উপক্রমণিকা

মহান দেশনায়ক সুভাষচন্দ্র বসুর নামাঙ্কিত নেতাজি সুভাষ মুক্ত বিশ্ববিদ্যালয়ের উন্মুক্ত শিক্ষাঙ্গনে আপনাকে স্বাগত। ২০২১-এ এই প্রতিষ্ঠান দেশের সর্বপ্রথম রাজ্য সরকারি মুক্ত বিশ্ববিদ্যালয় হিসেবে ন্যাক (NAAC) মূল্যায়নে "এ" গ্রেড প্রাপ্ত হয়েছে এবং ২০২৪-এ সমগ্র দেশের মুক্ত শিক্ষাব্যবস্থাক্ষেত্রে NIRF মূল্যায়নে দ্বিতীয় স্থান অধিকার করেছে। পাশাপাশি, ২০২৪-এই ১২B-র অনুমোদন প্রাপ্তি ঘটেছে।

বিশ্ববিদ্যালয় মঞ্জুরি কমিশন প্রকাশিত জাতীয় শিক্ষানীতি (NEP, ২০২০)-র নির্দেশনামায় সিবিসিএস পাঠক্রম পদ্ধতির পরিমার্জন ঘটানো হয়েছে। জাতীয় শিক্ষানীতি অনুযায়ী Curriculum and Credit Framework for Undergraduate Programmes (CCFUP)-এ চার বছরের স্নাতক শিক্ষাক্রমকে ছ'টি পৃথক প্রকরণে বিন্যস্ত করার কথা বলা হয়েছে। এগুলি হল — 'কোর কোর্স', 'ইলেকটিভ কোর্স', 'মাল্টি ডিসিপ্লিনারি কোর্স', 'স্কিল এনহান্সমেন্ট কোর্স', 'এবিলিটি এনহ্যান্সমেন্ট কোর্স' এবং 'ভ্যালু অ্যাডেড কোর্স'। ক্রেডিট পদ্ধতির ভিত্তিতে বিন্যস্ত এই পাঠক্রম শিক্ষার্থীর কাছে নির্বাচনাত্মক পাঠক্রমে পাঠ গ্রহণের সুবিধে এনে দেবে। এরই সঙ্গে যুক্ত হয়েছে ষান্মাসিক মূল্যায়ন ব্যবস্থা এবং ক্রেডিট ট্রান্সফারের সুযোগ। জাতীয় শিক্ষানীতি পরিমাণগত মানোন্নয়নের পাশাপাশি গুণগত মানের বিকাশ ঘটানোর লক্ষ্যে National Higher Education Qualifications Framework (NHEQF) এবং National Skills Qualification Framework (NSQF)-এর সঙ্গে সাযুজ্য রেখে চার বছরের স্নাতক পাঠক্রম প্রস্তুতির দিশা দেখিয়েছে। শিক্ষার্থী-কেন্দ্রিক এই ব্যবস্থা মূলত গ্রেড-ভিত্তিক, যা অবিচ্ছিন্ন ও অভ্যন্তরীণ মূল্যায়নের মাধ্যমে সার্বিক মূল্যায়নের দিকে অগ্রসর হবে এবং শিক্ষার্থীকে বিষয় নির্বাচনের ক্ষেত্রে যথোপযুক্ত সুবিধা দেবে। শিক্ষাক্রমের প্রসারিত পরিসরে বিবিধ বিষয় চয়নের সক্ষমতা শিক্ষার্থীকে দেশের অন্যান্য উচ্চশিক্ষা প্রতিষ্ঠানের আন্তঃব্যবস্থায় অর্জিত ক্রেডিট স্থানান্তরে সাহায্য করবে। শিক্ষার্থীর অভিযোজন ও পরিগ্রহণ ক্ষমতা অনুযায়ী পাঠক্রমের বিন্যাসই এই জাতীয় শিক্ষানীতির লক্ষ্য। উচ্চশিক্ষার পরিসরে এই পদ্ধতি এক বৈকল্পিক পরিবর্তনের সূচনা করেছে। আগামী ২০২৫-২৬ শিক্ষাবর্ষ থেকে স্নাতক স্তরে এই নির্বাচনভিত্তিক পাঠক্রম কার্যকরী করা হবে, এই মর্মে নেতাজি সুভাষ মুক্ত বিশ্ববিদ্যালয় সিদ্ধান্ত গ্রহণ করেছে। বর্তমান পাঠক্রমগুলি উচ্চশিক্ষা ক্ষেত্রের নির্ণায়ক কৃত্যকের যথাবিহিত প্রস্তাবনা ও নির্দেশাবলী অনুসারে রচিত ও বিন্যস্ত হয়েছে। বিশেষ গুরুত্বারোপ করা হয়েছে সেইসব দিকগুলির প্রতি যা ইউ.জি.সি-র জাতীয় শিক্ষানীতি, ২০২০ কর্তৃক চিহ্নিত ও নির্দেশিত।

মুক্ত বিশ্ববিদ্যালয়ের ক্ষেত্রে স্ব-শিক্ষা পাঠ-উপকরণ শিক্ষার্থী-সহায়ক পরিষেবার একটি গুরুত্বপূর্ণ অংশ। সি.বি.সি.এস পাঠক্রমের এই পাঠ-উপকরণ মূলত বাংলা ও ইংরেজিতে লিখিত হয়েছে। শিক্ষার্থীদের সুবিধের কথা মাথায় রেখে আমরা ইংরেজি পাঠ-উপকরণের বাংলা অনুবাদের কাজেও এগিয়েছি। বিশ্ববিদ্যালয়ের আভ্যন্তরীণ শিক্ষকরাই মূলত পাঠ-উপকরণ প্রস্তুতির ক্ষেত্রে অগ্রণী ভূমিকা নিয়েছেন, যদিও পূর্বের মতোই অন্যান্য বিদ্যায়তনিক প্রতিষ্ঠানের সঙ্গে সংযুক্ত অভিজ্ঞ বিশেষজ্ঞ শিক্ষকদের সাহায্য আমরা অকুণ্ঠচিত্তে গ্রহণ করেছি। তাঁদের এই সাহায্য পাঠ-উপকরণের মানোন্নয়নে সহায়ক হবে বলেই বিশ্বাস। নির্ভরযোগ্য ও মূল্যবান বিদ্যায়তনিক সাহায্যের জন্য আমি তাঁদের আন্তরিক অভিনন্দন জানাই। এই পাঠ-উপকরণ মুক্ত বিশ্ববিদ্যালয়ের শিক্ষণ পদ্ধতি প্রকরণে নিঃসন্দেহে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা নেবে। উন্মুক্ত শিক্ষাঙ্গনের পঠন প্রক্রিয়ায় সংযুক্ত সকল শিক্ষকের সদর্থক ও গঠনমূলক মতামত আমাদের আরও সমৃদ্ধ করবে। মুক্ত শিক্ষাক্রমে উৎকর্ষের প্রশ্নে আমরা প্রতিশ্রুতিবদ্ধ।

পাঠ-উপকরণ প্রস্তুতির সঙ্গে সংশ্লিষ্ট সকল শিক্ষক, আধিকারিক ও কর্মীদের আমি আন্তরিক অভিনন্দন জানাই এবং ছাত্রদের সর্বাঙ্গীণ সাফল্য কামনা করি।

অধ্যাপক (ড.) ইন্দ্রজিৎ লাহিড়ি
উপাচার্য

Netaji Subhas Open University

Four Year Undergraduate Degree Programme
Under National Higher Education Qualifications Framework (NHEQF)
& Curriculum and Credit Framework for Undergraduate Programmes
Bachelor of Science (Honours) (Botany) [NBT]
Course Type: Discipline Specific Core (DSC)
Course Title: Plant Ecology and Phytogeography
Course Code: 5CC-BT-02

প্রথম মুদ্রণ : মার্চ, 2025

বিশ্ববিদ্যালয় মঞ্জুরি কমিশনের দূরশিক্ষা ব্যুরোর বিধি জাতীয় শিক্ষানীতি (2020) অনুযায়ী মুদ্রিত।
Printed in accordance with the regulations of the Distance Education Bureau of the University Grants Commission & NEP-2020.

Netaji Subhas Open University
Four Year Undergraduate Degree Programme
Under National Higher Education Qualifications Framework (NHEQF) & Curriculum and Credit Framework for Undergraduate Programmes
Bachelor of Science (Honours) (Botany) [NBT]
Course Type: Discipline Specific Core (DSC)
Course Title: Plant Ecology and Phytogeography
Course Code: 5CC-BT-02

সদস্য সমিতি

প্রফেসর (ড.) বিভাস গুহ
(Chairperson)
Director, School of Sciences
Netaji Subhas Open University

ড. স্বপন ভট্টাচার্য
Associate Professor of Botany
Netaji Subhas Open University

শ্রী সন্দীপ দাস
Assistant Professor of Botany
Netaji Subhas Open University

(ড.) সঞ্জীব কুমার চট্টোপাধ্যায়
Assistant Professor of Botany
Netaji Subhas Open University

প্রফেসর (ড.) অলোক ভট্টাচার্য্য
Retd. Professor of Botany
University of Burdwan

প্রফেসর (ড.) সঞ্জয় গুহ রায়
Professor of Botany
West Bengal State University

ড. শ্যামল কুমার চক্রবর্তী
Retd. Associate Professor of Botany, WBES
Bidhannagar Govt. College

ড. শুভাশিস পাণ্ডা
Principal
Govt. General Degree College,
Chapra, Nadia

ড. সুশোভন বেরা
Associate Professor of Botany
Jogamaya Devi College, Kolkata

: রচনা :

ড. নারায়ণ চন্দ্র কর্মকার
Associate Professor of Botany
Barasat Govt. College

: সম্পাদনা :

প্রফেসর (ড.) শমিত রায়
Professor of ENVS
Netaji Subhas Open University

: বিন্যাস সম্পাদনা :

শ্রী সন্দীপ দাস
Assistant Professor of Botany
Netaji Subhas Open University

প্রজ্ঞাপন

এই পাঠ-সংকলনের সমুদয় স্বত্ত্ব নেতাজি সুভাষ মুক্ত বিশ্ববিদ্যালয়ের দ্বারা সংরক্ষিত। বিশ্ববিদ্যালয় কর্তৃপক্ষের লিখিত অনুমতি ছাড়া এর কোনো অংশের পুনর্মুদ্রণ বা কোনোভাবে উদ্ধৃতি সম্পূর্ণ নিষিদ্ধ।

অনন্যা মিত্র
নিবন্ধক (অতিরিক্ত ভারপ্রাপ্ত)

Netaji Subhas Open University

সাম্মানিক উদ্ভিদ বিদ্যা
5CC-BT-02

Course : উদ্ভিদ বাস্তব্যবিদ্যা এবং উদ্ভিদ ভূগোলবিদ্যা **(Plant Ecology & Phytogeography)**

Course Code : 5CC-BT-02

MODULE–I

উদ্ভিদ বাস্তব্যবিদ্যা **(Plant Ecology)**

একক–1	:	উদ্ভিদ বাস্তব্যবিদ্যা-সংজ্ঞা, শাখাসমূহ এবং মানব সভ্যতায় উদ্ভিদ বাস্তব্যবিদ্যার প্রাসঙ্গিকতা	9
একক–2	:	বাস্তুতন্ত্র—ধারণা এবং বাস্তুতন্ত্রের প্রকারভেদ, বাস্তুতন্ত্রের জৈবিক এবং অজৈব উপাদান সমূহ, বাস্তুতন্ত্রে শক্তি প্রবাহ	18
একক–3	:	পুষ্টি চক্র বা পরিপোষক চক্র (কার্বন চক্র, নাইট্রোজেন চক্র ও ফসফরাস চক্র), জৈব আন্তঃসম্পর্ক	45
একক–4	:	উদ্ভিদ সম্প্রদায় : সংজ্ঞা, হ্যাবিট্যাট ও নিচ্, ইকোটোন ও প্রান্তিয় প্রভাব, কীস্টোন প্রজাতির গুরুত্ব, উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের গতিময়তা এবং উদ্ভিদ পর্যায়ক্রমের প্রকারভেদ—প্রাথমিক ও গৌণ পর্যায়ক্রম	62
একক–5	:	বাস্তুসংস্থানগত প্রভাবক সমূহ : মাটি, জল, আলোক এবং তাপমাত্রা; সীমান্ত প্রভাবক তত্ত্ব	95
একক–6	:	আবহমণ্ডল এবং উদ্ভিদের প্রতিক্রিয়া–I : লবনাম্বু উদ্ভিদ এবং জাঙ্গল উদ্ভিদের অঙ্গাসংস্থানিক, শারীরস্থানিক এবং শারীরবৃত্তীয় অভিযোজন	124
একক–7	:	আবহমণ্ডল এবং উদ্ভিদের প্রতিক্রিয়া–II : জলজ উদ্ভিদের অঙ্গাসংস্থানিক শারীরস্থানিক এবং শারীরবৃত্তীয় অভিযোজন	149
একক–8	:	আবহমণ্ডল এবং উদ্ভিদ প্রতিক্রিয়া–III : সামমোফাইট, লিথোফাইট, সাইক্রোফাইট, সাক্যুলেন্ট বা রসালো উদ্ভিদ এবং তাদের অঙ্গাসংস্থানগত অভিযোজন	160
একক–9	:	পরিবেশ দূষণ : বায়ুদূষণ, জল দূষণ এবং উদ্ভিদের ওপর ইহাদের প্রভাব	169
একক–10	:	বিশ্ব পরিবেশ সমস্যা : গ্রীনহাউস গ্যাস সমূহ, বিশ্ব উষ্ণায়ন, ওজনস্তর হ্রাস, অম্লবৃষ্টি, এল নিনো এবং লা-নিনা	188

MODULE–II
উদ্ভিদভূগোল (Phytogeography)

একক–11	:	ভারতবর্ষের উদ্ভিদ ভৌগোলিক অঞ্চলসমূহ : রজার এবং পানওয়ার (1988) প্রদত্ত জীব ভৌগোলিক অঞ্চলের বিভাজন	213
একক–12	:	সীমাবদ্ধতা : সংজ্ঞা, সীমাবদ্ধতার কারণসমূহ, প্রকারভেদ, ভারতবর্ষের সীমাবদ্ধ উদ্ভিদসমূহ	231
একক–13	:	পূর্ব হিমালয়ের উদ্ভিদকুল	241
একক–14	:	পশ্চিম হিমালয়ের উদ্ভিদকুল	249
একক–15	:	সুন্দরবনের উদ্ভিদকুল	255
একক–16	:	জীববৈচিত্র্য ঃ সংজ্ঞা, মাত্রা, গুরুত্ব, জীববৈচিত্র্য হ্রাসের কারণ, জীববৈচিত্র্যের হটস্পট; আই.ইউ.সি.এন, বিপন্ন প্রজাতিসমূহের লাল তালিকা, ভারতবর্ষের বিপন্ন উদ্ভিদ সমূহ; রেড ডেটা বই	264
একক–17	:	উদ্ভিদ সংরক্ষণ : সংরক্ষণের গুরুত্ব, এক্স-সিটু এবং ইন-সিটু সংরক্ষণ; বায়োস্ফীয়ার রিজার্ভ; অভয়ারণ্য; জাতীয় উদ্যান	283

MODULE–I

বাস্তব্যবিদ্যা

(Plant Ecology)

একক–1 : উদ্ভিদ বাস্তব্যবিদ্যা- সংজ্ঞা, শাখাসমূহ এবং মানব সভ্যতায় উদ্ভিদ বাস্তব্যবিদ্যার প্রাসঙ্গিকতা (Plant Ecology– definition, branches, relevance to human civilization)

গঠন (Structure)

1.0 উদ্দেশ্য (Objectives)

1.1 প্রস্তাবনা (Introduction)

1.2 সংজ্ঞা (Definition)

1.3 উদ্ভিদ বাস্তব্যবিদ্যার শাখাসমূহ (Brahcnes of Plant Ecology)

1.4 মানব সভ্যতায় উদ্ভিদ বাস্তব্যবিদ্যার প্রাসঙ্গিকতা (Reilvance of Plant Ecological to human civilization)

1.5 সারাংশ (Summary)

1.6 প্রশ্নাবলী (Questions)

1.7 উত্তরমালা (Answers)

1.0 উদ্দেশ্য (Objectives)

এই এককটি পাঠ করে আমরা নিম্নলিখিত বিষয়গুলি সম্বন্ধে সম্যক ধারণা তৈরি করতে পারব।

- বাস্তব্যবিদ্যার সংজ্ঞা ও সংক্ষিপ্ত ইতিহাস।
- উদ্ভিদ বাস্তব্যবিদার বিভিন্ন শাখা।
- পরিবেশ বিজ্ঞান ও কৃষি বিজ্ঞানের সাথে বাস্তব্যবিদ্যার সম্পর্ক।

1.1 প্রস্তাবনা (Introduction)

পৃথিবীতে জীবনের আবির্ভাবের সময় থেকে শুরু করে বহু শত কোটি (billions) বছর ব্যাপি একাধিক ভূতাত্ত্বিক যুগ ও পর্যায়-এর (geological era and periods) প্রবাহে বিবর্তনের মাধ্যমে প্রাচীন থেকে ক্রম উন্নততর জীব সম্প্রদায়ের আবির্ভাব ও বিস্তার ঘটেছে। এইভাবে ক্রমে ক্রমে বর্তমান পৃথিবীর বৈচিত্রপূর্ণ জীবমণ্ডলের (biosphere) সৃষ্টি হয়েছে।

জীব সম্প্রদায় তাদের জীবনধারন ও নানা জৈবনিক ক্রিয়াকলাপের জন্য পরিবেশের জৈব এবং অজৈব উপাদান সমূহ আহরণ করে নিজস্ব দেহের অনুসমগ্রে আত্তিকরণ করে। জীবের মৃত্যুর পর মৃতদেহ পরিবেশের নানা অনুজীব দ্বারা সম্পূর্ণ বিয়োজিত হয়ে অজৈব উপাদানে ফিরে আসে। এইভাবে জীবসম্প্রদায় ও অজৈব পরিবেশের মধ্যে আণবিক স্তরে পারস্পরিক আদান-প্রদান ও রূপান্তর ঘটে। জীবকুল সমূহের মধ্যে নিবিড় আন্তপ্রজাতিয় সম্পর্ক এবং অজৈব পরিবেশের সঙ্গো অবিচ্ছেদ্য আন্ত:ক্রিয়ার সম্পর্ক দ্বারা জীবমণ্ডলে জীবের অস্তিত্ব, জীববৈচিত্র এবং বিবর্তনের ধারা বজায় থাকে ইহাই বাস্তব্যবিদ্যার মুখ্য আলোচ্য বিষয়।

1.2 সংজ্ঞা (Definition)

উদ্ভিদ বিদ্যার যে শাখায় উদ্ভিদকুলের সাথে পরিবেশের আন্তঃক্রিয়া ও তাহার ফলাফল আলোচনা করে তাহাকেই উদ্ভিদ বাস্তব্যবিদ্যা (Plant Ecology) বলে।

বিশিষ্ট ফরাসী প্রাণীবিজ্ঞানী জিওফ্রে এস হাইলেয়ার (Geoffroy S. Halaire) 1856, জীবজগতের সহিত পরিবেশের সম্পর্ককে ইথোলজি (Ethology) নামে অবহিত করেন।

জার্মান বিজ্ঞানী এইচ রাইটের (H. Reiter) 1885, প্রথম ইকোলজি (Oekologie) শব্দটি ব্যবহার করেন। গ্রীক শব্দদ্বয় 'Oikos' অর্থ বাসস্থান এবং 'Logos' অর্থ জ্ঞান থেকে ইকোলজি (Ecology) শব্দটি এসেছে।

প্রবাহমান সময়ের সাথে সাথে বিভিন্ন কালের প্রখ্যাত বাস্তব্যবিদগণ বাস্তব্যবিদ্যার ভিন্ন ভিন্ন সংজ্ঞা দিয়েছেন। সেখান থেকে কয়েকটি সংজ্ঞার উল্লেখ করা হল—

জার্মান বিজ্ঞানী আরনস্ট হেকেল (Ernst Hiekel,) 1866 -এর মতে বিভিন্ন জীবকুলের নিজেদের মধ্যে এবং পরিবেশের সঙ্গো পারস্পরিক সম্পর্কের সর্বমুখী বিজ্ঞানই হল বাস্তব্যবিদ্যা।

বিজ্ঞানী এফ. ই. ক্লিমেন্টস্ (Frederic Edward Clements) 1916-এর মতে ইকোলজি হল জীবসম্প্রদায়ের বিজ্ঞান।

ডাব্লু. সি. অ্যালি (W. C. Allee) 1945, বলেছেন বাস্তব্যবিদ্যা হল জীবের সঙ্গো তার প্রাকৃতিক ও জৈবিক পরিবেশের পারস্পরিক সম্পর্কের চর্চা।

এ. এম. উডবেরী (Angus M. Woodbury) 1954-এর মতে বাস্তব্যবিদ্যা হল এমন এক বিজ্ঞান যা জীবকুলকে প্রাকৃতিক পরিবেশের সাপেক্ষে বিশ্লেষণ করে।

ই. পি. ওডাম (E. P. Odum) 1963-এর মতে প্রাকৃতিক পরিবেশের গঠনশৈলী ও ক্রিয়াপ্রণালী সংক্রান্ত অধ্যয়নকে ইকোলজি বা বাস্তব্যবিদ্যা বলে।

বিজ্ঞানী ফিলিপসন (Phillipson) 1970-এর মতে বিজ্ঞানের যে শাখায় জীবজগতের সহিত ভৌত ও জৈব পরিবেশের প্রভাবজনিত সম্পর্ক আলোচিত হয় তাহাকে ইকোলজি বা বাস্তব্যবিদ্যা বলে।

বিজ্ঞানী আর. এল. স্মিথ (R. L. Smith) 1972 তার পুস্তক "এলিমেন্টস অব ইকোলজি এবং ফিল্ড বায়োলজি" তে বাস্তব্যবিদ্যাকে একটি বহুমুখী বিজ্ঞান হিসেবে উল্লেখ করেছেন যেখানে জীবকূল ও তার পরিবেশের সম্পর্কের আলোচনা করা হয়।

চার্লস্ জে ক্রেবস্ (Charls J. Krebs) 1972-এর মতে সকল জীবের বিস্তার ও প্রাচুর্য নির্ণয়কারী পারস্পরিক আন্তক্রিয়া সমূহের বিজ্ঞানভিত্তিক পঠন পাঠনকে বাস্তব্যবিদ্যা বলে।

ভারতীয় বাস্তব্যবিদ্ আর মিশ্রর (R. Misra) 1967-এর মতে জীবপ্রজাতির গঠন ও কার্যকারিতার সঙ্গে পরিবেশের নানা প্রভাবকের আন্ত:ক্রিয়া সম্বন্ধে জ্ঞান অর্জনকেই বাস্তব্যবিদ্যা বলে।

বাস্তব্যবিদ্যার উপরিউক্ত প্রায় সকল সংজ্ঞাতেই মূলত জীবসম্প্রদায় ও পরিবেশের আন্তঃক্রিয়া এবং তার সকল প্রকার প্রভাব এর বিজ্ঞানসম্মত আলোচনার কথাই উল্লেখ করা হয়েছে।

1.3 উদ্ভিদ বাস্তব্যবিদ্যার শাখাসমূহ (Branches of Plant Ecology)

ভিন্ন ভিন্ন মানদণ্ডের ভিত্তিতে বিভিন্ন অভিমুখে বাস্তব্যবিদার নানা শাখার প্রতিষ্ঠা হয়েছে। নিম্নে তার বিশেষ কিছুর উল্লেখ করা হল—

উদ্ভিদ বাস্তব্যবিদ্যাকে প্রায়শ দুইটি প্রধান ভাগে বিভক্ত করা হয়—

(ক) স্বয়ম্ভবাস্তব্যবিদ্যা বা ব্যষ্টি বাস্তব্যবিদ্যা (Autecology) : এখানে কোন একটি নির্দিষ্ট অঞ্চলের অধিবাসী উদ্ভিদ প্রজাতির জীবনবৃত্তান্ত, সেই উদ্ভিদগোষ্ঠীর গতিধারা (Population dynamics), চারিত্রিক ভঙ্গিমা (behaviour), বিস্তার সীমা, প্রাচুর্য ইত্যাদির ওপর পরিবেশের প্রভাব আলোচিত হয়। ইহাকে জনসংখ্যা বাস্তব্যবিদ্যাও বলা হয় (species ecology or population ecology)।

(খ) সমষ্টি বা যৌথবাস্তব্যবিদ্যা (Synecology) : এখানে একটি নির্দিষ্ট অঞ্চলের বিভিন্ন উদ্ভিদ প্রজাতিগোষ্টি সমূহের সমন্বয়ে গঠিত উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের (Plant community) মধ্যে পারস্পরিক এবং পরিবেশের সহিত আন্তঃক্রিয়া আলোচিত হয়।

উদ্ভিদ বাস্তব্যবিদ্যার বিভিন্ন শাখাগুলি নিচে উল্লেখ করা হল ঃ

- জনসংখ্যা বাস্তব্যবিদ্যা (Population Ecology) : এখানে একই প্রজাতির অন্তর্গত জৈব একক সমগ্রের (species individuals) বাস্তব্য বৈশিষ্ট্য আলোচিত হয়। এদের পারিপার্শ্বিক

এবং পারস্পরিক নির্ভরতা ও আন্তঃক্রিয়া দ্বারা নির্ধারিত বৃদ্ধির হার, বিস্তার পদ্ধতি, উত্তরজীবীতার প্রকৃতি (survivorship pattern) ইত্যাদি আলেচিত হয়।

- সম্প্রদায় বাস্তব্যবিদ্যা (Community Ecology) : কোন নির্দিষ্ট স্থানে বসবাসকারী সম্মিলিত প্রজাতি সমগ্রের পারিপার্শ্বিক ও পারস্পরিক নির্ভরতা ও আন্ত:ক্রিয়া পর্যালোচনা করা হয়।
- বাস্তুরীতি বাস্তব্যবিদ্যা (Ecosystem Ecology) : ইহা এক প্রকার যৌথ বাস্তব্যবিদ্যা যেখানে প্রকৃতির কোন বাসস্থানে জৈব সমপ্রদায় সমূহের এবং পারিপার্শ্বিক অজৈব উপাদানসমূহের পারস্পরিক শক্তি ও পদার্থের আদান প্রদান সম্পর্কিত আন্তঃক্রিয়া আলোচিত হয়।
- ভূমিতি বাস্তব্যবিদ্যা (Landscape Ecology) : এখানে প্রাকৃতিক পরিসীমাবেষ্টিত একটি একক ভূখণ্ডে (a unit of land) অবস্থিত একাধিক বাস্ততন্ত্রসমূহের পারস্পরিক সম্পর্ক এবং আন্তক্রিয়া আলোচিত হয়।
- জীবমিতি বাস্তব্যবিদ্যা (Biome Ecology) : ভূপৃষ্ঠের নির্দিষ্ট জলবায়ুমণ্ডল দ্বারা নির্ধারিত বিস্তৃর্ণ অঞ্চল জুড়ে বিস্তৃত ভূখণ্ডের জীবকুল সমূহের মুখ্য প্রকৃতি, বিস্তার এবং আন্ত:ক্রিয়া সমূহ এই শাখায় আলোচিত হয়।
- সংরক্ষণ বাস্তব্যবিদ্যা (Conservation Ecology) : বাস্তব্যবিদ্যার এই শাখায় বৈচিত্র্য এবং প্রাকৃতিক সম্পদ সমূহের সংরক্ষণ এবং কৌশলগত ব্যবহার আলোচিত হয়।
- প্রত্নবাস্তব্যবিদ্যা (Palaeoecology) : এই শাখায় প্রত্নযুগের জীবকুল এবং তখনকার পরিবেশগত অবস্থাসমূহ আলোচিত হয়।
- মহাকাশ বাস্তব্যবিদ্যা (Space Ecology) : ইহা বাস্তব্য বিদ্যার সাম্প্রতিক কালে সৃষ্ট একটি শাখা যেখানে দীর্ঘ মহাকাশ অভিযান কালে বাহিত বা সৃষ্ট কিংবা ব্যবহৃত জীবন পরিপোষণক্ষম (life supporting) আংশিক বা পূর্ণ পুনরুৎপাদনশীল বাস্তুতন্ত্র সম্পর্কে আলোচনা করা হয়।
- মানব বাস্তব্যবিদ্যা (Human Ecology) : ইহা মানবজাতির জনসংখ্যাগত (human population) বাস্তব্যবিদ্যা যেখানে পারিপার্শ্বিক পরিবেশ তথা জীবমণ্ডলের ওপর মানবজাতির প্রভাব ও প্রতিক্রিয়া আলোচিত হয়।
- অভিব্যক্তিমূলক বাস্তব্যবিদ্যা (Evolutionary Ecology) : এখানে বাস্ততন্ত্রের নানা প্রভাবকের প্রভাবে বিভিন্ন জীব প্রজাতি গোষ্ঠির প্রকৃতিগত ও জিনগত পরিবর্তন এবং জীবের অভিব্যক্তিতে বাস্তুতন্ত্রের প্রভাব আলোচিত হয়।
- ব্যবহারিক বাস্তব্যবিদ্যা (Applied Ecology) : বাস্তব্যবিদ্যার এই শাখায় বাস্ততন্ত্রের ধ্যান ধারণা সমূহ মানবজাতির প্রয়োজন ও কল্যাণে প্রয়োগের নানা দিক নিয়ে আলোচনা করা হয়।

- রাসায়নিক বাস্তব্যবিদ্যা (Chemical Ecology) : এই শাখায় বিভিন্ন জীবগোষ্ঠীর নিজেদের মধ্যে ও পরিবেশের সঙ্গো রাসায়নিক সম্পর্কের আন্তঃক্রিয়া আলোচনা করা হয়। এছাড়াও বিশেষ কোন রাসায়নিক পদার্থের সাপেক্ষে বিশেষ অগ্রাধিকার প্রাপ্ত জীবগোষ্ঠীর অভিযোজন ও প্রতিক্রিয়া আলোচিত হয়।
- বিকরণ বাস্তব্যবিদ্যা (Radiation Ecology) : পরিবেশ ও জীবগোষ্ঠীর ওপর বিভিন্ন তেজস্ক্রিয় রশ্মি এবং তেজস্ক্রিয় পদার্থের সার্বিক প্রভাব আলোচনা করা হয়।
- সিস্টেম ইকোলজি বা পদ্ধতিগত বাস্তব্যবিদ্যা (System Ecology) : ইহা বাস্তব্যবিদ্যার একটি উন্নত শাখা যাহা ব্যবহারিক গণিত যেমন পুরঃসর পরিসংখ্যা, গাণিতিক নক্সা, কম্পিউটার বিজ্ঞান ইত্যাদি ব্যবহার করে বিভিন্ন বাস্তুতন্ত্রের গঠন ও ক্রিয়াকলাপ বিশ্লেষণ করে।
- শারীরবৃত্তীয় বাস্তব্যবিদ্যা (Physiological Ecology) : এই শাখায় কোন নির্দিষ্ট স্থানের বাস্তু সংস্থানগত বিভিন্ন অবস্থার সাথে সেখানে বসবাসকারী জীব প্রজাতির জৈবিক ক্রিয়াকলাপের সমন্বয় সাধন সম্পর্কে আলোচনা করা হয়।
- বাসস্থান বা বসতি বাস্তব্যবিদ্যা (Habitat Ecology) : পৃথিবীর বিভিন্ন প্রকার বাসস্থান যেমন জল, স্থল, সমুদ্র, তৃণভূমি, বনাঞ্চল ইত্যাদি বাস্তুতন্ত্রের আলোচনা এবং সেখানে বসবাসকারী জীবকুলের ওপর বাসস্থানের নানা উপাদানসমূহের প্রভাব ও আন্তঃক্রিয়া চর্চা করা হয়।

1.4 মানবসভ্যতায় উদ্ভিদ বাস্তব্যবিদ্যার প্রাসঙ্গিকতা (Relevance of Plant ecology to human civilization)

পৃথিবীর পৃষ্ঠের বিভিন্ন ভূখণ্ডের প্রাকৃতিক পরিবেশে বিভিন্ন প্রজাতির উদ্ভিদ গোষ্ঠীর বিস্তার (distribution), প্রাধান্য (dominance) ও আধিক্য (abundance) দেখা যায়। বাসস্থানের ভূপ্রকৃতি ও পরিবেশের প্রভেদে অভিযোজিত জীবকুলের প্রজাতি প্রকার (species composition), প্রজাতি প্রাচুর্য (species richness), আকার ও আকৃতির বিভিন্নতায় বাস্তুরীতি বৈচিত্র্য (Ecosystem diveresity) লক্ষিত হয়। এই জৈব বৈচিত্রের প্রত্যক্ষ ও পরোক্ষ প্রভাব মানবজাতির অস্তিত্ব রক্ষা করে।

বিজ্ঞান ও ব্যবহারিক প্রযুক্তিবিদ্যায় উদ্ভিদ বাস্তুব্যবিদার সক্রিয় ভূমিকা দেখা যায়। কৃষিবিজ্ঞান ও শিল্পের সাথে বাস্তব্যবিদ্যার সম্পর্ক নিবিড়। এছাড়াও মাটির ক্ষয়রোধ, পাহাড়ি ধস ও বন্যা নিয়ন্ত্রণ,

বনসৃজন ও সংরক্ষণ, নগর পরিকল্পনা, সামাজিক সবুজায়ন ইত্যাদি ক্ষেত্রে বাস্তব্যবিদ্যার জ্ঞান অত্যাবশ্যক।

মানব সভ্যতার বিকাশ ও অর্থনৈতিক সমৃদ্ধিতে প্রাকৃতিক পরিবেশের সঙ্গে সুষ্ঠ সমন্বয় সাধন অত্যাবশ্যকীয় যেখানে বাস্তব্যবিদ্যার জ্ঞান প্রয়োজন।

1.5 সারাংশ (Summary)

বাস্তব্যবিদ্যার বিভিন্ন প্রজাতিগোষ্ঠী (Population), জীবসম্প্রদায় (Community), বৈশাদৃশ্য প্রজাতিগোষ্ঠী (ecad), পরিবেশ নির্ণিত সপ্রজাতিগোষ্ঠী (ecotype), সম্প্রদায় সংমিশ্রণ (ecotone), উদ্ভিদ পর্যায় (Plant succession), জীবমিতি (biome), জীবমণ্ডল (Biosphere), বাস্তুতন্ত্র (ecosystem), খাদ্যশৃঙ্খল, শক্তি প্রবাহ, জৈবভর (biomas), জীববৈচিত্র (biodiversity) ইত্যাদি সম্বন্ধে অনুসন্ধান ও জ্ঞান অর্জনের দ্বারা আমরা মানবজাতির বাস্তুসম্পর্কীয় অবস্থা (ecological status) নির্ণয় ও অনুমান করতে পারি। সেইমত পরিবেশের অজৈব ও জৈব সম্পদগুলিকে সংরক্ষণ বা সুস্থিত ব্যবহার (sustainable use) দ্বারা মানব সভ্যতার ভবিষ্যৎ সুরক্ষিত করতে পারি।

বাস্তব্যবিদ্যার চর্চা প্রসারে বিশ্ব বাস্তুতন্ত্রে (global ecosystem) প্রতিটি জীব প্রজাতির প্রত্যক্ষ ও পরোক্ষ ভূমিকা ও প্রত্যেকের অস্তিত্ব বজায় থাকার প্রয়োজনীয়তা উপলব্ধ হয়েছে। পরিবেশের সংরক্ষণ এবং মানবজাতির সুস্থিত উন্নয়ন (sustainable development) এ মানুষের সচেতনা বৃদ্ধি পেয়েছে। পরিবেশ সচেতনতার প্রচার ও প্রসারে আমরা প্রাকৃতিক সম্পদের নিয়ন্ত্রিত আহরণ দ্বারা পরিবেশ রক্ষা ও বিশুদ্ধকরণে অধিকতর ব্রতী হয়েছি। এক্ষেত্রে বিজ্ঞান, প্রযুক্তি ও জৈবপ্রযুক্তির ব্যবহার দ্বারা আমাদের দৈনন্দিন ক্রিয়াকলাপ, প্রকল্প ও উৎপাদন সমূহ পরিবেশ বান্ধব করে তুলতে অগ্রণী হয়েছি।

বাস্তব্যবিদ্যার চর্চার দ্বারা আমরা আমাদের পারিপার্শ্বিক প্রকৃতি ও পরিবেশকে নিবিড়ভাবে জানতে পারি। পরিবেশের স্বাভাবিক সহনযোগ্য ভারসাম্যের তারতম্য জনিত সমস্যা নির্ণয় এবং সমাধানে বাস্তব্যবিদ্যার প্রয়োগ অত্যাবশ্যকীয়।

1.6 মডেল প্রশ্নাবলী (Model Questions)

I. বহু নির্বাচনী প্রশ্ন (MCQ) :

1. ইকোলজি শব্দটি প্রথম ব্যবহার করেন কোন বিজ্ঞানী?
   (a) চার্লস্ ডারউইন (b) এইচ্ রাইটের (c) ই. পি. ওডাম (d) আর. এল. স্মিথ্

2. বাস্তব্যবিদ্যার যে শাখায় একটি প্রজাতি গোষ্ঠির সাথে পরিবেশের আন্তঃক্রিয়ার আলোচনা করা হয় তাকে বলে—
   (a) ইকোসিস্টেম (b) আইটেকোলজি (c) সিনেকোলজি (d) পরিবেশ ইকোলজি
3. বাস্তব্যবিদ্যায় "Oikos" শব্দটির অর্থ কি?
   (a) জীবসম্প্রদায় (b) পরিবেশ (c) বাসস্থান (d) বায়ুমণ্ডল
4. 'ইকোলজি' শব্দটি সংজ্ঞাসহ প্রথম ব্যবহার করেন কোন বিজ্ঞানী?
   (a) আর্নস্ট্ হেকেল্ (b) এফ্. ই. ক্লিমেন্টস্
   (c) ডাব্লু. সি. অ্যালি (d) সি. জে. ক্রেব্স
5. বাস্তব্যবিদ্যার যে শাখায় বিভিন্ন প্রজাতি সমগ্রের পারস্পরিক আন্তঃক্রিয়া পর্যালোচনা করা হয় তাকে বলে—
   (a) বায়োম ইকোলজি (b) পপুলেশন ইকোলজি
   (c) সংরক্ষণ ইকোলজি (d) কমিউনিটি ইকোলজি
6. বায়োম ইকোলজি বলতে বোঝায়—
   (a) নির্দিষ্ট জলবায়ুমণ্ডল দ্বারা নির্ধারিত বিস্তৃর্ণ ভূখণ্ডের বাস্তুতন্ত্র
   (b) প্রাকৃতিক পরিসীমা বেষ্ঠিত কোন একক ভূখণ্ডের বাস্তুতন্ত্র
   (c) কোন বনাঞ্চলের বাস্তুতন্ত্র
   (d) স্বাদুজলের বাস্তুতন্ত্র
7. বাস্তব্যবিদ্যার এই শাখায় ব্যবহারিক গণিত, গাণিতিক নক্সা, কম্পিউটার এর জ্ঞান প্রভৃতি ব্যবহার করা হয়—
   (a) সিস্টেম ইকোলজি (b) হ্যাবিট্যাট ইকোলজি
   (c) অ্যাপ্লায়েড ইকোলজি (d) স্পেস ইকোলজি
8. বাস্তব্যবিদ্যার যে শাখায় বিভিন্ন জীবগোষ্ঠীর জিনগত পরিবর্তন এবং অভিব্যক্তিতে বাস্তুতন্ত্রের প্রভাব আলোচনা করা হয় তাকে বলে—
   (a) ফিজিওলজিক্যাল বাস্তব্যবিদ্যা (b) ইভোলিউশনারী বাস্তব্যবিদ্যা
   (c) রাসায়নিক বাস্তব্যবিদ্যা (d) সিস্টেম বাস্তব্যবিদ্যা
9. কোন ক্ষেত্রে বাস্তব্যবিদ্যার জ্ঞান বিশেষভাবে উপেক্ষা করা হয়—
   (a) মাটি সংরক্ষণ ও বন্যা নিয়ন্ত্রণ (b) বনসৃজন ও নগর পরিকল্পনা
   (c) কৃষি বিজ্ঞান ও সামাজিক সবুজায়ন (d) গ্রীণহাউস এফেক্ট এবং বিশ্ব উষ্ণায়ন

10. পৃথিবীর বিভিন্ন বাস্তুরীতিতে কোন বক্তব্যটি প্রযোজ্য নয়—
    (a) ভিন্ন ভিন্ন বাস্তুরীতিতে ভিন্ন ভিন্ন জীব বৈচিত্র্য দেখা যায়
    (b) ভিন্ন ভিন্ন বাস্তুরীতিতে ভিন্ন ভিন্ন প্রজাতি প্রাচুর্য এবং প্রজাতি প্রাধান্য দেখা যায়
    (c) ভিন্ন ভিন্ন বাস্তুরীতিতে একই প্রজাতি প্রকার এবং একই প্রজাতি প্রাধান্য দেখা যায়
    (d) ভিন্ন ভিন্ন বাস্তুরীতিতে ভিন্ন ভিন্ন আন্তঃপ্রজাতিয় আন্তঃক্রিয়া দেখা যায়

II. সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন ঃ

1. কে প্রথম ইকোলজি শব্দটি ব্যবহার করেন?
2. বিজ্ঞানী হেকেল্ বাস্তব্যবিদ্যা বলতে কি বুঝিয়েছেন?
3. ভারতীয় বাস্তব্যবিদ আর. মিশ্র বাস্তব্যবিদ্যার অর্থ কি বলেছেন?
4. বিজ্ঞানী ওডাম-এর মত অনুযায়ী বাস্তব্যবিদ্যার সংজ্ঞা লিখুন।
5. ভূমিতি বাস্তব্যবিদ্যা এবং জীবমিতি বাস্তব্যবিদ্যা বলতে বোঝায়?
6. বাস্তব্যবিদ্যার কোন শাখায় উদ্ভিদ গোষ্ঠির গতিধারা আলোচিত হয়?
7. সিনইকোলজির আলোচ্য বিষয় কি?
8. মানব সভ্যতার কয়েকটি ক্ষেত্রের উল্লেখ করুন যেখানে বাস্তব্যবিদ্যার প্রভাব রয়েছে?

III. রচনাধর্মী প্রশ্ন ঃ

1. বিজ্ঞানী হেকেল্, অ্যালি, ওডাম, স্মিথ এবং আর মিশ্র অনুযায়ী বাস্তব্যবিদ্যার সংজ্ঞা লিখুন।
2. সয়ম্ভবাস্তব্যবিদ্যা এবং সমষ্টি বাস্তব্যবিদ্যা বলতে কি বোঝায় লিখুন।
3. পপুলেশন ইকোলজি থেকে বায়োম ইকোলজি পর্যন্ত ক্রমবর্ধমান বিভাগগুলির সংজ্ঞা লিখুন।
4. কনজার্ভেশন ইকোলজি, প্যালিওইকোলজি, স্পেস ইকোলজি, কেমিক্যাল ইকোলজি এবং রেডিয়েশন ইকোলজির সংজ্ঞা লিখুন।
5. মানব সভ্যতায় উদ্ভিদ বাস্তব্যবিদ্যার প্রাসঙ্গিকতা সংক্ষেপে আলোচনা করুন।

1.7 উত্তরমালা (Answers)

I. অনুশীলনীর উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
উত্তর :	b	b	c	a	d	a	a	b	d	c

II. সংক্ষিপ্ত প্রশ্নের উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4	5	6	7	8
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4

III. রচনাধর্মী প্রশ্নের উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4	5
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4

একক–2 : বাস্তুতন্ত্র—ধারণা এবং বাস্তুতন্ত্রের প্রকারভেদ, বাস্তুতন্ত্রের জৈব এবং অজৈব উপাদান সমূহ, বাস্তুতন্ত্রে শক্তি প্রবাহ (Ecosystem–concept and types of ecosystems, biotic and abiotic components, energy flow through ecosystem)

গঠন (Structure)

2.0 উদ্দেশ্য (Objectives)

2.1 প্রস্তাবনা ও ধারণা (Introduction and concept)

2.2 বাস্তুতন্ত্রের প্রকারভেদ (Types of ecosystems)

2.3 বাস্তুতন্ত্রের উপাদানসমূহ—জৈব এবং অজৈব (Compounds of ecosystem–biotic and abiotic)

2.3.1 জড় উপাদান সমূহ (Abiotic components)

2.3.2 সজীব উপাদান সমূহ (Biotic components)

2.3.2.1 স্বভোজী উৎপাদক (Autotrophic producers)

2.3.2.2 খাদক (Consumers)

2.3.2.3 বিয়োজক বা পরিবর্তক (Decomposer or transformers)

2.3.3 খাদ্য শৃঙ্খল (Food chain)

2.4 বাস্তুতন্ত্রে শক্তি প্রবাহ (Energy flow in ecosystem)

2.4.1 শক্তি প্রবাহের পর্যায়সমূহ (Stage of energy flow)

2.4.2 বাস্তুতন্ত্রে শক্তি প্রবাহের বৈশিষ্ট্য (Features of energy flow in ecosystem)

2.4.3 বাস্তুতন্ত্রে শক্তি প্রবাহের নকশা (Energy flow modes in ecosystem)

2.4.3.1 একক গতিপথ নক্শা (Single channel model)

2.4.3.2 শক্তি প্রবাহের দ্বৈত-প্রণালী (double channel) বা Y-আকৃতির নক্শা (Y-shaped model)

2.5 সারাংশ (Summary)

2.6 প্রশ্নাবলী (Questions)

2.7 উত্তরমালা (Answers)

2.0 উদ্দেশ্য (Objectives)

এই এককটি পাঠ করে আমরা নিম্নলিখিত বিষয়গুলি সম্বন্ধে সম্যক ধারণা তৈরি করতে পারব।

- বাস্তুতন্ত্র সম্বন্ধে সম্যক ধারণা।
- বাস্তুতন্ত্রের জৈব ও অজৈব উপাদান সমূহ।
- বাস্তুতন্ত্র ও মানুষ্য ব্যতিচারের সম্পর্ক।
- বাস্তুতন্ত্রের বিভিন্ন ভাগগুলি।

2.1 প্রস্তাবনা ও ধারণা (Introduction and concept)

ভূপৃষ্ঠের কোন বাসস্থানের সকল জীব সম্প্রদায় (Community) এবং সকল অজৈব ও জৈব উপাদান সমূহের পারস্পরিক মিথোস্ক্রিয়ায় (interaction) গড়ে ওঠা এক ক্রিয়াশীল একক বাস্তব্যবিদ্যায় বাস্তুতন্ত্র হিসেবে আলোচিত হয়।

একটি জীবের সঙ্গে তার পরিবেশের সজীব ও নির্জিব উপাদানসমূহ প্রতিনিয়তই কোন না কোন আদান-প্রদান সম্পর্কে বা আন্তক্রিয়ায় আবদ্ধ। ইহার ফলে কোন একটি অঞ্চলে বসবাসকারী সকল জীব সম্প্রদায়ই পরস্পরের উপর প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে নির্ভরশীল হয়ে পড়ে। এই পারস্পরিক নির্ভরশীলতার ভিত্তিতেই সেখানকার সকল জীব সমূহের মধ্যে এবং পরিবেশের অন্য সকল উপাদান সমূহের মধ্যে সুশৃঙ্খল সম্পর্কের যে বসবাস নীতি গড়ে ওঠে তাকেই বাস্তুতন্ত্র বলে। বস্তুতপক্ষে পৃথিবীর বায়োস্ফিয়ার বা জীবমণ্ডল, বায়োম (জীবাঞ্চল), ল্যান্ডস্কেপ বা ভূদৃশ্য বহুসংখ্যক বাস্তুতন্ত্রেরই সমষ্টি মাত্র।

1935 খ্রিস্টাব্দে বাস্তুবিদ্ এ. জি. ট্যান্সলে (A. G. Tansley) "ইকোসিস্টেম" শব্দটি চয়ন করেন। বিজ্ঞানী জে. এম. স্মিথ (J. M. Smith) 1974-এ বাস্তুতন্ত্রের মুখ্য বৈশিষ্ট্যগুলি উল্লেখ করেন, যেমন—

- বাস্তুতন্ত্র হল বাস্তব্যবিদ্যার প্রধান কার্যকরী একক।
- বাস্তুতন্ত্রের মধ্য দিয়েই পুষ্টি চক্র আবর্তিত হয়।
- ইহা পরিবেশের বিভিন্ন জৈব এবং অজৈব উপাদান নিয়ে গঠিত।
- বাস্তুতন্ত্রের বিভিন্ন খাদ্যশৃঙ্খলের মধ্য দিয়ে শক্তি প্রবাহ ঘটে।
- একটি বাস্তুতন্ত্রে বিভিন্ন প্রজাতি গোষ্ঠীর আকার (population size) একটি নির্দিষ্ট সীমা পর্যন্ত বৃদ্ধি পায় এবং তারপর ক্রমে স্থিতাবস্থায় (equilibrium stage) আসে।

2.2 বাস্তুতন্ত্রের প্রকারভেদ (Types of ecosystems)

A. বিজ্ঞানী এলেনবার্গ (Ellenberg 1973) প্রদত্ত বিশ্ব বাস্তুতন্ত্রের ক্রমহ্রাসমান বিভাজন সমূহ :

I. জীবমণ্ডল (Biosphere) : পৃথিবী জুড়ে এই বাস্তুতন্ত্র সর্ববৃহৎ এবং সর্ববেষ্টনকারী (all encompassing) অর্থাৎ পৃথিবীর সকল জীব এবং তাদের সঙ্গো আদান প্রদানরত সকল জড় বস্তুসমূহ নিয়ে এই বাস্তুতন্ত্র গঠিত।

II. মহাবাস্তুতন্ত্র (Mega ecosystem) : ইহা জীবমণ্ডলের ঠিক নিম্নবর্তী অন্যতম বৃহৎ বাস্তুতন্ত্র। প্রকৃতি অনুসারে ইহার অন্তর্গত বাস্তুন্ত্রগুলি হল—

(a) নোনাজলের বা সামুদ্রিক বাস্তুতন্ত্র (Salt water or marine ecosystem)—মহাসাগর বা সাগরের বাস্তুতন্ত্র।

(b) স্বাদুজলের বাস্তুতন্ত্র (Fresh water ecosystem)—পুকুর, নদী বা হ্রদ (Pond, river or lake)-এর বাস্তুতন্ত্র।

(c) আধাস্থলজ বাস্তুতন্ত্র (Semi terrestrial ecosystem)—জলা মাটি এবং বাতাস উভয়ই এই বাস্তুতন্ত্রের মুখ্য পরিবেশ। জলাভূমি, ম্যানগ্রোভ বন ইহার উদাহরণ।

(d) স্থলজ বাস্তুতন্ত্র (Terrestrial ecosystem)—শুষ্ক মাটি এবং বাতাস নিয়ে এই বাস্তুতন্ত্র গড়ে ওঠে।

(e) নাগরিক শিল্পাঞ্চলীয় বাস্তুতন্ত্র (Urban industrial ecosystem)—মনুষ্য সৃষ্ট নগর, কিংবা চাষ আবাদের জমি জায়গা (cropland) ঘিরে গড়ে ওঠা বাস্তুতন্ত্র ইহার অন্তর্গত।

III. বৃহৎ বাস্তুতন্ত্র (macroecosystem) : বনভূমির বাস্তুতন্ত্র (Forest ecosystem) বৃহৎ বাস্তুতন্ত্রের উদাহরণ।

IV. মধ্যবর্তী বাস্তুতন্ত্র (mesoecosystem) : চওড়া পাতার পর্ণমোচী বৃক্ষের বনভূমি (deciduous borad leaf forest) ও অভ্যন্তরস্থ সকল প্রাণী নিয়ে মধ্যবর্তী বাস্তুতন্ত্র গঠিত হয়।

V. ক্ষুদ্রাকৃতির বাস্তুতন্ত্র (microecosystem) : একই প্রকৃতির বনভূমি কোন পাহাড় কিংবা নিচু জমির ক্ষেত্রে ক্ষুদ্রাকৃতির বাস্তুতন্ত্র (microecosystem) নির্দেশ করে।

VI. ন্যানো বাস্তুতন্ত্র (Nano ecosystem) : অনেক বৃহৎ বাস্তুতন্ত্রের মধ্যে নিজস্ব বৈশিষ্ট যুক্ত ক্ষুদ্রতর বেশ কিছু বাস্তুতন্ত্র গঠিত হয় এদের ন্যানো ইকোসিস্টেম বলে।

মনুষ্য ব্যতিচার (Human interference)-এর মাত্রা এবং নানা নৃতাত্বিক (anthropogenic) ক্রিয়াকলাপ এর প্রভাব ইত্যাদির ওপর নির্ভর করে বাস্তুতন্ত্র দুই ভাগে বর্ণনা করা যায়—

(i) প্রাকৃতিক বাস্তুতন্ত্র (Natural ecosystem) : স্ব-নিয়ন্ত্রিত (self regulated), মনুষ্য ব্যাতিচার এর প্রত্যক্ষ প্রভাবমুক্ত বাস্তুতন্ত্র। বনভূমি, তৃণভূমি, মরূভূমি সামুদ্রিক মোহনা (estuarine), হ্রদ, নদী, প্রবালদ্বীপ ইত্যাদি।

(ii) কৃত্তিম বাস্তুতন্ত্র বা মনুষ্য রূপায়িত বাস্তুতন্ত্র (Artificial or man-engineerred ecosystem) : শহর, নগর, জলসেচন করা চাষ আবাদের জমি, গ্রীন হাউস ইত্যাদি।

এছাড়াও বাস্তুতন্ত্র আরো অনেক ভাবে প্রকারভেদ করা হয়। নিম্নে বহুলবিদিত (widely known) বাস্তুতন্ত্রগুলির উল্লেখ করা হল। [As followed by R. L. Smith and T. M. Smith in Ecology and Field biology, 6th Edition]

B. স্থলজ বাস্তুতন্ত্র (Terrestrial ecosystem) : স্থলজ মৃত্তিকা ও মুক্ত বায়ু প্রবাহিত অঞ্চলের বাস্তুতন্ত্র ইহার অন্তর্গত বাস্তুতন্ত্রগুলি হল—

1. **তৃণভূমি (Grasslands) :** ইহা পর্যায়ক্রমিক খরা ও বৃষ্টি (25–75 cm/y) যুক্ত অঞ্চলে দেখা যায়। এখানে মাটিতে প্রচুর পরিমাণ জৈব পদার্থ সঞ্চিত হয়। বৃষ্টিপাত এবং গবাদি পশুচারণ এখানে মুখ্য উৎপাদন মাত্রা (Primary production) নির্ধারণ করে। এখানে প্রসারিত জীব বৈচিত্র দেখা যায়।

2. **উষ্ণমণ্ডলীয় সাভানা (Tropical Savanas) :** বহুল বিস্তৃত অবিচ্ছিন্ন মুক্ত প্রকৃতির ঘাসস্তর এবং বিচ্ছিন্ন স্তরে অবস্থিত গুল্ম ও বৃক্ষ জাতীয় উদ্ভিদের স্তর (discontinuous layer)। এখানকার বাস্তুতন্ত্রে শিক্ত এবং উষ্ণ ঋতু বর্তমান এবং বার্ষিক বৃষ্টিপাত 25–200 cm হয়ে থাকে।

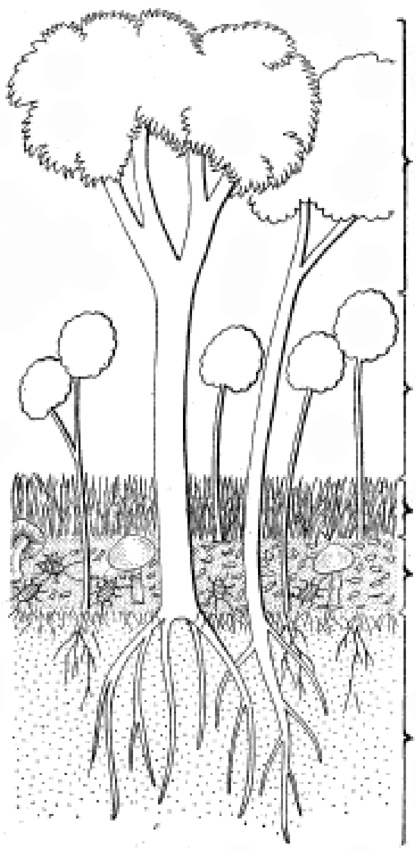
3. **ঝোপঝাড় প্রান্তর (Shrublands) :** এখানে গুল্মজাতীয় বৃক্ষই প্রকোট প্রজাতি। তৃণজাতীয়, বীরুৎ এবং জিওফাইট জাতীয় উদ্ভিদ দেখা যায়।

   উষ্ণ এবং শুষ্ক গ্রীষ্মকাল এবং হাল্কা শিক্ত (mild moist) শীতকাল এখানকার বৈশিষ্ট। এখানকার মৃত্তিকা স্বল্প জৈব পদার্থ যুক্ত।

4. **মরুভূমি (Deserts) :** এখানকার বার্ষিক বৃষ্টিপাত 7–40 cm এবং বৃষ্টিপাত অপেক্ষা বাষ্পীকরণ (evaporation) মাত্রা বেশী হওয়ায় এখানকার পরিবেশ উষ্ণ ও শুষ্ক প্রকৃতির। এখানকার প্রাথমিক উৎপাদন মাত্রা খুব কম। এখানে জীব সংখ্যা এবং জীব বৈচিত্র অপেক্ষাকৃত কম। জাঙ্গাল (xerophytic) প্রকৃতির উদ্ভিদ বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

5. **তুন্দ্রা (Tundras) :** উচ্চ অক্ষাংশীয় (high latitude) কিংবা অধিক উচ্চতা যুক্ত (high altitude) অঞ্চলের শীতপ্রধান বাস্তুতন্ত্র। সংক্ষিপ্ত উদ্ভিদের বৃদ্ধিকাল (short growing season) দেখা যায়। পুষ্টির স্বল্প যোগান এই অঞ্চলের বৈশিষ্ট। এখানকার প্রতিকূল পরিবেশে জীবসংখ্যা সীমিত এবং বাস্তুতন্ত্র সরল প্রকৃতির হয়।

C. বনাঞ্চল (Forests) : বনাঞ্চলের বৃক্ষরাজির মধ্যে চারটি অরিয়স্তর (vertical layers) দেখা যায়। যাহা বনাঞ্চলের পরিবেশ এবং জীব বৈচিত্র নিয়ন্ত্রণ করে। মৃত বৃক্ষের পচনশীল দেহাংশ এবং মোচিত পাতা (litter), মাটির অনুজীবী বিয়োজকসমূহ (microbial decomposers) এখানকার পুষ্টিচক্রে বিশেষ উল্লেখযোগ্য। বনাঞ্চলে প্রচুর সংখ্যক বৈচিত্রময় জীবের বসবাস এবং এখানে জটিল প্রকৃতির বাস্তুতন্ত্র দেখা যায়। চিত্র 2.1 এ একটি সাধারণ বনাঞ্চলের বাস্তুতন্ত্র দেখানো হয়েছে।



চিত্র 2.1 : বনাঞ্চলের বাস্তুতন্ত্র এবং ইহার 5টি অরীয়স্তর

বনাঞ্চল প্রধানত তিন প্রকার—

(a) কনিফেরাস বন (Coniferous forests) : সুচাকৃতির পাতা, কোন বহনকারী রজন বহুল গুপ্তবীজী উদ্ভিদ এই বনাঞ্চলের প্রধান উদ্ভিদ। এখানকার অধিকাংশ উদ্ভিদ চিরহরিৎ প্রকৃতির।

(b) নাতিশীতোষ্ণ মণ্ডলীয় প্রশস্তপত্রী বৃক্ষের বন (Temparte broad leaf forests) : এখানে দৈনিক এবং মরসুমি তাপমাত্রা চরম পর্যায়ে ওঠানামা করে। ইহার প্রভাব উদ্ভিদ ও প্রাণীর শারীরবৃত্তীয় ক্রিয়ায় (physiological activities) প্রতিফলিত হয়।

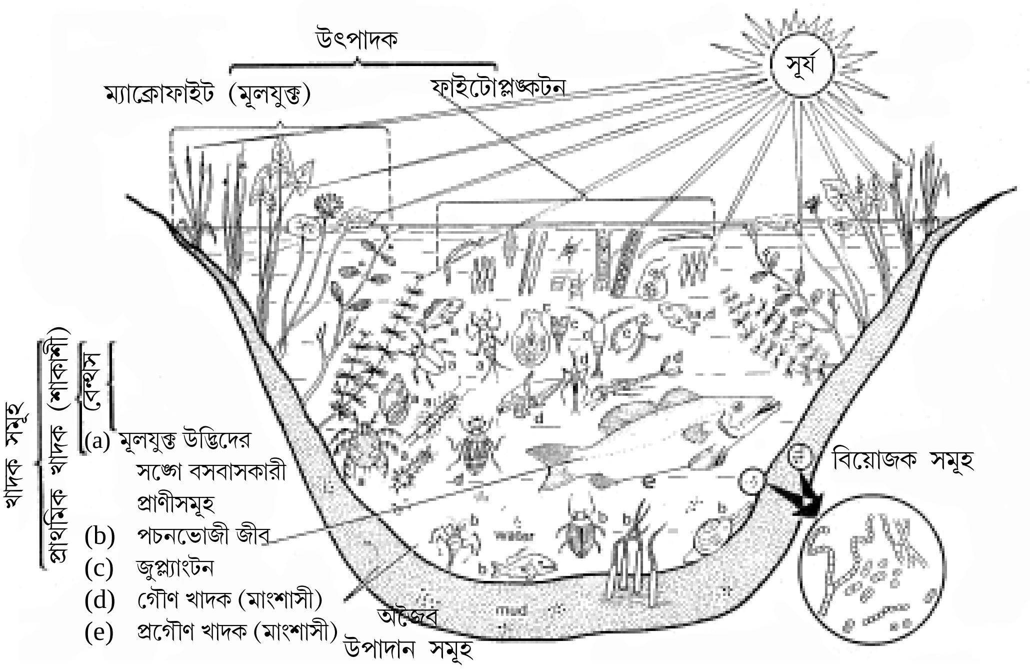
চরম প্রকৃতির পরিবেশ সত্ত্বেও এই বাস্তুতন্ত্র উচ্চ উৎপাদন ক্ষমতা (high productivity) বজায় রাখে। এই বনভূমি আবার (i) নাতিশীতোষ্ণ পর্ণমোচী বনভূমি, (ii) নাতিশীতোষ্ণ মিশ্র বনভূমি এবং (iii) নাতিশীতোষ্ণ চিরহরিৎ বৃক্ষের বন, এই তিন প্রকার হতে পারে।

(c) **উষ্ণমণ্ডলীয় বনাঞ্চল (Tropical forests) :** এখানে বছর জুড়ে উষ্ণ তাপমাত্রা (23°C-এর মতন), বৃষ্টিপাতের বিস্তর ফারাক দেখা যায়। এর ফলে বিস্তর উদ্ভিদ বৈচিত্রও দেখা যায়।

প্রকার ভেদ : (i) উষ্ণমণ্ডলীয় ঘনবর্ষণ বনাঞ্চল (Tropical rain forest) (ii) পার্বতীয় ঘনবর্ষণ বনাঞ্চল (Montane rain Forest), (iii) উষ্ণমণ্ডলীয় মরশুমি বনাঞ্চল (Tropical seasonal forests), (iv) উষ্ণমণ্ডলীয় শুষ্ক বনাঞ্চল (Tropical dry forest)।

D. স্বাদু জলের বাস্তুতন্ত্র (Fresh water ecosystems) : ইহা প্রধানত দুইটি মুখ্য ভাগে ভাগ করা যায় :

I. স্থির জলের বাস্তুতন্ত্র (Lentic ecosystem) : বিভিন্ন আকার ও গভীরতার অন্তর্দেশীয় খাদসমূহ (inland depressions) যেমন—হ্রদ, পুকুর, ডোবা ঝিল ইত্যাদি (চিত্র 2.2)।



চিত্র 2.2 : স্থির জলের বাস্তুতন্ত্র

এখানে পুষ্টিচক্র, শক্তিপ্রবাহ জলজমা নিম্নভূমিতেই আবদ্ধ থাকে। কিন্তু পারিপার্শ্বিক উচু স্থলভূমি (high land) বাহিত জৈব ও অজৈব পদার্থ সমূহ দ্বারা বিশেষভাবে প্রভাবিত হয়।

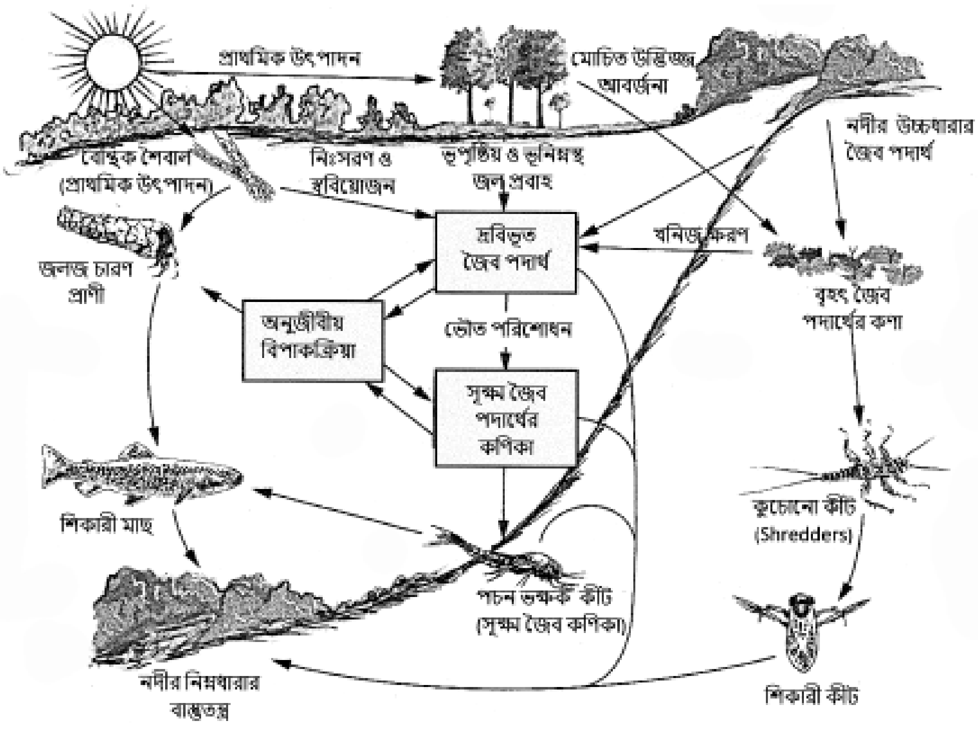
প্ল্যাঙ্কটনসহ বিভিন্ন প্রকার উদ্ভিদ, উভচর, কীটপতঙ্গ, মাছ ও কিছু কিছু পাখি এই বাস্তুতন্ত্রের জৈব উপাদান।

II. প্রবাহমান জলের বাস্তুতন্ত্র (Lotic ecosystem) : এই বাস্তুতন্ত্রের পুষ্টিচক্র—জৈব পদার্থ আহরণ (uptake), পরিবর্জন (turnover) এবং ধারণ (retention) স্রোতের অভিমুখে জলের সর্পিলাবতনের সঙ্গে সম্পন্ন হয়। জলের প্রবাহ গতির সঙ্গে নদীর তলদেশের প্রকৃতি ও সেখানে পলির আস্তরীভবনের মাত্রা (sedimentation) নির্ভর করে।

প্রবাহিত জল পুষ্টি এবং অন্যান্য বর্জ্য পদার্থ স্রোতের অনুকূলে বহন করে। এখানে প্রাথমিক উৎপাদন ক্ষমতা (primary productivity) স্থির জল অপেক্ষা 6–30 গুণ বেশী (Nelson & Scott, 1962)।

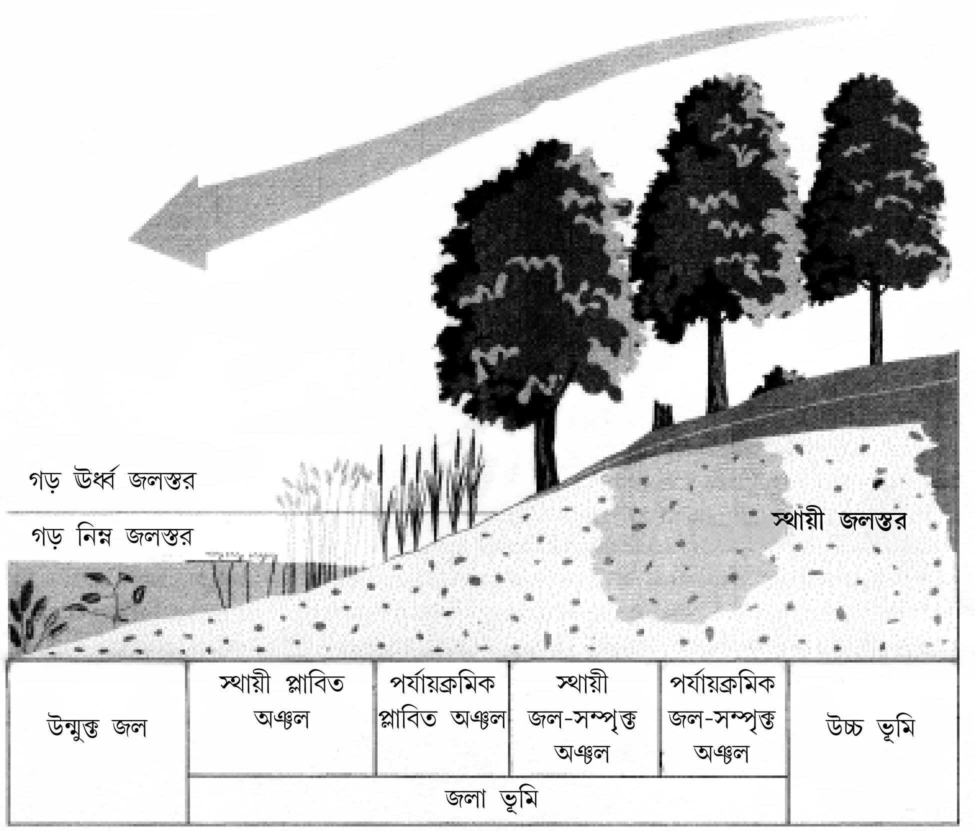
সংলগ্ন স্থলভূমি থেকে রাবিশ পদার্থ (detrital materials) এই বাস্তুতন্ত্রে যুক্ত হয় (input)।

তাপমাত্রা, গভীরতা, পার্শ্বিয় ব্যপ্তি (width), স্রোতের গতিবেগ এবং তলদেশের প্রকৃতি (nature of bottom)-র মধ্যে অনুদৈর্ঘ্য নতিমাত্রা (longitudinal gradient) দেখা যায়। নানা প্রকার ভাসমান জীব (plankton) সহ বিভিন্ন প্রকার উদ্ভিদ, মাছ, উভচর এবং জলজ প্রাণীর ওপর নির্ভরশীল পাখি এখানে বর্তমান (চিত্র 2.3)।



চিত্র 2.3 : প্রবাহমান জলের বাস্তুতন্ত্র (Source : Cummins, 1974 with modification)

III. জলাভূমি (Wetlands) : এই সকল অঞ্চলে জলস্তর ভূমির কাছাকাছি কিংবা ভূমি স্তর বরাবর কখনোবা ভূমি অপেক্ষা উঁচু স্তরে অবস্থান করে এবং এখানে জলজ উদ্ভিদ সকল জন্মায়। ঘাসজাতীয় উদ্ভিদ প্রাধান্যের জলাভূমিকে মার্শ (marshes) এবং কাষ্ঠল জাতীয় উদ্ভিদ প্রাধান্যের জলাভূমিকে সোয়াম্প (swamps) বলে। এখানে প্রচুর পরিমাণে জৈবশক্তি, উদ্ভিজ্জ চাপড়া বা পীট (peats) এবং পাঁক (mires) জমা হয় (চিত্র 2.4)।



চিত্র 2.4 : জলাভূমির বাস্তুতন্ত্র (Source : Tiner 1991)

E. নোনা জলের বাস্তুতন্ত্র (Salt water ecosystem) : পৃথিবীর সকল সমুদ্র এবং সংলগ্ন উপকূল এলাকা নিয়ে এই বাস্তুতন্ত্র গঠিত। এই বাস্তুতন্ত্রের প্রধান বৈশিষ্ট্য জলের লবণাক্ততা, ঢেউ, জোয়ার ভাটা, গভীরতা এবং বিশালতা। ইহা পৃথিবীর বৃহত্তম বাস্তুতন্ত্র (যাহা প্রায় পৃথিবী পিষ্ঠে 75% অংশ জুড়ে অবস্থিত)। সামুদ্রিক লবণের প্রায় 86% অংশই সোডিয়াম এবং ক্লোরিন। অক্ষাংশগত অবস্থান, স্থলভূমি থেকে দূরত্ব, গভীরতা ইত্যাদির সঙ্গে এই বাস্তুতন্ত্রের বিভিন্ন অংশে সূর্যালোক, তাপমাত্রা, লবণাক্ততা, ঢেউ, জোয়ারভাঁটার বিভিন্নতা এবং গ্রহণযোগ্য জৈব পুষ্টি উপাদান সমুহের

স্তরবিন্যাস এবং আঞ্চলিক প্রভেদ (zonation) দেখা যায়। সমুদ্র উপকূলবর্তী এলাকায় জলতলের গভীরতা ও জলের লবণাক্তের মাত্রা প্রতিদিনি পরিবর্তন হয়।

নোনা জলের বাস্তুতন্ত্রকে কতগুলি ভাগে বিভেদিত করা যায়—

(a) মুক্ত সমুদ্র (Open sea) : জীবসমূহের আঞ্চলিক বিভেদ (zonation of life) এবং তাপমাত্রার স্তরীভবন (stratification of temperature) অনুসারে এখানে প্রধান তিনটি অঞ্চল (regions) দেখা যায়—

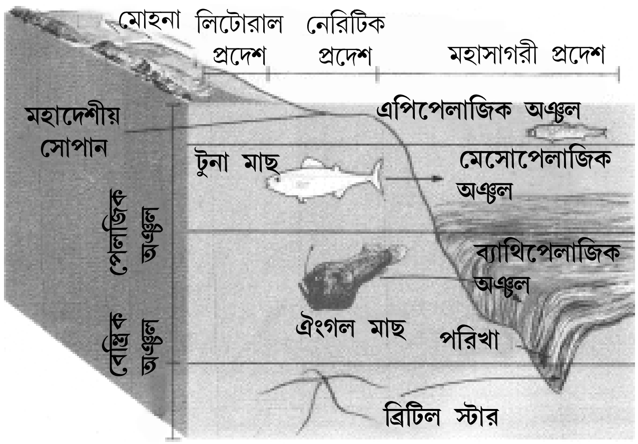
● **আঁধার সমুদ্র মণ্ডল (Bathypelagic region) :** 500–2000 m গভীর—ইহা সমুদ্রের গভীরতম অংশ যেখানে সূর্যালোক পৌঁছায় না। এখানে আঁধারি রঙের (dark pigmented) ক্ষীণদেহী (weak bodied) জৈবআলোক বিকিরণকারী (bioluminescence) প্রাণীদের দেখা যায়।

● **মধ্যম সমুদ্রমণ্ডল (Mesopelagic region) :** 200–500 m গভীর—ইহা ব্যাথিপেলাজিক মণ্ডলের উপরিভাগ, এখানে অস্পষ্ট আলোক (dimly light) অঞ্চল এবং নিষ্প্রভ সমুদ্রমণ্ডল বর্তমান। হাঙ্গার এবং স্কুইড এই অংশের বসবাসকারী প্রাণী।

ব্যাথিপেলাজিক এবং মেসোপেলাজিক মন্ডলের বাস্তুতন্ত্রের খাদ্যশক্তির মূল উৎস হল উপরিস্থিত আলোকিত বহিঃমণ্ডল (epipelagic) থেকে সদা বর্ধিত ডেট্রিটাস পদার্থ (মৃত জৈব পদার্থ)। সমুদ্র তলদেশ (sea bottom) বা বেন্থিক অঞ্চলে অন্ধকার এবং উচ্চচাপে অভিযোজিত নিজস্ব প্রকৃতির (unique) প্রাণীকূল (Fauna) বসবাস করে। এখানে প্রাণী বৈচিত্র বিস্ময়করভাবে অধিক। এখানকার উল্লেখযোগ্য প্রাণী পলিকীটি শ্রেণীর কীট (Polychaete warm) এবং খোলকীজীব (crustaceans)।

● **বহিঃসমুদ্র মণ্ডল (Epipelagic Zone) :** সমুদ্রের আলোকিত মণ্ডল। সমুদ্র পৃষ্ঠ থেকে 200m পর্যন্ত অরীয় বিস্তার সীমা। এখানে খাদ্য উৎপাদন অপেক্ষাকৃত কম। সঞ্চিত খাদ্যও এই অংশে সীমিত। বিভিন্ন জীব ও ভাসমান উদ্ভিদ এই অঞ্চলের গভীরে অবস্থান করে। অগভীর তটবর্তী সমুদ্রে উৎপাদন অপেক্ষাকৃত বেশী।

চিত্র 2.5-এ মুক্ত সমুদ্র বাস্তুতন্ত্রের বিভিন্ন অঞ্চল দেখানো হয়েছে।



চিত্র 2.5 : মুক্ত সমুদ্রের বাস্তুতন্ত্র
(Source : Smith & Smilh, Ecology & Field Biology, Benjamin Cummings) 2001

(b) শিলাময় উপকূল (Rocky shores) : স্থলভাগ সংলগ্ন শিলাময় তীরবর্তী অঞ্চলের উপরদিকের অংশ (Littoral zone) যেখানে সমুদ্রের জল দৈনিক ওঠানামা করে। অধিকতর দূরবর্তী অংশে (sublittoral aone) পক্ষকাল অন্তর (Fortnightly) জোয়ার ভাটার কারণে জলতল ওঠানামা করে।

এখানে উদ্ভিদ ও প্রাণীর সংখ্যা প্রচুর। শিলাস্তরে বহু সামুদ্রিক শৈবাল (sea weed) এবং অনেক সামুদ্রিক প্রাণী যেমন সী অ্যানিমোন, স্পঞ্জ, তারামাছ, গুগুলি, শামুক প্রভৃতি বসবাস করে।

(c) বেলাভূমি এবং কর্দম তটভূমি (Sandy shores and mudfields) : ইহা সমুদ্র উপকূলবর্তী এলাকা এবং বাস্তুতন্ত্রের একটি গুরুত্বপূর্ণ অংশ। জীবসংখ্যা প্রচুর হলেও জৈব বৈচিত্র কম দেখা যায়। এখানকার প্রাণীকুল ভাঁটার টানে (low tide) উন্মুক্ত হলে বিশুষ্কীকরণ রোধে বিশেষভাবে অভিযোজিত।

ভাটার পর এই অঞ্চল জীবশূন্য মনে হলেও উন্মুক্ত বালি কিংবা কাদার তলদেশে জীবের বসবাস লুক্কায়িত থাকে। যেখানে পাথুরে উপকূল অপেক্ষা পরিবেশ অধিকতর অনুকূল (amenable)। বিভিন্ন মৃতজীবী ব্যাকটেরিয়া দ্বারা বিয়োজিত গ্রহণযোগ্য জৈবপদার্থই ইহাদের শক্তির মূল উৎস।

(d) প্রবাল প্রাচীর (Coral reef) : উষ্ণমণ্ডলীয় অগভীর স্বচ্ছ সমুদ্রে গঠিত চুনাপাথরের প্রবাল প্রাচীর প্রকৃতপক্ষে শৈলশিরা (ridges)। ক্ষুদ্রাতি ক্ষুদ্র প্রবাল কীট (coral animals) এবং অন্তপরজীবী (endobiotic) ডাইনোফ্ল্যাজেলেট জাতীয় শৈবাল দিয়ে গঠিত। প্রবাল কীটের দেহ নিঃসৃত চুনাপাথর ক্রমান্বয়ে জমা হয়ে প্রবাল প্রাচীর গঠিত। এই অঞ্চলে সূর্যালোকের প্রাচুর্য থাকায় এখানে প্রচুর জীব বৈচিত্র দেখা যায়। এখানে প্রচুর বৈচিত্রের মাছ, শামুক, ঝিনুক, ছিদ্রাল প্রাণী (sponges) এবং আরো অনেক বৈচিত্রের অমেরুদণ্ডী এবং মেরুদণ্ডী প্রাণী দেখা যায়।

(e) জোয়ার জলাভূমি (Tidal marshes) : এই অঞ্চল রোজ জোয়ারের জলে প্লাবিত হয়। বিভিন্ন জোয়ার উচ্চতা (tidal height), লবণের ঘনত্ব ইত্যাদির সঙ্গে এখানকার উদ্ভিদ বিস্তারে আঞ্চলিকতা (zonation) দেখা যায়। লবণসহিষ্ণু ঘাস এখানকার প্রধান উদ্ভিদ। জোয়ার ভাটার প্লাবন এখানে পুষ্টিযৌগ সমূহ পুনঃ সরবরাহ করে (resupply) এবং নানা ক্ষতিকর জৈব বর্জ্য পদার্থ দূরে বহন করে নেয়। এই কারণে জোয়ার জলাভূমি খুব উর্বর হয় (fertile)।

(f) ম্যানগ্রোভ প্লাবনভূমি (Mangrove swamps) :

● গ্রীষ্মমণ্ডলীয় বা প্রায় গ্রীষ্মমণ্ডলীয় (subtropical) জোয়ার প্লাবিত অঞ্চলের অগভীর সমুদ্র তটভূমিতে অভিযোজিত ঘন বৃক্ষরাজি আবৃত বাস্তুতন্ত্র।

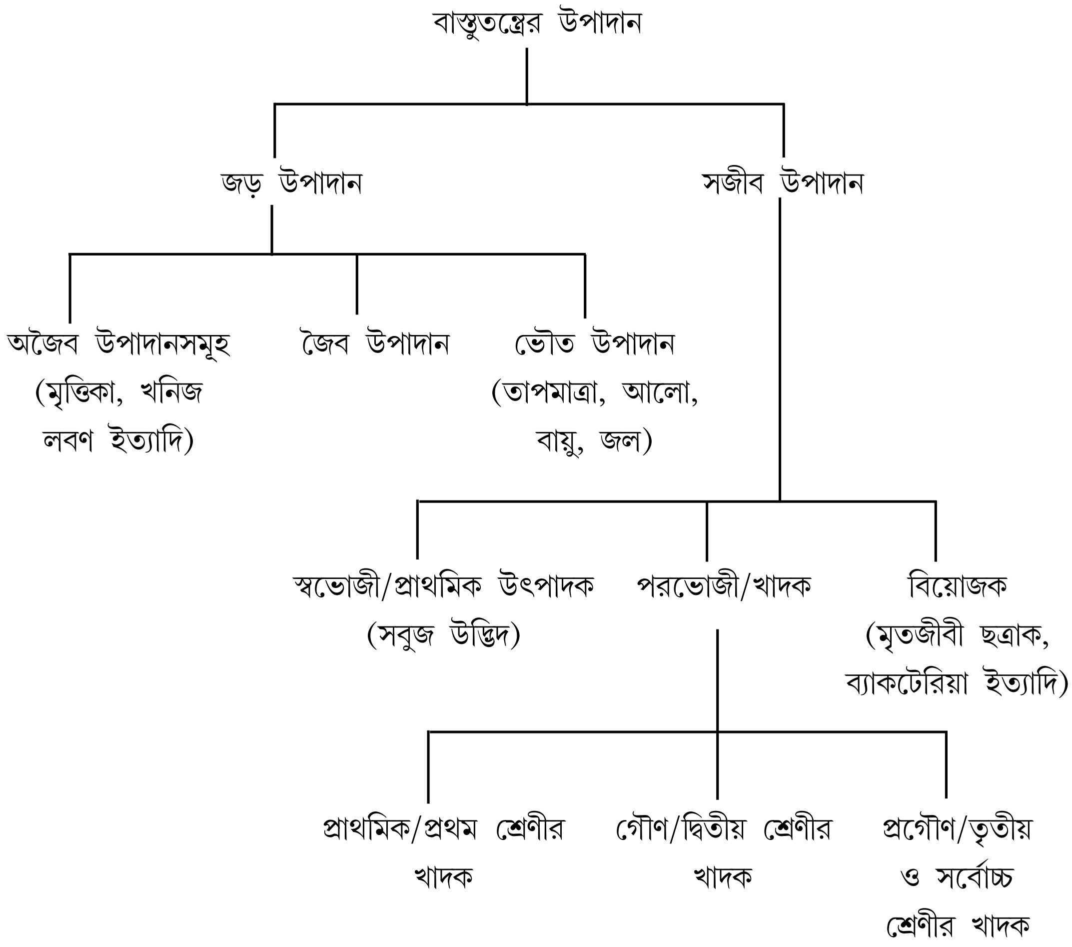
● ম্যানগ্রোভ উদ্ভিদের চারদিকে বিস্তৃত অগভীর মূলতন্ত্র, বিভিন্ন অস্থায়ী মূল—ঠেসমূল, স্তম্ভমূল এছাড়াও শ্বাসমূল বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

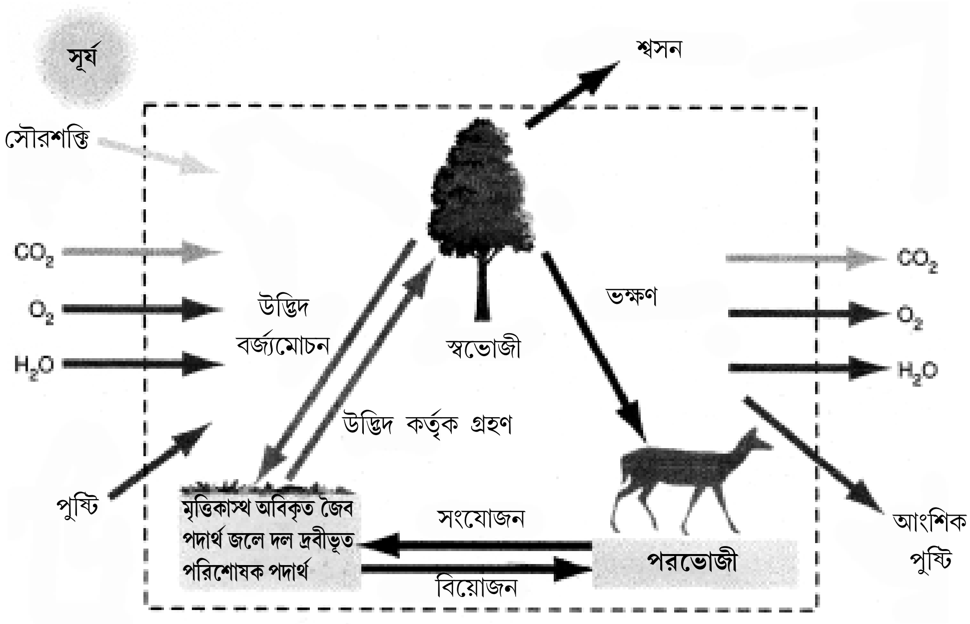
● এই অঞ্চলে নানা প্রজাতির গুগলি শামুক (barnacles), শামুক (snail), কাঁকড়া, চিংড়ি, সরীসৃপ এবং পাখি বাস্তুতন্ত্রের জৈব উপাদান গঠন করে।

● এই অঞ্চল তটরেখার ক্ষয় রোধ করে এবং সামুদ্রিক ঝড় ঝঞ্ঝা প্রতিহত করে।

2.3 বাস্তুতন্ত্রের উপাদানসমূহ—জৈব এবং অজৈব (Components of ecosystems–biotic and abiotic)

বাস্তুতন্ত্রের উপাদানসমূহকে নিম্নলিখিত উপায়ে ভাগ করা যায়—





চিত্র 2.6 : একটি সাধারণ বাস্তুতন্ত্রের পবিকল্পিত চিত্র (Source :O'N eill, 1976)

2.3.1 জড় উপাদান সমূহ (Abiotic components) :

পরিবেশের সকল জড় উপাদানসমূহকে নিম্নলিখিত ভাগে ভাগ করা যায়—

অজৈব উপাদান (Inorganic components) : জল, মাটি, বিভিন্ন খনিজ লবণ, সোডিয়াম, পটাশিয়াম, সালফার, আয়রণ, ফসফরাস ইত্যাদির লবণ, গ্যাসীয় পদার্থ বাস্তুতন্ত্রের অজৈব উপাদান।

জৈব উপাদান (Organic components) : জীবদেহজাত পদার্থ বা দেহাংশ পচনের ফলে উদ্ভূত পদার্থসমূহ যেমন প্রোটিন, ফ্যাট্, ইউরিয়া, কার্বোহাইড্রেট, অ্যামাইনো অ্যাসিড, হিউমাস ইত্যাদি জৈব উপাদানের অন্তর্গত।

ভৌত উপাদান (Physical components) : সৌরশক্তি, তাপমাত্রা, বায়ুপ্রবাহ, আলো, আর্দ্রতা ইত্যাদি। বাস্তুতন্ত্রে প্রয়োজনীয় সকল শক্তির একমাত্র উৎস সূর্যালোক।

2.3.2 সজীব উপাদান (Living components) :

বাস্তুতন্ত্রের সকল জীবকূল এই উপাদানের অন্তর্গত। ইহাদের নিম্নলিখিত ভাগে ভাগ করা যায় :

2.3.2.1 স্বভোজী বা প্রাথমিক উৎপাদক (Autotrophs or primary producers) :

ইহারা সকল প্রকার ক্লোরোফিলযুক্ত সবুজ উদ্ভিদ এবং সালোক সংশ্লেষ প্রক্রিয়ায় দেহাভ্যন্তরে শর্করাজাতীয় খাদ্য প্রস্তুত করতে পারে।

2.3.2.2 খাদক (Consumers) :

ইহারা খাদ্যের জন্য প্রত্যক্ষ ও পরোক্ষভাবে স্বভোজী উদ্ভিদের ওপর নির্ভরশীল। প্রধানত তিন শ্রেণীর খাদক বাস্তুতন্ত্রে দেখা যায়। যেমন—

(ক) প্রাথমিক বা প্রথম শ্রেণীর খাদক (Primary consumers) : ইহারা জীবন ধারণের জন্য সরাসরি প্রাথমিক উৎপাদকের উপর নির্ভরশীল। যেমন—শামুক, শৈবাল ভোজী, ছোটমাছ, ছাগল, গরু, গিনিপিগ, হরিণ, বানর ইত্যাদি। খাদ্য শৃঙ্খলে ইহারা গৌণ উৎপাদক (secondary producers) রূপে গণ্য হয়।

(খ) গৌণ বা দ্বিতীয় শ্রেণীর খাদক (Secondary consumers) : ইহারা প্রথম শ্রেণীর খাদকের ওপর নির্ভরশীল। যেমন—বড় মাছ, ব্যাঙ, টিকটিকির ন্যায় বিভিন্ন পতঙ্গাভুক প্রাণী, নেকড়ে ইত্যাদি। খাদ্যশৃঙ্খলে ইহারা প্রগৌণ উৎপাদক (tertiary producers)।

(গ) প্রগৌণ বা তৃতীয় শ্রেণীর খাদক (Tertiary consumers) : ইহারা দ্বিতীয় শ্রেণীর খাদকদের খাদ্য হিসেবে গ্রহণ করে বেঁচে থাকে। যেমন—বাঘ, সিংহ, সাপ, মানুষ, বাজপাখি ইত্যাদি।

(ঘ) খাদ্য শৃঙ্খলে পরবর্তী চতুর্থ শ্রেণী (quaternary consumers) অথবা সবার চাইতে শেষে যে শ্রেণীর খাদক থাকে এবং যাহাদের অন্য কোন প্রাণী খাদ্য হিসাবে শিকার করে না তাহারা সর্বোচ্চ শ্রেণীর খাদক (top predator)। তৃতীয় শ্রেণীর খাদক প্রজাতি অধিকাংশ ক্ষেত্রে সর্বোচ্চ শ্রেণীতে অবস্থান করলেও বাস্তুতন্ত্র বিশেষে ইহারা আরো এক বা একাধিক ওপরের স্তরের জীবও হতে পারে। উদাহরণ স্বরূপ—

উদ্ভিদ→	প্রথম শ্রেণীর →	দ্বিতীয় শ্রেণীর →	তৃতীয় শ্রেণীর →	সর্বোচ্চ/চতুর্থ
	খাদক	খাদক	খাদক	শ্রেণীর খাদক
	কীটপতঙ্গা	ব্যাঙ	সাপ	বাজ পাখি

জলজ উদ্ভিদ→	ছোট মাছ →	বড় মাছ →	বেড়াল →	নেকড়ে
উৎপাদক	প্রথম	দ্বিতীয়	তৃতীয়	চতুর্থ (সর্বোচ্চ)
	শ্রেণীর	শ্রেণীর	শ্রেণীর	শ্রেণীর
	খাদক	খাদক	খাদক	খাদক

গৃহিত খাদ্যের বিভিন্নতায় গৌণ খাদক, প্রগৌণ খাদক বা সর্বোচ্চ শ্রেণীর বিভিন্ন খাদক প্রজাতির খাদ্যস্তর (trophic level) পরিবর্তিত হতে পারে। যেমন—নেকড়ে হরিণ খেলে (গৌণ খাদক), বেড়াল খেলে (চতুর্থ শ্রেণীর খাদক)।

2.3.2.3 বিয়োজক বা পরিবর্তক (Decomposer/Transformers) :

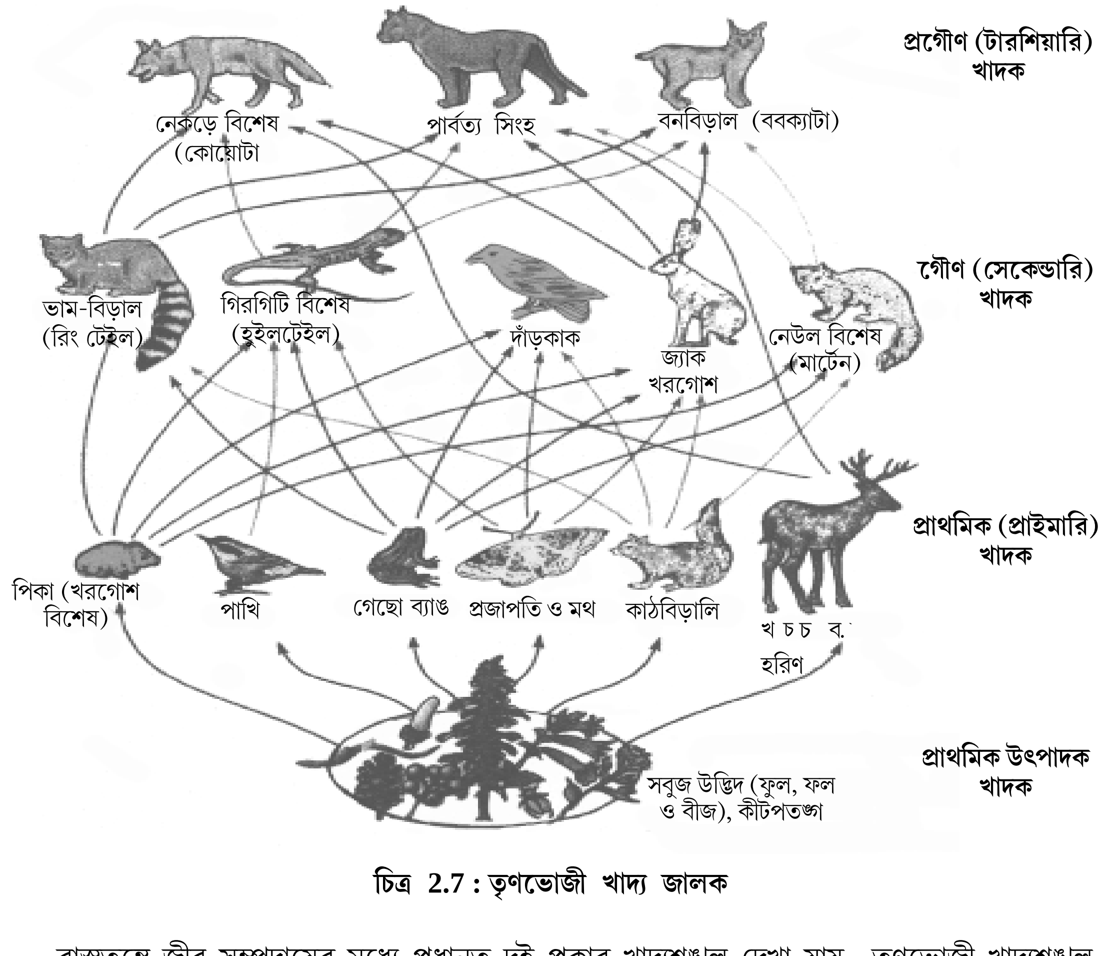
ইহারা মৃতজীবী ছত্রাক ও ব্যাকটেরিয়া বিশেষ। ইহারা মৃত উদ্ভিদ বা প্রাণীর দেহাবশেষ বা তাহাদের দেহজাত নানা জৈব পদার্থ উৎসেচকের ক্রিয়ায় বহিঃপাচন (external digestion) পদ্ধতিতে বিয়োজিত

D: \ Suvendu \ NSOU\NEP/ 5CC-BT-02
Unit- 1-4 \ 2nd Proof \ (Dt. 19.03.2025)

করে বাস্তুতন্ত্রে উৎপাদকের পুনঃ ব্যবহারযোগ্য সরলতর পদার্থ রূপান্তরিত করে এবং বিয়োজন নির্গত শক্তি নিজেদের জৈবক্রিয়ায় ব্যবহার করে।

2.3.3 খাদ্যশৃঙ্খল (Food chain) :

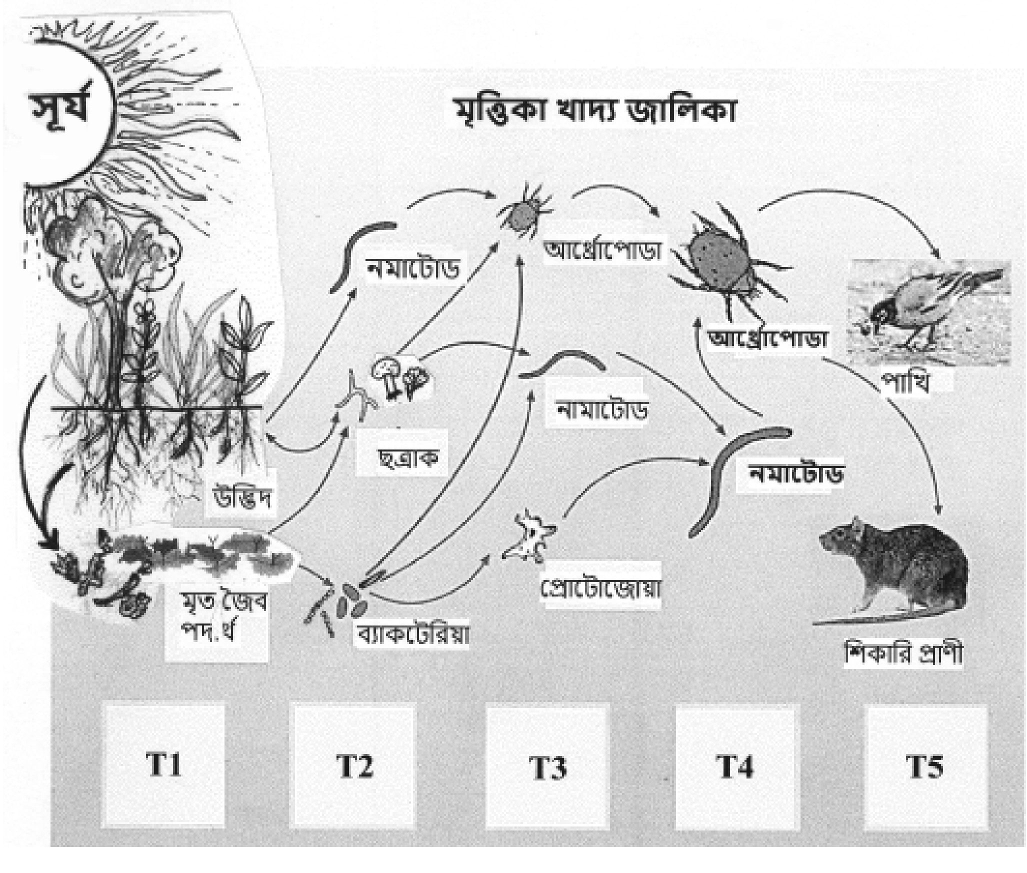
বাস্তুতন্ত্রের উৎপাদক থেকে শুরু করে পর্যায়ক্রমে সর্বোচ্চ শ্রেণীর খাদক পর্যন্ত সকল সজীব উপাদান সমূহের মধ্যে এক খাদ্য সম্পর্কের আন্তঃক্রিয়া অর্থাৎ খাদ্য উৎপাদন, খাদ্য সঞ্চয়, খাদ্য যোগান এবং খাদ্য গ্রহণ-এর মাধ্যমে খাদ্যস্থিত শক্তির নিরবচ্ছিন্ন প্রবাহ চলে। খাদ্য-খাদক আন্তক্রিয়ার এই পর্যায়ক্রমিক সম্পর্ককেই খাদ্য শৃঙ্খল বলে।



চিত্র 2.7 : তৃণভোজী খাদ্য জালক

বাস্তুতন্ত্রে জীব সম্প্রদায়ের মধ্যে প্রধানত দুই প্রকার খাদ্যশৃঙ্খল দেখা যায়—তৃণভোজী খাদ্যশৃঙ্খল (Grazing Food chain) এবং মৃতভোজী খাদ্যশৃঙ্খল (Detrital Food chain)। গ্রেজিং ফুড চেন-এ শক্তির মূল উৎস হল সবুজ উদ্ভিদ দ্বারা সংবধিত সৌর শক্তি। যাহা উদ্ভিদ থেকে খাদ্যরূপে প্রথমে তৃণভোজী খাদক ও পরে নানা মাংসাশী ও শিকারী প্রাণীর মধ্য দিয়ে ক্রমপর্যায়ে প্রবাহিত হয়। ডেট্রিটাল ফুড

চেন এ শক্তির প্রাথমিক উৎস হল বর্জিত জৈব পদার্থ বা মৃত উদ্ভিদ ও প্রাণীদেহ। নানা বিয়োজক মৃতজীবী যেমন ব্যাকটিরিয়া, ছত্রাক, মাইট, গুবরে পোক ও তাদের লার্ভা, কেঁচো, শামুক প্রভৃতি দ্বারা বিয়োজন ও গ্রহণ দ্বারা শক্তির স্থানান্তর শুরু হয়। পরে সেই শক্তি নানা মাংসশী পতঙ্গ (carnivorous insects), মাকড়সা ইত্যাদি অমেরুদণ্ডী প্রাণীদেহে স্থানান্তরীত হয়। সবশেষে নানা পতঙ্গাভূক পাখি ও স্তন্যপায়ী প্রাণীদেহে স্থানান্তরিত হয়। এই দুই প্রকার খাদ্যশৃঙ্খলগুলি বিভিন্ন জীব প্রজাতির দ্বারা একে অপরের সঙ্গো সম্পর্কিত খাদ্য-জালক (Food web) তৈরী করে। চিত্র 2.7 এবং 2.8 তৃণভোজী এবং মৃতভোজী খাদ্যজালক দেখানো হয়েছে।



চিত্র 2.8 : মৃতভোজী খাদ্য জালক

খাদ্য জালকের খাদক প্রাণীরা সাকাশী (herbivores), মাংসাশী (cornivores), সর্বভূক (omnivores) হয় অর্থাৎ ইহারা স্বভোজী উদ্ভিদ এবং পরভোজী খাদক উভয়দেরকেই খাদ্য হিসেবে গ্রহণ করে। এছাড়াও বাস্তুরীতিতে পরজীবী (parasites), মৃতজীবী (saprophytes) এবং আবর্জনা ভক্ষক (scavengers)

শ্রেণীর জীবও থাকে। এদের মধ্যে পরজীবীরা অন্য জীবদেহ থেকে পাচিত খাদ্য কিংবা কলারস (tissue fluid) খাদ্য হিসেবে গ্রহণ করে। মৃতজীবীরা পচাগলা জীবদেহ থেকে পুষ্টিরস সংগ্রহ করে। স্ক্যাভেঞ্জাররা (কাক, শকুন, প্রভৃতি) আবর্জনা ও মৃত জীবদেহ ভক্ষণ করে।

2.4 বাস্তুতন্ত্রে শক্তি প্রবাহ (Energy flow in ecosystem)

একটি বাস্তুতন্ত্রে উপস্থিত সজীব এবং নির্জীব উপাদান সমূহের মধ্যে আন্তঃসম্পর্ক বর্তমান। সকল জীব প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে সৌরশক্তিকে কাজে লাগায়। সবুজ উদ্ভিদ সালোকসংশ্লেষ পদ্ধতিতে সৌরশক্তিকে জৈবরাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তরিত করে কোষস্থ প্রোটোপ্লাজম-এ আবদ্ধ করে। ইহা বিপাকক্রিয়ার মাধ্যমে নানা জৈব রাসায়নিক শক্তি, কার্যশক্তি ও তাপশক্তিতে রূপান্তরিত হয়। এর পরেও সঞ্চিত খাদ্যশক্তি দেহের বৃদ্ধিতে সাহায্য করে। বাস্তুতন্ত্রে কোন খাদ্য স্তরের জীব দেহের উৎপাদিত ও সঞ্চিত খাদ্য পরবর্তী স্তরের জীবে খাদ্য হিসেবে প্রবেশ করে। এইভাবে খাদ্য ও খাদক পরস্পরের সঙ্গে খাদ্য শৃঙ্খল তৈরী করে। সেখানে প্রাথমিক উৎপাদক সৃষ্ট শক্তি ক্রমান্বয়ে উচ্চতর খাদ্যস্তরের দিকে সদা প্রবাহিত হয় (continuous flow)। সংজ্ঞা হিসেবে বলা যায় যে পদ্ধতিতে খাদ্য শৃঙ্খলের প্রাথমিক উৎপাদক (সবুজ উদ্ভিদ) থেকে শুরু করে এক খাদ্যস্তর থেকে পরবর্তী খাদ্যস্তরের জীবের মধ্যে দিয়ে খাদ্যাস্থিত শক্তির ধারাবাহিক, নিরবচ্ছিন্ন পরিচালন ও অবস্থান্তর ঘটে তাকে শক্তি প্রবাহ (energy flow) বলে।

বাস্তুতন্ত্রে শক্তি প্রবাহ তাপগতিবিদ্যার প্রথম ও দ্বিতীয় সূত্র অনুযায়ী সম্পন্ন হয়।

প্রথম সূত্র অনুযায়ী শক্তির সৃষ্টি বা বিনাশ হয় না কেবল স্থানান্তর ও এক অবস্থা থেকে অন্য অবস্থায় পরিবর্তন ঘটে।

দ্বিতীয় সূত্র অনুযায়ী শক্তির স্থানান্তর বা অবস্থান্তরের প্রক্রিয়ায় কিছুটা শক্তি ব্যয়িত হয় যার ফলে মোট শক্তির পরিমাণ ক্রমান্বয়ে উচ্চতর খাদ্যস্তরগুলিতে হ্রাস পায়। শক্তি হ্রাসের মাত্রা জীবের আকৃতি ও প্রকৃতি এবং খাদ্যস্তর বিশেষে ভিন্নতর হয়ে থাকে। অর্থাৎ শক্তির স্থানান্তর কখনোই 100% দক্ষতা সম্পন্ন (100% efficient) নয়।

2.4.1 শক্তি প্রবাহের পর্যায়সমূহ (Stages of energy flow) :

বাস্তুতন্ত্রে রূপান্তরিত সৌরশক্তি উৎপাদক থেকে তিনটি পর্যায়ে খাদকের দেহে স্থানান্তরিত হয়। যেমন—

(i) শক্তি অর্জন (Energy accumulation) : সবুজ উদ্ভিদ সালোক সংশ্লেষ পদ্ধতিতে সৌরশক্তি আবদ্ধ করে রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তরিত করে। এই শক্তি উৎপন্ন খাদ্যের মধ্যে স্থৈতিক শক্তিরূপে

আবদ্ধ থাকে। সূর্য থেকে প্রতি বছর পৃথিবীতে আপতিত প্রায় 12.3×10^{22} K cal শক্তির মাত্র 0.2% সবুজ উদ্ভিদের দ্বারা শর্করাজাতীয় খাদ্যে সংবদ্ধ হয়। ইহাই মোট প্রাথমিক উৎপাদন (Gross Primary Production) বা GPP।

(ii) শক্তি ব্যবহার (Energy utilization) : উদ্ভিদের মোট প্রাথমিক উৎপাদন (GPP) বিপাকক্রিয়ার মাধ্যমে শ্বসন, রেচন, জনন ইত্যাদি শারীরবৃত্তীয় (physiological) প্রক্রিয়ায় ব্যবহৃত হয়। অবশিষ্ট উৎপাদিত খাদ্য প্রোটোপ্লাজমে নানা জৈব যৌগ রূপে সঞ্চিত থাকে যাহাকে প্রাথমিক প্রকৃত উৎপাদন (Net primary production) বা NPP বলে।

প্রাথমিক উৎপাদকেরা সূর্যালোক সংবধিত (trapped) করে নিজেদের খাদ্য সংশ্লেষিত (photosynthesis) করে এবং নিজেদের নানা বিপাক ক্রিয়া সম্পন্ন করে ও নিজেদের বৃদ্ধি ঘটায় (NPP)। খাদ্য শৃঙ্খলের বিভিন্ন স্তরের খাদকেরা তাদের পূর্ববর্তী খাদ্যস্তর থেকে শক্তি অর্জন করে। প্রাথমিক উৎপাদক থেকে শুরু করে প্রতিটি খাদ্যস্তরে যে পরিমাণ শক্তি আবদ্ধ হয় অর্থাৎ তাদের মোট উৎপাদন (Gross production) বা GP তার কিছু অংশ প্রত্যেকেই শ্বসন এবং নানা শারীরবৃত্তিয় ও জৈবনিক কাজে ব্যবহার করে। কিছু অংশ অপাচ্য ও রেচন পদার্থরূপে পরিবেশে পরিত্যক্ত হয়। অবশিষ্টাংশ জীবদেহে স্থৈতিক শক্তি রূপে নানা বৃহৎ জৈব অনুসকলের মধ্যে সঞ্চিত থাকে ও দেহের আকার ও ওজন বৃদ্ধি করে। ইহাই তাহাদের প্রকৃত উৎপাদন বা নেট প্রোডাকশন (Net Production)।

(iii) শক্তি স্থানান্তকরণ (Energy transfer) : প্রাথমিক উৎপাদক থেকে শক্তি প্রথম শ্রেণীর খাদকের হয়ে পর্যায়ক্রমে দ্বিতীয় শ্রেণীর এবং তৃতীয় শ্রেণীর খাদকের দেহে প্রবাহিত হয়। সর্বোপরি বিয়োজকেরা (decomposers) সকল স্তরের জীবের দেহজাত জৈবপদার্থ, পরিত্যক্ত দেহাংশ এবং মৃতদেহ সমূহকে বিশ্লিষ্ট ও বিয়োজিত করে (breakdown and decomposition) সরল এবং পুনঃ গ্রহণ যোগ্য অজৈব অনুতে পুনরায় পরিবেশে ফিরিয়ে দেয়।

কোন একটি পুষ্টি স্তরের (Tn) জীবদেহে তার পূর্ববর্তী পুষ্টি স্তরের (T_{n-1}) জীবদেহ থেকে সঞ্চিত শক্তি (NP) স্থানান্তকরণ এর পরিমাণ, তাদের স্থানান্তকরণ দক্ষতা (Transfer Efficiency) বা TE এর ওপর নির্ভর করে।

যে কোন পুষ্টিস্তরের জীবের (Tn) স্থানান্তকরণ দক্ষতার মান নির্ধারিত হয় ইহাদের ভক্ষণ দক্ষতা (consumption efficiency) বা CE, শরীরে আত্তীকরণ দক্ষতা (assimilation efficiency) বা AE এবং দেহের সঞ্চিত শক্তি উৎপাদন দক্ষতার (production efficiency) বা PE-এর ওপর।

খাদ্য শৃঙ্খলের কোন খাদ্যস্তরে (Tn) CE, AE এবং PE নির্ণয়ের Formula নিম্নরূপ :

$$CE = \frac{T_n \;[illegible]\; I_n}{T_{n-1} \;[illegible]\; P_{n-1}} \quad 100$$

$$AE = \frac{T_n \;[illegible]\; A_n}{I_n} \quad 100$$

$$PE = \frac{[illegible]}{A_n} \quad 100$$

CE, AE এবং PE-এর সমন্বয়ে নির্ধারিত হয় TE-এর মান।

In-এর মান সর্বদাই P_{n-1} অপেক্ষা ক্ষুদ্রতর কারণ প্রতি খাদ্যস্তরে প্রাপ্ত খাদ্যর (available food) খুব সামান্য অংশই ভক্ষিত হয় এবং অব্যবহৃত বাকী অংশ পরিবেশে স্থানান্তরিত হয়।

An-এর মান In অপেক্ষা যথেষ্ট ক্ষুদ্রতর হয় কারণ ভক্ষিত খাদ্যের অধিকাংশই রাফেজ (roughage) বা মল হিসেবে বর্জিত হয়।

Pn-এর মান An অপেক্ষা অনেকাংশেই ক্ষুদ্রতর হয় কারণ An-এর অধিকাংশই শ্বসন, তাপ উৎপাদন, নানা জৈবনিক ক্রিয়াকর্মে ব্যবহৃত হয়।

In, An এবং Pn -এর মান জীব প্রজাতি এবং খাদ্যস্তরের অবস্থান-এর ওপর নির্ভর করে।

উপরিউক্ত আলোচনাই বাস্তুতন্ত্রে তাপগতিবিদ্যার দ্বিতীয় সূত্রের যথাযথ ব্যাখ্যা।

2.4.2 বাস্তুতন্ত্রে শক্তি প্রবাহের বৈশিষ্ট্য (Features of energy flow in ecosystem) : বাস্তুতন্ত্রে শক্তি প্রবাহের বৈশিষ্ট্যগুলি নিম্নরূপ :

1. বাস্তুতন্ত্রে সমগ্র শক্তির উৎস হল সৌরশক্তি।
2. বাস্তুতন্ত্রে শক্তির প্রবাহ সর্বদাই ক্রম উচ্চস্তর বরাবর একমুখী। শক্তি উৎপাদক থেকে প্রাথমিক, গৌণ ও প্রগৌণ শ্রেণীর খাদকে প্রবাহিত হয়।
3. শক্তি প্রবাহ তাপগতিবিদ্যার প্রথম ও দ্বিতীয় সূত্র মেনে চলে।
4. উৎপাদক থেকে সর্বোচ্চ শ্রেণীর খাদক পর্যন্ত প্রতিটি খাদ্যস্তরে মোট শক্তির পরিমাণ ক্রমশ হ্রাস পায়। কেননা দ্বিতীয় সূত্র অনুসারে শক্তির রূপান্তরে কিছু পরিমাণ শক্তির ব্যবহার ঘটে।
5. প্রতিটি ট্রপিকস্তরে গৃহীত শক্তির অধিকাংশই সেই জীবের শ্বসন, বিপাক, রেচন প্রভৃতি শারীবৃত্তীয় ও নানা শারীরিক ক্রিয়ায় ব্যবহৃত হয় এবং অবশিষ্টাংশ দেহে সঞ্চিত হয়। যাহা পরবর্তী খাদ্যস্তরে ও অব্যবহিত জৈব পদার্থ রূপে পরিবেশে পরিত্যক্ত হয়।
6. খাদ্য শৃঙ্খলের প্রথম খাদ্যস্তরে (প্রাথমিক উৎপাদক) (T_1) সবচাইতে বেশী এবং সর্বোচ্চ

খাদ্যস্তরে (যেমন T_4) সবচাইতে কম পরিমাণ শক্তি আবদ্ধ থাকে।

2.4.3 বাস্তুতন্ত্রে শক্তি প্রবাহের নক্‌শা (Energy flow models) :

বাস্তুতন্ত্রের বিভিন্ন খাদ্য শৃঙ্খলের মধ্য দিয়ে তাপগতি বিদ্যার (Thermodynamics) প্রথম ও দ্বিতীয় সূত্র মেনে শক্তি প্রবাহের পদ্ধতি বাস্তব্যবিদ্‌গণ একাধিক নক্‌শা বা মডেলের মাধ্যমে ব্যাখ্যা করেছেন। ভূপৃষ্ঠের বিভিন্ন স্থলজ ও জলজ বাস্তুতন্ত্রে শক্তি প্রবাহের নক্‌শা প্রধানত দুই ভাবে ব্যাখ্যা করা হয়েছে—

1. একক গতিপথ নক্‌শা (Single channel model) এবং

2. যুগ্ম গতিপথ নক্‌শা (Double channel model) বা Y-আকৃতির নক্‌শা (Y-shaped model)

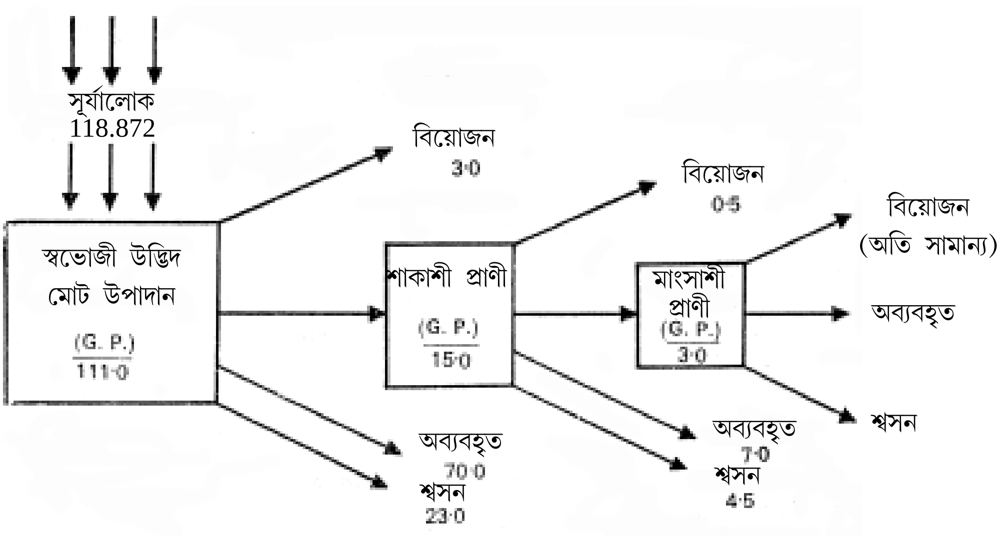
একক গতিপথ নক্‌শা : ইহা ডেট্রিটাস খাদ্য শৃঙ্খল বা গ্রেজিং খাদ্যশৃঙ্খলের মধ্যে দিয়ে শক্তির প্রবাহ আলাদা আলাদা ভাবে ব্যাখ্যা করে।

যুগ্ম গতিপথ নক্‌শা : ইহা নির্ভরশীলতার বন্ধন বজায় রেখে পারস্পরিক উভয় প্রকার খাদ্যশৃঙ্খলের মধ্য দিয়ে শক্তি প্রবাহ ব্যাখ্যা করে।

2.4.3.1 একক গতিপথ নক্‌শা (Single channel model) :

একটি উল্লেখযোগ্য উদাহরণ হল রেমন্ড লিন্ডম্যানের 10 শতাংশ রীতি (10% Law of Raymond Lindeman, 1942) যাহা গ্রেজিং বাস্তুতন্ত্রের নিরিখে বর্ণিত।

এছাড়াও লিন্ডেম্যান স্বাদু জলের বাস্তুতন্ত্রের (Lake ecosystem) শক্তি প্রবাহ ও বর্ণনা করেছেন যা চিত্র 2.9 এ দেখানো হয়েছে।



চিত্র 2.9 : একটি হ্রদের (স্বাদুজলের বাস্তুতন্ত্র) শক্তি প্রবাহের চিত্র (Modified from R. Lindeman, 1942)

এছাড়াও এইচ. টি. ওডাম (H. T. Odum, 1957) প্রদত্ত শক্তি প্রবাহের নক্সা (U.S.A. -এর ফ্লোরিডা প্রদেশের রূপালী প্রস্রবণ (Silver spring) বাস্তুতন্ত্রের সাপেক্ষে প্রদত্ত শক্তি প্রবাহের নক্সা ব্যাখ্যা করেন। জন টিয়েল (John Teal, 1957) U.S.A-এ মূল প্রস্রবণ (Root spring, in U.S.A.)-এর বাস্তুতন্ত্রের সাপেক্ষে শক্তি প্রবাহের নক্শা ব্যাখ্যা করেন। উভয় নক্শাই একক গতিপথ নক্শার উদাহরণ। H.T. Odum এর নক্শায় খাদ্য শৃঙ্খলের প্রায় সকল পরভোজীর (Heterotrophs) খাদ্যস্থিত শক্তির মূল উৎসই হল সূর্যালোক থেকে সবুজ উদ্ভিদ দ্বারা সংশ্লেষিত খাদ্য। টিয়েল-এর নক্শা অনুযায়ী ডিট্রিটাস খাদ্য শৃঙ্খলের প্রায় সকল পরভোজী দ্বারা ভক্ষিত খাদ্যের অধিকাংশরই উৎস হল উদ্ভিদ ও প্রাণীর মৃত দেহাংশ বা দেহজাত পদার্থ (detritus)।

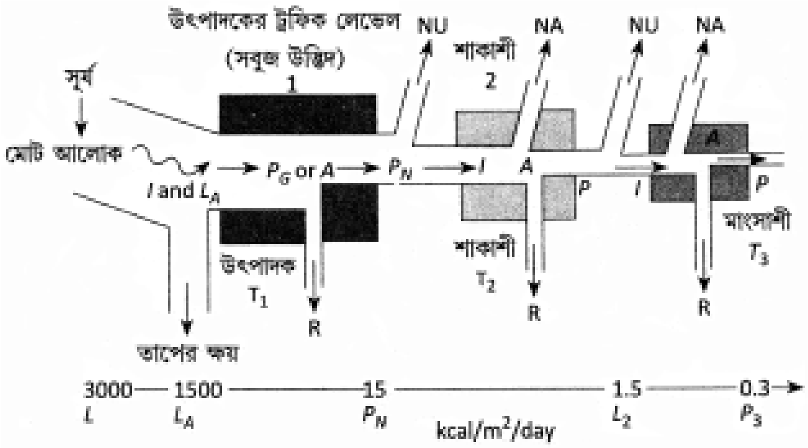
নিম্নে শক্তি প্রবাহের একক গতিপথ নক্শার মুখ্য বৈশিষ্ট্য দেওয়া হল :

● যে কোন একক গতিপথ নক্শা থেকে ইহা প্রতীয়মান যে শাকাশী প্রাথমিক খাদক স্তরের গৃহীত খাবার অপেক্ষা বহুগুণ বেশী খাবার প্রাথমিক উৎপাদক দ্বারা তৈরি হয়। এর ফলে প্রচুর পরিমাণ খাদ্য অব্যবহৃত থেকে যায়। একই রকমভাবে মাংশাশী প্রাণীরা যে পরিমাণ খাবার সরবরাহ পায় তার সামান্য অংশ ভক্ষণ করে। ইহাই মাংশাসী খাদকের খাদ্যশক্তি ব্যবহারের ক্ষমতা বা শরীরে আত্তীকরণ ক্ষমতা।

● একমুখী শক্তি প্রবাহে সবুজ উদ্ভিদ (প্রাথমিক উৎপাদক) কিংবা অন্য যে কোন খাদ্যস্তরে সংবর্দ্ধিত (captured) শক্তি কেবল অগ্রমুখি প্রবাহিত হয় তা কখনোই পশ্চাৎমুখী ফিরে যায় না (not reverted back)

● ক্রম উর্ধ্বতর খাদ্যস্তরে শক্তিমাত্রা ক্রমান্বয়ে হ্রাস পায়। প্রতি খাদ্যস্তরে আত্তীকরণকৃত শক্তি নানা বিপাকক্রিয়া, শ্বসন, তাপবিকিরণ, বিভিন্ন শারীরিক ও শারীরবৃত্তীয় ক্রিয়ায় ব্যবহৃত হয়। এরপর বাকী শক্তি প্রকৃত উৎপাদন বা নেট প্রোডাকশন (NP) হিসেবে দেহে সঞ্চিত হয়। ইহার সম্পূর্ণ অংশই পরবর্তী স্তরের খাদকের জন্য নির্ধারিত হলেও তার খুব সামান্য অংশ তাহাদের দ্বারা ভক্ষিত হয়। খাদকজাত বাকী শক্তি অব্যবহৃত শক্তিরূপে পরিবেশে পরিত্যক্ত হয়।

ই. পি. ওডাম, 1963 অনুযায়ী একক গতিপথ নক্সা চিত্র 2.10-এ দেখানো হয়েছে।



চিত্র 2.10 : শক্তি প্রবাহের একক গতিপথ নক্শা

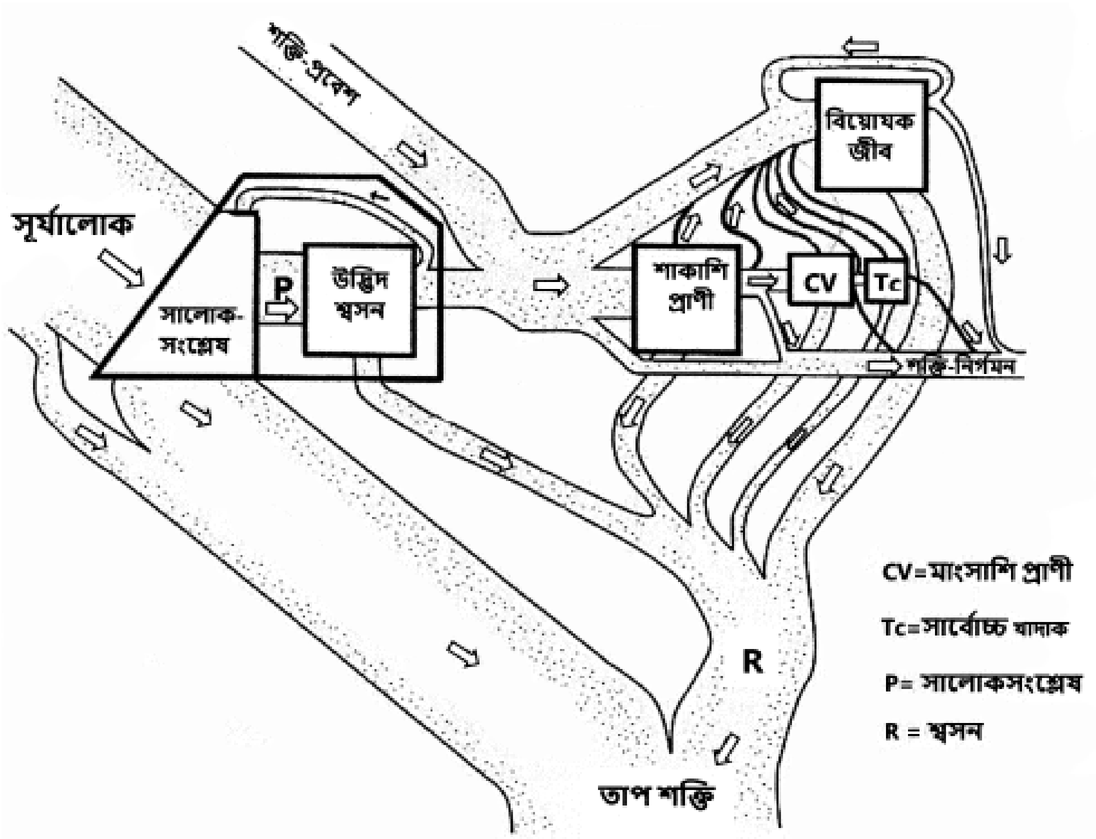
তিনটি বাক্স 1, 2, এবং 3-এ পরপর তিনিটি খাদ্যস্তরে শক্তির সঞ্চয় এবং পাইপ লাইন দিয়ে আনুপাতিক শক্তির প্রবাহ দেখানো হয়েছে। [I = মোট আপতিত আলোক, LA = উদ্ভিদ কর্তৃক শোষিত আলোক, P_G = মোট প্রাথমিক উৎপাদন, A = মোট সংশ্লেষণ, P_N = নেট প্রাথমিক উৎপাদন, P = (খাদক কর্তৃক) গৌণ উৎপাদন; NU = অব্যবহৃত শক্তি, NA = খাদক ভক্ষিত অসংশ্লেষিত শক্তি যাহা মল রূপে পরিত্যক্ত হয়, R = শ্বসন] নীচের লাইন বরাবর খাদ্য শৃঙ্খলের বিভিন্ন স্তরের নেট শক্তির মাত্রা দেখানো হয়েছে। [Source E.P. Odum, 1963]

