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 12B-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 আন্তঃ ব্যবস্থায় 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

Under Graduate Degree Programme

বিষয় : সাম্মানিক উদ্ভিদবিদ্যা

Subject : Honours in Botany (FUHBT)

Phycology and Microbiology

Course Code : 6CC-BT-05

প্রথম মুদ্রণ : মার্চ, 2025

Memo No. : SC/DTP/351 Dated : 28.11.2024

বিশ্ববিদ্যালয় মঞ্জুরি কমিশনের দূরশিক্ষা ব্যুরোর বিধি অনুযায়ী মুদ্রিত।

Printed in accordance with the regulations of the Distance Education Bureau of the University Grants Commission.

Netaji Subhas Open University

Under Graduate Degree Programme

NEP

বিষয় : সাম্মানিক উদ্ভিদবিদ্যা

Subject : Honours in Botany (FUHBT)

Phycology and Microbiology

Course Code : 6CC-BT-05

: বিষয় সমিতি :

সদস্যবৃন্দ

প্রফেসর (ড.) বিভাস গুহ
(Chairperson)
Director, School of Sciences, NSOU

ড. স্বপন ভট্টাচার্য্য
Associate Professor, NSOU

শ্রী সন্দীপ দাস
Assistant Professor of Botany, NSOU

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

ড. সঞ্জীব চট্টোপাধ্যায়
Assistant Professor of Botany, NSOU

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

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

ড. শ্যামল কুমার চক্রবর্তী
Retd. Assocaite Professor, WBES
Bidhannagar Govt. College

ড. সুশোভন বেরা
Associate Professor of Botany
Jogamaya Devi College

: রচনা :

পর্যায়-1 **ড. অভীক চৌধুরী**
Assistant Professor WBES
Maulana Azad College

পর্যায়-2 **ড. স্বপন ভট্টাচার্য্য**
Retd. Associate Porfessor WBES
Maulana Azad College

: সম্পাদনা :

প্রফেসর (ড.) সমিত রায়
Professor of Botany
Viswa Bharati University

: বিন্যাস সম্পাদনা :

শ্রী সন্দীপ দাস

প্রজ্ঞাপন

এই পাঠ উপকরণের সমুদায় স্বত্ব নেতাজি সুভাষ মুক্ত বিশ্ববিদ্যালয় কর্তৃক সংরক্ষিত। বিশ্ববিদ্যালয় কর্তৃপক্ষের লিখিত অনুমতি ব্যাতিরেকে এই পাঠ উপকরণের কোনো অংশের পুনর্মুদ্রণ বা পুনরুৎপাদন এবং কোনো রকম উদ্ধৃতি সম্পূর্ণ বে-আইনি ও নিষিদ্ধ। এই বিষয়ে বিশ্ববিদ্যালয় প্রয়োজনীয় বিধিসম্মত আইনানুগ ব্যবস্থা গ্রহণ করতে পারবেন।

অনন্যা মিত্র
ভারপ্রাপ্ত নিবন্ধক

নেতাজি সুভাষ মুক্ত বিশ্ববিদ্যালয়

ফাইকোলজি ও মাইক্রোবায়োলজি
6CC-BT-05

পর্যায় : 1
ফাইকোলজি (শৈবাল বিজ্ঞান)

একক - 1	❑	সূচনা, বৈশিষ্ট্য, জনন, জীবনচক্র (Introduction, Characteristics, Reproduction, Life Cycle)	9-47
একক - 2	❑	শ্রেণীবিন্যাস, অঙ্গজদেহের বিস্তৃতি ও শ্রেণীবৈশিষ্ট্য (Classification, Range of thallus organization and class characteristics)	48-63
একক - 3	❒	অর্থনৈতিক গুরুত্ব, জৈবপ্রযুক্তি, প্রয়োগ (Economic Importance, Biotechnology Application)	64-73
একক - 4	❒	সায়ানোফাইটা (Cyanophyta) — সায়ানোব্যাকটিরিয়া	74-89
একক - 5	❒	ক্লোরোফাইটা (Chlorophyta)	90-108
একক - 6	❒	ক্যারোফাইসী (Charophyceae)	109-120
একক - 7	❒	জ্যান্থোফাইসী (Xanthophyceae, Heterokontophyta)	121-132
একক - 8	❒	ব্যাসিলারিওফাইসী (Bacillariophyceae, Heterokontophyta)	133-145
একক - 9	❒	ফিওফাইসী (Phaeophyceae, Heterokontophyta)	146-164
একক - 10	❒	রোডোফাইটা (Rhodophyta)	165-187

পর্যায় : 2

মাইক্রোবায়োলজি (অণুজীববিজ্ঞান)

একক - 11	❑	ভাইরাস - I (Virus-I)	195-212
একক - 12	❑	ভাইরাস - II (Virus-II)	213-234
একক - 13	❑	ব্যাকটেরিয়ার কোষীয় সংগঠন - I (Cellular Organization of Bacteria - I)	235-260
একক - 14	❑	ব্যাকটেরিয়ার কোষীয় সংগঠন - II (Cellular Organization of Bacteria-II)	261-280
একক - 15	❑	ব্যাকটেরিয়ার শ্রেণীবিভাগ (Bacterial Systematics)	281-293
একক - 16	❑	ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধি ও বংশবৃদ্ধি (Bacterial Growth and Reproduction)	294-321
একক - 17	❑	ব্যাকটেরিয়ার জীনগত পুনঃসংযুক্তি(- I (Genetic Recombination in Bacteria - I)	322-332
একক - 18	❑	ব্যাকটেরিয়ার জীনগত পুনঃসংযুক্তি(- II (Genetic Recombination in Bacteria - II)	333-343
একক - 19	❑	বাস্তুসংস্থান (Microbial Ecology)	344-358
একক - 20	❑	প্রায়োগিক অণুজীববিদ্যা (Applied Microbiology)	359-366

পর্যায় - 1

ফাইকোলজি (শৈবাল বিজ্ঞান)

একক 1 ❑ সূচনা, বৈশিষ্ট্য, জনন, জীবনচক্র (Introduction, Characteristics, Reproduction, Life Cycles)

গঠন

1.1 উদ্দেশ্য

1.2 প্রস্তাবনা

1.3 সংক্ষিপ্ত ইতিহাস

অনুশীলনী-1

1.4 শৈবালের বিভিন্ন দিক সম্পর্কে সংক্ষিপ্ত ধারণা

1.4.1 শৈবালের বিশেষ বৈশিষ্ট্য

1.4.2 সাধারণ বৈশিষ্ট্য

1.4.3 শৈবালের অঙ্গজদেহের গঠন বৈচিত্রের ক্রমবিন্যাস

1.4.4 অঙ্গজ ও অযৌন জনন

1.4.5 যৌন জননের প্রকারভেদ

1.4.6 জীবনচক্র

1.5 সারাংশ

1.6 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

1.7 উত্তরমালা

1.1 উদ্দেশ্য

এই এককটি পাঠ করে আপনি

- শৈবাল সম্পর্কিত গবেষণার দীর্ঘ ইতিহাস সংক্ষেপে পর্যালোচনা করতে পারবেন।
- "শৈবালের সাধারণ বিবরণ" অংশের মাধ্যমে শৈবাল সম্পর্কে একটি স্পষ্ট ধারণা গড়ে তুলতে পারবেন।
- শৈবালের বিশেষ বৈশিষ্ট্যগুলি নির্দেশ করতে পারবেন এবং উদ্ভিদজগতের অন্যান্য গোষ্ঠী থেকে শৈবালকে সহজেই পৃথক করতে পারবেন।
- বিশেষত শৈবাল ও ছত্রাক এবং শৈবাল ও ব্রায়োফাইটার মধ্যে পার্থক্য নিরূপণ করতে সক্ষম হবেন।
- সামগ্রিকভাবে শৈবাল, ছত্রাক ও ব্রায়োফাইটার মধ্যে সাদৃশ্য ও বৈচিত্র্য সম্পর্কে বিশদ ব্যাখ্যা করতে পারবেন।

1.2 প্রস্তাবনা

যে কোনও বিজ্ঞান বিষয়ে আলোচনার শুরুতেই সেই বিষয়ের ক্রমবিকাশ ও ক্রমান্বয় অগ্রগতি সম্পর্কে স্পষ্ট ধারণা থাকা উচিত। এই ধারণা অতিআবশ্যক কেননা তা না হলে উক্ত বিষয়ের উপর বিভিন্ন তথ্য, তত্ত্ব, বিজ্ঞানীদের গবেষণার পদ্ধতি ও দৃষ্টিভঙ্গি, অগ্রগতির ধারা ইত্যাদি যথার্থরূপে অনুধাবন করা সম্ভব নয়। শৈবাল সম্পর্কে পঠন-পাঠনের ক্ষেত্রেও এর গবেষণার ইতিহাস সম্পর্কে মোটামুটি ধারণা থাকা প্রয়োজন। তাই এই এককে শুরুতেই শৈবাল গবেষণার ইতিহাস সম্বন্ধে আলোচনা করা হয়েছে। উদ্ভিদবিদ্যার যে শাখায় শৈবাল সম্বন্ধে পঠন-পাঠন হয়, তাকে ফাইকোলজি (Phycology) বা অ্যালগোলজি (Algology) বলে। বর্তমানে অ্যালগোলজির বদলে প্রধানত ফাইকোলজি শব্দটি ব্যবহৃত হয়। কারণ Algology শব্দটি ইংরেজি শব্দ Algogenic-এর সাথে প্রায় একরকম উচ্চারণ হওয়ায় ব্যবহৃত হয় না। শৈবালকে ইংরেজিতে algae (একবচনে alga) বলা হয়। সমগ্র উদ্ভিদ জগতে শৈবালের শ্রেণীগত অবস্থান (Eichler 1883) হল—ইহা অপুষ্পক অর্থাৎ ক্রিপ্টোগ্যামি (Cryptogamae) উপজগৎ এবং থ্যালোফাইটা (Thallophyta) বিভাগের অন্তর্গত একটি শ্রেণী যা ক্লোরোফিল যুক্ত। এই বিভাগের অপর একটি শ্রেণী হল ছত্রাক (fungi)। বিভিন্ন বিজ্ঞানীরা বিভিন্নভাবে শৈবালের সংজ্ঞা দিয়েছেন। এর মধ্যে প্রেসকট (Prescott)-এর সংজ্ঞাটি পাঠকদের নিকট অনেকটা সহজ মনে হবে। "শৈবাল হল সমাঙ্গদেহী (thalloid) অর্থাৎ মূল, কাণ্ড, পাতাবিহীন এবং ক্লোরোফিল যুক্ত (কিছু কিছু ক্ষেত্রে ক্লোরোফিল বিহীন, তবে গঠনগতভাবে সদৃশ) উদ্ভিদ।" কিছু কিছু শৈবাল পরজীবি, তাই এরা ক্লোরোফিল বিহীন। শৈবালের যৌন জননের (Sexual Reproduction) ক্ষেত্রে উল্লেখযোগ্য বিষয় হল, এর জনন অঙ্গ (Reproductive Organ) সাধারণত এককোষী, তবে যদি বহুকোষী হয় সেক্ষেত্রে সকল কোষই উর্বর হয়, কোনও বন্ধ্যা আবরণী দ্বারা আবৃত থাকে না (চিত্র 1.3)। রেণুস্থলীও সাধারণত এককোষী, অথবা যদি বহুকোষী হয় তবে সকল কোষই উর্বর হয়। তাছাড়া যৌন জননে উৎপন্ন জাইগোট (Zygote) কখনও স্ত্রী জনন অঙ্গের অভ্যন্তরে ভ্রূণে (Embryo) রূপান্তরিত হয় না। জাইগোট সৃষ্টির পর ইহা স্ত্রী-জনন অঙ্গের বাইরে বেরিয়ে আসে এবং তারপর জাইগোটের বিভাজন শুরু হয়।

উদ্ভিদজগতে শৈবাল সর্বাপেক্ষা সরল প্রকৃতির উদ্ভিদ। বিভিন্ন বৈশিষ্ট্য এবং আলোচনার মাধ্যমে তা স্পষ্ট অনুধাবন করা সম্ভব হবে। তাছাড়া উদ্ভিদের বিবর্তনে শৈবালের ভূমিকা অপরিসীম। শৈবাল পৃথিবীতে প্রথম সৃষ্ট সবুজ উদ্ভিদ। বিভিন্ন বৈশিষ্ট্য আলোচনার মাধ্যমে এ ধারণাও স্পষ্ট হবে।

1.3 সংক্ষিপ্ত ইতিহাস

রোমান, চাইনীজ ও গ্রীক সাহিত্যে শৈবালের উল্লেখ আছে। গ্রীকরা শৈবালকে ফাইকস (Phykos), রোমানরা ফিউকাস (Fucus) এবং চীনারা সাও (Tsao) বলতেন। প্রাচীনকালে হাওয়াই দ্বীপের বাসিন্দারা শৈবালকে খাদ্যরূপে ব্যবহার করত, এবং তারা শৈবালকে লিমু (Limu) বলত।

সপ্তদশ শতাব্দীর মধ্যভাগে অনুবীক্ষণ যন্ত্রের আবিষ্কার ও তার উন্নয়নের মধ্য দিয়ে শৈবালের প্রকৃত গবেষণা শুরু হয়।

1754 সালে লিনিয়াস প্রথম অ্যালগি শব্দটির উল্লেখ করেন। যে সকল উদ্ভিদকে উনি 'অ্যালগি' বলে চিহ্নিত করেন তার মধ্যে চারটি গণ যথা আলভা, কনফারভা, কোরালিনা ও ফিউকাস প্রকৃত রূপেই শৈবাল ছিল। অষ্টাদশ শতকের শেষের দিকেও খুব একটা অগ্রগতি হয়নি। শুধুমাত্র *Fucus* (ফিউকাস), *Ulva* (আলভা), *Conferva* (কনফারভা), *Corallina* (কোরালিনা) এই চারটি গণের নাম সম্পর্কে জানা যায়।

উনবিংশ শতাব্দীতে অনুবীক্ষণ যন্ত্রের যথেষ্ট উন্নতির ফলে শৈবালের গবেষণা দ্রুত গতিতে এগিয়ে চলে। এইসময় ইউরোপের জীববিজ্ঞানীরা শৈবালের গবেষণায় বেশ আগ্রহ প্রকাশ করেন। রথ (Roth) 1797-1805 সালের মধ্যে *Batrachospermum* (ব্যাট্রাকোস্মারমাম্), *Hydrodictyon* (হাইড্রোডিকটিওন), *Rivularia* (রিভিউলারিয়া) ইত্যাদির আবিষ্কার ও বর্ণনা করেন। এইচ. ই. লিংক (H.E. Link) 1820-33 সালের মধ্যে জার্মানির বিভিন্ন শৈবাল নিয়ে গবেষণা করেন এবং *Tetraspora* (টেট্রাস্পোরা), *Oedogonium* (উডোগোনিয়াম), *Spirogyra* (স্পাইরোগাইরা) ইত্যাদি গণের বর্ণনা দেন। প্রফেসর সি. এ. আগার্ধ (C. A. Agardth, 1825) বিভিন্ন গণের জীবন বৃত্তান্ত বর্ণনা করেন। তার বর্ণিত শৈবালগুলিকে মোট ছয়টি বর্গের অন্তর্ভুক্ত করেন।

ঊনবিংশ শতাব্দীর মধ্যভাগ থেকে শুরু করে শেষ অবধি যে সকল বিজ্ঞানীরা শৈবাল নিয়ে গবেষণা করেন তাঁরা হলেন হ্যাসেল (Hassal, 1842-45), ব্রাউন (Braun, 1835-55), থুরেট (Thuret, 1843-55), সিনকওস্কি (Cienkowski), প্রিংসহাইম (Pringsheim, 1855-66), ডি ব্যারি (De barry, 1858), স্ট্রাসবারগার (Strasburger, 1895-98), উইলিয়াম (Williams, 1897-98), ও বর্জ (O. Borge, 1894-1936) প্রমুখ।

বিংশ শতাব্দীর শুরু থেকেই ওলটম্যান (Oltman, 1905) শৈবালের উপর কাজ শুরু করেন। জি.এস.ওয়েস্ট (G. S. West) ও ডব্লিউ. ওয়েস্ট নামে দুজন ব্রিটিশ বিজ্ঞানী বিভিন্ন স্থানের মিঠাজলের শৈবাল নিয়ে কাজ করেন এবং তাদের বর্ণনা দেন। জি. এস. ওয়েস্ট (W. West) তাঁর লিখিত 'অ্যালগি' নামক পুস্তকে বিভিন্ন শৈবালের গঠন ও জনন সম্পর্কে অতি সুন্দর বর্ণনা দেন।

বিংশ শতাব্দীর মধ্যভাগ থেকে শৈবালের গবেষণা আরও ব্যাপক রূপ নেয় এবং বহু পুস্তক, প্রবন্ধ ও গবেষণাপত্র ইত্যাদি প্রকাশ পেতে থাকে। এই সময়কাল থেকে বর্তমান কাল অবধি যে সকল বিজ্ঞানী শৈবাল গবেষণার ক্ষেত্রে বিশেষ অবদান রেখেছেন তারা হলেন—স্মিথ (Smith), ফ্রিটস্চ্ (Fritsch), রিচ (Rich), প্রেসকট (Prescott), ফগ (Fogg), চ্যাপম্যান (Chapman), রাউণ্ড (Round), বোল্ড (Bold), উইন (Wynne), মরিস (Morris), সিং (Singh) প্রমুখ বিজ্ঞানী। অধ্যাপক আর.এন.সিং (R.N. Singh 1938–1968) বেনারস হিন্দু বিশ্ববিদ্যালয়ে উদ্ভিদবিজ্ঞান বিভাগে নীলাভ সবুজ ও সবুজ শৈবাল নিয়ে ব্যাপক গবেষণা করেন। ভারতবর্ষে উনি প্রথম Cyanophage নামক Virus আবিষ্কার করেন। স্বাধীনতা পরবর্তী সময়ে মূলত উত্তরভারত ও দক্ষিণ ভারতে যথাক্রমে বেনারস হিন্দু বিশ্ববিদ্যালয় ও মাদ্রাজ বিশ্ববিদ্যালয়ে শৈবাল সংক্রান্ত গবেষণা প্রভূত উন্নতি লাভ করে।

ভারতবর্ষে শৈবাল গবেষণার সংক্ষিপ্ত ইতিহাস—অভারতীয়রাই প্রথম ভারতবর্ষে শৈবাল গবেষণা শুরু করেন। রয়েল (Royle, 1839) প্রথম অভারতীয় যিনি আধুনিক ভারতের হিমালয় অঞ্চলের নদী থেকে কিছু শৈবাল [গোত্রঃ লেমিয়েসী] নিয়ে কাজ করেন। সেনা বিভাগের অফিসার ওয়ালিচি (Wallichi, 1860) বঙ্গদেশ থেকে সংগৃহীত নানা ডেসমিডস্ (Desmids) নিয়ে কাজ করেন এবং এ সম্পর্কে একটি প্রবন্ধ রচনা করেন। বর্জেসন (Boergeson, 1930) ভারতের সামুদ্রিক শৈবাল গবেষণার ভিত্তি স্থাপন করেন। এ সম্পর্কে তিনি বেশ কয়েকটি প্রবন্ধ প্রকাশ করেন।

ভারতীয়দের মধ্যে শৈবাল নিয়ে গবেষণার সূত্রপাত করেন এস.এল. ঘোষ (Ghose, 1919-32)। তাকে ভারতীয় ফাইকোলজিস্টদের পথপ্রদর্শক বল হয়। তিনি বর্মা ও পাঞ্জাবের নীলাভ সবুজ শৈবাল নিয়ে কাজ করেন। এম্. ও. পি আয়েঙ্গার (M.O.P. Iyengar) 1920 সাল থেকে দক্ষিণ ভারতের মিঠা জল ও সামুদ্রিক শৈবালের উপর গবেষণা করেন। তাঁর অসামান্য অবদানের জন্য তাঁকে ভারতের 'আধুনিক অ্যালগোলজির জনক' এই আখ্যা দেওয়া হয়। তাঁর সুযোগ্য ছাত্রদের মধ্যে ছিলেন—বালকৃষ্ণাণ (Balakrishnan), ডেসিকাচারি (Desikachary), কান্থনম্ (Kanthanam), রামনাথন্ (Ramanathan) এবং সুব্রাহ্মানিয়াম (Subrahmanium)। আয়েঙ্গার কর্তৃক স্থলজ শৈবাল *Fritschiella tuberosa* (ফ্রিশ্চিয়েলা টিউবারোসা)-র আবিষ্কার খুবই তাৎপর্যপূর্ণ।

ব্রুল ও বিশ্বাস (Bruhl and Biswas, 1922-26) পূর্ব ভারতের শৈবাল নিয়ে কাজ করেন। ভরদ্বাজ (Bhardwaj, 1928-36), উত্তর প্রদেশের নীলাভ সবুজ শৈবাল নিয়ে কাজ করেন। তাঁর সবচেয়ে উল্লেখযোগ্য অবদান হল বেনারস হিন্দু বিশ্ববিদ্যালয়ে "অ্যালগোলজির স্কুল" প্রতিষ্ঠা। সি. বি. রাও (C. B. Rao, 1935-38) মাদ্রাজ ও উত্তরপ্রদেশের নীলাভ সবুজ শৈবাল ও কিছু সবুজ শৈবাল নিয়ে কাজ করেন।

রনধাওয়া (Randhawa, 1932-59) বিভিন্ন সবুজ শৈবাল নিয়ে গবেষণা করেন। জিগনেমেসি (Zygnemaceae) উপর প্রকাশিত মনোগ্রাফ (Monograph) তাঁর উল্লেখযোগ্য কীর্তি। দেশিকাচারি (Desikachary,1950-59) নীলাভ সবুজ, ডায়াটম ও লোহিত শৈবাল নিয়ে গবেষণা করেন।

তাছাড়া ভারতবর্ষে অন্যান্য অনেক ফাইকোলজিস্ট বিভিন্ন শৈবালের উপর গবেষণা করেছেন। তাদের কয়েকজন হলেন—এস. আর. নারায়ণ রাও (S. R. Narayana Rao, 1941-49), আর. সুব্রাহ্মনিয়াম (R. Subrahmaniam, 1954), দিক্ষিত (Dixit, 1937), ওয়াই. এস. আর. কে. শর্মা (Y.S.R.K. Sharma, 1956), পাণ্ডে এবং মিত্র (Pandey and Mitra, 1959), জি. এস. ভেংকটরমন (G.S. Venkataraman, 1962-64), আর. এস. রতন (R.S. Rattan, 1960), এইচ. ডি. কুমার (H. D. Kumar, 1962), জে. এন. মিশ্র (J. N. Misra, 1966-67), প্রমুখ ফাইকোলজিস্টবৃন্দ। কলকাতা বিশ্ববিদ্যালয়ের পি. চ্যাটার্জি (P. Chatterjee) শৈবালের ক্রোমোজোম সংক্রান্ত গবেষণায় অনেক অবদান রেখে গেছেন। বর্ধমান বিশ্ববিদ্যালয়ের পি. শর্মা শৈবালের শ্রেণীবিন্যাসকরণের উপর অনেক গবেষণা করেছেন।

অনুশীলনী-1

সংক্ষিপ্ত উত্তর ভিত্তিক প্রশ্ন

1) গ্রীক, রোমান, চীনা ও হাওয়াই দ্বীপের বাসিন্দারা শৈবালকে কি বলে অভিহিত করত?

2) শৈবালের প্রকৃত গবেষণার কখন অগ্রগতি ঘটে?

3) অ্যালগি (শৈবাল) শব্দটির নামকরণ কে করেন?

4) উনবিংশ শতাব্দীর চারজন বিখ্যাত শৈবালবিদ-এর নাম বলুন।

5) শৈবালের ক্ষেত্রে জি. এস. ওয়েস্ট-এর অবদান কি?

6) বিংশ শতাব্দীর মধ্যভাগ থেকে যে সকল শৈবালবিদরা শৈবাল বিদ্যাকে বিভিন্ন গবেষণার মাধ্যমে খুবই সমৃদ্ধ করেছেন তাঁদের সাত জনের নাম লিখুন।

7) ভারতীয় শৈবালবিদদের পথপ্রদর্শক কে?

8) ভারতের আধুনিক ফাইকোলজির জনক কে?

9) চারজন বিখ্যাত ভারতীয় শৈবালবিদ-এর নাম লিখুন।

10) ভারতীয় শৈবালবিদ আর. এন. সিং-এর অবদান সম্পর্কে উল্লেখ করুন।

1.4 শৈবালের বিভিন্ন দিক সম্পর্কে সংক্ষিপ্ত ধারণা

প্রকৃতি ও বসতি (Habit, Habitat & Ecology)

- **প্রকৃতি**—জলে বসবাসকারী শৈবালদের কোনও কোনও প্রজাতি ফ্লাজেলাযুক্ত সন্তরণশীল, কোনও কোনও প্রজাতি ফ্লাজেলাবিহীন জলে ভাসমান অবস্থায় থাকে অথবা কোনও কোনও প্রজাতি কোনও বস্তু বা মাটির সাথে হোল্ডফাস্টের সাহায্যে আবদ্ধ থাকে।

ক্লোরোফিল যুক্ত হওয়ায় এরা স্বভোজী। তবে কয়েকটি পরজীবী শৈবাল (উদাঃ **সেফালিউরস**) আছে, যারা পোষক উদ্ভিদের (**উদাঃ ক্যামেলিয়া সাইনেনসিস**) ক্ষতি সাধন করে, তাছাড়া মিথোজীবী (**উদাঃ অ্যাজোলা-অ্যানাবিনা**) ও পরাশ্রয়ী (**উদাঃ ইডোগোনিয়াম, বালবোকিটি**) শৈবালও দেখা যায়। (পৃষ্ঠা-১৯১)।

- **বসতি**—শৈবালের বাসস্থান অত্যন্ত বৈচিত্র্যময়। শৈবাল প্রধানত জলে জন্মায়, তাছাড়াও এরা প্রায় সকল প্রকার পরিবেশেই জন্মায়। প্রাপ্তিস্থান অনুযায়ী শৈবালকে বিভিন্ন গোষ্ঠীতে ভাগ করা যায়। এগুলি হল :

1. জলজ শৈবাল (Aquatic Algae) : জলজ শৈবাল আবার নানা ধরনের জলাশয়ে জন্মায়। যেমন—

(a) **মিঠা জলাশয়ে**—যে ক্ষেত্রে লবণের ভাগ, প্রতি লক্ষ ভাগে এক ভাগ (১০ পি. পি. এম) বা তারও কম।

- **স্থির বদ্ধ জলাশয়ের শৈবাল**—যেমন—পুকুর, হ্রদ, চৌবাচ্চা, ডোবা ইত্যাদি নানা স্থানে দেখা যায়। উদাহরণ—*Zygnema* (জিগনিমা), *Spirogyra* (স্পাইরোগাইরা), *Chlamydomonas* (ক্ল্যামাইডোমনাস), *Gloeotrichia* (গ্লিওট্রিকিয়া) ইত্যাদি অসংখ্য সবুজ ও নীলাভ সবুজ শৈবাল।

- **খরস্রোতা মিঠা জলাশয়ের শৈবাল**—খরস্রোতা নদীতে *Hildenbrandia* (হিল্ডেনব্রান্ডিয়া), *Lemane*a (লেমানিয়া) প্রভৃতি এবং খুব শীতল জলের খরস্রোতে *Prasiola* (প্র্যাসিওলা), *Hydrurus* (হাইড্রুরাস) ইত্যাদি লোহিত শৈবাল জন্মায়।

- **মন্থরগতি সম্পন্ন প্রবহমান মিঠা জলাশয়ের শৈবাল**—এই প্রকার জলাশয়ে *Ulothrix* (ইউলোথ্রিক্স), *Stigeoclonium* (স্টিজিওক্লোনিয়াম), *Cladophora* (ক্ল্যাডোফোরা), প্রভৃতি জন্মায়।

(b) **অল্প লবণাক্ত জলাশয়ের শৈবাল** (Brackish water)—মিঠা জল থেকে বেশি লবণাক্ত কিন্তু সমুদ্রের জলের মতো এতটা লবণাক্ত নয় এরকম জলাশয় এই পর্যায়ভুক্ত। এখানে বিভিন্ন নীলাভ সবুজ শৈবাল, যেমন---*Oscillatoria* (অসিলেটোরিয়া), *Anabaena* (অ্যানাবিনা) এবং *Chlamydomonas* (ক্ল্যামাইডোমনাস) ইত্যাদি জন্মায়। ডায়াটমের বিভিন্ন প্রজাতিও পাওয়া যায়।

(c) **সামুদ্রিক জলাশয়ের শৈবাল**—যেখানে সমুদ্রের জলে লবণের পরিমাণ প্রতি হাজার ভাগে 30-44 ভাগের বেশি নয়, সেই স্থান সামুদ্রিক শৈবাল জন্মাবার উপযুক্ত স্থান। ডায়াটম (Diatoms-*Navicula; Coscinodiscus*),

ডাইনোফ্লাজেলেটস্ (Dinoflagellates) *(eg. Ceratium, Peridinium),* জাতীয় ফাইটোপ্ল্যাংটন এই স্থানে প্রচুর পরিমাণে জন্মায়। তাছাড়া বেশির ভাগ লোহিত ও বাদামি শৈবাল সমুদ্রে জন্মায়। যেমন—*Ectocarpus* (এক্টোকারপাস), *Laminaria* (ল্যামিনারিয়া), *Macrocystis* (ম্যাক্রোসিসটিস্), *Sargassum* (সারগ্যাসাম্), *Fucus* (ফিউকাস) ইত্যাদি বাদামী শৈবাল এবং *Polysiphonia* (পলিসাইফোনিয়া), *Porphyra* (পরফাইরা) ইত্যাদি লোহিত শৈবাল।

2. **স্থলজ শৈবাল (Terrestrial Algae) :** বিভিন্ন প্রকার নীলাভ সবুজ শৈবাল প্রচুর পরিমাণে সিক্ত মাটিতে জন্মায়। যেমন—*Nostoc* (নস্টক), *Anabaena* (অ্যানাবিনা), *Oscillatoria* (অসিলেটোরিয়া) ইত্যাদি। তাছাড়া *Fritschiella* (ফ্রিশ্চিয়েলা), *Chlorella* (ক্লোরেল্লা), *Vaucheria* (ভাউচেরিয়া), *Phormidium* (ফরমিডিয়াম) *Euglena* (ইউগ্লিনা) ইত্যাদি আরও অসংখ্য শৈবাল সিক্ত মাটিতে জন্মায়।

3. **পরাশ্রয়ী শৈবাল :** এ ধরনের শৈবাল অন্য শৈবালের উপর অথবা অন্য কোনও উদ্ভিদের উপর জন্মায়। যেমন—বিভিন্ন প্রকার ডায়াটম *(Diatom)* যাহা স্পাইরোগাইরা, জিগনিমা, ইডোগোনিয়াম ইত্যাদির গাত্রে জন্মায়। *Dermocarpa* (ডারমোকারপা), *Lyngbya* (লিংবিয়া), *Oscillatoria* (অসিলেটোরিয়া) ইত্যাদি নীলাভ সবুজ শৈবাল, ক্ল্যাডোফোরা নামক সবুজ শৈবালের গাত্রে জন্মায়। বিভিন্ন ডায়াটম, *Cosmarium* (কস্‌মেরিয়াম) নামক ডেসমিডস *(Desmids)* এবং বিভিন্ন প্রকার নীলাভ সবুজ শৈবাল, নদীতে অবস্থিত বিভিন্ন জলজ সপুষ্পক উদ্ভিদের গাত্রে জন্মায়। *Lemna* (লেমনা) নামক জলজ খুদে পানার পাতার গাত্রেও *Achnanthes* (অ্যাকন্যানথেস), *Cocconeis* (কোক্কোনিস), *Epithemia* (এপিথেমিয়া) ইত্যাদি শৈবাল জন্মায়।

4. **প্রস্তরজীবী বা লিথোফাইটিক শৈবাল :** বিভিন্ন, নীলাভ-সবুজ শৈবাল এবং *Batrachospermum* (ব্যাট্রাকোস্পার্মাম) স্যাঁতস্যাতে পাথরের গায়ে জন্মায়।

5. **উষ্ণাঞ্চলের শৈবাল :** উষ্ণ প্রস্রবনের যথেষ্ট উষ্ণজলে (প্রায় 85^0C) যেখানে স্বাভাবিক জীবন যাপন সম্ভব নয়, সেই পরিবেশে কিছু নীলাভ সবুজ শৈবাল জন্মায়, যেমন—*Synechococcus* (সিনেকোকক্কাস), *Phormidium* (ফরমিডিয়াম), *Onconema* (অনকোনেমা), *Scytonema* (সাইটোনেমা) ইত্যাদি।

6. **তুষারাঞ্চলের শৈবাল (Cryophytic algae) :** কিছু কিছু শৈবালকে বরফের উপর জন্মাতে দেখা যায়। যেমন—*Chlamydomonas nivalis* (ক্ল্যামাইডোমনাস নিভালিস), *Ulothrix flaccida* (ইউলোথ্রিক্স ফ্লাকসিডা) প্রভৃতি শৈবাল হিমাটোক্রোম নামক একপ্রকার লালা রঞ্জক ধারণ করে বলে বরফকে লাল দেখায়। এই অবস্থাকে "রেড স্নো" বলে।

7. **পরজীবী শৈবাল (Parasitic algae) :** কিছু কিছু শৈবাল পরজীবীরূপে উদ্ভিদ ও প্রাণীতে বাস করে। যেমন—চা পাতায় ক্লোরোফাইসীর *Cephaleuros virescens* (সেফালিউরোস্ ভাইরেসেনস) নামক শৈবাল "লোহিত মরিচা রোগ (red rust of tea)" সৃষ্টি করে। সেফালিউরোস্ প্যারাসাইটিকা চা পাতায় "কমলা মরিচা (Orange rust)" রোগ নামক মারাত্মক ক্ষতিকারক রোগ সৃষ্টি করে। তাছাড়া ক্লোরোফাইসী শ্রেণীর *Phyllosiphon* (ফাইলোসাইফন্), *Rhodochytrium* (রডোসাইট্রিয়াম) ইত্যাদি প্রজাতি পরজীবি রূপে বাস করে। এছাড়া হারভিয়েল্লা *(Harveyella)* নামক লোহিত শৈবাল **রোডাইমেনিয়া পামাটা** *(Rhodymenia palmata)* নামক লোহিত শৈবাল-এর পরজীবী

রূপে বসবাস করে।

8. **মিথোজীবী শৈবাল (Symbiotic algae) :** লাইকেন হল এক প্রকার উদ্ভিদ যাহা শৈবাল ও ছত্রাকের সমন্বয়ে গঠিত হয়েছে এবং উভয়েই পরস্পরের উপর নির্ভরশীল। *Nostoc, Trentepohlia,* (নস্টক, ট্রেন্টিপোহলিয়া), *Urococcus* (ইউরোকক্কাস) ইত্যাদি শৈবাল লাইকেন-এ দেখা যায়। *Anabaena* (অ্যানাবিনা), *Nostoc* (নষ্টক) নামক শৈবাল, *Anthoceros* (আন্থোসেরস) নামক ব্রায়োফাইটা জাতীয় উদ্ভিদের থ্যালাসে বসবাস করে। তাছাড়া *Hydra* (হাইড্রা) নামক নিডারিয়া জাতীয় প্রাণীতে *Chlorella* (ক্লোরেলা) গণের শৈবাল বাস করে। *Azolla* (অ্যাজোলা) নামক ফার্ণজাতীয় জলজ উদ্ভিদের পাতায় *Anabaena azollae* (অ্যানাবিনা অ্যাজোলি) নামক নীলাভ সবুজ শৈবাল বাস করে। *Cycas* সাইকাস-এর মূলে *Anabaena cycadearum* (অ্যানাবিনা সাইকাডিয়ারাম) নামক শৈবাল বাস করে।

1.4.1 শৈবালের বিশেষ বৈশিষ্ট্য

a) শৈবাল হল ক্লোরোফিলযুক্ত সংবহন কলা বিহীন সমাঙ্গদেহী উদ্ভিদ অর্থাৎ উদ্ভিদ দেহ মূল, কাণ্ড ও পাতায় বিভক্ত নয়।

b) শৈবাল প্রধানত জলজ, যদিও অন্যান্য পরিবেশেও এদেরকে পাওয়া যায়।

c) দেহে কলা বিভেদ (differentiation) দেখা যায় না বললেই চলে । কিছু ক্ষেত্রে Cellular differentiation দেখা যায়।

d) এদের জনন অঙ্গ সাধারণত এককোষী, যদি কখনও বহুকোষী হয় তবে তা বন্ধ্যা আবরণী দ্বারা আবৃত থাকে না, পরিবর্তে সকল কোষই উর্বর হয়।

e) এদের রেণুস্থলী সাধারণত এককোষী, যদি বহুকোষী হয় তবে সকল কোষগুলিই উর্বর হয়।

f) জাইগোট স্ত্রী-জনন অঙ্গের অভ্যন্তরে কখনও ভ্রূণে রূপান্তরিত হয় না।

1.4.2 সাধারণ বৈশিষ্ট্য (General Characteristics)

(a) প্রকৃতি—

- শৈবাল এমন একপ্রকার স্বভোজী জীব যা সংবহন কলাবিহীন সমঙ্গদেহী উদ্ভিদ অর্থাৎ এই প্রকার উদ্ভিদের দেহ—মূল, কাণ্ড ও পাতায় বিভক্ত নয়।
- শৈবাল প্রধানত জলজ যদিও এদেরকে প্রায় সব পরিবেশেই পাওয়া যায়।
- শৈবালের থ্যালাসের গঠনগত প্রকারভেদ খুবই প্রকট; যেমন—এককোষী সচল, এককোষী নিশ্চল, প্যামেলয়েড (Palmelloid), কলোনী প্রকৃতির সচল ও নিশ্চল সূত্রাকার, হেটেরোট্রিকাস, নলাকার প্যারেনকাইমেটাস প্রভৃতি প্রকারের। (শৈবালের গঠনগত প্রকারভেদ সম্পর্কে 1.4 অংশে বিস্তারিত আলোচনা করা হয়েছে।)

(b) আকৃতি—বেশির ভাগ শৈবাল আণুবীক্ষণিক এমনকি বেশ কিছু প্রজাতি এককোষী (ক্ল্যামাইডোমনাস) যাদের

ব্যাস 0.5 মাইক্রোন-এর মতো। কিছু কিছু এককোষী শৈবালের ব্যাস (ক্লোরেল্লা) 5-8 মাইক্রোন-এর মতো। অপরদিকে বৃহৎ আকৃতির সামুদ্রিক শৈবালের আকৃতি 30 মিটার থেকে 100 মিটার বা তারও বেশি হতে পারে (যেমন, ম্যাক্রোসিসটিস নামক বাদামী শৈবাল)।

(c) কোষের গঠন—কোষের গঠন অনুযায়ী দু'প্রকার শৈবাল দেখা যায়, যথা—আদিকোষীয় (Prokaryotic) এবং আদর্শকোষীয় (Eukaryotic) শৈবাল।

আদি কোষীয় শৈবালের উদাহরণ হল—নীলাভ সবুজ শৈবাল (যা এখন সায়ানোব্যাকটিরিয়া)। এই প্রকার শৈবালের কোষের প্রাকার ব্যাকটিরিয়ার ন্যায় পেপটিডোগ্লাইকেন ও মিউকোপেপটাইড জাতীয় পদার্থ দ্বারা গঠিত। থাইলাকয়েডগুলি সাইটোপ্লাজমে মুক্ত অবস্থায় থাকে অর্থাৎ ক্লোরোপ্লাস্টের ন্যায় পর্দার মধ্যে আবদ্ধ থাকে না। তাছাড়া মাইটোকনড্রিয়া, গলগি বস্তু, এণ্ডোপ্লাজমিক জালিকা ইত্যাদি পর্দাবৃত অঙ্গাণু থাকে না। কোষের কেন্দ্রস্থলে DNA বস্তু নিউক্লিয় পর্দা দ্বারা আবৃত নয়। (সায়ানোফাইসী অংশে এ সম্পর্কে আরও বিস্তারিত আলোচনা করা হয়েছে।)

আদর্শ কোষীয় শৈবালের অন্তর্ভুক্ত হল নীলাভ সবুজ শৈবাল ব্যতীত বাকি সব শৈবাল। এই প্রকার শৈবালের কোষের গঠন মূলত উন্নত শ্রেণীর উদ্ভিদ কোষের ন্যায়। এক্ষেত্রে ক্রোমাটিন বস্তু নিউক্লিয় পর্দা দ্বারা আবৃত অর্থাৎ সুগঠিত নিউক্লিয়াস দেখা যায়। পর্দাবৃত অঙ্গাণু—ক্লোরোপ্লাস্ট বা ক্রোমাটোফোর, মাইটোকনড্রিয়া, গলগি বস্তু, এণ্ডোপ্লাজমিক জালিকা ইত্যাদি বর্তমান।

ক্লোরোপ্লাস্ট (Chloroplast)

প্লাস্টিড (Plastid)—প্লাস্টিড হল দ্বি-একক পর্দাবৃত অঙ্গাণু, যার মধ্যে সালোসংশ্লেষীয় রঞ্জকগুলি অবস্থান করে। শৈবালে প্রধানত দু'প্রকার প্লাস্টিড দেখা যায়, যথা—ক্লোরোপ্লাস্ট (Chloroplast) এবং ক্রোমাটোফোর (Chromatophores)। ক্লোরোফিল-এ ও ক্লোরোফিল-বি রঞ্জকযুক্ত প্লাস্টিডকে ক্লোরোপ্লাস্ট বলে। ক্লোরোফাইটা, ক্যারোফাইটা এবং ইউগ্লিনোফাইটা এই তিনটি পর্বে ক্লোরোফিল-এ এবং বি উভয়ই দেখা যায়। যে সকল প্লাস্টিডে ক্লোরোফিল-বি থাকে না এবং ক্যারোটিনয়েড রঞ্জকের আধিক্য দেখা যায় তাকে ক্রোমোটোফোর বলে।

সায়ানোফাইসীর ক্ষেত্রে ফাইকোবিলিপ্রোটিন রঞ্জকগুলি একত্রে ফাইকোবিলিজোম নামক একটি structure গঠন করে যা থাইলাকয়েডের গাত্রে সংলগ্ন হয়ে থাকে। থাইলাকয়েডের মধ্যে অন্যান্য রঞ্জকগুলি অবস্থান করে। নীলাভ সবুজ শৈবালে কোনও সংগঠিত প্লাস্টিড থাকে না। থাইলাকয়েডগুলি সাইটোপ্লাজমে উন্মুক্ত থাকে।

ক্লোরোপ্লাস্ট, ক্রোমোটোফোরের আকার, সংখ্যা ও সাইটোপ্লাজমে এদের বিন্যাস প্রজাতি ভেদে ভিন্ন হয়। ক্লোরোপ্লাস্টে পাইরিনয়েড নামক এক বা একাধিক বস্তু থাকে। পাইরেনয়েড প্রোটিন ও স্টার্চ দ্বারা গঠিত।

ফ্লাজেলার পরাণুবীক্ষনিক গঠন (Ultrastructure of Flagella)

ফ্লাজেলা (Flagella)—শৈবালের সচল প্রজাতি (যেমন *ক্ল্যামাইডোমোনাস*, কোল প্রজাতির জুস্পোর এবং অনেক শৈবালের গ্যামেট ফ্লাজেলা ধারণ করে যার সাহায্যে এরা সচল থাকে। ফ্লাজেলা এক্ষেত্রে '9+2' তন্তু (চিত্র 1.1) সমন্বয়ে গঠিত। কেন্দ্রস্থলে দুটি তন্তু single t এবং এদেরকে ঘিরে নয়টি তন্তু doublet থাকে। মোট 11টি তন্তুর সমন্বয়ে একটি ফ্লাজেলাম গঠিত (ব্যতিক্রম—কোন কোন ডায়াটমের যেমন—order সেন্ট্রালিস-এর অন্তর্গত *Cyclotella* (সাইক্লোটেল্লা)-র স্পার্মের ফ্লাজেলা '9+0' তন্তু সমন্বয়ে গঠিত)। ফ্লাজেলা সমদৈর্ঘ্যের বা অসম দৈর্ঘ্যের হতে পারে

(চিত্র1.2); অগ্রস্থ অথবা পার্শ্বস্থ হতে পারে (চিত্র 1.2); ফ্লাজেলার সংখ্যা একটি (চিত্র 1.2), দুটি, (চিত্র 1.2), চারটি বা বহু (চিত্র 1.2) হতে পারে। '9+1' তন্তু সমন্বয়ে গঠিত ফ্ল্যাজেলা দেখা যায় **গোলেনকিনিয়া *(Golenkinia)*** নামক শৈবালের ক্ষেত্রে।

ফ্লাজেলা প্রধানত দু'প্রকার, হুইপল্যাস (whiplash) ও টিনসেল (tinsel) প্রকৃতির। হুইপল্যাস ফ্লাজেলার গাত্র মসৃণ, এদেরকে এ্যাক্রোনিমাটিক (acronematic) ফ্লাজেলাও বলা হয় (চিত্র 1.1b)। টিনসেল ফ্লাজেলার গাত্রে গোড়া থেকে অগ্রভাগ অবধি ফ্লিমার রোম (flimmer hair) থাকে; এইরূপ ফ্লাজেলাকে প্যান্টোনিমাটিক (Pantonematic) বা ফ্লিমার (flimmer) ফ্লাজেলা বলে (চিত্র 1.1b)। Flimmer Hair/Mastigoneme.

