কী?
- নার্সিংয়ে চক্রে চিত্রসহ বর্ণনা দাও।
- লিডিকরণের দক্ষতা কিসের কী?
- কমিউনিটি হেলথ কামিউনিটি এর নীতিগুলি লেখ।
- স্বাস্থ্যকর্ম ও পরিচর্যা এর বৃদ্ধিমানক আলাদা করা করো।
- স্বাস্থ্যকর্মে পরিচর্যার দৃষ্টি উদ্দেশ্য ও দৃষ্টি পরিচর্যা উদ্দেশ্য কী?
- স্বাস্থ্যকর্মে পরিচর্যার প্রয়োজনীয় - ব্যক্তি করো।
- স্বাস্থ্যকর্ম ও পরিচর্যা স্বাস্থ্যকর্মের দ্বারা পরিচর্যা লেখ।
- স্বাস্থ্যকর্মের বলাও-কী বলা?
- স্বাস্থ্যকর্মে পরিচর্যা এর বৃত্তিকা আলাদা করা করো।

১৯৩২) ভারতকে বাহন ভৌগোলিক অঞ্চলে বিভক্ত করেন।

## 5.1 উদ্ভিদ ভৌগোলিক অঞ্চলসমূহ (Phytogeographic Regions)

সংজ্ঞা (Definition) : বিজ্ঞানের যে শাখা অধ্যয়ন করলে উদ্ভিদকুলের উদ্ভব (Origin), পৃথিবীর বিভিন্ন অংশে ও সময়ে এদের বিস্তার (distribution) এবং পরিবেশের সঙ্গে আন্তঃসম্পর্ক (interrelationships) সম্বন্ধে জানা যায়, তাকে উদ্ভিদ ভূগোলবিদ্যা (phyto geography) বলে।

উদ্ভিদ ভূগোলবিদ্যার সঙ্গে বিজ্ঞানের অন্যান্য শাখার সম্বন্ধ রয়েছে। বাস্তুবিদ্যা (ecology) এবং ভূগোলবিদ্যা (geography) প্রকৃতপক্ষে উদ্ভিদ ভূগোলবিদ্যায় বিভিন্ন রকমের উদ্ভিদের বিস্তৃতিকে নিয়ন্ত্রণ করে থাকে। উদ্ভিদ ভূগোলবিদ্যা বা ফাইটোজিওগ্রাফি অধ্যয়নের দুটি দিক রয়েছে—

1) **বর্ণনাত্মক উদ্ভিদ ভূগোলবিদ্যা (Descriptive Phytogeography)** : এক্ষেত্রে পৃথিবীর বিভিন্ন উদ্ভিদ অঞ্চলের (botanical area) ফ্লোরা (flora) ও ভেজিটেশন (vegetation) সম্পর্কে বর্ণনা (description) আলোচিত হয়। অনেক সময় একে নিশ্চল উদ্ভিদ ভূগোলবিদ্যা (static phytogeography) বলা হয়।

2) **ব্যাখ্যামূলক উদ্ভিদ ভূগোলবিদ্যা (Interpretative Phytogeography)** : এক্ষেত্রে উদ্ভিদসমূহের বিস্তারের (distribution) প্রকৃতি কারণসমূহ ব্যাখ্যা দেওয়া হয়ে থাকে। একে সচল উদ্ভিদ ভূগোলবিদ্যা (dynamic phytogeography) বলা হয়। লরেঞ্চ (Lawrence, 1951)-এর মতে এই ব্যাখ্যা প্রধানত 4টি বিষয়ের ওপর নির্ভর করে, যেমন—পরিবেশ, উদ্ভিদসমূহের প্রতিক্রিয়া, স্থানান্তর এবং চিরস্থায়িত্ব।

প্রকৃতিতে উদ্ভিদ প্রধানত তিন ভাবে বিস্তারলাভ করে থাকে—ধারাবাহিক (continuous), বিচ্ছিন্ন (discontinuous) ও আঞ্চলিক (endemic)। ধারাবাহিক বিস্তারের (continuous distribution) ক্ষেত্রে একই পরিবেশে উদ্ভিদ সমূহ কোনও বাধাহীনভাবে বিস্তার লাভ করে, যেমন—পোয়া (Poa), ফ্রাগমাইটিস (Phragmites), চেনোপোডিয়াম (Chenopodium) ইত্যাদি।

বিচ্ছিন্ন বিস্তারের (discontinuous distribution) ক্ষেত্রে উদ্ভিদসমূহ বিভিন্ন অঞ্চলে বিস্তারলাভ করে থাকে এবং একটি অঞ্চল অন্য অঞ্চল থেকে অনেক দূরে অবস্থান করে। এই ধরনের বিস্তার সাধারণত ভূমি সেতু (land bridge) এবং মহাদেশ সম্বন্ধীয় ভাসমান ভেলা (continental drift) মতবাদ দ্বারা প্রমাণিত হয়েছে। এই প্রসঙ্গে প্রথম মতবাদ অনুযায়ী প্যালিওজোয়িক যুগে (Palaeozoic era) অস্ট্রেলিয়া (Australia) এবং মালয় (Malaya)-এ একই ধরনের উদ্ভিদ প্রজাতি (plant species) ছিল এবং ওই দুই অঞ্চল ভূমিসেতু (land bridge) দ্বারা যুক্ত থাকলেও পরে ওই ভূমিসেতু নষ্ট হয়ে যাওয়ার ফলে সমুদ্রের উৎপত্তি ঘটে। এইভাবে ওই দুই অঞ্চল পরস্পর থেকে দূরে সরে যায়, যার ফলে ওই দুই অঞ্চলের মাঝে বড়ো শূন্যস্থান (gap) সৃষ্টি হয়।

আবার, দ্বিতীয় মতবাদ অনুযায়ী প্যালিওজোয়িক যুগে (Palaeozoic era) উদ্ভিদ সমূহের বিস্তার একটি অতি মহাদেশীয় (super continent)-এর মাঝে নির্দিষ্ট ছিল, যা পরে উত্তর ইউরেশিয়া (Northern Eurasia) ও দক্ষিণ গন্ডোয়ানা দেশ Southern Gondwana land)-এ আলাদা হয়ে যায়। এই দুই অতি মহাদেশ (Super continent)-ইউরেশিয়া (Eurasia), গ্রিনল্যান্ড (Greenland) এবং উত্তর আমেরিকা (North America) এবং গন্ডোয়ানা দেশ—ভারতবর্ষ (India), দক্ষিণ আমেরিকা (South America), অস্ট্রেলিয়া (Australia), অ্যান্টার্টিকা (Antartica) প্রভৃতির উৎপত্তি ঘটায়, যেমন—অ্যাডানসোনিয়া (Adansonia), নোথোফেগাস (Notfophagus) ইত্যাদি গন্ডোয়ানার অন্তর্ভুক্ত বিভিন্ন দেশে পাওয়া যায়। আঞ্চলিক (Endemic) মহল একটা ছোটো অঞ্চলে সীমাবদ্ধ উদ্ভিদসমূহের বিস্তার, যেমন—সিকোয়া (Sequoia), গিংগো বাইলোবা (Ginkgo biloba) প্রভৃতি।

■ **ডি. চ্যাটার্জী (1960)-র মতানুসারে ভারতবর্ষের উদ্ভিদ ভৌগোলিক অঞ্চলসমূহ (Phytogeographic Regions of India according to D. Chatterjee, 1960)** : ব্রিটিশ শাসিত অবিভক্ত ভারতবর্ষ 1947 খ্রিস্টাব্দে ভারত ও পাকিস্তান এই দুই অংশে বিভক্ত হওয়ার পর দেবব্রত চট্টোপাধ্যায় (D.Chatterjee, 1960 খ্রিস্টাব্দে) বর্তমান রাজনৈতিক ভারতের উদ্ভিদ-ভৌগোলিক (Phytogeographical) অঞ্চলসমূহের (regions) নতুনভাবে মূল্যায়ন ও সংশোধন করেন। D.Chatterjee 1939 খ্রিস্টাব্দে "Studies on Endemic Flora of India" নামক গবেষণাপত্রে সেই সময়কার ব্রিটিশ ইন্ডিয়াকে (British India) দশটি অঞ্চলে ভাগ করেন, যেমন—1. দাক্ষিণাত্য (The Decan), 2. মালাবার (Malabar), 3. সিন্ধু উপত্যকা (The Indus Plain), 4. গাঙ্গেয় উপত্যকা (The Gangetic Plain) 5. আসাম (Assam), 6. পূর্ব হিমালয় (Eastern Himalayas), 7. মধ্য হিমালয় (Central Himalayas), 8. পশ্চিম হিমালয় (Western Himalayas)।