2.4.3.2 শক্তি প্রবাহের দ্বৈত প্রণালী (Double channel) বা Y-আকৃতির (Y-shaped) নক্শা :

ই. পি. ওডাম (E.P. Odum, 1962) উল্লেখ করেন যে একটি বাস্তুতন্ত্রের কোন খাদ্যশৃঙ্খলের শুরুতে কোন প্রথম শ্রেণীর খাদক সবুজ উদ্ভিদ সংশ্লেষিত (primary producers) খাদ্যশক্তি ভক্ষণ করে দেহে শক্তি সংশ্লেষ (asimilation) করে। আবার অপর খাদ্যশৃঙ্খলে দেখা যায় প্রথম শ্রেণীর খাদকেরা মৃত উদ্ভিদ ও প্রাণীর অংশ (detritus) ভক্ষণ করে দেহে শক্তি সংশ্লেষ করে।

তিনি বিশেষ ভাবে উল্লেখ করেন যে কোন বাস্তুতন্ত্রে উভয় প্রকার খাদ্যশৃঙ্খলই এক সঙ্গে ক্রিয়াশীল। ডেট্রিটাস খাদ্যশৃঙ্খল অনুজীব দ্বারা রূপান্তরিত মৃত জৈব পদার্থ নির্গত জৈবশক্তি দিয়েই শুরু হয়। ইহা প্রথমে ডেট্রিটিভোরাস খাদক (detritivores) এবং তারপরে শিকারী খাদক (Predator) দেহে প্রবেশ করে।

নিচে এইচ. টি. ওডাম (H. T. Odum, 1956) বর্ণিত Y-আকৃতির নক্‌শা দেখান হল। (চিত্র 2.11)



চিত্র 2.11 : শক্তি প্রবাহের Y-আকৃতির নক্সা। বিভিন্ন আকার ও আকৃতির বাক্স বিভিন্ন পুষ্টিস্তর এবং বিভিন্ন আকারের পাইপ লাইন আনুপাতিক শক্তি প্রবাহ নির্দেশ করে (Source : H. T. Odum, 1857)

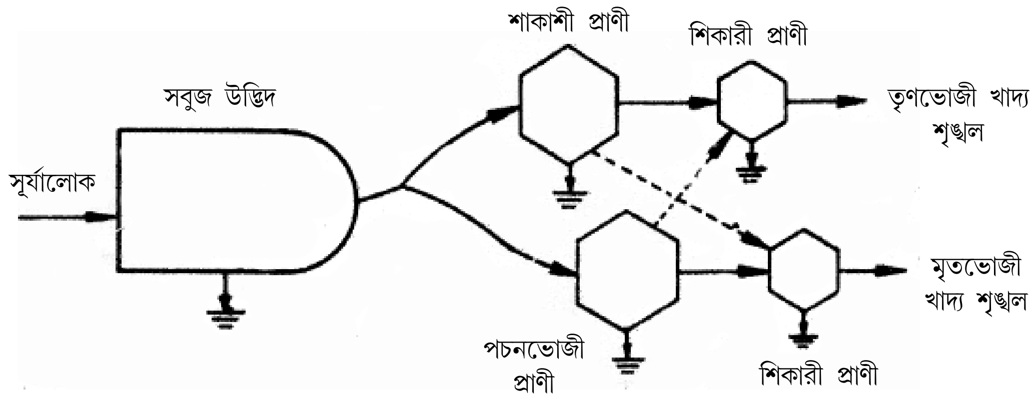
উভয় প্রকার খাদ্যশৃঙ্খলই একটি সাধারণ সীমানার (common boundary) মধ্যে আবদ্ধ। বিয়োজক সমূহ আলাদা বাক্স হিসেবে দেখানো হয়েছে যার দ্বারা গ্রেজিং এবং ডেট্রিটস খাদ্যশৃঙ্খল দুটিকে আংশিকভাবে পৃথক করা হয়েছে। বিয়োজক গোষ্ঠী মিশ্র শক্তিস্তরের জীব সকল নিয়ে গঠিত।

Y-আকৃতির বা দ্বি-প্রণালী শক্তি প্রবাহ নক্‌শায় Y-এর একটি বাহু তৃণভোজী খাদ্যশৃঙ্খল (grazing/ hervivonous food chain) অপর বাহু ডেট্রিটাস বা পচনভোজী খাদ্যশৃঙ্খল নির্দেশ করে। এখানে উভয় প্রকার খাদ্যশৃঙ্খল স্পষ্টভাবে বিভক্ত হলেও তারা একে অপরের থেকে বিচ্ছিন্ন নয় (not isolated)। তৃণভোজী খাদ্য শৃঙ্খলের সকল জীবের শারীরিক ক্রিয়া নির্গত জৈব পদার্থসমূহ বা তাদের মৃতদেহ ডেট্রিটাস

খাদ্য শৃঙ্খলের অণুজীব বা মৃত খাদক দ্বারা বিয়োজিত ও রূপান্তরিত হয়ে তৃণভোজী খাদ্যশৃঙ্খলে নির্দিষ্ট মাত্রায় ফিরে আসে। সকল বাস্তুতন্ত্রে তৃণভোজী ও পচন ভোজী খাদ্যশৃঙ্খলের প্রাধান্য এক প্রকার হয় না। E. P. Odum (1963) এর মতে সামুদ্রিক বাস্তুতন্ত্রে পচনভোজী খাদ্য শৃঙ্খল অপেক্ষা তৃণভোজী খাদ্য শৃঙ্খল শক্তি প্রবাহের জন্য প্রধান পথ (major pathway)। আবার বনভূমি বাস্তুতন্ত্রে পচনভোজী খাদ্যশৃঙ্খল বরাবর শক্তিপ্রবাহ তৃণভোজী খাদ্যশৃঙ্খল অপেক্ষা বেশী গুরুত্বপূর্ণ। খাদ্যশৃঙ্খলে শক্তি প্রবাহের মাত্রা নির্ভর করে খাদক স্তরগুলিতে ভক্ষিত খাদ্যের অপাচিত (egested part) অংশ এবং দেহে অঙ্গিভূত অংশ (assimilated part) এর অনুপাতের উপর। ইহা ভিন্ন ভিন্ন বাস্তুতন্ত্রের ভিন্ন ভিন্ন খাদ্যশৃঙ্খলে বিভিন্ন প্রকার হয়ে থাকে।

Y-আকৃতির খাদ্যশৃঙ্খল একক প্রণালী মডেল অপেক্ষা অধিকতর কার্যকর এবং বাস্তবধর্মী।

ই. পি ওডাম (1983) সার্বিক প্রযোজ্য (generalited) Y-আকৃতির নকশা ব্যাখ্যা করেন যাহা স্থলজ বা জলজ উভয় বাস্তুতন্ত্রের জন্যই প্রযোজ্য।



চিত্র 2.12 : শক্তি প্রবাহের দ্বৈত প্রণালী (Y-আকৃতির) নক্শা (Source : E. P. Odum, 1983)

2.5 সারাংশ (Summary)

i. এই এককে বাস্তুতন্ত্রের প্রকারভেদ যথা—মহাবাস্তুতন্ত্র, বৃহৎ বাস্তুতন্ত্র, ন্যানো বাস্তুতন্ত্র, ও তাহাদের উপবিভাজন—প্রাকৃতিক বাস্তুতন্ত্র, স্থলজ বাস্তুতন্ত্র, স্বাদুজলের বাস্তুতন্ত্র, জলাভূমি, নোনা জলের ও তাহাদের অন্তর্গত উপবিভাগগুলি উদাহরণসহ আলোচনা করা হয়েছে।

ii. বাস্তুতন্ত্রের জৈব, অজৈব ও ভৌত উপাদানগুলি লিপিবদ্ধ করা হয়েছে। সজীব উপাদানের

মধ্যে প্রাথমিক খাদক, খাদ্যশৃঙ্খলে তাহাদের কাজ, গৌণ বা দ্বিতীয় শ্রেণীর খাদক ও বিয়োজকের ভূমিকা আলোচিত হয়েছে।

iii. বাস্তুতন্ত্রে শক্তির প্রবাহ ও শক্তি প্রবাহের পর্যায় সমূহের ও শক্তিপ্রবাহের নকশাগুলির বিস্তারিত বর্ণনা দেওয়া আছে।

iv. একই সাথে আমরা খাদ্যশৃঙ্খলের যে কোন খাদ্যস্তরের ভক্ষণ দক্ষতা, আত্তিকরণ দক্ষতা এবং সঞ্চিত শক্তির উৎপাদন দক্ষতার ফরমূলাগুলি জানতে পারব।

2.6 প্রশ্নাবলী (Questions)

I. বহু নির্বাচনী প্রশ্ন :

1. বাস্তুতন্ত্রের উপাদান নয় কোনটি?
   (a) উদ্ভিদ (b) কার্বনডাই-অক্সাইড
   (c) সূর্যালোক (d) ওজোন

2. বাস্তুতন্ত্রের গতিময়তার সঙ্গে সম্পর্কিত নয় কোনটি?
   (a) খাদ্যশৃঙ্খল (b) বায়ু প্রবাহ (c) শক্তি প্রবাহ (d) বিয়োজন

3. কোন নির্দিষ্ট অঞ্চলের বাস্তুতন্ত্রের সকল জীবগোষ্ঠীকে একত্রে বলে—
   (a) জীবসম্প্রদায় (b) বায়োমাস (c) বায়োস্ফিয়ার (d) মুখ্য উপাদান

4. কোন খাদ্য শৃঙ্খলের একাধিক অবস্থানে থাকে কোনটি?
   (a) প্রাথমিক উৎপাদক (b) শাকাশী প্রাণী
   (c) মাংসাশী প্রাণী (d) বিয়োজক

5. ইকোসিস্টেম নিয়ন্ত্রণ করে না কোন উপাদানটি?
   (a) খাদ্য (b) শিকারী প্রাণী (c) মাটির গঠন (d) সবুজ উদ্ভিদ

6. তৃণভোজী বাস্তুতন্ত্রে কোনটি উৎপাদক নয়—
   (a) সবুজ উদ্ভিদ (b) মাটির ছত্রাক ও ব্যাক্টেরিয়া
   (c) শাকাশী প্রাণী (d) সর্বভূক প্রাণী

7. একটি বাস্তুতন্ত্রে সচরাচর দেখা যায় কোনটি
   (a) একাধিক বিচ্ছিন্ন খাদ্যশৃঙ্খল (b) খাদ্য জালক
   (c) একটি বিচ্ছিন্ন মৃতভোজী খাদ্যশৃঙ্খল (d) একটি বিচ্ছিন্ন তৃণঙোজী খাদ্য শৃঙ্খল

8. একটি বনভূমির বাস্তুতন্ত্রে কোন প্রকার খাদ্যশৃঙ্খল দেখা যায়?
   (a) তৃণভোজী খাদ্যশৃঙ্খল
   (b) মৃতভোজী খাদ্যশৃঙ্খল
   (c) পরস্পর সম্পর্কিত তৃণভোজী এবং মৃতভোজী খাদ্যশৃঙ্খল
   (d) পরস্পর বিচ্ছিন্ন তৃণভোজী এবং মৃতভোজী খাদ্যশৃঙ্খল

9. ইকোসিস্টেম শব্দটি প্রথম ব্যবহার করেন—
   (a) ট্যান্স্‌লে (b) ওডাম (c) স্মিথ (d) লিন্ডম্যান

10. বাস্তুতন্ত্রের কোন ঘটনার সঙ্গে পিরামডি-এর সম্পর্ক নেই—
   (a) শক্তি প্রবাহ (b) খাদ্যশৃঙ্খল
   (c) খাদ্য ও খাদকের দেহাকৃতি ও সংখ্যা (d) জৈব পদার্থের বিয়োজন

11. মহা বাস্তুতন্ত্রের উদাহরণ হল—
   (a) বনভূমির বাস্তুতন্ত্র (b) পুকুরের বাস্তুতন্ত্র
   (c) গ্রীণহাউস-এর বাস্তুতন্ত্র (d) আবাদি জমির বাস্তুতন্ত্র

12. তুন্দ্রা বাস্তুতন্ত্র সাধারণত দেখা যায়—
   (a) গ্রীষ্ম মণ্ডলীয় অঞ্চলে (b) অতি শীতল অঞ্চলে
   (c) নাতিশীতোষ্ণ অঞ্চলে (d) উষ্ণ ও শুষ্ক অঞ্চলে

13. স্থির স্বাদু জলের বাস্তুতন্ত্রকে বলে—
   (a) লোটিক বাস্তুতন্ত্র (b) মোহনার বাস্তুতন্ত্র
   (c) বেলাভূমির বাস্তুতন্ত্র (d) লেনটিক বাস্তুতন্ত্র

14. কোনটি নোনাজলের বাস্তুতন্ত্র নয়—
   (a) কর্দম তটভূমি (b) জোয়ার জলাভূমি
   (c) ম্যানগ্রোভ প্লাবনভূমি (d) জলাভূমি

15. খাদ্য শৃঙ্খলের একটি খাদ্যস্তর থেকে পরবর্তী খাদ্যস্তরে প্রবাহিত হয় যাহা—
   (a) নেট প্রোডাকশনের সম্পূর্ণ অংশ (b) নেট প্রোডাকশনের আংশিক
   (c) গ্রস প্রোডাকশনের সম্পূর্ণ অংশ (d) গ্রস প্রোডাকশনের আংশিক

II. সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলী ঃ

1. বাস্তুতন্ত্রের সংজ্ঞা লিখুন।

2. বাস্তুতন্ত্রের জৈব এবং অজৈব উপাদানগুলির নাম লিখুন।

3. খাদ্য শৃঙ্খল বলতে কি বোঝায়?
4. খাদ্য জালিকা কি?
5. বাস্তুতন্ত্রে শক্তি প্রবাহের পথ কেমন তা লিখুন।
6. বাস্তুতন্ত্রে শক্তি প্রবাহের প্রধান দুইটি নক্সা কি কি?
7. দুইটি স্থলজ এবং দুইটি জলজ বাস্তুতন্ত্রের নাম লিখুন।
8. বিভিন্ন প্রকার নোনা জলের বাস্তুতন্ত্রের নাম লিখুন।
9. তৃণভোজী খাদ্যশৃঙ্খল কি?
10. মৃতভোজী খাদ্যশৃঙ্খল কি?
11. দুইটি প্রাকৃতিক এবং দুইটি মনুষ্যসৃষ্ট বাস্তুতন্ত্রের উদাহরণ দিন।
12. মেগা বাস্তুতন্ত্র, মেসো বাস্তুতন্ত্র এবং মাইক্রো বাস্তুতন্ত্রের একটি করে উদাহরণ দিন।
13. বাস্তুতন্ত্রে প্রাথমিক উৎপাদকের দুইটি গুরুত্ব লিখুন।
14. বাস্তুতন্ত্রে বিয়োজক-এর দুইটি গুরুত্ব লিখুন।
15. বনজ বাস্তুতন্ত্রে বিভিন্ন শ্রেণীর খাদকের একটি করে উদাহরণ দিন।

III. রচনাধর্মী প্রশ্ন ঃ

1. উদাহরণসহ বাস্তুতন্ত্রের বিভিন্ন উপাদানগুলির উল্লেখ করুন।
2. বিভিন্ন প্রকার স্বাদুজলের বাস্তুতন্ত্রের সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দিন।
3. বিভিন্ন প্রকার নোনাজলের বাস্তুতন্ত্রের দুটি করে বৈশিষ্ট্য লিখুন।
4. বিভিন্ন স্থলজ বাস্তুতন্ত্রের সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দিন।
5. বাস্তুতন্ত্রে শক্তি প্রবাহে তাপগতিবিদ্যার সূত্র দুইটি বিবৃত করুন।
6. খাদ্যশৃঙ্খলে শক্তির স্থানান্তরণ দক্ষতা এবং ইহার উপাদানগুলি সম্বন্ধে আলোচনা করুন।
7. শক্তি প্রবাহের একক প্রণালী নক্সা সংক্ষেপে বর্ণনা করুন।
8. শক্তি প্রবাহের দ্বি-প্রণালী নক্সা বা 'Y' আকৃতির নক্সা সংক্ষেপে বর্ণনা করুন।

2.7 উত্তরমালা (Answers)

I. বহু নির্বাচনী প্রশ্নের উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
উত্তর :	d	b	a	d	c	b	b	c	a	d

প্রশ্নের সংখ্যা :	11	12	13	14	15
উত্তর :	a	b	d	d	b

II. সংক্ষিপ্ত প্রশ্নের উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4	5	6	7	8
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	2.1	2.3	2.3.3	2.3.3	2.4.2	2.4.3	2.2	2.2

প্রশ্নের সংখ্যা :	9	10	11	12	13	14	15
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	2.3.3	2.3.3	2.2	2.2	2.3.2.1	2.3.2.3	2.3.2.2

III. রচনাধর্মী প্রশ্নের উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4	5	6	7	8
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	2.3	2.2(D)	2.2(E)	2.2(B)	2.4.1	2.4.1(iii)	2.4.3.1	2.4.3.2

একক–3 : পুষ্টি চক্র বা পরিপোষক চক্র (কার্বন চক্র, নাইট্রোজেন চক্র ও ফসফরাস চক্র), জৈবিক আন্তঃসম্পর্ক [Nutrient cycling (carbon, nitrogen and phosphorus cycles), biotic interrelationship]

গঠন (Structure)

3.0 উদ্দেশ্য (Objectives)

3.1 প্রস্তাবনা ও ধারণা (Introduction and concept)

3.2 বিভিন্ন পুষ্টিচক্র (Different Nutrient cycles)

- **3.2.1** কার্বন চক্র (Carbon cycle)
- **3.2.2** নাইট্রোজেন চক্র (Nitrogen cycle)
- **3.2.3** ফসফরাস চক্র (Phosphorus cycle)

3.3 জৈবিক মিথস্ক্রিয়া (Biotic interactions)

- **3.3.1** বিভিন্ন প্রকার আন্ত-প্রজাতিয় মিথস্ক্রিয়া (Intra specific interaction)
- **3.3.2** আন্তর-প্রজাতিয় মিথস্ক্রিয়া (Inter specific interactions)

3.4 সারাংশ (Summary)

3.5 প্রশ্নাবলী (Questions)

3.6 উত্তরমালা (Answers)

3.0 উদ্দেশ্য (Objectives)

এই এককটি পাঠ করে আমরা নিম্নলিখিত বিষয়গুলি সম্বন্ধে সম্যক ধারণা তৈরি করতে পারব।

- পুষ্টিচক্র বা পরিপোষক চক্রের মূল ধারণা।
- বিভিন্ন পুষ্টিচক্রগুলির বৈশিষ্ট্য, ভৌত ও রাসায়নিক প্রক্রিয়াগুলির পদ্ধতি।
- এই পুষ্টিচক্রগুলির উপর বিভিন্ন স্বাধীনজীবী ও মিথোজীবী ব্যাকটেরিয়ার প্রভাব।
- বিভিন্ন প্রকার জৈব আন্তঃসম্পর্ক।
- আন্ত এবং আন্তর প্রজাতিয় মিথস্ক্রিয়ার প্রভাব।

D: \ Suvendu \ NSOU\NEP/ 5CC-BT-02
Unit- 1-4 \ 2nd Proof \ (Dt. 19.03.2025)

3.1 প্রস্তাবনা ও ধারণা (Introduction and Concept)

জীবকোষের প্রোটোপ্লাজমের মৌলিক উপাদানগুলি কার্বন, হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন, অক্সিজেন, ফসফরাস, সালফার প্রভৃতি জীবেরা প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে পরিবেশ থেকে সংগ্রহ করে। কিন্তু পরিবেশের এই উপাদান সমূহ যুগ যুগ ধরে অপরিবর্তিত থাকে। এই উপাদান সমূহ সর্বদাই জীব ও পরিবেশের মধ্যে চক্রাকারে আবর্তিত হয়।

প্রোটোপ্লাজমের প্রধানতম রাসায়নিক উপাদানসমূহ জীবমণ্ডলে নির্দিষ্ট পথে পরিবেশ থেকে পুষ্টিরূপে জীবে এবং জীব থেকে পরিবেশে চক্রাকারে আবর্তিত হয়। বিভিন্ন রাসায়নিক উপাদানের এই চক্রগুলিকে জীব ভূ-রাসায়নিক চক্র (Bio-geochemical cycle) বলে। বিভিন্ন যৌগ, মৌল বা মূলকের মাধ্যমে বিভিন্ন অজৈব উপাদান প্রত্যক্ষ ও পরোক্ষভাবে পুষ্টিরূপে জীবদেহে প্রবেশ করে। জীবদেহ জাত নানা জৈব পদার্থ এবং মৃত জীবদেহাংশ বা মৃত জীবদেহ মৃত্তিকাস্থ নানা অণুজীব দ্বারা বিয়োজিত হয়ে আবার সরল অজৈব পদার্থ রূপে পরিবেশে ফিরে আসে। জীব ও পরিবেশের মধ্যে পুষ্টি পদার্থের এই আদান প্রদানকে পুষ্টি চক্র বলে। যার ফলে বাস্তুতন্ত্রে গতিময়তা ও ভারসাম্য উভয়ই বজায় থাকে।

3.2 বিভিন্ন পুষ্টিচক্র (Different Nutrient Cycles)

পরিবেশের নানা পুষ্টি রাসায়নিক চক্রগুলির মধ্যে কার্বনচক্র, নাইট্রোজেন চক্র, অক্সিজেন চক্র, ফসফরাস চক্র, সালফার চক্র বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

এই সকল চক্রকে প্রধানত দুই ভাগে বিভক্ত করা হয়—

(a) গ্যাসীয় চক্র (Gaseous cycle) : এই চক্রের মধ্যমে গ্যাসীয় উপাদানগুলির আবর্তন ঘটে। বায়ুমণ্ডল এবং জলমণ্ডল সকল গ্যাসীয় পদার্থের প্রধান ভাণ্ডার। উদাহরণ—C, N, O চক্র প্রভৃতি।

(b) পাললিক চক্র (Sedimentary cycle) : যে সকল পদার্থের প্রধান ভাণ্ডার শীলা ও মাটি অর্থাৎ লিথোস্ফীয়ার সেই সকল পদার্থের চক্রাকার আবর্তনই হল পাললিক চক্র। উদাহরণ—P, S চক্র প্রভৃতি।

জৈবভূরাসায়নিক চক্রের বৈশিষ্ট্য (Characteristics of biogeochemical cycle) :

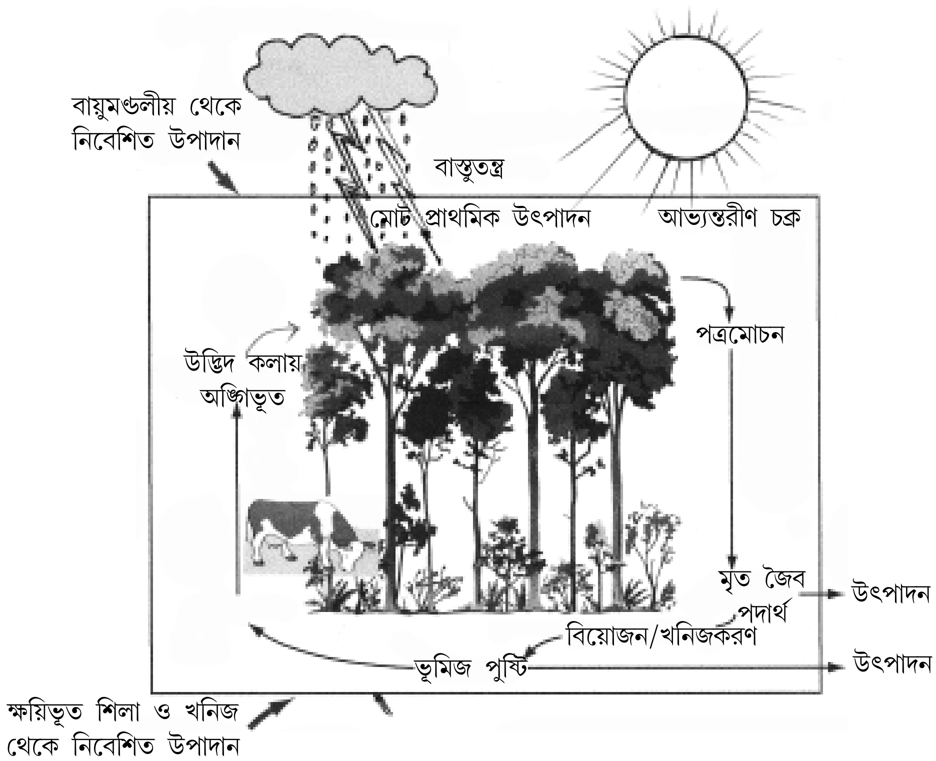
1. পরিবেশ থেকে জীবদেহে গৃহীত সকল সরলাকার পরিপোষক মৌলগুলির প্রধান উৎস অশ্মমণ্ডল (Lithosphere), বায়ুমণ্ডল (Atmosphere) এবং জলমণ্ডল (Hydrosphere)। যেখানে ইহারা তিনটি পৃথক রূপে সঞ্চিত থাকে।

2. সকল গ্যাসীয় চক্রের (যেমন C, N, O ইত্যাদির) প্রধান ভাণ্ডার জলমণ্ডল ও বায়ুমণ্ডল এবং সকল পাললিক চক্রের (sedimentary cycle যেমন P, S ইত্যাদি) প্রধান ভাণ্ডার শিলা ও মাটি।

3. আবার বিভিন্ন জলজ জীব কর্তৃক গৃহীত জলের উৎস জলমণ্ডল। স্থলজ জীবের জলের উৎস অশ্মমণ্ডলের শিলা ও মাটি মধ্যস্থ কৈশিক বা ক্যাপিলারী জল। কিছু স্থলজ ও পরাশ্রয়ী উদ্ভিদ—এর জলের উৎস হল বায়ুমণ্ডলের জলীয়বাষ্প।

4. পরিবেশের নানা অজৈব মৌল বা যৌগ বিভিন্ন ভৌত এবং রাসায়নিক প্রক্রিয়ার মাধ্যমে জীবদেহে গ্রহণযোগ্য অবস্থায় রূপান্তরিত হয়ে জীবদেহে পরিপোষক রূপে (nutrient) প্রবেশ করে। যাহার অংশবিশেষ নানা বিপাক ক্রিয়ার মাধ্যমে প্রোটোপ্লাজমের উপাদানে রূপান্তরিত হয়। ইহা জীবের নানা শারীরবৃত্তীয় এবং শারীরিক ক্রিয়ায়, দৈহিক বৃদ্ধি ও জননে ব্যবহৃত হয়।

5. দেহ থেকে নিষ্কষিত বর্জ্য পদার্থ, রেচন পদার্থ, পরিত্যক্ত দেহাংশ ও মৃত্যু পরবর্তী দেহ পচন প্রক্রিয়ার মাধ্যমে নানা অনুজীব দ্বারা বিয়োজিত হয়ে আবার সরল অজৈব অণু রূপে পরিবেশে ফিরে আসে। এইভাবে প্রতিটি জৈব-ভূরাসায়নিক চক্র সম্পূর্ণ হয়। পরিবেশ ও জীবের ভারসাম্য রক্ষা হয় এবং বাস্তুতন্ত্রের গতিময়তা বজায় থাকে।



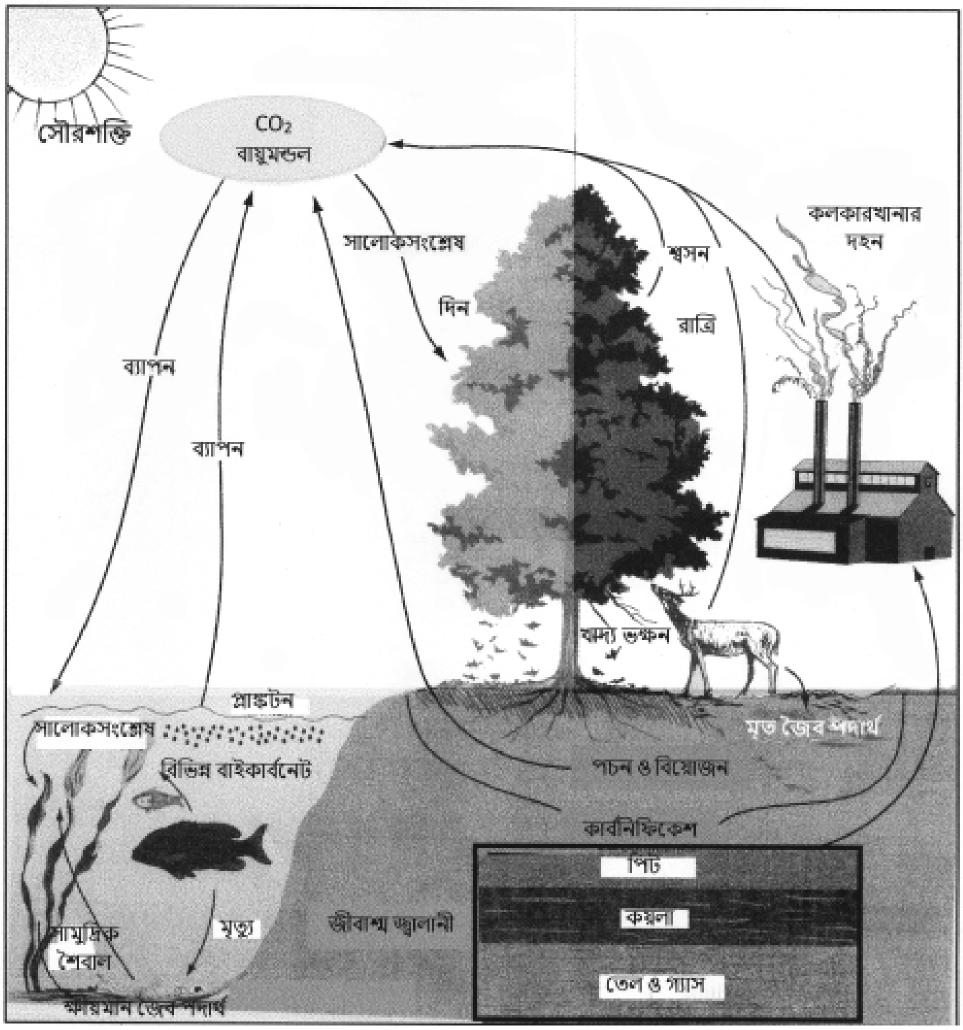
চিত্র 3.1 : জৈব ভূরাসায়নিক চক্রের সাধারণ নক্সা

নিম্নে কার্বনচক্র, নাইট্রোজেন চক্র, এবং ফসফরাস চক্র আলোচনা করা হল।

3.2.1 কার্বন চক্র (Carbon Cycle)

জীবদেহের কার্বনের একমাত্র উৎস হল CO_2। যাহা সবুজ উদ্ভিদ দ্বারা বায়ুমণ্ডল কিংবা জলমণ্ডল থেকে সালোকসংশ্লেষ প্রক্রিয়ার দ্বারা শোষিত হয়। এই CO_2 নানা জৈব যৌগে আবদ্ধ হয়। ইহা নানা খাদ্য জালকের মধ্য দিয়ে সকল শ্রেণীর খাদকের দেহে প্রবেশ করে। জীবের শ্বসন, দেহ নিষ্কষিত বর্জ্য পদার্থের মাধ্যমে এবং তাদের মৃতদেহ নানা বিয়োজক দ্বারা বিয়োজিত হয়ে CO_2 আবার পরিবেশে ফিরে যায়।

কার্বন চক্র প্রধানত দুটি পর্যায়ে সম্পন্ন হয়—



চিত্র 3.2 : কার্বন চক্র (Source : Smith & Smith, Ecology and Field Bilogy; Benjamin Cummings, 2001)

A. পরিবেশ থেকে কার্বনডাই অক্সাইডের অপসারণ (Removal of CO_2 from the environment) : কতগুলি প্রক্রিয়ার মাধ্যমে পরিবেশ থেকে CO_2 আবদ্ধ হয় যার ফলে CO_2-এর মাত্রা হ্রাস পায়। যেমন—

(a) সালোকসংশ্লেষ—সবুজ উদ্ভিদ বায়ুমণ্ডল ও বারিমণ্ডলের মুক্ত CO_2 সংশ্লেষ করে যা পরে নানা বিপাকক্রিয়ার দ্বারা বিভিন্ন জৈব যৌগে রূপান্তরিত হয় ও জীবদেহে অঙ্গীভূত হয়।

(b) সামুদ্রিক প্রাণীর খোলক গঠন—সমুদ্রের অসংখ্য প্রজাতির শামুক, ঝিনুক প্রভৃতি প্রাণীরা জলে দ্রবীভূত CO_2 শোষণ করে তা ক্যালসিয়াম কার্বনেট রূপে তাদের খোলকে জমা করে।

(c) ধাতব কার্বনেট উৎপাদন—ফেল্ডস্পার জাতীয় পাথর, চুনাপাথর বায়ুমণ্ডলের মুক্ত CO_2 শোষণ করে ধাতব কার্বনেট তৈরী করে।

(d) বাতাসের CO_2 বৃষ্টির জলের সঙ্গে কার্বনিক অ্যাসিড (H_2CO_3) তৈরী করে যা সমুদ্রের ক্যালসিয়ামের সঙ্গে যুক্ত হয়ে ক্যালসিয়াম কার্বনেট ($CaCO_3$) তৈরী করে।

B. পরিবেশে মুক্ত CO_2 সংযোজন (Addition of CO_2 to the environment) : বিভিন্ন পদ্ধতিতে মৌল কার্বন CO_2 রূপে পরিবেশ সংযোজিত হয় যেমন—

(a) জীবের শ্বসন ক্রিয়ার মাধ্যমে জীবদেহের সঞ্চিত খাদ্য O_2 দ্বারা বিয়োজিত হয়ে CO_2 উৎপন্ন হয় তা পরিবেশে যুক্ত হয়।

(b) জীবদেহজাত সকল জৈব পদার্থ বা জীবের মৃতদেহ বিভিন্ন অনুজীব দ্বারা বিয়োজিত হয়ে CO_2 উৎপন্ন হয়।

(c) উষ্ণপ্রস্রবণ থেকে জলে দ্রবীভূত CO_2 নির্গত হয়।

(d) দহন প্রক্রিয়া : শিল্প কারখানা বা তাপবিদ্যুৎ উৎপাদনে, দৈনন্দিন গৃহকাজে এবং নগরজীবনের অপরিহার্য জ্বালানী হিসেবে কয়লা, পেট্রোলিয়াম, ডিজেল, কাঠ ইত্যাদি ব্যবহারে প্রচুর CO_2 পরিবেশে যুক্ত হয়।

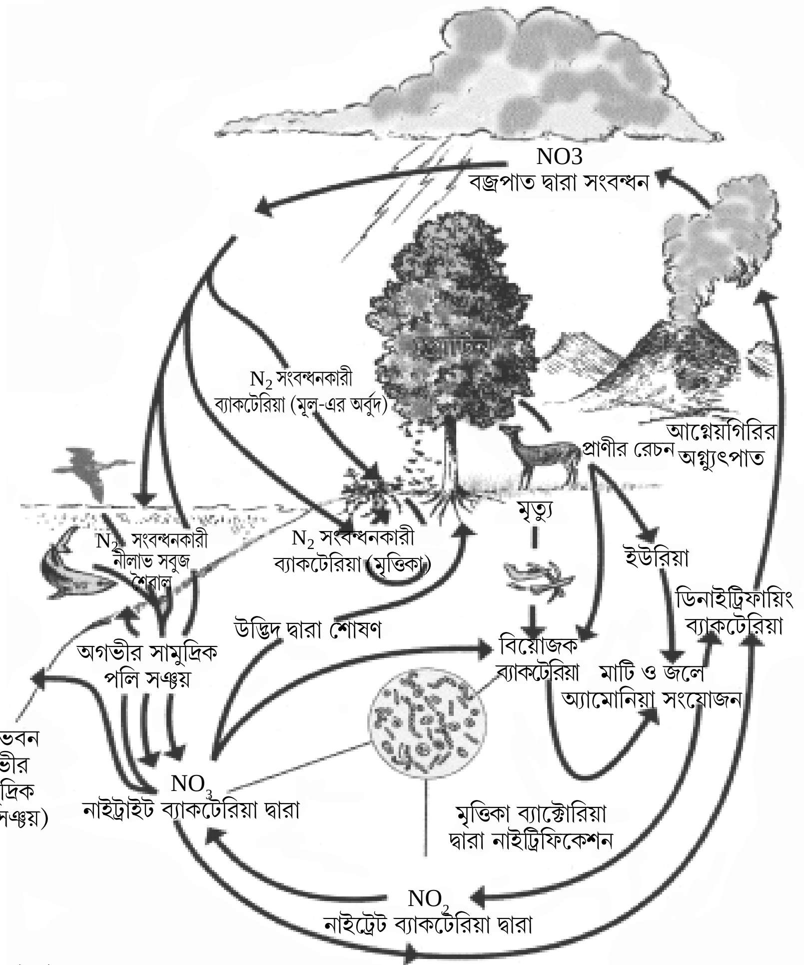
(e) শিল্পোৎপাদন : নানা শিল্পজাত দ্রব্য উৎপাদন কখনো কম্বোজ জাতীয় সামুদ্রিক প্রাণীর খোলক দহন করে, আবার কখনোবা ফেল্ডস্পার জাতীয় পাথর, চুনাপাথর ইত্যাদির সঙ্গে অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটানো হয় যার ফলে প্রচুর CO_2 নির্গত হয়ে বাতাসে যুক্ত হয়। এছাড়াও বেকারী ও অ্যালকোহল তৈরীর কারখানা বা ব্রেওয়রী শিল্পেও CO_2 উৎপন্ন হয়।

কার্বন চক্রের মাধ্যমে পরিবেশে কার্বনের ভারসাম্য বজায় থাকে। মানব মণ্ডল এবং প্রাকৃতিক নানা কারণে এই ভারসাম্য নষ্ট হলে পরিবেশে তার নানা বিপজ্জনক প্রভাব পড়ে। পরিবেশের উন্নয়ন তার মধ্যে সবচাইতে উল্লেখযোগ্য।

3.2.2 নাইট্রোজেন চক্র (Nitrogen Cycle)

জীবদেহের অন্যতম প্রধান উপাদান হল প্রোটিন ও নিউক্লিক অ্যাসিড (DNA ও RNA) যাহাদের অন্যতম মৌল উপাদান হল নাইট্রোজেন। বায়ুমণ্ডলে শতকরা 77 ভাগের বেশী নাইট্রোজেন থাকা সত্ত্বেও

কিছু ব্যাকটেরিয়া এবং নীলাভ সবুজ শৈবাল ছাড়া কোন উদ্ভিদ বা প্রাণী তা সরাসরি গ্রহণ করতে পারে না। উদ্ভিদেরা মাটির দ্রব থেকে নাইট্রেট এর যৌগ হিসেবে নাইট্রোজেন গ্রহণ করে। শিম্বজাতীয় উদ্ভিদেরা তাদের মূলের অর্বুদে অবস্থিত মিথোজীবী (symbiotic) ব্যাকটেরিয়ার সাহায্যে মৃত্তিকাস্থিত নাইট্রোজেন গ্রহণ করে। উদ্ভিদ দেহ থেকে খাদ্য শৃঙ্খল ও খাদ্যজালকের মাধ্যমে সংবধিত নাইট্রোজেন প্রোটিন ও নানা জৈব যৌগ হিসেবে সকল খাদক স্তরে প্রবেশ করে। সকল জীবদেহ নিষ্কাষিত নানা জৈব পদার্থ এবং মৃত জীবদেহের পচনের মাধ্যমে নানা জটিল নাইট্রোজেন ঘটিত যৌগ সমূহ বিয়োজিত হয়ে আবার সরল আকারে পরিবেশে এবং বায়ুমণ্ডলে ফিরে যায়। পরিবেশের নাইজোটেন যুক্ত নাইট্রেট নানা অজৈব যৌগের মাধ্যমে জীবদেহে প্রবেশ করে। সেখানে বিভিন্ন বিপাক ক্রিয়ার মাধ্যমে নানা জটিল জৈব যৌগ গঠন করে। তাহা বিভিন্ন জীবদেহে স্থানান্তরিত হয়। মৃত জীবদেহস্থ সেই জৈব যৌগ সমূহ বিয়োজিত হয়ে আবার নাইট্রোজেনের অজৈব যৌগ বা মুক্ত নাইট্রোজেন রূপে পরিবেশে প্রবেশ করে। ধারাবাহিক এই চক্রাকার পদ্ধতিকেই নাইট্রোজেন চক্র বলে (চিত্র 3.3)।



চিত্র 3.3 : নাইট্রোজেন চক্র (Source : Smith & Smith, Ecology and Field Bilogy; Benjamin Cummings, 2001)

নাইট্রোজেন চক্রের প্রধান দুইটি অংশ (A) প্রাকৃতিক নাইট্রোজেন সংবন্ধন এবং (B) সংবন্ধিত নাইট্রোজেন যৌগের বিয়োজন।

A. প্রাকৃতিক নাইট্রোজেন সংবন্ধন (Natural Nitrogen Fixation) : এই প্রক্রিয়ায় বায়ুর মুক্ত নাইট্রোজেন নানা সরল অজৈব যৌগরূপে পরিবেশ ও জীবদেহে আবদ্ধ হয়। ইহা নিম্নোক্ত উপায়ে ঘটে—

1. বায়বীয় নাইট্রোজেন সংবন্ধন (Atmospheric Nitrogen Fixation) : বজ্রপাতের উচ্চ বিভবে (high voltage) বায়ুমণ্ডলের নাইট্রোজেন অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে নাইট্রিক অক্সাইড (NO) এবং নাইট্রোজেনডাই অক্সাইড (NO_2) উৎপন্ন করে।

$$N_2 + O_2 = 2NO$$

$$2NO + O_2 = 2NO_2$$

একই সময়ে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন মিলিত হয়ে অ্যামোনিয়া (NH_3) তৈরী করে।

$$3N_2 + 6H_2O \longrightarrow 4NH_3 + 2NO_2$$

এই NO_2 বৃষ্টির জল বা জলীয় বাষ্পের সঙ্গে বিক্রিয়ায় নাইট্রাস অ্যাসিড ও নাইট্রিক অ্যাসিডে রূপান্তরিত হয়ে মাটিতে পাতিত হয়।

$$2NO_2 + H_2O \rightarrow HNO_2 + HNO_3$$

নাইট্রাস ও নাইট্রিক অ্যাসিড, NO_3 এবং অ্যামোনিয়া মাটির খনিজ লবণের (যেমন K, Ca ইত্যাদির লবণ) সঙ্গে যুক্ত হয়ে নাইট্রেট এবং অ্যামোনিয়া গঠিত যৌগ তৈরী করে যা সবুজ উদ্ভিদদেহে প্রবেশ করে এবং নানা বিক্রিয়ার মাধ্যমে নাইট্রোজেন ঘটিত নানা দীর্ঘ জৈব অণু সংশ্লেষ করে (macro biomolecules synthesis)।

2. জৈব নাইট্রোজেন সংবন্ধন (Biological Nitrogen Fixation) : এক্ষেত্রে কিছু স্বাধীনজীবী ব্যাক্টেরিয়া যেমন ক্লসট্রিডিয়াম (*Clostridium*) অ্যাজোটোব্যাকটার (*Azotobactor*) ইত্যাদি, মিথোজীবী ব্যাকটেরিয়া যেমন রাইজোবিয়াম (*Rhizobium*), নীলাভ সবুজ শৈবাল যেমন অ্যানাবিনা (*Anabaena*), নস্টক (*Nostoc*) প্রভৃতি তাদের কোষস্থ বিশেষ উৎসেচকের (Nitrogenase) সাহায্যে বায়ুর মুক্ত N_2 তাদের কোষাভ্যন্তরে অ্যামোনিয়ায় আবদ্ধ করে। সকল অনুজীবের মৃত কোষ থেকেই মাটিতে নাইট্রোজেন সঞ্চিত হয়। মাটিতে সঞ্চিত অ্যামোনিয়া নাইট্রোসোমোনাস (*Nitrosomonas*) ব্যাকটেরিয়া দ্বারা জারিত হয়ে নাইট্রাইট-এ এবং পরবর্তীতে নাইট্রোব্যাকটার (*Nitrobacter*) দ্বারা নাইট্রেটে পরিণত হয়।

$$N_2 \quad \overset{60\ kcal}{} \quad 2N$$

$$2N + 3H_2 \longrightarrow 2NH_3 + 13\ K\ cal$$

$$2NH_3 \quad 3O_2 \qquad 2NO_2 \quad 2H_2O \quad 2H$$

$$2NO_2 \quad O_2 \qquad 2NO_3$$

অক্সিজেনের উপস্থিতিতে অ্যামোনিয়া কিংবা নাইট্রাইট (NH_3 or NO_2^-) থেকে নাইট্রেটস (NO_3^-) রূপান্তর এর প্রক্রিয়াকে নাইট্রিফিকেশন (Nitrification) বলে।

উদ্ভিদেরা মাটি থেকে কেবলমাত্র নাইট্রেট লবণ শোষণ করে নিজেদের বিপাক ক্রিয়া সম্পন্ন করে। নাইট্রোজেন-এর নানা জৈব যৌগ সংবন্ধ ও সঞ্চয় করে যা পরবর্তীতে খাদ্য শৃঙ্খলের মাধ্যমে সকল পরভোজী জীবের শরীরে প্রবেশ করে।

3. শিল্পজাত নাইট্রোজেন সংবন্ধন (Industrial Nitrogen Fixation) : বিভিন্ন সার কারখানায় (Fertilizer industry)-তে নাইট্রোজেন ঘটিত সার যেমন—ইউরিয়া, অ্যামোনিয়া ইত্যাদি প্রস্তুত করা হয় যা কৃষিক্ষেত্রে ছড়ানো হয়। ফলে মাটিতে উদ্ভিদের গ্রহণযোগ্য নাইট্রোজেন-এর পরিমাণ বৃদ্ধি পায়। এই সকল কারখানার বর্জ্য পদার্থও নদী-নালা বাহিত হয়ে মাটিতে বা নীচু জমিতে মেশে।

4. মাটির নাইট্রোজেন জীবদেহে প্রবেশ : উদ্ভিদরা মাটি থেকে নাইট্রেট লবণ শোষণ করে নিজেদের দেহে নাইট্রোজেনের চাহিদা মিটায় ও নাইট্রোজেনের নানা জটিল অণু (complex molecule) তৈরী করে।

B. সংবন্ধিত নাইট্রোজেন যৌগের বিয়োজন (Break down of bound Nitrogen compounds) :

1. জীবদেহ থেকে নাইট্রোজেনের মাটিতে পুনঃপ্রবেশ : প্রাণীদের রেচন পদার্থ এবং মৃত উদ্ভিদ ও প্রাণীদেহের নাইট্রোজেন যৌগগুলি বিভিন্ন বিয়োজক দ্বারা পরপর অ্যামোনিয়া, নাইট্রাইট এবং নাইট্রেট যৌগে বিয়োজিত হয়।

2. অ্যামোনিফিকেশন : এই প্রক্রিয়ায় মৃত জীবদেহের নানা নাইট্রোজেনের যৌগ বিজারিত হয়ে অ্যামোনিয়ায় রূপান্তরিত হয়।

প্রোটিন অ্যামাইনো অ্যাসিড ⟶ ইউরিয়া অ্যামোনিয়া

এছাড়া নাইট্রেট যৌগ পর্যায়ক্রমে বিজারনের মাধ্যমে অ্যামোনিয়ায় রূপান্তরিত হয়—

NO_3^- (নাইট্রেট) $\longrightarrow$ NO_2^- (নাইট্রাইট) $\longrightarrow$ $H_2N–NO_2$ (হাইপোনাইট্রাস অ্যাসিড)

$\longrightarrow$ NH_2OH (হাইড্রক্সিল অ্যামাইন) $\rightarrow$ NH_3 (অ্যামোনিয়া)

আম্লিক পরিবেশে অ্যামোনিয়া অ্যামোনিয়াম আয়নে রূপান্তরিত হয়।

$NO_3^- \longrightarrow$

প্রোটিন $\rightarrow NH_3 \longrightarrow NH_4^+$

ইউরিয়া $\longrightarrow$

ব্যাসিলাস ভুলগ্যারিস (*Bacillus Vulgaris*), বি. র‍্যামোসাস (*B. ramosus*), বি. মাইকোইডিস (*B. micoides*) প্রভৃতি অ্যামোনিফাইং ব্যাকটেরিয়া।

3. নাইট্রিফিকেশন (Nitrification) : এই পদ্ধতিতে বিষাক্ত অ্যামোনিয়া গ্যাস নাইট্রেট লবণে জারিত হয়ে মাটির উর্বরতা বৃদ্ধি করে। নাইট্রিফিকেশন এর রাসায়নিক বিক্রিয়া নিম্নরূপ।

$NH_3 \quad H_2O \quad NH_4 \quad OH$

$2NH_4 \quad 3O_2 \quad \textit{Nitrosomonas} \quad 2NO_2 \quad 4H \quad 2H_2O$

$2NO_2 \quad O_2 \quad \textit{Nitrobacter} \quad 2NO_3$

4. নাইট্রোজেন মোচন বা ডিনাইট্রিফিকেশন (Release of nitrogen or denitrification) : এই পদ্ধতিতে বিভিন্ন ব্যাকটেরিয়া মাটির নাইট্রেট ও নাইট্রাইট যৌগ ক্রমাগত বিজারিত করে ATP সংগ্রহ করে এবং সেই সঙ্গে গ্যাসীয় নাইট্রোজেন যুক্ত করে। ইহা বায়ুমণ্ডলে যুক্ত হয়।

NO_3	NO_2	NO	N_2O	N_2 [নাইট্রোজেন]
নাইট্রেট	নাইট্রাইট	নাইট্রিক অক্সাইড	নাইট্রাস অক্সাইড	

থায়োব্যাসিলাস ডিনাইট্রিফিকন্স (*Thiobacillus denitificans*), সিউডোমোনাস এরুজিনোসা (*Pseudomonas aeruginosa*), মাইক্রোকসাস sp. (*Micrococcus* sp.) প্রভৃতি ব্যাকটেরিয়া এই ডিনাইট্রোফিকেশনে সাহায্য করে।

এই চক্রের মাধ্যমে জীবদেহের অন্যতম উপাদান নাইট্রোজেন বাস্তুতন্ত্রের সকল জীবের অস্তিত্ব, বৃদ্ধি এবং জৈবনিক ক্রিয়াকর্ম এবং গতিশীলতা প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে বজায় রাখে।

এই চক্রের মাধ্যমে যুগযুগ ধরে পরিবেশ এবং জীবজগতের মধ্যে নাইট্রোজেনের ভারসাম্য বজায় থাকছে।

3.2.3 ফসফরাস চক্র (Phosphorus cycle)

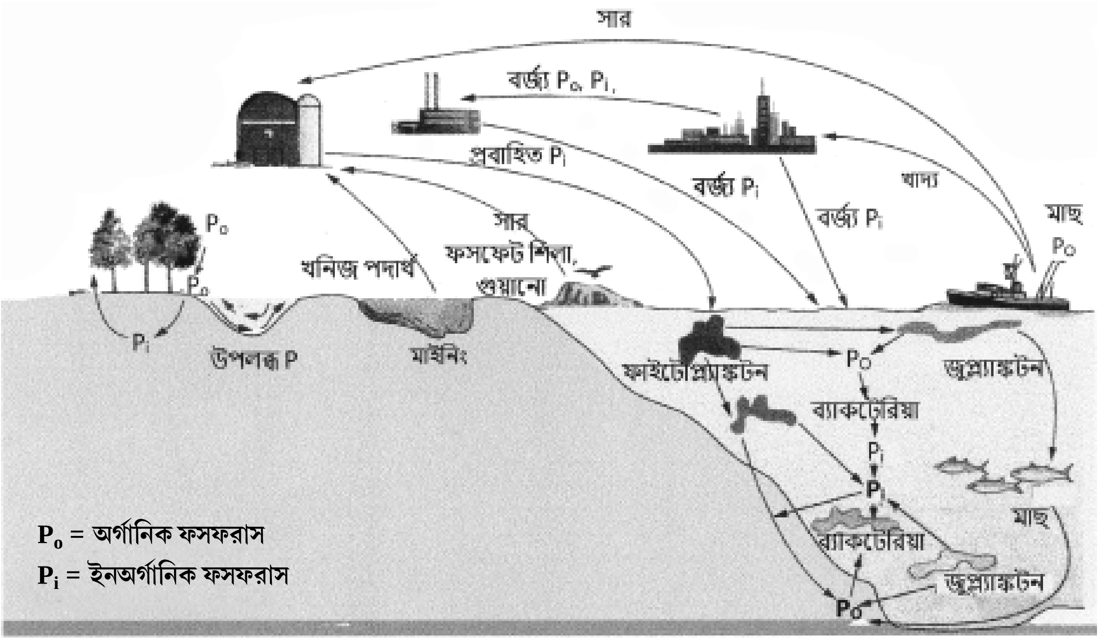
এই চক্রের মাধ্যমে পরিবেশ ও জীবদেহের মধ্যে ফসফরাস আবর্তিত হয় এবং পরিবেশে ফসফরাস এর মাত্রা সাম্য অবস্থায় থাকে। নাইট্রোজেন, অক্সিজেন, হাইড্রোজেন ও কার্বনের ন্যায় ফসফরাস ও জীবদেহের অন্যতম অপরিহার্য উপাদান। জীবদেহের সকল বৈশিষ্টের ধারক ও বাহক এবং সকল জৈবনিক কর্মের নিয়ন্ত্রক DNA এর অন্যতম উপাদান। এছাড়াও RNA, ATP, ADP ও বিভিন্ন প্রকার ফসফোরাইলেটেড যৌগের উপাদান। ইহা দাঁত ও হাড় গঠনে সাহায্য করে। ইহার প্রধান ভাণ্ডার শিলা ও মাটি। ইহার কোন গ্যাসীয় দশা নেই। তবে অনেক সময় ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণার আকারে বায়ুমণ্ডলে সাময়িক ভাসমান দশায় ফসফরাস দেখা যায়। এছাড়া জলমণ্ডলেও কিছু পরিমাণ দ্রবীভূত ফসফেট যৌগ থাকে।

এই চক্র অশ্মমণ্ডল, জলমণ্ডল ও জীবমণ্ডলে ক্রিয়াশীল। প্রকৃতিতে ফসফরাস প্রধানত অর্থোফসফরাস $(PO_4)^{3-}$ আয়নরূপে থাকে। ভূমিক্ষয়ের সময় অদ্রাব ফসফেট দ্রাব ফসফেটে রূপান্তরিত হয়। জল প্রবাহের সময় মাটির ফসফরাস সমুদ্রে গিয়ে মেশে যে কারণে মাটির ফসফেট ধীরে ধীরে কমে আসে।

মাটি ও শিলাস্তরে ফসফরাস নানা অজৈব যৌগ রূপে দ্রবণীয় অবস্থায় থাকে। সবুজ উদ্ভিদেরা মাটি থেকে অজৈব ফসফেট সংগ্রহ করে যা পরবর্তীকালে খাদ্যের মাধ্যমে সকল পরভোজী খাদকের শরীরে প্রবেশ করে। সকল জীবদেহে সংগৃহীত ফসফরাস নানা বিপাক ক্রিয়ায় ব্যবহৃত হয় যার ফলে তাদের বৃদ্ধি ও নানা জৈবনিক কার্যে ব্যবহৃত হয়। প্রতিটি জীবদেহ থেকে কিছু অংশ বর্জ্য পদার্থ হিসেবে নিষ্কাশিত হয়। কিছুটা পরবর্তী শ্রেণীর খাদকের দেহে খাদ্য হিসেবে স্থানান্তরিত হয়। জীবদেহে সংশ্লেষিত ফসফরাসের অবশিষ্ট সিংহভাগ মৃতদেহের মাধ্যমে জৈব ফসফেট হিসেবে পরিবেশে ফিরে আসে।

সমুদ্রের জলের দ্রবীভূত ফসফরাস সামুদ্রিক মাছের দেহে জৈব ফসফেট রূপে জমা হয়। সামুদ্রিক পাখিরা ঐ মাছ খেলে তাদের দেহে ঐ ফসফরাস প্রবেশ করে। এই সকল পাখির বিষ্ঠাতে নাইট্রোজেন ও পটাসিয়ামের সঙ্গো প্রচুর পরিমাণে ফসফেট যৌগ থাকে। একে গুয়ানো (guano) বলে। যাহা জৈব সার হিসেবে জমিতে প্রয়োগ ভীষণ কার্যকরী।

মাটিতে বসবাসকারী কিছু বিয়োজক অনুজীব প্রাণী ও উদ্ভিদের মৃতদেহ, মল-মূত্র প্রভৃতিকে পচিয়ে বা বিয়োজিত করে জৈব ফসফেট থেকে অজৈব ফসফেট উৎপন্ন করে। একে খনিজভবন (mineralisation) বলে। এই অজৈব ফসফেট আবার মাটি বা শিলাতে জমা হয় যেখান থেকে উদ্ভিদেরা দ্রবীভূত অবস্থায় শোষণ করতে পারে। চিত্র 3.4 এ ফসফরাস চক্র উপস্থাপিত হয়েছে।



চিত্র 3.4 : ফসফরাস চক্র

(Source : Smith & Smith, Ecology and Field Bilogy; Benjamin Cummings, 2001)

3.3 জৈবিক মিথস্ক্রিয়া (Biotic interactions)

বাস্তুতন্ত্রে কোন জীব প্রজাতি কখনোই একাকী বসবাস করতে পারে না। অর্থাৎ খাদ্য শৃঙ্খল বা খাদ্যজালকের বাইরে কোন জীবের অস্তিত্ব নেই। তাই কোন অঞ্চলের বাস্তুতন্ত্রে অবস্থিত জীবসকল একটি নির্দিষ্ট নিয়মে পরস্পরের সঙ্গো এক বা একাধিক প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষ সম্পর্কে আবদ্ধ থাকে যার ফলে তাদের নিজেদের মধ্যে এবং অজৈব পরিবেশের সঙ্গো একটি দীর্ঘস্থায়ী সমতা (long term equilibrium) গড়ে ওঠে। জীব প্রজাতি সমূহের নানা শারীরবৃত্তিয় ও জৈবনিক ক্রিয়াকলাপের সঙ্গো বিভিন্ন প্রকার আন্তঃপ্রজাতি (interspecific) এবং অন্তঃপ্রজাতি (Intraspecific) সহযোগিতা, সহবস্থান, প্রতিযোগিতা, নির্ভরশীলতা ইত্যাদি দেখা যায়। নিচে বিভিন্ন প্রকার জৈব আন্তঃপ্রজাতিয় সম্পর্ক আলোচনা করা হল।

3.3.1 বিভিন্ন প্রকার অন্তঃপ্রজাতিয় মিথস্ক্রিয়া (Intraspecific interractions)

কোন স্থানে জীবের সংখ্যা বৃদ্ধির নির্দিষ্ট সময় পরে প্রজাতি ঘনত্বের কারণে জীবন সংস্থান (resources for living) ধীরে ধীরে অপ্রতুল হয়ে পড়ে তখন একই প্রজাতির সদস্যদের মধ্যে দুই প্রকার প্রতিযোগিতা শুরু হয়—

1. স্ক্রামবেল বা ঠেলাঠেলি প্রতিযোগিতা (Scramble competition) : এক্ষেত্রে কোন প্রজাতির

সকল সদস্যদেরই জীবনসংস্থানে সমান অধিকার থাকায় সবাই রসদের কিছু অংশ পাবার চেষ্টা করে। তীব্র সংকটের ক্ষেত্রে অনেক সদস্যই প্রয়োজনীয় রসদের অভাবে জননে এবং বেঁচে থাকতে ব্যর্থ হয়।

2. কনটেস্ট বা সংগ্রামী প্রতিযোগিতা (Contest or competition) : এক্ষেত্রে সফল প্রতিযোগী সদস্যরা রসদ সামগ্রী দখল করে নেয় যার ফলে অসফল সদস্যরা রসদ সামগ্রী সংগ্রহে বঞ্চিত হয়। যে প্রজাতির জীব কোন রসদ সামগ্রী অন্যদের থেকে রক্ষা (defend) করতে পারে তাদের মধ্যে সংগ্রামী প্রতিযোগিতা দেখা যায়।

উদ্ভিদের অন্তঃপ্রজাতি প্রতিযোগীতায় অতি ঘনত্বের কারণে সদস্য সংখ্যা কমে আসে এবং সফল সদস্যদের গড় ওজন বৃদ্ধি পায়। প্রাণীদের ক্ষেত্রে অতি ঘনত্বের কারণে বৃদ্ধির হার এবং জনন ক্ষমতা (Fecundity) কমে আসে, ধীরগতি পরিপক্কতা (delayed maturity) ও অপরিণত মৃত্যুহার বৃদ্ধি পায়। প্রতিযোগীতার কারণে অনেক সময় বিভিন্ন প্রজাতিতে বাসস্থান পরিবর্তন দেখা যায়।

3.3.2 আন্তঃপ্রজাতিয় মিথস্ক্রিয়া (Interspecific interactions) :

ভিন্ন ভিন্ন প্রজাতির প্রয়োজনীয় জীবনরসদ একই প্রকার (common resources) হলে অপর্যাপ্ত সরবরাহের কারণে আন্তঃপ্রজাতিয় প্রতিযোগিতা শুরু হয়। যা নিম্নোক্ত প্রকারের হতে পারে।

বাস্তুতন্ত্রে একই বাসস্থানে বসবাসকারী বিভিন্ন প্রজাতির আন্তঃপ্রজাতি মিথস্ক্রিয়ার ফলাফল লাভজনক (positive), ক্ষতিকারক (negative) এবং নিরপেক্ষ (neutral) প্রকৃতির হতে পারে।

1. প্রতিরোধী বা আগ্রাসী প্রতিযোগিতা (Interference competition) : ইহা বিভিন্ন প্রজাতির জীবের মধ্যে সরাসরি লড়াই বা আক্রমনাত্মক প্রতিযোগিতা। যেখানে কোন একটি প্রজাতি অপর প্রজাতিকে যৌথ বাসস্থানের অংশ বিশেষে তাদের বসবাসে হস্তক্ষেপ করে—তাদের খোরাক, জীবনযাপন, বংশবৃদ্ধি প্রভৃতিতে বাধাদান করে। এর ফলে কোন প্রজাতির অস্তিত্ব বিপন্ন হয়ে পড়ে।

2. শোষণমূলক প্রতিযোগিতা (Exploitation competition) : একই জীবনরসদ যেমন বসবাসস্থান, খাদ্য বা শিকার প্রভৃতির অপ্রতুলতার কারণে বিভিন্ন প্রজাতির জীবের মধ্যে সৃষ্টি হওয়া এক পরোক্ষ প্রতিযোগিতা। এখানে একটি জীবের রসদ ব্যবহারের কারণে অন্য জীবের ব্যবহার যোগ্য রসদে টান পড়ে।

3. নিরপেক্ষতা বা নিউট্রালিজম (Neutralism) : একই বাসস্থানে বসবাসকারী বিভিন্ন জীব প্রজাতির মধ্যে সহবস্থান জীবন রসদ সংগ্রহের কারণে কোন কারুর কোন লাভজনক বা ক্ষতির প্রভাব পড়ে না। প্রধানত জীবন রসদের মাত্রা যথেষ্ট থাকবার কারণে বা সহবস্থানকারী জীবদের প্রয়োজনীয় রসদ সম্পূর্ণরূপে অভিন্ন না হওয়ায় এই প্রকার আন্তঃক্রিয়া দেখা যায়।

4. পারস্পরিক বা মিউচুয়ালিজম (Mutualism) : পারস্পরিক আদান প্রদানের মাধ্যমে কিংবা কেবল সহবাস্থানের কারণে দুইটি ভিন্ন প্রজাতির আন্তঃক্রিয়ায় যে পরিমেলে বা জোট (association) সৃষ্টি হয় তার ফলে উভয়েই উপকৃত হয়।

5. একপক্ষিয় উপকারীতা বা কমেনসালিজম (Commensalism) : ইহা একপ্রকার আন্তঃপ্রজাতি মিথস্ক্রিয়া যেখানে সহবস্থানকারী দুইটি ভিন্ন প্রজাতির জীবের একটি অপর নিরপেক্ষ প্রজাতি থেকে লাভবান হয়। নিরপেক্ষ প্রজাতির উপকার বা অপকার কিছু হয় না। অর্থাৎ প্রভাবমুক্ত থাকে। উদাহরণ—পরাশ্রয়ী এবং আশ্রয়দাতা উদ্ভিদ।

6. এক পক্ষিয় অপকারীতা বা অ্যামেনসালিজম (Amensalism) : ইহাও এক প্রকার একমুখী আন্তঃপ্রজাতি মিথস্ক্রিয়া। সহবস্থানকারী একটি প্রজাতি অপর প্রজাতির কারণে ক্ষতিগ্রস্থ হয় কিন্তু ক্ষতিকারী প্রজাতি অপ্রভাবিত (unaffected) থাকে। উদাহরণ—অ্যান্টিবায়োটিক কিংবা অ্যালিলোরাসায়নিক পদার্থ (allelochemical susbstance) নিঃসরণকারী কিংবা ছায়া প্রদানকারী বৃক্ষ নিজেরা অপ্রভাবিত থেকে অন্য উদ্ভিদের স্বাভাবিক বৃদ্ধি ব্যহত করে।

7. প্রতিযোগীতা বা পারস্পরিক ক্ষতিকারী আন্তঃসম্পর্ক (competition) : এক্ষেত্রে পারস্পরিক একটি সহবসাস্থানাকারী একটি প্রজাতির জন্য প্রয়োজনীয় এবং অপর প্রজাতির পক্ষে ক্ষতিকারক হয়।

পারস্পরিক দ্বৈত সম্পর্ক বা বিপরীত আন্তঃসম্পর্কে প্রতিযোগিতা বিভিন্ন প্রকারের হয়ে থাকে যেমন—

(a) শিকারী সম্পর্ক (Predation) : একটি শিকারী প্রজাতির প্রাণী অপেক্ষাকৃত দুর্বল প্রজাতির প্রাণী শিকার করে (killing) খাদ্য হিসেবে গ্রহণ করে।

(b) কীটভোজী সম্পর্ক (Insectivory) : কিছু কিছু উদ্ভিদ তাদের দেহে নাইট্রোজেন যৌগের ঘাটতি মেটাতে পাতার নানা অংশ নানাভাবে কীট ধরা ফাঁদে রূপান্তরিত করে। ফাঁদে পড়া কীটপতঙ্গের দেহ থেকে নাইট্রোজট্রোজন সংগ্রহ করে পুষ্টি সাধন করে।

(c) পরজীবিতা (Parasitism) : দুইটি প্রজাতির জৈব পরিমেলে (Biotic associaton) : একটি প্রজাতি অপর একটি প্রজাতির ওপর খাদ্য ও আশ্রয়ের জন্য নির্ভরশীল। তখন তাহাদের মধ্যে পরজীবী ও পোষকের আন্তক্রিয়ার সম্পর্ক গড়ে ওঠে। এই সম্পর্কে পরজীবী পোষকের ক্ষতিসাধন করে নিজেরা উপকৃত হয়। উদাহরণ স্বর্ণলতা ও স্বভোজী উদ্ভিদের শস্য ও রোগসৃষ্টিকারী ছত্রাক, স্তন্যপায়ীর দেহে বসবাসকারী কৃমি, মানবদেহে রোগসৃষ্টিকারী জীবাণু প্রভৃতির আন্তসম্পর্ক।

(d) তৃণভোজীতা (Herbivory) : সবুজ উদ্ভিদ ও সকল তৃণভোজী প্রাণীর মধ্যে সৃষ্ট আন্তঃসম্পর্ক। এক্ষেত্রে খাদক হিসেবে তৃণভোজী প্রাণীরা উদ্ভিদ থেকে উপকৃত হয় কিন্তু মাত্রাতিরিক্ত সবুজ খাদ্য আহরণে উদ্ভিদ প্রজাতির গোষ্ঠীর সংখ্যা ও ঘনত্ব কমে আসে।

3.4 সারাংশ (Summary)

I. এই এককে বিভিন্ন পুষ্টিচক্র (জৈব-ভূরাসায়নিক চক্র) যেমন কার্বন চক্র, নাইট্রোজেন চক্র, অক্সিজেন চক্র, ফসফরাস চক্র, সালফার চক্রগুলির বিশদ বিবরণ দেওয়া হয়েছে।

II. আমরা পরিপোষক মৌলগুলির প্রধান উৎস অশ্মমণ্ডল, বায়ুমণ্ডল এবং জলমণ্ডল সম্বন্ধে জানতে পারি।

III. পরিবেশের নানা অজৈব মৌল বা যৌগ যে রাসায়নিক প্রক্রিয়ার মাধ্যমে জীবদেহে গৃহীত হয় আবার কিভাবে বিয়োজিত হয়ে সরল অজৈব অনুরূপে পরিবেশে ফিরে আসে সে সম্বন্ধে বিস্তারিত আলোচনা হয়েছে। এই প্রক্রিয়াগুলি জৈব-ভূরাসায়নিক চক্রকে পরিপূর্ণ করে।

IV. কার্বন-চক্রে উদ্ভিদের ভূমিকা, নাইট্রোজেন চক্রে ব্যাকটেরিয়া ও সায়ানো ব্যাকটেরিয়ার ভূমিকা সম্বন্ধে আলোচনা করা হয়েছে। এই আলোচনা থেকে জৈব নাইট্রোজেন সংবন্ধনের বিভিন্ন ধাপগুলি বিস্তারিত ভাবে জানা যায়। অ্যামোনিফিকেশন, নাইট্রিফিকেশন, ডিনাইট্রিফিকেশন প্রক্রিয়াগুলি এবং এই প্রক্রিয়ায় বিভিন্ন ব্যাকটেরিয়ার ভূমিকা দেওয়া আছে।

V. বাস্তুতন্ত্রে সকল জীবই খাদ্যশৃঙ্খল ও খাদ্যজালকের দ্বারা অন্য সকল জীবের সাথে প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে জড়িত।

VI. জৈব আন্ত-সম্পর্ক সম্বন্ধে যে আলোচনাটি আছে তার থেকে আমরা এই বিষয়টি সম্বন্ধে জানতে পারি। এছাড়াও বিভিন্ন আন্তঃপ্রজাতিও সম্পর্ক, সংগ্রামী প্রতিযোগীতা, আগ্রাসী প্রতিযোগিতা পারস্পরিক নিরপেক্ষতা, মিউচুয়ালিজম, কমেনসালিজম, শিকারী সম্পর্ক কীটভোজী সম্পর্ক, পরজীবিতার এবং তৃণজীবীতা সম্বন্ধে ধারনা পাওয়া যায়।

3.5 প্রশ্নাবলী (Questions)

I. বহু নির্বাচনী প্রশ্ন (MCQ) :

1. কোন মৌলিটি পাললিক চক্রে আবর্তিত হয়?
   (a) অক্সিজেন (b) কার্বন (c) ফসফরাস (d) নাইট্রোজেন
2. জীবদেহের কিছু গুরুত্বপূর্ণ মৌলের পর্যায়ক্রমে জীবমণ্ডল ও পরিবেশের মধ্যে চক্রাকারে আবর্তনের প্রক্রিয়াকে বলে—
   (a) জৈব রাসায়নিক চক্র (b) জীব-ভূরাসায়নিক চক্র
   (c) ভূরাসায়নিক চক্র (d) জীব-পরিবেশ চক্র
3. জলজ উদ্ভিদ CO_2 সংগ্রহ করে—
   (a) মাটি থেকে (b) বায়ুমণ্ডল থেকে
   (c) জলমণ্ডল থেকে (d) জলে দ্রবীভূত ক্ষারীয় লবণ থেকে

4. উদ্ভিদ মাটি থেকে যে জল সংগ্রহ করে তার প্রকৃতি হল—
   (a) ভূনিম্নস্থ জল (b) কৌশিক জল
   (c) রাসায়নিকভাবে আবদ্ধ জল (d) অভিকর্ষজ জল

5. কার্বন চক্রের সঙ্গে সম্পর্ক নেই কোনটির?
   (a) শ্বসন (b) সালোকসংশ্লেষণ (c) দৈহিক পরিশ্রম (d) প্রতিবর্ত ক্রিয়া

6. নীচের কোন প্রক্রিয়াটির মাধ্যমে পরিবেশে CO_2 মাত্রা বৃদ্ধি পায়?
   (a) সালোকসংশ্লেষ
   (b) সামুদ্রিক প্রাণীর খোলক গঠন
   (c) চুনাপাথর থেকে ধাতব কার্বনেট উৎপাদন
   (d) মৃত জীবদেহের বিয়োজন

7. উদ্ভিদ পরিবেশ থেকে নাইট্রোজেন সংগ্রহ করে যে অবস্থায় তা হল—
   (a) গ্যাসীয় নাইট্রোজেন (b) নাইট্রেট গ্যাস
   (c) নাইট্রোজেন ডাই অক্সাইড (d) নাইট্রেট যৌগ

8. নাইট্রোজেন উদ্ভিদ দেহের কোন অংশে দেখা যায় না?
   (a) কোষ প্রাচীর (b) কোষ পর্দা (c) কোষস্থ প্রোটিন (d) নিউক্লিক অ্যাসিড

9. জৈব নাইট্রোজেন সংবন্ধনে সাহায্য করে—
   (a) থায়োব্যাসিলাস (b) সিউডোমোনাস
   (c) মাইক্রোকক্কাস (d) নীলাভ-সবুজ শৈবাল

10. যৌগ নাইট্রোজেন থেকে মুক্ত নাইট্রোজেন-এ রূপান্তরের পদ্ধতি হল—
   (a) নাইট্রিফিকেশন (b) অ্যামোনিফিকেশন
   (c) ডিনাইট্রিফিকেশন (d) নাইট্রোজেন ফিক্সেশন

11. নিম্নলিখিত কোনটি অ্যামোনিফাইং ব্যাক্‌টেরিয়া?
   (a) রাইজোবিয়াম (b) নাইট্রোব্যাকটার
   (c) ব্যাসিলাস র‍্যামোসাস (d) সিউডোমোনাস এরুজিনোসা

12. 'গুয়ানো' দেখতে পাওয়া যায়—
   (a) উদ্ভিদের বাকলে (b) সামুদ্রিক পাখির বিষ্ঠাতে
   (c) সামুদ্রিক মাছের হাড়ে (d) সামুদ্রিক মাছের লিভারে

13. ফসফরাস চক্র যেখানে ক্রিয়াশীল নয়—
   (a) বায়ুমণ্ডল (b) অশ্মমণ্ডল (c) জীবমণ্ডল (d) জলমণ্ডল

14. ইহা বিভিন্ন প্রজাতির জীবের প্রয়োজনীয় একই প্রকার রসদের ঘাটতিতে বিভিন্ন জীবের মধ্যে পরোক্ষ প্রতিযোগীতা—
    (a) আগ্রাসী প্রতিযোগীতা
    (b) সংগ্রামী প্রতিযোগীতা
    (c) স্ক্রমবেল প্রতিযোগীতা
    (d) শোষণমূলক প্রতিযোগীতা

15. কমেনসালিজম-এর অর্থ হল—
    (a) একপক্ষ অপকারীতা (– 0)
    (b) একপক্ষ উপকারীতা (+ 0)
    (c) পারস্পরিক প্রতিযোগীতা (+ –)
    (d) পারস্পরিক নিরপেক্ষতা (0 0)

II. সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলী ঃ

1. জীব-ভূরাসায়নিক চক্র বলতে কি বোঝায়?
2. গ্যাসীয় চক্র কাকে বলে?
3. পাললিক চক্র কি?
4. পরিবেশ থেকে কার্বন ডাই অক্সাইডের অপসারণ এবং পরিবেশে ইহার সংযোজনের দুইটি করে উদাহরণ দাও।
5. প্রাকৃতিক উপায়ে বাতাসের নাইট্রোজেন কিভাবে সংবন্ধন হয়?
6. জৈব নাইট্রোজেন সংবন্ধন কিভাবে হয়?
7. শিল্পজাত নাইট্রোজেন সংবন্ধন কি উপায়ে হয়?
8. অ্যামোনিফিকেশন কাকে বলে?
9. নাইট্রিফিকেশন কি?
10. ডিনাইট্রিফেকেশন কিভাবে ঘটে?
11. জীবদেহে ফসফরাসের গুরুত্ব লিখুন।
12. পরিবেশ থেকে জীবদেহে ফসফরাস কি কি উপায়ে প্রবেশ করে?
13. জৈব আন্তঃসম্পর্ক কাকে বলে?
14. পারস্পরিক নিরপেক্ষতা এবং পারস্পরিক উপকারীতার একটি করে উদাহরণ দিন।
15. বিভিন্ন প্রকার প্রতিযোগীতার একটি করে উদাহরণ দিন।

III. রচনাধর্মী প্রশ্ন ঃ

1. জীব ভূ-রাসায়নিক চক্রের বৈশিষ্ট্যগুলি লিখুন।
2. কার্বন চক্রটি সংক্ষেপে বর্ণনা করুন।
3. নাইট্রোজেন চক্রের চিহ্নিত চিত্র অঙ্কন করুন।
4. বিভিন্ন প্রকার প্রাকৃতিক নাইট্রোজেন সংবন্ধনের প্রক্রিয়াগুলি লিখুন।

5. অ্যামোনিফিকেশন, নাইট্রিফিকেশনন এবং ডিনাইট্রিফিকেশন সম্বন্ধে সংক্ষেপে লিখুন।
6. ফসফরাস চক্র সংক্ষেপে বর্ণনা করুন।
7. বিভিন্ন প্রকার আন্তঃপ্রজাতিয় মিথস্ক্রিয়ার বৈশিষ্ট্য উদাহরণসহ লিখুন।
8. বিভিন্ন প্রকার অন্তঃপ্রজাতিয় মিথস্ক্রিয়ার বৈশিষ্ট্য উদাহরণসহ লিখুন।

3.7 উত্তরমালা (Answers)

I. বহু নির্বাচনী প্রশ্নের উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
উত্তর :	c	b	c	b	d	d	d	a	d	c

প্রশ্নের সংখ্যা :	11	12	13	14	15
উত্তর :	c	b	a	d	b

II. সংক্ষিপ্ত প্রশ্নের উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4	5	6	7	8
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	3.1	3.2(a)	3.2(b)	3.2.1	3.2.2(A)	3.2.2(B)	3.2.2	3.2.2

প্রশ্নের সংখ্যা :	9	10	11	12	13	14	15
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	3.2.2	3.2.2	3.2.3	3.2.3	3.3	3.3.2	3.3.2

III. রচনাধর্মী প্রশ্নের উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4	5	6	7	8
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	3.2	3.2.1	3.2.2	3.2.2	3.2.2	3.2.3	3.3.2	3.3.1

একক–4 : উদ্ভিদ সম্প্রদায় : সংজ্ঞা, হ্যাবিট্যাট ও নিচ্, ইকোটোন ও প্রান্তিয় প্রভাব, কীস্টোন প্রজাতির গুরুত্ব, উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের গতিময়তা এবং উদ্ভিদ পর্যায়ক্রমের প্রকারভেদ—প্রাথমিক ও গৌণ পর্যায়ক্রম (Plant communities : Definition, Habitat and Niche, Ecotone and Edge effects, Importance of Keystone species, Community dynamics and Plant succession types – primary and secondary succession)

গঠন (Structure)

4.0 উদ্দেশ্য (Objectives)

4.1 প্রস্তাবনা (Introduction)

4.2 সংজ্ঞা (Definition)

4.2.1 উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের মুখ্য বৈশিষ্ট্য সমূহ (Salient Features of Plant Community)

4.2.2 জীববাসস্থানের আকার ও প্রকৃতি (Size and nature of habitat)

4.3 জীববাসস্থান এবং নিচ্ (Habitat and Niche)

4.3.1 জীববাসস্থান (Habit)

4.3.2 নিচ (Niche)

4.3.2.1 হাইপার ভলিউম বা মাল্টিডাইমেনশনাল নিচ্ (Hyper volume or multidimentional Niche)

4.3.2.2 মৌলিক নিচ্ (Fundamental Niche)

4.3.2.3 অনুভূত নিচ্ (Realised Niche)

4.3.2.4 নিচ্ সমপাতন (Niche overlap)

4.3.2.5 নিচ্ প্রসারতা (Niche width)

4.3.2.6 নিচ্ পরিধি (Niche circumfernace)

4.3.2.7 নিচ্ প্রতিক্রিয়া (Niche Responses)

4.4 ইকোটোন এবং প্রান্তীয় প্রভাব (Ecotone and Edge Effects)

4.4.1 ক্রান্তি অঞ্চল বা ইকোটোনের বৈশিষ্ট্য (Characteristics of ecotone)

4.4.2 প্রান্তিয় অঞ্চলের প্রকারভেদ (Types of edges)

4.4.3 প্রান্তিয় প্রভাব (Edge Effects)

4.5 কীস্টোন প্রজাতি (Keystone species)

4.6 উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের গতিময়তা (Community dynamics)

4.7 উদ্ভিদ পর্যায়ক্রমের প্রকারভেদ (Types of successions)

4.7.1 প্রাথমিক পর্যায়ক্রম (Primary succession)

4.7.2 গৌণ পর্যায়ক্রম (Secondary succession)

4.7.3 স্বপ্রণোদিত পর্যায়ক্রম (Autogenic succession)

4.7.4 অ্যালোজেনিক সাকসেশন বা পরপ্রণোদিত পর্যায়ক্রম (Allogenic succession)

4.7.5 স্বভোজি পর্যায়ক্রম (Autotrophic succession)

4.7.6 পরভোজী পর্যায়ক্রম (Heterotrophic succession)

4.7.7 বাসস্থানের ওপর নির্ভর করে উদ্ভিদের সিরাল সম্প্রদায় বা ক্রমবিকাশ (Seral community or sere according to habitat)

4.8 বাসস্থান নির্ভর কয়েক প্রকার সেরি বা ক্রমবিকাশ (Some habitat dependant sere)

4.8.1 হাড্রোসেরি (Hydrosere)

4.8.2 জেরোসেরি বা লিথোসেরি (Xerosere or Lithosere)

4.9 সারাংশ (Summary)

4.10 প্রশ্নাবলী (Questions)

4.11 উত্তরমালা (Answers)

4.0 উদ্দেশ্য (Objectives)

এই এককটি পাঠ করে আমরা নিম্নলিখিত বিষয়গুলি সম্বন্ধে সম্যক ধারণা তৈরি করতে পারব।

- উদ্ভিদ সম্প্রদায় ও ইহাতে ব্যবহৃত পরিভাষা।
- উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের মুখ্য বৈশিষ্ট্যগুলি।
- জীববাসস্থান ও নিচ্ সম্বন্ধে ধারণা।

- জৈব, অজৈব ও ভৌত উপাদানগুলির প্রভাব।
- কীস্টোন প্রজাতি এবং ইহাদের গুরুত্ব।
- উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের গতিময়তা এবং উদ্ভিদ পর্যায়ক্রমের সংজ্ঞা।
- স্থানগত নতিমাত্রা এবং পরিবেশের উপাদান সমূহের ধারণা।
- উদ্ভিদ পর্যায়ক্রমের পদ্ধতি ও প্রকারভেদ।
- উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের চরমসীমা।
- বাসস্থান নির্ভর বিভিন্ন প্রকৃতির সিরাল সম্প্রদায়

4.1 প্রস্তাবনা (Introduction)

সর্বত্রই দেখা যায় যে বিভিন্ন উদ্ভিদ গোষ্ঠি কখনোই একক ভাবে বসবাস করে না। কোন নির্দিষ্ট অঞ্চলে এরা ছোট বা বড় গোষ্ঠিতে সঙ্ঘবদ্ধ হয়ে বসবাস করে উদ্ভিদ সম্প্রদায় গঠন করে। যেমন—স্থলজ উদ্ভিদ সম্প্রদায়, বনভূমির উদ্ভিদ সম্প্রদায়, মরুভূমির উদ্ভিদ সম্প্রদায়, স্বাদু জলের উদ্ভিদ সম্প্রদায়, সামুদ্রিক উদ্ভিদ সম্প্রদায়, উপকূল অঞ্চলের উদ্ভিদ সম্প্রদায় প্রভৃতি।

সকল উদ্ভিদ সম্প্রদায় স্বাভাবিক ভাবেই নিজস্ব অঞ্চলের অন্যান্য সকল জীবগোষ্ঠি ও পারিপার্শ্বিক পরিবেশের উপাদান সমূহের সঙ্গে নানা আদান প্রদান ও আন্তঃক্রিয়ার সম্পর্ক স্থাপন করে একটি বাস্তুতন্ত্র গড়ে তোলে। উদ্ভিদ সম্প্রদায় সূর্যালোক সংবন্ধন করে প্রাথমিক উৎপাদক হিসেবে সকল শ্রেণীর খাদকের জন্য খাদ্য উৎপন্ন করে। যা বাস্তুতন্ত্রের শক্তি প্রবাহ অব্যাহত রাখে, পরিবেশে অক্সিজেন ও কার্বন-ডাই অক্সাইডের মাত্রা নিয়ন্ত্রণ করে এবং বাস্তুতন্ত্রের ভারসাম্য বজায় রাখে।

বিভিন্ন খাদক প্রজাতি গোষ্ঠীর নানা আন্তঃক্রিয়া—হার্বিভোরী, শিকারী প্রকৃতি, পরজীবিতা, মিথোজীবিতা ইত্যাদি এবং পরিবেশের নানা ভৌত ও অজৈব উপাদান সমুহের প্রভাব কোন অঞ্চলে উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের গঠন ও প্রকৃতি নিয়ন্ত্রণ করে।

কোন স্থানের উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের প্রজাতি গোষ্ঠীর (population) প্রকৃতি ও স্থায়ীত্ব নির্ভর করে সেই পরিবেশে তাদের সুস্থিতির ওপর। কোন স্থানের অভিন্ন জৈব এবং অজৈব উপাদানের সঙ্গে সকল প্রজাতির জীবের সুস্থিতির মাত্রা (degree of equilibrium) সমান হয় না। সর্বাপেক্ষা সুস্থিতির ভিত্তিতে কোন প্রজাতি সেখানে সর্বাপেক্ষা উপযুক্ত রূপে প্রকটতা প্রাপ্ত হয়। পৃথিবীর ভিন্ন ভিন্ন স্থানের পরিবেশে তাদের জৈব ও অজৈব উপাদান সমূহের বিভিন্নতা অনুযায়ী ভিন্ন ভিন্ন জীবসম্প্রদায় (community) প্রকটতা প্রাপ্ত হয়। আবার কোন একটি স্থানের পরিবেশের উপাদান সমূহ সময়ের সাথে পরিবর্তিত হয়। তার ফলে ভিন্ন ভিন্ন সময়ে ভিন্ন ভিন্ন প্রজাতি কোন একস্থানে স্থায়িত্ব, সুস্থিতি

ও প্রকটতা অর্জন করে। অর্থাৎ স্থান ও কালের পার্থক্যে পরিবেশের জৈব, অজৈব ও ভৌত উপাদান সমূহের যে তারতম্য হয় তার প্রভাবে জীবসম্প্রদায়ের বৈচিত্র এবং প্রকট প্রজাতির (dominant species) তারতম্য ঘটে। ইহাই উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের গতিময়তা (community dynamics) নির্দেশ করে।

4.2 সংজ্ঞা (Definition)

কোন বাসস্থানে বিভিন্ন জীব প্রজাতি একে অপরের সঙ্গে নানা আন্তঃসম্পর্কে আবদ্ধ হয়ে যে সহবাস গড়ে তোলে তাকে জীবসম্প্রদায় বা কমিউনিটি বলে (Boutkin and Kellar, 1982)।

- বেন্থন এবং ওথার্নার (Benthon and Otherner), 1974-এর মতে কোন নির্দিষ্ট বাসস্থানে পারস্পরিক সহযোগিতার ভিত্তিতে স্বাভাবিক ভাবে বসবাসকারী সমস্ত উদ্ভিদ গোষ্ঠিকে (all plant populations) একত্রে উদ্ভিদ সম্প্রদায় বলে।
- হ্যানসন এবং চার্চিল (Hanson and Charchil), 1965 এর মতে উদ্ভিদ সম্প্রদায় বলতে যে কোন উদ্ভিদ গোষ্ঠির মোট পরিমাণকে বোঝায়।

4.2.1 উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের মুখ্য বৈশিষ্ট্য সমূহ (Salient features of plant community) :

- উদ্ভিদ সম্প্রদায় বাস্তুতন্ত্রের এমন একটি অংশ সেখানে জৈব ও অজৈব পদার্থের পারস্পরিক বিক্রিয়া ও বিনিময় সম্পন্ন হয়।
- কোন উদ্ভিদ সম্প্রদায়ভুক্ত প্রতিটি প্রজাতি গোষ্ঠির (population) সহনশীলতার ক্ষমতা ভিন্ন ভিন্ন হয়। এর ফলে এক বাসস্থান থেকে অন্য বাসস্থানে উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের সার্বিক গঠন ভিন্ন ভিন্ন হয়ে থাকে।
- কোন চরম উদ্ভিদ সম্প্রদায়ে (climax plant community) একাধিক অরীয় স্তরীভবন (vertical stratification) দেখা যায়।

কোন আবাসস্থলে মাইক্রোক্লাইমেটের প্রাধান্য এবং পরিবেশের নানা উপাদানের তারতম্য উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের অসমসত্বতা এবং স্থানিক বৈষম্য (heterogenity and patchiness) প্রদান করে। ইহার ফলে স্থলজ ও কিছু অগভীর স্বাদুজলের বাস্তুতন্ত্রে উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের অনুভূমিক গঠন দেখা যায়। অরীয় স্তরীভবন এবং স্থানিক বৈষম্যযুক্ত উদ্ভিদ সম্প্রদায় অধিক মাত্রায় প্রাণী বৈষম্য (richest diversity of animal life) ধারণে সক্ষম।

কোন উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের এক বা একাধিক কিছু প্রজাতির উদ্ভিদ সদস্য সংখ্যা এবং জৈব আয়তন (number of individuals and biological volume) মোট অধিকৃত স্থান বা ভূলগ্ন অঞ্চল (total

occupied space or basal area) উল্লেখযোগ্যভাবে অন্যদের থেকে বেশী হয়ে থাকে। এদের প্রকট প্রজাতি (dominant species) বলে।

কোন উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের জৈবগঠন (structure) ইহার প্রজাতি প্রাচুর্য এবং প্রজাতি বৈচিত্রের ওপর অনেকাংশে নির্ভর করে। এছাড়াও জলবায়ু এবং ভূ-সংস্থানগত নানা প্রভাবক দ্বারাও ভীষণভাবে প্রভাবিত হয়।

4.2.2 জীববাসস্থানের আকার ও প্রকৃতি (Size and Nature of Habitat) :

জলবায়ু পরিসীমা, প্রকট প্রজাতির সংখ্যা ও সমসত্ত্বতা, আঞ্চলিকতা, স্থানিক বৈচিত্র, উপপ্রকট প্রজাতির (subdominant species) সংখ্যা ইত্যাদির ওপর নির্ভর করে উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের বিভিন্ন প্রকার ক্রমোচ্চ শ্রেণী (hierarchical classes) দেখা যায়। ইহারা হল—

1. **উদ্ভিদ সংগঠন (Plant Formation) :** এই প্রকার উদ্ভিদ সম্প্রদায় বিস্তীর্ণ জলবায়ু অঞ্চল জুড়ে অবস্থিত। এখানে একাধিক প্রকট উদ্ভিদ প্রজাতি বর্তমান এবং সকলের প্রায় একইরকম জীবন ধরণ (Life Form) দেখা যায়। উদাহরণ—উষ্ণমণ্ডলীয় বৃষ্টি-বনাঞ্চল, পর্ণমোচী অরণ্য, কনিফেরাস বনভূমি, তৃণভূমি, ম্যানগ্রোভ, গুল্মরাজি অঞ্চল (scrubs) ইত্যাদি।

2. **উদ্ভিদ সমন্বয় (Plant Association) :** বিস্তৃণ জলবায়ু অঞ্চলের মধ্যে অনেকগুলি উপজলবায়ু অঞ্চল দেখা যায়। এখানকার উদ্ভিদ সম্প্রদায়কেই উদ্ভিদ সমন্বয় বলে। এখানেও প্রকট উদ্ভিদ প্রজাতির সংখ্যা একাধিক। উদ্ভিদ বৈচিত্রের ভিত্তিতে উদ্ভিদ সমন্বয় নিম্নোক্ত উপরিভাগের হয়। যথা—

   (a) **ফ্যাসিয়েশন (Faciation) :** উপজলবায়ু অঞ্চলে পরিবেশের আর্দ্রতা, তাপমাত্রার তারতম্যে একাধিক পৃথক পৃথক অঞ্চল দেখা যায়। এই অঞ্চলগুলিতে সামান্য পার্থক্যযুক্ত উদ্ভিদ সম্প্রদায় গড়ে ওঠে। এদের ফ্যাসিয়েশন বলে। এখানেও প্রকট উদ্ভিদ প্রজাতির সংখ্যা একাধিক।

   (b) **কনসোসিয়েসন (Consociation) :** মৃত্তিকা, বৃষ্টিপাত এবং তাপমাত্রার স্থানীয় তারতম্য একটি উদ্ভিদ সমন্বয়ের অভ্যন্তরে একাধিক ক্ষুদ্রতর উদ্ভিদ সম্প্রদায় লক্ষ্য করা যায়। এখানে প্রকট প্রজাতি সংখ্যা মাত্র একটি। এই প্রকার উদ্ভিদ সম্প্রদায়কে কনসোসিয়েশন বলে।

   (c) **লোসিয়েশন (Lociation) :** আঞ্চলিক তারতম্যের জন্য উদ্ভিদ সমন্বয়ের কোথাও কোথাও কেবল উপপ্রকট প্রজাতি এবং গৌণ প্রজাতির তারতম্যের কারণে ভিন্ন ভিন্ন উদ্ভিদ সম্প্রদায় লক্ষ্য করা যায়। এদের লোসিয়েশন বলে।

3. **উদ্ভিদ সমাজ (Plant Society) :** যে সকল উদ্ভিদ সম্প্রদায়ে কনসোসিয়েশন বা ফ্যাসিয়েশেন দেখা যায় সেখানে ডমিন্যান্ট বা সাব ডমিন্যান্ট প্রজাতি ছাড়াও আরো অনেক প্রজাতি প্রচুর সংখ্যায় (abundance) দেখা যায়। ইহারা স্থানিয় গুরুত্ব (local importance) ছাড়াও সেই অঞ্চলের উদ্ভিদ সম্প্রদায়কে প্রভাবিত করে। এই সকল প্রজাতির সমষ্টিকে 'উদ্ভিদ সমাজ' বলে। এদের উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের প্রকট প্রজাতিগুলির মধ্যে আর এক প্রকার প্রভাবশালী প্রকট প্রজাতির সমাজ (Society as a dominance within the dominance) মনে করা হয়।

উদ্ভিদ সমাজ দুই প্রকারের। যথা—

(a) **দৃশ্যরূপ সমাজ (Aspect society) :** যে সকল অঞ্চলে ঋতুগত বৈচিত্র বিশেষভাবে লক্ষণীয় সেখানে এই প্রকার উদ্ভিদ সমাজ দেখা যায়। বিভিন্ন ঋতুতে বিভিন্ন উদ্ভিদ প্রজাতির প্রাচুর্য, অঙ্গজ বৃদ্ধি, পুষ্পায়ন (Flowering) প্রভৃতির কারণে উদ্ভিদ সমন্বয় (Plant association) ঋতু অনুযায়ী দৃশ্যরূপ প্রাপ্ত হয়। কোন উদ্ভিদ সমন্বয়ে একাধিক দৃশ্যরূপ সমাজ থাকতে পারে। মরুভূমি এবং তৃণভূমি (grassland) অঞ্চলে দৃশ্যরূপ সমাজ হামেশাই দেখা যায়।

(b) **স্তরীয় সমাজ (Layer society) :** একাধিক অরীয়স্তর যুক্ত উদ্ভিদ ফরমেশন-এ এই প্রকার উদ্ভিদ সমাজ দেখা যায়। বনাঞ্চলীয় উদ্ভিদ ফরমেশনে যেখানে প্রকট উদ্ভিদ হিসেবে বড় বড় বৃক্ষ দেখা যায় সেখানে এক বা একাধিক স্তরে বিন্যস্ত গুল্ম প্রজাতি, বিরুৎ প্রজাতি এবং নানা ভূমিস্তরীয় উদ্ভিদসমূহ (ground vegetation) দেখা যায়। এই ভাবে কোন উদ্ভিদ ফরমেশন-এর বিভিন্ন অংশে একাধিক অরীয় সমাজ দেখা যায়।

4.3 জীব বাসস্থান এবং নিচ্ (Habitat and Niche)

4.3.1 জীববাসস্থান (Habitat)

হ্যাবিট্যাট বা জীববাসস্থান হল কোন জীবের বসবাস এবং বিচরনের স্থান। কোন নির্দিষ্ট বাস্তুতন্ত্রের অন্তর্গত সকল জীব তাদের বাসস্থানে সুসমভাবে অভিযোজিত হয়ে পরিবেশের সঙ্গে সুস্থিত সম্পর্ক (equilibrium) বজায় রেখে স্বাভাবিক ভাবে বসবাস করে।

কোন স্থানের সকল জৈব, অজৈব এবং ভৌত পরিবেশের উপাদান সমূহ দ্বারা যে সকল জীব প্রজাতি তাদের স্বাভাবিক জৈবিক চাহিদাগুলি পূরণ করে স্থায়ীভাবে অস্তিত্ব রক্ষা করতে সক্ষম কেবল তাদের কাছেই সেই স্থান 'বাসস্থান' হিসেবে গণ্য হয়।

প্রবাহমান সময় ধরে বিবর্তন এবং প্রয়োজনীয় অভিযোজন দ্বারা কোন স্থানের সার্বিক পরিবেশ ও জীবের মধ্যে স্থায়ী পারস্পরিক সম্পর্ক গড়ে ওঠে। এর ফলে সেখানে অনুরূপ বাস্তুতন্ত্র দেখা যায়।

মাটি, আর্দ্রতা, তাপমাত্রা, সূর্যালোক, ভূচিত্রের (Lanscape) অবস্থান ও অভিমুখ ইত্যাদি একটি বাসস্থানে জীবসম্প্রদায়ের গঠন-প্রকৃতির নির্ণায়ক।

প্রকৃতিতে মুখ্য 4-প্রকার বাসস্থান দেখা যায়—

1. **স্বাদুজলের বাসস্থান (Fresh water habitat)** 2. সামুদ্রিক বাসস্থান (Marine habitat) 3. উপকূলভূমি (Estuarine) এবং 4. স্থলজ বাসস্থান (Terrestrial habitat)।

1. স্বাদুজলের বাসস্থান : ইহা আবার (1a) স্থির জলের (Lentic) বাসস্থান, যেমন—পুকুর, লেক, ঝিল, বিল, জলা ইত্যাদি এবং (1b) প্রবাহিত জলের (Lotic) বাসস্থান যেমন—নদী, ঝরনা, খাল, নালা ইত্যাদি প্রকারের হয়ে থাকে।

2. সামুদ্রিক বাসস্থান : ইহাকে আবার কতগুলি অঞ্চলে (zones) ভাগ করা হয়। যেমন— (2a) নেরেটিক (Neretic) বা সমুদ্র তীরবর্তী অগভীর অঞ্চল (2b) ইন্টারটাইডাল (Intertidal) বা জোয়ার-ভাঁটা অঞ্চল। (2c) ওসেনিক (Oceanic) বা সামুদ্রিক অঞ্চল। ইহা স্থলভাগের ঢাল পরবর্তী অঞ্চল। (2d) ব্যাথিয়ান অঞ্চল (Bathyal zone) বা গভীর সমুদ্র অঞ্চল। (2e) বেন্থিক অঞ্চল (Benthic zone) বা সমুদ্র তলদেশ। (2f) পেলাজিক অঞ্চল (Pelagic zone) বা মুক্ত সমুদ্র অঞ্চল। ইহা স্থলজ ভূখণ্ড থেকে দূরবর্তী অংশে সমুদ্রপৃষ্ঠ থেকে সমুদ্র তলদেশ পর্যন্ত বিস্তৃত অঞ্চল।

3. উপকূলভূমি : এই অঞ্চল আবার দুইভাগে বিভক্ত। যেমন—(3a) সালোক সংশ্লেষী অঞ্চল (Photosynthetic zone) ইহা অগভীর সমুদ্র তীরবর্তী অঞ্চল যেখানে নানা উদ্ভিদের বিস্তার রয়েছে। (3b) অধঃক্ষেপনশীল আভ্যন্তরীণ অঞ্চল (Sedimentary subsystem) এখানে নদী বাহিত হয়ে কাদা, পলি ও নানা জৈব পদার্থ সমুদ্রের ঢাল বরাবর জমা হয়।

4. স্থলজ বাসস্থান : এই প্রকার বাসস্থান ভূমণ্ডলের নানাস্থানে নানা প্রকারের হয়ে থাকে যেমন—বনভূমি, তৃণভূমি, কৃষিক্ষেত্র, মরুভূমি, টুনডা প্রভৃতি।

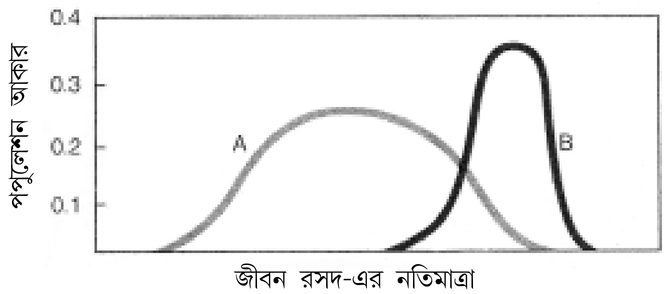
অনুবাসস্থান বা মাইক্রোহ্যাবিট্যাট (Microhabitats) : ইহারা কোন বাসস্থানের অন্তর্গত ক্ষুদ্র বাসস্থান। কোন একটি বাসস্থানের বিভিন্ন অংশে পরিবেশের উপাদান সমূহের সামান্যতম পার্থক্যে এবং সেখানকার জীব সম্প্রদায়ের গঠন ও বৈচিত্রগত বিভিন্নতায় একাধিক অনুবাসস্থান তৈরী হয়। মাইক্রোহ্যাবিট্যাট-এর নিজ নিজ স্বতন্ত্র পারিবেশিক উপাদান সমূহকে মাইক্রোক্লাইমেট বা অনুজলবায়ু বলে।

4.3.2 নিচ্ (Niche)

নিচ্ শব্দটি ফরাসি শব্দ 'Nicher' এবং ইটালিয় শব্দ 'Niche' থেকে উদ্ভূত যার অর্থ 'Nest' বা বাসা। 1917-তে পক্ষীবিদ জোসেফ গ্রীনেল (Joseph Grinnell) নিচ্ শব্দটি প্রথম ব্যবহার করেন। 1927-এ চার্লস্ এলটন (Charls Elton) প্রথম নিচ্-এর সংজ্ঞা প্রদান করেন। কোন প্রজাতিগোষ্ঠি (population) দ্বারা অধিগ্রহিত পরিবেশের অংশবিশেষ (subdivision) কে তিনি নিচ্ বুঝিয়েছেন। বিজ্ঞানী এলটন তার বিখ্যাত অবদান "Animal Ecology" তে কোন জীবসম্প্রদায়ভুক্ত একটি প্রজাতির জীবদের খাদ্য সংগ্রহ এবং স্ব কিংবা বিজাতীয় শত্রু মোকাবেলায় যে সব জায়গা জুড়ে সকল মৌলিক ক্রিয়া সম্পাদন করে থাকে তা বোঝাতেই নিচ্ শব্দটি ব্যবহার করেন। ইহা কোন একটি জীব প্রজাতির মৌল ক্রিয়া সমূহ সম্পাদনের জন্য পরিব্যাপ্ত জায়গা (occupation space to perform fundamental roles of life) বোঝায়।

- বিজ্ঞানী গ্রীনেল (1917, 1924, 1928)-এর সংজ্ঞা অনুসারে কোন একটি প্রজাতি তার গঠনগত এবং কার্যকরী সীমাবদ্ধতা অনুযায়ী বিস্তারের কারণে বাসস্থানের যে চূড়ান্ত একক জায়গায় পরিব্যাপ্ত হয় তাহাই নিচ্ (Ultimate distributional unit within which each species is held by its structural and functional limitations)।
- বিজ্ঞানী ওডাম (E. P. Odum), 1917-এর মতে কোন প্রাণীর অধিগৃহীত স্থান (occupation) হল নিচ্।
- বিজ্ঞানী হুইটেকার (Whittaker), 1973-এর মতে নিচ্ হল কোন জীবের কেবল কার্য সম্পর্কিত অবস্থান (Functional Position)।
- বিজ্ঞানী হাচিনসন (Hutchinson) 1957-এ নিচ্-এর সঙ্গে প্রতিযোগিতার সম্পর্ক স্থাপন করে সংজ্ঞা দেন। তিনি বলেন—"কোন জীবের নিচ্ বহুসংখ্যক ভৌত, অজৈব ও জৈব পরিবেশ উপাদান দ্বারা নিয়ন্ত্রিত বহুমাত্রিক জায়গা যা কোন বাসস্থানে কোন একটি প্রজাতি দ্বারা অধিগৃহীত হয়। তিনি ইহা অধিআয়তন নিচ্ (hypervolume Niche) আক্ষা দেন।

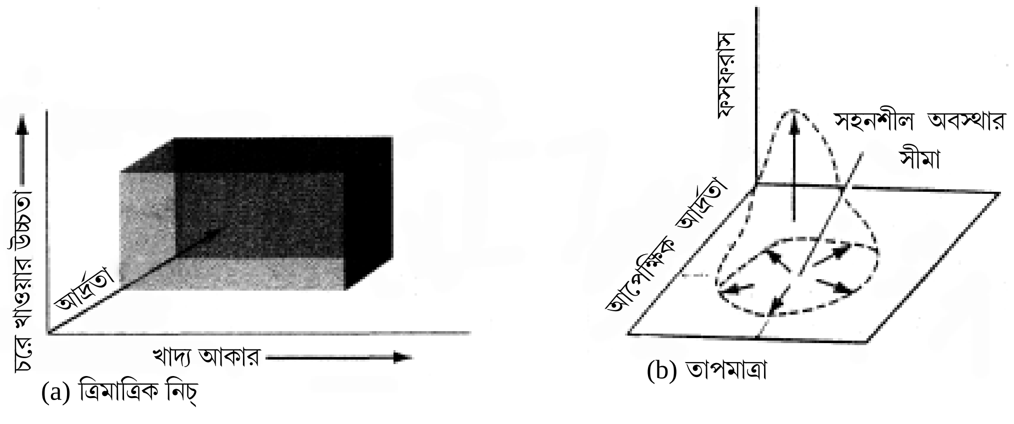
কোন জীবের জীবনধারনে প্রয়োজনীয় যে কোন উপাদানের সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন প্রাপ্তি কিংবা সহনশীলতার নিরিখে তার অধিগ্রহিত স্থান-এর বক্ররেখা চিত্রের উপস্থাপনা (graphical representation) ঘণ্টাকৃতির হয়ে থাকে। 'X' অক্ষ বরাবর রেখচিত্রের দৈর্ঘ-মাত্রাকে নিচ্ প্রসারতা (Niche width) বলে। ইহা সংকীর্ণ বা অতি চওড়া হতে পারে। সংকীর্ণ নিচ্ জীব প্রজাতির পরিবেশ থেকে রসদ আহরণ পছন্দমাফিক হয় (selective resource utilization)। অতি চওড়া নিচ্ ভুক্ত জীব প্রজাতির পরিবেশ থেকে রসদ আহরণ সাধারণ প্রকৃতির (generalised) হয় (চিত্র 4.1)।



চিত্র 4.1 : চওড়া ও সংকীর্ণ নিচ্ প্রসারতার ঘণ্টাকৃতির রেখা চিত্র

4.3.2.1 অধিআয়তন বা মাল্টিডাইমেনশনাল নিচ্ (Hypervolume or multidimentional niche)

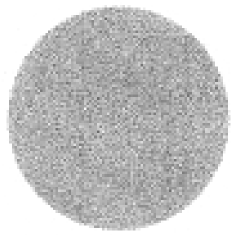
যদি মনে করা যায় কোন জীবের নিচ্ তিনটি অনিয়ত পরিবেশ উপাদান যেমন খাদ্য আকৃতি (Food size), খাদ্য সংগ্রহের উচতা (Foraging height) এবং আর্দ্রতা দ্বারা প্রভাবিত। কোন প্রজাতির ক্ষেত্রে দেখা যায় যে প্রতিটি অনিয়ত উপাদানের নির্দিষ্ট মানের মধ্যেই তার কর্ম সংক্রান্ত গতিবিধি ও স্থান অধিগ্রহণ (occupation of space) সীমাবন্ধ। ইহার রেখচিত্র ত্রিমাত্রিক আয়তক্ষেত্র হয়ে থাকে (চিত্র 4.2)। উল্লিখিত তিনটি উপাদানের ন্যায় পরিবেশের আরো অনেক পরিমিত জৈব বা অজৈব উপাদান সমূহ একটি জীব প্রজাতির নিচ্ প্রভাবিত করে। সবগুলি উপাদানের সাপেক্ষে সম্মিলিতভাবে n-সংখ্যক অক্ষ বরাবর কোন জীবের স্থান অধিগ্রহণের রেখচিত্র বাস্তবে সম্ভব নয়। কিন্তু বাস্তবে প্রতিটি জীবের নিচ্ বহুসংখ্যক জৈব, অজৈব ও ভৌত উপাদান দ্বারা প্রভাবিত। প্রতিটি জীব দ্বারা অধিগ্রহিত নিচ্ তাই বহুমাত্রিক অধিআয়তন (multidimentional hypervolume) প্রকৃতির।



চিত্র 4.2 : তিনটি উপাদান নির্ভর ত্রিমাত্রিক নিচ্ আয়তন। (a) স্বাধীন উপাদান নির্ভর নিচ্ (b) পারস্পরিক সম্পর্ক যুক্ত উপাদান নির্ভর নিচ্

4.3.2.2 মৌলিক নিচ্ (Fundamental Niche)

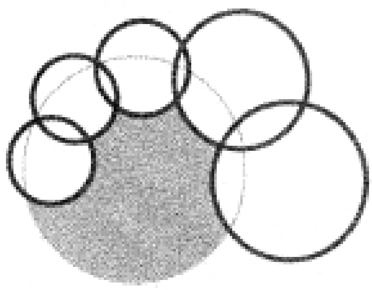
কোন অঞ্চলে একটি প্রজাতির জীবসকল যদি অপর সকল প্রজাতির জীবের প্রভাব, প্রতিযোগিতা বা সংস্পর্শ থেকে মুক্ত থাকতে পারে তবে সেই প্রজাতির অধিআয়তন নিচ্‌কে মৌলিক নিচ্ (Fundamental niche) বলে। এই ক্ষেত্রে কোন জীব বাসস্থানের কোন প্রজাতির নিচ্ অন্য প্রজাতির নিচ্ দ্বার অংশীভূত (shared) হয় না বা সামান্যতম সমপাতিত হয় না (not overlaped)। (চিত্র 4.3(a))



চিত্র 4.3(a) **: মৌলিক নিচ্**

4.3.2.3 অনুভুত নিচ্ (Realised niche)

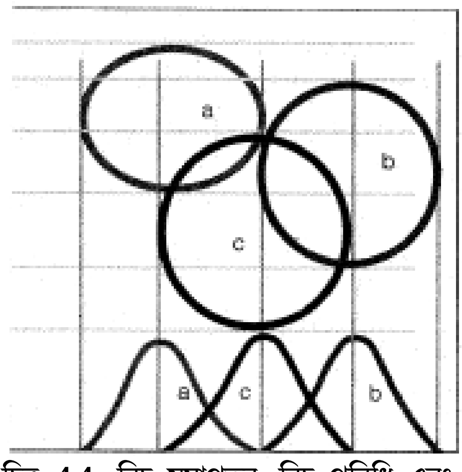
কোন পরিবেশে বসবাসকারী সকল জীব পারস্পরিক আন্তক্রিয়ায় বেঁচে থাকে। তারা একে অপরের দ্বারা কোন না কোন ভাবে প্রভাবিত বা প্রতিযোগীতার সম্মুখীন হয়। ইহার ফলে কোন জীবই তার মৌলিক নিচ্ অন্য প্রজাতির জীব থেকে অংশীদার মুক্ত রাখতে পারে না। প্রতিযোগী কিংবা সহযোজী বহুসংখ্যক জীবের নিচ্ দ্বারা বিভিন্ন মাত্রায় সমপাতিত হয়। এই কারণে কোনজীবের নিচ্ মৌলিক নিচ্ অপেক্ষা অনেকাংশেই সংকুচিত হয়। ইহাই বাস্তবিক পক্ষে সকল জীব প্রজাতির অনুভূত নিচ্ (Realised niche)। [চিত্র 4.3(b)]



চিত্র 4.3(b) **: অনুভূত নিচ্**

4.3.2.4 নিচ্ সমপাতন (Niche overlap)

যখন দুই বা তার বেশী প্রজাতির জীব যখন একই বাসস্থানে বসবাস করে একই রসদসমূহের (resources) অংশবিশেষ ব্যবহার করে তখন তাদের নিচ্ সমপাতিত হয়। রসদের পরিমাণ ও যোগান নির্ভর করে এই সকল জীব প্রকৃতির মধ্যে প্রতিযোগিতা মূলক বিতারণ প্রক্রিয়াও (competitive exclusion) শুরু হয়। ইহা সমপাতন মাত্রার ওপর নির্ভর করে এবং রসদের সমানুপাতিক হারে বৃদ্ধি বা হ্রাস পায়। আবার পরস্পর সমপাতিত নিচ্-এর দুই বা ততোধিক প্রজাতির মধ্যে সহযোগিতার আন্তক্রিয়া বজায় থাকলে অনেকক্ষেত্রে তাদের সহবস্থান করতেও দেখা যায়। এই সমপাতন বিভিন্ন প্রজাতির ব্যবহারগত প্রভাব (behavioral influence) এবং পরিবেশের প্রভাব-এর ওপর নির্ভর করে।



চিত্র 4.4 : নিচ্ সমাপতন, নিচ্ পরিধি এবং নিচ প্রসারতা। a, b এবং c তিনটি **ভিন্ন ভিন্ন প্রজাতির নিচ্।**

4.3.2.5 নিচ্ প্রসারতা (Niche width)

কোন প্রজাতির জীবের বিস্তার যদি সর্বনিম্ন থেকে সর্বোচ্চ রসদ সীমার বক্ররেখচিত্রের মাধ্যমে প্রকাশ করা যায় (graphical representation) সেক্ষেত্রে বক্ররেখাটি রসদ নির্দেশক অক্ষের যে অংশ দখল করে থাকে (intersept length of the axis) তাকে নিচ্ প্রসারতা বলে।

4.3.2.6 নিচ্ পরিধি (Niche circumferynce)

কোন জীব প্রজাতির অনুভূত বা রিয়ালাইজড নিচ্ পরিবেশের যে অধিআয়তন স্থান (Hypervolume space) দখল করে থাকে তাকে নিচ্ পরিধি বলে। ইহা বিভিন্ন জীবের রসদ উপাদান (resource factor) -এর ওপর নির্ভর করে।

চিত্র 4.4 নিচ্ সমপাতন, নিচ্ প্রসারতা এবং নিচ্ পরিধি দেখানো হয়েছে।

4.3.2.7 নিচ্ প্রতিক্রিয়া (Niche Responses)

কোন বাসস্থানে বসবাসকারী একাধিক জীব প্রজাতির জীবন রসদ (resources for living) সংগ্রহের কারণে বা নানা প্রজাতির জীবের অভিবাসন (immigration) জনিত মিথস্ক্রিয়ার কারণে বিভিন্ন প্রকার নিচ প্রতিক্রিয়া দেখা যায়—

A. নিচ্ সংকোচন (Niche contraction) : প্রসারিত নিচ্ যুক্ত কোন প্রজাতির বাসস্থানে যদি এক বা একাধিক প্রতিযোগী জীবের অনুপ্রবেশ ঘটে সে ক্ষেত্রে নিচ্ সংকোচনের ঘটনা দেখা যায়। চরম প্রতিযোগীতার কারণে অনেক ক্ষেত্রেই আদি বসবাসকারী জীবের গতিবিধি, রসদ আহরণের স্থান, বাসস্থান, ও অন্যান্য ক্রিয়াকলাপ সীমিত হয়ে আসে। এর ফলে তাদের নিচ্ সংকুচিত হয়।

B. নিচ্ প্রসারণ (Niche expansion) : বিপরীত ক্রমে কোন বাসস্থানে বসবাসকারী জীবসমূহের মধ্যে আন্তঃপ্রজাতি প্রতিদ্বন্দ্বিতা নানা কারণে হ্রাস পেলে নিচ্ সম্প্রসারণের ঘটনা দেখা যায়। পূর্বে অব্যবহৃত সম্পদের আয়তন (resource space) জীবদের ব্যবহারে সংযোজিত হলে, কিংবা অনুপ্রেবশকারী বা প্রতিযোগী প্রজাতির নানা কারণে প্রবাসন (emigration) ঘটলে আদি বসবাসকারী জীব প্রজাতির নিচ্ সম্প্রসারণ (niche expansion) দেখা যায়।

C. নিচ্ স্থানান্তর বা নিচ্ পরিবর্তন (Niche shift) : সমপাতিত নিচ্ আয়তনে সহবস্থানকারী একাধিক প্রজাতি নিজেদের মধ্যে প্রতিযোগিতা প্রশমনে অনেক সময় নতুন খাদ্যাভ্যাস বা নতুন আচরণবিধিতে নিজেদের অভ্যস্ত করে তোলে। এর ফলে প্রতিটি প্রজাতির সুবিধার্থে নিজ নিজ নিচ্ স্থানান্তরিত হয়। এর দ্বারা নিচ্ সমপাতনের মাত্রা পরিবর্তিত হয়। অনেক সময় প্রাকৃতিক কারণে বা মানুষের ব্যাতিচারের কারণে (human interference) বিভিন্ন জীবের বাসস্থান ক্ষতিগ্রস্থ হলে, কিংবা কোন অঞ্চলের খাদ্যভাণ্ডার নিঃশেষিত বা বিনষ্ট হলে নিচ্ স্থানান্ত বা নিচ্ পরিবর্তন ঘটে।

4.4 ইকোটোন এবং প্রান্তিয় প্রভাব (Ecotone and Edge Effects)

যে কোন উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের (plant community) একটি বিস্তার সীমা (spatial limit) থাকে। পৃথিবী পৃষ্ঠে বিস্তৃত যে কোন ভূচিত্রেই (landscape) নানা বাস্তুতন্ত্র থাকে। সেখানে দেখা যায় একটি সম্প্রদায়ের বিস্তার সীমা শেষ হতেই বা শেষ হবার আগেই অপর একটি উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের বিস্তার শুরু হয়। পাশাপাশি বিস্তৃত দুইটি উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের কিনারা কখনো সুস্পষ্টভাবে বিভেদিত (sharp boundadry) আবার কখনো একটির কিনারা অঞ্চল অপরটির কিনারা অঞ্চল থেকে আলাদা করা যায় না। এই রূপান্তর অঞ্চলই (transition zone) ক্রান্তি অঞ্চল বা ইকোটোন (ecotone) হিসেবে চিহ্নিত। এখানে একটি উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের সীমানা পরবর্তী উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের সীমানার সাথে মিশে যায় বা উপরিপন্ন হয়। এখানে উভয় সম্প্রদায়ের প্রজাতি উদ্ভিদ দেখা যায়। তাই এখানে প্রজাতি প্রাচুর্য (species richness) বেশী হয়। উদাহরণ হিসেবে পাশাপাশি বনভূমি-তৃণভূমি, জলাভূমি-তৃণভূমি, বনভূমি-মরুভূমি কিংবা সমুদ্রের নোনাজল ও নদীর স্বাদুজলের সংযোগস্থল বা মোহনা ইকোটোনের উদাহরণ।

একটি উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের পরিধি বরাবর বেষ্টনকারী প্রসারিত অঞ্চলকে (land belt) কিনারা বা প্রান্তিয় অঞ্চল (edge) বলে। একটি উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের কিনারা ও পরবর্তী উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের কিনারা যেখানে মিলিত হয় তাকে সীমান্ত (border) বলে। বিজ্ঞানী ফরম্যান (Forman, 1995) এর মতে দুইটি পাশাপাশি উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের কিনারাদ্বয় (edges) এবং তাদের মধ্যবর্তী সীমান্ত (border) কে একত্রে সীমানা বা বাউন্ডারী (boundary) বলা হয়।

4.4.1 ক্রান্তি অঞ্চল বা ইকোটোনের বৈশিষ্ট্য (Characteristics of ecotone)

- উভয় বাস্তুতন্ত্রের বা উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের কিছু কিছু বৈশিষ্ট্যাবলির প্রভাব ইকোটোনে দেখা যায়।
- এখানকার প্রজাতি প্রাচুর্য ও প্রজাতি বৈচিত্র্য আভ্যন্তরীণ প্রজাতি প্রাচুর্য অপেক্ষা বেশী হয়।
- ইহা স্থানীয় বা আঞ্চলিক (local or regional) এবং সংকীর্ণ (narrow) বা সুবিস্তৃতি (wide) হতে পারে।
- এখানকার খাদ্যশৃঙ্খল, খাদ্যজালক এবং বিভিন্ন বাস্তুতান্ত্রিক পিরামিড এবং নিচ্ জটিল প্রকৃতির হয়।
- এখানকার উদ্ভিদ সম্প্রদায় মিশ্র প্রকৃতির হয়।
- কখনো কেবলমাত্র ইকোটোনের জন্য বিশেষ অভিযোজিত কিছু নতুন প্রজাতি এখানে দেখা যায়।

প্রধানত তিন প্রকারের ক্রান্তি অঞ্চল দেখা যায়—

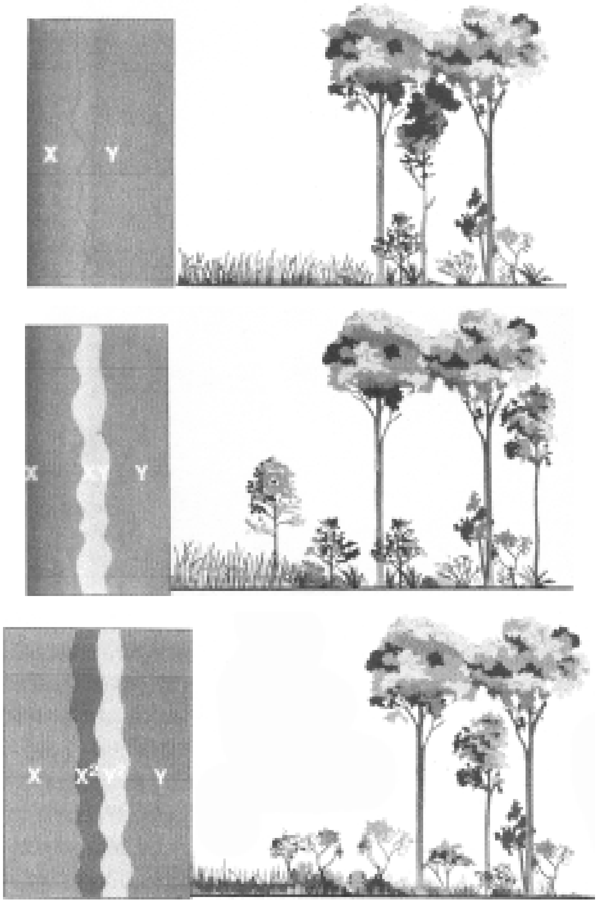
(a) ভেদক ক্রান্তি (abrupt ecotone) : এখানে প্রান্তিয় অঞ্চল খুব সংকীর্ণ হওয়ায় এখানে কোন ইকোটোন দেখা যায় না। বনভূমি সংলগ্ন চাষের জমি কিংবা চাষের জমি সংলগ্ন শিল্পাঞ্চল।

(b) সংকীর্ণ ক্রান্তি অঞ্চল (narrow ecotone) : একটি উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের (X) প্রান্তিয় অঞ্চল অপর সম্প্রদায়ের (Y) প্রান্তিয় অঞ্চলে অগ্রসহ হয়ে (XY) ইকোটোন সৃষ্টি করে। (চিত্র 4.5)

(a)

(b)

(c)



চিত্র 4.5 : ক্রান্তি অঞ্চলের প্রকারভেদ। (a) ভেদক ক্রান্তি অঞ্চল (b) সংকীর্ণ ক্রান্তি অঞ্চল এবং (c) আদর্শ বা বিস্তৃত ক্রান্তি অঞ্চল। (Source : Smith & Smith, Ecology and Field Bilogy; Benjamin Cummings, 2001)

(c) আদর্শ ক্রান্তি অঞ্চল (ideal ecotone) : উভয় উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের প্রান্তিয় অঞ্চলদ্বয় পরস্পরের অভ্যন্তরে অগ্রসর হয়ে একটি বিস্তৃত ক্রান্তি অঞ্চল (XY) গঠন করে। এখানে সবচাইতে বেশী প্রান্তিয় প্রজাতি (edge species) দেখা যায়।

4.4.2 প্রান্তিয় অঞ্চলের প্রকারভেদ (Types of edges)

উৎপত্তিগতভাবে প্রান্তিয় অঞ্চল প্রধানত দুই প্রকার যথা—

(a) সহজাত প্রান্তিয় অঞ্চল (Inherent edge) : মৃত্তিকার প্রকৃতি, ভূ-সংস্থান (topography),

ভূপ্রাকৃতিক (geomorphic) বৈশিষ্ট্য যেমন—শিলার উচ্ছেদ (rock outcrops), অনুজলবায়ু (microclimate) প্রভৃতি প্রাকৃতিক পরিবেশের আকস্মিক পরিবর্তনের কারণে প্রভাবিত উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের প্রান্তিয় অঞ্চলকে সহজাত প্রান্তিয় অঞ্চল বলে। ইহা স্থায়ী প্রকৃতির প্রান্তিয় অঞ্চল।

(b) প্রণোদিত বা আবিষ্ট প্রান্তিয় অঞ্চল (Induced edge) : পর্যায়ক্রমে বিভিন্ন প্রাকৃতিক বিপর্যয়ের কারণে যেমন—দাবানল, ঝড়ঝঞ্ঝা, বন্যা বা মনুষ্যকৃত নানা উপদ্রবের কারণে (পশুচারণ, অরণ্যহনন, চাষ আবাদ, শহরতলির সম্প্রসারণ প্রভৃতি) প্রভাবিত উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের প্রান্তিয় অঞ্চল। ইহা অস্থায়ী প্রকৃতির, কারণ প্রাকৃতিক বিপর্যয় বা মনুষ্যকৃত উপদ্রব পুনরাবৃত্তি না হলে প্রান্তিয় অঞ্চল স্থয়ী বনাঞ্চলে রূপান্তরিত হয়।

স্পষ্টতার ভিত্তিতে প্রান্তিয় অঞ্চল দুই প্রকার হতে পারে—

(a) আকস্মিক বা সুস্পষ্ট প্রান্তিয় অঞ্চল (Abrupt or high contrast edge) :