(d) রঞ্জক পদার্থ (Pigments) :—শৈবালের নামকরণের ক্ষেত্রে বিভিন্ন শ্রেণীর শৈবালকে তার রং দ্বারা চিহ্নিত করা হয়, যেমন—সায়ানোফাইসী—নীলাভ সবুজ শৈবাল; ক্লোরোফাইসী—সবুজ শৈবাল; জ্যান্থোফাইসী—হরিদ্রাভ-সবুজ শৈবাল; ব্যাসিলারিওফাইসী—হরিদ্রাভ বাদামী বা সোনালী হলুদ শৈবাল; ফিয়োফাইসী-বাদামী শৈবাল; রোডোফাইসী—লোহিত শৈবাল ইত্যাদি। কাজেই দেহ বর্ণের বিভিন্নতা শৈবালের শ্রেণীবিন্যাসের ক্ষেত্রে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। এই রং-এর জন্য দায়ী রঙীন রাসায়নিক পদার্থগুলিকে রঞ্জক (Pigment) বলা হয়। প্রতিটি রঞ্জকের নিজস্ব রং বর্তমান। শৈবালে যে রং আমরা দেখতে পাই তা হল মিশ্রিত অনেকগুলি রঞ্জকের মধ্যে যে রঞ্জক বা রঞ্জকগুলি প্রকট তাদের বহিঃপ্রকাশ।

শৈবালের ক্ষেত্রে প্রধানত তিন ধরনের রঞ্জক দেখা যায়, যথা—(১) ক্লোরোফিল গোষ্ঠীভুক্ত রঞ্জক, (২) ক্যারোটিনয়েড গোষ্ঠীভুক্ত রঞ্জক এবং (৩) ফাইকোবিলিপ্রোটিন গোষ্ঠীভুক্ত রঞ্জক।

(১) **ক্লোরোফিল গোষ্ঠীভুক্ত রঞ্জক**—মোট পাঁচ প্রকার ক্লোরোফিল দেখা যায়, যথা—ক্লোরোফিল—**এ, বি, সি, ডি** এবং **ই**। এদের মধ্যে ক্লোরোফিল-**এ** সকল শৈবালেই দেখা যায়। ক্লোরোফিল-**বি** দেখা যায় ক্লোরোফাইটা, ইউগ্লিনোফাইটা এবং ক্যারোফাইটা পর্বে। ক্লোরোফিল-**সি** দেখা যায় ব্যাসিলারিওফাইটা, পাইরোফাইটা, এবং ফিওফাইটা পর্বে। ক্লোরোফিল-**ডি** শুধুমাত্র রোডোফাইটাতে কিছু genera তে দেখা যায়। ক্লোরোফিল-**ই** শুধুমাত্র জ্যান্থোফাইটাতে দেখা যায়। (ভাউকেরিয়ার জুস্পোরে দেখা যায়)।

(২) **ক্যারোটিনয়েড গোষ্ঠীভুক্ত রঞ্জক**—এই প্রকার রঞ্জক গোষ্ঠী হলুদ, কমলা, লাল, বাদামী প্রভৃতি রঞ্জক নিয়ে গঠিত। উদ্ভিদে মোট 60 প্রকার বিভিন্ন রকম ক্যারোটিনয়েড রঞ্জক দেখা যায়। ক্যারোটিনয়েড রঞ্জক প্রধানত দু-প্রকার, যথা—ক্যারোটিন ও জ্যান্থোফিল।

ক্যারোটিন (Carotenes)—ইহা কমলা বর্ণের রঞ্জক, রাসায়নিক সংকেত $C_{40}H_{56}$। পাঁচ প্রকার ক্যারোটিন দেখা যায়। যথা—ক্যারোটিন—α, -β -δ, ε এবং লাইকোপেন (Lycopene)। এদের মধ্যে β ক্যারোটিন প্রায় সকল শৈবালেই দেখা যায়। α—ক্যারোটিন, ক্লোরোফাইটা পর্বের কলারপ্যালীস (Caulerpales) বর্গে পাওয়া যায়, তাছাড়া ক্রিপটোফাইটা পর্ব ও রোডোফাইটার কোনও কোনও প্রজাতিতে দেখা যায়। ক্যারোফাইটা পর্বে β ক্যারোটিন পাওয়া যায় না, পরিবর্তে 1234 ক্যারোটিন ও লাইকোপেন পাওয়া যায়। ব্যাসিলারিওফাইটা পর্বে β ক্যারোটিন এবং ε—ক্যারোটিন পাওয়া যায়। ক্যারোটিন জলে অদ্রবণীয় কিন্তু ইথাইল অ্যালকোহল, ক্লোরোফর্ম ইত্যাদি দ্রবণে দ্রবণীয়।

জ্যান্থোফিল (Xanthophylls)—ইহা হলুদ বা বাদামী বর্ণের এবং রাসায়নিক সংকেত $C_{40}H_{56}0_2$। কাজেই ইহা ক্যারোটিনের ন্যায় কার্বন ও হাইড্রোজেন অণু বহন করে এবং অতিরিক্ত একটি অক্সিজেন অণু বহন করে। শৈবালে অনেক ধরনের জ্যান্থোফিল দেখা যায়। এদের মধ্যে ফিউকোজ্যান্থিন (Fucoxanthin), লিউটিন (Lutein), সাইফোনেনিন(Siphonenin), জিয়াজ্যান্থিন (Zeaxanthin), সাইফোনোজ্যান্থিন (Siphonoxanthin), অ্যাস্টাজ্যান্থিন (Astaxanthin), ক্রিপটোজ্যান্থিন (Cryptoxanthin), নিওজ্যান্থিন (Neoxanthin), ভায়োলাজ্যান্থিন (Violaxanthin), ডায়াটোজ্যান্থিন (Diatoxanthin), ডায়াডিনোজ্যান্থিন (Diadinoxanthin), ফ্লাবোজ্যান্থিন (Flavoxanthin), ডাইনোজ্যান্থিন (Dinoxanthin), পিরিডিনিন (Peridinin), মিক্সোজ্যান্থিন (Myxoxanthin), মিক্সোজ্যান্থোফিল (Myxoxanthophyll), ফ্লাভাসিন (Flavacin), অসিলোজ্যান্থিন (Oscilloxanthin), ট্যারাজ্যান্থিন (Taraxanthin), অ্যান্থোরোজ্যান্থিন (Antheroxanthin) ইত্যাদি উল্লেখযোগ্য রঞ্জক। জ্যান্থোফিল জলে অদ্রবণীয় কিন্তু ক্লোরোফর্ম-এ দ্রবণীয়।

(৩) **ফাইকোবিলিপ্রোটিন (Phycobiliprotein)**—ইহা প্রধানত তিন প্রকার, যথা—ফাইকোসায়ানিন, ফাইকোএরিথ্রিন এবং এ্যালোফাইকোসায়ানিন। এই রঞ্জকগুলি সাধারণত, সায়ানোফাইটা, রোডোফাইটা এবং ক্রিপ্টোফাইটা এই তিনটি পর্বেই সীমাবদ্ধ। সায়ানোফাইটায় প্রাপ্ত ফাইকোসায়ানিন ও ফাইকোএরিথ্রিনকে c দ্বারা (যেমন c-ফাইকোসায়ানিন) এবং রোডোফাইটাতে প্রাপ্ত রঞ্জকদ্বয়কে r দ্বারা (যেমন r-ফাইকোসায়ানিন) চিহ্নিত করা হয়। এই প্রকার রঞ্জকগুলি জলে দ্রবণীয়।

ক্লোরোফিল, ক্যারোটিনয়েড রঞ্জক ও ফাইকোবিলিপ্রোটিন এরা সকলেই সালোকসংশ্লেষে অংশ গ্রহণ করে বলে এদেরকে এককথায় সালোকসংশ্লেষীয় রঞ্জক বলা হয়। এক্ষেত্রে ক্লোরোফিল-এ প্রধান রঞ্জক ও অন্যান্য রঞ্জকগুলি সহকারী রঞ্জক।

(e) **সঞ্চিত খাদ্য (Reserve food)**—শৈবালের বিভিন্ন পর্বে নিম্নলিখিত প্রকারের সঞ্চিত খাদ্য দেখা যায়।

শর্করা (Sugars) : সঞ্চিত খাদ্য সুক্রোজরূপে পাওয়া যায়, ক্লোরোফাইটা, ক্যারোফাইটা এবং ইউগ্লিনোফাইটা এই তিনটি পর্বে। সায়ানোফাইটাতে ট্রিহালোজ রূপে পাওয়া যায়। ট্রিহালোজ রোডোফাইটাতে সামান্য পাওয়া যায়।

গ্লাইকোসাইড (Glycosides) : গ্লিসারল গ্লাইকোসাইডস (glycerol glycosides), ফ্লোরিডিওসাইড (florideoside) এবং আইসোফ্লোরিডিওসাইড রোডোফাইটাতে পাওয়া যায়।

পলিওলস (Polyols) : ফিয়োফাইটাতে ম্যানিটল পাওয়া যায়।

ল্যামিনারিন (Laminarin) : ফিয়োফাইটা পর্বে পাওয়া যায়।

ক্রাইসোল্যামিনারিন (Chrysolaminarin) : ইহা লিউকোসিন (Leucosin) নামেও পরিচিত। ক্রাইসোফাইটা, ব্যাসিল্যারিওফাইটা পর্বে ইহা পাওয়া যায়।

প্যারামাইলন (Paramylon) : ইউগ্লিনোফাইটা, জ্যান্থোফাইটা পর্বে পাওয়া যায়।

ফ্রুক্টোসান্স (Fructosans) : ক্লোরোফাইটা পর্বের অন্তর্গত *Acetabularia* (অ্যাসিটাবুলারিয়া) এবং ক্ল্যাডোফোরালিস (Cladophorales) বর্গে ইহা পাওয়া যায়।

স্টার্চ (Strach) : অ্যামাইলোজ ও অ্যামাইলোপেকটিন জাতীয় স্টার্চ ক্লোরোফাইটাতে পাওয়া যায়। তাছাড়া ক্রিপটোফাইসী ও ড্রাইনোফাইসীতে অ্যামাইলোজ স্টার্চ পাওয়া যায়।

ফ্লোরিডিয়ান স্টার্চ (Floridean starch) : ইহা রোডোফাইটাতে পাওয়া যায়। ইহা অ্যামাইলোপেকটিনের মতো।

সায়ানোফাইসিয়ান স্টার্চ (Cyanophycean starch) বা মিক্সোফাইসিয়ান স্টার্চ (Myxophycean starch) : সায়ানোফাইটা পর্বে এই প্রকার স্টার্চ দেখা যায়, যা দেখতে গ্লাইকোজেন এর মতো।

সায়ানোফাইসিন (Cyanophycin) : ইহা একটি nitrogenous/ নাইট্রোজেনযুক্ত যৌগ যাহা সায়ানোফাইটাতে পাওয়া যায়।

তাছাড়া ব্যাসিল্যারিওফাইটা, জ্যান্থোফাইটা এবং ডায়ানোফাইসী শ্রেণীভুক্ত শৈবালের কোষে তেল ও চর্বিজাতীয় পদার্থ জমা থাকে।

(f) জনন—শৈবালে তিন প্রকার জননই দেখা যায়, যথা—অঙ্গজ জনন, অযৌন জনন ও যৌন জনন।

অঙ্গজ জনন বিভিন্ন ভাবে সংঘটিত হয়, যেমন—খণ্ডিভবন (fragmentation), দ্বি-বিভাজন (binary fission), বুলবিল গঠন (bulbil formation), অস্থানিক থ্যালাস গঠন (adventitious thallus) ইত্যাদি দ্বারা।

অযৌন জনন বিভিন্ন প্রকার মাইটোস্পোর বা অযৌন রেণু দ্বারা সংঘটিত হয়, যেমন—জুস্পোর, অ্যাপ্লানোস্পোর, হিপানোস্পোর, অ্যাকাইনেট, অটোস্পোর, এণ্ডোস্পোর, এক্সোস্পোর ইত্যাদি।

যৌন জনন সম্পন্ন হয় দুটি বিপরীত যৌনতা সম্পন্ন গ্যামেটের মিলনের ফলে। এক্ষেত্রে **কনজুগেশন, আইসোগ্যামী, অ্যানাইসোগ্যামী ও উগ্যামী** ইত্যাদি সকল প্রকার যৌন জননই দেখা যায়। যৌন জননের সাথে যুক্ত জানুক্রমে বিভিন্ন প্রকার জীবন চক্র দেখা যায়, যথা—হ্যাপ্লনটিক (Haplontic), ডিপ্লনটিক (Diplontic), ডিপ্লোহ্যাপ্লনটিক (Diplohaplontic) ইত্যাদি প্রকৃতির।

1.4.3 শৈবালের অঙ্গজদেহের গঠন বৈচিত্র্যের ক্রমবিন্যাস

বিভিন্ন শ্রেণীর শৈবালের মধ্যে উন্নতমুখী বিবর্তনের মাধ্যমে সরল হ'তে জটিল প্রকৃতির শৈবালের সৃষ্টি হয়েছে। সমগ্র শৈবালকে গঠনের উপর ভিত্তি ক'রে নিম্নলিখিত ভাগে আলোচনা করা হল ঃ

a. এককোষী শৈবাল ঃ

i) এককোষী সচল—ফ্লাজেলার সাহায্যে সচল থাকে। ইউক্যারিওটিক শৈবালের মধ্যে এরা সর্বাপেক্ষা সরল। বিভিন্ন আকৃতির হ'তে পারে। সুস্পষ্ট নিউক্লিয়াস ও একটি ক্লোরোপ্লাস্টযুক্ত। ফ্লাজেলার সংখ্যা 1টি (কিছু ক্রাইসোফাইসীতে এবং ইউগ্লেনোফাইসীতে), 2,4 বা অসংখ্য (ক্লোরোফাইসীতে) হয়ে থাকে (চিত্র-1.3a-f)। ফ্লাজেলা 2টি হলে এরা সমদৈর্ঘ্য বিশিষ্ট (ক্ল্যামাইডোমনাস) (চিত্র-1.3a) বা অসম দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট (ডাইনোফাইসী) হ'তে পারে (চিত্র 1.3d)।

ii) এককোষী নিশ্চল—এরা ফ্লাজেলাবিহীন। দেখতে সাধারণত গোলাকার (যেমন-ক্লোরেল্লা), কোষপ্রাকার দ্বারা আবৃত সাইটোপ্লাজমে একটি সুস্পষ্ট নিউক্লিয়াস ও পেয়ালা আকৃতির ক্লোরোপ্লাস্ট থাকে। বিভিন্ন শ্রেণীতে এদের দেখা

যায়, যেমন—সায়ানোফাইসী, ক্লোরোফাইসী, ক্রাইসোফাইসী, ডাইনোফাইসী ইত্যাদি (চিত্র 1.3 g)। ফ্লাজেলা পরিত্যাগের মাধ্যমে নিশ্চল এককোষী শৈবাল সৃষ্টি হয়েছে বলে মনে করা হয়।

b. কলোনী প্রকৃতির শৈবাল—যখন পিচ্ছিল আবরণীর মধ্যে একাধিক কোষ একত্রে শিথিল ভাবে বিন্যস্ত থাকে, তাকে কলোনী বলে। একটি কলোনীর কোষগুলি সম্পূর্ণ স্বাধীন বা এদের মধ্যে আংশিক সমন্বয় থাকতে পারে।

i) সচল কলোনী—এক্ষেত্রে নির্দিষ্ট সংখ্যক কোষ একটি নির্দিষ্ট নিয়মে বিন্যস্ত থাকে যাদের নিজেদের মধ্যে আংশিক কার্যকরী সমন্বয় বর্তমান (যেমন ভলভক্স-এর চলনের ক্ষেত্রে), এ ধরনের কলোনীকে সিনোবিয়াম (coenobium) বলে। সচল কলোনীতে সিনোবিয়ামের প্রতিটি কোষ ফ্লাজেলা বিশিষ্ট ক্ল্যামাইডোমনাসের মতো দেখতে হয়। তবে এই প্রকার কলোনীর প্রজাতি বিশেষে সংখ্যাগত ক্রমান্বয় বৃদ্ধি দেখা যায়। যেমন-*Gonium* (গোনিয়াম) 4-6 টি কোষ সমন্বয়ে গঠিত (চিত্র 1.3 h), *Pandorina* (প্যান্ডোরিনা) 16-32 টি কোষদ্বারা গঠিত (চিত্র-1.3 i), *Eudorina* (ইউডোরিনা) 32-64 টি কোষ দ্বারা গঠিত (চিত্র-1.3 j), *Pleodorina* (প্লিওডোরিনা) 32-128 টি কোষ সমন্বয়ে গঠিত এবং ভলভক্স *(Volvox)* হল সর্বাপেক্ষা উন্নত কলোনী যাহা 500-60,000 কোষ সমন্বয়ে গঠিত (চিত্র-1.3 k)

ii) নিশ্চল কলোনী—এগুলি ফ্লাজেলাবিহীন সিনোবিয়াম প্রকৃতির। এদের মধ্যেও বিভিন্ন প্রজাতি বিশেষে কোষের সংখ্যাগত ক্রমান্বয় বৃদ্ধি দেখা যায়। তবে বিভিন্ন প্রজাতিতে এদের আকার ও আকৃতিগত ভিন্নতা দেখা যায়। যেমন—সিনেডেস্মাস *(Scenedesmus)*-এর ক্ষেত্রে 4-16 টি কোষ (চিত্র-2.2, a), পেডিয়েস্ট্রাম *(Pediastrum)*-এর ক্ষেত্রে 16-32 টি কোষ (চিত্র-2.2,b) এবং হাইড্রোডিক্টিওন *(Hydrodictyon)* অসংখ্য কোষ দ্বারা গঠিত (চিত্র-2.2,c)।

iii) পামেলয়েড (Palmelloid) প্রকৃতির—এক্ষেত্রে সচল এককোষী শৈবাল ফ্লাজেলা পরিত্যাগ করে বিভাজিত হয়ে অনেকগুলি ফ্লাজেলাবিহীন নিশ্চল কোষের সৃষ্ট করে, যেগুলি মাতৃকোষের প্রাকার দ্বারা সৃষ্ট সাধারণ মিউসিলেজ আবরণীর মধ্যে আবদ্ধ থাকে। উক্ত প্রতিটি কোষ মাতৃকোষের মতো বিভাজিত হয়ে মিউসিলেজ আবরণীদ্বারা আবৃত হয়। এইভাবে অসংখ্য নিশ্চল কোষযুক্ত একটি অনিয়তাকার কলোনী সৃষ্টি হয়। এই প্রকার কলোনীকে প্যামেলয়েড কলোনী বলে। এই প্রকার কলোনীতে সকল কোষগুলি সম্পূর্ণ স্বাধীন এবং কোষের সংখ্যাও নির্দিষ্ট নয়। ক্ল্যামাইডোমোনাসে এই প্রকার কলোনী প্রতিকূল পরিবেশে অস্থায়ী অবস্থায় সৃষ্টি হয় যাহা দেখতে *Palmella* (পামেলা) প্রজাতির ন্যায় (চিত্র-1.4 d), *Tetraspora* (টেট্রাস্পোরা), *Microcystis* (মাইক্রোসিস্টিস) ইত্যাদি প্রজাতিতে পামেলয়েড অবস্থা স্থায়ী প্রকৃতির।

iv) ডেনড্রয়েড (Dendroid) প্রকৃতির কলোনী—এই প্রকার কলোনী দেখতে আনুবীক্ষনিক বৃক্ষের ন্যায় দেখায়। কোষগুলি যে মিউসিলেজের মধ্যে আবদ্ধ থাকে সেই মিউসিলেজের বৈশিষ্ট্যপূর্ণ বিন্যাসের জন্যই এরূপ দেখায় উদাহরণ-*Prasinocladus* (প্রসিনোক্ল্যাডাস) (চিত্র-1.4 e)।

c. সূত্রাকার শৈবাল (Filamentous form)—রৈখিক আকারে সজ্জিত কোষগুলি পরস্পর যুক্ত হয়ে সূত্রাকার দেহ গঠন করে। এগুলি বিভিন্ন প্রকার হয়ে থাকে, যেমন-

i) শাখাবিহীন সরল সূত্রাকার শৈবাল—এক্ষেত্রে ক্রমান্বয় জটিলতা দেখা যায়, যেমন-*Spirogyra* (স্পাইরোগাইরা)-র ক্ষেত্রে সাধারণত কোষের কোনও বিভেদকরণ দেখা যায় না। সকল অঙ্গজকোষগুলিই জনন অঙ্গরূপে কাজ করে (চিত্র-1.4 f)।

Ulothrix (ইউলোথ্রিক্স)-র ক্ষেত্রে এক ধাপ অগ্রগতি দেখা যায়। এক্ষেত্রে সাধারণ অঙ্গজ কোষছাড়া নিম্ন প্রান্তে ক্লোরোফিল বিহীন হোল্ডফাস্ট দেখা যায়। হোল্ডফাস্ট এবং অগ্রস্থ-গম্বুজ আকৃতির কোষ ব্যতীত সকল অঙ্গজ কোষ গ্যামেট্যাঞ্জিয়াম রূপে কাজ করে (চিত্র-1.4 g)।

Oedogonium (ইডোগোনিয়াম)—এ অঙ্গজকোষ ছাড়াও উন্নত ধরনের হোলডফাস্ট, স্ত্রীধানী (oogonium), পুংধানী (antheridium) ইত্যাদি কোষ দেখা যায়। কাজেই এক্ষেত্রে কোষের বিভেদকরণের মাধ্যমে শ্রম বিভাজন আরও স্পষ্ট (চিত্র-1.4 h)।

ii) নকল শাখাযুক্ত (Pseudo branching) শৈবাল—কিছু নীলাভ সবুজ শৈবালের ট্রাইকোম, মিউসিলেজ আবরণীর মধ্যে একত্রে এরূপভাবে অবস্থান করে যে এদেরকে শাখাযুক্ত মনে হয়। উদাহরণ-*Scytonema* (সাইটোনেমা) (চিত্র-1.5 b)।

iii) শাখাযুক্ত সূত্রাকার শৈবাল—এরা শাখাবিহীন সূত্রাকার শৈবাল অপেক্ষা উন্নত। অসংখ্য শৈবাল এই শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত। উদাহরণ-*Cladophora* (ক্ল্যাডোফোরা) (চিত্র-1.5 a), *Bulbochaete* (বাল্বোকিটি) ইত্যাদি।

d. হেটারোট্রিকাস (Heterotrichous) প্রকৃতির শৈবাল—এরা দু'প্রকার শাখা সমন্বয়ে গঠিত, যথা—আনুভূমিক শাখা ও ঋজু শাখা। বিবর্তনের ধারায় এরা উন্নত শৈবাল। উদাহরণ-*Fritschiella* (ফ্রিশ্চিয়েলা)। *Stigeoclonium* (স্টিজিওক্লোনিয়াম) (চিত্র-1.5 c) ইত্যাদি সবুজ শৈবাল।

e. সাইফোনেসিয়াস (Siphonaceous) প্রকৃতির শৈবাল—এরা সিনোসাইটিক প্রকৃতির প্রস্থ প্রাকার বিহীন শৈবাল। এদের দেহ দেখতে নলাকার এবং অসংখ্য নিউক্লিয়াস যুক্ত। উদাহরণ-*Vaucheria* (ভাউচেরিয়া) (চিত্র-1.5 d) *Caulerpa* (কলারপা) (চিত্র-1.5 e)।

f. সাইফোনোক্লেডাস (Siphonocladous) : শাখাযুক্ত, সূত্রাকার ও বহু নিউক্লিয়াস বিশিষ্ট লম্বা কোশ উপস্থিত।

g. ফলিয়েসিয়াস (Foliaceous) প্রকৃতির শৈবাল—এদের দেহ চ্যাপ্টা পাতার মতো প্যারেনকাইমা কলা যুক্ত। উদাহরণ-*Ulva* (আলভা) (চিত্র-1.5 h)।

i) একক অক্ষীয় (Uniaxial) দেহবিশিষ্ট শৈবাল—কিছু শৈবালের দেহ একটি মাত্র অক্ষদ্বারা গঠিত। অক্ষের পাশে অবস্থিত পার্শ্বীয় শাখার ঘনবিন্যাসের জন্য এরূপ মনে হয়। উদাহরণ-*Batrachospermum* (ব্যাট্রাকোস্পার্মাম) (চিত্র-1.5 f,g), Polysiphonia (পলিসাইফোনিয়া)।

ii) বহুঅক্ষীয় (Multiaxial) দেহবিশিষ্ট শৈবাল—অনেক শৈবালের দেহ একাধিক অক্ষ দ্বারা গঠিত। উদাহরণ Nemalion (নেমালিয়ন)।

h. পর্ব ও পর্বমধ্যযুক্ত শৈবাল (Differentiated into node & internodes)—কিছু শৈবালের দেহ পর্ব ও পর্বমধ্যে বিভক্ত। পর্ব থেকে শাখা উৎপন্ন হয়, যেমন-*Chara* (কারা) (চিত্র-1.5 j)।

i. জটিল প্রকৃতির শৈবাল (Complex type)—এরা জটিল গঠনযুক্ত। বাহ্যিকভাবে এদের দেহ মূল, কাণ্ড ও পাতার মতো অংশে বিভক্ত। এদের আভ্যন্তরীন গঠনও জটিল। কাণ্ডের মতো অংশের প্রস্থচ্ছেদে মেডুলা ও কর্টেক্স দেখা যায়। উদাহরণ-*Fucus* (ফিউকাস), *Sargassum* (সারগ্যাসাম) (চিত্র-1.5 k), *Laminaria* (ল্যামিনারিয়া)।

অনুশীলনী-2

1) একটি এককোষী সচল ও নিশ্চল শৈবালের নাম করুন।
2) অসম ফ্লাজেলা বিশিষ্ট এককোষী শৈবালের নাম করুন।
3) সিনোবিয়াম কি?
4) একটি সবচেয়ে উন্নত সচল সিনোবিয়ামের নাম করুন।
5) একটি নিশ্চল সিনোবিয়ামের নাম করুন।
6) পামেলা দশা কি?
7) ডেনড্রয়েড প্রকৃতির শৈবাল বলতে কি বোঝায়? একটি উদাহরণ দিন।
8) স্পাইরোগাইরা, ইউলোথ্রিক্স ও ইডোগোনিয়াম-এর মধ্যে কোনটির ফিলামেন্ট উন্নত এবং কেন?
9) নকল শাখাযুক্ত শৈবাল বলতে কি বোঝায়? একটি উদাহরণ দিন।
10) হেটারোট্রিকাস শৈবাল কি? একটি উদাহরণ দিন।
11) একটি সাইফোনেসিয়াস শৈবালের উদাহরণ দিন।
12) সিনোসাইটিক দেহ বলতে কি বোঝায়?
13) এক অক্ষীয় এবং বহু অক্ষীয় শৈবাল বলতে কি বোঝায়?
14) পর্ব ও পর্বমধ্যযুক্ত একটি শৈবালের নাম করুন।

1.4.4 অঙ্গজ ও অযৌন জনন

শৈবালে তিন প্রকার জনন দেখা যায় যথা, অঙ্গজ, অযৌন ও যৌন জনন। এই অংশে অঙ্গজ, ও অযৌন জনন আলোচনা করা হল।

1.4.3.1 অঙ্গজ জনন

মাতৃদেহের কোন অংশ বিচ্ছিন্ন হয়ে সরাসরি সেই অংশ থেকে অপত্য উদ্ভিদ সৃষ্টির প্রক্রিয়াকে অঙ্গজ জনন বলে। শৈবালে নিম্নলিখিত প্রকারের অঙ্গজ জনন দেখা যায়।

(i) **বিভাজন দ্বারা (fission)**-অনেক এককোষী শৈবাল ব্যাকটিরিয়ার ন্যায় আমাইটোটিক প্রক্রিয়ায় বিভাজিত হয়ে দুটি অপত্য কোষ সৃষ্টি করে। উদাহরণ - *Chroococcus* (ক্রুকক্কাস) (চিত্র - 1.6 a) *Synechococcus* (সিনোকোকক্কাস), *Gloeocapsa* (গ্লিওক্যাপসা), জাতীয় নীলাভ সবুজ শৈবাল এবং *Protococcus* (প্রোটোকক্কাস) নামক সবুজ শৈবাল।

(ii) খন্ডীভবন (Fragmentation) দ্বারা - এটি দু'ভাবে সংঘটিত হয় - a) যান্ত্রিক প্রক্রিয়ায় এবং b) হরমোগোনিয়া গঠনের মাধ্যমে।

যান্ত্রিক প্রক্রিয়ায় (যেমন - কোন আঘাতে) কোন শৈবালের ফিলামেন্ট ভেঙ্গে খন্ডিত হয় এবং এই খন্ডিত অংশ কোষ বিভাজনের মাধ্যমে পরিণত ফিলামেন্ট গঠন করে।

অনেক নীলাভ সবুজ শৈবালের পিচ্ছিল আবরণীর মধ্যে ট্রাইকোম (trichome) ভেঙ্গে বহুকোষী ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র খণ্ডে পরিণত হয়।

প্রতিটি খন্ডকে হরমোগোনিয়াম বলে। এই হরমোগোনিয়াম মাতৃদেহ থেকে বিচ্ছিন্ন হয়ে বিভাজনের মাধ্যমে ট্রাইকম গঠন করে (চিত্র 1.6 b, c)

তাছাড়া কারা-র *(Chara)* কান্ডের পর্বে বুলবিল (টিউবার সদৃশ), অ্যামাইলাম স্টার (তারকাকৃতি কোষগুচ্ছ) উৎপন্ন হয়। এগুলি মাটিতে প'ড়ে নতুন উদ্ভিদ জন্মায়। *ফিউকাস* জাতীয় শৈবালে অস্থানিক থ্যালাস (adventitious thalli) গঠনের মাধ্যমে অঙ্গজ জনন সম্পন্ন হয়।

1.4.3.2 অযৌন জনন

● উদ্ভিদে অযৌন রেণু (asexual sports) গঠনের মাধ্যমে যে জনন সম্পন্ন হয় তাকে অযৌন জনন বলে। অযৌন রেণু সর্বদাই মাইটোসিস প্রক্রিয়ায় উৎপন্ন হয় বলে একে মাইটোস্পোর (mitospore) বলা হয়। এটি অযৌন জননের একক।

● এটি শৈবালের ক্ষেত্রে একটি সাধারণ পদ্ধতি যা অনুকূল পরিবেশে সম্পন্ন হয়।

● অযৌন রেণু বা মাইটোস্পোর সাধারণ অঙ্গজ কোষ থেকে উৎপন্ন হতে পারে (ক্ল্যামাইডোমানাস, ইউলোথ্রিক্স), অর্থাৎ এক্ষেত্রে সাধারণ অঙ্গজকোষ স্পোরাঞ্জিয়া হিসেবে কাজ করে। অথবা স্পোর্যাঞ্জিয়া নামক বিশেষ ধরনের দেহ গঠন করে যা দেখতে অঙ্গজকোষ থেকে পৃথক। স্পোর্যাঞ্জিয়া এককোষী (ভাউচেরিয়া, চিত্র - 3.2, a) বা বহুকোষী (এক্টোকারপাস, চিত্র - 1.7 b) হয়ে থাকে।

● স্পোর্যাঞ্জিয়ামে উৎপন্ন রেণুর সংখ্যা এক (ইডোগোনিয়াম, ভাউচেরিয়া, চিত্র - 3.2, a) বা একাধিক (ক্ল্যাডোফেরা, এক্টোকারপাস, চিত্র - 1.7 b) হতে পারে।

● রেণু গঠন কালে প্রোটোপ্লাস্ট সঙ্কুচিত, প্রয়োজনে বিভাজিত ও রূপান্তরিত হয়ে রেণু গঠন করে।

শৈবালের ক্ষেত্রে নিম্নলিখিত প্রকারের অযৌন রেণু দেখা যায়ঃ

(i) জুস্পোর (zoospore)-এরা ফ্যাজেলাযুক্ত; সচল রেণু। প্রজাতি বিশেষে বিভিন্ন প্রকার জুস্পোর দেখা যায়।

● **দ্বি-ফ্লাজেলাযুক্ত** - ফ্লাজেলা সমদৈর্ঘ্য বিশিষ্ট ও অগ্রভাগে যুক্ত (ইউলোথ্রিক্স, চিত্র - 1.7 d) বা অসম দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট ও পার্শ্বদেশে যুক্ত (এক্টোকারপাস, চিত্র - 1.7 c) হয়ে থাকে।

● **চার ফ্লাজেলাযুক্ত** - (ইউলোথ্রিক্স জোনেটা, চিত্র - 1.7 e,f)।

● **বহু ফ্লাজেলাযুক্ত** - এক্ষেত্রে ফ্লাজেলা অগ্রভাগকে ঘিরে বৃত্তের ন্যায় বিন্যস্ত থাকে (ইডোগোনিয়াম চিত্র - 1.7 g) বা সমগ্র দেহ ফিরে থাকতে পারে (*ভাউচেরিয়া,* চিত্র - 1.7 a)।

(ii) **অ্যাপ্লানোস্পোর (Aplanospore)** - প্রতিকূল পরিবেশে জুস্পোর সৃষ্টির পরিবর্তে পাতলা প্রাকার দ্বারা বেষ্টিত ফ্লাজেলা বিহীন নিশ্চল রেণু গঠিত হয়, এদের অ্যাপ্লানোস্পোর বলে। ক্ল্যামাইডোমোনাস, ইউলোথ্রিক্স, মাইক্রোস্পোরা (চিত্র - 1.8 i) প্রভৃতি গণে দেখা যায়।

(iii) **হিপ্‌নোস্পোর (Hypnospore)** - খুবই প্রতিকূল পরিবেশে অ্যাপ্লানোস্পোর পুরু প্রাকার দ্বারা পরিবেষ্টিত হয়, একে হিপ্‌নোস্পোর বলে। *Chlamydomonas nivalis* (ক্ল্যামাইডোমোনাস নিভালিস), *Ulothrix* (ইউলোথ্রিক্স) (চিত্র - 1.8 j) ও অন্যান্য আরও শৈবালে দেখা যায়।

(iv) **অটোস্পোর (Autospore)** - যখন উৎপন্ন নিশ্চল রেণুগুলি দেখতে হুবহু মাতৃকোষের ন্যায় হয়, তখন তাদের অটোস্পোর বলে। উদাহরণ - ক্লোরেল্লা, (চিত্র - 1.7 h)

(v) **এন্ডোস্পোর (Endospore)** - কোন কোন শৈবালে প্রোটোপ্লাস্টের সমুদয় অংশ (কোষপর্দা সহ) পুনঃ পুনঃ বিভাজিত হয়ে অসংখ্য ক্ষুদ্রাকৃতির নিশ্চল রেণু সৃষ্টি করে (জুস্পোর ও অ্যাপ্লানোস্পোরের সৃষ্টিতে কোষপর্দা অংশগ্রহণ করে না)। এই রেণুগুলি কোষপ্রাকারের মধ্যে আবদ্ধ অবস্থায় উৎপন্ন হয় বলে এদের এন্ডোস্পোর বলে। উদাঃ- *Dermocarpa* (ডারমোকারপা) নামক এককোষী নীলাভ সবুজ শৈবাল (চিত্র - 1.8 k)।

(vi) **এক্সোস্পোর (Exospore)** - কিছু কিছু এককোষী শৈবালের অগ্রভাগের কোষপ্রাকার ভেঙ্গে প্রোটোপ্লাজম বাইরে উন্মুক্ত হয় এবং এই উন্মুক্ত প্রোটোপ্লাজম বিভাজিত হয়ে নিশ্চল রেণু গঠন করে, এদের এক্সোস্পোর বলে। এদের কোষের প্রোটোপ্লাজম দ্রুত উন্মুক্ত হয়ে রেণু গঠন করে এবং রেণুগুলি দ্রুত ঝরে যায়, তাই এক্সোস্পোর বলে। উদা - *Chamaesiphon* (কেমিসাইফন) নামক এককোষী নীলাভ - সবুজ শৈবাল (চিত্র- 1.8 1)।

(vii) **হরমোস্পোর (Homospore)** - কোন কোন শৈবালে একাধিক কোষ একটি সাধারণ প্রাকার দ্বারা পরিবেষ্টিত হয়ে বহুকোষী রেণু গঠন করে। এদের হরমোস্পোর বলে। উদা- *Westiella* (ওয়েসটিয়েল্লা) নামক নীলাভ সবুজ শৈবাল (চিত্র - 1.8 m)।

(viii) **ন্যানোসাইটস্ (Nannocytes) :** কোন কোন এককোষী নীলাভ সবুজ শৈবাল প্রোটোপ্লাজমের বৃদ্ধি ব্যতীত পুনঃ পুনঃ বিভাজিত হয়ে ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র রেণু উৎপন্ন করে। এদের কোষপ্রাকার সৃষ্টি হয় না, প্রোটোপ্লাস্ট নগ্ন থাকে। এধরনের রেণুকে ন্যান্নোসাইট বলে। উদা- *Aphanothece* (অ্যাফানোথিকি) (চিত্র - 1.7 n), *Microcystis* (মাইক্রোসিস্টিস) ইত্যাদি শৈবাল।

(ix) **অ্যাকিনিট (Akinete)** - অনেক শৈবালের অঙ্গজ কোষের প্রোটোপ্লাজমে খাদ্যবস্তু সঞ্চিত হয়ে স্ফীত হয় ও পুরু প্রাকার দ্বারা আবৃত হয়ে একটি মাত্র রেণু গঠন করে। এক্ষেত্রে মাতৃকোষ প্রাকার ও রেণুসৃষ্টিকারী প্রাকার পৃথক করা যায় না। পুরু প্রাকার খুবই প্রতিরোধক্ষম। এই প্রকার বিশেষ ধরনের পরিণত অঙ্গজ কোষকে অ্যাকিনিট বলে। উদাহরণ - বিভিন্ন প্রকার নীলাভ সবুজ শৈবালে দেখা যায়, যেমন - *Anabaena* (অ্যানাবিনা), (চিত্র - 1.8 o), *Nostoc* (নষ্টক) ইত্যাদি।

তাছাড়া ক্ল্যামাইডোমোনাস-এর পামেলা দশা সৃষ্টিও একপ্রকার অযৌন - জনন প্রক্রিয়া (2.4 অংশ দ্রষ্টব্য)।

অনুশীলনী - 3

(1) অঙ্গজ জনন কাকে বলে?

(2) কোষ বিভাজন দ্বারা বংশবিস্তার করে এরূপ একটি এককোষী শৈবালের নাম করুন।

(3) হরমোগোনিয়া কি? এর কাজ কি?