পরবর্তীকালে 1960 খ্রিস্টাব্দের পরিকল্পনা অনুযায়ী D.Chatterjee, সংশোধিত আকারে বর্তমান ভারতকে মোট আটটি উদ্ভিদ ভৌগোলিক অঞ্চলে (Phytogeographical regions) ভাগ করেন, যেমন—

### ১) দাক্ষিণাত্য (The Deccan) :

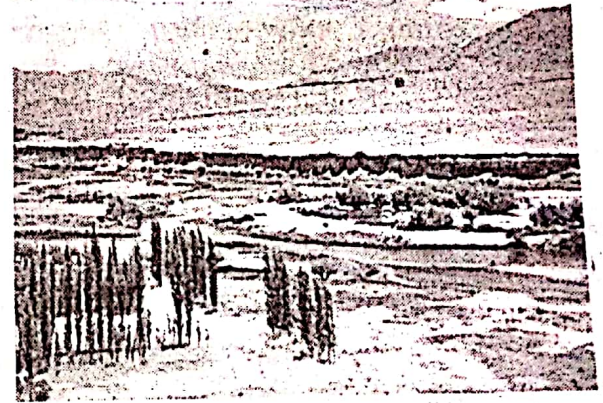
- এই অঞ্চলটি গাঙ্গেয় উপত্যকার দক্ষিণে এবং মালাবার অঞ্চলের পূর্বদিকে অবস্থিত।
- পূর্বঘাট ও পশ্চিমঘাট পর্বতমালার মধ্যবর্তী স্থানে দাক্ষিণাত্য অঞ্চলটি বৃহৎ ত্রিকোণাকৃতি আকৃতিবিশিষ্ট অঞ্চল।
- দাক্ষিণাত্যের উত্তরদিকের সর্বাধিক উচ্চতা 330 ফিট এবং দক্ষিণদিকে 3300 ফিট পর্যন্ত উচ্চতাসম্পন্ন পাহাড়ী অঞ্চল লক্ষ করা যায়।
- এটি প্রধানত একটি উপত্যকা (Plateau) ও এই অঞ্চলের প্রধান নদীগুলি হল কৃষ্ণা, গোদাবরী ও কাবেরী।
- দাক্ষিণাত্যের অন্তর্ভুক্ত প্রধান রাজ্যগুলি হল ওড়িশা, ছত্তিশগড়, তেলেঙ্গানা, অন্ধ্রপ্রদেশ ও তামিলনাড়ু।
- এই অঞ্চলের প্রধান উদ্ভিদগুলি হল— *Calotropis procera* (আকন্দ), *Azadirachta indica* (নিম), *Adansonia digitata* (বাওবাব), *Strychnos nux-vomica* (নাক্স ভোমিকা)।

### ২) মালাবার (Malabar) :

- দক্ষিণ-পশ্চিম ভারতের আর্দ্র অঞ্চল যা পশ্চিমঘাট পর্বতমালা নিয়ে গঠিত।
- এই অঞ্চলটি প্রধানত মহারাষ্ট্র, কর্ণাটক ও কেরল এই তিন রাজ্য নিয়ে গঠিত।
- প্রধান নদী তুঙ্গভদ্রা, কাবেরী ও কৃষ্ণা।
- আর্দ্র পর্ণমোচী ও মটেন বৃষ্টিস্নাত অরণ্য এই অঞ্চলে দেখা যায়।
- প্রধান উদ্ভিদগুলি হল— *Cocos nucifera* (নারিকেল), *Areca catechu* (খয়ের), *Mangifera indica* (আম), *Michelia nilgirica* (নীলগিরি চাঁপা)।
- মালাবারের বনানীকে চারটি অঞ্চলে ভাগ করা হয়—
  - ক্রান্তীয় অরণ্য (700 মিটার উচ্চতা পর্যন্ত)।
  - মিশ্র পর্ণমোচী অরণ্য (1600 মিটার পর্যন্ত)।
  - নাতিশীতোষ্ণ চিরহরিৎ অরণ্য (1200 মিটার উচ্চতার উপর থেকে এই অরণ্য দেখা যায়)।
  - ম্যানগ্রোভ অরণ্য (সমুদ্র উপকূলবর্তী অঞ্চলে এই অরণ্য বিস্তৃত থাকে)।

### ৩) সিন্ধু উপত্যকা (The Indus Plain) :

- ভারতের পশ্চিমদিকে পাঞ্জাব, রাজস্থান, দিল্লী ও গুজরাটের কিছু অংশ নিয়ে এই উপত্যকাটি গঠিত।
- রাজস্থান অঞ্চলটি প্রধানত শুষ্ক মরুভূমি নিয়ে গঠিত এবং পাঞ্জাব ও দিল্লী তুলনামূলকভাবে আর্দ্র অঞ্চল।
- এই অঞ্চলের বৃষ্টিপাত 70 সেমির চেয়ে কম এবং রাজস্থানে বার্ষিক বৃষ্টিপাত 10-15 সেমি।
- প্রধানত কন্টকযুক্ত গুল্ম ও বীরুৎ এবং জাজল বৃক্ষ (Xerophytic tree) এই অঞ্চলের বৈশিষ্ট্যসূচক গাছ।
- উল্লেখযোগ্য উদ্ভিদগুলি হল— *Acacia arabica* (বাবুল), *Dalbergia sissoo* (শিশু), *Albizia lebeck* (শিরীষ) প্রভৃতি।



চিত্র 5.1 : সিন্ধু উপত্যকা

### ৪) গাঙ্গেয় উপত্যকা (Gangetic Plain) :

- গঙ্গার উৎপত্তিস্থল থেকে শুরু করে বঙ্গোপসাগর পর্যন্ত সমতলভূমি নিয়ে গাঙ্গেয় উপত্যকা গঠিত।
- উত্তরপ্রদেশ, বিহার, পশ্চিমবাংলা ও ওড়িশার কিছু অংশ নিয়ে এই উপত্যকার সৃষ্টি হয়েছে।
- এই উপত্যকা আবার তিনটি অংশে বিভক্ত—
  - উচ্চ গাঙ্গেয় উপত্যকা (Upper Gangetic plain) : গঙ্গোত্রী থেকে এলাহাবাদ পর্যন্ত বিস্তৃত। প্রধান উদ্ভিদ— *Tecoma sp.*, *Moringa sp.*, *Pluchea sp.* প্রভৃতি।

b. মধ্য গাঙ্গেয় উপত্যকা (Middle Gangetic plain) :  
এলাহাবাদ থেকে ফরাঙ্কা পর্যন্ত প্রসারিত এই অঞ্চলের প্রধান উদ্ভিদগুলি হল—*Artocarpus integrifolia* (কাঁঠাল), *Mangifera indica* (আম), *Madhuca indica* (মহুয়া) প্রভৃতি।

c. নিম্ন গাঙ্গেয় উপত্যকা (Lower Gangetic plain) : এই অঞ্চলটির প্রধান অংশ হল সুন্দরবনের ব-দ্বীপ এবং লবণাসু উদ্ভিদে এই অঞ্চলে ম্যানগ্রোভ অরণ্য সৃষ্টি করে। *Rhizophora mucronata* (বোড়া), *Nypa fruticans* (গোলপাতা), *Heritiera minor* (সুন্দরী)।

iv. উচ্চ গাঙ্গেয় উপত্যকায় বার্ষিক গড় বৃষ্টিপাত 50cm–110cm কিন্তু মধ্য ও নিম্নগাঙ্গেয় উপত্যকায় বার্ষিক বৃষ্টিপাত 110cm–150cm পর্যন্ত হয়।

### ☐ আসাম (Assam) :

i. ব্রহ্মপুত্রের অববাহিকায় অবস্থিত এই অঞ্চলে আসাম ছাড়াও মনিপুর ও নাগাল্যান্ড অবস্থিত।

ii. এই উদ্ভিদ ভৌগোলিক অঞ্চলের উত্তরে হিমালয়, দক্ষিণে নাগাল্যান্ড, জয়ন্তী, খাসি ও গারো পর্বত, পূর্বে মিশমি পর্বত ও পশ্চিমে সাংকোশ নদী।

iii. ভারতের সর্বাধিক বৃষ্টিপ্রবণ অঞ্চল—চেরাপুঞ্জি, মৌসিনরাম প্রভৃতি অঞ্চলে বছরে 1000 সেমি পর্যন্ত বৃষ্টিপাত হয়।

iv. চিরহরিৎ, চওড়া পাতায়ুক্ত সুদীর্ঘ বৃক্ষ ও কিছু কনিফার জাতীয় (Conifer) উদ্ভিদ এই অঞ্চলের অরণ্য গঠন করে।

v. উল্লেখযোগ্য উদ্ভিদগুলি হল—*Michelia champaca* (চাঁপা), *Rhododendron arboreum*, *Alnus nepalensis*, *Stereospermum sp.*, *Lagerstroemia sp.* প্রভৃতি।