দুইটি সম্পূর্ণ ভিন্ন প্রকৃতির উদ্ভিদ সম্প্রদায় এবং পরিণত বনভূমির মধ্যে ইহা দেখা যায়।

(b) অপেক্ষিত বা অস্পষ্ট প্রান্তিয় অঞ্চল (Gradual or low contrast edge) :

দুইটি স্বল্প বিভেদিত উদ্ভিদ পর্যায়ক্রমের (less developmental successions) মধ্যে এই প্রকার প্রান্তিয় অঞ্চল দেখা যায়। উদ্ভিদ পর্যায়ক্রমের বীরুৎ দশা (herbaceous stage) এবং পার্শ্ববর্তী অঞ্চলেই উদ্ভিদ পর্যায়ক্রমের গুল্ম দশার (shrub stage) মধ্যবর্তী অঞ্চলে এই প্রকার প্রান্তিয় অঞ্চল দেখা যায়। (চিত্র 4.6)

চিত্র 4.6 : বিভিন্ন প্রকার প্রান্তিয় অঞ্চল (Source : Thomas et al. 1979)

4.4.3 প্রান্তিয় প্রভাব (Edge Effects) :

বিভিন্ন উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের মধ্যবর্তী প্রান্তিয় অঞ্চল স্থান ও কাল বিশেষে পরিবর্তনশীল (dynamic)। প্রান্তিয় অঞ্চল গঠনগত ও গুণগত দিক থেকেও সংলগ্ন উদ্ভিদ সম্প্রদায় থেকে আলাদা প্রকৃতির হয়। এখানকার পরিবেশও অনন্য প্রকৃতির যেখানে বিভিন্ন উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের নানা প্রজাতি সহজেই অনুপ্রবেশ করে। এখানকার প্রাণীদের অধিকাংশই একাধিক উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের (plant communities) এর ওপর নির্ভরশীল হয়।

দুইটি উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের সীমানা অঞ্চলের পরিবেশ বৈচিত্র্যময় হয়। ইহার ফলে এখানে প্রজাতি প্রাচুর্য (species richness) এবং প্রজাতি বৈচিত্র্য (species diversity) সব চাইতে বেশী হয়। বিজ্ঞানী লিওপোল্ড (Leopold, 1933) এই ঘটনাকে প্রান্তিয় প্রভাব (Edge effect) আক্ষা দেন।

প্যাটন (Patton, 1975), সীস্ট (Sist প্রমুখ, 1997)-এর মতে কোন উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের প্রান্তিয় প্রভাব, প্রান্তিয় অঞ্চলের দৈর্ঘ্য, প্রস্থ এবং পার্শ্ববর্তী উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের মধ্যে বৈষম্যের মাত্রা (contrast) দ্বারা প্রভাবিত হয়।

● পাশাপাশি দুইটি উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের মধ্যে বৈষম্য যত বেশী হয় ইকোটোন অঞ্চলের প্রজাতি বৈচিত্র্যও তত বেশি হয়। সেই কারণে একটি পরিণত বনভূমি ও অপরিণত (young) বনভূমির মধ্যকার প্রান্তিয় অঞ্চল অপেক্ষা একটি বনভূমি ও তৃণভূমির মধ্যেকার প্রান্তিয় অঞ্চল অধিকতর বৈচিত্র্যময়।

● উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের আকার যত বেশী হয়, উভয় সম্প্রদায় থেকে তত বেশী সংখ্যক উদ্ভিদ ও প্রাণী প্রান্তিয় অঞ্চলে প্রবেশ করে এবং প্রান্তিয় প্রজাতিদের সঙ্গে পাশাপাশি বসবাসের সুযোগ পায়। ফলে এই অঞ্চলের বৈচিত্র্য বৃদ্ধি পায়।

● উদ্ভিদ সম্প্রদায় দুইটির আকার ছোট হলে সেখান থেকে প্রান্তিয় অঞ্চলে অনুপ্রবিষ্ঠ প্রজাতির সংখ্যা খুব কম হওয়ায় প্রান্তিয় অঞ্চল কেবলমাত্র প্রান্তিয় প্রজাতিদের দ্বারাই প্রকটতা প্রাপ্ত হয়।

4.5 কীস্টোন প্রজাতি (Keystone species)

সংজ্ঞা : পেইন 1995 সালে কীস্টোন প্রজাতিকে বলতে এমন একটি প্রজাতি সংজ্ঞায়িত করেছিলেন যারা তাদের প্রাচুর্যের তুলনায় পরিবেশের উপর অসামঞ্জস্যপূর্ণভাবে বড় প্রভাব ফেলে। ডেভিক 2003 সালে কীস্টোন প্রজাতির কার্যকরী সংজ্ঞা উল্লেখ করেন যে— ইহা একটি দৃঢ়ভাবে মিথস্ক্রিয়াকারী প্রজাতি যার টপ-ডাউন প্রভাব কোনো বাস্তুতন্ত্রের প্রজাতির বৈচিত্র্য এবং প্রতিযোগিতার উপর তাদের জৈব আধিপত্যের চেয়ে বহুগুণ বেশি।

গুরুত্ব : একটি কীস্টোন প্রজাতি তার বাস্তুতন্ত্রে যে ভূমিকা পালন করে তা একটি খিলানে কীস্টোনের ভূমিকার অনুরূপ। একটি খিলানের যেকোনো পাথরের কিস্টোনটি সর্বনিম্ন চাপে থাকলেও খিলানটি

তা ছাড়াই ভেঙে পড়ে। একইভাবে, একটি বাস্তুতন্ত্র ব্যাপকভাবে বিপর্যস্ত হয়ে যেতে পারে যদি একটি কীস্টোন প্রজাতি অপসারণ করা হয়, যদিও সেই প্রজাতিটির জৈবভর কিংবা উৎপাদনশীলতার পরিমাপে বাস্তুতন্ত্রের একটি ছোট অংশও পারে। কীস্টোন প্রজাতি বাস্তুতন্ত্রে জীববৈচিত্র্য বজায় রাখতে সাহায্য করে এবং ইকোসিস্টেমে অন্য কোন পরিবর্তিত প্রজাতি নেই যারা তাদের সমতুল্য এই কাজ করতে পারে।

উদাহরণ :

- স্লথ ভাল্লুক হল একটি কীস্টোন প্রজাতি কারণ তাদের খাদ্য, যার বেশিরভাগই উইপোকা, ফল এবং কন্দ থাকে, একটি বনভূমি সংরক্ষণে সাহায্য করে।
- কীস্টোন প্রজাতির অন্যান্য উদাহরণের মধ্যে রয়েছে স্টারফিশ, সামুদ্রিক ওটার। প্রবাল, উদাহরণস্বরূপ, প্রবাল প্রাচীরের প্রজাতিগুলিকে লুকানোর জন্য অনেকগুলি নুক এবং ক্রানি প্রদান করে।
- বাঘ, নেকড়ে, হাতি, ইত্যাদি একটি কীস্টোন প্রজাতি হিসাবে বিবেচনা করা হয়, যার অর্থ তাদের উপস্থিতি তাদের জনসংখ্যার আকারের তুলনায় তাদের বাস্তুতন্ত্রের উপর একটি অসামঞ্জস্যপূর্ণভাবে বড় প্রভাব ফেলে।
- সুন্দরবনের কুমির ও রয়েল বেঙ্গাল টাইগার কীস্টোন প্রজাতি কেননা ইহারা না থাকলে চোরা শিকারী ও মানুষের উপদ্রবে পুরো বনাঞ্চলের অনেক উদ্ভিদ ও প্রাণী প্রজাতি ধ্বংস হয়ে যেত।
- বট বা ফিকাস গাছগুলি হল ফ্রুগিভোরদের জন্য কীস্টোন রিসোর্স প্রদানকারী এবং এই ফ্রুগিভোরগুলি, ফলস্বরূপ, বিস্তৃত উদ্ভিদের জন্য প্রয়োজনীয় বীজ বিচ্ছুরণ এজেন্ট।

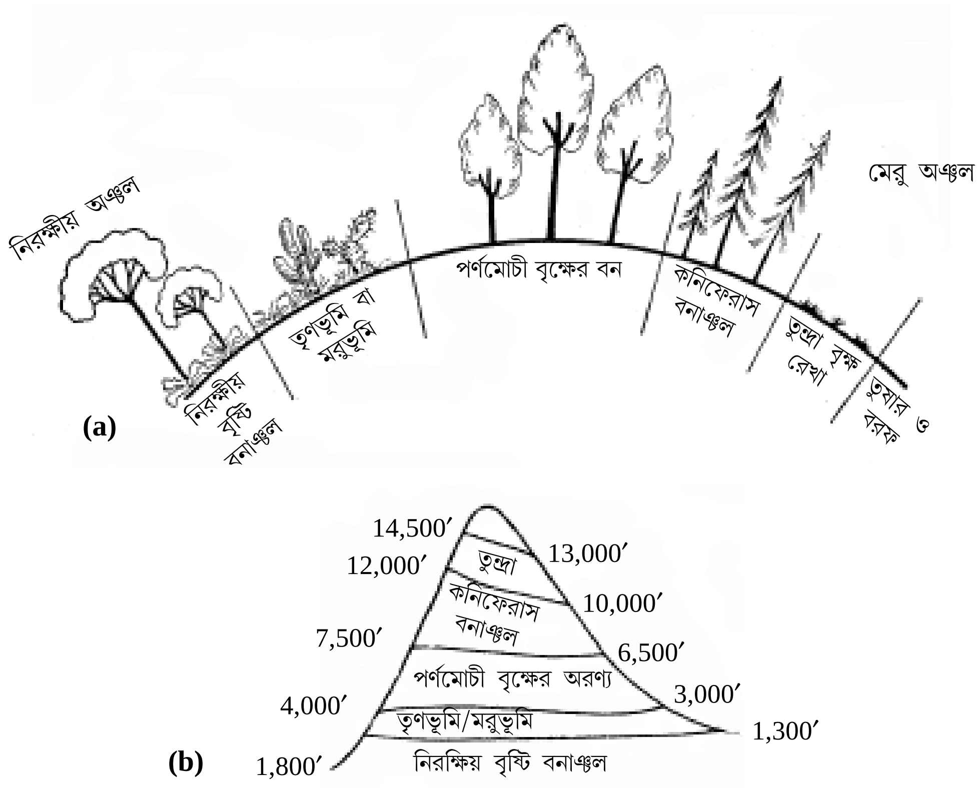
4.6 উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের গতিময়তা (Community dynamics of plants)

উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের গতিময়তার প্রকারভেদ (Types of community dynamics) :

(a) স্থানিক গতিময়তা (Spatial dynamics)

পৃথিবীর যে কোন প্রদেশেই ভূচিত্র (landsacpe)-এ দেখা যায় যে ভিন্ন ভিন্ন স্থানের দূরত্ব কিংবা উচ্চতা বরাবর উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের প্রজাতি উপাদান ও প্রজাতি বৈচিত্র ভিন্ন ভিন্ন হয়ে থাকে। ভূপৃষ্ঠের কোন একটি স্থান থেকে নির্দিষ্ট অভিমুখে স্থান পরিবর্তনের সাথে উদ্ভিদ সম্প্রদায়েরও ক্রমপরিবর্তন দেখা যায়। ইহাকে জোনেশন বলে। জলজ, জলাভূমি কিংবা স্থলভূমির সকল পরিবেশেই নানা অজৈব ও ভৌত উপাদান সমূহের নতিমাত্রার সঙ্গে (gradient wise) উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের নানা গুণগত ও

পরিমানগত (qualitative and quantitalive) বৈশিষ্ট্যের পরিবর্তন ঘটে। ইহাই উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের স্থানিক গতিময়তা (spatial dynamics)।



চিত্র 4.7 : উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের স্থানিক গতিময়তা (a) পৃথিবীর নিরক্ষীয় অঞ্চল থেকে মেরু পর্যন্ত উচ্চতর দ্রাঘিমাংশের পরিবর্তন অনুযায়ী (b) উচ্চতাগত বিভিন্নতা অনুযায়ী

বিজ্ঞানী রবার্ট হুইটেকার (Robert Whittaker), 1956-এ টেনেসীর গ্রেট স্মোকি পর্বত (The Great smoky Mountain of Tennessee)-এর দক্ষিণ ঢাল বরাবর উচ্চতার সাথে প্রকট উদ্ভিদ প্রজাতির ক্রম পরিবর্তন পর্যবেক্ষণ করেন। নিম্ন উচ্চতায় ভার্জিনিয়া পাইন (*Pinus virgiana*) প্রকট যেখানে পীচ পাইন (*P. rigida*) স্বল্প সংখ্যায় বর্তমান। মাঝারি উচ্চতায় (2000–2500 Ft) পীচ পাইন ভার্জিনিয়া পাইনকে প্রতিস্থাপন করে। আরো ওপরের দিকে ভার্জিনিয়া পাইন আর দেখা যায় না। সেখানে টেবিল মাউন্টেন পাইন (*P. pungens*) পীচ পাইনের সঙ্গো সহ প্রকটতায় (codominance) দেখা যায়। টেবিল মাউন্টেন পাইনের সংখ্যা আরো উচ্চতার সঙ্গো বাড়তে থাকে কিন্তু পীচ পাইনের সংখ্যা সেখানে লুপ্ত হয়।

স্থানিক নতিমাত্রা (spatial gradient) বরাবর যেকোন অভিমুখে অবস্থান পরিবর্তনের সঙ্গো সঙ্গো পরিবেশের নানা উপাদান সমূহ যেমন সূক্ষ্মভূসংস্থান (microgeomorphology), জলতলের

গভীরতা, লবনাক্ততা, মৃত্তিকা pH, মাটির নানা খনিজলবণ প্রভৃতির গুণগত ও পরিমাণগত পরিবর্তন ঘটে। সেইমত আলাদা আলাদা পরিবেশে আলাদা আলাদা জীবসম্প্রদায় গড়ে ওঠে। এই সকল জীব সম্প্রদায়ের প্রজাতি উপাদান, প্রজাতি প্রকটতা, প্রজাতি উচ্চতা, ঘনত্ব, বিস্তার ইত্যাদির পার্থক্য দেখা যায়।

(b) উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের কাল বিশেষ গতিময়তা (Temporal dynamics of plant community)

উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের গঠন কেবলমাত্র স্থানের সাপেক্ষেই ভিন্ন ভিন্ন হয় না, সময়ের সাথেও ভিন্নতর হয়ে থাকে। যদি কোন একটি নির্দিষ্ট স্থানে সময়ের সাথে ক্রমাগত পর্যবেক্ষণ করা যায় তবে দেখা যায় যে কোন শস্যক্ষেত্র বা চারণভূমি দীর্ঘদিন পরিচর্যাহীন থাকলে সেখানে ক্রমে ঘাস, গোল্ডেনরড, বীরুৎজাতীয় আগাছায় ভরে যায়। কয়েক বছরের মধ্যেই আগাছা ভূমিতে গুল্মজাতীয় উদ্ভিদ যেমন ব্লাকবেরি, সুমাক (sumac), হাউথর্ন (hawthorn) প্রভৃতি বাইরে থেকে অনুপ্রবেশ করে। এরপর সেখানে ফায়ার চেরী (fire cherry), পাইন, অ্যাসপেন ইত্যাদি বৃক্ষের অনুপ্রবেশ ঘটে। বহু বছর পরে এই পরিত্যক্ত ভূমিতেই ম্যাপেল, ওক, চেরী, পাইন প্রভৃতি গাছের বন দেখা যায়। নগ্নভূমি থেকে বনভূমির এই দীর্ঘসময়ের রূপান্তর ক্রিয়া নির্দিষ্ট অভিমুখে পরিবেশ পরিবর্তনের সঙ্গে সমন্বয় রেখে সম্পাদিত হয়। সময়ের সাথে ক্রমপর্যায়ে উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের গঠনগত পরিবর্তনের (structural change) মাধ্যমে সর্বশেষে ভারসাম্য যুক্ত, স্ব-প্রজননক্ষম, স্থায়ী ক্লাইম্যাক্স উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের (Climax plant community) সৃষ্টি হয়। এই সম্পূর্ণ প্রক্রিয়াকেই উদ্ভিদ পর্যায়ক্রম (plant succession) বলে।

বিজ্ঞানী ক্লিমেন্টস্ (Clements) 1916-এ ইকোলজিক্যাল সাক্সেশন এর সংজ্ঞা হিসেবে বলেন—ইহা একটি স্বাভাবিক প্রক্রিয়া, যার দ্বারা একই এলাকা ক্রমান্বয়ে (successively) বিভিন্ন উদ্ভিদ সম্প্রদায় (plant communities) দ্বারা অধিকৃত হয়। ইহা একটি সময়ের সাপেক্ষে ক্রিয়াশীল প্রক্রিয়া (temporal dynamics)।

কোন স্থানে এই প্রক্রিয়া উদ্ভিদ প্রজাতির অনুপ্রবেশ, শারীরবৃত্তীয় ও জৈবনিক ক্রিয়ার প্রকৃতি, পরিবেশের পরিবর্তন, সময়ের ব্যবধান (time lag) দ্বারা প্রভাবিত হয়। এই পরিবর্তন ক্রিয়া চলতে থাকে যতক্ষণ পর্যন্ত না পরিবেশের সঙ্গে সমতা রক্ষাকারী স্থায়ী পূর্ণতা প্রাপ্ত উদ্ভিদ সম্প্রদায় (climax community) গড়ে ওঠে। পূর্ণতা প্রাপ্ত এই দশাকে চরম দশা (climax condition) বলা হয়।

প্রাথমিক উদ্ভিদ পর্যায়ক্রমের সাধারণ পদ্ধতি (General process of primary plant succession) :

ক্রমান্বয়ে পরপর কতগুলি পর্যায় (steps)-এর মাধ্যমে উদ্ভিদের প্রাথমিক পর্যায়ক্রম (succession) সম্পন্ন হয়। পরপর পর্যায়গুলি নিম্নরূপ :

1. অনাবৃতকরণ বা নগ্নিভবন (Nudation) : নানা ভূতাত্ত্বিক বা ভৌগলিক কারণে কোন অনাবৃত নগ্ন ভূমি বা স্তর এর উন্মোচন বা উদ্ভব হয়। ধস্, ভূমিক্ষয়, পলি বা লাভার অবক্ষেপণ বা অন্য কোন প্রাকৃতিক বিপর্যয় দ্বারা ভূমিস্তরের নগ্নিভবন ঘটে থাকে।

2. পরিযান (Migration) : উদ্ভিদের রেণু, বীজ, বা অন্যান্য বিস্তার অঙ্গ (propagules) সাধারণত জল, বায়ু, প্রভৃতি প্রাকৃতিক বাহক দ্বারা অনাবৃত ভূমিতে স্বাভাবিক ভাবেই পৌছায়। এই পরিযান দ্বারা বিস্তার অঙ্গের অনুপ্রবেশ নগ্নিভবনের শুরু থেকে ক্রমান্বয়ে চলতেই থাকে।

3. প্রতিষ্ঠিতকরণ বা একিসিস (Ecesis) : নতুন স্থানে পৌঁছবার পরে আবহাওয়ার সাথে পারস্পরিক সাযুজ্য রেখে সফলভাবে প্রতিষ্ঠিত হওয়াকে প্রতিষ্ঠিতকরণ বা একিসিস বলে। বিভিন্ন উদ্ভিদ প্রজাতির বিস্তার অঙ্গসমূহ একটি অনাবৃত স্থানে পৌঁছবার পরে সেগুলি অঙ্কুরোদগম দ্বারা জীবন শুরু করে ধীরে ধীরে জননক্ষম পরিণত উদ্ভিদে রূপান্তরিত হয়। নতুন পরিবেশে অনুপ্রবিষ্ট অনেক সপুষ্পক উদ্ভিদ প্রজাতিই স্বাভাবিক বংশবৃদ্ধিতে সফল হয়। বাকী অসফল প্রজাতিরা সেখানে থেকে বৃদ্ধির নানা দশায় বিলুপ্ত হয়।

4. একত্রিতকরণ (Aggregation) : পর্যায়ক্রমের নানা দশায় ও নানা সময়ে নতুন স্থানে অনুপ্রবিষ্ট সফল প্রজাতি সমূহ স্বাভাবিক জনন প্রক্রিয়া দ্বারা সংখ্যায় ও প্রজাতি ঘনত্ব বৃদ্ধি করে।

প্রতিষ্ঠিতকরণ ও একত্রিতকরণের ওপর নির্ভর করে কোন প্রজাতির অধিগ্রহণ (invation) ক্ষমতা।

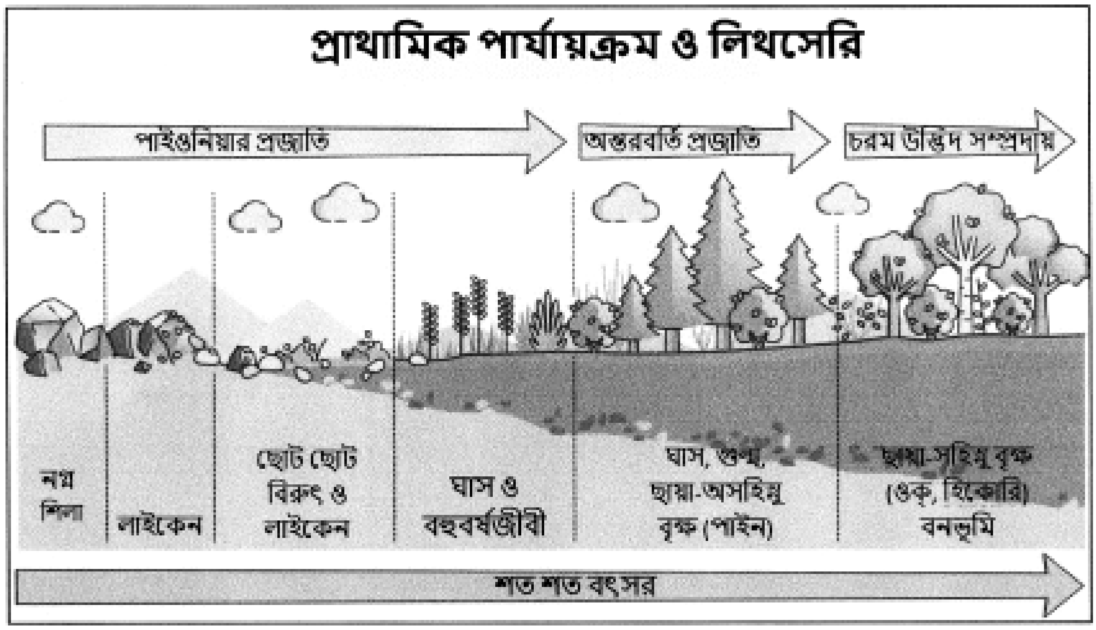
5. প্রতিদ্বন্দ্বিতা এবং প্রতিক্রিয়া (Competition and reaction) : অধিগ্রহণের পর ক্রমাগত একত্রিতকরণ এর ফলে বিভিন্ন প্রজাতির সংখ্যা ও ঘনত্ব ক্রমে বৃদ্ধি পায়। এর ফলে যথাপ্রয়োজনীয় (optimum) বসবাসের জায়গা ও পুষ্টির যোগান নিশ্চিত করতে অন্তঃ এবং আন্তঃ প্রজাতিয় মিথস্ক্রিয়া (interations) শুরু হয়। প্রজাতি জনসংখ্যা (population size) বৃদ্ধি ও তাদের প্রতিদ্বন্দ্বিতার প্রভাব পরিবেশের ওপর পড়ে। যার ফলে উদ্ভিদ ও পরিবেশের পারস্পরিক সুস্থিতি (equilibrium) বিনষ্ট হয়। পরিবর্তিত পরিবেশ বর্তমান উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের জন্য অনুপযুক্ত হয়ে পড়ে। ধীরে ধীরে সেখানে পরিবর্তিত পরিবেশের উপযুক্ত নতুন উদ্ভিদ সম্প্রদায় গড়ে ওঠে। কোন স্থানে একটি উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের অধিগ্রহণ থেকে শুরু করে প্রতিষ্ঠিত হওয়া, সেখানে প্রজাতি ও পরিবেশগত নানা আন্তঃক্রিয়া, প্রতিদ্বন্দ্বিতা, প্রতিক্রিয়া শেষে স্থায়ী উদ্ভিদ সম্প্রদায় দ্বারা প্রতিস্থাপিত হওয়ার সম্পূর্ণ ঘটনাক্রমকে সেরি (sere) বা ক্রমবিকাশ প্রক্রিয়া বলে। পর্যায়ক্রমে যে সকল উদ্ভিদ সম্প্রদায় সেখানে পরপর দেখা যায় তাদের সিরাল সম্প্রদায় বলে। এই পর্যায়ক্রমের (succession) প্রথম দিককার অধিগ্রহণকারী অগ্রগামী প্রজাতিসমূহ (pioneer species) কম পুষ্টিগ্রাহী এবং অধিকতর গতিশীল (more dynamic) প্রকৃতির হয়। এরা ক্ষুদ্রাকৃতির এবং অধিকতর জটিল খনিজ পুষ্টিতে সক্ষম।

6. স্থিতিশীলতা ও চরম দশা (Stabilization or climax stage) : পর্যায়ক্রমের শেষ দশায় এমন উদ্ভিদ সম্প্রদায় সেখানে প্রতিস্থাপিত হয় যার সঙ্গে পরিবেশের দীর্ঘস্থায়ী ভারসাম্য (stable equilibrium) স্থাপিত হয়। এই উদ্ভিদ সম্প্রদায় একটি স্থায়ী গঠন (stable structure) প্রাপ্ত হয়। ইহারা স্বপ্রতিস্থাপনক্ষম (capable of self replacement) এবং স্বউৎপাদনক্ষম (self generating)। ইহাই চরম দশা বা ক্লাইম্যাক্স উদ্ভিদ সম্প্রদায় (climax plant community)।

4.7 উদ্ভিদ পর্যায়ক্রমের প্রকারভেদ (Types of succession)

4.7.1 প্রাথমিক পর্যায়ক্রম (Primary succession)

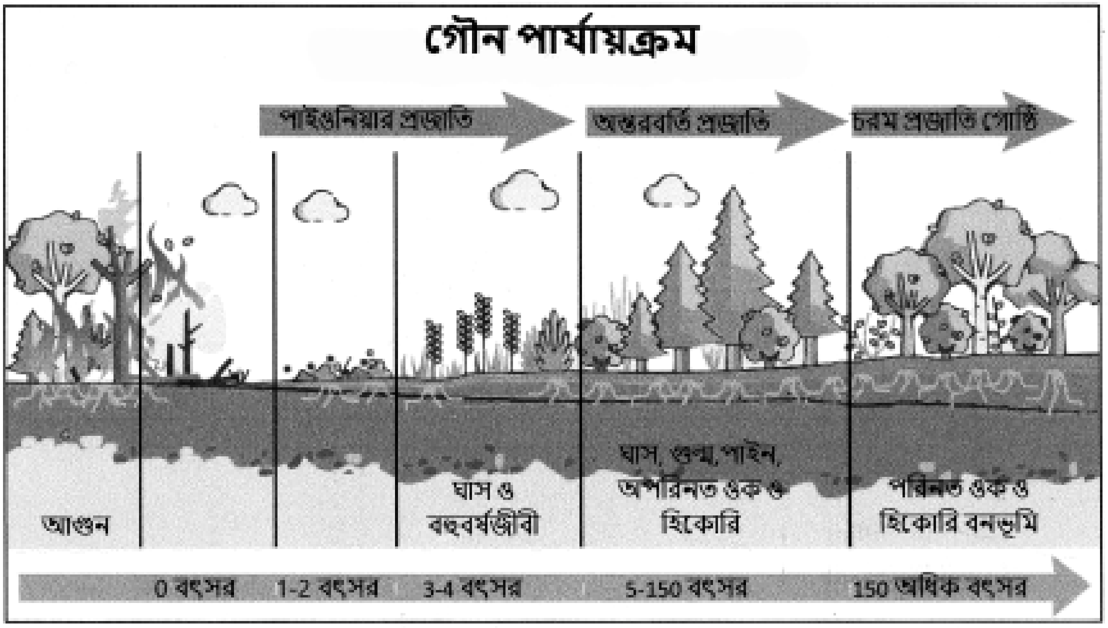
ভূপৃষ্ঠের কোন আনাবৃত বা নগ্নভূমিতে সর্বপ্রথম এই প্রকার উদ্ভিদ পর্যায়ক্রম দেখা যায়। যার ফলে জীবের সম্পূর্ণ অস্তিত্ব বিহীন অঞ্চল ক্রমে উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের অধিগ্রহণ, প্রতিদ্বন্দ্বিতা, প্রতিক্রিয়া ও স্থিতিশীলতার মাধ্যমে প্রথম একটি স্থায়ী উদ্ভিদ সম্প্রদায় গড়ে ওঠে। নবগঠিত দ্বীপ, উন্মুক্তশীলা, বালিয়ারী, শীতল আগ্নেয়শীলা ইত্যাদিতে যেখানে উদ্ভিদের যে কোন প্রকার বিস্তার অঙ্গানু (propagule) সম্পূর্ণ অনুপস্থিত সেখানে প্রাথমিক পর্যায়ক্রম শুরু হয়।



চিত্র **4.8 :** প্রাথমিক পর্যায়ক্রম (লিথসেরি)

4.7.2 গৌণ পর্যায়ক্রম (Secondary succession) :

কোন অঞ্চল দাবানল, বন্যা, পশুচারণ, প্রাকৃতিক দুর্যোগ (ধস্, ভূমিকম্প, বন্যা) কিংবা আবহাওয়ার আকস্মিক পরিবর্তনের ফলে উদ্ভিদ বসতি সম্পূর্ণ নষ্ট হয়ে গেলে সেখানে আবার নতুন করে উদ্ভিদ সম্প্রদায় সৃষ্টির পর্যায়ক্রমিক প্রক্রিয়াকে গৌণ পর্যায় বলে। এক্ষেত্রে পূর্বক্ত স্থিতিশীল উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের উপযুক্ত উর্বর মৃত্তিকা শুরুতেই বর্তমান থাকায় এবং তাদের বহু প্রজাতির বীজ বা নানা বিস্তার অঙ্গানু সেই অঞ্চলে বা পারিপার্শ্বিক অঞ্চলে মজুত থাকায় গৌণ পর্যায়ক্রম সম্পন্ন হতে যথেষ্ট কম সময় লাগে।



চিত্র **4.9 :** গৌণ পর্যায়ক্রম

4.7.3 স্বপ্রণোদিত উদ্ভিদ পর্যায়ক্রম (Autogenic succession) :

এই প্রকার উদ্ভিদ পর্যায়ে (plant succession) বিভিন্ন উদ্ভিদ সম্প্রদায় তাদের জৈবনিক ক্রিয়া ও তাদের পারস্পরিক আন্তঃক্রিয়ার দ্বারা নিজেদের পরিবেশ রূপান্তরীত করে। যার ফলে একটি নতুন উদ্ভিদ সম্প্রদায় দ্বারা পূর্ববর্তী সম্প্রদায় প্রতিস্থাপিত হয়। এই প্রকার গতিময়তার (dynamic) মাধ্যমে ক্রমে একটি স্থায়ী উদ্ভিদ সম্প্রদায় (Climax community) গড়ে ওঠে।

4.7.4 পরপ্রণোদিত উদ্ভিদ পর্যায়ক্রম (Allogenic succession) :

এই প্রকার উদ্ভিদ পর্যায়ের গতিময়তা অর্থাৎ উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের ক্রম প্রতিস্থাপন ও ক্রম পরিবর্তন পরিবেশের নানা অজৈব বা ভৌত কারণের ফলে সম্পাদিত হয়। এগুলির মধ্যে উল্লেখযোগ্য হল—আগ্নেয়গিরির অগ্ন্যুৎপাত, উল্কাপাত, বন্যা, ভূমিকম্প, খরা প্রভৃতি। প্রাকৃতিক কারণে পরিবেশের পরিবর্তনে বাসস্থান উপদ্রুত বা ব্যাপকভাবে পরিবর্তিত হলে সেখানে উদ্ভিদ পর্যায়ক্রম শুরু হয়। ইহাই অ্যালোজেনিক পর্যায়ক্রম। যেকোন ভূতাত্ত্বিক প্রাকৃতিক বিপর্যয় অ্যালোজেনিক পর্যায়ক্রমের প্রভাবক।

4.7.5 স্বভোজি পর্যায়ক্রম (Autotrophic succession) :

এই পর্যায়ক্রম প্রধানত অজৈব পরিবেশে শুরু হয়। প্রারম্ভিক জীব থেকে শুরু করে প্রতি পর্যায়ে স্বভোজী সবুজ উদ্ভিদের প্রকটতা এই পর্যায়ক্রমে দেখা যায়।

4.7.6 পরভোজী পর্যায়ক্রম (Heterotrophic succession) :

এই পর্যায়ক্রম জৈবপদার্থ প্রধান অঞ্চলে শুরু হয়। প্রধানত পরভোজীদের (heteropaphs) দ্বারা এই পর্যায়ক্রম শুরু হয়।

সিরাল সম্প্রদায় বা **সেরি** (sere) বলতে উদ্ভিদ পর্যায়ক্রমে অন্তর্বর্তী অস্থায়ী উদ্ভিদ সম্প্রদায় বোঝায় যাদের ক্রমপর্যায়ের গতিমুখ চরম সম্প্রদায়ের (Climax community) দিকে।

4.7.7 বাসস্থানের ওপর নির্ভর করে উদ্ভিদের সিরাল সম্প্রদায় (Seral community or sere based on habitat) নিম্নরূপ :

হাইড্রোসেরি (Hydrosere)—জলজ পরিবেশের উদ্ভিদ ক্রমপর্যায়।

জেরোসেরি (Xerosere)—শুষ্ক বাসস্থানের উদ্ভিদ ক্রমপর্যায়।

লিথোসেরি (Lithosere)—অনাবৃত পাথর পৃষ্ঠের উদ্ভিদ ক্রমপর্যায়।

স্যামোসেরি (Psammosere)—বালুভূমিতে শুরু হওয়া উদ্ভিদ ক্রমপর্যায়।

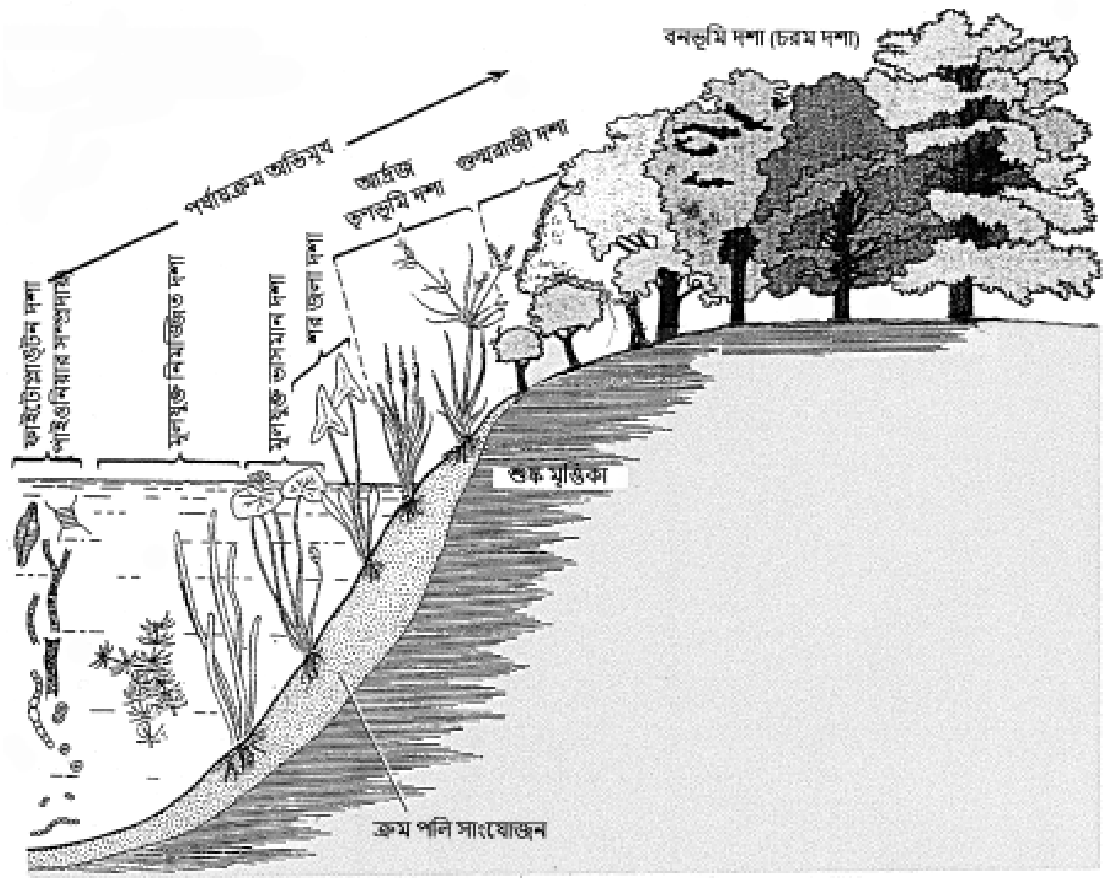
হেলোসেরি (Halosere)—লবনাক্ত জল বা নোনা ভূমিতে শুরু হওয়া উদ্ভিদ ক্রমপর্যায়।

সেনিলে (Senile) মৃতদেহ বা মৃত পদার্থের ওপর অনুজীব দ্বারা শুরু হওয়া ক্রমপর্যায়।

4.8 বাসস্থান নির্ভর কয়েক প্রকার সেরি বা ক্রমপর্যায় (Some habitat dependant sere)

4.8.1 হাইড্রোসেরি (Hydrosere)

পুকুর, ডোবা, হ্রদ ইত্যাদি যেখানে জলের গভীরতা মধ্যস্থলে সবচাইতে বেশী এবং পরিধীর দিকে ক্রমশ স্থলভাগে মেশে সেখানে এই ধরণের পর্যায়ক্রম দেখা যায়। পুকুরে শুরু হওয়া হাইড্রোসেরি কিছু ভাসমান ফাইটোপ্ল্যাঙ্কটন (phytoplanktons) জাতীয় প্রারম্ভিক উদ্ভিদের উপনিবেশন (colonisation) দ্বারা শুরু হয় এবং ইহা ক্রমপর্যায়ে একটি স্থায়ী ও স্থিতিশীল চরম উদ্ভিদ সম্প্রদায় রূপে বনভূমিতে রূপান্তরিত হয়।



চিত্র 4.10 : স্থির জলের বাস্তুতন্ত্র

পুকুরের প্রাথমিক স্বভোজী হাইড্রোসেরিতে পর পর নিম্নোক্ত পর্যায়গুলি দেখা যায়—

1. ভাসমান উদ্ভিদ (Phytoplankton stage) : বিভিন্ন নীলাভ সবুজ শৈবাল, সবুজ শৈবাল, ডায়াটমস্, ব্যাকটেরিয়া দ্বারা এই কলোনী গঠন শুরু হয়। ইহারাই প্রারম্ভিক সম্প্রদায় (pioneer community) রূপে পর্যায়ক্রম শুরু করে। এই সময় জলতলের মাটি অতি বিজারিত অবস্থায় থাকে। pH-এর মান 5.00 এর ওপর থাকে। ইহারা বেশ কিছুদিন বংশবিস্তার ও সংখ্যা বৃদ্ধি করে। এখানে জলতল খুব বেশী হওয়ায় সম্পুষ্কক উদ্ভিদ জন্মায় না।

2. মুলযুক্ত নিমজ্জিত দশা (Rooted submersed stage) : মৃত ফাইটোপ্লাঙ্কটন-এর দেহ বিয়োজিত (decomposed) হয়ে জলের তলদেশে জমা হয়। পারিপার্শ্বিক স্থলভাগ থেকে বৃষ্টির জলে বাহিত পলির সঙ্গে মিশে তলদেশে নরম কাদা তৈরী করে। এর ফলে জলের গভীরতা ক্রমে কমে আসে এবং একসময় এখানকার তলদেশে আলো সহজে পৌঁছাতে পারে। এই পরিবেশে প্রথিতমূল,

নিমজ্জিত জলজ উদ্ভিদ যারা মূলের সাহায্যে তলদেশে আবদ্ধ থাকে যেমন মাইরিওফাইলাম (*Myriophyllum* sp.), হাইড্রিলা (*Hydrilla* sp.), পোটামোজেটন (*Potamogeton* sp.), ভ্যালিস্‌নেরিয়া (*Vallisneria* sp.), ইউট্রিকুলারিয়া (*Utricularia*), প্রভৃতি উদ্ভিদ জন্মায়। এই উদ্ভিদদের মৃতদেহ বা দেহাংশ পচে গিয়ে তলদেশের হিউমাসজাতীয় মৃত্তিকা তল বৃদ্ধি করে। এছাড়াও পাড়ের মাটি অবক্ষয় হয়েও তলদেশে জমা হয়। যার ফলে জল অগভীর হয়ে পড়ে। স্বল্পগভীর এই স্থান প্রোথিতমূল নিমজ্জিত উদ্ভিদের জন্য অনুপযুক্ত হয়ে পড়ে এবং এরা প্রোথিতমূল ভাসমান জলজ উদ্ভিদ সম্প্রদায় দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়।

3. প্রথিতমূল ভাসমান দশা (Rooted floating stage) : এখানে জলের গভীরতা প্রায় 2–5 ফুট। এখানে রাইজোম যুক্ত উদ্ভিদেরা কলোনী বিস্তার করে। এরা মূলের সাহায্যে তলদেশে আবদ্ধ থাকে এবং এদের পাতা জলতলে ভাসমান অবস্থায় থাকে। এখানে পদ্ম (*Nelumbo* sp), শালুক (*Nymphaea*), লিমন্যানথেমাম (*Limnanthemum*), অ্যাপোনোজেটন (*Aponogeton*), পানিফল (*Trapa*), মনোকোরিয়া (*Monochoria*), ইত্যাদি জন্মায়। এছাড়াও এখানকার জলে যথেষ্ট পরিমাণ খনিজ পদার্থ থাকায় কিছু মুক্ত ভাসমান উদ্ভিদ যেমন অ্যাজোলা (*Azolla*), লেমনা (*Lemna*), উলফিয়া (*Wolffia*), পিসটিয়া (*Pistia*), স্পাইরোডেল্লা (*Spirodella*), স্যালভিনিয়া (*Salvinia*) ইত্যাদি মূলযুক্ত ভাসমান উদ্ভিদদের পাশাপাশি দেখা যায়। এই সকল উদ্ভিদ মরে যাওয়ার পরে তাদের দেহজাত জৈবপদার্থ নিচের স্তরে জমা হয়ে জলের গভীরতা একদম কমিয়ে দেয়—সেখানে ভাসমান উদ্ভিদেরা আর বেঁচে থাকতে বা জন্মাতে পারে না।

4. শর-জলা দশা (Reed swamp stage) : ইহা প্রকৃতপক্ষে উভচর দশা। এখানে জলের গভীরতা খুব কম হওয়ায় এখানে আর্দ্রজ উদ্ভিদ (marshy plant) জন্মায়। ইহাদের মূল জলের নীচে এবং পাতাসহ কাণ্ডের (shoot) অধিকাংশই জলতলের ওপর বাতাসে উন্মুক্ত থাকে। হোগলা (*Typha*), স্যাজিটেরিয়া (*Sagittaria*), স্কিরপাস (*Scirpus*), ফ্রাগমাইটিস (*Phragmites*) ইত্যাদি এখানকার প্রধান উদ্ভিদ। এদের দ্বারা জলের গভীরতা একদম কমে আসে। জলাশয়ের তলদেশে উদ্ভিদ হিউমাস ও পলি সঞ্চিত হয়ে শরদশার উদ্ভিদের বসবাসের অনুপযুক্ত হয়ে পড়ে।

5. আর্দ্রজ তৃণভূমি দশা (Marsh meadow stage) : এখানে জলস্তর একদম কমে যাওয়ায় আবাসস্থল আর্দ্রজ মাটিতে পরিণত হয়। এখানে পোয়েসী ও সাইপারেসী গোত্রের তৃণঘাস যেমন ক্যারেক্স (*Carex*), জুঙ্কাস (*Juncus*), সাইপেরাস (*Cyperus*), ইলিওক্যারিস (*Eleocharis*), পলাইগোনেসী গোত্রের রুমেক্স (*Rumex*), পলাইগোনাম (*Polygonum*), আইপোমিয়া (*Ipomoea*) প্রভৃতি উদ্ভিদ দেখা যায়। যার ফলে এখানে একটি গালিচার ন্যায় উদ্ভিদ সম্প্রদায় তৈরী হয়। এই সকল উদ্ভিদের বাষ্পমোচন (transpiration) ক্রিয়ায় মাটির জল দ্রুত শুকিয়ে যায়। ক্রমে ক্রমে আর্দ্রজ তৃণ জাতীয় উদ্ভিদসমূহ বিলুপ্ত হয় এবং ঐস্থানে হিউমাস জমা হয়ে তৃণভূমি (meadow) এবং নিম্নভূমি (lowland) তে রূপান্তরীত হয়। এরপরে ঐ স্থানে ক্রমে গুল্ম ও বৃক্ষজাতীয় উদ্ভিদের বৃদ্ধি শুরু হয়।

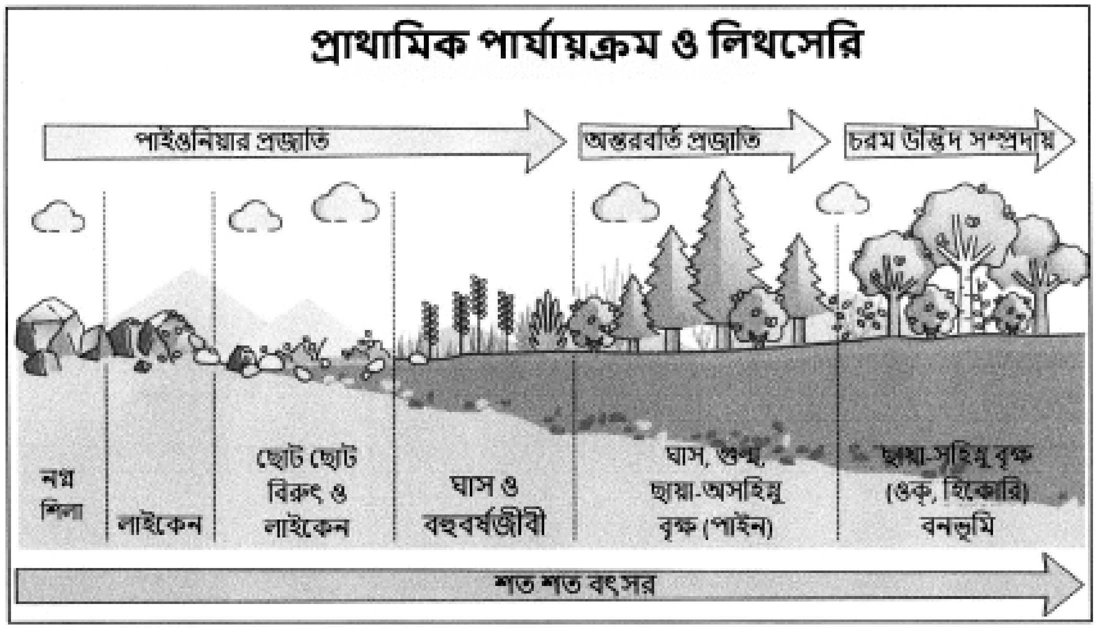
6. গুল্মরাজী দশা (Woodland stage) : আর্দ্রজ উদ্ভিদকুল (marshy vegetation) চলে যাওয়ার পরে বছরের অধিকাংশ সময় মাটি অপেক্ষাকৃত শুকনো থাকে। এখানে বেশকিছু স্থলজ উদ্ভিদ (terrestrial plants) যেমন স্যালিক্স (*Salix*) করনাস (*Cornus*) প্রভৃতি গুল্ম এবং পপলাস (*Poplus*), অ্যালনাস (*Alnus*) প্রভৃতি বৃক্ষের বসতি স্থাপিত হয়। এরা সাধারণত মূলের চারিদিক আংশিক শুষ্ক অবস্থা সইতে পারে।

7. বনভূমি বা চরম দশা (Forest or Climax stage) : সময়ের সাথে এখানকার মাটিতে আরো হিউমাস জমা হয় সেই সঙ্গো অসংখ্য অনুজীবের (microbes) সমৃদ্ধি ঘটে। যার ফলে মাটিতে দ্রুত মিনেরালাইজেশন দেখা যায়। পরে আরো অনেক নতুন বৃক্ষ প্রজাতির বসবাস দেখা যায়।

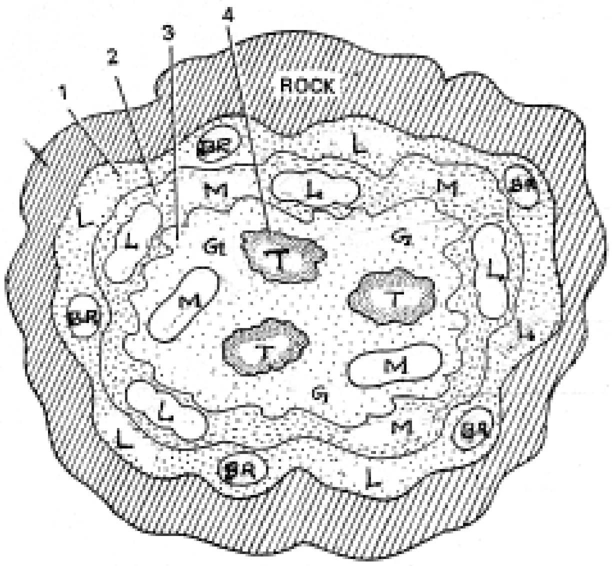
অধিক বৃষ্টিপাতযুক্ত উষ্ণমণ্ডলীয় অঞ্চলে 'ট্রপিকাল রেন ফরেস্ট' এবং নাতিশীতোষ্ণমণ্ডলে মিশ্র বনভূমির সৃষ্টি হয়। এই দশার বনভূমি ও পরিবেশের মধ্যে এক স্থায়ী ভারসাম্য সৃষ্টি হয়। বনভূমিতে অরীয় স্তরীভবন (vertical stratification) দেখা যায়। নীচের স্তরগুলিতে বিভিন্ন ছায়া পছন্দকারী বৃক্ষ প্রজাতিও দেখা যায়।

4.8.2 জেরোসেরি বা লিথোসেরি (Xerosere or Lithosere) :

জলের অভাব এবং জৈব পদার্থহীন কঠিন শিলাময়, প্রস্তরপূর্ণ কিংবা বালুময় নগ্নভূমিতে (barren land) উদ্ভিদের প্রারম্ভিক বসতি স্থাপনের মাধ্যমে এই জেরোসেরি শুরু হয়। একে লিথোসেরিও বলা হয়। জেরোসেরি বা লিথোসেরির ক্রমপর্যায়গুলি হল নিম্নরূপ—



চিত্র **4.11**



চিত্র 4.12 : লিথোসেরির পরিকল্পিত চিত্র। পরিধি থেকে কেন্দ্র পর্যন্ত বিভিন্ন সমকেন্দ্রিক পর্যায়ক্রম অঞ্চল। BC নগ্নশিলা। 1. নগ্নশিলার অগ্রণী ক্রাসটোস লাইকেন প্রজাতি 2. লাইকেন ও মস 3. ঘাসজাতীয় উদ্ভিদের চওড়া অঞ্চল 4. বিক্ষিপ্ত চারাবৃক্ষের কেন্দ্রীয় অঞ্চল। T = বৃক্ষ, G = ঘাস, L = লাইকেন, M = মস।

1. ক্রাসটোজ লাইকেন দশা (Crustose lichen stage) : অগ্রণী বা পাইওনিয়ার প্রজাতি হিসেবে ক্রাসটোস লাইকেন এই সেরির সূচনা করে। রাইজোকার্পন (*Rhizocarpon*), লেকানোরা (*Lecanora*), রিনোডিনা (*Rinodina*), প্রভৃতি ক্রাসটোস লাইকেনের বিভিন্ন প্রজাতি প্রতিকূল পরিবেশে নগ্নশিলার ওপর স্বাভাবিক ভাবেই কলোনী স্থাপনে সক্ষম। এরা কিছু কিছু অ্যাসিড তৈরী করে যা খুব ধীর গতিতে প্রস্তর ক্ষয়ীভবন-এ (withering) সাহায্য করে। মৃত লাইকেনজাত জৈবপদার্থ প্রস্তর পৃষ্ঠের সূক্ষ্ম প্রস্তর চূর্ণের সঙ্গে মিশ্রিত হয়ে মৃত্তিকা সৃষ্টির সূত্রপাত করে। পরিবর্তিত প্রস্তর পৃষ্ঠের ক্রাসটোস লাইকেন ফলিওস লাইকেন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়ে পরবর্তী দশার সূত্রপাত করে।

2. ফলিওস লাইকেন দশা (Foliose lichen stage) : প্রস্তর পৃষ্ঠে আংশিক ভাবে হাল্কা মৃত্তিকা স্তরের ওপর ফলিওস গ্রুপের লাইকেন যেমন পার্মেলিয়া (*Parmelia*), ডার্মাটোকার্পণ (*Darmatocarpon*), আম্বিলিকার্পন (*Umbilicarpon*) প্রভৃতির আবির্ভাব ঘটে। এরা ক্রাসটোস্ লাইকেনের ওপরে একটি আস্তরণ তৈরী করে। যার ফলে ক্রাসটোস লাইকেন ধীরে ধীরে বিলুপ্তি হয়। এরা অধিকতর বেশী জল শোষণ ও ধারণ করে রাখতে পারে যার ফলে এরা আরো বেশী ধূলিকণা জমা করে।

এদের দেহ নিসৃত অ্যাসিড দ্বারা ক্ষয়িত সূক্ষ্মশিলাস্তর হিউমাস মিশ্রিত হয়ে শীলা পৃষ্ঠে সূক্ষ্ম মৃত্তিকার একটি পাতলা আস্তরণ তৈরী করে। এইভাবে তাদের আবাসস্থল পরিবর্তিত হয়। যেখানে কিছু খরা প্রতিরোধী মস্-এর বসতি গড়ে ওঠে।

3. মস দশা (Moss stage) : শিলা পৃষ্ঠে বা শিলার খাঁজে সৃষ্ঠি হওয়া সূক্ষ্ম মৃত্তিকার পাতলা স্তরে পলিট্রিকাম (*Polytrichum*) টরটুলা (*Tortula*), গ্রীমিয়া (*Grimmia*) প্রভৃতি খরা প্রতিরোধী মসদের বসতি গড়ে ওঠে। মস প্রজাতি সমূহ তাদের সফল বৃদ্ধির দ্বারা সেই বাসভূমি থেকে ফলিওস লাইকেনদের প্রতিস্থাপিত করে। মস-এর বৃদ্ধির সাথে সাথে তাদের মৃতদেহ বিনষ্ট ও বিয়োজিত হয়ে মাটিতে আরো জৈবপদার্থ সংযোগ করে। যার ফলে মাটির স্তর আরো বেশী পুরু হতে থাকে। এই পরিবর্তিত বাসস্থান বীরুৎ জাতীয় উদ্ভিদের বসবাসের অনুকূল হয়ে ওঠে।

4. বীরুৎ দশা (Herbaceous stage) : মসের বৃদ্ধির সাথে সাথে প্রস্তর পৃষ্ঠে সঞ্চিত মাটি ও মুক্ত খনিজ পদার্থের পরিমান বৃদ্ধি পেতে থাকে। ক্রমে সেখানে বীরুৎ জাতীয় উদ্ভিদের আগাছা দখল নেয়। এদের মধ্যে একবর্ষজীবী থেকে বহুবর্ষজীবী বীরুৎ বহু বছর ধরে বসবাস করায় তাদের মূলতন্ত্রের (root system) প্রভাবে শীলাস্তরের আরো ক্ষয় হতে থাকে। সূক্ষ্ম শীলাচূর্ণের সঙ্গো বীরুৎ উদ্ভিদের মৃত দেহাংশ মাটির হিউমাস-এর পরিমাণ বৃদ্ধি করে। এই দশার গুরুত্বপূর্ণ বিরুৎ উদ্ভিদের মধ্যে পোয়া (*Poa*), অ্যারিস্‌টিডা (*Aristida*), ফেস্টুকা (*Festuca*), সলিডাগো (*Solidago*) প্রভৃতি উল্লেখযোগ্য। এই দশার পরবর্তীকালে বাসস্থান গুল্মজাতীয় উদ্ভিদের অনুকূল হয়ে ওঠে।

5. গুল্ম দশা (Shrub) : সময়ের সাথে আরো বেশি পরিমাণ মাটি জমা হবার পর পার্শ্ববর্তী এলাকা থেকে প্রবিষ্ট গুল্মজাতীয় উদ্ভিদের নানা বিস্তার অঙ্গ (propagules) এই অনুকূল পরিবেশ পেয়ে অঙ্কুরতি হয় এবং সফল বসতি গড়ে তোলে। এই দশার উল্লেখযোগ্য উদ্ভিদ হল রুস (*Rhus*), ফাইটোকার্পাস (*Phytocarpus*) প্রভৃতি। এরা বীরুৎ জাতীয় উদ্ভিদদের ছায়াছন্ন (overshadow) করে ফেলে। দীর্ঘকাল এদের বসবাসের ফলে মাটি আরো সমৃদ্ধ হয় এবং সবশেষে বড় বড় বৃক্ষের বসতি গড়ে ওঠে যাহারা সেখানে চরম বনাঞ্চল (climax forest) গড়ে তোলে।

6. চরম বনাঞ্চল (Climax forest) : এই পর্যায়ের প্রথমদিকে কিছু জাঙ্গাল বৃক্ষের (xerophytic trees) বসবাস গড়ে ওঠে। নীচে শিলাস্তর আরো ক্ষয়ীভবন (weathering) এবং অধিকতর হিউমাস সঞ্চয়ের দ্বারা গভীরতর হয় ও আরো বৃক্ষের বসবাসের অনুকূল পরিবেশ তৈরী করে। সবশেষে মেসোফাইট জাতীয় উদ্ভিদ সম্প্রদায় স্থায়ী চরম বনাঞ্চল তৈরী করে।

4.9 সারাংশ (Summary)

I. বাস্তব্যবিদ্যায় হ্যাবিট্যাট ও নিচ্-এর এক বিশেষ ভূমিকা রয়েছে। একই সাথে উদ্ভিদ সম্প্রদায় ও তার মুখ্য বৈশিষ্ট্য সমূহের বিশদ বিবরণ দেওয়া হয়েছে। মুখ্য বৈশিষ্ট্য সমূহের মধ্যে সুস্থিত উদ্ভিদ সম্প্রদায় ও অরীয় স্তরীভবন, অসমসত্ত্বতা ও স্থানিক বৈষম্য বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

II. উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের বিভিন্ন ক্রমোচ্চ শ্রেণীর যথা—উদ্ভিদ সংগঠন, উদ্ভিদ সমন্বয়, উদ্ভিদ সমাজ ও তার প্রকারভেদ এবং সেই সঙ্গো মুখ্য চার প্রকার বাসস্থান সম্বন্ধে আলোচনা করা হয়েছে।

III. বিভিন্ন বিজ্ঞানীর দেওয়া নিচ্-এর সংজ্ঞাগুলি পর্যায়ক্রমে উল্লেখ করা হয়েছে। জীবের জীবনধারণের উপাদানগুলির প্রাপ্তি ও তার নিরীখে নিচ এর নানা বৈশিষ্ট্য বক্ররেখাচিত্রের উপস্থাপনা বিশ্লেষণ করা হয়েছে। একই সাথে আলোচিত হয়েছে নিচ্-এর প্রকারভেদ।

IV. ইকোটোন ও প্রান্তীয় প্রভাবের সংজ্ঞা এবং এই সম্পর্কে আলোচনা করা হয়েছে। প্রান্তীয় অঞ্চলের প্রকারভেদ দেওয়া হয়েছে।

V. উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের গতিময়তা ও পর্যায়ক্রমের বিভিন্ন বিষয় নিয়ে এই এককে আলোচনা হয়েছে। এখানে দুটি প্রধান প্রকারের উদ্ভিদ গতিময়তা—স্থানিক গতিময়তা ও কাল বিশেষে গমিয়তার সংজ্ঞা দেওয়া হয়েছে।

VI. বিজ্ঞানী Whittaker (1956) টেনেসীর গ্রেট স্মোকী পর্বতে যে উদ্ভিদ প্রজাতির ক্রম পরিবর্তন পর্যবেক্ষণ করেন তার বর্ণনা এখানে দেওয়া হয়েছে। স্থানিক গতিমাত্রার সাথে পরিবেশের নানা উপাদানের গুণগত ও পরিমাণগত পরিবর্তনের সম্পর্ক নিয়ে আলোচনা করা হয়েছে। এর ফলে প্রজাতি উপাদান, প্রজাতি প্রকটতা, প্রজাতি উচ্চতা, ঘনত্ব, বিস্তার ইত্যাদির পার্থক্য দেখা যায়।

VII. একই সাথে আলোচিত হয়েছে উদ্ভিদ পর্যায়ক্রমের চরম দশা এবং এই দশা কিভাবে প্রাপ্ত হয় তা বিশদে বলা হয়েছে।

VIII. প্রাথমিক, গৌণ, স্বপ্রণোদিত, পরপ্রণোদিত, স্বভোজী, পরভোজী উদ্ভিদ পর্যায়ক্রমের এই সকল প্রকারভেদ এর সংজ্ঞা দেওয়া আছে।

IX. একই সাথে এই এককে বিভিন্ন সিরাল সম্প্রদায়ের বর্ণনা দেওয়া হয়েছে। বিশেষভাবে হাইড্রোসিরি ও লিথেসিরির বিভিন্ন ক্রমপর্যায়গুলি আলোচনা করা হয়েছে।

4.10 প্রশ্নাবলী (Questions)

I. বহু নির্বাচনী প্রশ্নের উত্তর :

1. কোনস্থানে অবস্থানকারী একাধিক জীব প্রজাতিগোষ্ঠিকে একত্রে বলে—

   (a) পপুলেশন (b) ফ্লোরা (c) কমিউনিটি (d) বাস্তুতন্ত্র

2. বিভিন্ন সুস্থিত উদ্ভিদ সম্প্রদায়ে দেখা যায় না কোনটি—

   (a) অরীয় স্তরীভবন (b) স্থানিক বৈশম্য

   (c) এক বা একাধিক প্রকট প্রজাতির উপস্থিতি (d) প্রজাতি গোষ্ঠির সমসত্ত্বতা

3. কোন উদ্ভিদ সম্প্রদায়ে কোন একটি প্রজাতির উদ্ভিদ সংখ্যা, জৈব আয়তন এবং মোট অধিকৃত স্থান উল্লেখযোগ্যভাবে বেশী হলে তাদের বলে—

(a) প্রাচুর্য প্রজাতি (b) প্রকট প্রজাতি

(c) পৌনঃপুনিক প্রজাতি (d) গহন প্রজাতি

4. দুইটি বাস্তুতন্ত্রের সংযোগস্থলে লক্ষ্য করা যায় যেটি—

(a) নিচ্ (b) বাফারজোন (c) ইকোটোন (d) করিডোর

5. ইকোটোন অঞ্চলের প্রজাতি বৈচিত্র্যের প্রকৃতি—

(a) যে কোন একটি সম্প্রদায়ের প্রজাতির প্রাচুর্য

(b) উভয় সম্প্রদায় হইতে সম্পূর্ণ ভিন্ন প্রজাতির উদ্ভিদের প্রাচুর্য

(c) সবচাইতে কম প্রজাতি বৈচিত্র্য

(d) সবচাইতে বেশী প্রজাতি বৈচিত্র্য

6. অনুবাসস্থান বলতে বোঝায়—

(a) কোন বাসস্থানের অন্তর্গত একাধিক ক্ষুদ্র বাসস্থান যেখানে পরিবেশের উপাদান সমূহ ও জীবসম্প্রদায়ের মধ্যে সামান্য পার্থক্য দেখা যায়

(b) যেখানে কেবল ক্ষুদ্রাকৃতির জীব বসবাস করে

(c) যেখানে বিয়োজক অনুজীবের সংখ্যা সবচাইতে বেশী

(d) যেখানে খাদ্যশৃঙ্খল খুব ছোট

7. মৃত্তিকা, বৃষ্টিপাত এবং তাপমাত্রার স্থানীয় তারতম্যে কোন উদ্ভিদ সমন্বয়ের মধ্যে একটি প্রকট প্রজাতিযুক্ত একাধিক ক্ষুদ্রতর উদ্ভিদ সম্প্রদায় দেখা গেলে বলা হল—

(a) লোসিয়েশন (b) কনসোসিয়েশন (c) ফ্যাসিয়েশন (d) সোসাইটি

8. প্রান্তিয় প্রভাব লক্ষ্য করা যায়—

(a) দুইটি বাস্তুতন্ত্রের কেন্দ্রস্থল (b) দুইটি উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের বিপীরত প্রান্তে

(c) দুইটি বাস্তুতন্ত্রের বাফার অঞ্চলে (d) দুইটি উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের ক্রান্তি অঞ্চলে

9. বিজ্ঞানী হুইটেকার-এর মতে কোন জীবের কার্য সম্পর্কিত অবস্থানকে বলে—

(a) ইকোসিস (b) নিচ্ (c) বাসস্থান (d) সিমবায়োসিস

10. কোন জীবের সর্বোচ্চ এবং সর্বনিম্ন সহনশীল কোন পরিবেশ উপাদানের সাপেক্ষে নিচ্-এর বক্র রেখাচিত্র নিম্নলিখিত আকারের হয়—

(a) ঘনকাকার (b) গোলাক আকার (c) ঘণ্টাকার (d) উপবৃত্তাকার

11. সমুদ্রের নেরেটিক অঞ্চল বলতে বোঝায়—

(a) জোয়ার ভাঁটা অঞ্চল (b) তীরবর্তী অগভীর অঞ্চল

(c) ঢাল পরবর্তী অঞ্চল (d) মুক্ত সমুদ্র অঞ্চল

12. কোনটি উদ্ভিদ সম্প্রদায় বোঝায় না—

(a) উদ্ভিদ প্রাধান্য (b) উদ্ভিদ সমন্বয় (c) উদ্ভিদ সংগঠন (d) উদ্ভিদ সমাজ

13. কোন নির্দিষ্ট স্থানের উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের পরিবর্তনশীলতাকে বলা হয়—

(a) উদ্ভিদ বৈচিত্র্য (b) উদ্ভিদ পর্যায়ক্রম (c) উদ্ভিদ পিরামিড (d) উদ্ভিদ স্থানান্তরণ

14. লিথোসেরির প্রারম্ভিক দশা যে স্থানে শুরু হয় তা হল—

(a) শিলাখণ্ড (b) কর্দম মৃত্তিকা (c) জলাভূমি (d) উদ্ভিদ বাকল

15. উদ্ভিদ পর্যায়ক্রমের সবশেষে বসবাসকারী উদ্ভিদ সম্প্রদায় নিম্নলিখিত প্রকৃতির—

(a) পরিবেশের সঙ্গে স্থায়ী সাম্যতা বিহীন (b) পরিবর্তনশীল

(c) স্থায়ী প্রকৃতির (d) পরিবেশের সঙ্গে আন্তঃসম্পর্কহীন

16. জেরোসেরির প্রথম বসতি স্থাপনকারী জীব হল—

(a) শৈবাল (b) ক্রাসটোস লাইকেন

(c) মস জাতীয় উদ্ভিদ (d) ব্যাকটেরিয়া

17. উদ্ভিদ পর্যায়ক্রমের অংশ নয় কোনটি?

(a) নগ্নিভবন (b) একেসিস (c) প্রতিক্রিয়া (d) পরজীবীতা

18. উদ্ভিদ পর্যায়ক্রম যখন বাহ্যিক প্রভাবক দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয় তাকে বলে—

(a) অ্যালোজেনিক পর্যায়ক্রম (b) অটোজেনিক পর্যায়ক্রম

(c) গৌণ পর্যায়ক্রম (d) প্রাথমিক পর্যায়ক্রম

19. কোন স্থানের উদ্ভিদ পর্যায়ক্রম উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের যে অবস্থা নির্দেশ করে—

(a) স্থিতিশীলতা (b) স্থানগত গতিময়তা

(c) কালগত গতিময়তা (d) স্থানগত স্থিতিশীলতা

20. মৃতদেহের ওপর বিভিন্ন অনুজীব দ্বারা শুরু হওয়া পর্যায়ক্রমকে বলে—

(a) স্যামমোসরি (b) সেনাইল (c) হ্যালোসরি (d) জেরোসরি

21. হাইড্রোসেরির শেষ ধাপ হল—

(a) গুল্মরাণী দশা (b) শর দশা

(c) প্রথিত মূল ভাসমান দশা (d) বনভূমি দশা

22. সকল প্রকার সেরির সাধারণ দশাটি হল

(a) লাইকেন দশা (b) ফাইটোপ্ল্যাঙ্কটন দশা

(c) মস দশা (d) চরম বনাঞ্চল

II. সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলী ঃ

1. কমিউনিটির সংজ্ঞা দিন।
2. উদ্ভিদ সংগঠন কি?
3. লেনটিক এবং লোটিক বাসস্থান বলতে কি বোঝায়?
4. ইকোটোন-এর সংজ্ঞা দিন।
5. ইকোটোন-এর দুইটি বৈশিষ্ট্য উল্লেখ করুন।
6. প্রান্তিয় প্রভাব বলতে কি বোঝায়?
7. কোন একজন বিজ্ঞানীর মত অনুযায়ী নিচ্-এ সংজ্ঞা লিখুন।
8. হাইপারভলিউম নিচ্ কি?
9. নিচ্ প্রসারতা বলতে কি বোঝায়?
10. ভেদক ইকোটোন এবং আদর্শ ইকোটোন কি?
11. সামুদ্রিক বাসস্থানের ব্যাথিয়াল এবং বেনথিক অঞ্চল বলতে কি বোঝায়?
12. সমুদ্রের সালোক সংশ্লেষী অঞ্চল বলতে কি বোঝায়?
13. উদ্ভিদ পর্যায়ক্রম বলতে কি বোঝায়?
14. প্রাথমিক এবং গৌণ পর্যায়ক্রমের দুইটির পার্থক্য লিখুন।
15. অটোজেনিক এবং অ্যালোজেনিক সাকসেশন বলতে কি বোঝায়?
16. পাইওনিয়ার প্রজাতিসমূহের প্রকৃতি কি প্রকারের হয়।
17. ক্ল্যাইম্যাক্স উদ্ভিদ সম্প্রদায় কি?

18. ইকেসিস দশার বৈশিষ্ট্য কি?
19. হাইড্রোসেরি এবং জেরোসেরির দুইটি পার্থক্য লিখুন।
20. হাইড্রোসেরি এবং জেরোসেরির দুইটি সাদৃশ্য লিখুন।
21. স্যাম্মোসেরি এবং সেনাইল এর সংজ্ঞা লিখুন।
22. দুইটি উদাহরণসহ 'শর জলা দশা'র দুইটি বৈশিষ্ট্য লিখুন।

III. রচনাধর্মী প্রশ্ন ঃ

1. উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের বৈশিষ্ট্যগুলি সংক্ষেপে লিখুন।
2. উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের ক্রমোচ্চ শ্রেণীগুলির বৈশিষ্ট্য লিখুন।
3. হাইপারভলিউম নিচ্, মৌলিক নিচ্ এবং অনুভূত নিচ্ বলতে কি বোঝায়?
4. নিচ্ প্রসারতা, নিচ্ পরিধী এবং নিচ্ সমপাতন বলতে কি বোঝায়?
5. বিভিন্ন প্রকার নিচ্ প্রতিক্রিয়া সম্বন্ধে লিখুন।
6. বিভিন্ন প্রকার প্রান্তিয় অঞ্চল এবং তাদের বৈশিষ্ট্য আলোচনা করুন।
7. প্রান্তিয় প্রভাব বলতে কি বোঝায় তা সংক্ষেপে আলোচনা করুন।
8. ইকোটোন-এর বৈশিষ্ট্যগুলি লিখুন।
9. উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের স্থান বিশেষ গতিময়তা সম্বন্ধে সংক্ষেপে লিখুন।
10. উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের কাল বিশেষ গতিময়তা সম্বন্ধে সংক্ষেপে লিখুন।
11. উদ্ভিদ পর্যায়ক্রমের বিভিন্ন দশাগুলির বৈশিষ্ট্য সংক্ষেপে লিখুন।
12. উদ্ভিদ পর্যায়ক্রমের বিভিন্ন প্রকারভেদ সংক্ষেপে আলোচনা করুন।
13. সংক্ষেপে হাইড্রোসেরির বর্ণনা দিন।
14. সংক্ষেপে জেরোসেরির বর্ণনা দিন।
15. উদাহরণসহ কীস্টোন প্রজাতির গুরুত্ব লিখুন।

4.11 উত্তরমালা (Answers)

I. অনুশীলনীর উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
উত্তর :	c	d	b	c	d	a	b	d	b	c	b	a

প্রশ্নের সংখ্যা :	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
উত্তর :	b	a	c	b	d	a	c	b	d	d

II. সংক্ষিপ্ত প্রশ্নের উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4	5	6	7	8
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	4.2	4.2.2	4.3.1	4.4	4.4.1	4.4.3	4.3.2	4.3.2.1

প্রশ্নের সংখ্যা :	9	10	11	12
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	4.3.2.5	4.4.1	4.3.1	4.3.1

প্রশ্নের সংখ্যা :	13	14	15	16	17
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	4.6	4.7.1-2	4.7.3-4	4.6.(b)	4.6 (b)

প্রশ্নের সংখ্যা :	18	19	20	21	22
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	4.6	4.8	4.8	4.7.7	4.8.1

III. রচনাধর্মী প্রশ্নের উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4	5	6	7	8
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	4.2.1	4.2.2	4.3.2.1	4.3.2.4-6	4.3.2.7	4.4.2	4.4	4.4.1

প্রশ্নের সংখ্যা :	9	10	11	12	13	14	15
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	4.6	4.6	4.6	4.7	4.8.1	4.8.2	4.5

একক–5 : বাস্তুসংস্থানগত প্রভাবক সমূহ : মাটি, জল, আলোক এবং তাপমাত্রা; সীমান্ত প্রভাবক তত্ত্ব (Ecological Factors : Soil, Water, Light and Temperature; Concept of limiting Factors.)

গঠন (Structure)

5.0 উদ্দেশ্য (Objectives)

5.1 প্রস্তাবনা (Introduction)

5.2 মাটি (Soil)

5.2.1 মাটির উৎপত্তি (Soil-origin)

5.2.2 মাটির সংগঠন (Solil formation)

5.2.2.1 মাটির জীবকূল এবং জৈবপদার্থ (Soil biota and organic substances)

5.2.2.2 সংগঠন প্রক্রিয়া (Formation process)

5.2.3 মাটির উপাদান (Soil composition)

5.2.3.1 খনিজ উপাদান (Mineral composition)

5.2.3.2 জৈব পদার্থ (Organic matters)

5.2.3.3 মৃত্তিকা দ্রবণ (Soil solution)

5.2.3.4 মৃত্তিকা বায়ু (Soil air)

5.2.3.5 মৃত্তিকা জল (Soil moisture)

5.2.4 ভূচিত্র (Soil profile)

5.3 জল (Water)

5.3.1 পরিবেশে জলের বিভিন্ন দশা (States of water in the environment)

5.3.1.1 কঠিন দশা (Solid state)

5.3.1.2 তরল দশা (Liquid state)

5.3.1.3 বাষ্পীয় দশা (Vapour state)

5.3.2 জলের অধঃক্ষেপন (Precipitation)

5.4 আলোক (Light)

5.4.1 আলোকের প্রকরণ (Variation of light)

5.4.2 আলোকের বিভিন্ন তরঙ্গ দৈর্ঘ (Different wave lengths of light)

5.5 তাপমাত্রা (Temperature)

5.5.1 তাপমাত্রার প্রকরণ (Variation of temperature)

5.5.2 উদ্ভিদের বিস্তারে তাপমাত্রার প্রভাব (Role of temperature in plant distribution)

5.5.3 তাপীয় স্তরবিন্যাস (Thermal stratitidication)

5.6 সীমান্ত প্রভাবক তত্ত্ব (Concept of Limiting Factors)

5.7 সারাংশ (Summary)

5.8 প্রশ্নাবলী (Questions)

5.9 উত্তরমালা (Answers)

5.0 উদ্দেশ্য (Objectives)

এই এককটি পাঠ করে আমরা নিম্নলিখিত বিষয়গুলি সম্বন্ধে সম্যক ধারণা তৈরি করতে পারব।

- মাটির উৎপত্তি, শিলাস্তরের ক্ষয়ীভবন, সংগঠন প্রক্রিয়া এবং ভৌত প্রভাবকগুলি।
- মাটিতে জৈব পদার্থের উৎস এবং প্রকারভেদ।
- ভূচিত্রের সংজ্ঞা ও প্রকারভেদ।
- পৃথিবী পৃষ্ঠের পতিত আলোকের প্রকরণ।
- শারীরবৃত্তিয় ক্রিয়ার উপর আলোকের প্রভাব।
- উদ্ভিদ ও প্রাণী জগতের উপর তাপমাত্রার প্রভাব।
- তাপমাত্রা অনুযায়ী বিভিন্ন অঞ্চলের সৃষ্টি ও উদ্ভিদ বৈচিত্র্যের উপর এর প্রভাব।
- তাপমাত্রাগত স্তরবিন্যাস।
- সীমিতকারী প্রভাবক সমূহের সর্বোত্তম সীমা।

5.1 প্রস্তাবনা (Introduction)

পৃথিবীর শিলাস্তরের ওপর নানা ভূপ্রাকৃতিক কারণে সৃষ্ট আস্তরণ বিশেষ যার ওপর বৈচিত্র্যময় স্থলজ জীবের প্রাথমিক বাসস্থান গড়ে ওঠে তা মাটি বা মৃত্তিকা বলে পরিচিত। ভূপৃষ্ঠের এই স্তরেই

জীবজাত নানা জৈব পদার্থের বিয়োজন ঘটে এবং নানা খনিজ পদার্থ পুষ্টি চক্রের মাধ্যমে আবার জীবদেহে ফিরে আসে। এই স্তর থেকেই স্থলজ উদ্ভিদরা সালোকসংশ্লেষ ও অন্যান্য শারীর বৃত্তীয় ক্রিয়ার জন্য জল ও খনিজ পদার্থ সংগ্রহ করে। মাটির নীচ থেকেই মানুষ পরিশ্রুত পানীয় জল সংগ্রহ করে। বাস্তুতন্ত্রের সকল বিয়োজক জীবের প্রধানতম আশ্রয় ও শারীরবৃত্তীয় ক্রিয়ার স্থল হল মাটি।

উদ্ভিদ ও প্রাণী সকলের জীবন ধারনের জন্য তাপমাত্রার প্রভাব অপরিসীম।

জীবদেহের বিভিন্ন বিপাকক্রিয়ায় প্রয়োজনীয় উৎসেচক সমূহের কর্মক্ষমতা তাপমাত্রা দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়। এছাড়াও জীবের খাদ্যগ্রহণ, শ্বসন, বৃদ্ধি, জনন এবং ভৌগলিক বিস্তার তাপমাত্রা দ্বারা প্রভাবিত।

আলোক ও তাপমাত্রা জলের সঙ্গো যৌথভাবে কোন অঞ্চলের জলবায়ুর প্রকৃতি নির্ধারণ করে।

5.2 মাটি (Soil)

5.2.1 মাটির উৎপত্তি (Soil-origin)

পৃথিবীর বিভিন্ন স্থানে শিলাস্তর পৃষ্ঠ নানা ভৌতরাসায়নিক প্রক্রিয়া ও বিভিন্ন জৈবিক প্রভাবের মাধ্যমে মাটি গঠন করে। প্রধানত শিলাস্তরের ক্ষয়ীভবন দ্বারা মাটির উৎপত্তি হয়। বিস্তৃত শিলাপৃষ্ঠে নানা প্রকার ভৌত প্রভাবক যেমন অনিয়মিত তাপমাত্রা (Fluctuating temperature), তীব্র বায়ুপ্রবাহ বা ঝড়ঝঞ্ঝা, ভূমিকম্প, তুষারপাত (avalance), খরস্রোতা নদী, অম্লবৃষ্টি প্রভৃতির প্রভাবে ধীরে ধীরে ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। ইহার ফলে শিলার পৃষ্ঠদেশ ধীরে ধীরে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র খনিজ কণায় (mineral particles) পরিণত হয়। এই ক্ষয়ীভবন বা আবহবিকার (weathering) এর সঙ্গো নানা প্রাকৃতিক শক্তির প্রভাব জড়িত। তীব্র বায়ু প্রবাহ, ঝড়, বৃষ্টিপাত, শিলাবৃষ্টি, খরস্রোতা নদী কিংবা ঝরনার বলপ্রভাব; অম্ল বৃষ্টির কারণে নানা অ্যাসিডের প্রভাব, জলযোজন (hydration), আর্দ্র বিশ্লেষণ (hydrolysis), অঙ্গার যোজন (carbonation) প্রভৃতি রাসায়নিক বিক্রিয়ার প্রভাব শিলার ক্ষয়ীভবনে সাহায্য করে। এছাড়া ক্রাসটোস লাইকেন, নানা ব্যাকটেরিয়া, শৈবাল প্রভৃতির শারীরবৃত্তীয় ক্রিয়াকলাপের কারণে যে CO_2 নির্গত হয় তা কার্বনিক অ্যাসিডে রূপান্তরিত হয়ে শিলার ক্ষয়ীভবনে গুরুত্বপূর্ণ অংশ নেয়। কঠিন শিলাপৃষ্ঠে ক্ষয়ভবনে উদ্ভূত খনিজ চূর্ণের অধিকাংশই 'আদি উপাদান' (parent material) রূপে উৎপত্তিস্থলে থেকে যায় ও ধীরে ধীরে নানা প্রক্রিয়ার মাধ্যমে সেখানেই মৃত্তিকাস্তর গঠন করে ইহাকে অবশিষ্টাংশ মৃত্তিকা বা রেসিডুয়াল সয়েল (residual soil) বলে। আদি উপাদানের কিছু অংশ নানা ভৌত বাহক (physical carrier) দ্বারা শিলাপৃষ্ঠের উৎপত্তি স্থল থেকে অন্যত্র পরিবাহিত হয় এবং সেখানে ধীরে ধীরে মৃত্তিকাস্তর গঠন করে। ইহাকে পরিবাহিত মৃত্তিকা (transported soil) বলে।

বাহকের প্রকার অনুযায়ী পরিবাহিত মৃত্তিকা ভিন্ন ভিন্ন ভাবে নামাঙ্কিত। যেমন কলুভিয়াল বা অভিকর্ষ তারিত মৃত্তিকা (colluvial soil), পাললিক বা অ্যালুভিয়াল মৃত্তিকা নদীবাহিত মৃত্তিকা (alluvial soil), ইরোলিয়ান বা বায়ুবাহিত মৃত্তিকা (aerolian soil)।

মাটির উৎপত্তি জলবায়ু দ্বারা সর্বাধিক প্রভাবিত। ইহা আবহবিকারের গতি (weathering intensity) এবং সেখানকার উদ্ভিদকূল (vegetation) এর প্রকৃতি নির্ণয় করে। 'আদি উপাদান' থেকে মাটি তৈরীতে উদ্ভিদকূলের ভূমিকা বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ। এছাড়াও আলোর অভিমুখ, গড় আপাতন কোণ-এর ওপর আলোর তীব্রতা নির্ভর করে যা সেখানকার মাটির আর্দ্রতা ও উদ্ভিদকুলের বিস্তার ও প্রকৃতির ওপর প্রভাব বিস্তার করে।

বিভিন্ন জৈব ভূরাসায়নিক বিক্রিয়ায় (biogeochemical reactions) অনুষঙ্গী হল জল। ইহা বিভিন্ন অ্যাসিডের স্থানান্তরের মাধ্যমে শিলার ক্ষয়ীভবনে সাহায্য করে। জল তরলাকারে মাটিতে প্রবেশ করে। সেখান থেকে আবার অনুস্রুত হয়ে নীচের দিকে চলে যায় বা বাষ্পায়িত হয়ে বেরিয়ে যায়। মাটির কণাসমূহের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত জলের বিলম্বিত পদার্থসমূহ (suspended particles) মাটিতেই পরিত্যক্ত হয়। পরিবর্তে মাটির মুক্ত খনিজ লবণ সমূহ দ্রাব হিসেবে বয়ে নিয়ে যায় যাকে মাটির খনিজ ক্ষরণ (leaching) বলে। ইহা সমতলভূমিতে নিম্নমুখী এবং ঢালু ভূমিতে পার্শ্বাভিমুখে বাহিত পদার্থসমূহ সরবরাহ করে।

ভূসংস্থান (topography) বিভিন্ন দিক থেকে মাটির গঠনে (soil formation) ও সংরক্ষণে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা গ্রহণ করে। মাটির জীবজগত (biota) যথা উদ্ভিদকুল, প্রাণীকুল, ব্যাকটেরিয়া এবং ছত্রাক শ্রেণী, লাইকেন সকলেরই মাটির গঠনে বিশেষ ভূমিকা রয়েছে। মাটির জৈব উপাদান এবং পুষ্টির পরিমাণ (nutrient content) অধিকাংশই উদ্ভিদকূল নিয়ন্ত্রণ করে।

5.2.2 মাটির সংগঠন (Soil Formation)

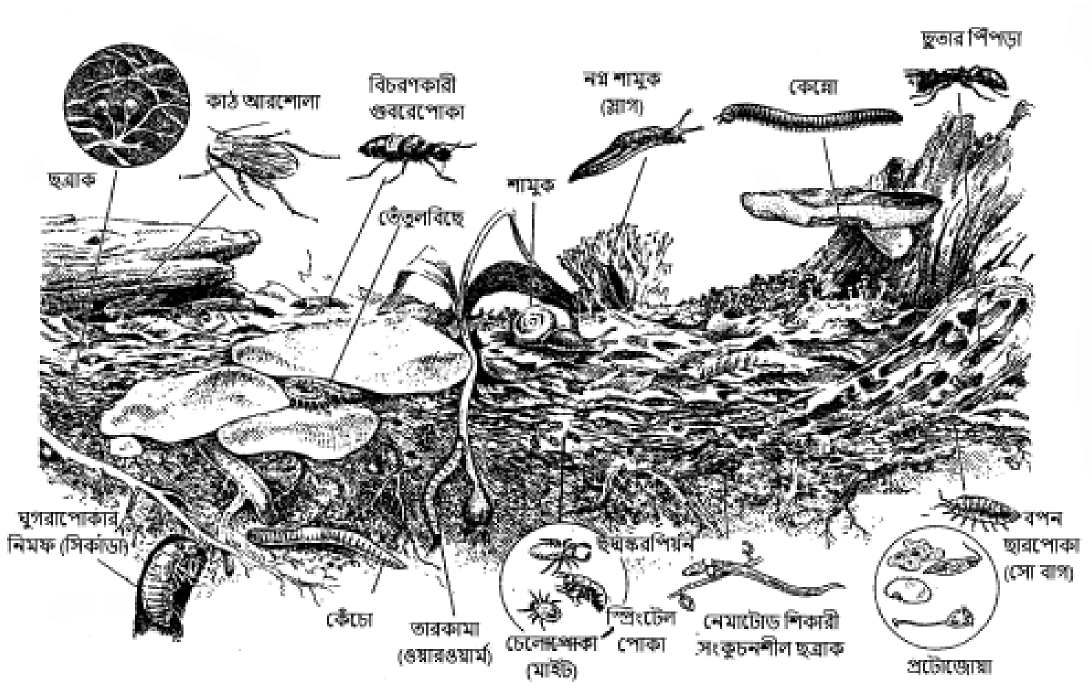
মৃত্তিকার সংগঠন একটি গতিময় পদ্ধতি (dynamic process) যা বিভিন্ন স্থানে ভিন্ন ভিন্ন পরিবেশে ঘটে থাকে। মৃত্তিকার গঠন প্রধানতঃ ক্ষয়ীভবনে উদ্ভূত আদি উপাদানের (parent material) প্রকৃতি এবং জলবায়ুর নানা উপাদান যেমন তাপমাত্রা, জলবিনিময়, ভূসংস্থান (topography) প্রভৃতি দ্বারা ব্যাপকভাবে প্রভাবিত হয়।

আদি উপাদানের এর প্রকৃতি নির্ভর করে উৎপত্তিস্থলের ভূতাত্ত্বিক স্তর (bed rock)-এর ওপর। আদি উপাদান উৎপত্তিস্থলে কিংবা বিভিন্ন বাহক যেমন জলস্রোত, বায়ুপ্রবাহ, হিমবাহ, অভিকর্ষজ বল প্রভৃতি দ্বারা পরিবাহিত হয়ে অন্যকোন অঞ্চলের ভূতাত্ত্বিক শিলাস্তরের ওপর জমা হয়ে নানা প্রক্রিয়ার মাধ্যমে মাটি (soil) গঠন করে। 'আদি উপাদান'-এর উৎপত্তি বিভিন্ন প্রকার আদি শিলা থেকে (Parent Rock) হতে পারে। যেমন—আগ্নেয়শিলা (igneous rock), পাললিক শিলা (sedimentary rock) এবং রূপান্তরীত শিলা (metamorphic rock) ইত্যাদি।

5.2.2.1 মাটির জীবকূল এবং জৈবপদার্থ (Soil biota and organic substances)

উন্মুক্ত শিলাখণ্ডে লাইকেন প্রারম্ভিক জীব হিসেবে বসবাস শুরু করার সাথে সাথে অক্সালিক অ্যাসিড

সহ নানা প্রকার আম্লিক উপাদান নিঃসরণ করে যা শিলা কণিকাগুলির সিলিকেট যৌগের সঙ্গো যুক্ত হয়ে ক্যাটায়ন সমৃদ্ধ এক জটিল রাসায়নিক পদার্থে পরিণত হয়। লাইকেন-এর জৈবনিক ক্রিয়া 'মস'-এর বসবাস স্থাপন সুগম করে। যারা ধীরে ধীরে শিলা পৃষ্ঠে জৈব আস্তরণ বৃদ্ধি করে। কালক্রমে সেখানে আরো অনেক প্রকার উদ্ভিদ বসবাস শুরু করে এবং মাটির স্তর আরো বৃদ্ধি করে। উদ্ভিদ মূল মাটির গভীরে প্রবেশ করে ভেতরকার 'আদি শিলা' আরো চূর্ণভূত করে। মূল সেখান থেকে খনিজ পদার্থ শোষণ করে উর্ধ্ব সঞ্চলন করে। উদ্ভিদ দ্বারা সালোকসংশ্লেষে উৎপন্ন জৈব পদার্থের একাংশ জৈব কার্বন (organic carbon) হিসেবে মাটিতে সংযুক্ত হয়। উদ্ভিদ বর্জিত দেহাংশ কিংবা তাদের মৃতদেহে আবদ্ধ শক্তি বিভিন্ন অনুজীব (ব্যাক্টেরিয়া, ছত্রাক প্রভৃতি) ও নানা মৃতভোজী প্রাণী (কেঁচো, পিপড়ে, উইপোকা প্রভৃতি) দ্বারা ব্যবহৃত হয়ে সম্পূর্ণ বা আংশিক বিয়োজিত হয়। এছাড়াও কেন্নো, বিছে, মাইট, ফড়িং, পঙ্গাপাল, ইঁদুর প্রভৃতি যারা টাটকা জৈবখাদ্য বা আংশিক বিয়োজিত জৈবপদার্থ খাদ্য হিসেবে গ্রহণ করে তাদের মৃত দেহগুলিও মাটিতে যুক্ত হয়ে মাটির জৈব পদার্থের পরিমাণ বৃদ্ধি করে (চিত্র 5.2)।



চিত্র 5.2 : বিভিন্ন প্রকার মৃত্তিকা জীব (Source : Smith & Smith, Ecology and Field Bilogy; Benjamin Cummings, 2001)

এই সকল জৈব পদার্থ বিভিন্ন অনুজীব দ্বারা বিজারিত হয় এবং তার থেকে শক্তি উদ্ভূত হয়। এই শক্তি অনুজীবদের নানা জৈবনিক ক্রিয়ায় ব্যবহৃত হয়। এই ক্রিয়ার মাধ্যমে জটিল জৈব পদার্থ বিয়োজিত হয়ে প্রথমে অধিকতর সরল উপাদান যেমন—কার্বহাইড্রেট, প্রোটিন, ফ্যাট, ইত্যাদি এবং সব শেষে

H, O, N, C প্রভৃতির অজৈব যৌগে রূপান্তরিত হয়। ইহারা পরিবেশে পুনব্যবহারযোগ্য দশায় প্রত্যাবর্তন করে।

জৈব পদার্থের যে অংশ মাটিতে অকোষীয়, জটিল রাসায়নিক পদার্থ হিসেবে থেকে যায় তাকে হিউমাস (humus) বলে। ইহার মূল উপাদান হিউমিন (উদ্ভিদ দেহাংশ থেকে মুক্ত) এবং অন্যান্য জৈব যৌগ যেমন ফালভিক অ্যাসিড (Fulvic acid) ও হিউমিক অ্যাসিড (Humic acid)। হিউমাস-এর বিয়োজন ভীষণ ধীর গতিতে চলতে থাকে।

মাটির জৈব পদার্থ উদ্ভিদের খনিজ পুষ্টি এবং অনুজীবগুলির পুষ্টির গুরুত্বপূর্ণ উৎস। ইহা মাটির জলধারণ ক্ষমতা বৃদ্ধি করে এবং খনিজ আয়নগুলি ধরে রাখতে সাহায্য করে। শিলার ক্ষয়ভবনে উৎপন্ন "আদি উপাদানগুলির (parent materials) একত্রীভবনে (aggregation) সাহায্য করে যাহা মাটিকে রন্ধ্রবহুল (porous) করে এবং জলের ভেদ্যতায় (infiltration) সহায়তা করে।

5.2.2.2 সংগঠন প্রক্রিয়া (Formation process)

মাটি পৃথিবীপৃষ্ঠের এক পরিবর্তনশীল এবং বিবর্তনশীল পদার্থ (entity) বা প্রণালী (system)। এখানে অনবরত নানা উপাদানের সংযোজন ঘটে এবং সেখান থেকে নানা উপাদান পরিবেশে অপসারিত হয়। এই আন্তক্রিয়ার ফলে ভূত্বকের আদি উপাদানের (parent material) পরিবর্তন ঘটে এবং মাটির গঠন (soil formation) সম্পন্ন হয়। সেখানে মাটি নির্দিষ্ট ভূনক্সা (soil profile) প্রাপ্ত হয়।

বোউল প্রমুখ (Boul et at. 1997) বিজ্ঞানিদের মতে মাটির গঠন ক্রিয়া (formation) মূলত চারটি মুখ্য প্রক্রিয়ার ফলে সম্পন্ন হয়—

1. সংযোজন (Addition) : বিভিন্ন জৈব এবং অজৈবপদার্থ মাটির আদি উপাদানের সঙ্গো যুক্ত হয়। ইহা মাটির মূল অংশের (soil body) বিভিন্ন স্তরে বিভিন্ন মাত্রায় ঘটে। ইহা ইলিউভিয়েশন (illuviation) অর্থাৎ নানা পদার্থ এসে জমা হওয়া, ক্যালসিফিকেশন (ক্যালসিয়াম কার্বনেট যৌগ এসে জমা হওয়া), স্যালিনাইজেশন (সোডিয়াম, পটাশিয়াম, ক্যালসিয়াম এবং ম্যাগনেশিয়াম-এর ক্লোরাইড, সালফেট এবং বাইকার্বনেট লবণ প্রভৃতি জমা হওয়া) অ্যালকালাইজেশন (মাটির শিলাচূর্ণের সঙ্গো সোডিয়াম আয়ন যুক্ত হওয়া) প্রভৃতির মাধ্যমে সম্পন্ন হয়।

2. অপসারণ (Loss) : এক্ষেত্রে মাটির নানা খনিজ উপাদান পৃষ্ঠিয় ক্ষয় (surface erosion) দ্বারা বা ধুয়ে বেরিয়ে যায় (leaching)। ইহা এলুভিয়েশন (eluviation) অর্থাৎ মৃত্তিকাস্তরগুলি থেকে নানা পদার্থ অপসারণ, ডিক্যালসিফিকেশন (নানা রাসায়নিক বিক্রিয়ার মাধ্যমে মাটির এক বা একাধিক স্তর থেকে ক্যালসিয়াম কার্বনেট বেরিয়ে যাওয়া), ডিস্যালিনাইজেশন (নানা দ্রবণীয় লবণ মাটির স্তর থেকে বেরিয়ে যাওয়া) প্রভৃতির মাধ্যমে সম্পন্ন হয়।

3. পরিবহন (Transportation) : মাটির নানা উপাদান উলম্ব কিংবা পার্শ্বীয় অভিমুখে মাটির মধ্যেই এক স্থান থেকে অন্য স্থানে পরিবাহিত হয়। ইহা লেসিভেজ (lessivage) অর্থাৎ যান্ত্রিক প্রক্রিয়ায় মাটির খনিজ পদার্থ A-হরাইজোন থেকে B-হরাইজোনে প্রবেশ করে, পডসলাইজেশন (অ্যালুমিনিয়াম, লৌহ, এবং নানা জৈব পদার্থ রাসায়নিক পরিবহণ প্রক্রিয়ায় অপসারিত হয় এবং এর ফলে মাটির সংযোগ স্তরে সিলিকার ঘনত্ব বৃদ্ধি পায়), ডিস্যালিকেশন (মাটি থেকে সিলিকার রাসায়নিক পরিবহন ঘটে) প্রভৃতির মাধ্যমে সম্পন্ন হয়।

4. রূপান্তর (Transformation) : মাটির নানা খনিজ এবং জৈব পদার্থ রূপান্তরিত হওয়ায় মাটির সকল পদার্থ নতুন সজ্যায় বিন্যস্ত হয় (rearrangement)। এর ফলে মাটির গঠনগত একক ‘পেড’ (soil ped) সৃষ্টি হয়। ইহার ফলে মেলানাইজেশন (মাটির A-হরাইজোন-এ নানা জৈব পদার্থ জমা হয়ে গাঢ় বা ধূসর বর্ণ ধারণ করে) ঘটে।

5.2.3 মাটির উপাদান (Soil Composition)

5.2.3.1 খনিজ উপাদান (Mineral composition)

শিলার ক্ষয়িভবন-এর ফলে সৃষ্ট বিভিন্ন আকৃতির খনিজ কণা যেমন—কাদা (0.002mm অপেক্ষা ক্ষুদ্রতর), পলি (0.002 – 0.02 mm), সূক্ষ্মবালিকণা (0.02–0.2 mm), মোটাবালিকণা (0.2–2 mm), সূক্ষ্ম কাঁকর (2–5 mm), মোটা কাঁকর (5mm অপেক্ষা বেশী) মাটির উল্লেখযোগ্য উপাদান।

মাটিতে বিভিন্ন আকৃতির খনিজকণার পারস্পরিক অনুপাত-এর ওপর মাটির গ্রথন (texture) নির্ভর করে। যেমন : (a) বালিমাটি (sand)—কমপক্ষে 85% বালি এবং 15% এর কম কাদা ও পলি। (b) দোঁয়াশ বালি (Loamy sand)–80–85% বালি এবং 15–20% কাদা ও পলি। (c) বেলে দোঁয়াস (Sandy loam)– 50–80% বালি এবং 20–50% কাদা ও পলি। (d) দোঁয়াশ বা পলিদোঁয়াস (Loam or silt loam) 50% এর কম বালি এবং 50% ওপর পলি ও কাদা। (e) কর্দম দোঁয়াশ (Clay loam) 70–80% বালি এবং 20–30% কাদা। এবং (f) কাদা মাটি (clay soil) 70% অপেক্ষা কম বালি এবং 30% অপেক্ষা বেশী কাদা।

5.2.3.2 জৈব পদার্থ (Organic matter)

মাটির জৈব পদার্থের উৎস হল উদ্ভিদ ও প্রাণীর দেহ নিষ্কৃত পদার্থ, মৃত উদ্ভিদ ও প্রাণীর দেহ বা দেহাংশ। ইহা মাটির নীচে জমা হয়। ঘন বনাঞ্চলে প্রতি বছর প্রচুর পরিমাণে উদ্ভিদজাত জৈব অবশেষ পদার্থ বা লিটার (litter) জমা হয়। মাটির জৈব পদার্থের সঙ্গে প্রচুর পরিমাণ মৃত্তিকা জীব এবং মৃত্তিকা অনুজীব থাকে। বর্তমান বছরের পতিত জৈব অবশেষ-এর নীচে পূর্বেকার বছরের পচন শুরু হওয়া জৈব অবশেষ বা ডাফ (Duff) বর্তমান। বিভিন্ন অনুজীব যেমন ব্যাকটেরিয়া অ্যাকটিনোমাইসিটিস এবং

ছত্রাক দ্বারা মাটির ওপর স্তরে জমা হওয়া জৈব অবশেষ আংশিক বিয়োজিত হয়ে গাঢ় বর্ণের হিউমাস গঠন করে যা ক্রমে মাটির খনিজ কণা সমূহের সঙ্গো মিশে যায়। পরবর্তী কালে সকল হিউমাস মিনেরালাইজেশন দ্বারা সম্পূর্ণভাবে বিয়োজিত হয়ে CO_2, জল এবং খনিজ পদার্থে রূপান্তরিত হয়।

5.2.3.3 মৃত্তিকা দ্রবণ (Soil solution)

মৃত্তিকা দ্রবণ বিভিন্ন প্রকার খনিজ লবণ, জল ও গ্যাসীয় পদার্থ নিয়ে গঠিত। উদ্ভিদের প্রয়োজনীয় সকল মৌল এই দ্রবণে বর্তমান। খনিজ লবণের মধ্যে ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেশিয়াম, সোডিয়াম, পটাসিয়াম ইত্যাদির কার্বনেট, সালফেট, নাইট্রেট, ক্লোরাইড এর অজৈব লবণ বর্তমান।

5.2.3.4 মৃত্তিকা বায়ু (Soil air)

মৃত্তিকা কণিকা সমূহের মধ্যে সর্বদাই এক অবিচ্ছিন্ন বায়ুস্থান বা রন্ধ্রস্থান থাকে। মৃত্তিকার খনিজ কণিকাগুলির আকৃতি বড় হলে এই রন্ধ্রস্থানের মোট পরিমাণও কম হয়। যদিও বড় মৃত্তিকা কণিকাসমূহের অন্তরবর্তী রন্ধ্রস্থান অপেক্ষাকৃত বড়। মৃত্তিকা বায়ুর উপাদান পরিবেশের বায়ুর উপাদানের অনুরূপ। কেবল মৃত্তিকা বায়ুতে অক্সিজেন এর পরিমাণ অপেক্ষাকৃত কম এবং কার্বন ডাই অক্সাইডের পরিমাণ অপেক্ষাকৃত বেশী হয়।

মৃত্তিকা বায়ুর পরিমাণ কম হলে উদ্ভিদ মূলে মূলোরোম এর বৃদ্ধি ব্যাহত হয়। এতে মূলের জল ও খনিজ লবণ শোষণের হার কমে আসে। মাটির কার্বন ডাই অক্সাইড মৃত্তিকা জলে দ্রবীভূত হলে মাটির pH এর মান কমে যায় অর্থাৎ মাটি অধিকতর আম্লিক হয়। ইহা উদ্ভিদের বৃদ্ধি প্রভাবিত করে।

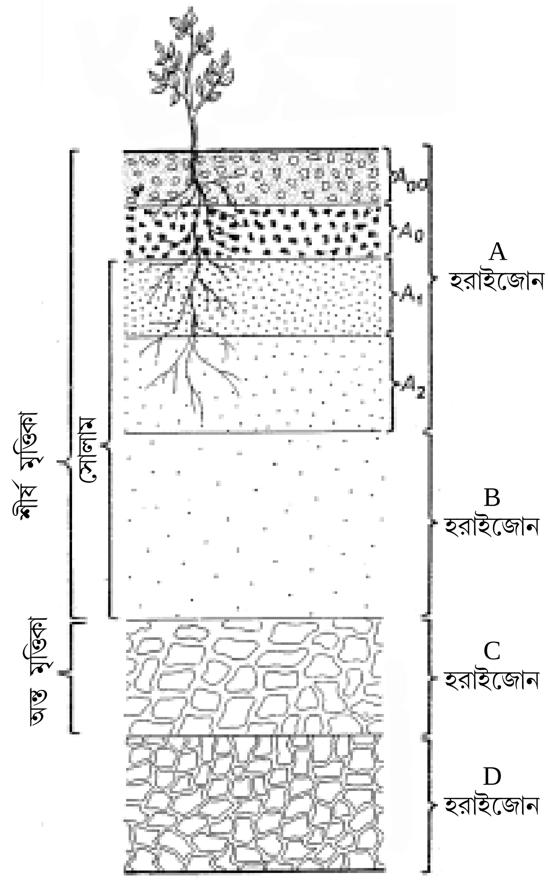
5.2.3.5 মৃত্তিকা জল (Soil moisture)

মৃত্তিকা জলের প্রধান উৎস হল বৃষ্টিপাত বা তুষারপাত। এছাড়াও পারিপার্শ্বিক বিভিন্ন জলাধার মাটির জলের উৎস। মাটিতে পতিত বৃষ্টির জলের একটি অংশ মাটিতে শোষিত হয়। মাটির জলের পরিমাণ মাটির প্রকৃতি, গঠন, গ্রন্থন (textue), নানা ভৌতবল যেমন—কৌশিক আকর্ষণ (capillary attraction), সমসংযুক্তি আকর্ষণ (cohesive attraction), অসমসংযুক্তি আকর্ষণ (adhesive attraction) প্রভৃতির ওপর নির্ভর করে।

চিত্র 5.1 : মাটির কণিকা এবং জলের অণুর মধ্যে বিরাজমান নানা ভৌতবল

5.2.4 ভূচিত্র (Soil profile)

কোন ভূখণ্ডের মাটিকে লম্বভাবে ছেদ করলে পৃষ্ঠদেশ থেকে নিচের দিকে পরপর বিভিন্ন গভীরতায় কতগুলি সমান্তরাল স্তর লক্ষ্য করা যায়। এই অনুভূমিক স্তরগুলিকে একত্রে মৃত্তিকা নকশা বা মৃত্তিকা পরিলেখ (soil profile) বলে। স্থান বিশেষে এবং ভূখণ্ডের প্রকৃতি এবং সেখানকার উদ্ভিদকূলের বিভিন্নতায় মৃত্তিকা নক্শা ভিন্ন ভিন্ন হয়ে থাকে। মৃত্তিকা নক্শার প্রতিটি সমান্তরাল স্তরকে অনুভূমিক স্তর বা মৃত্তিকা হরাইজোন (soil horizon) বলে। প্রতিটি মৃত্তিকা হরাইজোন এর ভৌত বৈশিষ্ট অর্থাৎ সেখানকার বর্ণ, গ্রন্থন (texture), গঠন, ঘনত্ব, সছিদ্রতা (porosity), সমসংযোগ (cohesion force), আসঞ্জন বল (adhesion force), জৈব পদার্থের পরিমাণ, বিয়োজিত দশায় (stage of decomposition) অনুজীব এর উপস্থিতি, প্রকৃতি ও ঘনত্ব প্রভৃতি ভিন্ন ভিন্ন হয়ে থাকে।



চিত্র 5.3 : ভূচিত্র ও মাটির বিভিন্ন স্তর

মৃত্তিকা নক্‌শার পৃষ্ঠদেশ থেকে নিম্নমুখী পর পর মুখ্যস্তরগুলি হল—

O– হরাইজোন : এটি মাটির সবচেয়ে ওপরের পৃষ্ঠতলীয় অঞ্চল। এখানে উদ্ভিদ বা প্রাণীর বর্জিত জৈব পদার্থ, দেহাংশ বা মৃতদেহ লিটার (litter) হিসেবে বর্জিত হয়। এখানেই মৃত জৈবপদার্থের পচন শুরু হয়। ফলে এই স্তরে আংশিক পচে যাওয়া জৈব আবর্জনা যথেষ্ট পরিমাণে থাকে।

এই হরাইজোন বনাঞ্চলের মাটিতে সুগঠিত (well developed) কিন্তু মরু অঞ্চলে এই অনুভূমিক স্তর অনুপস্থিত। ইহা 0.5 ইঞ্চি — 2.5 ইঞ্চি পর্যন্ত পুরু হয়। ইহাকে দুইটি উপস্তরে ভাগ করা যায়। যেমন—

O_1 বা L– হরাইজোন : ইহা সবচাইতে ওপরের স্তরে যেখানে সদ্য বর্জিত লিটার (শুকনো পাতা, মরা ডালপালা, ভূনিম্নস্থ মূল, ছাল-বাকল, ফল, জীব দেহের নানা বর্জ্য পদার্থ—মল, মূত্র ইত্যাদি কিংবা জীব দেহাংশ ইত্যাদি) জমা হয়।

O_2– হরাইজোন/ H-হরাইজোন : O_1-এর ঠিক নিচে এই স্তরে জৈব আবর্জনার পচন শুরু হয় এখানে অসংখ্য ব্যাকটেরিয়া, মৃতজীবী ছত্রাক, অ্যাকটিনোমাইসিটিস গোত্রের অনুজীব বর্তমান তাই এখানে আংশিক পাচিত জৈব অবশেষ (ডেট্রিটাস) দেখা যায়। ইহাকে Duff হরাইজোনও বলা হয়।

এই স্তরের নীচের অংশে সম্পূর্ণ বিয়োজিত বা পচে যাওয়া অনিয়তাকার (amorphous) জৈব পদার্থ বা হিউমাস জমা হয়। তাই এই স্তরকে হিউমাস হরাইজোন বা 'H' হরাইজোন বলে।

● **A-হরাইজোন (A-horizon) :** ইহা খনিজ মৃত্তিকার সবচাইতে ওপরের স্তর বা দীর্ঘ মৃত্তিকা স্তর (Top soil)। এখানে প্রচুর পরিমাণে জৈবপদার্থ থাকে। ইহা গাঢ় বর্ণের হয়। এই স্তরে একদিকে যেমন জৈবপদার্থ জমা হয়, তেমন নানা অজৈব খনিজ পদার্থ, নানা দ্রবণীয় পদার্থ, কাদার কণিকা সমূহ (clay particles) প্রভৃতি নিম্নমুখী B-হরাইজোনে অপসারিত হয় (eluviation) বা ধুয়ে যায় (leaching)। তাই ইহাকে এলুভিয়েশন স্তরও বলা হয়। এই স্তরকে আবার তিনটি উপস্তরে ভাগ করা যায়। যেমন—

A_1 স্তর : ইহা A-হরাইজোন-এর সবার ওপরকার স্তর যেখানে মাটির খনিজ উপাদানের সঙ্গে হিউমাস ও বিয়োজক অনুজীব অঙ্গীভূত হয় (incorporation)। এই স্তরের বর্ণ গাঢ় হয়।

A_2 বা E স্তর : মধ্যবর্তী এই স্তর থেকে মৃত্তিকার নানা পদার্থের সর্বাধিক অপসারণ (eluviation) ঘটে। এই স্তর থেকে হিউমাস, কিছু খনিজ পদার্থ যেমন—Fe, Al-এর অক্সাইড সমূহ, Si-এর যৌগ এবং কাদা দ্রুত এলুভিয়েশন দ্বারা অপসারিত হয়। এখানে কিছু দানাদার (granular), প্লেটের ন্যায় (plate like) বা দলার মত (crumb like) গঠন দেখা যায়।

A_3 স্তর : ইহা A_2 এবং নিম্নস্থ B হরাইজোন এর মধ্যবর্তী এক অস্পষ্ট ক্রান্তি অঞ্চল (transition zone)।

● **B-হরাইজোন (B-Horizon) :** ইহা খনিজ মৃত্তিকার A-হরাইজোন নিম্নস্থ স্তর। ইহা ইলিউভিয়েশন স্তর (illuviation layer) বা সংযোজন স্তর। A-হরাইজোন থেকে জৈব ও খনিজ পুষ্টি ধুয়ে এসে এই স্তরে এসে জমা হয়। এখানে সিলিকেট, কাদা, আয়রণ, অ্যালুমিনিয়াম যৌগ এবং হিউমাস A_2 বা E হরাইজোন থেকে এসে এই স্তরে জমা হয়। এই স্তরে কিছু প্রিজম-এর ন্যায়, লম্বাটে বা ব্লক-এর ন্যায় গঠিন জমা হয়। এই হরাইজোন আবার তিনটি উপস্তরে ভাগ করা যায়। যেমন—

B_1–ইহা A–হরাইজোন সংলগ্ন ক্রান্তি অঞ্চল (transition zone)। এই স্তর অধিকতর শক্ত এবং গাঢ় বর্ণের হয়। A-হরাইজোন থেকে ধুয়ে আসা (leached out) হিউমাস দ্বারা এই হরাইজোন ঠাসা।

B_2–এই স্তরে ওপর স্তর থেকে ধুয়ে আসা Fe, Al, Mn-এর নানা খনিজ পদার্থ এবং জৈব পদার্থ জমা হয়।

B_3–ইহা C–হরাইজোন-এর উপরিস্থিত ক্রান্তি অঞ্চল (transition zone)। এই স্তরে অনেক পাথরের টুকরা দেখতে পাওয়া যায়। এই পাথরগুলির চারিপাশে উপর থেকে ধুয়ে আসা (leachets) খনিজ পদার্থের আস্তরণ থাকে।

কোন কোন অঞ্চলের মাটিতে–B হরাইজোন এর নীচে দুইটি সুগঠিত ধীর গতিতে ভেদ্য (slowly permeable) স্তর দেখা যায়। এদের একটি ক্লেপ্যান (claypan) এবং অপরটি ফ্রাজিপ্যান (fragipan)। ক্লেপ্যানে প্রচুর পরিমাণে কাদা থাকে। এই স্তর শুকনো অবস্থায় ভীষণ শক্ত এবং ভেজা অবস্থায় খুব দৃঢ় হয়। ফ্রাজিপ্যান-এ কাদা এবং জৈব পদার্থের পরিমাণ কম কিন্তু পলি এবং সূক্ষ্ম বালির পরিমাণ খুব বেশী হয়। শুকনো অবস্থায় এই স্তর খুব শক্ত কিন্তু ভেজা অবস্থায় অল্প চাপেই ভেঙে যায়। জলের নিম্ন প্রবাহ এবং মূলের বৃদ্ধিতে এই স্তর দুইটি বাধা সৃষ্টি করে।

● **C-হরাইজোন (C-Horizon) :** এই স্তরকে 'অধস্থ মাটি'ও (sub soil) বলা হয়। এই স্তর যথেষ্ট পুরু এবং এখানে প্রচুর পরিমাণ ক্ষয়িত খনিজ পদার্থ রেগোলিথ (regolith) জমা হয়। এই স্তর যথেষ্ট ভেজা প্রকৃতির এবং এখানে বিভিন্ন জৈবিক ক্রিয়াকলাপ খুবই কম। এই স্তরে সামান্য ক্ষয়ীভবন দেখা যায়। কিন্তু মাটির গঠন ক্রিয়া দ্বারা এই স্তর প্রভাবিত হয় না।

● **D-হরাইজোন (D or R-Horizon) :** ইহা মৃত্তিকা চিত্রের সবচাইতে নীচের আদি শিলাস্তর (parent rock) বা ভূমি শিলাস্তর (bed rock)। এই স্তরে কোন প্রকার জৈবনিক ক্রিয়াকলাপ দেখা যায় না। এমনকি গাছের সবচাইতে লম্বা মূলও এই স্তরে পৌঁছায় না।

5.3 জল (Water)

5.3.1 পরিবেশে জলের বিভিন্ন দশা (States of water in the environment)

পরিবেশে জল প্রধানত তিনটি দশায় (three states) অবস্থান করে। কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় দশা।

5.3.1.1 কঠিন দশা (Solid state)

জলের কঠিন দশা হল বরফ (ice)। জল 0°C-এ হিমায়িত হয়ে (freezes) বরফে রূপান্তরীত হয়। এই দশায় জলের অনুগুলির দূরত্ব বেড়ে যাওয়ায় ইহার ঘনত্ব জল অপেক্ষা কমে যায় ফলে ইহা জল অপেক্ষা হাল্কা হয় এবং জলে ভাসমান দশা প্রাপ্ত হয়। পর্বত শৃঙ্গের বা মেরু অঞ্চলের বরফ, শীতকালে পার্বত্য হ্রদে জমা বরফ, বায়ুমণ্ডলের অধিক উচ্চতায় জলকণার ঘনিভূত হয়ে গঠিত শীল (hail), তুষার (snow) প্রভৃতি জলের কঠিন দশা।

5.3.1.2 তরল দশা (Liquid state)

ইহা জলীয় দশা। ভূখণ্ডের বিভিন্ন অংশে 0°C অপেক্ষা অধিকতর তাপমাত্রায় বা স্বাভাবিক তাপমাত্রায় এই দশা দেখা যায়। উষ্ণ প্রস্রবণের উচ্চ তাপামাত্রাতেও জল তরল দশায় দেখা যায়। নদী, নালা, হ্রদ, পুকুর, সমুদ্র প্রভৃতি তরল দশার জলের আধার। এছাড়াও ভূগর্ভস্থ জলস্তর এবং মাটির কণিকা সমূহের অন্তবর্তী বায়ুস্থানে ও মৃত্তিকা কণিকাগুলিকে ঘিরে তরলাকারের জল অবস্থান করে। বৃষ্টির জলও জলের তরল অবস্থার গুরুত্বপূর্ণ উপাদান যাহা মৃত্তিকা জলের প্রধান উৎস। বাতাসের জলীয় বাষ্প ঘনিভূত হয়ে সূক্ষ্ম তরল জলকণা রূপে বাতাসে ভাসমান অবস্থায় থাকতে পারে। উদাহরণ—কুয়াশা ও মেঘ।

মাটিতে পতিত বৃষ্টির জলের একটি অংশ প্রবাহিত হয়ে (runoff water) নানা জলাধারে পৌঁছায়। কিছুটা অংশ বাষ্পীভূত হয়ে বায়বীয় পরিবেশে মিশে যায়। বাকী অংশ মাটিতে প্রবেশ করে, ইহাকে মৃত্তিকা জল বলা হয়—ইহা চারটি ভাগে বিভক্ত।

চিত্র 5.4 : বিভিন্ন প্রকার মৃত্তিকা জল

1. **অভিকর্ষজ জল (Gravitational water) :** অভিকর্ষের টানে ভেজা মাটির মধ্য দিয়ে এই জল নিচের দিকে প্রবাহিত হয়ে মাটির গভীরে জল সম্পৃক্ত মৃত্তিকা স্তরে বা ভূমিস্থ জলস্তরে (ground water) মেশে। এই জলস্তরে উপরিতলকে জল টেবিল (Water table) বলে।
2. **কৈশিক জল (Capillary water) :** মাটির ওপরের স্তরগুলির খনিজ কণা সমূহের অন্তরবর্তি সূক্ষ্ম রন্ধ্রে বা কৈশিক স্থানগুলিতে (capillary space) জলের পাতলা আস্তরণরূপে এই জল আবদ্ধ থাকে। সাধারণতঃ মৃত্তিকা কণাগুলির পৃষ্ঠটান (surface tension) এবং জলকণাগুলির পারস্পরিক আকর্ষণের (cohesive attraction) ফলে মাটি এই জল ধরে রাখতে পারে।
3. **জলগ্রাহী বা জলাকর্ষ জল (Hygroscopic water) :** মৃত্তিকা এবং জৈব পদার্থের কণাগুলি পৃষ্ঠিয় আকর্ষণ শক্তির (surface tension) মাধ্যমে আর্দ্র বায়ুমণ্ডল থেকে জলীয় বাষ্প শোষণ করে। এই জল মৃত্তিকা কণাপৃষ্ঠে উচ্চ বায়ুমণ্ডলীয় চাপে অত্যন্ত দৃঢ়ভাবে আবদ্ধ থাকে। ইহা সাধারণ অবস্থায় চলমান হয় না বা উদ্ভিদ দ্বারা শোষিত হতে পারে না। এই জলকে জলগ্রাহী জল বা জলাকর্ষ জল বলে। ইহা স্বাভাবিক জলবায়ুতে সম্পূর্ণভাবে উদ্বায়িত হতে পারে না।
4. **আবদ্ধ জল (Combined water) :** জলাকর্ষ জল ছাড়াও কিছু পরিমাণ জল অ্যালুমিনিয়াম, লৌহ, সিলিকন ইত্যাদির আর্দ্র অক্সাইড রূপে মৃত্তিকা কণায় আবদ্ধ থাকে। ইহাই আবদ্ধ জল। ইহাও উদ্ভিদ দ্বারা শোষিত হতে পারে না।

5.3.1.3 বাষ্পিয় দশা (Vapour state) :

উপরের দিকের মাটির স্তরগুলিতে মৃত্তিকা কণাসমূহের আন্তঃরন্ধ্রে জল সর্বদা বাষ্পরূপে অবস্থান করে মাটি সিক্ত রাখে। বাতাসের জলীয় বাষ্পের ন্যায় ইহাই মাটির আর্দ্রতা (humidity) প্রদান করে। অনুরূপে বাতাসের জলীয় বাষ্প বাতাসের আর্দ্রতা এবং আপেক্ষিক আর্দ্রতার (humidity and relative humidity) জন্য দায়ী।

5.3.2 জলের অধঃক্ষেপণ (Precipitation)

জলচক্রের গুরুত্বপূর্ণ অংশ হল জলের অধঃক্ষেপণ। নদী, নালা, খাল, বিল, পুকুর, হ্রদ, সমুদ্র, মাটি ও গাছপালা প্রভৃতি থেকে জল বাষ্পীভূত হয়ে বাতাসে মেশে। পরে উর্ধ্বগামী হয়ে মেঘে ঘনীভূত হয়। ইহাই পরে শীতল ও ভারী হয়ে নানাভাবে পৃথিবী পৃষ্ঠে অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই অধঃক্ষেপণ নানা প্রকারের যেমন—

1. **বৃষ্টি (Rain) :** ইহা জলের তরল দশার ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র আকৃতির (0.5 মি.মি. বা তার বেশী) জলের ফোঁটায় (water drops) যথেষ্ট ব্যবধান বজায় রেখে ভূপৃষ্ঠে অধঃক্ষিপ্ত হয়। ইহা বায়ুর গতিতে সাধারণতঃ প্রভাবিত হয় না।

2. **ঝির ঝিরে হাল্কা বৃষ্টি (Drizzle) :** জলের তরল দশার সূক্ষ্ম সূক্ষ্ম (0.5 মিলিমিটার অপেক্ষা ক্ষুদ্রতর) জলবিন্দু (water droplets) খুব কাছাকাছি বিন্যস্ত হয়ে ভূপৃষ্ঠে অধঃক্ষিপ্ত হয়। ইহা বায়ুর গতিতে কিছুটা প্রভাবিত হয়।

চিত্র 5.5 : জলের বিভিন্ন প্রকার অধঃক্ষেপণ

3. **শিলাবৃষ্টি (Sleet) :** বৃষ্টির ফোঁটা ঘনীভূত হয়ে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র বরফের স্বচ্ছ বা অর্ধস্বচ্ছ গোলাকার বা অনিয়তাকার ছোটরা (ice pellets) হিসেবে ভূপৃষ্ঠে অধঃক্ষিপ্ত হয়।

4. **বজ্র বিদ্যুৎসহ শিলাবৃষ্টি (Hail) :** ছোট ছোট গোলাকার বরফের টুকরো (5 মিলিমিটার অপেক্ষা বৃহত্তর) আলাদা আলাদা ভাবে বা সংযুক্ত দলা হিসেবে বজ্র বিদ্যুৎসহ মাটিতে অধঃক্ষিপ্ত হয়।

5. **তুষারপাত (Snow fall) :** অতি ক্ষুদ্র 6-মুখী তারার ন্যায় (6-pointed star like) স্ফটিকাকার কঠিন জলকণা (crystals of solid water particles) পেঁজা তুলোর আকারে মাটিতে অধঃক্ষিপ্ত হয়।

6. **কুয়াশা (Fog) :** সূক্ষ্ম সূক্ষ্ম দৃশ্যমান জলকণা মাটিতে অধঃক্ষিপ্ত না হয়ে বাতাসে ভেসে বেড়ায়। ইহাই কুয়াশা যার ফলে বাতাসের দৃশ্যমানতা হ্রাস পায়। বাতাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে ইহা জলীয় বাষ্পে রূপান্তরিত হয়ে ঊর্ধ্বমুখী প্রবাহিত হয়। কিংবা বাতাসের নিম্নতাপ

মাত্রা এবং অধিক আপেক্ষিক আর্দ্রতায় ইহা মাটির কাছাকাছি চলে আসে এবং সংলগ্ন মাটি ও উদ্ভিদ সকলকে সিক্ত করে দেয়।

সমস্ত প্রকার জলীয় অধঃক্ষেপণ মাটির জল বা আর্দ্রতার পরিমাণ বৃদ্ধি করে। ইহা সকল উদ্ভিদ ও প্রাণীর জলের চাহিদা পূরণ করে।

5.4 আলোক (Light)

5.4.1 আলোকের প্রকরণ (Variation of light)

পৃথিবী পৃষ্ঠে পতিত সূর্যালোকের তীব্রতা, স্থিতিকাল, স্থানিক বৈচিত্রের (spatial diversity) সঙ্গে ভিন্ন ভিন্ন হয়ে থাকে।

বিভিন্ন স্থানের পরিবেশের নিম্নলিখিত উপাদানগুলি আপতিত আলোক রশ্মির ওপর প্রভাব বিস্তার করে—

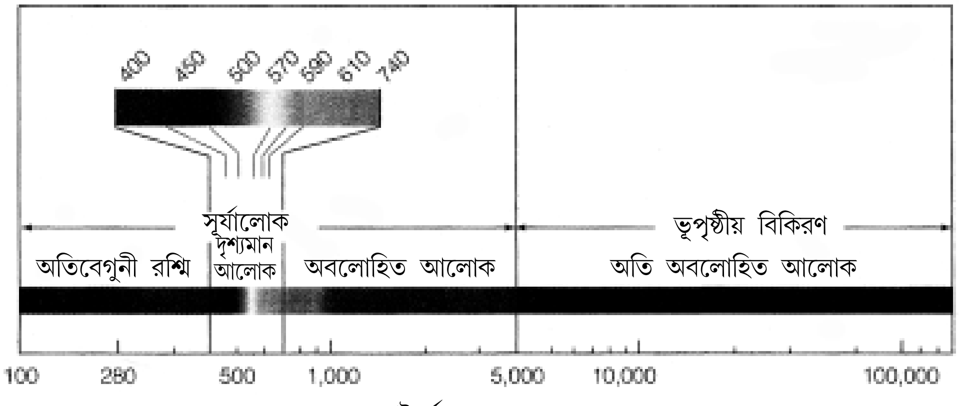
- বায়ুমণ্ডলের গ্যাসীয় উপাদানসমূহ যেমন—নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন আপতিত আলোকের ক্ষুদ্রতর তরঙ্গের একটি অংশ শোষণ ও বিচ্ছুরিত করে।
- বাতাসের ভাসমান কণাসমূহ (suspended particles) যেমন—ধোঁয়া, ধূলিকণা, জলীয়বাষ্প প্রভৃতি। জলীয় বাসস্থানে দ্রবীভূত কাদা, পলি, ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র ভাসমান শৈবাল, পাঁক কণিকাসমূহ আলোকের একটি বড় অংশের ওপর ছাকনির ন্যায় ক্রিয়াশীল (screening effect)।
- জলের গভীরতা বৃদ্ধির সাথে সাথে আলোকের পরিমাণ কমে আসে।
- স্থলজ পরিবেশে উদ্ভিদ কুলের বিভিন্ন অরীয়স্তর (vertical stratification) এর সাপেক্ষে আলোকের মাত্রা ভিন্নতর হয়ে থাকে।
- ভূসংস্থানের (topography) অভিমুখ, ঢাল প্রভৃতি আলোক রশ্মির তীব্রতা ও ব্যাপ্তিকাল (duration) নির্ধারণ করে।