(4) আমাইলাম স্টার কোথায় দেখা যায়। এর কাজ কি?

(5) অস্থানিক থ্যালাস গঠনের মাধ্যমে বংশ বিস্তার করে এরূপ একটি শৈবালের নাম করুন।

(6) অযৌন জননের এককের নাম কি?

(7) অযৌন জনন কাকে বলে?

(8) মাইটোস্পোর কি?

(9) অনুকূল পরিবেশে দ্রুত বংশবিস্তারের জন্য শৈবালে কি প্রকার জনন সম্পন্ন হয়?

(10) স্পোর্যাঞ্জিয়াম কি?

(11) দেহকোষ সরাসরি স্পোর্যাঞ্জিয়াম রূপে কাজ করে এরূপ একটি শৈবালের নাম করুন।

(12) বিশেষ ধরনের স্পোর্যাঞ্জিয়াম গঠিত হয় এরূপ একটি শৈবালের নাম করুন।

(13) বহুকোষী স্পোর্যাঞ্জিয়াম দেখা যায় এরূপ একটি শৈবালের নাম করুন।

(14) অসম দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট দ্বিফ্লাজেলাযুক্ত জুস্পোর কোথায় পাওয়া যায়?

(15) চার ফ্লাজেলাযুক্ত জুস্পোর কোথায় দেখা যায়?

(16) ইডোগোনিয়াম ও ভাউচেরিয়া-র জুস্পোরের ফ্লাজেলার বিন্যাসের পার্থক্য কি?

(17) অ্যাপ্লানোস্পোর ও হিপনোস্পোরের মধ্যে পার্থক্য কি?

(18) অটোস্পোর কি? এটি কোথায় পাওয়া যায়?

(19) এন্ডোস্পোর ও এক্সোস্পোরের মধ্যে পার্থক্য কি?

(20) হরমোস্পোর কি? কোথায় দেখা যায়?

(21) ন্যান্নোসাইট কি?

(22) অ্যাকিনিট কি?

1.4.5 যৌন জননের প্রকারভেদ

যে প্রক্রিয়ায় দুটি বিপরীত যৌনতা সম্পন্ন জনন কোষের অর্থাৎ গ্যামেটের মিলনে জাইগোট সৃষ্টির মাধ্যমে জনন সম্পন্ন হয় তাকে যৌন জনন বলে।

- শৈবালের ক্ষেত্রে পরিণত উদ্ভিদে ঋতুর শেষদিকে প্রতিকূল পরিবেশে যৌন জনন সংঘটিত হয়।
- যৌন জনন শৈবালের একটি উন্নত বৈশিষ্ট্য।
- যৌন জননের একক হল গ্যামেট বা জনন কোষ।
- গ্যামেট যে কোষে বা অঙ্গে উৎপন্ন হয় তাকে গ্যামেট্যাঞ্জিয়াম (gametangium) বলে।
- গ্যামেট্যাঞ্জিয়াম এককোষী (স্পাইরোগাইরা, ইডোগোনিয়াম, ইউলোথ্রিক্স) বা বহুকোষী (এক্টোকারপাস) হতে পারে। বহুকোষী হলেও সকল কোষগুলিই উর্বর, কোন বন্ধ্যা আবরণী দ্বারা আবৃত থাকে না।

- কোন কোন শৈবালে অঙ্গজকোষ অপরিবর্তিত অবস্থাতেই গ্যামেটরূপে কাজ করে। *Chlamydomonas engametos = C. moewusii* (ক্ল্যামাইডোমোনাস ইউগ্যামিটস্) - এর ক্ষেত্রে এরূপ দেখা যায়। এক্ষেত্রে গ্যামেট্যাঞ্জিয়াম ও গ্যামেট একই।

- স্প্যাইরোগাইরা বা জিগনেমা *(Zygnema)*-র ক্ষেত্রে সাধারণ অঙ্গজকোষ গ্যামেট্যাঞ্জিয়ামরূপে কাজ করে ঠিকই কিন্তু তার শুধুমাত্র প্রোটোপ্লাজম পরিবর্তিত হয়ে গ্যামেট গঠন করে এবং এক্ষেত্রে গ্যামেট্যাঞ্জিয়াম মিলিত হয়। স্পাইরোগাইরা-র ক্ষেত্রে একটি কোষে একটি গ্যামেট উৎপন্ন হয় এবং গ্যামেট্যাঞ্জিয়াম সংশ্লেষ-নালীর মাধ্যমে যুক্ত হয় কিন্তু কিছু শৈবালে অঙ্গজ কোষ থেকে একাধিক গ্যামেট উৎপন্ন হয় (যেমন, ইউলোথ্রিক্স)।

- কোন কোন শৈবালে অঙ্গজকোষ থেকে পৃথক পুংগ্যামেট্যাঞ্জিয়া (অ্যান্থেরিডিয়া) এবং স্ত্রী গ্যামেট্যাঞ্জিয়া (উগোনিয়া) উৎপন্ন হয়। ইডোগোনিয়াম, *Vaucheria* (ভাউচেরিয়া) - তে এরূপ দেখা যায়।

- রোডোফাইসীর অন্তর্গত শৈবালের (পলিসাইফোনিয়া) পুং-জনন অঙ্গকে অ্যান্থেরিডিয়ার পরিবর্তে স্পার্মট্যাঞ্জিয়া এবং স্ত্রী জনন অঙ্গকে উগোনিয়ার পরিবর্তে কার্পোগোনিয়া বলা হয়।

- আবার *Chara* (কারা)-র ক্ষেত্রে পুং ও স্ত্রী জনন অঙ্গকে যথাক্রমে ***গ্লোবিউল*** ও ***নিউকিউল*** বলা হয়।

তিন প্রকার যৌন জনন - শৈবালে তিন প্রকার যৌন জনন দেখা যায়, যথা—(i) আইসোগ্যামী (Isoga**my),** (ii) অ্যানাইসোগ্যামী (Anisogamy), এবং (iii) উগ্যামী (Oogamy)।

(i) **আইসোগ্যামী** - সমআকৃতি বিশিষ্ট দুটি গ্যামেটের মিলনের ফলে সংঘটিত যৌন জননকে **আইসোগ্যামী** বলে। এক্ষেত্রে মিলনে অংশগ্রহণকারী গ্যামেটদ্বয়কে **আইসোগ্যামেট** বলে। আইসোগ্যামেটদ্বয় সচল (ফ্লাজেলাযুক্ত) অথবা নিশ্চল (ফ্লাজেলাবিহীন) উভয় প্রকৃতির হতে পারে। আইসোগ্যামেটদ্বয়ের মিলনের ফলে জাইগোট উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রে ডাইগোটকে **জাইগোস্পোর** বলে। উদাহরণ - ক্ল্যামাইডোমোনাস ইউগ্যামেটস (চিত্র - 1.9 a), *ইউলোথ্রিক্স* ইত্যাদি।

(ii) **অ্যানাইসোগ্যামী** - দুটি বিষম আকারের গ্যামেটের মিলনের ফলে সংঘটিত যৌন জননকে **অ্যানাইসোগ্যামী** বলে। গ্যামেট দ্বয়ের মধ্যে অপেক্ষাকৃত বৃহদাকৃতির গ্যামেটকে স্ত্রীগ্যামেট এবং ক্ষুদ্রাকৃতির গ্যামেটকে পুংগ্যামেট বলে। উদাহরণ - *Chlamydomonas braunii* (ক্ল্যামাইডোমোনাস ব্রাউনি) (চিত্র - 1.9 b)।

(iii) **উগ্যানী** - একটি ক্ষুদ্রাকৃতির সচল ও অপরটি বৃহদাকৃতির নিশ্চল গ্যামেটদ্বয়ের মিলনের ফলে সংঘটিত যৌনজননকে উগ্যামী বলে (চিত্র - 1.9 c)। অপেক্ষাকৃত ক্ষুদ্র গ্যামেটকে পুংগ্যামেট বা অ্যান্থেরোজয়েড বা শুক্রাণু বলে এবং নিশ্চল বৃহদাকৃতির গ্যামেটকে স্ত্রীগ্যামেট বা ডিম্বাণু বা ওভাম (ovum) বা উস্ফোয়ার (oosphere) বলে। নিম্ন শ্রেণীর কিছু উদ্ভিদ ব্যতীত প্রায় সকল ক্ষেত্রে নিশ্চল ডিম্বাণু স্ত্রীজনন অঙ্গের অভ্যন্তরে অবস্থান করে এবং একাধিক শুক্রাণু ডিম্বাণুর নিকট আসে। একটি মাত্র শুক্রাণু ডিম্বাণুর সাথে নিষিক্ত হয়। নিষিক্ত ডিম্বাণুটিকে উস্পোর (oospore) বলা হয়।

আইসোগ্যামী, অ্যানাইসোগ্যামী এবং উগ্যামী প্রতি ক্ষেত্রেই শৈবালের জননে নিষিক্ত ডিম্বাণু বা জাইগোট স্ত্রীজনন অঙ্গের অভ্যন্তরে অবস্থান করে না, পরিবর্তে বাইরে বেরিয়ে আসে এবং পরবর্তী বিভাজন বা বৃদ্ধি শুরু হয়।

শৈবালের ক্ষেত্রে জাইগোটের পরবর্তী বৃদ্ধির প্রকৃতি নির্ভর করে তার জীবনচক্রের প্রকৃতির উপর। জীবন চক্রের প্রকৃতির উপর নির্ভর ক'রে মিয়োসিস বা হ্রাস বিভাজন প্রক্রিয়াটি তিন ভাবে সংঘটিত হয়, যথা—

(i) জাইগোটিক মিয়োসিস - জাইগোটে সংঘটিত হয়।

(ii) স্পোরিক মিয়োসিস - রেণুমাতৃকোষে সংঘটিত হয় এবং হ্যাপ্লয়েড রেণু উৎপন্ন করে।

(iii) গ্যামেটিক মিয়োসিস - ডিপ্লয়েড দেহে সংঘটিত হয় এবং গ্যামেট উৎপন্ন করে।

জীবনচক্র (Life Cycle) ঃ যৌন জননের ফলে উৎপন্ন জাইগোট যে চক্রাকার পথে পূর্ণাঙ্গ উদ্ভিদ সৃষ্টির মাধ্যমে পুনরায় নতুন জাইগোট গঠন করে সেই চক্রাকার পথকে জীবনচক্র বলে। জীবনচক্র বলতে এক্ষেত্রে যৌনজনন চক্রকেই বোঝায়।

জনুক্রম - শৈবালের জীবনচক্রে দুটি দশা দেখা যায়, যথা—**হ্যাপ্লয়েড গ্যামেটোফাইটিক** বা **লিঙ্গধর দশা**। গ্যামেটোফাইটিক দশা বা জনুর দায়িত্ব হল গ্যামেট তৈরী করা এবং স্পোরোফাইটিক দশার দায়িত্ব হল স্পোর বা রেণু উৎপন্ন করা। শৈবাল সহ অন্যান্য উন্নতশ্রেণীর উদ্ভিদে গ্যামেটোফাইটিক ও স্পোরোফাইটিক এই দুটি জনু একে অপরকে নিয়মিত ভাবে অনুসরণ করে জীবনচক্র সম্পন্ন করে। একে জনুক্রম বলে।

1.4.6 জীবনচক্রের প্রকারভেদ

শৈবালের জীবনচক্রে জটিলতার জন্য বিভিন্ন শৈবালবিদ্গণ এর বিভিন্নভাবে নামকরণ করেছেন। আমাদের ভারতীয় শৈবালবিদ্গণ যে নামকরণগুলি ব্যবহার করেন সে নামকরণের ভিত্তিতে বিভিন্ন প্রকার জীবনচক্র সংক্ষেপে আলোচনা করা হল ঃ

(A) হ্যাপ্লন্টিক (Haplontic) - এক্ষেত্রে প্রধান উদ্ভিদ দেহটি গ্যামেটোফাইটিক অর্থাৎ হ্যাপ্লয়েড প্রকৃতির। গ্যামেটোফাইট উদ্ভিদ গ্যামেট্যানজ্ঞিয়াম সৃষ্টির মাধ্যমে পুং ও স্ত্রী গ্যামেট উৎপন্ন করে। এদের মিলনে জাইগোট উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রে জাইগোটিক মিয়োসিস সম্পন্ন হয় এবং হ্যাপ্লয়েড রেণু উৎপন্ন হয়। হ্যাপ্লয়েড রেণু অঙ্কুরিত হয়ে পুনরায় গ্যামেটোফাইট উদ্ভিদ উৎপন্ন করে। ক্ল্যামাইডোমনাস, ইডোগোনিয়াম, ইউলোথ্রিক্স ইত্যাদি সবুজ শৈবালে এরূপ দেখা যায়। কিন্তু স্পাইরোগাইরার ক্ষেত্রে রেণু তৈরীর পরিবর্তে **জাইগোটিক মিয়োসিস** প্রক্রিয়ায় চারটি হ্যাপ্লয়েড নিউক্লিয়াস উৎপন্ন হয়, এর মধ্যে তিনটি নষ্ট হয়ে যায়। বাকী একটি হ্যাপ্লয়েড নিউক্লিয়াস সহ জাইগোটটি নিজেই রেণুর ন্যায় হ্যাপ্লয়েড কোষে পরিণত হয়। এটি অপেক্ষাকৃত আদি ধরনের হ্যাপ্লন্টিক চক্র। হ্যাপ্লন্টিক জীবনচক্রে সঠিক অর্থে সুস্পষ্ট জনুক্রম দেখা যায় না। কেননা শুধুমাত্র জাইগোট অবস্থাটিই স্পোরোফাইটিক বা ডিপ্লয়েড দশারূপে চিহ্নিত। এইপ্রকার জীবনচক্র প্রজাতি বিশেষে হেটারোথ্যালিক ও হোমোথ্যালিক উভয় প্রকার হতে পারে। (চিত্র নং - 1.10)।

(B) ডিপ্লন্টিক (Diplontic) - এক্ষেত্রে প্রধান উদ্ভিদটি ডিপ্লয়েড প্রকৃতির। কিন্তু ডিপ্লয়েড বলেই তাকে স্পোরোফাইটিক উদ্ভিদ বলা যাবে না, কেননা এই ডিপ্লয়েড উদ্ভিদ গ্যামেট্যাঞ্জিয়াম উৎপন্ন হয়। গ্যামেট্যাঞ্জিয়ামে অবস্থিত জনন মাতৃকোষে মায়োসিস প্রক্রিয়ায় হ্যাপ্লয়েড গ্যামেট উৎপন্ন হয়, রেণু উৎপন্ন হয় না। অর্থাৎ এক্ষেত্রে গ্যামেটিক মিয়োসিস সম্পন্ন হয় o পুংগ্যামেট বা শুক্রাণু এবং স্ত্রীগ্যামেট বা ডিম্বাণু মিলিত হয়ে জাইগোট গঠন করে। জাইগোট অঙ্কুরিত হয়ে পুনরায় ডিপ্লয়েড উদ্ভিদ গঠন করে। এক্ষেত্রেও জনুক্রম সুস্পষ্ট নয় কারণ গ্যামেটোফাইটিক

দশাটি শুধুমাত্র গ্যামেট দ্বারা চিহ্নিত। এই ধরনের জীবনচক্র প্রধানত প্রাণীতে দেখা যায়। ব্যাসিলারিওফাইসীর (ডায়াটম) প্রায় সকল প্রজাতি, ফিওফাইসীর অন্তর্গত *Fucus* (ফিউকাস), *Sargassum* (স্যারগ্যাসাম) ইত্যাদিতে এইপ্রকার জীবনচক্র দেখা যায়। (চিত্র নং - 1.11)।

(C) ডিপ্লোহ্যাপ্লন্টিক (Diplohaplontic) ঃ এই প্রকার জীবনচক্রে পৃথক গ্যামেটোফাইটিক (হ্যাপ্লয়েড) উদ্ভিদ ও স্পোরোফাইটিক (ডিপ্লয়েড) উদ্ভিদ বর্তমান। গ্যামেটোফাইটিক উদ্ভিদ মাইটোসিস দ্বারা পুং ও স্ত্রী গ্যামেট উৎপন্ন করে। পুং ও স্ত্রী গ্যামেট মিলিত হয়ে জাইগোট (2n) গঠন করে। জাইগোট অঙ্কুরিত হয়ে স্পোরোফাইটিক উদ্ভিদ গঠন করে। স্পোরোফাইটিক উদ্ভিদে স্পোরাঞ্জিয়াম বা রেণুস্থলীতে অবস্থিত রেণুমাতৃকোষে মায়োসিস বিভাজন ঘটে এবং হ্যাপ্লয়েড রেণু (n) উৎপন্ন হয়। তাই এক্ষেত্রে স্পোরিক মায়োসিস সংঘটিত হয়। হ্যাপ্লয়েড রেণু অঙ্কুরিত হয়ে পুনরায় গ্যামেটোফাইটিক উদ্ভিদ গঠন করে। কাজেই এক্ষেত্রে সুস্পষ্ট জনুক্রম দেখা যায়। দুটি সুস্পষ্ট জনুর উপস্থিতির জন্য অনেকে একে ডাইজেনেটিক (Digenetic) জীবনচক্র বলে। এইপ্রকার জীবনচক্রের বিস্তৃতি অনেক বেশী এবং দু'ধরনের দেখা যায় ঃ

(i) **আইসোমরফিক ডিপ্লোহ্যাপ্লন্টিক (Isomorphic diplohaplontic)** ঃ গ্যামেটোফাইটিক ও স্পোরোফাইটিক উভয় উদ্ভিদ অঙ্গসংস্থানিকভাবে একইপ্রকার হলে তাকে আইসোমরফিক্ বলে। *Cladophora* (ক্ল্যাডোফোরা), *Ulva* (আলভা), *Ectocarpus* (এক্টোকারপাস) প্রভৃতি শৈবালে দেখা যায়। (চিত্র নং - 1.12)।

(ii) **হেটারোমরফিক ডিপ্লোহ্যাপ্লন্টিক (Heteromorphic diplohaplontic)** ঃ স্পোরোফাইটিক ও গ্যামেটোফাইটিক উদ্ভিদ, অঙ্গ সংস্থানিকভাবে পৃথক হলে, তাকে হেটারোমরফিক প্রকৃতির হলে। (চিত্র নং - 1.13)

(a) **ডিপ্লোফেজ এর প্রাধান্য (Diplophase dominant)** ঃ ইহা আবার দু'ধরনের দেখা যায়। *Laminaria* (ল্যামিনারিয়া)-র ক্ষেত্রে স্পোরোফাইটিক (ডিপ্লয়েড) উদ্ভিদটি প্রধান এবং দীর্ঘস্থায়ী ও বৃহদাকৃতির; অপরপক্ষে গ্যামেটোফাইটিক (হ্যাপ্লয়েড) উদ্ভিদটি মাইক্রোস্কোপিক ক্ষুদ্রাকৃতির।

(b) **হ্যাপ্লফেজ এর প্রাধান্য (Haplophase dominant)** ঃ অপরদিকে *Cutlaria* (কাট্‌ল্যারিয়া), *Urospora* (ইউরোস্পোরা) - নামক শৈবালে ঠিক বিপরীত অবস্থা দেখা যায়। এক্ষেত্রে স্পোরোফাইট অপেক্ষা গ্যামেটোফাইট -এর প্রাধান্য বেশী এবং গ্যামেটোফাইট অপেক্ষাকৃত বৃহদাকৃতির।

(D) হ্যাপলোবাওন্টিক (Haplobiontic) : জীবনচক্রের অন্তত একটি দশা স্বাধীনভাবে অবস্থান করে যা হ্যাপ্লয়েড (Haploid) অথবা ডিপ্লয়েড (Diploid) হতে পারে। যদি উদ্ভিদ দেহটি হ্যাপ্লয়েড (n) হয় সেক্ষেত্রে জাইগোটটি একমাত্র ডিপ্লয়েড দশা (2n) ও কোশ হ্রাস বিভাজনটি জাইগোট এ হয় (Zygotic Meiosis). (চিত্র নং-1.14)

অপরপক্ষে যদি উদ্ভিদ দেহটি ডিপ্লয়েড হয় (2n) সেক্ষেত্রে যৌন জনন কোশ বা গ্যামেট (gemete) হল একমাত্র হ্যাপ্লয়েড (n) দশা ও হ্রাস বিভাজনকে Gametic Meiosis বলা হয়।

(E) **ডিপ্লোডিপ্লোহ্যাপ্লোন্টিক (Diplo-diplohaplontic) - বা ট্রাইফেজিক জীবনচক্র** ঃ এইপ্রকার জীবনচক্রে তিনটি জনুর উপস্থিতির জন্য একে **ট্রাইফেজিক (Triphasic)** জীবন চক্র বলে। এক্ষেত্রে প্রধান উদ্ভিদ গ্যামেটোফাইট যা হ্যাপ্লয়েড প্রকৃতির। গ্যামেটোফাইটিক উদ্ভিদে উৎপন্ন স্পার্মাসিয়াম ও ডিম্বাণু নিউক্লিয়াস নিষিক্ত

হয়ে ডিপ্লয়েড জাইগোটিক নিউক্লিয়াস গঠন করে। এর থেকে ডিপ্লয়েড কার্পোস্পোরোফাইট গঠিত হয় যা স্ত্রী গ্যামেটোফাইট-এর উপর নির্ভরশীল। কার্পোস্পোরোফাইট থেকে ডিপ্লয়েড কার্পোস্পোর উৎপন্ন হয়। কার্পোস্পোর অঙ্কুরিত হয়ে স্বাধীন এবং গ্যামেটোফাইট উদ্ভিদ সদৃশ ডিপ্লয়েড টেট্রাস্পোরোফাইটিক উদ্ভিদ উৎপন্ন হয়। এই উদ্ভিদে উৎপন্ন টেট্রাস্পোর মাতৃকোষ মিয়োসিস প্রক্রিয়ায় হ্যাপ্লয়েড টেট্রাস্পোর উৎপন্ন করে। হ্যাপ্লয়েড স্পোর অঙ্কুরিত হয়ে পুনরায় গ্যামেটোফাইটিক উদ্ভিদ উৎপন্ন করে। কাজেই এক্ষেত্রে হ্যাপ্লয়েড গ্যামেটোফাইট, ডিপ্লয়েড কার্পোস্পোরোফাইট এবং ডিপ্লয়েড টেট্রাস্পোরোফাইট এই তিনটি জনু দেখা যায়। তাই অনেকে একে ডিপ্লোডিপ্লোহ্যাপ্লন্টিক জীবনচক্র বলেন বা ট্রাইফেজিক বা ট্রাইজেনিক জীবন চক্র বলেন। (চিত্র নং - 1.15)।

অনুশীলনী - 4

(1) যৌনজননের সংজ্ঞা দিন

(2) শৈবালের যৌন জনন অনুকূল না প্রতিকূল কোন পরিবেশে সম্পন্ন হয়?

(3) যৌন জননের এককের নাম কি?

(4) গ্যামেট্যাঞ্জিয়াম কাকে বলে?

(5) একটি এককোষী ও একটি বহুকোষী গ্যামেট্যাঞ্জিয়ামযুক্ত শৈবালের নাম করুন।

(6) এমন একটি শৈবালের নাম করুন যেক্ষেত্রে অঙ্গজ কোষ সরাসরি গ্যামেটরূপে কাজ করে।

(7) সরাসরি দেহ কোষ গ্যামেট্যাঞ্জিয়াম রূপে কাজ করে এরূপ একটি শৈবালের নাম করুন।

(8) গ্যামেটের মিলন ব্যতীত গ্যামেট্যাঞ্জিয়ার সরাসরি মিলিত হয় এমন শৈবালের নাম করুন।

(9) একটি গ্যামেট্যাঞ্জিয়ামে একটিমাত্র গ্যামেট উৎপন্ন হয় এরূপ শৈবালের নাম করুন।

(10) গ্যামেট্যাঞ্জিয়ামে একাধিক গ্যামেট উৎপন্ন হয় এরূপ শৈবালের নাম করুন।

(11) শৈবালের পুং ও স্ত্রী গ্যামেট্যাঞ্জিয়াকে কি বলা হয়?

(12) কোন্ শ্রেণীর শৈবালের পুং জনন অঙ্গকে স্পার্মাট্যাঞ্জিয়াম এবং স্ত্রী জনন অঙ্গকে কার্পোগোনিয়াম বলে?

(13) নিউকিউল ও গ্লোবিউল কি? কোথায় পাওয়া যায়?

(14) যৌন জনন প্রধানত কত প্রকার ও কি কি?

(15) আইসোগ্যামী কি? একটি উদাহরণ দিন।

(16) অ্যানাইসোগ্যামী কি? উদাহরণ দিন।

(17) উগ্যামী কি? ইহা দেখা যায় এরূপ একটি শৈবালের নাম করুন।

(18) আইসোগ্যামী, অ্যানাইসোগ্যামী ও উগ্যামীর মধ্যে কোনটি সর্বাপেক্ষা উন্নত?

(19) মিয়োস্পোর কি?

(20) মিয়োস্পোর ও মাইটোস্পোর-এর মধ্যে পার্থক্য কি?

(21) উস্পোর (oospore) এবং উস্ফেয়ার (oosphere)-এর মধ্যে পার্থক্য কি?

(22) ফ্ল্যাজেলাবিহীন পুং গ্যামেটকে সাধারণত কি বলা হয়?

(23) জাইগোট গঠনের পর শৈবালের স্ত্রীজনন অঙ্গে জাইগোটের পরবর্তী বিভাজন প্রক্রিয়া সংঘটিত হয় কি?

(24) স্পোরিক মায়োসিস কোন শৈবালের জীবনচক্রে দেখা যায়?

(25) জাইগোটিক মায়োসিস কোন শৈবালের জীবনচক্রে দেখা যায়?

(26) গ্যামেটিক মায়োসিস কোন শৈবালের জীবনচক্রে দেখা যায়?

(27) জনুক্রম বলতে কি বোঝায়?

(28) শৈবালে প্রধানত কি কি প্রকার জীবনচক্র দেখা যায়?

(29) হ্যাপ্লোন্টিক ও ডিপ্লোন্টিক জীবনচক্রের পার্থক্য কি?

(30) হ্যাপ্লোন্টিক ও ডিপ্লোন্টিক জীবনচক্র কোন কোন শৈবালে দেখা যায়?

(31) আইসোমরফিক ডিপ্লোহ্যাপ্লোন্টিক জীবনচক্র কাকে বলে? কোথায় দেখা যায়?

(32) হেটারোমরফিক ডিপ্লোহ্যাপ্লোন্টিক জীবনচক্র কাকে বলে? কোথায় দেখা যায়?

(33) হেটারোমরফিক ডিপ্লোহ্যাপ্লোন্টিক জীবনচক্রে কোন শৈবালে স্পোরোফাইট এবং কোন শৈবালে গ্যামেটোফাইট-এর প্রাধান্য বেশী?

(34) বাইফেজিক জীবনচক্র কি? একটি উদাহরণ দিন।

(35) ট্রাইফেজিক জীবনচক্র কাকে বলে? একটি উদাহরণ দিন।

শৈবাল ও ছত্রাকের সাদৃশ্য ও পার্থক্য

সাদৃশ্য ঃ শৈবাল ও ছত্রাকের মধ্যে নিচের বৈশিষ্ট্যগুলির ক্ষেত্রে সাদৃশ্য দেখা যায় ঃ

a) উদ্ভিদ দেহ থ্যালাস প্রকৃতির, অর্থাৎ দেহটি মূল, কাণ্ড ও পাতায় বিভক্ত নয়।

b) কয়েকটি ক্ষেত্র ছাড়া জনন অঙ্গ ও রেণুস্থলী প্রধানত এককোষী এবং কোনও প্রকার বন্ধ্যা আবরণী দ্বারা আবৃত থাকে না।

c) জাইগোট স্ত্রী জনন অঙ্গের অভ্যন্তরে কখনও ভ্রূণে রূপান্তরিত হয় না।

d) অনুকূল পরিবেশে অযৌন রেণুর (মাইটোস্পোর) সাহায্যে দ্রুত বংশ বিস্তার করে।

পার্থক্য ঃ

শৈবাল	ছত্রাক
a) এরা প্রধানত জলজ।	a) এরা প্রধানত স্থলজ।
b) ক্লোরোফিলযুক্ত থ্যালাসজাতীয় উদ্ভিদ।	b) ক্লোরোফিলবিহীন থ্যালাস জাতীয় উদ্ভিদ।
c) শৈবালের বৃদ্ধি আলোর উপস্থিতিতে ঘটে।	c) ছত্রাকের বৃদ্ধি আলোর অনুপস্থিতিতে ঘটে।
d) ক্লোরোফিল থাকায় এরা স্বভোজী।	d) ক্লোরোফিল না থাকায় এরা পরভোজী এবং পরজীবী, মৃতজীবী ইত্যাদি প্রকৃতির।
e) কোষ প্রাকার প্রধানত সেলুলোজ ও পেকটোজ দ্বারা গঠিত।	e) কোষ প্রাকার প্রধানত, কাইটিন এবং ফাংগাল সেলুলোজ দ্বারা গঠিত।
f) শৈবাল—এককোষী, কলোনী প্রকৃতির, সূত্রাকার অথবা প্যারেনকাইমেটাস কোষ দ্বারা গঠিত।	f) ছত্রাক—এককোষী বা হাইফা নামক সূক্ষ্ম সূত্র দ্বারা মাইসেলিয়াম গঠন করে। কখনও কখনও মাইসেলিয়াম-এর গঠন নকল প্যারেনকাইমার মতো মনে হয়।
g) সঞ্চিত খাদ্য সাধারণত স্টার্চ জাতীয়।	g) সঞ্চিত খাদ্য গ্লাইকোজেন জাতীয়।
h) শৈবালের ক্ষেত্রে যৌন জননাঙ্গ ও যৌন জননের ক্রমবর্ধমান জটিলতা দেখা যায়। যায়।	h) ছত্রাকের ক্ষেত্রে ক্রমহ্রাসমান যৌনতা (gradual degeneration of sex) দেখা

শৈবাল ও ব্রায়োফাইটার মধ্যে সাদৃশ্য ও পার্থক্য

সাদৃশ্য ঃ শৈবাল ও ব্রায়োফাইটার মধ্যে নিম্নলিখিত বৈশিষ্ট্যগুলির ক্ষেত্রে সাদৃশ্য দেখা যায় ঃ

a) শৈবালের ন্যায় অনেক ব্রায়োফাইটার দেহ থ্যালাস জাতীয় অর্থাৎ উদ্ভিদ দেহ মূল, কাণ্ড ও পাতায় বিভক্ত নয়। যেমন—*Riccia* (রিকসিয়া), *Marchantia* (মারকেনসিয়া) ইত্যাদি।

b) উভয়ই স্বভোজী।

c) উভয়ক্ষেত্রেই সংবহনকলা অনুপস্থিত। (কিছু ক্ষেত্রে সংবহন কলা দেখা যায়)

d) উভয়ক্ষেত্রেই সঞ্চিত খাদ্য প্রধানত স্টার্চ জাতীয়।

e) পুংজনন কোষ ফ্লাজেলাযুক্ত এবং নিষেকের জন্য জলের প্রয়োজন হয় (ব্যতিক্রম—নীলাভ সবুজ ও লোহিত শৈবালে ফ্লাজেলা নেই)।

পার্থক্য ঃ

শৈবাল	ব্রায়োফাইটা
i) প্রধানত জলজ উদ্ভিদ।	i) প্রধানত স্থলজ, স্যাঁত স্যাঁতে মাটিতে জন্মায়, উভচর প্রকৃতির।
ii) উদ্ভিদ দেহ এককোষী, কলোনী প্রকৃতির, সরল শাখাবিহীন ও শাখান্বিত সূত্রাকার দেহ। কিছু কিছু ক্ষেত্রে সিউডো-প্যারেনকাইমেটাস ও প্যারেন-কাইমেটাস প্রকৃতির দেহ দেখা যায়।	ii) মসের প্রোটোনিমা দশা ব্যতীত সকল উদ্ভিদ দেহ প্যারেনকাইমেটাস প্রকৃতির।
iii) পত্ররন্ধ্র জাতীয় কোনও ছিদ্র সাধারণত উদ্ভিদদেহে দেখা যায় না।	iii) পত্ররন্ধ্র জাতীয় রন্ধ্র উদ্ভিদ দেহে বর্তমান।
iv) রাইজয়েড সাধারণত দেখা যায় না, যদি থাকে তবে তা সরল প্রকৃতির।	iv) রাইজয়েড সকল উদ্ভিদে দেখা যায়। তার সাথে বহুকোষী শল্ক (scales) দেখা যায়।
v) বেশির ভাগ ক্ষেত্রেই থ্যালাসের প্রতিটি কোষ বিভাজনক্ষম।	v) উদ্ভিদ দেহে অগ্রভাগে বা নির্দিষ্ট স্থানে অবস্থিত কিছু কোষ বিভাজনের মাধ্যমে দেহের বৃদ্ধি ঘটায়।
vi) জনন অঙ্গ সাধারণত এককোষী, যদি বহুকোষী হয় তবে সকল কোষগুলিই উর্বর, কোনও বন্ধ্যা আবরণী দ্বারা আবৃত থাকে না (চিত্র 10.3) রেণুস্থলী সাধারণতএককোষী, যদি বহুকোষী হয় তবে সকল কোষগুলিই উর্বর।	vi) জনন অঙ্গ এবং রেণুস্থলী সর্বদাই বহুকোষী এবং সর্বদাই বন্ধ্যা আবরণী দ্বারা আবৃত (চিত্র 1.3)।
vii) জাইগোট গঠনের পর ইহা স্ত্রী জনন অঙ্গের ভেতর থেকে বেরিয়ে আসে। কখনও স্ত্রী জনন অঙ্গের ভেতরেই বিভাজন শুরু করে না অর্থাৎ ভ্রূণে রূপান্তরিত হয় না।	vii) জাইগোট স্ত্রী জনন অঙ্গের অভ্যন্তরেই অবস্থান করে এবং ভ্রূণে রূপান্তরিত হয়। এজন্য ব্রায়োফাইটাকে এমব্রায়োফাইটার অন্তর্ভুক্ত করা হয়েছে।
viii) শৈবালের স্ত্রী জনন অঙ্গকে বেশির ভাগ ক্ষেত্রেই উগোনিয়াম বলা হয়।	viii) ব্রায়োফাইটার স্ত্রী জনন অঙ্গকে সর্বদাই আর্চিগোনিয়াম (Archegonium) বলা হয়।

1.5 সারাংশ

বহু প্রাচীন কাল থেকেই মানুষের মধ্যে শৈবালের ব্যবহার ছিল। সপ্তদশ শতাব্দীর মধ্যভাগে অণুবীক্ষণ যন্ত্রের আবিষ্কারের ফলে ধীরে ধীরে অণুবীক্ষণ যন্ত্রের উন্নয়নের মধ্য দিয়ে শৈবাল গবেষণাও দ্রুত গতিতে উন্নতির পথে এগিয়ে চলে। ভারতেও শৈবাল গবেষণার যথেষ্ট অগ্রগতি ঘটে।

শৈবাল জলে ভাসমান, অথবা হোল্ড ফাস্টের সাহায্যে মাটির সাথে আবদ্ধ থাকে। বিভিন্ন পরিবেশে, শৈবাল বাস করে, যেমন—স্বাদুজলে, অল্প লবণাক্ত জলে, সামুদ্রিক জলাশয়ে, স্থলজ পরিবেশে স্যাঁতস্যাঁতে মাটিতে, অন্য শৈবাল বা উদ্ভিদের উপর পরাশ্রয়ী রূপে, পাথরের উপর লিথোফাইটরূপে, উষ্ণ প্রস্রবনে, বরফের মধ্যে ইত্যাদি জায়গায় পাওয়া যায়। কিছু পরজীবী শৈবালও দেখা যায়, যারা বিভিন্ন অর্থকরী উদ্ভিদের ক্ষতি করে। শৈবাল মিথোজীবী রূপেও বাস করে।

শৈবাল প্রোক্যারিওটিক ও ইউক্যারিওটিক উভয় প্রকৃতির দেখা যায়। শৈবালের কোষের শ্রেণীভেদে বিশেষত্ব হল—এদের রঞ্জক পদার্থ, প্লাস্টিড, ফ্লাজেলা, সঞ্চিত খাদ্য ইত্যাদির বৈশিষ্ট্যপূর্ণ প্রকারভেদ।

অযৌন জনন বিভিন্ন প্রকার রেণু দ্বারা সম্পন্ন হয়। যৌন জননের বৈচিত্র্যপূর্ণ প্রকারভেদ দেখা যায়।

1.6 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

1) শৈবাল গবেষণার ইতিহাস সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা করুন।
2) শৈবালের বসতি সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা করুন।
3) শৈবালের রঞ্জক পদার্থের সংক্ষিপ্ত পরিচয় দিন।
4) শৈবালে অবস্থিত বিভিন্ন প্রকার ফ্লাজেলা সম্পর্কে সংক্ষিপ্ত টীকা লিখুন।
5) শৈবালে অবস্থিত বিভিন্ন প্রকার সঞ্চিত খাদ্য সম্পর্কে একটি তালিকা প্রস্তুত করুন।
6) শৈবাল ও ছত্রাকের সাদৃশ্য ও পার্থক্য আলোচনা করুন।
7) শৈবাল ও ব্রায়োফাইটার সাদৃশ্য ও পার্থক্য আলোচনা করুন।

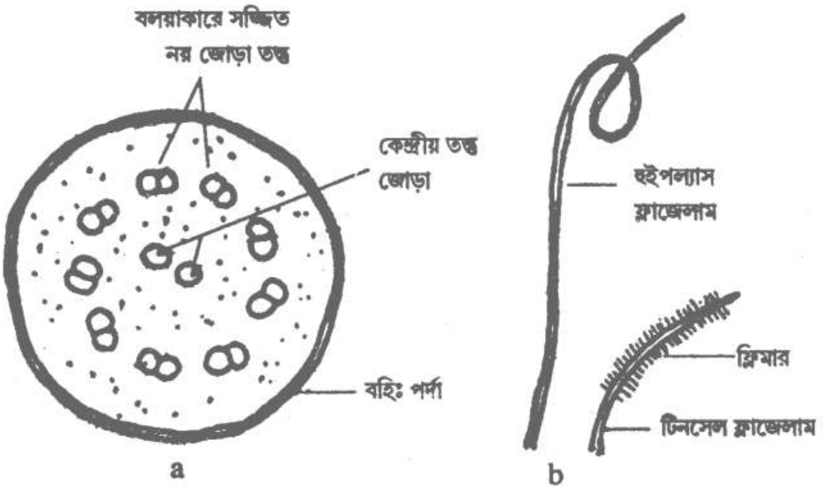
সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

1) 1.3 অংশ দেখুন।
2) 1.4.1 অংশ দেখুন।
3) 1.4.2 এর 'ঘ' অংশ দেখুন।
4) 1.4.2 এর 'চ' অংশ দেখুন।
5) 1.4.2 এর 'ছ' অংশ দেখুন।
6) 1.4.4 অংশ দেখুন।
7) 1.4.5 অংশ দেখুন।