### ☐ পূর্ব হিমালয় (Eastern Himalayas) :

i. সিকিম, ভুটান, পশ্চিমবাংলার দার্জিলিং জেলা নিয়ে গঠিত।

ii. অধিক বৃষ্টিপাত ও আর্দ্রতা এই অঞ্চলের বৈশিষ্ট্য।

iii. এই অঞ্চলটি প্রধানত তিনটি ভাগে বিভক্ত—

a. ক্রান্তীয় বা সাবমন্টেন অঞ্চল (Tropical or Submontane zone) : সমুদ্রপৃষ্ঠ থেকে 1800 মিটার উচ্চতা পর্যন্ত বিস্তৃত। *Michelia sp.*, *Bauhinia sp.*, *Anthocephalus sp.* উল্লেখযোগ্য উদ্ভিদ।

b. নাতিশীতোষ্ণ বা মন্টেন অঞ্চল (Temperate or Montane zone) : এই অঞ্চলটি 1800 – 4000 মিটার উচ্চতা পর্যন্ত বিস্তৃত। যেখানকার উল্লেখযোগ্য গাছগুলি হল—*Picea spinulosa*, *Echinocarpus sp.*, *Abies sp.*, *Tsuga sp.*।

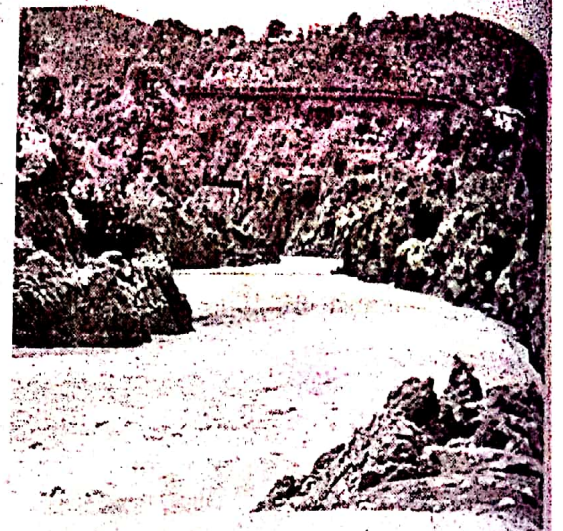
c. আলপাইন অঞ্চল (Alpine zone) : 4000 মিটারের অধিক উচ্চতায় এই বনাঞ্চল গঠিত হয়। *Rhododendron sp.*, *Juniperus sp.* প্রভৃতি বৃক্ষ এখানকার বনানী গঠন করে।

☐ মধ্য হিমালয় (Central Himalayas) : নেপাল এই অঞ্চলে অবস্থান করে যা ভারতের অন্তর্ভুক্ত নয়।

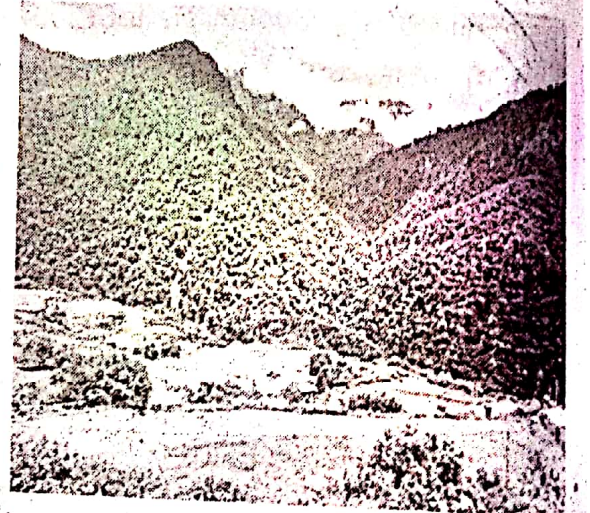
☐ পশ্চিম হিমালয় (Western Himalayas) :

i. এই অঞ্চলটি কাশ্মীর, পাঞ্জাবের একাংশ, গাড়োয়াল ও কুমায়ুন পার্বত্য অঞ্চল নিয়ে গঠিত।

ii. বার্ষিক বৃষ্টিপাত 100 – 200 সেমি (পূর্ব হিমালয়ের চেয়ে কম) এবং অধিকতর উচ্চতায় শীতলতা ও তুষারপাত অনেক বেশি।