আলোক উদ্ভিদের সালোকসংশ্লেষ তথা শক্তির প্রধান উৎস। ইহা জল ও স্থলভূমিতে উদ্ভিদ ও প্রাণীর জীবনধারণ ও বিস্তার নির্ধারণ করে। আলোক সকল জীবের দৈনিক ক্রিয়াকলাপ এবং ঋতুগত পরিবর্তন (seasonal variation) প্রভাবিত করে।

5.4.2 আলোকের বিভিন্ন তরঙ্গ দৈর্ঘ (Different wave lengths of light)

সূর্যালোক বলতে সূর্যকিরণের দৃশ্যমান সীমার তরঙ্গ দৈর্ঘসমূহ (400-740 nm) বোঝায়। সমষ্টিগত ভাবে ইহাদের সালোকসংশ্লেষণে সক্রিয় বিকিরণ (photosynthetically active radiation) বা PAR

বলে। 740 nm অপেক্ষা বৃহত্তর তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলোক (740–5000 nm) অবলোহিত আলোক (infrared light) এবং 5000–10,000 nm অতি অবলোহিত আলোক (Far infrared light) বলে। দৃশ্যমান তরঙ্গদৈর্ঘ্য অপেক্ষা ক্ষুদ্রতর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলোক (100–400 nm) অতিবেগুনী রশ্মি (ultraviolet ray) নামে পরিচিত। এর মধ্যে 315–400 nm UV-A, 280–315 nm UV-B এবং 100–280 nm UV-C হিসেবে কার্যকর।



চিত্র 5.6 : সূর্যালোকের বিভিন্ন তরঙ্গদৈর্ঘ্য এবং PAR (Source : Halverson & Smitk 1979 : 6)

সূর্যকিরণের অধিকাংশ UV-আলোক রশ্মি আন্তর আকাশে (stratosphere) শোষিত হয়। নিরক্ষিয় উষ্ণমণ্ডল থেকে মেরু প্রদেশের দিক বরাবর অক্ষাংশের নতিমাত্রায় (latitudinal gradient) UV-B-এর পরিমাণ কমতে থাকে। আবার প্রতি 1000 মিটার উচ্চতা বৃদ্ধির সাথে UV-B এর পরিমাণ 14–18% হারে বৃদ্ধি পায়।

তরঙ্গ দৈর্ঘ্য ছাড়াও তীব্রতা, ব্যাপ্তিকাল ও অভিমুখের সাপেক্ষেও আলোকের বিভিন্নতা দেখা যায়।

পৃথিবী পৃষ্ঠের অক্ষাংশ ও দ্রাঘিমাংশগত অবস্থান (latitudinal and logitudinal position) আলোকের তীব্রতা, দৈনিক ও বাৎসরিক ব্যাপ্তিকালের বিভিন্নতার অন্যতম কারণ।

এছাড়াও নিকটস্থ বনানী, পাহাড়-পর্বতের উপস্থিতি ও উচ্চতা কোন অঞ্চলের আলোকের দৈনিক সময়কাল অনেকাংশে নির্ধারণ করে।

সূর্যালোকের একটি বড় অংশ যেহেতু বায়ুমণ্ডল দ্বারা শোষিত হয় তাই সমুদ্রপৃষ্ঠ অপেক্ষা উচ্চতর স্থানগুলিতে বাতাসের ঘনত্ব অপেক্ষাকৃত কম হয় এবং আলোকের তীব্রতা বেশী হয়। মেঘলা দিনে আলোকের তীব্রতা স্বাভাবিক দিন অপেক্ষা 4% কম হয়।

কোন পাহাড় বা পর্বতের বিভিন্ন উচ্চতায় বিভিন্ন ঘনত্বের বনানীর কারণে সেখানে উচ্চতার সঙ্গে

আলোকের তীব্রতা ও স্থায়ীকাল (duration) ভিন্ন ভিন্ন হয়। কোন বনানীর উচ্চ বৃক্ষগুলি দ্বারা সূর্যালোকের অধিকাংশ শোষিত হওয়ার পর বনানীর ভূমিদেশের উদ্ভিদগুলি প্রায় 90–95% কম তীব্রতার আলোক পেয়ে থাকে। তলদেশে প্রাপ্ত আলোর পরিমাণ বড় বৃক্ষগুলির উচ্চতা, শাখা প্রশাখার বিস্তার (crown), পর্ণমোচন প্রকৃতি, বয়েস, বৃক্ষের আকার ইত্যাদির ওপর নির্ভর করে। এইভাবে আপতিত আলোকের সম্পূর্ণ অংশই প্রায় বড় বৃক্ষগুলির ওপরে পড়ে। অধঃস্তরীয় গুল্মজাতীয় উদ্ভিদেরা (understoried shrubs) ব্যাপ্ত আলোক (diffused or subdued illumination) পেয়ে থাকে। বীরুৎ (herbs) ও ভূমিন্নস্থ কাণ্ডযুক্ত উদ্ভিদেরা (plants with underground rhizomes) ক্ষীণ আলোকে জন্মায়।

আলোকের তীব্রতার ওপর জলের স্তরের গভীরতার বিশেষ ভূমিকা রয়েছে। যে কোন প্রকার জলাধারের একটি নির্দিষ্ট অঞ্চলেই উদ্ভিদ জন্মাতে দেখা যায়। এখানে বিভিন্ন গভীরতায় বিভিন্ন প্রজাতির ও প্রকৃতির উদ্ভিদ জন্মায়। জলের উপরিতল থেকে আলোকের একটি অংশ প্রতিফলিত হয়ে ফিরে যায়। অবশিষ্টাংশের অধিকাংশ জলের উপরের স্তরগুলিতে শোষিত হয়। জলে আলোর প্রবেশ জলে অস্বচ্ছতার (turbidity) মাত্রা, দ্রাব্যপদার্থের পরিমাণ (solute content), জলের গতি, জলের ভাসমান জীবের বৃদ্ধি ইত্যাদির ওপর নির্ভর করে। গভীরতা বৃদ্ধির সাথে জলে প্রবিষ্ট আলোকের তীব্রতা হ্রাস পায়। তাই জলের উপরের উন্মুক্ত (exposed) উদ্ভিদ অপেক্ষা জলে নিমজ্জিত উদ্ভিদেরা মৃদু আলোক (weaker light) পায়।

সাধারণত সূর্যোদয়, সূর্যাস্তের সময় এবং বাতাসের অত্যাধিক আর্দ্রতায় জলে আলোকের তীব্রতা কম হয়। পৃথিবীর নিরক্ষীয় অঞ্চলে দিনের আলোক 12 ঘণ্টা ধরে স্থায়ী হয়। মেরু অঞ্চলে গ্রীষ্মকালে দিন 12 ঘণ্টা অপেক্ষা বেশী হয়।

5.5 তাপমাত্রা (Temperature)

পরিবেশে তাপমাত্রার প্রত্যক্ষ এবং পরোক্ষ উৎস হল সূর্যকিরণ। পৃথিবী পৃষ্ঠের কোন একটি অঞ্চলের আপতিত সূর্যকিরণ যে সকল বিষয়ের উপর নির্ভর করে তা হল—বৎসরের বিভিন্ন সময় বা ঋতু, ভূপৃষ্ঠের ঢাল, আকৃতি, মেঘের আস্তরণ (cloud cover), দিনের সময় বিশেষ, বায়ু প্রবাহের গতি, বৃষ্টিপাতের পরিমাণ ও বাতাসের আপেক্ষিক আর্দ্রতা প্রভৃতি। তাই ভূপৃষ্ঠের স্থান ও সময় বিশেষে তাপমাত্রার প্রকরণ দেখা যায়।

5.5.1 তাপমাত্রার প্রকরণ (Variation of temperature)

ঋতুগত তাপমাত্রার ওঠানামা (fluctuation) ভূপৃষ্ঠের কোথাও কোথাও চরমসীমায় (extreme point) পৌছুতে দেখা যায় আবার কোথাও কোথাও তাপমাত্রার ওঠানামা খুব সামান্য দেখা যায়। উত্তর ডাকোতায় (North Dacota) শীতকালীন বা গ্রীষ্মকালীন তাপমাত্রা যথাক্রমে –43°C এবং 49°C পর্যন্ত

পৌঁছায়। পশ্চিম ভার্জিনিয়াতে ইহা যথাক্রমে –37°C এবং 44°C। ভারতবর্ষেও ব্যাপ্তিস্থান ও সময়ের নিরিখে তাপমাত্রার প্রকরণ (spatial and temporal variation) দেখা যায়। উত্তরের হিমালয় পর্বতমালা, পর্বতের পাদদেশে, পশ্চিমে মরু অঞ্চলে, গাঙ্গোয় সমভূমি, দাক্ষিণাত্যের মালভূমি, পূর্ব ও পশ্চিমঘাট পর্বতমালায় ও তাদের পাদদেশে, উত্তর-পূর্ব ভারতের পাহাড়ি অঞ্চলে ভিন্ন ভিন্ন তাপমাত্রা দেখা যায়। এই সকল অঞ্চলে দিন রাতের তাপমাত্রা ওঠানামার সীমা এবং ঋতু পরিবর্তনগত তাপমাত্রার ওঠানামার সীমা ভিন্ন ভিন্ন হয়ে থাকে।

কোন অঞ্চলের পরিবেশের তাপমাত্রা সূর্যালোকিত ভূমি এবং ছায়া অঞ্চলে আলাদা হয় আবার দিন ও রাত্রিবেলায় আলাদা হয়। নাতিশীতোষ্ণ অঞ্চলে আলোকিত ভূমির তাপমাত্রা ছায়াবৃত অঞ্চল অপেক্ষা 30°C বেশী হতে পারে। আবার দিনের তাপমাত্রা রাতের তাপমাত্রা অপেক্ষা 17°C বেশী হতে পারে। মরু অঞ্চলে দিনের তাপমাত্রা রাতের চাইতে 40°C পর্যন্ত বেশী হতে পারে। রৌদ্রদীপ্ত সমুদ্রের উন্মুক্ত তটভূমির তাপমাত্রা 38°C তে পৌঁছাতে পারে বা জলপ্লাবিত হলে তা কয়েক ঘণ্টার মধ্যে 10°C-এ নেমে আসে।

মাটির তাপমাত্রার অন্যতম কারণ সূর্যকিরণ শোষণ। কোন অঞ্চলের মাটির তাপমাত্রা সেখানকার অক্ষাংশের ওপর অর্থাৎ নিরক্ষীয় অঞ্চল থেকে দূরত্বের ওপর নির্ভর করে। সেই কারণে তাপমাত্রা নিরক্ষিয় অঞ্চলে সবচাইতে বেশী এবং মেরু অঞ্চলের দিকে ধীরে ধীরে হ্রাস পায়। অক্ষরেখার এই পার্থক্য অনুযায়ী নিরক্ষীয় অঞ্চল, উষ্ণমণ্ডল, নাতিশীতোষ্ণ মণ্ডল এবং অ্যালপাইন অঞ্চলে ভিন্ন ভিন্ন উদ্ভিদ সম্প্রদায় (vegetation) দেখা যায়।

এইরকমভাবে কোন অঞ্চলের সমুদ্রতলের সাপেক্ষে উচ্চতা (altitude) তাপমাত্রার পরিবর্তন ঘটায়। এই কারণে পাহাড়ের যত ওপরে ওঠা যায় তাপমাত্রা তত হ্রাস পায়। সাধারণত নিরক্ষীয় অঞ্চল থেকে মেরু প্রদেশের দিকে অক্ষাংশের প্রতি 1° অবস্থান বৃদ্ধিতে তাপমাত্রা –12.12°C হ্রাস পায়। আবার পাহাড়ের ওপর উচ্চতার প্রতি 100 মিটার বৃদ্ধিতে তাপমাত্রা 0.65°C হ্রাস পায়। সাধারণত পার্বত্য উপত্যকা এবং নীচুভূমিতে ভারী শীতল বায়ু নীচে নেমে আসায় (sinking) তাপমাত্রা পর্বত চূড়া অপেক্ষা কম হয়।

এছাড়াও মাটির বর্ণ, উপাদান, উদ্ভিদ আস্তরণ, মৃত্তিকা জলের পরিমাণ ভূ-পৃষ্ঠের ঢালের খাড়াই (steepness of the slope), ঢালের উন্মুক্ততা (exposure), পর্বতমালার অভিমুখ (direction) প্রভৃতি কোন অঞ্চলের তাপমাত্রা নিয়ন্ত্রণ করে।

5.5.2 উদ্ভিদের বিস্তারে তাপমাত্রার প্রভাব (Role of temperature in plant distribution)

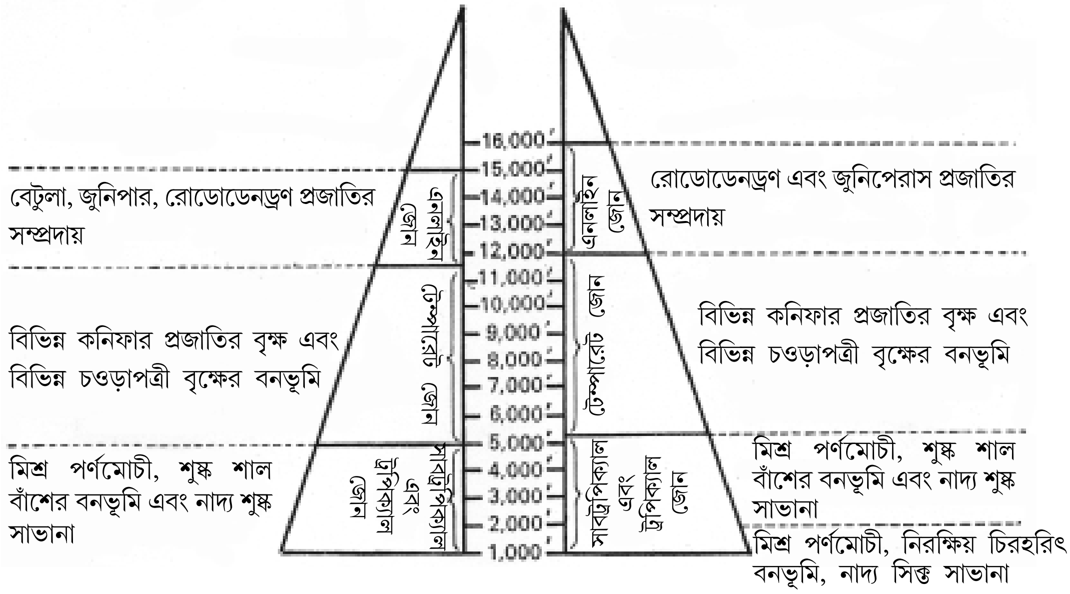
সকল জীবেরই তাদের স্বাভাবিক বিপাক ক্রিয়া সম্পাদানের জন্য নির্দিষ্ট সীমার তাপমাত্রা (range of temperature) প্রয়োজন হয়। অতি নিম্ন তাপমাত্রায় বিপাক ক্রিয়ার গতি ধীরে ধীরে কমে আসে। আবার সহন অতিরিক্ত তাপমাত্রায় বিপাকক্রিয়ায় প্রয়োজনীয় উৎসেচক সমূহ ভেঙে যায় বা কর্মক্ষমতা হারায়। এই দুই চরম তাপমাত্রাদ্বয়ের মাঝের অনুকূল তাপমাত্রার পরিসরে (optimal temperature

range) জীবের বিপাকক্রিয়া এবং অন্যান্য শরীরবৃত্তীয় বা শারীরিক ক্রিয়া সবচাইতে ভাল হয়। যে সকল জীবের সহনীয় তাপমাত্রার ব্যাপ্তি বা পরিসর বেশী তাদের ইউরিথার্মস (Eurytherms) এবং যে সকল জীব কেবল স্বল্পপরিসর তাপমাত্রায় জীবন ধারণ করে তাদের স্টেনোথার্মস (Stenotherms) বলে।

চরম তাপমাত্রায় জীবনধারনের ক্ষমতা সকল জীবের সমান নয়। অর্থাৎ চরম নিম্নতম তাপমাত্রা এবং চরম উচ্চতম তাপমাত্রা প্রজাতি বিশেষে ভিন্ন ভিন্ন হয়ে থাকে। নালিকাবাণ্ডিল যুক্ত উদ্ভিদের (vascular plants)-এর জন্য জীবনধারন যোগ্য চরম তাপমাত্রা + 50°C – 25 থেকে 28°C-এর আশেপাসে সীমাবদ্ধ। কিছু উষ্ণ প্রশ্রবণের শৈবাল 73°C এবং কিছু সুমেরু অঞ্চলের (Arctic) শৈবাল 0° এর নীচে জীবন চক্র সম্পন্ন করে। কিন্তু কিছু ব্যাকটেরিয়া উষ্ণ প্রস্রবণের 90°C তাপমাত্রা সইতে পারে। চরম তাপমাত্রায় বসবাসকারী উদ্ভিদের বিশেষ অভিযোজন প্রয়োজন হয়।

অক্ষাংশের ক্রমপরিবর্তন এবং উচ্চতার ক্রমপরিবর্তন উদ্ভিদকুলের গঠন প্রকৃতি ও বিস্তারে অনুরূপ প্রভাব বিস্তার করে। উভয় ক্ষেত্রেই তাপমাত্রা অনুযায়ী উদ্ভিদের ভিন্ন ভিন্ন পরিমণ্ডল (zonation) দেখা যায়। বিভিন্ন বাস্তব্যবিদগণের মতে তাপমাত্রার সঙ্গে বৃষ্টিপাত, মাটির প্রকৃতি ও উদ্ভিদ পরিমণ্ডলের বিভিন্নতা সম্পর্কিত।

হিমালয় পর্বতের বিভিন্ন উচ্চতায় বিভিন্ন তাপমাত্রায় উদ্ভিদের বিস্তারগত পরিমণ্ডল দেখা যায়। পর্বতের পাদদেশে গ্রীষ্মমণ্ডলী উদ্ভিদকূল (tropical vegetation) থেকে ক্রমবর্ধমান উচ্চতায়, প্রায় গ্রীষ্মমণ্ডলীয় (subtropical), নাতিশীতোষ্ণ (temperate), অত্যুচ্চ বা অ্যালপাইন (alpine) জাতীয় উদ্ভিদ দেখা যায়। উচ্চতাগত বিভিন্ন উদ্ভিদ পরিমণ্ডল এর মধ্যে সুস্পষ্ট কোন সীমানা দেখা যায় না।

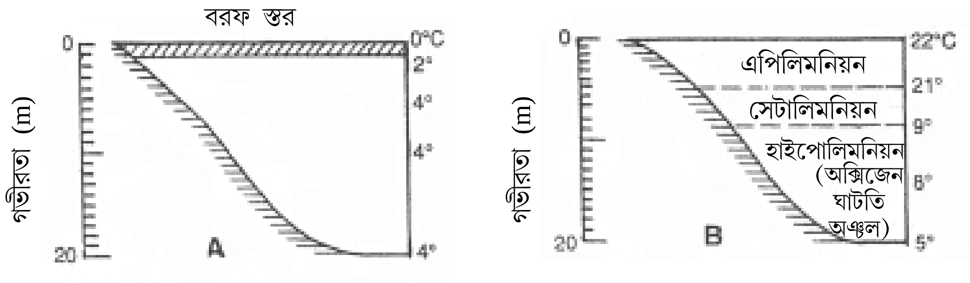


চিত্র 5.7 : পশ্চিম ও পূর্ব হিমালয়ের বিভিন্ন উচ্চতার তাপমাত্রার তারতম্যে বিভিন্ন উদ্ভিদ সম্প্রদায়

5.5.3 তাপীয় স্তরবিন্যাস (Thermal stratification)

সকল জলজ বাসস্থানের নিমজ্জিত জীবকুল জলের তাপমাত্রার ওঠানামা (fluctuation) খুব বেশী অনুভব করে না। বড় জলাশয়ে জলের প্রবাহ এবং উচ্চ লীনতাপের কারণে দিন-রাতের তাপমাত্রা পার্থক্য খুব বেশী হয় না।

গভীর জলাশয় বা হ্রদে গ্রীষ্মকালে তাপমাত্রার স্তরবিন্যাস দেখা যায়। গ্রীষ্মকালে বাতাসের তাপমাত্রা যখন 27°C-এ ওঠে তখন জলের ওপর স্তরগুলির তাপমাত্রা 22°C—23°C এ ওঠে। কিন্তু তখনও নীচের জলস্তরের তাপমাত্রা 5°C ন্যায় যথেষ্ট কম থাকে। 5°C—22°C-এর মধ্যে তাপমাত্রা অনুযায়ী তিনটি অরীয় স্তর দেখা যায়। **1. এপিলিমনিয়ন (Epilimnion) :** সবচাইতে ওপরে প্রথম জলস্তর যেখানে জলের তাপমাত্রা গভীরতা বৃদ্ধির সাথে ধীরে ধীরে কমে আসে। **2. মেটালিমনিয়ন (Metalimnion) :** ইহা দ্বিতীয় জলস্তর এখানে থার্মোক্লাইন দেখা যায়। অর্থাৎ গভীরতা বৃদ্ধির সাথে তাপমাত্রা অতি দ্রুত কমে আসে। **3. হাইপোলিমনিয়ন (Hypolimnion) :** ইহা গভীর তলদেশের শীতলতম জলস্তর। এখানে তাপমাত্রা সর্বত্র সুষম হয় এবং জলের ঘনত্ব সবচাইতে বেশী হয়।



চিত্র 5.8 : গভীর জলাশয় বা হ্রদের বিভিন্ন উচ্চতাস্তরে তাপমাত্রা অনুযায়ী স্তরবিন্যা। A. শীতকালীন B. গ্রীষ্মকালীন অবস্থা

5.6 সীমান্ত প্রভাবক তত্ত্ব (Concept of Limiting Factors)

বিভিন্ন জীবের জীবনধারনের সঙ্গো পরিবেশের নানা প্রভাবক নিবিড় সম্পর্কে আবদ্ধ। ইহাদের মধ্যে যে সকল উপাদান বা প্রভাবক জীবের বৃদ্ধি, বিস্তার, ঘনত্ব বা আধিক্য (abundance) নিয়ন্ত্রণে সক্ষম তাদের সীমিতকারী প্রভাবক বা লিমিটিং ফ্যাক্টর বলে। ইহা জৈব, অজৈব কিংবা ভৌত (physical) যে কোন প্রকৃতির হতে পারে। যে কোন সীমিতকারী প্রভাবক একক ভাবেই (individually) কোন জীবের জৈবনিক বৈশিষ্ট্যগুলি নিয়ন্ত্রণে সক্ষম।

নিয়ন্ত্রণকারী প্রভাবক সমূহ লিবিগ্-এর ন্যূনতম সূত্রের (Liebig's Law of Minimum) মাধ্যমে ধারণা করা যায়। এই সূত্র অনুযায়ী কোন উদ্ভিদ গোষ্ঠির (population) বৃদ্ধি সকল প্রভাবকগুলির

মোট পরিমাণ এর ওপর নির্ভর করে না। কিন্তু ইহা সবচাইতে স্বল্পমাত্রিক প্রভাবক (scarcest resource) দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়।

কোন প্রজাতি গোষ্ঠির (population) বৃদ্ধি ও জীবন ধারণ একাধিক সীমিতকারী প্রভাবক (Limiting factor) দ্বারা প্রভাবিত হয়। প্রয়োজনীয় একটি উপাদান (রসদ) ব্যাতিত আর সকল উপাদান প্রয়োজনাতিরিক্ত থাকলেও সেই পপুলেশনের বৃদ্ধি অপর্যাপ্ত উপাদানটির কারণে ব্যাহত হয় অর্থাৎ ইহাই এক্ষেত্রে সেই প্রজাতির বৃদ্ধির নিয়ন্ত্রক উপাদান। এই নিয়ন্ত্রক উপাদানের মাত্রা বৃদ্ধি করা হলে সেই পপুলেশনের বৃদ্ধির হার (growth rate) বৃদ্ধি পায়। তখন ইহা আর নিয়ন্ত্রক (limiting) থাকে না পরিবর্তে অন্য কোন উপাদানের ঘাটতি দেখা দিলে তা নিয়ন্ত্রক হিসেবে কাজ করে।

জীবের বিভিন্ন নিয়ন্ত্রণকারী প্রভাবক গুলি হল—খাদ্য, জল, আলোক, ব্যাপ্তিস্থান (space), আশ্রয় প্রভৃতি। যদি কোন প্রজাতি গোষ্ঠি (population) তাদের বেঁচে থাকার জন্য পর্যাপ্ত বা প্রয়োজনীয় রসদ না পায় তবে তারা পুষ্টির অভাবে, জলের অভাবে শুকিয়ে যায় কিংবা পীড়ন (stress) জনিত কারণে জীবন ধারণের ক্ষমতা হারায়।

উদ্ভিদের ক্ষেত্রে একটি গুরুত্বপূর্ণ নিয়ন্ত্রণকারী প্রভাবক হল আলো। যা তাদের সালোকসংশ্লেষ এবং বৃদ্ধির জন্য প্রয়োজন। বড় বৃক্ষের আচ্ছাদনে জন্মানো উদ্ভিদ (understory plants) প্রয়োজনীয় আলোক পায় না। তার ফলে অনেক উদ্ভিদ সেই অঞ্চলে জন্মাতে পারে না। কিন্তু কিছু কিছু বিস্তৃত আলোক ব্যাপ্তির উদ্ভিদ (wide range of light) স্বল্পালোকেও সুন্দরভাবে অভিযোজিত। বিভিন্ন উদ্ভিদের সর্বাধিক বৃদ্ধি ও নানা শারীরবৃত্তিয় ক্রিয়াকলাপের জন্য অনুকূল প্রতিটি রসদের সর্বোত্তম ব্যাপ্তি (optimal range of resources) ভিন্ন ভিন্ন হয়ে থাকে। অনুকূল ব্যাপি অপেক্ষা কম কিংবা বেশী মাত্রায় যে কোন উপাদানের প্রভাবে উদ্ভিদের বিপাকক্রিয়া, বৃদ্ধি ও নানা শারীরবৃত্তীয় ক্রিয়ার মাত্রা কমতে থাকে। কোন জীব সর্বোচ্চ বা সর্বোনিম্ন একটি নির্দিষ্ট মাত্রার (চরম সীমা) রসদ পর্যন্ত সহনশীল। এই মাত্রার চাইতে কম কিংবা বেশী মাত্রায় সেই সকল প্রজাতি জীবন ধারাতে অক্ষম।

আলোকের ন্যায় উদ্ভিদের ক্ষেত্রে নিয়ন্ত্রক উপাদানগুলি হল—নাইট্রোজেন (N), ফসফরাস (P), পটাসিয়াম (K) এবং সালফার (S), প্রতিটি উদ্ভিদের জন্য এই উপাদানসমূহ একটি সুষম অনুপাত প্রয়োজন। সেই পরিমানই তাদের জন্য যথেষ্ট (optimal) মাত্রা। কোন পরিবেশে প্রতিটি প্রজাতির জন্য কোন একটি উপাদান কম হলে তা সেই উদ্ভিদের বৃদ্ধির জন্য নিয়ন্ত্রিত উপাদান (limiting factor) হয়ে ওঠে।

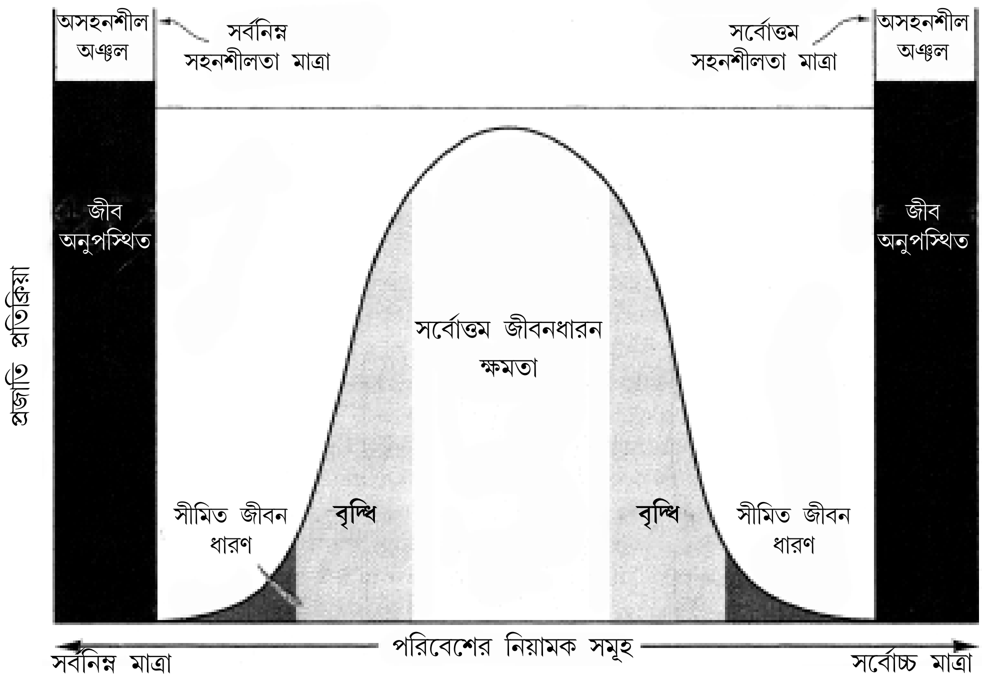
কোন বাস্তুতন্ত্রে কোন একটি লিমিটিং ফ্যাক্টর বা সীমান্ত প্রভাবক বিভিন্ন প্রজাতির সর্বোচ্চ ধারণক্ষমতা (carrying capacity) নির্ধারণ করে।

বিজ্ঞানী ব্ল্যাকম্যান (F. F. Blackman, 1905)-এর মতে পুষ্টি কিংবা যে কোন জীবন রসদের (resources) মাত্রা খুব বেশি কম যেমন ক্ষতিকারক আবার মাত্রাতিরিক্ত রসদের প্রভাবও খারাপ হতে

পারে। বিভিন্ন জীবের অতিরিক্ত মাত্রার রসদে সৃজনক্ষমতা সীমাবদ্ধ। ইহাই ব্ল্যাকম্যান-এর সীমান্ত প্রভাবক তত্ত্ব বা কনসেপ্ট অব লিমিটিং ফ্যাক্টরস (The Concept of limiting factors)।

জীবের বৃদ্ধি, জনন ও জীবন ধারণের ওপর পরিবেশের বিভিন্ন উপাদান সমূহের সীমাবদ্ধ করণের ধারণা বিজ্ঞানী শ্যেলফোর্ড (V. E. Shelford, 1913) তাঁর 'সহনশীলতা তত্ত্ব (The Law of Tolerance)-এর মাধ্যমে প্রকাশ করেন। ইহার দ্বারা তিনি বুঝিয়েছেন যে পরিবেশের বিভিন্ন উপাদান সমুহের সর্বনিম্ন থেকে সর্বোচ্চ মাত্রাদ্বয়ের বাইরে কোন জীব জীবন ধারণে সক্ষম নয়। তারা কেবল সহনশীল নিম্নতম থেকে উচ্চতম চরমসীমার মধ্যবর্তী কোন ব্যাপ্তির (range) মধ্যে প্রজাতি অনুযায়ী সবচাইতে সফলভাবে জীবনধারণ করতে পারে। ইহাই কোন সীমান্ত প্রভাবকের সাপেক্ষে কোন প্রজাতির সর্বাধিক অনুকূল ব্যাপ্তি (optimal range)।

নিম্নে প্রদত্ত ঘণ্টাকৃতির রেখচিত্রের মাধ্যমে "দ্যি ল্য অব টলারেন্স" তত্ত্ব ব্যক্ত করা হল।



চিত্র 5.9 : শ্যেলফোর্ড এর সহনশীলতা তত্ত্ব

এখানে X-অক্ষ পরিবেশের কোন নিয়ন্ত্রক উপাদানের সর্বোনিম্ন থেকে সর্বোচ্চ সীমা পর্যন্ত নতিমাত্রা (gradient) এবং Y-অক্ষ বরাবর কোন প্রজাতির অনুরূপ প্রতিক্রিয়া (যেমন বৃদ্ধি, বায়োমাস, ইত্যাদি) দেখানো হয়েছে। বক্র রেখচিত্রের (response graph against any limitng factor) ওপরের কিংবা মধ্যবর্তী অংশ সেই প্রজাতির জনন ও জীবন সাফল্যের (reproduction and fitness) সবচাইতে উপযুক্ত দশা (optimal state) নির্দেশ করে।

পরিবেশের সেই নিয়ন্ত্রক উপাদানের সবচাইতে অনুকূল ব্যাপ্তিসীমাকে নিয়ন্ত্রক উপাদানের উপযুক্ত ব্যাপ্তিসীমা বা অপটিমাল লিমিটিং ফ্যাক্টর (optimal limiting factor) বলে।

ইহার মান কোন্ প্রজাতি কিংবা কোন নিয়ন্ত্রক উপাদান-এর সাপেক্ষে স্থিত হয়। অবস্থা, সময় বা ঋতু পরিবর্তনের সঙ্গে ঘণ্টাকৃতির রেখাচিত্র ডাইনে বা বাদিকে স্থানান্তরিত হতে পারে। কিন্তু ঋতুগত এই স্থানান্তর (shifting) কোন জীবের শারীরবৃত্তীয় অভিযোজন সীমার (physiological adaptation limit) মধ্যেই আবদ্ধ। পরিবেশের পরিবর্তনে কোন জীবের এই স্বল্পসাময়িক (short-term) সাড়া দেওয়াকে আবহাওয়াগত অভ্যস্তকরণ (acclimatization) বলে।

5.7 সারাংশ (Summary)

এই এককে বাস্তুসংস্থানগত প্রভাবকগুলি, মাটির উৎপত্তি, পরিবেশে জলের নানা জলীয় দশা ও অধঃক্ষেপণ নিয়ে বিস্তারিত আলোচনা করা হয়েছে। পৃথিবীর শিলাস্তরের ওপর বিভিন্ন ভূপ্রাকৃতিক কারণে সৃষ্ট আস্তরণ যার ওপরে বৈচিত্রময় স্থলজ জীবের প্রাথমিক বাসস্থান গড়ে ওঠে তাহাই মৃত্তিকা বলে পরিচিত। জীবদেহের বিয়োজনের ফলে যে জৈব পদার্থ উৎপন্ন হয় তা এই স্তরেই মিলিত হয় এবং পুষ্টিচক্রের মাধ্যমে আবার জীবদেহে ফিরে আসে। স্বভোজী স্থলজ উদ্ভিদ সালোকসংশ্লেষের জন্য জল ও খনিজ পদার্থ এই মাটি থেকেই সংগ্রহ করে। শিলাস্তরের ক্ষয়ীভবন ও শিলাপৃষ্ঠের উপর বিভিন্ন প্রভাবকের যেমন—অনিয়মিত তাপমাত্রা, তীব্র বায়ুপ্রবাহ, ভূমিকম্প, তুষারপাত, অম্লবৃষ্টির প্রভাব বিস্তারিতভাবে আলোচিত হয়েছে। এছাড়া লাইকেন, নানা ব্যাকটেরিয়া ও শৈবালের শারীরবৃত্তীয় ক্রিয়াকলাপের কারণে যে অ্যাসিড উৎপন্ন হয় তাহাও শিলাক্ষয় সাধন করে মৃত্তিকা তৈরীতে সাহায্য করে। সুতরাং আমরা এখানে মাটির জীবকূল এবং জৈবপদার্থের উপর বিস্তারিত আলেচনা পাই। মাটির সংগঠন প্রক্রিয়া ও জৈব ও অজৈব পদার্থের সংযোজন বিস্তারিত ভাবে আলোচিত হয়েছে। সর্বশেষে ভূচিত্র, মৃত্তিকা নকশা ও নিম্নক্রমে মুখ্য স্তরগুলি বিশদে ব্যাখ্যা করা হয়েছে। মাটিতে পতিত বৃষ্টির জল যা মাটিতে প্রবেশ করে তাহার শ্রেণী বিভাগ যথা—অভিকর্ষ জল, কৈশিক জল, জলকর্ষ জল, আবদ্ধ জল, বাষ্পিয় দশা বর্ণনা করা হয়েছে। এছাড়াও পরিবেশে জলের বিভিন্ন দশা এবং জলের বিভিন্ন প্রকার অধঃক্ষেপণ আলোচিত হয়েছে।

এই এককে নানা শারীরবৃত্তিয় ক্রিয়া যেমন সালোকসংশ্লেষ, বাষ্পমোচন, বীজের অঙ্কুরোদ্গম, কুসুমায়নের উপর আলোর ও তাপমাত্রার বৈচিত্রের প্রভাব বিস্তারিতভাবে আলোচিত হয়েছে। ব্যপনস্থল বৈচিত্রের সাথে পৃথিবী পৃষ্ঠে পতিত সূর্যালোকের তীব্রতা ভিন্ন ভিন্ন হয়। পরিবেশের যে উপাদানগুলি আপতিত আলোক রশ্মির ওপর প্রভাব বিস্তার করে সেগুলি লিপিবদ্ধ হয়েছে। আলোকের গুরুত্ব অনুধাবন করে সূর্যালোকের বিভিন্ন তরঙ্গদৈর্ঘ্যগুলি বিশেষকরে সালোকসংশ্লেষে সক্রিয় বিকিরণগুলির বিবরণ দেওয়া হয়েছে। অক্ষাংশের নতিমাত্রা অনুযায়ী বিভিন্ন তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলোক রশ্মির পরিমাণের কি ভাবে তারতম্য ঘটে তাও আলোচিত হয়েছে। আলোকের তীব্রতার ওপর জলের স্তরের গভীরতার ভূমিকা

বিশ্লেষণ করা হয়েছে। তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের তারতম্যের সাথে তাপমাত্রার বৈচিত্র ও জীবদেহের বিপাক ক্রিয়ার উপর বিশেষ প্রভাব ফেলে। ভূপৃষ্ঠের স্থান ও সময় বিশেষে তাপমাত্রার বৈচিত্র দেখা যায়। ভারতবর্ষের ব্যাপ্তিস্থান ও সময়ের নিরীখে যে বৈচিত্র দেখা যায় তা আলোচনা করা হয়েছে। অক্ষরেখার পার্থক্য অনুযায়ী যে ভিন্ন ভিন্ন উদ্ভিদ সম্প্রদায় দেখা যায় তাও তাপমাত্রার তারতম্যের কারণে ঘটে। তাপমাত্রা নিয়ন্ত্রণে মাটির বর্ণ, উপসর্গ, উদ্ভিদ আস্তরণ, মৃত্তিকা জলের পরিমাণ, ভূ-পৃষ্ঠের ঢালের খাড়াই, উন্মুক্ততা, পর্বতমালার অভিমুখে এই সবের ভূমিকা আছে। গভীর জলাশয়ে যেমন হ্রদে তাপমাত্রার যে স্তরবিন্যাস দেখা যায় তা আলোচনা করে এপিলিমনিয়ন, মেটালিমনিয়ন, হাইপোলিমনিয়ন এর সংজ্ঞা দেওয়া হয়েছে। সীমিতকারী প্রভাবক সমূহের উপযুক্ত সীমার উপর বিস্তরিত আলোচনা করা হয়েছে। একই সাথে যে কোন প্রজাতি গোষ্ঠীর বৃদ্ধি ও জীবন ধারণে একাধিক নিয়ন্ত্রক উপাদানের প্রভাব বিস্তারিত ভাবে আলোচিত হয়েছে এবং বিভিন্ন বিজ্ঞানীর মতামত তুলে ধরা হয়েছে।

5.8 প্রশ্নাবলী (Questions)

I. বহু নির্বাচনী প্রশ্ন (MCQ) :

1. কঠিন শিলা পৃষ্ঠে ক্ষয়ভবনে উদ্ভূত যে খনিজ চূর্ণ উৎপত্তি স্থলেই নানা প্রক্রিয়ার মাধ্যমে মৃত্তিকা তৈরী করে তাকে বলে—

   (a) আদি শিলাউপাদান (b) অবশিষ্টাংশ মৃত্তিকা

   (c) কলুভিয়াল মৃত্তিকা (d) অ্যালুভিয়াল মৃত্তিকা

2. মাটির উৎপত্তিতে সাহায্য করে না কোনটি?

   (a) আবহবিকার (b) উদ্ভিদকূল

   (c) ভূমি সংস্থান (d) প্রাণীকুলের খাদ্যাভ্যাস

3. বায়ুবাহিত মৃত্তিকার নাম হল—

   (a) কলুভিয়াল মাটি (b) ইরোলিয়ান মাটি (c) অ্যালুভিয়াল মাটি (d) রেসিডুয়াল মাটি

4. মাটির খনিজ লবণ ক্ষরণ-এর অর্থ হল—

   (a) জল বাহিত বিলম্বিত পদার্থসমূহ মাটিতে জমা হওয়া

   (b) মাটির খনিজ লবণের পরিমাণ বৃদ্ধি পাওয়া

   (c) মাটির দ্রাব খনিজলবণ সমূহ অন্যত্র বাহিত হওয়া

   (d) মাটির জৈবপদার্থ সমূহ অন্যত্র পরিবাহিত হওয়া

5. মাটি থেকে উদ্ভিদ যে জল শোষণ করতে পারে তা হল—

(a) অভিকর্ষজ জল (b) জলাকর্ষী জল

(c) রাসায়নিকভাবে আবদ্ধ জল (d) কৈশিক জল

6. যে মাটিতে জৈবপদার্থ খুব বেশী থাকে তাকে বলে—

(a) পলিমাটি (b) হিউমাস মাটি (c) কাদা মাটি (d) দোঁয়াস মাটি

7. মৃত্তিকা প্রোফাইলের সবচাইতে উপরের স্তরকে বলে—

(a) A-হরিজোন (b) B-হরিজোন (c) O-হরিজোন (d) R-হরিজোন

8. মাটির জৈব উপাদান হিউমাস হল—

(a) আংশিক বিয়োজিত সরল জৈব যৌগ

(b) আংশিক বিয়োজিত কোষযুক্ত জৈবপদার্থ

(c) আংশিক বিয়োজিত অকোষীয় জটিল জৈব যৌগ

(d) সম্পূর্ণ বিয়োজিত জৈব পদার্থ সমূহ

9. সবচাইতে বেশী জৈব পদার্থ থাকে মাটির এই হরিজোনে—

(a) A-হরাইজোন (b) B-হরাইজোন (c) C-হরাইজোন (d) O-হরাইজোন

10. মাটির সবচাইতে ক্ষুদ্রতম খনিজ কণা হল—

(a) পলি (b) বালি (c) কাঁকর (d) কাদা

11. যে মাটিতে 50–80% বালি এবং 20–50% কাদা ও পলি থাকে তাকে বলে—

(a) দোঁয়াস (b) বেলে দোঁয়াস (c) কর্দম দেঁয়াস (d) দোঁয়াস বালি

12. বর্তমান বছরের পতিত লিটার এর নীচে পূর্বেকার বছরের পচন শুরু হওয়া লিটারকে বলে—

(a) ডাফ (b) মডার (c) ম্যুল (d) মোর

13. মৃত্তিকা ও জৈব পদার্থের কণাপৃষ্ঠে শোষিত জলীয়বাষ্প পৃথিবীর আকর্ষণ এবং উচ্চ বায়ুমণ্ডলীয় চাপে অত্যন্ত দৃঢ়ভাবে আবদ্ধ থাকে যে প্রকার জল—

(a) কৈশিক জল (b) আবদ্ধ জল (c) জলাগ্রাহী জল (d) অভিকর্ষজ জল

14. ইহা জলের কঠিন দশা—

(a) ঝির ঝিরে বৃষ্টি (b) কুয়াশা (c) বৃষ্টি (d) শিলাবৃষ্টি

15. ছয়মুখী তারার ন্যায় স্ফটিকাকার কঠিন জলকণা দিয়ে তৈরী অধঃক্ষেপন হল—

(a) তুষারপাত (b) কুয়াশা (c) ঝিরঝিরে বৃষ্টি (d) শিলা বৃষ্টি

16. আলোকপ্রেমী উদ্ভিদে দেখতে পাওয়া যায়—
    (a) দীর্ঘপর্ব মধ্য
    (b) অপেক্ষাকৃত বড় ও চওড়া পাতা
    (c) মেসোফিলে অধিক পরিমাণ স্পঞ্জি প্যারেনকাইমা
    (d) পাতার বহিঃস্তক স্থূল ও বহুস্তরীয়
17. আলোক বিদ্বেষী উদ্ভিদে দেখতে পাওয়া যায়—
    (a) ছোট ও ঘন পর্বমধ্য
    (b) অপেক্ষাকৃত ছোট ও সংকীর্ণ পাতা
    (c) কম পরিমাণ স্পঞ্জি প্যারেনকাইমা কলা
    (d) পাতার বহিস্তক পাতলা ও একস্তরীয়
18. কোন স্থানের আপতিত আলোকরশ্মির ওপর যার প্রত্যক্ষ প্রভাব নেই—
    (a) বায়ুমণ্ডলের অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন (b) বাতাসে ভাসমান ধোঁয়া ও ধূলিকণা
    (c) বাতাসের গতিবেগ (d) ভূনক্সার অভিমুখ ও ঢাল
19. সবচাইতে কম তরঙ্গদৈর্ঘ্য সূর্যকিরণের কোন অংশে রয়েছে?
    (a) অবলোহিত আলোক (b) PAR আলোক
    (c) অতিবেগুনি রশ্মি–A (d) অতিবেগুনি রশ্মি–C
20. আলোকের তীব্রতার সঙ্গো সম্পর্ক নেই কোনটির—
    (a) বায়ু প্রবাহের অভিমুখ (b) দৈনিক ও বাৎসরিক ব্যাপ্তিকাল
    (c) পাহাড়ের উচ্চতা ও ঢাল (d) অক্ষাংশ এবং দ্রাঘিমাংশগত অবস্থান
21. যে উদ্ভিদ অতি নিম্ন তাপমাত্রা সইতে পারে তাদের বলে—
    (a) হেকিস্‌টোথার্মস্ (b) মেসোথার্মস্ (c) মেগাথার্মস্ (d) মাইক্রোথার্মস্
22. কোন হ্রদের যে জলস্তরে তাপমাত্রা সুসম হয়—
    (a) এপিলিমনিয়ন (b) হাইপোলিমনিয়ন (c) মেটালিমনিয়ন (d) মেসোলিমনিয়ন
23. কোন অঞ্চলের তাপমাত্রা যার ওপর নির্ভরশীল নয়—
    (a) ঋতু পরিবর্তন (b) ভূপৃষ্ঠের ঢাল ও উচ্চতা
    (c) মাটির খনিজ লবণের মাত্রা (d) অক্ষাংশ

24. তাপমাত্রা সবচাইতে বেশী যে অঞ্চলটিতে—

(a) ট্রপিকাল (b) সাবট্রপিকাল (c) টেম্পারেট (d) অ্যালপাইন

25. লিবিগ্-এর ন্যূনতম সূত্র অনুযায়ী কোন উদ্ভিদ গোষ্ঠির বৃদ্ধি নির্ভর করে যার ওপর—

(a) সকল প্রভাবকসমূহের মোট পরিমাণ (b) সবচাইতে কম মাত্রার প্রভাবক

(c) একাধিক প্রভাবকের অপর্যাপ্ত পরিমাণ (d) ন্যূনতম উদ্ভিদ সংখ্যা

26. ল' অব লিমিটিং ফ্যাক্টর যে বিজ্ঞানী বলেছিলেন—

(a) ব্ল্যাকম্যান (b) শ্যেলফোর্ড (c) লিবিগ (d) ক্লিমেন্টস্

II. সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলী ঃ

1. মাটির আবহবিকার কি?
2. রেসিডুয়াল বা অবশিষ্টাংশ মৃত্তিকা কি?
3. মাটির জীবজগত বা বায়োটা কি কি নিয়ে গঠিত?
4. আদি শিলাউপাদান বা প্যারেন্ট মেটেরিয়াল কি?
5. কোন কোন প্রকার শিলা থেকে মাটি তৈরী হতে পারে?
6. হিউমাস কি?
7. মাটির হিউমাস-এর গুরুত্ব কি কি?
8. ইলিউভিয়েশন এবং স্যালিনাইজেশন কি?
9. আকার অনুযায়ী মাটির বিভিন্ন প্রকার খনিজ কণাগুলির নাম লিখুন।
10. মৃত্তিকা দ্রবণ কি?
11. মাটির বিভিন্ন প্রকার জল কি কি?
12. ভূচিত্র কি?
13. জলের বিভিন্ন কঠিন দশাগুলি কি কি?
14. মাটির বিভিন্ন প্রকার অনুজীবগুলির নাম লিখুন।
15. 'ড্রিজলে' কি?
16. পরিবেশের কোন কোন উপাদান কোন স্থানের আপতিত আলোকরশ্মির ওপর প্রভাব বিস্তার করে?
17. সূর্যকিরণের বিভিন্ন তরঙ্গ দৈর্ঘ্য অনুযায়ী আলোকের প্রকারগুলি কি কি?
18. পৃথিবীর বিভিন্ন স্থানে বিভিন্ন আলোক তীব্রতার কারণগুলি লিখুন।

19. জলাধারের বিভিন্ন গভীরতায় আলোক তীব্রতার বিভিন্নতার কারণগুলি লিখুন।
20. কোন কোন কারণে কোন স্থানের তাপমাত্রা সবসময় এক হয় না?
21. ইউরিথামস্ এবং স্টেনোথামর্স্ কাদের বলে?
22. কোন কোন অঞ্চলের শৈবাল সবচাইতে বেশী এবং সবচাইতে কম তাপমাত্রা সইতে পারে?
23. গভীর জলাশয় বা হ্রদের তাপমাত্রাগত স্তরগুলি কি কি?
24. লিমিটিং ফ্যাক্টর বলতে কি বোঝায়?
25. লিবিগ এর নূন্যতম সূত্রটি লিখুন।

III. রচনাধর্মী প্রশ্ন ঃ

1. মাটির উৎপত্তি সম্বন্ধে টীকা লিখুন।
2. মাটির সংগঠন প্রক্রিয়া সংক্ষেপে বর্ণনা করুন।
3. মাটির উপাদানগুলির বর্ণনা দিন।
4. চিহ্নিত চিত্রের সাহায্যে ভূচিত্রের প্রধান স্তরগুলির বৈশিষ্ট্য লিখুন।
5. জলের বিভিন্ন প্রকার অধঃক্ষেপনের বর্ণনা দিন।
6. ভূপ্রকৃতি ও পরিবেশের নানা উপাদান কিভাবে আলোকের ওপর প্রভাব বিস্তার করে?
7. বনভূমির এবং জলাধারের বিভিন্ন স্তরে আলোকের ব্যাপ্তি কেমন তা কারণসহ লিখুন।
8. কোন একটি নির্দিষ্ট অঞ্চলের তাপমাত্রা কোন কোন কারণে পরিবর্তিত হয়?
9. কোন কোন কারণে পৃথিবীর বিভিন্ন স্থানে তাপমাত্রার পার্থক্য দেশা যায়?
10. বিজ্ঞানী শ্যেলফোর্ড-এর সহনশীলতা তত্ত্ব রেখচিত্রসহ বর্ণনা করুন।

5.9 উত্তরমালা (Answers)

I. বহু নির্বাচনী প্রশ্নের উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
উত্তর :	a	d	b	c	d	b	c	c	d	d

5.9 উত্তরমালা (Answers)

প্রশ্নের সংখ্যা :	11	12	13	14	15
উত্তর :	b	a	c	d	a

প্রশ্নের সংখ্যা :	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
উত্তর :	d	d	c	d	a	a	b	c	a	b	a

II. সংক্ষিপ্ত প্রশ্নের উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4	5	6	7	8
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	5.2.1	5.2.1	5.2.2.1	5.2.2	5.2.2	5.2.2.1	5.2.2.1	5.2.2.2

প্রশ্নের সংখ্যা :	9	10	11	12	13	14	15
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	5.2.3.1	5.2.3.3	5.2.3.5	5.2.4	5.3.1.1	5.2.2.1	5.3.2

প্রশ্নের সংখ্যা :	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	5.4.1	5.4.2	5.4.2	7.2	5.4.2	5.5.1	5.5.2	5.5.2	5.6	5.6

III. রচনাধর্মী প্রশ্নের উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4	5
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	5.2.1	5.2.2.2	5.2.3.1	5.2.4	5.3.2

প্রশ্নের সংখ্যা :	6	7	8	9	10
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	5.4.1	5.4.2	5.5.1	5.5.1	5.6

একক–6 : আবহমণ্ডল এবং উদ্ভিদের প্রতিক্রিয়া–I : লবনাম্বু উদ্ভিদ এবং জাঙ্গল উদ্ভিদের অঙ্গসংস্থানিক, শারীরস্থানিক এবং শারীরবৃত্তীয় অভিযোজন (Atmosphere and plant responses–I : Morphological, anatomical and physiological adaptations of Halophytes and Xerophytes)

গঠন **(Structure)**

6.0 উদ্দেশ্য **(Objectives)**

6.1 প্রস্তাবনা **(Introduction)**

6.2 আবহমণ্ডল-সাধারণ ধারণা **(Atmosphere–a general idea)**

6.3 আবহমণ্ডলের বিভিন্ন প্রভাবক সমূহে উদ্ভিদ প্রতিক্রিয়া **(Plant responses to different)**

6.4 লবনাম্বু উদ্ভিদের অভিযোজন **(Adaptations of Halophytes)**

6.4.1 অঙ্গাসংস্থানিক অভিযোজন **(Morphotogical adaptations)**

6.4.2 শারীর স্থানিক অভিযোজন **(Anatomical adaptations)**

6.4.3 শারীরবৃত্তীয় অভিযোজন **(Physiological adaptations)**

6.5 জাঙ্গল উদ্ভিদের অভিযোজন **(Adaptations of Xerophytes)**

6.5.1 অঙ্গাসংস্থানিক অভিযোজন **(Morphological adaptations)**

6.5.2 শারীরস্থানিক অভিযোজন **(Anatomical adaptations)**

6.5.3 শারীরবৃত্তীয় অভিযোজন **(Physiological adaptations)**

6.6 সারাংশ **(Summary)**

6.7 প্রশ্নাবলী **(Questions)**

6.8 উত্তরমালা **(Answers)**

D: \ Suvendu \ NSOU\NEP/ 5CC-BT-02
Unit- 5-8 \ 2ndProof \ (Dt. 19.03.2025)

6.0 উদ্দেশ্য (Objectives)

এই এককটি পাঠ করে আমরা নিম্নলিখিত বিষয়গুলি সম্বন্ধে সম্যক ধারণা তৈরি করতে পারব।

- আবহমণ্ডল এবং ইহার আস্তরণ বিন্যাস।
- আবহমণ্ডলের প্রভাবকগুলির সাপেক্ষে বিভিন্ন উদ্ভিদ প্রজাতির প্রতিক্রিয়া।
- লবনাম্বু উদ্ভিদের বিভিন্ন প্রকার অভিযোজনগত বৈশিষ্ট্য।
- জাঙ্গাল উদ্ভিদের মুখ্য প্রকারভেদ ও বিভিন্ন অভিযোজনগত বৈশিষ্ট্য।

6.1 প্রস্তাবনা (Introduction)

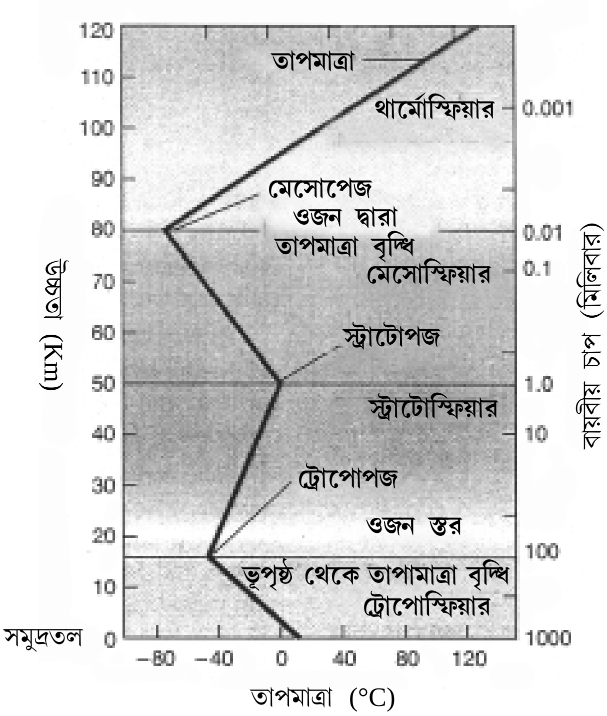
পৃথিবীকে আবৃত করে বায়ুর বিভিন্ন উপাদান নিয়ে যে সুরক্ষা বলয় বা আস্তরণ রয়েছে তাহাই আবহমণ্ডল। ইহার চারটি প্রধান উপাদান হল আলোক, তাপমাত্রা, বাতাস ও জল। পৃথিবীর কোন স্থানের ভৌগোলিক অবস্থান, ভূচিত্র ও ভূপ্রকৃতির ওপর নির্ভর করে সেখানকার আপতিত আলোকের তীব্রতা, তাপমাত্রা, বাতাসের গতি ও অভিমুখ, বায়ুর আর্দ্রতা এবং মৃত্তিকা জলের পরিমান। বায়ুমণ্ডলের এই উপাদানগুলি একে ওপরকে প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষ ভাবে প্রভাবিত করে। যেমন, আলোক তাপমাত্রাকে প্রভাবিত করে, তাপমাত্রা আবার বাতাসের আর্দ্রতাকে অনেকাংশে প্রভাবিত করে। কোন অঞ্চলে বৃষ্টিপাতের হার বেশি হলে তা বায়ুর ও মাটির আর্দ্রতা বৃদ্ধি করে এবং পরোক্ষভাবে তাপমাত্রার ওপরে প্রভাব বিস্তার করে। এই উপাদানগুলি সমষ্টিগতভাবে কোনো অঞ্চলের উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের গঠন ও প্রকৃতি নির্ধারণে করে।

সমুদ্র উপকূলবর্তী অঞ্চল, বিভিন্ন দ্বীপ, ভূখণ্ড, আন্তঃদেশীয় লবণাক্ত জলাভূমির শারীরবৃত্তীয় শুষ্ক মৃত্তিকায় যে সকল লবনাম্বু ও ম্যানগ্রোভ উদ্ভিদ জন্মায় তাদের স্বাভাবিক বিপাকক্রিয়া, বৃদ্ধি ও অন্যান্য শারীরবৃত্তীয় ক্রিয়া নোনা জলের কারণে ব্যাপকভাবে প্রভাবিত হয়। বায়ুবিহীন নোনা কর্দম মৃত্তিকায় জন্মানো উদ্ভিদে নানা প্রকার অঙ্গসংস্থানিক, শারীরবৃত্তীয় অভিযোজন দেখা যায়। এর ফলে এইসকল উদ্ভিদেরা পারিপার্শ্বিক পরিবেশের সঙ্গে নিজেদের সুস্থিতি বজায় রেখে নিজেদের অস্তিত্ব বজায় রাখতে সক্ষম।

আবার, মরু অঞ্চলের চরম তাপমাত্রা ও বৃষ্টিপাত কম হওয়ার কারণে ও বালুপ্রধান মৃত্তিকার জল ধারণ ক্ষমতা কম হওয়ার ফলে সেখানকার পরিবেশ শুষ্ক প্রকৃতির। এই অঞ্চলে যে সকল উদ্ভিদ জন্মায় তাদের প্রজাতি ও প্রকৃতি অনুযায়ী বিশেষ বাস্তুসংস্থানগত অভিযোজন দেখা যায়।

6.2 আবহমণ্ডল—সাধারণ ধারণা (Atmosphere–a general idea)

ভূপৃষ্ঠ থেকে 300 কিলোমিটার উচ্চতা পর্যন্ত আবহমণ্ডল বা বায়ুর আস্তরণ বিদ্যমান। সমগ্র বায়ুর (total air) 95% অবস্থান করে পৃথিবী পৃষ্ঠের 20 কিলোমিটারের মধ্যে। অবশিষ্ট 5% বায়ু থাকে 20 কিলোমিটার থেকে 300 কিলোমিটার আস্তরণের মধ্যে। অর্থাৎ এখানে বায়ুর ঘনত্ব অস্বাভাবিক কম। বায়ুমণ্ডলকে সাধারণত চারটি ভাগে ভাগ করা যায়, যেমন—



চিত্র 6.1 : আবহমণ্ডলের বিভিন্ন স্তর এবং তাদের উচ্চতা, তাপমাত্রা ও বায়ুচাপ

1. **নিম্নাকাশ ক্ষুব্ধমণ্ডল বা ট্রপোস্ফিয়ার (Troposphere) :** ভূপৃষ্ঠ থেকে 12 কিলোমিটার উচ্চতা অবধি ব্যাপ্ত এই ট্রপোস্ফিয়ার। এখানে নিরন্তর ঝড় এবং ধুলোর প্রবাহ দেখা যায়।

2. **মধ্যাকাশ মণ্ডল বা স্ট্রাটোস্ফিয়ার (Stratosphere) :** 12 কিলোমিটার থেকে 60 কিলোমিটার পর্যন্ত ব্যাপ্ত এই স্ট্রাটোস্ফিয়ার। এখানকার বায়ু পাতলা, ধুলো-ধোয়া বিহীন। এখানে উষ্ণতা 90°C পর্যন্ত ওঠে। স্ট্রাটোস্ফিয়ার এর 10–25km পর্যন্ত ওজোন স্তর (O_3 স্তর) বিস্তৃত। ইহা সকল জীবকুলকে UV রশ্মির ক্ষতিকর প্রভাব থেকে রক্ষা করে।

3. **উচ্চাকাশ মণ্ডল বা মেসোস্ফিয়ার (Mesorphere) :** পৃথিবী পৃষ্ঠের ওপর 60 কিলোমিটার

থেকে 100 কিলোমিটার পর্যন্ত ব্যপ্ত এই মেসোস্ফিয়ার। উচ্চতার সাথে এই অঞ্চলে তাপমাত্রা হ্রাস পেতে থাকে। মেসোস্ফিয়ার এর সর্বনিম্ন সীমার তাপমাত্রা –2°C এবং সর্বোচ্চ সীমার তাপমাত্রা –80°C পর্যন্ত হ্রাস পায়। ইহার ওপরের সীমা বা বাউন্ডারী (Boundary) কে মেসোপজ (Mesopause) বলে। মেরু অঞ্চলে এই বাউন্ডারীর তাপমাত্রা –109°C-এ নামে।

4. **থার্মোস্ফিয়ার বা আয়নোস্ফিয়ার (Thermosphere or ionosphere) :** মেসোস্ফিয়ার-এর ওপর থেকে প্রায় 500 কিলোমিটার পর্যন্ত ব্যাপ্ত এই থার্মোস্ফিয়ার। ইহা সম্পূর্ণ সূর্যকিরণে উন্মুক্ত। এখানে তাপমাত্রা উচ্চতার সঙ্গে আবার দ্রুত বৃদ্ধি পায়। মেসোস্ফিয়ারের সর্বোচ্চ স্তরের –80°C তাপমাত্রা ক্রমে বৃদ্ধি পেয়ে থার্মোস্ফিয়ার এর বাইরের বাউণ্ডারী থার্মোপজ (thermopause)-এ তাপমাত্রা 1500°C এ পৌঁছায়। সূর্যকিরণ এবং মহাজাগতিক রশ্মি (cosmic ray) এখানকার অক্সিজেন, হিলিয়াম এবং হাইড্রোজেনকে তাদের পারমানবিক (atomic form) রূপে ভেঙে দেয়। এই কারণে এই মণ্ডলকে আয়নোস্ফিয়ারও বলে।

6.3 আবহমণ্ডলের বিভিন্ন প্রভাবকে উদ্ভিদ প্রতিক্রিয়া (Plant responses to different atmospheric factors)

আবহমণ্ডল বা বায়বীয় পরিবেশের (atmosphere) প্রধান প্রভাবকগুলি হল আলোক, উষ্ণতা, বায়ুর গতিবেগ ও আর্দ্রতা, বৃষ্টিপাত ইত্যাদি। এই সকল প্রভাবকগুলির মাত্রা ও স্থায়িত্ব কোন স্থানের ভূচিত্রের প্রকৃতি যেমন উচ্চতা, পাহাড়, সমুদ্র ও মরুভূমি থেকে দূরত্ব ও অভিমুখ, সমতল বা ঢালু পৃষ্ঠতল, অক্ষাংশ এবং দ্রাঘিমাংশগত অবস্থান ইত্যাদির ওপর নির্ভর করে। মৃত্তিকার ন্যায় আবহমণ্ডল কোন অঞ্চলের উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের আকৃতি, প্রকৃতি ও গঠন নিয়ন্ত্রণ করে। তাই পৃথিবী পৃষ্ঠের বিভিন্ন অংশে ভিন্ন ভিন্ন পরিবেশ যেমন শুষ্ক-উষ্ণ অঞ্চল, আদ্র-উষ্ণ, শুষ্ক-শীতল, আর্দ্র-শীতল নাতিশীতোষ্ণ, অতি শীতল প্রভৃতি অঞ্চলে ভিন্ন ভিন্ন উদ্ভিদ সম্প্রদায় দেখা যায়।

পরিবেশের প্রতিটি প্রভাবকের সাপেক্ষে প্রতিটি উদ্ভিদ প্রজাতির চরম সহনিয়তা (maximum tolerance), এবং সর্বোত্তমমাত্রা (optimum level) ভিন্ন ভিন্ন হয়। বিভিন্ন উদ্ভিদ প্রজাতির নানা বিস্তারঅঙ্গ (propagules) জল, বায়ু, প্রাণী প্রভৃতি বাহকের মাধ্যমে ব্যাপকভাবে নানাস্থানে ছড়িয়ে পড়ে।

এইভাবে কোন স্থানে বিভিন্ন উদ্ভিদ প্রজাতির বিস্তারঅঙ্গ অনুপ্রবেশ করে। পরিবেশের নানা প্রভাবকের সাপেক্ষে অনুকূল (favourable) প্রজাতি সমূহ সেই অঞ্চলে বসবাস এবং বংশবিস্তার করতে সফল হয়। বসবাস ও বংশবিস্তারে আংশিক ভাবে সফল কিছু কিছু প্রজাতি বংশানুক্রম ধীরে ধীরে অভিযোজিত হয়।

এইভাবে দেখা যায় যে উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের অনেক প্রজাতি কোন অঞ্চলের বায়বিয় পরিবেশের সঙ্গো তাৎক্ষণিক ভাবে সাড়া দেয়। আবার বেশকিছু প্রজাতি ধীরে ধীরে অর্জিত অভিযোজনগত প্রকরণের (adaptive variation) মাধ্যমে পরিবেশে এমনভাবে সাড়া দেয় যার ফলে উদ্ভিদ সম্প্রদায় ও বায়ুমণ্ডলের মধ্যে স্থায়ী ভারসাম্য (stable equilibrium) গড়ে ওঠে। এইভাবে ভূপৃষ্ঠের ভিন্ন ভিন্ন অঞ্চলে সেখানকার বায়ুমণ্ডল বৈশিষ্ট সূচক (characteristic) উদ্ভিদ সম্প্রদায় গড়ে ওঠে। অর্থাৎ ভূপৃষ্ঠে উদ্ভিদের বন্টনে জলবায়ুর প্রভাব বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ।

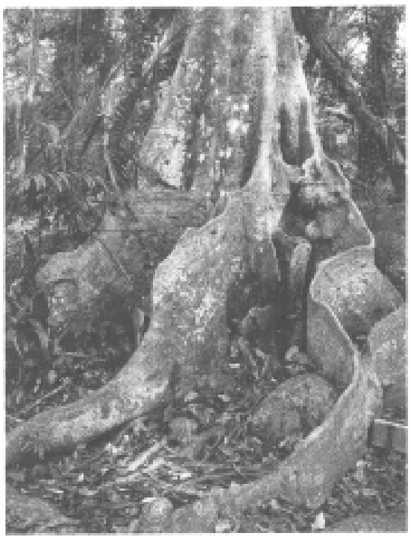
6.4 লবনাম্বু উদ্ভিদের অভিযোজন (Adaptations of Halophytes)

যে সকল উদ্ভিদ অত্যাধিক লবণদ্রবণে সম্পৃক্ত মাটিতে জীবন ধারণ করতে পারে তাদের লবণাম্বু উদ্ভিদ বা হ্যালোফাইট বলে। এই মাটিতে উচ্চ ঘনত্বের লবণাক্ত জল প্রচুর পরিমাণে থাকলেও আন্তঃঅভিস্রাবণ প্রক্রিয়ায় উদ্ভিদ তা শোষণ করতে পারে না। তাই ইহাকে শারীরবৃত্তীয় শুষ্ক মাটিও (physiologically dry soil) বলে। উপরন্তু এই পরিবেশে জীবনধারণের জন্য এদের কোষরসের (cell sap) অভিশ্রবণ চাপ (osmotic pressure) স্বাভাবিক মেসোফাইটদের থেকে বেশ কয়েকগুন বেশী হয়। এদের উপকূলবর্তী মোহনা থেকে শুরু করে অন্তঃদেশীয় শুষ্কভূমির দূরতম লবণ হ্রদ (salt lake) পর্যন্ত প্রাকৃতিক ভাবেই জন্মাতে দেখা যায়।

লবণাম্বু উদ্ভিদ প্রধানত নালিকাবাণ্ডিল যুক্ত বীরুৎ, গুল্ম এবং বৃক্ষ জাতীয় উদ্ভিদ। লবণাক্ত বাসস্থানে (saline habitat) বিভিন্ন স্বপুষ্পক উদ্ভিদগোত্র যেমন—রাইজোফোরেসী, (Rhizophoraceae), চিনোপোডিয়েসী (Chenopodiaceae), আইজোয়েসী (Aizoaceae), কমব্রিটেসী (Combretaceae), অ্যাভিসিনিয়েসী (Avicenniaceae), লিথ্রেসী (Lythraceae), অ্যাকানথেসী (Acanthaceae), এরিকেসী (Arecaceae), পোয়েসী (Poaceae) প্রভৃতির প্রশস্ত বিস্তার দেখা যায়।

6.4.1 অঙ্গাসংস্থানগত অভিযোজন (Morphological adaptations)

- লবণাম্বু উদ্ভিদের মূলতন্ত্র খুব উন্নত প্রকৃতির। প্রধানত বৃক্ষজাতীয় উদ্ভিদের মূল কর্দমাক্ত মাটিকে আঁকড়ে জালিকার ন্যায় অনুভূমিক মূল চারদিকে বিস্তার লাভ করে এবং যা একদিকে দৃঢ়তা প্রাপ্ত হয় অন্যদিকে মাটিরক্ষয় রোধ করে। এছাড়াও ঠেঁস মূল (stilt root), বুট বাট্রিস (root buttresses) উদ্ভিদের হেলে যাওয়া রোধ করে।



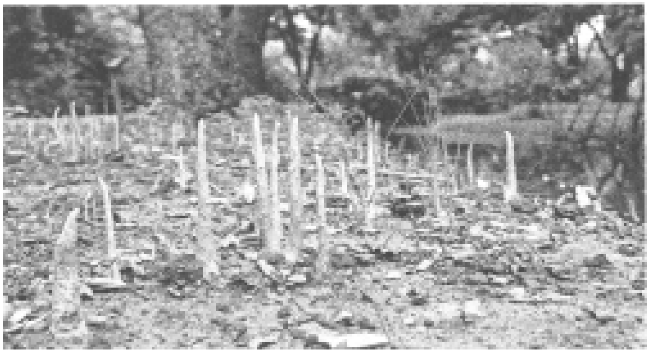
(a) রুট বাট্রিস

(b) ঠেঁস মুল

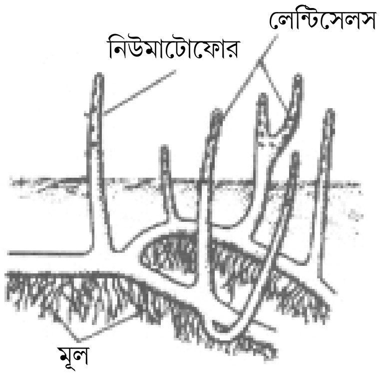
(c) জালিকার ন্যায় অনুভূমিক মূল

চিত্র 6.2 (a), (b), (c) : লবনাম্বু উদ্ভিদকে দৃঢ়তা প্রদানকারী মূল

- লবনাক্ত জলা মাটিতে বায়ু চলাচল না থাকায় মূলের শ্বসনকার্যের জন্য বেশ কিছু মূল অভিকর্ষের বিপরীতে বৃদ্ধি পায়। এদের বহিত্বকে অসংখ্য রন্ধ্র থেকে যার মধ্য দিয়ে বায়ুর আদানপ্রদান ঘটে। এই মূলকে শ্বাসমূল বা নিউমাটোফোর (Pneumatophores) বলে। উদাহরণ—রাইজোফারা (*Rhizophora* sp), সোনেরেসিয়া (*Sonneratia* sp) প্রভৃতি।



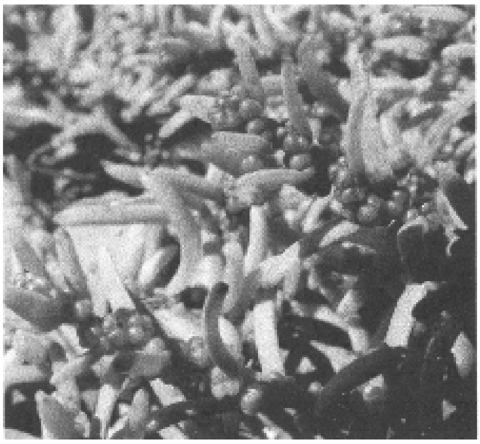
(a)



(b)

চিত্র 6.3 (a), (b) : লবনাম্বু উদ্ভিদের শ্বাসমূল

- বীরুৎ জাতীয় লবণাম্বু উদ্ভিদ যেমন এট্রিপ্লেক্স (*Atriplex* sp.), সুয়েডা (*Suaeda* sp.) প্রভৃতির ক্ষেত্রে কাণ্ড শায়িত শাখান্বিত হয় যা উদ্ভিদের মাটির সঙ্গে সংযোগ দৃঢ়তর করে। এরা রসালো প্রকৃতির উদ্ভিদ হয়।



(a) *Sueada* sp.

(b) *Atriplex* sp.

চিত্র 6.4 (a), (b) : বীরুৎ জাতীয় রসালো লবনাম্বু উদ্ভিদ

- পরিবেশ খুব বেশী সহায়ক না হওয়ায় উদ্ভিদগুলির উচ্চতা কম হয়। এরা খর্বাকার ও গম্বুজাকার হয়ে থাকে।

- কিছু কিছু লবণাম্বু উদ্ভিদ রসালো হয়ে থাকে।
- লবণাম্বু উদ্ভিদের পাতা পুরু, আকৃতি রেখাকার, চমসাকার, ডিম্বাকার, গোলাকার হয়। কোন ক্ষেত্রে পাতা চকচকে মসৃণ হয় যেমন, রাইজোফোরা (*Rhizophora* sp.)। অনেক ক্ষেত্রে পাতার আকৃতি ক্ষুদ্র বা শল্কের ন্যায় হয় (*Tamarix gallica*)। অনেকের পাতায় মোমের আস্তরণ থাকে যেমন রাইজোফোরা (*Rhizophora* sp.), ব্রুগুয়িরা (*Bruguiera* sp.), স্পাইনিফেক্স (*Spinifex* sp.) প্রভৃতি।

6.4.2 শারীরস্থানিক অভিযোজন (Anatomical adaptations)

(a) লবণাম্বু উদ্ভিদের পাতায় কোষরসের পরিমাণ বেশী, ক্লোরোফিলের পরিমাণ কম এবং কোষান্তর স্থানগুলো ছোট হওয়ায় এদের পাতাগুলো খসখসে, পুরু এবং রসাল হয় (succulent)।

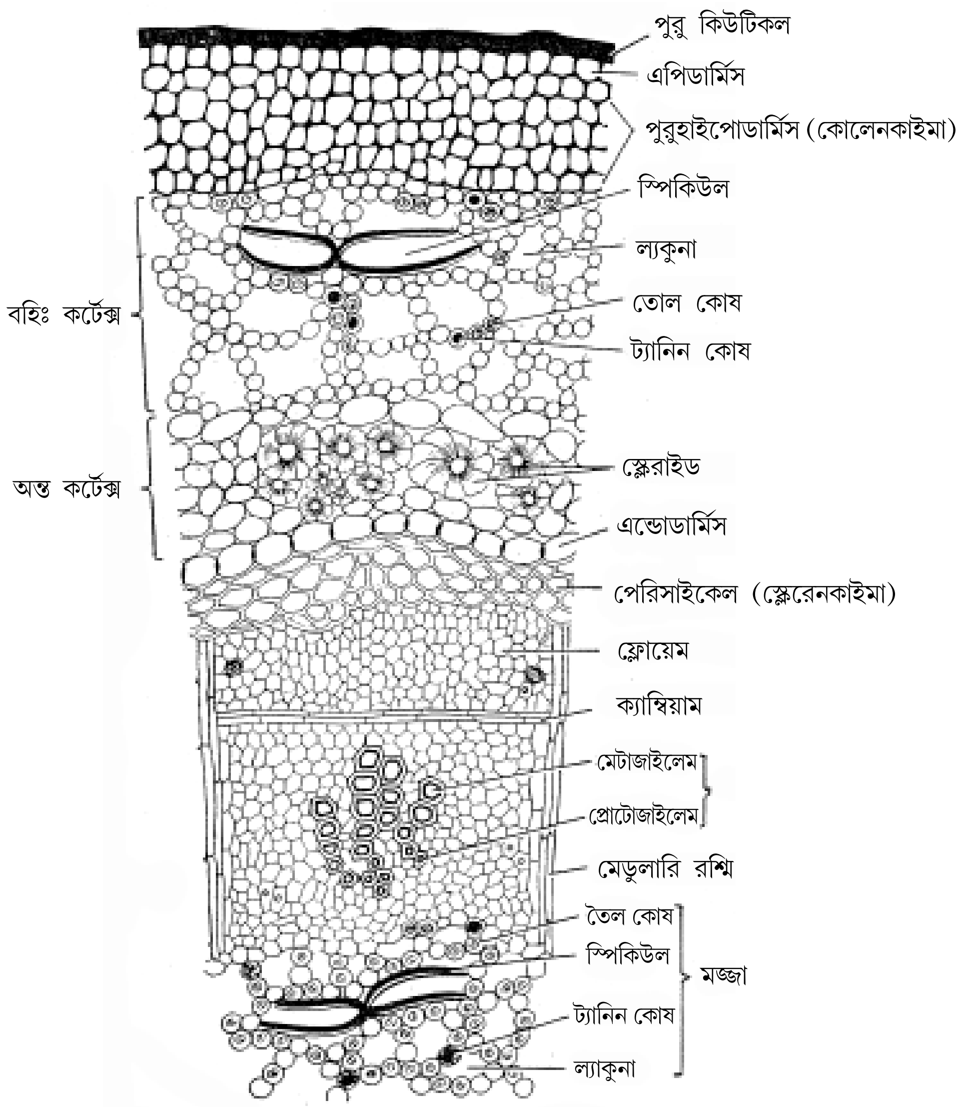
(b) এদের পাতায় সালোকসংশ্লেষকারী কলার মধ্যে মিউসিলেজ কোষ থাকে। যেমন—অ্যাজিসেরাস (*Aegiceras*)।

(c) কিছু উদ্ভিদের ক্ষেত্রে প্যালিসেড কলায় স্টোন সেল প্রকৃতির ইডিওব্লাস্ট (idiolbasts) দেখা যায়, যেমন—রাইজোফোরা (*Rhizophora*), সোনেরোটিয়া (*Sonneratia*) ইত্যাদি।

(d) পাতার পত্ররন্ধ্রগুলো নিম্নীভূত (sunken) অথবা ত্বকের একই তলে থাকে।

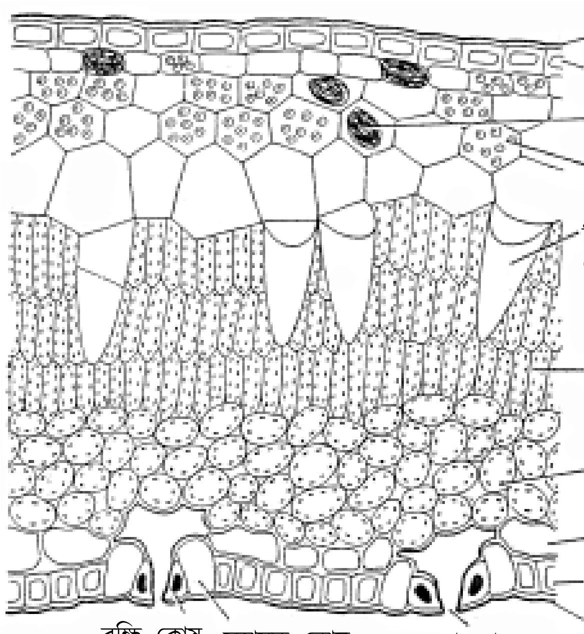
(e) উদ্ভিদের ত্বক মোমের আস্তরণ অথবা রোম দিয়ে আবৃত থাকে।

(f) লবণাম্বু উদ্ভিদে লিগনিনযুক্ত কাষ্ঠল কোষ অতি দুর্বল মাত্রায় থাকে।



(a) *Rhizophora* : অগ্রস্থ কাণ্ডের প্রস্থচ্ছেদ

চিত্র 6.5 (a) : লবনাম্বু উদ্ভিদের শারীরস্থানিক অভিযোজন



(b) *Rhizophora* : পার্শ্বিয় পত্রফলকের প্রস্থচ্ছেদ

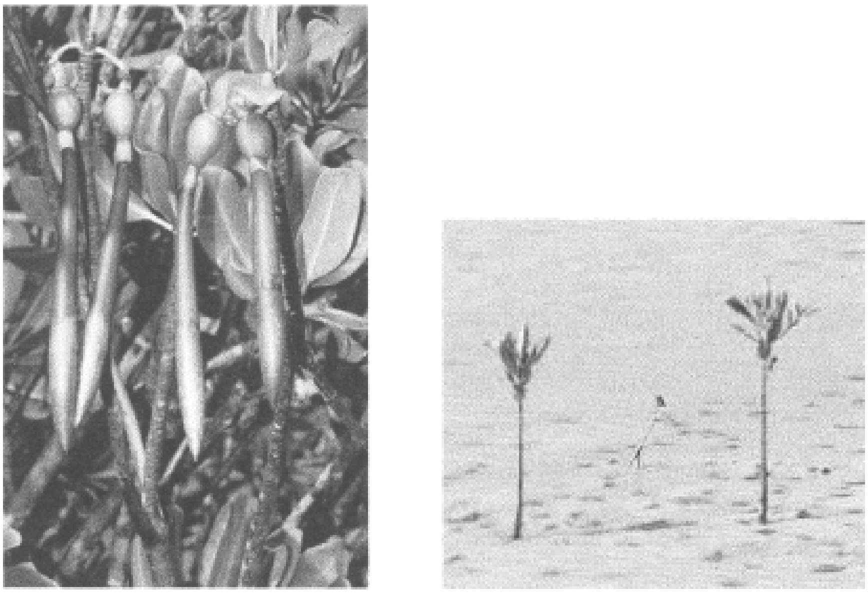
চিত্র 6.5 (b) : লবনাম্বু উদ্ভিদের শারীরস্থানিক অভিযোজন

6.4.3 শারীরবৃত্তীয় অভিযোজন (Physiological adaptations)

(a) শ্বাসকার্য (Respiration) : জলমগ্ন লবণাক্ত মাটিতে অক্সিজেনের পরিমাণ খুব কম থাকায় লবণাম্বু উদ্ভিদের মাটির নিচের অংশের কোষগুলোর মধ্যে শ্বাসকার্যের অসুবিধা হয়। শ্বাসকার্যের এই অসুবিধা দূর করবার জন্য এদের কিছু শাখামূল মাটি ভেদ করে উপরের দিকে মুক্ত বায়ুতে খাড়াভাবে উঠে আসে। এই ধরনের মূলকে শ্বাসমূল (pneumatophores) বলে। যেমন— রাইজোফোরা (*Rhizophora*), সোনেরেসিয়া (*Sonneratia*), সুন্দরী (*Heritiera littoralis*) ইত্যাদি। কখনও কখনও রাইজোফোরার স্তম্ভমূল আবার শ্বাসমূলের কাজ করে।

(b) বীজের অঙ্কুরোদগম (Germination of seeds) : বহু লবণাম্বু উদ্ভিদের বীজ লবণাক্ত ও অল্প অক্সিজেনযুক্ত মাটিতে অঙ্কুরিত হতে পারে না। ইহাদের ফলগুলো উদ্ভিদের শাখায় যুক্ত থাকা অবস্থায় ফলের মধ্যেই বীজের অঙ্কুরোদগম শুরু হয়। এই সময় প্রথম ভ্রূণমূল বের হয় এবং শেষে ভ্রূণমূলটি দীর্ঘ, শক্ত, সরল, স্থূল ও সূঁচাল অগ্রভাগযুক্ত বীজপত্রকাণ্ডে

(Hypocotyle) পরিণত হয়। এই অবস্থায় ফল উদ্ভিদ শাখা থেকে খসে পড়ে বীজপত্রকাণ্ডের সাহায্যে মাটিতে গেঁথে যায় এবং সঙ্গো সঙ্গো অঙ্কুরিত বীজটি মাটিতে স্থাপিত হয়। এরপরই ভ্রূণমুকুল (Plumule) বের হয়। এই পদ্ধতিকে জরায়ুজ অঙ্কুরোদগম (Viviparous germination or Vivipary) বলে। যেমন—রাইজোফোরা (*Rhizophora*), ব্রুগুইয়েরা (*Bruguiera*), গরান (*Ceriops*) ইত্যাদি।



(a) (b)

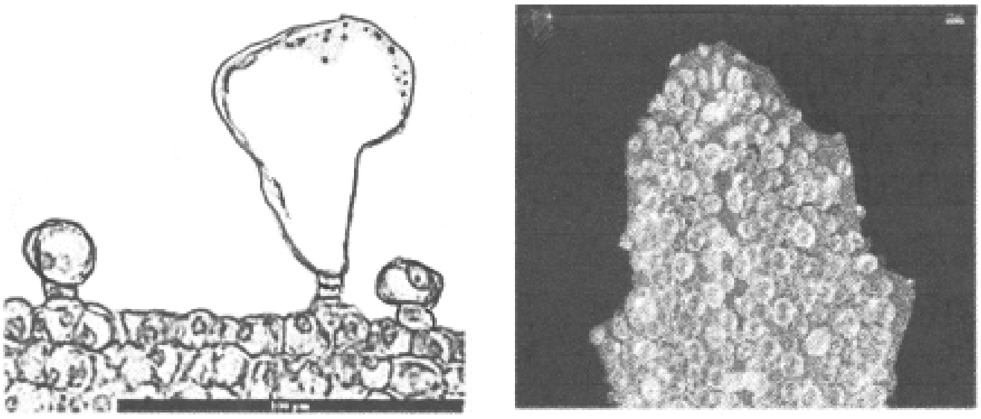
চিত্র 6.6 (a), (b) : জরায়ুজ অঙ্কুরোদ্গম

(c) বাষ্পমোচন (Transpiration) : শারীরবৃত্তীয় শুষ্ক মৃত্তিকায় জন্মানোয় এদের বাষ্পমোচন হার কম হয়।

(d) লবন এড়িয়ে চলা এবং লবন সহিষ্ণুতার প্রক্রিয়া (Salt avoidance and salt tolerance mechanism) : কিছু কিছু লবণাম্বু উদ্ভিদ লবনাক্ত পরিবেশে জন্মালেও তাদের জনন ও জীবন চক্র খুব অল্প সময়ের মধ্যে সম্পন্ন করে। প্রধানত বর্ষাকালে যখন লবণের ঘনত্ব কম থাকে তখন ইহা সম্পন্ন হয়। এইভাবে তারা নিজেদের লবন প্রভাব মুক্ত রাখে বা লবণ এড়িয়ে চলে (salt avoidance)।

কিছু লবণাম্বু উদ্ভিদ শরীরের অতিরিক্ত লবন পাতার জলরন্ধ্র বা হাইডাথোড (hydathode)-এর মাধ্যমে বের করে দেয়। কখনো পাতায় লবন গ্রন্থী (salt glands)-র মধ্যে প্রচুর পরিমাণে

প্রয়োজনাতিরিক্ত লবন সঞ্চয় করে যা পরবর্তীকালে পত্র মোচনের মাধ্যমে পরিত্যক্ত হয়। এইভাবে উদ্ভিদের আভ্যন্তরীণ পরিবেশে লবনের স্বাভাবিক মাত্রা বজায় থাকে।



(a) পাতার প্রস্থচ্ছেদের দৃশ্য (b) পাতার উপরিতলের দৃশ্য

চিত্র 6.7 (a), (b) : লবনাম্বু উদ্ভিদের পাতায় লবণগ্রন্থি

(e) **কোষরসের উচ্চ অভিস্রবণ ঘনত্ব বজায় রাখা (Maintenance of high osmotic concentration within cell sap) :** লবণাম্বু উদ্ভিদের দেহকোষগুলি বাহ্যিক লবনাক্ত পরিবেশে বহিঃঅভিস্রবণ প্রক্রিয়ায় প্লাজমোলাইসিস দ্বারা যাতে কুঞ্চিত না হয়ে যায় সেইজন্য কোষরসের অভিস্রবণ ঘনত্ব যথেষ্ট পরিমাণ বৃদ্ধি পায়।

কোষগহ্বর এবং অন্যান্য সাইটোপ্লাজম এর প্রকোষ্ঠতে Na^+ এবং Cl^- সঞ্চয় করে কোষের অভিস্রবণ চাপ (osmotic pressure) বৃদ্ধি করে। এর ফলে কোষ লবনাক্ত বাহ্যিক পরিবেশেও তার স্ফীত দশা বজায় রাখে ও স্বাভাবিক বিপাকক্রীয়া অক্ষুণ্ণ রাখে। এর দ্বারা লবনাক্ত মাটি কিংবা সমুদ্র থেকে জল শোষণ করতে পারে। লবণাম্বু উদ্ভিদের কোষরসের অভিস্রবণ ঘনত্ব স্বাভাবিক স্থলজ উদ্ভিদ (mesophyte) অপেক্ষা প্রায় 12 গুণ (12 times) পর্যন্ত বেশী হতে পারে।

(f) **CO_2 ঘনত্ব বৃদ্ধির প্রক্রিয়া (Increase of CO_2 concenantration mechanism) :** বেশ কিছু লবণাম্বু উদ্ভিদে (যেমন *Spartina anglica*) C_4 চক্র দেখা যায়। এরা সালোকসংশ্লেষ হার বৃদ্ধি করতে Rubisco-এর চারিপার্শ্বে CO_2-এর মাত্রা বৃদ্ধি করে।

(g) **বিপাক ক্রিয়া সংরক্ষক জৈব দ্রাবক সংশ্লেষণ (Synthesis of some organic solute as metabolic protectants) :** অধিকাংশ লবণাম্বু উদ্ভিদ "সহায়ক দ্রাবক" (Compatible solute) রূপে বেশ কিছু জৈবপদার্থ যেমন গ্লুকোজ, সুক্রোজ, গ্লিসেরল, ম্যানিটল, পিনিটল,

প্রোলিন, এসপ্যারাজিন, বিটেইনস্, মিথাইল যুক্ত সালফার যৌগ DMSP (Dimethyl sulphoniopropionate) প্রভৃতি সংশ্লেষ ও সঞ্চয় করে। এই সকল অসমোলাইট দ্রাবকসমূহ উচ্চ অভিস্রবণ চাপ সৃষ্টি করে কোষের সকল উৎসেচকের কর্মক্ষমতা স্বাভাবিক রাখে। এছাড়াও এরা নানাভাবে কোষের বিপাক ক্রিয়ার স্বাভাবিকতা বজায় রাখে।

6.5 জাঙ্গাল উদ্ভিদের অভিযোজন (Adaptations of Xerophytes)

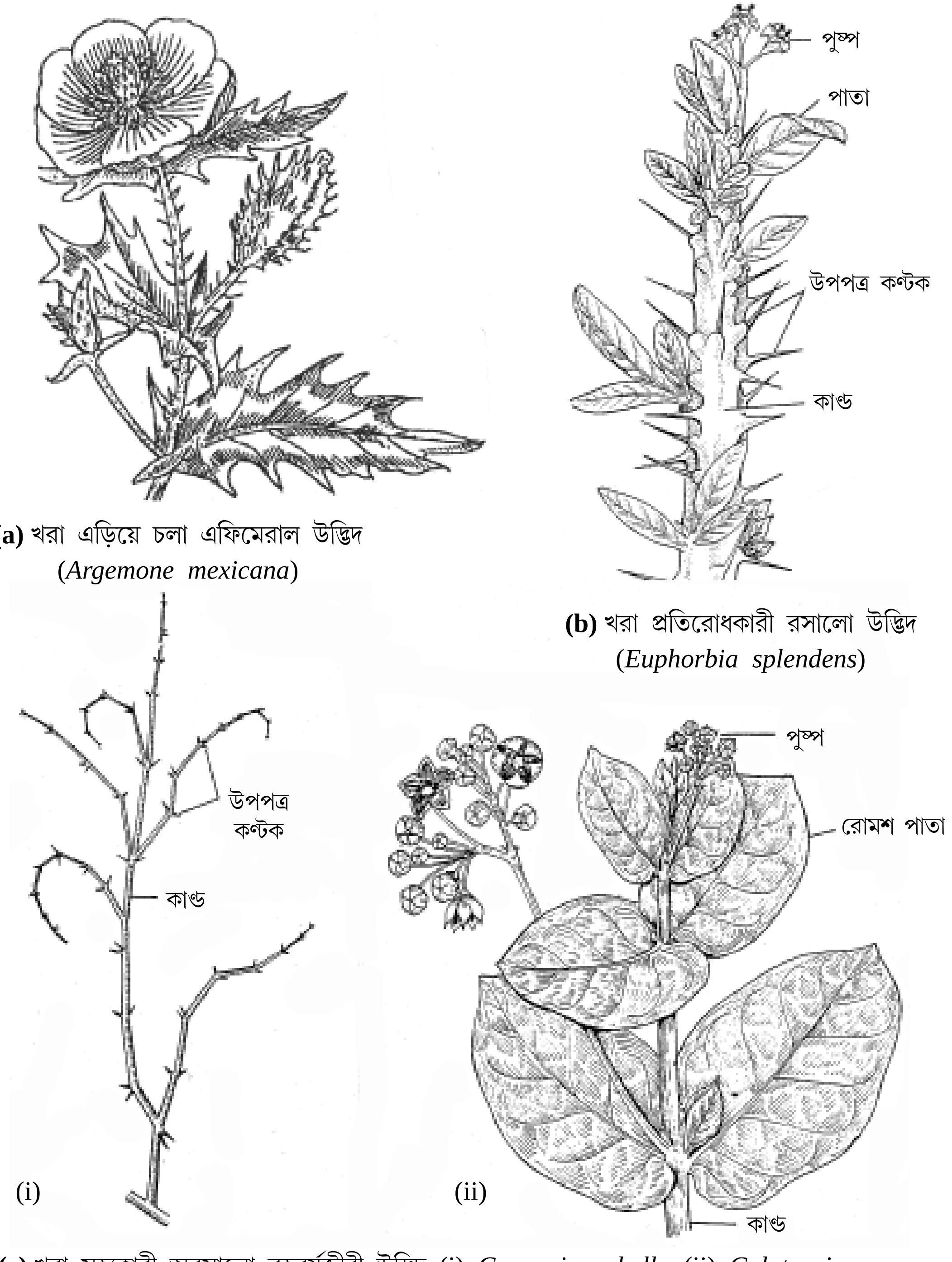
সাধারণভাবে জেরোফাইট বা জাঙ্গাল উদ্ভিদ বলতে শুষ্ক মৃত্তিকার উদ্ভিদ বোঝায়। এই অঞ্চলের উদ্ভিদেরা দেহের কোন ক্ষতি না করে নিজেদের দেহের অঙ্গাসংস্থানের ও শারীরবৃত্তীয় ক্রিয়ার পরিবর্তন ঘটিয়ে শুকনো পরিবেশের সঙ্গো মোকাবিলা করে বেঁচে থাকতে পারে (Oppenheimer, 1960)। ডাউবেনমায়ার এর মতে (Doubenmiere 1950) এর মতে যে মাটিতে স্বাভাবিক সময়েই (normal season) উদ্ভিদের বৃদ্ধির প্রয়োজনীয় জলের (growth water) গভীরতা 2 ডেসিমিটার বা তার বেশী কমে যায় সেই মাটিতে যে সকল উদ্ভিদ বেঁচে থাকে তাদের জেরোফাইট বলে। সেই হিসেবে শুষ্ক অঞ্চলের সকল উদ্ভিদ, বেলে মাটি অঞ্চলের অগভীর মূল যুক্ত উদ্ভিদ, প্রভৃতি জাঙ্গাল উদ্ভিদ হিসেবে গণ্য হয়।

অঙ্গাসংস্থানিক গঠন এবং জীবনধারনের প্রকৃতির ওপর নির্ভর করে জাঙ্গাল উদ্ভিদ প্রধানত তিন প্রকারের যথা—

1. খরা এড়িয়েচলা ক্ষণজীবী উদ্ভিদ বা এফিমেরাল (Drought escaping shortliving or ephemerals) : এরা প্রধানত খরা অঞ্চলে বৎসরের স্বল্পদিনের অনুকূল পরিবেশ পেলেই জন্মাতে পারে। 6-8 সপ্তাহে এদের দেখা যায়। এর মধ্যেই এরা জীবনচক্র সম্পন্ন করতে সক্ষম।

এরা ক্ষুদ্রা আকৃতির বর্ষজীবী উদ্ভিদ। এদের মূলের তুলনায় বীটপ অংশ অনেক বড় হয়। এই উদ্ভিদেরা প্রকৃতপক্ষে খরা সহ্য করার চাইতে খরা এড়িয়ে চলে। উদাহরণ—শেয়ালকাটা (*Argemone mexicana*), টেফ্রোশিয়া পারপিউরিয়া (*Tephrosia purpurea*), কন্টিকারি (*Solanum xanthocarpum*) ইত্যাদি।

2. খরা প্রতিরোধকারী রসালো উদ্ভিদ (Drought resistant succulent plants) : এই জাতীয় উদ্ভিদেরা বাহ্যিক শুষ্ক পরিবেশের প্রতিকুলতায় বেঁচে থাকতে সক্ষম। এদের স্থূল ও রসালো মূল, কাণ্ড ও পাতা জল সঞ্চয়কারী অঙ্গা হিসেবে বর্ষাকালে প্রাপ্ত প্রচুর জল ধরে রাখে এবং খরা প্রতিরোধ করে। এদের মূল অগভীর হয় যাতে বৃষ্টির জল সহজেই শোষণ করতে পারে। কাণ্ড স্ফীত এবং পাতা পুরু, চর্মবৎ এবং রসালো হয়। কারোর ক্ষেত্রে পাতা কন্টকে রূপান্তরিত হয়। উদাহরণ—ফণীমনসা (*Opuntia dillenii*), ইউফোরবিয়া স্প্লেনডেন্স (*Euphorbia splendens*), অ্যাগেভ (*Agave* sp.) ইত্যাদির রসালো কাণ্ড জল সঞ্চয় করে রাখে। পাথরকুচি (*Bryophyllum* sp.), ঘৃতকুমারী (*Aloe* vera), অ্যাগেভ (*Agave* sp), ইত্যাদির পাতায় এবং শতমুলী (*Asparagus racemosus*), সেইবা



(a) খরা এড়িয়ে চলা এফিমেরাল উদ্ভিদ (*Argemone mexicana*)

(b) খরা প্রতিরোধকারী রসালো উদ্ভিদ (*Euphorbia splendens*)

(c) খরা সহ্যকারী অরসালো বহুবর্ষজীবী উদ্ভিদ (i) *Capparis aphylla* (ii) *Calotropis procera*

চিত্র 6.8 : জাঙ্গাল উদ্ভিদের শ্রেণী বিভাগ

(*Ceiba parviflora*)র ক্ষেত্রে মূলে জল সঞ্চিত থাকে। মাটি থেকে জল না পেলে সঞ্চিত জল উদ্ভিদেরা প্রয়োজন অনুসারে ব্যবহার করে বেঁচে থাকে। রসাল উদ্ভিদের ক্ষেত্রে ইহা এক বিশেষ প্রকার অভিযোজন যার ফলে এদের শুষ্কতা সইতে হয় না। তাই অনেকেই এদের প্রকৃত জাঙ্গাল উদ্ভিদ হিসেবে অন্তর্ভুক্ত করার পক্ষপাতি নন।

3. খরা সহ্যকারী অরসালো বহুবর্ষজীবী উদ্ভিদ (Drought enduring non succulant perennials) : এরাই প্রকৃত জেরোফাইট বা জাঙ্গাল উদ্ভিদ। এদের অঙ্গাসংস্থানিক, শারীরস্থানিক ও শারীরবৃত্তীয় এমন কিছু অভিযোজিত বৈশিষ্ট্য থাকে যার সাহায্যে এরা প্রচণ্ড খরাতেও নিজেদের অস্তিত্ব বজায় রাখতে সক্ষম। এদের মূল শাখা প্রশাখা যুক্ত সুগঠিত যা খুব দ্রুত দীর্ঘ হতে পারে। শুষ্কতায় সহ্য ক্ষমতা, স্বল্প বাষ্পমোচন হার, ক্ষুদ্রাকৃতির পাতা, সুগঠিত পুর কিউটিকল মোম জাতীয় পদার্থের আস্তরণ, ঘনরোম আবৃত বহিঃত্বক প্রভৃতি এদের খরা মোকাবিলায় সাহায্য করে। মাটির জল খুব কমে গেলে এদের পাতা ঝড়ে পড়ে। মাটির ভেজা অবস্থা ফিরে এলে আবার নতুন পাতা বের হয়। এই প্রকার জাঙ্গাল উদ্ভিদের উদাহরণ হল আকন্দ (*Calotropis procera*), কুল (*Zizyphus jujuba*), অ্যাকাসিয়া নেলোটিকা (*Acacis nelotica*), ক্যাপ্পারিস আফাইলা (*Capparis aphyla*) প্রভৃতি।

6.5.1 অঙ্গাসংস্থানিক অভিযোজন (Morphological adaptation)

মূল : খরা প্রতিরোধী রসালো জাঙ্গাল উদ্ভিদের মূল পুরু এবং রসালো হয় যা বর্ষাকালে প্রচুর পরিমাণে জল ধরে রাখে ও জল সঞ্চয়কারী অঙ্গা হিসাবে কাজ করে। তাদের শিকড় শাখা-প্রশাখা বিশিষ্ট এবং অগভীর যাতে তারা বৃষ্টির জল সহজে শোষণ করতে পারে।

উদাহরণ— ফণীমনসা (*Opungtia dillenii*), তেশিরেমনসা (*Euphorbia splendens*), ঘৃতকুমারী (*Aloe vera*), শতমূলী (*Asparagus racemosus*), ইত্যাদি।

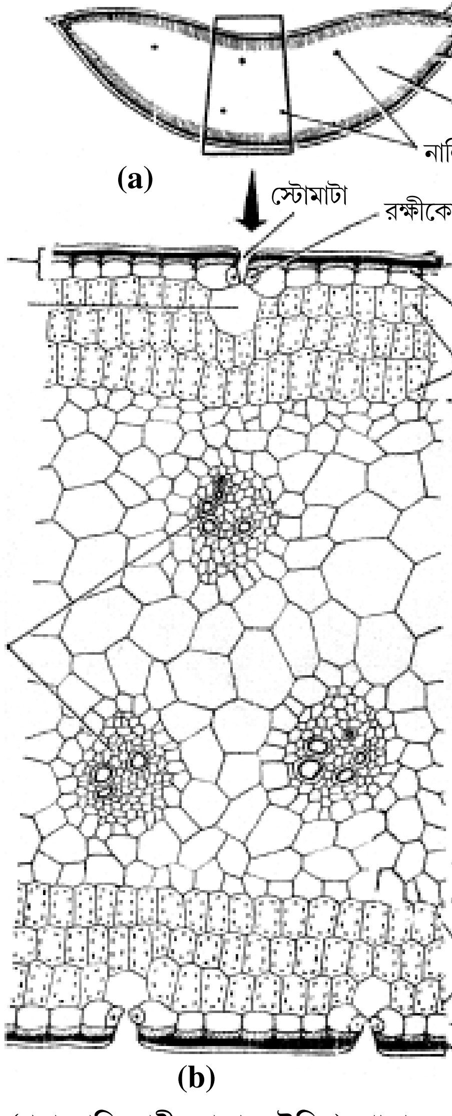
খরা সহ্যকারী অরসালো বহুবর্ষজীবী জাঙ্গাল উদ্ভিদের শিকড় যথেষ্ট শাখা-প্রশাখা বিশিষ্ট এবং প্রধান মূল মাটির অনেক গভীরে প্রসারিত হয়ে জল শোষণে সক্ষম।

কান্ড : খরা প্রতিরোধী রসালো উদ্ভিদের কান্ড পুরু, রসালো এবং পাতার ন্যায় সবুজ ক্লোরোফিল যুক্ত। ফনিমনসারতে কান্ড চ্যাপ্টা উপবৃত্তাকার, তেশিরেমনসার কান্ড লম্বা ও উলম্ব শিরা যুক্ত, শতমূলীর কাণ্ড সরু, লম্বা পাইনের সূচাকৃতির পাতার ন্যায়, প্রতি পারবো থেকে সবুজ বর্ণের ছোট ও সরু শাখা বা ফাইলক্লাড চক্রাকারে উৎপন্ন হয়।

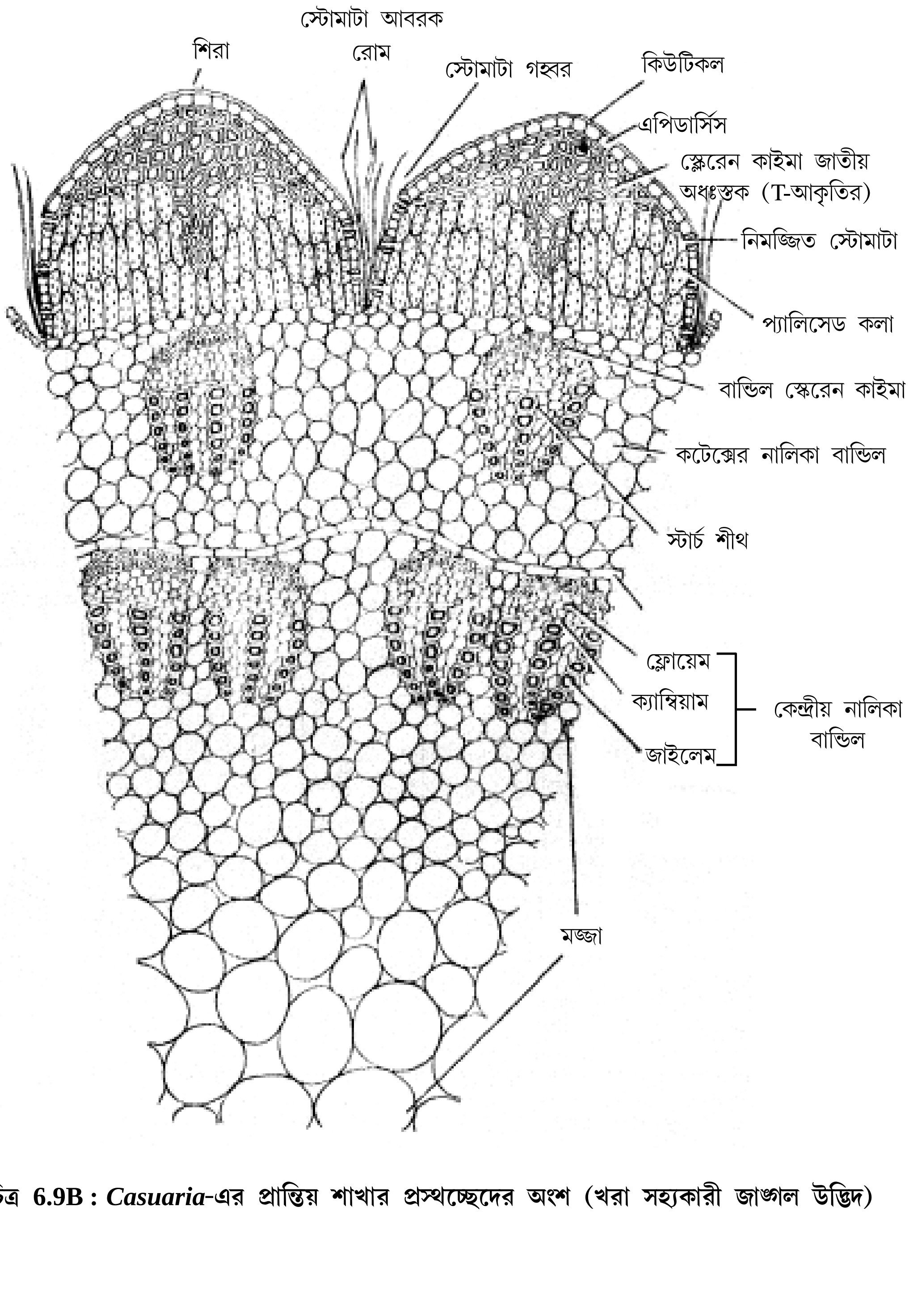
পাতা : পাতা পুরু ও রসালো, যেমন ঘৃতকুমারী

কিছু ক্ষেত্রে পাতাগুলি কাঁটাতে পরিণত হয়। উদাহরণ— ফনিমনসা (*Opuntia dillenii*), তেশিরেমনসা ইত্যাদি। পাইনাস (*Pinus* sp.)-র পাতা সরু, লম্বা ও সূচাকৃতির হয়।

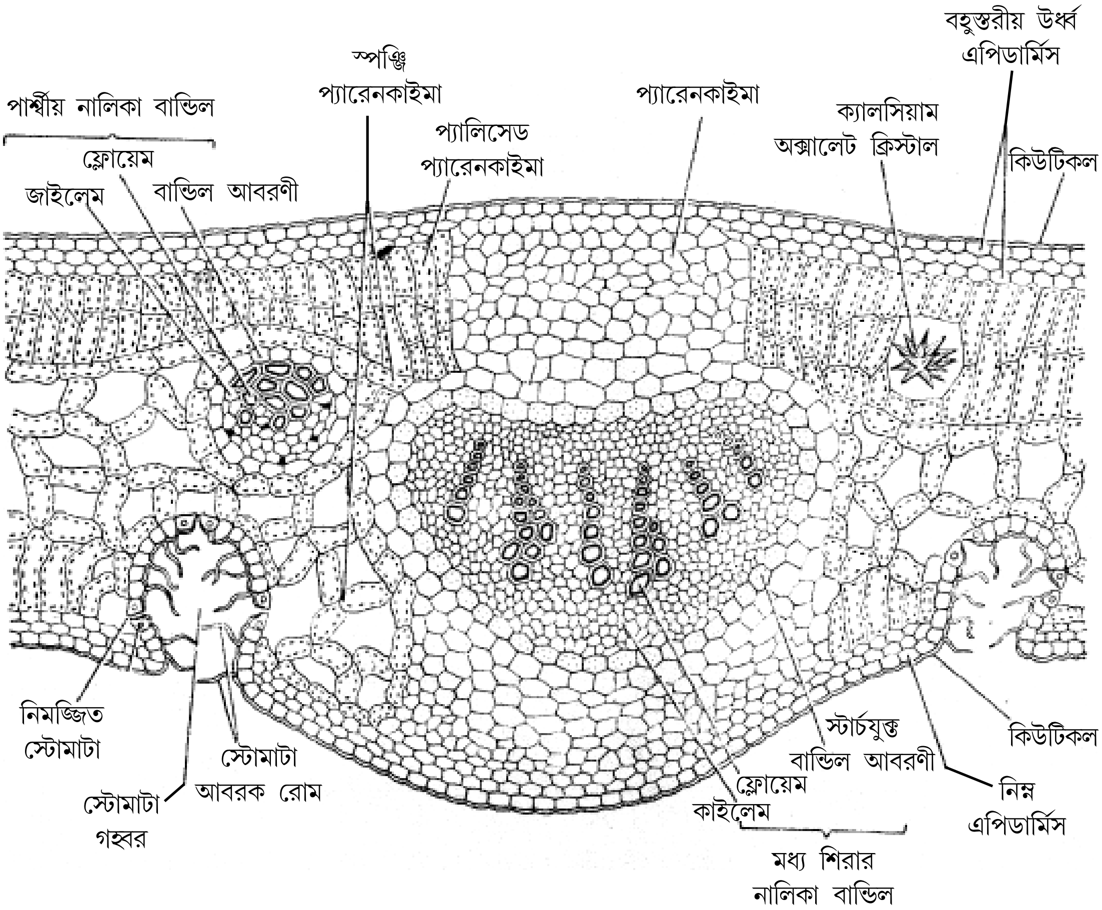
খরা সহ্যকরী অরসালো বহুবর্ষজীবী প্রকৃত জেরোফাইট বা জাঙ্গাল উদ্ভিদের পাতার দৃঢ় গঠন, সুগঠিত কিউটিকল, অধিকাংশ ক্ষেত্রে ঘন রোমযুক্ত হয়। এই সকল অভিযোজনগত বৈশিষ্ট্য তাদের খরা প্রতিরোধে সাহায্য করে। উদাহরণ: করবি (*Nerium indicum*), আকন্দ (*Calotropis procera*), কুল (*Zizyphus jujuba*), বাবলা (*Acacia nelotica*), ইত্যাদি। কাসুয়ারিনা একুইসেটিফলিয়া'র (*Casuarina equisetifolia*) পাতা ক্ষুদ্রাকৃতির ও শল্কের ন্যায় হয়।



চিত্র 6.9A : ঘৃতকুমারী (খরা প্রতিরোধী জাঙ্গাল উদ্ভিদ) পাতার প্রস্থচ্ছেদের ডায়াগ্রামাটিক (a) এবং কোষীয় চিত্রের অংশ বিশেষ (b)



চিত্র **6.9B :** ***Casuaria***-এর প্রান্তিয় শাখার প্রস্থচ্ছেদের অংশ (খরা সহ্যকারী জাঙ্গাল উদ্ভিদ)



চিত্র 6.9C : Nerium পাতার প্রস্থচ্ছেদ (অরসালো খরা সহ্যকারী জাঙ্গল উদ্ভিদ)

6.5.2 শারীরস্থানিক অভিযোজন (Anatomical adaptations)

জেরোফাইটগুলির বহিঃত্বকে পুরু কিউটিকল, মোমযুক্ত পদার্থ দেখায়। পাতায় নিমজ্জিত পত্ররন্ধ্র যা শুধুমাত্র নীচের এপিডার্মিসসের মধ্যে সীমাবদ্ধ। পত্ররন্ধ্র গহ্বর রোমে আবৃত। ক্যাসুয়ারিনার কাণ্ডে পরপর দুইটি শিরার মধ্যবর্তী খাঁজের শেষ প্রান্তে রোমাবৃত্ত গভীর নিমজ্জিত পত্ররন্ধ্র (deeply sunken stomata) রয়েছে। এদের সকলের পূর্ণ বিকশিত ভাস্কুলার বান্ডিল দেখা যায়।

এই সাধারণ বৈশিষ্ট্যগুলি ছাড়াও নেরিয়াম পাতায় বহুসারি এপিডার্মিস সহ উভয় পাশে পুরু কিউটিকল দেখায়। ক্যাসুয়ারিনার সূচাকৃতির সবুজ শাখাতে শিরাগুলির নীচে পুরু স্ক্লেরেনকাইমা দেখা যায় এবং ইহাদের অভ্যন্তরে সুগঠিত বহিঃ ভাস্কুলার বাইন্ডল 'টি'-এর ন্যায় অবস্থান করে। কাণ্ডের ভেতরদিকে স্থূল পেরিসাইকেলযুক্ত অন্তঃভাস্কুলার বান্ডিলগুলি চক্রাকারে অবস্থান করে।

কাণ্ডের শিরাগুলির স্ক্লেরেনকাইমার স্তরের নিচে বহিঃ ভাস্কুলার বান্ডিলগুলিকে ঘিরে ও নিমজ্জিত পাত্ররন্ধ্রের ভেতর দিকে ক্লোরেনকাইমা কলা থাকায় এই শাখা কাণ্ডগুলি সবুজ হয় ও সালোকসংশ্লেওে সক্ষম।

চিত্র 6.9A, 6.9B, 6.9C-তে জাঙ্গাল উদ্ভিদের শারীরস্থানিক অভিযোজনগত বৈশিষ্ট্য দেখানো হয়েছে।

6.5.3 শারীরবৃত্তীয় অভিযোজন (Physiological adaptations)

শুষ্ক ও তপ্ত পরিবেশের জাঙ্গাল উদ্ভিদে নানা শারীরবৃত্তিয় পীড়ন অনুভূত হয়। ইহার ফলে কোষাভ্যন্তরে নানাবিধ কার্যকরী প্রোটিন অনুর গঠনগত স্থিতিশীলতা ও কার্যকারিতা হ্রাস পায়। প্লাস্টিড আবরণীর স্থিতিশীলতা ও ভেদ্যতা কমে আসে। কোষের সামগ্রিক বিপাকক্রিয়া ক্ষতিগ্রস্ত হয়। বিভিন্ন জাঙ্গাল উদ্ভিদে এইসমল প্রতিকূলতা মোকাবিলায় নানা প্রকার শারীরবৃত্তীয় অভিযোজন দেখা যায়। যেমন—

জল সঞ্চয় (Water Storatge) : কিছু গাছপালা তাদের গুঁড়ি, কাণ্ড এবং পাতায় জল সঞ্চয় করতে পারে। উদ্ভিদের জল সঞ্চিত অংশ স্ফিত হয়ে ওঠে। জাঙ্গাল উদ্ভিদের মৃত্তিকা সংলগ্ন স্ফিত কাণ্ড বা শিকড়কে কডেক্স বলা হয় এবং উদ্ভিদের স্ফিত নিম্নাংশকে কডিসিফর্ম বলা হয়। জল সঞ্চয়কারী এই সকল উদ্ভিদদের সাকুলেন্ট বা রসালো জাঙ্গাল উদ্ভিদ বলে।

প্রতিরক্ষামূলক অণু উৎপাদন (Production of protective molecules) : গাছপালা তাদের বহিঃপৃষ্ঠের উপর রজন এবং মোম (এপিকিউটিকুলার মোম) নিঃসরণ করতে পারে, যা শ্বাসন ও প্রস্বেদন প্রক্রিয়া হ্রাস করে। ক্রমাগত সূর্যালোকের সংস্পর্শে থাকা অঞ্চলগুলিতে UV রশ্মি উদ্ভিদের জৈব রাসায়িনক ক্ষতির কারণ হতে পারে এবং অবশেষে দীর্ঘমেয়াদ ডিএনএ মিউটেশন হতে পারে। ইহারা UV শোষণকারী ফ্ল্যাভোনয়েড জাতীয় অনু এবং মোমের মতো সুরক্ষাকারী অণুগুলির সংশ্লেষণ করে। প্রোলিন নির্দিষ্ট অসমোটিক প্রেসার বজায় রাখতে সাহায্য করে। হিট শক প্রোটিন (HSP) হল উদ্ভিদ প্রোটিনের একটি প্রধান শ্রেণি যা তাপের পীড়ন প্রতিক্রিয়া হিসাবে তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে কোষে সংশ্লেষিত হয়। ইহা উচ্চ তাপমাত্রায় প্রোটিন উদ্ঘাটন প্রতিরোধ করতে সাহায্য করে এবং প্রোটিনকে বিকৃতকরণ থেকে রক্ষা করে এবং বিকৃত প্রোটিন পুনরায় সংস্কার করতে সাহায্য করে। চ্যাপেরোনিন হল এমন একটি হিট শক প্রোটিনের উদাহরণ।

বাষ্পীভূত শীতলকরণ (Evaporatory cooling) : বাষ্পীভবনের মাধ্যমে শীতলকরণ উদ্ভিদের উপর তাপের পীড়ন প্রভাবকে বিলম্বিত করতে পারে। যদি জলের অভাব থাকে তবে সাধারণত জাঙ্গাল উদ্ভিদের জন্য এটি একটি ভাল কৌশল নয়।

স্টোমাটা বন্ধ করবার ক্ষমতা (Control on stomatal closure) : বেশিরভাগ গাছপালা জলের পীড়ন শুরুতে তাদের স্টোমাটা বন্দ করার ক্ষমতা রাখে, অন্তত আংশিকভাবে, শ্বাস-প্রশ্বাসের হার সীমিত করতে। শিকড়গুলি শুকনো মাটির অবস্থা সনাক্ত করতে পারে। তারা শিকড় থেকে হরমোন

দ্বারা সতর্কতা সংকেত স্টোমাটাতে প্রেরণ করে।

অন্যান্য উদ্ভিদের তুলনায়, জেরোফাইটের একটি বিপরীত স্টোমাটা ছন্দ রয়েছে। এদের অনেকের দিনের তুলনায় রাতে স্টোমাটা খোলার বা ছিদ্রের আকার বড় হয়। ক্যাকটেসী (Cactaceae), ক্রাসুলেসী (Crassulaceae) এবং লিলিয়েসী (Liliaceae)-এর জেরোমরফিক প্রজাতিতে এই ঘটনাটি পরিলক্ষিত হয়।

ফসফোলিপিড স্যাচুরেশন (Phospholipdi saturation) : কোষের প্লাজমা মেমব্রেনের ফসফোলিপিড তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে আরও তরল হয়ে যায়। সম্পৃক্ত লিপিডগুলি অসম্পৃক্ত লিপিডগুলির চেয়ে বেশি কঠোর ও সহজে তরলীকৃত হয়না। উদ্ভিদ কোষগুলি জৈব রাসায়নিক পরিবর্তনের মধ্য দিয়ে তাদের কোষ পর্দার সম্পৃক্ত লিপিড অণুর সংখ্যা বৃদ্ধি করে যাতে গরম আবহাওয়ায় ইহার অখণ্ডতা বজায় থাকে।

CAM প্রক্রিয়া (CAM process) : অনেক রসালো জেরোফাইট ক্র্যাসুলেসিয়ান অ্যাসিড মেটাবলিজম বা CAM সালোকসংশ্লেষণ সম্পন্ন করে। এটিকে 'অন্ধকার' কার্বক্সিলেশন প্রক্রিয়াও বলা হয় কারণ শুষ্ক অঞ্চলের গাছপালা রাতে কার্বন ডাই অক্সাইড সংগ্রহ করে যখন স্টোমাটা খুলে যায় এবং দিনের বেলা আলোর উপস্থিতিতে সালোকসংশ্লেষণের জন্য ব্যবহার করা গ্যাসগুলিকে সঞ্চয় করে। CAM মেকানিজম যুক্ত উদ্ভিদের উদাহরণ হল আনারস, এগেভ প্রভৃতি। যদিও কিছু জেরোফাইট এই প্রক্রিয়াটি ব্যবহার করে সালোকসংশ্লেষণ সম্পাদন করে, তবুও শুষ্ক অঞ্চলের বেশিরভাগ উদ্ভিদ C3 এবং C4 উভয় সালোকসংশ্লেষণের পথই ব্যবহার করে।

বিলম্বিত অঙ্কুরোদগম এবং বৃদ্ধি (Delayed germination and growth) : পরিবেশের আর্দ্রতা বীজের অঙ্কুরোদগম নিয়ন্ত্রণে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। মরুভূমির জেরোফাইটদের একটি বিবর্তনীয় কৌশল হল বীজের অঙ্কুরোদগমের হার হ্রাস করা। অঙ্কুর বৃদ্ধি মন্থর করে, বৃদ্ধি এবং শ্বাস-প্রশ্বাসের জন্য কম জল ব্যবহৃত হয়। এইভাবে, বীজ এবং উদ্ভিদ মেসোফাইটিক উদ্ভিদের তুলনায় স্বল্প-স্থায়ী বৃষ্টিপাত থেকে পাওয়া জলকে অনেক বেশি সময়ের জন্য ব্যবহার করতে পারে।

পত্রমোচন (Defoliation) : কিছু অরসালো প্রকৃত জাঙ্গাল উদ্ভিদে প্রচণ্ড খরায় মাটি যখন শুখিয়ে যায় তখন গাছের সমস্ত পাতা ঝড়ে পড়ে। এইভাবে অধিক শুষ্ক পরিবেশে বাষ্পমোচন প্রতিহত করে। পরবর্তী বর্ষায় মাটি ভিজে গেলে আবার নতুন পাতা তৈরি হয়।

পুনরুত্থান গাছপালা (Regenerative Plants) : শুষ্ক সময়ে, পুনরুত্থান গাছপালা মৃত দেখায়, কিন্তু আসলে জীবিত। কিছু জেরোফাইটিক উদ্ভিদের বৃদ্ধি বন্ধ হয়ে যেতে পারে এবং সুপ্ত হয়ে যেতে পারে। এই উদ্ভিদগুলি তাদের জলের পরিমাণ 80% এরও বেশি হারিয়ে ফেললেও সালোকসংশ্লেষণের সাথে জড়িত অণুগুলিকে ধ্বংস না করেই তাদের সালোকসংশ্লেষী প্রক্রিয়াটি সমন্বিতভাবে বন্ধ করতে সক্ষম হওয়ার জন্য বিবর্তিত হয়েছে। শুষ্কতার অবসানে এই উদ্ভিদগুলি "মৃত অবস্থা থেকে পুরুত্থিত" হয় এবং সালোকসংশ্লেষণ পুনরায় শুরু করে।

6.6 সারাংশ (Summary)

এই এককে আবহমণ্ডল সম্বন্দে সাধারণ ধারণা দেওয়া হয়েছে। আবহমণ্ডলের মুখ্য উপাদানগুলির উল্লেখ করা হয়েছে। বায়ুমন্ডলের বিভিন্ন স্তর, তাদের উচ্চতাগত সীমানা, উপাদান ও বৈশিষ্ট্য সংক্ষেপে আলোচনা করা হয়েছে। আবহমণ্ডলের বিভিন্ন উপাদানগুলির সাপেক্ষে উদ্ভিদের বিস্তার চরিত্রগত বৈশিষ্ট্য আলোচিত হয়েছে।

এই এককে লবণাম্বু উদ্ভিদ ও ম্যানগ্রোভ বনাঞ্চলের বাস্তব্য অভিযোজন সম্বন্ধে বিস্তারিত আলোচনা করা হয়েছে। হ্যালোফাইট উদ্ভিদ উচ্চ ঘনত্বের লবণাক্ত জলযুক্ত মাটিতে (শারীরবৃত্তীয় শুষ্ক মাটিতে) কিভাবে জীবনধারণ করে তা বিস্তারিত ভাবে আলোচিত হয়েছে। লবণাক্ত পরিবেশে অবস্থানগত লবণাম্বু উদ্ভিদের বিস্তার ও তাহাদের শ্রেণীবিভাগ আলোচিত হয়েছে। এই সম্পর্কে বিভিন্ন বিজ্ঞানী যেমন Chapman (1942) এবং Stocker (1993)-এর মতবাদ উল্লেখ করা হয়েছে। লবণজাত বিষক্রিয়া ও লবণ পীড়ন থেকে রক্ষা পেতে লবণাম্বু উদ্ভিদে যে গঠনগত, অঙ্গাসংস্থানগত, শারীরস্থানগত, শারীরবৃত্তীয় পরিবর্তন ঘটে তাও বিস্তারিত ভাবে বিশ্লেষণ করা হয়েছে।

এই অধ্যায়ে শুষ্ক অঞ্চলের উদ্ভিদ বা জাঙ্গাল উদ্ভিদের মুখ্য প্রকারভেদ এবং তাহাদের বাস্তব্য অভিযোজন গত বৈশিস্ট আলোচনা করা হয়েছে। উদাহরণ সহ এই সকল উদ্ভিদের অঙ্গাসংস্থানিক, শারীরস্থানিক এবং শারীরবৃত্তিয় অভিযোজনগত বৈশিষ্ট্য আলোচনা করা হয়েছে। এই সকল বৈশিষ্ট্যের মাধ্যমে জাঙ্গাল উদ্ভিদেরা কি উপায়ে তাপ এবং শুষ্কতা জনিত পীড়ন থেকে নিজেদের জীবন প্রকৃয়া বজায় রাখে তা সংক্ষেপে আলোচনা করা হয়েছে।