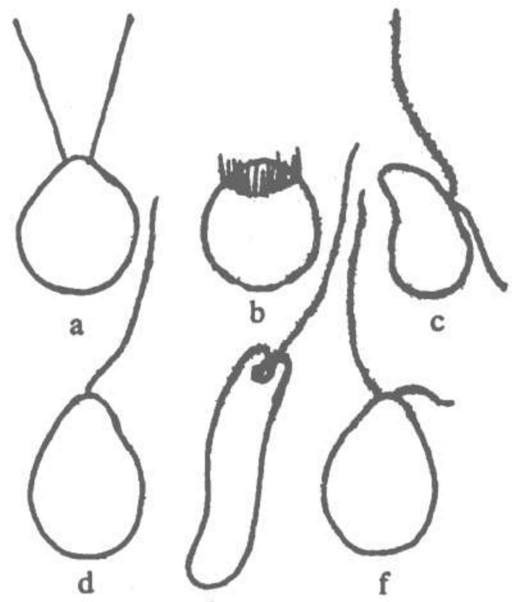
1.7 উত্তর সংকেত

অনুশীলনী-1

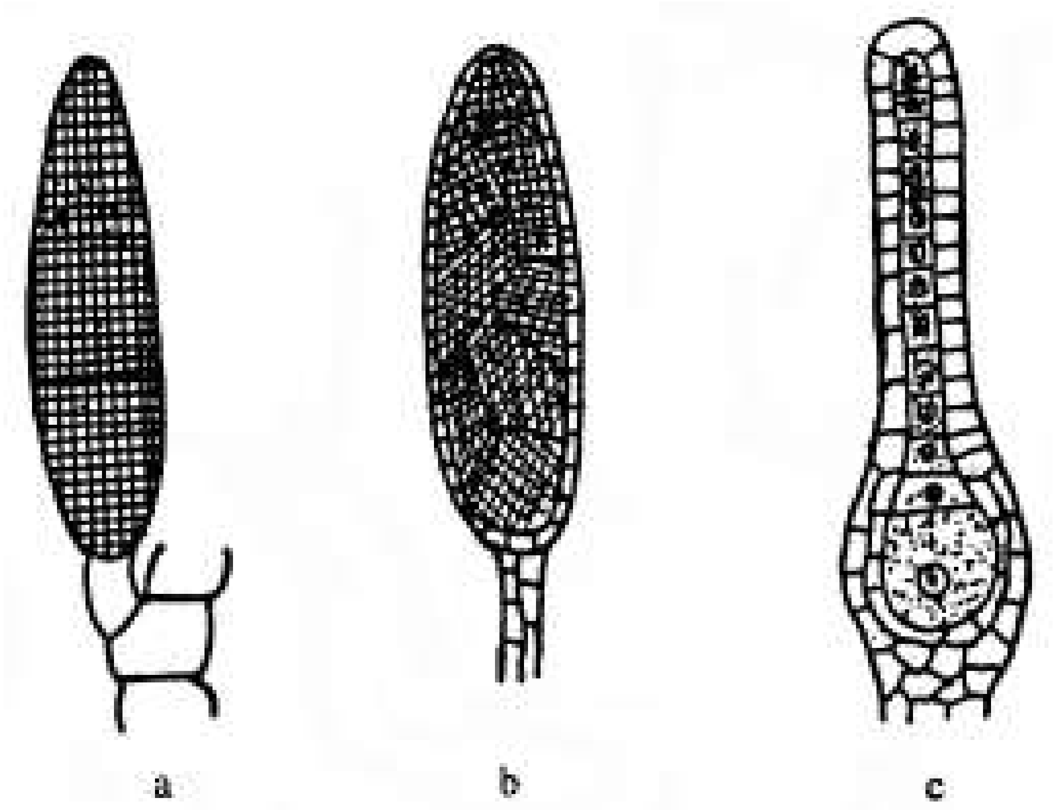
1-10 : 1.3 অংশ দেখুন।



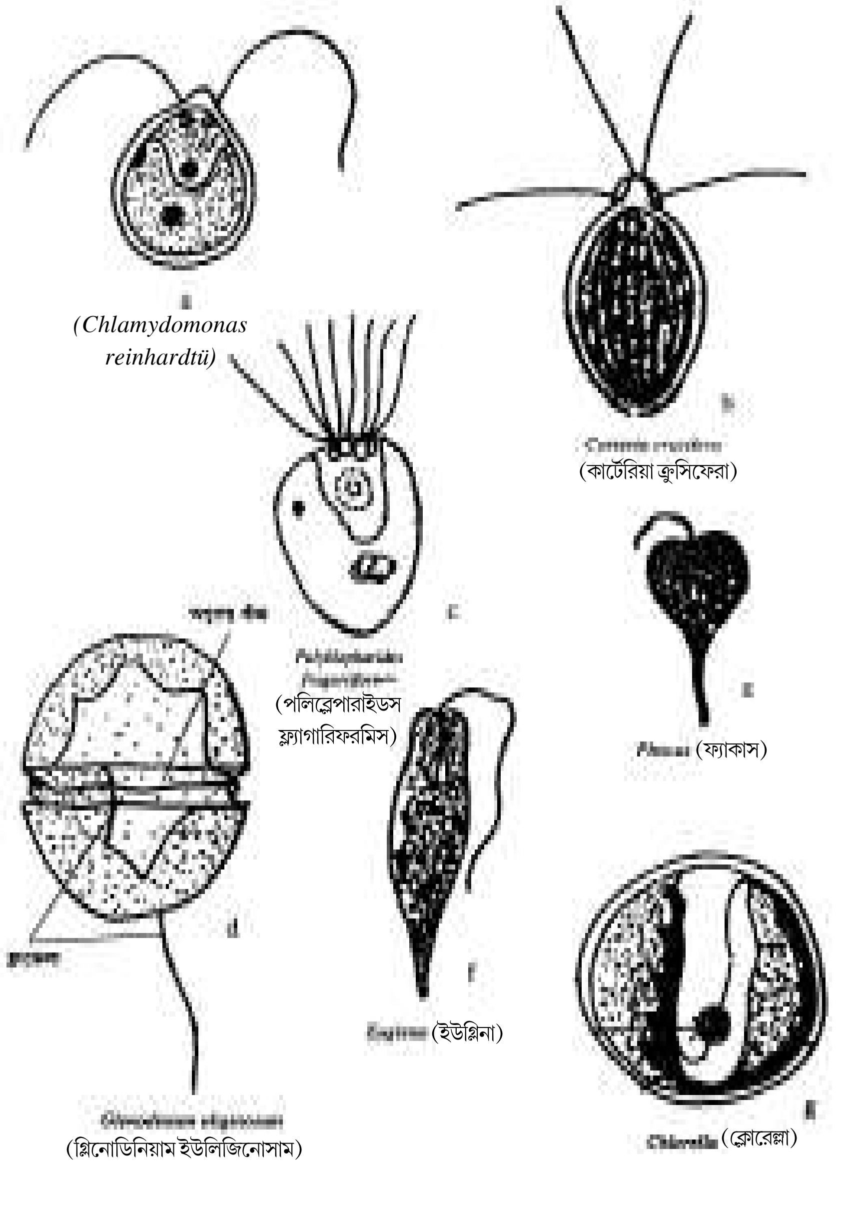
চিত্র নং 1.1 ঃ a-b, ফ্লাজেলার গঠন। a-ফ্লাজেলার প্রস্থচ্ছেদ, 9+2 তন্তুর বিন্যাস, b-হুইপল্যাস এবং টিনসেল ফ্লাজেলা।

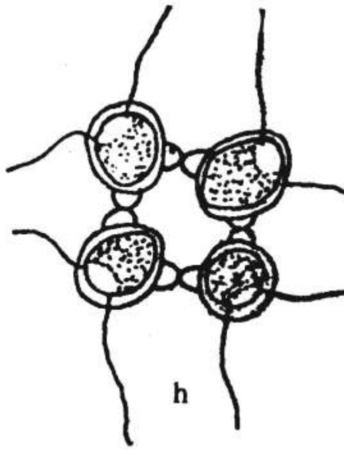


চিত্র নং 1.2 ঃ বিভিন্ন প্রকার ফ্লাজেলা। a) ক্ল্যামাইডোমনাস-এর দুটি সমদৈর্ঘ্য অগ্রস্থ হুইপল্যাস ফ্লাজেলা; b) ইউডোগোনিয়াম-এর বহুফ্লাজেলা বিশিষ্ট জুস্পোর; c) এক্টোকারপাস-এর পার্শ্বীয়ভাবে যুক্ত দুটি অসমান দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট ফ্লাজেলা, এরমধ্যে বৃহদাকৃতিরটি টিনসেল এবং ক্ষুদ্রাকৃতিরটি হুইপল্যাস প্রকৃতির; d) সেন্ট্রিক ডায়াটমের একটি টিনসেল ফ্লাজেলা বিশিষ্ট শুক্রাণু; e) এক ফ্লাজেলা বিশিষ্ট ইউগ্লিনা; f) ট্রাইবোনেমার অসমান দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট অগ্রস্থ ফ্লাজেলা।

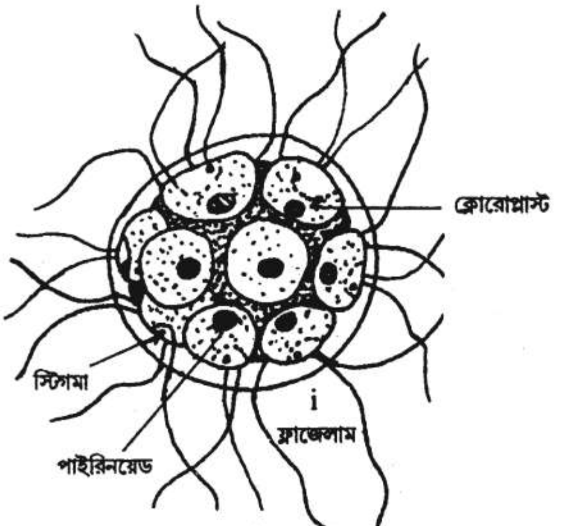


চিত্র নং 1.3 ঃ a-b, শৈবালের বহুকোষী জনন অঙ্গের সাথে ব্রায়োফাইটার জনন অঙ্গের পার্থক্য। a) এক্টোকারপাস নামক বাদামী শৈবালের বহু প্রকোষ্ঠযুক্ত কিন্তু বন্ধ্যা আবরণী বিহীন গ্যামেটোঞ্জিয়াম; b) ব্রায়োফাইটার বন্ধ্যা আবরণী (Jacket Layer) সমন্বিত বহুপ্রকোষ্ঠযুক্ত অ্যানথেরিডিয়াম; c) ব্রায়োফাইটার বন্ধ্যা আবরণী সমন্বিত বহুপ্রকোষ্ঠযুক্ত আরচিগোনিয়াম।

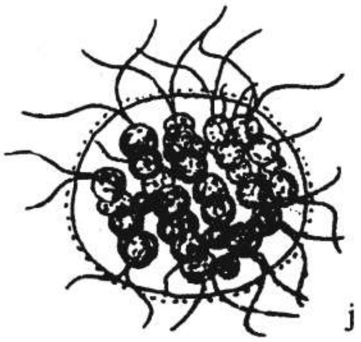

a
(Chlamydomonas reinhardtii)
b
(কার্টেরিয়া ক্রুসিফেরা)
c
(পলিব্লেপারাইডস ফ্ল্যাগারিফরমিস)
e
(ফ্যাকাস)
d
f
(ইউগ্লিনা)
(গ্লিনোডিনিয়াম ইউলিজিনোসাম)
g
Chlorella (ক্লোরেল্লা)



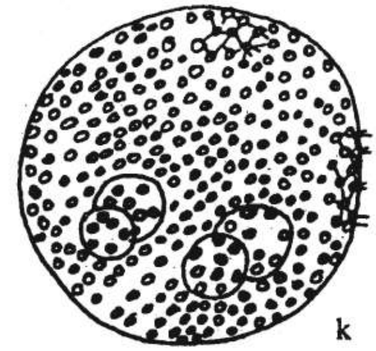
Gonium sociale
(গোনিয়াম সোসিয়েল)



Pandorina morum
(প্যাণ্ডোরিনা মোরাম)

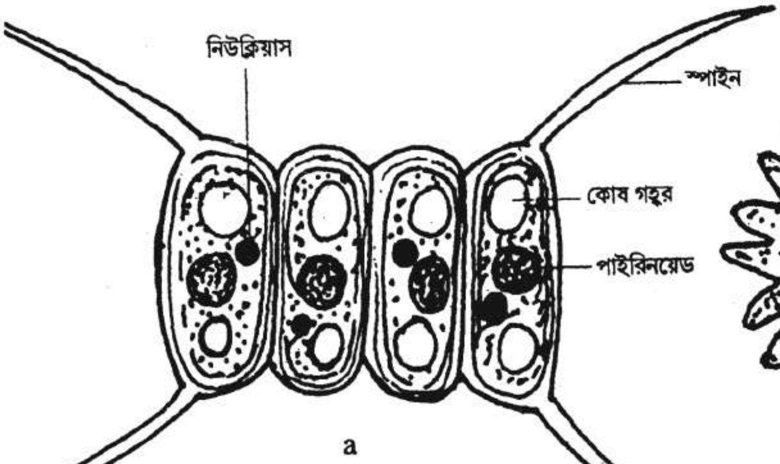


Eudorina elegans
(ইউডোরিনা এলিগ্যানস)



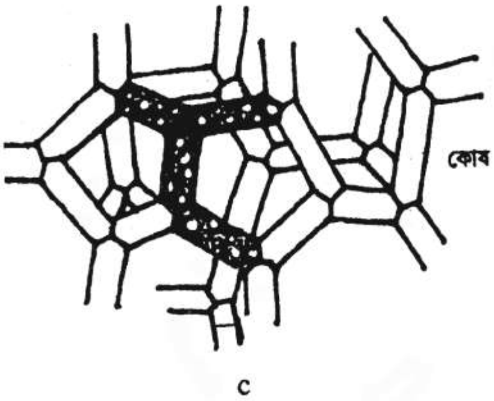
Volvox sp. (ভলভক্স)

চিত্র নং 2.1ঃ a-k, শৈবালের থ্যালাসের বিভিন্ন প্রকার গঠন বিন্যাস। (a) *Chlamydomonas* (ক্ল্যামাইডোমোনাস)-দ্বি-ফ্লাজেল, বিশিষ্ট এককোষী সচল শৈবাল; (b) *Carteria crucifera* (কারটেরিয়া ক্রুসিফেরা)-চার ফ্লাজেলা বিশিষ্ট এক কোষী সচল শৈবাল; (c) *Polyblepharides fragariiformis* (পলিব্লেফারাইডস ফ্র্যাগারিফরমিস্) আটটি ফ্লাজেলা বিশিষ্ট এককোষী সচল শৈবাল; (d) *Glenodinium uliginosum* (গ্লিনোডিনিয়াম ইউলিজিনোসাম)-ডাইনোফাইসীর অন্তর্গত অসম দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট দ্বি-ফ্লাজেলাযুক্ত এককোষী সচল শৈবাল; (e) *Phacus* (ফ্যাকাস)-এক ফ্লাজেলা বিশিষ্ট সচল এককোষী শৈবাল; (f) *Euglena* (ইউগ্লিনা) -এক ফ্লাজেলা বিশিষ্ট সচল এককোষী শৈবাল; (g) *Chlorella* (ক্লোরেল্লা)-ফ্লাজেলাবিহীন নিশ্চল এককোষী শৈবাল; (h) *Gonium sociale* (গোনিয়াম সোসিয়েল)-চারটি কোষবিশিষ্ট ফ্লাজেলাযুক্ত সচল কলোনী। (সিনোবিয়াম); (i) *Pandorina morum* (প্যাণ্ডোরিনা মোরাম)-16টি কোষবিশিষ্ট ফ্লাজেলাযুক্ত সচল কলোনী (সিনোবিয়াম); (j) *Eudorina elegans* (ইউডোরিনা এলিগ্যানস)-32টি কোষ বিশিষ্ট ফ্লাজেলা যুক্ত সচল কলোনী (সিনোবিয়াম); (k) *Volvox* (ভলভক্স)-অসংখ্য কিন্তু ফ্লাজেলাযুক্ত নির্দিষ্ট সংখ্যক কোষ সম্পন্ন সচল কলোনী (সিনোবিয়াম); (উপরিউক্ত শৈবালগুলির মধ্যে গ্লিনোডিনিয়াম শুধুমাত্র ডাইনোফাইসী, ফ্যাকাস ও ইউগ্লিনা হল ইউগ্লিনিনী এবং বাকী সকল শৈবাল ক্লোরোফাইসী শ্রেণীর অন্তর্গত)

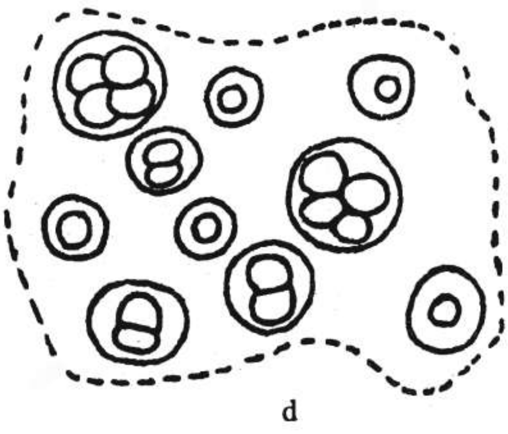


Scenedesmus quadricauda
(সিনেডেসমাস কোয়াড্রিকডা)

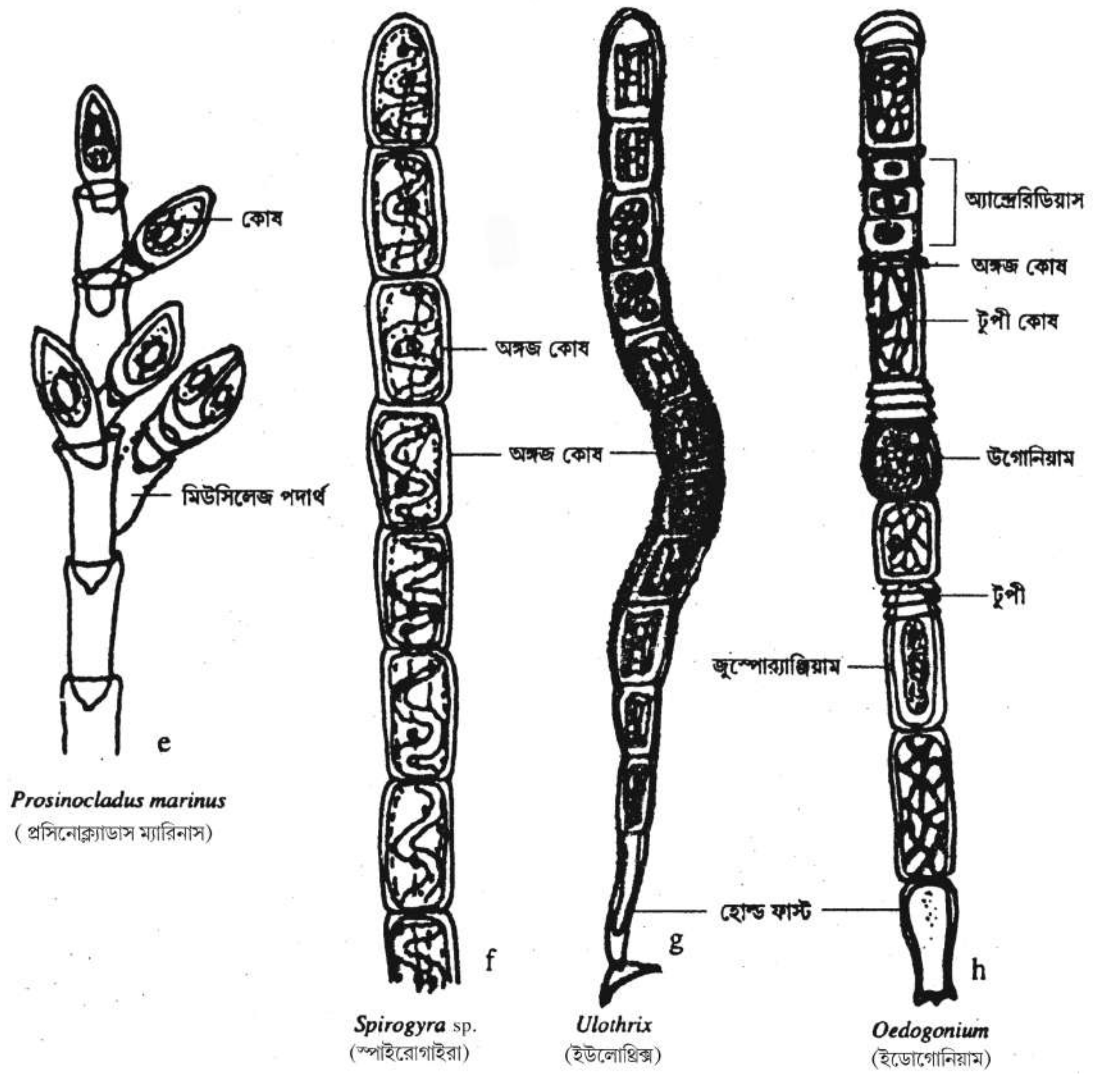
Pediastrum boryanum
(পেডিয়েস্ট্রাম বোরিয়ানাম)



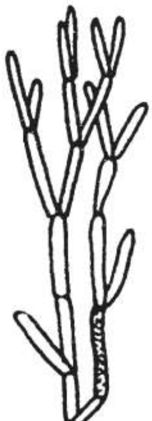
Hydrodictyon sp.
(হাইড্রোডিকটিওন)



পামেলা প্রজাতির কলোনী
(*Palmella* sp.)



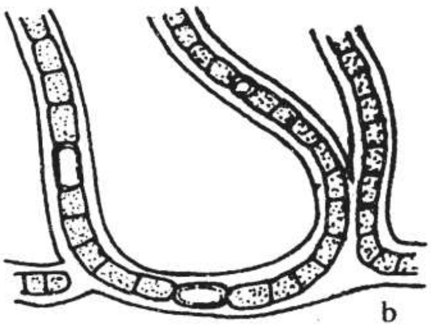
চিত্র নং 2.2 ঃ a-h, শৈবালের থ্যালাসের বিভিন্ন প্রকার গঠন বিন্যাস। (a) *Scenedesmus quadricauda* (সিনেডেস্‌মাস কোয়াড্রিকডা)-চার কোষ বিশিষ্ট ফ্লাজেলাবিহীন নিশ্চল কলোনী (সিনোবিয়াম); (b) *Pediastrum boryanum* (পেডিয়েস্ট্রাম বোরিয়ামনাম)-16 কোষ বিশিষ্ট ফ্লাজেলা বিহীন নিশ্চল কলোনী; (c) *Hydrodictyon* (হাইড্রোডিকটিওন্)-অসংখ্য কোষ বিশিষ্ট ফ্লাজেলা বিহীন নিশ্চল কলোনী (সিনোবিয়াম); (d) *Palmella* (পামেলা)-পামেলা প্রজাতির কলোনী; (e) *Prosinocladus marinus* (প্রসিনোক্ল্যাডাস ম্যারিনাস)-ডেনড্রয়েড প্রকৃতির গঠন; (f) *Spirogyra* (স্পাইরোগাইরা)- কোষের বিভেদকরণ বিহীন ফিলামেন্ট; (g) *Ulothrix* (ইউলোথ্রিক্স)-সামান্য বিভেদকরণ যুক্ত (অঙ্গজ কোষ ও হোল্ডফাস্ট) ফিলামেন্ট; (h) *Oedogonium* (ইডোগোনিয়াম)-অপেক্ষাকৃত আরও সুস্পষ্ট বিভেদকরণযুক্ত ফিলামেন্ট (অঙ্গজ কোষ, হোল্ডফাস্ট, অ্যানথেরিডিয়াম, উগোনিয়াম)। (উক্ত চিত্রের সকল প্রজাতিই ক্লোরোফাইসীর অন্তর্গত)



a

Chladophora

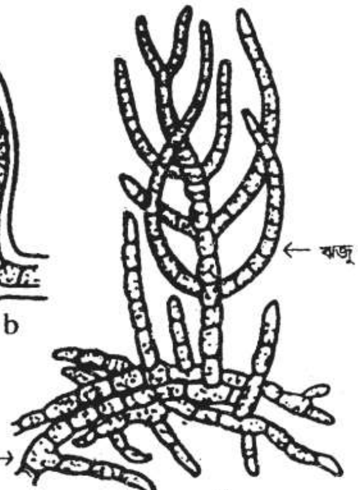
(ক্ল্যাডোফোরা)



b

Scytonema tolypothricoidis

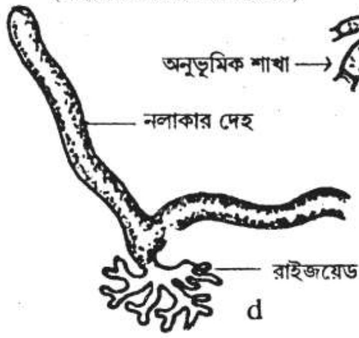
(সাইটোনিমা টলিপোথ্রিকয়েডিস)



c

Stigeoclonium

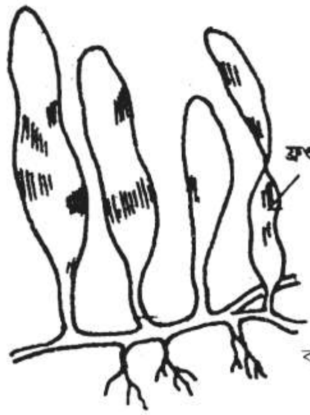
(স্টিজিওক্লোনিয়াম)



d

Vaucheria

(ভাউচেরিয়া)



e

Caulerpa prolifera

(কলারপা প্রোলিফেরা)

g

ব্যাট্রাকোস্পার্মাম-এর অগ্রভাগ

Batrachospermum

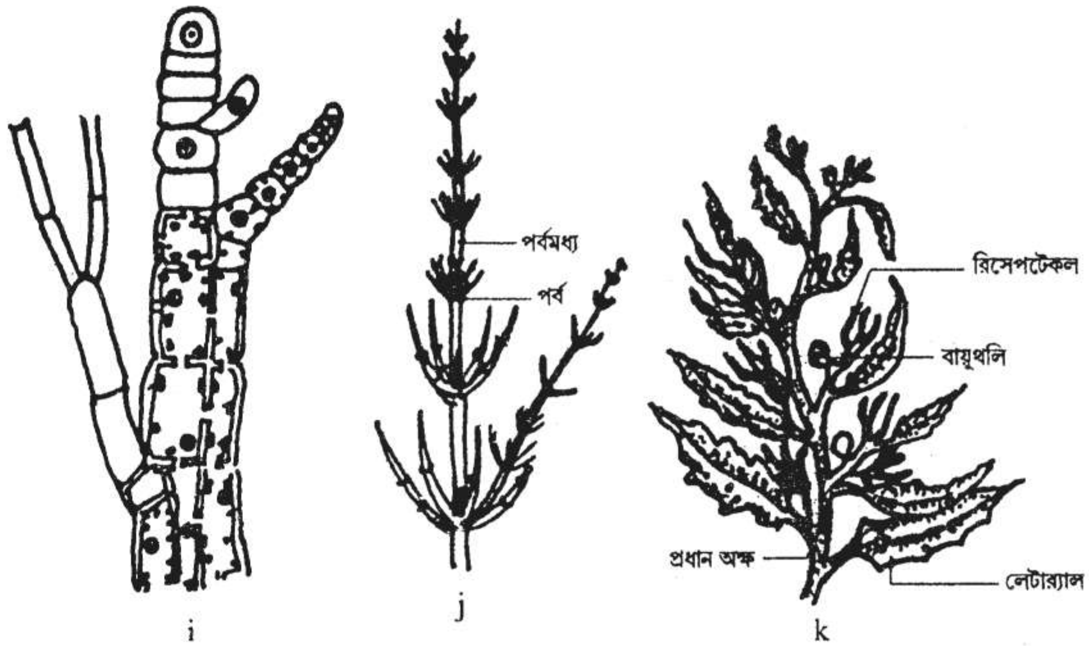
(ব্যাট্রাকোস্পার্মাম)

f

h

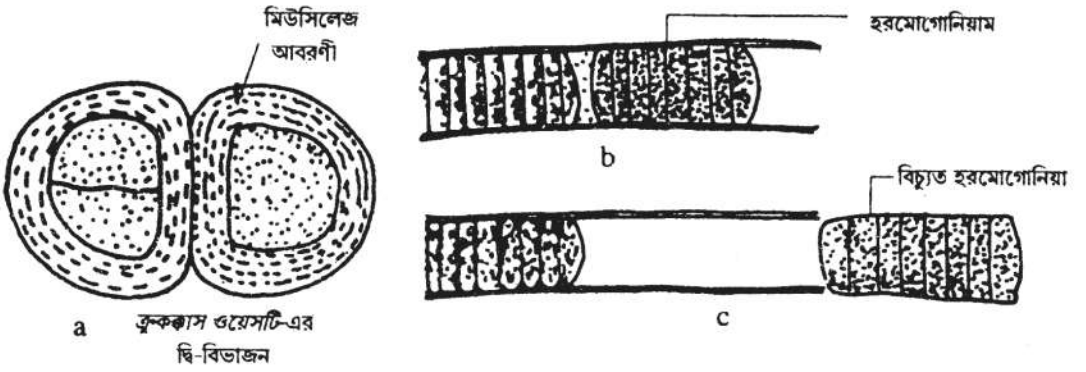
Ulva lactuca

(আল্‌ভা ল্যাকটুকা)



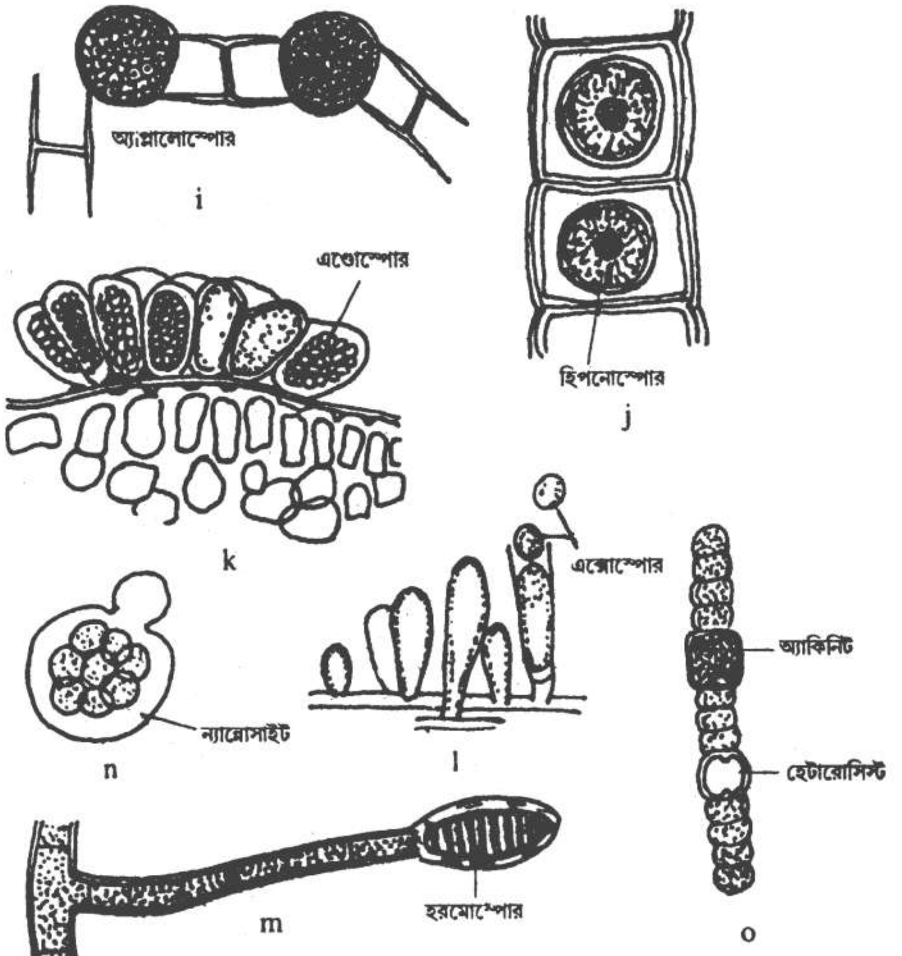
i *Polysiphonia* (পলিসাইফোনিয়া) j *Chara* (কারা) k *Sargassum cinereum* (সারগাসাম সিনেরিয়াম)

চিত্র নং 2.3 ঃ a-k, শৈবালের থ্যালাসের বিভিন্ন প্রকার গঠন বিন্যাস। (a) *Chladophora* (ক্ল্যাডোফোরা)-শাখাযুক্ত সূত্রাকার শৈবাল; (b) *Scytonema* (সাইটোনেমা)- নকল শাখাযুক্ত শৈবাল; (c) *Stigeoclonium* (স্টিজিওক্লোনিয়াম)-হেটেরোট্রিকাস প্রকৃতির শৈবাল; (d) *Vaucheria* (ভাউচেরিয়া)-নলাকৃতি শৈবাল; (e) *Caulerpa prolifera* (কলারপা প্রোলিফেরা)-রাইজোম, রাইজয়েড ও ফ্রণ্ড (সালোকসংশ্লেষীয় অংশ) যুক্ত নলাকৃতি শৈবাল; f) *Batrachospermum* (ব্যাট্রাকোস্পার্মাম)-একক অক্ষীয় দেহবিশিষ্ট শৈবাল; (g) ব্যাট্রাকোস্পার্মাম-এর অগ্রভাগ অংশের বিবর্ধিত অংশ; (h) *Ulva lactuca* (আলভা ল্যাকটুকা)-পত্রাকার শৈবাল; (i) *Polysiphonia* (পলিসাইফোনিয়া)- বহু অক্ষীয় দেহবিশিষ্ট শৈবাল; (j) *Chara* (কারা)- পর্ব ও পর্বমধ্যযুক্ত শৈবাল; (k) *Sargassum cinereum* (সারগ্যাসাম সিনেরিয়াম)-জটিল প্রকৃতির শৈবাল।

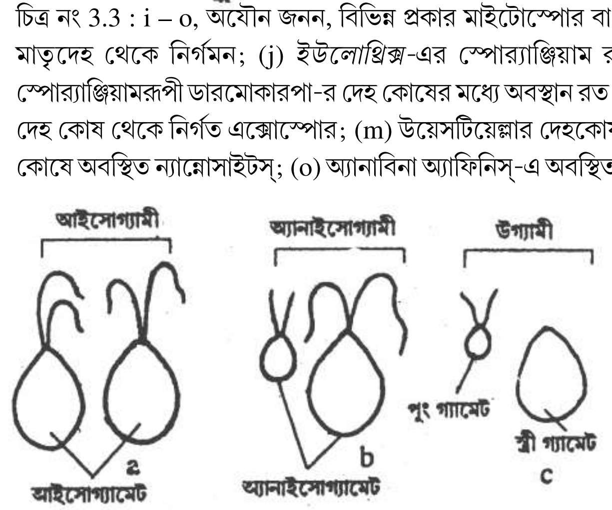


চিত্র নং 3.1 : a – c, অঙ্গজ জনন প্রক্রিয়ায় বংশবিস্তার (a) *Chroococcus westii* (ক্রুক্কাস ওয়েসটি) - দ্বি-বিভাজন দ্বারা বংশবিস্তার; (b) *Lyngbya (লিংবিয়া)* - হরমোগোনিয়াম সহ ট্রাইকোম; (c) লিংবিয়ার ট্রাইকোম থেকে হরমোগোনিয়ামের বিচ্যুতি।

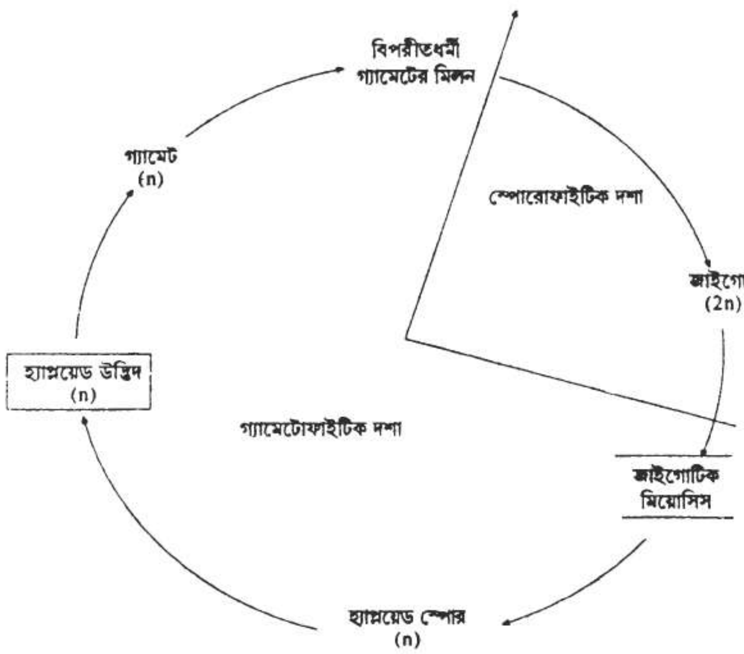
চিত্র নং 3.2 : a – h, অযৌন জনন, বিভিন্ন প্রকার মাইটোস্পোর বা অযৌনরেণু। (a) ভাউচেরিয়ার এক কোষী স্পোর‍্যাঞ্জিয়াম এবং একটিমাত্র বহুফ্লাজেলাযুক্ত সিনজুস্পোর-এর নির্গমন; (b) এক্টোকারপাস—এর বহুকোষী স্পোর‍্যাঞ্জিয়াম এবং একাধিক জুস্পোরের নির্গমন; (c) *এক্টোকারপাস*-এর অসম দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট দ্বি-ফ্লাজেলাযুক্ত মাইক্রোজুস্পোর; (d) *ইউলোথ্রিক্স*-এর দ্বি-ফ্লাজেলা বিশিষ্ট মাইক্রোজুস্পোর; (c) ইউলোথ্রিক্স -এর চার ফ্লাজেলা বিশিষ্ট মাইক্রোজুস্পোর; (f) *ইউলোথ্রিক্স* - এন চার ফ্লাজেলাবিশিষ্ট ম্যাক্রোজুস্পোর; (g) ইডোগোনিয়াম-এর বহু ফ্লাজেলাযুক্ত জুস্পোর; (h) ক্লোরেল্লার - স্পোরোঞ্জিয়াম রূপী কোষ দেহ থেকে অটোস্পোর-এর নির্গমন;



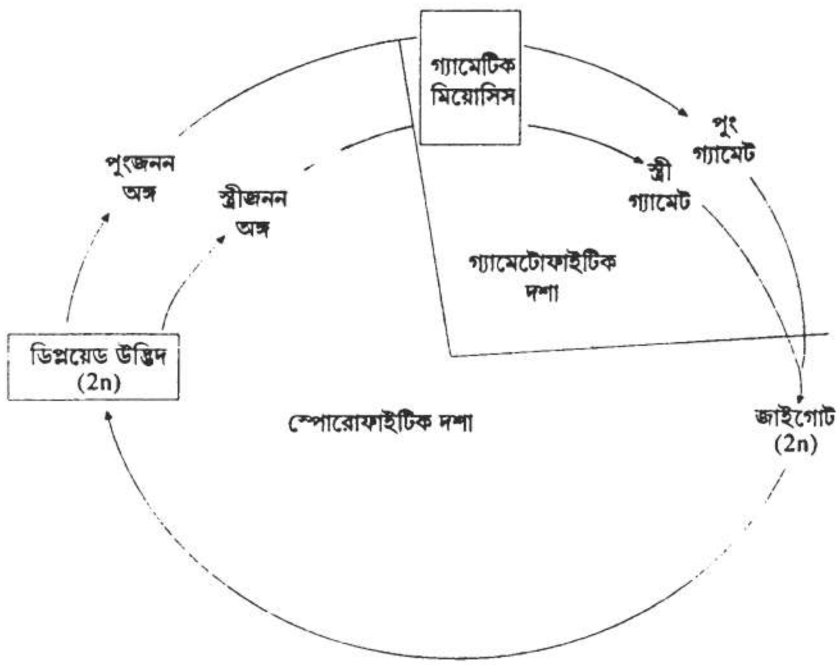
চিত্র নং 3.3 : i – o, অযৌন জনন, বিভিন্ন প্রকার মাইটোস্পোর বা অযৌনরেণু। (i) মাইক্রোস্পোরার অ্যাপ্লানোস্পোর-এর মাতৃদেহ থেকে নির্গমন; (j) *ইউলোথ্রিক্স*-এর স্পোর্যাঞ্জিয়াম রূপে কার্যগত দেহকোষের মধ্যে হিপনোস্পোর; (k) স্পোর্যাঞ্জিয়ামরূপী ডারমোকারপা-র দেহ কোষের মধ্যে অবস্থান রত অসংখ্য স্পোর; (l) স্পোর্যাঞ্জিয়ামরূপী কেমিসাইফন-এর দেহ কোষ থেকে নির্গত এক্সোস্পোর; (m) উয়েসটিয়েল্লার দেহকোষ দ্বারা গঠিত বহুকোষী হরমোস্পোর; (n) *অ্যাফানোথিকি* কোষে অবস্থিত ন্যান্নোসাইটস্; (o) অ্যানাবিনা অ্যাফিনিস্-এ অবস্থিত অ্যাকিনিট্।



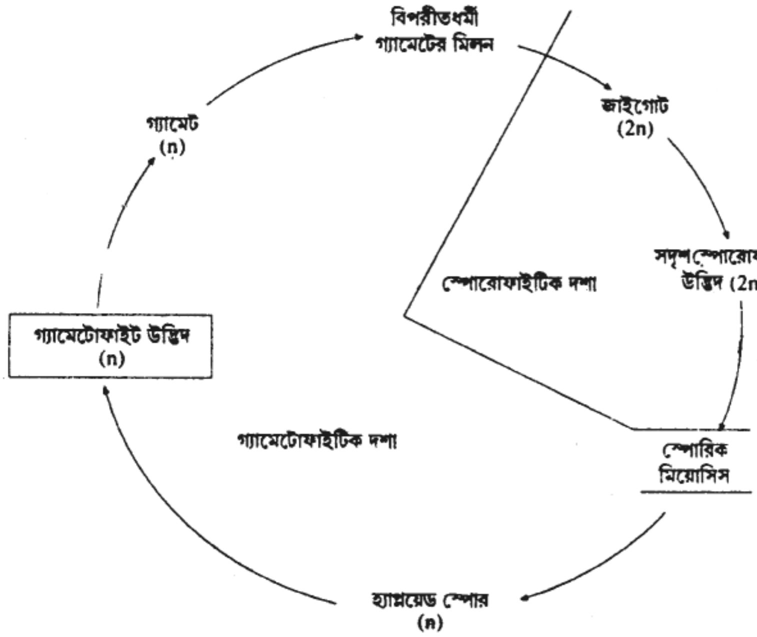
চিত্র নং 3.4 : a – c, যৌন জনন ক্যামাইডোমনাস *(Chlamydomonas)*-এর বিভিন্ন প্রকার গ্যামেট। (a) আইসোগ্যামাস জননে অংশগ্রহণকারী আইসোগ্যামেটদ্বয়; (b) অ্যানাইসোগ্যামেটমাস জননে অংশগ্রহণকারী অ্যানাইসোগ্যামেটদ্বয়; (c) উগ্যামাস জননে অংশ গ্রহণকারী সচল পুংগ্যামেট ও নিশ্চল বৃহদাকৃতির স্ত্রী গ্যামেট।