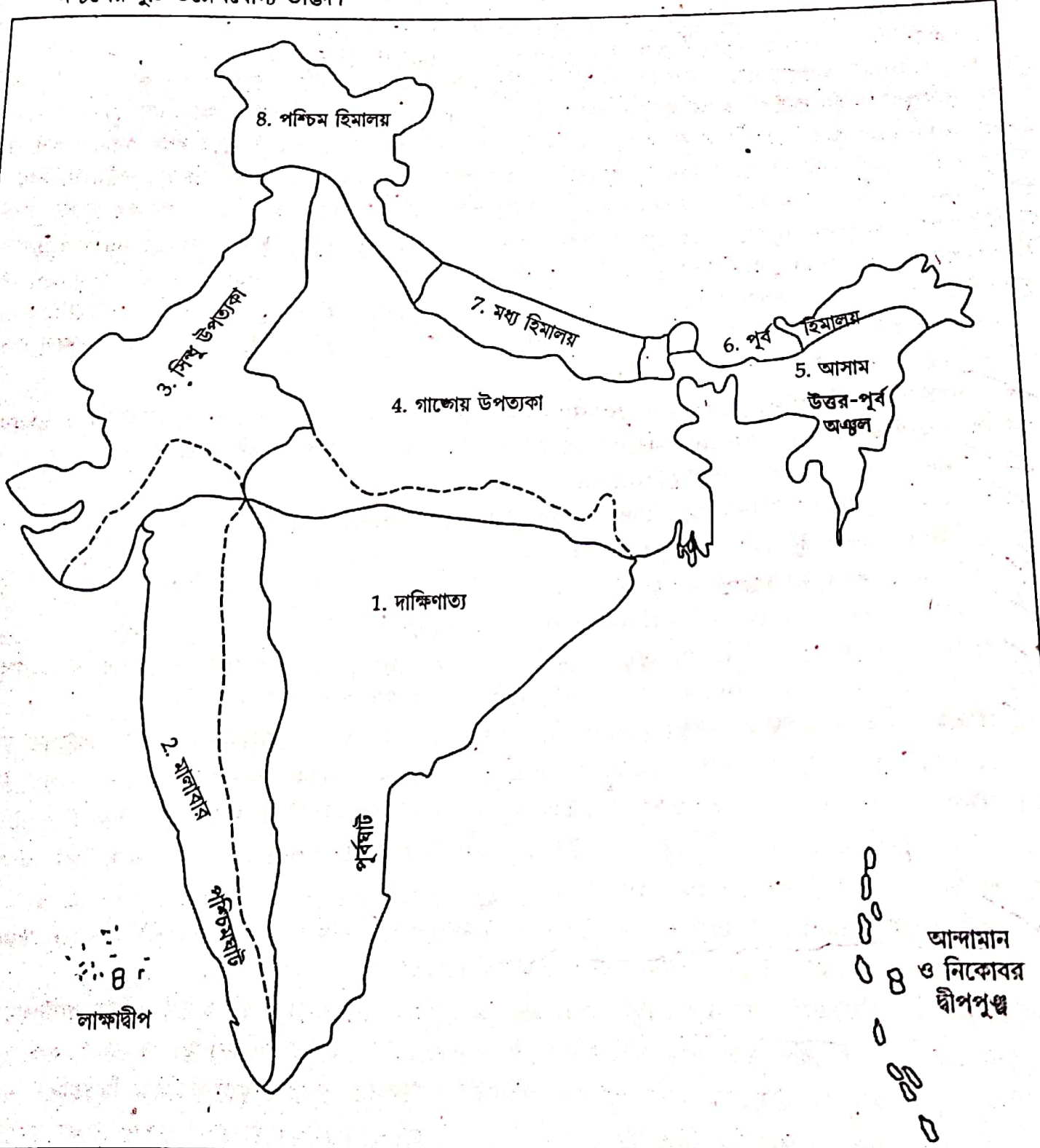
চিত্র 5.2 : গাঙ্গেয় উপত্যকা



চিত্র 5.3 : পূর্ব হিমালয়

iii. এই অঞ্চলটি প্রধানত তিনটি ভাগে বিভক্ত—

- a. ক্রান্তীয় বা সাবমন্টেন অঞ্চল (Tropical or Submontane belts) : সমুদ্রতল থেকে 300 – 1500 মিটার উচ্চতা। প্রধান উদ্ভিদ—*Shorea robusta* (শাল), *Dalbergia sissoo* (শিশু), *Acacia catechu* (খয়ের)।
- b. নাতিশীতোষ্ণ অঞ্চল (Temperate region) : 1500 – 3500 মিটার উচ্চতা পর্যন্ত বিস্তৃত। উল্লেখযোগ্য উদ্ভিদগুলি হল—*Cedrus deodara* (দেবদারু), *Ranunculus hirtula* জাতীয় দ্বিবীজপত্রী উদ্ভিদ এবং *Taxus baccata*, *Cupressus*, *Abies* প্রভৃতি বাস্তুবীজী উদ্ভিদ।
- c. আলপাহীন অঞ্চল : 3500 মিটার থেকে হিমরেখা (Snow line) পর্যন্ত বিস্তৃত। *Rhododendron* ও *Juniperus* এই অঞ্চলের দুটি উল্লেখযোগ্য উদ্ভিদ।



চিত্র 5.4 : ভারতের ভৌগোলিক উদ্ভিদ অঞ্চল সমূহ (ডি. চ্যাটার্জির মতানুসারে 1960)



## 5.4 আঞ্চলিকতা বা এন্ডেমিজম—একটি সংক্ষিপ্ত ধারণা (Endemism—A Brief Idea)

যখন কোনো জীব একটি সীমাবদ্ধ অঞ্চলেই অবস্থান করে, অর্থাৎ সেই ভৌগোলিক অঞ্চলের বাইরে জীবটির উপস্থিতি লক্ষ করা যায় না। তখন সেই ঘটনাকে এন্ডেমিজম (Endemism) বা আঞ্চলিকতা বলে। বিজ্ঞানী রিডলে (Ridley, 1922)-র মত অনুযায়ী এন্ডেমিক প্রজাতি (species) বা গণ (genus) গুলি কোনো বৃহৎ আকারের প্রাচীন ও অবলুপ্ত উদ্ভিদগোষ্ঠীর উর্ধ্বতন, যা বর্তমানে আস্তে আস্তে লোপ পাচ্ছে। এই মত অনুযায়ী উদ্ভর্তিত প্রজাতিগুলি অধিজীবজ (epibiotic) অর্থাৎ এরা যে-কোনো স্থানে বিস্তৃত বা প্রসারিত (spread) হতে পারে না। এন্ডেমিক (endemic) প্রজাতির একটি নির্দিষ্ট অংশে সীমাবদ্ধ থাকে এবং কোনোভাবেই এই অংশ অন্য কোনও উদ্ভিদ দ্বারা অধিকৃত (occupy) হয় না। এদের স্থানান্তরের উপযোগী কোনও বৈশিষ্ট্য থাকে না যার দ্বারা এরা বর্তমান উদ্ভিদকুলদের বাধা ও প্রতিবন্ধকতা অতিক্রম করে কোনো উপযুক্ত পরিবেশে নিজেদের প্রতিষ্ঠা করতে পারে। এই তত্ত্বকেই এপিবায়োটিক (epibiotic) বা অধিজীবজ বলে।

● **সংজ্ঞা (Definition) :** প্রজাতি (species), গণ (genus) বা জীব-গোষ্ঠীর কোনো সদস্য যদি কোনো একটি বিশেষ ছোটো অঞ্চলে সীমাবদ্ধ থাকে, তবে সেই ঘটনাকে (phenomenon) এন্ডেমিজম (endemism) এবং সেই প্রজাতি, গণ বা জীব-গোষ্ঠীর সদস্যকে এন্ডেমিক (endemic) বলা হয়।

■ **এন্ডেমিক-এর প্রকারভেদ (Types of Endemics) :** এন্ডেমিক (endemic) প্রজাতি সাধারণত চার প্রকারের হয়ে থাকে—

- 1 **রেলিক এন্ডেমিক (Relic Endemics) :** প্রত্নতাত্ত্বিক যুগের প্রাধান্য সৃষ্টিকারী অবশিষ্ট প্রজাতিকে রেলিক এন্ডেমিক বলে। এরা একটা নির্দিষ্ট অঞ্চলে সীমাবদ্ধ থাকে এবং এদের জীবন্ত জীবাশ্ম (living fossil) বলা হয়, যেমন—গিংগো বাইলোবা (*Ginkgo biloba*) নামক এক ধরনের ব্যস্তবীজী (*gymnosperm*) উদ্ভিদ।
- 2 **নিও এন্ডেমিক (Neoendemics) :** সম্প্রতি উৎপত্তি লাভ করেছে এমন উদ্ভিদ প্রজাতি নিজেদের বাস উপযোগী পরিবেশ সহ্য করে বিস্তৃত অঞ্চলে সীমাবদ্ধ থাকলে, সেই প্রজাতিদের নিও এন্ডেমিক বলে।
- 3 **প্যালিও এন্ডেমিক (Palaeo Endemics) :** অনেক পূর্বে উৎপত্তি লাভ করে যে সকল উদ্ভিদ প্রজাতি নিজেদের বাস উপযোগী ছোটো অঞ্চলে এখনও নিজেদের সীমাবদ্ধ করে রেখেছে, সেই সকল প্রজাতিদের প্যালিও এন্ডেমিক বলে।
- 4 **সিউডো এন্ডেমিক (Pseudo Endemics) :** যে সকল উদ্ভিদ প্রজাতি পরিবর্তিত রূপে (mutatable from) উৎপত্তি লাভ করে বড়ো অঞ্চলে বিস্তৃত বা প্রসারিত হয়ে পরিবর্তিত রূপ হারিয়ে ফেলে, সেই সকল প্রজাতিদের সিউডো এন্ডেমিক বলে।

■ **এন্ডেমিজম সম্পর্কে নীতি (Theories of Endemism) :** এন্ডেমিজম সম্পর্কে দুটি মতবাদ প্রচলিত রয়েছে—

- 1 **এপিবায়োটিক মতবাদ (Epibiotic Hypothesis) :** বিজ্ঞানী রিডলে (Ridley, 1922)-এর মতে এন্ডেমিক প্রজাতির পূর্বপুরুষেরা সুদূর অতীতে বিস্তৃত এলাকা দখল করেছিল, কিন্তু বর্তমানে তারা ধ্বংসের মুখে। এরা এখানকার নতুন উদ্ভিদকুলের বাধা অতিক্রম করে কোনো নতুন অঞ্চলে নিজেদের প্রতিষ্ঠা করতে পারে না। এইজন্য তারা একটা নির্দিষ্ট অঞ্চলে সীমাবদ্ধ থাকে। এই তত্ত্বকে এপিবায়োটিক (epibiotic) বা অধিজীবজ বলে। উদাহরণ হিসেবে—প্রধানত ভূগোলবিদেরা নাতিশীতোষ্ণ অঞ্চলের পুরা নিদর্শনের (relics) উল্লেখ করেন, যেমন—ক্যালিফোর্নিয়া (California) ও ওরেগন (Oregon)-এর মধ্যকার উপত্যকার

সিকোইয়া সেমপারভিৱেন্স (*Sequoia sempervirens*) এবং সিয়েরা নেভাডার (*Sierra Nevada*)-ৰ পশ্চিমত জাইগানটিয়া (*Sequoia gigantea*) নিজের নিজের এলাকায় বর্তমানে স্থানীয় প্রজাতি হিসেবে বাস করলেও, ক্রিটেসিয়াস (*Cretaceous*) ও টার্সিয়ারি (*Tertiary*) যুগে বিস্তীর্ণ ভূখণ্ডের উপর ছড়ানো ছিল। ঠিক একইভাবে গিংগো বাইলোবা (*Ginkgo biloba*) মেটাসিকুইয়া (*Metasequoia*) চীন (*China*) ও জাপান (*Japan*)-এর এন্ডেমিক (*endemic*) হিসেবে বর্তমানে পরিচিত।