6.7 প্রশ্নাবলী (Questions)

I. বহু নির্বাচনী প্রশ্ন (MCQ) :

1. পরিবেশের বিভিন্ন প্রভাবকগুলি যার দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয় না—
   (a) পাহাড়ের উচ্চতা (b) সমুদ্র ও মরুভূমি থেকে দূরত্ব
   (c) অক্ষাংশ ও দ্রাঘিমাংশ (d) কোন স্থানে বসবাসকারী প্রাণীকূল
2. যে উপাদান উদ্ভিদের বায়বীয় পরিবেশের অংশ নয়—
   (a) আলোক (b) উষ্নতা (c) বায়ু (d) খেচর প্রাণী
3. বায়ুমণ্ডলের কোন স্তরে তাপমাত্রা উচ্চতা বৃদ্ধির সঙ্গো ক্রমে বৃদ্ধি পায়—
   (a) ট্রপোস্ফিয়ার (b) স্ট্রাটোস্ফিয়ার (c) আয়োনোস্ফিয়ার (d) মেসোস্ফিয়ার

4. বায়ুমণ্ডলের সর্বনিম্ন স্তরটি হল—
   (a) স্ট্রাটোস্ফিয়ার (b) ট্রপোস্ফিয়ার (c) মেসোস্ফিয়ার (d) থার্মোস্ফিয়ার

5. ওজোনস্তর অবস্থান করে যে আবহমণ্ডলে—
   (a) ট্রপোস্ফিয়ার (b) মেসোস্ফিয়ার (c) স্ট্রাটোস্ফিয়ার (d) আয়োনোস্ফিয়ার

6. কোন বস্তুতান্ত্রিক বাসস্থানে একটি প্রজাতির জন্য যেটি প্রয়োজনীয় নয়—
   (a) উপযুক্ত মাত্রার সহনিয়তা (b) আবহমন্ডলের সহিত স্থায়ী ভারসাম্য
   (c) বাস্তব্য অভিযোজন (d) প্রতিযোগী প্রজাতির উপস্থিতি

7. লবণাম্বু উদ্ভিদ জন্মায়—
   (a) প্রকৃত শুষ্ক মাটিতে (b) স্বাদু জলাভূমিতে
   (c) শারীরবৃত্তীয় শুষ্ক মাটিতে (d) নদী তীরবর্তী ভেজা মাটিতে

8. লবণাম্বু উদ্ভিদের কোষস্থ অভিস্রবণ চাপ—
   (a) স্বাভাবিক স্থজল উদ্ভিদের ন্যায়
   (b) স্বাভাবিক স্থজল উদ্ভিদের থেকে কয়েকগুণ বেশী
   (c) স্বাভাবিক স্থজল উদ্ভিদের থেকে অনেক কম
   (d) স্বাভাবিক জলজ উদ্ভিদের ন্যায়

9. লবণাম্বু উদ্ভিদের অন্তর্গত গোত্রটি হল—
   (a) রাইজোফোরেসী (b) ম্যালভেসী (c) ম্যাগনোলিয়েসী (d) অ্যাসটেরেসী

10. মেসোহ্যালোফাইট তাদের বলে যে সকল হ্যালোফাইটের বাসস্থান—
    (a) লবণাক্ত জলাভূমি (b) লবণাক্ত নাতিশুষ্ক ভূমি
    (c) লবণাক্ত শুষ্ক ভূমি (d) লবণাক্ত পাথুরে অঞ্চল

11. বিজ্ঞানী চ্যাম্পম্যান এর মত অনুযায়ী 1–5% লবন মাত্রায় জন্মানো লবনাক্ত উদ্ভিদদের বলে—
    (a) এনিউহ্যালোফাইট (b) মিওহ্যালোফাইট
    (c) মেসোহ্যালোফাইট (d) মেসোইউহ্যালোফাইট

12. কোন অভিযোজন লবণাম্বু উদ্ভিদে দেখা যায় না—
    (a) ঠেসমূল (b) শ্বাসমূল (c) লবণ গ্রন্থ (d) সিস্টোলিথ

13. লবণাম্বু উদ্ভিদের উচ্চ অভিস্রবণচাপ সৃষ্টিতে সাহায্য করে না যেটি—
    (a) গ্লুকোজ (b) গ্লিসেরল (c) ম্যানিটল (d) মিউসিলেজ

14. জাঙ্গাল উদ্ভিদের পত্ররন্ধ্র বিষয়ে যে কথাটি সত্যি নয়—
    (a) ইহাদের পত্ররন্ধ্র পাতার উপরি তলে অবস্থান করে
    (b) ইহারা নিমজ্জিত প্রকৃতির হয়
    (c) ইহাদের পত্ররন্ধ্র রোমাবৃত থাকে
    (d) কারুর ক্ষেত্রে পত্ররন্ধ্র রাত্রির বেলায় খোলে এবং দিনের বেলায় বন্ধ থাকে।

15. জাঙ্গাল উদ্ভিদে যে শারীরস্থানিক বৈশিষ্ট্য দেখা যায়—
    (a) স্থূল কিউটিকল এবং স্কেরেনকাইমা জাতীয় বহুস্তরীয় হাইপোডার্মিস
    (b) এয়ারেনকাইমা জাতীয় কর্টেক্স এবং ক্ষীণ নালীকার্বান্ডিল
    (c) মিউসিলেজযুক্ত জলসঞ্চারী কোষের অনুপস্থিতি
    (d) কিউটিকল অনুপস্থিত ও হাইপোডার্মিস একস্তরীয়

16. জাঙ্গাল উদ্ভিদে চ্যাপেরোনিন-এর ভূমিকা হল—
    (a) কোষের অসমোটিক প্রেসার নিয়ন্ত্রণ করে
    (b) শুষ্কতার সাথে সাথে স্টোমাটা বন্ধ হতে সাহায্য করে
    (c) পত্রমোচনে সাহায্য করে
    (d) প্রোটিন বিকৃতকরণ প্রতিহত করে

17. কোনটি জাঙ্গাল উদ্ভিদের বৈশিষ্ট নয়—
    (a) তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে প্লাজমা মেমব্রেনে সম্পৃক্ত ফসফোলিপিড-এর পরিমান বৃদ্ধি
    (b) পত্রমোচন এবং পুনরুত্থান
    (c) হাইডাথোড দ্বারা গাটেশন সম্পাদন
    (d) বিলম্বিত অঙ্কুরোদ্গম ও মন্থর অঙ্কুর বৃদ্ধি

18. প্রকৃত জেরোফাইট হল—
    (a) খরা এড়িয়ে চলা ক্ষণস্থায়ী উদ্ভিদ (b) খরা প্রতিরোধী রসালো উদ্ভিদ
    (c) খরা সহ্যকারী অরসালো উদ্ভিদ (d) উষ্ণমণ্ডলীয় উদ্ভিদ

II. সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলী ঃ

1. কোন কোন উপাদান উদ্ভিদের বায়বিয় পরিবেশ গঠন করে?
2. ট্রপোস্ফিয়ার এবং স্ট্রাটোস্ফিয়ার এর মধ্যে দুইটি পার্থক্য লিখুন।
3. মেসোস্ফিয়ারের বৈশিষ্ট্য লিখুন।
4. থার্মোস্ফিয়ারকে আয়নোস্ফিয়ার কেন বলা হয়?
5. মেসোস্ফিয়ার এবং থার্মোস্ফিয়ার-এর তাপমাত্রা তুলনা করুন।

6. কোন অঞ্চলের আবহমণ্ডলের সাথে একটি উদ্ভিদ প্রজাতি কি কি উপায়ে ভারসাম্য স্থাপন করে তা সংক্ষেপে লিখুন।
7. এফিমেরাল উদ্ভিদের মুখ্য বৈশিষ্ট্যগুলি লিখুন।
8. শারীরবৃত্তীয় শুষ্ক মৃত্তিকা কি? এখানে কোন প্রকার উদ্ভিদ দেখা যায়?
9. কয়েকটি লবনাম্বু উদ্ভিদ গোত্রের নাম লিখুন।
10. ঠেসমূল এবং শ্বাস মূলের ভূমিকা কি কি?
11. লবনাম্বু উদ্ভিদের পাতার শারীরস্থানিক অভিযোজন সংক্ষেপে লিখুন।
12. দুইটি বীরুৎ জাতীয় লবনাম্বু উদ্ভিদের নাম লিখুন।
13. লবনাম্বু উদ্ভিদ কি উপায়ে নিজেদের লবন-প্রভাব মুক্ত রাখে তা সংক্ষেপে লিখুন।
14. লবনাম্বু এবং জাঙ্গাল উদ্ভিদের দুইটি করে সাদৃশ্য ও বৈসাদৃশ্য উল্লেখ করুন।
15. খরা প্রতিরোধী জাঙ্গাল উদ্ভিদের মুখ্য বৈশিষ্ট্যগুলি লিখুন।
16. প্রকৃত জাঙ্গাল উদ্ভিদের খরা সহ্যকারী কৌশলগুলি কি কি?
17. জাঙ্গাল উদ্ভিদের দুইটি শারীরস্থানিক বৈশিষ্ট্য লিখুন।
18. খরা সহ্যকারী জাঙ্গাল উদ্ভিদের দুইটি শারীরবৃত্তীয় অভিযোজন উল্লেখ করুন।

III. রচনাধর্মী প্রশ্ন ঃ

1. বায়ুমণ্ডলের বিভিন্নস্তরগুলির উচ্চতা ও বৈশিষ্ট্য সংক্ষেপে লিখুন।
2. বায়ুমণ্ডলের ট্রাপোস্ফিয়ার এবং স্ট্রাটোস্ফিয়ার-এর উচ্চতাগত অবস্থান, বৈশিষ্ট্য এবং গুরুত্ব আলোচনা করুন।
3. কোন অঞ্চলের আবহমণ্ডলে উদ্ভিদের প্রতিক্রিয়া সংক্ষেপে আলোচনা করুন।
4. লবনাম্বু উদ্ভিদের অঙ্গাসংস্থানগত অভিযোজন সংক্ষেপে লিখুন।
5. লবনাম্বু উদ্ভিদের বিশেষ বিশেষ মূলগুলির বৈশিষ্ট্য এবং ভূমিকা সংক্ষেপে আলোচনা করুন।
6. লবনাক্ত পরিবেশে জীবনধারনের জন্য লবনাম্বু উদ্ভিদের বিভিন্ন শারীরবৃত্তীয় ক্রিয়াকলাপ সংক্ষেপে লিখুন।
7. জাঙ্গাল উদ্ভিদের মুখ্য প্রকারভেদ এবং তাদের খরা মোকাবিলার পদ্ধতিগত বৈশিষ্ট্যগুলি উল্লেখ করুন।
8. রসালো জাঙ্গাল উদ্ভিদদের অঙ্গাসংস্থানগত এবং শারীবৃত্তীয় অভিযোজনগুলি লিখুন।
9. অরসালো এবং রসালো জাঙ্গাল উদ্ভিদের শারীরস্থানিক অভিযোজনগুলি লিখুন।
10. অরসালো জাঙ্গাল উদ্ভিদের শারীরবৃত্তীয় অভিযোজনগুলি সংক্ষেপে লিখুন।

6.8 উত্তরমালা (Answers)

I. বহুনির্বাচনী প্রশ্নের উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
উত্তর :	d	d	c	b	c	d	c	b	a	a

প্রশ্নের সংখ্যা :	11	12	13	14	15	16	17	18		
উত্তর :	a	d	d	a	a	d	c	c		

II. সংক্ষিপ্ত প্রশ্নের উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4	5	6
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	6.3	6.2	6.2(3)	6.2(4)	6.2(3-4)	6.3

প্রশ্নের সংখ্যা :	7	8	9	10	11	12
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	6.5(1)	6.4	6.4	6.4.1	6.4.2	6.4.1

প্রশ্নের সংখ্যা :	13	14	15	16	17	18
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	6.4.3(5-e)	6.4.3, 6.5.3	6.5(3)	6.5(3)	6.5.2	6.5.3

III. রচনাধর্মী প্রশ্নের উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4	5
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	6.2	6.2	6.3	6.4.1	6.4.1

প্রশ্নের সংখ্যা :	6	7	8	9	10
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	6.4.3	6.5	6.5, 6.5.1	6.5.2	6.5.3

একক–7 : আবহমণ্ডল এবং উদ্ভিদের প্রতিক্রিয়া–II : জলজ উদ্ভিদের অঙ্গসংস্থানিক, শারীরস্থানিক এবং শারীরবৃত্তীয় অভিযোজন (Atmosphere and plant responses–II : Morphological, anatomical and physiological adaptations of Hydrophytes)

গঠন (Structure)

7.0 উদ্দেশ্য (Objectives)

7.1 প্রস্তাবনা (Introduction)

7.2 আবহমন্ডলের প্রভাবক জল-এর সাপেক্ষে উদ্ভিদ প্রতিক্রিয়া (Plant response to water factor of atmosphere)

7.3 জলজ উদ্ভিদের অঙ্গাসংস্থানিক অভিযোজন (Morphological adaptations of aquatic plants)

7.4 শারীরস্থানিক অভিযোজন (Anatomical adaptations)

7.5 শারীরবৃত্তীয় অভিযোজন (Physiological adaptations)

7.6 সারাংশ (Summary)

7.7 প্রশ্নাবলী (Questions)

7.8 উত্তরমালা (Answers)

7.0 উদ্দেশ্য (Objectives)

এই এককটি পাঠ করে আমরা নিম্নলিখিত বিষয়গুলি সম্বন্ধে সম্যক ধারণা লাভ করতে পারব।

- আবহমণ্ডলের অন্যতম প্রভাবক জলের সাপেক্ষে উদ্ভিদের প্রতিক্রিয়া।
- জলজ উদ্ভিদের অঙ্গাসংস্থানগত অভিযোজন।
- জলজ উদ্ভিদের শারীরস্থানিক ও শারীরবৃত্তীয় অভিযোজন।

D: \ Suvendu \ NSOU\NEP/ 5CC-BT-02
Unit- 5-8 \ 2ndProof \ (Dt. 19.03.2025)

7.1 প্রস্তাবনা (Introduction)

আবহমণ্ডলের অন্যতম উপাদান বা পরিবেশ প্রভাবক গুলির মধ্যে জল একটি। জীবের নানা জৈবনিক ক্রিয়া ও জীবন ধারণের জন্য জল অত্যাবশ্যকীয়। পরিবেশে জলের উৎস হল পুকুর, নদী, নালা, লেক, সমুদ্র এবং মৃত্তিকা তলদেশের জলস্তর (water table)। এই সকল স্থানের জলের প্রকার অনুযায়ী উদ্ভিদ ও প্রাণীর স্বতন্ত্র বৈশিষ্ট্যের বিকাশ ও বিস্তার ঘটে থাকে। জল চক্রে জলের অপর উৎস হল বৃষ্টিপাত বা বিভিন্ন প্রকার জলীয় অধঃক্ষেপন (তুষারপাত, শীলাবৃষ্টি, কুয়াশা, ইত্যাদি)। কোন অঞ্চলের বৃষ্টিপাতের পরিমান, সেখানকার বিভিন্ন জলাধারের উপস্থিতি, সমুদ্র থেকে দূরত্ব, তাপমাত্রা, বায়ুপ্রবাহের প্রকৃতির ওপর নির্ভর করে সেখানকার বাতাস ও মাটির আর্দ্রতা। জলের সকল প্রকার উৎস সমষ্টিগতভাবে কোন অঞ্চলের উদ্ভিদের বিস্তার ও প্রকৃতি নির্ধারণ করে থাকে।

সাধারণ জল-সম্পৃক্ত বাসস্থানে যেসকল উদ্ভিদ জন্মায় তাদের জলজ উদ্ভিদ বলে। এরা সম্পূর্ণ রূপে নিমজ্জিত কিংবা আংশিক নিমজ্জিত প্রকৃতির। অর্থাৎ উদ্ভিদের নীচের অংশ যেমন মূল, রাইজোম প্রভৃতি জলের নীচে থাকে কিন্তু সালোকসংশ্লেষী অংশ জলের নীচে কিংবা ওপরে থাকে। আবার কেউ জলপৃষ্ঠে ভাসমান অবস্থায় থাকে। জলজ পরিবেশে ভিন্নভিন্ন জীবন পদ্ধতি এবং গঠনশৈলী (way of life and developmental pattern) থাকা সত্ত্বেও সকল জলজ উদ্ভিদের অঙ্গসংস্থানিক, শারীরস্থানিক এবং শারীরবৃত্তীয় কিন্তু সাধারণ অভিযোজনগত বৈশিষ্ট্য দেখা যায়। যা এই অধ্যায়ে আলোচিত হলো।

7.2 আবহমণ্ডলের প্রভাবক জল-এর সাপেক্ষে উদ্ভিদের প্রতিক্রিয়া (Plant responses to water factor of atmosphere)

কোন অঞ্চলের উদ্ভিদের বৃদ্ধি, প্রকৃতি ও বিস্তার বৃষ্টিপাত, বায়ু এবং মাটির আর্দ্রতার ওপর অনেকাংশে নির্ভরশীল।

বৃষ্টিপাত (Rainfall) : ভূপৃষ্ঠের যে সকল অঞ্চলে বৎসরের অধিকাংশ সময়ে যথেষ্ট পরিমাণ বৃষ্টিপাত হয় সেই অঞ্চলে চিরহরিৎ বৃক্ষের বনানী এবং সেইসঙ্গে নানা ধরনের মস, ফার্ন, লাইকেন ইত্যাদি জন্মায়। যে সকল অঞ্চলে ঋতু পরিবর্তনের সঙ্গে বৃষ্টিপাতের তারতম্য ঘটে সেই অঞ্চলে ঋতু অনুযায়ী বনানীর প্রকৃতিতেও পরিবর্তন ঘটে।

বৃষ্টিপাতের হার ও বন্টন প্রণালীর ওপর নির্ভর করে প্রধানত তিন প্রকারের বনানী দেখা যায়। যেমন—(1) বনাঞ্চল বনানী (Forest vegetation), (2) তৃণভূমির বনানী (Grassland vegetation) (3) মরুভূমির বনানী (Desert vegetation)।

জার্মান বিজ্ঞানী স্কীম্পার (A. F. W. Schimper, 1903)-এর মতে কোন অঞ্চলের উদ্ভিদ গোষ্ঠির

প্রকৃতি নির্ভর করে সেই অঞ্চলের বৃষ্টিপাতের পরিমাণ, ঋতু অনুসারে বৃষ্টির তারতম্য এবং বায়ুর আর্দ্রতার ওপর।

মাটির আর্দ্রতা (Soil moisture) :

বৃষ্টিপাতের ফলে মাটিতে যে জল প্রবেশ করে তার একটি অংশ মাটির কণাকে ঘিরে একটি পাতলা স্তর সৃষ্টি করে। ইহা উদগ্রাহী জল। এছাড়াও বিভিন্ন মাটির কণার মধ্যে যে সামান্য ফাঁক বা রন্ধ্রস্থান থাকে সেই অংশ যে জলে পুর্ণ থাকে তা কৌশিক জল (capillary water)। এই জল উদ্ভিদ শোষণ করতে সক্ষম। মাটির প্রকৃতি অনুযায়ী এই জলের পরিমাণগত তারতম্য দেখা যায়। কোন অঞ্চলের উদ্ভিদের বৃদ্ধি, বিস্তার ও প্রকৃতি মাটির আর্দ্রতার ওপর নির্ভরশীল।

বায়ুর আর্দ্রতা (Atmospheric humidity)

বায়ুর আর্দ্রতা বায়ুর জলীয় বাষ্প এবং তাপমাত্রার কারণে কম বেশী হয়ে থাকে।

কোন অঞ্চলের পারিপার্শ্বিক বায়ু সর্বোচ্চ যে পরিমাণ জলীয় বাষ্প ধরে রাখতে সক্ষম তাকে পরম আর্দ্রতা (absolute humidity) বলে। পরিপার্শ্বিক বায়ু একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় যে জলীয়বাষ্প ধরে রাখে তাকে আপেক্ষিক আর্দ্রতা (Relative humidity) বলে। পরম আর্দ্রতা এবং আপেক্ষিক আর্দ্রতার পার্থক্যকে বায়ুর সম্পৃক্তি ঘাটতি (saturation deficit) বলে। ইহা উদ্ভিদের সম্পৃক্তি ঘাটতি নিয়ন্ত্রণ করে। সেই কারণে অপেক্ষাকৃত আর্দ্র অঞ্চলের উদ্ভিদের কাণ্ডের পর্বমধ্যগুলি লম্বা এবং পাতাগুলি অপেক্ষাকৃত সরু হয়। আর্দ্র বায়ু পরাশ্রয়ী লাইকেন, ছত্রাক, মস, ফার্ন প্রভৃতি উদ্ভিদের বৃদ্ধি সহায়ক।

কোন অঞ্চলে বৃষ্টিপাতের হার বেশী হলে তা বায়ুর আর্দ্রতা ও মাটির আর্দ্রতা বৃদ্ধি করে এবং পরোক্ষভাবে আলোক ও তাপমাত্রার ওপরেও প্রভাব বিস্তার করে।

কোন অঞ্চলের উদ্ভিদের বৃদ্ধি ও প্রকৃতির ওপর পরিবেশের আলোক, তাপমাত্রা, বায়ুপ্রবাহ এবং জল প্রভাবক সমূহ সামগ্রিক এবং অঙ্গাঙ্গি ভাবে সম্পর্কিত।

7.3 জলজ উদ্ভিদের অঙ্গসংস্থানিক অভিযোজন (Morphological adapations of aquatic plants)

(a) মূলতন্ত্র : এই প্রকার উদ্ভিদের চারিপাশে প্রচুর পরিমাণে জল থাকার জন্য মূলের জলশোষণের গুরুত্ব খুবই কম। মূলের গঠন খুবই দুর্বল প্রকৃতির ও মূলরোম বিহীন আবার কিছু উদ্ভিদ মূলবিহীন। যেমন পাতা ঝাঁঝি (*Utricularia*)। এদের পাতাগুলি জলশোষণ কাজ সম্পাদন করে।

- সম্পূর্ণ নিমজ্জিত উদ্ভিদের পুরো দেহই জল শোষণে সক্ষম।
- অনেক জলজ উদ্ভিদে মূলত্র থাকে না। যেমন অ্যাজোলা (*Azola*)। আবার কচুরী পানার (*Eichhornia*) ক্ষেত্রে মূলের অগ্রে একটি খাপের ন্যায় রুট পকেট (root pocket) থাকে।

- যে সকল উদ্ভিদের মূল থাকে সেক্ষেত্রে মূল দূর্বল ও গুচ্ছাকারে থাকে। যেমন—লেমনা (*Lemna*) এছাড়াও মূল উদ্ভিদের ভারসাম্য রক্ষা করে।

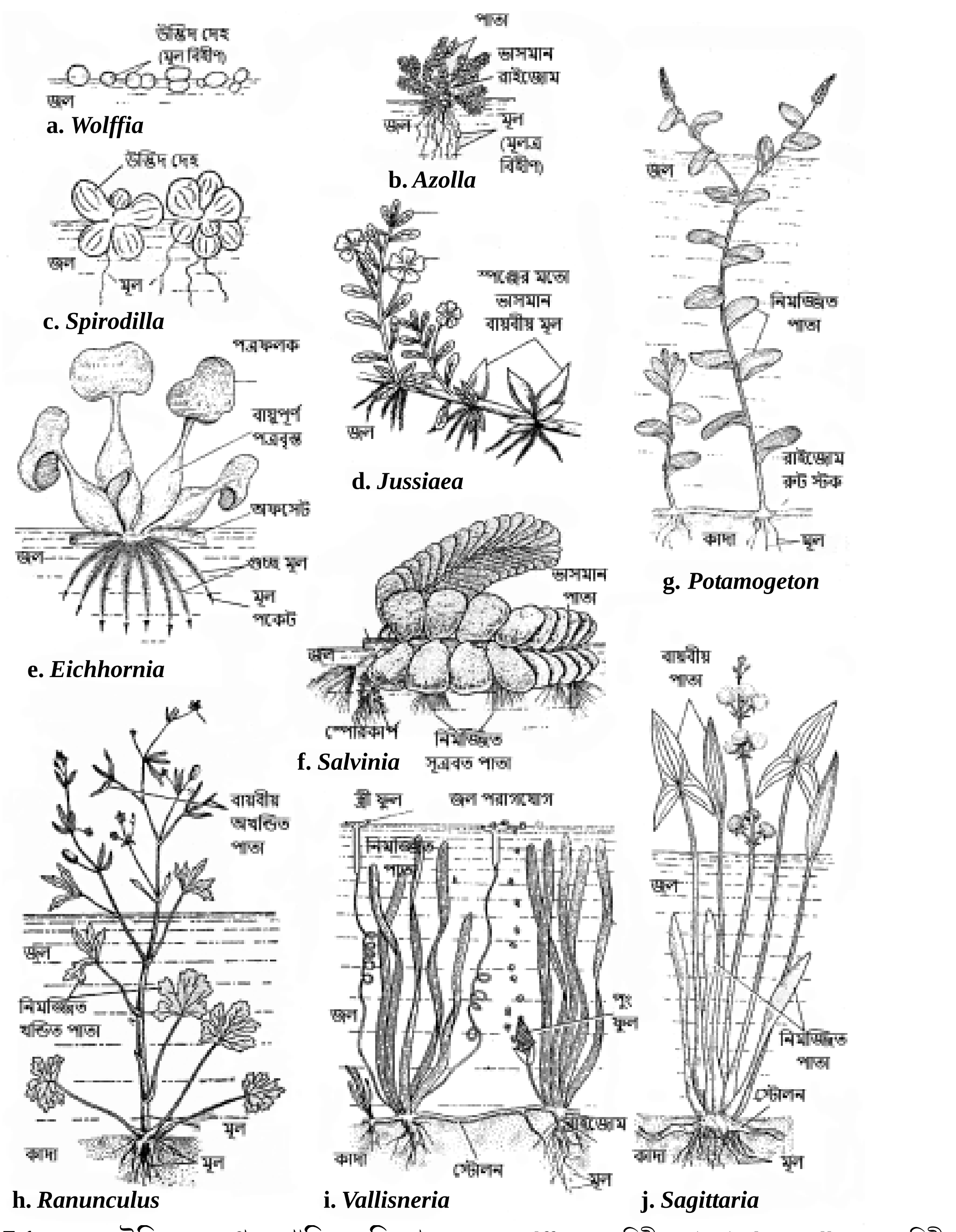
(b) কাণ্ড : নানা জলজ উদ্ভিদে নানা প্রকার অভিযোজন দেখা যায়। যেমন—হাইড্রিলা (*Hydrilla*) এবং পোটামোজেটন (*Potamogeton*) এর ক্ষেত্রে কাণ্ড দীর্ঘ এবং স্পঞ্জের মতো হয়। কচুরী পানার কাণ্ড পুরু ও স্পঞ্জের মতো হয়। কারোর ক্ষেত্রে উদ্ভিদ দেহ জলের তলদেশে আঁকড়ে রাখতে কাণ্ড গ্রন্থিকাণ্ড রূপে মাটির নীচে অনুভূমিক ভাবে বাড়ে। এদের নীচের দিক থেকে অস্থানিক মূল বের হয়। যেমন—পদ্ম, শালুক ইত্যাদি। ইউট্রিকুলারিয়া (*Utricularia*), পোটামোজেটন (*Potamogeton*) প্রভৃতি প্রজাতির ক্ষেত্রে শীতকালীন প্রতিকূলতার হাত থেকে বাঁচতে শাখার অগ্রভাগে শীতকালীন মুকুল (winter bud) বের হয়। গ্রীষ্মকালে ইহারা অঙ্কুরিত হয়ে নতুন উদ্ভিদ সৃষ্টি করে।

(c) পাতা : পাতার ক্ষেত্রে নানারকম অভিযোজন দেখা যায়। যেমন—

- ভাসমান উদ্ভিদ পানিফল (*Trapa*), কচুরীপানা উদ্ভিদের পত্রবৃন্ত লম্বা, স্ফীত ও স্পঞ্জের মতো হয়। যাহা এরেনকাইমা কলায় (aerenchyma tissue) পরিপূর্ণ থাকে। ইহা উদ্ভিদকে ভাসতে সাহায্য করে।
- জলে নিমজ্জিত উদ্ভিদ যেমন পাতাশ্যাওলা (*Vallisneria*) র ক্ষেত্রে পাতা লম্বা ফিতের ন্যায় বা পোটামোজিটন (*Potamogeton*)-এর ক্ষেত্রে ছোট, পাতলা ও আঁশের ন্যায়।
- (*Ceratophyllum*)-এর ক্ষেত্রে পাতা খণ্ডিত ও শাখান্বিত হয়।
- পদ্ম ও শালুকের ক্ষেত্রে বায়বীয় কলাপূর্ণ লম্বা বৃন্তের ওপর জলে ভাসমান পাতাগুলি বড়, গোলাকার, চ্যাপটা, পেল্টেট (Peltate) হয়। পাতার উপরিতলে মোমজাতীয় পদার্থের আস্তরণ থাকে।
- কিছু কিছু উদ্ভিদে যেমন স্যাজিটেরিয়া (*Sagittaria*), র‍্যানানকিউলাস (*Ranunculus*) এ হেটেরোফাইলি দেখা যায়। এখানে জলের উপরিতলের পাতাগুলি বড় ও অখণ্ডিত হয় এবং জলের তলাকার পাতা সরু ও খণ্ডিত হয় যা জলপ্রবাহের চাপ প্রশমনে সাহায্য করে।

(d) ফুল ও বীজ : জলে নিমজ্জিত উদ্ভিদের ফুল ও বীজ সাধারণত কম হয়। পাতাশ্যাওলা (*Vallisneria*) এবং হাইড্রিলার (*Hydrilla*) ক্ষেত্রে জলের সাহায্যে পরাগসংযোগ (hydrophyly) হয়। পুংপুষ্পমঞ্জরী ক্ষুদ্র বৃন্ত যুক্ত ও জলের নীচে থাকে। পরিণত ফুল সকল বিচ্ছিন্ন হয়ে জলের ওপর উঠে এসে জলের উপরিতলে ভাসতে থাকে। লম্বা বৃন্ত যুক্ত স্ত্রী ফুলের গর্ভমুণ্ড জলের উপরিতলে উন্মুক্ত হয়। ভাসমান পুং ফুলের সাথে জল উপরিতলে পরাগমিলন সম্পন্ন হয়। এরপর স্ত্রীফুলের বৃন্ত প্যাঁচাতে থাকে এবং জলের নীচে ডুবে যায়। সুক্ষ্ম সূক্ষ্ম ফল এবং বীজ জলের নীচেই পরিণত হয়।

সাধারণত জলজ উদ্ভিদের বীজগুলি কাদা-মাটিতে স্বল্প অক্সিজেন যুক্ত পরিবেশে অঙ্কুরোদ্গমে সক্ষম। চিত্র 7.1 এ জলজ উদ্ভিদের অঙ্গসংস্থানিক অভিযোজন দেখানো হয়েছে।



চিত্র 7.1 : জলজ উদ্ভিদের অঙ্গাসংস্থানিক অভিযোজন। a. *Wolffia*–মূল বিহীন ভাসমান b. *Azolla*–মূলত্র বিহীন মূল ও ভাসমান রাইজোম c. *Spirodilla*–দুর্বল মূলতন্ত্র d. *Jussiaea*–স্পঞ্জের ন্যায় ভাসমান মূল e. *Eichhornia*–পত্রবৃন্ত স্পঞ্জের ন্যায় এবং মূল রুটপকেট যুক্ত f. *Salainia*–নিমজ্জিত সূত্রবৎ পাতা ও চওড়া ভাসমান পাতা g. *Potamogeton*–শষ্কবৎ নিমজ্জিত পাতা এবং অনুভূমিক গ্রন্থিকাণ্ড h. *Ranunculus*–নিমজ্জিত খণ্ডিত পাতা ও অখণ্ডিত বায়বীয় পাতা i. *Vallisneria*–নিমজ্জিত ফিতের ন্যায় পাতা, স্টোলন এবং হাইড্রোফাইলি j. *Sagittaria*–হেটেরোফাইলি, স্টোলন প্রভৃতি।

7.4 শারীরস্থানিক অভিযোজন (Anatomical adaptation)

(a) মূল :

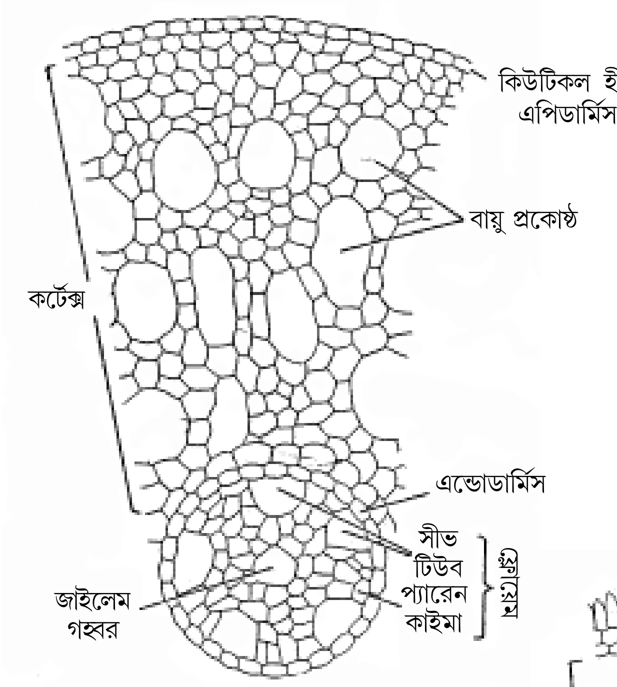
- মূলের কিউটিকল পাতলা, দুর্বল হয় কিংবা অনুপস্থিত থাকে।
- মূলের বহিঃস্তর বায়ুগহ্বর যুক্ত এরেনকাইমা (Aerenchyma) কলা দ্বারা পূর্ণ থাকে। ইহা জলের চাপ সহনে, ভাসমান ও গ্যাসীয় আদান প্রদানে সাহায্য করে।
- হোগলা (*Typha*), র‍্যানানাকিউলাস প্রভৃতি ক্ষেত্রে সংবহনকলা সুগঠিত হলেও অধিকাংশক্ষেত্রে সংবহন কলা তন্ত্র খুবই দুর্বল হয়।

(b) কাণ্ড : কাণ্ড সাধারণত কিউটিকল বিহীন হয় কিংবা খুব পাতলা স্তরে বিন্যস্ত থাকে। হোগলা বা টাইফার ক্ষেত্রে ইহা সুগঠিত।

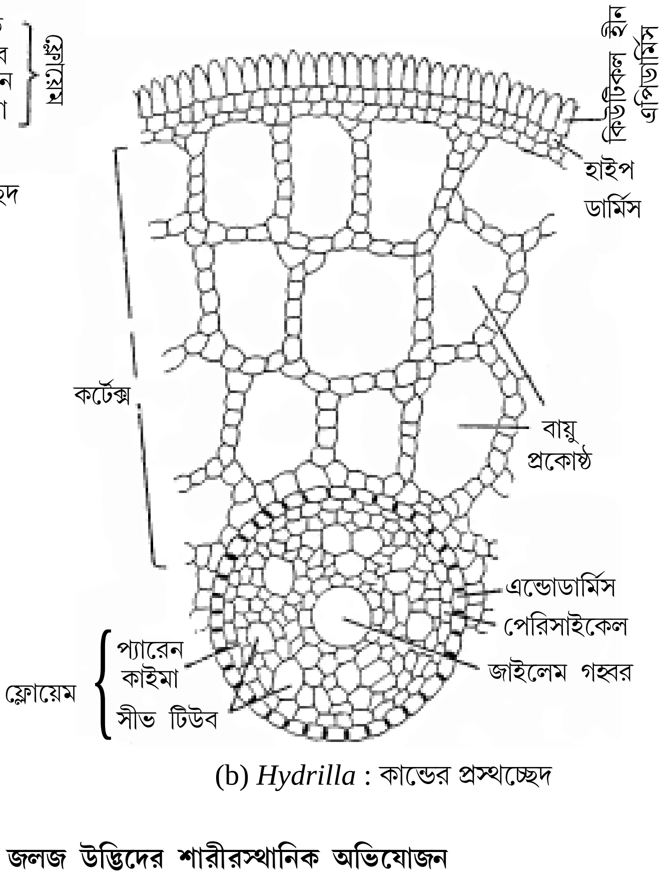
- বহিঃত্বক এক কোষস্তরীয়, পাতলা প্যারেনকাইমা কোষ দিয়ে তৈরী।
- ভাসমান ও অর্ধনিমজ্জিত উদ্ভিদে পাতলা কোষপ্রাচীর যুক্ত প্যারেনকাইমা বা কোলেনকাইমা দিয়ে গঠিত অধত্বক (Hypodermis) থাকে। পোটামোজেটন এবং হাইড্রিলার ন্যায় নিমজ্জিত উদ্ভিদে অধঃত্বক থাকে না।
- কাণ্ডের বহিঃস্তর (cortex) মজবুত, পাতলা প্যারেনকাইমা কোষ দিয়ে গঠিত এবং বাতাবকাশ (air cavity) যুক্ত।
- পোটামোজেটন-এর বহিঃত্বকে ক্লোরোফিল উপস্থিত।
- বায়ুগহ্বরগুলি অক্সিজেন ও কার্বনডাই অক্সাইড পূর্ণ থাকে যাহা উদ্ভিদের শ্বাসকার্য ও সালোকসংশ্লেষে সাহায্য করে। এছাড়া জলজ পরিবেশে জীবন যাপনে ও ভাসমানে সাহায্য করে।

(c) পাতা :

- পাতার বহিঃত্বক (epidermis) একস্তরীয় এবং প্রচুর ক্লোরোপ্লাস্ট যুক্ত। শালুক, পদ্ম ইত্যাদি ভাসমান উদ্ভিদে উর্ধ্বত্বক পাতলা ও দুর্বল কিউটিকল যুক্ত। আবার পোটামোজেটোন-এ কিউটিকল থাকে না।
- নিমজ্জিত উদ্ভিদে পত্ররন্ধ থাকে না, শালুক বা পদ্মের ন্যায় ভাসমান পাতার পত্ররন্ধ্র কেবলমাত্র উর্ধ্বত্বকে বর্তমান।
- পাতার মেসোফিল কলা বাতাসযুক্ত এরেনকাইমায় (aerenchyma) পূর্ণ।
- নিমজ্জিত উদ্ভিদের পাতায় যেমন অ্যানাকেরিস (*Anacharis*) এ সংবহন কলা খুব ছোট, জাইলেম ও ফ্লোয়েম পৃথকভাবে চিহ্নিত করা যায় না।
- পদ্ম, শালুক প্রভৃতির পত্রবৃন্তে বায়ুপূর্ণ এরেনকাইমা থাকে।

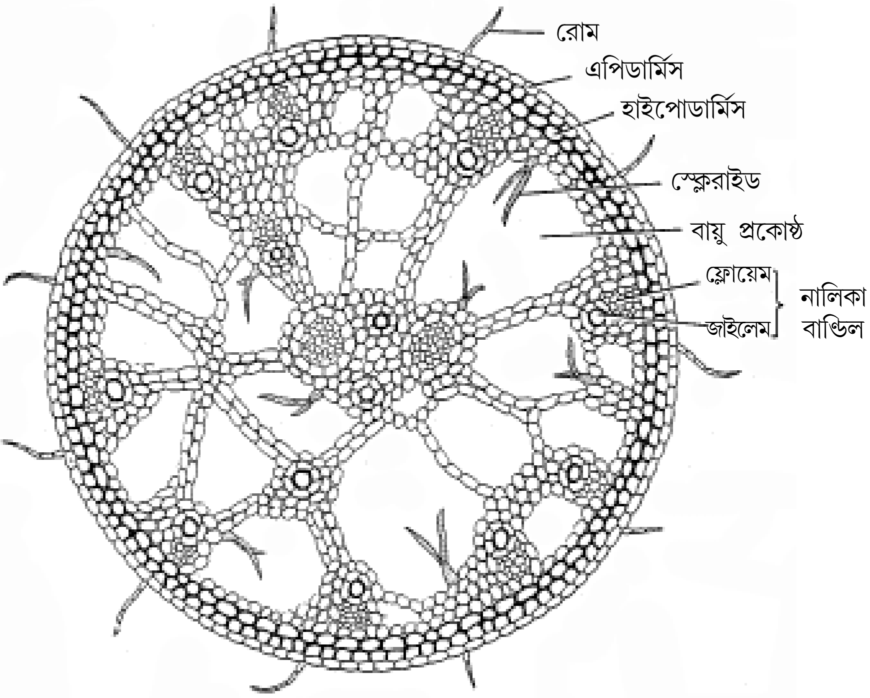


(a) *Potamogeton* : মূলের প্রস্থচ্ছেদ

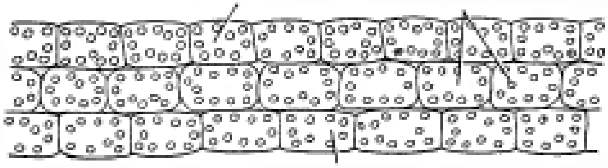


(b) *Hydrilla* : কান্ডের প্রস্থচ্ছেদ

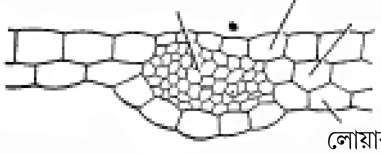
চিত্র 7.2 (a), (b) : জলজ উদ্ভিদের শারীরস্থানিক অভিযোজন



(c) *Nymphaea* : পত্রবৃন্তের প্রস্থচ্ছেদ



(d) *Potamogeton* : পাতার পার্শ্বীয় ফলকের প্রস্থচ্ছেদ



(e) *Anacharis* : পাতার মধ্য শিরা বরাবর প্রস্থচ্ছেদ

চিত্র 7.2 (c), (d) (e) : জলজ উদ্ভিদের শারীরস্থানিক অভিযোজন

7.5 শারীরবৃত্তীয় অভিযোজন (Physiological adaptation)

- জলজ উদ্ভিদের সাধারণ বৃদ্ধির হার খুবই কম।
- উদ্ভিদের সমগ্র ভেদ্য পৃষ্ঠতলের মাধ্যমে খনিজলবণ ও জল শোষণ ঘটে।
- প্রস্বেদনের (transpiration) হার খুবই কম হয়, কিন্তু গাটেশান প্রক্রিয়ায় অতিরিক্ত জল হাইডাথোডের মাধ্যমে নির্গত হয়।
- জলজ উদ্ভিদে বংশবিস্তার অঙ্গজ জননের মাধ্যমে বেশী হয়।
- জলজ উদ্ভিদের বিস্তার অঙ্গা হিসেবে প্রচুর রাইজোম, ধাবক (runner), বক্রধাবক (stolon) উৎপন্ন হয়। এই সকল অঙ্গো প্রচুর খাদ্য সঞ্চিত থাকে। পোটামোজেটন, (*Potamogeton*), স্যালভিনিয়া (*Salvinia*) প্রভৃতির বক্রধাবকের অগ্রভাগে ছোট ছোট কন্দ (tuber) সৃষ্টি হয়। এরা প্রতিকূল অবস্থায় উদ্ভিদকে বাঁচিয়ে রাখতে সাহায্য করে।

জলজ উদ্ভিদ তাদের আবাসস্থলে (habitat) উপযুক্ত অঙ্গাসংস্থানিক, শারীরস্থানিক এবং শারীরবৃত্তীয় অভিযোজনের দ্বারা জলজ পরিবেশে সুন্দরভাবে অভিযোজিত। এরা জলজ বাসস্থানে বসবাসে সক্ষম হওয়ার কারণে সেখানে একটি বাস্তুতন্ত্র (aquatic ecosystem) গড়ে ওঠে। প্রাথমিক উৎপাদক হিসেবে জলজ উদ্ভিদেরা সকল শ্রেণীর খাদকের জন্য প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষ ভাবে খাদ্য সরবরাহের ব্যবস্থা করে এবং বাস্তুতন্ত্রে শক্তি প্রবাহ অক্ষুণ্ণ রাখে।

7.6 সারাংশ (Summary)

এই এককে আবহমণ্ডলের অন্যতম উপাদান জল—ইহার বিভিন্ন উৎস করা হয়েছে। বৃষ্টিপাত, মাটির আর্দ্রতা এবং বাতাসের আর্দ্রতা কি করে উদ্ভিদকে প্রভাবিত করে তা সংক্ষেপে আলোচনা করা হয়েছে।

এই এককে জলজ উদ্ভিদের অঙ্গাসংস্থানগত অভিযোজনের আলোচনায় এই সকল উদ্ভিদের মূলতন্ত্র, কাণ্ড, পাতা, ফুল ও বীজের বিশেষ অভিযোজনগত বৈশিষ্ট্যগুলি তুলে ধরা হয়েছে। মূলরোম বিহীন দুর্বল মূল, দীর্ঘ ও স্পঞ্জের ন্যায় কাণ্ড, শীতকালীন মুকুলের উপস্থিতি, লম্বা পত্রবৃন্ত, এরেনকাইমা যুক্ত স্ফীত স্পঞ্জের মত পত্রবৃন্ত প্রভৃতি বিশেষ উল্লেখযোগ্য। শারীরস্থানিক বৈশিষ্ট যেমন দুর্বল কিউটিকল, বায়ুগহ্বর যুক্ত এরেনকাইমা, দুর্বল সংবহন কলা, নিমজ্জিত উদ্ভিদে অধঃত্বক এবং পত্ররন্ধ্রের অনুপস্থিতি, বহিঃত্বকে ক্লোরফিলের উপস্থিতি বিশেষ উল্লেখযোগ্য। শারীরবৃত্তীয় অভিযোজন-এর ক্ষেত্রে যে সকল বিষয়গুলিকে গুরুত্ব দেওয়া হয়েছে তা হোল—কম বৃদ্ধির হার, ভেদ্য পৃষ্ঠতলের মাধ্যমে খনিজ লবণ ও জলে শোষণ, অঙ্গজ জননের প্রাধান্য, গাটেশন প্রক্রিয়ায় অতিরিক্ত জলের নির্গমন, বিস্তার অঙ্গা রাইজোম ও ধাবক এ প্রচুর খাদ্য সঞ্চয়।

7.7 প্রশ্নাবলী (Questions)

I. বহু নির্বাচনী প্রশ্ন (MCQ) :

1. কোনটি জলজ উদ্ভিদ নয়?
   (a) লিউকাস (b) লেমনা (c) অ্যাজোলা (d) পোটামোজেটোন
2. শীতমুকুল দেখা যায় যে জলজ উদ্ভিদে—
   (a) র‍্যানানকিউলাস (b) হাইড্রিলা (c) ইউট্রিকুলারিয়া (d) স্যাজিটেরিয়া
3. সম্পূর্ণ নিমজ্জিত উদ্ভিদটি হল—
   (a) টাইফা (b) ট্রাপা (c) আইকরনিয়া (d) হাইড্রিলা
4. মূলের অগ্রভাগে রুট পকেট দেখা যায় যে উদ্ভিদটিতে—
   (a) কচুরীপানা (b) অ্যাজোলা (c) পোটোমোজিটোন (d) শালুক
5. লম্বা ফিতের ন্যায় পাতা দেখা যায় যে উদ্ভিদটিতে—
   (a) ভ্যালিসনেরিয়া (b) সেরাটোফাইলাম (c) ট্রাপা (d) পোটামোজেটোন
6. হেটেরোফাইলি দেখা যায় যে জলজ উদ্ভিদটিতে—
   (a) র‍্যানানকিউলাস (b) হাইড্রিলা (c) স্যাজিটেরিয়া (d) টাইফা
7. পেলটেট পাতা দেখা যায়—
   (a) কচুরীপানা (b) ইউট্রিকুলারিয়া (c) পাতা শ্যাওলা (d) শালুক
8. জলজ উদ্ভিদে এরেনকাইমা কলা প্রধানত সাহায্য করে—
   (a) জলের তলদেশের অংশের পচন রোধে
   (b) জলের চাপ সহন এবং ভাসমানতায়
   (c) জলের নীচের অংশে জলের প্রবেশ রোধে
   (d) বাতাসের প্রবেশ রোধ করতে
9. জলজ উদ্ভিদের দেহের অতিরিক্ত জল যে পদ্ধতিতে সবচাইতে বেশী পরিমাণ নির্গত হয়—
   (a) ট্রান্সপিরেশন (b) ইভাপোরেশন (c) গাটেশন (d) বহিঃঅভিশ্রবণ
10. জলজ উদ্ভিদের স্বাভাবিক বৈশিষ্ট্য নয় যেটি—
    (a) এরেনকাইমা কলা (b) অনেকের পত্ররন্ধ্রের অনুপস্থিতি
    (c) ভাজক কলা দুর্বল প্রকৃতির (d) নিমজ্জিত পত্ররন্ধ্র

II. সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলী ঃ

1. জলজ উদ্ভিদের মূলের দুইটি বৈশিষ্ট্য লিখুন।
2. স্পঞ্জ-এর ন্যায় কাণ্ড এবং স্পঞ্জের ন্যায় বৃন্তের একটি করে উদাহরণ দিন।
3. জলজ উদ্ভিদের হেটেরোফাইলি এবং পেলটেট পাতার একটি করে উদাহরণ দিন।
4. ভ্যালিসনেরিয়ার পরাগমিলন কি উপায়ে হয়?
5. রুট পকেট কি এবং কোথায় দেখা যায়?
6. জলজ উদ্ভিদের অঙ্গজ বিস্তার কি কি উপায়ে হয়?

III. রচনাধর্মী প্রশ্ন ঃ

1. বাস্তুতন্ত্রে জলজ উদ্ভিদের ভূমিকা সংক্ষেপে বর্ণনা করুন।
2. জলজ উদ্ভিদের অঙ্গসংস্থানগত অভিযোজন সংক্ষেপে বর্ণনা করুন।
3. জলজ উদ্ভিদের বিভিন্ন শারীরস্থানিক অভিযোজন সংক্ষেপে বর্ণনা করুন।

7.8 উত্তরমালা (Answers)

I. বহু নির্বাচনী প্রশ্নের (MCQ) উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
উত্তর :	a	c	d	a	a	a	d	b	c	d

II. সংক্ষিপ্ত প্রশ্নের উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4	5	6
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	7.3 (a)	7.3 (b)	7.3 (c)	7.3 (d)	7.3 (a)	7.5

III. রচনাধর্মী প্রশ্নের উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	7.5	7.3	7.4

একক–8 : আবহমণ্ডল এবং উদ্ভিদ প্রতিক্রিয়া-III : সামমোফাইট, লিথোফাইট, সাইক্রোফাইট, সাক্যুলেন্ট বা রসালো উদ্ভিদ এবং তাদের অঙ্গাসংস্থানগত অভিযোজন (Atmosphere and plant responses-III : Psammophytes, Lithophytes, Psychrophytes, Succulents and their morphological adaptations)

গঠন (Structure)

8.0 উদ্দেশ্য (Objectives)

8.1 প্রস্তাবনা (Introduction)

8.2 সামমোফাইট (Psammophytes)

8.3 লিথোফাইট (Lithophytes)

8.4 সাইক্রোফাইট (Psychrophyte)

8.5 রসাল জাঙ্গাল উদ্ভিদ বা সাকুলেট জেরোফাইট (Succutents xerophytes)

8.6 সারাংশ (Summary)

8.7 মডেল প্রশ্নাবলী (Questions)

8.8 উত্তরমালা (Answers)

8.0 উদ্দেশ্য (Objectives)

এই এককটি পাঠ করে আমরা নিম্নলিখিত বিষয়গুলি সম্বন্ধে সম্যক ধারণা তৈরি করতে পারব।

- বায়বীয় পরিবেশের প্রতি বিভিন্ন স্থলজ বাসস্থানের উদ্ভিদ যেমন, বালিজ উদ্ভিদ (Psammophyte), প্রস্তরীয় উদ্ভিদ (Lithophyte), শীতল উদ্ভিদ (Psychrophyte), রসাল জাঙ্গাল উদ্ভিদ (Succulent xerophyte) প্রভৃতির প্রতিক্রিয়া।

D: \ Suvendu \ NSOU\NEP/ 5CC-BT-02
Unit- 5-8 \ 2ndProof \ (Dt. 19.03.2025)

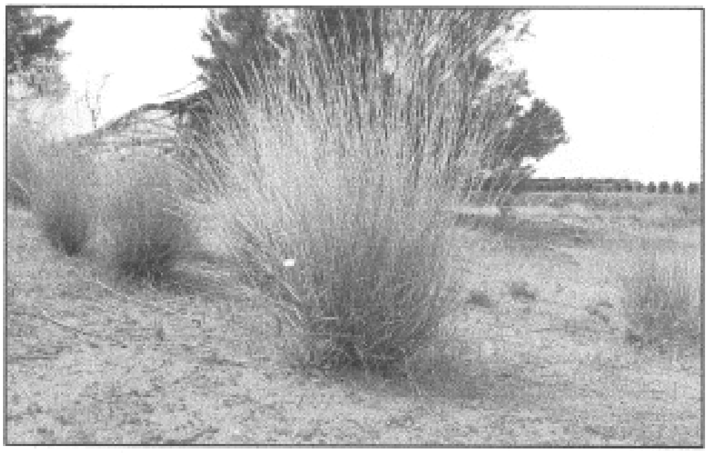
8.1 প্রস্তাবনা (Introduction)

ভূপৃষ্ঠের বিভিন্ন অংশে স্থলজ বাসস্থানের বিভিন্নতায় ভিন্ন ভিন্ন প্রকৃতির উদ্ভিদের বসবাস দেখা যায়। স্বাভাবিক স্থলজ বাসস্থানের উদ্ভিদ বা মেসোফাইট (mesophytes) অপেক্ষা বালুময় স্থানের সাম্মোফাইট, পাথুরে স্থানের লিথোফাইট, অতি শীতল স্থানের সাইক্রোফাইট এবং শুষ্ক মৃত্তিকার রসালো জেরোফাইট সকলেই পরিবেশের নানা প্রতিকূলতার মধ্যে জীবনধারণ করে।

নানা ভৌত এবং অজৈব উপাদানের সাপেক্ষে এই সকল বাসস্থানের উদ্ভিদের নানা প্রকার অভিযোজন দেখা যায়। এরা সকলেই নিজ নিজ বাসস্থানে উপযুক্ত ভাবে অভিযোজিত হয়ে নানা শারীরবৃত্তীয় ও জৈবনিক ক্রিয়াকলাপ সম্পাদন করতে সক্ষম। নির্দিষ্ট সীমার বৃদ্ধি এবং উপযুক্ত জনন ক্রিয়ার মাধ্যমে এরা নিজ পরিবেশে বেঁচে থাকে। ইহাই এই অধ্যায়ে আলোচনার মুখ্য বিষয়।

8.2 সামমোফাইট (Psammophytes)

এরা প্রধানত মরুভূমির স্থানান্তরগামী বালুতে (shifting sands) জীবনধারণে সক্ষম উদ্ভিদ সমূহ। বায়ুবাহিত বালুতে জীবনধারনের উপযোগী একাধিক অভিযোজন এদের দেখতে পাওয়া যায়। কখনো এরা সম্পূর্ণভাবে বালুতে চাপা পড়ে যায় আবার কখনো এদের মূলতন্ত্র বালুর বাইরে উন্মুক্ত হয়ে পড়ে। এখানে এদের বীজের অঙ্কুরোদ্গম যথেষ্ট কঠিন ব্যাপার। এই প্রকার উদ্ভিদ অনেক সময় বালুমাটির স্থিতিকরণে (stabilization) সাহায্য করে।



চিত্র 8.1 : সাম্মোফাইট (*Aristida*)

এদের অঙ্গসংস্থানগত অভিযোজনগুলি (morphological adaptations) হল—

- অনেক সামমোফাইট বর্ষজীবী বা স্বল্পস্থায়ী ঋতুজীবী (ephemeral) প্রকৃতির। বহুবর্ষজীবী উদ্ভিদ ক্ষুদ্র এবং সংক্ষিপ্ত (reduced) পাতাযুক্ত বা কখনো পাতা বিহীন হয়ে থাকে। এদের সালোকসংশ্লেষ এবং বাষ্পমোচন কাণ্ড দ্বারা সম্পন্ন হয়।
- ফল-এ পাখার ন্যায় (wing like) উপবৃদ্ধি থাকে কারুর ক্ষেত্রে প্রপেলার থাকে (যেমন *Haloxylon ammondendron*), কারুর ক্ষেত্রে প্যারাশুট যুক্ত (যেমন *Aristida*)। এগুলি তাদের বিস্তার এবং রৌদ্রতপ্ত বালুর ওপর বেঁচে থাকার কৌশল প্রদান করে।
- সাধারণত প্রথম বসন্তে (early spring) এদের বীজ অঙ্কুরিত হয়, খুব অল্পসময়ে এদের মূল বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়ে প্রায় 50 cm গভীরতা পর্যন্ত পৌছায়।

8.3 লিথোফাইট (Lithophytes)

এই জাতীয় উদ্ভিদেরা পাথরের ওপর কিংবা পাথরের খাঁজের ভেতর থেকে জন্মায়। সেই অবস্থান অনুযায়ী এদের এপিলিথিক বা এপিপেট্রিক (epilithic or epipetric) এবং এন্ডোলিথিক বা ক্যাসমোফাইট (endolithic or chasmophytes) হিসেবে বিভেদিত করা হয়।

কিছু কিছু লিথোফাইট প্রজাতি সম্পূর্ণরূপে কেবল পাথর বা শিলাময় আবাসস্থলেই জন্মাতে পারে এদের অপরিহার্য লিথোফাইট (obligate lithophyte) বলে। যে সকল লিথোফাইট পাথর বা শিলাময় আবাসস্থল ছাড়াও অন্যত্র জন্মাতে পারে তাদের অনুষঙ্গী লিথোফাইট (Facultative lithophytes) বলে।

লিথোফাইট-এর উদাহরণ হিসেবে আছে অনেক লাইকেন, শৈবাল, লিভারওয়ার্ট জাতীয় ব্রায়োফাইটা, সেলাজিনেলা (*Selaginella*), ইকুইজিটাম (*Equisetum*) চিত্র (8.2), বিভিন্ন ফার্ন, প্যাফিওপেডিলাম (*Paphiopedilum*) এর বিভিন্ন প্রজাতির অর্কিড। এছাড়াও লিলিয়েসী, অ্যামারাইলিডেসী, বিগোনিয়েসী, বারবেরিডেসী, ক্রাসুলেসী, পাইপারেসী, ক্যাম্পান্যুলেসী, প্রাইমুলেসী প্রভৃতি গোত্রের বেশ কিছু প্রজাতির নামও করা যায়। এছাড়াও আছে বেশ কিছু পতঙ্গভুক উদ্ভিদ যেমন নিপেনথিস্ (*Nepenthes*), হেলিয়ামফোরা (*Heliamphora*), পিন্‌গুইকুলা (*Pinguicula*), ইউট্রিকুলারিয়া (*Uticularia*) প্রজাতির বিভিন্ন প্রজাতি।

লিথোফাইট জাতীয় উদ্ভিদের মূল যতোই বৃদ্ধি পেতে থাকে পাথরের খাঁজ ততোই গভীর ও চওড়া হতে থাকে। এইভাবে পাথর ক্ষয়প্রাপ্ত হয় এবং সেখানে আরো বড় উদ্ভিদ জন্মাতে সাহায্য করে। বিভিন্ন লিথোফাইট যারা নিজেদেরকে পাথুরে আবাসস্থলে প্রথিত করে (implant themselves) এবং ধীরে ধীরে তাদের মূলতন্ত্রের বৃদ্ধির সাথে পাথরের ক্ষয় সাধন করে তাদের লিথোফ্যাগাস উদ্ভিদ (lithophagous plants) বলে।

এই উদ্ভিদেরা বৃষ্টির জল এবং পারিপার্শ্বের বিয়োজিত জৈব পদার্থ থেকে পুষ্টি সংগ্রহ করে। প্রায় সমস্ত লিথোফাইটদের নাইট্রোজেনের মূল উৎস হল বাতাসের গ্যাসীয় অ্যামোনিয়া (NH_3)। ইহা অ্যাপোপ্লাস্ট (কোষপর্দার ঠিক বাইরে কোষ প্রাচীরের মধ্য দিয়ে বিভিন্ন দ্রবণ ও গ্যাসীয় পদার্থের মুক্ত ব্যাপন ও প্রবাহস্থান)-এর মধ্য দিয়ে ঘনত্বের নতিমাত্রায় (concentration gradient) ব্যাপন প্রক্রিয়ায় ভেতরমুখী পৌঁছায়। সেখান থেকে গ্লুটামেট সিন্থেটেজ (Glutamate synthetase) নামক উৎসেচক এর সাহায্যে কোষ অভ্যন্তরে প্রবেশ করে।

চিত্র 8.2 : লিথোফাইট (*Equisetum*)

পাথর ও শিলাময় ভূখণ্ডে স্বল্প পুষ্টির যোগান-এ দক্ষতার সঙ্গো ব্যবহার করে বেঁচে থাকার জন্য লিথোফাইট-এ কিছু অঙ্গাসংস্থানগত অভিযোজন (morphological adaptation) দেখা যায় যেমন—

- এদের মূল অপেক্ষাকৃত বেশী চওড়া হয় এবং মূলরোম-এর সংখ্যা কম হয়।
- পুষ্টি সংগ্রহের জন্য এদের আর্বাসকুলার মাইকোরাইজা প্রকৃতির ছত্রাক (arbuscular micorrhizal fungi) এবং বিভেদক যুক্ত অন্তর্জীবী ছত্রাক (septate endophytic fungi)-এর সঙ্গো আন্তঃসম্পর্ক স্থাপিত হয়।
- এছাড়া পাথুরে বাসভূমিতে জলের পরিমাণের ওপর ভিত্তি করে পাতার আকার, আকৃতি ও বহিঃস্তরিয় রোম (epidermal hair) এর উপস্থিতি ভিন্ন ভিন্ন হয়।

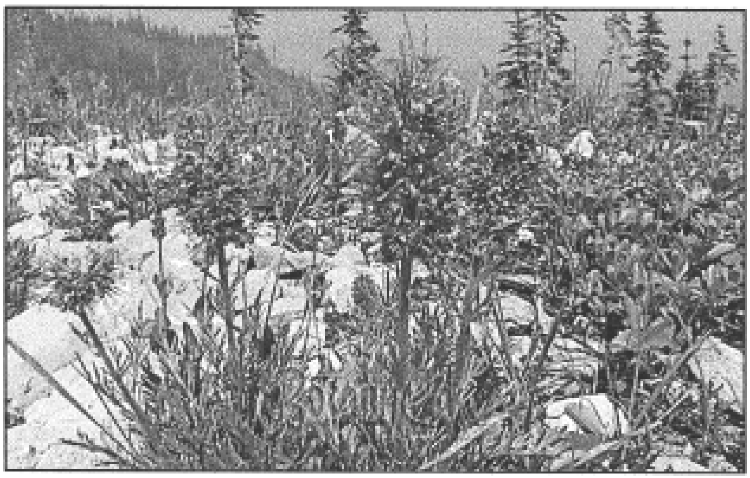
8.4 সাইক্রোফাইট (Psychrophyte)

সাইক্রোফাইট (Psychrophyte) কথাটির উৎপত্তি হয়েছে প্রাচীন গ্রীক শব্দ 'Psychro' অর্থাৎ 'Cold' বা ঠাণ্ডা এবং 'phyte' অর্থাৎ plant বা উদ্ভিদ থেকে। যে সকল উদ্ভিদ ঠাণ্ডা এবং স্যাঁতসেঁতে মাটিতে জন্মায় তাদের সাইক্রোফাইট বলে। এখানে বিভিন্ন জীবন আকার বা লাইফ ফর্ম (life forms)-এর উদ্ভিদ জন্মায়। এদের মধ্যে উল্লেখযোগ্য গুল্ম, অধঃগুল্ম (undershrubs) এবং বিভিন্ন বহুবর্ষজীবী ঘাস জাতীয় উদ্ভিদ। নিম্নশ্রেণীর উদ্ভিদের (lower plants) মধ্যে একাধিক শৈবাল, রূপিকোলাস লাইকেন (rupicolous lichens) দেখা যায়। খর্বাকৃতির পাথুরে পাইন, কামচাটকা রোডোডেনড্রন (*Rhododendron camtschaticum*) উল্লেখযোগ্য। এরা অন্যান্য চরম পরিবেশে অনন্য জীবনযাপনে সক্ষম যেমন—দীর্ঘশীতকাল, সংক্ষিপ্ত অঙ্গজ বৃদ্ধিকাল (short vegetative periods), বায়ু এবং মাটির অতি নিম্ন তাপমাত্রা, গ্রীষ্মকালীন তীব্র বায়ুপ্রবাহ যা আর্দ্র মাটিকে সহজেই শুষ্ক করে তোলে। এছাড়াও শীতাকালীন তুষারপাত, অতিসামান্য বৃষ্টিপাত, নগন্য তুষার আবরণ (poor snow cover), অত্যাধিক বাতাসের আর্দ্রতা, সর্বোপরি পুষ্টি সরবরাহের অপ্রতুলতা। যা সাধারণত মেরু অঞ্চল বা এলপাইন অঞ্চলে দেখা যায়। এদের মূলতন্ত্র মাটির 0°C এর কাছাকাছি তাপমাত্রাতেও স্বাভাবিক ক্রিয়া বজায় রাখতে সক্ষম।

এদের নিম্নোক্ত অঙ্গসংস্থানগত অভিযোজন (morphological adaptations) দেখা যায়—

- এখানে উদ্ভিদের বীজের মাধ্যমে বংশবিস্তার বাধাপ্রাপ্ত হয়। কেননা এখানে বীজ পরিণত হবার জন্য প্রয়োজনীয় উপযুক্ত সময় পায় না। তাই এখানে অঙ্গজ জনন বিরাজমান।
- এদের পাতা ক্ষুদ্রাকৃতির বা শল্কবৎ, রোমযুক্ত হয় যাতে বাষ্পমোচন প্রতিহত হয়।

উদাহরণ—বগ্‌মস্ (*Sphagnum* sp.), প্রোসোপিস (*Prosopis* sp.), ফ্যাসেলিয়া (*Phacelia sericea*), কুশন প্লান্ট (*Silene aqualis*) প্রভৃতি।



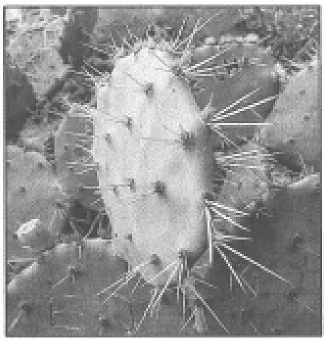
চিত্র 8.3 : সাইক্রোফাইট (*Phacelia*)

8.5 রসাল জাঙ্গাল উদ্ভিদ বা সাকুলেন্ট জেরোফাইট (Succulent xerophytes)

এরা প্রধানত খরা প্রতিরোধী জাঙ্গাল উদ্ভিদ (drought resistant xerophytes)। এদের প্রধানত অত্যাধিক শুষ্ক এবং উষ্ণ আবাসস্থলে জন্মাতে দেখা যায়। এই সকল উদ্ভিদের কোন অঙ্গ স্ফীত এবং রসাল হয় যা জলসঞ্চয়ী কলা (water storing tissue) দ্বারা পূর্ণ থাকে। চরম আবহাওয়ায় মাটিতে শোষণযোগ্য জল শেষ হয়ে গেলে উদ্ভিদ এই সঞ্চিত জল ব্যবহার করে।

রসালকাণ্ড জাঙ্গাল উদ্ভিদ-এর একটি জল সঞ্চয়ী অঙ্গ হল কাণ্ড। যেমন—ফণিমনসা (*Opuntia* sp.), লিনিয়া আর্টিকুলেটা (*Kleinia articulata*), সালসোলা (*Salsola* sp.)। রসাল পত্রের জাঙ্গাল উদ্ভিদের উদাহরণ হিসেবে ঘৃতকুমারী (*Aloe* sp.) মেসেমব্রিয়ানথেমাম (*Mesembryanthemum* sp.), ক্লেইনিয়া ফিকোইডিস (*Kleinia ficoides*) প্রভৃতি উল্লেখযোগ্য।

মেসেমব্রায়ানথেনাম (*Mesembryanthemum sp.)*



ফনিমনসা (*Opuntia* sp.)

অ্যালো (*Aloe* sp.)

চিত্র 8.4 : রসালো জাঙ্গাল উদ্ভিদ (*Mesembryanthemum sp.)*

এদের অঙ্গাসংস্থানিক অভিযোজন (morphological adaptations) নিম্ন প্রকারের হয়—

- মাটিতে জলের ঘাটতির জন্য রসাল জাঙ্গাল উদ্ভিদের মূল সুদৃঢ়, প্রচুর শাখা-প্রশাখা যুক্ত হয় এবং মাটির গভীরে প্রবেশ করে। মুলাগ্রে মূলরোম ঘনসন্নিবিষ্ট থাকে।
- কাণ্ড স্ফীত, রসালো, সবুজ চ্যাপ্টা বা তৃকোণাকৃতির হয়। এদের পর্ণকাণ্ড বা ফাইলোক্ল্যাড (phylloclade) বলে।
- পাতাগুলি ছোট ছোট কাঁটায় রূপান্তরিত হয়। এদের পত্রকণ্টক (Leaf spine) বলে।
- কাণ্ডে সাধারণত মোমজাতীয় পদার্থের আস্তরণ কিংবা ঘন রোম থাকে।
- রসালপত্রের জাঙ্গাল উদ্ভিদে পাতাগুলি যথেষ্ট পরিমাণে স্ফীত ও রসালো হয়ে ওঠে। এদের পাতায় পুরু কিউটিকল কিংবা মোমের আস্তরণ থাকে।
- রসালপত্র জাঙ্গাল উদ্ভিদের কাণ্ড হ্রস্ব বা সংকুচিত (reduced) হয়।

8.6 সারাংশ (Summary)

এই এককে সামমোফাইট, লিথোফাইট, সাইক্রোফাইট এবং সাক্যুলেন্ট উদ্ভিদের বায়ুমণ্ডলের সাথে প্রতিক্রিয়ায় অঙ্গাসংস্থানগত অভিযোজন আলোচিত হয়েছে। সামমোফাইট উদ্ভিদেরা মরুভূমির বালুতে জীবনধারণে সক্ষম। এরা ক্ষণস্থায়ী ঋতুজীবি হয়। এদের মূলতন্ত্র উন্মুক্ত হয়, পাতা সংক্ষিপ্ত বা অনুপস্থিত, সালোকসংশ্লেষ কাণ্ড দ্বারা সংগঠিত হয়, রৌদ্রতপ্ত বালুতে বাঁচার জন্য ফল-এ পাখার ন্যায় উপবৃদ্ধি বা প্রপেলার থাকে। লিথোফাইটের ক্ষেত্রে অবলিগেট ও ফ্যাকালটেটিভ লিথোফাইটের সংজ্ঞা দেওয়া আছে। পাথরের খাঁজে এদের বৃদ্ধি, বিয়োজিত জৈব পদার্থ থেকে পুষ্টি সংগ্রহ, বাতাসের অ্যামোনিয়া গ্রহণ ক্ষমতা, আর্বাসকুলার মাইকোরাইজার সঙ্গো আন্তঃসম্পর্ক প্রভৃতি আলোচিত হয়েছে। সামনোফাইট, লিথোফাইট, সাইক্রোফাইট, ও সাক্যুলেন্ট জেরোফাইট উদ্ভিদের অঙ্গাসংস্থানগত অভিযোজন সংক্ষেপে উল্লেখ করা হয়েছে।

8.7 প্রশ্নাবলী (Questions)

I. বহু নির্বাচনী প্রশ্ন (MCQ) :

1. বালুতে বসবাসকারী উদ্ভিদদের বলে—
   (a) সাম্‌মোফাইট (b) লিথোফাইট (c) সিওফাইট (d) সাইক্রোফাইট
2. সাম্‌মোফাইট-এ দেখা যায় না কোন বৈশিষ্ট্য?
   (a) ক্ষণস্থায়ী ঋতুজীবীতা (b) ক্ষুদ্রাকৃতির পাতা
   (c) ফলে পাখনা বা প্রপেলার থাকে (d) কাণ্ড ও পাতায় প্রচুর এরেনকাইমা
3. ক্যাসমোফাইট বলতে বোঝায়—
   (a) বালুর ভেতর জন্মানো উদ্ভিদ (b) পাথরের খাঁজে জন্মানো উদ্ভিদ
   (c) পাথরের ওপরে জন্মানো উদ্ভিদ (d) বালুর উপরিতলে জন্মানো উদ্ভিদ
4. লিথোফাইট জাতীয় উদ্ভিদের নাইট্রোজেন-এর মূল উৎস হল—
   (a) মাটির নাইট্রেট (b) মাটির নাইট্রাইট
   (c) বাতাসের অ্যামোনিয়া (d) পরিবেশের মুক্ত নাইট্রোজেন
5. যে সকল উদ্ভিদ ধীরে ধীরে পাথর ক্ষয় করে মূলের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি করে তাদের বলে—
   (a) লিথোফ্যাগাস (b) এপিলিথিক (c) সামমোফিলাস (d) এন্ডোফাইট

6. সাইক্রোফাইট বলতে বোঝায়—
   (a) উষ্ণ জলাভূমির উদ্ভিদ (b) নাতিশীতোষ্ণ জলাভূমির উদ্ভিদ
   (c) স্যাঁতসেঁতে ছায়ায় জন্মানো উদ্ভিদ (d) ঠাণ্ডা স্যাঁতসেঁতে মাটির উদ্ভিদ

7. বংশ বিস্তারের প্রধান মাধ্যম হল অঙ্গজ জনন যাদের ক্ষেত্রে—
   (a) লিথোফাইট (b) সামমোফাইট (c) সাইক্রোফাইট (d) হাইড্রোফাইট

8. সাকুলেন্ট উদ্ভিদরা প্রধানত যে প্রকৃতির—
   (a) লিথোফাইট (b) জেরোফাইট (c) হাইড্রোফাইট (d) মেসোফাইট

II. সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলী ঃ

1. সামমোফাইট কাদের বলে? দুইটি উদাহরণ দিন।
2. সামমোফাইট এবং সাকুলেন্ট-এর দুইটি করে উদাহরণ লিখুন।
3. এপিথিলিক এবং এন্ডোলিথিক উদ্ভিদ কাদের বলে?
4. লিথোফাইট-এ গুটামেট সিন্থেটেজ উৎসেচক কি কাজ করে।
5. দুইটি উদাহরণসহ সাইক্রোফাইট কাদের বলে লিখুন।
6. ফাইলোক্ল্যাড কি এবং কি কাজ করে?

III. রচনাধর্মী প্রশ্ন ঃ

1. উদাহরণসহ সাম্‌মোফাইট এবং সাইক্রোফাইট-এর তুলনামূলক আলোচনা করুন।
2. উদাহরণসহ বিভিন্ন প্রকার লিথোফাইট-এর বৈশিষ্ট্য আলোচনা করুন।
3. উদাহরণসহ সাইক্রোফাইট ও সাকুলেন্ট উদ্ভিদের অঙ্গাসংস্থানিক অভিযোজন বর্ণনা করুন।

8.8 উত্তরমালা (Answers)

I. বহু নির্বাচনী প্রশ্নের (MCQ) উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4	5	6	7	8
উত্তর :	a	d	b	c	a	d	c	b

II. সংক্ষিপ্ত প্রশ্নের উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4	5	6
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	8.2	8.2 & 8.5	8.3	8.3	8.4	8.5

III. রচনাধর্মী প্রশ্নের উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	8.2 & 8.4	8.3	8.4 & 8.5

একক–9 : পরিবেশ দূষণ : বায়ুদূষণ, জল দূষণ এবং উদ্ভিদের ওপর ইহাদের প্রভাব (Environmental pollution : Air pollution, water pollution and their impact on plants)

গঠন (Structure)

9.0 উদ্দেশ্য (Objectives)

9.1 প্রস্তাবনা (Introduction)

9.2 পরিবেশ দূষণ (Environmental Pollution)

9.2.1 পরিবেশ দূষণের প্রধান কারণসমূহ (Primary causes of Environmental Pollution)

9.2.2 পরিবেশ দূষণের প্রকারসমূহ (Types of Environmental Pollution)

9.3 বায়ু দূষণ (Air Pollution)

9.3.1 বায়ু দূষণের উৎস (Source of Air Pollution)

9.3.2 বায়ুদূষণ কারকের শ্রেণীবিন্যাস (Classification of Air Pollutants)

9.3.3 বায়ুদূষণ নিয়ন্ত্রণ (Control of Air Pollution)

9.3.3.1 উদ্ভিদের উপর বায়ু দূষণের প্রভাব (Impact of air pollution on plants)

9.3.3.2 উদ্ভিদের উপর বিভিন্ন বায়ু দূষণকারকের প্রভাব (Impact of different Air pollutants on Plants)

9.4 জল দূষণ (Water Pollution)

9.4.1 জল দূষণের উৎস (Sources of Water Pollution)

9.4.2 উদ্ভিদের ওপর জল দূষণের প্রভাব (Effect of Water Pollution of plants)

9.4.3 জলদূষণ নিয়ন্ত্রণ (Control of Water Pollution)

9.5 সারাংশ (Summary)

9.6 প্রশ্নাবলী (Questions)

9.7 উত্তরমালা (Answers)

9.0 উদ্দেশ্য (Objectives)

এই এককটি পাঠ করে আমরা নিম্নলিখিত বিষয়গুলি সম্বন্ধে সম্যক ধারণা তৈরি করতে পারব।

- পরিবেশ দূষণের সংজ্ঞা ও প্রধান কারণ সমূহ।
- পরিবেশ দূষণের প্রকার সমূহ।
- বিভিন্ন প্রকার দূষণের উৎস ও নিয়ন্ত্রণ।
- কৃষিক্ষেত্রের রাসায়নিক দূষণ।
- উদ্ভিদের উপর জলদূষণের প্রভাব।

9.1 প্রস্তাবনা (Introduction)

মানব সভ্যতার অগ্রগতির সাথে সাথে কৃষি ও শিল্পের অভুতপূর্ব উন্নয়ন ঘটেছে। এর ফলে প্রচুর পরিমাণ প্রাকৃতিক সম্পদ বিনষ্ট হয়েছে বা নিঃশেষিত হয়ে পড়ছে। এর ক্ষতিকর প্রভাবে পরিবেশ দূষিত হচ্ছে এবং পরিবেশের ভারসাম্য নষ্ট হচ্ছে। ভারত আজ শিল্পোন্নত দেশগুলির অন্যতম হয়ে উঠেছে, অন্যতম হয়ে উঠছে পরিবেশ দূষণের মাপকাঠিতেও। কিন্তু দূষণ নিয়ন্ত্রণের বিজ্ঞানসম্মত সংস্কৃতির অভাবে তা মাত্রা ছাড়াচ্ছে। দূষণের প্রভাব সমগ্র জীবজাতির উপরেই ভয়াবহ হয়ে উঠছে। বাতাস, মাটি ও জলের এই অনভিপ্রেত পরিবর্তন, পরিবেশ রক্ষার প্রহরী-উদ্ভিদের জীবনকেও করে তুলেছে সংকটের সম্মুখীন।

9.2 পরিবেশ দূষণ (Environmental Pollution)

বাস্তুবিজ্ঞানী ওডামের (Odum, 1983) মতে, "বায়ু, জল, মাটি প্রভৃতির ভৌত, রাসায়নিক ও জৈব বৈশিষ্ট্যের যে অনভিপ্রেত পরিবর্তন মানব সভ্যতাকে অথবা কোন প্রজাতির জীবনকে, কোন শিল্পের প্রক্রিয়াকে, কোন সজীব অস্তিত্বকে এবং কোন সাংস্কৃতিক বা প্রাকৃতিক সম্পদকে ক্ষতিগ্রস্ত করছে বা করতে পারে, তাকেই দূষণ (Pollution) বলে।"

9.2.1 পরিবেশ দূষণের প্রধান কারণসমূহ (Primary causes of Environmental Pollution)

প্রাকৃতিক দূষণ আপনা-আপনিই ঘটে এবং প্রকৃতি নিজেই মূলতঃ উদ্ভিদের মাধ্যমে সেই দূষণ কাটিয়ে ওঠে। সৃষ্টির আদি থেকে আজ পর্যন্ত এই দূষণ ও বিশোধন পাশাপাশি চলে প্রাকৃতিক ভারসাম্য রক্ষা করেছে। কিন্তু মানব সৃষ্ট সবুজবিপ্লব (কৃষি) ও শিল্প বিপ্লবের মাধ্যমেই আজ এই দূষণের প্রকটতা মাত্রাতিরিক্ত হয়েছে। পরিবেশবিদদের মতে দূষণ উৎপত্তির কারণগুলি হল :

1. অবৈজ্ঞানিক পদ্ধতিতে নগরায়ন।
2. বনজ সম্পদের নির্মূলীকরণ।
3. জনসংখ্যা বৃদ্ধির ফলে জীবজগতের ভারসাম্যহীনতা।
4. শিল্প-সমৃদ্ধির পথে যত্রতত্র কলকারখানা স্থাপন।
5. অত্যাধিক সার ও কীটনাশক ব্যবহার করে কৃষিক্ষেত্রে সবুজ বিপ্লব।
6. কলকারখানা ও গার্হস্থ্য বর্জ্যপদার্থ ও আবর্জনা যত্রতত্র অপরিকল্পিতভাবে নিক্ষেপণ।
7. যানবাহনের অতিবৃদ্ধি।
8. পারমাণবিক বিস্ফোরণ ও পারমাণবিক শক্তি উৎপাদন।
9. যথেচ্ছ আতসবাজির উৎসব।
10. নির্বিচারে বোমা, ক্ষেপনাস্ত্র ব্যবহার ও যুদ্ধ।

ওডামের (Odum, 1983) মত অনুযায়ী প্রকৃতিগতভাবে দূষণকে দু'ভাগে বিভক্ত করা যায় :

(ক) ক্রমক্ষয়ী (Degradable) যে সকল দূষণকারী পদার্থ প্রাকৃতিক পরিবেশে ক্ষয়প্রাপ্ত হয়ে নির্বিষ (Nontoxic) হয়ে যায় এবং ক্ষতিকারক বস্তুরূপে অবস্থান করে না, তাদের ক্রমক্ষয়ী পদার্থ বলে। প্রধানতঃ জৈব বর্জ্য পদার্থ, গৃহস্থালীর বর্জ্য পদার্থর এর মধ্যে পড়ে। তবে এরাও সমস্যা সৃষ্টি করে যখন এরা বিয়োজনের (Decomposition) মাত্রার অতিরিক্ত জমা হয়।

(খ) ক্রমক্ষয়হীন (Non-degradable) প্রাকৃতিক পরিবেশে যে সমস্ত দূষণকারী বিষাক্ত পদার্থগুলির ক্রমক্ষয় ঘটে না বা ঘটলেও অতি মন্থর গতিতে ঘটে তাদের ক্রমক্ষয়হীন পদার্থ বলে। এদের মধ্যে নানা প্রকার ধাতু, কীটনাশক, প্লাস্টিক ও তেজস্ক্রিয় পদার্থগুলি অন্যতম। এগুলি জমা না হলেও খাদ্যশৃংখলের মাধ্যমে জৈব-বিবর্ধন (Bio-magnification) এবং জৈব ভূ-রাসায়নিক চক্রের (Bio-geochemical cycles) মাধ্যমে পরিবেশে বহুকাল ধরে থেকে যায় এবং প্রভূত ক্ষতিসাধন করে।

9.2.2 পরিবেশ দূষণের প্রকারসমূহ (Types of Environmental Pollution)

দূষিত পরিবেশের প্রকার এবং দূষণ কারকের (pollutant nature) প্রকৃতির ওপর নির্ভর করে পরিবেশ দূষণ নিম্নলিখিত ভাবে চিহ্নিত করা যায়।

1. বায়ুদূষণ (Air Pollution)
2. জলদূষণ (Water Pollution)

3. মৃত্তিকাদূষণ (Soil Pollution)
4. সামুদ্রিক দূষণ (Marine Pollution)
5. শব্দদূষণ (Sound Pollution)

9.3 বায়ু দূষণ (Air Pollution)

জীবের জীবনধারণের অন্যতম উপাদান বায়ুতে মানব সভ্যতাজাত নানা ক্ষতিকারক পদার্থগুলি মিশ্রিত হলে কিংবা বায়ুর স্বাভাবিক উপাদানগুলির মাত্রার অতিরিক্ত হেরফের হলে তাকে বায়ুদূষণ বলে।

সমগ্র বায়ুমণ্ডল একটি অপরিবাহী চাদরের মতো পৃথিবীকে রক্ষা করে। ইহাই প্রকৃতির যাবতীয় প্রয়োজনীয় গ্যাস সমূহ যোগান দেয়, দিন এবং রাতের তাপমাত্রা নিয়ন্ত্রণ করে এবং বর্তমান যুগের সবচেয়ে প্রয়োজনীয় দূরাভাষ প্রেরণের মাধ্যম হিসাবেও কাজ করে। মারাত্মক অতিবেগুনী রশ্মি (UV) এবং মহাজাগতিক উল্কাপাত থেকে পৃথিবীকে রক্ষা করে। অতএব, এই বায়ুমণ্ডল বিপর্যস্ত হলে পৃথিবীর সকল জীবের অস্তিত্বও নানাভাবে বিপর্যস্ত হয়ে পড়ে।

9.3.1 বায়ু দূষণের উৎস (Source of Air Pollution)

(1) যানবাহন পরিত্যক্ত ধোঁয়া (Automobile exhausts) : বায়ুদূষণের জন্য এই ধোঁয়া শতকরা 60 ভাগ দায়ী। এর মধ্যে থাকে কার্বন মনোক্সাইড, নাইট্রোজেনের অক্সাইড, হাইড্রোকার্বন ও ভাসমান নিমজ্জিত কণা (Suspended Particulate Matter-SPM)। একটি গাড়ি 1000 লিটার জ্বালানী থেকে 350 kg CO_2, 0.6 kg SO_2, 0.1 kg সিসা ও 1.5 kg SPM নিক্ষিপ্ত করে। ভারতবর্ষে বর্তমানে প্রায় 4 মিলিয়ন গাড়ী চলে এবং যাদের অধিকাংশই চলে মহানগরীগুলিতে। ইহা সহজেই অনুমেয়, কি বিপুল পরিমাণ বায়ু এইভাবে প্রতিনিয়ত দুষিত হচ্ছে।

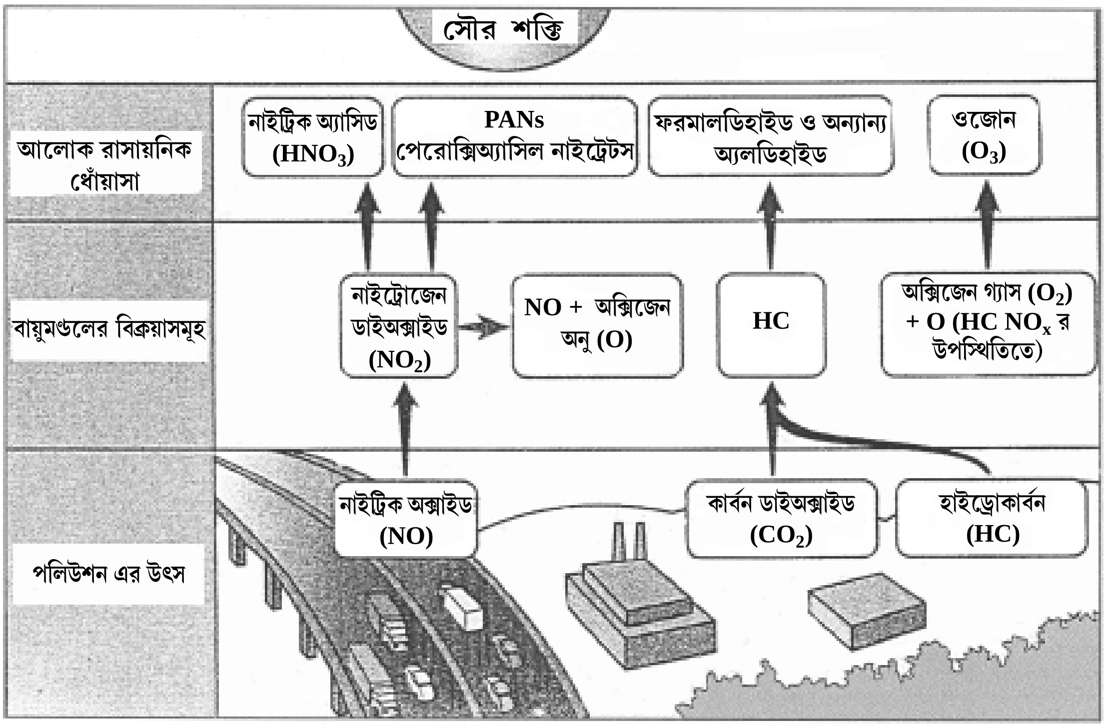
(2) কলকারখান থেকে নির্গত ধোঁয়া (Industrial chimney emission) : বায়ুদূষণের শতকরা 10–15 ভাগ এই প্রকার ধোঁয়ার মাধ্যমে ঘটে। পেট্রোলিয়াম শোধনাগার, সিমেন্ট কারখানা, সার কারখানা, রাসায়নিক কারখানা, কীটনাশক কারখানা এর উদাহরণ।

(3) তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্র উপজাত দ্রব্য (By product from theremal power stations) : কয়লা ইত্যাদি জীবাশ্ম জ্বালানীর (fossil fuel) দহনে সৃষ্ট উড়ন্ত ছাই (fly ash), সালফার ডাই অক্সাইড, নাইট্রোজেনের অক্সাইড।

(4) আলোক রাসায়নিক যৌগ (Photochemical compounds) : নানা ধরনের রাসায়নিক বাষ্প ও ধোঁয়ার সংমিশ্রণে, UV রশ্মির প্রভাবে সামগ্রিকভাবে (Synergistically) এক ধোঁয়াশার সৃষ্টি হয় যা শিল্পসমৃদ্ধ শহরগুলির সন্ধ্যার আকাশে প্রায়শই দেখা যায় তাকে আলোকরাসায়নিক ধোঁয়াশা (Photochemical smog) বলে।

$$\text{হাইড্রোকার্বন} + NO_x \xrightarrow{UV} PAN + O_3$$
(পারঅক্সি অ্যাসিল নাইট্রেট)

বিভিন্ন হাইড্রোকার্বন (HC) বায়ুমণ্ডলের O_2, জলীয় বাষ্প, নাইট্রোজেন অক্সাইড (NO_x) প্রভৃতি নানা আলোক রাসায়নিক বিক্রিয়ায় PAN ও O_3 ছাড়াও HNO_3 বাষ্প, ফর্মালডিহাইড ও অন্যান্য অ্যালডিহাইড-এ রূপান্তরীত হয় এবং আলোকরাসায়নিক ধোঁয়াশা বৃদ্ধি করে।

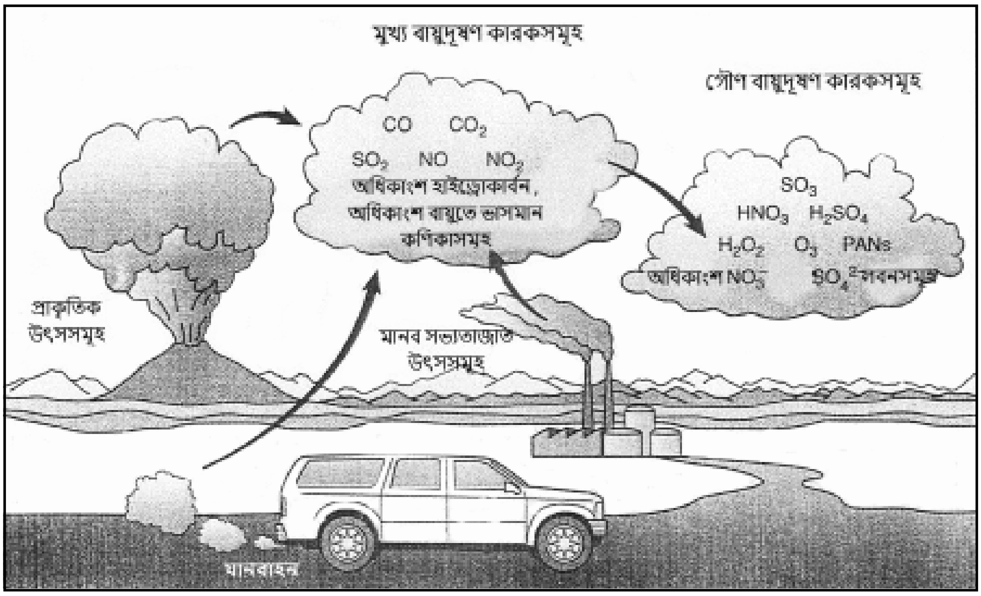


চিত্র 9.1 : আলোক রাসায়নিক ধোঁয়াসা (Photochemical smog)

9.3.2 বায়ুদূষণ কারকের শ্রেণীবিন্যাস (Classification of Air Pollutants) :

A. মুখ্য বায়ুদূষণ কারক (Primary Air Pollutants) : এই সকল ক্ষতিকারক পদার্থ নানা উৎস থেকে নির্গত হয়ে সরাসরি বায়ুতে মেশে। ইহাদের শ্রেণী, উদাহরণ ও উৎস নিম্নরূপ।

মুখ্য উপাদান	শ্রেণী	উদাহরণ	উৎস
স্থগিত কণা পদার্থ (Suspended Particulate matter)	কঠিন তরল	ধূলা, flyash শিশির, Spray	তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্র বায়ুমণ্ডল
বায়বীয় - জৈব পদার্থ	হাইড্রোকার্বন	বেঞ্জিন, মিথেন, ইথিলিন, বেঞ্জোপাইরিন	জীবাশ্ম জ্বালানি যানবাহন
বায়বীয় - অজৈব পদার্থ	কার্বনের অক্সাইড	CO, CO_2	জীবাশ্ম জ্বালানি যানবাহন
	সালফারের অক্সাইড	SO_2, SO_3	জীবাশ্ম জ্বালানি যানবাহন ধাতু নিষ্কাশন, শিল্পায়ন
	নাইট্রোজেন অক্সাইড	NO, NO_2	পেট্রোলিয়াম দহন, সার কারখানা
	অন্যান্য	H_2S, HF, Cl_2 Br_2, HF, Hg_2, NH_3	রাসায়নিক কারখানা
	CFC	CFC	শীততাপ নিয়ন্ত্রণ যন্ত্র, রঙ, ফোম
সমন্বিত পদার্থ (Synergeatic matter)	আলোক রাসায়নিক	PAN, PB_zN	যানবাহন



চিত্র 9.2 : মুখ্য এবং গৌণ বায়ুদূষণকারক সমূহ এবং তাদের উৎস

B. গৌণ বায়ুদূষণ কারক (Secondary Air Pollutants) : এই সকল ক্ষতিকারক পদার্থ মুখ্য বায়ু দূষণ কারকের সহিত বাতাসের নানা উপাদানের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয়। উদাহরণ—O_3, H_2O_2, SO_3, HNO_3, H_2SO_4, PANs, অক্সিজেন যুক্ত HC ইত্যাদি।

9.3.3 বায়ুদূষণ নিয়ন্ত্রণ (Control of Air Pollution) :

বায়ুদূষণের সামগ্রিক আলোচনা থেকে বোঝা গেল যে বায়ুকে সর্বদা নির্মল ও বিশুদ্ধ রাখা প্রয়োজন। বর্তমান উন্নত প্রযুক্তির দ্বারা, সরকারী নিয়ন্ত্রণের মাধ্যমে ও সর্বোপরি জনচেতনার উন্মেষ ঘটিয়েই তা সম্ভব।

1. যানবাহন পরিত্যক্ত ধোঁয়া নিয়ন্ত্রন (Control of automobile exhausts) :

এই দুষণ নিয়ন্ত্রণের জন্য যানবাহনে উন্নত প্রযুক্তির দ্বারা সৃষ্ট জ্বালানী, যেমন সিসা বিহীন, উচ্চ অক্টেন (Octane) বিশিষ্ট পেট্রল ব্যবহার করা প্রয়োজন। গাড়ীর নিয়মিত পরীক্ষা নিরীক্ষা (Tune-up), টার্বো ইঞ্জিন, বিশেষ ধরনের কুঞ্চন বাতায়ন (Crankage ventilation), ধোঁয়া নিয়ন্ত্রক অনুঘটক কনভার্টার (Catalytic converter) ব্যবহার করা দরকার। সাথে সাথে জীবাশ্ম জ্বালানির সাশ্রয় করার জন্য বিশেষভাবে তৈরি করা কমপ্রেসড প্রাকৃতিক গ্যাস (CNG) ব্যবহারেও দূষণ কমে। নিয়মিত গাড়ীর দূষণের মাত্রা পরীক্ষা করার সরকারী স্তরে নিয়মনীতিও চালু হয়েছে এবং মূলত দূষণ সমস্যাকে মাথায় রেখেই সরকারী নিয়ন্ত্রণে গাড়ীর জন্য ভারতে স্টেজ V, VI (B.S V, VI) ইত্যাদি ব্যবস্থা কায়েম করা হয়েছে। এই সকল আইনের যথাযথ ব্যবহারে দূষণের মাত্রা কমানো যাচ্ছে।

2. **শিল্পায়নের দূষণ নিয়ন্ত্রণ (Control of industrial pollution) :**

পরিবেশ দূষণ পর্ষদ (Pollution Control Board) কতৃক নানা নিয়মনীতির মাধ্যমে শিল্প ক্ষেত্রেও দূষণ নিয়ন্ত্রণের চেস্টা চালানো হচ্ছে। এই ক্ষেত্রে প্রধান সমস্যা হল বায়ু থেকে ধুলা ও অন্যান্য স্থগিত কণা (Suspended particles) বস্তু অপসারণ। এই কাজে সাইক্লোন কালেক্টর (Cyclone Collector) এবং স্থির-তড়িৎ অধঃক্ষেপক (Electro-static Precipitator)-এর ব্যবহার উল্লেখযোগ্য, এছাড়াও বিশেষ বুরুশ (Scrubber) ও ছাঁকনি (Filter) ব্যবহৃত হয় এই কাজে।

শিল্পক্ষেত্রের গ্যাস বাষ্প নিয়ন্ত্রণে ক্ষারীয় জলের ওয়াশিং টাওয়ার (Washing Tower) যা CO_2 কে অধঃক্ষেপিত করে। বিভিন্ন শোষক (Absorbents) যেমন চুন, ডলোমাইট ইত্যাদিও ব্যবহার করা হয়।

3. বিকল্প ব্যবস্থার মাধ্যমে দূষণ নিয়ন্ত্রণ (Pollution control by alternative measures) :

SO_2 দূষণ সৃষ্টির মূল কারণ কয়লা নির্ভর শিল্প ও লোহা নিষ্কাশন শিল্প। এক্ষেত্রে বেশী সালফার যুক্ত জ্বালানীর পরিবর্তে কম সালফার যুক্ত প্রাকৃতিক গ্যাসের ব্যবহার সময়োপযোগী,

কম ব্যয়বহুল ও দূষণ মুক্তির উপায় হতে পারে। আকরিক থেকে লোহা নিষ্কাশনে বায়োটেকনোলজি (Biotechnology)-র সুযোগ নেওয়া যেতে পারে। থ্যায়োব্যাসিলাস (*Thiobacillus*)-নামক জীবাণু বিভিন্ন ধরনের ধাতুর আকরিক থেকে সালফারকে অপসারন করে এবং এই পদ্ধতিতে দূষণ হয় না বলে উন্নত দেশগুলিতে এদের ব্যবহার বাড়ছে। একে বলে খনিজ ক্ষরণ (Mineral leaching)।

4. **বৃক্ষরোপণ বৃদ্ধি করে বায়ু দূষণ দুরীকরণ (Control of air pollution by aforestation):**

উদ্ভিদ খাদ্য, শ্বাসবায়ু, জ্বালানী, আশ্রয় ইত্যাদি প্রদান করা ছাড়াও পরিবেশের দূষণ দূরীকরণ করে আমাদের সহায়তা করে। আজকের শিল্পায়নের সাথে পরিবেশ সচেতনতার প্রভাব উল্লেখযোগ্য। প্রতিটি দেশ ও জাতিই সেই সুস্থায়ী উন্নয়ন (Sustainable Development)-র পথে অর্থনৈতিক ও পরিবেশের উন্নতির সমন্বয় সাধনের চেষ্টা করছে। ভারতবর্ষও ব্যতিক্রম নয়। সবুজ বেষ্টনী বা Green Belt সৃষ্টির উদ্দেশ্যে ভারতের শিল্পনগরীগুলিতে দূষণপ্রহরী হিসাবে বিশেষ ধরনের বৃক্ষরোপন করা হচ্ছে। তার কয়েকটির নাম নিচে দেওয়া হল।

নাম	**বিজ্ঞানসম্মত নাম**
বেল	*Aegle marmelos*
কাজু	*Anacardium occidentale*
নীম	*Azadirachta indica*
অমলতাস	*Cassia fistula*
শিশু	*Dalbergia sisoo*
গুলমোহর	*Delonix regia*
আম	*Mangifera indica*
তেঁতুল	*Tamarindus indica*
রাধাচুড়া	*Peltophorum petrocarpum*
বট	*Ficus bengalensis*

9.3.3.1 উদ্ভিদের উপর বায়ু দূষণের প্রভাব (Impact of air pollution on plants) :

উদ্ভিদ বায়ুমণ্ডলের বায়ু গ্রহণ করে। এই বায়ুর নানা দূষিত উপাদান CO_2 বা O_2-এর মত উদ্ভিদের বিপাকীয় ক্রিয়া যথা সালোকসংশ্লেষ বা শ্বসনে অংশগ্রহণ করে না। উদ্ভিদের মধ্যে এইভাবে দূষিত পদার্থ জমা হয়ে নানা শারীরবৃত্তীয় ক্রিয়াকলাপের ব্যাঘত ঘটায়। যেমন—

- সালোকসংশ্লেষ এবং বৃদ্ধির হার হ্রাস
- পাতার মেসোফিল কলার বিনষ্টকরণ

● বীজ অঙ্কুরোদ্গমের হার এবং সজীবতার হার হ্রাস

● মূলের স্বাভাবিক বৃদ্ধি ও ক্রিয়াকলাপ ক্ষতিগ্রস্থ হওয়া

● রোগ প্রতিরোধক্ষমতা কমে আসা ইত্যাদি উদ্ভিদের ওপর বায়ুদূষণের মাত্রা বায়ু দূষণ সহনশীলতাসূচক (Air pollution Tolerance Index–APTI) দ্বারা নির্ধারণ করা যায়।

APTI = [A (T+P) + R] / 10

যেখানে A = অ্যাসকর্বিক অ্যাসিডের পরিমান (mg/g), T = মোট ক্লোরোফিলের পরিমাণ (mg/g), P = pH (পাতা থেকে সংগৃহীত কলারসের), এবং R = পাতার আপেক্ষিক জলের পরিমাণ।

বিভিন্ন বৃক্ষজাতীয় উদ্ভিদ প্রজাতির APTA মান 11 বা তার কম হলে তাহা যথেষ্ট ক্ষতিকর। ইহার মান 12 - 16 -এর মধ্যে উদ্ভিদের ক্ষতির মাত্র মাঝারি প্রকৃতির। APTA-এর মাত্র 17 বা তার বেশি হলে উদ্ভিদের কাছ সহনীয়।

9.3.3.2 উদ্ভিদের উপর বিভিন্ন বায়ুদূষণকারকের প্রভাব (Impact of different air pollutants on plants) :

কার্বন মনোক্সাইড ও কার্বনডাইঅক্সাইড (CO and CO_2)

মাটির ছত্রাক ও উচ্চবর্গীয় উদ্ভিদ CO শোষণ করে। সূর্যালোকের উপস্থিতিতে এই CO বিজারিত হয়ে ফরমিলটেট্রাহাইড্রোফোলেট্ নামক যৌগ তৈরী করে। এই সঞ্চিত CO আবার প্রোটিন ও কার্বোহাইড্রেট বিপাকেও অংশগ্রহণ করে। অন্ধকারে CO জারিত হয়ে CO_2 তৈরী করে যা বায়ুমণ্ডলে উন্মুক্ত হয়। বায়ুমণ্ডলের CO_2 মূলত উদ্ভিদের সালোকসংশ্লেষ প্রক্রিয়ায় শোধিত হয়ে O_2 উৎপন্ন করে। বনানী এইভাবে প্রভূত CO_2 বায়ু থেকে শোষণ করে। কিন্তু ক্রমহ্রাসমান বন জঙ্গাল এবং অতিরিক্ত জীবাশ্ম জ্বালানীর ব্যবহার বায়ুমণ্ডলের CO_2-এর পরিমাণ বৃদ্ধি করছে।

সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2)

SO_2 উদ্ভিদের মধ্যে প্রবেশ করে পত্ররন্ধ্র বা Stomata দিয়ে। আলফা আলফা, বার্লি, তুলা ও গম ইত্যাদিতে SO_2-র প্রভাব বেশী। পক্ষান্তরে আলু, পেঁয়াজ ইত্যাদিতে এর প্রভাব সামান্যই। একনাগাড়ে কয়েকঘণ্টা SO_2-র সংস্পর্শে থাকলে গাছের পাতার পচন ও ক্ষতি হয়। SO_2 পাতায় প্রবেশ করে SO_3 এবং তাহা জলের সংস্পর্শে সালফিউরিক অ্যাসিড গঠন করে বিপাকীয় কার্যে বাধা দেয়। আলোকশ্বসন (Photorespiration)-এ গ্লাইকোলিক (Glycolic) অক্সিডেজ নামক উৎসেচকের কাজে বাধা সৃষ্টি করে SO_2। নেরিয়াম ইন্ডিকাম (*Nerium indicum*) SO_2 দূষণের নির্দ্দেশক হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

নাইট্রোজেনের অক্সাইড (NO এবং NO_2)

উদ্ভিদের NO_2 শোষণের হার NO-র থেকে অনেকগুণ বেশী। 0.6 mg/kg-র বেশী মাত্রায় NO_2 উদ্ভিদের সালোকসংশ্লেষে বাধা দেয় এবং 2 mg/kg-র বেশী মাত্রায় NO_2 পাতার ক্ষতি করে।

পারঅক্সি অ্যাসিল নাইট্রেট (PAN)

হাইড্রোকার্বন বায়ুমণ্ডলে উপস্থিত ওজোনের সঙ্গে আলোর সাহায্যে একটি গৌণ আলোক রাসায়নিক বায়ুদূষক peroxyacylnitrate বা PAN গঠন করে। PAN পাতার কলাতন্ত্রের এবং পত্ররন্ধ্রের ক্ষতি করে। ফলে পাতার বৃদ্ধি হ্রাস পায় ও পত্রমোচন ঘটে।

ওজোন (O_3)

পৃথিবীপৃষ্ঠের কাছে O_3-এর ঘনত্ব বৃদ্ধি পেলে শস্য উৎপাদন কমে যায়। পাতার ক্ষতি করে এবং উদ্ভিদের উৎপাদন হার হ্রাস পায়। শুধুমাত্র শস্যের ক্ষতিই নয় অতিরিক্ত O_3 ঘনত্ব আলু, শিম, পালং-এর মত সবজি ও তুলা ইত্যাদির মত তন্তুর ক্ষতি করে। O_3 রাবারকেও শক্ত করে দেয়।

হ্যালোজেন (Cl, Fl ইত্যাদি)

ক্লোরিন গ্যাস পত্ররন্ধ্রের মুখ বন্ধ করে। ফ্লোরিনও পাতার মাধ্যমে শোষিত হয়ে উদ্ভিদের ক্ষতিসাধন করে।

9.4 জল দূষণ (Water Pollution)

বায়ুর ন্যায় জলও বিশ্ব সম্পদ এবং জীবনধারনের অন্যতম উপাদান। কৃষি, মৎস্যচাষ, শিল্প এবং আবর্জনা দূরীকরণেও প্রচুর জলের প্রয়োজন হয়। বায়ুমণ্ডলের মতো জলের মধ্যেও নানাবিধ অবাঞ্ছিত জৈব এবং অজৈব পদার্থ মিশে জলকে করে তুলছে দূষিত। খাল-বিল, পুষ্করিনী, নদী এমনকি সমুদ্রের জলও শিল্পায়ন, নগরায়ন এবং অন্যান্য মানব-সৃষ্ট কারণে দূষিত হয়ে সমগ্র মানব সভ্যতাকে সমস্যার সম্মুখীন করে তুলেছে। সেইসঙ্গে উদ্ভিদসহ সকল জীবকুলের ওপর ক্ষতিকর প্রভাব পড়ছে। এই বিশ্বের 97% জল লবণাক্ত এবং সামান্যই স্বাদু জল। প্রকৃতিতে এই জলের উৎসগুলি হল—বৃষ্টিপাত, উপরিতলের জল (Surface water), ভূগর্ভস্থ জল (Ground water) এবং সমুদ্রের জল।

আমাদের দেশের জল সম্পদ 14টি প্রধান নদীতন্ত্রের মাধ্যমে প্রবাহিত। ব্রাহ্মণী, ব্রহ্মপুত্র, কাবেরী, গঙ্গা, গোদাবরী, সিন্ধু, কৃষ্ণা, মহানদী, মাহী, নর্মদা, পেরিয়ার, সবরমতী, সুবর্ণরেখা এবং তাপ্তী। এছাড়া আছে 44টি মধ্যম ও 55টি ছোটোমাপের নদীতন্ত্র, যারা মূলতঃ বৃষ্টিপাতের উপর নির্ভরশীল। ভারতের ভূগর্ভস্থ জলসম্পদের পরিমাণ আনুমানিক 210 বিলিয়ন কিউবিক মিটার। এইসব জলসম্পদের 70 শতাংশ কৃষিতে ব্যবহৃত হয়। গার্হস্থ্য কাজকর্মে ও শিল্পে যথাক্রমে 3.5 ও 3.2 শতাংশ ব্যবহৃত হয়।

মানব সভ্যতার দৈনন্দিন ক্রিয়াকলাপে সৃষ্ট নানা দূষিত ও বর্জ্যপদার্থ জলে নিক্ষেপের ফলে জলের ভৌত ও রাসায়নিক বৈশিষ্ট্যের উল্লেখযোগ্য (significant) পরিবর্তন ঘটে। ইহার ফলে যদি জল জীবের ব্যবহারের পক্ষে ক্ষতিকর হয়ে ওঠে তাকে জলদূষণ বলে।

9.4.1 জল দূষণের উৎস (Source of water Pollution)

জল দূষণের মুখ্য উৎসগুলি হল (1) পয়ঃপ্রণালী আবর্জনা ও বর্জ্য পদার্থসমূহ (Sewage & other wastes) (2) শিল্পক্ষেত্রের তরল ও কঠিন বর্জ্য (Industrial effluents) এবং (3) কৃষিক্ষেত্রের রাসায়নিক পদার্থসমূহ দ্বারা দূষণ।

(1) পয়ঃপ্রণালীর নিষ্কাষিত আবর্জনা দ্বারা দূষণ (Pollution by sewage disposal) :

অধিকাংশ শহরের পয়ঃপ্রণালীর আবর্জনা প্রায়ই নদী, সমুদ্র, পুষ্করিনী বা জলাশয়ে নিক্ষেপ করা হয়। এর মধ্যে শামুকের রেচন ঘটিত বর্জ্য পদার্থ, কাগজ, কাপড়, সাবান ইত্যাদি থাকে। জলের স্বাভাবিক বিয়োজন ক্ষমতা যা জীবাণুর মাধ্যমে ঘটে, এইসব আবর্জনার মাত্রাবৃদ্ধিতে তা হ্রাস পায় অর্থাৎ BOD বেড়ে যায়। আবার সাবানের মধ্যে থাকা ফসফেট যৌগ জলজ শৈবালের অতি বৃদ্ধিতে মদত যোগায় যাকে অ্যালগাল ব্লুম (Algal bloom) বলে। এই অতি শৈবাল বৃদ্ধি জলের O_2-এর পরিমাণ কমিয়ে দেয়, ফলে অন্যান্য উপকারী জীবসমূহ সেই জলে বসবাস করতে পারে না। তাদের ক্ষয় হলে জলে দুর্গন্ধ হয়। কিছু কিছু বিয়োজিত উদ্ভিদ আবার স্ট্রিকনিন (Strychnine) গোত্রীয় বিষ (Toxin) তৈরী করে যা জলজ প্রাণীর মৃত্যুর কারণ হয়ে ওঠে।

গার্হস্থ্য আবর্জনা, ফসফেট, নাইট্রেট ইত্যাদির নানা জৈব এবং অজৈব যৌগ জলে নিক্ষেপনের কারণে প্রথমদিকে জলের উর্বরতা বাড়ে। ইহাকে ইউট্রোফিকেশন (Eutrophication) বলে। সেই সময়ই সাধারণতঃ Algal bloom ঘটতে দেখা যায়। এই শৈবালের মধ্যে নীলাভ সবুজ শৈবালের আধিক্য থাকে। এই সব শৈবাল জলে দ্রবীভূত অন্যান্য উদ্ভিদের সাথে প্রতিযোগীতা শুরু করে, ফলে জলে দ্রবীভূত O_2-এর পরিমাণ ক্রমশ কমতে থাকে। প্রতি 400 gm ফসফেট (PO_4) 350 টন পর্যন্ত শৈবাল বৃদ্ধিতে সক্ষম। ইউট্রোফিকেশন শুদ্ধ জলের প্রভূত ক্ষতি সাধন করে।

জীবাণুর দ্বারা জলের জৈব জারণ (Biological oxidation) করতে যে পরিমাণ O_2 প্রয়োজন হয়, তাকে BOD বলে। জলে কি পরিমাণ জারণযোগ্য জৈব পদার্থ দ্রবীভূত আছে BOD তার আনুমানিক পরিমাণ নিরূপণ করে। অন্যভাষায়, এটা জলের দূষণের মাত্রা নিরূপক। জলের BOD মাত্রা যদি 4 থেকে 5 ppm (Parts Per Million) হয় তবে সেই জল পানের অযোগ্য এবং সেই জলে মাছ বাঁচে না।

(2) শিল্পক্ষেত্রের বর্জ্য (Industrial waste) :

বড় বড় শহরে অধিকাংশ শিল্পই গড়ে উঠেছে নদীর ধারে। এদের মধ্যে চর্মশিল্প, রঙ, কাগজ, পাট, পেট্রোকেমিক্যাল, শোধনাগার, রাসায়নিক সার, প্লাস্টিক, রাবার ইত্যাদি কারখানা থেকে পরিত্যক্ত একাধিক রাসায়নিক পদার্থ জলদূষণের অন্যতম প্রধান উৎস। কয়লাখনি থেকে নির্গত সালফিউরিক অ্যাসিড জলের খরতা (hardness) বৃদ্ধি করে। পালিশ ও চর্মশিল্পের থেকে নির্গত ভারী ধাতু (Heavy Metals) যথা তামা, ক্রোমিয়াম, ক্যাডমিয়াম, পারদ, সীসা ইত্যাদি ভয়ানক বিষাক্ত (Toxic)।

ভারী ধাতুর বিষক্রিয়ার সারণী

ধাতু	উৎস	বিষক্রিয়া (Toxicity)
পারদ (Hg)	শিল্পজ নিক্ষেপন	কেন্দ্রীয় ও প্রান্তীয় স্নায়ুতন্ত্রের ক্ষতি, বৃক্কের ক্ষতি, দৃষ্টিশক্তির অস্বচ্ছতা জাপানের বিখ্যাত মিনামাটা নামক মারক রোগের কারণ।
সীসা (Pb)	শিল্পজ, ধূলা, রঙ	স্নায়ু কার্যকারিতা বিকল, রক্তাল্পতা, মাথাব্যথা, সামগ্রিকভাবে লেডল্যাপসি নামক রোগ
ক্যাডমিয়াম (Cd)	শিল্পজ, কীটনাশক	রেচনতন্ত্র ও ফুসফুসের ক্ষতি এবং হাড়ের
আর্সেনিক (As)	শিল্পজ, ভূগর্ভস্থ জলস্তরে সংকোচনের ফলে সৃষ্ট	রোগ শ্বসনতন্ত্রের ও ত্বকের ক্যানসার
ক্রোমিয়াম (Cr)	শিল্পজ মূলতঃ চর্মশিল্প	শ্বসনতন্ত্রের ক্যানসার
ফ্লোরাইড (Fl)	ভূগর্ভস্থ জল	ফ্লুরোসিস, নক-নি সিনড্রোম (Knock-knee syndrome) (হাঁটুর ভেতরদিকে বেঁকে যাওয়া ও পরপর ঠক্কর লাগা)

(3) কৃষিক্ষেত্রের রাসায়নিক পদার্থ দ্বারা দূষণ (Use of chemical fertilizers in agriculture) :

বর্তমানে শস্যক্ষেত্রে একাধিক মারাত্মক কীটনাশক, আগাছানাশক ও রাসায়নিক সার ব্যবহৃত হয়। সেগুলি বৃষ্টির জলে ধুয়ে নদী বা জলাশয়ের জলে মিশ্রিত হয়ে জলকে করে তোলে দূষিত।

আগাছানাশক (Weedicides)

যে সকল পদার্থসমূহ কৃষিক্ষেত্রের ফসল উদ্ভিদ (crop plant) যাহারা মূলতঃ একবীজপত্রী (Monocotyledonous) ব্যতীত অন্যান্য আগাছা উদ্ভিদ যাহারা মূলতঃ দ্বিবীজপত্রী (Dicotyledonous) তাদের বৃদ্ধিকে ব্যহত করে এবং ধ্বংস করে তাদের আগাছানাশক বলে। উদাহরণ—ডাইক্লোরোফেনক্সিএসিটিক অ্যাসিড, ন্যাপথেলিন অ্যাসেটিক অ্যাসিড, এট্রাজিন, সিমাজিন, মেট্রিবুজিন ডাব্লু পি, গ্লাইকোফসফেট ডাব্লু পি প্রভৃতি।

ছত্রাক নাশক (Fungicides)

উদাহরণ—অর্গানো মার্কারী গঠিত যৌগ, ফেনল, কুইনন, ফরম্যালডিহাইড, ETO, ইত্যাদি।

কীটনাশক (Pesticide)

কোন পদার্থ বা পদার্থসমূহের মিশ্রণ যখন কোন পেস্ট (Pest) যথা পতঙ্গ, কৃমি, ইঁদুর, ব্যাকটেরিয়া বা ভাইরাসের বৃদ্ধিকে প্রতিহত করে, ধ্বংস করে তখন সেইসব পদার্থসমূহকে কীটনাশকের পর্যায়ে ফেলা হয়।

কীটনাশকের শ্রেণীবিভাগ ও উদাহরণ

(ক) অর্গানোক্লোরিন (Organochlorine) BHC, DDT, অ্যালড্রিন, ক্লোরডেন ইত্যাদি।

(খ) অর্গানোফসফেট (Organophosphate) ম্যালাথিয়ান, প্যারাথিয়ান, ডায়াজিনন।

(গ) কার্বামেট (Carbamate) কার্বারিন, অ্যালডিকার্ব

(ঘ) হার্বাল (উদ্ভিজ্জ) রোটেনয়েড, নিকোটিন

এছাড়াও জলের নানা জীবাণুর (microorganisms) বৃদ্ধি ও নানা জৈবনিক ক্রিয়াকলাপের ফলে জল দুষিত হয়। নিম্নে উল্লেখিত বিভিন্ন প্রকার শৈবাল, ছত্রাক, জ্যুপ্ল্যাংটন, ব্যাকটেরিয়া ও ভাইরাসের উপস্থিতিতে জল দূষিত হয়।

1. শৈবাল (Algae)	অসিলেটোরিয়া (*Oscillatoria*) ডায়াটম (Diatom) ভলভক্স (*Volvox*) ক্লোরেল্লা (*Chlorella*)
2. ছত্রাক (Fungi)	অ্যাসপারজিলাস (*Aspergillus*) ক্যানডিডা (*Candida*) ক্ল্যাডোস্পোরিয়াম (*Cladosporium*) পেনিসিলিয়াম (*Penicillium*) রাইজোপাস (*Rhizopus*) ফিউসেরিয়াম (*Fusarium*)
3. জুপ্ল্যাংকটন (Zooplankton)	প্যারামেসিয়াম (*Paramoecium*) এন্টামিবা (*Entamoeba*) কৃমি (Worms) ই. কোলি (*E. coli*)
4. ব্যাকটেরিয়া (Bacteria)	ভিব্রিও (*Vibrio*) সালমোনেল্লা (*Salmonella*) সিগেল্লা (*Shigella*)
5. ভাইরাস (Virsu)	হেপাটাইটিস (*Hepatitis*)

9.4.2 উদ্ভিদের উপর জল দূষণের প্রভাব (Effects of water pollution on plants)

জল জীবন সমগ্র জীবতন্ত্রের (living system) জন্য এক উত্তম দ্রাবক (solvent)। জীবদেহের সকল জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়ার জন্য জল অপরিহার্য। তাই জলের যে কোন প্রকার দূষণ বা কলুষিতকরণ (contamination) জীবতন্ত্রের ওপর ক্ষতিকর প্রভাব বিস্তার করে। উদ্ভিদের ওপর জল দূষণের নানা প্রভাব দেখা যায়। যেমন—

1. ধান গাছের বৃদ্ধি ও উৎপাদন জল দূষণের কারণে 60–80% পর্যন্ত কমে যায় (Chow et al. 1978)
2. তামা (copper), ক্যাডমিয়াম এবং নিকেল দূষণের ফলে কিছু কিছু উদ্ভিদে বিষক্রিয়ার (phytotoxic effects) দেখা যায়। উদাহরণ ফ্যাসিওলাস ভালগেরিস (*Phaseolus vulgaris*)। এই সকল ধাতুর সম্মিলিত প্রভাবে (combining effect) উদ্ভিদের শারীরবৃত্তীয় ক্রিয়ায় ক্ষতি হয় (Wallace and Romney, 1977)।
3. কাগজ শিল্পে নিষ্কশিত পদার্থ ঃ মাসকলাই (Blackgram), টমেটো, ধান প্রভৃতির বীজ অঙ্কুরোদ্গমের মাত্রা ভীষণ কমিয়ে দেয়। টমেটোর পাতার আকার বিস্তৃত হয় (Chowdhury et al. 1984)।
4. জল দূষণের ফলে বিশেষত ধাতব দূষণের কারণে অনেক জলজ উদ্ভিদ যেমন শালুক *(Nymphaea)*, ইউট্রিকুলারিয়া (*Utricularia*), শুষনি (*Marsilea*), আইসোইটিস (*Isoetes*) প্রভৃতি অল্প সময়ের মধ্যে বিনষ্ট হয়।

কেবল, স্যালভিনিয়া *(Salvinia)* নামক এক প্রকার ভাসমান ফার্ন দেহে ধাতব পদার্থ সঞ্চয় করে বেঁচে থাকে এমনকি এদের বৃদ্ধির হার অস্বাভাবিক বেড়ে যায় (vigorous growth)।

- ভাঁটিখানা (distillary or brewhouse) থেকে নিষ্কাশিত অপরিশোধিত এবং জলমিশ্রিত (diluted) বর্জ্যতরল পদার্থ পারিপার্শ্বিক জমির অম্লত্ববৃদ্ধি করে COD (chemical oxygen demand), সোডিয়াম, পটাসিয়াম প্রভৃতির মাত্রা বৃদ্ধি করে মাটির স্বাভাবিক চরিত্র পরিবর্তন করে দেয়। ইহা মাটির নাইট্রোজেন সংশ্লেষকারী মিথোজীবী ব্যাকটেরিয়া যেমন রাইজোবিয়াম (*Rhizobium*)-এর বৃদ্ধি অস্বাভাবিক মাত্রায় কমিয়ে দেয়। ইহার ফলে শিম্বজাতীয় উদ্ভিদ যেমন চিনাবাদাম (peanut), মটর, ছোলা ইত্যাদির মূলে অর্বুদ সৃষ্টি (nodulations) প্রতিহত হয়।
- জল দূষণের ফলে মাটির দ্রবণের pH কমে যায় অর্থাৎ মাটির অম্লতা বৃদ্ধি পায় যার ফলে বিভিন্ন পুষ্টি আয়ন (nutrient ions) যেমন লৌহ, ম্যাগনেসিয়াম, পটাশিয়াম, ক্যালসিয়াম প্রভৃতির দ্রবনিয়তা (solubility) কমে যায়। ইহা উদ্ভিদের সামগ্রিক বৃদ্ধি ব্যাহত করে।

- স্বাভাবিক বাস্তুতন্ত্র বিনষ্ট করে। জলে ভাসমান শৈবালের অনিয়ন্ত্রিত বৃদ্ধির (unbriddled prolification) ফলে ইউট্রোফিকেশন দেখা দেয়। ইহা জলের খাদ্য শৃঙ্খল বিনষ্ট করে।

9.4.3 জলদূষণ নিয়ন্ত্রণ (Control of Water Pollution)

BOD মাত্রা দ্বারা নির্দেশিত জলদূষণ কারকেরা ক্রমক্ষয়ী প্রকৃতির। এদের নিয়ন্ত্রণ করার জন্য প্রাথমিক স্তরে বা উৎসস্থলে শোধন বা জলের পুনঃব্যবহার ইত্যাদি পদ্ধতি কার্যকর। কিন্তু ক্রমক্ষয়হীন ভারীধাতু, কীটনাশক, তেল, প্লাষ্টিক এইসবের জন্য বিশেষ ব্যবস্থা নেওয়া প্রয়োজন।

(1) কলকারখানার দূষিত রাসায়নিক পদার্থ যাতে নদী বা জলাশয়ে সরাসরি ফেলা না হয় সেজন্য সরকারী পর্যায়ে কঠোর আইন প্রণয়ন ও আইনের প্রতি শ্রদ্ধাশীল থাকা প্রয়োজন। ঐ সকল পদার্থগুলিকে বিশোধন করে, কম ক্ষতিকর পর্যায়ে নিয়ে এসে উপযুক্ত স্থানে নিক্ষেপ করা প্রয়োজন। কল-কারখানার কয়েকটি দূষণকারকের বিশোধন পদ্ধতি নিম্নরূপে করা যেতে পারে ঃ

- অ্যামোনিয়া — আয়ন এক্সচেঞ্জ (Ion exchange) পদ্ধতিতে কম ক্ষতিকর অ্যামোনিয়াম সালফেট লবণ সৃষ্টির মাধ্যমে।
- পারদ — পারদ-নির্দিষ্ট (Mercury selective) আয়ন এক্সচেঞ্জ পদ্ধতিতে।
- ফেনল ঘটিত — পলিমেরিক শোষক (Polymeric Absorbent) দ্বারা।
- রঙ — ইলেক্ট্রোলাইট বিয়োজন (Electrolyte decomposition) দ্বারা।
- সোডিয়াম লবণ — পরিবর্ত অভিস্রবণ (Reserve Osmosis) পদ্ধতিতে।
- কীটনাশক — সূর্যালোক ও অনুঘটক যথা—টাইটানিয়াম অক্সাইড দ্বারা।

(2) শহর, নগরের গার্হস্থ্য পয়ঃপ্রণালীর জল সরাসরি জলাশয় বা নদীতে ফেলার আগে নির্দিষ্ট পদ্ধতিতে বিশোধন করা প্রয়োজন।

(3) খনিজ তেল উৎপাদনের সময়, জাহাজ বা স্টীমার থেকে পরিত্যক্ত তেল যাতে সমুদ্রে বা নদীতে না মেশে সেদিকে নজর রাখতে হবে। এই তেলের জলে মিশ্রণ অবশ্যম্ভাবী হলে বিশেষ ধরনের জীবাণু যারা এই তেল শোধন করতে সক্ষম যেমন সিউডোমোনাস পুটিডা (*Pseudomonous putida*) উন্নত দেশগুলিতে এই কাজে ব্যবহার করা হয়।

(4) নদী নালা, পুষ্করিণীতে স্নান, কাপড় কাচা, গবাদী পশুর স্নান ইত্যাদি নিষিদ্ধ করা প্রয়োজন। এই কাজে জনচেতনার উন্মেষ ঘটানোর জন্য নানা পরিকল্পনা নেওয়া প্রয়োজন।

(5) কীটনাশকের ব্যবহারে সরকারি নিয়ন্ত্রণের প্রয়োজন। বিশ্বের সমগ্র উন্নত দেশে DDT গোত্রের কীটনাশকের ব্যবহার নিষিদ্ধ হয়েছে।

(6) ভূগর্ভস্থ জলের পরিমাণ নির্দিষ্ট থাকায় অতিরিক্ত নগরায়ন ও জনসংখ্যাবৃদ্ধির জন্য তার অপ্রতুলতা দেশের বিভিন্ন অংশে অনুভূত হচ্ছে। এর ফলে ভূগর্ভস্থ শিলাস্তরে চাপ পড়ছে এবং আর্সেনিক ইত্যাদি পানীয় জলে মিশ্রিত হচ্ছে। এই ব্যাপারে সরকারি নিয়ন্ত্রণ প্রয়োজন। জলের এই অপ্রতুলতা মেটানোর আরও একটি পথ আমাদের দেশে বর্তমানে বিশেষভাবে আলোচিত হচ্ছে, সেটি হল বৃষ্টির জল সঞ্চয় (Rain water harvesting)।

9.5 সারাংশ (Summary)

এই এককে পরিবেশ দূষণের কারণ এবং উদ্ভিদের ওপর ওই সকল দূষণের প্রভাব আলোচিত হয়েছে। বাস্তু বিজ্ঞানী ওডামের সংজ্ঞা উল্লেখ করা হয়েছে। প্রথমেই পরিবেশ দূষণের কারণগুলি যেমন অবৈজ্ঞানিক নগরায়ণ, বনজ সম্পদ নির্মূলীকরণ, জনসংখ্যা বৃদ্ধিতে জীবজগতের ভারসাম্যহীনতা, শিল্পের সাথে প্রাকৃতিক সম্পদের বিরোধ, কীটনাশকের কুপ্রভাব, যানবাহনের দ্বারা দূষণ প্রভৃতি লিপিবদ্ধ করা হয়েছে। পরিবেশ দূষণের প্রকারগুলো হলো—বায়ুদূষণ, জলদূষণ, মৃত্তিকা দূষণ, সামুদ্রিক দূষণ। প্রতিটি দূষণ কারকের উৎস এবং মূল উপাদানগুলি বিস্তারিতভাবে বিশ্লেষিত হয়েছে। উদ্ভিদের উপর দূষণের প্রভাব বিশেষভাবে আলোচিত হয়েছে। একই সাথে আলোচিত হয়েছে প্রতিটি দূষণের উপর নিয়ন্ত্রণের উপায়গুলি। জলদূষণের ক্ষেত্রে ইউট্রোফিকেশনের কারণ এবং পর্যায়গুলি বলা হয়েছে। উদ্ভিদের ওপর জলদূষণের প্রভাবগুলি উদাহরণ সহ লিপিবদ্ধ হয়েছে।

9.6 প্রশ্নাবলী (Questions)

I. বহু নির্বাচনী প্রশ্ন (MCQ) :

1. পরিবেশ দূষণের অন্যতম কারণ নয় কোনটি—
   (a) অবৈজ্ঞানিক পদ্ধতিতে নগরায়ন
   (b) বনজ সম্পদ হনন
   (c) জৈব সার এবং জৈব কীটনাশক ব্যবহার
   (d) শিল্প ও কলকারখানার বৃদ্ধি

2. ধোয়াশার অন্যতম উপাদান হল—
   (a) PAN (b) HF (c) CO (d) CFC

3. CFC-এর অন্যতম উৎস হল—
   (a) পেট্রোলিয়াম দহন (b) শীততাপ নিয়ন্ত্রণ যন্ত্র
   (c) সার কারখানা (d) ধাতু নিষ্কাষণ

4. CNG-এর সম্পূর্ণ কথা হল
   (a) কার্বন এন্ড নাইট্রোজেন গ্যাস (b) কনভার্টেড ন্যাচারাল গ্যাস
   (c) কমপ্রেস্ড নাইট্রোজেন গ্যাস (d) কমপ্রেসড্ ন্যাচারাল গ্যাস

5. মিনেরাল লিচিং বলতে বোঝায়—
   (a) মাটির মিনেরাল পদার্থের ধুয়ে যাওয়া
   (b) থায়োব্যাসিলাস দ্বারা ধাতুর আকরিক থেকে সালফার অপসারণ
   (c) বাতাসের নিমজ্জিত ধূলিকণার অধঃক্ষেপণ
   (d) লোহা জাতীয় পদার্থের মরিচা পড়ে ক্ষয় হওয়া

6. শিল্পাঞ্চলের দূষণ প্রহরী হিসেবে দেখা হয় না যে উদ্ভিদ—
   (a) নিম (b) গুলমোহর (c) শিশু (d) নয়নতারা

7. পৃথিবী পৃষ্ঠের কাছে ওজোন-এর ঘনত্ব বৃদ্ধি পেলে তার সঠিক প্রভাব কোনটি?
   (a) উদ্ভিদের জন্য ক্ষতিকর (b) ফসলের উৎপাদন বৃদ্ধি
   (c) উদ্ভিদের ওপর কোন প্রভাব নেই (d) বাস্তুতন্ত্রে আন্তঃপ্রজাতিয় প্রতিযোগীতা বৃদ্ধি

8. জল দূষণের সঙ্গো সম্পর্ক নেই কোনটিতে—
   (a) জলের BOD (b) জলের গতিপথ ও প্রবাহ পরিবর্তন
   (c) অ্যালগাল ব্লুম (d) জলজ প্রাণীর স্ট্রিকনিন বিষক্রিয়া

9. জাপানের বিখ্যাত 'মিনামাটা' নামক মারন রোগের কারণ হল—
   (a) সীসা দূষণ (b) আর্সেনিক দূষণ (c) পারদজাত দূষণ (d) ক্যাডমিয়াম দূষণ

10. ভারী ধাতু দূষণ সম্পর্কিত নয় কোন্‌টি?
   (a) ক্রোমিয়াম (b) আয়রন (c) সীসা (d) পারদ

11. জল দূষণের সঙ্গো জড়িত নয় যে অণুজীবটি—
   (a) অ্যাসপারজিলাস (b) এন্টামিবা (c) সালমোনেল্লা (d) অ্যানাবেনা

12. জলের ধাতব পদার্থ দেহে সঞ্চয় করে বেচে থাকতে পারে এবং যথেষ্ট বৃদ্ধি প্রাপ্ত হয় যে উদ্ভিদটি—
   (a) ইউট্রিকুলারিয়া (b) ফ্যাসিওলাস ভালগেরিস
   (c) মার্সিলিয়া (d) স্যালভিনিয়া

II. সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলী ঃ

1. পরিবেশ দূষণ বলতে কি বোঝায়?
2. ক্রমক্ষয়ী এবং ক্রমক্ষয়হীন দূষণ কি?
3. পরিবেশ দূষণের প্রধান প্রকারগুলি কি কি?
4. বায়ু দূষণ কারকের জৈব ও অজৈব শ্রেণীর প্রকার, একটি করে উদাহরণ ও উৎস উল্লেখ করুন।
5. PAN, CFC, উড়ন্ত ছাই এবং H_2S-এর উৎসগুলি লিখুন।
6. শিল্পাঞ্চলের দূষণ নিয়ন্ত্রণকারী চারটি বৃক্ষের বিজ্ঞানসম্মত নাম লিখুন।
7. উদ্ভিদে বায়ুদূষণ সহনশীলতা সূচক (APTI) নিরূপণের সমীকরণটি লিখুন।
8. অ্যালগাল ব্লুম কি?
9. BOD-এর গুরুত্ব লিখুন।
10. সীসা ও ক্যাডমিয়াম-এর একটি করে উৎস এবং বিষক্রিয়া উল্লেখ করুন।
11. পারদ ও আরসেনিক-এর একটি করে উৎস এবং বিষক্রিয়া লিখুন।
12. নক-নি-সিনড্রোম বলতে কি বোঝায়?
13. দুইটি জলদূষণকারী আগাছানাশক ও কীটনাশক-এর নাম লিখুন।
14. জল দূষণকারী দুইটি ছত্রাক এবং দুইটি জু-প্ল্যাঙ্কটন এর নাম লিখুন।
15. শালুক এবং স্যালভিনিয়ার ওপর ধাতব দূষণের প্রভাব কেমন তা লিখুন।

III. রচনাধর্মী প্রশ্ন ঃ

1. বায়ু দূষণের বিভিন্ন উৎস এবং বিভিন্ন দূষণকারকের শ্রেণীবিন্যাস লিখুন।
2. বায়ু দূষণ নিয়ন্ত্রণের বিভিন্ন উপায় সংক্ষেপে আলোচনা করুন।
3. উদ্ভিদের ওপর বিভিন্ন বায়ুদূষণ কারকের প্রভাব সংক্ষেপে আলোচনা করুন।
4. পয়ঃপ্রণালী নিষ্কষিত দূষিত পদার্থ এবং শিল্প বর্জ্য পদার্থ দ্বারা জল দূষণ কিভাবে হয় তা আলোচনা করুন।
5. কৃষিক্ষেত্রে রাসায়নিক পদার্থের ব্যবহার দ্বারা জল দূষণ কিভাবে হয় তা সংক্ষেপে লিখুন। জল দূষণকারী দুই প্রকার জীবাণুর নাম লিখুন।
6. উদ্ভিদের ওপর জল দুষণের প্রভাব সংক্ষেপে বর্ণনা করুন।
7. জলদূষণ নিয়ন্ত্রণের বিভিন্ন উপায় আলোচনা করুন।

9.7 উত্তরমালা (Answers)

I. বহু নির্বাচনী প্রশ্নের (MCQ) উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
উত্তর :	c	a	b	d	b	d	a	b	c	b	d	d

II. সংক্ষিপ্ত প্রশ্নের উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4	5
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	9.2	9.2.1	9.2.2	9.3.2	9.3.1 & 9.3.2

প্রশ্নের সংখ্যা :	6	7	8	9	10
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	9.3.3	9.3.3.1	9.4.1	9.4.1(1)	9.4.1(2)

প্রশ্নের সংখ্যা :	11	12	13	14	15
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	9.4.1(2)	9.4.1(2)	9.4.1(3)	9.4.1(2)	9.4.2

III. রচনাধর্মী প্রশ্নের উত্তর ঃ

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4	5	6	7
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	9.3.1 & 9.3.2	9.3.3	9.3.3.2	9.4.1(1) & 9.4.1(2)	9.4.1 (3)	9.4.2	9.4.3

একক–10 : বিশ্ব পরিবেশ সমস্যা : গ্রীনহাউস গ্যাস সমূহ, বিশ্ব উষ্ণায়ন, ওজনস্তর হ্রাস, অম্লবৃষ্টি, এল নিনো এবং লা-নিনা (Global environmental issues : green house gases, global warming, ozone depletion, acid rain, EL-nino and La-nina)

গঠন (Structure)

10.0 উদ্দেশ্য **(Objectives)**

10.1 প্রস্তাবনা **(Introduction)**

10.2 গ্রীনহাউস এফেক্ট **(Greenhouse Effect)**

10.2.1 গ্রীন হাউস এফেক্ট-এর কারণ **(Causes of greenhouse effects)**

10.2.2 পরিবেশে গ্রীনহাউস গ্যাসসমূহের প্রভাব **(Effects of Greenhouse Gases on environment)**

10.3 বিশ্ব উষ্ণায়ন **(Global warming)**

10.4 ওজোনস্তর হ্রাস **(Ozone depletion)**

10.4.1 ওজনস্তর হ্রাসের কারণ **(Causes of Ozone layer depletion)**

10.4.2 ওজোনস্তর হ্রাসের ক্ষতিকর কারণ সমূহ **(Harmful effects of ozone depletion)**

10.4.3 ওজোন হ্রাস-এর প্রতিকার **(Remedial measure for ozone depletion)**

10.5 অম্ল বৃষ্টি **(Acid Rain)**

10.5.1 অম্ল বৃষ্টির কারণ ও সমস্যা **(Causes and effects of acid rain)**

10.5.2 ভারতবর্ষের মহানগরী এবং শিল্পনগরীগুলিতে অম্লবৃষ্টির সমস্যা রয়েছে **(Scerario of Indian urban & industrial areas)**

10.5.3 অম্লবৃষ্টি প্রশমনের কয়েকটি উল্লেখযোগ্য উপায় **(Some important measures to reduce acid rain)**

10.6 এল-নিনো বা দক্ষিণী তরঙ্গমালা এবং লা-নিনা **(El-Nino or Southern Oscillation and La-nina)**

10.6.1 এল-নিনোর কারণ ও পরিব্যাপ্তি (Causes and area of occurance)
10.6.2 লা-নিনার কারণ ও পরিব্যাপ্তি (Causes of La-nina and area of occurance)
10.7 সারাংশ (Summary)
10.8 প্রশ্নাবলী (Questions)
10.9 উত্তরমালা (Answers)

10.0 উদ্দেশ্য (Objectives)

এই এককটি পাঠ করে আমরা নিম্নলিখিত বিষয়গুলি সম্বন্ধে সম্যক ধারণা তৈরি করতে পারব।

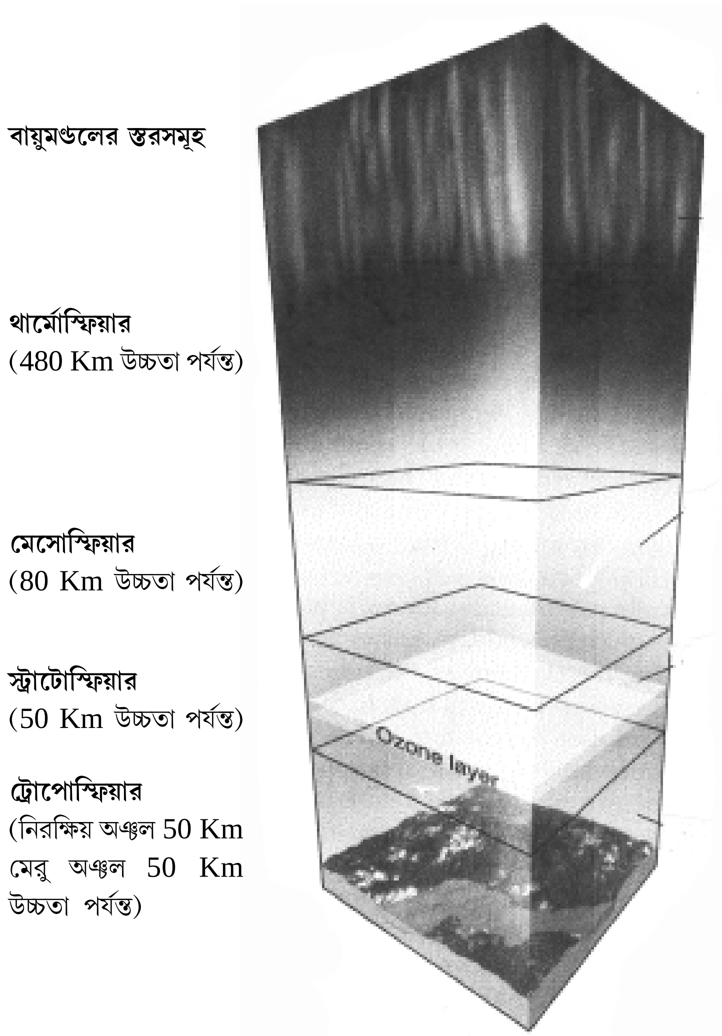
- গ্রীণহাউস এফেক্টের সংজ্ঞা ও এর কারণ।
- বিশ্ব উষ্ণায়ণ ও গ্রীণ হাউস সমূহের প্রভাব।
- ওজন স্তরের হ্রাস ও তার কারণ।
- অম্লবৃষ্টি, কারণ ও সমস্যা।
- অম্লবৃষ্টির প্রশমন।

10.1 প্রস্তাবনা (Introduction)

বিভিন্ন প্রকার দূষণ ও তার নানামুখী বিস্তার ও প্রভাবের কারণে বিশ্ব পরিবেশ আজ এক ভয়াবহ সংকটের সম্মুখে। তাই আজ সৃষ্টি হয়েছে একাধিক বিশ্ব পরিবেশ সমস্যা যেমন—গ্রীনহাউস এফেক্ট, বিশ্বউষ্ণায়ণ, ওজনস্তর হ্রাস, অম্লবৃষ্টি, এলনিনো তাই পৃথিবীব্যাপী মানুষ আজ অদূর ভবিষ্যতের চরম পরিণতির কথা অনুভব করতে পারছে এবং মিলিতভাবে উদ্ভাবন করতে চাইছে পরিবেশ রক্ষার নানা প্রতিকার।

আমেরিকান ইকোলজিস্ট পিটার মেরিসন ভিটোসেক (Peter Morrison Vitousek, 1994) বিশ্বব্যাপী বাস্তুতন্ত্রের নানা পরিবর্তন উপলব্ধি করে বলেছেন যে আমরাই প্রথম প্রজন্ম যারা সুযোগ পাচ্ছি এটা বুঝে নেওয়ার যে মানবসভ্যতা কিভাবে ধ্বংস করে চলেছে পরিবেশের ভারসাম্য। একই সঙ্গে তিনি বলেছেন, আমরাই বোধ হয় শেষ প্রজন্ম যাদের হাতে সুযোগ আছে সেই ভারসাম্য ফিরিয়ে আনার।

পৃথিবীর বায়ুমণ্ডল, ভূমণ্ডল এবং বারিমণ্ডলের মুখ্যস্তরগুলির অবস্থান নিম্নরূপ ঃ



চিত্র 10.1 : পৃথিবী পৃষ্ঠের বায়ুমণ্ডলের মুখ্যস্তরগুলির অবস্থান ও প্রধান বৈশিষ্ট্য (Source : Raven, Berg and Hassenzahl, Environment, John Wiley & Sons Inc. 2010.)