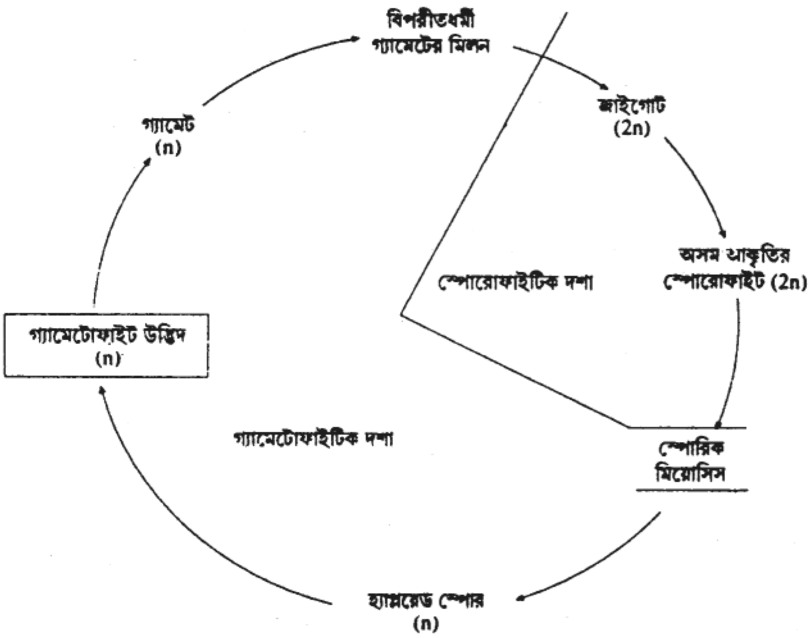
চিত্র নং 3.5 : হ্যাপ্লন্টিক জীবন চক্র।



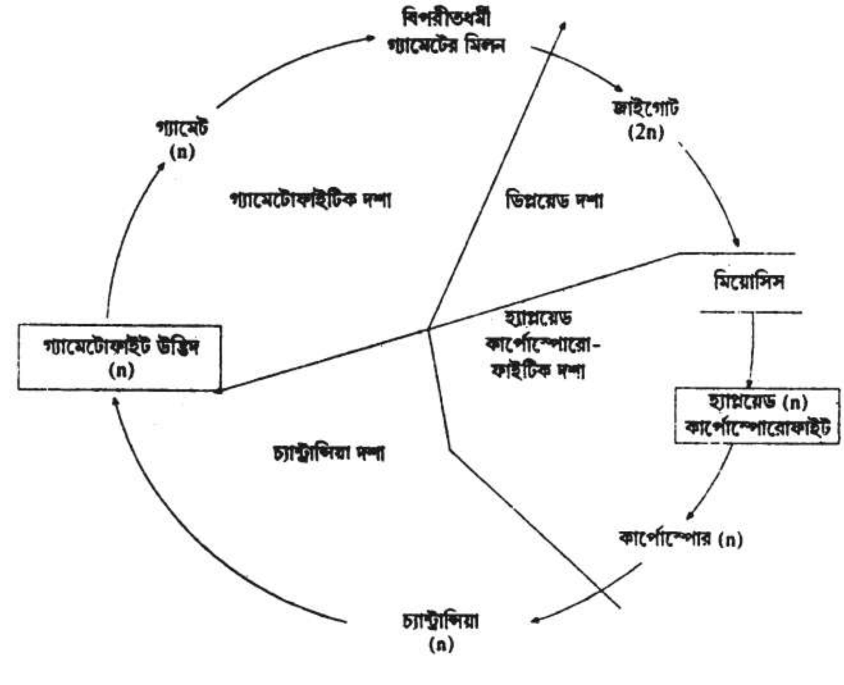
চিত্র নং 3.6 : ডিপ্লন্টিক জীবন চক্র।



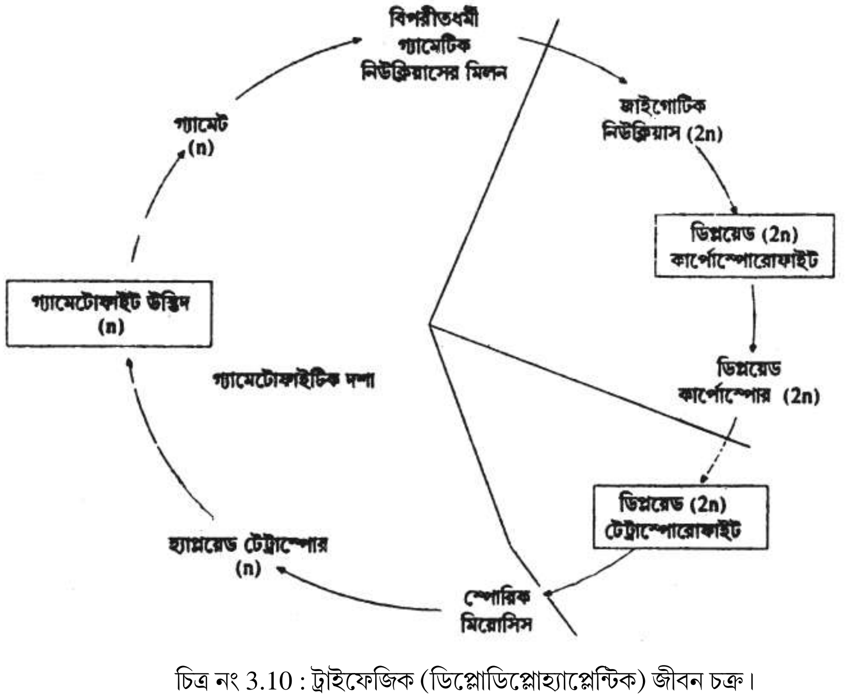
চিত্র নং 3.7 : আইসোমরফিক ডিপ্লোহ্যাপ্লন্টিক।



চিত্র নং 3.8 : হেটারোমরফিক ডিপ্লোহ্যাপ্লন্টিক চক্র।



চিত্র নং 3.9 : হ্যাপ্লোহ্যাপ্লেন্টিক জীবন চক্র।



চিত্র নং 3.10 : ট্রাইফেজিক (ডিপ্লোডিপ্লোহ্যাপ্লেন্টিক) জীবন চক্র।

অনুশীলনী-2

1.4.3 অংশ দেখুন।

অনুশীলনী-3

1.4 অংশে আলোচিত হয়েছে।

অনুশীলনী-4

1.4.5 অংশে আলোচিত।

একক 2 ❑ শ্রেণীবিন্যাস, অঙ্গজদেহের বিস্তৃতি ও শ্রেণীবৈশিষ্ট্য (Classification, Range of thallus organization and class characteristics)

গঠন

2.1 উদ্দেশ্য

2.2 প্রস্তাবনা

2.3 শৈবালের শ্রেণীবিন্যাস

2.3.1 শ্রেণীবিন্যাসের আন্তর্জাতিক নিয়ম

2.3.2 শৈবালের শ্রেণীবিন্যাসের ভিত্তি

2.3.3 বিভিন্ন শৈবালবিদ কর্তৃক শ্রেণীবিন্যাসের সংক্ষিপ্ত রূপরেখা

2.3.4 অন্তঃপরজীবী তত্ত্ব এবং ক্লোরোপ্লাস্টের উদ্ভব

2.5 বিভিন্ন শ্রেণীর শৈবালের বিশেষ বৈশিষ্ট্য

2.6 সারাংশ

2.7 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

2.8 উত্তরসংকেত

2.1 উদ্দেশ্য

এই এককটি পাঠ করে আপনি

- শৈবালের শ্রেণীবিন্যাস উপস্থাপন করতে পারবেন এবং শৈবালের শ্রেণী ভেদ করতে সক্ষম হবেন।
- অঙ্গজদেহের গঠন বৈচিত্র্য সম্পর্কে আলোচনা করতে পারবেন এবং শৈবালের বিভিন্নমুখী বিস্তৃতি সম্পর্কে ধারণা দিতে পারবেন।
- শৈবালের বিভিন্নমুখী ব্যবহার ও অর্থনৈতিক গুরুত্ব বুঝিয়ে দিতে পারবেন।

2.2 প্রস্তাবনা

অসংখ্য প্রজাতির শৈবাল পৃথিবীর বিভিন্ন পরিবেশে বাস করে। এদের চারিত্রিক বৈশিষ্ট্য ভিন্ন। বিভিন্ন বৈশিষ্ট্যের সাদৃশ্য ও বৈসাদৃশ্যের উপর ভিত্তি করে এদেরকে বিভিন্ন গোষ্ঠীতে বিভক্ত না করে একটি একটি করে শৈবালকে চেনা কারও পক্ষে তার জীবনকালের মধ্যে সম্ভব নয়। অথচ মানুষের নিজের প্রয়োজনেই শৈবাল সম্পর্কে জানা প্রয়োজন। তাই সীমিত সময়ের মধ্যে সমগ্র শৈবালকে জানার জন্য এর শ্রেণীবিভাগ করা হয়েছে। যেহেতু সর্বাধিক মিল আছে এমন কিছু শৈবালকে একটি গোষ্ঠীতে রাখা হয়, সেহেতু কোনও একটি গোষ্ঠীর একটি প্রতিনিধিকে জানলে ওই গোষ্ঠীর সকল শৈবাল সম্পর্কে আপনার মনে একটি সাধারণ ধারণা জন্মাবে।

যেহেতু সপুষ্পক উদ্ভিদের মতো শৈবালের পাতা, ফুল, ফল ও বীজ নেই অর্থাৎ এদের অঙ্গসংস্থানিক বৈশিষ্ট্যগুলি ততটা প্রকট নয় সেহেতু রঞ্জক পদার্থ, ক্লোরোপ্লাস্ট, সঞ্চিত খাদ্য, ফ্লাজেলা ইত্যাদির উপর নির্ভর ক'রে শৈবালের শ্রেণীবিভাগ করা হয়েছে।

শ্রেণীবিন্যাসের মধ্য দিয়ে শৈবালের বিবর্তন সম্পর্কে আপনার মনে একটি ধারণা জন্মাবে। তাছাড়া শৈবাল সনাক্তকরণে আপনার জ্ঞান সমৃদ্ধ হবে, আপনি অনেকগুলি শৈবালের মধ্যে থেকে নির্দিষ্ট একটি শৈবালকে চিনে নিতে পারবেন।

বিভিন্ন প্রকার শৈবালের অঙ্গজ দেহের গঠন বৈচিত্র্য আলোচনার মাধ্যমে শৈবালের ব্যাপকতা সম্পর্কে আপনার ধারণা জন্মাবে যা বিবর্তনকে বুঝতে আরও সাহায্য করবে।

শৈবালের অর্থনৈতিক গুরুত্ব অপরিসীম। বিভিন্ন শৈবালের ব্যবহার মানুষ প্রাচীন কাল থেকেই করে আসছে। এদের ব্যবহার সম্পর্কে আপনাদের সম্যক জ্ঞান থাকা প্রয়োজন। কে বলতে পারে যে ভাবে জনসংখ্যা বাড়ছে, একদিন হয়তো সামুদ্রিক শৈবালকে খাদ্য হিসাবে আমাদের ব্যাপকভাবে ব্যবহার করতে হবে।

2.3 শৈবালের শ্রেণীবিন্যাস

লিনিয়াস (1753) সর্বপ্রথম "অ্যালগী (Algae)" শব্দটি ব্যবহার করেন। ব্রায়োফাইটা, টেরিডোফাইটা বা সপুষ্পক উদ্ভিদের শ্রেণীবিন্যাসের ক্ষেত্রে উদ্ভিদের অঙ্গজদেহের গঠনগত বৈশিষ্ট্যের উপর গুরুত্ব দেওয়া হয়। যেমন সপুষ্পক উদ্ভিদে প্রধানত কাণ্ড, পাতা, ফুল, বীজ, ফল ইত্যাদি বৈশিষ্ট্যের উপর নির্ভর করে শ্রেণীবিন্যাস করা হয়। শৈবালের দেহের গঠনগত বৈশিষ্ট্য ততটা সুস্পষ্ট ও নির্ভরযোগ্য নয়, ফলে শ্রেণীবিন্যাসের জন্য শারীরবৃত্তীয়, জৈবরাসায়নিক বৈশিষ্ট্য ও কোষীয় অঙ্গাণুর উপর গুরুত্ব দেওয়া হয়। তাই অঙ্গসংস্থানিক ভাবে সাদৃশ্য আছে এমন অনেক শৈবালকে ভিন্ন শ্রেণীতে অন্তর্ভুক্ত করা হয়েছে। এর কারণ ব্যাখ্যা করতে গিয়ে শৈবালবিদরা বলেছেন এই সকল শৈবালগুলির কোনও সাধারণ পূর্বপুরুষ থেকে পৃথক পৃথক ভাবে সমান্তরাল পথে বিবর্তন ঘটেছে।

2.3.1 শৈবালের শ্রেণীবিন্যাসের আন্তর্জাতিক নিয়ম

আন্তজার্তিক উদ্ভিদবিদ্যা মহাসভা (International Code of Botanical Nomenclature) (Lanjouw, 1956) শৈবালের শ্রেণীবিন্যাসের ক্ষেত্রে সর্বোচ্চ ধাপ থেকে সর্বনিম্ন ধাপের বিভিন্ন এককগুলির জন্য পর্যায়ক্রমে নিম্নলিখিত পদগুলি অনুমোদন করেছেন ঃ

বিভাগ ঃ	ফাইটা (phyta)
উপবিভাগ ঃ	ফাইটিনা (phytina)
শ্রেণী ঃ	ফাইসী (phyceae)
অধঃ শ্রেণী ঃ	ফাইসীডী (phycideae)
বর্গ ঃ	এলীস (ales)
অধঃ বর্গ ঃ	ইনএলীস (inales)
গোত্র ঃ	এসী (aceae)
গণ ঃ	সাধারণত ল্যাটিন নাম
প্রজাতি ঃ	সাধারণত ল্যাটিন নাম

একটি উদাহরণ ঃ

বিভাগ ঃ	ক্লোরোফাইটা (Chlorophyta)
শ্রেণী ঃ	ক্লোরোফাইসী (Chlorophyceae)
বর্গ ঃ	ভলভোকেলীস্ (Volvocales)
গোত্র ঃ	ক্ল্যামাইডোমোনাডেসী (Chlamydomonadaceae)
গণ ঃ	*Chlamydomonas* (ক্ল্যামাইডোমোনাস্)
প্রজাতি ঃ	*nivalis* (নিভালিস)

2.3.2 শৈবালের শ্রেণীবিন্যাসের ভিত্তি

নিম্নলিখিত বৈশিষ্ট্যগুলির উপর ভিত্তি করে শৈবালের শ্রেণীবিন্যাস করা হয় ঃ

a) **রঞ্জক (Pigments)**—সালোকসংশ্লেষীয় রঞ্জকের প্রকৃতি ও আনুপাতিক হার।

b) **প্লাস্টিড (Plastid)**—Simple plastid (without CER Chloroplast endoplasmic reticulum) ও Complex plastid (with CER) ক্লোরোপ্লাস্টের আকৃতি যেমন—কাপ সদৃশ, তারকাকৃতি, সর্পিলাকার, জালিকাকার, বেষ্টনাকার ইত্যাদি।

c) **সঞ্চিত খাদ্য (Reserve food)**—এদের রাসায়নিক প্রকৃতি শ্বেতসার, তৈলবিন্দু ইত্যাদি।

d) **কোষপ্রাকার (Cell wall)**—রাসায়নিক প্রকৃতি।

e) **ফ্লাজেলা (Flagella)**—সংখ্যা, গঠন, অবস্থান। অঙ্গজ কোষ, জুস্পোর অথবা গ্যামেট প্রয়োজনে সবক্ষেত্রেই বিবেচনা করা হয়।

f) **থ্যালাস গঠন (Thallus morphology)**—আকৃতি, আকার, গঠন (এককোশী, বহুকোশী) ইত্যাদি।

g) **জনন ও জীবনচক্র (Reproduction and life cycle)**—জনন পদ্ধতি, জনন অঙ্গের গঠন, যৌন জননের উপস্থিতি বা অনুপস্থিতি, জীবনচক্রের ধরন ইত্যাদি।

h) ultrastructure of cellular organelles–flagella, cell wall, chloroplast, mitochondria, etc.

i) Molecular aspects–Sequence homology of rRNA, DNA, genes.

2.3.3 বিভিন্ন শৈবালবিদ কর্তৃক শ্রেণীবিন্যাসের সংক্ষিপ্ত রূপরেখা

শৈবালের শ্রেণীবিন্যাস সম্পর্কে প্রধানত দু'প্রকার চিন্তা ধারা দেখা যায়। ফ্রিশ্চ (Fritsch, 1935, 1945) এবং তার অনুগামীরা মনে করেন উদ্ভিদ জগতে শৈবাল নিজেই একটি বিভাগের সমপর্যায়ভুক্ত। কাজেই তার অন্তর্গত বিভিন্ন গ্রুপের শৈবালকে বিভাগের পর্যায়ে না রেখে শ্রেণীর পর্যায়ে রাখাই যুক্তিসঙ্গত। প্রথম দিকের বিজ্ঞানীরা থ্যালোফাইটাকে বিভাগ এবং শৈবালকে উপবিভাগের পর্যায়ভুক্ত করেছিলেন। সেই ধারণা থেকে ফ্রিশ্চ ও তার অনুগামীরা শৈবালকে সরাসরি বিভিন্ন শ্রেণীতে বিভক্ত করেন। তবে এই শ্রেণী বিন্যাস থেকে মনে হয় এক শ্রেণীর শৈবাল থেকে আর এক শ্রেণীর শৈবালের সৃষ্টি হয়েছে।

ফ্রিটসচ্ (Fritsch, 1935, 1945) সমুদয় অ্যালগীকে 11টি শ্রেণীতে ভাগ করেন। এগুলি হল ঃ

I. **শ্রেণী মিক্সোফাইসী** (Myxophyceae)

II. **শ্রেণী ক্লোরোফাইসী** (Chlorophyceae)

III. **শ্রেণী জ্যান্থোফাইসী** (Xanthophyceae)

IV. **শ্রেণী ক্রাইসোফাইসী** (Chrysophyceae)

V. **শ্রেণী ব্যাসিল্যারিওফাইসী** (Bacillariophyceae)

VI. **শ্রেণী ক্রিপ্টোফাইসী** (Cryptophyceae)

VII. **শ্রেণী ডাইনোফাইসী** (Dionophyceae)

VIII. **শ্রেণী ক্লোরোমোনাডিনী** (Chloromonadineae)

IX. **শ্রেণী ইউগ্লিনিনী** (Euglenineae)

X. **শ্রেণী ফিওফাইসী** (Phaeophyceae)

XI. **শ্রেণী রোডোফাইসী** (Rhodophyceae)

এই শ্রেণীবিভাগ এর ভিত্তি হল

(i) রঞ্জক এর প্রকার। (ii) কোশ প্রাচীর ও সঞ্চিত খাদ্যের রাসায়নিক চরিত্র। (iii) থ্যালাস এর গঠন।

(iv) Flagella বহি

2.3.4 অন্তমিথোজিবী মতবাদ (Endosymbiotic Hypothesis) ও অ্যালগির শ্রেণীবিন্যাস :

এই মতবাদ সর্বপ্রথম বিজ্ঞানী কনস্টানটিন মেরেসচকোয়োস্কি প্রবর্তন করেন। তার ধারণা অনুযায়ী ইউক্যারিওটিক কোশস্থ ক্লোরোপ্লাস্ট ও মাইটোকন্ড্রিয়া আদপে যথাক্রমে সালোকসংশ্লেষ-এ সক্ষম ব্যাকটিরিয়া ও L- প্রোটিওব্যাকটিরিয়া যা একটি প্রাণীকোশ দ্বারা খাদ্য হিসাবে গৃহীত হলেও তা ভক্ষিত না হয়ে অন্তমিথোজীবি রূপে থেকে যায়। এই ব্যাকটিরিয়াগুলি পরবর্তী সময়ে অভিযোজিত হয়ে ক্লোরোপ্লাস্ট ও মাইটোকন্ড্রিয়া সৃষ্টি করে। অ্যালগির সাথে বিভিন্ন Protista গোত্রীয় এককোষী জীব এর বিবর্তনগত সম্পর্ক স্থাপিত হয়। এই মতবাদ-এর উপর ভিত্তি করেই বিজ্ঞানী রবার্ট এডওয়ার্ড লি (১৯৯৯, ২০০৮) বিভিন্ন শৈবাল শ্রেণীতে ক্লোরোপ্লাস্টের বিবর্তন অনুধাবন করেন। এই মতানুযায়ী সম্পূর্ণ শৈবালকে চারটি প্রধান বিভাগে বিভাজিত করা হয়েছে যথা :

1. **সায়ানোব্যাকটিরিয়া (Group I) :** কোশটি প্রোক্যারিওটিক, হিস্টোন প্রোটিন অনুপস্থিত ও তাই ক্রোমোজোম সৃষ্টি হয় না। নির্দিষ্ট কোশীয় অঙ্গানু যেমন Endoplasmic Reticulum, Golgi bodies, Mitochondria অনুপস্থিত। অপরপক্ষে থাইলাকয়েড একটি করে উপস্থিত ও একে অপরের থেকে সমান দূরত্বে অবস্থান করে। নির্দিষ্ট ক্লোরোপ্লাস্ট অনুপস্থিত।

2. **দ্বিতীয় বিভাগ (Group II) :** ইউক্যারিওটিক শৈবাল যেখানে ক্লোরোপ্লাস্টটি শুধুমাত্র ক্লোরোপ্লাস্ট-এর নিজস্ব দুটি পর্দা দ্বারা আবৃত থাকে।

প্রধানত তিনটি শ্রেণীর শৈবাল এই বিভাগ-এর অন্তর্গত যথা গ্লৌকোফাইটা, রোডোফাইটা ও ক্লোরোফাইটা।

a) **গ্লৌকোফাইটা :** এটি ক্লোরোপ্লাস্ট বিবর্তন-এর একটি অন্তবর্তী স্তর। এখানে সালোকসংশ্লেষ প্রধানত অন্তমিথোজীবি সায়ানোব্যাকটিরিয়া দ্বারা সম্পন্ন হয়।

b) **রোডোফাইটা : (লোহিত শৈবাল) :** ক্লোরোফিল a ও ফাইকোবিলিজোম উপস্থিত; ফ্ল্যাজেলাযুক্ত কোশ সম্পূর্ণভাবে অনুপস্থিত ও সঞ্চিত খাদ্য ফ্লোরিডিয়ান স্টার্চ।

c) **ক্লোরোফাইটা (সবুজ শৈবাল) :** ক্লোরোফিল a ও b উপস্থিত; সঞ্চিত খাদ্য স্টার্চ যা ক্লোরোপ্লাস্ট-এ সঞ্চিত হয়।

3. **তৃতীয় বিভাগ (Group III) :** ইউক্যারিওটিক শৈবাল যেখানে ক্লোরোপ্লাস্টটি তার নিজস্ব পর্দা ছাড়াও একটি অতিরিক্ত বহিঃস্থ পর্দা দ্বারা আবৃত থাকে যাকে ক্লোরোপ্লাস্ট এন্ডোপ্লাসমিক রেটিকিউলাম (Chloroplast Endoplasmic Reticulum (CER) বলা হয়।

এই বিভাগ এর অন্তর্গত শ্রেণীগুলি হল :

(a) **ইউগ্লিনোফাইটা ঃ** ক্লোরোফিল a ও b উপস্থিত; একটি ফ্ল্যাজেলা যার মধ্যে সূক্ষ্ম তন্তু উপস্থিত থাকে। সঞ্চিত খাদ্য প্যারামাইলন (Paramylon Starch)।

(b) **ডিনোফাইটা ঃ** মেসোক্যারিওটিক নিউক্লিয়াস; ক্লোরোফিল ও c_1; কোশটি দুটি অংশ যথা এপিকোন (Epicone) ও হাইপোকোন (Hypocone) এ বিভাজিত থাকে। দুটি ফ্ল্যাজেলা উপস্থিত যেখানে একটি অপরটির সাপেক্ষে লম্বভাবে অবস্থান করে।

(c) **এপিকোমপ্লেক্সা ঃ** পরভোজী ফ্ল্যাজেলাযুক্ত শৈবাল যেখানে প্লাসটিডগুলি রঞ্জকবিহীন ও তাই কোন নির্দিষ্ট রঙের হয় না।

4. **চতুর্থ বিভাগ ঃ** ইউক্যারিওটিক শৈবাল যেখানে ক্লোরোফ্লাস্টটি তার নিজস্ব পর্দা ছাড়াও CER এর দুটি স্তর দ্বারা আবৃত থাকে।

এই বিভাগ-এর অন্তর্গত প্রধানত ৩টি শ্রেণী ঃ

(a) **ক্রিপ্টোফাইটা ঃ** CER এর বহিঃস্থ ও অন্তস্থ স্তর দুটির মাঝে লুপ্ত প্রায় নিউক্লিয়াস বা নিউক্লিওমর্ফ (Nucleomorph) উপস্থিত। ক্লোরোফিল a ও c এবং ফাইকোবিলিপ্রোটিন (Phycobiliprotein) বর্তমান।

(b) **হেটোরোকন্টোফাইটা ঃ** অগ্রস্থ টিনসেল (Tinsel type) প্রকৃতির ও পশ্চাৎপদে হুইপল্যাস (Whiplash) প্রকৃতির ফ্ল্যাজেলা উপস্থিত। ক্লোরোফিল a ও c র সাথে ফিউকোজ্যানথিন (Fucoxanthin) ও বর্তমান; কোশস্থ সঞ্চিত খাদ্য ক্রাইসোল্যামিনারিন (Chrysolaminarin)।

এই বিভাগে 12 টি বিভাগ যথা ঃ

(i) ক্রাইসোফাইসি (স্বর্নাভ বাদামি শৈবাল) Chrysophyceae, (ii) সাইন্যুরোফাইসি (Synurophyceae),

(iii) ইউস্টিগম্যাটোফাইসি (Eustigmatophyceae), (iv) পিংগুইয়োফাইসি (Pinguiophyceae),

(v) ডিকটিয়োকোফাইসি (Dictyochophyceae), (vi) পেলাগোফাইসি (Pelagophyceae),

(vii) বলিডোফাইসি (Bolidophyceae), (viii) ব্যাসিলিরিওফাইসি (Bacillariophyceae),

(ix) র‍্যাফিডোফাইসি (Raphidophyceae), (x) জ্যানথোফাইসি (Xanthophyceae),

(xi) ফিওথ্যামনিয়োফাইসি (Phaeothamniophyceae), (xii) ফিওফ্যাইসি (Phaeophyceae)।

(গ) প্রিমনোসিওফাইটাতে (Prymnesiophyta) দুটি হুইপল্যাস (Whiplash) ফ্ল্যাজেলা ও হ্যাপটোনেমা (Haptonema) উপস্থিত। রঞ্জক পদার্থ প্রধানত ক্লোরোফিল a, c ও ফিউকোজানথিন (Fucoxanthin)। সঞ্চিত খাদ্য হল ক্রাইসোল্যামিনারিন (Chrysolaminarin)।

শৈবাল ক্লোরোপ্লাস্ট-এর উদ্ভব

শৈবালের ক্লোরোপ্লাস্ট-এর দ্বিস্তর পর্দা বা Chloroplast Membrane শৈবালের পর্ব অনুযায়ী পরিবর্তিত হয়। বর্তমানে উন্নত সপুষ্পক উদ্ভিদে ক্লোরোপ্লাস্ট দুটি পর্দা দ্বারা আবৃত থাকে। ক্লোরোফাইটা (সবুজ শৈবাল), রোডোফাইটা (লোহিত শৈবাল) ও গ্লৌকোফাইটাতে এইরকম ক্লোরোপ্লাস্ট গঠন দেখা যায়। এই বিভাগের শৈবালের সাথে যেহেতু সপুষ্পক উদ্ভিদের ক্লোরোপ্লাস্ট-এর সাদৃস্য থাকে তাই এই বিভাগের শৈবালদের বর্তমান যুগের উদ্ভিদদের পূর্বসুরী হিসাবে দেখা হয়। অন্তমিথোজীবি মতবাদ অনুযায়ী এটি দ্বিতীয় বিভাগের শৈবালের অন্তর্গত।

রবার্ট এডওয়ার্ড লি (২০১৮) স্তমিথোজীবি মতবাদ অনুযায়ী তৃতীয় বিভাগে ইউক্যারিওটক ক্লোরোপ্লাস্টটি তার নিজস্ব দ্বিস্তরীয় পর্দা ছাড়াও একটি অতিরিক্ত বহিঃস্থ পর্দা দ্বারা আবৃত থাকে। এই অতিরিক্ত তৃতীয় পর্দাটিকে ক্লোরোপ্লাস্ট এন্ডাপ্লাসমিক

রেটিকিউলাম (CER) বলা হয়। এইরকম তৃস্তরীয় পর্দা ইউগ্লিনোফাইটা (Euglenophyta) ও ডিনোফাইটা (Dinophyta) শ্রেণীগুলিতে দেখা যায়।

হেটেরোকন্টোফাইটা (Heterokontophyta) ক্রিপ্টোফাইটা (Cryptophyta) ও Prymnesiophyta (প্রিমনেসিওফাইটা) এই তিনটি শ্রেণীতে ক্লোরোপ্লাস্ট-এর নিজস্ব পর্দা ছাড়া আরো দুটি পর্দা দ্বারা আবৃত থাকে। এই শ্রেণীর শৈবালে চারটি পর্দা থাকে যার দুটি ক্লোরোপ্লাস্ট-এর নিজস্ব পর্দা এবং অন্য দুটি Chloroplast Endoplasmic Reticulum বা CER হিসাবে দেখা যায়।

অর্থাৎ শৈবালের ক্লোরোপ্লাস্ট ক্রমান্বয়ে বিবর্তিত হয়ে দ্বিস্তরীয় থেকে বহুস্তরীয় হয়েছে। এই বিবর্তনের ফলে উন্নততর ক্লোরোপ্লাস্ট তৈরি হয়েছে যেখানে প্রতিটি পর্দার উপস্থিতির জন্য ক্লোরোপ্লাস্ট আরো গঠনগত ও কার্যগতভাবে ক্রিয়াশীল ও সক্ষম হয়েছে।

2.5 বিভিন্ন শ্রেণীর শৈবালের বিশেষ বৈশিষ্ট্যসমূহ

Cyanophyceae (নীলাভ সবুজ)/ সায়ানো ব্যাকটেরিয়া

অবস্থান—মিঠা জলে, সমুদ্রে ও স্থলে (স্যাঁত স্যাঁতে জায়গায়) পাওয়া যায়।

রঞ্জক—ক্লোরোফিল-এ; c-ফাইকোসায়ানিন (নীল), c-ফাইকোএরিথ্রিন (লাল), এবং অ্যালোফাইকোসায়ানিন নামক ফাইকোবিলিন; β- ক্যারোটিন, জিয়াজ্যান্থিন (zeaxanthin), একাইনিওন্ (echinenone), ক্যান্থাজ্যান্থিন (canthaxanthin), অ্যানথেরাজ্যান্থিন (antheraxanthin), মিক্সোজ্যান্থোফিল, অসিল্যাজ্যান্থিন (Oscillaxanthin) ইত্যাদি ক্যারোটিনয়েড রঞ্জক দেখা যায়।

কোষপ্রাকার ও কোষীয় গঠন—ইহা প্রোক্যারিওটিক শৈবাল। কোষপ্রাকার—প্রধানত দুটি স্তর উপস্থিত অন্তস্থ পেপটাইডোলাইকান ও বহিস্থ লিপোপলিস্যাকারাইড স্তর।

সঞ্চিত খাদ্য—সায়ানোফাইসিয়ান স্টার্চ, সায়ানোফাইসিন দানা (nitrogen reserve)

সেলুলোজ (Cellulose) প্রধান কোশীয় গঠনগত Polysaccharide (কেলাস অবস্থায়)।
অ্যামোরফাস (Amorphous) দশাটি প্রধানত চারটি শর্করা যথা L-Rhamnose, D-Xylose ও Glutanic Acid দ্বারা গঠিত বহু শর্করা প্রকৃতির।
ফ্লাজেলা—সম্পূর্ণ অনুপস্থিত।

জনন—অঙ্গজ ও অযৌন জনন দেখা যায়। যৌন জনন অনুপস্থিত। কিন্তু জিনগত পুনঃসংস্থাপন হয়।

- **Chlorophyta**
  - **ক্লোরোফাইসী** (ঘাসসম সবুজ)

    অবস্থান—প্রধানত মিঠা জলে পাওয়া যায়। তবে কিছু কিছু সামুদ্রিক। কিছু প্রজাতি স্থলজ যাদের স্যাঁতস্যাঁতে স্থানে পাওয়া যায়।

রঞ্জক—প্রধান রঞ্জক ক্লোরোফিল-এ, -বি;—β- ক্যারোটিন (γ—ক্যারোটিন, ক্যারালিস-এ পাওয়া যায়); জ্যান্থোফিল রঞ্জক—লিউটিন, এ্যাস্টাজ্যান্থিন, নিয়োজ্যান্থিন ও ভায়োলাজ্যান্থিন ইত্যাদি যা বিভিন্ন প্রজাতিতে বর্তমান। ফাইকোবিলিন জাতীয় রঞ্জক অনুপস্থিত। ক্লোরোপ্লাস্ট দেখতে ঘাসের মতো সবুজ বর্ণের।

সঞ্চিত খাদ্য—স্টার্চ (প্রধানত অ্যামাইলেজ ও অ্যামাইলোপেক্টিন)। ক্লোরোপ্লাস্টের ভিতরে অবস্থিত।

কোষপ্রাকার—প্রধানত ভিতরের সব সেলুলোজ

ফ্লাজেলা—সমদৈর্ঘ্যের (1,2-8 এবং অনেক) এবং এ্যাক্রোনিম্যাটিক (মসৃণ) প্রকৃতির।

জনন—অযৌন ও যৌন জনন (আইসোগ্যামী, অ্যানাইসোগ্যামী ও উগ্যামী) দেখা যায়।

- **Heterokontophyta**

  - **র‍্যাফিডোফাইসি** (উজ্জ্বল সবুজ)

অবস্থান—সকল প্রজাতিই মিঠাজলে পাওয়া যায়।

রঞ্জক—ক্রোমাটোফোর উজ্জ্বল সবুজ বর্ণের। অতিরিক্ত জ্যান্থোফিল বর্তমান।

সঞ্চিত খাদ্য—তেল।

ফ্লাজেলা—এরা এককোষী প্রধানত সচল প্রজাতি দেখা যায় যাদের দেহে অবস্থিত ফ্লাজেলাদ্বয় প্রায় সামান্য দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট।

জনন—এদের জনন সম্পর্কে খুব একটা কিছু জানা যায়নি। একমাত্র *Vacuolaria* (ভ্যাকিউলারিয়া) প্রজাতিতে দেখা যায় ইহা লম্বালম্বি ভাবে বিভাজিত হয় এবং অপত্যকোষের সৃষ্টি করে (Fritsch, 1979)

  - **জ্যান্থোফাইসী** (হলদে সবুজ)

অবস্থান—প্রধানত মিঠা জলে পাওয়া যায়; কিন্তু কিছু কিছু সামুদ্রিক।

রঞ্জক—ক্রোমোটোফোর হলদে সবুজ বর্ণের কারণ ক্লোরোফিল-এ রঞ্জকের উপর জ্যান্থোফিলের প্রাধান্য। ক্লোরোফিল-বি অনুপস্থিত। ক্লোরোফিল-ই উপস্থিত। ক্যারোটিনয়েড রঞ্জক প্রধানত-β- ক্যারোটিন জাতীয়। জ্যান্থোফিল—ফ্ল্যাভিসিন ও ফ্ল্যাভোজ্যান্থিন প্রকৃতির।

সঞ্চিত খাদ্য—স্টার্চের পরিবর্তে তৈলবিন্দু ও লিউকোসিন (leucosin) বা cytoplasm-এ ক্রাইসোল্যামিনারিন (chrysolaminarin) পাওয়া যায়।

কোষপ্রাকার—Cellulose জাতীয় পদার্থের প্রাধান্য। কোনও কোনও ক্ষেত্রে সিলিকাযুক্ত কোষপ্রাচীর দেখা যায় এবং প্রায়শই কোষপ্রাকার দুটি সম বা অসম খণ্ডে বিভক্ত যাদের একটির কিনারা অপরটি দ্বারা ঢাকা (overlapping) থাকে।

ফ্লাজেলা—সকল কোষে ফ্লাজেলা ২টি এবং অগ্রভাগে যুক্ত। ফ্লাজেলাদ্বয় অসমপ্রকৃতির।

জনন—যৌন জনন সাধারণত আইসোগ্যামাস বা অ্যানাইসোগ্যামাস প্রকৃতির (উগ্যামাস প্রকৃতির যৌন জনন একমাত্র *Vaucheria* (ভাউচেরিয়া)-তে দেখা যায়।

- **ক্রাইসোফাইসী**—(স্বর্ণাভ বাদামী বা কমলা)

অবস্থান—প্রধানত মিঠা জলে পাওয়া যায়। তবে কিছু সমুদ্রেও পাওয়া যায়।

রঞ্জক—ক্রোমোটোফার বাদামী বা কমলা রং-এর। ক্লোরোফিল-এ, -সি উপস্থিত। তবে কিছুক্ষেত্রে ক্লোরোফিল-সি অনুপস্থিত। ক্যারোটিন প্রধানত β- ক্যারোটিন জাতীয়। জ্যান্থোফিল প্রধানত ফিউকোজ্যান্থিন তবে অন্যান্য আরও কয়েকপ্রকার জ্যান্থোফিল পাওয়া যায়।

সঞ্চিত খাদ্য—ক্রাইসোল্যামিনারিন (chrysolaminarin) জাতীয়।

কোষপ্রাকার—সেলুলোজবিহীন, সিলিকাযুক্ত।

ফ্লাজেলা—1-2, অসমান বা সমান, অগ্রভাগে যুক্ত।

জনন—বৈশিষ্ট্যপূর্ণ সিলিকাযুক্ত স্টাটোস্পোর (statospore) দেখা যায়। জনন প্রধানত অযৌন। কদাচিৎ যৌন জনন (আইসোগ্যামাস) দেখা যায়।

- **ব্যাসিল্যারিওফাইসী**—(ডায়াটম)—(হলুদ অথবা স্বর্ণাভ বাদামী)

অবস্থান—এদের মিঠা জলে, সমুদ্রের জলে, ভিজে মাটিতে প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়।

রঞ্জক—ক্লোরোফিল-এ, -সি উপস্থিত। β- ক্যারোটিন ও ফিউকোজ্যান্থিনের জন্য ক্রোমোটোফোরের রং স্বর্ণাভ বাদামী হয়। তাছাড়া ডায়াটোজ্যান্থিন ও ডায়াডিনোজ্যান্থিন পাওয়া যায়।

কোষপ্রাকার—ডায়াটম কোষের কোষপ্রাচীর দুটি খণ্ডে এরূপ ভাবে বিভক্ত যে ঠিক পেট্রিডিশের মতো এক অর্ধ অপর অর্ধের উপর ঢাকনার আকারে অবস্থান করে। কোষপ্রাকার সিলিকাযুক্ত এবং সিলিকা প্রতিটি প্রজাতিতে নির্দিষ্টভাবে জমা হ'য়ে বিশেষ ধরনের কারুকার্য সৃষ্টি করে।

সঞ্চিত খাদ্য—ফ্যাট ও ভলিউটিন, কখনও স্টার্চ থাকে না।

ফ্লাজেলা—কিছু ক্ষেত্রে পুংগ্যামেটে কেবল পাওয়া যায়। সংখ্যা একটি অগ্রভাগে যুক্ত, প্যান্টানিমাটিক (টিনসেল) প্রকৃতির।

জনন—অঙ্গজ কোষ ডিপ্লয়েড। আইসোগ্যামাস, অ্যানাইসোগ্যামাস ও উগ্যামাস প্রকৃতির যৌন জনন দেখা যায়। যৌন জননে বৈশিষ্ট্যপূর্ণ অক্সোস্পোর (auxospore) দেখা যায়।

- **ফিওফাইসী**—(বাদামী)

অবস্থান—তিন-চারটি প্রজাতি ছাড়া সকল প্রজাতিই সামুদ্রিক।

রঞ্জক—ক্রোমাটোফোর বাদামী বর্ণের। ক্লোরোফিল—এ, -সি; β- ক্যারোটিন; ফিউকোজ্যান্থিন (এর আধিক্যের জন্য রং বাদামী হয়), ভায়োলাজ্যান্থিন (violaxanthin), নিওজ্যান্থিন, অ্যান্থেরাজ্যান্থিন ইত্যাদি রঞ্জক পাওয়া যায়।

কোষপ্রাকার—সেলুলোজ, অ্যালজিনিক অ্যাসিড (alginic acid) এবং ফিউকোসিনিক অ্যাসিড ইত্যাদি দ্বারা গঠিত।

সঞ্চিত খাদ্য—ল্যামিন্যারিন (laminarin) এবং ম্যানিটল (mannitol)

ফ্লাজেলা—দুটি অসমান পার্শ্বীয় ফ্লাজেলা শুধুমাত্র জুস্পোর ও জনন কোষে দেখা যায়। দীর্ঘটি প্যান্টোনিম্যাটিক এবং ছোটটি এ্যাক্রোনিম্যাটিক প্রকৃতির।

জনন—আইসোগ্যামাস, অ্যানাইসোগ্যামাস ও উগ্যামাস প্রকৃতির যৌন জনন দেখা যায়। জীবনচক্রে বিভিন্ন প্রকার জনুক্রম দেখা যায়।

● **Cryptophyta**

◆ **ক্রিপ্টোফাইসী**

অবস্থান—মিঠা জল ও সমুদ্র উভয় স্থানেই পাওয়া যায়।

রঞ্জক—ক্লোরোফিল-এ, -সি; ক্যারোটিন (α-ক্যারোটিন); জ্যান্থোফিল [অ্যালোজ্যান্থিন, ক্রোকোজ্যান্থিন (crocoxanthin) এবং মোনাডোজ্যান্থিন]; বিলিপ্রোটিন (ফাইকোসায়ানিন ও সি-ফাইকোএরিথ্রিন) রঞ্জক পাওয়া যায়।

সঞ্চিত খাদ্য—কঠিন কার্বোহাইড্রেট বা স্টার্চরূপে সঞ্চিত থাকে।

কোষপ্রাকার—কোষপ্রাকার অনুপস্থিত পরিবর্তে পেরিপ্লাষ্টীয় আবরণী দেখা যায়।

ফ্লাজেলা—সচল দেহকোষে দুটি সামান্য অসম আকৃতির ফ্লাজেলা থাকে যেগুলি প্রায় অগ্রভাগে (subapical) যুক্ত থাকে।

জনন—প্রধানত অযৌন জনন দেখা যায়। যৌন জনন কদাচিৎ দেখা যায় যাহা আইসোগ্যামাস প্রকৃতির।

● **Dinophyta/ Pyrrophyta**

◆ **ডিনোফাইসী** (গাঢ় হলুদ বা বাদামী বর্ণের)

এই শ্রেণীর শৈবাল মেসোক্যারিওটিক প্রকৃতির। নিউক্লিয়াস ইউক্যারিওটিকের ন্যায় সুগঠিত কিন্তু কোষ বিভাজনকালে নিউক্লিয় পর্দা ও নিউক্লিওলাস অদৃশ্য হয় না। নিউক্লিয় পর্দার মধ্যেই ক্রোমোজোমের বিভাজন হয়। এই শ্রেণীর শৈবালদের ডাইনোফ্লাজেলেট বলা হয়।

অবস্থান—ব্যাপকভাবে সামুদ্রিক প্ল্যাংটন রূপে দেখা যায়। তবে কিছু কিছু মিঠা জলেও অবস্থান করে।

রঞ্জক—ক্রোমোটোফোর গাঢ় হলুদ অথবা বাদামী বর্ণের। ক্লোরোফিল-এ, সি; β- ক্যারোটিন; পেরিডিনিন (peridinin) ডায়াডিনোজ্যান্থিন, ডায়াটোজ্যান্থিন, ডাইনোজ্যান্থিন ইত্যাদি জাতীয় জ্যান্থোফিল থাকে।

কোষপ্রাকার—এরা কোষপ্রাকার বিহীন বা সেলুলোজ গঠিত প্রাচীরযুক্ত। উদ্ভিদদেহ এককোষী বা সূত্রাকার উভয় প্রকার হতে পারে। সচল কোষে দুটি খাঁজ দেখা যায়, একটি অনুপ্রস্থে এবং একটি অনুদৈর্ঘ্যে অবস্থিত। প্রাকারের গাত্র থেকে নানাধরনের বিস্তৃতি দেখা যায়।

সঞ্চিত খাদ্য—প্রধানত স্টার্চ, তাছাড়া কোন কোন ক্ষেত্রে তেলও পাওয়া যায়।

ফ্লাজেলা—সচল কোষে দুটি ফ্লাজেলা দেখা যায়। একটি ফ্লাজেলা অনুপ্রস্থ খাঁজকে বেষ্টন করে রাখে এবং অপর ফ্লাজেলা অনুদৈর্ঘ্য খাঁজে কোষের পশ্চাৎদিকে অবস্থান করে।

জনন—প্রধানত অযৌন জনন দেখা যায় তবে কদাচিৎ যৌন জনন হয় বলে অনেকে মনে করেন।

● **Euglenophyta**—(বিশুদ্ধ সবুজ)

◆ **ইউগ্লিনোফাইসী**

অবস্থান—শুধুমাত্র মিঠাজলের শৈবাল।

রঞ্জক—ক্রোমোটোফোর বিশুদ্ধ সবুজ। ক্লোরোফিল-এ, বি; β- ক্যারোটিন ও কয়েকপ্রকার জ্যান্থোফিল (ডায়াডিনোজ্যান্থিন, নিয়োজ্যান্থিন, β- ক্রিপটোজ্যান্থিন ইত্যাদি) পাওয়া যায়।

কোষপ্রাকার—কোষপ্রাকার নেই পরিবর্তে পেলিকল্ (pellicle) বা পেরিপ্লাস্ট (periplast) নামক বহিঃ আবরণী বর্তমান।

সঞ্চিত খাদ্য—প্যারামাইলাম (paramylum) স্টার্চ ও তেল সঞ্চিত খাদ্য।

ফ্লাজেলা—ফ্লাজেলা 1-3 হতে পারে এবং সকল ফ্লাজেলাই টিনসেল প্রকৃতির। ফ্লাজেলা কোষের অগ্রভাগে বা প্রায় অগ্রভাগে (subapical) যুক্ত।

জনন—সাধারণত লম্বভাবে কোষবিভাজন দ্বারা অঙ্গজ জনন হয়। কখনও কখনও সিস্ট গঠন করে। যৌন জনন কদাচিৎ হয় বলে মনে করা হয়।

● **Rhodophyta**—

◆ **রোডোফাইসী—(Rhodophyceae)**—(লোহিত শৈবাল)

অবস্থান—কয়েকটি প্রজাতি মিঠা জলে থাকে। তাছাড়া সবই সামুদ্রিক।

রঞ্জক—ক্রোমাটোফোর লোহিত ও নীল রঞ্জক যথাক্রমে r- ফাইকোএরিথ্রিন এবং r- ফাইকোসায়ানিন নামক ফাইকোবিলিন রঞ্জক দ্বারা গঠিত। তাছাড়া ক্লোরোফিল-এ, -ডি; β- ক্যারোটিন, জিয়াজ্যান্থিন, অ্যানথেরাজ্যান্থিন, লিউটিন, নিওজ্যান্থিন রঞ্জক পাওয়া যায়। ক্রোমাটোফোরে বিন্যস্ত থাইলাকয়েডের পরিবর্তে অবিন্যস্ত থাইলাকয়েড দেখা যায়।

কোষপ্রাকার—সেলুলোজ, পেক্‌টিন ও পলিসালফেট এস্টার নামক উপাদান দ্বারা গঠিত।

সঞ্চিত খাদ্য—ফ্লোরোডিয়ান স্টার্চ (অ্যামাইলোপেক্‌টিন জাতীয়)

ফ্লাজেলা—জীবনচক্রের কোনও দশাতেই ফ্লাজেলা নেই।

জনন—অতি উন্নত ও জটিল উগ্যামী ধরনের যৌন জনন দেখা যায়। স্ত্রীজনন অঙ্গকে কার্পোগোনিয়াম ও পুং জনন অঙ্গকে স্পার্মাট্যাঞ্জিয়াম বলা হয়।

অনুশীলনী—1

1) শৈবালের শ্রেণী বিন্যাসের জন্য শারীরবৃত্তীয়, জৈব রাসায়নিক এবং কোষীয় অঙ্গানুর বৈশিষ্ট্যের উপর বেশি করে নির্ভর করতে হয় কেন?