**বয়স ও এরিয়া মতবাদ (Age and Area Hypothesis) :** এই মতবাদের প্রবক্তা বিজ্ঞানী উইলিস (Willis, 1922)। এই মতানুযায়ী এন্ডেমিক প্রজাতি (*species*) ও গণগুলি (*genera*) ক্রমশ সম্প্রসারিত উদ্ভিদগোষ্ঠীর নতুন ও সাম্প্রতিককালের প্রকারমাত্র (*form*)। কালক্রমে এরা বিকশিত ও বিস্তারলাভ করে অপরিণত প্রকাররূপে প্রতিনিধিত্ব (*represent*) করে। উইলিস (Willis)-এর মতে, একটি এলাকায় কোনও একটি প্রজাতির সংখ্যাগত পৌনঃপুনিকতাবৃত্ত (*numerical frequency*) অভিব্যক্তির মান অনুসারে উহার বয়সক্রমের সঙ্গে সমানুপাতবিশিষ্ট (*proportional*)। উদাহরণ হিসেবে বলা যায় যে, শ্রীলঙ্কায় (*Srilanka*) রিটিগালা (*Ritigala*) পার্বত্য অঞ্চলে একটি উদ্ভিদ গণ (*genus*) কোলিয়াস (*Coleus*)-এর দুটি প্রজাতি (*Coleus elongatus*) এবং (*Coleus barbatus*) বর্তমান। এই প্রজাতি দুটির মধ্যে *Coleus elongatus* এন্ডেমিক (*endemic*) রূপে পরিচিত এবং *Coleus barbatus* এশিয়া ও আফ্রিকার বিস্তৃত অংশ জুড়ে অবস্থান করে, কিন্তু উইলিস (Willis)-এর মতে *Coleus elongatus* রিটিগালার পরিবেশে এন্ডেমিক নয়। আসলে এটি *Coleus barbatus* থেকে পরিবর্তনশীল (*mutable*) অবস্থার একটি উদ্ভিদ। এই মতবাদের সমর্থকদের মতে কয়েকটি এন্ডেমিক গণ হল—ইম্প্যাটিয়েনস (*Impatiens*), প্রাইমুলা (*Primula*), জেনেসিয়ানা (*Gentiana*), রোডোডেনড্রন (*Rhododendron*) প্রভৃতি। বিজ্ঞানী D. Chatterjee, 1939 আগেকার বিজ্ঞানীদের নিজস্ব চিন্তাধারায় উভয় তত্ত্বকেই সমর্থন করেন। বিজ্ঞানী চ্যাটার্জির মতে, এন্ডেমিক প্রজাতি প্রকৃতপক্ষে নবাগত এবং এদের একস্থান থেকে অন্যস্থানে স্থানান্তরের সুযোগ না হওয়ার জন্য একই স্থানে সীমাবদ্ধ থেকে গেছে। এই মতানুযায়ী এন্ডেমিক প্রজাতিগুলি পরিবর্তনশীল কোনো বংশ ও গোষ্ঠী থেকে সৃষ্টি হয়েছে। তিনি তাঁর মতবাদে কিছু কিছু অঞ্চলের এন্ডেমিক প্রজাতির সংখ্যা উল্লেখ করেন—ভারতবর্ষে\* এন্ডেমিক প্রজাতির সংখ্যা 5725, পশ্চিমঘাট পর্বতমালায় এন্ডেমিক প্রজাতির সংখ্যা 1286, হিমালয় অঞ্চলে এন্ডেমিক প্রজাতির সংখ্যা 1808।

**এন্ডেমিজমের জন্য দায়ী শর্তসমূহ (Factors Responsible for Endemism) :** এন্ডেমিজম (*endemism*) অবস্থার প্রধান শর্ত হল—স্বাভাবিক পরিবেশে জন্মানো কাছাকাছি উদ্ভিদের প্রাকৃতিক সংকর প্রজনন (*cross breeding*) এবং পরিবর্তনশীলতা (*mutations*)। উদ্ভিদ যখন পৃথক (*isolated*) অবস্থায় থাকে অর্থাৎ বাইরের কোনও প্রভাব থাকে না, তখন এই শর্ত সাধারণত কার্যকরী হয়ে থাকে। এই কারণেই ব-দ্বীপ (*island*) অঞ্চলকে সবচেয়ে বেশি এন্ডেমিক (*endemic*) প্রজাতির উদাহরণ হিসেবে মনে করা হয়। বিজ্ঞানী উলফ (Wulff)-এর মতে সেন্ট হেলেনা (*St. Helena*) দ্বীপে শতকরা 85, হাওয়াই দ্বীপে (*Hawai Island*) শতকরা 80 এবং নিউজিল্যান্ড (*Newzealand*)-এ শতকরা 72 ভাগ উদ্ভিদ এন্ডেমিক (*endemic*)। হিমালয় অঞ্চলে শতকরা 70 ভাগ এন্ডেমিক। হিমালয়ের দক্ষিণপ্রান্তে ভারতের উষ্ণ পলিয়ুস্ত (*warm alluvial*) অঞ্চল এবং উত্তরে তিব্বতের শূষ্ক মালভূমি হওয়ার কারণে হিমালয়ের নাতিশীতোষ্ণ ও অ্যালপাইন (*alpine*) প্রজাতি নিজেদের মধ্যে প্রাকৃতিক সংকরায়ণ-এর ফলে নির্দিষ্ট সীমারেখার মধ্যে নতুন প্রজাতির উৎপত্তি ঘটায় এবং উত্তরে বা দক্ষিণে স্থান পরিবর্তন করতে পারে না। ফলে এদের এন্ডেমিক প্রজাতি হিসেবে মনে করা হয়। এন্ডেমিজম (*endemism*) অবস্থা সৃষ্টির জন্য আবহাওয়ার ভূমিকাও অপরিসীম। সর্বোপরি এন্ডেমিজম নতুন অঞ্চল অপেক্ষা পুরোনো অঞ্চলে বেশি পরিমাণে সীমাবদ্ধ থাকে।

पठोमज्ज की ? पठोमज्ज पर प्रकारेण सम्पदक अलमलना कर, उमभुक्तु उदरसनसर (Eastern Himalayas) मूर शिवासा पर प्रवीर म्मेस उमिडासुनिर वैमिष) लेष.

शुठिक कस उ उमभुक्तु उमरसनसर कुलुससर लसलेर विविरे लुओडेरनिक उमिडासुनिर (Challenger, 1960) सम्पदक अलमलना कर.

पठोमज्जक कुससर शरिठ उ उमभुक्तु उमरसनसर उलमलना कर, मूर पर लसकुम शिवासासुनिर उमिडासुनिर मथरिठ निवासन कर. उमिडासुनिर लुओडेरनिक वलड की लस ?

'पठोमज्ज उ प्रीरसा' मथरिठ पर 'प्रीरसासुनिर' मथरिठ सम्पदक अलमलना कर.

## 9.7.1) শ্রেণিবিন্যাসের বিভিন্ন পদ্ধতি (Different Systems of Classification) :

প্রাচীন যুগ থেকে আধুনিক যুগ পর্যন্ত ভিন্ন ভিন্ন সময়ে বিভিন্ন বিজ্ঞানী জীবজগতের বিভিন্নভাবে শ্রেণিবিন্যাস করেছেন। এই শ্রেণিবিন্যাস পদ্ধতিগুলিকে প্রধানত তিনটি ভাগে ভাগ করা হয়। যেমন—(i) কৃত্রিম শ্রেণিবিন্যাস পদ্ধতি (Artificial system of classification), (ii) প্রাকৃতিক শ্রেণিবিন্যাস পদ্ধতি (Natural system of classification) ও (iii) জাতিজনিত শ্রেণিবিন্যাস পদ্ধতি (Phylogenetic system of classification)।