বায়ুমণ্ডল, যা পৃথিবীকে ঘিরে আছে, পরিবেশের নানাবিধ পরিবর্তনে, পরিবেশ রক্ষায় ও ভারসাম্য নিয়ন্ত্রণে তার অপরিসীম ভূমিকা রয়েছে। উদাহরণ হিসাবে বলা যায় স্ট্রাটোস্ফিয়ারে থাকা ঘন ওজোন স্তরের কথা। এই গ্যাসস্তর সূর্যালোকের ভয়ানক অতিবেগুনী রশ্মি বা Ultra Violet rays (UV)-কে পৃথিবী পৃষ্ঠে পড়তে না দিয়ে ঢাল-এর মত রক্ষা করে চলেছে এই ধরাকে। এই বায়ুমণ্ডলই আবার পৃথিবীকে উষ্ণতা দিয়ে সকল জীবের জীবনধারণকে সম্ভব করে তোলে। জৈব-ভূরাসায়নিক চক্র

(Biogeochemical cycle)-এর মাধ্যমে বায়ুমণ্ডল, ভূমণ্ডল এবং বারিমণ্ডল এক নিবিড় সম্পর্কে আবদ্ধ। তাই বায়ুমণ্ডল কোনরকম ভাবে ক্ষতিগ্রস্থ হলে তার প্রভাবে ভূমণ্ডল ও বারিমণ্ডল ক্ষতিগ্রস্থ হয়। যার প্রভাব পড়ে সমগ্র জীবমণ্ডলের উপর।

10.2 গ্রীন হাউস এফেক্ট (Greenhouse Effect)

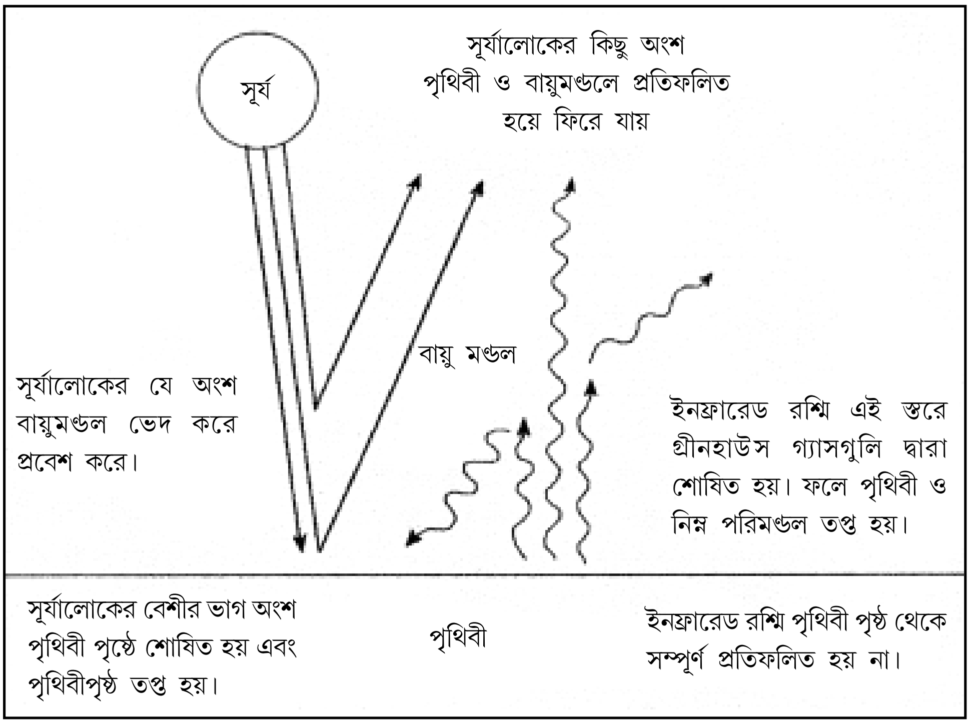
10.2.1 গ্রীন হাউস এফেক্ট-এর কারণ (Causes of Greenhouse Effect)

পৃথিবীপৃষ্ঠ থেকে যে তরঙ্গ দৈর্ঘ্য এবং তীব্রতার বিচ্ছুরণ প্রতিফলিত হয়ে মহাকাশের দিকে ধাবিত হয় পরীক্ষা নিরিক্ষায় দেখা গেছে তার তাপমাত্রা প্রায়—18°C। কিন্তু পৃথিবীতলের গড় তাপমাত্রা মোটামুটি 15°C। তাহলে এই থেকে 18°C + 15°C = 33°C-এর পার্থক্য গড়ে দিচ্ছে পৃথিবীর ভূমণ্ডল ও বারিমণ্ডলকে ঘিরে রাখা বায়ুমণ্ডলের বিভিন্ন গ্যাসীয় উপাদান সমূহ।

যাদের মধ্যে রয়েছে জলীয় বাষ্প, CO_2, মিথেন, O_3, NO_2 ক্লোরোফ্লুরো কার্বন ইত্যাদি। ইহারা গ্রীনহাউস গ্যাস হিসেবে পরিচিত। এদের বেশীর ভাগই মানবসভ্যতার বর্তমান ক্রিয়াকলাপে ক্রমবর্ধমান এবং দূষণকারক মাত্রায় পৌঁছে যাচ্ছে এবং পৃথিবীপৃষ্ঠের গড় তাপমাত্রা উত্তরোত্তর বৃদ্ধি পাচ্ছে।

গ্রীন হাউসের কাঁচের ছাদের মত এইসব গ্যাস সূর্যালোকের ইনফ্রারেড (Infrared) রশ্মি বা বিকীরণকে শোষণ করে তার তাপকে পৃথিবীপৃষ্ঠে পৌঁছে দিচ্ছে। এইভাবে ইনফ্রারেড বিকীরণের মাধ্যমে গ্রীনহাউস গ্যাসগুলি তাপশক্তিকে সংবন্ধন করছে যার ফলে পৃথিবী পৃষ্ঠের উষ্ণতা ক্রমে বৃদ্ধি পেয়ে বিশ্ব উষ্ণায়ন ঘটাচ্ছে। সুতরাং গ্রীনহাউস গ্যাসস্তর প্রায় একটি একমুখী ছাঁকনির (one way filter) কাজ করছে, যা সূর্যালোক পৃথিবীপৃষ্ঠে আসতে দিচ্ছে কিন্তু ইনফ্রারেড রশ্মিকে (infrared ray) সমমাত্রায় প্রতিফলিত হয়ে 100% ফিরে যেতে দিচ্ছে না। গ্রীনহাউসও একইভাবে সূর্যালোককে প্রবেশ করতে দেয় তার আশ্রিত চারাগাছদের কাছে কিন্তু উচ্চ-তরঙ্গদৈর্ঘ্যের তাপশক্তিকে ফিরে যেতে দেয় না। তাই খুব শীতল দিনেও গ্রীনহাউসের ভিতর আমরা উষ্ণ বোধ করি। তেমনই পৃথিবীপৃষ্ঠ হয়ত হীমশীতল হয়ে জমেই যেত যদি না প্রাকৃতিক গ্রীনহাউস এফেক্ট এই পৃথিবীকে রক্ষা করত।

এখনও পর্যন্ত কিছু পরিমাণ ইনফ্রারেড তাপশক্তি ফিরে গিয়ে পরিবেশের তাপমাত্রার ভারসাম্য রক্ষা করছে। কিন্তু মানুষের ক্রিয়াকলাপের ফলে তা যদি আরো বেশী মাত্রায় বায়ুমণ্ডলে সঞ্চিতয় হয় তাহলে ভয়ানক বিপর্যয়ের সম্মুখীন হবে বিশ্ব পরিবেশ।



প্রাকৃতিক গ্রীনহাউস এফেক্ট

10.2.2 পরিবেশে গ্রীনহাউস গ্যাসসমূহের প্রভাব (Effects of Greenhouse gases on environment)

বিশ্ব উষ্ণায়নে গ্রীনহাউস গ্যাস সমূহের প্রভাব

গ্রীনহাউস গ্যাস	মুখ্য উৎসগুলি	প্রভাব (শতাংশে)
CO_2	জীবাশ্ম জ্বালানির দহন, বনানী ধ্বংস	50%
CFC	ফ্রীজ ও অন্যান্য শীততাপ নিয়ন্ত্রণ যন্ত্র, এরোসল (aerosol), ফোম, সুগন্ধি	20%
মিথেন	জৈব পদার্থের অবাত শ্বসন, মূলতঃ কৃষিক্ষেত্রে, বদ্ধ জলাশয়ে	16%
O_3	জীবাশ্ম জ্বালানির দহন	8%
নাইট্রোজেনের অক্সাইড	জীবাশ্ম জ্বালানির দহন, সার, মাটি, কৃষিক্ষেত্রের বর্জ্যপদার্থের দহন	6%
জলীয় বাষ্প	সমুদ্র, নদী নালার স্বাভাবিক বাষ্পীভবন	বিপুল পরিমাণ

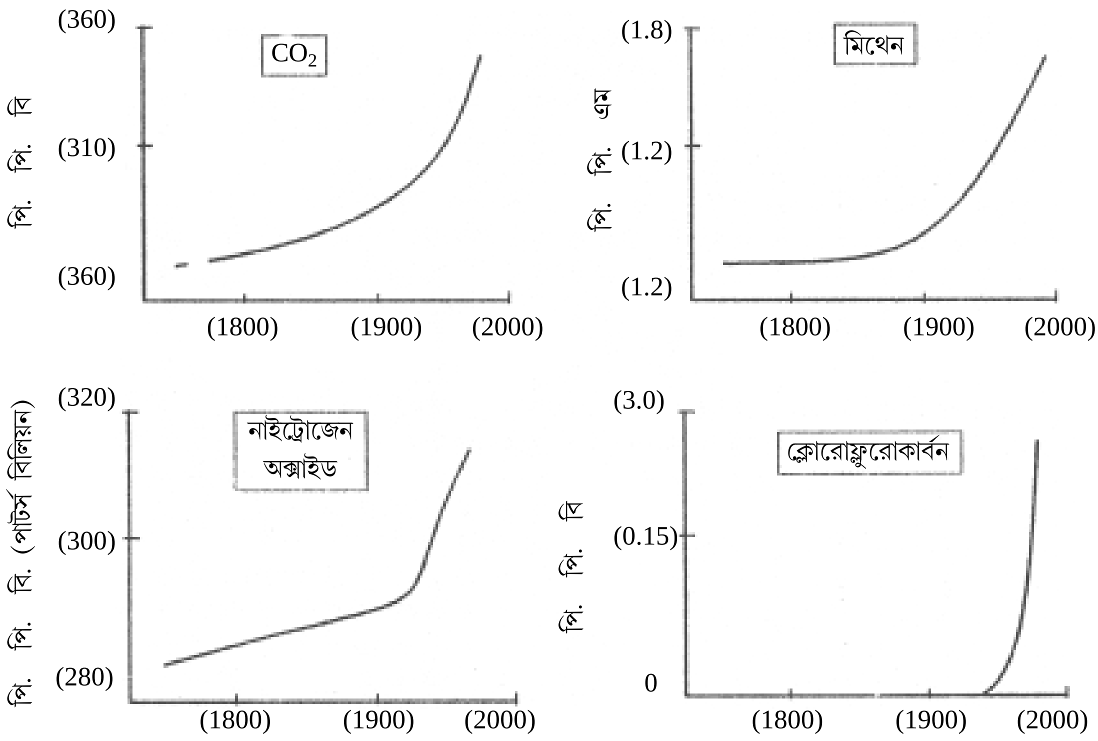
সবচেয়ে উল্লেখযোগ্য গ্রীনহাউস গ্যাস হল CO_2। এই গ্যাস যেমন সালোকসংশ্লেষ প্রক্রিয়ায় অন্যতম উপাদান, পরিবেশের তাপমাত্রা নিয়ন্ত্রণেও এর ভূমিকা বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ। 100 বছর আগে বায়ুমণ্ডলের CO_2-র মাত্রা ছিল 275 ppm। বর্তমানে তা প্রায় 360 ppm। অনুমান করা হচ্ছে 2040 সালের কাছাকাছি ঐ মাত্রা 450 ppm হতে পারে। প্রতিবছর পৃথিবীর বায়ুমণ্ডলে প্রায় 18 বিলিয়ন টন CO_2 যুক্ত হচ্ছে বলে অন্য এক সমীক্ষায় প্রকাশ।

জীবাশ্ম জ্বালানির দহনের মাধ্যমেই বায়ুমণ্ডলের CO_2-র মাত্রা এত বেড়ে উঠেছে। এর মধ্যে পৃথিবীর জনসংখ্যার 25 শতাংশ (শিল্পসমৃদ্ধ দেশগুলি) মোট জীবাশ্ম জ্বালানির 70 শতাংশ দহন করে। USA এই ব্যাপারে সবচেয়ে এগিয়ে আছে এবং পৃথিবীর মোট CO_2 সৃষ্টির 20 শতাংশ সেই দেশ থেকেই যেখানে জনসংখ্যা পৃথিবীর মোট জনসংখ্যার মাত্র 4.25 শতাংশ (প্রায় 0.33 বিলিয়ন)। এই ব্যাপারে ভারতবর্ষের জনসংখ্যা দ্বিতীয় যা পৃথিবীর জনসংখ্যা 17.7% অর্থাৎ প্রায় 1.38 বিলিয়নের ওপরে। চিনের জনসংখ্যা প্রথম, মোট জনসংখ্যার 18.5% যা প্রায় 1.44 বিলিয়ন। জনসংখ্যার বিচারে পরিবেশের ক্ষতি সাধনে ভারতবর্ষের ভূমিকা তাই সামান্যই বলা যেতে পারে।

পরিবেশের CO_2-র মাত্রাবৃদ্ধির অন্য বৃহত্তম কারণ হল নির্বিচারে বনানী হ্রাস। জীবাশ্ম জ্বালানির মতই, বনানীও কার্বনের বৃহৎ সঞ্চয়। অন্যদিকে নিত্য সালোকসংশ্লেষের মাধ্যমে CO_2 শোষণ করে ও পরিবেশের ভারসাম্য রক্ষা করে বনানী। তাই নিয়ন্ত্রিত বৃক্ষমোচনের সাথে সাথে যদি দ্রুত বনসৃজন না করা হয় তবে বায়ুমণ্ডলে CO_2-র পরিমাণ বৃদ্ধি পেতেই থাকবে। সাথে সাথে বৃদ্ধি পাবে পরিবেশের তাপমাত্রা।

যদিও CO_2 কেই মূলতঃ এই গ্লোবাল ওয়ার্মিং-এর জন্য দায়ী করা হয়ে থাকে, এই কাজে আর এক সহযোগী গ্রীনহাউস গ্যাস হল ক্লোরোফ্লুরোকার্বন (CFC)। এই গ্যাসের পুরোটাই মানব সৃষ্ট। CFC শুধুমাত্র গ্লোবাল ওয়ার্মিং করে তাই নয় স্ট্রাটোস্ফিয়ারের অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ O_3 স্তরকেও ক্ষতিগ্রস্ত করে।

CFC-র আর এক সমস্যা হল পরিবেশে এর স্থায়িত্ব। প্রায় 100 বছর এরা বায়ুমণ্ডলে অবিকৃত ভাবে থেকে ক্ষতিসাধন করতে পারে। CFC গ্রীনহাউস গ্যাস হিসাবে তাপশক্তির মহাকাশে ফিরে যাওয়ার পথে বাধা সৃষ্টির কাজে CO_2 থেকে 15000 গুণ বেশী কার্যকর। তাই শতাংশে এর উৎপাদন CO_2-র তুলনায় অর্ধেক হলেও এর ভূমিকা অনস্বীকার্য। USA, কানাডা, নরওয়ে, সুইডেন এবং ইউরোপীয়ান অর্থনৈতিক জাতিসমূহ এরোসোল স্প্রে (Aerosol spray) হিসাবে CFC-র ব্যবহার আইনত নিষিদ্ধ করে দিয়েছে। কিন্তু তৃতীয় বিশ্বের দেশগুলিতে যথেচ্ছ পরিমাণ CFC সমৃদ্ধ এরোসলের ব্যবহার চলছে শীততাপ নিয়ন্ত্রণে বা সুগন্ধি উৎপাদনে।



গত 200 বছরের পরিমণ্ডলে গ্রীন হাউস গ্যাসগুলির পরিমাণ বৃদ্ধির রেখাচিত্র

বর্তমানে USA এবং জাপান CFC-এর উৎপাদন বন্ধ করে দিয়েছে। শীততাপ নিয়ন্ত্রণের পরিবর্ত উচ্চ প্রযুক্তির উদ্ভাবন হয়েছে। এর জন্য 1987-এর মনট্রিল প্রোটোকল (Montreal Protocol), 1989-এর হেলসিঙ্কি ডিক্লেরেশন (Helsinki Declaration), 1990-র লণ্ডন সম্মেলন (London Conference)-এর ভূমিকা বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ। এইভাবে বিশ্বপরিমণ্ডলে বিষবাষ্পের মাত্রা নিয়ন্ত্রণের প্রচেষ্টা চলছে। গ্রীনহাউস গ্যাসগুলির মধ্যে জলীয় বাষ্প অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ। প্রাকৃতিক ভাবে নিয়ন্ত্রিত হলেও অনেকাংশে এর মাত্রা বৃদ্ধিতে বিশ্ব উষ্ণায়নের ভূমিকা বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ।

10.3 বিশ্ব উষ্ণায়ন (Global Warming)

1980-র দশকেই বিজ্ঞানী, বিভিন্ন দেশের সরকার সহ সমগ্র বিশ্ববাসী জেনে যায় যে প্রকৃতির এই সমস্ত গ্রীনহাউস গ্যাসই উষ্ণতা বৃদ্ধির কারণ। রাষ্ট্রসঙ্ঘের (United Nations) পরিবেশ কার্যক্রম এর পরই স্থাপন করে ইন্টারগভর্মেন্টাল প্যানেল অন ক্লাইমেট চেঞ্জ (IPCC)। যাদের মধ্যে প্রায় 200 জন পরিবেশ বিজ্ঞানীর দায়িত্ব হয় এই সংক্রান্ত যাবতীয় নিয়মনীতি ও নিষেধাজ্ঞা প্রবর্তনের। তাদের প্রথম সমীক্ষা 1990 সালে দ্বিতীয় সমীক্ষা 1996 সালে প্রকাশিত হয়। এতে তারা সিদ্ধান্তে পৌঁছান যে—

(1) পৃথিবীর গড় তাপমাত্রা গত 100 বছরে 0.3–0.6°C বৃদ্ধি পেয়েছে।

(2) যেভাবে বর্তমানে গ্রীনহাউস গ্যাস বায়ুমণ্ডলে নিক্ষিপ্ত হচ্ছে তাতে 50 শতাংশ সম্ভাবনা আছে যে পৃথিবীর তাপমাত্রা 1.6°C থেকে 5.5°C (গড় 2.8°C) বৃদ্ধি পাবে 2050 সালের মধ্যেই।

(3) এইসব পরিবর্তনের দায় মানবসভ্যতার।

আপাতদৃষ্টিতে বর্তমান পরিবেশের ঐ সামান্য তাপমাত্রার বৃদ্ধি তেমন কিছু উল্লেখযোগ্য মনে না হলেও, এই হারে ঐ বৃদ্ধি চলতে থাকলে বিশ্বপরিবেশের উপর তা কি ভয়ানক প্রভাব ফেলবে তা দেখে নেওয়া যাক।

(ক) সমুদ্রতলের উচ্চতা বৃদ্ধি (Rising Sea level) ঃ

বিশ্ব উষ্ণয়নের ফলে হিমবাহের গলন এবং সমুদ্র জলের আয়তন বৃদ্ধির কারণে সমগ্র পৃথিবীর গড় জলতলের উচ্চতা 1993-র সাপেক্ষে আগস্ট 2022-এ 10.3 cm বৃদ্ধি পেয়েছে (NASA-এর স্যাটেলাইট রেকর্ড)। IPCC-র সমীক্ষা অনুযায়ী 2100 সালে পৃথিবীর গড় সমুদ্রতলের উচ্চতা বৃদ্ধি 67 cm অনুমান করা হয়েছ। এর ফলে উপকূলভাগের বিস্তীর্ণ অঞ্চলের ভূভাগ প্লাবিত হবে। দ্বীপপুঞ্জগুলির ও বাংলাদেশের মত দেশগুলি চরম বিপর্যয় হবে। মহাসমুদ্রগুলি তাপমাত্রা পরবর্তীকালে ভারসাম্যে ফিরলেও অনন্তকাল ধরে বাড়তেই থাকবে। ফলে CO_2-এর মাত্রা প্রায় 500 ppm বেড়ে যাবে, জলীয়বাষ্পের মাত্রাও অধিক হারে বাড়বে। অর্থাৎ এই গ্রীনহাউস গ্যাস বৃদ্ধির মাধ্যমে গ্লোবাল ওয়ার্মিং প্রায় চক্রবৃদ্ধি হারে পরিবেশের ভারসাম্য নষ্ট করেই চলবে। সামুদ্রিক ঝড়, সুনামী ইত্যাদির নিত্য আস্ফালন কিন্তু এই ভয়ংকর ভবিষ্যতেরই সংকেত মাত্র।

(খ) মেরুর বরফের গলন (Melting of Ice Caps) ঃ

এই তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে গ্রীনল্যান্ড এবং অ্যান্টার্কটিকার বরফ গলতে শুরু করেছে। ভবিষ্যতে সেই মাত্রা আরো বৃদ্ধি পাবে।

ফলস্বরূপ মেরুর বরফ গলে সমুদ্রপৃষ্ঠ আরো বৃদ্ধি পাবে শীতল জলে। বহু হিমবাহ ধাতিব হবে ভূভাগের দিকে এবং শীতল মেঘে ঢেকে যাবার সম্ভাবনাও দেখা যেতে পারে পরিমণ্ডলে।

(গ) জলচক্রের বিপর্যয় (Disruption of water cycle) ঃ

আবহাওয়ার এই সব পরিবর্তনের প্রভাব পড়ে জলচক্রে। খরা ও বন্যার পর্যায়ক্রম ও স্থায়িত্ব ভীষণ ভাবে প্রভাবিত হবে। একদিকে যেমন বন্যার কবলে বাড়বে বিশ্ব ভূভাগ, পাশে পাশেই অন্য কোথাও চলতে থাকবে প্রবল খরা। মরু অঞ্চলের পরিস্থিতি হয়ে উঠবে আরো সঙ্গীন।

(ঘ) বনানি ও প্রাকৃতিক অঞ্চলের পরিবর্তন (Changing forests and natural areas) ঃ

জলবায়ুর এই পরিবর্তন আবশ্যিকভাবে উদ্ভিদসম্রাজ্যের ভৌগোলিক অবস্থানকে প্রভাবিত করবেই।

CO_2-এর মাত্রা 500 ppm-এর বেশী হলে বনানির সংকোচন হবে পৃথিবী জুড়েই। যেমন, পশ্চিমবঙ্গের সুন্দরবন সরে যাচ্ছে। ভূমিক্ষয় এর ফলে অনিবার্য জলাভূমির ক্ষয়ও। সাথে সাথে বিপদের সম্মুখীন হবে এইসকল বৃহৎ বনানির আশ্রয়ে থাকা সমগ্র জীবজন্তু ও ইকোসিস্টেম।

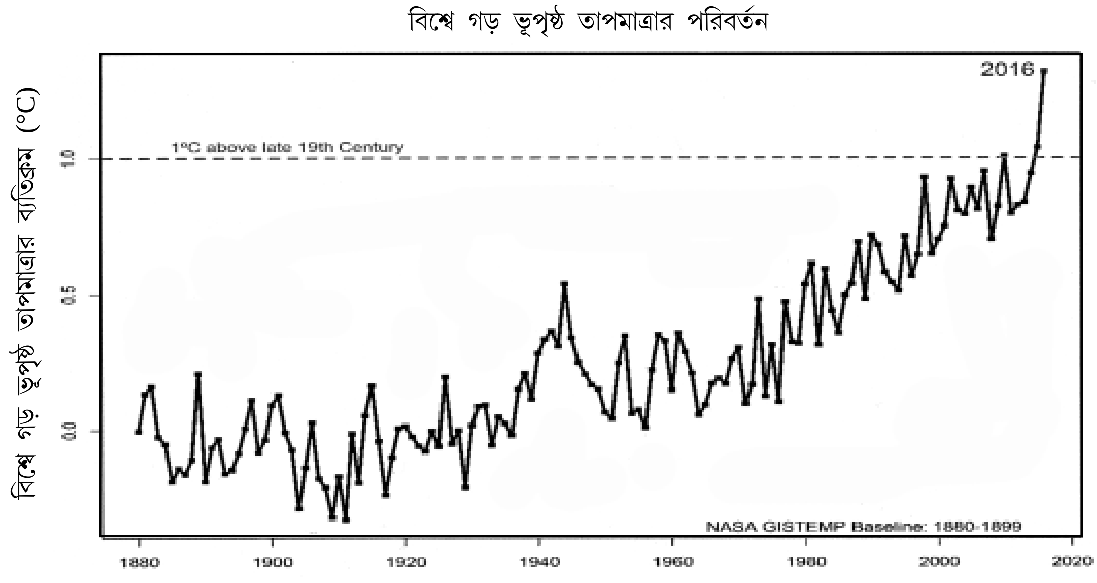
(ঙ) কৃষিক্ষেত্রে ও খাদ্য উৎপাদনে সমস্যা (Challenges to agriculture and food supply) ঃ

জলবায়ুর পরিবর্তন, যথা CO_2-র মাত্রা 500 ppm বৃদ্ধি কোনও স্থানের উৎপাদন অনেকাংশে বাড়িয়ে তুলে সবুজ বিপ্লব ঘটালেও অন্য জায়গায় ঐ একই শস্যের ক্ষেত্রেও উৎপাদন হ্রাসের কারণ ঘটবে। শুষ্ক, বহুদিনব্যাপী গ্রীষ্মে সেচের প্রয়োজনীয়তা বাড়বে। ফলে আরো জলস্তর হ্রাস, শক্তির ব্যবহার বাড়বে, আরো দূষণ বাড়বে। ঐ ধরনের আবহাওয়া কীট পতঙ্গাদের ক্ষেত্রে উপযোগী বলে তাদের প্রাদুর্ভাব বাড়বে। সাথে সাথেই কীটনাশক ও দূষণের মাত্রা বাড়বে।

(চ) জনস্বাস্থ্যের উপর বিরুপ প্রভাব (Worsening public health) ঃ

বেশী তাপমাত্রায় তাপীয় চাপে (Heat stress) মৃত্যুর হার বাড়বে। বায়ুর দূষণ বাড়লে শ্বাসরোগ, অ্যালার্জি ইত্যাদি বাড়তে থাকবে। গ্রীষ্মপ্রধান দেশগুলির রোগসমূহ যেমন ম্যালেরিয়া, ডেঙ্গু, পীতজ্বর, এনসেফেলাইটিস, কলেরা ইত্যাদির বৃদ্ধি কিন্তু সেই ভবিষ্যতেরই সংকতে দিচ্ছে।

নিম্নে 1880 থেকে 2020 সাল পর্যন্ত পৃথিবীর তাপমাত্রা পরিবর্তনের একটি রেখচিত্র দেওয়া হল।

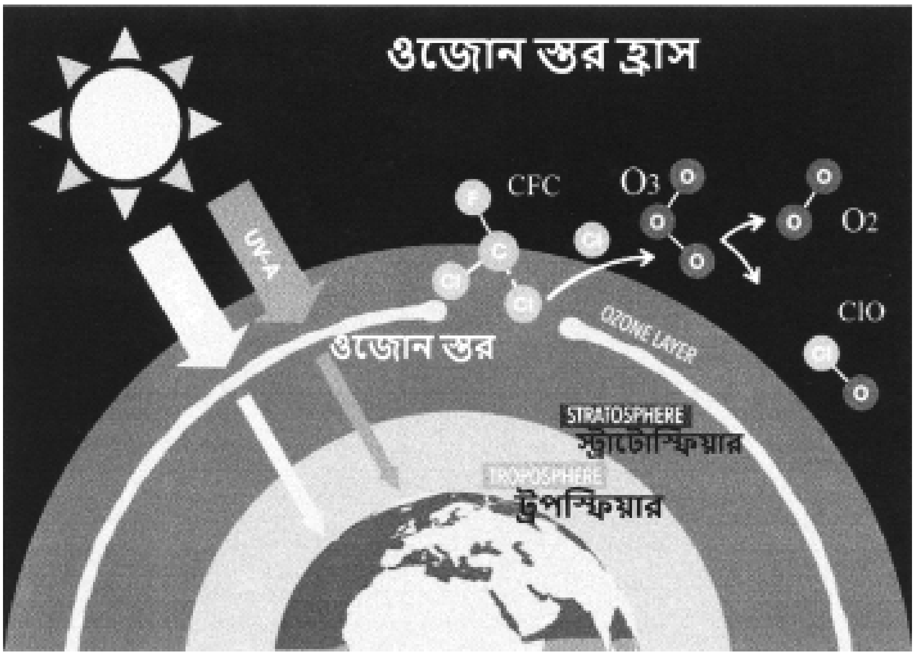


চিত্র 10.2 : পৃথিবী পৃষ্ঠের গড় তাপমাত্রা বৃদ্ধির 140 বৎসরের রেখচিত্র

10.4 ওজোনস্তর হ্রাস (Ozone depletion)

বায়ুমণ্ডলের স্ট্রাটোস্ফিয়ারের নীচের দিকে প্রায় 10 km–25 km উচ্চতা পর্যন্ত বিস্তৃত ওজোনস্তর (O_3 স্তর) একটি গুরুত্বপূর্ণ অংশ। এখানে 20–25km উচ্চতায় ওজোন সবচাইতে ঘনভাবে থাকে।

সূর্যকিরণের অতিবেগুনী রশ্মি (UV-ray) বায়ুমণ্ডলের O_2 অণুকে ভেঙে পারমাণবিক অক্সিজেন (O) তৈরী করে। সেই O তখন আণবিক O_2-এর সঙ্গে যুক্ত হয়ে ওজোন (O_3) তৈরী করে। O_3 আবার UV শোষণ করে O_2 এবং O তে বিয়োজিত হয়।



চিত্র 10.3 : স্ট্রটোস্ফিয়ার-এ ওজোন স্তর হ্রাসের

$O_2 + UV \rightarrow O + O$

$O + O_2 + UV \rightarrow O_3$

$O_3 + UV \rightarrow O + O_2$

প্রকৃতিতে এইভাবে O_3 সৃষ্টি এবং বিয়োজনের মাধ্যমে একদিকে যেমন O_2 এবং O_3-র ভারসাম্য বজায় থাকে অন্যদিকে ক্ষতিকর UV রশ্মি শোষিত হয় ফলে প্রকৃতিতে সমগ্র জীবজগত সুরক্ষিত থাকছে।

এই ওজোন স্তরে UV রশ্মি যা সূর্যালোক থেকে আসে তা প্রতিহত হচ্ছে। UV রশ্মি তিন ধরনের, UV-A-B এবং C। এই বিভাজন তাদের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের তারতম্যের জন্য। এদের মধ্যে সবচেয়ে ক্ষতিকর হল 320 mm-এর চেয়ে ছোট তরঙ্গদৈর্ঘ্যের UV-B। এই UV-B কে শোষণ করে নিজে আলোক বিয়োজিত হয়ে ওজোন পৃথিবী পৃষ্ঠে এর প্রবেশ বুন্ধ করছে। এই রশ্মি জীবজগতের উপর এসে পড়লে পরিব্যক্তি বা Mutation-এর হার এবং তার থেকে ত্বকের ক্যান্সার, চোখের ছানি (cataract), অন্ধত্ব প্রভৃতির প্রাদুর্ভাব ভীষণ ভাবে বৃদ্ধি পাবে। 1970 -এর শেষের দিকে বিজ্ঞানীদের নজরে আসে যে স্ট্রাটোস্ফিয়ারের ওজোনস্তরের মোট ওজেন (O_3)-এর ধীরে ধীরে প্রায় 4% কমে গেছে। এছাড়াও মেরু অঞ্চলের শীতকালীন এবং বসন্তকালীন (Winter and Spring) ওজোন হ্রাস ব্যাপক মাত্রায় দেখা গেছে। ইহাকে ওজোন গহ্বর বা ওজোন হোল (ozone hole) আক্ষা দেওয়া হয়েছে। উত্তরমেরু (Arctic) এবং দক্ষিণমেরু (Antarctic) অঞ্চলে ওজনের মাত্রা 30%-এ নেমে আসে অর্থাৎ প্রায় 70% হ্রাস পায়। 1987 -এ একটি বিশেষ গবেষণায় দেখা গেছে যে ওজোনস্তরের যেখানেই O_3-এর ঘনত্ব কমছে সেখানে ততই ক্লোরিণের ঘনত্ব বাড়ছে। এর থেকেই ওজোনস্তর হ্রাসে ক্লোরোফ্লোরোকার্বনের (CFCs) অবদানের ব্যাপারে বিজ্ঞানীরা নিশ্চিত হন।

10.4.1 ওজোনস্তর হ্রাসের কারণ (Causes of ozone layer depletion)

ওজোনস্তর হ্রাসের অন্যতম কারণ হল শিল্প উৎপাদিত রাসায়নিক পদার্থসমূহ। বিশেষ উল্লেখযোগ্য রাসায়নিক পদার্থ যেমন রেফ্রিজারেটরে ব্যবহৃত হ্যালোকার্বন, বিভিন্ন সলভেন্ট, প্রোপেল্যান্ট, ফোম-প্রবাহনে সহায়ক পদার্থ (Foam blowing agents)। ক্লোরোফ্লুরোকার্বনসমূহ (CFCs), হাইড্রোক্লোরোফ্লোরোকার্বন HCFCs, হ্যালন সমূহ (Halons) প্রভৃতিকে ওজোন হ্রাসকারী পদার্থ (ozone depleting substances) বা ODS বলে। এই গ্যাসসমূহ নিষ্কাষনের পর ধীরে ধীরে বাতাসের আলোড়ণে স্ট্রাটোস্ফিয়ারে পৌঁছায়। এখানে হ্যালোজেন গোষ্ঠির অণুসকল আলোক বিয়োজনের (photodissociation) ফলে পরমাণুতে বিশ্লিস্ট হয়। যা ওজোন হ্রাসে অনুঘটকের কাজ করে।

একাধিক মুক্ত মূলক (Free radicals) ওজোন বিয়োজনে অনুঘটকের কাজ করে। সবচাইতে গুরুত্বপূর্ণ মুক্ত মূলকগুলি হল—হাইড্রক্সিল মূলক (OH^-), নাইট্রিক অক্সাইড মূলক (NO^-), ক্লোরিন মূলক (Cl^-), ব্রোমিন মূলক (Br^-) প্রভৃতি। এরা প্রত্যেকেই ভীষণ ক্রিয়াশীল (reactive)। মনুষ্য ক্রিয়াকলাপে Cl^- এবং Br^--এর মাত্রা অস্বাভাবিক ভাবে বৃদ্ধি পেয়েছে। যার প্রধান উৎস হল ক্লোরোফ্লুরোকার্বন। ইহা ট্রোপোস্ফিয়ারে অবিক্রিত থাকলেও স্ট্রাটোস্ফিয়ারে UV রশ্মির ক্রিয়ায় দ্রুত ভেঙে যায়।

$$CFCs + UV \rightarrow Cl^- + CFCl_2$$

অতিসক্রিয় O_3 অণু Cl^- অনুঘটকের উপস্থিতিতে, ভেঙে অধিকতর স্থায়ী O_2 অণুতে রূপান্তরিত হয়।

$$Cl^- + O_3 \rightarrow ClO + O_2$$

$$ClO + O_3 \rightarrow Cl^- + 2O_2$$

Cl^- মূলক এইভাবে অজস্র বার এই দুই ধাপ রাসায়নিক বিক্রিয়া পুনরাবৃত্তি করে প্রচুর সংখ্যক O_3 ভেঙে দেয়। ইহাই ওজোনস্তর হ্রাসের অন্যতম কারণ।

একটি Cl^- মূলক প্রায় 100 বছর কাল ধরে 100,000 ওজোন অণু ধ্বংস করতে পারে। পরে ইহা হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (HCl) এবং ক্লোরিন নাইট্রেট ($ClONO_2$)-এ রূপান্তরিত হয়ে O_3 অনুঘটন চক্র থেকে বেরিয়ে এসে আবার ট্রোপোস্ফিয়ারে ফিরে আসে। এক্ষেত্রে Br^- এর অনুঘটন ক্ষমতা আরো বেশী কিন্তু স্ট্রাটোস্ফিয়ারে এর পরিমাণ খুবই কম।

শুধুমাত্র CFC-ই নয় নতুন প্রজন্মের বিমান, মিসাইল বা মহাকাশযানগুলির থেকে নির্গত নাইট্রোজেনের অক্সাইড, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ইত্যাদিও এই ওজোন স্তর কমার উল্লেখযোগ্য কারণ হিসাবে প্রমাণিত হয়েছে। উন্নত দেশের সুপারসোনিক ট্রান্সপোর্ট (SST) যেমন ফ্রান্সের কনকর্ড বিমান, USA-র ক্ষেপনাস্ত্র যথা রকেট, মিসাইলের কঠিন জ্বালানী ইত্যাদি থেকে নির্গত বিভিন্ন রাসায়নিক O_3 হোল সৃষ্টির মূলে।

- **ক্লোরোফ্লুরোকার্বনস (Chloroflurocarbons) :**

থমাস মিড্‌গ্লে, জুনিয়র, (Thomas Midgley) 1930 সালে রেফ্রিজারেন্ট হিসেবে ক্লোরোফ্লুরোকার্বনস (CFCs) আবিষ্কার করেন। ডু পন্ট (Du Pont) নামক একটি সংস্থা এর বাণিজ্যিক নামকরণ করে ফ্রিওন (Freon)। এই CFC ক্ষতিকর নয়, জলে অদ্রাব্য, দাহ্য নয়, স্থায়ী এবং কম বিক্রিয়াশীল হওয়ায় বিভিন্ন কাজে এদের ব্যবহার প্রায় নিয়মে এসে দাঁড়িয়েছিল। ফ্রীজ, শীততাপ নিয়ন্ত্রণ ছাড়াও বিষক্রিয়াহীন এরোসল হিসাবে সুগন্ধি, রুম ফ্রেশনার ইত্যাদি, ফোম বা প্লাস্টিক শিল্পেও এদের ব্যবহার বাড়তে লাগল। কিন্তু যে স্থায়িত্ব এদের ব্যবহারের অন্যতম কারণ ছিল, সেই স্থায়িত্বের জন্যই আর ওজোন স্তরে মারাত্মক ক্ষতি করার জন্যই বিশ্বের উন্নত দেশগুলিতে আজ CFCs-র উপর চরম নিষেধাজ্ঞা।

এছাড়াও CFC-113a (1, 1, 1-ট্রাইক্লোরা- 2, 2, 2- ট্রাইফ্লুরোইথেন), CFC-11 (ক্লোরোফ্লুরোকার্বন-11) প্রভৃতি মানব সৃষ্ট পদার্থের পরিমাণ বায়ুমণ্ডলে অবৈধ ভাবে (illegally) বৃদ্ধি পাচ্ছে। বিজ্ঞানীদের অনুমান অনুযায়ী এখনই যথাযথ ব্যবস্থা না নিলে পৃথিবীর ওজেন গহ্বর নিরাময় বিলম্বিত হয়ে পরবে।

10.4.2 ওজোনস্তর হ্রাসের ক্ষতিকর প্রভাবসমূহ (Harmful effects of ozone depletion)

ইক্যুয়াডোরিয়ান স্পেস এজেন্সি (Ecuadorian Space Agancy), 2008-এর রিপোর্ট অনুযায়ী নিরক্ষীয় অঞ্চলের নানাস্থান যেমন ইক্যুয়াডোর-এর কুইটো (Quito) শহরে UV রশ্মির অত্যাধিক

মাত্রায় বৃদ্ধি পেয়েছে যার ইন্ডেক্স মান 24। যেখানে WHO স্থিরকৃত UV ইন্ডেক্স (UV-Index)-এর চরম মান 11, যা স্বাস্থ্যের পক্ষে যথেষ্ট ঝুকির কারণ। মধ্যম অক্ষাংশ (mid latitudes) বরাবর এই অতিরিক্ত UV রশ্মি ইতিমধ্যেই বিপুল সংখ্যক জনগণের যথেষ্ট বিপদ ডেকে এনেছে। দক্ষিণমেরু (South Pole) প্রদেশের ওজন গহ্বরের বৃদ্ধির সাথে সাথে সংলগ্ন অস্ট্রেলিয়া, নিউজিল্যান্ড, চিলি, আর্জেন্টিনা এবং দক্ষিণ আফ্রিকার অনেক অংশেই UV-রশ্মির যথেষ্ট প্রভাব পড়েছে।

উপরের আলোচনায় ওজোনস্তর হ্রাসের একাধিক ক্ষতির প্রভাবের কথা উল্লেখ করা হয়েছে। এছাড়াও উল্লেখ করা যায় যে মাত্রাতিরিক্ত UV-B রশ্মির উপস্থিতিতে শরীরে মাত্রাতিরিক্ত ভিটামিন-D তৈরী হয়। রক্তে ভিটামিন-D এর মাত্রা 100mg/ml অপেক্ষা বেশী হলে রক্তে ক্যালসিয়াম অতিরিক্ত মাত্রায় বৃদ্ধি পায়। যদিও শরীরে প্রয়োজনাতিরিক্ত ভিটামিন-D সংশ্লেষণ নিয়ন্ত্রিত হয়। তবু অনেক ক্ষেত্রেই ইহা বিঘ্নিত হলে মানুষের মৃত্যুহার বৃদ্ধি পায়।

- মানুষ ব্যতীত অনেক স্থলজ প্রাণী যেমন কুকুর, বেড়াল, ভেড়া প্রভৃতি এবং তিমি সহ বিভিন্ন জলজ প্রাণীর ওপর UV-B রশ্মির ক্ষতিকর প্রভাব দেখা যায়।
- আবাদি জমির মাটিতে বসবাসকারী নাইট্রোজেন বন্ধনকারী সায়ানো ব্যাকটেরিয়া অতিরিক্ত UV-রশ্মিতে ক্ষতিগ্রস্থ হয়। ফলে জমির উৎপাদনশীলতা কমে যায়।
- উদ্ভিদে UV-B শোষণকারী ফ্ল্যাভোনয়েড জাতীয় পদার্থ থাকায় উদ্ভিদের বৃদ্ধি UV-B রশ্মির দ্বারা প্রভাবিত হয় না। যদিও মাত্রাতিরিক্ত UV-B-র প্রভাবে ফটোসিস্টেম II-এর কোয়ান্টাম উপাদান হ্রাস পায়। যার ফলে উদ্ভিদের স্বাভাবিক বৃদ্ধি ক্ষতিগ্রস্থ হতে পারে। গবেষণায় দেখা গেছে যে UV-B রশ্মির ক্ষতিকর প্রভাব একটি প্রজাতির উদ্ভিদ অপেক্ষা আন্তঃপ্রজাতিয় মিথোস্ক্রিয়ার ওপর অপেক্ষাকৃত বেশী।

10.4.3 ওজোন হ্রাস-এর প্রতিকার (Remedial measures for ozone depletion)

- ওজোন গ্যাসের পক্ষে ক্ষতিকর পদার্থসমূহর যেমন CFCs, হ্যালোজেন যুক্ত হাইড্রোকার্বন, মিথাইল ব্রোমাইড, নাইট্রাস অক্সাইড প্রভৃতির ব্যবহার যতটা সম্ভব এড়িয়ে চলা।
- পেট্রোলিয়াম চালিত যানবাহন ব্যবহার কমিয়ে ফেলা।
- পরিবেশের পক্ষে ক্ষতিকর বিভিন্ন ক্লিনিং সলভেন্ট ব্যবহার না করে পরিবেশ বান্ধব নানা পদার্থ যেমন ভিনিগার, বাইকার্বোনেট প্রভৃতি ব্যবহার করা।
- রপ্তানিকৃত দ্রব্য ব্যবহার কমিয়ে স্থানিয় দ্রব্য ব্যবহারে যানবাহনের প্রয়োজনিতা হ্রাস পায়। এর ফলে পরিবেশে নাইট্রাস অক্সাইডের পরিমাণ হ্রাস পায়। যা ওজোন হ্রাসে সহায়ক।
- এয়ার কন্ডিশনার এর পরিবর্তে লীনতাপের (latent heat) তত্ত্বের ভিত্তিতে নির্মিত এয়ার কুলার ব্যবহার উৎসাহিত করা। এয়ার কন্ডিশনার, রেফ্রিজারেটর, গাড়ি প্রভৃতি ঠিকমতো রক্ষণাবেক্ষণ করা যার ফলে ক্ষতিকর গ্যাস পরিবেশে না মিশে যায়।

- কুলিং এজেন্টে হিসেবে হাইড্রোক্লোরোফ্লুরোকার্বনস (HCFCs) এবং হাইড্রোফ্লুরোকার্বন (HFCs) ব্যবহার করা। এরাও ওজোনস্তর ধ্বংস করে কিন্তু CFCs অপেক্ষা অনেকাংশে কম মাত্রায়।

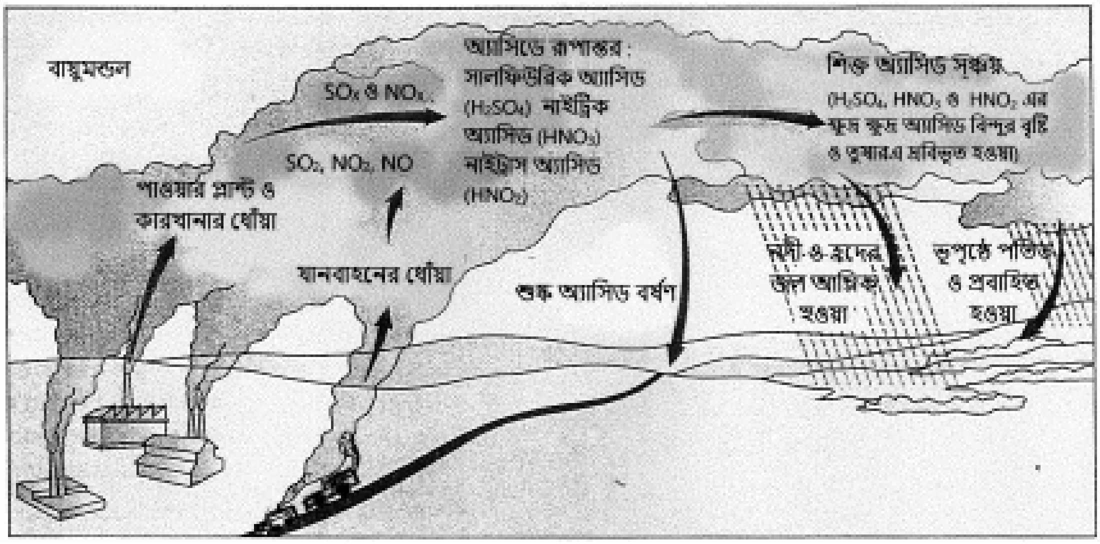
মন্ট্রিল প্রোটোকল (Montreal Protocol) দেশগুলি 1987 সালের কোপেনহাগেন সমাবেশের পর CFC প্রস্তুতি ও ব্যবহারের উপর সম্পূর্ণ নিষেধাজ্ঞা জারি করলে উচ্চ প্রযুক্তির দেশগুলি তাতে সাড়া দেয়। উন্নয়নশীল দেশগুলিতে 1996-এর পর থেকে 10 বছরের ছাড় দেওয়া হয়। তার মধ্যে এর ব্যবহারে সম্পূর্ণ নিয়ন্ত্রণ করার কথা বলা হয়েছিল। ওজোন হ্রাসে এই প্রোটোকল যথেষ্ট কার্যকরী হয়েছে।

1994-এ ইউনাইটেড নেশনস্ জেনারেল অ্যাসেমব্লি 16 সেপ্টেম্বর (16 September) বিশ্ব ওজোনস্তর সংরক্ষণ দিবস বা বিশ্ব ওজোন দিবস হিসেবে চিহ্নিত করেছেন। এই দিনটিতে মন্ট্রিল প্রোটোকল বিশেষভাবে স্মরণ করার জন্য।

10.5 অম্ল বৃষ্টি (Acid Rain)

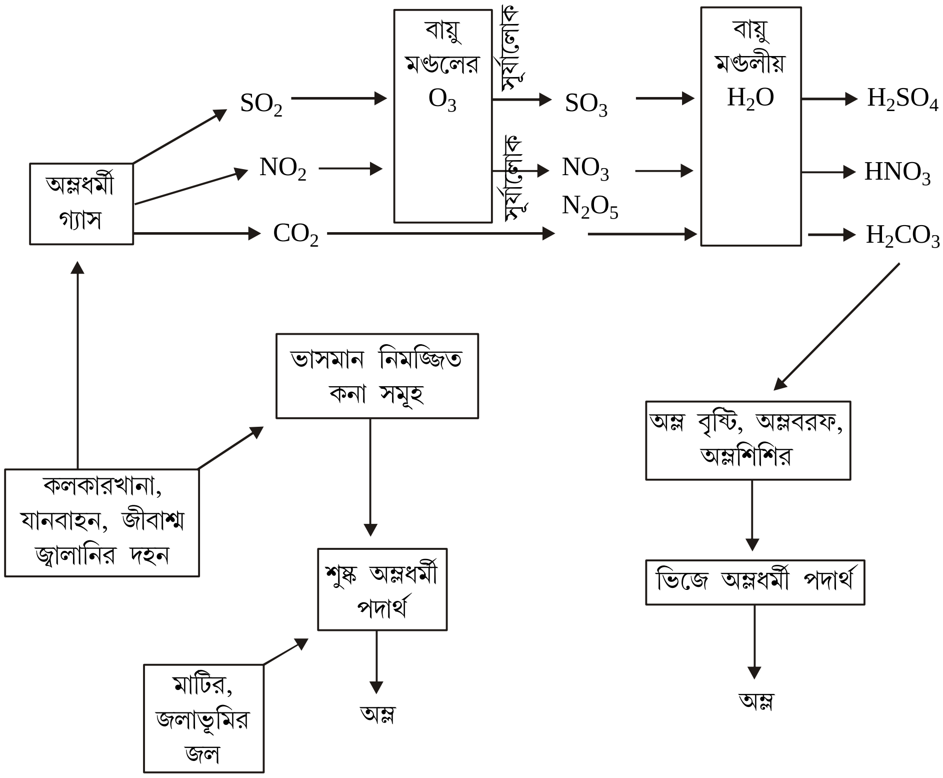
10.5.1 অম্ল বৃষ্টির কারণ ও সমস্যা (Causes and effects of acid rain)

পরিবেশে অম্লধর্মী বা অম্ল উৎপন্ন করতে পারে এমন বস্তুগুলি জমা হলে তাকে অম্লসঞ্চয় বা Acid deposition বলে। প্রাকৃতিক কারণ যেমন গাছপালা, আগ্নেয়গিরি, বজ্রপাত বা মানুষ দ্বারা জীবাশ্ম জ্বালানির দহন বা বিভিন্ন ইঞ্জিনে অন্তঃদহন (internal combustion) থেকেই প্রকৃতিতে অম্লের সৃষ্টি হয়। এদের মধ্যে উল্লেখযোগ্য হল SO_2, NO_2, O_3, H_2O_2, OH ইত্যাদি।



চিত্র 10.4 : অম্লবৃষ্টির পরিকল্পিত চিত্র

এই অম্লধর্মী বিকারগুলিকে আবার দুইভাগে ভাগ করা যায়—ভিজে (Wet) এবং শুষ্ক (Dry)। এই ভিজে বিকারকগুলি বায়ুমণ্ডলে বিক্রীয়ার পর পৃথিবীপৃষ্ঠে অম্লবৃষ্টি, অম্লতুষার (Acid Snow) বা অম্ল শিশির (Acid Dew) রূপে নেমে আসে। শুষ্ক অম্লধর্মী পদার্থগুলি জলের সঙ্গো মিশ্রণের আগে অবধি ঐ অবস্থায় পড়ে থাকে। এই সব কারণে প্রকৃতিতে যে অম্লবৃদ্ধি হয় তাকেই সামগ্রিক ভাবে অম্লবৃষ্টি বলে।



অম্লবৃষ্টি সৃষ্টির মানবসৃষ্ট রাসায়নিক কারণসমূহ

যদিও এটি একটি বিশ্ব-সমস্যা, অম্লবৃষ্টির ফলে ক্ষয়ক্ষতির বেশীরভাগ তথ্য আসে কানাডা, ইংল্যান্ড, জার্মানী, ফ্রান্স, স্ক্যান্ডিনেভিয়া ও আমেরিকা থেকেই।

বৃষ্টি সাধারণভাবে একটু আম্লিক। বৃষ্টির pH বায়ুতে আম্লিক গ্যাসের মাত্রা নির্ধারণ করে। কারণ বায়ুমণ্ডলের নানা আম্লিক গ্যাস জলীয় বাষ্পে দ্রবীভূত হয়ে অ্যাসিড তৈরী করে। ফলে অম্লবৃষ্টির সময় এই pH-এর মাত্রা অনেক নেমে যায়। বৃষ্টির জলের pH-এর মাত্রা 5.65 এর নীচে নেমে যাওয়া মানে অম্লবৃষ্টি।

1969 সালে নিউ হ্যাম্পশায়ারে যে অম্লবৃষ্টি হয় তার pH ছিল 2.1। 1974-এ স্কটল্যান্ডে তা ছিল 2.4। উত্তরপূর্ব USA-এর সাধারণ বৃষ্টিপাতের গড় pH 4.0, অর্থাৎ তা বেশ আম্লিক।

- এই অম্লবৃষ্টির ফলে যে ক্ষয়ক্ষতি হয় তা নানারকম। বাড়ীঘর, স্মৃতিসৌধ ইত্যাদিতে চুন বা $CaCO_3$ থাকে। অম্লবৃষ্টির H_2SO_4 এই চুনকে জিপসাম (Gypsum) বা $CaSO_4$-এ পরিণত করে যা সহজেই জলে দ্রবীভূত হয়। এইভাবে বাড়ীঘর বা সৌধে ক্ষত সৃষ্টি হয়। ধাতুও একইভাবে আক্রান্ত হয়।
- বনানী বাস্ততন্ত্রের উপর এর প্রভাবও উল্লেখযোগ্য। বৃক্ষনিধনে অম্লবৃষ্টির প্রভাব সহজেই অনুমেয়। মধ্য ইউরোপে, উত্তরপূর্ব আমেরিকায় ও পৃথিবীর অন্যান্য অংশে বনধ্বংসের অন্যতম কারণ হিসাবে অম্লবৃষ্টিকে চিহ্নিত করা হচ্ছে।
- সরাসরি গাছপালায় সঞ্চিত হয়ে উদ্ভিদের ক্ষতিসাধন করা ছাড়াও মাটিতে সঞ্চিত হয়ে শিকড়ের শোষণ ক্ষমতা নষ্ট করেও উদ্ভিদের ক্ষতি করে এই অম্লবৃষ্টি। এইভাবে মাটিতে প্রয়োজনীয় অ্যালুমিনিয়াম, ক্যালসিয়ামের মাত্রার তারতম্য ঘটায়। মাটিতে বসবাসকারী উদ্ভিদের উপযোগী জীবাণু ধ্বংসও হয় এই অম্লের প্রভাবে। পরোক্ষে উদ্ভিদের ক্ষতি সাধন করে।
- জলাভূমির বাস্তুতন্ত্রেও অম্লবৃষ্টির প্রভাব রয়েছে। অনেক হ্রদের খাদ্যজালকের পরিবর্তন ঘটেছে। pH 5.5-এর নীচে চলে গেলে অনেক অর্থনৈতিকভাবে গুরুত্বপূর্ণ জলজ প্রাণী যেমন মাছের উৎপাদন হ্রাস পায়। কানাডার প্রায় 14,000 হ্রদ এবং USA-এর প্রায় 11,000 হ্রদ এইভাবে ভীষণ ক্ষতিগ্রস্ত হয়েছে।

10.5.2 ভারতবর্ষের মহানগরী এবং শিল্পনগরীগুলিতেও অম্লবৃষ্টির সমস্যা (Scerario of Indian urban & industrial areas)

বৃষ্টির জলের নমুনা বিশ্লেষণ করে নাগপুর, আসামের মোহনবাড়ী (Mohanbari, Assam), এলাহাবাদ, বিশাখাপত্তনম এবং কোডাইকানাল-এর বিগত দশকের (2001–2012) pH-এর মান 4.77 থেকে 5.32-র মধ্যে পাওয়া গেছে। যা সেখানকার অম্লবৃষ্টির মাত্রা নির্দেশ করে। [উৎস : টাইমস্ অব ইন্ডিয়া, 4 মার্চ, 2017]

এই সকল শহরগুলিতে এবং তার পারিপার্শ্বে যে হারে তাপবিদ্যুৎ উৎপাদন, কয়লার দহন, পেট্রোলিয়াম নির্ভর যানবাহনের পরিমাণ বাড়ছে তাতে অদূর ভবিষ্যতে মানবজীবন ও পরিবেশে আরো ভয়ানক প্রভাব পড়বে।

10.5.3 অম্লবৃষ্টি প্রশমনের কয়েকটি উল্লেখযোগ্য উপায় (Some important measures to reduce acid rain)

বাতাসে কার্বনডাই-অক্সাইড, সালফারডাই-অক্সাইড এবং নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইড বর্জন নিয়ন্ত্রণে আনা। এর জন্য প্রয়োজন (a) জ্বালানীর অপচয় বন্ধ করা। (b) পরিশোধিত জ্বালানী ব্যবহার

করা। (c) সালফার এবং নাইট্রোজেন-এর অক্সাইড সমূহ মুক্ত করে জ্বালানীকৃত ধোঁয়া পরিবেশে বর্জন করে। (d) জ্বালানী গ্যাসকে সালফার মুক্ত করে ব্যবহার করা। (e) জীবাশ্ম জ্বালানীর অন্তঃদহনের জন্য ক্যাটালাইটিক কনভার্টার ব্যবহার করা। (f) সালফার এর মাত্রা কমাতে কয়লা ধুয়ে ব্যবহার করা। (g) কলকারখানার চিমনিতে পাতলা কাই (slurry) হিসেবে লাইমস্টোন বা চুনাপাথর (ক্যালসিয়াম কার্বনেট) ব্যবহার করা যা ধোঁয়াকে সালফার ডাই অক্সাইড মুক্ত করতে সাহায্য করে। (h) বিকল্প শক্তির উৎস হিসেবে জলবিদ্যুৎ, বায়ুশক্তি, ভূ-তাপীয় শক্তি (geothermal power), সৌরশক্তি এবং আনবিক শক্তি (nucler power) প্রভৃতি ব্যবহার করা।

10.6 এল-নিনো বা দক্ষিণী তরঙ্গমালা এবং লা-নিনা (El-Nino or Southern Oscillation and La-nina)

10.6.1 এল-নিনোর কারণ ও পরিব্যাপ্তি (Causes and area of occurance of El-Nino)

এলনিনো হল একটি উষ্ণ সামুদ্রিক ঝঞ্ঝা যা পেরুর পশ্চিমতটে মূলতঃ ক্রিস্মাসের সময় দেখা যায়। (El Nino শব্দের অর্থ যীশুখৃষ্টের সন্তান)। প্রশান্ত মহাসাগর ব্যাপী বায়ুমণ্ডলের চাপের ফলে সৃষ্ট এই দক্ষিণী ঝঞ্ঝাবার্তা সম্বন্ধে 1904 সালে গিলবার্ট ওয়াকার (Gilbert Walker) এবং 1966 ও 1969 সালে জ্যাকব জার্কনেস (Jacob Bjerknes) মানুষকে অবহিত করান। গিলবার্টের মতে প্রশান্ত মহাসাগরের পূর্বতটে বায়ু চাপ বৃদ্ধি পেলে পশ্চিমতটে তা কমে যায়। অন্যদিকে, পশ্চিমতটে বায়ু চাপের বৃদ্ধি পূর্বতটে বায়ু চাপ কমে যাওয়ার কারণ। উনি একেই Oscillation নামে অবিহিত করেন। জার্কনেস বলেন, সমুদ্রতলের তাপমাত্রা মধ্য প্রশান্ত মহাসাগরে ঘূর্ণাবর্তের সৃষ্টি করে। পশ্চিম প্রশান্ত মহাসাগরের তপ্ত বায়ু উপরে ওঠে, পূর্বদিকে ধাবিত হয় এবং পূর্ব প্রশান্ত মহাসাগরের গর্ভে আশ্রয় নেয়। এই পথে সেই বায়ু ক্রমশঃ আরো তপ্ত হয়ে ওঠে এবং জলীয় বাষ্প সংগ্রহ করে। এইভাবে বৃষ্টিমেঘ (Rain Cloud) সৃষ্টি হয়ে তপ্ত সামুদ্রিক ঝঞ্ঝা বা এল-নিনোর সৃষ্টি হয়।

এর ফলে একদিকে উত্তর ও পূর্ব আমেরিকার তটভূমিতে যেমন ঝড়ঝঞ্ঝা সৃষ্টি হয় পশ্চিম প্রশান্ত মহাসাগরীয় দেশসমূহ, যেমন অস্ট্রেলিয়ায় তখন খরা সৃষ্টি করে। এল-নিনোর ফলে দূরবর্তী অঞ্চলগুলিতেও যেমন পশ্চিম আমেরিকা ও মেক্সিকোতে বৃষ্টিপাত বেড়ে যায়। আবার এই ঝঞ্ঝাবর্তের সময় USA, কানাডা ও আলাস্কার তাপমাত্রা গড় তাপমাত্রার চেয়ে বেশী হয়ে যায়।

এল-নিনোর সমস্যা (Consequences of El-Nino) :

- স্বাভাবিকভাবেই এই প্রাকৃতিক পরিবর্তনে বাস্তুতন্ত্র প্রভাবিত হয়। তটবর্তী মাছের উৎপাদন হ্রাস পায়। যে সমস্ত তটবর্তী পাখিরা এদের খেয়ে বেঁচে থাকে তারা ক্ষতিগ্রস্ত হয়। ফাইটোপ্ল্যাংকটনের সংখ্যা উল্লেখযোগ্যভাবে হ্রাস পেয়ে সামুদ্রিক উৎপাদন হার বা Pro-

ductivity কমে যায়। সিন্ধুঘোটক ও সীল মাছের সংখ্যা এইকারণে কমে যায়। এইভাবে দক্ষিণ আমেরিকার সমুদ্র ও সমুদ্রতটের বাস্তুতন্ত্রের উল্লেখযোগ্য পরিবর্তন ঘটে El-Nino র প্রভাবে।

- এলনিনোর ফল দূরবর্তী মহাদেশও প্রভাবিত হয়। 1982-83 র এলনিনো উত্তর আমেরিকার বহু ঝড়ঝঞ্ঝার কারণ। আমেরিকায় উদ্ভূত ক্যাটরিনা, রিটা প্রভৃতি সামুদ্রিক ঝড়ের কারণ অনুসন্ধান করে NASA এলনিনোকেই সামগ্রিকভাবে দায়ী করছে।
- উত্তর ও দক্ষিণ আমেরিকার এলনিনোর ফলে উল্টোদিকে অস্ট্রেলিয়াতে ভয়াবহ খরার সৃষ্টি হয়। এর প্রভাব ঐ অঞ্চলের উদ্ভিদ ও প্রাণীর উপর যথেষ্ট পড়ে। নেভিলে নিকোলস (Neville Nicholls) 1992 দেখিয়েছেন ঐ অঞ্চলের সবচেয়ে বেশী সংখ্যায় থাকা লাল ক্যাঙারু, মাক্রোপাস রুফাস-এর সন্তান উৎপাদন ক্ষমতা এবং অপত্য সন্তানের বড় হয়ে ওঠা ভীষণভাবে এই খরার জন্য প্রভাবিত হয়। 1982 সালে অর্থাৎ 1982-র এল-নিনো পূর্ববর্তী সময়ে এই লাল ক্যাঙারুর সংখ্যা 22 লক্ষের মত ছিল, যা এল-নিনোর পর 1984 সালে মাত্র 7 লক্ষে নেমে আসে।
- পরিশেষে উল্লেখ্য যে গিলবার্ট ওয়াকারের গবেষণার মাধ্যমে প্রকাশ পায় যে 1899–1900 সালে ভারতবর্ষে যে ভয়াবহ খরার ফলে শস্য উৎপাদন চরমভাবে ব্যহত হয় তার কারণও এশিয়া মহাদেশের মৌসুমী বায়ুর উপর ঐ প্রশান্ত মহাসাগরীয় এল-নিনোর প্রভাব।

10.6.2 লা-নিনার কারণ ও পরিব্যাপ্তি (Causes and area of occurance of La-Nina)

স্প্যানিশ ভাষায় "লা-নিনা" কথার অর্থ ছোট মেয়ে। সহজভাবে "লাল-নিনা" হলো "গ্রীষ্মমণ্ডলীয় প্রশান্ত মহাসাগরীয় অঞ্চলের একটি অতি শৈত্যপ্রবাহের ঘটনা"। ঈহা নিরক্ষীয় প্রশান্ত মহাসাগরীও অঞ্চলের অস্বাভাবিক ঠান্ডা তাপমাত্রা চিহ্নিত করে।

লা-নিনা অবস্থার সময়, জেট স্ট্রিমগুলি প্রবাহিত বায়ুস্রোত অনেক বেশি পরিবর্তনশীল এবং পরিবর্ধিত হয়। এর ফলে এই অঞ্চলে ঘন ঘন অনেক বেশি ঠাণ্ডা বাতাসের প্রাদুর্ভাব দেখা দেয়। এই পর্যায়ে, জল স্বাভাবিকের চেয়ে শীতল এবং পূর্বদিকের বাতাস আরও শক্তিশালী হয়।

সাধারণত, একটি লা-নিনার ফলে গ্রীষ্মমণ্ডলীয় প্রশান্ত মহাসাগরীয় অঞ্চলে সমুদ্রের অধঃপৃষ্ঠের জল স্বাভাবিকের চেয়ে অধিকতর শীতল হয়। তারপরে, পূর্ব দিকের বাণিজ্য বায়ু শক্তিশালী হয়, দক্ষিণ আমেরিকার পশ্চিম উপকূলে এবং নিরক্ষরেখা বরাবর ঠান্ডা বৃদ্ধি পায় এবং সমুদ্র-পৃষ্ঠের তাপমাত্রা (এসএসটি) স্বাভাবিকের নিচে নেমে যায়। প্রশান্ত মহাসাগরের এই ঠান্ডা অঞ্চলের জেট সমুদ্রের স্রোতকে উত্তর দিকে ঠেলে দেয়। এটি দক্ষিণ মার্কিন যুক্তরাষ্ট্রে খরা এবং প্রশান্ত মহাসাগরীয় উত্তর-পশ্চিম ও কানাডায় ভারী বৃষ্টি ও বন্যার দিকে পরিচালিত করে। লা-নিনার বছরে, শীতের তাপমাত্রা দক্ষিণে

স্বাভাবিকের চেয়ে বেশি এবং উত্তরে স্বাভাবিকের চেয়ে শীতল। লাল-নিনা আরও মারাত্মক হারিকেন মৌসুমেও রূপান্তরিত পারে।

লা-নিনার সময়, প্রশান্ত মহাসাগরীয় উপকূলের জলগুলি ঠান্ডা থাকে এবং স্বাভাবিকের চেয়ে বেশি পুষ্টি থাকে। এই পরিবেশটি আরও সামুদ্রিক জীবনকে সমর্থন করে এবং ক্যালিফোর্নিয়ার উপকূলের মতো জায়গায় স্কুইড এবং স্যালমনের মতো আরও ঠান্ডা জলের জীব প্রজাতিকে আকর্ষণ করে।

10.7 সারাংশ (Summary)

এই এককে বিশ্ব পরিবেশ সমস্যা সম্বন্ধে আলোচনা করতে গিয়ে গ্রীনহাউস গ্যাস, বিশ্ব-উষ্ণায়ন, ওজনস্তর হ্রাস, অম্লবৃষ্টি এবং এল-নিনোর বিভিন্ন দিক আলোচিত হয়েছে। গ্রীনহাউস গ্যাস এফেক্ট বোঝাতে গিয়ে আগে বায়ুমণ্ডলের বিভিন্ন স্তরগুলি সম্বন্ধে একটি সম্যক ধারণা দেওয়া হয়েছে। গ্রীনহাউস গ্যাস এর কারণ এবং এর প্রয়োজনীয়তা বিশদে আলোচনা করা হয়েছে। এই আলোচনা আমাদের বিশ্বউষ্ণায়নে গ্রীন হাউস গ্যাস সমূহের (CO_2, CFC, CH_4, O_3, NO, H_2O vapour) প্রভাব বুঝতে সাহায্য করে। বিশ্ব উষ্ণায়নের কারণ এবং এর প্রভাবগুলি বিস্তারিত ভাবে আলোচিত হয়েছে। সমুদ্রতলের বৃদ্ধি, মেরুর বরফের গলন, জলচক্রের বিপর্যয়, প্রাকৃতিক অঞ্চলের পরিবর্তন, কৃষি ও খাদ্য সমস্যা এবং জনস্বাস্থ্যের উপর এর প্রভাব। এই আলোচনার মাধ্যমে ওজনস্তর হ্রাসের কারণগুলি আমরা ভালভাবে বুঝতে পারি। ওজনস্তর হ্রাসের কারণ রাসায়নিক বিক্রিয়ার মাধ্যমে বোঝানো হয়েছে। ওনজস্তর হ্রাসের ক্ষতিকর প্রভাবগুলি লিপিবদ্ধ হয়েছে এবং একই সাথে ওজনস্তর হ্রাসের প্রতিকারগুলি সম্বন্ধে অবগত করা হয়েছে। অম্লবৃষ্টির কারণ (রাসায়নিক বিক্রিয়ার মাধ্যমে), এর প্রভাব ও প্রশমনের উপায়গুলি আলোচিত হয়েছে। এল-নিনো, যা হলো একটি উষ্ণ সামুদ্রিক ঝঞ্ঝা, তার উৎপত্তি, পরিব্যপ্তি এবং সমস্যা সম্বন্ধে বিশদে আলোচনা হয়েছে। এছাড়াও লা-নিনা বা নিরক্ষীয় প্রশান্তমহাসাগরীয় অতি শৈত্যপ্রবাহের ঘটনার কারণ ও প্রভাব সম্বন্ধে সাধারণ ধারণা উপস্থাপন করা হয়েছে।

10.8 প্রশ্নাবলী (Questions)

I. বহু নির্বাচনী প্রশ্ন (MCQ) :

1. পৃথিবীপৃষ্ঠ সংলগ্ন বায়ুমণ্ডলের স্তরকে বলে—
   (a) থার্মোস্ফিয়ার (b) স্ট্রাটোস্ফিয়ার (c) ট্রপোস্ফিয়ার (d) মেসোস্ফিয়ার

2. ঘন ওজোনস্তর বায়ুমণ্ডলের যে স্তরে অবস্থান করে তা হল—
   (a) স্ট্রটোস্ফিয়ার (b) মেসোস্ফিয়ার (c) থার্মোস্ফিয়ার (d) ট্রপোস্ফিয়ার

3. গ্রীনহাউস এফেক্ট-এর জন্য দায়ী নয় যে গ্যাসটি—

(a) CO_2 (b) CH_4 (c) CFC (d) H_2S

4. গ্রীনহাউস এফেক্ট এর কারণে পরিবেশের যে পরিবর্তন দেখা যায়—

(a) তাপমাত্রার ক্রম হ্রাস (b) তাপমাত্রার ক্রম বৃদ্ধি

(c) কৃষি উৎপাদন বৃদ্ধি (d) মাটির pH-এর মান বৃদ্ধি

5. যে প্রকার আলোক বিভিন্ন গ্যাস দ্বারা শোষিত হওয়ার ফলে বিশ্ব উষ্ণায়ন ঘটে—

(a) অতি বেগুনী রশ্মি (b) নীল ও বেগুনী রশ্মি

(c) লাল আলোক রশ্মি (d) ইনফ্রারেড আলোক রশ্মি

6. গ্রীনহাউস এফেক্ট এর জন্য সর্বাধিক দায়ী যেটি—

(a) মিথেন (b) কার্বন ডাই-অক্সাইড

(c) নাইট্রোজেন-এর অক্সাইড (d) CFC

7. মানুষের সৃষ্ট গ্রীনহাউস গ্যাসটি হল—

(a) CFC (b) CH_4 (c) CO_2 (d) O_3

8. বিশ্ব উষ্ণায়নে যেটি প্রভাবিত হয় না—

(a) মেরু প্রদেশের বরফ গলন (b) সমুদ্রতলের উচ্চতা বৃদ্ধি

(c) খাদ্যশৃঙ্খলের দৈর্ঘ্য (d) জলচক্রের বিপর্যয়

9. যে প্রকার UV-রশ্মি ওজোন ধ্বংসের জন্য সবচাইতে বেশী দায়ী—

(a) UV-A (b) UV-B (c) UV-C (d) সকলেই সমান দায়ী

10. পৃথিবীর যে অঞ্চলের O_3-স্তর সবচাইতে বেশী ধ্বংস হয়—

(a) নিরক্ষীয় অঞ্চল (b) নাতিশীতোষ্ণ অঞ্চল

(c) অতি উচ্চ পার্বত্য অঞ্চল (d) মেরু অঞ্চল

11. UV-রশ্মির জন্য যেটি সত্য নয়—

(a) ওজোন UV-রশ্মির প্রবেশ প্রতিহত করে

(b) UV-রশ্মি জমির উৎপাদন হ্রাস করে

(c) জীবজগতের জন্য UV-রশ্মি খুবই অপকারী

(d) UV-রশ্মি CFC দ্বারা ধ্বংস হয়

12. ওজোন গ্যাসের পক্ষে ক্ষতিকর নয় যেটি—

(a) হাইড্রোজেন সালফাইড (b) ক্লোরোফ্লোরো কার্বন

(c) মিথাইল ক্লোরাইড (d) নাইট্রাস অক্সাইড

13. বিশ্ব ওজোন দিবস বালিত হয় যে দিনটিতে—

(a) 5 জুন (b) 21 মার্চ (c) 22 এপ্রিল (d) 16 সেপ্টেম্বর

14. অম্লবৃষ্টির কারণ নয় যে গ্যাসটি—

(a) SO_2 (b) NO_2 (c) CH_4 (d) H_2O_2

15. 'এল নিনো' হল—

(a) মেরু অঞ্চলের তুষার ঝড় (b) উষ্ণ সাগরীয় ঝঞ্ঝা

(c) মেরু অঞ্চলের ঝড় ঝঞ্ঝা (d) অতি উচ্চ পর্বতশৃঙ্গের বরফের ধ্বস

II. সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলী ঃ

1. গ্রীনহাউস এফেক্ট বলতে কি বোঝায়?
2. বিভিন্ন প্রকার গ্রীনহাউস গ্যাসের নাম লিখুন।
3. বায়ুমণ্ডলে ওজোনস্তর কোথায় দেখা যায়? এর ভূমিকা কি?
4. বিশ্ব উষ্ণায়নে বিভিন্ন গ্রীনহাউস গ্যাসের শতকরা ভূমিকা লিখুন।
5. গ্রীনহাউস গ্যাস নিয়ন্ত্রণে মানব জাতীর কয়েকটি উদ্যোগ লিখুন।
6. বিশ্ব উষ্ণায়নে জনস্বাস্থ্যের ওপর প্রভাবগুলি লিখুন।
7. বায়ুমণ্ডলের অক্সিজেন এবং ওজোন এর ওপর UV-রশ্মির প্রভাব রাসায়নিক সমীকরণের সাহায্যে লিখুন।
8. অম্লবৃষ্টি বলতে কি বোঝায়? ইহাতে ক্ষতিগ্রস্থ দুইটি শিল্পনগরীর নাম লিখুন।
9. অম্লবৃষ্টি প্রশমনের কয়েকটি বিকল্প ব্যবস্থা লিখুন।
10. 'এল-নিনো' কি?
11. 'লা-নিনো' বলতে কি বোঝায়?

III. রচনাধর্মী প্রশ্ন ঃ

1. গ্রীনহাউস এফেক্ট সংক্ষেপে বর্ণনা করুন।
2. বিশ্ব উষ্ণায়নে গ্রীনহাউস গ্যাসগুলির প্রভাব সংক্ষেপে বর্ণনা করুন।
3. বিশ্ব পরিবেশের ওপর উষ্ণায়নের প্রভাব সংক্ষেপে লিখুন।
4. ওজোনস্তর হ্রাসের কারণ সমীকরণসহ লিখুন।
5. ওজোন হ্রাসের ক্ষতিকর প্রভাবগুলি লিখুন।
6. ওজোনস্তর হ্রাসের প্রতিকার সম্বন্ধে লিখুন।
7. অম্লবৃষ্টির কারণ ও সমস্যা সংক্ষেপে বর্ণনা করুন।
8. 'এল-নিনো'র কারণ, পরিব্যাপ্তি ও সমস্যা সংক্ষেপে লিখুন।

8\. 'লা-নিনো'র কারণ ও প্রভাব সংক্ষেপে আলোচনা করুন।

10.9 উত্তরমালা (Answers)

I. বহু নির্বাচনী প্রশ্নের (MCQ) উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4	5	6	7	8
উত্তর :	c	a	d	b	d	c	a	c

প্রশ্নের সংখ্যা :	9	10	11	12	13	14	15
উত্তর :	b	d	d	a	d	c	b

II. সংক্ষিপ্ত প্রশ্নের উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4	5
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	10.2	10.2	10.2.2 & 10.4	10.2.2	10.2.2

প্রশ্নের সংখ্যা :	6	7	8	9	10	11
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	10.3	10.4	10.5.1	10.5.3	10.6.1	10.6.2

III. রচনাধর্মী প্রশ্নের উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	10.2.1	10.2.2	10.3	10.4.1

প্রশ্নের সংখ্যা :	5	6	7	8	9
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	10.4.2	10.4.3	10.5	10.6.1	10.6.2

MODULE–II

উদ্ভিদভূগোল

(Phytogeography)

D: \ Suvendu \ NSOU\NEP/ 5CC-BT-02
Unit- 9-12 \ 2nd Proof \ (Dt. 19.03.2025)

একক–11 : ভারতবর্ষের উদ্ভিদ ভৌগোলিক অঞ্চলসমূহ : রজার এবং পানওয়ার (1988) প্রদত্ত জীবভৌগোলিক অঞ্চলের বিভাজন (Phytogeographical zones of India : Biogeographical divisions according to Rodger and Panwar, 1988)

গঠন (Structure)

11.0 উদ্দেশ্য (Objectives)

11.1 প্রস্তাবনা (Introduction)

11.2 ভারতবর্ষের উদ্ভিদ ভৌগোলিক অঞ্চল কিছু সমূহের উল্লেখযোগ্য বিভাজন (Some important divisions of Phytogeographical regions of India)

11.3 রজার ও পানওয়ার প্রদত্ত ভারতবর্ষের জীব ভৌগোলিক অঞ্চল সমূহ (Biogeographical Zones according to Rodger and Panwar of India)

11.4 সারাংশ (Summary)

11.5 প্রশ্নাবলী (Questions)

11.6 উত্তরমালা (Answers)

11.0 উদ্দেশ্য (Objectives)

এই এককটি পাঠ করে আমরা নিম্নলিখিত বিষয়গুলি সম্বন্ধে সম্যক ধারণা তৈরি করতে পারব।

- উদ্ভিদ ভূগোলবিদ্যার সূচনা ও তার বিভিন্ন শাখা।
- জীব ভূগোল সম্বন্ধে সাধারণ ধারণা।
- ভারতবর্ষের উদ্ভিদ ভৌগোলিক অঞ্চলসমূহ সম্পর্কে বিভিন্ন বিজ্ঞানীর মতামত।
- রজার এবং পানওয়ার প্রদত্ত ভারতবর্ষের জীবভৌগোলিক অঞ্চলসমূহের বিস্তার এবং তাদের জীবকুলের পরিচয়।

11.1 প্রস্তাবনা (Introduction)

উদ্ভিদ ভূগোলবিদ্যা (Phytogeography) : ইহা জৈবভূগোলবিদ্যার (Biogeography) একটি শাখা যেখানে উদ্ভিদকুলের ভৌগলিক বিস্তার এবং পৃথিবীপৃষ্ঠের বিভিন্ন ভৌগলিক অঞ্চলের সহিত উদ্ভিদকুলের পারস্পরিক প্রভাব আলোচিত হয়।

গ্রীক শব্দদ্বয় Phyton = Plant বা উদ্ভিদ এবং Geographia = Geography বা ভূগোল হইতে ফাইটোজিওগ্রাফি বা উদ্ভিদভূগোল শব্দের উৎপত্তি।

1895 এ বিজ্ঞানী ইউজেন ওয়ার্মিং (Eugen Warming, 1895) জৈবভূবিদ্যা শাখার (Biogeography discipline)-এর সূচনা করেন। এখানে বিভিন্ন জীবের ভৌগলিক বিস্তার সম্বন্ধে আলোচনা করা হয়।

প্রুশিয়ার বহুবিদ্যাজ্ঞ-প্রাকৃতিবিদ, ভূগোলবিদ, অনুসন্ধানকারী (Explorer), দার্শনিক এবং বিজ্ঞানী আলেকজন্ডার ভন হামবোল্ডট (Alexander von Humboldt, 1769–1859) এর সংখ্যাভিত্তিক গবেষণামূলক কাজ "বেটানিক্যাল জিওগ্রাফি" (Quantitative work on Botanical Geography) বিশেষ উল্লেখযোগ্য। এখান থেকেই জৈবভূবিদ্যার ভিত্তি স্থাপিত হয়।

বিজ্ঞানী ক্যাম্পবেল (Campbell, 1926)-এর মতে পৃথিবীর ভিন্ন ভিন্ন অঞ্চলের ভূ-প্রকৃতি ও পরিবেশে বিস্তৃত এবং অভিযোজিত অতীত ও বর্তমান উদ্ভিদকূলের সাদৃস্য ও বৈশাদৃশ্য নির্ণয় করাই জৈবভূগোলের মুখ্য আলোচ্য বিষয়।

বিজ্ঞানী আর গুড (R. Good, 1974)-এর মতে ভৌগলিক উদ্ভিদ বিদ্যায় ভূপৃষ্ঠের নানা অঞ্চলে অতীত এবং বর্তমান উদ্ভিদ কূলের উৎপত্তি, বন্টন এবং অঞ্চলগত সম্পর্ক (area based affinity) আলোচনা করা হয়।

বৈচিত্র্যময় ভূ-প্রকৃতি এবং বন্ধু বাসস্থানের সাপেক্ষে উদ্ভিদ ও প্রাণীর বন্টন ও বিস্তারের ভিত্তিতে রজার এবং পানওয়ার, 1998 ভারতবর্ষকে 10টি জীবভৌগলিক অঞ্চলে ভাগ করেন।

এই অধ্যায়ে সেই অঞ্চলগুলি বিস্তারিত আলোচনা করা হয়েছে।

11.2 ভারতবর্ষের উদ্ভিদ ভৌগোলিক অঞ্চল সমূহের কিছু উল্লেখযোগ্য বিভাজন (Some important divisions of Phytogeographical regions of India)

পৃথিবীর বিভিন্ন মহাদেশ কিংবা দেশের ভিন্ন ভিন্ন ভৌগলিক অঞ্চলে নিজস্ব প্রাকৃতিক পরিবেশ বিরাজমান। সেখানকার নানা জৈব ও অজৈব উপাদান সমূহের ওপর নির্ভর করে বিভিন্ন উদ্ভিদ ও

প্রাণী গোষ্ঠির অভিযোজন সাফল্য ও বিস্তার লাভ করা। এইভাবে বিভিন্ন উদ্ভিদ ভৌগলিক অঞ্চল নিজস্ব চরিত্রগত পরিচিতি লাভ করে।

ভারতবর্ষের সমগ্র ভূখণ্ডের বিভিন্ন অঞ্চলের অবস্থান, ভূপ্রকৃতি, পাহাড়-পর্বত, মালভূমি, সমভূমি, সমুদ্র উপকূলের বিস্তার, অভিমুখ, উচ্চতা (altitude) ইত্যাদির ওপর নির্ভর করে কোন বিস্তৃর্ণ অঞ্চলের ভূচিত্র (topography) এবং জলবায়ুর স্থানগত বৈচিত্র (spatial diversity)। এই সবকিছুর ভিত্তিতেই ভারতীয় ভূখণ্ডকে একাধিক উদ্ভিদ ভৌগলিক অঞ্চলে ভাগ করা যায়।

বিভিন্ন উদ্ভিদবিজ্ঞানী, ভূগোলবিদ, প্রকৃতিবিদ (naturalist), বাস্তব্যবিদ্যা বিশেষজ্ঞ (ecologist) প্রমুখ বিভিন্ন সময়ে তাদের নিজস্ব মত অনুযায়ী ভারতীয় উপমহাদেশকে (Indian Subcontinent) ভিন্ন ভিন্ন ভাবে বিভিন্ন উদ্ভিদ ভৌগলিক অঞ্চলে বিভক্ত করেছেন।

বিশিষ্ট কয়েকজন বিজ্ঞানীদের প্রদত্ত খসড়া অনুযায়ী ভারতবর্ষের বিভিন্ন উদ্ভিদ ভৌগলিক অঞ্চলসমূহ (Phytogeographical regions of India according to the scheme of some renowned scientists)

I. সি. বি. ক্লার্ক (C. B. Clarke) 1898-এ লিনিয়ান সোসাইটির জার্নাল-এ (Journal of Linnaean Society) ভারতীয় উপমহাদেশকে 11টি উদ্ভিদ অঞ্চলে বিভক্ত করেন। এগুলি হল—

1. পশ্চিম হিমালয় (Western Himalayas)
2. ভারতীয় মরু অঞ্চল (Indian Desert)
3. মালাবার (Malabar)
4. সিলোন (Ceylon)
5. করমণ্ডল (Coromandel)
6. গাঙ্গেয় সমভূমি (Gangetic Plain)
7. পূর্ব হিমালয় (Eastern Himalayas)
8. আসাম (Assam)
9. উত্তর ও উত্তর-পূর্ব ব্রহ্মদেশ (জাভা) [North and North-Eastern Mayanmer (Java)]
10. দক্ষিণ ব্রহ্মদেশ (পেগু) [Southern Mayanmar (Pegu)]
11. মালয় উপদ্বীপ (Malaya Penninsula)।

II. জে. ডি. হুকার (J. D. Hooker) 1907-এ ভারতীয় ইমপেরিয়াল গেজেট (Imperial Gazette of India)-এ ভারতবর্ষকে 9টি উদ্ভিদ অঞ্চলে ভাগ করেছেন। তিনি তদানিন্তন ভারতবর্ষকে বিভিন্ন উদ্ভিদ সমন্বয় (floristic elements)-এর ভিত্তিতে নিম্নলিখিত উদ্ভিদ অঞ্চলে বিভক্ত করেন।

1. পূর্ব হিমালয় (Eastern Himalaya)
2. পশ্চিম হিমালয় (Western Himalaya)
3. সিন্ধু উপত্যকা (The Indus Plain)
4. গাঙ্গেয় উপত্যকা (Gangetic Plain)
5. মালাবার (Malabar)
6. দাক্ষিণাত্য (Deccan)
7. আসাম (Assam)
8. শ্রীলংকা ও মালদ্বীপপুঞ্জ (Ceylon and Maldives)

III. সি. সি. ক্যালডার (C. C. Calder) 1937-এ জলবায়ু ও ভূপ্রকৃতির বৈচিত্র এবং সেখানকার নিজস্ব উদ্ভিদ সমন্বয় (Floristic features) -এর ওপর ভিত্তি করে তদানিন্তন ভারতবর্ষকে 6টি উদ্ভিদ অঞ্চলে ভাগ করেছেন। যেমন—

1. পূর্ব হিমালয় (Eastern Himalaya)
2. পশ্চিম হিমালয় (Western Himalaya)
3. সিন্ধু উপত্যকা (Indus Plain)
4. গাঙ্গেয় উপত্যকা (Gangetic Plain)
5. মালাবার (Malabar)
6. দাক্ষিণাত্য (Deccan)

IV. ডি. চ্যাটার্জী (D. Chatterjee) 1939-এ স্বাধীনতা পূর্ববর্তী অখণ্ড ভারতবর্ষের এবং 1960, 1962 তে স্বাধীন ভারতবর্ষের উদ্ভিদ ভৌগলিক অঞ্চলের বিভাগ এবং বর্ণনা করেছেন। সেইসঙ্গে তিনি উদ্ভিদ ভৌগলিক অঞ্চলগুলির উদ্ভিদকুলের বিস্তারিত বর্ণনাও করেছেন। 1962 ডি. চ্যাটার্জী প্রদত্ত উদ্ভিদ ভৌগলিক অঞ্চলসমূহ নিম্নরূপ।

1. পশ্চিম হিমালয় (Western Himalayas)
2. পূর্ব হিমালয় (Eastern Himalayas)
3. সিন্ধু সমভূমি (Indus Plain)
4. গাঙ্গেয় সমভূমি (Gangetic Plain)

5. মধ্য ভারতবর্ষ (Central India)

6. দাক্ষিণাত্য (Deccan)

7. মালাবার পশ্চিম উপকূল (Western Coast of Malabar)

8. আসাম (Assam)

9. আন্দামান এবং নিকোবর-এর উপসাগরীয় দ্বীপপুঞ্জ (Bay Islands of Andaman and Nicobar)

11.3 রজার ও পানওয়ার প্রদত্ত ভারতবর্ষের জীব ভৌগোলিক অঞ্চল সমূহ (Biogeo-graphical Zone of India according to Rodger and Panwar, 1988)

জীব-ভূগোল হল ভৌগলিক বৈশিষ্ট স্থান এবং ভূতাত্ত্বিক সময়ের সাপেক্ষে জীব প্রজাতি এবং বাস্তুতন্ত্রের বন্টন বিষয়ে অধ্যয়ন। ভারতবর্ষ প্রাকৃতিক বৈচিত্র্যে সমৃদ্ধ। বিশ্বের শীর্ষ 17টি মেগা-বৈচিত্র্য দেশের মধ্যে ভারত এশিয়ায় চতুর্থ এবং বিশ্বের দশম স্থানে রয়েছে। 17500 নথিভুক্ত সপুষ্পক উদ্ভিদ, 7500টি ঔষধি গাছ এবং 246টি বিশ্বব্যাপী বিপন্ন প্রজাতির নিয়ে ভূভাগের মাত্র 2.4% অংশ নিয়ে বিশ্বের সপুষ্পক উদ্ভিদ বৈচিত্র্যের প্রায় 11% ভারতবর্ষকে আশ্রয় করে রয়েছে।

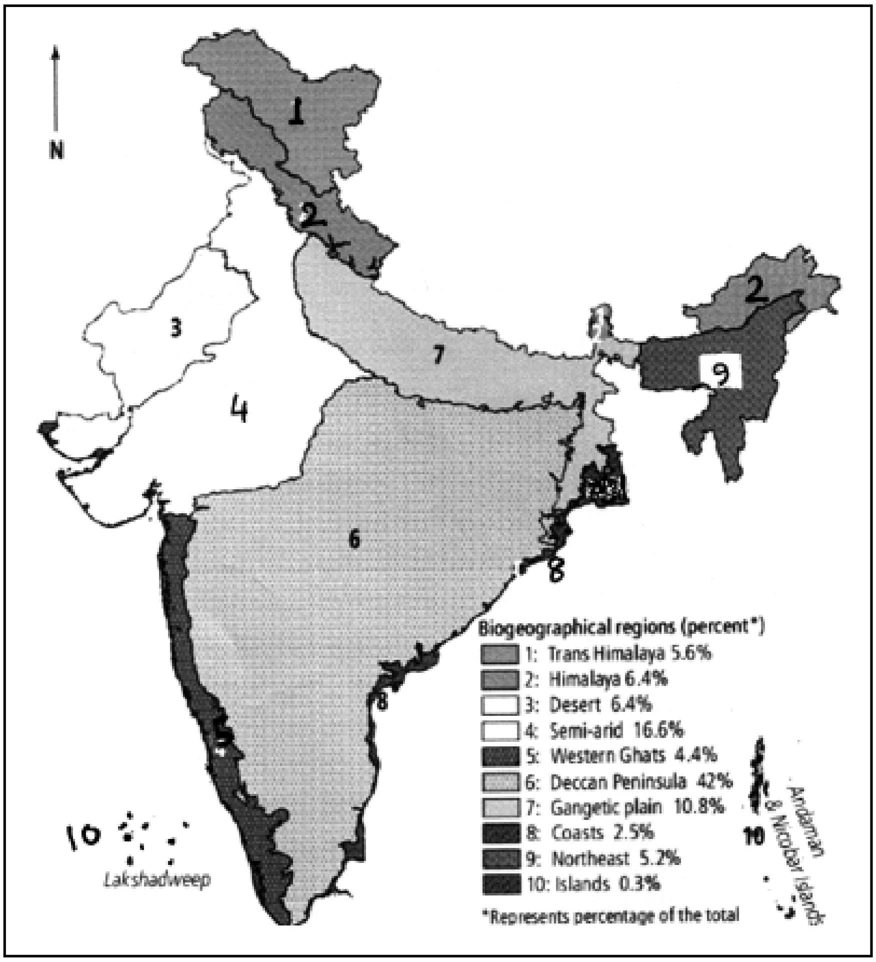
এছাড়াও ভারতে চারটি জীববৈচিত্র্যের হটস্পট যথা আন্দামান ও নিকোবর দ্বীপপুঞ্জ, পূর্ব হিমালয়, ইন্দো-বার্মা অঞ্চল এবং পশ্চিমঘাট। তাই ভারতের প্রাকৃতিক ঐতিহ্যের কারণে জীব-ভূগোল অধ্যয়নের গুরুত্ব রয়েছে।

ভারতের বনভূমিকে শ্রেণীবদ্ধ করার প্রথম উদ্যোগটি 1936 সালে এইচ. জে. চ্যাম্পিয়ন (H. J. Champion) দ্বারা করা হয়েছিল এবং 1968 সালে এস কে শেঠ (S. K. Seth) দ্বারা সংশোধিত হয়েছিল। পরবর্তীকালে 1974 সালে এম.এস. মণির ভারতের জৈব ভূগোলের উপর অগ্রণী কাজ দ্বারা অনুসরণ করে করা হয়েছিল।

বিভিন্ন প্যারামিটারের ভিত্তিতে বিশ্ব পরিকল্পনার অংশ হিসাবে বিভিন্ন স্কিম ভারতকে জৈব-ভৌগলিক অঞ্চলে বিভক্ত করা হয়েছে।

ভারতের বন্যপ্রাণী ইনস্টিটিউটের রজাস এবং পানওয়ার 1986 সালে ভারতের জন্য একটি সুরক্ষিত এলাকা নেটওয়ার্কের পরিকল্পনা করার সময় ভারতকে জুজিওগ্রাফিক অঞ্চলে বিভক্ত করার একটি পরিকল্পনার রূপরেখা দেন। সেই পরিকল্পনার রূপরেখার অনুযায়ী রজাস এবং পানওয়ার (1988) ভারতকে 10টি জীব-ভৌগলিক অঞ্চলে বিভক্ত করার একটি পরিকল্পনা দিয়েছেন যাহা নিম্নরূপ— 1. ট্রান্স হিমালয়ান জোন, 2. হিমালয় অঞ্চল, 3. মরুভূমি অঞ্চল, 4. সেমিএরিড জোন, 5. পশ্চিমঘাট

অঞ্চল, 6. দাক্ষিণাত্যের মালভূমি অঞ্চল, 7. গাঙ্গেয় সমতল অঞ্চল, 8. উপকূলীয় অঞ্চল, 9. উত্তর পূর্ব অঞ্চল, 10. দ্বীপপুঞ্জ। (চিত্র : 11.1)



চিত্র 11.1 : ভারতবর্ষের জীবভৌগলিক অঞ্চল (রজার এবং পানওয়ার, 1988 অনুসারে)

একইভাবে ফরেস্ট সার্ভে অফ ইন্ডিয়া 2011 সালে চ্যাম্পিয়ন ও শেঠ (1968) এর উপর ভিত্তি করে বনজ উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের প্রকৃতি ভিত্তিক একটি অ্যাটলাস প্রকাশ করেন।

জোন 1 : ট্রান্স-হিমালয়ান অঞ্চল

গ্রেট হিমালয় রেঞ্জের অব্যবহিত উত্তরে অবস্থিত হিমালয় পর্বতমালাকে ট্রান্স হিমালয় বলা হয়। এটি তিনটি জৈব-ভৌগোলিক প্রদেশ নিয়ে গঠিত— লাদাখ পর্বতমালা, তিব্বত মালভূমি এবং সিকিম

হিমালয়। এটি দেশের স্থলভাগের প্রায় 5.6% অংশ নিয়ে গঠিত। এই অঞ্চলটি বেশিরভাগই 4,500 থেকে 6,000 মিটার (14,800 থেকে 19,700 ফুট) এর মধ্যে অবস্থিত এবং এটি খুব ঠান্ডা এবং শুষ্ক। একমাত্র গাছপালা বলতে কেবল বিরল আল্পাইন স্টেপ দেখতে পাওয়া যায়। বিস্তৃত এলাকা উন্মুক্ত শিলা এবং হিমবাহ নিয়ে গঠিত।

বিরল গাছপালা সহ ট্রান্স-হিমালয়ান অঞ্চলে বিশ্বের প্রাধান্য যুক্ত বন্য ভেড়া এবং ছাগল সম্প্রদায় রয়েছে। তুষার চিতা, কালো এবং বাদামী ভালুক, নেকড়ে, মারমোট, মার্বেল বিড়াল, আইবেক্স এবং কিয়াং প্রভৃতি এবং পরিযায়ী কালো-গলার সারস এখানে পাওয়া যায়।

জোন 2 : হিমালয়

হিমালয় বিশ্বের নবিনতম এবং সবচেয়ে উচ্চতম পর্বত শৃঙ্খল নিয়ে গঠিত। হিমালয় পর্বতমালার এই অঞ্চলটি 2,400 কিলোমিটার দৈর্ঘ্য বরাবর বিস্তৃত। অতি উচ্চতা, খাড়া নতিমাত্রা (স্টিপ গ্রাডিয়েন্ট) এবং সমৃদ্ধ নাতিশীতোষ্ণ উদ্ভিদ সমাহার (ফ্লোরা) এর কারণে এই অঞ্চল একটি অনন্য জীববৈচিত্র্যের আধার; হিমালয়ের তিনটি জৈব-ভৌগোলিক প্রদেশ রয়েছে যথা— উত্তর-পশ্চিম হিমালয়, পশ্চিম হিমালয়, মধ্য হিমালয় এবং পূর্ব হিমালয়। যেগুলি একসঙ্গে দেশের প্রায় 6.4% আয়তনে অধিকার করে।

গ্রীষ্মমন্ডলীয় রেইনফরেস্ট পূর্ব হিমালয়ে প্রাধান্য পায়; যখন ঘন উপক্রান্তীয় এবং আল্পাইন বন মধ্য এবং পশ্চিম হিমালয়ের বৈশিষ্ট্য নির্ণয় করে। ওক, চেস্টনাট, কনিফার, অ্যাশ, পাইন এবং দেবদার বা সীডার প্রভৃতি উদ্ভিদ হিমালয়ে প্রচুর পরিমাণে রয়েছে। হিমালয় পর্বতমালায় বসবাসকারী গুরুত্বপূর্ণ প্রাণীর মধ্যে রয়েছে বন্য ভেড়া, পাহাড়ি ছাগল, আইবেক্স, কস্তুরী হরিণ এবং সেরো। রেড পান্ডা, কালো ভাল্লুক, ঢোল, নেকড়ে, মার্টেন, উইসেল, চিতাবাঘ এবং তুষার চিতাও এখানে পাওয়া যায়। তবে দুষ্প্রাপ্য মাংসাশী প্রাণীরা প্রায়ই স্থানীয়ভাবে বিপন্ন।

জোন 3 : ভারতীয় মরুভূমি

এই অঞ্চল দুটি জীবভৌগলিক প্রদেশ নিয়ে গঠিত। বৃহত্তম অংশটি হল থর বা গ্রেট ইন্ডিয়ান মরুভূমির পাকিস্তান সংলগ্ন ভারতীয় অংশ। ইহা রাজস্থান প্রদেশ এবং পাঞ্জাব ও হরিয়ানার কিছু অংশ নিয়ে গঠিত। ভারতীয় অংশে থর মরুভূমি 170,000 বার্গ কি.মি. জায়গা জুড়ে বিস্তৃত। এখানকার জলবায়ু তপ্ত এবং শুষ্ক প্রকৃতির। গ্রীষ্মকালের অত্যধিক তাপমাত্রা এবং শীতকালে অতীব শীতলতা এখানকার বৈশিষ্ট্য। বৃষ্টিপাত 70 সেন্টিমিটারের কম। গাছপালা বেশিরভাগই জেরোফাইটিক। বাবুল, কিকর এবং বন্য খেজুর মাঝারি বৃষ্টিপাতের এলাকায় জন্মে। ভারতীয় বাস্টার্ড, একটি অত্যন্ত বিপন্ন পাখি এখানে পাওয়া যায়। মরুভূমির উষ্ণ শুষ্ক অংশে উট, গাজেল, শিয়াল, কাঁটা- লেজযুক্ত টিকটিকি এবং সাপ পাওয়া যায়।

দ্বিতীয় অংশটি হলো গুজরাটে অবস্থিত কচ্ছের রাণ। রাণ হল পাকিস্তান ও ভারতের সীমান্ত মধ্যে বিস্তীর্ণ এলাকা জুড়ে বিস্তৃত একটি লবণের জলাভূমি। বৃহত্তর অংশটি বেশিরভাগ গুজরাটে (প্রধানত কচ্ছ জেলা) অবস্থিত। এটি গ্রেট রাণ এবং লিটল রণে বিভক্ত। ইন্দো-মালয় অঞ্চলে কচ্ছের রাণ একমাত্র বড় প্লাবিত তৃণভূমি অঞ্চল। এলাকাটির একদিকে মরুভূমি রয়েছে এবং অন্যদিকে সমুদ্র। ম্যানগ্রোভ এবং মরুভূমির গাছপালা সহ বিভিন্ন বাস্তুতন্ত্র এখানে বর্তমান। কঠোর অবস্থার সাথে খাপ খাইয়ে এখানকার তৃণভূমি এবং মরুভূমি এই অঞ্চলের বন্যপ্রাণীর আবাসস্থল হয়ে উঠেছে। এর মধ্যে রয়েছে এন্ডেমিক এবং বিপন্ন প্রজাতির প্রাণী যেমন ভারতীয় বন্য গাধা এবং উদ্ভিদ। রাণ বৃহত্তর ফ্ল্যামিঙ্গো, ক্ষুদ্রতর ফ্ল্যামিঙ্গো, ক্ষুদ্রতর ফ্লোরিকান এবং হাউবারা বাস্টার্ড সহ অনেক বাসিন্দা এবং পরিযায়ী পাখির আবাসস্থল। লিটল রান (The Little Rann) হল বিশ্বের বৃহত্তম জনসংখ্যার ভারতীয় বন্য গাধার অবস্থান। রানে পাওয়া অন্যান্য স্তন্যপায়ী প্রাণীর মধ্যে রয়েছে ভারতীয় নেকড়ে, মরুভূমির শিয়াল, চিঙ্কারা, নীলগাই, কৃষ্ণসার হরিণ এবং অন্যান্য প্রাণীসকল।

জোন 4 : আধা-শুষ্ক এলাকা

ইহা থর মরুভূমি থেকে পশ্চিমঘাটের ঘন বনাঞ্চলের মধ্যবর্তী ক্রান্তি অঞ্চল জুড়ে বিস্তৃত একটি আধা-শুষ্ক জীবভৌগোলিক অঞ্চল। মৃত্তিকা জলের ঘাটতি (সয়েল ওয়াটার ডেফিসিট) এবং উন্মুক্ত মাটির (ব্যারেন সয়েল) বিস্তীর্ন এলাকার মাঝে মাঝে বিচ্ছিন্ন জঙ্গাল এই অঞ্চলের স্বাভাবিক চরিত্র। এই আধা-শুষ্ক অঞ্চলে কাঁটাযুক্ত ঝোপঝাড়, ঘাস এবং কিছু প্রজাতির বাঁশ রয়েছে। কয়েক প্রজাতির জাঙ্গাল উদ্ভিদ এবং কিছু ক্ষণস্থায়ী ভেষজ উদ্ভিদও এখানে দেখা যায়। এই অঞ্চলে নেকড়ে, শেয়াল, চিতাবাঘ, সাপ, মহিষের ইত্যাদি বন্যজন্তু বসবাস করে। পাশাপাশি গ্রেট ইন্ডিয়ান বাস্টার্ড, এশিয়ান হাউবারা, সাদা কানের বুলবুল, বিভিন্ন প্রকার স্যান্ডগ্রাউস, ডেজার্ট লার্ক, রুফাস-টেইলড স্ক্রাব-রবিন, ইসাবেলিন হুইটিয়ার, এশিয়ান ডেজার্ট ওয়ারব্লার প্রভৃতির বৈচিত্রময় পাখি এখানে পাওয়া যায়।

জোন 5 : পশ্চিমঘাট

ভারত উপমহাদেশের পশ্চিমঘাট পর্বত মালা এবং পশ্চিম উপকূল অঞ্চল জুড়ে অবস্থান করে বিশ্বের এক অনন্য জীববৈচিত্র্য অঞ্চল। পশ্চিমঘাট জীবভৌগোলিক অঞ্চলটির দক্ষিণ প্রান্ত উপমহাদেশের 4°N থেকে প্রায় ১৬০০ কিমি উত্তর দিকে 21°N এ তাপ্তি নদীর মুখ পর্যন্ত বিস্তৃত।

পর্বতগুলির গড় উচ্চতা সমুদ্রপৃষ্ঠ থেকে 900 এবং 1500 মিটারের পর্যন্ত। দক্ষিণ-পশ্চিম থেকে মৌসুমি বায়ুকে বাধা দেয় এর ফলে পশ্চিম উপকূলে প্রচুর বৃষ্টিপাত হয় এবং পশ্চিমঘাট পর্বত মালার পূর্বদিকে বৃষ্টির ছায়া অঞ্চল তৈরি হয়।

বৈচিত্র্যময় জলবায়ু এবং ভৌগোলিক বিস্তৃতি এই অঞ্চলে বহুপ্রকৃতির আবাসস্থল তৈরি করে যা উদ্ভিদ ও প্রাণী প্রজাতির অনন্য বৈচিত্র সৃষ্টির সহায়ক। জৈবিক বৈচিত্র্য ছাড়াও, অঞ্চলটি উচ্চ স্তরের সাংস্কৃতিক বৈচিত্র্যের জন্য গর্বিত। কারণ অনেক আদিবাসী মানুষ এই বনে বসবাস করে।

এই অঞ্চল সৃষ্টি করেছে বিশ্বব্যাপী স্বীকৃত ৩৬টি জীববৈচিত্র্যের হটস্পট 'ওয়েস্টার্নঘাট ও শ্রীলংকা'। পশ্চিমঘাটের চিরহরিৎ উদ্ভিদের বনভূমিতে অপুষ্পক ও স্বপুষ্পক শ্রেণীর প্রচুর সংখক আঞ্চলিক বা এন্ডেমিক প্রজাতি রয়েছে।

উচ্চ উচ্চতার বনগুলি উপজাতীয় লোকদের দ্বারা খুব কম জনবসতিপূর্ণ। উর্বর উপত্যকায় ধানের চাষ, বাণিজ্যিক ফসলের বাগান যেমন সুপুরি এবং গোল মরিচ। পশ্চিমঘাটের উপত্যকার তলদেশে 100 মিটারের কম উচ্চতায় মন্থর স্রোত প্রবাহে জায়ফল গাছ সহ আদি উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের বিশেষ জলাভূমি দেখা যায়।

ঐতিহ্যবাহী কৃষির সম্প্রসারণ এবং বিশেষ করে রাবার, চা, কফি এবং বনজ বৃক্ষরোপণের (ফরেস্ট প্লানটেশন) বিস্তার উপত্যকার আদি বনভূমির মুখ্য জায়গাগুলি ধংস করে ফেলতে পারে। পশ্চিমঘাট অঞ্চলে এখনও পর্যন্ত বিশ্বের রেকর্ড করা ১৫টির মধ্যে ১৪টি আঞ্চলিক সিসিলিয়ান প্রজাতির পা বিহীন উভচর প্রাণীর আশ্রয়ের স্থল।

জোন 6 : দাক্ষিণাত্য মালভূমি

পশ্চিমঘাটের ওপারে বৃষ্টির ছায়ায় যে আধা-শুষ্ক অঞ্চলটি অবস্থিত তাহাই ডেকান বা দাক্ষিণাত্য মালভূমি ঘাটের। এটি ভারত উপমহাদেশের বৃহত্তম মালভূমি। মালভূমির উচ্চভূমি বিভিন্ন ধরনের বন দ্বারা আচ্ছাদিত। যা থেকে প্রচুর পরিমানে নানা বৈচিত্র্যর বনজাত পণ্য উৎপন্ন হয়। দাক্ষিণাত্যের মালভূমি সাতপুরা পর্বতমালার দক্ষিণ প্রান্ত থেকে ভারত উপমহাদেশের দক্ষিণ প্রান্ত পর্যন্ত বিস্তীর্ণ অঞ্চল জুড়ে বিস্তৃত। আনাই মুদি এই অঞ্চলের সর্বোচ্চ শৃঙ্গ। দাক্ষিণাত্যের মালভূমি পশ্চিম ও পূর্বঘাট পর্বতমালা দ্বারা বেষ্টিত যাহারা দক্ষিণ প্রান্তে নীলগিরি পাহাড়ে একে অপরের সাথে মিলিত হয়েছে। পশ্চিম ঘাটের মধ্যে রয়েছে সহ্যাদ্রি, নীলগিরি, আনামালাই এবং কার্ডামম পাহাড়। মহানদী, গোদাবরী, কৃষ্ণা এবং কাবেরির মতো অনেক নদী পশ্চিম ঘাট থেকে উৎপন্ন হয় এবং পূর্ব দিকে প্রবাহিত হয়। পশ্চিম ঘাট থেকে আসা নদী দ্বারা পূর্বঘাট পর্বতমালা ছোট ছোট পাহাড়ি শ্রেণীতে বিভক্ত হয়। এসব নদীর বেশির ভাগই বঙ্গোপসাগরে মিশেছে। গোদাবরী দাক্ষিণাত্যের মালভূমির দীর্ঘতম নদী। নর্মদা ও তাপ্তি পশ্চিম দিকে প্রবাহিত হয়ে আরব সাগরে পতিত হয়েছে।