2) শৈবালের শ্রেণীবিন্যাসের আন্তর্জাতিক নিয়ম কি?

3) শৈবালের শ্রেণীবিন্যাসের ভিত্তিগুলি কি কি?

4) ফ্রিশ্চ শৈবালকে কয়টি শ্রেণীতে ভাগ করেন?

5) বর্তমানে কোষবিদ্যার উপর ভিত্তি ক'রে সমগ্র জীবজগতকে কয় ভাগে ভাগ করা হয়েছে?

6) স্মিথের শ্রেণীবিন্যাসের সাথে ফ্রিশ্চ-এর শ্রেণীবিন্যাসের মূল পার্থক্য কি?

7) প্যাপেনফাস শৈবালের শ্রেণীবিন্যাসের ক্ষেত্রে 'ফাইটা' শব্দটির সাথে 'ফাইকো' সংযোজন ক'রে বিভাগগুলির ক্ষেত্রে 'ফাইকোফাইটা' ব্যবহার করার ক্ষেত্রে কি যুক্তি দেখিয়েছিলেন?

8) প্যাপেনফাস সমগ্র শৈবালকে কয়টি বিভাগে ভাগ করেন এবং এদের নাম কি?

9) বোল্ড ও ওয়াইনি শৈবালের বিভাগের সাথে "ফাইকোফাইটা" শব্দটি ব্যবহারের পরেও কেন 'ফাইকো' শব্দটি পুনরায় বাদ দেন?

10) বোল্ড ও ওয়াইনি শৈবালকে কয়টি বিভাগে ভাগ করেন? এদের নাম করুন।

11) শৈবালকে সর্বপ্রথম কে প্রোক্যারিওটা ও ইউক্যারিওটা রূপে ভাগ করেন?

12) রাউন্ড-এর শ্রেণীবিন্যাসের বৈশিষ্ট্য কি?

13) মিক্সোফাইসী বা সায়ানোফাইসীতে প্রাপ্ত বিশেষ রঞ্জকগুলি কি কি?

14) মিক্সোফাইসীতে প্রাপ্ত জ্যান্থোফিল রঞ্জকগুলির নাম উল্লেখ করুন?

15) নীলাভ সবুজ শৈবালের কোষপ্রাকার কিরূপ?

16) সায়ানোফাইসিন দানা কি? এটি কোথায় দেখা যায়?

17) এমন একটি প্রোক্যারিওটিক শৈবালের নাম করুন যে ক্ষেত্রে ফ্লাজেলা সম্পূর্ণ অনুপস্থিত।

18) ক্লোরোফিল-বি কোন কোন শ্রেণীর শৈবালে দেখা যায়?

19) ক্লোরোফাইসীর ফ্লাজেলার বৈশিষ্ট্য কি?

20) জ্যান্থোফাইসীতে কি প্রকার সঞ্চিত খাদ্য দেখা যায়?

21) ক্লোরোফিল-ই কোথায় দেখা যায়?

22) ফ্ল্যাভোজ্যান্থিন কোন শ্রেণীর শৈবালে দেখা যায়?

23) ক্লোরোফিল-সি কোন শ্রেণীর শৈবালে দেখা যায়?

24) ক্রাইসোফাইসীর ফ্লাজেলার বৈশিষ্ট্য কি?

25) ডায়াটম কোন শ্রেণীর শৈবাল?

26) নীলাভ সবুজ শৈবাল ও লোহিত শৈবাল ব্যতীত আর কোন শ্রেণীর শৈবালে বিলিপ্রোটিন ফাইকোবিলিপ্রোটিন রঞ্জক পাওয়া যায়?

27) পেরিপ্লাষ্টীয় আবরণী কোন শ্রেণীর শৈবালে দেখা যায়?

28) ক্রিপ্টোফাইসী শ্রেণীর শৈবালের ফ্লাজেলার বৈশিষ্ট্য কি?

29) ডাইনোফ্লাজিলেট কাদের বলা হয়?

30) ডিনোফাইসি শ্রেণীর শৈবালের কোষের বৈশিষ্ট্য কি?

31) মেসোক্যারিটিক শৈবাল কাদের এবং কেন বলে?

32) ডাইনোফাইসী শ্রেণীর শৈবালের কোষপ্রাকারের বৈশিষ্ট্য কি?

33) ডাইনোফাইসীর ফ্লাজেলার বৈশিষ্ট্য উল্লেখ করুন।

34) প্যারমাইলাম স্টার্চ কোন শ্রেণীর শৈবালে দেখা যায়?

35) একটি ফ্লাজেলা বিশিষ্ট শৈবাল কোন শ্রেণীতে দেখা যায়?

36) ফিউকোজ্যান্থিন কোন শ্রেণীর শৈবালের রঞ্জক?

37) ফিওফাইসী শ্রেণীভুক্ত শৈবালের কোষপ্রাকারের রাসায়নিক প্রকৃতি কি?

38) ল্যামিনারিন ও ম্যানিটল কোন শ্রেণীর শৈবালে পাওয়া যায়?

39) এমন একটি শৈবাল শ্রেণীর নাম করুন যে ক্ষেত্রে শুধুমাত্র জনন কোষে ফ্লাজেলা দেখা যায়?

40) ফ্লোরিডিয়ান স্টার্চ কোন শ্রেণীতে দেখা যায়?

41) ইউক্যারিওটিক প্রকৃতির কোন শ্রেণীর শৈবালের জীবনচক্রের কোন দশাতেই ফ্লাজেলা দেখা যায় না?

42) ক্লোরোফিল-ডি কোন শ্রেণীর শৈবালে দেখা যায়?

43) লোহিত শৈবালের রং-এর জন্য কোন রঞ্জকটি দায়ী?

2.6 সারাংশ

নুতন নুতন তথ্য উদঘাটনের ফলে শৈবালের শ্রেণীবিন্যাসের ক্রম পরিবর্তন লক্ষ্য করা যায়। বিভিন্ন শৈবালবিদ্‌গণ বিভিন্ন ভাবে শৈবালের শ্রেণীবিন্যাস করেছেন। তবে সবক্ষেত্রেই মূল জায়গাগুলির বিরাট কিছু পরিবর্তন ঘটেনি। বর্তমানে কোষবিদ্যার তথ্যের উপর ভিত্তি করে শৈবালকে প্রথমে প্রোক্যারিওটিক ও ইউক্যারিওটিক এই দুটি ভাগে ভাগ করাই ঠিক বলে মনে করা হয়।

শৈবালের দেহের গঠনগত বৈশিষ্ট্য ততটা সুস্পষ্ট ও নির্ভরযোগ্য নয় ব'লে, শৈবালের কোষের প্রকৃতি, রঞ্জক, প্লাস্টিড, সঞ্চিতখাদ্য, ফ্লাজেলা, কোষপ্রাকারের রাসায়নিক গঠন, জনন ও জীবনচক্র ইত্যাদি তথ্যের উপর নির্ভর করে শৈবালের শ্রেণীবিন্যাস করা হয়।

কয়েকজন বিখ্যাত শৈবালবিদের শ্রেণীবিন্যাসের রূপরেখা তুলে ধরা হয়েছে। যেহেতু ফ্রিটসচ্-এর শ্রেণীবিন্যাস সহজবোধ্য, বহুল প্রচলিত এবং বিভিন্ন ভারতীয় পুস্তকে এই পদ্ধতি অনুসরণ করা হয়। তাই বিভিন্ন শ্রেণীর শৈবালের বৈশিষ্ট্য আলোচনাকালীন ফ্রিশ্চের শ্রেণীবিন্যাস অনুসরণ করা হল।

শৈবালের অঙ্গজদেহের গঠন বৈচিত্র্য লক্ষণীয়। এককোষী সচল ও নিশ্চল, কলোনী প্রকৃতির সচল ও নিশ্চল, সূত্রাকার শাখাবিহীন ও শাখাযুক্ত, নলাকার, হেটোরোট্রিকাস, জটিল প্রকৃতির আরও অনেক শৈবাল দেখা যায়।

শৈবালের অর্থনৈতির গুরুত্ব অপরিসীম। শৈবাল বিভিন্নভাবে উপকার করে, যেমন—খাদ্যশৃঙ্খলে উৎপাদকরূপে কাজ করে ও খাদ্য যোগায়; তাছাড়া পরিবেশ দূষণ রোধে, পেট্রোলিয়াম ও গ্যাস উৎপাদনে, মানুষের খাদ্যরূপে, পশুখাদ্য হিসাবে, শিল্পের বিভিন্ন ক্ষেত্রে শৈবালের উপকারী ভূমিকা আছে। শৈবালের অপকারী ভূমিকা হল—এটি 'ওয়াটার ব্লুম' সৃষ্টির মাধ্যমে জলের দূষণ ঘটায়। কিছু পরজীবী শৈবালও আছে যারা রোগ সৃষ্টির মাধ্যমে চা, গোলমরিচ ইত্যাদি অর্থকরী ফসলের ক্ষতিসাধন করে।

2.7 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

1) শৈবালের শ্রেণীবিন্যাসের ভিত্তিগুলি কি কি, সংক্ষেপে আলোচনা করুন।
2) শৈবালের শ্রেণীবিন্যাসের ক্রমান্বয় অগ্রগতি সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা করুন।
3) শৈবালের শ্রেণীবিন্যাস সম্পর্কে বহুল প্রচলিত একটি পদ্ধতি আলোচনা করুন।
4) প্রোক্যারিওটিক ও ইউক্যারিওটিক কোষের গঠন বৈচিত্রের উপর নির্ভর করে শৈবালের শ্রেণীবিন্যাস পদ্ধতির রূপরেখা উল্লেখ করুন।
5) মিক্সোফাইসী ও রোডোফাইসীর বিভিন্ন বৈশিষ্ট্যগুলি আলোচনা করুন।
6) ফিওফাইসী ও ক্লোরোফাইসীর বিভিন্ন বৈশিষ্ট্যগুলি আলোচনা করুন।
7) ক্রমবিন্যাস অনুযায়ী বিন্যস্ত শৈবালের অঙ্গজ দেহের গঠন বর্ণনা করুন।
8) শৈবালের অর্থনৈতিক গুরুত্ব সম্পর্কে যাহা জানা আছে লিখুন।

2.8 উত্তর সংকেত

অনুশীলনী-1

1-3 : 2.3, 2.3.1 এবং 2.3.2 অংশ দেখুন।

4-13 : 2.3.3 অংশ দেখুন।

14-44 : 2.3.4 অংশ দেখুন।

অনুশীলনী-2

1-14 : 2.4 অংশ দেখুন।

অনুশীলনী-3

1. 2.5 এর a-অংশ দেখুন।
2. 2.5 এর b-অংশ দেখুন।
3. 2.5 এর c-অংশ দেখুন।
4. 2.5 এর d-অংশ দেখুন।
5. 2.5 এর d-অংশ দেখুন।
6. 2.5 এর e-অংশ দেখুন।
7. 2.5 এর f-অংশ দেখুন।
8. 2.5 এর f-অংশ দেখুন।
9. 2.5 এর g-(i) অংশ দেখুন।
10. 2.5 এর g-(i) অংশ দেখুন।
11. 2.5 এর g-(ii) অংশ দেখুন।
12. 2.5 এর g-(ii) অংশ দেখুন।
13. 2.5 এর g-(iii) অংশ দেখুন।
14. 2.5 এর g-(iii) অংশ দেখুন।
15. 2.5 এর g-(iii) অংশ দেখুন।
16. 2.5 এর g-(iv) অংশ দেখুন।
17. 2.5 এর g-(iv) অংশ দেখুন।
18. 2.5 এর g-(v) অংশ দেখুন।
19. 2.5 এর g-(v) অংশ দেখুন।
20. 2.5 এর h- অংশ দেখুন।
21. 2.5 এর h এবং i অংশ দেখুন।
22. 2.5 এর j অংশ দেখুন।
23. ক্ষতিকারক ভূমিকার a-অংশ দেখুন।

24. ক্ষতিকারক ভূমিকার a-অংশ দেখুন।

25. ক্ষতিকারক ভূমিকার a-অংশ দেখুন।

26. ক্ষতিকারক ভূমিকার b-অংশ দেখুন।

সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

প্রশ্ন-1 2.3.2 অংশ দেখুন।

প্রশ্ন-2 2.3.3 অংশ দেখুন।

প্রশ্ন-3 2.3.3 অংশে ফ্রিশ্চ-এর শ্রেণীবিন্যাস বিভিন্ন বৈশিষ্ট্যসহ আলোচনা করতে হবে।

প্রশ্ন-4 2.3.3 অংশে রাউন্ড অথবা কুমার ও সিং-এর শ্রেণীবিন্যাসের রূপরেখা লিখতে হবে।

প্রশ্ন-5 2.3.4 অংশে ফ্রিশ্চ-এর শ্রেণীবিন্যাস অনুযায়ী লিখিত বৈশিষ্ট্যগুলি দেখুন।

প্রশ্ন-6 2.3.4 অংশে ফ্রিশ্চ-এর শ্রেণীবিন্যাস অনুযায়ী লিখিত বৈশিষ্ট্যগুলি দেখুন।

প্রশ্ন-7 2.4 অংশ দেখুন।

প্রশ্ন-8 2.5 অংশ দেখুন।

একক 3 ❒ অর্থনৈতিক গুরুত্ব, জৈবপ্রযুক্তি, প্রয়োগ (Economic Importance, Biotechnology Application)

গঠন

3.0 উদ্দেশ্য

3.1 প্রস্তাবনা

3.2 শৈবালের অর্থনৈতিক গুরুত্ব

3.3 শৈবাল ও জৈব সার

3.4 জৈব সংশোধন

3.5 জৈব ডিজেল

3.6 ক্ষতিকারক ভূমিকা

3.7 সারাংশ

3.8 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

3.9 উত্তরসংকেত

3.0 উদ্দেশ্য

এই অধ্যায়টি পাঠ করার পর যে সমস্ত বিষয় সম্পর্কে ধারণা জন্মাবে তা হল :

- খাদ্য, পশুখাদ্য, শিল্পক্ষেত্র ইত্যাদির মত উপকারী ভূমিকা
- জৈবসার ও বায়োইথানল তৈরিতে শৈবালের ভূমিকা
- কিছু শিবালের ক্ষতিকারক ভূমিকা
- জৈব প্রযুক্তিতে শৈবালের ব্যবহার

3.1 প্রস্তাবনা

শৈবালের পরিবেশগত গুরুত্ব আমরা সকলেই জানি। প্রকৃতির মুখ্য অক্সিজেন উৎপাদক হল শৈবাল। এছাড়া মানুষ ও পশুর খাদ্য হিসাবে সারা পৃথিবীতেই শৈবাল ব্যবহৃত হয়। শৈবালজাত বিভিন্ন পদার্থ আমরা প্রাত্যহিক জীবনে ব্যবহার করে থাকি। আধুনিককালে জৈব প্রযুক্তির সাহায্যে শৈবালকে গবেষণাগারে উন্নততর করে ব্যবহার করা হচ্ছে।

3.2 শৈবালের অর্থনৈতিক গুরুত্ব

শৈবালের অর্থনৈতিক গুরুত্ব অপরিসীম ও বহুমুখী। নিম্নে এদের সম্পর্কে আলোচনা করা হল ঃ-

A. উপকারী ভূমিকা ঃ

a) খাদ্যশৃঙ্খলে শৈবালের ভূমিকা ঃ জলজ পরিবেশে খাদ্যশৃঙ্খলে এরা উৎপাদক রূপে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। জলে অবস্থিত বিভিন্ন প্রকার ফাইটোপ্লাংটন (phytoplankton) জাতীয় ও অন্যান্য শৈবাল মাছ ও জলজ প্রাণীর খাদ্যরূপে ব্যবহৃত হয়।

b) পরিবেশ দূষণ রোধে ঃ জলাশয়ে অবস্থিত শৈবাল প্রচুর পরিমাণে অক্সিজেন উৎপন্ন করে। ভূ-মণ্ডলে সবুজ উদ্ভিদ দ্বারা যে পরিমাণ অক্সিজেন উৎপন্ন হয়, তার বেশির ভাগটাই জলদ উদ্ভিদ তথা প্রধানত শৈবাল দ্বারা উৎপন্ন হয়। সালোকসংশ্লেষ প্রক্রিয়ায় এই সকল শৈবাল কার্বন-ডাই-অক্সাইড গ্রহণ করে এবং অক্সিজেন উৎপন্ন করে। এইভাবে পরিবেশে O_2-Co_2 ভারসাম্য রক্ষায় শৈবাল গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে।

c) পেট্রোলিয়াম ও গ্যাস উৎপাদনে শৈবাল ঃ শৈবাল (প্রধানত ডায়াটম জাতীয়) এবং এদের ভক্ষণ ক'রে যে সমস্ত জু-প্ল্যাংটন (zoo-plankton) বেঁচে থাকে, তাদের দেহস্থ জৈব যৌগ সমূহ মৃত্যুর পরে সমুদ্রের তলে অগভীর কর্দমাক্ত অংশে স্তরে স্তরে সঞ্চিত হয়। এরপর এই সমস্ত পদার্থ অক্সিজেনবিহীন পরিবেশে বিয়োজিত হয়ে কালক্রমে গ্যাস ও পেট্রোলিয়াম জাতীয় পদার্থে পরিণত হয়। প্রাকৃতিক গ্যাস প্রধানত মিথেন জাতীয় যা জৈবপদার্থের উপর ব্যাকটিরিয়ার ক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন হয়।

d) মানুষের খাদ্যরূপে শৈবাল ঃ সামুদ্রিক শৈবাল বিভিন্ন খনিজ মৌলিক উপাদান ও ভিটামিন সমৃদ্ধ ব'লে খাদ্যরূপে শৈবালের ব্যাপক ব্যবহারের যথেষ্ট সম্ভাবনা আছে। ক্লোরোফাইসী, ফিওফাইসী ও রোডোফাইসী শ্রেণীর শৈবাল প্রধানত খাদ্যরূপে ব্যবহৃত হয়। 107 টি গণের মোট 493টি প্রজাতি (প্রধানত ফিওফাইসী ও রোডোফাইসীর অন্তর্গত) খাদ্য হিসেবে ব্যবহৃত হয় (বোল্ড ওয়াইনি, 1985)। ক্লোরোফাইসী শ্রেণীর মধ্যে *Caulerpa* (কলারপা), *Codium* (কোডিয়াম), *Ulva* (আলভা), *Chlorella* (ক্লোরেল্লা) ইত্যাদির নাম উল্লেখযোগ্য। ফিওফাইসী শ্রেণীর মধ্যে *Laminaria* (ল্যামিনারিয়া), *Sargassum* (সারগ্যাসাম), *Padina* (প্যাডিনা), *Ascophyllum* (অ্যাস্কোফাইলাম), *Alaria* (অ্যালারিয়া), ইত্যাদি উল্লেখযোগ্য। রোডোফাইসী শ্রেণীর মধ্যে *Prophyra* (পরফাইরা), *Rhodymenia* (রোডাইমেনিয়া), *Chondrus* (কন্ড্রাস), ইত্যাদির নাম উল্লেখযোগ্য। জাপানে *Prophyra tenera* (পরফাইরা টেনেরা), ব্যবসায়িক ভিত্তিতে চাষ করা হয়। পরফাইরা ইংলন্ডে সুস্বাদু খাদ্য হিসেবে বিবেচিত হয়। *Ulva lactuca* (আলভা ল্যাক্টুকা), স্কটল্যান্ডেও অন্যান্য স্থানে সালাড *(Salad)*, ও সুপ *(Soup)* তৈরিতে ব্যবহার করা হয়। *Caulerpa rocemosa* (কলারপা রোসোমোসা) ফিলিপিন্স-এ খাদ্য হিসেবে চাষ করা হয়। এক সমীক্ষায় দেখা গেছে জাপানে প্রতিদিনের খাদ্য তালিকায় প্রায় 25% সামুদ্রিক শৈবাল থাকে। *Nostoc* (নষ্টক), এবং *Spirulina* (স্পাইরুলিনা) এখন চীনসহ পৃথিবীর বিভিন্ন দেশে খাদ্য হিসেবে গ্রহণ করা হইয়া থাকে।

e) পশুখাদ্য হিসেবে শৈবাল ঃ ব্রিটিশ দ্বীপপুঞ্জ, নরওয়ে, ডেনমার্ক, ফ্রান্স, আমেরিকা, নিউজিল্যান্ড প্রভৃতি দেশে গরু, ছাগল, মোষ প্রভৃতি গবাদিপশুদের খাদ্য হিসেবে ব্যাপকভাবে সামুদ্রিক শৈবাল ব্যবহার করা হয়। সারগ্যাসাম, অ্যালারিয়া, ম্যাক্রোসিস্টিস, অ্যাস্কোফাইলাম, ল্যামিনারিয়া ইত্যাদি পশুখাদ্য হিসেবে ব্যবহার করা হয়।

f) সাররূপে শৈবাল ঃ রোডোফাইসী ও ফিওফাইসী শ্রেণীর বিভিন্ন সামুদ্রিক শৈবালে যেহেতু প্রচুর পরিমাণে নাইট্রোজেন, পটাশিয়াম, ফস্ফরাস ইত্যাদি বর্তমান সেহেতু এই সকল সামুদ্রিক আগাছা সরাসরি জমিতে পচিয়ে মাটিতে মিশিয়ে দেওয়া হয়। এক্ষেত্রে *Fucus* (ফিউকাস), *Macrocystis* (ম্যাক্রোসিস্টিস্), *Nereocystis* (নেরিওসিস্টিস), *Durvillaea* (ডুর্ভিলিয়া), *Pelagophycus* (পেলাগোফাইকাস) ইত্যাদি বাদামী শৈবাল সাররূপে ব্যবহার করা হয়।

তাছাড়া ভারতবর্ষসহ পৃথিবীর বিভিন্ন দেশে বর্তমানে কৃষিজমিতে নাইট্রোজেন সার বৃদ্ধির জন্য নাইট্রোজেন সংবন্ধনকারী নীলাভ-সবুজ শৈবাল যেমন-*Nostoc* (নস্টক), *Anabaena* (অ্যানাবিনা), *Aulosira* (অলোসাইরা), *Cylindrospermum* (সিলিন্ড্রোস্পার্মাম), *Spirulina* (স্পাইরুলিনা) প্রভৃতি জমিতে সাররূপে ব্যবহার করা হয়। তাছাড়া এইসকল নীলাভ-সবুজ শৈবাল চাষের মাধ্যমে ক্ষার প্রধান মাটির ক্ষারত্ব প্রশমন করা হয়।

g) শিল্পক্ষেত্রে শৈবাল ঃ

i) **কেল্প (Kelp)**—উনবিংশ শতাব্দীতে ইউরোপে বাদামী শৈবালকে (যাদের সামুদ্রিক আগাছা বলা হয়) পুড়িয়ে ভস্ম বা কেল্প তৈরি করে তা থেকে বিভিন্ন খনিজ পদার্থ—আয়োডিন, পটাসিয়াম, ব্রোমিন ইত্যাদি নিষ্কাশন করা হত। যে সকল শৈবাল থেকে ভস্ম তৈরি করা হত সেগুলিকে কেল্প *(Kelp)* বলা হয়। নানা প্রকার খনিজ পদার্থের আকর আবিষ্কারের পর কেল্প থেকে খনিজপদার্থ নিষ্কাশন কমে গেছে। তবে সাবান তৈরি, কাচের জিনিস তৈরি, অ্যালাম (alum) তৈরিতে কেল্প ব্যবহার করা হয়। ফিউকাস্, ল্যামিনারিয়া, আস্কোফাইলাম, সারগ্যাসাম, মাক্রোসিস্টিস, নেরিওসিস্টিস্, পেলোগোফাইকাস প্রভৃতি কেল্প জাতীয় শৈবাল।

ii) **অ্যালজিনেট (Alginates)**—কিছু বাদামী শৈবালের কোষপ্রাকার থেকে অ্যালাগিনেট সহজাত পদার্থ বিশেষভাবে অ্যালাজিনিক অ্যাসিড *(alginic acid)* নিষ্কাশন করা হয়। যে সকল শৈবাল থেকে সংগ্রহ করা হয়। সেগুলি হল—*Laminaria* (ল্যামিনারিয়া), *Macrocystis* (ম্যাক্রোসিস্টিস্), *Ascophyllum* (আস্কোফাইলাম), *Fucus* (ফিউকাস), *Durvillaea* (ডুর্ভিলিয়া), *Lossonia* (লোসোনিয়া) ইত্যাদি।

অ্যালজিনেট বিভিন্ন শিল্পে ব্যবহৃত হয়। রাবার টায়ার, রং, আইসক্রিম, প্লাস্টিক জাতীয় বস্তু এবং অগ্নিনিরোধক ফ্যাব্রিক প্রস্তুতিতে এটির ব্যবহার উল্লেখযোগ্য।

iii) **অ্যাগার-অ্যাগার (Agar-Agar)**—এটি জেলীসদৃশ বস্তু বা রোডোফাইসী-র অন্তর্গত বিভিন্ন শৈবাল প্রজাতির দেহ থেকে সংগ্রহ করা হয়। পৃথিবীর বিভিন্ন গবেষণাগারে ব্যাকটিরিয়া, ছত্রা, শৈবাল প্রভৃতি চাষের আধার (Culture media) হিসেবে এই বস্তু ব্যবহার করা হয়। তাছাড়া রুটি, মিঠাইকে শুষ্কতার হাত থেকে রক্ষার জন্য, নানা মিষ্ট দ্রব্যের দ্রুত জমাট বাঁধার জন্য, চামড়া শিল্পে, বয়ন শিল্পে, প্রসাধন সামগ্রী প্রস্তুতিতে, কোষ্ঠ পরিষ্কারক ঔষধ রূপে ইত্যাদি আরও বিভিন্ন কাজে অ্যাগার-অ্যাগার ব্যবহার করা হয়।

রোডোফাইসীর অন্তর্গত *Gelidium* (জেলিডিয়াম), *Gracilaria* (গ্রাসিলারিয়া), *Chondrus* (কোন্ড্রাস), *Hypne*a (হিপ্নিয়া), *Phyllophora* (ফাইলোফোরা), *Pterocladia* (টেরোক্ল্যাডিয়া) প্রভৃতি গণের বিভিন্ন প্রজাতি থেকে অ্যাগার-অ্যাগার সংগ্রহ করা হয়।

আগার (Agar) : এটি একটি জেলির ন্যায় শর্করাযুক্ত পদার্থ যা রেডোফাইটার অন্তর্গত শ্যাওলা থেকে পাওয়া যায়। গুরুত্বপূর্ণ কিছু Agar উৎপাদন শীল শ্যাওলা হল জেলিডিয়াম *(Gelidium)*, গ্রাসিলেরিয়া (*Gracilaria*), হিপনিয়া *(Hypnea)* টেরোক্লেডিয়া *(Pterocladia)*, কণ্ড্রাস *(Chondrus)*

ও ফাইলোফোরা *(Phyllophora)*।

আগার প্রধানত গবেষণাগারে ব্যাকটিরিয়া কর্ষণ মাধ্যম তৈরি করতে ব্যবহৃত হয়। এছাড়া ক্যানজাত খাদ্য সঞ্চয়, প্রসাধন সামগ্রী, চামড়া, বস্ত্র ও কাগজ শিল্পে আগার একটি গুরুত্বপূর্ণ উপাদান। শুষ্ক আগার পেটের অসুখ-এর ক্ষেত্রেও উপকারী।

iv) **ডায়াটোমাইট (Diatomite)**—ডায়াটম্ *(Diatoms)* জাতীয় ফাইটোপ্ল্যাংটনের কোষপ্রাকার সিলিকা ঘটিত বস্তু বিশিষ্ট ব'লে অবিকৃত থাকে। মৃত্যুর পর এদের দেহ সমুদ্রের নিচে স্তরে স্তরে সঞ্চিত হয়ে ডায়াটমজাত মৃত্তিকা *(Diatomaceous earth)* বা ডায়াটোমাইট গড়ে তোলে। এইপ্রকার মৃত্তিকার ব্যবহার নিম্নরূপ ঃ

1) ডিনামাইট প্রস্তুতকরণে তরল নাইট্রোগ্লিসারিনের শোষক রূপে আলফ্রেড নোবেল একে প্রথম ব্যবহার করেছিলেন। তবে এখন এই পদ্ধতির ততটা ব্যবহার নেই।

2) যে সকল চুল্লীতে অধিক উত্তাপের সৃষ্টি হয়, যেমন বয়লার, ব্লাস্ট-ফার্নেসের ভেতরের প্রাচীরে প্রলেপ দেওয়া হয়।

3) বিভিন্ন শিল্পে পরিশ্রাবকরূপে (filtration) এর ব্যবহার উল্লেখযোগ্য।

4) চিনি বা মদ তৈরির কারখানায় চিনি বা মদের ময়লা-নিষ্কাশন প্রক্রিয়ায় একে ব্যবহার করা হয়।

5) বিশেষ ক্ষেত্রে ব্যবহারের জন্য হালকা ইঁট তৈরিতে ব্যবহার করা হয়।

6) তাছাড়া দাঁতের মাজন, প্লাস্টিক প্রস্তুতিতে, ধাতব-পালিশে এর ব্যবহার আছে।

h) ঔষধ প্রস্তুতিতে ঃ ক্লোরেল্লা *(Chlorella)* থেকে নিষ্কাশিত ক্লোরেল্লীন (Chlorellin) জীবাণুনাশক পদার্থ। *Sargassum* (সারগ্যাসাম), *Laminaria* (ল্যামিনারিয়া) ইত্যাদি কেল্প জাতীয় শৈবাল থেকে নিষ্কাশিত আয়োডিন বহুপূর্ব থেকে চীনদেশে গলগন্ড নিরাময়ে ব্যবহার করা হত। অ্যাগার-অ্যাগার কোষ্ঠ পরিষ্কারকরূপে ও বিভিন্ন ঔষধে ব্যবহার করা হয়।

i) গবেষণার কাজে ঃ অনেক শারীরবৃত্তীয় ও জৈবরাসায়নিক প্রক্রিয়ার (যেমন-সালোকসংশ্লেষ) গতিপথ ইত্যাদি আবিষ্কারের ক্ষেত্রে ক্লোরেল্লা, *Scenedesmus* (সিনেডেস্‌মাস), *Anacystis* (অ্যানাসিস্টিস) ইত্যাদি প্রজাতির ব্যবহার করা হয়েছে।

j) ময়লা জল শোধনে (In Sewage Dispoal) ঃ পয়ঃপ্রণালী, ড্রেনের ও কলকারখানার নির্গত ময়লা আবর্জনা জারণ পুকুরে জমা করা হয় এবং সবাত শ্বসনকারী ব্যাকটিরিয়া দ্বারা জারিত হয়। এই জারণে বিভিন্ন শৈবাল, যেমন-ক্ল্যামাইডোমোনাস, সেনেডেস্‌মাস, ইউগ্লিনা ইত্যাদি জলে অক্সিজেনের দ্রুত যোগান দেয়। ফলে জারণ ক্রিয়া দ্রুত হয় এবং আবর্জনা দ্রুত জৈব সারে রূপান্তরিত হয়।

k) ফাইকোকলোয়েড (Phycocolloid) :

সামুদ্রিক শ্যাওলা Vitamin-এর একটি অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ উৎস যেমন Vitamin A, D, B, B_{12}, রাইবোফ্লাবিন, নিয়াসিন, প্যানটোথেনিক অ্যাসিড ও ফলিক অ্যাসিড। সামুদ্রিক শ্যাওলা থেকে কিছু গুরুত্বপূর্ণ উপাদান পাওয়া

যায় যা রাসায়নিক ভাবে নিষ্কাষণ করলে যে বস্তুটি সৃষ্টি হয় তাকে ফাইকোকলোয়েড *(Phycocolloid)* বলে। এটি একাধিক অর্থনৈতিকভাবে গুবরুত্বপূর্ণ পদার্থ সমষ্টি যথা : কারাগিনিন (Carrageenin) ও অ্যালাজিনেট (Alginate)।

i) কারাজিনিন (Carrageenin) :

কারাগিনিন ও উপরোক্ত রক্তিম শৈবাল থেকে পাওয়া যায়। রাসায়নিক ভাবে এটি D-গ্যালাকটোজ-3,6-অ্যানহাইড্রো-D-গ্যালাকটোজ যৌগ। মোনোইস্টারোফাইড সালফিউরিক অ্যাসিড কণ্ড্রাস ক্রিসপাস *(Chondrus Crispus)* নামক শ্যাওলা থেকে পাওয়া যায় যা থেকেও কারাগিনিন তৈরি হয়। এটি টুথপেস্ট, রঙ, প্রসাধনী, চামড়া শিল্প, বস্ত্র ও ওষধি শিল্পে গুরুত্বপূর্ণ উপাদান হিসাবে ব্যবহৃত হয়। রক্ত তঞ্চন এর ক্ষেত্রেও এই উপাদানটি ব্যবহৃত হয়। তরল খাদ্যবস্তু যথা ফলের রস-এর স্বচ্ছতার জন্যও এটি ব্যবহৃত হয়।

ii) অ্যালজিনেট (Alginate)

সামুদ্রিক বাদামি (Brown Algae) শৈবাল যথা ল্যামিনেরিয়া *(Laminaria)*, ম্যাক্রোসিস্টিস *(Macrocystis)* অ্যাসকোফাইলাম *(Ascophylhum)* থেকে নিষ্কাষিত অ্যালজিনিক অ্যাসিড *(Alginic Acid)* থেকে অ্যালজিনেট তৈরি হয়। এটি একটি শর্করা যা বাদামি শৈবাল-এর কোশ প্রাচীর-এ থাকে। অ্যালজিনেট রাবার শিল্প, রঙ, আইসক্রিম *(Ice cream)* ও অগ্নিপ্রতিরোধক বস্ত্র নির্মাণে ব্যবহৃত হয়। রক্ত তঞ্চন-এর ক্ষেত্রেও এর প্রয়োগ দেখা যায়। স্যুপ, সস ও ক্রিম তৈরির ক্ষেত্রেও অ্যালজিনেট-এর ব্যবহার দেখা যায়।

3.3 শৈবাল ও জৈবসার (Biofertiliser)

প্রথাগত চাষ পদ্ধতিতে ক্রমান্বয়ে ফসল তৈরির ফলে জমির উর্বরতা কমতে থাকে। চাষ পদ্ধতিতে উদ্ভিদ দ্বারা জমির থেকে খাদ্য শোষিত হয় যার ফলস্বরূপ জমি অনুর্বর হয়ে ওঠে। এমতাবস্তায় রাসায়নিক সার প্রয়োগের মাধ্যমে জমির উর্বরতা সুরক্ষিত করা হয়। কিন্তু এই প্রকার রাসায়নিক সারের প্রয়োগে বহুক্ষেত্রে নিকটবর্তী জলাশয়ের দূষণ হয়। এই ধরনের রাসায়নিক সার বহু সময় বিয়োজিত হয় না যার কারণে জলদূষণ বহুমাত্রায় বেড়ে যায়।

বর্তমানে এই সার প্রয়োগের ফলে জলদূষণ রোধ করার জন্য জৈবসার ও তার প্রয়োগকে বৈজ্ঞানিক পদ্ধতি হিসাবে ধরা হয়। এই রকমই জৈবসার কিছু নীলাভ-সবুজ শৈবাল থেকে পাওয়া যায়। নীলাভ-সবুজ শৈবাল যেহেতু বাতাস থেকে নাইট্রোজেন গ্যাস গ্রহণ করে অ্যামোনিয়াম (NH_4^+) যৌগ তৈরি করে তাই তারা জৈবসার হিসাবে জমিতে NH_4^+ যৌগ যোগ করে যার ফলে অনুর্বর জমির উর্বরতা বৃদ্ধি পায়। সায়ানোব্যাকটেরিয়া বা নীলাভ সবুজ শৈবাল যেমন *Nostoc, Anabaena, Oscillatoria angustissima*-এর প্রয়োগ জৈবসার হিসাবে আশাপ্রদ ফল দিয়েছে। বেনারস হিন্দু বিশ্ববিদ্যালয়ের অধ্যাপক রামনাগিনা সিং (Prof. R.N. Singh) প্রথম এই ধরনের প্রয়োগ দেখিয়েছিলেন এবং এই প্রক্রিয়ার নাম দিয়েছিলেন "Reclamation of Vsar Soil". সায়ানোব্যাকটিরিয়া ছাড়াও অন্যান্য শৈবাল যেমন এককোশী সবুজ শৈবাল *Chlorella* sp. লোহিত শৈবাল *Palnaria palmata* এবং বাদামী শৈবাল যেমন *Laminaria digitata* ও *Ascophychem nodonum*-এরও জৈবসার হিসাবে প্রয়োগ আমরা দেখতে পাই। এইসব শৈবাল জমিতে প্রধানত NH_4^+ ও NH_3^- যৌগ যোগ করে যা শিম্বগোত্রীয় উদ্ভিদ যেমন মটরশুটির (*Pisum Satium*) বৃদ্ধি তরান্বিত করে।