(i) কৃত্রিম শ্রেণিবিন্যাস পদ্ধতি (Artificial system of classification) : এটি সর্বাপেক্ষা প্রাচীন শ্রেণিবিন্যাস পদ্ধতি। বিজ্ঞানী থিওফ্রাসটাস (Theophrastus), সিসালপিনো (Cesalpino), ক্যারোলাস লিনিয়াস (Carolus Linnaeus) প্রণীত শ্রেণিবিন্যাস এই প্রকার শ্রেণিবিন্যাস পদ্ধতির উদাহরণ। এরূপ শ্রেণিবিন্যাস পদ্ধতি জীবের অল্প কয়েকটি বাহ্যিক লক্ষণের ওপর ভিত্তি করে গড়ে উঠেছে। এই প্রকার শ্রেণিবিন্যাসের প্রধান অসুবিধা হল যে, একই প্রকার নিকট সম্পর্কযুক্ত জীবগোষ্ঠী পরস্পর থেকে বিচ্ছিন্ন হয়ে পড়েছে এবং পরস্পর বিসদৃশ জীব নিকটবর্তী কোনো গোষ্ঠীর অন্তর্ভুক্ত হয়েছে। ফলে বর্তমানে এই পদ্ধতির গুরুত্ব হ্রাস পেয়েছে।



চিত্র-9.1 : থিওফ্রাসটাস।

### ■ কৃত্রিম শ্রেণিবিন্যাসের সুবিধা ও অসুবিধা :

● সুবিধা : জীবের তাৎক্ষণিক শনাক্তকরণ সম্ভব।

● অসুবিধা : অল্প কয়েকটি চারিত্রিক বৈশিষ্ট্যের ওপর নির্ভর করে এই শ্রেণিবিন্যাস করা হয়, ফলে জীবজগতের প্রত্যেকটি জীবের পারস্পরিক সম্পর্ক নির্ণয় করা যায় না।

(ii) প্রাকৃতিক শ্রেণিবিন্যাস পদ্ধতি (Natural system of classification) : এই পদ্ধতিটি কৃত্রিম শ্রেণিবিন্যাস পদ্ধতি অপেক্ষা উন্নত। এক্ষেত্রে অনেকগুলি বৈশিষ্ট্যের ওপর গুরুত্ব আরোপ করা হয়েছে। তা ছাড়া জীবের গঠনগত-সম্বন্ধ বিবেচনা করা হয়েছে। এই পদ্ধতিতে জীবকে শনাক্ত করা এবং তাদের নিকট আত্মীয়দের সঙ্গে সম্বন্ধ ও যোগসূত্র নিরূপণ করা সম্ভব। এই পদ্ধতিতে জাতিজনির কোনো ভূমিকা নেই। প্রাকৃতিক শ্রেণিবিন্যাস পদ্ধতিগুলির মধ্যে বিজ্ঞানী বেন্থাম (Bentham) ও হুকারের (Hooker) পদ্ধতি অন্যতম ও বহুল প্রচলিত।

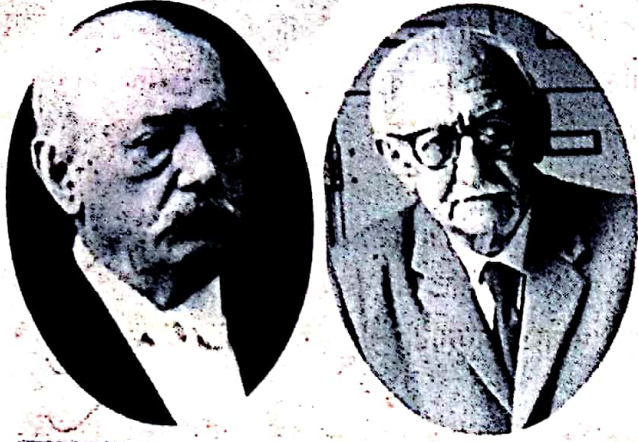


চিত্র-9.2 : ডালটন হুকার।

## ■ প্রাকৃতিক শ্রেণিবিন্যাসের সুবিধা ও অসুবিধা :

● সুবিধা : (a) এই শ্রেণিবিন্যাস পদ্ধতি বহুল প্রচলিত। (b) ব্যবহারিক প্রয়োগ সুবিধাজনক।

● অসুবিধা : (a) অনেক সময় কয়েকটি বৈশিষ্ট্যের ওপর নির্ভর করে শ্রেণিবিন্যাস করার ফলে দুটি নিকট সম্পর্কের গোত্র দূরে সরে যায়। (b) এই শ্রেণিবিন্যাস জাতিজনিগত সম্পর্ক নির্দেশ করে না।



চিত্র : 9.3 : এডলফ এঞ্জলার ও জন হাচিনসন।

(iii) জাতিজনিগত শ্রেণিবিন্যাস পদ্ধতি (Phylogenetic system of classification) : এই শ্রেণিবিন্যাস পদ্ধতি সর্বাপেক্ষা উন্নত। এক্ষেত্রে জীবের উৎপত্তি, বংশগতি ও অভিব্যক্তিজনিত বৈশিষ্ট্যের ওপর গুরুত্ব দেওয়া হয়েছে। এর ফলে পরস্পর সম্পর্কিত জীবগুলি একই সঙ্গে বিন্যস্ত হয় এবং পূর্বপুরুষের সঙ্গে সম্পর্কও নিরূপণ করা যায়। উদ্ভিদের ক্ষেত্রে বিজ্ঞানী এডলফ এঞ্জলার (Adolf Engler) ও কার্ল প্র্যান্টল (Karl Prantl)-এর এবং প্রাণীদের ক্ষেত্রে বিজ্ঞানী পার্কার এবং হাসওয়েল (Parker and Haswell)-এর শ্রেণিবিন্যাস পদ্ধতি-এর উদাহরণ। আইচলার (Eichler), রেন্ডল (Rendle), হাচিনসন (Hutchinson) এবং তাকতাজান (Takhtajan) প্রমুখ বিজ্ঞানী এই পদ্ধতি অনুসরণ করেন।

## ■ জাতিজনিগত শ্রেণিবিন্যাসের সুবিধা ও অসুবিধা :

● সুবিধা : (a) জীবগোষ্ঠীর মধ্যে পারস্পরিক সম্পর্ক নিরূপণ করা সম্ভব। (b) বিবর্তন সম্পর্কে সঠিক ধারণা জন্মায়।

● অসুবিধা : (a) ব্যবহারিক প্রয়োগ অসুবিধাজনক। (b) সব জীবের বিভিন্ন শাখার প্রয়োজনীয় তথ্য না পাওয়ার জন্য সবসময় সঠিকভাবে শ্রেণিবিন্যাস করা যায় না।

## ● কৃত্রিম, প্রাকৃতিক ও জাতিজনিগত শ্রেণিবিন্যাসের পার্থক্য (Comparison between Artificial, Natural and Phylogenetic System of Classification) :

কৃত্রিম শ্রেণিবিন্যাস	প্রাকৃতিক শ্রেণিবিন্যাস	জাতিজনিগত শ্রেণিবিন্যাস
1. অল্প কয়েকটি বাহ্যিক লক্ষণের ওপর নির্ভর করে এই শ্রেণিবিভাগ করা হয়।	1. এক্ষেত্রে অনেকগুলি বৈশিষ্ট্যের ওপর নির্ভর করে শ্রেণিবিন্যাস করা হয়।	1. এক্ষেত্রে জীবের অনেকগুলি বৈশিষ্ট্যের ওপর নির্ভর করে এবং জীবের উৎপত্তি, বংশগতি ও অভিব্যক্তিজনিত বৈশিষ্ট্যের ওপর গুরুত্ব দেওয়া হয়।
2. এটি সর্বাপেক্ষা প্রাচীন পদ্ধতি।	2. এটি কৃত্রিম পদ্ধতি অপেক্ষা উন্নত।	2. এটি আধুনিক শ্রেণিবিন্যাস পদ্ধতি।
3. এর মাধ্যমে বিভিন্ন জীবের পারস্পরিক সম্পর্ক বা যোগসূত্রের বিষয়ে ধারণা জন্মায় না।	3. সকল জীব ও তাদের নিকট আত্মীয়দের সঙ্গে সম্পর্ক ও যোগসূত্র নিরূপণ করা সহজ হয়।	3. সকল জীবের নিকট আত্মীয়দের মধ্যে সম্পর্ক ও অভিব্যক্তির ধারা সম্পর্কে অনুধাবন করা যায়।
4. এই প্রকার শ্রেণিবিন্যাসে নিকট সম্পর্কের জীবদের দূরে স্থান দেওয়া হয়েছে।	4. নিকট সম্পর্কের জীবদের একত্রে গোষ্ঠীভুক্ত করা হয়েছে।	4. নিকট সম্পর্কের জীবদের একত্রে গোষ্ঠীভুক্ত করা হয়েছে।
5. প্লিওফাসটাস, সিসালপিনো, লিনিয়াস প্রমুখদের শ্রেণিবিন্যাস এই প্রকৃতির।	5. বেঙ্খাম ও হুকার মূলত এই ধরনের শ্রেণিবিন্যাসের সমর্থক।	5. এঞ্জলার, পার্কার ও হাসওয়েল, আইচলার প্রমুখ বিজ্ঞানীরা এই শ্রেণিবিন্যাসের সমর্থক।

## Spermatophyta (Phanerogams)

### Classes

**I Dicotyledones**  
(embryo with two cotyledons)

**II Gymnospermae**  
(contains 3 Natural Orders  
viz. Gnetaceae, Coniferae  
and Cycadaceae)

**III Monocotyledones**  
(embryo with one cotyledon)

### Subclass

1. *Polypetalae*  
(petals are free)

2. *Gamopetalae* (petals are united).