এখানকার ডোমিন্যান্ট গাছপালা মূলত খরা প্রতিরোধী এবং গুল্ম জাতীয় যা শুষ্ক মৌসুমে জল সংরক্ষণের জন্য পত্রমোচন করে। সাধারণত বাবলা (*Acacia*), কুল (*Ziziphus*), শমী (*Prosopis*)র

মত কাঁটাযুক্ত প্রজাতি ছাড়াও এই অঞ্চল টার্মিনালিয়া (হরীতকী, বহেরা প্রভৃতি), ক্যাসিয়া, শিরিষ, শিশু, স্টেরিওস্পারমাম, টেরোকার্পাস, শাল, ডায়োস্পাইরোস প্রভৃতি উল্লেখযোগ্য প্রজাতির গাছপালা দ্বারা চিহ্নিত করা যায়। ভারতীয় চন্দন (*Santalum album*) একটি মূল্যবান বনজ সম্পদ।

মালভূমিতে অবশিষ্ট বনাঞ্চলের বিস্তীর্ণ এলাকায় চার শিংওয়ালা অ্যান্টিলোপ (*Tetracerus quadricornis*), চিঙ্কারা (*Gazella bennettii*) এবং কৃষ্ণসার হরিণ (*Antilope cervicapra*) থেকে শুরু করে বৃহৎ গাউর (*Bos gaurus*), বন্য জল মহিষ প্রভৃতি বিভিন্ন প্রাণীর আবাস ও চারণস্থল। এই অঞ্চলে হলুদ-গলা বুলবুল, হলুদ উদর বাবলার, সাইকস লার্ক, জের্ডনের বুশলার্ক, ক্রেস্টেড বাজ, ঈগল, প্রভৃতি নানা বৈচিত্র্যের পাখি দেখা যায়।

মালভূমিতে অবশিষ্ট বনাঞ্চলের বিস্তীর্ন এলাকায় চার শিংওয়ালা অ্যান্টিলোপ (*Tetracerus quadricornis*), চিঙ্কারা (*Gazella bennettii*) এবং কৃষ্ণসার হরিণ (*Antilope cervicapra*) থেকে শুরু করে বৃহৎ গাউর (*Bos gaurus*), বন্য জল মহিষ (*Bubalusarnce*) প্রভৃতি বিভিন্ন প্রাণীর আবাস ও চারণস্থল। এই অঞ্চলে হলুদ-গলা বুলবুল, হলুদ উদর বাবলার, সাইকস লার্ক, জের্ডনের বুশলার্ক, ক্রেস্টেড বাজ, ঈগল, প্রভৃতি নানা বৈচিত্র্যের পাখি দেখা যায়।

জোন 7 : গাঙ্গেয় সমভূমি

পশ্চিমে যমুনা নদী, দক্ষিণ-পূর্বদিকে গঙ্গার মোহানা, উত্তরে হিমালয় পার্বত্য অঞ্চল এবং দক্ষিণে উপদ্বীপীয় মালভূমি এর মধ্যবর্তী বিশাল সমতল, অঞ্চলটির নাম গাঙ্গেয় সমভূমি। ইহা দিল্লির কিছু অংশ, উত্তর প্রদেশ, বিহার, পশ্চিমবঙ্গ এবং উড়িষ্যার কিছু অংশ জুড়ে বিস্তৃত এই সমভূমির মোট আয়তন প্রায় ৩ লক্ষ ৭৫ হাজার বর্গকিমি।

এই সমভূমি অঞ্চলটিকে স্থানীয় বৈশিষ্ট্যের পার্থক্য অনুসারে নিম্নলিখিত তিনটি উপ-অঞ্চলে ভাগ করা যায়—

উচ্চ গাঙ্গেয় সমভূমি অঞ্চল—

- অঞ্চলটি পশ্চিমে যমুনা নদী থেকে পূর্বে এলাহাবাদ পর্যন্ত প্রসারিত।
- পশ্চিমে অঞ্চলটির গড় উচ্চতা 220 মি এবং পূর্বে 100 মি।
- অঞ্চলটি উত্তর-পশ্চিম থেকে দক্ষিণ-পূর্বে ঢালু। উত্তরাংশে সংকীর্ণ ভাবর ও তরাইভূমি দেখা যায়।
- এই অঞ্চলের প্রাচীন পলি দ্বারা গঠিত মৃত্তিকা ভাঙ্গার নামে ও নবীন পলি দ্বারা গঠিত মৃত্তিকা খাদার নামে পরিচিত।

মধ্য গাঙ্গেয় সমভূমি অঞ্চল—

- পূর্বদিকে এর উচ্চতা ক্রমহ্রাসমান (প্রায় ৩৫ মি)।
- এই অঞ্চলটির পূর্বাংশ বিহার রাজ্যে এবং পশ্চিমাংশ উত্তরপ্রদেশের মধ্যে অবস্থিত।
- অঞ্চলটির পশ্চিমদিকে রাজমহল পাহাড় আছে।
- শিবালিকের পাদদেশে প্রস্তরময়, নুড়ি ও বালিপূর্ণ ভূমিভাগ ভাবর নামে পরিচিত।
- ভাবরের দক্ষিণে জঙ্গালময়, জলাকীর্ণ, অপেক্ষাকৃত সূক্ষ্ম পলি ও বালি দ্বারা গঠিত অঞ্চলকে তরাই বলা হয়।

নিম্ন গাঙ্গেয় সমভূমি অঞ্চল—

- ভারতে এই অংশটি বিহারের পূর্ব সীমা থেকে হুগলি নদীর মোহানা পর্যন্ত বিস্তৃত।
- এই অংশটিকে তিন ভাগে ভাগ করা যায়— 1. উত্তরবঙ্গের সমভূমি (হিমালয় পার্বত্য অঞ্চলে উৎপন্ন গঙ্গা-পদ্মার উপনদীগুলি দ্বারা গঠিত), 2. রাঢ় সমভূমি (ছোটোনাগপুর মালভূমি অঞ্চলে উৎপন্ন গঙ্গার উপনদীগুলি দ্বারা গঠিত) ও 3. বদ্বীপ সমভূমি (গঙ্গা-পদ্মা ও তার শাখাপ্রশাখা নদীগুলি দ্বারা গঠিত)।
- বদ্বীপ সমভূমির তিনটি অংশ হল— ১. মৃতপ্রায় বদ্বীপ, ২. পরিণত বদ্বীপ ও 3. সক্রিয় বদ্বীপ।

গাঙ্গেয় সমভূমি অঞ্চলের জলবায়ু আর্দ্র ও উষ্ণমণ্ডলীয় প্রকৃতির। শুষ্ক পশ্চিম রাজস্থান ছাড়া টপোগ্রাফিক অভিন্নতা এই সমভূমি জুড়ে একটি সাধারণ বৈশিষ্ট্য। এখানকার গড় বার্ষিক বৃষ্টিপাত 50-150 cm এবং মৃত্তিকা দোআঁশ বা পলি সমৃদ্ধ। এখানকার বনানী সিক্ত উষ্ণমণ্ডলীয় প্রকৃতির থেকে শুষ্ক পর্ণমোচী প্রকৃতির। এখানকার বনাঞ্চলের গাছগুলোর মধ্যে বাবলা (*Vachellia Nilotica*), ক্যাপ্পারিস (*Capparis sp.*), হরীতকী (*Terminalia Chebula*), শিমুল (*Bombax Ceiba*), শিশু (*Dalbergia Sissoo*), জারুল (*Lagerstroemia Speciosa*), শাল (*Shorea robusta*), সেগুন (*Tectona grandis*), মহুয়া (*Madhuca longifolia*), খায়ের (*Sengalia catechu*), জাম (*Syzygium cumini*), দেবদারু (*Polyalthia longifolia*), করঞ্জ (*Pongamia pinnata*), পুত্রানজিভা (*Putranjiva roxburghii*), বকফুল (*Sesbania grandiflora*), অর্জুন (arjuna), কাঞ্চন (*Bauhinia purpurea*), লাল শিমুল (*Bombax malabaricum*), পলাশ (*Butea monosperma*), বাঁদরলাঠি/অমলতাস (*Cassia fistula*), মিনজিরি ফুল (*Cassia siamea*), রক্তমন্দার (*Erythrina blackeii*), বট, অশ্বত্থ, ডুমুর, আম, লিচু, কাঁঠাল, কুল, তাল, সুপারি, নারকেল, বাঁশ, কলা প্রভৃতি প্রায় সর্বত্রই দেখা যায়।

এখানকার বন্যজন্তুর মধ্যে এশিয়ান হাতি, বাঘ, বৃহত্তর এক-শিং গন্ডার, ভারতীয় বাইসন, বন্য জল মহিষ, জলা হরিণ এবং স্লথ ভাল্লুকের উল্লেখযোগ্য।

সমতল এই অঞ্চল সম্পূর্ণরূপে কৃষিভিত্তিক অর্থনীতির উপর নির্ভর করে সর্বাধিক জনসংখ্যার ঘনত্বকে সমর্থন করে।

জোন 8 : উপকূল

ভারতের একটি উপকূলরেখা 7,516.4 km -এর বেশি অঞ্চল জুড়ে বিস্তৃত। ভারতীয় উপকূলগুলি তাদের বৈশিষ্ট্য এবং কাঠামোতে ভিন্ন। ক্যাম্বে উপসাগর এবং কচ্ছ উপসাগর ছাড়া পশ্চিম উপকূলটি সংকীর্ণ। সর্ব দক্ষিণ প্রান্তে সহ্যাদ্রি বরাবর ইহা কিছুটা প্রশস্ত। ব্যাকওয়াটার প্রবাহ এই উপকূলের বৈশিষ্ট্য। এর বিপরীতে পূর্ব উপকূলীয় সমভূমি পূর্ব-প্রবাহিত নদীগুলির পলি সঞ্চয়ের কারণে অনেকটা বিস্তৃত। উপকূলীয় অঞ্চলের প্রধান রাজ্যগুলি হল- গুজরাট, মহারাষ্ট্র, গোয়া, কর্ণাটক, কেরালা, অন্ধ্রপ্রদেশ, তামিলনাড়ু এবং পুদুচেরি, ওড়িশা ও পশ্চিমবঙ্গ।

পশ্চিম মুখী প্রবাহিত নদীগুলো পশ্চিম উপকূলের উপর দিয়ে প্রবাহিত হয়ে আরব সাগরে পতিত হয়েছে। নর্মদা এবং তাপ্তি হল সুপরিচিত পশ্চিম-প্রবাহিত নদী, যেখানে সবরমতি, মাহি, ভরতপুঝা এবং পেরিয়ার হল অন্যান্য ছোট পশ্চিম-প্রবাহিত নদী। পূর্বমুখী প্রবাহিত পূর্ব উপকূলের উল্লেখযোগ্য নদী গোদাবরী, কৃষ্ণা এবং কাবেরির বিস্তৃত ব-দ্বীপ এই উপকূলের বৈশিষ্ট্য। উপকূল বরাবর ম্যানগ্রোভ গাছপালা, লবণ জলাভূমি, সমুদ্র ঘাস, ম্যাক্রোঅ্যালগি ইত্যাদি মোহনার বৈশিষ্ট্য। উপকূলীয় সমভূমির বড় অংশ উর্বর মাটি দ্বারা আবৃত যেখানে বিভিন্ন ফসল জন্মে। ধান এসব এলাকার প্রধান ফসল।

উপকূলের জোয়ার বনাঞ্চলের (Tidal forests) গুরুত্বপূর্ণ গাছ হল হোগলা, গরান, পাশুর ইত্যাদি। নানা প্রজাতির পাম, নারকেল এবং রাবার উপকূলীয় অঞ্চলের প্রধান গাছপালা যারা এই অঞ্চলের প্রাকৃতিক শোভাও বৃদ্ধি করে।।

ম্যানগ্রোভ জলাভূমি অত্যন্ত উৎপাদনশীল এবং মাছ, কাঁকড়া এবং চিংড়ির জন্য একটি গুরুত্বপূর্ণ নার্সারি স্থল। এগুলি সামুদ্রিক মাছ, বিপন্ন পরিযায়ী পাখি, মোহনা কুমির, ডুগং, ডলফিন, রয়্যাল বেঙ্গল টাইগার, অলিভ রিডলি কচ্ছপ এবং সামুদ্রিক ওটারের নার্সারি বেডের জন্য একটি অপরিহার্য আবাসস্থল।

জোন 9 : উত্তর-পূর্ব ভারত

ভারতের উত্তর-পূর্বাঞ্চলের আসাম, অরুণাচল প্রদেশ, মেঘালয়, মণিপুর, নাগাল্যান্ড, মিজোরাম ও ত্রিপুরা সাত রাজ্য বা 'সপ্তভগিনী' এবং 'ভ্রাতারাজ্য' সিকিম নিয়ে এই অঞ্চলটি গঠিত। অঞ্চলটির আয়তন 2,62,184 বর্গকিলোমিটার যা ভারতের মোট আয়তনের প্রায় 8%।

প্রাকৃতিকভাবে উত্তর-পূর্ব অঞ্চলকে পূর্ব হিমালয়, পূর্বাঞ্চল পর্বতমালা, ব্রহ্মপুত্র উপত্যকা ও বরাক উপত্যকায় ভাগ করা যায়।

এই অঞ্চলে আর্দ্র পর্ণমোচী বনের বৃহত্তম এলাকা (33900 বর্গ কিমি), তার উপরে উপক্রান্তীয়

বিস্তৃত পাতার বন (62241 বর্গ কিমি), হিমালয় আর্দ্র নাতিশীতোষ্ণ (24559 বর্গ কিমি), এবং আধা-চিরসবুজ বন (13942 বর্গ কিমি)।

উত্তর-পূর্ব অঞ্চলটিতে শক্ত কাঠ এবং কনিফার জাতীয় উদ্ভিদ নিয়ে উচ্চ প্রজাতি বৈচিত্র্যের প্রচুর বনভূমি রয়েছে। সুগার ম্যাপেল (*Acer Saccharum*), আমেরিকান বিচ (*Fagus grandifollia*), হলুদ বেটুল (*Betula alleghanesis*) বার্চ (*B. utilis*) ওক (*Quercus sp.*) এবং পাইন গাছের মিশ্র আধিপত্য দেখা যায়। এছাড়াও চেস্টনাট ওক (*Quercus prinus*), ভার্জিনিয়া পাইন (*Pinus virginiana*), এবং সাদা পাইন (*Pinus strobus*), সাদা ওক (*Quercus alba*) বা স্কারলেট ওক (*Quercus coccinea*) উদ্ভিদের ঘন বনাঞ্চল দেখা যায়। বিভিন্ন প্রকার বাঁশের বন এবং তৃণভূমি রাজ্যগুলি জুড়ে ছড়িয়ে রয়েছে।

এই অঞ্চলে স্তন্যপায়ী প্রাণীর তালিকা সংক্ষিপ্ত। উল্লেখযোগ্য কিছু প্রাণীর মধ্যে রয়েছে সাম্বার, বার্কিং ডিয়ার, বুনো শূকর, এশিয়াটিক কালো ভাল্লুক এবং সেরো। এখানে পাখিরাও কম বৈচিত্র্যময়।

জোন 10 : দ্বীপপুঞ্জ

উৎপত্তি এবং গঠন বৈশিষ্ট্যে উল্লেখযোগ্য পার্থক্য অনুযায়ী দ্বীপপুঞ্জ দুইটি বিভাগে বিভেদিত : (a) আরব সাগরীয় দ্বীপপুঞ্জ এবং (b) উপসাগরীয় দ্বীপপুঞ্জ।

(a) আরব সাগরীয় দ্বীপপুঞ্জ

লাক্ষাদ্বীপ, মিনিকয় দ্বীপ, ইত্যাদি নিয়ে আরব সাগর দ্বীপপুঞ্জ। ইহারা পুরানো ভূখন্ড এবং পরবর্তীতে গঠিত প্রবাল দ্বীপের অবশিষ্টাংশ। আরব সাগরের লাক্ষাদ্বীপের দ্বীপ বনাঞ্চলে সর্বাধিক 58 কিলোমিটার প্রস্থের সাথে ভারতের কিছু সেরা-সংরক্ষিত চিরহরিৎ বন রয়েছে। মূল ভূখন্ডের নিকটতম বিন্দু থেকে দূরে এবং প্রায় 590 কিমি প্রসারিত এবং 220 কিমি বিস্তৃত। কিছু দ্বীপ প্রবাল প্রাচীর দিয়ে ঘেরা। তাদের অনেকগুলি ঘন বনে আচ্ছাদিত এবং কিছু অত্যন্ত বিচ্ছিন্ন। দ্বীপের উদ্ভিদের মধ্যে রয়েছে কলা (*Musa paradisiaca*), কলোকেসিয়া (*Colocasia antiquorum*) সোজনে (*Moringa oleifera*), বিশেষ প্রজাতির কাঁঠাল বা চাক্কা (*Artocarpus incisa*) কাঠ বাদাম (*Terminalia catappa*) যা এখানে প্রচুর জন্মায়।

এই দ্বীপগুলি বিভিন্ন প্রজাতির তিমি (পিগমি ব্লু হোয়েল, ব্রাইডস হোয়েল, স্পার্ম হোয়েল, ওরকা এবং পাইলট হোয়েল) এবং ডলফিনের জন্যও পরিচিত। সাপ এবং কুকুরের মতো প্রাণী লাক্ষাদ্বীপে সম্পূর্ণ অনুপস্থিত। যদিও বিড়াল ও ইঁদুর সাধারণত দেখা যায়। এখানে সাইপ্রেড জাতীয় সামুদ্রিক শামুক, হারমিট কাঁকড়া, রঙিন প্রবাল মাছ যেমন প্যারট ফিশ (*Callyodon sordidus*), বাটারফ্লাই ফিশ (*Chaetodon auriga*), সার্জন ফিশ (*Acanthurus lineatus*) ও প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়।

প্রাকৃতিক ল্যান্ডস্কেপ, বালুকাময় সৈকত, উদ্ভিদ ও প্রাণীর প্রাচুর্য এবং দ্রুত জীবনযাত্রার অনুপস্থিতি এই সকল দ্বীপপুঞ্জের বৈশিষ্ট্য।

(b) উপসাগরীয় দ্বীপপুঞ্জ

আন্দামানের প্রাকৃতিক গাছপালা ক্রান্তীয় বন, উপকূলে ম্যানগ্রোভ রয়েছে। বেশিরভাগ বন চিরহরিৎ, তবে কিছু অংশে আর্দ্র পর্ণমোচী বনের এলাকা রয়েছে। নিকোবর মধ্য ও দক্ষিণ দ্বীপপুঞ্জে প্রধানত চিরসবুজ বনভূমি ও তৃণভূমি দেখা যায়।

এখন পর্যন্ত, প্রায় 2200টি উদ্ভিদের জাত রেকর্ড করা হয়েছে যার মধ্যে 200টি স্থানীয়। 'দক্ষিণ আন্দামানের বনে এপিফাইটিক গাছপালা, বেশিরভাগ ফার্ন এবং অর্কিডের প্রচুর বৃদ্ধি রয়েছে।

বহুসংখ্যক বিপন্ন উদ্ভিদ যেমন ডেনড্রোবিয়াম (*Dendrobium tenuicaule*), ইউলোফিয়া (*Eulophia nicobarica*), মাল্লেওলা (*Malleola andamanica*), টেনিওফাইলাম (*Taeniophyllum andamanicum*) প্রভৃতি প্রজাতির অর্কিড, ক্রিপটোক্যারিয়া (*Cryptocarya ferrea*), গিনালোয়া (*Ginalloa andamanica*) ওয়েন্ডল্যান্ডিয়া (*Wendlandia andamanica*) হল দ্বীপপুঞ্জে পাওয়া কিছু বিপন্ন প্রজাতি। এছাড়াও নানা প্রজাতির জিনজিবার, বেত, কলা, ফার্ন ইত্যাদি সহ অনেক গুরুত্বপূর্ণ স্থানীয় উদ্ভিদের একটি প্রাকৃতিক আবাস। সর্গপক্ষী ফুল (*Strelitzia reginae*), সাধারণ নারকেল (*Cocos nucifera*) সহ বিভিন্ন প্রজাতির পাম, রেঙ্গুন লতা (*Combretum indicum*), ল্যাম্বসকোয়ার্টার (*Chenopodium album*), মিষ্টি অ্যালিসাম (*Lobularia maritima*) পাওয়া যায়।

মাউন্ট হ্যারিয়েট ন্যাশনাল পার্ক আন্দামান ও নিকোবর দ্বীপপুঞ্জের একটি ইউনেস্কো বিশ্ব ঐতিহ্যবাহী স্থান। পার্কটি হাতি, বাঘ, তাপির এবং চিতাবাঘ সহ বিভিন্ন ধরণের বন্যপ্রাণীর আবাসস্থল। এছাড়াও এখানে দাগযুক্ত হরিণ (*Axis axis*), আন্দামান স্পাইনি শ্রু (*Crocidura andamanensis*), নিকোবর গেছ শ্রু (*Tupaia nocobarica*), আন্দামান অশ্বখুরাকৃতি বাদুড় (*Rhinophus cognatus*) প্রভৃতি প্রচুর দেখা যায়। সামুদ্রিক প্রাণীর মধ্যে ডলফিন (*Delphinus delphis*), তিমি (*Balenoptera musculus*), তৃণভোজী স্তন্যপায়ী সামুদ্রি গাভী বা ডুগং (*Dugong dugon*) উল্লেখযোগ্য।

11.4 সারাংশ (Summary)

এই এককে ভারতবর্ষের উদ্ভিদ এবং জীব ভৌগলিক অঞ্চলগুলি সম্বন্ধে একটি সংক্ষিপ্ত ধারণা দেওয়া হয়েছে। এখানে উদ্ভিদকূলের ভৌগলিক বিস্তার এবং পৃথিবী পৃষ্ঠের বিভিন্ন ভৌগলিক অঞ্চলের সহিত উদ্ভিদকূলের পারস্পরিক প্রভাব আলোচিত হয়েছে। আলোচনার শুরুতে জৈবভূবিদ্যার শাখাগুলির ঐতিহাসিক পটভূমি সম্পর্কে তথ্য দেওয়া হয়েছে। উদ্ভিদ ভৌগলিক অঞ্চল-এর সংজ্ঞায় বলা হয়েছে

বিশেষ বাস্তব্য পরিচয়যুক্ত নির্দিষ্ট প্রকৃতির স্থায়ী উদ্ভিদ সম্প্রদায় দ্বারা আবৃত বিশেষ জলবায়ুযুক্ত ভূখণ্ডকে উদ্ভিদ ভৌগলিক অঞ্চল বলে। জীব ভৌগলিক অঞ্চলের জলবায়ু, মৃত্তিকার প্রকৃতি ও ভূনক্সা, সেই অঞ্চলের উদ্ভিদ ও প্রাণী গোষ্ঠীসমূহের বিস্তার, বন্টন প্রণালী, সংখ্যাধিক্য প্রকটতা প্রভৃতি নির্ধারণ করে। বিভিন্ন বিজ্ঞানী ভারতবর্ষের উদ্ভিদ ভৌগলিক অঞ্চল সমূহের সংক্ষিপ্ত বিভাজনের রূপরেখা দেওয়া হয়েছে। রজার এবং পানওয়ার দ্বারা বর্ণিত ভারতবর্ষের জীব ভৌগলিক অঞ্চলের বিস্তার ও বর্ণনা সংক্ষিপ্ত ভাবে দেওয়া হয়েছে। প্রতিটি অঞ্চলের জলবায়ু ও বনভূমির প্রকৃতি, উল্লেখযোগ্য উদ্ভিদ ও প্রাণীর কিছু কিছু উল্লেখ করা হয়েছে।

11.5 প্রশ্নাবলী (Questions)

I. বহু নির্বাচনী প্রশ্ন (MCQ) :

1. বায়োজিওগ্রাফি শাখার সূচনা করেন যিনি—
   (a) হামবোল্ট (b) ওয়ারমিং (c) গুড্ (d) ক্যাম্পবেল
2. উদ্ভিদ ভূগোল বিদ্যার সঙ্গে যে বিষয়ের সম্পর্ক নেই—
   (a) উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের ভৌগলিক বিস্তার ও বন্টন
   (b) উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের অঞ্চল ভিত্তিক গাঁথন বিন্যাস
   (c) উদ্ভিদের আঞ্চলিকতা
   (d) উদ্ভিদ পরজীবী সম্পর্ক
3. উদ্ভিদ ভৌগলিক অঞ্চল সম্পর্কিত নয় যে বিষয়ে—
   (a) জলবায়ু (b) ভূনক্সা (c) উদ্ভিদ সম্প্রদায় (d) পরজীবীতা
4. বিজ্ঞানী রজার এবং পানওয়ার 1988-এ ভারতীয় উপমহাদেশকে যতগুলি জীব ভৌগলিক অঞ্চলে ভাগ করেন তাহল—
   (a) 10 (b) 8 (c) 6 (d) 9
5. ভারতীয় উপমহাদেশের জীব ভৌগলিক অঞ্চলগুলিতে "দ্বীপপুঞ্জ"-এর উল্লেখ রয়েছে যে বিভাজনে—
   (a) ডি. চ্যাটার্জী, 1962 (b) রজার এবং পানওয়ার, 1988
   (c) জে. ডি. হুকার, 1907 (d) ক্যাডলার, 1937

6. কোন ভূখণ্ডের জলবায়ুর সঙ্গো সম্পর্ক নেই যে বিষয়ের—
   (a) ভূখণ্ডের উচ্চতা (b) ভূখণ্ডের অভিমুখ
   (c) প্রাকৃতিক বিপর্যয় (d) সমুদ্র বা মরুভূমি থেকে দূরত্ব
7. ভারতবর্ষের বিভিন্ন উদ্ভিদ বা জীব ভৌগলিক অঞ্চল নিয়ে আলোচনায় নাম নেই যে বিজ্ঞানীর—
   (a) ইডজেন ওয়ার্মিং (b) সি. বি. ক্লার্ক (c) এফ.ই. ক্লিমেন্টস্ (d) সি. সি. ক্যাডলার
8. আধা শুষ্ক বনাঞ্চল দেখা যায় যে জীবভোগলিক অঞ্চলে—
   (a) ভারতীয় মরুভূমি (b) উপকূল অঞ্চল
   (c) হিমালয় (d) ভারত মরুভূমি ও মালভূমির মধ্যর্বতী অঞ্চল
9. সবচাইতে বেশী বৃষ্টিপাত হয় ভারতবর্ষের এই জীব ভৌগলিক অঞ্চলিতে—
   (a) গাঙ্গোয় সমভূমি (b) উত্তরপূর্ব ভারত (c) দাক্ষিণাত্য মালভূম (d) উপকূল অঞ্চল
10. মাউন্ট হ্যারিয়েট জাতীয় উদ্যান অবস্থিত—
   (a) হিমালয় (b) উত্তর-পূর্ব ভারত
   (c) গাঙ্গোয় সমভূমি (d) উপসাগরীয় দ্বীপপুঞ্জ

II. সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলী ঃ

1. জৈব ভূবিদ্যা এবং বোটানিকাল জিওগ্রাফি যথাক্রমে কোন কোন বিজ্ঞানী সূচনা করেন?
2. বিজ্ঞানী ক্যাম্পবেল 'জৈবভূব্যিা' এবং বিজ্ঞানী গুড্ 'ভৌগলিক উদ্ভিদ বিদ্যার' আলোচ্য বিষয়ে কি বলেছেন?
3. জীব ভূগোল বিদ্যার আলোচ্য বিষয়গুলি লিখুন।
4. পরিবেশের কোন কোন উপাদান দ্বারা একটি ভৌগলিক অঞ্চলের জলবায়ু প্রভাবিত হয়?
5. বিজ্ঞানী রজার এবং পানওয়ার বর্ণিত জীব ভৌগলিক অঞ্চলগুলির নাম সঠিক ক্রমে লিখুন।
6. ভারতবর্ষের উপকূল কোন কোন অঞ্চল জুড়ে অবস্থিত তা লিখুন।
7. ট্রান্স হিমালয়ের ভৌগলিক অবস্থান ও গাছপালার প্রকৃতি লিকুন।
8. হিমালয় অঞ্চলের উল্লেখযোগ্য উদ্ভিদ ও প্রাণীর নাম লিখুন।
9. ভারতীয় মরুভূমির প্রধান দুইটি অংশের নাম ও সেখানকার উল্লেখযোগ্য উদ্ভিদের নাম লিখুন। পশ্চিম হিমালয়ের তিনটি উপ অঞ্চলের দুইটি করে উদ্ভিদের নাম লিখুন।

10. পশ্চিমঘাটের ভৌগলিক বিস্তার ও উল্লেখযোগ্য উদ্ভিদের নাম লিখুন। পশ্চিম হিমালয় এবং পূর্ব হিমালয়ের জলবায়ুর তুলনা করুন।
11. আরব সাগরীয় দ্বীপপুঞ্জের উল্লেখযোগ্য উদ্ভিদ ও প্রাণীর নাম লিখুন।
12. উপসাগরীয় দ্বীপুঞ্জের ভৌগলিক বিস্তার ও সেখানকার আঞ্চলিক উদ্ভিদগুলির নাম লিখুন।
13. ভারতীয় পূর্ব এবং পশ্চিম উপকূলের উল্লেখযোগ্য নদী ও প্রাণীদের নাম লিখুন।

III. রচনাধর্মী প্রশ্ন ঃ

1. উদ্ভিদ ভৌগলিক অঞ্চল বলতে কি বোঝায়? জে. ডি. হুকার এবং সি. সি. ক্যালডার কর্তৃক ভারতের স্বাধীনতা পূর্ববর্তী এবং স্বাধীনতা পরবর্তী উদ্ভিদ ভৌগলিক অঞ্চলগুলি ক্রমানুসারে উল্লেখ করুন।
2. দাক্ষিনাত্যে মালভূমির ভৌগলিক বৈশিষ্ট্য, বনাঞ্চল প্রকৃতি এবং উল্লেখযোগ্য উদ্ভিদ ও প্রাণীদের নাম লিখুন।
3. গাঙ্গোয় সমভূমির প্রধান তিনটি বিভাগ ও সেখানকার ভৌগলিক বনাঞ্চলে প্রকৃতি সংক্ষেপে আলোচনা করুন।
4. রজার এবং পানওয়ার বর্ণিত ভৌগলিক অঞ্চলগুলি একটি চিহ্নিত চিত্রের মাধ্যমে নির্দেশ করুন। প্রতিটি অঞ্চলের ভৌগলিক অবস্থান এবং বনাঞ্চলে সংক্ষেপে বর্ণনা করুন।
5. রজার এবং পানওয়ার অনুযায়ী ভারতীয় দ্বীপপুঞ্জের উদ্ভিদ ও প্রাণীর সংক্ষিপ্ত বিবরণ দিন।
6. ট্রান্স হিমালয় এবং হিমালয় জীবভৌগলিক অঞ্চল দুইটির সংক্ষিপ্ত বিবরণ দিন।
7. আন্দামান ও নিকোবর দ্বীপপুঞ্জের জলবায়ু ও বনাঞ্চলের সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দিন।

11.6 উত্তরমালা (Answers)

I. বহু নির্বাচনী প্রশ্নের (MCQ) উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
উত্তর :	b	d	d	a	b	c	c	d	b	d

II. সংক্ষিপ্ত প্রশ্নের উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4	5	6	7
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	11.2	11.2	11.2	11.2	11.5	11.3(8)	11.3.(1)

প্রশ্নের সংখ্যা :	8	9	10	11	12	13
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	11.3.(2)	11.3.(3)	11.3(5)	11.3(10)	11.3(10)	11.3(8)

III. রচনাধর্মী প্রশ্নের উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4	5	6	7
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	11.2, 11.2.1	11.3(6)	11.3(7)	11.3	11.3 (10)	11.3 (1&2)	11.3 (10)

একক–12 : সীমাবদ্ধতা : সংজ্ঞা, সীমাবদ্ধতার কারণসমূহ, প্রকারভেদ, ভারতবর্ষের সীমাবদ্ধ উদ্ভিদসমূহ (Endemism : Definition, types, causes of endemism, endemic flora of India)

গঠন (Structure)

12.0 উদ্দেশ্য (Objectives)

12.1 প্রস্তাবনা (Introduction)

12.2 সীমাবদ্ধতার সংজ্ঞা (Definition of endemism)

12.3 প্রকারভেদ (Types of endemism)

12.4 সীমাবদ্ধতার কারণসমূহ (Causes of endemism)

12.4.1 সীমাবদ্ধতা সম্বন্ধে মতবাদ (Theories of endemism)

12.4.2 সীমাবদ্ধতা সৃষ্টির জন্য দায়ী শর্তগুলি (Factors responsible for endemism)

12.5 ভারতের সীমাবদ্ধতা (Endemism in India)

12.5.1 ভারতবর্ষের সীমাবদ্ধ উদ্ভিদসমূহ (Endemic flora of India)

12.5.2 ভারতবর্ষের কয়েকটি এনডেমিক প্রজাতির নাম (Some endemic plant species of India)

12.6 সারাংশ (Summary)

12.7 প্রশ্নাবলী (Questions)

12.8 উত্তরমালা (Answers)

12.0 উদ্দেশ্য (Objectives)

এই এককটি পাঠ করে আমরা নিম্নলিখিত বিষয়গুলি সম্বন্ধে সম্যক ধারণা তৈরি করতে পারব।

- সীমাবদ্ধতার সংজ্ঞা, কারণসমূহ ও প্রকারভেদ।
- ভারতবর্ষের উল্লেখযোগ্য সীমাবদ্ধ উদ্ভিদ প্রজাতিগুলির নাম।

D: \ Suvendu \ NSOU\NEP/ 5CC-BT-02
Unit- 9-12 \ 2nd Proof \ (Dt. 19.03.2025)

12.1 প্রস্তাবনা (Introduction)

কিছু প্রজাতির উদ্ভিদ আছে যারা কেবলমাত্র একটি নির্দিষ্ট এলাকায় জন্মায় এবং বিভিন্ন কারণে তাদের বিস্তার সেখানেই সীমাবদ্ধ থাকে। সীমাবদ্ধতার কারণে এদের মধ্যে অঞ্চলগত বৈচিত্র্য খুব কম হয়। ফলে এদের জেনেটিক বৈচিত্র্যও কম। এই সকল প্রজাতির প্রাণশক্তিও (vigour) ধীরে ধীরে কমে আসে। সীমাবদ্ধ বাসস্থানে এদের কোন কারণে অবলুপ্তি হলে পৃথিবী থেকেই নিঃশ্চিহ্ন হয়ে যাবে এরা। এই কারণে এরা যথেষ্ট সংকটাপন্ন প্রজাতি। এন্ডেমিক কথাটি এসেছে দুটি গ্রীক শব্দ এন (en) [অর্থ সীমার মধ্যে (within) এবং ডমস (domos) (অর্থ পপুলেশন)]। অর্থাৎ কোন সীমার মধ্যে আবদ্ধ প্রজাতিগোষ্ঠি বোঝায়।

12.2 সীমাবদ্ধতার সংজ্ঞা (Definition of Endemism)

এন্ডোমিজম হল কোন জীবন প্রজাতির বিস্তার পরিবেশগত কিংবা জিনগত নানা কারণে সময়ের নিরিখে নির্দিষ্ট কোন ভৌগোলিক অঞ্চলে সীমাবদ্ধ হয়ে পড়ার প্রাকৃতিক ঘটনা। এই সকল প্রজাতিদের সীমাবদ্ধ প্রজাতি (Endemic species) বলা হয়।

সীমাবদ্ধতার কারণে কোন প্রজাতি ও তার নিকটতম ঘনিষ্ঠ প্রজাতি কিংবা প্রকরণের মধ্যে প্রজনন বিচ্ছিন্নতা সৃষ্টি হয়। ইহা প্রজাতি বিবর্তনে উল্লেখযোগ্য ভূমিকা পালন করে।

12.3 প্রকারভেদ (Types of Endemism)

এন্ডেমিক প্রজাতি প্রধানত দুই প্রকারের যথা—

(a) প্যালিওএন্ডেমিকস্ (Palaeoendemics)

(b) নিওএন্ডেমিকস্ (Neoendemics)

এছাড়াও আরো দুই প্রকার এন্ডেমিক প্রজাতি বিবেচিত হয়। যথা—

(c) হলোএন্ডেমিকস্ (Holoendemics)

(d) রেলিক এন্ডেমিক্স (Relic endemics)

(a) প্যালিওএন্ডেমিকস্ (Palaeoendemics) : এই শ্রেণীর এন্ডেমিক প্রজাতির সাথে সেই একই স্থানের অন্য কোনো প্রজাতির গাঢ় সম্পর্ক পাওয়া যায় না। কখনো কখনো তারা শ্রেণীবিন্যাসগতভাবে স্বতন্ত্র বা নিঃসঙ্গা। এই প্রকার প্রজাতি একসময় বিস্তৃর্ণ অঞ্চল জুড়ে অবস্থান করলেও অবলুপ্তির কারণে

বর্তমানে সংক্ষিপ্ত কিছু স্থানে সীমাবদ্ধ হয়ে পড়েছে। এই শ্রেণীর মুখ্য চরিত্রগুলি হল :

(i) স্বতন্ত্র কোনো প্রজাতির স্বজাতীয় কিংবা নিকট সম্পর্কের প্রজাতি থাকে না।

(ii) কাষ্ঠল প্রজাতির এন্ডেমিক উদ্ভিদ বিভিন্ন দ্বীপ বা পর্বতমালায় অধিক সংখ্যায় দেখা যায়।

(iii) এই এন্ডোমিক উদ্ভিদ প্রজাতির খুব কম মাত্রায় পলিপ্লয়েডি (polyploidy) দেখা যায়।

(iv) প্রচণ্ড বিচ্ছিন্নভাবে এই প্রকার এনডেমিক প্রজাতিগুলো দেখা যায়।

(b) নিওএন্ডেমিকস্ (Neoendemics) : এই শ্রেণীর এন্ডেমিক প্রজাতি অপেক্ষাকৃত সাম্প্রতিক উদ্ভবের ফলে একটি নির্দিষ্ট ইকোটোনে (Ecotone) আত্ম প্রকাশ করে। ঘনিষ্ঠভাবে সম্পর্কযুক্ত প্রজাতি সকল একই স্থানে জন্মে। এতে অধিকাংশ বিরুৎ এবং গুল্ম শ্রেণীর উদ্ভিদ প্রজাতি দেখা যায়। এরা সাধারণত আবহাওয়া এবং পরিবেশগত প্রতিকূলতার মধ্যে জন্মায়। এই প্রকার এন্ডেমিক প্রজাতির মধ্যে পলিপ্লয়েডির আধিক্য দেখা যায়।

(c) হলোএন্ডেমিকস্ (Holoendemics) : নিওএন্ডেমিকস্ শ্রেণীর প্রজাতি সাধারণত পরিবেশগত অনুকূল অবস্থায় এলেই হলোএন্ডেমিকস্ এর অন্তর্গত হয়ে যায়। এবং পরবর্তীকালে এটি আবার প্যালিওএন্ডেমিকস্ এ পরিণত হতে পারে।

(d) রেলিক এন্ডেমিক্স (Relic endemics) : ভূতাত্ত্বিক যুগে প্রাধান্যকারী (dominant) বহু প্রজাতির অবশিষ্ট বর্তমানে জীবীত প্রজাতিই হল (extant species) রেলিক এন্ডেমিক। উদাহরণ হিসেবে গিংগো বাইলোবা (*Ginkgo biloba*) উল্লেখযোগ্য।

12.4 সীমাবদ্ধতার কারণসমূহ (Causes of Endemism)

12.4.1 সীমাবদ্ধতা সম্বন্ধে মতবাদ (Theories of endemism)

(i) এপিবায়োটিক মতবাদ (Epibiotic hypothesis)

(ii) এজ এবং এরিয়া মতবাদ (Age and area hypothesis)

(i) এপিবায়োটিক মতবাদ : রিডলে (Ridley), 1922, মনে করেন যে সীমাবদ্ধ প্রজাতির পূর্বপুরুষগণ সুদূর অতীতে বিস্তীর্ণ এলাকা অধিকার করে রেখেছিল। কিন্তু বর্তমানে তারা ধ্বংস প্রায়। এই মতবাদের সমর্থক প্রধানত ভূগোলবিদগণ। উদাহরণস্বরূপ ক্যালিফোর্নিয়া ও ওরেগানের (Oregan) মধ্যে উপত্যকার সিকোইয়া সেমপারভাইরেন্স (*Sequoia sempervirens*) এবং সিয়েরানেভাডার (Siaranevada) অঞ্চলের সিকোইয়া জাইগেনটিয়া (*Sequoia gigantea*) নিজ নিজ এলাকায় বর্তমানে

পুরোপুরিভাবে স্থানীয় প্রজাতি হিসেবে বাস করলেও ক্রিটেসিয়াস (Cretaceous) ও টার্সিয়ারি (Tertiary) যুগে সুবিস্তীর্ণ অঞ্চল জুড়ে ছড়ানো ছিল। একইভাবে আর এক প্রজাতি গিংগো বাইলোবা (*Ginkgo biloba*) চীন ও জাপানে এন্ডেমিক প্রজাতি হিসেবে বর্তমানে পরিচিত।

(ii) এজ এবং এরিয়া মতবাদ : উইলিস (Willis, 1915, 1916) এর মতে সীমাবদ্ধ বা এন্ডেমিক উদ্ভিদসমূহ অপেক্ষাকৃত নবাগত এবং ধীরে ধীরে ক্রমশ ছড়িয়ে পড়েছে। এই মতের সমর্থকেরা ইমপেসান্স (*Impatiens*), প্রিমুলা (*Primula*), জেনসিয়েনা (*Gentiana*), রোডোডেনড্রন (*Rhoddendron*) ইত্যাদি এন্ডেমিক প্রজাতির উল্লেখ করেন। উইলিস উদাহরণ হিসেবে উল্লেখ করেছেন শ্রীলঙ্কার রিটিগাল পার্বত্য অঞ্চলে একটি উদ্ভিদ কোলিয়াস (*Coleus*) যার দুটি প্রজাতি কোলিয়াস ইলংগেটাস (*C. elongatus*) এবং কোলিয়াস বারবেটাস (*C. barbatus*) জন্মায়, প্রথমটি এনডেমিক হিসেবে পরিচিত এবং দ্বিতীয়টি এশিয়া ও আফ্রিকার বিস্তৃত অঞ্চলে অবস্থান করে। উইলিসের মতে কোলিয়াস ইলংগেটাস শ্রীলঙ্কার রিটিগাল পরিবেশে নবাগত, সীমাবদ্ধ উদ্ভিদ নয় অর্থাৎ এন্ডেমিক নয়, ইহা কোলিয়াস বারবেটাস-এর পরিবর্তনশীল অবস্থার (evolutionary stage) একটি উদ্ভিদ।

বিজ্ঞানী ডি. চ্যাটার্জির (1939) মতে এন্ডেমিক প্রজাতি প্রকৃতপক্ষে নবাগত এবং এদের একস্থান থেকে অন্যস্থানে স্থানান্তরে সুযোগ না হওয়ার জন্য একই স্থানে সীমাবদ্ধ থেকে যায়। অপরদিকে বিজ্ঞানী গুড (Good, 1931) এর মতে এন্ডেমিক প্রজাতি পারিপার্শ্বিক আবহাওয়ায় মানিয়ে নেবার বৈশিষ্ট্য প্রকাশ করে। এই মতবাদকে **সহনশীলতার মতবাদ (Theory of tolerance)** বলা হয়।

12.4.2 সীমাবদ্ধতা সৃষ্টির জন্য দায়ী শর্তগুলি (Factors responsible for endemism)

সীমাবদ্ধ বা এন্ডেমিক প্রজাতি নতুন স্থান অপেক্ষা পুরাতন স্থানে বেশি জন্মায়। আবহাওয়ার ভূমিকা এন্ডেমিজম সৃষ্টির পক্ষে বিশেষ তাৎপর্যপূর্ণ। এই এন্ডেমিক প্রজাতি সৃষ্টির জন্য অন্যতম শর্ত হল স্বাভাবিক অবস্থায় জন্মানো নিকটস্থ উদ্ভিদ প্রজাতির মধ্যে প্রাকৃতিক সংকর প্রজনন (Cross breeding) এবং পরিব্যক্তি (mutation)। এই শর্তগুলি প্রধানরূপে দেখা যায় যখন উদ্ভিদ অবস্থায় পৃথক (isolated) অবস্থান করে অর্থাৎ বাইরের কোনো প্রভাবে প্রভাবিত হয় না। তাই ব-দ্বীপ অঞ্চলে (Islands) সর্বাপেক্ষা বেশী এন্ডেমিক প্রজাতি দেখা যায়। জেনি উল্ফ (Janie Wulff), 1937, 1943 এর মতে সেন্ট হেলেনা দ্বীপে শতকরা 85 ভাগ, হাওয়াই দ্বীপে শতকরা 80 ভাগ, এবং নিউজিল্যান্ড অঞ্চলে শতকরা 72 ভাগ উদ্ভিদ হলো এন্ডেমিক। আবার পৃথিবী পৃষ্ঠের পার্বত্যভূমি পৃথক উদ্ভিদ অঞ্চল সৃষ্টি করে সেই অঞ্চলের পৃথক আবহাওয়া ও উচ্চতার কারণে। হিমালয় অঞ্চলে শতকরা 70 ভাগ উদ্ভিদ এন্ডেমিক। হিমালয়ের দক্ষিণভাগ ভারতের উত্তপ্ত অ্যালুভিয়াল অঞ্চল এবং উত্তরে তিব্বতের

শুষ্ক মালভূমি। এর ফলে হিমালয়ের নাতিশীতোষ্ণ এবং অ্যালপাইন প্রজাতির মধ্যে সংকরায়নের ফলে নতুন প্রজাতি নির্দিষ্ট সীমারেখার মধ্যে জন্মে এবং যারা উত্তরে ও দক্ষিণে স্থান পরিবর্তন করতে সক্ষম হয় না। এই কারণে এই প্রজাতিগুলি এন্ডেমিক প্রজাতিরূপে গণ্য হয়।

12.5 ভারতের সীমাবদ্ধতা (Endemism in India)

ভারত বিভাগের পর 1960 খ্রিস্টাব্দে ডি. চ্যাটার্জ্জীর পর্যালোচনা মতো দ্বিবীজপত্রী উদ্ভিদের প্রায় 50% আঞ্চলিক। এই আঞ্চলিক প্রজাতিগুলি প্রধানত দুইটি অঞ্চলে কেন্দ্রীভূত হইয়াছিল। যেমন—(i) হিমালয় এবং (ii) দক্ষিণ ভারতে। ভারতীয় গাঙ্গোয় উপত্যকায় আঞ্চলিক প্রজাতির সংখ্যা তুলনামূলকভাবে কম। উত্তরে সুউচ্চ হিমালয় পর্বতমালা ও দক্ষিণে সমুদ্র প্রতিবন্ধকতা সৃষ্টি করায় ভারতে অসংখ্য আঞ্চলিক উদ্ভিদ প্রজাতির উৎপত্তি ঘটেছে। লিগিউমিনোসি (প্যাপিলিওনয়ডি উপ-গোত্র), রুবিয়েসী, জেসনেরিয়েসী, কমপোজিটি (অ্যাসটারেসি), অ্যাসক্লিপিয়াডেসী, ইউফরবিয়েসী, একান্থেসী, প্রাইমুলেসী, বালসামিনেসী, রোজেসী প্রভৃতি গোত্রের অন্তর্গত অধিকসংখ্যক আঞ্চলিক গন (genera) দেখা যায়। র‍্যানানকুলেসী গোত্রের অধিক সংখ্যক গণই হিমালয় ও দক্ষিণ ভারতের পাহাড়ী অঞ্চলে সীমাবদ্ধ। র‍্যানানকুলেসী গোত্রের কতকগুলি গণের আঞ্চলিকতার শতকরা হার নিম্নরূপ :

Ranunculus - 36%, *Clematis* - 76%, *Thalictricum* - 79%, *Delphinium* – 71%, এবং *Aconitum* – 90%। ক্রুসিফেরী (ব্রাসিকেসী) গোত্রের আঞ্চলিক প্রজাতিগুলি পশ্চিম হিমালয় ও উত্তর পশ্চিম ভারতের শুষ্ক অঞ্চলে সীমাবদ্ধ। পূর্ব হিমালয় ও ভারতের সমভূমি অঞ্চলে কতিপয় আঞ্চলিক প্রজাতি বর্তমান যাহা সমগ্র আঞ্চলিক প্রজাতির শতকরা হার মাত্র 56। বালসামিনেসী গোত্রের অন্তর্গত, যেমন *Impatiens* এর অধিক সংখ্যক আঞ্চলিক প্রজাতি দেখা যায় (241 এর মধ্যে 220টি অর্থাৎ শতকরা হার 91%)। উহারা দক্ষিণ ভারত ও আর্দ্র পূর্ব হিমালয়ে সীমাবদ্ধ। কিন্তু সিন্ধু ও গাঙ্গোয় উপত্যকায় *Impatiens* এর বহু প্রজাতি সম্পূর্ণভাবে অনুপস্থিত—ইহা হইতে প্রমাণিত হয় যে, হিমালয় ও দক্ষিণ ভারত উভয়েই বহু বৎসর যাবৎ পরস্পর হইতে বিচ্ছিন্ন ছিল। প্যাপিলিওনয়ডী উপগোত্রে (লিগিউমিনোসী গোত্রের) অধিক সংখ্যক আঞ্চলিক প্রজাতী দেখা যায়। উহাদের মধ্যে 495 আঞ্চলিক এবং 372 বিস্তীর্ণ অঞ্চল ব্যাপী বিস্তৃত (widespread) অর্থাৎ আঞ্চলিকতার শতকরা হার 57। *Dalbergia*-র বহু প্রজাতি হিমালয়ে সীমাবদ্ধ। *Crotalaria* ও *Tephrosia*-র প্রজাতি দক্ষিণ ভারতে অধিক সংখ্যক দেখা যায়। *Milletia*-র 16টি আঞ্চলিক প্রজাতি অসমে দেখা যায়। রোজেসী গোত্রের আঞ্চলিক প্রজাতির শতকরা হার 70। মোট প্রজাতির সংখ্যা 257, তন্মধ্যে 179টি প্রজাতি আঞ্চলিক এবং অধিকাংশ প্রজাতিই আল্পীয় হিমালয়ের বিভিন্ন স্থানে সীমাবদ্ধ। ভারতে রুবিয়েসী গোত্রের 552টি প্রজাতি বর্তমান। তন্মধ্যে 365টি আঞ্চলিক এবং 187টি অঞ্চলে বিস্তৃত (wides), এক্ষেত্রে আঞ্চলিক

প্রজাতির শতকরা হার 67। রুবিয়েসী গোত্রের নিম্নলিখিত গন গুলি ভারতে আঞ্চলিক। যেমন—*Clarkella* (পশ্চিম হিমালয়ে), *Polyura* (খাসিয়া, পূর্ব হিমালয়ে), *Silvianthus* (খাসিয়া) এবং *Octotropis* (দক্ষিণ ভারতে)। কম্পোজিটি (অ্যাস্টারেসী) গোত্রটি ভারতীয় উদ্ভিদকূলে (flora) বৃহত্তম ও প্রকট হইলেও আঞ্চলিক প্রজাতির শতকরা হার মাত্র 52। এই গোত্রের আঞ্চলিক প্রজাতিগুলি গ্রীষ্মপ্রধান অঞ্চল হইতে সুউচ্চ আল্পীয় অঞ্চল পর্যন্ত বিস্তৃত থাকে। *Aster, Anaphalis, Centratherum* এবং *Vernonia* প্রভৃতি গণগুলিতে সর্বাপেক্ষা অধিক আঞ্চলিক প্রজাতি দেখা যায়। এরিকেসী গোত্রের অন্তর্গত *Rhododendron* গনটির 64টি প্রজাতিই হিমালয়ে (পূর্ব ও উত্তর-পশ্চিম) আঞ্চলিক, Primulaceae গোত্রের *Primula* গণটি পূর্ব হিমাললয়ে সীমাবদ্ধ। উহাদের মধ্যে 148টি প্রজাতি আঞ্চলিক হওয়ায় প্রজাতির শতকরা হার 91। একান্থেসী গোত্রের *Strobilanthes* গণ-এর 152টি প্রজাতির মধ্যে 146টি দাক্ষিণাত্যে আঞ্চলিক। ইউফরবিয়েসি গোত্রের *Euphorbia* গণটির 63টি প্রজাতির মধ্যে 41টিই আঞ্চলিক ওই সকল প্রজাতিগুলি ভারতের শুষ্ক ও গ্রীষ্মপ্রধান অঞ্চলে বিস্তৃত থাকতে দেখা যায়।

12.5.1 ভারতে সীমাবদ্ধ উদ্ভিদ প্রজাতি (Endemic flora in India)

ভারতবর্ষে সকল প্রকার উদ্ভিদ নিয়ে 50,000-এর ওপর প্রজাতি রয়েছে। এম. আমাদুল্লা এবং এম. পি. নায়ার (1987)-এর মতে ভারতের 17,500 সপুষ্পক উদ্ভিদ প্রজাতির মধ্যে প্রায় পাঁচ হাজার প্রজাতিই হল এনডেমিক। চার হাজার গণের মধ্যে 140টি গণ এবং 315টি গোত্রের মধ্যে 47টি গোত্র হল এনডেমিক। এই পাঁচ হাজার এনডেমিক প্রজাতির সংখ্যা সারা পৃথিবীতে দ্বিতীয় বৃহত্তম। অস্ট্রেলিয়ায় সবচেয়ে বেশি সংখ্যক এনডেমিক ট্যাক্সা আছে বলে জানা গেছে। ভারতে উত্তর-পূর্ব অঞ্চলে সর্বাপেক্ষা বেশি সংখ্যায় এনডেমিক প্রজাতি আছে। এই অঞ্চলে মোট আট হাজার প্রজাতির মধ্যে এনডেমিক প্রজাতির সংখ্যা 3500। সংখ্যার দিক দিয়ে ভারত একটি বৃহত্তম এনডেমিক উদ্ভিদ এলাকা। ভারতে পশ্চিমঘাটে 5000 প্রজাতির মধ্যে 1600 প্রজাতি এনডেমিক। উত্তর-পশ্চিম হিমালয়ে 4500 প্রজাতির মধ্যে 1600 প্রজাতি এনডেমিক। আর আন্দামান নিকোবর দ্বীপপুঞ্জে 2200 প্রজাতির মধ্যে 195টি এনডেমিক।

উদ্ভিদ সমৃদ্ধ অঞ্চলে বাসস্থানের অবক্ষয় হওয়ায় এবং এনডেমিক প্রজাতি বেশিমাত্রায় থাকায় নরম্যান মায়ার (Norman Myers) এর শর্ত মেনে ভারতবর্ষের হিমালয় পর্বতমালার পূর্ব অংশ, আসাম বাদে উত্তর-পূর্ব ভারত, নিকোবর এবং পশ্চিমঘাট অঞ্চল জীব বৈচিত্র্য হটস্পট (Biodiversity hotspot) বলে পরিচিত। ইহারা যথাক্রমে পৃথিবীর 36টি জীব বৈচিত্র হটস্পট এর এশিয়া-পেসিফিক অঞ্চলের অন্তর্গত 4টি হটস্পট এর অংশীদার। সেগুলি হল (1) পূর্ব হিমালয়, (2) ইন্দো-বার্মা, (3) সুন্দাল্যান্ডস্ এবং (4) ওয়েস্টার্ন ঘাটস্ এন্ড শ্রীলঙ্কা।

12.5.2 ভারতে কয়েকটি এনডেমিক প্রজাতির নাম (Some endemic plant species of India) ঃ

(i) এনাফাইলাম হোয়াইটি (*Anaphyllum* wightii Schott) দক্ষিণ পশ্চিমঘাট।

(ii) ডেকালেপিস হ্যামিলটোনাই (*Decalepis hamitonii* Wight & Arn.) নীলগিরি।

(iii) এরিনোকারপাস নিমমোনাই (*Erinocarpus nimmonii* J. Graham) কর্ণাটক।

(iv) টক্সোকারপাস রক্সবারজাই (*Toxocarpas roxburghii* Wight. and Arn.) সিরকারস, অন্ধ্রপ্রদেশ।

(v) করডিয়া ডোমেসটিকা (*Cordia domestica* Roth) অমিও কামবাকাম হিল, তামিলনাড়ু।

(vi) মাইরিসটিকা মালাবারিকা (*Myristica malabarica* Lam.) উত্তর কানাড়া, পশ্চিমঘাট।

(vii) স্ট্রিকনস এইনিয়া (*Strychnos aenea* A. W. Hill) পশ্চিমঘাট।

(viii) ইউজেনিয়া আরজেনটিয়া (*Eugenia argentea* Bedd.) দক্ষিণ পশ্চিম ঘাট।

(ix) অ্যারালিয়া মালাবারিকা (*Aralia malabarica* Bedd.) দক্ষিণ পশ্চিম ঘাট।

(x) রাউলফিয়া বিডোমি (*Rauvolfia beddomei* Hook. f.) কেরালা, তামিলনাড়ু।

(xi) রাইটিয়া ইনডিকা (*Wrightia indica Ngau*) পেনিনসুলার ইন্ডিয়া।

1969 সালে ডি. চ্যাটার্জির (D. Chatterjee) পর্যালোচনা থেকে জানা যায় যে, ভারতবর্ষে (শ্রীলঙ্কা, বার্মা, বাংলাদেশ ও পাকিস্তান বাদে) দ্বিবীজপত্রী (Dictyledons)-র মধ্যে এন্ডেমিক উদ্ভিদের সংখ্যা শতকরা 50 ভাগের বেশি। উপসংহারে বলা যায়, সবচেয়ে বেশি এনডেমিক উদ্ভিদ বিস্তৃত রয়েছে হিমালয় এবং দক্ষিণ ভারত অঞ্চলে এবং গাঙ্গেয় উপত্যকায় এন্ডেমিক উদ্ভিদ সংখ্যা সবচেয়ে কম।

12.6 সারাংশ (Summary)

এই এককে সীমাবদ্ধতার (Endemism) সংজ্ঞা, কারণ, প্রকারভেদ এবং ভারতবর্ষের সীমাবদ্ধ কিছু উদ্ভিদের তালিকা দেওয়া হয়েছে। সীমাবদ্ধতার সংজ্ঞায় বলা হয়েছে একটি নির্দিষ্ট এলাকায় জন্মে কোন একটি প্রজাতি যদি সেই নির্দিষ্ট অঞ্চলে সীমাবদ্ধ হয়ে পড়ে তাকে এনডেমিক বা সীমাবদ্ধ প্রজাতি বলা হয়। এই পদ্ধতিকে সীমাবদ্ধতা বা এনডেমিজম নামে অভিহিত করা যায়। সীমাবদ্ধতা সম্বন্ধে ‘এপিবায়োটিক’ ও ‘এজ এবং এরিয়া’ মতবাদ বিশদে বিশ্লেষিত হয়েছে। সীমাবদ্ধতার প্রকার ভেদগুলো হোল—প্যালিওএন্ডেমিক্স, নিওএন্ডেমিক্স ও হলোএন্ডেমিক্স এবং রেলিক এন্ডেমিক্স এরপর ভারতের কিছু সীমাবদ্ধ উদ্ভিদ প্রজাতির নাম অঞ্চলসহ লিপিবদ্ধ করা হয়েছে।

12.7 প্রশ্নাবলী (Questions)

I. বহু নির্বাচনী প্রশ্ন (MCQ) :

1. এন্ডেমিক উদ্ভিদ বলতে বোঝায়—
   (a) বহিরাগত উদ্ভিদ (b) সর্বত্র বিরাজমান উদ্ভিদ
   (c) নির্দিষ্ট অঞ্চলে সীমাবদ্ধ উদ্ভিদ (d) অতি আগ্রাসী উদ্ভিদ
2. এন্ডেমিক উদ্ভিদ সম্বন্ধে কোন মতামত নেই যে বিজ্ঞানীর—
   (a) রিড্লে (b) উইলিস্ (c) ডি. চ্যাজার্টী (d) রাউনকিয়ার
3. এপিবায়োটিক মতবাদ যে বিজ্ঞানীর—
   (a) রিড্লে (b) গুড্ (c) ডি. চ্যাটার্জী (d) উইলিস্
4. এজ এবং এরিয়া হাইপোথেসিস যে বিজ্ঞানীর—
   (a) গুড্ (b) রিড্লে (c) উইলিস্ (d) ডি. চ্যাটার্জী
5. এপিবায়োটিক মতবাদ অনুযায়ী এন্ডেমিক প্রজাতি হল—
   (a) নবাগত এবং বিস্তৃর্ণ এলাকায় বিস্তার সময়ের অপেক্ষায়
   (b) নবাগত এবং একটি নির্দিষ্ট স্থানে সীমাবদ্ধ
   (c) নবাগত কিন্তু একাধিক এলাকায় সীমিত সংখ্যায় বর্তমান
   (d) সুদূর অতীতে বিস্তৃর্ণ এলাকায় বিস্তৃত ছিল কিন্তু বর্তমানে একটি এলাকায় সীমাবদ্ধ
6. নিম্নলিখিত অঞ্চলগুলির মধ্যে সবচাইতে কম এন্ডেমিক উদ্ভিদ প্রজাতি রয়েছে—
   (a) আন্দামান এবং নিকোবর দ্বীপপুঞ্জে (b) দক্ষিণ ভারতে
   (c) গাঙ্গোয় উপত্যকায় (d) হিমালয় পার্বত্য অঞ্চলে
7. সবচাইতে বেশী এন্ডেমিক প্রজাতি বর্তমান ভারতবর্ষের এই অঞ্চলে—
   (a) উত্তর-পূর্ব ভারত (b) উত্তর-পশ্চিম হিমালয়
   (c) পশ্চিমঘাট অঞ্চলে (d) আন্দামান ও নিকোবর দ্বীপপুঞ্জ
8. ভারতবর্ষের যে অঞ্চল জীববৈচিত্র্য হটস্পট "সুন্দাল্যান্ডস"-এর অন্তর্গত—
   (a) আন্দামান (b) নিকোবর দ্বীপপুঞ্জ
   (c) লাক্ষাদ্বীপ (d) উত্তর-পূর্ব পার্বত্য অঞ্চল

9. উদ্ভিদের এন্ডেমিক প্রজাতি প্রধানত যে অঞ্চলে অধিক সংখ্যায় দেখা যায় তা হল—
   (a) মেগা জীব বৈচিত্র্য অঞ্চল (b) জীব বৈচিত্র্য হটস্পট
   (c) সংরক্ষিত অঞ্চল (d) নাতিশীতোষ্ণ চিরহরিৎ বনাঞ্চল

10. বিজ্ঞানী জেনি উল্ফ-এর মতে শতকরা অনুপাতে সবচাইতে বেশী এন্ডেমিক প্রজাতি আছে—
   (a) হাওয়াই দ্বীপে (b) নিউজিল্যান্ড অঞ্চল
   (c) হেলেনা দ্বীপে (d) হিমালয়ে

II. সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলী ঃ

1. এন্ডোমিজম কাকে বলে?
2. এন্ডেমিজম এর দুইটি মতবাদ কি কি?
3. নিও এন্ডোমিক প্রজাতি হিসেবে পরিচিত চারটি উদ্ভিদ গণের নাম লিখুন।
4. সহনশীলতা মতবাদটি কি?
5. সীমাবদ্ধতার জন্য দায়ী দুইটি শর্ত উল্লেখ করুন।
6. হলোএন্ডোমিকস্ কী?
7. দুইটি এন্ডেমিক উদ্ভিদের গোত্র এবং গণ এর নাম লিখুন।
8. ভারতবর্ষের কোন কোন অঞ্চলে এন্ডেমিক প্রজাতি বেশী আছে?
9. ভারতবর্ষের উত্তরপূর্ব অঞ্চল এবং পশ্চিমঘাট অঞ্চলে মোট সপুষ্পক উদ্ভিদ এবং এন্ডেমিক সপুষ্পক উদ্ভিদের সংখ্যা লিখুন।
10. ভারতের ভূখণ্ডকে অন্তর্ভুক্তকারী চারটি জীব বৈচিত্র হটস্পট-এর নাম লিখুন।

III. রচনাধর্মী প্রশ্ন ঃ

1. সীমাবদ্ধতা বলতে কি বোঝায়? ইহার জন্য দায়ী শর্তগুলি লিখুন।
2. সীমাবদ্ধতার মতবাদ দুইটি আলোচনা করুন।
3. সীমাবদ্ধতার প্রকারভেদ সংক্ষেপে আলোচনা করুন।
4. ভারতবর্ষের সীমাবদ্ধতা সংক্ষেপে আলোচনা করুন।
5. ভারতের এন্ডেমিক উদ্ভিদ প্রজাতির একটি ধারণা দিন। ইহাদের কোন কোন জৈববৈচিত্র্য হটস্পটে বেশী সংখ্যায় দেখা যায় তা উল্লেখ করুন।

12.8 উত্তরমালা (Answers)

I. বহু নির্বাচনী প্রশ্নের (MCQ) উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
উত্তর :	c	d	a	c	d	c	a	b	b	c

II. সংক্ষিপ্ত প্রশ্নের উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4	5
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	12.2	12.4.1	12.4.1	12.4.1	12.4.2

প্রশ্নের সংখ্যা :	6	7	8	9	10
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	12.3(c)	12.5	12.5.1	12.5.1	12.5.2

III. রচনাধর্মী প্রশ্নের উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4	5
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	12.2 & 12.4.2	12.4.1	12.3	12.5	12.5.1 & 12.5.2

একক–13 : পূর্ব হিমালয়ের উদ্ভিদকুল সমাহার (Flora of Eastern Himalayas)

গঠন (Structure)

13.0 উদ্দেশ্য (Objectives)

13.1 প্রস্তাবনা (Introduction)

13.2 পূর্ব হিমালয়ের উদ্ভিদকুল (Flora of Eastern Himalayas)

13.3 সারাংশ (Summary)

13.4 প্রশ্নাবলী (Questions)

13.5 উত্তরমালা (Answers)

13.0 উদ্দেশ্য (Objectives)

এই এককটি পাঠ করে আমরা নিম্নলিখিত বিষয়গুলি সম্বন্ধে সম্যক ধারণা তৈরি করতে পারব।

- পূর্ব হিমালয়ের চারটি উচ্চতা সংক্রান্ত অঞ্চল।
- পূর্ব হিমালয়ের উদ্ভিদ সমাহার ও প্রজাতি বন্টন।

13.1 প্রস্তাবনা (Introduction)

ভেজিটেশন হল কোনো অঞ্চলে জন্মানো অনেকগুলি উদ্ভিদ প্রজাতির বড়ো ও ছোটো বিভিন্ন পপুলেশন (Populations) বা উদ্ভিদ গোষ্ঠীর সংখ্যিক সমাহার (quantitative assemblage)। কোন অঞ্চলের ভেজিটেশন (Vegetation) সেখানকার উদ্ভিদ সম্প্রদায় বা কমিউনিটি নির্দেশ করে। পপুলেশন (Population) হল কোনো একটা অঞ্চলের কোনো একটি প্রজাতির সকল সদস্য জীব নিয়ে গঠিত একটা সাংখ্যিক সমাহার। আবার কোনো একটি নির্দিষ্ট অঞ্চলের মোট উদ্ভিদ প্রজাতির গুণগত সমাহারকে (qualitative assemblage) বলে উদ্ভিদকুল বা ফ্লোরা (Flora)। এই ফ্লোরা হতে পারে একটা জেলার, রাজ্যের, দেশের, এমনকি উপমহাদেশ ও মহাদেশেরও।

13.2 পূর্ব হিমালয়ের উদ্ভিদকুল (Flora of Eastern Himalayas)

পূর্ব হিমালয় নেপালের পূর্ব সীমান্তের সিঙ্গালীলা পর্বতমালা থেকে অরুণাচল প্রদেশের লোহিত নদী পর্যন্ত বিস্তৃত। সিকিমের বিভিন্ন অঞ্চল এবং পূর্বদিকে ইহা উত্তর পূর্ব সীমান্ত অঞ্চল (NEFA) বর্তমানে অরুণাচর প্রদেশ পর্যন্ত বিস্তৃত। পূর্ব হিমালয়ে প্রচুর বৃষ্টিপাত এবং উষ্ণ বায়ুমণ্ডল ও বেশি আর্দ্রতা দেখা যায়। পূর্ব হিমালয়ের মধ্যে সিকিম সবচেয়ে আর্দ্র অঞ্চল। পূর্ব হিমালয়ের নীচের দিকের থেকে ওপরের দিকে ক্রমশ ধীরে ধীরে প্রজাতির (Species) সংখ্যা ও উদ্ভিদের বৃদ্ধি কমতে থাকে।

পূর্ব-হিমালয়ের উত্তরে তিব্বত এবং দক্ষিণে পশ্চিমবঙ্গ ও নিম্ন আসাম অবস্থিত। পূর্ব হিমালয়ের উদ্ভিদগুলিকে চারটি উচ্চতা সংক্রান্ত অঞ্চলে ভাগ করা হয়, যেমন—

(i) গ্রীষ্মমণ্ডলীয় বা ক্রান্তীয় (Tropical) অঞ্চল

(ii) উপ-গ্রীষ্মমণ্ডলীয় বা উপ-ক্রান্তীয় (Sub-tropical) অঞ্চল

(iii) নাতিশীতোষ্ণ (Temperate) অঞ্চল

(iv) আলপাইন (Alpine) অঞ্চল

(i) গ্রীষ্মমণ্ডলীয় বা ক্রান্তীয় অঞ্চল (Tropical) : পশ্চিমবঙ্গোর সমতল ভূমি থেকে ধীরে ধীরে ওপরের দিকে 200 মিটার উচ্চতা পর্যন্ত সিকিমের গ্রীষ্মমণ্ডলীয় অঞ্চল বিস্তৃত। এই গ্রীষ্মমণ্ডলের পাদদেশকে তরাই অঞ্চল (Terai region) বলা হয়। এই অঞ্চল প্রধানত শাল (*Shorea robusta*) বন দ্বারা গঠিত। এর সঙ্গো মিশে রয়েছে পর্ণমোচী উদ্ভিদ সমূহ (deciduous plants), ঘাসজাতীয় সাভানা (Savannahs) এবং জলাভূমির (Swamps) উদ্ভিদ। অপরদিকে হিমালয় পর্বতের পাদদেশ থেকে 700 মিটার থেকে 900 মিটার পর্যন্ত পর্ণমোচী উদ্ভিদের প্রাধান্য দেখা যায়। এখানে উল্লেখযোগ্য, যেমন—সেগুন (*Tectona grandis*), জারুল (*Lagerstroemia parviflora*), চালতা (*Dillenia indica*), শিশু (*Dalbergia sisoo*), শিমূল (*Bombax malabaricum*), জামরুল (*Syzygium wallichii*), ডুমুর (*Ficus hispida*), অ্যাডিনা (*Adina cordifolia*), ওক্ (*Quercus lancifolia*) ইত্যাদি জন্মায়। জঙ্গালের ভেতরে গুল্ম ও বীরুৎ, যেমন—স্ট্রবাইলানথিস (*Strobilanthes* sp.), মুসাণ্ডা (*Mussaenda* sp.), ক্যালিকারপা (*Callicarpa arborea*), বাউহিনিয়া (*Bauhinia purpurea*), ক্লেরোডেনড্রাম (*Clerodendrum infortunatum*), ইউপ্যাটোরিয়াম ওডোরেটাম (*Eupatoruim odoratum*) ইত্যাদি জন্মাতে দেখা যায়। জঙ্গালের বাইরের দিকে আর্টিমিসিয়া (*Artemisia vulgaris*), মেলাস্টোমা (*Melastoma malabathricum*), অস্‌বেকিয়া (*Osbeckia* sp.), প্রভৃতি উদ্ভিদ দেখতে পাওয়া যায়। লতানো বা রোহিনী (Climbers) উদ্ভিদের মধ্যে স্মাইলাক্স (*Smilax macrophylla*), হয়া (*Hoya* sp.), বাউহিনিয়া (*Bauhinia vahlii*), পাইপার (*Piper* sp.) উল্লেখযোগ্য।

(ii) উপ-গ্রীষ্মমণ্ডলীয় বা উপক্রান্তীয় অঞ্চল (Sub-tropical) : এই অঞ্চলের উদ্ভিদদের 1500 মিটার থেকে 1700 মিটার উচ্চতায় জন্মাতে দেখা যায়। এখানকার উল্লেখযোগ্য বৃক্ষজাতীয় উদ্ভিদগুলি হল—স্কিমা (*Schima wallichii*), মাইকেলিয়া (*Michelia kisopa*), ইরিথ্রিনা (*Erythrina variegata*), লিটসিয়া (*Litsea oblonga*), ওক (*Quercus glauca*), এনজেলহারডিটা (*Engelhardtia spicata*) ইত্যাদি। এছাড়া এই অঞ্চলের প্রধান গুল্ম (Shrubs) ও বীরুৎ (herbs) শ্রেণির উদ্ভিদগুলি হল মেলাস্টোমা (*Melastoma normale*), ক্যাসিয়া (*Cassia mimosoides*), সাউরউইয়া (*Saurauia napaulensis*), সারকোকক্কা (*Sarcococca coriacea*) ইত্যাদি। জঙ্গালের মধ্যে পথের পাশে জন্মায় ইউপ্যাটোরিয়াম (*Eupatorium adenophorum*) এবং আর্দ্র ছায়াযুক্ত অঞ্চলে জন্মায় বেগোনিয়া (*Begonia* sp.)। বেশি উচ্চতায় দেখা যায় ম্যালোটাস (*Mallotus philippensis*), রুস (*Rhus succedanea*), বাউহিনিয়া (*Bauhinia purpurea*), ক্যালিকারপা (*Callicarpa arborea*), টারমিনেলিয়া (*Terminalia myriocarpa*) ইত্যাদি উদ্ভিদগুলিকে।

(iii) নাতিশীতোষ্ণ অঞ্চল (Temperate) : নাতিশীতোষ্ণ অঞ্চল প্রধানত চিরহরিৎ ওক (*Quercus* sp.), প্রজাতির উদ্ভিদ এবং লরেসি (Lauraceae) গোত্রের ও অন্যান্য উদ্ভিদকূল নিয়ে গঠিত। এক্ষেত্রে মূলত 2100 থেকে 2300 মিটার উচ্চতা পর্যন্ত যে উদ্ভিদ প্রজাতিগুলি বেশি দেখা যায় তারা হল ক্যাসটানপসিস (*Castanopsis tribuloides, C. hystrix*), ম্যাচিলাস (*Machilus edulis*), অ্যাকটিনোডাফনি (*Actinodaphne reticulata*), সিনামোমাম (*Cinnamomum glanduliferum*), কোয়েরকাস (*Quercus fenestrata*), সিমপ্লোকস (*Symplocos theifola*), সারকোকক্কা (*Sarcococca wallichii*), পোটেনটিলা (*Potentilla fruticosa*), রুদ্রাক্ষ (*Elaeocarpus* sp.), ভাইবারনাম (*Viburnum coriaceum*), আইলেক্স (*Ilex insignis*), বেটুলা (*Betula alnoides*), অসবেকিয়া (*Osbeckia sikkimensis*), জেসমিনাম (*Jasminum dispermum*), রুবাস (*Rubus ellipticus*), মাইকেলিয়া (*Michelia doltsopa*), অ্যাসার (*Acer oblongum*), ডিক্লিপটেরা (*Dicliptera roxburghiana*), রোডোডেনড্রন (*Rhododendron griffithianum*) ইত্যাদি।

আরও একটু উপরের দিকের 2300 থেকে 2800 মিটার উচ্চতা পর্যন্ত মূলত ওক (*Quercus*) অঞ্চল। এখানে *Quercus*-এর বিভিন্ন প্রজাতি, যেমন—*Quercus lamellosa, Q. semecarpifolia, Q. lineata* ছাড়াও লিটসিয়া (*Litsea elongata*), সিমপ্লোকস (*Symplocos glomerata*), আইলেক্স (*Ilex fragilis*), লিনডেরা (*Lindera assamica*) ইত্যাদি উদ্ভিদ প্রজাতি বেশি পরিমাণে জন্মায়। এই অঞ্চলের অন্যান্য যে প্রজাতিগুলি নজরে আসে সেগুলি হল লিনডেরা (*Lindera heterophylla*), ম্যাগনোলিয়া (*Magnolia campbellii*), ইউনাইমাস (*Euonymus frigidus*), অ্যারিসিমা (*Arisaema griffithii*), নানারকমের অর্কিড ও ফার্ন, দোপাটি (*Impatiens* sp.), ফ্রিটিল্লেরিয়া (*Fritillaria* sp.),

ভাক্সিনিয়াম (*Vaccinium* sp.), মেলাসটোমা (*Melastoma malabathricum*), পাম (palm) ও কিছু খর্বকার বাঁশজাতীয় উদ্ভিদ ইত্যাদি।

(iv) আলপাইন অঞ্চল (Alpine) : এই আলপাইন অঞ্চলে সাধারণত 2800 মিটার উচ্চতার ওপরে কনিফেরাস (coniferus) বনাঞ্চল দেখা যায়। এখানে 2800–3000 মিটার পর্যন্ত অঞ্চলের নীচের দিকটায় রোডোডেনড্রোনের (*Rhododendron*) নিম্নলিখিত প্রজাতিগুলিকে জন্মাতে দেখা যায়, যেমন *Rhododendron barbatum, R. thomsonii, R. hodgsonii, R. grande* ইত্যাদি। এছাড়াও *Rhododendron* -এর বিভিন্ন প্রজাতিগুলির সঙ্গো মিশে থাকে অন্যান্য কিছু উদ্ভিদ প্রজাতি, যেমন— ভাইবারনাম (*Viburnum cordifolium*), ভ্যাক্সিনয়াম (*Vaccinium nummularia*), প্রাইমুলা (*Primula petiolaris*), প্রুনুস (*Prunus undulata*), সরবাস (*Sorbus foliolosa*) ইত্যাদি।

ওপরের উচ্চতায় বর্তমান রোডোডেনড্রনের (*Rhododendron*) প্রজাতিগুলি হল *Rhododendron campanulatum, R. lanatum, R. wightii* ইত্যাদি। এছাড়াও খোলা জায়গায় যে প্রজাতিগুলি জন্মায় সেগুলি হল *R. setosum* ও *R. anthopogon* ইত্যাদি। এর সঙ্গো এখানে ওখানে ছড়িয়ে থাকা অন্যান্য উদ্ভিদ প্রজাতিগুলি হল প্রাইমুলা (*Primula* sp.), এরিসিমা (*Arisaema* sp.), প্রুনুস (*Prunus rufa*), সরবাস (*Sorbus microphylla*) ইত্যাদি। অপরদিকে পাহাড়ের ঢালে বিভিন্নরকমের মস (moss) ও লাইকেন (lichens) বৃক্ষ জাতীয় উদ্ভিদের ওপরে পরাশ্রয়ী হিসেবে জন্মায়। এই অঞ্চলের অন্তর্গত "সিলিং জোকুপা" (Silling Tzokupa) এলাকার প্রায় 3000 মিটার উচ্চতায় রোডোডেনড্রনের (*Rhododendron*) কয়েকটি উল্লেখযোগ্য প্রজাতির সঙ্গো অন্যান্য যে উদ্ভিদ প্রজাতি উপস্থিত থাকে সেগুলি হল *Rhododendron ciliatum, R. barbatum, R. lepidotum,* পোটেনটিলা (*Potentilla kleiniana*), অ্যানাফেলিস (*Anaphalis margaritaceae*), রুবাস (*Rubus splendidissimus*), ফ্রাগরিয়া (*Fragaria* sp.) ইত্যাদি। এর সঙ্গো উপরের উচ্চতায় কণিফার জাতীয় উদ্ভিদ অ্যাবিস (*Abies spectabilis*) এবং নীচের উচ্চতায় সুগা (*Tsuga dumosa*) জন্মাতে দেখা যায়।

কনিফারের বনাঞ্চল (Coniferous forests) বিস্তৃত রয়েছে 3000 মিটার থেকে 3800 মিটার উচ্চতার মধ্যে। রামাম ও ফালুট (Ramam and Phalut) এবং ফালুট ও সান্দাকফু (Phalut and Sandakphu)-র মধ্যে জন্মাতে দেখা যায় রোডোডেনড্রন (*Rhododendron* sp.) সহ অ্যাবিস (*Abies* sp.)। আবার ওয়ালুঙচুঙ গোলা (Walunchung gola)-এর দিকে 3500 মিটার উচ্চতায় দেখা যায় অ্যাবিস (*Abies* sp.), জুনিপেরাস (*Juniperus* sp.), রোডোডেনড্রন (*Rhododendron* sp.), বারবেরিস (*Berberis* sp.), বেটুলা (*Betula* sp.) ইত্যাদি।

3800 মিটার থেকে 5000 মিটার উচ্চতার মধ্যে রোডোডেনড্রন (*Rhododendron*) -এর বিভিন্ন প্রজাতির সঙ্গো জুনিপেরাস (*Juniperus squamata*) জন্মাতে দেখা যায়।

অপরদিকে "সিলিং জোকুপা (Silling Tzokupa)-র প্রায় 3800 মিটার উচ্চতায় পাহাড়ি ঢালে কিছু কিছু স্থানে তৃণভূমি অঞ্চল দেখা যায়, সেখানের উল্লেখযোগ্য উদ্ভিদগুলি হল—অ্যারানডিনেলা (*Arundinella* sp.), সিমবোপোগন (*Cymbopogon* sp.), ক্যালামাগ্রসটিস (*Calamagrostis* sp.), ডানথোনিয়া (*Danthonia* sp.) প্রভৃতি।

13.3 সারাংশ (Summary)

এই এককে পূর্ব হিমালয়ের উদ্ভিদকুলের সংক্ষিপ্ত বিবরণ দেওয়া হয়েছে। পূর্ব হিমালয় নেপালের পূর্ব সীমান্তের সিঙ্গালীলা পর্বতমালা থেকে অরুণাচল প্রদেশের লোহিত নদী পর্যন্ত বিস্তৃত। সিকিমের বিভিন্ন অঞ্চল এবং পূর্বদিকে ইহা অরুণাচল প্রদেশ পর্যন্ত বিস্তৃত। পূর্ব হিমালয়ের উদ্ভিদগুলিকে চারটি উচ্চতা সংক্রান্ত অঞ্চলে ভাগ করা হয় যেমন—(i) গ্রীষ্মমণ্ডলীয় বা ক্রান্তীয় (Tropical) অঞ্চল, (ii) উপ-গ্রীষ্মমণ্ডলীয় বা উপ-ক্রান্তিয় (Sub-Tropical) অঞ্চল, (iii) নাতিশীতোষ্ণ (Temperate) অঞ্চল, (iv) আলপাইন (Alpine) অঞ্চল। প্রতিটি অঞ্চলের বিশিষ্ট উদ্ভিদগুলি সম্বন্ধে বিস্তারিত বলা হয়েছে।

13.4 প্রশ্নাবলী (Questions)

I. বহু নির্বাচনী প্রশ্ন (MCQ) :

1. কোন অঞ্চলের ফ্লোরা বলতে বোঝায় সেখানকার—
   (a) সকল উদ্ভিদ প্রজাতির সাংখ্যিক সমাহার
   (b) একটি প্রজাতির সকল উদ্ভিদের সমষ্টি
   (c) সকল উদ্ভিদ প্রজাতির গুণগত সমাহার
   (d) ভেজিটেশন

2. পূর্বহিমালয়ের অন্তর্গত নয় যে অঞ্চলটি—
   (a) উত্তরাখণ্ড (b) সিকিম (c) অরণাচল প্রদেশ (d) NEFA

3. পূর্ব হিমালয়ের সর্বোচ্চ অঞ্চলটির নাম হল—
   (a) টেমপারেট অঞ্চল (b) ট্রপিকাল অঞ্চল
   (c) অ্যালপাইন অঞ্চল (d) সাবট্রপিকাল অঞ্চল

4. পূর্ব হিমালয়ের এই অঞ্চলটিকে তরাই অঞ্চল বলা হয়—
   (a) গ্রীষ্মমণ্ডলীয় পার্বত্য পাদদেশ

(b) নাতিশীতোষ্ণ অঞ্চলের উপরের অংশ
(c) উপ গ্রীষ্মমণ্ডলীয় অঞ্চলের বিস্তৃর্ণ অঞ্চল
(d) অ্যালপাইন অঞ্চলের পাদদেশ

5. পূর্ব হিমালয়ের ট্রপিকাল-সাবট্রপিকাল অঞ্চলে এই প্রকার বনাঞ্চলের প্রাধান্য রয়েছে—
(a) চিরহরিৎ বৃক্ষের বন (b) পর্ণমোচী বৃক্ষের বন
(c) কনিফেরাস বৃক্ষের বন (d) রোডোডেনড্রন প্রুনুস-এর বনাঞ্চল

6. পূর্ব হিমালয়ের এই অঞ্চলটিতে শালগাছের প্রাধান্য বেশী—
(a) ক্রান্তীয় তরাই অঞ্চল (b) টেম্পারেট অঞ্চল
(c) অ্যালপাইন পাদদেশ (d) উপক্রান্ত্রীয় নাতিশীতোষ্ণ অঞ্চল

7. পূর্ব হিমালয়ের নাতিশীতোষ্ণ মণ্ডলের 2100 মিটার এর উপর থেকে অ্যালপাইন অঞ্চলের 5000 মিটার উচ্চতা পর্যন্ত এই প্রকার উদ্ভিদের প্রজাতি দেখা যায়—
(a) টেক্টোনা (b) মাইকেলিয়া (c) টার্মিনেলিয়া (d) রোডোডেনড্রন

8. পর্ব হিমালয়ের সাভানা জাতীয় উদ্ভিদ দেখা যায় এই অঞ্চলটিতে—
(a) অ্যালপাইন অঞ্চলের সিলিং জোকুনার পার্বত্য ঢালে
(b) সাবট্রপিকাল অঞ্চলে
(c) পার্বত্য পাদদেশের তরাই অঞ্চলে
(d) টেম্পারেট অঞ্চলের পার্বত্য ঢালে

9. পূর্ব হিমালয়ের 2100–2800 মিটার উচ্চতায় বিস্তৃত অঞ্চলটি হল—
(a) অ্যালপাইন অঞ্চল (b) ট্রপিকাল অঞ্চল
(c) সাবট্রপিকাল অঞ্চল (d) টেম্পারেট অঞ্চল

10. নিচের এই উদ্ভিদের প্রজাতি পূর্বহিমালয়ের ট্রপিকাল, সাবট্রপিকাল এবং টেম্পারেট অঞ্চলে দেখা যায়—
(a) ওক (b) প্রাইমুলা (c) সেগুন (d) জারুল

II. সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলী ঃ

1. ভেজিটেশন এবং ফ্লোরা বলতে কি বোঝায়?

2. পূর্ব হিমালয়ের বিস্তৃতি এবং জলবায়ুগত প্রধান বৈশিষ্ট্যগুলি লিখুন।

3. পূর্ব হিমালয়ের উচ্চতা অনুসারে অঞ্চগুলি লিখুন।
4. তরাই অঞ্চল কাকে বলে? এখানে কি প্রকৃতির উদ্ভিদ দেখা যায়?
5. পূর্ব হিমালয়ের উপক্রান্তীয় অঞ্চলের দুইটি বৃক্ষ এবং দুইটি গুল্ম জাতীয় উদ্ভিদের বিজ্ঞানসম্মত নাম লিখুন।
6. পূর্ব হিমালয়ের নাতিশীতোষ্ণ অঞ্চলে নীচের দিকের এবং উপরের দিকের দুইটি করে উদ্ভিদর বিজ্ঞানসম্মত নাম লিখুন।
7. পূর্ব হিমালয়ের অ্যালপাইন অঞ্চলের চারটি বৃক্ষের বিজ্ঞানসম্মত নাম লিখুন?
8. পূর্ব-হিমালয়ের অ্যালপাইন অঞ্চলের কোথায় তৃণভূমি দেখা যায়? সেখানকার দুইটি উদ্ভিদের নাম লিখুন।
9. পূর্ব হিমালয়ের রোডোডেনড্রনের চারটি প্রজাতির নাম লিখু।
10. পূর্ব হিমালয়ের উপক্রান্তীয় অঞ্চলের চারটি রোহিনী উদ্ভিদের নাম লিখুন।

III. রচনাধর্মী প্রশ্ন ঃ

1. পূর্ব হিমালয়ের গ্রীষ্মমণ্ডলীয় এবং উপগ্রীষ্ম মণ্ডলীয় অঞ্চলের উদ্ভিদ সম্বন্ধে সংক্ষেপে আলোচনা করুন।
2. পূর্ব হিমালয়ের নাতিশীতোষ্ণ অঞ্চলের উদ্ভিদ সমাহার সম্বন্ধে সংক্ষেপে লিখুন।
3. অ্যালপাইন অঞ্চলের উদ্ভিদ সমাহারের বর্ণনা দিন।
4. পূর্ব হিমালয়ের উচ্চতা ভিত্তিক বিভিন্ন অঞ্চলগুলি নাম উল্লেখ করুন। প্রতি অঞ্চলের চারটি করে উদ্ভিদের বিজ্ঞানসম্মত নাম লিখুন।

13.5 উত্তরমালা (Answers)

I. বহু নির্বাচনী প্রশ্নের (MCQ) উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
উত্তর :	c	a	c	a	b	a	d	c	d	a

II. সংক্ষিপ্ত প্রশ্নের উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4	5
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	13.1	13.2	13.2	13.2(i)	13.2(i)

প্রশ্নের সংখ্যা :	6	7	8	9	10
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	13.2(iii)	13.2(iv)	13.2(iv)	13.2(iii & iv)	13.2(i)

III. রচনাধর্মী প্রশ্নের উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	13.2 (i & ii)	13.2 (iii)	13.2 (iv)	13.2 (i – iv)

একক–14 : পশ্চিম হিমালয়ের উদ্ভিদকুল (Flora of Western Himalayas)

গঠন (Structure)

14.0 উদ্দেশ্য (Objectives)

14.1 প্রস্তাবনা (Introduction)

14.2 পশ্চিম হিমালয়ের উদ্ভিদকুল (Flora of Western Himalaya)

14.2.1 পশ্চিম হিমালয়ের অবআল্পীয় কনিফার বনভূমি (Western Himalayan Subapline conifer forests)

14.2.2 পশ্চিম হিমালয়ের আল্পীয় গুল্ম এবং তৃণভূমি (Western Himalayan Alpine shrubs and meadows)

14.2.3 পশ্চিম হিমালয়ের চওড়াপত্রী বৃক্ষের বনভূমি (Western Himalayan broad leaf forests)

14.3 সারাংশ (Summary)

14.4 প্রশ্নাবলী (Questions)

14.5 উত্তরমালা (Answers)

14.0 উদ্দেশ্য (Objectives)

এই এককটি পাঠ করে আমরা নিম্নলিখিত বিষয়গুলি সম্বন্ধে সম্যক ধারণা তৈরি করতে পারব।

- পশ্চিম হিমালয়ের ভৌগলিক অবস্থান এবং এখানকার নদী ও উপনদী সমূহ।
- পশ্চিম হিমালয়ের উদ্ভিদ প্রজাতির সমাহার।
- পশ্চিম হিমালয়ের পাঁচটি পর্বত শ্রেণী অনুযায়ী উদ্ভিদ প্রজাতিরবিন্যাস।

14.1 প্রস্তাবনা (Introduction)

হিমালয় পর্বতমালার পশ্চিম অর্ধ 'পশ্চিম হিমালয়' বলে পরিচিত। ইহা আফগানিস্থানের উত্তরপূর্বস্থ 'বাদাখশান' (Badakshan) থেকে শুরু হয়ে, তাজিকিস্থানের দক্ষিণ অংশ, পাকিস্তান, উত্তর

D: \ Suvendu \ NSOU\NEP/ 5CC-BT-02
Unit- 13-17 \ 2nd Proof \ (Dt. 19.03.2025)

ভারতের জম্মু ও কাশ্মীর, লাদাক এবং হিমাচল প্রদেশ-এর মধ্য দিয়ে বিস্তৃত। পাঞ্জাব অঞ্চলের সিন্ধু নদের পাঁচটি উপনদী বিতস্তা, বিপাশা, ইরাবতী, চন্দ্রভাগা এবং শতদ্রুর (Jhelum, Chenab, Ravi, Beas and Sutlej) উৎপত্তিস্থল এই পশ্চিম হিমালয়।

পশ্চিম হিমালয়ে পাঁচটি পর্বত শ্রেণী রয়েছে—(i) জাসকর পর্বত শ্রেণী গড় উচ্চতা 6000 m (ii) পীরপাঞ্জাল পর্বত শ্রেণী উচ্চতা 1400 m–4100 m (iii) ধন্তলাধর পর্বত শ্রেণী গড় উচ্চতা 3500 m–6000 m (iv) শিবালিক পর্বতশ্রেণীর অংশ উচ্চতা 1500 m–2000 m এবং (v) গ্রেট হিমালয় গড় উচ্চতা 6000 m। পশ্চিম হিমালয়ের ভারতীয় অংশে উত্তর পশ্চিমে সর্বোচ্চ শৃঙ্গা হল নাঙ্গা পর্বত (Nanga Parbat) ইহার উচ্চতা 8126 মিটার।

14.2 পশ্চিম হিমালয়ের উদ্ভিদকুল (Flora of Western Himalaya)

ভৌগোলিক অবস্থান, উচ্চতা, এবং উদ্ভিদ প্রজাতির বিন্যাসের বিভিন্নতায় পশ্চিম হিমালয়ের উদ্ভিদকুল নিম্নলিখিত তিনটি বনভূমি অঞ্চল বা ইকো রিজিয়ন হিসেবে আলোচনা করা হয়েছে।

14.2.1 পশ্চিম হিমালয়ের অবআল্পীয় কনিফার বনভূমি (Western Himalayan Subalpine conifer forests)

ইহা নাতিশীতোষ্ণ কনিফার প্রকৃতির বনভূমি। নেপালের পশ্চিম অংশ, ভারত এবং পাকিস্থানে বিস্তৃত পশ্চিম হিমালয়ের মাঝারি থেকে অতি উচ্চতায় এই বনভূমি দেখা যায়।

এই বাস্তুঅঞ্চল বা ইকোরিজিওনে (Ecoregion) বেশ কয়েক প্রকার বনাঞ্চল দেখা যায়। কিছু কিছু জায়গায় শুধুমাত্র ফার গাছের (*Abies spectabilis*) বিস্তার দেখা যায়। কিছু কিছু জায়গায় ফার এবং ওক গাছের (*Quercus semecarpifolia*) মিশ্র বিস্তার দেখা যায়। আবার আরো কিছু জায়গায় ফার, ওক এবং বার্চ গাছের (*Betula utilis*) একত্রিভবন (assemblage) দেখা যায়। এছাড়াও যত্রতত্র ফার, ব্লু-পাইন (*Pinus wallichiana*) এবং প্রুশ (*Picea smithiana*) নিয়ে গঠিত মিশ্র কনিফার বনাঞ্চল দেখা যায়। সাইপ্রাস (*Cupressus torulosa*) এবং সেড্রাস (*Cedrus deodara*) পশ্চিম হিমালয়ে দেখা যায়। এই অঞ্চলের আরো কিছু উল্লেখযোগ্য কনিফার হল—এবিস পিনড্রো (*Abies pindrow*) এবিস গ্যামব্লী (*A. gamblei*), পাইনাস রক্সবার্জী (*Pinus roxburghii*), পাইনাস জিরারডিয়ানা (*P. gerardiana*), জুনিপার (*Juniperus communis, J. indica, J. recurva*), ট্যাক্সাস (*Taxus contorta, T. wallichiana*), এফিড্রা (*Ephedra gerardiana*) প্রভৃতি।

14.2.2 পশ্চিম হিমালয়ের আল্পীয় গুল্ম এবং তৃণভূমি (Western Himalayan subalpine shrubs and meadows)

নেপাল, ভারত এবং তিব্বত-এ বিস্তৃত পশ্চিম হিমালয়ের অতি উচ্চ পার্বত্য অঞ্চল এবং এখানকার গুল্মরাজি ও তৃণভূমি নিয়ে এই ইকোরিজিওন গঠিত।

আল্পীয় অঞ্চলের নীচের দিকে বৃক্ষ রেখা (tree line) যেখানে শেষ হয় প্রায় সেখান থেকে গুল্ম জাতীয় উদ্ভিদের বিস্তার শুরু হয়। এখানে বিভিন্ন খর্বাকৃতির রোডোডেনড্রন প্রজাতি দেখা যায়। ক্রমে ওপরদিকের ভূমিতে গুল্মজাতীয় উদ্ভিদ কমে আসে এবং আরো ওপরদিকে আল্পীয় তৃণভূমি দেখা যায়। এই আল্পীয় বা অ্যালপাইন তৃণভূমিকে 'বুগিয়ালস' বা 'বাঘিয়ালস' (Bugyals or Bughiyals) বলে। এখানে বিভিন্ন প্রকার বীরুৎ জাতীয় উদ্ভিদ দেখা যায়। যেমন—অ্যানাফ্যালিস (*Anaphalis*), সায়ান্যানথাস (*Cyananthus*), জুরিনিয়া (*Jurinea*), মোরিনা (*Morina*), পোটেনটিলা (*Poteneilla*), জেনসিয়ানা (*Gentiana*), ডেলফিনিয়াম (*Delphinium*), মেকোনপসিস (*Meconopsis*), পেডিকুলারিস (*Pedicularis*), অ্যানিমোন (*Anemone*), অ্যাস্টার (*Aster*), সউসুরিয়া (*Saussurea*), প্রিমুলা (*Primula*), পলাইগোনাম (*Polygonum*), প্রভৃতির বিভিন্ন প্রজাতি। বসন্ত (Spring) এবং গ্রীষ্ম (Summer) কালে এই তৃণভূমি নানা উজ্জ্বল রঙের ফলে ভরে যায়।

ওপরের দিকে পার্বত্য ঢালে ছোট ছোট উদ্ভিদ যেমন—স্যাক্সিফ্র্যাগা (*Saxifraga*), অ্যালিয়াম (*Allium*), এরিওফাইটন (*Eriophyton*), স্টিলারিয়া (*Stellaria*), ক্রিমানথোডিয়াম (*Cremanthodium*) প্রভৃতির নানা প্রজাতি বড় বড় পাথরের চাঁই (boulder)-এর ওপর কিংবা ছোট ছোট আলগা নুড়ি পাথরের (scree) ওপর জন্মায়।

এলপাইন অঞ্চলের শুষ্ক প্রান্তরে ক্যারাগানা পিগমায়া (*Caragana pygmaea*), ক্যারাগ্যানা জিরারডিয়ানা (*Caragana gerardiana*) লনিসেরা স্পাইনোসা (*Lonicera spinosa*), জুনিপেরাস স্কোয়ামাটা (*Juniperus squamata*), জুনিপেরাস ইন্ডিকা (*Juniperus indica*), এফিড্রা জিরারডিয়ানা (*Ephedra gerardiana*), বার্বেরিস (*Berberis* sp.) প্রভৃতি বিস্তৃর্ণ অঞ্চল জুড়ে দেখা যায়।

14.2.3 পশ্চিম হিমালয়ের চওড়াপত্রী বৃক্ষের বনভূমি (Western Himalayan broad leaf forests)

নেপাল, ভারত ও পাকিস্তানের মধ্যে বিস্তৃত পশ্চিম হিমালয়ের অংশে মাঝামাঝি উচ্চতায় এই ইকোরিজিওন-এ নাতিশীতোষ্ণ চওড়াপত্রী বৃক্ষের বনভূমি দেখা যায়। এদের পাতা সূচালো না হয়ে চ্যাপ্টা ও চওড়া প্রকৃতির হয়। এই বনাঞ্চলকে দুইভাগে ভাগ করা যায়। (i) চিরহরিৎ বৃক্ষের বন এবং (ii) পর্ণমোচী বৃক্ষের বন।

(i) চিরহরিৎ বৃক্ষের বনাঞ্চল (Evergreen forests) : এই বনাঞ্চলের উল্লেখযোগ্য প্রকট (dominant) উদ্ভিদ হল বিভিন্ন প্রজাতির 'ওক' (*Quercus semecarpifolia, Q. leucotrichophora, Q. floribunda, Q. lanata, Q. glauca* এবং *Q. baloot*)। এই ওক প্রধান বনাঞ্চল পশ্চিম হিমালয়ের সিক্ত দক্ষিণ ঢাল বরাবর দেখা যায় যেখানে অপেক্ষাকৃত বেশী বৃষ্টিপাত হয়। এই বনাঞ্চলে লউরেসী (Lauraceae) গোত্রের নানা প্রজাতি যেমন ম্যাচিলাস ওডোরোটিসিমাস (*Machilus odoratissimus*), লিটসিয়া আমব্রোসা (*Litsea umbrosa*), লিট্‌সিয়া ল্যানুজিনোসা (*L. lanuginosa*), ফোবে (*Phoebe* sp.) ইত্যাদি। এই বনভূমির তলদেশে বিভিন্ন প্রকার মস, ফার্ন ও পরাশ্রয়ী উদ্ভিদের ঘন একত্রিভবন (rich assemblage) দেখা যায়। অধিকতর শুষ্ক এবং উচ্চতর উত্তরের পার্বত্য ঢালে বিভিন্ন প্রকার কনিফার যেমন—এবিস (*Abies*), পিসিয়া (*Picea*), সেড্রাস (*Cedrus*) এবং পাইন (*Pinus*)-এর বিভিন্ন প্রজাতি সাফল্যের সঙ্গো বৃদ্ধি পায় ও বসবাস করে। এখানে এক প্রকার 'বুনো অলিভ' (*Olea cuspidata*) প্রচুর দেখা যায়।

(ii) পর্ণমোচী বৃক্ষের বনাঞ্চল (Deciduous Forests) : গণ্ডকী নদীর (Gandaki River) পশ্চিম দিকে এই বনাঞ্চল দেখা যায়। এই বনাঞ্চলের উল্লেখযোগ্য উদ্ভিদ হল—এসক্যুলাস ইন্ডিকা (*Aesculus indica*), আখরোট (*Juglans regia*), কার্পিনাস ভিমিনিয়া (*Carpinus viminea*), অ্যালনাস নেপালেনসিস (*Alnus nepalensis*) এবং বিভিন্ন প্রজাতির ম্যাপেল (*Acer caesium, A. acuminatum, A. cappadocicum, A. oblongum*) প্রভৃতি। ঘাঘারা নদীর (*Ghaghara River*) উপর দিককার (Upper elevation) উপত্যকায় শুষ্কতর অঞ্চলে পপুলাস সিলিয়েটা (*Populus ciliata*) আলমাস ওয়ালিচিয়ানা (*Ulmus wallichiana*), করিলাস কলার্না (*Corylus colurna*) প্রভৃতি প্রচুর দেখা যায়। নদীর কিনারা বরাবর হিমালয়ান ভূর্জজাতীয় বৃক্ষ (*Alnus nitida*) বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

14.3 সারাংশ (Summary)

এই এককে পশ্চিমে হিমালয়ের উদ্ভিদ প্রজাতির বিন্যাসের বিবরণ দেওয়া হয়েছে। পশ্চিম হিমালয় আফগানিস্থানের উত্তরপূর্বস্থ 'বাদাখশান' থেকে শুরু হয়ে তাজিকাস্তানের দক্ষিণ অংশ, পাকিস্তান, উত্তর ভারতের জম্মু ও কাশ্মীর, লাদাখ এবং হিমালচ প্রদেশ-এর মধ্য দিয়ে বিস্তৃত। পশ্চিম হিমালয়ের উদ্ভিদ সমাহারকে তিনটি ভাগে ভাগ করা হয়েছে—পশ্চিম হিমালয়ের অব-আল্পীয় কনিফার বনভূমি, পশ্চিম হিমালয়ের আল্পীয় গুল্ম এবং তৃণভূমি, পশ্চিম হিমালয়ের চওড়াপত্রী বৃক্ষের বনভূমি। প্রতিটি ভাগের উল্লেখযোগ্য উদ্ভিদ প্রজাতিগুলি লিপিবন্ধ করা হয়েছে।

14.4 প্রশ্নাবলী (Questions)

I. বহু নির্বাচনী প্রশ্ন (MCQ) :

1. পশ্চিম হিমালয়ের ভারতীয় অংশের সর্বোচ্চ পর্বত শৃঙ্গ হল—
   (a) মাউন্ট এভারেস্ট (b) K_2 (c) বাদাখশান (d) নাঙ্গা পর্বত
2. পশ্চিম হিমালয়ের অন্তর্ভুক্ত নয় যে পর্বতশ্রেণী—
   (a) পীরপাঞ্জাল (b) ধওলাধর (c) শিঙ্গানিলা (d) শিবালিক
3. পশ্চিম হিমালয়ের অব-আল্পীয় কনিফার বনভূমির প্রকৃতি হল—
   (a) নাতিশীতোষ্ণ (b) উষ্ণমণ্ডলীয় (c) অবউষ্ণমণ্ডলীয় (d) অ্যালপাইন
4. পশ্চিম হিমালয়ের গুল্ম জাতীয় উদ্ভিদ ও তৃণভূমি দেখা যায় যে অঞ্চলে—
   (a) উষ্ণমণ্ডলীয় অঞ্চল (b) আল্পীয় অঞ্চল
   (c) নাতিশীতোষ্ণ অঞ্চল (d) অবউষ্ণমণ্ডলীয় অঞ্চল
5. অ্যালপাইন অঞ্চলের শুষ্ক প্রান্তরে যে উদ্ভিদ দেখা যায় না—
   (a) ক্যারাগানা পিগমা (b) জুনিপেরাস স্কোয়ামাটা
   (c) লনিসেরা স্পাইনুলোসা (d) টেকটোনা গ্রান্‌ডিস্‌
6. পশ্চিম হিমালয়ের গণ্ডকী নদীর পশ্চিম দিকে এই বনাঞ্চল দেখা যায়—
   (a) চওড়াপত্রী চিরহরিৎ বৃক্ষের বনভূমি (b) আল্পীয় গুল্ম ও তৃণভূমি
   (c) চওড়াপত্রী পর্ণমোচী বৃক্ষের বনভূমি (d) অব আল্পীয় কনিফার বনভূমি

II. সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলী ঃ

1. পশ্চিম হিমালয়ের প্রধান বনভূমিগুলির নাম লিখুন।
2. পশ্চিম হিমালয়ের অব আল্পীয় অঞ্চলের বনভূমির প্রকৃতি এবং এখানকার দুইটি উদ্ভিদের নাম লিখুন।
3. পশ্চিম হিমালয়ের আল্পীয় অঞ্চলের চারটি বীরুৎজাতীয় উদ্ভিদের নাম লিখুন।
4. পশ্চিম হিমালয়ের অ্যালপাইন অঞ্চলের শুষ্ক প্রান্তরের চারটি উদ্ভিদের নাম লিখুন।
5. পশ্চিম হিমালয়ের কোন পরিবেশে চিরহরিৎ বৃক্ষের বনাঞ্চল এবং পর্ণমোচী বৃক্ষের বনাঞ্চল দেখা যায়?
6. চওড়াপত্রী চিরহরিৎ বৃক্ষ এবং চওড়াপত্রী পর্ণমোচী বৃক্ষের দুইটি করে উদাহরণ লিখুন।

III. রচনাধর্মী প্রশ্ন ঃ

1. পশ্চিম হিমালয়ের বিভিন্ন বনাঞ্চলের অবস্থান, প্রকৃতি এবং দুইটি করে উদ্ভিদের বিজ্ঞানসম্মত নাম লিখুন।
2. পশ্চিম হিমালয়ের আল্পীয় গুল্ম ও তৃণভূমির উদ্ভিদকূলের সংক্ষিপ্ত বিবরণ লিখুন।
3. পশ্চিম হিমালয়ের চওড়াপত্রী বৃক্ষের বনভূমির উদ্ভিদকূলের সংক্ষিপ্ত বিবরণ লিখুন।

15.5 উত্তরমালা (Answers)

I. বহু নির্বাচনী প্রশ্নের (MCQ) উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4	5	6
উত্তর :	d	c	a	b	d	c

II. সংক্ষিপ্ত প্রশ্নের উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4	5	6
উত্তর :	14.2	14.2.1	14.2.2	14.2.2	14.2.3	14.2.3

III. রচনাধর্মী প্রশ্নের উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3
উত্তর :	14.2	14.2.2	14.2.3

একক–15 : সুন্দরবনের উদ্ভিদকুল (Flora of Sundarbans)

গঠন (Structure)

15.0 উদ্দেশ্য (Objectives)

15.1 প্রস্তাবনা (Introduction)

15.2 প্রকৃতিগতভাবে সুন্দরবনের উদ্ভিদের মুখ্য প্রকারভেদ (Major types of plants of Sundarbans by nature)

15.3 সুন্দরবন অঞ্চলের লবণাক্ত পরিবেশে উদ্ভিদের মুখ্য অভিযোজন (Primary adap tations of plants against the saline environment of Sundarbans)

15.4 সুন্দরবনের উল্লেখযোগ্য কিছু উদ্ভিদ প্রজাতি (Some important plant species of Sundarbans)

15.5 সারাংশ (Summary)

15.6 প্রশ্নাবলী (Questions)

15.7 উত্তরমালা (Answers)

15.0 উদ্দেশ্য (Objectives)

এই এককটি পাঠ করে আমরা নিম্নলিখিত বিষয়গুলি সম্বন্ধে সম্যক ধারণা তৈরি করতে পারব।

- সুন্দরবনের দ্বীপগুলির বিস্তার ও ম্যানগ্রোভ অরণ্যের অবস্থিতি।
- সুন্দরবনের গাছগুলির প্রকৃতগত ভাগ।
- লবণাক্ত পরিবেশে মুখ্য অভিযোজন।
- সুন্দরবনের উল্লেখযোগ্য উদ্ভিদ প্রজাতির নাম।

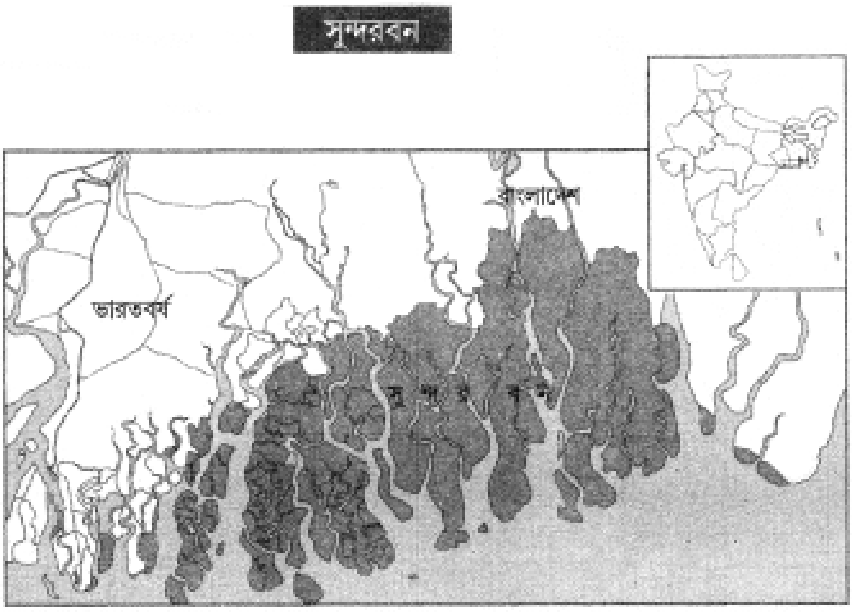
15.1 প্রস্তাবনা (Introduction)

সুন্দরবন নিম্নগাঙ্গোয় উপত্যকায় বঙ্গোপসাগরের সংযোগস্থলে অবস্থিত বৃহত্তম ব-দ্বীপপুঞ্জ (Delta)। সুন্দরবনের দ্বীপগুলি পশ্চিমবঙ্গ ও বাংলাদেশে বিস্তৃত। 10,000 বর্গকিমি আয়তন বিশিষ্ট

D: \ Suvendu \ NSOU\NEP/ 5CC-BT-02
Unit- 13-17 \ 2nd Proof \ (Dt. 19.03.2025)

এই অঞ্চলে পৃথিবীর বৃহত্তম লবণাম্বু উদ্ভিদের বা ম্যানগ্রোভ অরণ্য অবস্থিত। পশ্চিমবঙ্গের উত্তর চব্বিশ পরগনা, দক্ষিণ চব্বিশ পরগনা ও মেদিনীপুরের কিছুটা অংশ নিয়ে সুন্দরবনের বনাঞ্চলটি গঠিত। এই অরণ্যের 40 শতাংশ ভারতে এবং 60 শতাংশ বাংলাদেশে অবস্থিত। সুন্দরবন ও সুন্দরবনের জাতীয় উদ্যান UNESCO WORLD HERITAGE SITE এর তালিকাভুক্ত করা হয়েছে। এই অরণ্যের প্রধান নদ-নদীগুলি হল ইছামতী, মাতলা, রায়মঙ্গাল, গোসাবা, সপ্তমুখী প্রভৃতি। সুন্দরবন কর্কটক্রান্তির সামান্য দক্ষিণে অবস্থিত। এখানকার গড় সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন তাপমাত্রা যথাক্রমে 31°C ও 13.7°C। বছরে গড় বৃষ্টিপাত 165 cm ও গড় আপেক্ষিক আর্দ্রতা 90 শতাংশের কাছাকাছি। সুন্দরবনের মৃত্তিকা লবণাক্ত ও বালির ভাগ বেশি। এখানকার মাটিতে নাইট্রোজেনের পরিমাণ কম ও হিউমাস প্রায় অনুপস্থিত।

অতিরিক্ত লবণের কারণে এখানকার মৃত্তিকাস্থিত জল উদ্ভিদের স্বাভাবিক শারীরবৃত্তীয় প্রক্রিয়ায় মূল দ্বারা শোষণযোগ্য নয়। তাই এই মৃত্তিকাকে শারীরবৃত্তী শুষ্ক মৃত্তিকা (Physiologically dry soil) বলে। অধিকাংশ উদ্ভিদই এই মৃত্তিকায় বিশেষভাবে অভিযোজিত। ডেভিড প্রেইন (David Prain, 1903) এই অঞ্চলে 224টি গণ ও 334টি প্রজাতির গাছের নাম উল্লেখ করেন।



চিত্র 15.1 : সুন্দর বনাঞ্চলের মানচিত্র

সুন্দরবনের প্রধান দ্বিবীজপত্রী উদ্ভিদের গোত্রগুলি হল লেগুমিনোসি (Leguminosae), ইউফরবিয়েসি (Euphorbiaceae), ভার্বিনেসি (Verbenaceae), মালভেসি (Malvaceae), রুবিয়েসি (Rubiaceae),

D: \ Suvendu \ NSOU\NEP/ 5CC-BT-02
Unit- 13-17 \ 2nd Proof \ (Dt. 19.03.2025)

অ্যাকানথেসি (Acanthaceae), রাইজোফোরেসি (Rhizophoraceae), অ্যাভিসিনিয়েসি (Avicenniaceae) প্রমুখ।

চিত্র 15.2 : সুন্দরবনের ম্যানগ্রোভ বনাঞ্চল

একবীজপত্রী প্রধান উদ্ভিদগোত্রগুলি হল—পোয়েসি (Poaceae), সাইপারেসি (Cyperaceae), এরিকেসি (Arecaceae) ও অর্কিডেসি (Orchidaceae)। সেন ও সহকারী বিজ্ঞানীরা (Sen et al, 2010) সুন্দরবন অঞ্চলে 31টি ফার্ন জাতীয় উদ্ভিদের উল্লেখ করেন। সুন্দরবনের দুটি প্রধান পাম জাতীয় উদ্ভিদ হল গোলপাতা (*Nypa fruticans*) ও হেঁতাল (*Phoenix paludosa*)।

ভারতবর্ষে সুন্দরবনের গুরুত্ব অপরিসীম। এখানকার ম্যানগ্রোভ অরণ্য সামুদ্রিক ঝড়ঝঞ্ঝা এবং ভূমিক্ষয় থেকে আভ্যন্তরীণ ভূখণ্ডকে রক্ষা করে। সুন্দরবন বহু সংকটাপন্ন প্রাণী যেমন রয়েল বেঙ্গাল টাইগার, গাঙ্গেয় ও ইরাবতী ডলফিন, নোনাজলের কুমির এবং বিলুপ্ত প্রায় রিভার টেরাপাইন (river terrapine)-এর বাসস্থান। এছাড়াও এখানে নানা বনজ সম্পদ স্থানীয় মানুষের জীবীকার উৎস।

15.2 প্রকৃতিগতভাবে সুন্দরবনের উদ্ভিদের মুখ্য প্রকারভেদ (Major types of plants of Sundarbans by nature)

1. অনুপকূলবর্তী উদ্ভিদ (Non-littoral plants) : বোলা *(Hibiscus tiliaceus)*, রক্তকরবী *(Nerium indicum)*, নিসিন্দা *(Vitex negundo)*।

2. পরাশ্রয়ী (Epiphytes) : মানদালা *(Viscum orientale)*, মকরদানা *(Dischidia nummularia)*।

3. শারীরবৃত্তীয় শুষ্ক মৃত্তিকার জন্য জাঙ্গাল উদ্ভিদ (Xerophyte) : হার-গোঁজা *(Acanthus ilicifolius)*; ছাগলকুরী *(Ipomoea pes-caprae)*।

4. অর্ধ-নিমজ্জিত (Submerged) উদ্ভিদ : দিনে দুবার জোয়ারের সময় গাছের অনেকটাই লবণাক্ত জলে নিমজ্জিত হয়ে থাকে এই সকল উদ্ভিদ, *(Excoecaria agallocha)* (গেওয়া), *(Phoenix paludosa)* (হেঁতাল) প্রভৃতি।

5. আদর্শ ম্যানগ্রোভ উদ্ভিদ (Typical mangrove plant) : গেরুয়া শাক *(Suaeda maritima)*, বোড়া *(Rhizophora mucronata)*, গর্জন *(Rhizophora apiculata)*, কেওড়া *(Sonneratia apetala)*।

6. কাষ্ঠল লতানো উদ্ভিদ (Lianas) : আলকুশি *(Mucuna gigantea)*।

7. একবীজপত্রী উদ্ভিদ (Monocot plants) : ধানি ঘাস *(Oryza coarctata)*, হোগলা *(Typha angustata)*, গোলপাতা *(Nypa fruticans)*।

15.3 সুন্দরবন অঞ্চলের লবণাক্ত পরিবেশে উদ্ভিদের মুখ্য অভিযোজন (Primary adaptations of plants against the saline environment of Sundarbans)

সমুদ্র উপকূলবর্তী এই অঞ্চলের মাটি সাধারণত কর্দমাক্ত এবং জল লবণাক্ত। ফলে জলের প্রাচুর্য থাকা সত্ত্বেও লবণের ভাগ বেশি থাকার কারণে এখানে কিছু কিছু উদ্ভিদেরা নিজেদের শারীরবৃত্তীয় কাজের জন্য প্রয়োজনীয় জল সংগ্রহ করতে পারে না। সেই কারণে তাদের অস্তিত্ব বজায় রাখার জন্য প্রকৃতিতে ওই সকল উদ্ভিদের মধ্যে কিছু কিছু অভিযোজনগত বৈশিষ্ট্য দেখা যায়, যেমন শ্বাসমূল, জরায়ুজ অঙ্কুরোদ্গম, ঠেসমূল ইত্যাদি। সুন্দরবনের এই ধরনের লবণাক্ত মাটিকে শারীরবৃত্তীয় শুষ্ক মৃত্তিকা বলে (Physiologically dry soil)।

এখানকার মাটি বেশি লবণাক্ত হওয়ার কারণে উদ্ভিদের শ্বাসকার্যের অসুবিধা হয়, ফলে শ্বাসকার্য সম্পন্ন করার জন্য কিছু কিছু উদ্ভিদের শ্বাসমূল (pneumatophores) মাটি ফুঁড়ে মাটির উপর চলে আসে। এই শ্বাসমূলগুলি অসংখ্য শ্বাসছিদ্র থাকায় শ্বাসকার্যে সুবিধা হয়। আবার, লবণাক্ত কর্দম মাটিতে বীজের অঙ্কুরোদ্গমের অসুবিধার জন্য কিছু কিছু লবণাম্বু উদ্ভিদ প্রজাতিতে যেমন, রাইজোফোরা মিউক্রোনাটা, রাইজোফোরা এপিকুলেটা, ব্রুগুইয়েরা জিমনোরাইজা, সেরিওপস্ রক্সবার্জিয়ানা, ক্যানডেলিয়া রেইডি প্রভৃতি রাইজোফোরেসীর উদ্ভিদ এবং নিপা ফ্রুটিক্যান্স ও ফোনিক্স প্যালুডোসা, এরিকেসীর উদ্ভিদ দুইটিতে ভিভিপেরী (vivipary) বা জরায়ুজ অঙ্কুরোদ্গম দেখা যায়। এক্ষেত্রে গাছে থাকাকালীনই ফলের

মধ্যে বীজের অঙ্কুরোদ্গম শুরু হয়। সর্বপ্রথম ভ্রূণমূল নির্গত হয় এবং অবশেষে ভ্রূণমূলটি (radicle) দীর্ঘ, শক্ত, সরল, স্থূল ও সূচাঁলো অগ্রভাগ সম্পন্ন বীজপত্রাবকাণ্ডে (hypocotyl)-এ পরিণত হয়। এই অবস্থায় ফল উদ্ভিদের শাখা থেকে খসে পড়ে। সুগঠিত বীজপত্রাব কাণ্ডের সাহায্যে ইহা কর্দমাক্ত মাটির মধ্যে পুঁতে যায় এবং তাড়াতাড়ি অপরিণত চারাটিকে মাটিতে প্রতিষ্ঠিত করে। এরপর ভ্রূণমুকুল (Plumule) নির্গত হয় এবং ধীরে ধীরে সেখানেই উদ্ভিদটি বেড়ে ওঠে।

গর্জন (*Rhizophora* sp., কেয়া (*Pardanus* sp.) প্রভৃতি কিছু উদ্ভিদের কান্ডের নিচের দিকের পর্বগুলি থেকে বেশ কিছু সংখ্যক দৃঢ় অস্থানিক মূল নির্গত হয়ে তীর্যকভাবে নিম্নমুখী বৃদ্ধি পেতে থাকে। এদের নরম অসন্থ ভাজক কলা যৌগিক মূলত্র (multiple root cap) দ্বারা সুরক্ষিত থাকে। এই মূলগুলি অবশেষে অনেকটা জায়গা জুড়ে কর্দম মাটির গভীরে প্রবেশ করে এবং সমগ্র উদ্ভিদকে যান্ত্রিক সহায়তা প্রদান করে। এই মূলগুলি ঠেস মূল নামে পরিচিত। এই মূলগুলির অনেকটা কর্দম মাটির ওপরে থাকার কারণে জোয়ারের সময় ব্যতিরেকে দিনের অধিকাংশ সময় মূলের বায়ু চলাচলে সাহায্য করে।

ঠেস মূল ছাড়াও স্তম্ভ মূল ও বাট্রিস মূল (prop root and root butrices) সুন্দরবনের অনেক ম্যানগ্রোভ উদ্ভিদের যান্ত্রিক সহায়তা প্রদান করে।

15.4 সুন্দরবনের উল্লেখযোগ্য কিছু উদ্ভিদ প্রজাতি (Some important plant species of Sundarbans)

সুন্দরবন অঞ্চলের লবণাক্ত জলাভূমির ঢালে অ্যাভিসিনিয়া (*Avicennia officinalis*) ও অ্যাকানথাস (*Acanthus ilicifolicus*) উদ্ভিদের প্রাধান্য দেখা যায়। কাদাযুক্ত নদীর তীরে দেখা যায় সোনেরেটিয়া (*Sonneratia apetala*)। ছোটো ছোটো খালের পাড়ে জন্মানো উদ্ভিদ প্রজাতিগুলি হল—অ্যাভিসিনিয়া (*Avicennia alba*), আজিসেরাস (*Aegiceras majus*), ডালবারজিয়া (*Dalbergia spinosa*), সেরিওপস (*Ceriops roxburghiana*), সোনেরেটিয়া (*Sonneratia acida*), হিবিসকাস (*Hibicus tiliaceus*), ক্যান্ডেলিয়া (*Kandelia rheedii*) প্রভৃতি। খুব সরু খালের পাড়ে দেখা যায় "সুন্দরী" (*Heritiera minor*) -এর বন। এর সঙ্গে দেখা যায় নিপা (*Nypa fruticans*), অ্যাকানথাস (*Acanthus ilicifolius*), প্যানডানাস (*Pandanus* sp.) প্রভৃতি।

নদীর মোহনায় যেখানে নিয়মিত জোয়ার-ভাঁটা সংঘটিত হয়, সেখানে কাষ্ঠল রোহিনী (Lianas) প্রকৃতির উদ্ভিদ প্রজাতিগুলি দেখা যায় যেমন—ডেরিস (*Derris sinuata*), পানলতা (*Derris uliginosa*), বোলা (*Hibiscus tiliaceus*), মুকুনা (*Mucuna gigantea*), ডিসকিডিয়া (*Dischidia nummularia*), ডালবারজিয়া (*Dalbergia spinosa*), ফিনলেসোনিয়া (*Finlaysonia obovata*) প্রভৃতি। ম্যানগ্রোভ প্রজাতি ছাড়াও এই অঞ্চলের সাধারণ অংশে যে সকল উদ্ভিদ দেখা যায় সেগুলি

হল নিসিন্দা (*Vitex negundo*), হিজল (*Barringtonia acutangula*), রঙ্গন (*Ixora parviflora*), শেওড়া (*Streblus asper*), বেত (*Calamus rotang*), বেল (*Aegle marmelos*), বাবলা (*Acacia arabica*), বাঁদর লাঠি (*Cassia fistula*), ট্রিউয়া (*Trewia nudiflora*), পোঙ্গামিয়া (*Pongamia glabra*) প্রভৃতি।

এই অঞ্চলের উল্লেখযোগ্য পরাশ্রয়ী (epithytic) অর্কিড প্রজাতিগুলি হল চিরহোপেটালাম (*Cirrhopetalum roxburghii*), অ্যাকামপি (*Acampe dentata*), (*A. longifolia*), ওবেরোনিয়া (*Oberonia gammiei*) ইত্যাদি। এর মধ্যে *Cirrhopetalum roxburghii* হল এন্ডেমিক (Endemic) বা স্থানীয় প্রজাতি। পরজীবী (Parasitic) উদ্ভিদ প্রজাতিগুলির মধ্যে রয়েছে—স্বর্ণলতা (*Cuscuta reflexa*), ভিসকাম (*Viscum album, V. orientale*), লোরানথাস (*Loranthus* sp.), ক্যাশিথা (*Cassytha* sp.) ইত্যাদি।

সুন্দরবন অঞ্চলের উদ্ভিদকুলের মধ্যে বিভিন্ন ধরনের ঘাস বিশেষ উল্লেখযোগ্য, যেমন ফ্রাগমাইটিস (*Phragmites karka*), অ্যানড্রোপোগন (*Andropogon intermedius*), ইমপেরাটা (*Imperata arundinacea*), স্যাকারাম (*Saccharum spontaneum*), স্কিরপাস (*Scirpus grossus*), সাইপেরাস (*Cyperus exaltatus*), ক্লাডিয়াম (*Cladium riparium*), মাইরিওস্টাকিয়া (*Myriostachya wightiana*) প্রভৃতি। তবে এই অঞ্চলে সাধারণত কোনও বাঁশ জন্মাতে দেখা যায় না।

এই অঞ্চলের জলজ উদ্ভিদ সমূহের মধ্যে সাধারণত ঝাঁঝি (*Ultricularia* sp.), কলসি (*Ipomoea batatas*), কচুরিপানা (*Eichhornia crassipes*), ন্যাজাস (*Najas* sp.), হাইড্রোক্যারিস (*Hydrocharis* sp.) টোপা পানা (Pistia sp.) ইত্যাদি জন্মাতে দেখা যায়। তবে এই অঞ্চলে সাধারণত লেমনেসি (Lemnaceae) ও নিম্ফিয়েসি (Nymphaeaceae) গোত্রের কোনো উদ্ভিদ দেখা যায় না।

15.5 সারাংশ (Summary)

এই এককে সুন্দরবনের উদ্ভিদ সমাহারের বিবরণ দেওয়া হয়েছে। সুন্দরবন নিম্নগাঙ্গেয় উপত্যকায় বঙ্গোপসাগরের সংযোগস্থলে অবস্থিত বৃহত্তম ব-দ্বীপ পুঞ্জ। এই অঞ্চলে পৃথিবীর বৃহত্তম লবণাম্বু উদ্ভিদের বা ম্যানগ্রোভ অরণ্য অবস্থিত। সুন্দরবন ও সুন্দরবনের জাতীয় উদ্যান UNESCO 'WORLD HERITAGE SITE' এর তালিকাভুক্ত করা হয়েছে। প্রকৃতিগতভাবে সুন্দরবনের গাছগুলিকে কয়েকটি ভাগে ভাগ করা হয়েছে। (i) অনুপকূলবর্ত্তী উদ্ভিদ, (ii) পরাশ্রয়ী, (iii) শারীরবৃত্তীয় শুষ্ক মৃত্তিকার জন্য জাঙ্গাল উদ্ভিদ, (iv) অর্ধনিমজ্জিত, (v) আদর্শ ম্যানগ্রোভ উদ্ভিদ, (vi) কাষ্ঠল লতানো উদ্ভিদ, (vii) একবীজপত্রী উদ্ভিদ। সুন্দরবনে লবাণাক্ত পরিবেশে উদ্ভিদের মুখ্য অভিযোজন এর বৈজ্ঞানিক কারণ বিশ্লেষণ করা হয়েছে। প্রতিটি বিভাগের এবং বিশেষ বিশেষ লবণাম্বু উদ্ভিদের তালিকা দেওয়া হয়েছে।

15.6 প্রশ্নাবলী (Questions)

I. বহু নির্বাচনী প্রশ্ন (MCQ) :

1. নীচে উল্লেখিত যে অঞ্চলটি পশ্চিমবঙ্গের সুন্দরবনের মধ্যে পরে না—
   (a) উত্তর 24 পরগনা (b) দক্ষিণ 24 পরগনা
   (c) হুগলি (d) গঙ্গাসাগর

2. সুন্দরবনের যে উদ্ভিদটির নাম সুন্দরী—
   (a) *Heritiera minor* (b) *Rhizophora mucronata*
   (c) *Sonneratia apetala* (d) *Excoecaria agallocha*

3. যে গোত্রটির উদ্ভিদ সুন্দরবনে দেখা যায় না—
   (a) এরিকেসী (b) অ্যাকান্থেসী (c) রাইজোফোরেসী (d) অ্যাস্টারেসী

4. সুন্দরবনের উল্লেখযোগ্য একটি পামজাতীয় উদ্ভিদ হল—
   (a) *Phoenix sylvestris* (b) *Cacos nucifera*
   (c) *Borassus flabellifer* (d) *Nipa fruticans*

5. সুন্দরবন অঞ্চলের একটি পরাশ্রয়ী উদ্ভিদ হল—
   (a) *Hoya acuminata* (b) *Viburnum acerifolinum*
   (c) *Viscum orientale* (d) *Aeschinanthus acuminatus*

6. সুন্দরবন অঞ্চলের উদ্ভিদে দেখা যায় না যে বৈশিষ্ট্য—
   (a) নিউম্যাটোফোর (b) পর্ণকাণ্ড (c) ভিভিপেরি (d) ঠেঁসমূল

7. ম্যানগ্রোভ উদ্ভিদের জন্য সঠিক বিবৃতিটি হল—
   (a) যে কোন লবনাম্বু উদ্ভিদ মাত্রেই ম্যানগ্রোভ
   (b) উপকূলের জোয়ার প্লাবিত অঞ্চলের উদ্ভিদ
   (c) শারীরবৃত্তিয় শুষ্ক মৃত্তিকায় জন্মানো সকল উদ্ভিদ
   (d) যে কোন কর্দম মৃত্তিকায় জন্মানো উদ্ভিদ

8. লবণাম্বু উদ্ভিদ নয় যেটি—
   (a) *Oryza coarctata* (b) *Typha angustata*
   (c) *Nymphaea nucifera* (d) *Nypa fruticans*

9. নিউমাটোফোরা প্রকৃতপক্ষে—
   (a) পরিবর্তিত মূল (b) পরিবর্তিত কাণ্ড
   (c) পরিবর্তিত বীটপ (d) অঙ্কুরিত জরায়ুজ ভ্রূণ

10. সুন্দরবনাঞ্চলের কাষ্ঠল রোহিনী জাতীয় উদ্ভিদ নয় যেটি—
    (a) *Deris sinuata* (b) *Hibiscus tiliaceous*
    (c) *Discidia nummularia* (d) *Acanthus ilicifolius*

II. সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলী ঃ

1. সুন্দরবনের দুইটি উল্লেখযোগ্য গুরুত্ব লিখুন।
2. সুন্দরবন অঞ্চলের জলবায়ু ও মৃত্তিকার প্রকৃতি লিখুন।
3. সুন্দরবন অঞ্চলের দুইটি করে দ্বিবীজপত্রী এবং একবীজপত্রী উদ্ভিদ গোত্রের নাম লিখুন।
4. সুন্দরবন অঞ্চলের দুইটি পরাশ্রয়ী এবং দুইটি পামজাতীয় উদ্ভিদের বিজ্ঞানসম্মত নাম লিখুন।
5. সুন্দরবনাঞ্চলের ম্যানগ্রোভ উদ্ভিদের কয়েকটি অভিযোজন উল্লেখ করুন।
6. জরায়ুজ অঙ্কুরোদ্গম কি? দুইটি লবণাম্বু উদ্ভিদের উদাহরণ দিন যেখানে ইহা দেখা যায়।
7. সুন্দরবনাঞ্চলের চারটি ঘাস প্রজাতির নাম লিখুন।
8. সুন্দরবন অঞ্চলের চারটি জলজ উদ্ভিদের নাম লিখুন।
9. সুন্দরী, বোড়া, হেঁতাল এবং কেওড়া উদ্ভিদ চারটির বিজ্ঞানসম্মত নাম লিখুন।
10. সুন্দরবন অঞ্চলের ভেঁজা, কর্দম মৃত্তিকাকেও কেন শারীরবৃত্তীয় শুষ্ক মৃত্তিকা বলা হয়?