3.4 জৈবসংশোধন (Bioremediation)

শৈবাল দ্বারা জৈবসংশোধন বর্তমানে শৈবালের একটি উল্লেখযোগ্য প্রয়োগ ক্ষেত্র। এটি একটি প্রক্রিয়া যা সহজ ও স্বল্প খরচেই করা যায়। এই প্রক্রিয়ার দ্বারা বিভিন্ন শৈবালের সাহায্যে বর্জ্য পদার্থ সহজেই শোষিত হয় বা বিনষ্ট হতে পারে ও পরিবেশের ভারসাম্য রক্ষা করে। শৈবাল সহজেই ভারি ধাতু আত্তীকরণ করে ও এই ধরনের ধাতুর বিরুদ্ধে প্রতিরোধ গড়ে তোলে যার ফলে পরিবেশ থেকে ধাতুর পরিমাণ কমে যায় কিন্তু শৈবালের বিশেষ ক্ষতিসাধন হয় না। বর্তমানে অনিয়ন্ত্রিত বর্জ্য নিষ্কাষণের ফলে অধিকাংশ প্রাকৃতিক জলাশয় ভারী ধাতুর দ্বারা আক্রান্ত। শৈবাল যেহেতু প্রতিটি প্রাকৃতিক জলাশয়ের স্বাভাবিক জৈব উপাদান তাই এর উপস্থিতি জৈবসংশোধনে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা গ্রহণ করে। অপরপক্ষে শৈবাল বাতাসের CO_2 সালোকসংশ্লেষ প্রক্রিয়ায় গ্রহণ ও O_2 নির্গত করে। এছাড়া বহু শৈবালের বৃদ্ধির হার স্থলজ সপুষ্পক উদ্ভিদের তুলনায় অনেক বেশী। শৈবাল দূষিত জল (Waste water) থেকে প্রয়োজনীয় Nitrogen ও Phosphorus যৌগ গ্রহণ করে বৃদ্ধি পায় ও কিছু নির্দিষ্ট পেপটাইড (Peptide)-এর জন্য ক্ষতিকারক ভারী ধাতুকে তার কম ক্ষতিকারক যৌগতে পরিবর্তন করতে পারে। এর ফলে দূষিত জলে (Waste water) কিছু পরিমাণ ভারী ধাতু (Heavy metal) থাকলেও শৈবালের উপস্থিতিতে বাস্তুতন্ত্রে অন্যান্য জীববৈচিত্রের ক্ষতিসাধন অনেকাংশে কমে যায়। এছাড়াও এই ধরনের Peptide ভারী ধাতু গ্রহণ করে Organometallic Complex তৈরি করে Vacoule-এ সঞ্চিত হয়। এই কারণেই শৈবাল জৈবসংশোধনে অন্যান্য উদ্ভিদের তুলনায় অনেক বেশী সক্ষম। এককোশী শৈবাল যেমন *Chlorella vulgain Nanochloropsis* oenlata, *Tetraselmis chui*-এর জৈবসংশোধনে প্রয়োগ অত্যন্ত উল্লেখযোগ্য। এছাড়া Diatom কোষের ও জৈবসংশোধনে সফল প্রয়োগ দেখা যায়। এদের সিলিকা (Silica) দ্বারা গঠিত কোষপ্রাকারে বিভিন্ন Functional group যেমন—COOH, $-NH_2$, –OH থাকে। এইসব Functional group ও ভারী ধাতুকে তার অতিক্ষতিকারক রূপ থেকে পরিবর্তিত করতে পারে। তাই Diatom ও জৈবসংশোধনে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা গ্রহণ করে। তাই প্রাকৃতিক জলাশয়ে, কলকারখানা থেকে নির্গত রাসায়নিক দ্বারা জলদূষণের নিয়ন্ত্রণের ক্ষেত্রে শৈবাল অতি গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে।

3.5 জৈবডিজেল (Biodiesel) ও Bioethanol

পৃথিবীতে প্রথাগত জ্বালানীর পরিমাণ ক্রমশ হ্রাসমান ও তাই বর্তমানে জৈবজ্বালানীর অপরিসীম গুরুত্ব। অধিকাংশ জৈবজ্বালানী ভুট্টা, আখ, গম ও অন্যান্য শস্য থেকে উৎপাদিত হয়ে থাকে। কিন্তু জৈবজ্বালানীর ক্ষেত্রে এইসব ফসলজাত শস্য ব্যবহারের ক্ষেত্রে শস্যের অপচয় একটি সংবেদনশীল দিক। জ্বালানীর জন্য ফসলজাত উৎপাদনে নষ্ট হলে এটি একটি খাদ্যসংকটের কারণ হতে পারে। এই অবস্থায় শৈবাল জৈবজ্বালানীর একটি উৎস হিসাবে গণ্য হচ্ছে। শৈবালের ক্ষেত্রে দুটি সুবিধা হল যে এটি শস্য না হওয়ায় ফসল নষ্ট হওয়ার কোন কারণ নেই। অপরপক্ষে শৈবাল যেহেতু খুব কম জায়গায় সহজেই উৎপাদন করা যায় তাই কৃষিজমি ও কৃষিকাজ ব্যবহার না করেও খুব সহজেই উৎপাদন করা সম্ভব।

অপরপক্ষে শৈবালের স্বাভাবিক বৃদ্ধির হার অন্যান্য ফসলজাত সবজির তুলনায় বেশী হওয়ায় তা খুব সহজেই উৎপাদন করা যায়। এছাড়া সাধারণ রাসায়নিক প্রক্রিয়ার মাধ্যমে ২০-৮০ শতাংশ অতিরিক্ত স্নেহপদার্থ উৎপাদন করে। সালোকসংশ্লেষ প্রক্রিয়ায় গৃহীত CO_2 গ্যাস সহজেই আত্তীকরণ হয়ে বিভিন্ন প্রকার শর্করা, প্রোটিন ও লিপিড (Lipid) তৈরি করে। তাই

যত বেশী পরিমাণ শৈবাল (প্রধানত এককোশী) তৈরি হবে তত বেশী এই জাতীয় জৈবমৌল তৈরি হবে। এইরকম কিছু শৈবাল হল *Botryococcus braunii* (সবুজ শৈবাল 25-75% লিপিড) *Chlorella* sp. (সবুজ শৈবাল 28-32% লিপিড) *Cylindrotheca* sp. (সায়ানো ব্যাকটিরিয়া 16-37% লিপিড) *Notzschia* sp. (45-47% লিপিড ডায়টেম) *Phacodactylum triconuturm* (20-30% লিপিড, ডায়াটম)। শৈবাল থেকে গড়ে প্রতি একর (acre) থেকে 6283-14641 গ্যালন অপরিশোধিত তেল উৎপন্ন হয় যা ভুট্টা (Corn 18 গ্যালন/একর), সোয়াবিন (48 গ্যালন/একর), নারকেল (287 গ্যালন/একর), পাম (636 গ্যালন/একর) থেকে অনেকাংশে বেশী।

এইসব শৈবালজাত লিপিড বা স্নেহপদার্থ দুটি পৃথক প্রক্রিয়ায় জৈবডিজেল (Biodiesel) ও জৈব ইথানল (Bio-ethanol)-এ পরিবর্তিত হয়। Biodiesel প্রধানত Fatty Acid Methyl Esters (FAMEs) দ্বারা গঠিত হয় যা যেকোন ডিজেল চালিত ইঞ্জিন-এ ব্যবহারযোগ্য। Biodiesel বর্তমান যুগে ব্যবহৃত প্রযুক্তির সাথে সামঞ্জস্যপূর্ণ এবং এদের ব্যবহারের ফলে Green House Gases-এর নির্গমন অনেক কম। কিন্তু এই Biodiesel প্রধানত উষ্ণ পরিবেশেই ব্যবহারযোগ্য।

Bioethanol প্রধানত Farmentation প্রক্রিয়ায় তৈরি হয়। জৈবশর্করা জাতীয় উপাদান যেমন স্টার্চ (Starch) ও সেলুলোজ (cellulose) ও কিছু বিশেষ প্রকার জটিল শর্করা (Polysaccharides) ইস্ট (Yeast)-এর উপস্থিতিতে Glycolysis প্রক্রিয়ায় আংশিক বিয়োজিত হয়ে সরল শর্করা ও ইথানল (Ethanol) তৈরি করে। কিছু এককোশী শৈবাল যেমন *Chamydomonas reinhardtii* (60%), *Chlorococcum humicola* (33%) এবং *Chlorella vulganis*-এ স্টার্চ-এর পরিমাণ যথেষ্ট বেশী থাকায় তাদের এই প্রক্রিয়ায় ব্যবহার করা হয়। শৈবালের সঞ্চিত খাদ্যের ওপর α-Amylase উৎসেচকের প্রভাবে ও পরে Amyloghecosidase দ্বারা সরল শর্করায় বিয়োজন

অজৈব খাদ্য + জল + CO_2 + সূর্যালোক

এককোশী শৈবাল-এর Culture → বৃদ্ধি

↓

শৈবাল সঞ্চয় ও সংগ্রহ

↓

শৈবাল কাঁচামাল ও তার প্রক্রিয়াকরণ
(জল নিষ্কাষণ, পরিশোধন ও শোকানো)

↓ ⟶ ↓

তৈল নিষ্কাশন   শর্করা ও স্টার্চ

↓

ফার্মেন্টেশন (Farmentation)

↓

Distillation

↓

বায়োইথানল (Bioethanol)

হয় (Saccarification)। এইসব সরলীকৃত শর্করা এরপর Farmentation প্রক্রিয়ায় আংশিক বিয়োজিত হয়ে Bioethanol তৈরি করে।

Bioethanol Production :

এটি একটি নতুন গবেষণার বিষয় যা বিগত কিছু বছরে দেখা যাচ্ছে। জীবাশ্মজাত জ্বালানীর পরিমাণ ক্রম হ্রাসমান। এরফলে এই জ্বালানীর পরিবর্তে জীবজগত জ্বালানী ব্যবহার করা যায় কিনা তা বর্তমানে গবেষণার একটি গুরুত্বপূর্ণ বিষয়। শ্যাওলা এখানে একটি বিশেষ স্থান পায় কারণ বহু শ্যাওলা সাধারণ অবস্থায় স্নেহপদার্থ তৈরি করতে সক্ষম (উদাহরণ : *Isochrysis, Botryococus, Dunaliella)* তবে যে কোন উদ্ভিদজাত জ্বালানী তৈরি করতে সেই উদ্ভিদটি বহুল পরিমাণে চাষ করা প্রয়োজন। শ্যাওলা, বিশেষত এককোশী শ্যাওলা অত্যন্ত অল্প পরিসরে বহু পরিমাণে চাষ করা যায় ফটোবায়োরিয়াকটর *(Photobioreactor)* নামক যন্ত্রে। তাছাড়া স্নেহপদার্থ নিষ্কাষণের যে পদ্ধতি তা খুবই সহজে শ্যাওলার ক্ষেত্রে প্রয়োগ করা যায় ও ট্রান্সইস্টারফিকেশন *(Transesterification)*-এর সাহায্যে জ্বালানীতে প্রয়োগ করা যায়। এইজন্যই বর্তমানে শ্যাওলার গুরুত্ব বায়োডিসেল (Bioethanol) তৈরির ক্ষেত্রে অপরিসীম।

3.6 ক্ষতিকারক ভূমিকা

a) পরিবেশ দূষক রূপে ঃ পুকুর, হ্রদ ইত্যাদি জলাশয়ে নাইট্রোজেন, পটাসিয়াম ও ফস্‌ফরাস ইত্যাদি ঘটিত যৌগিক পদার্থের উপস্থিতিতে বিভিন্ন শৈবালের দ্রুত বংশবৃদ্ধি ঘটে এবং জলের রং গাঢ় সবুজ বর্ণ, নীলাভ-সবুজ বা চায়ের রং ধারণ করে। অতিবৃদ্ধিপ্রাপ্ত এই শৈবালকে "ওয়াটার ব্লুম (water bloom)" বলা হয়। ওয়াটার ব্লুমযুক্ত জল স্নান করা ও গৃহস্থালির কাজে ব্যবহারের অযোগ্য হয়ে পড়ে। এইল জলকে পুনরায় ব্যবহারোপযোগী করতে প্রচুর অর্থের প্রয়োজন হয়।

ওয়াটার ব্লুম সৃষ্টিকারী শৈবালগুলি হল—*Microcystis* (মাইক্রোসিস্টিস্), *Oscillatoria* (অস্‌সিলেটোরিয়া), *Anabaena* (অ্যানাবিনা), *Gloeotrichia* (গ্লিয়োট্রিকিয়া), *Lyngbya* (লিংবিয়া) ইত্যাদি নীলাভ সবুজ শৈবাল; সিনেডেস্‌মাস *(Scenedesmus), Pediastrum* (পেডিঅ্যাস্ট্রাম), *Gonium* (গোনিয়াম), ক্লোরেল্লা, ইউগ্লিনা ইত্যাদি সবুজ শৈবাল সহ আরও বিভিন্ন প্রকার ফাইটোপ্ল্যাংটন।

Microcystis aeruginosa, (মাইক্রোসিস্টিস অ্যারিজিনোসা), *Anabaena flosaquae* (অ্যানাবিনা ফ্লসঅ্যাকুয়ী), *Gloetrichia* (গ্লিয়োট্রিকিয়া), *Aphanozimenon* (অ্যাফানোজিমেনন), *Lyngbya* (লিংবিয়া) ইত্যাদি প্রজাতি থেকে বিষাক্ত পদার্থ নির্গত হয়। ফলে ওই জল খেলে পাখী, গবাদিপশুর মৃত্যু পর্যন্ত ঘটে। এধরনের পুকুরে সাঁতার কাটলে মারাত্মক চুলকানি হয়ে থাকে। ডাইনোফ্লাজেলেট গোষ্ঠীর *Gonyaulax catanella* (গোনিআউল্যাক্স ক্যাটানেলা) মাছের পক্ষে ক্ষতিকারক নয় কিন্তু এই শৈবাল ভোজী মাছ খেলে মানুষ গুরুতর অসুস্থ হতে পারে। এমনকি মারাও যেতে পারে।

ওয়াটার ব্লুমের মৃত দেহ সবাত শ্বসনকারী ব্যাকটিরিয়া দ্বারা জারিত হওয়া কালীন প্রচুর পরিমাণ অক্সিজেন জল থেকে গ্রহণ করে। তাছাড়া শৈবালের নিজেদের শ্বসনের জন্য অক্সিজেনের প্রয়োজন হয়। ফলে জলে অক্সিজেনের পরিমাণ কমে যায় এবং মাছ ও অন্যান্য জলজ প্রাণীরা মারা যায়। এই জল মাছ চাষের অনুপযুক্ত হয়ে যায়।

b) পরজীবী শৈবাল (Parasitic algae) ঃ *Cephaleuros* (সেফালিউরোস্)-এর কতকগুলি প্রজাতি চা, গোলমরিচ ইত্যাদি অর্থকরী ফসলের "লোহিত-মরিচা (Red rust) রোগ সৃষ্টি করে এবং ফসলের ক্ষতিসাধন করে। *Cephaleuros virescence* (সেফালিউরস ভাইরিস্‌সেন্‌স) উত্তর পূর্ব ভারত ও আসামের চা বাগানে চায়ের লোহিত মরিচা রোগ সৃষ্টি করে এবং চা গাছের ব্যাপক ক্ষতি সাধন করে। এটি গোল মরিচ গাছেও এই রোগ সৃষ্টি করে। *Cephaleuros coffeae* (সেফালিউরস কাফিয়া) কফি গাছের ক্ষতি সাধন করে। *Cephaleuros parasitica* (সেফালিউরস প্যারাসাইটিকা) চা এবং আঙ্গুর গাছে কমলা মরিচা *(Orange rust)* রোগ সৃষ্টি করে এবং ব্যাপক ক্ষতি সাধন করে।

3.7 সারাংশ

খাদ্য শৃঙ্খল, পরিবেশ রক্ষা, পেট্রলিয়াম ও গ্যাস উৎপাদন, মানব ও পাশুখাদ্য জৈবসাররূপে ব্যবহার, বায়োরেমিডিয়েশন, বায়োডিজেল উৎপাদন ইত্যাদি হল শৈবালের উপকারী ব্যবহার। ব্যবহারিক জৈব যৌগ যা শৈবাল থেকে পাওয়া যায় তার মধ্যে ক্যারাজিনিন, অ্যালজিনেট ইত্যাদি উল্লেখযোগ্য, কিন্তু শৈবাল পরজীবী। অল্প কিছু শৈবাল উদ্ভিদরোগ সৃষ্টি করে।

3.8 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

1) খাদ্যশৃঙ্খলে শৈবাল কি ভূমিকা পালন করে?
2) পরিবেশ দূষণ রোধে শৈবালের একটি ভূমিকা উল্লেখ করুন।
3) পেট্রোলিয়াম ও গ্যাস উৎপাদনে শৈবালের ভূমিকা উল্লেখ করুন।
4) মানুষের খাদ্যরূপে ব্যবহৃত দুটি শৈবালের নাম করুন।
5) এস্কোফাইলাম, কন্ড্রাস, আলভা নামক শৈবালের গুরুত্ব কি?
6) পশুখাদ্যরূপে ব্যবহৃত দুটি বাদামী শৈবালের নাম করুন।
7) পটাশিয়াম ও ফস্‌ফরাসের জন্য জমিতে সাররূপে ব্যবহৃত হয় এরূপ দুটি সামুদ্রিক শৈবালের নাম করুন।
8) নাইট্রোজেন সার বৃদ্ধির জন্য জমিতে ব্যবহৃত চারটি নাইট্রোজেন সংবন্ধনকারী শৈবালের নাম করুন।
9) কেল্প কি?
10) চারটি কেল্পজাতীয় শৈবালের নাম লিখুন।
11) অ্যালজিনেট কি?
12) অ্যালগিনেট পাওয়া যায় এরূপ দুটি শৈবালের নাম করুন।
13) অ্যাগার-অ্যাগার কি? ইহার গুরুত্ব কি?
14) অ্যাগার-অ্যাগার পাওয়া যায় এরূপ দুটি শৈবালের নাম করুন।

15) শিল্পক্ষেত্রে জেলিডিয়াম ও কোন্ড্রাস নামক শৈবালের গুরুত্ব কি?

16) ক্যারাগিনিন কি? ইহা পাওয়া যায় এরূপ দুটি শৈবালের নাম করুন।

17) ক্যারাগিনিনের ব্যবহার সম্পর্কে উল্লেখ করুন।

18) ডায়াটোমাইট কি?

19) ডায়াটোমাইটের দুটি গুরুত্বপূর্ণ ব্যবহার সম্পর্কে উল্লেখ করুন।

20) ঔষধ প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয় এরূপ দুটি শৈবালের নাম করুন।

21) ক্লোরেল্লার গুরুত্ব কি?

22) ময়লা জল শোধনে ব্যবহৃত হয় এরূপ দুটি শৈবালের নাম করুন।

23) ওয়াটার ব্লুম কি?

24) ওয়াটার ব্লুম সৃষ্টিকারী দুটি শৈবালের নাম করুন।

25) একটি বিষাক্ত শৈবালের নাম করুন।

26) চা গাছে 'লোহিত-মরিচা' রোগ সৃষ্টিকারী পরজীবীর নাম করুন।

3.9 উত্তর সংকেত

অনুশীলনী - 1

1 – 5	:	3.1	a-c	
6 – 22	:	3.1	d-g	
23 – 26	:	3.4	ক্ষতিকারক ভূমিকা	a-b

একক 4 ❒ সায়ানোফাইটা (Cyanophyta)

গঠন

4.1 উদ্দেশ্য

4.2 প্রস্তাবনা

4.3 সায়ানোফাইসীর সাধারণ বিবরণ

4.3.1 বসতি

4.3.2 থ্যালাসের গঠন

4.3.3 সায়ানোফাইসী কোষের গঠন

অনুশীলনী - 1

4.4 জনন

4.5 হেটোরোসিস্ট ও তার ভূমিকা

4.6 নীলাভ সবুজ শৈবালকে সায়ানোব্যাকটিরিয়া বলার কারণ।

4.7 সবুজ সায়ানোব্যাকটিরিয়া

অনুশীলনী - 2

4.8 সারাংশ

4.9 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

4.10 উত্তরসংকেত

4.1 উদ্দেশ্য

এই এককটি পাঠ করে আপনি—

- সায়ানোফাইসী শ্রেণীর বা "নীলাভ-সবুজ" শৈবাল সম্পর্কিত কোষ বিদ্যা বিষয়ে ধারণা করতে পারবেন।
- জৈব বিবর্তনগতভাবে এরা যে গুরুত্বপূর্ণ স্থান দখল করে আছে, তা বুঝিয়ে দিতে পারবেন।
- এদের কোষের গঠন এবং জনন পদ্ধতি বর্ণনা করতে পারবেন।

4.2 প্রস্তাবনা

ফ্রিটসচ্ (Fritseh) এর শ্রেণীবিন্যাসে নীল হরিৎ শৈবালকে Myxophyceae নামক শ্রেণীতে রাখা হয়। যেহেতু কোষে ক্লোরোফিল থাকে এবং সালোকসংশ্লেষ প্রক্রিয়া Eukaryotic অ্যালগীর মতো তাই নীল হরিৎ শৈবালদের অন্যান্য

ইউক্যারিওটিক অ্যালগীর সাথেই শ্রেণীবিন্যাস করা হোত। পরবর্তীকালে ব্যাকটিরিয়ার সাথে এদের অনেক সাদৃশ্য পাওয়া যায় যেমন—

(ক) প্রোক্যারিওটিক (Prokaryotic) কোষ যেখানে যথাযথ নিউক্লিয়াস অনুপস্থিত।

(খ) নির্দিষ্ট ক্রোমোজোম (Chromosome) অনুপস্থিত। DNA সমষ্ঠি সুতোর ন্যায় হয়ে থাকে।

(গ) কোষ প্রাচীর Gram negative ব্যাকটিরিয়ার সাথে সমাঞ্জস্যপূর্ণ।

এই কারণে এদের বর্তমানে Kingdom-Eubacteria-র মধ্যে Cyanobacteria হিসেবে শ্রেণীবিন্যাস করা হয়।

4.3 সায়ানোফাইসীর সাধারণ বিবরণ

(মুখ্য বৈশিষ্ট্যগুলি শ্রেণীবিন্যাস এককে 2.3.4 অংশে আলোচনা করা হয়েছে।)

4.3.1 বসতি

মিক্সোফাইসী অর্থাৎ সায়ানোফাইসীর অন্তর্ভুক্ত শৈবাল অত্যন্ত প্রতিকুল পরিবেশে বসবাসে সক্ষম। এদেরকে পৃথিবীর উষ্ণমন্ডল, নাতিশীতোষ্ণ মন্ডল এমনকি মেরু অঞ্চলেও দেখতে পাওয়া যায়। *Nostoc commune* (নষ্টক কমিউন) নামক প্রজাতি সকল পরিবেশেই পাওয়া যায়। অধিকাংশ প্রজাতি স্বাদুজলে, যেমন—হ্রদ, পুকুর, ডোবা ও অন্যান্য যে কোন বদ্ধ জলাশয়ে দেখা যায়। অনেক প্রজাতি স্যাঁতস্যাতে মাটিতে জন্মায়। গাছের ছালে, ভিজে পাথরে, ভিজে রাস্তাঘাটে, বর্ষাকালে এদের প্রচুর পরিমানে দেখা যায়।

কিছু নীলাভ-সবুজ শৈবালকে 45^{o} - 100^{o} C পর্যন্ত উষ্ণ প্রস্রবনে পাওয়া যায়, যেমন—*Chrocococcus* (ক্রুকক্কাশ), *Oscillatoria terebriformis* (অস্‌সিল্যাটোরিয়া টেরিব্রিফরমিস), *Calothrix* (ক্যালোথ্রিক্স), *Scytonema* (সাইটোনেমা), *Microcytis* (মাইক্রোসিস্টিস), *Phormidium* (ফরমিডিয়াম) ইত্যাদি।

Phormidium (ফরমিডিয়াম) যেমন উষ্ণ প্রস্রবনে পাওয়া যায় তেমনি মেরু অঞ্চলের বরফেও পাওয়া যায়। বরফে অবস্থিত শৈবালকে ক্রায়োফাইটিক শৈবাল বলে।

সামুদ্রিক নীলাভ সবুজ শৈবালের কয়েকটি উদাহরণ নীচে দেওয়া হল—

Lyngbya majuscula (লিংবিয়া ম্যাজাসকুলা), *Microcoleus* (মাইক্রোকলিয়াস), *Phormidium* (ফরমিডিয়াম), *Dermocarpa* (ডারমোকারপা), *Trichodesmium* (টাইকোডেসমিয়াম), *Calothrix scopulorum* (ক্যালোথ্রিক্স স্কোপিউলোরাম) ইত্যাদি। মিথোজীবী রূপে লাইকেন (Lichen)-এ যে সকল নীলাভ সবুজ শৈবাল থাকে, এরা হল - *Nostoc* (নষ্টক), *Gloeocapsa* (গ্লিওক্যাপ্‌সা), *Scytonema* (সাইটোনিমা) ইত্যাদি। তাছাড়া অ্যান্থোসেরস নামক ব্রায়োফাইটায়, অ্যাজোলা নামক জলজ টেরিডোফাইটায় এবং সাইকাসের মূলে নষ্টক ও অ্যানাবিনা মিথোজীবীরূপে বাস করে। অ্যাজোলায় অবস্থিত অ্যানাবিনার একটি প্রজাতির নাম হল - Anabaena azollae (অ্যানাবিনা অ্যাজোলি)। সাইকাসের মূলে অবস্থিত প্রজাতি হল—A. cycadearum (অ্যানাবিনা সাইকাডিয়ারাম)।

ওয়াটার ব্লুম সৃষ্টিকারী নীলাভ সবুজ শৈবালগুলির মধ্যে, *Microcystis* (মাইক্রোসিস্টিস্), *Spirulina* (স্পাইরুলিনা), অস্‌সিল্যাটোরিয়া, লিংবিয়া, অ্যানাবিনা ইত্যাদি প্রধান।

কয়েকটি ফসিল নীলাভ সবুজ শৈবাল হল - *Gloeocapsomorpha* (গ্লিওক্যাপ্‌সোমরফা), *Girvanella* (গিরভানেল্লা), *Nostocites* (নস্টোসাইটিস) ইত্যাদি।

কিছু নীলাভ-সবুজ শৈবাল ভিন্ন ভিন্ন বর্ণের আলো দ্বারা দেহ রং-এর পরিবর্তন ঘটায়। এই প্রক্রিয়াকে **গাইডুকভ্‌ প্রক্রিয়া (Gaidukov phenomenon) বা বর্ণালী অভিযোজন (Chromatic adaptation)** বলে। অসসিল্যাটোরিয়ার কয়েকটি প্রজাতি লাল বর্ণের আলোকে সবুজ বর্ণ, হলুদ বর্ণের আলোকে নীলাভ-সবুজ বর্ণ এবং সবুজ বর্ণের আলোকে লাল বর্ণ ধারণ করে। বিজ্ঞানী Gandikar সর্বপ্রথম ওসসিলেটোরিয়া সেংক্টা (Oscillatoria sancta) ক্ষেত্রে এটি দেখেন।

4.3.2 থ্যালাসের গঠন

এককোষী, কলোনী প্রকৃতির ও সূত্রাকার ইত্যাদি প্রকারের হয়ে থাকে। এ প্রসঙ্গে উল্লেখযোগ্য যে এই শ্রেণীর উদ্ভিদের দেহকোষে, রেণু কোষে বা জনন কোষে সকল স্থানেই ফ্লাজেলা সম্পূর্ণ অনুপস্থিত। *Anacystis* (অ্যানাসিস্টিস্‌), Chroococcus (ক্রুকক্কাস), *Gloeocapsa* (গ্লিওক্যাপ্‌সা) ইত্যাদি এককোষী প্রকৃতির। কলোনী প্রকৃতির শৈবাল হল - *Microcystis* (মাইক্রোসিস্টিস), *Aphanocaapsa* (আফানোক্যাপ্‌সা), *Aphanothere* (অ্যাফানোথিকি), *Gloeothece* (গ্লিওথিকি) ইত্যাদি। নীলাভ সবুজ শৈবালের নগ্ন সূত্রাকার দেহকে ট্রাইকম (Trichome) বলে। মিউসিলেজের আবরণী দ্বারা আবৃত ট্রাইকমকে ফিলামেন্ট বলে। *Oscillatoria* (অস্‌সিল্যাটোরিয়া)-র দেহ শুধুমাত্র ট্রাইকম যুক্ত। *Lyngbya* (লিংবিয়া), নষ্টক মিউসিলেজ আবরণীযুক্ত একটি ট্রাইকম যুক্ত শৈবাল।

ফিলামেন্ট নকল শাখাযুক্ত হতে পারে, যেমন - *Scytonema* (সাইটোনিমা) অথবা প্রকৃত শাখাযুক্ত হতে পারে। যেমন—*Hapalosiphon* (হ্যাপালোসাইফন), *Stigonema* (স্টিগোনেমা) ইত্যাদি। কিছু নীলাভ-সবুজ শৈবাল হেটোরোট্রিকাস প্রকৃতির, যেমন - নষ্টোকপ্‌সিস্‌ *(Nostochopsis)*। নষ্টক, অ্যানাবিনা, *Cylindrospermum* (সিলিনড্রোস্পার্মাম) ইত্যাদি ফিলামেন্ট জাতীয় শৈবাল মিউসিলেজ পদার্থের মধ্যে কলোনীর ন্যায় অবস্থান করে। নীলাভ সবুজ শৈবালে বৈশিষ্ট্যপূর্ণ **অ্যাকাইনিট** ও **হেটোরোসিস্ট** দেখা যায়। 4.1 চিত্রে বিভিন্ন প্রকার নীল সবুজ শৈবাল দেখান হল।

কোষ প্রকার ঃ বর্তমানে সায়ানোব্যাকটিরিয়া কে ব্যাকটিরিয়ার অন্তর্গত হিসাবে ধরা হয়। সেই অনুযায়ী সায়ানোব্যাকটিরিয়া খ্রিস্টান ভায়োলেট (Crystal violet) বা গ্রাম স্টেন (Grans Stain) দ্বারা রঞ্জিত হয় না ও তাই এই কোষপ্রাকারকে Gram negative কোষ প্রাকার বলা হয়। অর্থাৎ ব্যাকটিরিয়া কোশের ন্যায় সায়ানোব্যাকটিরিয়া লিপোপলি স্যাকারাইড ও পেপটাইডোস্লাইক্যান স্তর দ্বারা গঠিত। এখানে পেপটাইডোগ্লাইক্যান স্তরটি অনুন্নত ও তাই Gram Stain ধরে রাখতে পারে না। সেই কারণেই সায়ানোব্যাকটিরিয়াকে Gram negative বলা হয়।

পেপটাইডোগ্লাইক্যান স্তরটি পর্যায়ক্রমে N-অ্যাসিটাইল গ্লুকোজ অ্যামিন (NAGA) আর N-অ্যাসিটাইল মিউরামিক অ্যাসিড (N-Acetyl Muramic pentapeptide bridge দিয়ে সংযুক্ত।

4.3.3 সায়ানোফাইসী কোষের গঠন (চিত্র 4.2 a,b,c)

সায়ানোফাইসী-কোষ প্রধানতঃ দুটি অংশ নিয়ে গঠিত, যথা

(i) **সীদ্‌ ও কোষপ্রাকার (Sheath and Cell wall)**

(ii) **প্রোটোপ্লাস্ট**

(i) **সীদ্ঃ** সায়ানোফাইসীর কিছু শৈবাল ব্যতীত (যেমন অস্‌সিল্যাটোরিয়া) বাকী সব শৈবালের কোষপ্রাকারের বাইরে একটি পিচ্ছিল আবরণী থাকে, একে **সীদ্** বলে।

সীদ্ ও পিচ্ছিল (mucilage) পদার্থ প্রধানত (muco-**polysaccharides***)* নিয়ে গঠিত (Dunn and Wolk, 1970)। ইহা শৈবালকে শুষ্কতার হাত থেকে রক্ষা করে এবং অনেক ক্ষেত্রে গ্লাইডিং চলনে সাহায্য করে।

কোষ প্রাকার ঃ ইলেকট্রন মাইক্রোস্কোপ (Electron Microscope) চিত্র অনুযায়ী সায়ানোব্যাকটিরিয়া কোষপ্রাকার 4টি স্তর দ্বারা গঠিত। এর মধ্যে L_{II} ও L_{IV} স্তর দুটি যথাক্রমে হল পেপটাইডোগ্লাইকান (Peptidoglycan) ও লিপোপলিস্যাকারাইড (Lipopolysaccharide) স্তর। L_{I} হল L_{II} ও কোশপর্দার মধ্যে অবস্থিত ইলেকট্রন (Electron) স্বচ্ছ (Transparent) স্তর। L_{II} ও L_{IV} এর মধ্যে অবস্থিত স্তরটিকে L_{IV} বলা হয়। Gram negative ব্যাকটিরিয়ার মতো S-lays এর উপস্থিতি L_{IV} স্তরটির পরে দেখা যায়। কিছুক্ষেত্রে S-lays এর বাইরে গ্লাইকোপ্রোটিন (Glycoprotein) দ্বারা গঠিত মাইক্রোফাইব্রিল (Microfibril) এর উপস্থিতি ও দেখা গেছে।

কোষপ্রাকারের পার্শ্বীয় ও অনুপ্রস্থ উভয়দিকেই ছিদ্রযুক্ত (13μm– 20μm ব্যাসযুক্ত), এগুলি **প্লাস্‌মোডেস্‌মাটার** সমগোত্রীয়।

প্রোটোপ্লাস্ট ঃ

(a) কোষপর্দা - কোষপর্দা লিপ্রোটিন দ্বারা গঠিত সজীব পর্দা।

(b) প্রোটোপ্লাজম - প্রধানতঃ দুটি অংশে বিভক্ত, যথা -

(i) সেন্ট্রোপ্লাজম - (Centroplasm)

(ii) ক্রোমোপ্লাজম - (Chromoplasm)

(i) সেন্ট্রোপ্লাজম ঃ ইহা প্রোটোপ্লাজমের কেন্দ্রীয় অঞ্চল, যাহা স্বচ্ছ প্রকৃতির। এই অঞ্চল জুড়ে বৃত্তাকার ডি.এন.এ (DNA), তন্তুর আকারে বিন্যস্ত থাকে। ডি.এন.এ (DNA) কখনও হিস্টোন প্রোটিন দ্বারা যুক্ত নয়। ঘনসন্নিবেশিত নিউক্লীয় পর্দাবিহীন এই ডি.এন.এ বস্তুকে **নিউক্লিয়য়েড (Nucleoid) বা সেন্ট্রাল বডি (Central body)** বলা হয়।

ক্রোমোপ্লাজম-ইহা বাইরের দিকের প্রোটোপ্লাজমীয় অঞ্চল। আলোক অণুবীক্ষণ যন্ত্রে এই অংশকে ঘন রঙীন দেখায়। এই অঞ্চলে থাইলাকয়েড প্রচুর পরিমানে বিন্যস্ত থাকে। থাইলাকয়েডগুলি কোষপর্দার সাথে সমান্তরাল ভাবে বিন্যস্ত থাকে। এগুলি স্তরীভূত অবস্থায় থাকে না পরিবর্তে একক ভাবে এবং সমদূরত্বে অবস্থান করে [কিছু কিছু প্রজাতিতে স্তরীভূত থাইলাকয়েড সাইটোপ্লাজমে উন্মুক্ত অবস্থায় দেখা যায়, এদেরকে বর্তমানে **প্রোক্লোরোফাইটা (Prochlorophyta)-**র অন্তর্ভুক্ত করা হয়েছে, উদাহরণ *Prochloron* (প্রোক্লোরোন) নামক শৈবাল]। থাইলাকয়েডের মধ্যে ক্লোরোফিল-এ ও ক্যারোটিনয়েড রঞ্জকগুলি অবস্থান করে। থাইলাকয়েডের বহির্গাত্রে **ফাইকোবিলিজোম (Phycobilisome)** নামক প্রোটিন দানা যুক্ত থাকে। এই দানা প্রকৃতপক্ষে **ফাইকোবিলিপ্রোটিন (Phycobiliprotein)** জাতীয় রঞ্জকের সমষ্টি। **সি-ফাইকোসায়ানিন, সি-ফাইকোএরিথ্রিন** ও **অ্যালোফাইকোসায়ানিন** এই তিনটি রঞ্জক ফাইকো বিলিজোমে অবস্থান করে যাদেরকে একত্রে **ফাইকোবিলিপ্রোটিন** বলে।

এগুলি ব্যতীত সমগ্র প্রোটোপ্লাজমে রাইবোজোম, গ্যাস ভ্যাকুওল ও সঞ্চিত বস্তু ইত্যাদি দেখা যায়।

রাইবোজোম - ইহা 70S প্রকৃতির এবং সমগ্র সাইটোপ্লাজমে বিস্তৃত থাকে তবে সেন্ট্রোপ্লাজম অংশে বেশী থাকে।

গ্যাস ভ্যাকুওল - এগুলি একাধিক ফাঁপা বেলনাকার গহ্বর পরস্পর যুক্ত হয়ে গঠিত হয়। গহ্বরগুলি পর্দাদ্বারা আবৃত কিন্তু শুধুমাত্র প্রোটিন দ্বারা গঠিত (এক্ষেত্রে লিপোপ্রোটিন নয়)। এগুলি গ্যাসে পূর্ণ থাকে যা উদ্ভিদকে জলে

ভাসতে সাহায্য করে। এ প্রসঙ্গে উল্লেখযোগ্য যে গ্যাস গহ্বরের পর্দার ভেতর দিয়ে শুধুমাত্র গ্যাসের ব্যাপন ঘটে, জল প্রবেশ করতে পারে না।

গ্যাস ভ্যাকুওল এগুলি ... করতে পারে না। রাতের শেষে ও দিনের শুরুতে গ্যাস ভ্যাকুওল এর সংখ্যা বৃদ্ধি পায় যার ফলে ক্ষেত্রফল ঃ আয়তনের অনুপাত বেড়ে যায় যার ফলে সায়ানোব্যাকটিরিয়া কোশগুলি ভাসমান হয়।

সঞ্চিত বস্তু সমূহ

(i) সায়ানোফাইসিয়ান স্টার্চ (Cyanophycean starch) ঃ এদেরকে পলিগ্লুকোন দানা বা আলফা দানাও (α-granules) বলা হয়। থাইলাকয়েডের ফাঁকে ফাঁকে এগুলি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র দানা রূপে (30nm × 65nm) অবস্থান করে, যাদেরকে আলোক অণুবীক্ষণ যন্ত্রে দেখা যায় না।

(ii) সায়ানোফাইসিন দানা (Cyanophycin granules) - এগুলি প্রকৃতপক্ষে nitrogen reserve যাদের আলোক অণুবীক্ষণ যন্ত্রে দেখা যায়।

(iii) পলিহেড্রাল বডিস্ বা কার্বক্সিজোম (Polyhedral bodies or Carboxysomes) 200 - 300 মাইক্রন ব্যাস যুক্ত দানা। এগুলি রাইবুলোজ - 1,5 বিস্‌ফস্‌ফেট - কার্বোক্সিলেজ - অক্সিজিনেজ (Ribulose - 1,5 bisphosphate - Carboxylase - Oxygenase = RubisCO) উৎসেচকের সমষ্টি যাহা সালোকসংশ্লেষকালে কার্বন-ডাই-অক্সাইড স্থীতিকরণে (Fixation) সাহায্য করে। এছাড়াও এখানে carbonic anhydrase উৎসেচক থাকে যা HCO_3 কে CO_2 এ ভেঙ্গে দেয়।

(iv) পলিফস্‌ফেট দানা বা ভলিউটিন দানা (Polyphosphate granules or Volutin granules) - এগুলি গোলাকৃতির এবং ফস্‌ফেট ধারণ করে। একে **মেটাক্রোমাটিক বডি (metachromatic body)** ও বলে।

GIbN (12KDa মেনোমার হিমোগ্লোবিন) এর O_2 র প্রতি আসক্তি থাকায় সহজেই তার সাথে যুক্ত হয়। এটি নস্টক কমিউন *(Nostoc commune)* এর ক্ষেত্রে দেখা যায়। যে জিনটি এই প্রোটিনটি সংশ্লেষ করে তা nif ওপেরন (Operon) এর nif V এবং nif H এর মধ্যে অবস্থান করে।

4.2 চিত্রে সায়ানোফাইসিয়ান কোষের আলট্রা গঠনের বিবরণ দেওয়া হল।

অনুশীলনী - 1

(1) *Nostoc Commune* প্রজাতিটির একটি বিশেষ ক্ষমতা কি?
(2) উষ্ণ প্রস্রবনে পাওয়া যায় এরূপ দুটি নীলাভ সবুজ শৈবালের নাম করুন।
(3) *Phormidium* নামক নীলাভ সবুজ শৈবালের অসাধারণ ক্ষমতা কি?
(4) চারটি নীলাভ সবুজ শৈবালের নাম করুন। যাদের সমুদ্রে পাওয়া যায়।
(5) মিথোজীবীরূপে পাওয়া যায় এরূপ চারটি নীলাভ সবুজ শৈবালের নাম করুন।
(6) লাইকেন - এ কি প্রকার নীলাভ সবুজ শৈবাল থাকে?
(7) *Anabaena*-র কোন প্রজাতিটি অ্যাজোলা নামক উদ্ভিদে বাস করে?
(8) ওয়াটার ব্লুম সৃষ্টিকারী দুটি নীলাভ-সবুজ শৈবালের নাম করুন। গাইডুকভ প্রক্রিয়া কি?
(9) দুটি ফসিল নীলাভ-সবুজ শৈবালের নাম করুন।
(10) দুটি এককোষী নীলাভ-সবুজ শৈবালের নাম করুন।