3. *Monochlamydeae*  
(Flowers incomplete, either unisexual or perianth undifferentiated i.e., haplochlamydous).

↓  
Monocotyledons have been divided into 7 series as follows:—

Series 1. *Microspermae* (Ovary inferior; seeds minute, exalbuminous)—it includes 3 Natural Orders, beginning with *Hydrocha-*

↓  
Series 1. *Thalamiflorae* (Flowers hypogynous) — it includes 6 cohorts beginning with *Ranales* and end-

Series 1. *Inferae* (Ovary inferior)—it includes 3 cohorts viz., *Rubiales*, *Asterales* and *Campanulales*.

Series 2. *Heteromerae*

This subclass has been divided into 8 series as follows :

ing in *Malvales*. Each cohort includes several Natural Orders equivalent to families.

Series 2. *Disciflorae* (Cushion-like or glandular or annular disc is present)—it includes 4 cohorts i.e., cohorts 7-10, beginning with *Geraniales* and ending in *Sapindales*. Each cohort includes several Natural Orders, equivalent to families now known. This series includes Ordines anomali having 2 Natural Orders.

Series 3. *Calyciflorae* (Flowers perigynous or epigynous)—it includes 5 cohorts i.e., cohorts 11-15, beginning with *Rosales* and ending in *Umbellales*. Each cohort includes several Natural Orders, equivalent to families).

(Carpels more than two, Ovary superior)—there are 3 cohorts viz. *Ericales*, *Primulales* and *Ebenales*.

Series 3. *Bicarpeolatae* (Ovary of two carpels, superior)—it includes 4 cohorts, beginning with *Gentianales* and ending in *Lamiales*; and one Order 'anomalous Plantaginaceae.'

*Acacia*  
*ser*

Series 1. *Curvem bryae*. (Embryo curved, ovules mostly 1)—it includes 7 Natural Orders beginning with *Nyctagineae* and ending in *Polygonaceae*.

Series 2 *Multiovulatae Aquaticae*. (Immersed aquatics, several seeded)—it includes one Natural Order e.g. *Podostemaceae*.

Series 3. *Multiovulatae Terrestres*. (Terrestrial plant with many ovules)—it includes 3 N.O., beginning with *Nepenthaceae* and ending in *Aristolochiaceae*.

Series 4. *Microembryae*. (Embryo minute in endosperm)—it includes 4 N.O., beginning with *Piperaceae* and ending in *Monimiaceae*.

Series 5. *Daphanales* (ovary monocarpellary, ovary usually 1)—it includes 5. N.O., beginning with *Laurineae* and ending in *Elaeagnaceae*.

Series 6. *Achlamydosporeae* (Ovary 1-chambered, ovules 1-3; seeds without testa)—it includes 3 N.O. beginning with *Loranthaceae* and ending in *Balanophoraceae*.

Series 7, *Unisexuales* (Flowers unisexual; ovules 1-2)—it includes 9 N.O., beginning with *Euphorbiaceae* and ending in *Cupuliferae*.

Series 8. *Ordines anomali* (Anomalous orders)—it includes 4 Natural Orders, beginning with *Salicineae* and ending in *Ceratophylleae*.

rideae and ending in *Orchidaceae*.

Series 2. *Epigynae* (Ovary generally inferior; seeds large)—it includes 7 Natural Orders, beginning with *Scitamineae* and ending in *Dioscoreaceae*.

Series 3. *Coronarieae* (Ovary superior, perianth coloured i.e. petaloid; seeds with albumen)—it includes 8 Natural Orders, beginning with *Roxburghiaceae* and ending in *Rapataceae*.

Series 4. *Cālycinae* (Ovary superior, Perianth greenish i.e. sepaloid)—it includes 3 Natural Orders, beginning with *Flagellarieae* and ending in *Palmae*.

Series 5. *Nudiflorae* (Perianth mostly absent or reduced to scales; seeds albuminous)—it includes 5 Natural Orders, beginning with *Pandaneae* and ending in *Lemnaceae*.

Series 6. *Apocarpae* (Carpels free or only one, ovary superior; seeds exalbuminous)—it includes 3 Natural Orders, beginning with *Triurideae* and ending in *Najadaceae*.

Series 7. *Glumaceae* (Perianth reduced, scaly bracts present and conspicuous; flowers in spikelets or in heads)—it includes 5 Natural Orders, beginning with *Eriocaulaeae* and ending in *Gramineae*.

### 13.2 ক্রনকুইস্ট (Cronquist)-এর শ্রেণিবিন্যাস পদ্ধতি (Cronquist's System of Classification)

ক্রনকুইস্ট (Arthur Cronquist) ছিলেন নিউইয়র্ক স্ট্যাটনিক গার্ডেন-এর সিনিয়র ডিরেক্টর এবং কলম্বিয়া বিশ্ববিদ্যালয়ের আড্জুন্ট প্রফেসর (Adjunct Professor)। তিনি তাঁর শ্রেণিবিন্যাসের ধারণা সম্পর্কে "The Evolution and Classification of Flowering Plants" (1968) নামক পুস্তকে উপস্থাপিত করেন। তাঁর শ্রেণিবিন্যাসের পঞ্চম সংস্করণ (edition) 1981 খ্রিস্টাব্দে "An integrated System of Classification of Flowering Plants" পুস্তকে প্রকাশিত হয়। এর সর্বশেষ (latest) পরিমার্জন 1988 খ্রিস্টাব্দে "The Evolution and Classification of Flowering Plants" এবং দ্বিতীয় সংস্করণে (second edition) প্রকাশিত হয়। তিনি আন্তর্জাতিক পদ্ধতির দিক থেকে গুরুত্বপূর্ণ বিভিন্ন মূল্যবোধের ওপরে আলোচনা করেছেন। টাক্সা (taxa) গুলিকে একটা সঠিক স্থানে জনক প্রয়োজনে তিনি তাঁর শ্রেণিবিন্যাসে সাইনপটিক কীস (synoptic keys) ও ইন্ডেক্স করেন। এই শ্রেণিবিন্যাসে বৈশিষ্ট্যগুলি এমনভাবে উপস্থাপিত করা হয়েছে, যার বিভিন্ন উপশ্রেণির (subclasses) মতোকার বর্গগুলির (orders) মতো সম্পর্ক বসে যায়। তাঁর এই শ্রেণিবিন্যাস পদ্ধতিটি তাক্তাজান (Takhtajan)-এর পদ্ধতির কন-বেশি সমান্তরাল (parallel), কিন্তু কিছু কিছু ক্ষেত্রে পার্থক্য রয়েছে।



চিত্র 13.11 : আর্থার ক্রনকুইস্ট (1919-1992)

তিনি মনে করেন, টেরিডোস্পারমস (Pteridosperms) বা সিড ফার্নস (seed ferns) হল গুণ্ডীভীরা (angiosperms) দ্বারা পূর্বপুরুষ (probable ancestors)। সম্প্রদায় উদ্ভিদদের শ্রেণিবিন্যাসের ক্ষেত্রে ক্রনকুইস্ট (Cronquist) 1981 সালে কতকগুলি নীতি (principles) আরোপ করেন, সেগুলি হল :