III. রচনাধর্মী প্রশ্ন ঃ

1. সুন্দবরবন অঞ্চলের ভৌগলিক অবস্থান, জলবায়ু, মৃত্তিকা এবং বনাঞ্চলের প্রকৃতি সংক্ষেপে উল্লেখ করুন।
2. প্রকৃতি অনুযায়ী সুন্দরবন অঞ্চলের উদ্ভিদের বিভিন্ন ভাগগুলি উল্লেখ করুন এবং একটি করে উদাহরণ দিন।
3. সুন্দরবন অঞ্চলের উদ্ভিদের মুখ্য অভিযোজনগুলি সংক্ষেপে লিখুন।

15.7 উত্তরমালা (Answers)

I. বহু নির্বাচনী প্রশ্নের (MCQ) উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
উত্তর :	c	a	d	d	c	b	b	c	a	d

II. সংক্ষিপ্ত প্রশ্নের উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4	5
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	15.1	15.1	15.1	15.4	15.3

প্রশ্নের সংখ্যা :	6	7	8	9	10
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	15.3	15.4	15.4	15.2 & 15.4	15.1

III. রচনাধর্মী প্রশ্নের উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3
উত্তর :	15.1	15.3	15.3

একক–16 : জীববৈচিত্র্য ঃ সংজ্ঞা, মাত্রা, গুরুত্ব, জীববৈচিত্র্য হ্রাসের কারণ, জীববৈচিত্র্যের হটস্পট; আই.ইউ.সি.এন, বিপন্ন প্রজাতিসমূহের লাল তালিকা, ভারতবর্ষের বিপন্ন উদ্ভিদ সমূহ; রেড ডেটা বই (Biodiversity : Definition, levels, importance, causes of depletion of Biodiversity, Biodiversity hotspots; I.U.C.N., Red list of threatened species. Threatened plants of India; Red Data Book)

গঠন (Structure)

16.0 উদ্দেশ্য (Objectives)

16.1 প্রস্তাবনা (Introduction)

16.2 সংজ্ঞা (Definition)

16.3 জীববৈচিত্র্যের স্তরসমূহ (Levels of Biodiversity)

16.4 জৈব বৈচিত্র্যের গুরুত্ব (Importance of Biodiversity)

19.5 জীববৈচিত্র্য হ্রাসের কারণ সমূহ (Causes of depletion of biodiversity)

16.6 জীব বৈচিত্র্যের হটস্পট (Biodiversity Hotspots)

16.6.1 মহাদেশ অনুযায়ী 10টি প্রচণ্ড বিপন্ন বা হটেস্ট হটস্পট সহ 36টি জীববৈচিত্র হটস্পট-এর তালিকা (Continent wise list of 36 Biodiversity hotspots including 10 hottest hotspots)

16.6.2 ভারতবর্ষের জীববৈচিত্র্য হটস্পট (Biodiversity Hotspots in India)

16.7 আই. ইউ. সি. এন. (IUCN)

16.8 লাল তালিকাভুক্ত বিপন্ন প্রজাতির বিভাগ (Red List of threatened species)

16.9 ভারতবর্ষের বিপন্ন উদ্ভিদ (Threatened plants of India)

16.10 সারাংশ (Summary)

16.11 প্রশ্নাবলী (Questions)

16.12 উত্তরমালা (Answers)

D: \ Suvendu \ NSOU\NEP/ 5CC-BT-02
Unit- 13-17 \ 2nd Proof \ (Dt. 19.03.2025)

16.0 উদ্দেশ্য (Objectives)

এই এককটি পাঠ করে আমরা নিম্নলিখিত বিষয়গুলি সম্বন্ধে সম্যক ধারণা তৈরি করতে পারব।

- জীব বৈচিত্রের সংজ্ঞা ও প্রকারভেদ।
- জীববৈচিত্রের গুরুত্ব।
- জীববৈচিত্রের হটস্পট।
- বিভিন্ন মহাদেশে জীববৈচিত্র হটস্পট এবং হটেস্ট হটস্পটগুলির তালিকা।
- ভারতবর্ষের জীববৈচিত্র হটস্পটের তালিকা।
- ভারতবর্ষের বিরল ও বিপন্ন উদ্ভিদ।
- রেড ডাটা বুক।

16.1 প্রস্তাবনা (Introduction)

"বায়োলজিক্যাল ডাইভার্সিটি" (Biological diversity) শব্দটি প্রথম ব্যবহার করেন বিজ্ঞানী রেমন্ড এফ. দাসম্যান (Raymond F. Dasman) 1968-এ তাঁর সংরক্ষণ সংক্রান্ত বই "A different kind of country"-তে। এরপর 'বায়োডাইভার্সিটি' (Biodiversity) শব্দটি ব্যবহার করেন বিজ্ঞানী ই. ও. উইলসন এবং এফ. এম. পিটার্স (E.O. Wilson and F. M. Peters) 1988-এ তাদের সম্পাদিত বই 'বায়োডাইভার্সিটি' (Biodiversity) তে। এতে 1986-এ ওয়াশিংটন-এ অনুষ্ঠিত "ন্যাশনাল ফোরাম অব বায়োলজিক্যাল ডাইভর্সিটি"-এর প্রসেডিংস প্রকাশিত হয়েছিল।

16.2 সংজ্ঞা (Definition)

- W.W.F.-এর উল্লেখ অনুযায়ী জীববৈচিত্র্য বা বায়োডাইভার্সিটি বলতে নানা আকার বা রূপের, নানা স্তরের এবং নানা সমন্বয়ের জীবকূল বোঝায় (Variety of life in all its form, levels and combination)
- ইউনাইটেড নেশানস্ আয়োজিত 1992 সালে রিও ডি জেনেইরোতে পৃথিবী সম্মেলনে (United Nations Earth Summit held at Rio de Janeiro in 1992) জীববৈচিত্র্যের সংজ্ঞা বলতে—স্থল, সমুদ্র এবং অন্যান্য জলজ বাস্তুতন্ত্র নিয়ে সকল স্থানের এবং সমগ্র বাস্তুসংস্থান সমষ্টির অন্তর্গত সকল প্রকার জীবের মধ্যে বিরাজমান পরিবর্তনশীলতাকে (the variability among living organisms from all sources including terrestrial,

marine and other aquatic ecosystems and the ecological complexes of which they are part) বোঝান হয়েছে।

- ভারতবর্ষে প্রণীত বায়োডাইভার্সিটি অ্যাক্ট, 2002-এ জীববৈচিত্র বলতে—সকল বাস্তুসংস্থান সমষ্টির (ecological complex) অন্তর্গত সকল প্রকার জীবের বৈচিত্র্য এবং পরিবর্তনশীলতা বোঝানো হয়েছে। ইহা আন্তঃ প্রজাতি, অন্তর প্রজাতি এবং বিভিন্ন বাস্তুতন্ত্রের মধ্যে বিরাজমান বৈচিত্র সকল অন্তর্ভুক্ত করে।
- সকল ধারণার মূল বক্তব্য অনুযায়ী জীব বৈচিত্র্য বলতে সামগ্রিকভাবে সকল বাস্তুতন্ত্র, সকল প্রজাতি এবং তাদের সমগ্র জিন ভাণ্ডার (gene pool)-এর মধ্যে বিরাজমান বৈচিত্র্যকে বোঝায়।

16.3 জীববৈচিত্র্যের প্রকারভেদ (Types of Biodiversity)

জীব বৈচিত্র্যের প্রধান তিনটি বিভাগ (Three divisions of Biodiversity)

1. জিনগত বৈচিত্র্য (Genetic diversity) :

জীবের সকল বৈশিষ্ট্যের ধারক ও বাহক যেহেতু জিন তাই প্রতিটি ভিন্ন ভিন্ন প্রজাতির জন্য ভিন্ন ভিন্ন জিন সমষ্টি বা জিনোম থাকে। দুইটি ভিন্ন প্রজাতির জিনপুল কখনোই সম্পূর্ণ (100%) সমপাতিত হয় না। তাহাদের বৈসাদৃশ্যের মাত্রার সাথে জিনপুলের সমপাতন (overlapping) -এর মাত্রা কমতে থাকে। তাই কোন বাসস্থানে প্রজাতির সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সাথে সমগ্র জিনপুল (sum total of genes)-এর আকার বৃদ্ধি পেতে থাকে। আবার কোন একটি প্রজাতির অন্তর্গত সকলজীবের সকল চরিত্র একরকম হয় না। এই কারণে একই প্রজাতির অন্তর্গত নানা সদস্যদের মধ্যে বিভিন্নতা দেখা যায়। ইহা অন্তঃ প্রজাতিয় বৈচিত্র্য। অন্তঃপ্রজাতিয় বিভিন্নতার সাথেও কোন একটি প্রজাতির জিনপুল-এর আকার বৃদ্ধি পায়। তাই জিনগত বৈচিত্র্য বলতে আন্তঃপ্রজাতিয় এবং অন্তঃপ্রজাতিয় (interspecific and intraspecific) বৈচিত্র্যের সামগ্রিক দশাকে বোঝায়। বিভিন্ন অন্তঃপ্রজাতিয় গোষ্ঠীর মধ্যে প্রজননগত মিশ্রণ, অভিবাসন (immigration), দুর্বল, বিরল ও সংকটাপন্ন প্রজাতি গোষ্ঠীর যথাযথ সংরক্ষণ, পরিবেশের দীর্ঘস্থায়ী পরিবর্তন, প্রভৃতি কারণে জিনগত বৈচিত্র্য বৃদ্ধি পায়।

2. প্রজাতি বৈচিত্র্য (Species diversity) :

কোন স্থানে অবস্থানরত সকল প্রজাতির জীবের সমষ্টি এবং তাদের সংখ্যার অনুপাত একত্রে সেখানকার প্রজাতি বৈচিত্র্য নির্দেশ করে। বিভিন্ন স্থানে মোট প্রজাতি সংখ্যা বা প্রজাতি প্রাচুর্য (species richness) এবং বিভিন্ন প্রজাতিভুক্ত জীবের সংখ্যার অনুপাতের (ratio of interspecific individuals) নিরিখে প্রজাতি বৈচিত্র্য ভিন্ন ভিন্ন হয়ে থাকে। প্রজাতি সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সাথে সকল প্রজাতির সদস্য যত সুসম ভাবে বিস্তারলাভ করবে (evenness in distribution) সেই অঞ্চলের অধিক সংখ্যক

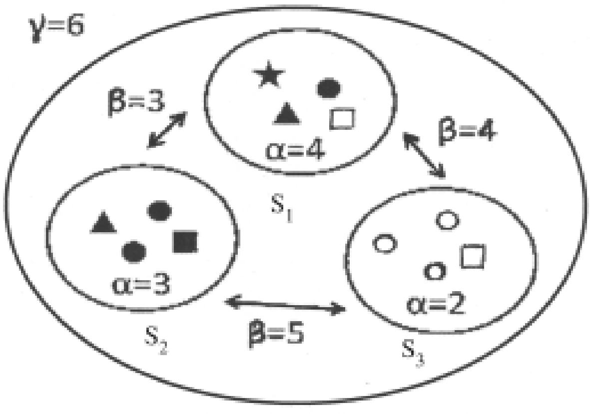
ক্ষেত্রাংশেরএ মধ্যে প্রজাতিগত উপাদানের বিভিন্নতা দেখতে পাওয়া যাবে। এইভাবে সমগ্র অঞ্চলের প্রজাতি বৈচিত্র্য বৃদ্ধি পায়। কোন বিস্তৃর্ণ অঞ্চলের ভূচিত্রের বৈচিত্র্য যত বেশী হবে মৃত্তিকা ও জলবায়ুর আঞ্চলিক বৈচিত্র্য এবং বাস্তুসংস্থানগত বাসস্থানের বৈচিত্র্য ও (diversity of ecological habitats) তত বেশী হবে। আবার সেখানে বিভিন্ন প্রজাতির অভিবাসন যত বেশী হবে প্রজাতি বৈচিত্র্য তত বেশী হবে। একই সাথে দুর্বল, বিরল ও বিপন্ন প্রজাতিগুলির যথাযথ সংরক্ষণ দ্বারা কোন অঞ্চলের প্রজাতি বৈচিত্র বজায় রাখা যায়।

(a) আলফা বৈচিত্র্য (alpha diversity) : ইহা কোন অঞ্চলের প্রজাতি প্রাচুর্য (species richness) অর্থাৎ মোট প্রজাতি সংখ্যা বোঝায়।

(b) বিটা বৈচিত্র্য (Beta diversity) : ইহা দুইটি আলাদা আলাদা অঞ্চলের মধ্যে তুলনামূলক প্রজাতি বৈচিত্র্যকে বোঝায়। অঞ্চল দুইটির আলফা বৈচিত্র বা প্রজাতি প্রাচুর্য যথাক্রমে S_1 এবং S_2 এবং উভয়ের মধ্যে একই প্রকার (common) প্রজাতির সংখ্যা C হলে অঞ্চল দুইটির মধ্যে বিটা বৈচিত্র $= (S_1 - C) + (S_2 - C)$।

(c) গামা বৈচিত্র্য (Gamma diversity) : কোন বিস্তৃর্ণ ভূখণ্ডের ভিন্ন ভিন্ন বাস্তুতান্ত্রিক বাসস্থান (ecological habitats) এবং সেখানে বসবাসকারী সকল প্রকার জীবসম্প্রদায় নিয়ে সামগ্রিক প্রজাতি বৈচিত্র্যকে গামা বৈচিত্র্য বলে। ইহা প্রতিটি বাস্তুতান্ত্রিক বাসস্থানের আলফা বৈচিত্র্য এবং তাহাদের পারস্পরিক বিটা বৈচিত্র্যের সমন্বয়ে গঠিত।

কোন ভূখণ্ডের গামা বৈচিত্র্যের সূচক $= S_1 + S_2 + S_3 - (C_1 + C_2 + C_3)$ যেখানে, S_1, S_2, এবং S_3 হল উদাহরণ হিসেবে নেওয়া তিনটি অঞ্চল-এর আলফা বৈচিত্র্য, C_1, C_2 এবং C_3 হল অঞ্চল তিনটির (অন্যদের সাপেক্ষে) সাধারণ (common) প্রজাতির সংখ্যা। চিত্র 16.1 এ প্রজাতি বৈচিত্র্যের স্তরগুলির সম্পর্ক দেখানো হয়েছে।



চিত্র 16.1 : প্রজাতি বৈচিত্রের তিনটি স্তর α-বৈচিত্র, β-বৈচিত্র এবং γ-বৈচিত্র।

3. বাস্তুতান্ত্রিক বৈচিত্র (Ecosystem diversity) :

কোন নির্দিষ্ট সময়ে কোন অঞ্চলে সকলজীব এবং সেখানকার অজৈব এবং ভৌতপরিবেশের পারস্পরিক ক্রিয়াশীল সম্পর্কে একটি বাস্তুতন্ত্র (ecosystem) গড়ে ওঠে। উষ্ণমণ্ডলীয় বৃষ্টি বনভূমি (tropical rain forest), উপকূলবর্তী জলাভূমির বনানী (coastal wetland forest), প্রবাল দ্বীপ (coral island), তৃণভূমি (grass land), মরুভূমির বনানী, পুকুর, নদী, হ্রদ, সমুদ্র, পাহাড়ের নাতিশীতোষ্ণ চিরহরিৎ বনভূমি, অ্যালপাইন বনাঞ্চল, প্রভৃতি নানা বাস্তুতন্ত্রের উদাহরণ। কোন বিস্তীর্ণ অঞ্চলে একাধিক বাস্তুতন্ত্রের বিভিন্ন বিস্তারস্থল বা নিচ্ এ বসবাসকারী জীবসম্প্রদায় (community) নিয়ে বাস্তুতান্ত্রিক বৈচিত্র্য গড়ে ওঠে। বাস্তুতান্ত্রিক বৈচিত্র্য প্রকৃতপক্ষে জীবসম্প্রদায়ের বৈচিত্র (community diversity) নির্দেশ করে। তাই কোন বিস্তৃর্ণ অঞ্চলের বাস্তুতান্ত্রিক বৈচিত্র্য হ্রাস পেলে সেখানকার জিনগত বৈচিত্র এবং প্রজাতি বৈচিত্র্যও হ্রাস পায়।

16.4 জৈব বৈচিত্র্যের গুরুত্ব (Importance of Biodiversity)

- প্রাকৃতিক ভারসাম্য রক্ষায় জীববৈচিত্র্যের গুরুত্ব অপরিসীম।
- সুরক্ষিত জীববৈচিত্র্য-এর অর্থ সুরক্ষিত জীবনের অস্তিত্ব। সকল জীবের জীবনধারণের অনুকূল পরিবেশে এবং ভূ-প্রকৃতি অক্ষুণ্ণ রাখতে জীববৈচিত্রে ভূমিকা অপরিসীম।
- সকল জীবের সম্পূর্ণ জীবন রসদ (complete resource for living) এর দীর্ঘস্থায়ী সরবরাহ বজায় রাখতে জীববৈচিত্র্য সহায়তা করে।
- পৃথিবীর বিভিন্ন প্রান্তের জীববৈচিত্র্য মানব সভ্যতার স্বাস্থ্য, অর্থনীতি, বিজ্ঞান গবেষণা, বিনোদন প্রভৃতি এককথায় সার্বিক বিকাশের সাথে প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে জড়িত।

16.5 জীববৈচিত্র্য হ্রাসের কারণ সমূহ (Causes of depletion of Biodiversity)

1. জীব বাসস্থান ধ্বংস (destruction of habitats) 2. দুষণ এবং পরিবেশ বিনষ্টকরণ (pollution and environmental degradation), 3. চোরাশিকার (Poaching) 4. পরিবেশে পরিবর্তন (climate change) প্রভৃতি।

16.6 জীব বৈচিত্র্যের হটস্পট (Biodiversity hotspots)

পৃথিবীর বিভিন্ন বাস্তুঅঞ্চলে (endangered ecoregions) উদ্ভিদকূল এবং অসংখ্য সংকটাপন্ন সীমাবদ্ধ জীবপ্রজাতির (threatened endemic species) সংরক্ষণের প্রচেষ্টায় বিজ্ঞানী নরম্যান মায়ার্স

(Norman Myres), 1988 এবং 1990-তে জীববৈচিত্র হটস্পট (Biodiversity hotspot)-এর ধারণা "The Environmentalist" নামক বিজ্ঞান পত্রিকায় (Journal) প্রকাশ করেন। এরপর 2000-এ 'নেচার'-এ (Nature) তার গবেষণা পত্র "Biodiversity hotspots for conservation priorities." অর্থাৎ "সংরক্ষণের গুরুত্ব দিতে জীববৈচিত্র্য হটস্পট"-এর ধারনা প্রকাশ করেন।

মেয়ার সম্পাদিত জীববৈচিত্র্য হটস্পট ম্যাপ-এ অন্তর্ভুক্তির জন্য কোন বাস্তুঅঞ্চলের (ecoregion) 2টি মানদণ্ড অত্যাবশ্যকীয় (strict criteria) হিসেবে গণ্য করেন। (1) এই অঞ্চলগুলিতে ন্যূনতম পৃথিবীর 0.5% বা 1500টি এন্ডেমিক নালীকাবাণ্ডিলযুক্ত উদ্ভিদের প্রজাতি (endemic vascular plant species) থাকতে হবে এবং (2) বিভিন্ন কারণে এই অঞ্চলগুলির প্রাথমিক বনানী-বাসস্থান (Primary habit of vegetation) 70% এর বেশী বিনষ্ট অবস্থা হতে হবে।

মায়ার্স এর মানদণ্ড অনুযায়ী সারা পৃথিবী জুড়ে বর্তমানে 36 টি জীববৈচিত্র্য হটস্পট চিহ্নিত হয়েছে। এই অঞ্চলগুলি পৃথিবীর প্রায় 60 শতাংশ উদ্ভিদ, পাখি, স্তন্যপায়ী, সরীসৃপ এবং উভচর প্রজাতি দেখা যায়। এদের মধ্যে অধিকাংশই এন্ডেমিক প্রজাতি। এদের মধ্যে কোন কোন হটস্পট-এ 15,000 পর্যন্ত এন্ডেমিক প্রজাতি রয়েছে এবং কোন কোন হটস্পট-এর 95% স্বাভাবিক বাসস্থান (natural habitat) বিনষ্ট হয়ে গেছে।

প্রথমে চিহ্নিত 25টি জীববৈচিত্র হটস্পট পৃথিবীর 11.8% ভূপৃষ্ঠ অধিকার করেছিল। ইহা বর্তমানে 36টি তে বৃদ্ধি পেয়ে সমগ্র পৃথিবী পৃষ্ঠের 15.7% অপেক্ষা বেশী অঞ্চল জুড়ে বিস্তৃত। কিন্তু ইহার 85% অঞ্চল বিলুপ্ত হয়ে গেছে। ইহার ফলে পৃথিবীর প্রায় 60% স্থলজ জীব প্রজাতি কেবল মাত্র 2.4% স্থলভূমিতে বসবাস করে।

মায়ার্স-এর মানদণ্ড (Myer's criteria) এবং 2000-এ তাঁর সম্পাদিত হটস্পট ম্যাপ অনুযায়ী মিটারমিয়ার প্রমুখ বিজ্ঞানীরা (Mittermeier et al., 2011)-এ হাইডেলবার্গ 'Springer' বিজ্ঞান পত্রিকায় বিভিন্ন মহাদেশ অনুযায়ী 36টি জীববৈচিত্র্য হটস্পট-এর তালিকা প্রকাশ করেন। সেই সঙ্গে 10টি সবচাইতে বিপন্ন হটস্পট-এর উল্লেখও করেন।

16.6.1 নীচে বিভিন্ন মহাদেশ অনুযায়ী 10টি প্রচণ্ড বিপন্ন হটস্পট (*তারাচিহ্ন নির্দেশিত) সহ 36টি জীববৈচিত্র হটস্পট-এর তালিকা দেওয়া হল :

I. উত্তর এবং মধ্য অ্যামেরিকা (North and Central America) :

1. ক্যালিফোর্নিয়া ফ্লোরিসটিক প্রভিন্স (California Floristic Province)

*2. ম্যাড্রিয়ান পাইন-ওক উডল্যান্ডস্ (Madrian Pine-Oak Woodlands)

3. ক্যারিবিয়ান আইল্যান্ডস (Caribbean Islands)
*4. মেসোঅ্যামেরিকা (Mesoamerica)
5. নর্থ অ্যামেরিকান কোস্টাল প্লেন (North American Coastal Plain)

II. দক্ষিণ অ্যামেরিকা (South America) :

*6. সেরাডো (Cerrado)
7. ট্রপিক্যাল অ্যান্ডেস (Tropical Andes)
*8. অ্যাটলান্টিক ফরেস্ট (Atlantic Forest)
9. চিলিয়ান উইন্টার রেনফল ভ্যালডিভিয়ান ফরেস্ট (Chilean Winter-Rainfall-Valdivian Forests)
10. টাম্বেস-চোকো ম্যাগডালেনা (Tumbes-Choco-Magdalena)

III. এশিয়া প্যেসিফিক (Asia Pacific) :

*11. পূর্ব হিমালয় (Eastern Himalaya)
12. ভারতের পশ্চিমঘাট এবং শ্রীলঙ্কা (Western Ghats of India and Srilanka)
*13. ইন্দোবার্মা, ভারত এবং মায়ানমার (Indo-Burma, India and Mayanmar)
14. নিউ ক্যালেডোনিয়া (New Caledonia)
15. নিউজিল্যান্ড (New Zealand)
*16. পলিনেশিয়া-মাইক্রোনেশিয়া (Polynesia-Micronesia)
17. জাপান (Japan)
18. ইস্ট মেলানেশিয়ান আইল্যান্ডস্ (East Melanesian Islands)
*19. ফিলিপিন্স (Philippines)
20. সুন্দাল্যান্ড (Sundaland)
21. সাইথ-ওয়েস্ট অস্ট্রেলিয়া (South-West Australia)
22. ইস্টার্ন অস্ট্রেলিয়া (Eastern Australia)
23. ওয়ালাসিয়া (Wallacea)
24. অউকেশাস (Aucasus)
25. ইরানো-অ্যানাটোলিয়ান (Irano-Anatolian)
26. মাউন্টেইনস্ অব সাউথ ওয়েস্ট চায়না (Mountains of South West China)

IV. সেন্ট্রাল এশিয়া (Central Asia) :

27. মাউন্টেইন্স অব সেন্ট্রাল এশিয়া (Mountains of Central Asia)

V. ইউরোপ (Europe) :

28. মেডিটেরানিয়ান বেসিন (Mediterranean Basin)

VI. আফ্রিকা (Africa) :

*29. কোস্টাল ফরেস্ট অব আফ্রিকা (Coastal Forests of Africa)

30. ইস্টার্ন আফ্রোমনটেন (Eastern Afromontane)

31. গিনিয়ান ফরেস্ট অব ওয়েস্ট আফ্রিকা (Guinean Forests of West Africa)

32. হর্ন অব আফ্রিকা (Horn of Africa)

33. মাদাগাস্কার অ্যান্ড দ্য ইন্ডিয়ান ওশান আইল্যান্ডস্ (Madagascar and the Indian Ocean Islands)

34. সাকুলেন্ট কারু (Succulent Karoo)

*35. কেপ ফ্লোরাল রিজিয়ন (Cape Floral Region)

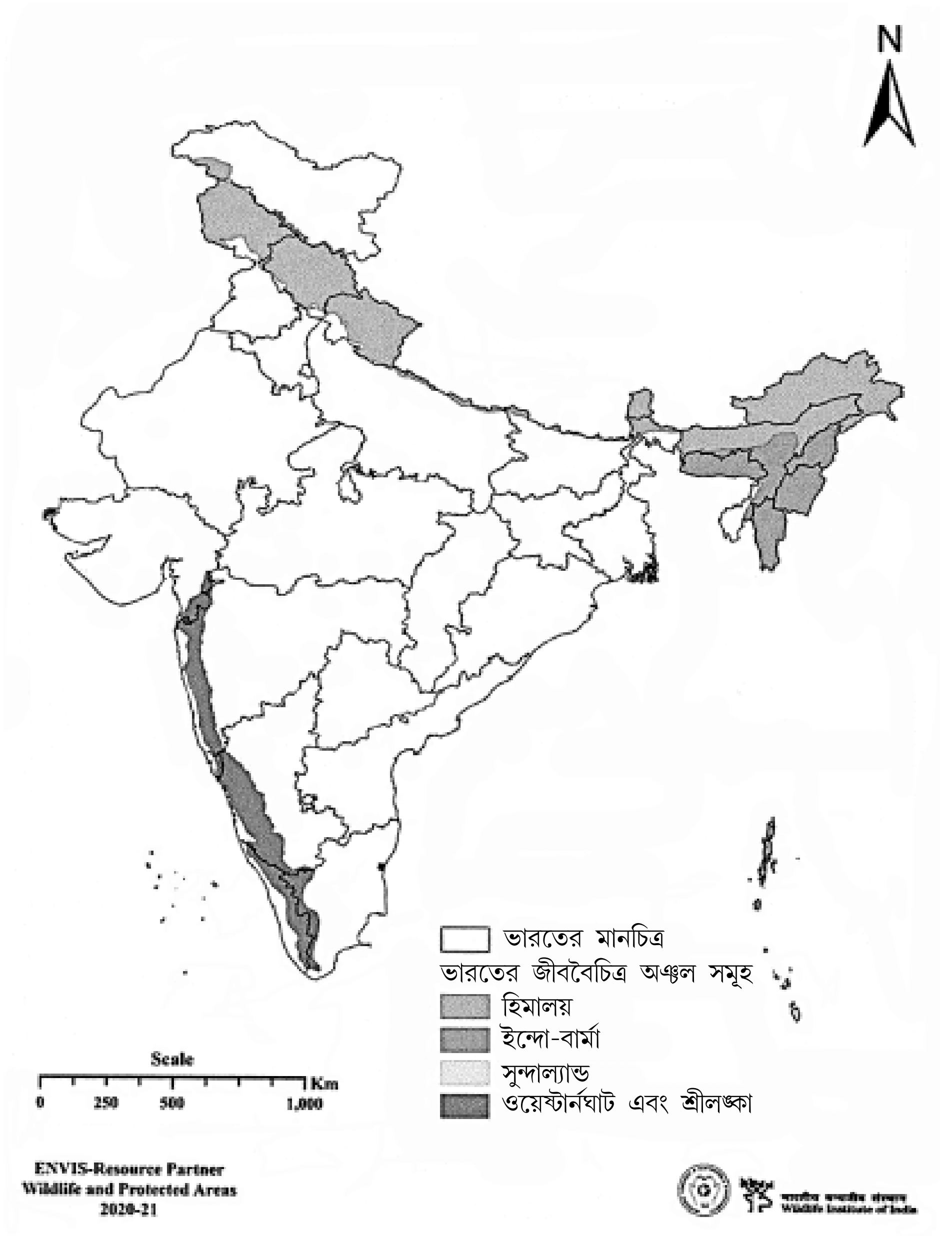
36. ম্যাপুটাল্যান্ড-পন্ডোল্যান্ড-অ্যালবানি (Maputaland-Pondaland-Albuny)

16.6.2 ভারতবর্ষের জীববৈচিত্র হটস্পট (Biodiversity Hotspots in India)

কনজারভেশন ইন্টারন্যাশনাল (Conservation International)-এর তালিকা অনুসারে বিশ্বের 36টি জীববৈচিত্র হটস্পট-এর মধ্যে 4টি ভারতীয় ভূ-খণ্ডের অংশ বিশেষ অন্তর্ভুক্ত করেছে (চিত্র 19.2)। এগুলি হল—

1. পূর্ব-হিমালয় (নেপাল, ভারত, ভুটান, চিন এবং মায়ানমার-এ অবস্থিত হিমালয়)।
2. পশ্চিমঘাট ও শ্রীলঙ্কা (পশ্চিমঘাট এবং শ্রীলঙ্কা)
3. ইন্দো-বার্মা (উত্তর-পূর্ব ভারত এবং মায়ানমার)।
4. সুন্দাল্যান্ডস (নিকোবর দ্বীপপুঞ্জ, ইন্দোনেশিয়া, সিঙ্গাপুর, ব্রুনেই এবং ফিলিপিয়েন্স)।

1. পূর্ব হিমালয় (Eastern Himalaya) : বিস্তৃতি ভারতবর্ষে সিকিম, দার্জিলিং হয়ে উত্তরপূর্ব রাজ্য যেমন উচ্চ আসাম, মেঘালয়, অরুণাচল প্রদেশের লোহিত নদী পর্যন্ত বিস্তৃত। এখানে অনেক গভীর এবং অর্ধবিচ্ছিন্ন উপত্যকা (deep and semi-isolated valleys) পৃথিবীর উচ্চতম পর্বতশৃঙ্গা মাউন্ট এভারেস্ট ছাড়াও বেশকিছু উচ্চ পর্বতশৃঙ্গা যেমন K_2, কাঞ্ঝনজঙ্ঘা, সিঙ্গালিলা পর্বতমালা এখানে অবস্থিত। এখানে 10,000 এর অধিক প্রজাতির উদ্ভিদ রয়েছে যার এক তৃতীয়াংশই এন্ডেমিক প্রকৃতির।



চিত্র 16.2 : ভারতবর্ষের 4টি জীববৈচিত্র হটস্পট

2. পশ্চিমঘাট ও শ্রীলঙ্কা (Western Ghat and Srilanka) : ভারতবর্ষের পশ্চিমঘাট অঞ্চল ভারতীয় উপদ্বীপ (Indian Peninsula)-র পশ্চিম উপকূল বরাবর মহারাষ্ট্র, কর্ণাটক, তামিলনাড়ু ও

কেরালার 1,60,000 বর্গকিলোমিটার বিস্তৃত অংশ নিয়ে গঠিত। অগস্ত্যমালাই পাহাড় (Agasthyamalai hills), সাইলেন্ট ভ্যালি (Silent valley) এবং নিউ অমরামবালাম (New Amrambalam) রিজার্ভ এখানকার তিনটি প্রধান জীববৈচিত্র্য কেন্দ্র।

শ্রীলঙ্কার ভূখণ্ডটি দক্ষিণ ভারতের মূল ভূখণ্ড থেকে 48 কিমি লম্বা, প্রায় 39.6 × 61.7 বর্গকিমি অঞ্চল জুড়ে বিস্তৃত সেতুবন্ধ (Adama bridge) বা শৃঙ্খল সেতু (Chain bridge) দ্বারা সংযুক্ত। এখানকার ভৌগলিক পরিবেশ, জলবায়ু উদ্ভিদের অভিব্যক্তি প্রায় পশ্চিমঘাট অঞ্চলের অনুরূপ। এই হটস্পটে প্রাথমিক উদ্ভিদ অঞ্চলে বিস্তৃত বনাঞ্চলের 22.6% পশ্চিমঘাট অঞ্চলে এবং মাত্র 1.5% শ্রীলঙ্কাতে অবশিষ্ট আছে।

পশ্চিমঘাট ও শ্রীলঙ্কা হটস্পট অঞ্চলে 6000-এরও বেশী ভাস্কুলার উদ্ভিদ প্রজাতি রয়েছে। ইহাদের 52% এর ওপরে এন্ডেমিক উদ্ভিদ।

3. ইন্দোবার্মা অঞ্চল (Indo-Burma Region) : ভারতবর্ষের উত্তরপূর্ব ব্রহ্মপুত্র নদের দক্ষিণাংশ, বাংলাদেশের পূর্ব অংশ, মায়ানমার এবং চীনের ইউনান প্রদেশের দক্ষিণ অংশ প্রভৃতি নিয়ে 2 মিলিয়ন বর্গকিলোমিটার এলাকা জুড়ে বিস্তৃত এই জীববৈচিত্র্য হটস্পট।

এই অঞ্চল জীববৈচিত্র্যে পরিপূর্ণ হলেও বিগত বেশ কিছু দশকে এখানকার জীববৈচিত্র্য বিপন্ন হয়েছে। এই অঞ্চলে 13,500 উদ্ভিদ প্রজাতির মধ্যে প্রায় অর্ধেকই এন্ডেমিক।

4. সুন্দাল্যান্ড (Sundaland) : দক্ষিণ-পূর্ব এশিয়ার দুইটি বৃহৎ দ্বীপপুঞ্জ সুমাত্রা এবং বোর্নিও এবং নিরক্ষীয় অঞ্চলের 17,000 ছোট ছোট দ্বীপপুঞ্জ নিয়ে এই অঞ্চল গঠিত। ভারতবর্ষের নিকোবর দ্বীপপুঞ্জ এই হটস্পটের অন্তর্গত। উপকূলবর্তী বালু-নুড়িময় অঞ্চলে বৃষ্টি অরণ্য (Rain forest) এবং আর্দ্র কর্দমাক্ত স্থানে ম্যানগ্রোভ অরণ্য দেখা যায়। এখানে স্থলজ এবং সামুদ্রিক বাস্তুতন্ত্রে প্রচুর জীববৈচিত্র্য দেখা যায়। সমগ্র হটস্পট অঞ্চল জুড়ে প্রায় 25000 ভাস্কুলার উদ্ভিদ প্রজাতি রয়েছে যার 60% এন্ডেমিক।

16.7 আই. ইউ. সি. এন. (IUCN)

ইন্টারন্যাশনাল ইউনিয়ন ফর কনজারর্ভেশান অব নেচার এন্ড ন্যাচারাল রিসোর্সেস (IUCN) -এর স্পিসিস সার্ভাইবাল কমিশন (SSC) ওয়ার্লড কনজার্ভেশান মনিটরিং সেন্টার (WCMC) এর সহিত যুগ্মভাবে বিশ্বের বিভিন্ন বিপন্ন জীব প্রজাতিসমূহের একটি সর্বাঙ্গীন (comprehensive) তালিকা প্রস্তুত করেন। ইহাই IUCN রেড লিস্ট বা রেড ডাটা বুক হিসেবে পরিচিত।

সকল জীব প্রজাতির লক্ষ্যে বিশ্ব সংরক্ষণের অবস্থান (status) নির্দেশিত সবচাইতে বিস্তৃত (most comprehensive inventory) এই রেড ডাটা বুক। তাই ইহা প্রকৃতপক্ষে বিপন্ন উদ্ভিদ এবং প্রাণী

প্রজাতি সমূহের নথিউৎস বই (source book)। আই. ইউ. সি. এন (IUCN) 1964-এ ইহা প্রথম প্রকাশ করে।

ডঃ রোনাল্ড মেলভিল্লে, 1970 এ যে ডাটা বুক প্রকাশ করেন তাহার আবরণ পাতার (cover page) রং লাল দেওয়া হয়েছিল। সময়ের অগ্রগতির সাথে সাথে আরো অনেক IUCN রেড ডাটা বুক প্রকাশিত হয়েছে। এদের মধ্যে 1978-এ লিউকাস এবং সীনজে (Lucas and Synge) কর্তৃক প্রকাশিত 'IUCN প্লান্ট রেড ডাটা বুক', 1989-এ স্ট্রাহ্ম (Strahm) কর্তৃক প্রকাশিত "দ্য প্লান্ট রেড ডাটা বুক অব রড্রিগস' (The Plant Red Data Book of Rodrigues), 1995-এ IUCN কর্তৃক প্রকাশিত "ড্রাফ্ট IUCN রেড লিস্ট ক্যাটাগোরিস (Draft IUCN Red List categories) বিশেষ উল্লেখযোগ্য। বিভিন্ন বিপন্ন উদ্ভিদের তালিকা "দ্য রেড লিস্ট" প্রথম প্রকাশিত হয় 1997-এ। পরবর্তীতে 2006 থেকে প্রতি বছর দু-বার ইহার সংস্করণ সমূহ (editions) প্রকাশিত হয়ে আসছে। 2020 পর্যন্ত 41415 প্রজাতির উদ্ভিদ ও প্রাণী IUCN রেড লিস্টে অন্তর্ভুক্ত হয়েছে। ইহাদের মধ্যে 16306টি বিপন্ন প্রজাতি প্রায় বিলুপ্তির পথে।

ডঃ এম. পি. নায়ার এবং শাস্ত্রী (1987, 1988, 1990) তিনখণ্ডে তাদের রেড ডাটা বুক এ ভারতবর্ষের 619টি বিপন্ন উদ্ভিদের উল্লেখ করেন।

16.8 লাল তালিকাভুক্ত বিপন্ন প্রজাতির বিভাগ (Red List of threatened species)

বিভিন্ন বিপন্ন প্রজাতির (Threatended species) বিপর্যয়ের অবস্থানিক মান প্রকাশের জন্য রেড ডাটা বুক-এ কতগুলি IUCN বিপন্ন প্রজাতি শ্রেণীর (IUCN threatened categories) উল্লেখ করা হয়েছে। এগুলি হল—

1. অবলুপ্ত (Extinct) বা EX : এই শ্রেণীভুক্ত জীব বার বার খুঁজেও কোন এলাকা থেকে আর পাওয়া যাচ্ছে না। ধরে নেওয়া হয় যে এরা বর্তমানে অবলুপ্ত হয়ে গেছে। উদাহরণ—ক্যাসপিয়ান বাঘ (Caspian tiger), ডোডো (Dodo), অ্যাটলাস ভালুক (Atlas bear) প্রভৃতি।

2. সংকটাপন্ন (Endangered) বা EN : এই সকল প্রজাতি বিলুপ্তির পথে। বর্তমান প্রতিকূল ব্যবস্থা বা ক্রিয়াকলাপ চলতে থাকলে যে কোন সময়ে এরা বিলুপ্ত হয়ে যেতে পারে। প্রাকৃতিক কারণে বা মানুষের ক্রিয়াকলাপের কারণে পরিবর্তিত পরিবেশে এমন পর্যায়ে এসে গেছে যে তাদের প্রাকৃতিক বংশবৃদ্ধি সংকুচিত হয়ে গেছে।

উদাহরণ : এশিয়াটিক হাতি (Asiatic elephants), এশিয়াটিক সিংহ (Asiatic lion), নীল

তিমি (Blue whale) প্রভৃতি প্রাণী এবং আলফালফা আর্বোরিয়া (*Alfalfa arborea*), অ্যান্থোসেরস নেসী (*Anthoceros nessii*), র‍্যামনাস ইনটেগ্রিফোলিয়াস (*Rhamnas integrifolius*) প্রভৃতি উদ্ভিদ।

3. অরক্ষিত বা ভালনারেবল (Vulnerable) বা 'V' : বাসস্থান বিনষ্ট হয়ে যাবার কারণে এবং পরিবেশ পরিবর্তিত হবার কারণে এই সকল প্রজাতি তাদের স্বাভাবিক বন্য বাসস্থান (wild habitat) থেকে ক্রমান্বয়ে বিলুপ্তির পথে এগিয়ে যাচ্ছে।

উদাহরণ : ভারতীয় গণ্ডার (Indian Rhinoceros), রেড পান্ডা (Red Panda), পোলার বিয়ার (Polar Bear) প্রভৃতি প্রাণী এবং অ্যাকাসিয়া কইয়া (*Acacia koaia*), এবিস স্কোয়ামাটা (*Abies squamata*), ক্যালামাস টেনুইস (*Calamus tenuis*) প্রভৃতি উদ্ভিদ।

4. বিরল (Rare) বা 'R' : এই বিভাগের অন্তর্ভুক্ত জীব প্রজাতিরা এখনো উপরের উল্লিখিত শ্রেণীভুক্ত হয়নি। কিন্তু এরা কোন নির্দিষ্ট ভৌগলিক এলাকায় সীমাবদ্ধ হয়ে আসছে। বিস্তৃত অঞ্চলে খুবই স্বল্প সংখ্যায় কেবল বিক্ষিপ্ত ভাবে দেখা যায়।

উদাহরণ : জায়েন্ট পান্ডা (Giant Panda), ওয়াইল্ড ব্যাকট্রিয়ান ক্যামেল (Wild Bactrian Camel), চিতা (Cheetah), ফিলিপাইন ঈগল (Philippine Eagle), মাউই ডলফিন (Maui dolphin) প্রভৃতি প্রাণী এবং রাফ্লেসিয়া আরনল্ডি (*Rafflesia arnoldii*), নিপেনথিস টেনাক্স (*Nepenthes tenax*), অ্যামরফোফ্যালাস টিটানাম (*Amorphophalus titanum*) প্রভৃতি উদ্ভিদ।

5. অনির্ণীত (Indeterminate) বা 'I' : কোন প্রজাতিকে নিশ্চিতভাবে সংকটাপন্ন, অরক্ষিত, বিরল মনে করা হলেও এদের সম্পর্কে নির্দিষ্ট বিপন্ন শ্রেণীতে অন্তর্ভুক্তির মতো পর্যাপ্ত তথ্য জানা নেই।

6. বন্যদশায় অবলুপ্ত (Extinct in the wild) বা EW : এই শ্রেণীভুক্ত প্রজাতিরা বন্য দশায় অবলুপ্ত। কিছু কিছু জীবিত সদস্য কেবল সংগৃহিত অবস্থায় (captivity) বা অঞ্চলীভূত (naturalised) অবস্থায় তাদের প্রকৃত বিস্তার সীমার বাইরে বাঁচিয়ে রাখা হয়েছে।

উদাহরণ : উইওর্মিং ব্যাঙ (Wyoming toad), ক্যাটারিনা কিউআপ মাছ (Catarina Qup Fish) প্রভৃতি প্রাণী এবং করিফা ট্যলিয়েরা (*Corypha taliera*), রোডোডেনড্রন কানেহিরি (*Rhododendron kanehirae*), বেটুলা স্জাফেন (*Betula Szaferi*), ম্যাজিফেরা ক্যাসটাম (*Mangifera casturi*) প্রভৃতি উদ্ভিদ।

7. চরম সংকটাপন্ন (Critically Endangered) বা 'CE' : এই সকল প্রজাতি বন্য দশায় (wild condition) চরম সংকটাপন্ন যার ফলে অদূর ভবিষ্যতে এরা বিলুপ্তির পথে।

উদাহরণ : আফ্রিকান বুনো গাধা (African wild Ass), এশিয়াটিক চিতা (Asiatic Cheetah), ঘোরিয়াল (Gharial) প্রভৃতি প্রাণী এবং আইসোইটিস সাইনেনসিস (*Isoetes sinensis*), এবিস নেব্রোডেনসিস (*Abies nebrodensis*), প্যাফিওপেডিয়াম টাইগ্রিনাম (*Paphiopedium tigrinum*),

স্ট্রিকনস টেট্রাগোনা (*Strychnos tetragona*) প্রভৃতি উদ্ভিদ।

8. প্রায় সংকটাপন্ন (Near Threatende) বা 'NT' : এই প্রজাতি সকল অদূর ভবিষ্যত সংকটাপন্ন হয়ে যাবার সম্ভাবনা যুক্ত।

উদাহরণ : এশিয়ান সোনালী বেড়াল (Asian golden cat), জাগুয়ার (Jaguar), সাদা গণ্ডার (White Rhinoceros), লেপার্ড (Leopard) প্রভৃতি প্রাণী এবং অ্যাগাথিস ম্যাক্রোফাইলা (*Agathis macrophylla*), ট্যাক্সাস ব্রেভিফলিয়া (*Taxus brevifolia*), ডায়োস্পাইরস ওয়েজিরেন্সিস (*Diospyros wajirensis*) প্রভৃতি উদ্ভিদ।

9. ন্যুনতম বিবেচনাধীন (Least concern) বা 'LC' : এই সকল প্রজাতির বিপন্নতার সম্ভাবনা খুবই সামান্য (lowest risk)। তাই এরা বিপন্নতার শ্রেণীভুক্তিতে গ্রহণযোগ্য নয়। এদের প্রাচুর্য সর্বত্র দেখা যায়।

উদাহরণ : ইন্ডিয়ান পী ফাউল (Indian Pea Fowl), বেবুন (Baboon), জীরফ (Giraffe), প্লাটিপাস (Platipus), প্রভৃতি প্রাণী এবং এবিস অ্যালবা (*Abies alba*), সেড্রাস ডিওদারা (*Cedrus deodara*), গার্সিনিয়া ওপালা (*Garcinia opala*), কেয়ারকাস ডেনটেটা (*Quercus dentata*) প্রভৃতি উদ্ভিদ।

10. ডেটা অসম্পূর্ণ (Data deficient) বা 'DD' : এই সকল প্রজাতিদের বিপন্নতা সম্পর্কিত নথি অসম্পূর্ণতার কারণে এদের সংকটাপন্নতার মূল্যায়ন করা যায় নি।

11. মূল্যায়ন বিহীন (Not evaluated) বা NE : এই সকল প্রজাতিদের বিপন্নতার নিরীখে কোন মুল্যায়ন হয়নি।

16.9 ভারতবর্ষের বিপন্ন উদ্ভিদ (Rare and threatened plants of India)

ভারতবর্ষের জলবায়ু ভূচিত্র এবং পরিবেশের বিস্তর বৈচিত্র্যের (wide diversity) কারণে ভারতবর্ষের উদ্ভিদসমাহার (Flora) যথেষ্ট সমৃদ্ধ এবং বৈচিত্র্যপূর্ণ। এখানে 15,000-এর ওপর সপুষ্পক উদ্ভিদসহ প্রায় 50,000 বিভিন্ন প্রকার উদ্ভিদ প্রজাতি রয়েছে। নির্বিচারে ধ্বংসের কারণে অনেক প্রজাতিই আজ বিপন্ন হয়ে পড়েছে। দূষণ, বিশ্ব উষ্ণায়ন এবং বাসস্থান বিনষ্টের (global warming and habitat loss) কারণে অনেক উদ্ভিদ প্রজাতি আজ বিলুপ্ত হয়েছে। অনেক উদ্ভিদই আজ বিরল এবং বিপন্ন (rare and endangered)।

আজ থেকে প্রায় কয়েক হাজার বছর আগে পৃথিবীর অরণ্য অঞ্চলের আয়তন ছিল 800 কোটি হেক্টর, যার পরিমান আজ 304.2 কোটি হেক্টর। ভারতবর্ষেও অরণ্যের পরিমাণ কমে এক-তৃতীয়াংশে দাড়িয়েছে। নির্বিচারে এই অরণ্য ধ্বংসের কারণে অনেক প্রজাতি বিলুপ্ত হয়েছে। এছাড়াও আরো অনেক

উদ্ভিদ প্রজাতি আজ বিরল, বিপন্ন কিংবা এখনো বিলুপ্তির পথে। যে সংখ্যা আজ 450-এর ও বেশী এসে দাড়িয়েছে। তাই এদের বিলুপ্তির হাত থেকে বাঁচাতে যথাযথ সংরক্ষণ অতি দ্রুত প্রয়োজন। বেশ কিছু উদ্ভিদ প্রজাতির সংখ্যা ঃ

বর্তমান পরিবেশের সাপেক্ষে ভীষণভাবে কমে গিয়েছে। এরা একটি নির্দিষ্ট ভৌগলিক এলাকায় সীমাবদ্ধ হয়ে পড়েছে। কোন কোন প্রজাতির অল্প কয়েকটি মাত্র উদ্ভিদ বিক্ষিপ্তভাবে ছড়ানো আছে। তাই ইহারা বিরল।

আবার বেশ কিছু উদ্ভিদের বংশবিস্তার প্রাকৃতিক অবস্থায় কিংবা পরিবেশ ধ্বংসের কারণে ক্রমে সীমিত হয়ে আসছে। এর ফলে এরা বর্তমান পরিবেশে যথেষ্ট বিপন্ন এবং যথাযথ ব্যবস্থা দ্বারা সংরক্ষণ না করা হলে এরা খুব অল্প সময়ের মধ্যেই বিলুপ্ত হয়ে যেতে পারে।

নিম্নে ভারতবর্ষের কিছু বিরল ও বিপন্ন উদ্ভিদের নাম উল্লেখ করা হল—

	সাধারণ নাম	**বিজ্ঞানসম্মত নাম**	**বর্তমান অবস্থা**
1.	অগ্নিশিখা	*Gloriosa superba*	বিরল
2.	সর্পগন্ধা	*Rauvolfia serpentina*	বিপন্ন
3.	গিলাফল	*Entada rheedii*	বিপন্ন
4.	পাচক	*Saussura lappa*	বিপন্ন
5.	জটামান্সী	*Nardostachys Jatamansi*	বিপন্ন
6.	চিরতা	*Swertia chirata Buch-Ham*	বিরল
7.	চন্দন	*Santalum album*	বিপন্ন
8.	রক্তচন্দন	*Pterocarpus santalinum*	বিরল
9.	একোনিটাম	*Aconitum heterophyllum*	বিপন্ন
10.	মিল্কওয়ার্ট	*Polygala irregularis*	বিরল
11.	মোয়া বা চিমটে ফার্ণ	*Psilotum nudum*	বিরল
12.	ইবনি	*Diospyros celibica*	বিপন্ন
13.	মালাবার লিলি	*Chlorophytum malabaricum*	বিপন্ন
14.	স্পাইডার ওয়ার্ট	*Belosynapsis vivipara*	বিরল ও বিপন্ন
15.	মালাভূরাম	*Pterospermum reticulatum*	বিরল ও বিপন্ন

16.10 সারাংশ (Summary)

এই এককে জীববৈচিত্র, জীববৈচিত্রের হটস্পট, রেড ডাটা বুক, ভারতবর্ষের বিরল ও বিপন্ন উদ্ভিদ প্রজাতি সমূহের বিবরণ দেওয়া হয়েছে। 1992 সালে রিও ডি জেনেইরোতে অনুষ্ঠিত পৃথিবী সম্মেলনে (Earth Summit) জীববৈচিত্র বলতে—স্থল, সমুদ্র এবং অন্যান্য জলজ বাস্তুতন্ত্র নিয়ে সকল স্থানের এবং সমগ্র বাস্তুসংস্থান সমষ্টির অন্তর্গত সকল প্রকার জীবের মধ্যে বিরাজমান পরিবর্তনশীলতাকে বোঝানো হয়েছে। জীববৈচিত্র্যকে তিনভাগে ভাগ করা হয়েছে—(i) জিনগত বৈচিত্র্য, (ii) প্রজাতি বৈচিত্র এবং (iii) বাস্তুতান্ত্রিক বৈচিত্র। প্রজাতি বৈচিত্র কে আবার তিন ভাগে ভাগ করা হয়েছে—(i) আলফা বৈচিত্র, (ii) বিটা বৈচিত্র এবং (iii) গামা বৈচিত্র। এই বিভিন্ন স্তরের বৈচিত্রের সাথে, জীববৈচিত্রের গুরুত্ব লিপিবদ্ধ করা হয়েছে। এরপরে আসছে জীববৈচিত্রের হটস্পট এর ধারণা। এই ব্যাপারে বিজ্ঞানী মেয়ারের ধারণা বিস্তারিতভাবে আলোচিত হয়েছে। পৃথিবী জুড়ে বর্তমানে 36টি জীববৈচিত্র হটস্পট চিহ্নিতকরা হয়েছে। বিভিন্ন মহাদেশের ও ভারতবর্ষের জীববৈচিত্র হটস্পট গুলি লিপিবদ্ধ করা হয়েছে। রেড ডাটা বুক সম্বন্ধে বিস্তারিত আলোচনা করা হয়েছে। রেড ডাটা বুক-এ লিপিবদ্ধ IUCN নির্ধারিত বিপন্ন প্রজাতি শ্রেণীগুলি হলো—(i) অবলুপ্ত, (ii) সংকটাপন্ন, (iii) অরক্ষিত ও ভালনারেবল, (iv) বিরল, (v) অনির্ণীত, (vi) বন্যদশায় অবলুপ্ত, (vii) চরম সংকটাপন্ন, (viii) প্রায় সংকটাপন্ন, (ix) ন্যূনতম বিবেচনাধীন, (x) ডেটা অসম্পূর্ণ, (xi) মূল্যায়ন বিহীন। সবশেষে ভারতবর্ষের কিছু উল্লেখযোগ্য বিরল ও বিপন্ন উদ্ভিদ প্রজাতির নাম উল্লেখ করা হয়েছে।

16.11 প্রশ্নাবলী (Questions)

I. বহু নির্বাচনী প্রশ্ন (MCQ) :

1. বায়োলজিকাল ডাইভার্সিটি শব্দটি প্রথম ব্যবহার করেন—

   (a) রেমন্ড এফ. দাসম্যান (b) নরম্যান মায়ার

   (c) আর. এ. মিটারমিয়ার (d) ফেডেরিক ক্লিমেন্টস

2. জীববৈচিত্র্য সম্বন্ধে কোন বক্তব্যটি সঠিক নয়?

   (a) সকল স্থান এবং সমগ্র বাস্তুসংস্থানের সকল প্রকার জীবের মধ্যে বিরাজমান পরিবর্তনশীলতা (b) সকল বাস্তুসংস্থান সমষ্টির অন্তর্গত সকল জীবের বৈচিত্র্য ও পরিবর্তনশীলতা

   (c) সকল বাস্তুতন্ত্র, সকল প্রজাতর সমগ্র জিন ভাণ্ডারের মধ্যে বিরাজমান বৈচিত্র্য

   (d) কোন বাস্তুতন্ত্রে ভিন্ন ভিন্ন জীবের বিস্তারের এবং চলাফেরার মধ্যে বিদ্যমান বৈচিত্র্য

3. দুইটি ভিন্ন ভিন্ন প্রজাতির জীবের মধ্যে সাদৃশ্য বৃদ্ধির সাথে যা পর্যবেক্ষণ করা যায়—
   (a) জীনপুল সমপাতনের মাত্রা হ্রাস
   (b) জীনপুল সমাপাতনের মাত্রা বৃদ্ধি
   (c) আন্তঃপ্রজাতিয় প্রতিযোগীতা হ্রাস
   (d) ভিন্নতর বাসস্থান ও খাদ্যাভ্যাস গড়ে ওঠা

4. কোন একটি প্রজাতির জিন পুলের আকার বৃদ্ধি পায় নীচের যে কারণে—
   (a) কোন বাস্তুতন্ত্রে জীব প্রজাতির সংখ্যা বৃদ্ধি পেলে
   (b) আন্তঃপ্রজাতিয় প্রতিযোগীতা বৃদ্ধি পেলে
   (c) অন্তঃপ্রজাতিয় বৈচিত্র্য বৃদ্ধি পেলে
   (d) আন্তঃপ্রজাতিয় বৈচিত্র্য বৃদ্ধি পেলে

5. কোন একটি অঞ্চলের জিনগত বৈচিত্র্য বলতে বোঝায়—
   (a) অন্তঃপ্রজাতিয় বৈচিত্র্য
   (b) আন্তঃপ্রজাতিয় বৈজিত্র্য
   (c) একাধিক জিনপুলের অধিকমাত্রায় সমপাতন
   (d) অন্তঃপ্রজাতিয় এবং আন্তঃপ্রজাতিয় বৈচিত্র্য

6. কোন অঞ্চলের প্রজাতি বৈচিত্র্য নির্ভর করে সেখানকার যে উপাদানের ওপর—
   (a) প্রজাতি প্রাচুর্য
   (b) বিভিন্ন প্রজাতির জীবসংখ্যার অনুপাত
   (c) প্রজাতি প্রাচুর্য এবং সকল প্রজাতির জীবসংখ্যার অনুপাত
   (d) জিনপুলের আকার

7. কোন বিস্তৃর্ণ অঞ্চলের বাস্তুতান্ত্রিক বৈচিত্র্য-এর সঙ্গে সম্পর্ক নেই যে বিষয়ের—
   (a) সেই অঞ্চলের বিভিন্ন বাস্তুতন্ত্রের বিভিন্ন নিচ্-এ বসবাসকারী জীবসম্প্রদায়
   (b) জিনগত বৈচিত্র্য
   (c) প্রজাতি বৈচিত্র্য
   (d) প্রজাতির আকার ও প্রকৃতি

8. আলফা বৈচিত্র্য বলতে বোঝায়—
   (a) কোন অঞ্চলের প্রজাতি প্রাচুর্য
   (b) কোন অঞ্চলের প্রজাতি ঘনত্ব
   (c) কোন অঞ্চলের প্রজাতির বিস্তার
   (d) আলাদা আলাদা দুইটি অঞ্চলের মধ্যে তুলনামূলক প্রজাতি বৈচিত্র্য

9. জীব বৈচিত্র্যের হটস্পট-এর ধারণা প্রথম দিয়েছিলেন যে বিজ্ঞানী—
   (a) ওডাম (b) ক্লিমেন্টস্ (c) মায়ার (d) দাসম্যান

10. নরম্যান মায়ার-এর জীববৈচিত্র্য হটস্পট-এর মানদণ্ডে কোন বাক্যটি সঠিক নয়?
    (a) ন্যূনতম 1500 বৈচিত্র্যের প্রজাতির উপস্থিতি
    (b) ন্যূনতম 1500 নালীকাবান্ডিল যুক্ত এন্ডেমিক প্রজাতির উপস্থিতি
    (c) স্বাভাবিক বাসস্থানের 70%-এর বেশী বিনষ্ট হয়ে গেছে
    (d) এই অঞ্চলগুলি সংরক্ষণের জন্য বিশেষ জোর দেওয়া প্রয়োজন

11. জীব বৈচিত্র্য হটস্পট 'সুন্দাল্যান্ডস'-এর অন্তর্গত ভারতবর্ষের যে অঞ্চলটি—
    (a) আন্দামান (b) অরুণাচল প্রদেশ (c) লাক্ষাদ্বীপ (d) নিকোবর দ্বীপপুঞ্জ

12. এই প্রকার উদ্ভিদের পরিবেশ ধ্বংসের কারণে প্রাকৃতিক অবস্থায় বংশবিস্তার সংকুচিত হয়ে এসেছে যার ফলে এরা বিলুপ্তির পথে—
    (a) বিরল উদ্ভিদ (b) বিপন্ন উদ্ভিদ (c) আঞ্চলিক উদ্ভিদ (d) অরক্ষিত উদ্ভিদ

II. সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলী ঃ

1. বায়োলজিকাল ডাইভার্সিটি এবং বায়োডাইভার্সিটি শব্দ দুইটি যথাক্রমে কোন কোন বিজ্ঞানী কত সালে ব্যবহার করেছিলেন?
2. জীববৈচিত্র্য বলতে কি বোঝায়?
3. জীনগত বৈচিত্র্য কি?
4. আলফা বৈচিত্র্য এবং বিটা বৈচিত্র্য বলতে কি বোঝায়?
5. জীব বৈচিত্র্যের চারটি গুরুত্ব উল্লেখ করুন।
6. জীব বৈচিত্র্য হটস্পটের দুইটি মানদণ্ড কি কি? ইহা কার দ্বারা প্রথম নির্দেশিত হয়েছিল?
7. বর্তমানে জীববৈচিত্র্য হটস্পট এর সংখ্যা কত? সবচাইতে বিপন্ন দুইটি হটস্পট-এর নাম লিখুন।
8. দশটি সবচাইতে বিপন্ন জীববৈচিত্র্য হটস্পটগুলি কোন কোন মহাদেশে অবস্থিত?
9. ভারতবর্ষের বিভিন্ন ভৌগলিক অঞ্চলকে অন্তর্ভুক্তকারী চারটি জীববৈচিত্র্য হটস্পট-এর নাম লিখুন।
10. জীববৈচিত্র্য হটস্পটগুলিতে জীববৈচিত্র্য হ্রাসের চারটি কারণ লিখুন।
11. 'সুন্দাল্যান্ডস' বলতে কোন কোন অঞ্চল বোঝায়? ইহা কেন গুরুত্বপূর্ণ?

12. ভারতবর্ষের চারটি সংকটাপন্ন উদ্ভিদের নাম লিখুন।
13. ভালনারেবল উদ্ভিদ বলতে কি বোঝায়?
14. EN এবং CE-এর অর্থ লিখুন।

III. রচনাধর্মী প্রশ্ন ঃ

1. জীব বৈচিত্র্যের প্রকারভেদ সংক্ষেপে আলোচনা করুন।
2. প্রজাতি বৈচিত্র্যের স্তরগুলি সমীকরণসহ সংক্ষেপে লিখুন।
3. জীববৈচিত্র্য হটস্পট সম্বন্ধে সংক্ষেপে আলোচনা করুন। বিভিন্ন মহাদেশের একটি করে জীববৈচিত্র্য হটস্পট-এর নাম লিখুন।
4. দশটি সবচাইতে বিপন্ন জীববৈচিত্র্য হটস্পট-এর নাম লিখুন। ভারতবর্ষের পশ্চিমঘাট অঞ্চল এবং নিকোবর দ্বীপপুঞ্জ কোন কোন জীববৈচিত্র্য হটস্পটের অন্তর্গত?
5. ভারতবর্ষের জীববৈচিত্র্য হটস্পট-এর সংক্ষিপ্ত বিবরণ দিন।
6. ভারতবর্ষের বিরল এবং বিপন্ন উদ্ভিদ সম্বন্ধে সংক্ষেপে লিখুন।
7. 'রেড ডাটা বুক' সম্বন্ধে সংক্ষেপে লিখুন।
8. IUCN-উল্লিখিত বিভিন্ন প্রকার বিপন্ন প্রজাতি শ্রেণীগুলি সংক্ষেপে চিহ্নিত করুন।

16.12 উত্তরমালা (Answers)

I. বহু নির্বাচনী প্রশ্নের (MCQ) উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4	5	6
উত্তর :	a	d	b	c	d	c

প্রশ্নের সংখ্যা :	7	8	9	10	11	12
উত্তর :	d	a	c	a	d	b

II. সংক্ষিপ্ত প্রশ্নের উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4	5	6	7
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	16.1	16.2	16.3(1)	16.3(3)	16.4	16.6	16.6.1

প্রশ্নের সংখ্যা :	8	9	10	11	12	13	14
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	16.6.1	16.6.2	16.5	16.6.2(4)	16.9	16.8(3)	16.8 (2 & 7)

III. রচনাধর্মী প্রশ্নের উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	16.3.1	16.3.2	16.6	16.6.1

প্রশ্নের সংখ্যা :	5	6	7	8
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	16.6.2	16.9	16.7	16.8(1-11)

একক–17 : উদ্ভিদ সংরক্ষণ : সংরক্ষণের গুরুত্ব, এক্স-সিটু এবং ইন-সিটু সংরক্ষণ; বায়োস্ফীয়ার রিজার্ভ; অভয়ারণ্য; জাতীয় উদ্যান (Plant conservation : Significance of conservaton, ex-situ and in-situ conservation; biosphere reserve; sanctuary; national park)

গঠন (Structure)

17.0 উদ্দেশ্য (Objectives)

17.1 প্রস্তাবনা (Introduction)

17.2 উদ্ভিদ সংরক্ষণের গুরুত্ব (Significance of plant conservation)

17.3 বহিঃস্থানে এবং স্বস্থানে সংরক্ষণ বা এক্স-সিটু এবং ইন-সিটু কানজার্ভেসন (Ex-situ and in-situ conservation)

17.3.1 এক্স-সিটু কনজার্ভেশনের কৌশল (Ex-situ conservation strategies)

17.3.2 ইন-সিটু কনজার্ভেশনের কৌশল (In-situ conservation strategies)

17.4 বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ (Biosphere Reserves)

17.4.1 প্রকৃতির সংরক্ষিত ভূমি হিসেবে বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ সংরক্ষণের প্রাথমিক উদ্দেশ্য সমূহ (Primary objectives for preservation of Nature Reserves : Biosphere Reserves)

17.4.2 বায়োস্ফীয়ার রিজার্ভ-এর সাফল্য এবং নক্সার কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ দিক (Some important aspects of success and design of Biosphere Reserve)

17.4.3 পৃথিবীর উল্লেখযোগ্য কিছু বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ (Some significant Biosphere Reserves of the world)

17.4.4 ভারতবর্ষের বিভিন্ন অঞ্চলে 18টি বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ (Eighteen Bio sphere Reserves in India)

17.5 অভয়ারণ্য (Wild Life Sanctuary)

17.6 জাতীয় উদ্যান (National Parks)

17.7 সারাংশ (Summary)

17.8 প্রশ্নাবলী (Questions)

17.9 উত্তরমালা (Answers)

17.0 উদ্দেশ্য (Objectives)

এই এককটি পাঠ করে আমরা নিম্নলিখিত বিষয়গুলি সম্বন্ধে সম্যক ধারণা তৈরি করতে পারব।

- উদ্ভিদ সংরক্ষণ ও তার গুরুত্ব।
- উদ্ভিদ সংরক্ষণের প্রকার ভেদ।
- কঠোরভাবে নেচার রিজার্ভের বাস্তুতন্ত্র।
- জাতীয় উদ্যান, ন্যাচুরাল মনুমেন্ট, প্রজাতি তদারকি অঞ্চল, সংরক্ষিত ভূদৃশ্য, বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ-এর সংজ্ঞা।
- বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভের নক্সা।
- ভারতবর্ষের বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভগুলির সূচী।

17.1 প্রস্তাবনা (Introduction)

সমগ্র জীবকূল তাদের নিজেদের প্রয়োজনে প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে উদ্ভিদকে ব্যবহার করে এসেছে। মানব সভ্যতার অগ্রগতির সঙ্গে সঙ্গে একদিকে উদ্ভিদকুল অন্যদিকে পরিবেশ নির্বিচারে ধ্বংসপ্রাপ্ত হয়েছে। ক্ষতিগ্রস্থ হয়েছে পরিবেশের ভারসাম্য। উন্নত মানব সভ্যতাই আজ মানুষ ও সমগ্র জীব জগতের অস্তিত্ব রক্ষার পরিপন্থি হয়ে উঠেছে। তাই আজ মানুষ সুস্থিত উন্নয়নের (sustainable development) প্রয়োজনীয়তা উপলব্ধি করতে পেরেছে। এর জন্য প্রথম পদক্ষেপই হল উদ্ভিদ সংরক্ষণ (Plant conservation)। সেই সঙ্গে সামগ্রিক পরিবেশকে নানাভাবে বিপন্নতার হাত থেকে রক্ষা করতে সবরকম প্রচেষ্টা চালিয়ে যাচ্ছে সকল দেশের বিজ্ঞানী এবং পরিবেশ প্রেমী মানব গোষ্ঠী।

যে পদ্ধতিতে দেশের উদ্ভিদ বা বনজ সম্পদ নিয়ন্ত্রিত ব্যবহারের পাশাপাশি সুরক্ষিত করা হয় তাকে উদ্ভিদ বা বনসংরক্ষণ (Plant conservation) বলা হয়। অর্থাৎ উদ্ভিদ সংরক্ষণ বলতে এমন কৌশলগত ব্যবস্থাপনা (management) বোঝায় যার ফলে উদ্ভিদ সম্পদ সংগ্রহ ও ব্যবহার সত্ত্বেও তা ক্ষতিগ্রস্থ, ক্ষয়প্রাপ্ত বা নিঃশেষিত হয়ে যাবে না এবং ইহাদের বৈচিত্র্যও হ্রাস পাবে না।

17.2 উদ্ভিদ সংরক্ষণের গুরুত্ব (Significance of plant conservation)

উদ্ভিদ সংরক্ষণের গুরুত্ব সর্বমুখী এবং সর্বজন অনুধাবিত। ইহার কিছু নিচে উল্লেখ করা হল—

1. বায়ুমণ্ডলে গ্যাসীয় ভারসাম্য, ভূমিক্ষয় রোধ, বৃষ্টিপাতের সমতা রক্ষা।
2. সকল প্রকার বাস্তুতন্ত্র এবং খাদ্যজালকের সঙ্গে উদ্ভিদ এবং উদ্ভিদ বৈচিত্র্য সম্পর্কিত। তাই সকল জীব ও পরিবেশের সুরক্ষার জন্য উদ্ভিদ সংরক্ষণ প্রয়োজন।
3. সকল প্রকার পুষ্টিচক্রের সঙ্গে উদ্ভিদকূল জড়িত। তাই পৃথিবীতে জীবনের গতিময়তা বজায় রাখতে উদ্ভিদ সংরক্ষণ প্রয়োজন।
4. অসংখ্য বন্যপ্রাণী, খেচর প্রাণী, বিভিন্ন শাকাশী প্রাণী, কীটপতঙ্গ প্রভৃতির বাসস্থান ও আশ্রয় স্থান উদ্ভিদ বা বনভূমি, তাই উদ্ভিদের ওপর নির্ভরশীল অসংখ্য প্রাণীর অস্তিত্ব নির্ভর করে উদ্ভিদ সংরক্ষণের ওপর।
5. সকল জীবের খাদ্যের প্রধান উৎস উদ্ভিদ। যা প্রত্যক্ষভাবে বা পরোক্ষ ভাবে সকল শ্রেণীর খাদকের জন্য শক্তির উৎস।
6. সকল প্রাণীর জন্য অক্সিজেন-এর যোগান উদ্ভিদ থেকেই আসে।
7. পার্বত্য, সমতলভূমি কিংবা উপকূলবর্তী অঞ্চল প্রভৃতি ভূখণ্ড সুরক্ষিত রাখতে উদ্ভিদ সংরক্ষণ প্রয়োজন।
8. সর্বোপরি মানব সভ্যতার কল্যাণ ও বিকাশের জন্য উদ্ভিদ সংরক্ষণের প্রয়োজনীয়তা অপরিসীম।

17.3 বহিঃস্থানে এবং স্বস্থানে সংরক্ষণ বা এক্স-সিটু এবং ইন-সিটু কনজার্ভেসন (ex-situ and in-situ conservation)

জীব বৈচিত্র্যের উপাদান সমূহ অর্থাৎ বিভিন্ন জীব প্রজাতিকে তাদের মূল বাসস্থান বা স্বাভাবিক প্রাকৃতিক পরিবেশের বাইরে বাঁচিয়ে রেখে তাদের সংখ্যা বৃদ্ধি ঘটানোই হল বহিঃস্থানে সংরক্ষণ বা এক্স-সিটু কনজার্ভেসন। এজন্য সাধারণত মূল বাসস্থান থেকে সুবিধামত নমুনা উদ্ভিদ বা উদ্ভিদের বিস্তারঅঙ্গ (propagule) সংগ্রহ করে ভিন্ন স্থানে, ভিন্ন পরিবেশে মানুষের তত্ত্বধানে, নানা বিজ্ঞান সম্মত কৌশল প্রয়োগ করে বিভিন্ন উদ্ভিদ ও প্রাণীর রক্ষণাবেক্ষণ ও সংরক্ষণ করা হয়।

17.3.1 এক্স-সিটু সংরক্ষণের কৌশল (Ex-situ conservation strategies)

(a) **বোটানিক্যাল গার্ডেন (Botanical Gardens) :** সারা বিশ্বে প্রায় 1600 বোটানিক্যাল গার্ডেনে পৃথিবীর বিভিন্ন প্রান্তের দুর্লভ, অর্থনৈতিক গুরুত্ব যুক্ত, কিংবা ট্যাক্সোনমিক দিক থেকে গুরুত্বপূর্ণ প্রজাতির নানা উদ্ভিদ সংরক্ষণ ও পরিচর্যা করা হয়। বিশ্বের প্রায় এক চতুর্থাংশ সপুষ্পক উদ্ভিদ পৃথিবীর বিভিন্ন বোটানিক্যাল গার্ডেনগুলিতে পরিচর্যিত হচ্ছে। তাই বিলুপ্তির হাত থেকে অনেক উদ্ভিদ প্রজাতিকে সংরক্ষণের জন্য বোটানিক্যাল গার্ডেন হল একটি বিরাট স্থান। ইংল্যান্ডের 'কিউ'তে রয়াল বোটানিক গার্ডেনে (Royal Botanic Garden)-এ বিভিন্ন দেশের প্রায় 27,000 উদ্ভিদ প্রজাতি রয়েছে যারা IUCN রেডডাটা বুক-এ সংকটাপন্ন (Endangered) বা অনন্য (unique) প্রকৃতির হিসেবে চিহ্নিত।

(b) **বীজ ব্যাংক (Seed Bank) :** এখানে নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় উন্নত প্রযুক্তির মাধ্যমে বিভিন্ন উদ্ভিদের বীজ সংরক্ষণ করা হয়। বীজ ব্যাংক-এর মাধ্যমে অসংখ্য উদ্ভিদ গোষ্ঠির (Plant population) জীনগত বৈচিত্র সংরক্ষণ করা যায়। কোথাও কোন বীজভাণ্ডার (seed reserves) নষ্ট হয়ে গেলে বীজভাণ্ডার থেকে রোপন যোগ্য সজীব বীজ (viable seeds) সংগ্রহ করা যায়। এই কারণে যে বীজগুলি দীর্ঘদিন সংরক্ষণ করা সম্ভব নয় তাদের থেকে গাছ তৈরী করে আবার সেই বীজ বা জার্মপ্লাজম সংরক্ষণ করা হয়। বীজ ব্যাংকে এখন এমন অনেক উদ্ভিদ আছে যা তাদের বাস্তব পরিবেশে বিলুপ্ত হয়ে গেছে। যেমন *Bromus interruptus* (Hack.) Druce এবং *Schoenoplectus triqueter* (L) Palla। বীজ ব্যাংকে অর্থোডক্স (Orthodox) প্রকৃতির বীজই অর্থাৎ যারা শুকিয়ে গেলেও বহুদিন পর্যন্ত অঙ্কুরোদ্গমক্ষম থাকে তাদের সংরক্ষণ করা হয়।

(c) **ক্ষেত্র জিন ব্যাংক (Field Gene Bank) :** কিছু কিছু উদ্ভিদের বীজ শুকিয়ে গেলে অঙ্কুরোদ্গম ক্ষমতা নষ্ট হয়ে যায়। এদের রিক্যালসিট্রান্ট (Recalcitrant) বীজ বলে। মোট সবীজী (seeded) উদ্ভিদের 30% ইহার অন্তর্গত। এই সকল প্রজাতির জীবন্ত নমুনা তাহাদের স্বাভাবিক বাসস্থানের বাইরে অন্য ক্ষেত্রে সংরক্ষণ করা হয়।

(d) **ডি.এন.এ ব্যাংক (DNA Bank) :** ইহা প্রকৃত পক্ষে জিন লাইব্রেরী। এখানে বিভিন্ন উদ্ভিদ থেকে DNA সংগ্রহ করে সংরক্ষণ করা হয়। তিনরকম ভাবে DNA সংরক্ষণ করা হয়—(i) DNA লাইব্রেরী হিসেবে, (ii) সম্পূর্ণ জিনোমিক DNA এবং (iii) কোন পৃথক DNA অংশের প্রতিলিপি (individual cloned DNA fragments) হিসেবে। DNA সংরক্ষণের জন্য অসংখ্য আন্তর্দেশীয় নেটওয়ার্ক গড়ে উঠেছে। DNA ব্যাংক বিভিন্ন বিজ্ঞান সমাজকে জিন সংক্রান্ত ডেটা সরবরাহ করে তাদের গবেষণায় নানাভাবে সাহায্য করে।

(e) পরাগরেণু ব্যাংক (Pollen Bank) : সুনির্দিষ্ট তাপমাত্রায় বিভিন্ন উদ্ভিদের পরাগরেণুকে এখানে দীর্ঘদিন সজীব অবস্থায় (viable state) সংরক্ষণ করা হয়। পরে প্রয়োজন মত এদের জীবন্ত উদ্ভিদের সাথে সংকরায়ণে (crossing) ব্যবহার করা হয়। ইন-ভিট্রো জার্মিনেশনের মাধ্যমে পোলেন জার্মিনেট করিয়ে হ্যাপ্লয়েড উদ্ভিদ তৈরী করা যায় যেখানে সকল ফেনোটাইপিক বৈশিষ্ট প্রকাশ পায়। তাই পোলেন ব্যাংকের গুরুত্ব নানা মুখী।

(f) ক্রায়োপ্রিজার্ভেশন (Cryopreservation) : এই আধুনিক পদ্ধতিতে জীবের বিভিন্ন অংশ যেমন—কোষ, কলা, জনন কোষ, ভ্রূণ, বীজ প্রভৃতি অতি নিম্ন তাপমাত্রায় সংরক্ষিত করলে দীর্ঘদিন সজীব অবস্থায় সংরক্ষিত রাখা যায়। পরীক্ষাগারে –196°C তাপমাত্রায় তরল নাইট্রোজেনের মধ্যে নির্দিষ্ট পদ্ধতিতে ক্রায়োপ্রিজার্ভেশন করা হয়। এই পদ্ধতি অঙ্গজ জননকারী উদ্ভিদের ক্ষেত্রে ভীষণ কার্যকরী।

(g) ইন-ভিট্রো উৎপাদন (In-vitro culture) : পরীক্ষাগারে রিক্যালসিট্র্যান্ট প্রজাতির উদ্ভিদের কোষ বা কলা থেকে টিস্যুকালচার পদ্ধতিতে ক্যালাস (Callus) উৎপাদন করে তা সংরক্ষণ করা হয়। পরে ক্যালাস থেকে টিসু ডিফারেসিয়েশান ঘটিয়ে অজস্র উদ্ভিদ তৈরী করা যায় এবং হার্ডেনিং দ্বারা বাইরের পরিবেশে রোপণ ও বড় করা যায়। তবে ইহা খরচ ও দক্ষতা নির্ভর।

17.3.2 স্বস্থানে সংরক্ষণ বা ইন-সিটু কনজার্ভেশনের (In-situ conservation strategies)

মূল বাসস্থানের প্রাকৃতিক পরিবেশে বসবাসকারী বিভিন্ন জীব প্রজাতিদের তাদের নিজস্ব বাস্তুতন্ত্রের মধ্যে রেখেই সংরক্ষণ করাকে স্বস্থানে সংরক্ষণ বা ইন-সিটু কনজার্ভেশন বলে। জীববৈচিত্র্যের জন্য ইন-সিটু কনজার্ভেশনের ফলে প্রজাতি সংরক্ষণের সঙ্গে সঙ্গে ইকোসিস্টেমও সংরক্ষিত হয়। অর্থাৎ স্বস্থানে সংরক্ষিত হলে সেই প্রজাতির মধ্যে সম্পর্কিত আরো একাধিক প্রজাতির বাস্তুতান্ত্রিক আন্তঃসম্পর্ক বজায় থাকে এবং সকলেই সুরক্ষিত থাকবার সুযোগ পায়।

ইন-সিটু সংরক্ষণে তাই বাস্তুতন্ত্রগুলির সুরক্ষার ওপর জোর দেওয়া হয়েছে। ইহা বিভিন্ন সংরক্ষিত এলাকার আন্তঃসংযোগের মাধ্যমে (network of protected areas) সম্পাদিত হয়।

IUNC-এর নির্দেশিকা অনুযায়ী সংরক্ষিত এলাকা বলতে সেই সকল অঞ্চল বোঝায় যেখানে প্রাকৃতিক, বাস্তুতান্ত্রিক ও সাংস্কৃতিক উৎসগুলিকে স্বাভাবিক বা আইনসম্মত উপায়ে রক্ষণাবেক্ষণ করা হয়।

ওয়ার্ল্ড কনজারভেশন মনিটরিং সেন্টার (WCMC) সারা বিশ্বব্যাপী 37000 সংরক্ষিত এলাকার উল্লেখ করেছেন। 2002-এর হিসেব অনুযায়ী ভারতবর্ষে 581 সংরক্ষিত এলাকা রয়েছে, যার মধ্যে

89 জাতীয় উদ্যান (National Park) এবং 492 বন্যপ্রাণী অভয়ারণ্য রয়েছে। জিম করবেট ন্যাশনাল পার্ক ভারতবর্ষের প্রথম জাতীয় উদ্যান।

বিভিন্ন প্রকার সংরক্ষিত এলাকায় (protected areas) সংরক্ষণের মাত্রা (degree of protection) এবং সংরক্ষণের উদ্দেশ্য আলাদা। বিভিন্ন প্রকারের সংরক্ষিত এলাকা নীচে উল্লেখ করা হল—

1. **কঠোর নেচার রিজার্ভ (Strict Nature Reserve) :** এখানকার বাস্তুতন্ত্র গভীর, ঘন ও স্ব-স্থানীয় (dense native ecosystem)। কেবলমাত্র বিজ্ঞান চর্চা, পরিবেশ পর্যবেক্ষণ (environmental monitoring) এবং শিক্ষামূলক চর্চা ব্যাতিরেকে মানুষের দ্বারা কোন উপদ্রব এখানে নেই। স্থানীয় লোক গোষ্ঠীর কাছে ইহা আধ্যাত্মিক (spiritual) দিক থেকে যথেষ্ট গুরুত্বপূর্ণ।

2. **জনহীন অঞ্চল (Wilderness Area) :** এই প্রকার সংরক্ষিত এলাকা অনেক বড় এলাকা জুড়ে অবস্থিত এবং সংরক্ষণের মাত্রা কঠোর নেচার রিজার্ভ অপেক্ষা কিছুটা কম। মানুষের প্রবেশ এখানে সীমিত (limited visitation)। মানুষের এখানে পায়ে হেঁটে কিংবা মোটর বিহীন বাহনে নিজস্ব উপায়ে ঘুরে দেখবার সুযোগ পায়। উদাহরণ—তানজানিয়ার সেরেনগেটি ন্যাশনাল পার্ক (Serengeti National Park।

3. **জাতীয় উদ্যান (National Park) :** ইহাও অনেক বড় এলাকা জুড়ে বিস্তৃত সংরক্ষিত স্থান। বাস্তুতন্ত্র সংরক্ষণ এখানকার প্রধান উদ্দেশ্য। মানুষের প্রবেশ এখানে অনেকটাই সহজসাধ্য। এখানে সংরক্ষণের সাথে সাথে শিক্ষা এবং বিনোদনের প্রসার ঘটিয়ে স্থানীয় অর্থনীতিকে কিছুটা সহায়তা করা হয়।

4. **ন্যাচারাল মনুমেন্ট বা ফিচার (Natural Monuments or Features) :** অপেক্ষাকৃত ছোট অঞ্চল জুড়ে কোন প্রাকৃতিক মনুমেন্টকে ঘিরে জীববাসস্থান (habitat) নিয়ে এই প্রকার সংরক্ষিত এলাকা গঠিত হয়। ভৌগলিক বা ভূসংস্থানিক (geomorphological) বৈশিষ্ট্য যুক্ত প্রাকৃতিক অঞ্চল, সাংস্কৃতিকভাবে অনুপ্রাণিত (culturally influenced) কোন প্রাকৃতিক আকৃতি (Natural Features), প্রাকৃতিক কৃষ্টি অঞ্চল (Natural cultural sites) কে পরিবেষ্টন করে এই প্রকার সংরক্ষিত এলাকা।

5. **জীব বাসস্থান বা প্রজাতি তদারকি অঞ্চল (Habitat or species management area) :** এক্ষেত্রে অধিকতর সংকটাপন্ন সুনির্দিষ্ট কিছু অঞ্চলের ওপর বিশেষ গুরুত্ব দেওয়া হয়। সনাক্তকৃত কিছু বিপন্ন প্রজাতি বা জীববাসস্থান যার জন্য নিরবিচ্ছিন্ন সুরক্ষা (continuous protection) প্রয়োজন। এই সকল অঞ্চলে সংরক্ষণের গুরুত্ব প্রাকৃতিক মনুমেন্ট বা বৈশিষ্টযুক্ত

অঞ্চল (Natural Monuments or Features) অপেক্ষা বেশী। জীব বাসস্থান বা প্রজাতি তদারকি অঞ্চল অনেক ক্ষেত্রেই কোন বিস্তৃত সংরক্ষিত অঞ্চলের অংশ বিশেষ। তা সত্ত্বেও এই সুনির্দিষ্ট অঞ্চলগুলিকে বিশেষ সক্রিয়তার সঙ্গে সুরক্ষিত (Active protection) করা হয়। এখানে চোরাশিকার, অবৈধ গাছকাটা, কৃত্রিম বাসস্থান (Artificial habitat) তৈরী, জীব জন্তুদের অনুপূরক খাদ্য সরবরাহ (supplementary feeding practice), উদ্ভিদের পক্ষে ক্ষতিকর নানা কাজকর্ম প্রভৃতি সম্পূর্ণভাবে নিষিদ্ধ করা হয় (Completely prohibited)।

6. **সংরক্ষিত ভূদৃশ্য/সমুদ্র দৃশ্য (Protected Landscape/Seascape) :** গুরুত্বপূর্ণ প্রাকৃতিক ভূদৃশ্য/সমুদ্র দৃশ্যগুলিকে সুরক্ষিত করে টিকিয়ে রাখতে এবং ইহাদের পারিপার্শ্বিক প্রকৃতিকে সংরক্ষিত করতে সেখানকার মানুষ-প্রকৃতি সম্পর্কের পরম্পরায় গড়ে ওঠা নানা মানসমূহকে (values) বিশেষ গুরুত্বের সঙ্গে সুরক্ষিত করা হয়। এই সকল অঞ্চলের প্রকৃতির সঙ্গে মানুষের বাস্তুরীতি, জীববিজ্ঞান, সংস্কৃতি ও মনোরম দৃশ্য ঘিরে ঐতিহ্যগত তদারকি প্রথার (traditional management practice) এক অবিচ্ছেদ্য সম্পর্ক গড়ে ওঠে। এই সম্পর্কের মূল্য গুরুত্বের সঙ্গে সুরক্ষিত রেখে সেখানকার জীববৈচিত্র্য সংরক্ষিত করা হয়।

7. **সংরক্ষিত অঞ্চল যেখানে প্রাকৃতিক সম্পদের সুস্থিত ব্যবহার চলে (Protected area with sustainable use of natural resources) :** এই প্রকার সংরক্ষণের আওতায় রয়েছে কিছু অঞ্চল যাকে সম্বল করে স্থানীয় মানবগোষ্ঠীর (local community) অতি সাধারণ মাত্রার নানা ক্রিয়াকলাপ (low level of human activities) অতিত কাল থেকেই চলে আসছে। এই সকল অঞ্চল ঘিরে তাদের পরম্পরাগত রীতিনীতির (traditional practices) কোন দীর্ঘস্থায়ী প্রভাব পরিবেশের ওপর পড়ে না।

IUCN, 1994-এর প্রোটেকটেড এরিয়া ম্যানেজমেন্ট ক্যাটাগোরিস-এর রূপরেখা (Guideline for protected area management categories) অনুযায়ী ইন-সিটু সংরক্ষণের অধীন প্রকৃতির সংরক্ষিত ভূমি (Nature Reserve)-এর মধ্যে বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ, অভয় অরণ্য (Sanctuary), জাতীয় উদ্যান (National park) প্রভৃতি বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ।

17.4 বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ (Biosphere Reserves) বা BRs

জীববৈচিত্র সংরক্ষণের জন্য UNESCO-র ম্যান এন্ড বায়োস্ফিয়ার (MAB) প্রোগ্রাম-এর অন্তর্গত আন্তর্জাতিকভাবে স্বীকৃত বিশেষ বৈশিষ্ট যুক্ত স্থলজ বা জলজ বাস্তুতান্ত্রিক অঞ্চলকে বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ

বলে। বিজ্ঞানসম্মত জ্ঞান ও দক্ষতার প্রয়োগ দ্বারা জীববৈচিত্র সংরক্ষণ এবং প্রাকৃতিক সম্পদ সুস্থিত রেখে স্থানীয় আদিবাসী সম্প্রদায়ের মানুষের উন্নয়ন উভয়ই বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভের প্রধান কাজ। এছাড়াও প্রাকৃতিক সম্পদ সংরক্ষণ, সেই সম্পর্কিত শিক্ষা ও প্রশিক্ষণ দান এবং পর্যবেক্ষন একত্রিতভাবে বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ-এর সঙ্গো সম্পর্কিত।

কমিশন অন ইকোসিস্টেম ম্যানেজমেন্ট (CEM) বিশ্বব্যাপী সকল বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভগুলিকে নেটওয়ার্ক-এর মাধ্যমে সংযুক্ত করেছে। ফলে বিভিন্ন বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভগুলির নানাদিক (Issues) বাস্তুতান্ত্রিক মূল্যায়ন, পরিচালন (management), পুনরুদ্ধার (restoration) প্রভৃতি বিষয়ে এই কমিশন ওয়াকিবহাল হতে পারে এবং সেই অনুযায়ী ব্যবস্থা ও সহায়তা করতে পারে। এই অনন্য নেটওয়ার্ক-এর মাধ্যমে বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভগুলির সুস্থিত উন্নয়ন (sustainable development) ও সংরক্ষণ প্রক্রিয়া বিশদভাবে সংযুক্ত। বিশ্বব্যাপী নেটওয়ার্কিং-এর মাধ্যমে বর্তমানে 20টি দেশের UNESCO স্বীকৃত 669টি BRs অঞ্চল সংযুক্ত।

UNESCO-র MAB প্রোগ্রাম বিশ্বব্যাপী বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভগুলিকে সুস্থিত উন্নয়ন (sustainable development)-এর মডেল বা নক্সা হিসেবে তুলে ধরেছে (2015-2016)। যা সমগ্র বিশ্বে প্রযোজ্য।

বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভগুলির কোর অঞ্চল (core zone) এবং কোন কোন ক্ষেত্রে বাফার অঞ্চলও (buffer zone) IUCN নির্দেশিত সংরক্ষণের অন্তর্ভুক্ত কিন্তু ট্রানজিশন অঞ্চল (transition zone) সংরক্ষিত অঞ্চল হিসেবে মানা হয় না। এই অঞ্চলে মানুষের বসবাস, নানা ক্রিয়াকলাপ, শহর ও নগরপত্তন দেখা যায়। এই অঞ্চল স্থানীয় মানুষের উন্নয়নে ব্যবহৃত হয়। অর্থাৎ বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ অঞ্চলে একইসঙ্গো সংরক্ষণ ও প্রকৃতিকে অক্ষত রেখে মানুষের উন্নয়ন সংঘটিত হয়।

বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভকে সেই কারণে "সায়েন্স ফর সাসটেইনএবিলিটি সাপোর্ট সাইট" (Science for sustainability support sites) হিসেবে গণ্য করা হয়। BRs গুলিতেই মানব সমাজ ও বাস্তুতন্ত্রের অন্তঃক্রিয়া অনুধাবন করা যায়।

17.4.1 প্রকৃতির সংরক্ষিত ভূমি হিসেবে বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ সংরক্ষণের প্রাথমিক উদ্দেশ্যসমূহ (Primary objectives for preservation of Biosphere Reserves)

1. বাস্তুতন্ত্রের স্বাভাবিক ক্রিয়াশীলতা এবং দীর্ঘ স্থায়ীত্ব রজায় রাখা।
2. সর্বোচ্চ সংখ্যায় জীব প্রজাতি সংরক্ষণ করে জৈব বৈচিত্র্য বজায় রাখা।
3. সংকটাপন্ন জীব প্রজাতিসমূহ সংরক্ষিত করা।

4. উদ্ভিদ প্রজাতি সমূহের স্থায়িত্ব নিশ্চিত করে বনজ সম্পদ সংগ্রহ এবং সেইমত যথাযথ ব্যবস্থা করা।

বিজ্ঞানী ম্যাক্ নীলী প্রমুখ (Mc. Neely et al. 1987)-এ এর সঙ্গে সংযোজন করেন—

(a) জেনেটিক ডাইভার্সিটি সংরক্ষণ ও বৃদ্ধি।

(b) বন্যপ্রাণী সংরক্ষণ।

(c) মাটি ও জল সংরক্ষণ।

(d) সামাজিক ও সাংস্কৃতিক ঐতিহ্য সংরক্ষণ।

(e) শিক্ষা ও গবেষণার প্রসার।

(f) বিনোদন ও ভ্রমণে সহায়তা।

(g) মনোরম প্রাকৃতিক দৃশ্য এবং সৌন্দর্যবোধ সংক্রান্ত বিশেষ গুরুত্ব আরোপ।

(h) ভবিষ্যতের জন্য কিছু বিকল্প স্থির করা (to promote options for future)

(i) বায়োস্ফিয়ারগুলির অভ্যন্তরীণ ও পারস্পরিক সর্বাঙ্গিন উন্নয়ন সাধন।

17.4.2 বায়োস্ফীয়ার রিজার্ভ-এর সাফল্য এবং নক্সার কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ দিক (Some important aspects of success and design of Biosphere Reserve)

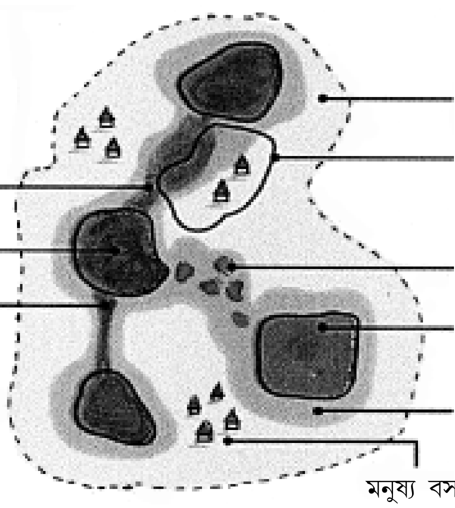
ফ্র্যাঙ্কেল ও শোলে (Frankel and Soulé 1981), মার্গুল্স ও নিকোল্স (Margules and Nicholls 1988), স্পেলারবার্গ (Spellerberg 1991), প্রমুখের মতে বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ-এর সাফল্য ইহার নক্সার (design) ওপর ভীষণভাবে নির্ভরশীল। তাদের মতে এই নক্সার 6টি বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ দিক হল—

1. **রিজার্ভ আয়তন (Reserve size) :** বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ-এর বিশালতার সঙ্গে ইহার প্রজাতি এবং বাস্তুতন্ত্র অধিকতর সুরক্ষিত থাকে। বহিরাগত উপদ্রব ও প্রান্তিয় প্রভাবের মাত্রা হ্রাস পায়।

2. **স্থান ও কালগত বিভিন্নতা এবং গতিশীলতা (Spatial and temporal heterogeneity and dynamics) :** এই প্রকার বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভগুলি অধিকতর জীববৈচিত্র্য এবং ভূ-বৈচিত্র্য বহন করে। জৈব এবং অজৈব উপদ্রবগুলির (disturbances) সহিত সহজেই সমন্বয় সাধনে সক্ষম এই প্রকার অঞ্চল। এখানে বিভিন্ন প্রজাতির মেটাপপুলেশন তৈরী হয় যা অন্তঃপ্রজাতিয় বিভিন্নতা (intraspecific diversity) বৃদ্ধি করে।

3. **আদর্শ ভৌগলিক প্রকরণ (Ideal geographic contex) :** ইহা বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভগুলির আকৃতি ও জিওগ্রাফিক অবস্থান বোঝায়। রিজার্ভ অঞ্চলের আকার প্রান্তিয় প্রভাবের সঙ্গো সম্পর্কিত। জিওমেট্রিক আকার যত বেশী গোলাকার হয় প্রান্তিয় প্রভাব তত কম হয়। সাধারণত একটি অবিচ্ছিন্ন বৃহৎ সংরক্ষণ অঞ্চল অপেক্ষা একটি বৃহৎ এবং বেশ কিছু ছোট ছোট অঞ্চল নিয়ে গড়ে ওঠা বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ সংরক্ষণের দিক থেকে অধিকতর সুরক্ষিত।

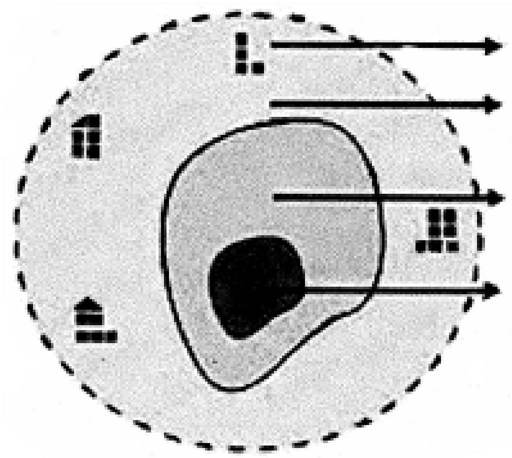
4. **বিভিন্ন বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভগুলির মধ্যে সংযোগ (Connections of different Bio-sphere reserves) :** দুই বা তার বেশী বায়োস্ফিয়ারে রিজার্ভ করিডোর এর মাধ্যমে সংযুক্ত থাকলে সকলের ভৌত পরিবেশের মধ্যে এক অখণ্ডতা স্থাপিত হয় (চিত্র 20.1)। বিভিন্ন প্রজাতির বিচলন (movement) সহজ হয়। এর ফলে বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভগুলির প্রজাতি প্রাচুর্যতা বৃদ্ধি পায়।



চিত্র 17.1 : একাধিক বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ-এর সংযোগকারী করিডোর

5. **প্রাকৃতিক ভূদৃশ্য-উপাদান (Natural Landscape elements) :** উপত্যকা, শৈলশিরা, পার্বত্য ঢাল, গভীর খাদ (canyon), পার্বত্য ধারা, নদীর অববাহিকা (drainage basins) প্রভৃতি নিয়ে বিভিন্ন প্রকার ভূদৃশ্য (Landscape) বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভগুলির মূল্যমান (values) বৃদ্ধি করে।

6. **বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভগুলির মধ্যে একাধিক অঞ্চল সৃজন (Creation of zones within Biosphere Reserves) :** যে কোন বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ-এর সুনির্দিষ্ট তিনটি অঞ্চল থাকা প্রয়োজন। এগুলি হল—



চিত্র 17.2 : বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ-এর বিভিন্ন অঞ্চল

(a) কোর অঞ্চল (Core zone) : এটি রিজার্ভ-এর কেন্দ্রস্থল। সর্বাধিক সুরক্ষিত এখানকার বাস্তুতন্ত্র বিভিন্ন জীব প্রজাতির সবচাইতে উপযুক্ত বাসস্থান এবং ভূদৃশ্য উপাদান নিয়ে গঠিত। এই অঞ্চলটি আইনগতভাবে সংরক্ষিত এবং এখানে মানুষের প্রবেশ এবং নানা ক্রিয়াকলাপ উপদ্রব সম্পূর্ণ নিষিদ্ধ।

(b) বাফার অঞ্চল (Buffer zone) : কোর জোনকে বেষ্টন করে এই অঞ্চলের অবস্থান। এই অঞ্চল নানা প্রান্তিয় প্রভাব যেমন—তাপমাত্রা, আপেক্ষিক আর্দ্রতা, আলোক, প্রভৃতির নানা পরিবর্তন, বাতাসের সরাসরি প্রভাব শোষণ করে। বিভিন্ন জীব প্রজাতিগোষ্ঠীর আকার (population size) এখানে কমে আসে। বৃক্ষের পত্রমোচন (leaf fall), বৃক্ষ মৃত্যুর হার এখানে বেশী হয়।

বনজ সম্পদের পরম্পরাগত ব্যবহার (Tradiational use of forests), শিক্ষামূলক নানা ক্রিয়াকর্ম, গবেষণা প্রভৃতি কারণে সীমিত সংখক মানুষের অনুপ্রবেশ এখানে অনুমোদিত।

(c) স্থানান্তর বা ট্রানজিশন অঞ্চল (Transition zone) : ইহা বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ-এর সবচাইতে বাইরের অঞ্চল। এখানে স্থানীয় মানুষজনের বসবাস, শস্য উৎপাদন, সামাজিক বনসৃজন, বিনোদন প্রভৃতি ক্রিয়াকর্ম অনুমোদিত।

17.4.3 পৃথিবীর উল্লেখযোগ্য কিছু বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ (Some significant Biosphere Reserves of the World)

1. কানাডার উত্তর-পশ্চিম অঞ্চলের গ্রেট বিয়ার লেক ও তার পারিপার্শ্বিক অঞ্চল ঘিরে বিস্তৃর্ণ জলবিভাজিকা ও সংরক্ষিত এলাকাসমূহ (Great Bear Lake, its surrounding watershed and protected areas) নিয়ে বিশ্বের এই সর্ববৃহৎ বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ।
2. ভারতবর্ষের অচানকমার-অমরকন্টক বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ (Achanakmar-Amarkantak Biosphere Reserves of India)
3. কলোম্বিয়ার চিনটুরন অ্যান্দিনো বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ (Cinturon-Andino Biosphere Reserve of Colombia)
4. গ্যালাপাগোস বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ, ইক্যুয়াডোর (Galapagos Biosphere Reserve, Ecuador)
5. জাপান-এর কোবুশী বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ (Kobushi Biosphere Reserve, Japan)
6. ইংল্যান্ডের আইল অব উইট বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ (Isle of Wight Biosphere Reserve, UK)
7. ল্যাপল্যান্ড নেচার রিজার্ভ, রাশিয়া (Lapland Nature Reserve, Russia)
8. US-এর অর্গান পিপে ক্যাকটাস ন্যাশনাল মনুমেন্ট (Organ Pipe Cactus National Monument, U.S.)
9. ইয়েওনচেওন ইমজিন রিভার বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ, কোরিয়ান রিপাবলিক (Yeoncheon Imjin River Biosphere Reserve, Republic of Korea)
10. গ্রেট স্যান্ডি বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ, অস্ট্রেলিয়া (Great Sandy Biosphere Reserve, Queensland, Australia)

17.4.4. ভারতবর্ষের বিভিন্ন অঞ্চলে 18টি বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ তৈরী হয়েছে। এগুলি হল—

1. নীলগিরি বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ, তামিলনাড়ু, কেরালা এবং কর্ণাটক (Nilgiri Biosphere Reserve, Tamil Nadu, Kerala and Karnataka)
2. উত্তরাখণ্ডের নন্দাদেবী জাতীয় উদ্যান এবং বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ (Nanda Devi National Park and Biosphere Reserve, Uttarakhand)

3. মেঘালয়ের 'নকরেক' (Nokrek, Meghalaya)
4. গাল্ফ অব মান্নার, তামিলনাড়ু (Gulf of Mannar, Tamil Nadu)
5. পশ্চিমবঙ্গের 'সুন্দরবন' (Sundarbans of West Bengal)
6. আসামের মানস (Manas, Assam)
7. ওড়িশার 'সিমলিপাল' (Simlipal, Orisha)
8. অরুণাচল প্রদেশের দিহাং-ডিবাং (Dihang-Dibang, Arunachal Pradesh)
9. মধ্যপ্রদেশের পাঁচমারি বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ (Pachmarhi Biosphere Reserve, Madhya Pradesh)
10. মধ্যপ্রদেশ, ছত্তিশগড়-এর অচানাকমার অমরকন্টক বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ (Achamakmar-Amarkantak Biossphere Reserve, Madhya Pradesh and Chhattisgarh)
11. কচ্ছের গ্রেট রান, গুজরাট (Great Rann of Kutch, Gujrat)
12. কোল্ড ডেসার্ট, হিমাচল প্রদেশ (Cold Desert, Himachal Pradesh)
13. সিকিম-এর কাঞ্চনজঙ্ঘা জাতীয় উদ্যান (Khangchendzonga National Park, Sikkim)
14. কেরালা ও তামিলনাড়ুর অগস্ত্যমালাই বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ (Agasthyamalai Biosphere Reserve, Kerala and Tamil Nadu)
15. গ্রেট নিকোবর বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ, আন্দামান-নিকোবর দ্বীপপুঞ্জ (Great Nicobar Biosphere Reserve, Andaman and Nicobar Islands)
16. ডিব্রু সাইখোয়া, আসাম (Dibru-Saikhowa, Assam)
17. অন্ধ্রপ্রদেশের শেষাচলম হিলস্ (Seshachalam Hills of Andhra Pradesh)
18. মধ্যপ্রদেশ-এর পান্না বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ (Panna Biosphere Reserve, Madhya Pradesh)

বর্তমানে (2022) UNESCO-এর বিশ্বব্যাপী বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ সমূহের নেটওয়ার্ক (world Network of Biosphere Reserves) এর মাধ্যমে বিশ্বের 738 বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ সংযুক্ত হয়েছে। ইহারা বিশ্বের 22টি ট্রান্সবাউন্ডারী অঞ্চল (transboundary zones) সহ 134 দেশের বিস্তৃর্ণ অঞ্চলে বিস্তৃত। এই সংরক্ষিত অঞ্চলগুলির সঙ্গে 250 মিলিয়ন-এরও বেশী সংখ্যক মানুষের জীবনযাত্রা জড়িত।

17.5 অভয়ারণ্য (Wild Life Sanctuary)

রাজ্য সরকার কর্তৃক অভয়ারণ্য হিসেবে ঘোষিত এবং নিয়ন্ত্রণাধীন বনাঞ্চলে এখনো বিলুপ্ত প্রায় বেশ কিছু বন্য প্রাণীর নির্ভয়ে বিচরণ ও বসবাস দেখা যায়। এই সকল বন্যপ্রাণীরা এখানে স্বাধীন ভাবে খাদ্য গ্রহণ ও প্রজনন সম্পন্ন করে। এখানে গাছ কাটা, বন্যপ্রাণী শিকার সম্পূর্ণ ভাবে নিষিদ্ধ। বন দপ্তরের অনুমতি ব্যাতিত এখানে মানুষের প্রবেশ নিষিদ্ধ। অভয়ারণ্যের আকার জাতীয় উদ্যান অপেক্ষা ছোট। পশ্চিমবঙ্গের বক্সা (Buxa) অন্যতম গুরুত্বপূর্ম অভয়ারণ্য যেখানে বিলুপ্ত প্রায় প্রাণী হিসেবে এক শৃঙ্গ গণ্ডার সংরক্ষিত হয়। এছাড়াও ভারতবর্ষের কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ অভয়ারণ্য হল—● আসামের 'কাজিরাঙ্গা', ● পশ্চিমবঙ্গের 'চাপড়ামারী', বেথুয়াডহরি, ● উত্তর প্রদেশের 'চন্দ্রপ্রভা', ● গুজরাটের 'গির অরণ্য', ● তামিলনাড়ুর 'মধুমালাই', ● উড়িষ্যার 'সিমলিপাল', ● ঝাড়খণ্ড-এর 'পালামাউ' বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

17.6 জাতীয় উদ্যান (National Parks)

বন্যপ্রাণী সংরক্ষণের উদ্দেশ্যে কিছু নির্দিষ্ট বৃহদাকার অরণ্য ভারত সরকার কর্তৃক নিয়ন্ত্রিত এবং জাতীয় উদ্যান (National Park) হিসেবে ঘোষিত। এই প্রকার উদ্যান বা বনভূমিতে বন্যপ্রাণী শিকার, গাছকাটা, মাছধরা কিংবা বিনা অনুমতিতে প্রবেশ সম্পূর্ণ নিষিদ্ধ। কেবল অনুমতি সাপেক্ষ পর্যটকদের প্রবেশের ব্যবস্থা রাখা হয়।

ভারতবর্ষের জাতীয় উদ্যানসমূহ IUCN ক্যাটাগোরি-II-এর অন্তর্ভুক্ত সংরক্ষিত অঞ্চলসমূহ (Protected Areas)— ভারতবর্ষের 106টি জাতীয় উদ্যান 44,372 বর্গ কিলোমিটার এরও বেশী অঞ্চল জুড়ে (2022) অর্থাৎ ভারতীয় ভূখণ্ডের 1.35% অঞ্চল জুড়ে অবস্থিত।

ভারতবর্ষের প্রথম জাতীয় উদ্যান 1936-এ স্থাপিত "হেইলে (Hailey) জাতীয় উদ্যান। যা বর্তমানে উত্তরাখণ্ডের জিম করবেট জাতীয় উদ্যান (Jim Corbett National Park) বলে পরিচিত।

ভারতবর্ষের কয়েকটি উল্লেখযোগ্য জাতীয় উদ্যান হল—

1. ডেজার্ট ন্যাশনাল পার্ক, রাজস্থান (Desert National Park, Rajasthan)
2. গঙ্গোত্রী ন্যাশনাল পার্ক, উত্তরাখণ্ড (Gangotri National Park, Uttarakhand)
3. নামদাফা ন্যাশনাল পার্ক, অরুণাচল প্রদেশ (Namdapha National Park, Arunachan Pradesh)

D: \ Suvendu \ NSOU\NEP/ 5CC-BT-02
Unit- 13-17 \ 2nd Proof \ (Dt. 19.03.2025)

4. সিমলিপাল ন্যাশনাল পার্ক, ওড়িষ্যা (Simlipal National Park, Orisha)
5. পাপিকোন্ডা ন্যাশনাল পার্ক, অন্ধ্রপ্রদেশ (Papikonda National Park, Andhra Pradesh)
6. ইন্দ্রবতী ন্যাশনাল পার্ক, ছত্তিশগড় (Indravati National Park, Chhattisgarh)
7. কান্হা ন্যাশনাল পার্ক, মধ্যপ্রদেশ (Kanha National Park, Madhya Pradesh)
8. মহাত্মা গান্ধী মেরাইন ন্যাশনাল পার্ক, আন্দামান ও নিকোবর দ্বীপপুঞ্জ (Mahatma Gandhi Marine National Park, Andaman and Nicobar Islands)
9. কিস্তোয়ার ন্যাশনাল পার্ক, জম্মু ও কাশ্মীর (Kishtwar National Park, Jammu and Kashmir)
10. গরুমারা ন্যাশনাল পার্ক, পশ্চিমবঙ্গ (Garumara National Park, West Bengal)
11. নেওরা ভ্যালি ন্যাশনাল পার্ক, পশ্চিমবঙ্গ (Neora Valley National Park, West Bengal)
12. জলদাপাড়া ন্যাশনাল পার্ক, পশ্চিমবঙ্গ (Jaldapara National Park, West Bengal)
13. হেমিশ ন্যাশনাল পার্ক, লাদাখ (Hemis National Park, Ladakh)
14. মানস ন্যাশনাল পার্ক, আসাম (Manas National Park, Assam)
15. পেরিয়ার ন্যাশনাল পার্ক, কেরালা (Periyar National Park, Kerala)
16. পিনভ্যালি ন্যাশনাল পার্ক, হিমাচল প্রদেশ (Pinvalley National Park, Himachal Pradesh)

17.7 সারাংশ (Summary)

এই এককে উদ্ভিদ সংরক্ষণ, সংরক্ষণের গুরুত্ব, এক্স-সিটু এবং ইন-সিটু সংরক্ষণ, বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ, অভয়ারণ্য ও জাতীয় উদ্যান সম্পর্কে আলোচনা করা হয়েছে। সমগ্র জীবকুলের প্রয়োজনে উদ্ভিদকে ব্যবহার করা হয়েছে কিন্তু সভ্যতার অগ্রগতির সাথে সাথে উদ্ভিদকূলকে ধ্বংস করা হয়েছে। এর ফলে পরিবেশের ভারসাম্য বিশেষভাবে ক্ষতিগ্রস্ত হয়েছে। এই ক্ষতি অনুধাবন করে বিজ্ঞানীরা সুস্থিত উন্নয়ন (sustainable development)-এর কথা বলছেন এবং উদ্ভিদ সংরক্ষণের জন্য বিশেষ উদ্যোগ নেওয়া হচ্ছে। এই এককে উদ্ভিদ সংরক্ষণের গুরুত্বগুলি লিপিবদ্ধ করা হয়েছে। উদ্ভিদ বা বন সংরক্ষণের যে সকল পদ্ধতি আছে তাদের প্রধান দুই ভাগে ভাগ করা হয়—বহিঃ-স্থানে এবং স্ব-স্থানে সংরক্ষণ। বহিঃ-স্থানে সংরক্ষণের আবার অনেকগুলি কৌশল আছে—বোটানিকাল গার্ডেন, বীজ ব্যাংক, ফিল্ড

জিন ব্যাংক, ডি. এন. এ. ব্যাংক, পরাগরেণু ব্যাংক, ক্রায়োপ্রিজারভেশন, ইন-ভিট্রো কালচার ইত্যাদি। স্ব-স্থানে সংরক্ষণের জন্য বিভিন্ন সংরক্ষিত এলাকা সৃষ্টি করা হয়েছে—কঠোরভাবে নেচার রিজার্ভ, জনহীন অঞ্চল, জাতীয় উদ্যান, ন্যাচারাল মনুমেন্ট, জীববাসস্থান, সংরক্ষিত ভূদৃস্য, বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ প্রভৃতি। বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভের নক্সা ও তার বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ দিকগুলি লিপিবদ্ধ করা হয়েছে। একই সাথে লিপিবদ্ধ হয়েছে পৃথিবী ও ভারতবর্ষের উল্লেখযোগ্য বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভগুলি, অভয়ারণ্য এবং জাতীয় উদ্যান সমূহের নাম।

17.8 প্রশ্নাবলী (Questions)

I. বহু নির্বাচনী প্রশ্ন (MCQ) :

1. বনসংরক্ষণ বলতে বোঝায়—
   (a) উদ্ভিদ সম্পদ সংগ্রহ সম্পূর্ণ রোধ করা
   (b) বনাঞ্চলে তৃণভোজী বন্যপ্রাণীর সংখ্যা নিয়ন্ত্রণ করা
   (c) নিয়ন্ত্রিত বনজসম্পদ সংগ্রহ ও ব্যবহার করা
   (d) বনাঞ্চলে মানুষ এবং গবাদিপশুর প্রবেশ সম্পূর্ণ নিষিদ্ধ করা

2. উদ্ভিদ সংরক্ষণের সঙ্গো যে বিষয়ের সম্পর্ক নেই—
   (a) বায়ুমণ্ডলের গ্যাসীয় ভারসাম্য (b) ভূমিক্ষয় রোধ
   (c) বৃষ্টিপাতের সমতা রক্ষা (d) ভূমিকম্পের প্রবণতা বৃদ্ধি

3. বনভূমি এবং উদ্ভিদ সংরক্ষণের বিষয়ে যে উক্তিটি সত্য নয়—
   (a) সকল জীবের খাদ্যের উৎস প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে সুরক্ষিত হওয়া
   (b) মহামারি ও অতিমারি প্রতিরোধে সহায়তা করা
   (c) পরিবেশের ভারসাম্য রক্ষা
   (d) খাদ্যশৃঙ্খল এবং খাদ্য জালকের মাধ্যমে শক্তি প্রবাহ অক্ষুণ্ন রাখা

4. ইন-সিটু কনজারভেশনের অর্থ হল—
   (a) বিভিন্ন জীব প্রজাতিকে তাদের বাস্তুতান্ত্রিক বাসস্থানে রেখেই নানা প্রযুক্তি বা বিজ্ঞানভিত্তিক কৌশলের মাধ্যমে সংরক্ষণ
   (b) বিভিন্ন জীব প্রজাতিকে তাদের বাস্তুতান্ত্রিক বাসস্থানে বাইরে এনে কোন উপযুক্ত স্থান কিংবা গবেষণাগারে নানা প্রযুক্তির সহায়তার সংরক্ষণ
   (c) ল্যাবরেটরি কিংবা নার্সারিতে সেই জীবের অসংখ্য অপত্য সৃষ্টি করা
   (d) কোন প্রজাতির জীবগুলিকে ভিন্ন ভিন্ন স্থানে রেখে সবচাইতে উপযুক্ত পরিবেশের স্থানে

স্থানান্তরন করা

5. ইন-সিটু কনজার্ভেশনের আওতায় পরে না যেটি—
   (a) অভয়ারণ্য (b) জাতীয় উদ্যান
   (c) বোটানিকাল গার্ডেন (d) ন্যাচারাল মনুমেন্ট

6. কোনটি এক্স-সিটু কনজার্ভেশনের মধ্যে পড়ে না?
   (a) বোটানিকাল গার্ডেন (b) বীজ ব্যাঙ্ক
   (c) DNA ব্যাঙ্ক (d) প্রজাতির তদারকি অঞ্চল

7. ইন-সিটু সংরক্ষণের সাথে সাথে এই সংরক্ষিত অঞ্চল শিক্ষা, বিনোদন প্রভৃতির প্রসার ঘটিয়ে স্থানীয় অর্থনীতিকে সাহায্য করে—
   (a) ন্যাচারাল মনুমেন্ট (b) জাতীয় উদ্যান
   (c) জনহীন অঞ্চল (d) প্রজাতি তদারকি অঞ্চল

8. রাজ্য সরকারের নিয়ন্ত্রানাধীন এই সংরক্ষিত বনাঞ্চলে বেশ কিছু বিলুপ্ত প্রায় বন্যপ্রাণী নির্ভয়ে বসবাস করতে পারে—
   (a) জাতীয় উদ্যান (b) বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ
   (c) অভয়ারণ্য (d) ন্যাচারাল ফিচার

9. বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ সম্বন্ধে যে তথ্যটি সঠিক নয়—
   (a) বিশ্বের সকল বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ CEM নেটওয়ার্ক এর মাধ্যমে সংযুক্ত
   (b) সকল বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভগুলি UNESCO-র MAB-এর অনাহত উন্নয়নের আদর্শ নকশা
   (c) বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ-এর কোর জোন, বাফার জোন এবং ট্রানজিশন জোন সবগুলিই IUCN-এর সংরক্ষণের অন্তর্গত
   (d) বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ মানব সমাজ ও বাস্তুতন্ত্রের আন্তক্রিয়ার আদর্শ নক্শা

10. বায়োস্ফিয়ারের এই অঞ্চলটিতে শিক্ষামূলক ক্রিয়াকলাপ ও গবেষণার জন্য সীমিত সংখ্যক মানুষের প্রবেশ অনুমোদিত—
   (a) কোর জোন (b) বাফার জোন
   (c) ট্রানজিশন জোন (d) কোর কোন-এর কিছু কিছু অংশ

II. সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলী ঃ

1. বন সংরক্ষণ বলতে কি বোঝায়?

2. ইন-সিটু এবং এক্স-সিটু সংরক্ষণ কি?

3. বীজ ব্যাংক কি?
4. ক্রায়োপ্রিজার্ভেশন কাকে বলে?
5. ওয়াইল্ডারনেস অঞ্চল বলতে কি বোঝায়?
6. ন্যাচারাল মনুমেন্ট কি?
7. UNESCO-র MAB-এর উদ্দেশ্য কি?
8. বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ-এর জোনগুলির নাম ও অবস্থান লিখুন।
9. বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ ও করিডোর-এর সম্পর্ক কি?
10. ভারতবর্ষ এবং ভারতবর্ষের বাইরের একটি করে উল্লেখযোগ্য বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ-এর নাম লিখুন।

III. রচনাধর্মী প্রশ্ন ঃ

1. উদ্ভিদ সংরক্ষণের গুরুত্বগুলি সংক্ষেপে লিখুন।
2. এক্স-সিটু কনজার্ভেশনের যে কোন দুইটি কৌশল সম্বন্ধে লিখুন।
3. ইন-সিটু কনজার্ভেশনের যে কোন দুই প্রকার এলাকার বৈশিষ্ট্য সম্বন্ধে লিখুন।
4. বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ নেটওয়ার্ক-এর উদ্দেশ্যগুলি আলোচনা করুন।
5. বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ-এর সাফল্য যে বিষয়গুলির ওপর নির্ভর করে তা সংক্ষেপে আলোচনা করুন।
6. বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ-এর বিভিন্ন অঞ্চলগুলির বৈশিষ্ট্য সংক্ষেপে লিখুন।
7. বর্তমানে ভারতবর্ষ এবং সমগ্র পৃথিবীর বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভের সংখ্যা লিখুন। ভারতবর্ষ এবং পৃথিবীর চারটি করে বায়োস্ফিয়ার রিজার্ভ-এর নাম এবং অবস্থান উল্লেখ করুন।
8. অভয়ারণ্য এবং জাতীয় উদ্যান বলতে কি বোঝায়? ভারতবর্ষে ইহাদের দুইটি করে উদাহরণ দিন।

17.9 উত্তরমালা (Answers)

I. বহু নির্বাচনী প্রশ্নের (MCQ) উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
উত্তর :	c	d	b	a	c	d	b	c	c	b

II. সংক্ষিপ্ত প্রশ্নের উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4	5
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	17.1	17.3	17.3.1(b)	17.3.1(f)	17.3.2(2)

প্রশ্নের সংখ্যা :	6	7	8	9	10
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	17.3.2(4)	17.4	17.4.2(6)	17.4.2(4)	17.4.3 & 17.4.4

III. রচনাধর্মী প্রশ্নের উত্তর :

প্রশ্নের সংখ্যা :	1	2	3	4
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	17.2	17.3.1	17.3.2	17.4.1

প্রশ্নের সংখ্যা :	5	6	7	8
অনুচ্ছেদ সংখ্যা :	17.4.2	17.4.2(6)	17.4.3 & 17.4.4	17.5 & 17.6