1. সবচেয়ে প্রাচীন গুণ্ডীভীরা (earliest angiosperm) ছিল গুল্ম (shrubs) — বৃক্ষ (trees) নয়।
2. সরল পাতা (simple leaf), যৌগিক পাতা (compound leaf) থেকে প্রাচীন (primitive)।
3. জালকাকার শিরবিন্যাস (reticulate venation), সমান্তরাল শিরবিন্যাস (parallel venation) থেকে প্রাচীন (primitive)।
4. পারোসাইটিক পত্ররন্ধ্র (paracytic stomata), অন্যান্য ধরনের তুলনায় প্রাচীন (primitive)।
5. অসংখ্য স্কেলারিফর্ম পিটস (scalariform pits) সহ দীর্ঘ ও মোটা ট্র্যাকিডস (tracheids) হল প্রাচীন (primitive)। অপরদিকে, পাতলা প্রাচীর ও সামান্য পারফোরেশন (perforations) যুক্ত ছোটো ও চওড়া ভেসেলস (vessels) হল উন্নত (advanced)।
6. অবলম্বিত এন্ড ওয়াল (oblique end walls) ও ছড়ানো সিড এরিয়া এবং দলবন্দ সূত্র পোর (minute pores) সহ লম্বা ও প্রশস্ত সিড এলিমেন্টস (sieve elements) হল প্রাচীন, অপরদিকে প্রশস্ত ওপেনিংস (large openings) সহ ট্রান্সভারস সিড প্লেট (sieve plate) হল—উদ্ভূত অবস্থা (derived condition)।



- ১) কাঁথিয়াম (cambium)-এর কাঁথিওজেনিক এবং ফিউজিফর্ম ইনিশিয়াল (fusiform initial) এর বেশি বৈশিষ্ট্য প্রাথমিক (primitive), যা হ্রাস হ্রাসে প্রাচীন ও উন্নত (reduced), উন্নত (advanced) অবস্থায় পরিণত হয়।
- ২) নীরবতা বহিঃস্থগুণিত বস্তুসমূহের মাধ্যমে যাদের এমন উদ্ভিদগুণিত হল প্রাচীন (primitive), নীরবতা বহিঃস্থগুণিত বস্তুসমূহ (scattered) যাদের (যেমন - এককীটপত্রী উদ্ভিদ) এমন উদ্ভিদগুণিত হল উন্নত (advanced)।
- ৩) বস্তু এবং কীটপত্র (terminal) মূলসহ উদ্ভিদগুণিত হল প্রাচীন (primitive), অপরপক্ষে মাল্যবৈশিষ্ট্য (mutter-basis) বা ডাইচাসিয়া (dichastia) এবং অন্যান্য ধরনের পুষ্পবিন্যাসগুণিত (inflorescences) উৎপত্তি ঘটেছে উন্নত প্রাচীন পুষ্পবিন্যাস থেকে।
- ৪) অসংখ্য পুষ্প, নৃষ এবং সর্পিলাকার (spiral) পাপতি (petals) সহ মূলগুণিত, যোগেছে পুষ্পকেশরগুণিত (stamens) সর্পিলাকারে (spirally) সাজানো এবং নৃষগর্ভপত্রসহ (free carpels) মূল বর্তমান, যেমন-মাগনোলিয়াসি (Magnoliaceae) যোগেছে উদ্ভিদ হল প্রাচীন (primitive) এবং অন্যান্য প্রকারগুণিত উৎপত্তি ঘটেছে তখন বিশেষ একত্রীভবন, বিকৃতি (reduction, aggregation, elaboration) এবং প্রকার মেখাবন (floral members) এর পৃথকীভবন (differentiation)-এর মাধ্যমে।
- ৫) একলিঙ্গা (unisexual) মূলসহ উদ্ভিদগুণিত উৎপত্তি ঘটেছে উভলিঙ্গা (bisexual) প্রকার পূর্বপুরুষ (ancestors) থেকে।
- ৬) স্ফোটী এবং নির্দিষ্ট সংখ্যক (definite numbers) মূলসহ পুষ্প এবং অনির্দিষ্ট সংখ্যক (indefinite numbers) প্রকার মেখাবনগুণিত (floral members) হল প্রাচীন।
- ৭) অসংখ্য পুষ্পকেশর (stamens) সহ পুষ্পকেশর (androecium), কমানংখক (reduced numbers) পুষ্পকেশর মূলসহ প্রাচীন (primitive)।
- ৮) নিম্নভিত্ত পত্রগুণিত (pollen sacs) সহ বেসাকার পুষ্পকেশর (linear stamen) (যা মাগনোলিয়াসি (Magnoliaceae) যোগেছে বহু-এ (genera) দেখা যায়) হল, অন্যান্যদের মূলসহ বেশি প্রাচীন (primitive)।
- ৯) ইউনিআপারচারেটি (uniaperturate) পত্রগুণিতগুণিত (pollen grains) প্রাচীন (primitive) মনে করা হয় এবং ট্রিআপারচারেটি (triaperturate) টাইপ-এর উৎপত্তি উপরেটি থেকেই।
- ১০) পতঙ্গপরাগী (insect pollinated) উদ্ভিদগুণিত প্রাচীন (primitive) মনে করা হয়, যার থেকে বায়ুপরাগী (wind pollinated) উদ্ভিদগুণিত উৎপত্তি ঘটেছে।
- ১১) লম্বা রিসেপ্টাকল (elongated receptacle) এর ওপরে সর্পিলাকারে (spirally) সাজানো অসংখ্য গর্ভপত্র (carpels) গীতকেশর (gynoecium)-কে প্রাচীন (primitive) মনে করা হয়, অপরদিকে এক আবর্ষে সাজানো (single whorl) গর্ভপত্রের অল্প সংখ্যা (reduction) এবং শেষ পর্যন্ত নৃষ (fusion) অবস্থাকে উন্নত (advanced) ভাবে মনে করা হয়।
- ১২) অক্ষীয় অববিন্যাস (axile placentation) হল প্রাচীন (primitive), যার থেকে অন্যান্য প্রকার অববিন্যাস-এর উৎপত্তি ঘটেছে।
- ১৩) অ্যানাট্রোপাস ডিম্বক (anatropous ovule) হল প্রাচীন (primitive), যার থেকে অন্যান্য প্রকারের উৎপত্তি ঘটেছে।
- ১৪) দুটি ডিম্বকহরকসহ (integuments) ডিম্বক (ovule), (যা বডিটেগমিক (bitegmic) নামে পরিচিত) হল প্রাচীন (primitive) এবং ফিউজন (fusion) বা আবোবসন (abortion)-এর দ্বারা ইউনিটেগমিক (unitegmic) অবস্থার উৎপত্তি ঘটে।
- ১৫) আটটি নিউক্লিয়াই (nuclei) মূল বৃগুস্পর্শী (embryo sac) (পলিগোনাম টাইপ - Polygonum type) হল প্রাচীন (primitive), যার থেকে চারটি নিউক্লিয়াই (nuclei) মূল (ওয়েনোথেরা - Oenothera type) রিডাকশন (reduction) পদ্ধতির মাধ্যমে উদ্ভূত হয়েছে।
- ১৬) এককীটপত্রী (monocotyledons) উৎপত্তি হয়েছে দ্বিকীটপত্রী (dicotyledons) থেকে একটি কীটপত্র (cotyledon) অল্প (abortion) বা বাদ যাওয়ার মাধ্যমে।
- ১৭) ফলিকুল (follicle) কনটিবে প্রাচীন মনে করা হয়। অপরদিকে, শুষ্ক এবং বিদারী (dry and dehiscent) ফল হল-রসালো এবং অবিদারী (fleshy and indehiscent) ফলের মূলসহ বেশি প্রাচীন।

1988 খ্রিস্টাব্দে, তিন পুষ্পবীজী (Angiosperms)-কে (Division—Magnoliophyta) 2টি শ্রেণিতে (classes) ভাগ করেন—ম্যাগনোলিওপসিডা (Magnoliopsida—Dicots) এবং লিলিওপসিডা (Liliopsida—Monocots)। শ্রেণি Magnoliopsida কে আবার 6টি উপশ্রেণিতে (subclass), 16টি বর্গে (orders) এবং 320টি গোত্রে (families) ভাগ করেন—যার মধ্যে রয়েছে 169,000টি প্রজাতি (species)। শ্রেণি (class) Liliopsida আবার 5টি উপশ্রেণি (subclasses) 10টি বর্গ (orders) এবং 66টি গোত্রে (families) বিভক্ত, যার মধ্যে রয়েছে 49,000টি প্রজাতি (species)।

- ① বৃত্তিম, স্বাভূতিক ও উদাত্ৰনিতাত ঙ্ৰনীবিন্গস সাত্ৰিৰ সূনসাত্ৰনক আনো  
কৰ,
- ② বেন্ৰাস ও সূকাত্ৰেৰ ঙ্ৰনীবিন্গস সাত্ৰি-আনোচনা কৰ,
- ③ ব্ৰনুক্যৰ্শ্ৰে ঙ্ৰনীবিন্গসৰ আৰ্ৰদন নীতিসূনি লেচ,