(11) কলোনী সৃষ্টিকারী দুটি নীলাভ-সবুজ শৈবালের নাম করুন।
(12) ট্রাইকম বলতে কি বোঝেন?
(13) নীলাভ-সবুজ শৈবালে ফিলামেন্ট কাকে বলে?
(14) নকল শাখাযুক্ত একটি নীলাভ-সবুজ শৈবালের নাম করুন।
(15) প্রকৃত শাখাযুক্ত একটি নীলাভ-সবুজ শৈবালের নাম করুন।
(16) হেটারোট্রিকাস প্রকৃতির একটি নীলাভ-সবুজ শৈবালের নাম করুন।
(17) একাধিক ট্রাইকম মিউসিলেজিনাস আবরণীর মধে গুচ্ছাকারে অবস্থান করে এরূপ একটি নীলাভ-সবুজ শৈবালের নাম করুন।
(18) ট্রাইকমের বাইরে আবৃত মিউসিলেজিনাস সীদ্ - এর রাসায়নিক প্রকৃতি কি? ইহার কাজ কি?
(19) নীলাভ-সবুজ শৈবালের কোষপ্রাকার কয়টি স্তর দ্বারা গঠিত? এদের রাসায়নিক প্রকৃতি কি?
(20) সায়ানোফাইসী কোষের প্রোটোপ্লাজমের প্রধান দুটি অংশ কি কি?
(21) নিউক্লিয়য়েড বা সেন্ট্রাল বডি কাকে বলে?
(22) সায়ানোফাইসী কোষে থাইলাকয়েডগুলি কি ভাবে বিন্যস্ত থাকে?
(23) ফাইকোবিলিজোম কি?
(24) সায়ানোফাইসী - কোষে রাইবোজোমের প্রকৃতি কি?
(25) গ্যাস গহ্বরের বৈশিষ্ট্য ও কার্য উল্লেখ করুন।

4.4 জনন

সায়ানোফাইসীর অন্তর্গত সকল শৈবালই অঙ্গজ ও অযৌন জনন প্রক্রিয়ায় বংশ বিস্তার করে।

অঙ্গজ জনন - প্রধানতঃ কোষ বিভাজন (fission), খন্ডিভবন (fragmentation) এবং হরমোগোন (Hormogone) দ্বারা এইপ্রকার জনন সংঘটিত হয় (শৈবালের জনন অধ্যায়ে এ প্রসঙ্গে আলোচনা করা হয়েছে)।

অযৌন জনন - বিভিন্ন প্রকার অযৌন রেণু অর্থাৎমাইটোস্পোর (mitospore) সৃষ্টির মাধ্যমে এই প্রকার জনন সম্পন্ন হয়। বিভিন্ন প্রকার অযৌন রেণুগুলি হল - **এন্ডোস্পোর, এক্সোস্পোর, ন্যান্নোসাইটস, অ্যাকিনিট, হরমোস্পোর** ইত্যাদি (এ প্রসঙ্গে শৈবালের অযৌন জনন অংশে আলোচনা করা হয়েছে)।

যৌন জনন - নীলাভ সবুজ শৈবালে যৌন জনন অনুপস্থিত। তবে বর্তমানে সিনিকোকক্কাস *(Synechococcus)* নামক শৈবালে ব্যাকটিরিয়ার ন্যায় জেনেটিক্ রিকমবিনেশন (genetic recombination) হয় বলে মনে করা হচ্ছে।

Cyanobacterial Genetic Recombination সায়ানোব্যাকটিরিয়ায় জিনগত পুনঃসংস্থাপন ঃ

সায়ানোব্যাকটিরিয়া যৌন জননে অক্ষম। যদিও এদের ক্ষেত্রে কোন সুনির্দিষ্ট যৌন জনন কোশ বা অঙ্গ সৃষ্টি হয় না, জিনগত পুনঃসংস্থাপন এর কিছু উদাহরণ জানা যায়।

বেনারস হিন্দু বিশ্ববিদ্যালয় (BHU)-এর অধ্যাপক এইচ. ডি. কুমার প্রথম ***Anacystis nidulans*** (**অ্যানাসিস্টিস নিডুল্যান্স**) এর জিনগত পুনঃসংস্থাপন প্রমাণ করেন যাকে **প্যারাসেক্সচুয়াল চক্র** (Parasexual cycle) ও বলা হয়।

দুটি **অ্যানাসিস্টিস নিডুল্যান্স** (*A. nidulans*) প্রজাতির (Strain) এর মধ্যে পুনঃসংস্থাপন করা হয় যেখানে একটি প্রজাতি স্ট্রেপ্টোমাইসিন (Streptomycin) প্রতিহত করে ও পলিমিক্সিন B (Polymixin B) থেকে সংবেদনশীল।

$$\frac{A.nidulans}{(Str^r Pmb^s)} \times \frac{A.nidulans}{(\mathrm{Str^s Pmb^r})}$$
$$\downarrow$$

A. nidulans ($\mathrm{Str^s\ Pmb^r}$)

অপরপক্ষে দ্বিতীয় প্রজাতিটি স্ট্রেপ্টোমাইসিন প্রতিহত করে ও পলিমিক্সিন-বি থেকে সংবেদনশীল।

এই দুটি প্রজাতির সংকরায়ন-এর ফলে উৎপন্ন অপত্য কোশটি স্ট্রেপ্টোমাইসিন (Streptomycin) ও পলিমিক্সিন-বি (Polymixian-B) উভয়কেই প্রতিহত করে।

এর থেকে প্রমাণিত হয় যে যদিও দুটি কোশের ক্ষেত্রে কোন জনন কোশ সৃষ্টি হয় না, জিনগত পুনঃসংস্থাপন দেখা যায় যেখানে অপত্য সংকর কোশটি উভয় মাতৃকোষ এর জিনগত বৈশিষ্ট্য বহন করে। এর থেকে প্রমাণিত হয় যে নির্দিষ্ট সায়ানোব্যাকটিরিয়া ক্ষেত্রে জিনগত পুনঃসংস্থাপন উপস্থিত।

4.5 হেটারোসিস্ট (চিত্র - 4.3 a,b) ও তার ভূমিকা (Heterocyst and its role)

হেটারোসিস্ট - নীলাভ-সবুজ শৈবালে অবস্থিত পুরু প্রাকার বিশিষ্ট, পোলার নডিউলস্ (polar nodules) যুক্ত, স্বচ্ছ এবং অঙ্গজ কোষ থেকে স্বতন্ত্র, নাইট্রোজেন সংবন্ধনের (nitrogen fixation) জন্য দায়ী বিশেষ ধরনের কোষকে হেটারোসিস্ট বলে।

হেটারোসিস্ট-এর প্রোটোপ্লাজম স্বচ্ছ, ঈষৎ হলুদাভ। দানাদার সঞ্চিত বস্তু এবং গহ্বর অনুপস্থিত। থাইলাকয়েড ভগ্ন অবস্থায় থাকে। ক্যারোটিনয়েড রঞ্জক (ক্যারোটিন ও জ্যান্থোফিল) ব্যতীত অন্যান্য রঞ্জক নষ্ট হয়ে যায়। প্রান্তীয় হেটারোসিস্টের ক্ষেত্রে অঙ্গজ কোষ সংলগ্ন প্রান্তে একটি পোলার নডিউল এবং নিবেশিত (intercalary) হেটারোসিস্টে উভয় প্রান্তেই পোলার নডিউল বর্তমান। প্রতিটি পোলার নডিউল একাধিক সূক্ষ্ম নালী দ্বারা পার্শ্ববর্তী অঙ্গজ কোষের সাথে যুক্ত। *Nostoc* (নস্টক), *Anabaena* (অ্যানাবিনা), *Gloeotrichia* (গ্লিওট্রিকিয়া) সহ অনেক নীলাভ-সবুজ শৈবালে হেটারোসিস্ট দেখা যায়।

হেটারোসিস্টের ভূমিকা - হেটারোসিস্ট বায়ুমন্ডলের নাইট্রোজেনের সংবন্ধন ঘটায়। পুরু প্রাকার দ্বারা আবৃত থাকার ফলে হেটারোসিস্টের অভ্যন্তরে অক্সিজেন প্রবেশ করতে পারে না, ফলে অক্সিজেন মুক্ত পরিবেশ গড়ে উঠে এবং নাইট্রোজেনাস উৎসেচকগুলিকে ক্রিয়া করতে সাহায্য করে। নাইট্রোজেনাস উৎসেচক যাহা মুক্ত নাইট্রোজেনকে অ্যামোনিয়ায় পরিণত করে সেগুলি অক্সিজেনের উপস্থিতিতে বিষাক্ত হয়ে ওঠে। অর্থাৎ অক্সিজেনের উপস্থিতিতে নাইট্রোজিনেজ উৎসেচকটি বিনষ্ট হয়ে যায়। নাইট্রেজিনেজ উৎসেচককে রক্ষা করার জন্য হেটেরোসিস্ট এ কিছু অভিযোজন গত পরিবর্তন হয় যেমন ঃ

1. ত্রিস্তরীয় কোষ প্রাকার তৈরি হয় যথাক্রমে ঃ

(a) বহিস্থ ফাইব্রাস স্তর (Outer Fibrous Layer)

(b) মধ্যস্থ ল্যামিনেটেড স্তর (Middle Laminated Layer)

(c) অন্তস্থ হোমোজিনাস স্তর (Inner Homogenous Layer)

এই অক্সিজেন শোষণ এ সক্ষম। যেহেতু এই স্তরটি হেটেরোসিস্ট এ উপস্থিত তাই বায়বীয় অক্সিজেন নাইট্রোজিনেজকে বিনষ্ট করতে পারবে না ও মুক্ত নাইট্রোজেন সংবদ্ধ হবে।

(ii) হেটেরোসিস্ট এ সোয়ানোগ্লোবিন নামক প্রোটিন পদার্থ ধাত্রে উপস্থিত থাকে। এই প্রোটিনটি ও অক্সিজেন সংবদ্ধ করতে সক্ষম। এর ফলে হেটেরোসিস্ট এ অঙ্গজ কোশের তুলনায় অক্সিজেন এর মাত্রা অনেকাংশে কম থাকে। এর জন্যই নাইট্রোজিনেজ উৎসেচকটি বিনষ্ট হয়না ও নাইট্রোজেন সংবদ্ধ হতে পারে।

হেটেরোসিস্ট এ নাইট্রোজেন সংবদ্ধ হওয়ার সমীকরণ ঃ

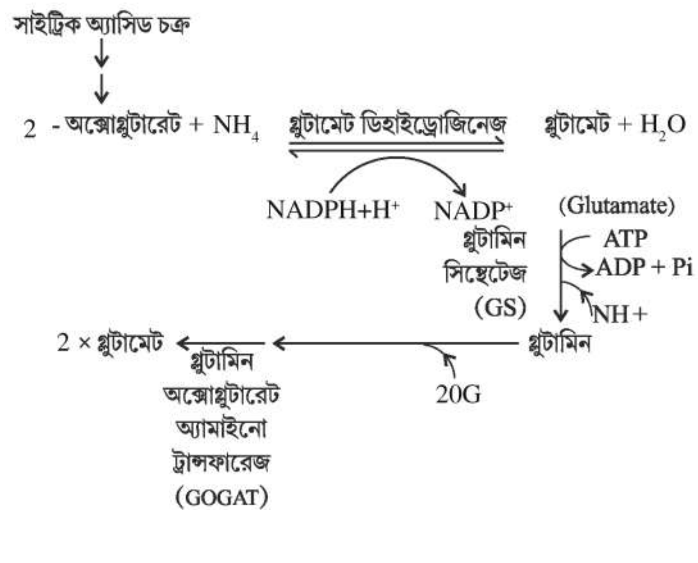
$$N_2 + 12H^+ + 16ATP \xrightarrow[\substack{(-O_2) \\ (+)\ \text{সায়ানোগ্লোবিন}}]{\text{নাইট্রোজিনেজ}} 2NH_4^+ + 2H_2 \uparrow + 16ATP + 16Pi$$

$$2H_2 \underset{\text{হাইড্রোজিনেজ}}{\rightleftharpoons} 2H^+ + 2e^-$$

বায়বীয় N_2 সংবন্ধন ও GS–GOGAT পদ্ধতি (N_2 fixation and GS–GOGAT pathway)

বায়বীয় N_2 নাইট্রোজিনেজ উৎসেচক-এর উপস্থিতিতে অ্যামেনিয়াম সৃষ্টি করে। সায়ানোব্যাকটিরিয়ার ক্ষেত্রে সাইট্রিক অ্যাসিড চক্রটি অসম্পূর্ণ, যার ফলে 2– অক্সোগ্লুটারেট (2–oxoglutarate) অঙ্গজ কোষে সঞ্চিত হতে থাকে। এই অতিরিক্ত 2 অক্সোগ্লুটারেট (2OG) হেটেরোসিস্ট এর পোলার নোডিউল (polar nodule) এর মাধ্যমে হেটেরোসিস্ট এ প্রবেশ করে। এই 2OG অ্যামোনিয়াম এর সাথে যুক্ত হয়ে গ্লুটামেট (Glutamate) অ্যামাইনো অ্যাসিড তৈরি হয়। পরবর্তী সময়ে দ্বিতীয় অ্যামোনিয়াম অনুটি সংযুক্ত হয়ে অপর অ্যামাইনো অ্যাসিড গ্লুটামিন (Glutamine) সৃষ্টি করে। এই গ্লুটামিন সায়ানোব্যাকটিরিয়ায় সঞ্চিত হয়।

তবে হেটোরোসিস্টের অভ্যন্তরে যে সামান্য পরিমান অক্সিজেন প্রবেশ করে তা হেটোরোসিস্ট কোষের নিজস্ব শ্বসনে ব্যবহৃত হয়। হেটোরোসিস্টসহ সায়ানোফাইসির সকল কোষে রঞ্জক পদ্ধতি II (PSII)-এর সাথে যুক্ত ক্লোরোফিল-এ - 670 থাকে না। ফলে সালোকসংশ্লেষেও অক্সিজেন উৎপন্ন হয় না। নাইট্রোজেন সংবন্ধনের ফলে উৎপন্ন প্রোটিন সায়ানোফাইসিন দানা রূপে অবস্থান করে যাহা পোলার নডিউলের ছিদ্রপথে পার্শ্ববর্তী কোষে প্রবেশ করে।



4.6 নীলাভ-সবুজ শৈবালকে সায়ানো-ব্যাকটিরিয়া (Cyanobacteria) বলার কারণ

নীলাভ-সবুজ শৈবাল ও ব্যাকটিরিয়া উভয়ের মধ্যেই নিম্নলিখিত বৈশিষ্ট্যগুলি বর্তমান ঃ

(i) উভয়েই প্রোক্যারিওটিক জীব।

(ii) উভয় ক্ষেত্রেই সুগঠিত নিউক্লিয়াস নেই অর্থাৎ DNA বস্তু নিউক্লীয় পর্দাদ্বারা আবৃত নয়, পরিবর্তে সাইটোপ্লাজমে উন্মুক্ত থাকে।

(iii) উভয় ক্ষেত্রেই ক্লোরোপ্লাস্ট অনুপস্থিত এবং থাইলাকয়েড সাইটোপ্লাজমে উন্মুক্ত অবস্থায় থাকে।

(iv) যৌন জনন অনুপস্থিত তবে উভয়ক্ষেত্রেই জেনেটিক রিকমবিনেশন (genetic recombination) সংঘটিত হয়।

(v) উভয় ক্ষেত্রেই কোষপ্রাকার পেপটিডোগ্লাইক্যান জাতীয় পদার্থ দ্বারা গঠিত।

(vi) উভয় ক্ষেত্রেই কোষপ্রাকারের বাইরে পিচ্ছিল আবরণী অবস্থিত।

(vii) উভয় জাতীয় জীবের মধ্যে কিছু প্রজাতি নাইট্রোজেন সংবন্ধনে সক্ষম।

(viii) ব্যাকটিরিয়া ও নীলাভ-সবুজ শৈবাল উভয় ক্ষেত্রেই দ্বি-বিভাজন প্রক্রিয়ায় বংশবিস্তার দেখা যায়।

(ix) সালফারযুক্ত পরিবেশে উভয়ে জন্মাতে সক্ষম।

উপরিউক্ত কারণগুলি বিবেচনা করে বর্তমান নীলাভ-সবুজ শৈবালকে সায়ানোব্যাকটিরিয়া বলা হয়।

Evolutionary Status of *Prochloron* : (প্রোক্লোরোন এর বিবর্তনগত স্থান) সবুজ সায়ানোব্যাকটিরিয়া ঃ

প্লাসটিড (ক্লোরোপ্লাস্ট) বিবর্তনের ক্ষেত্রে অন্তঃমিথোঁজীবী (Endosymbiodic Hypothesis) মতবাদ গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা গ্রহণ করেছে। এই মতবাদ অনুযায় প্লাসটিড সৃষ্টি একটি জটিল প্রক্রিয়া। প্রোক্লোরোন *(Prochloron)* নামক ব্যাকটিরিয়ায় আলোক সংগ্রাহী সকল প্রকার রঞ্জক উপস্থিত যার ক্লোরোপ্লাস্ট এ দেখা যায়। এই রঞ্জক পদার্থগুলি প্রধানত ক্লোরোফিল a ও b (Chlorophyll a & b)। যেহেতু সকল সবুজ শৈবাল Chlorophyll b সংশ্লেষে সক্ষম বিবর্তনগত ভাবে তাদের পূর্বপুরুষের ক্ষেত্রেও Chlorophyll b উপস্থিতি অনিবার্য। অতএব, অন্তঃমিথোঁজীবী মতবাদ অনুযায়ী সবুজ শৈবালের পূর্বপুরুষের ক্ষেত্রে প্রোক্লোরোন *(Prochloron)* নামক ব্যাকটিরিয়া মিথোজীবী রূপে অবস্থান করে যা পরবর্তীকালে শৈবাল কোষে অবস্থান করে সালোকসংশ্লেষ এ সক্ষম ক্লোরোপ্লাস্ট সৃষ্টি করে। যেহেতু প্রোক্লোরোন *(Prochloron)* কোষে Chl a ও Chl b উপস্থিত ছিল সেহেতু সবুজ শৈবালের কোষেও Chl a ও Chl b উপস্থিত। এই মতবাদ অনুযায়ী ক্লোরোপ্লাস্ট এর দুটি পর্দার মধ্যে বহিঃস্থ স্তরটি পোষক কোশের ভ্যাকুউল (Vacoule) এর পর্দা (Membrane) এবং অন্তঃস্থ পর্দাটি হল **প্রোক্লোরোন** জাতীয় সালোকসংশ্লেষে সক্ষম ব্যাকটিরিয়ার কোশ পর্দা।

প্রোক্লোরোন *(Prochloron)* এর আলোক সংগ্রাহী রঞ্জক এর গঠন সবুজ শৈবাল ও সায়ানোব্যাকটিরিয়া উভয়ের সাথেই সামঞ্জস্যপূর্ণ। অন্তঃমিথোজীবি মতবাদ অনুযায়ী *Prochloron* কে বর্তমান যুগে ইউক্যারিওটিক কোশের ক্লোরোপ্লাস্ট এর বিবর্তন গত পূর্বপুরুষরূপে ধরা হয়।

কিন্তু বর্তমানে উন্নত Molecular Biology and sequence homology বায়োইনফোর্মেটিক্স (Bioinformatics) সাহায্যে দেখা যাচ্ছে যে যদিও *Prochloron* ক্লোরোফিল যুক্ত কোশ, DNA Sequence অনুযায়ী তা সায়ানোব্যাকটিরিয়ার সাথেই অধিক সামঞ্জস্যপূর্ণ, শৈবালের সাথে নয়। তাই প্রোক্লোরোন *(Prochloron)* বর্তমানে শৈবাল হিসাবে গৃহীত নয়। একে Unicellular cyanobacteria র সাথে Order Chroococeales এ রাখা হয়েছে।

4.7 সবুজ সায়ানোব্যাকটিরিয়া

অনুশীলনী - 2

(1) কোন্ প্রকার শৈবালে যৌন জনন অনুপস্থিত?

(2) নীলাভ-সবুজ শৈবালে কি প্রকার জনন দেখা যায়?

(3) নীলাভ-সবুজ শৈবালে বিভিন্ন প্রকার অযৌন রেণুর নাম করুন।

(4) হেটারোসিস্ট কি?

(5) হেটারোসিস্ট কোষের প্রকৃতি কি?

(6) হেটারোসিস্টের কাজ কি?

(7) হেটারোসিস্ট পাওয়া যায় এরূপ দুটি নীলাভ-সবুজ শৈবালের নাম করুন।

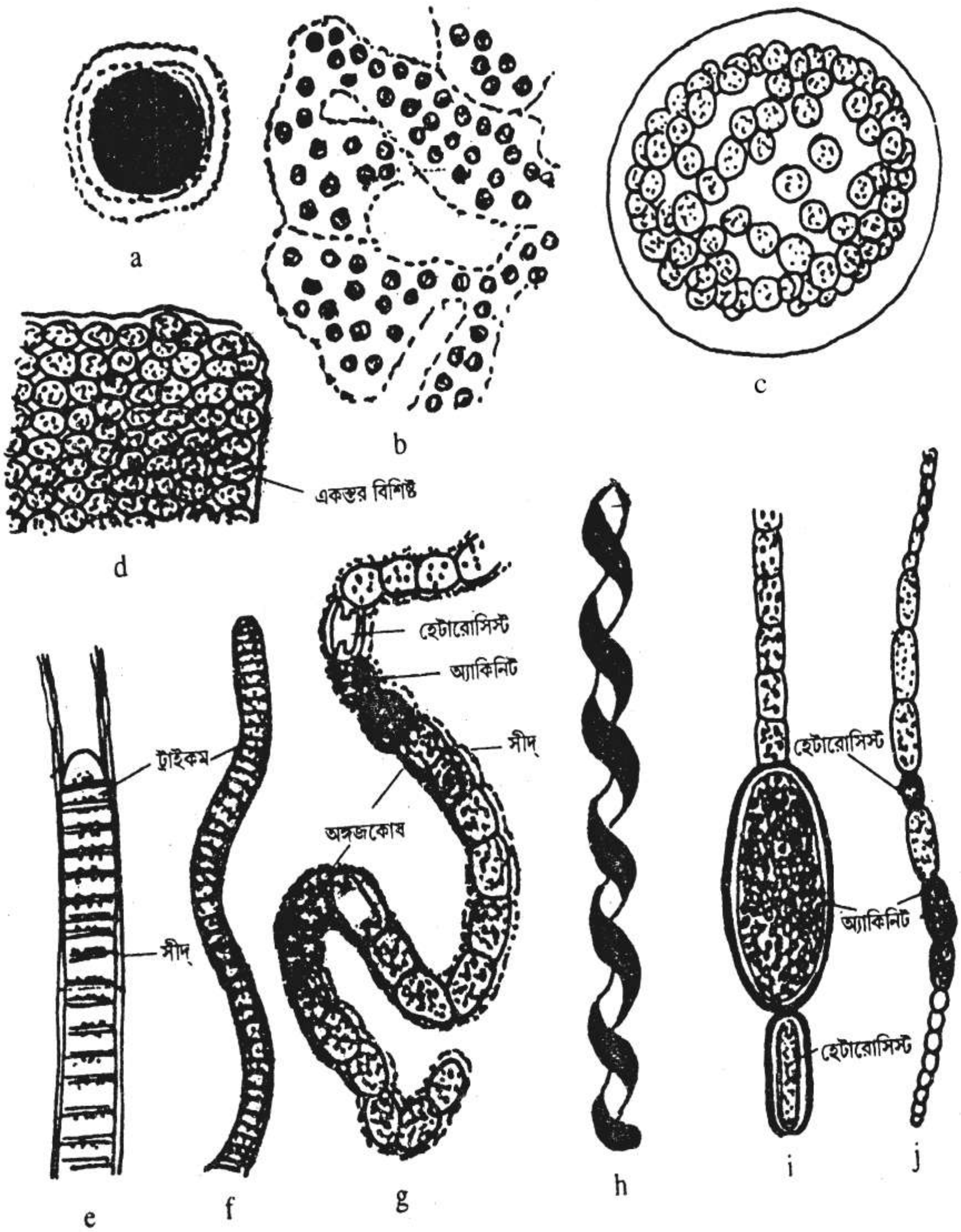
(8) নীলাভ-সবুজ শৈবালের সাথে ব্যাকটিরিয়ার দুটি সাদৃশ্য উল্লেখ করুন।

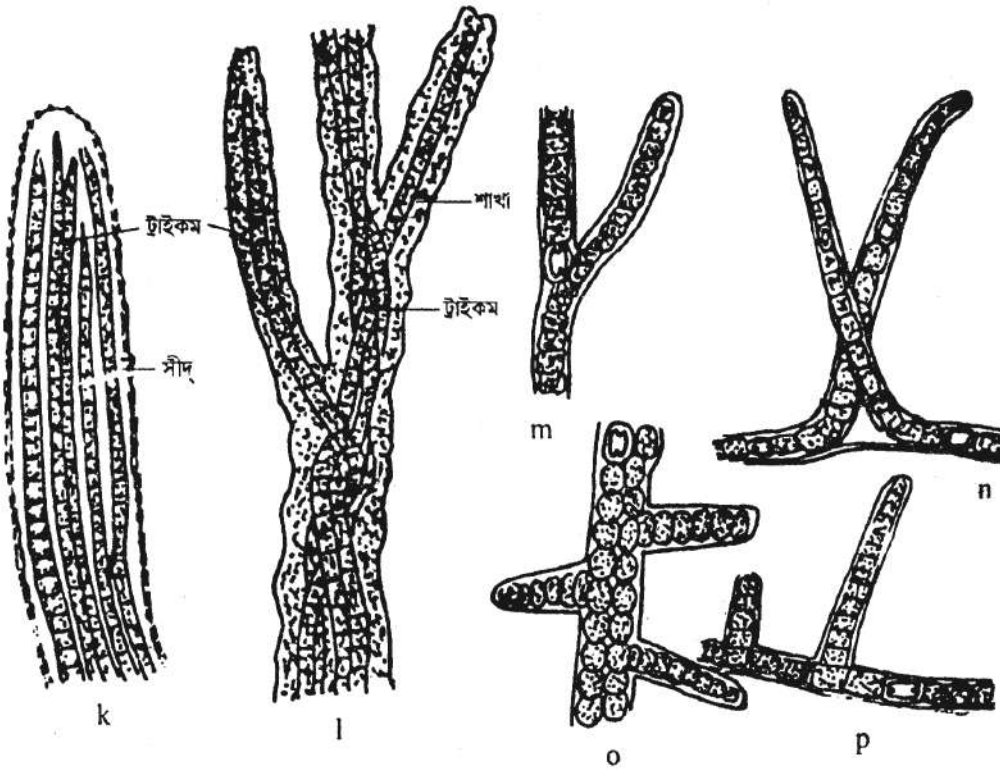
(9) সায়ানোব্যাক্টিরিয়া কাকে বলে।

4.8 সারাংশ

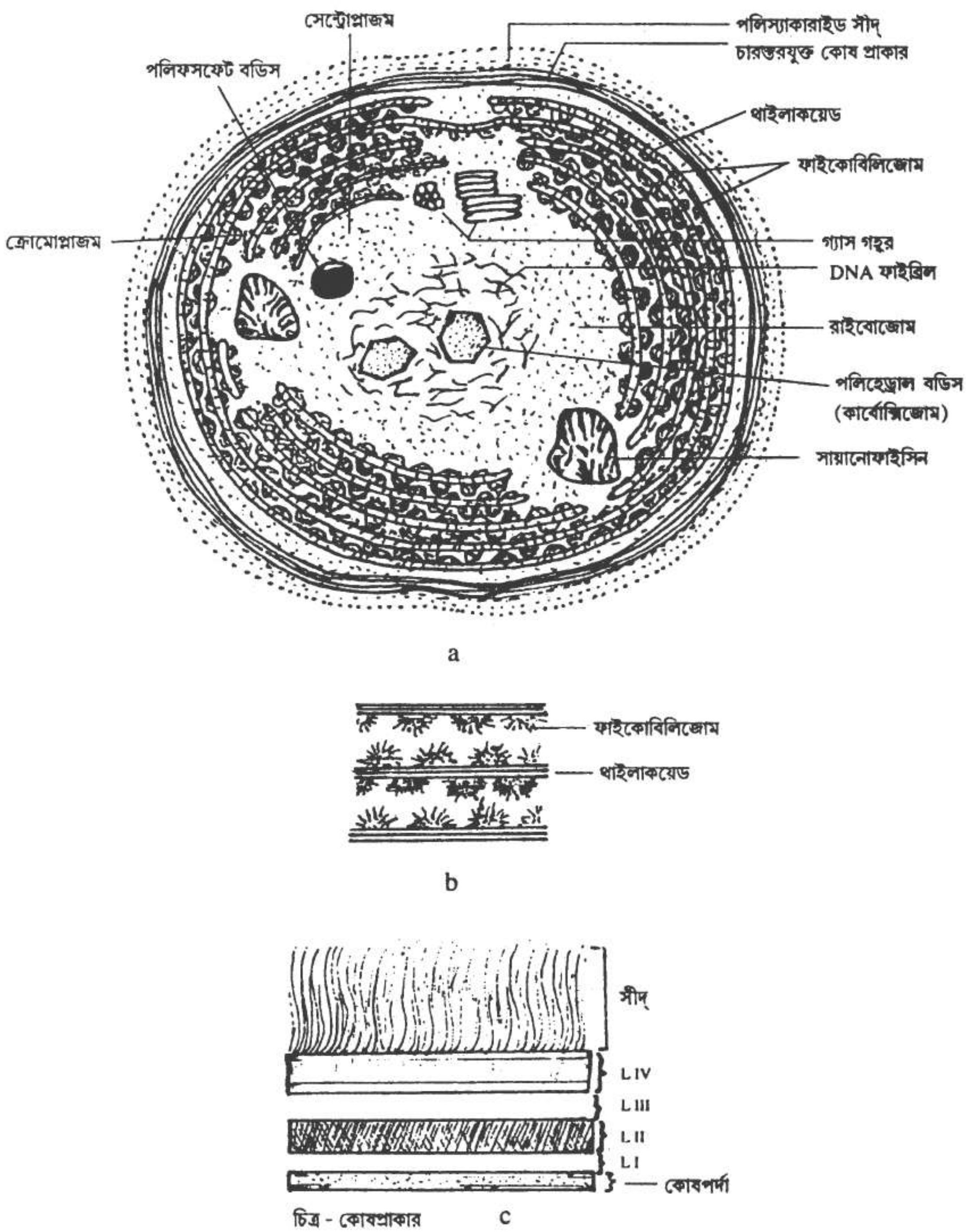
সায়ানোফাইসীর (মিক্সোফাইসী) অন্তর্গত শৈবালদের নীলাভ-সবুজ শৈবাল বলে। এরা প্রোক্যারিওটিক শৈবাল।

নীলাভ-সবুজ শৈবাল স্বাদু জলে, সমুদ্রে, স্থলে, উষ্ণ প্রস্রবণে, এমনকি বরফে পাওয়া যায়। ফসিল নীলাভ-সবুজ শৈবালের সন্ধান পাওয়া গেছে। থ্যালাস দেহ এককোষী, কলোনী প্রকৃতির বা ট্রাইকোম দ্বারা গঠিত। প্রায় সকল নীলাভ সবুজ শৈবালের দেহ মিউসিলেজিনাস আবরণী দ্বারা আবৃত থাকে।

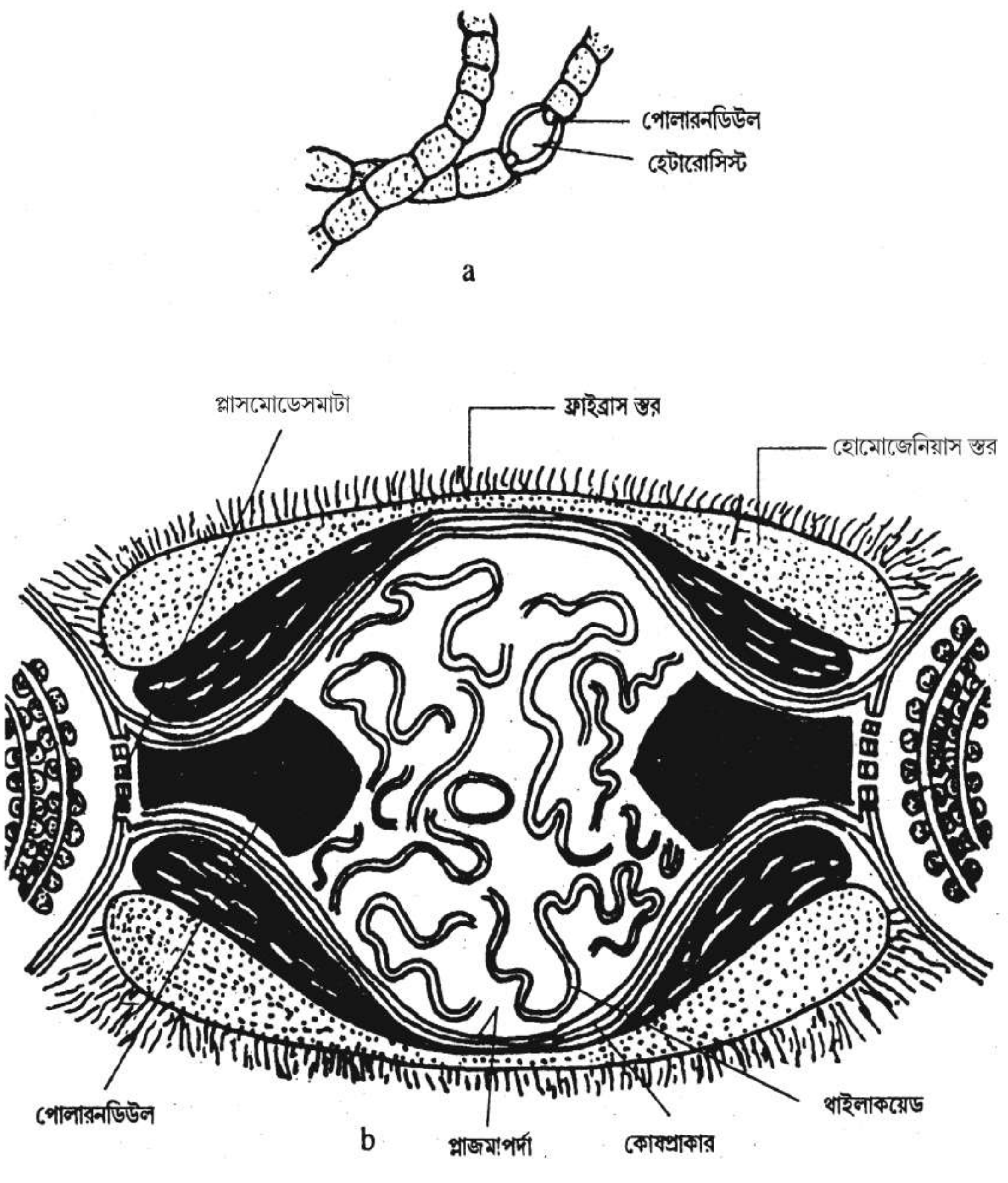

a
b
c
একস্তর বিশিষ্ট
d
হেটারোসিস্ট
অ্যাকিনিট
ট্রাইকম
সীদ্
অঙ্গজকোষ
সীদ্
হেটারোসিস্ট
অ্যাকিনিট
হেটারোসিস্ট
e
f
g
h
i
j



চিত্র নং 4.1 : a – p, সায়ানোফাইসী শ্রেণীর অন্তর্গত কিছু শৈবালের থ্যালাসের বিভিন্ন প্রকার গঠন বিন্যাস। (a) *Chroococcus turgidus* (ক্রুক্কাস টারজিডাস) - এককোষী শৈবাল; (b) *Microcystis aeruginosa* (মাইক্রোসিস্টিস এরোজিনোসা) - অনিয়মিত (irregular) কলোনী; (c) *Coeloshaerium dubium* (সিলোস্ফোরিয়াম ডুবিয়াম) - গোলাকৃতি (spherical) কলোনী; (d) *Merismopedia elegans* (মেরিসমোপেডিয়া এলিগ্যান্স) - একটি কলোনীর একাংশ এক্ষেত্রে কলোনীটি একস্তর বিশিষ্ট চ্যাপ্টা; (e) *Lyngbya* (লিংবিয়া) - সুগঠিত, সুস্পষ্ট মিউসিলেজিনাস সীদ্ দ্বারা আবৃত শাখাবিহীন ট্রাইকম; (f) *Oscillatoria meslini* (অসসিল্যাটোরিয়া মেসলিনি) - সীদ্ বিহীন অশাখ ট্রাইকম; (g) *Nostoc* (নষ্টক) - শাখাবিহীন সীদযুক্ত ফিলামেন্ট; (h) *Spirulina major* (স্পাইরুলিনা মেজর) - সর্পিলাকার গঠন যুক্ত ট্রাইকম; (i) *Cylindrospermum* (সিলিনড্রোস্পার্মাম) - প্রান্তীয় হেটারোসিস্ট (সর্বদাই) এবং কখনও কখনও (পিচ্ছিল ধাত্রের মধ্যে অবস্থান করে); (j) *Anabaena* sp. (অ্যানাবিনা) - নিবেশিত হেটারোসিস্ট (intercalary heterocyst) যুক্ত ফিলামেন্ট যাহা পিচ্ছিল ধাত্রের মধ্যে অবস্থান করে; (k) *Microcoleus vaginatus* (মাইক্রোকেলিয়াস ভ্যাজিন্যাটাস) - একাধিক ট্রাইকমযুক্ত একটি ফিলামেন্ট; (l) *Schizothrix* (সাইজোথ্রিক্স) - একাধিক ট্রাইকমের শাখাযুক্ত ফিলামেন্ট; (m) *Tolypothrix tenuis* (টলিপোথ্রিক্স টেনুইস) - একটি ছদ্মশাখা (single false branch) যুক্ত নীলাভ সবুজ শৈবাল; (n) *Scytonema* (সাইটোনেমা) - বৈশিষ্ট্যপূর্ণ দুটি ছদ্ম শাখা; (o) *Stigonema* (স্টিগোনিমা) - প্রকৃত শাখাযুক্ত এবং প্রধান অক্ষ বহুঅক্ষীয় (pluriseriate); (p) *Haplosiphon* (হ্যাপালোসাইফন) - এক অক্ষীয় দেহ (uniseriate body) এবং প্রকৃত শাখাযুক্ত নীলাভ সবুজ শৈবাল।



চিত্র নং 4.2 ঃ (a) সায়ানোফাইসিয়ান কোষের আলট্রা গঠন *(Synechocystis cell.* সিনিকোসিস্টিস কোষ); (b) থাইলাকয়েডের সাথে যুক্ত ফাইকো-বিলিজোম-এর বিবর্ধিত রূপ; (c) কোষপ্রাকারের বিভিন্ন স্তর।



চিত্র নং 4.3 ঃ (a) আলোক অণুবীক্ষণ যন্ত্রে দৃষ্ট হেটারোসিস্ট,
(b) হেটারোসিস্ট-এর লম্বচ্ছেদের আলট্রাগঠনের চিত্ররূপ।

কোষ প্রোক্যারিটিক প্রকৃতির। কোষ প্রাকার চারটি স্তর দ্বারা গঠিত। প্রোটোপ্লাজম দুটি অংশে বিভক্ত - সেন্ট্রোপ্লাজম ও ক্রোমোপ্লাজম। সেন্ট্রোপ্লাজম অংশে বৃত্তাকার DNA তন্তুর আকারে বিন্যস্ত থাকে। ক্রোমোপ্লাজম অংশে থাইলাকয়েড একক ভাবে বিন্যস্ত থাকে। তাছাড়া সমগ্র প্রোটোপ্লাজমে বিভিন্ন সঞ্চিত বস্তু ও রাইবোজোম ইত্যাদি অবস্থান করে।

জনন - অঙ্গজ ও অযৌন উপায়ে সম্পন্ন হয়। অঙ্গজ জনন - খন্ডিভবন ও হরমোগোনিয়া দ্বারা সম্পন্ন হয়। অযৌন জনন বিভিন্ন প্রকার মাইটোস্পোর দ্বারা সম্পন্ন হয়। যৌন জনন অনুপস্থিত, তবে সিনিকোকক্কাস নামক নীলাভ-সবুজ শৈবালে ব্যাকটিরিয়ার ন্যায় জেনেটিক রিকম্বিনেশন হয় বলে মনে করা হচ্ছে।

নীলাভ-সবুজ শৈবালে হেটারোসিস্ট এক প্রকার বিশেষ ধরনের কোষ। ইহা নাইট্রোজেন সংবন্ধনে সাহায্য করে। ব্যাকটিরিয়ার সাথে নীলাভ-সবুজ শৈবালের যথেষ্ট সাদৃশ্য আছে বলে বর্তমানে একে সায়ানোব্যাকটিরিয়া বলা হয়।

4.9 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

(1) নীলাভ-সবুজ শৈবালের থ্যালাসের গঠন সম্পর্কে আলোচনা করুন।

(2) সায়ানোফাইসী কোষের গঠন চিত্রসহ বর্ণনা করুন।

(3) নীলাভ-সবুজ শৈবালের জনন সম্পর্কে যাহা জানেন লিখুন।

(4) হেটারোসিস্ট-এর গঠন এবং এর ভূমিকা আলোচনা করুন।

(5) নীলাভ-সবুজ শৈবালকে সায়ানোব্যাকটিরিয়া বলার কারণগুলি উল্লেখ করুন।

4.10 উত্তর সংকেত

অনুশীলনী - 1

1 – 9 : 4.3.1 অংশ দেখুন।

10 – 17 : 4.3.2 অংশ দেখুন।

18 – 25 : 4.3.3 অংশ দেখুন।

অনুশীলনী - 2

1 – 3 : 4.4 অংশ দেখুন।

4 – 9 : 4.5 এবং 13.6 অংশ দেখুন।

সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

প্রশ্ন- 1 4.3.2 অংশ দেখুন।

প্রশ্ন - 2 4.3.3 অংশ দেখুন।

প্রশ্ন - 3 4.4 অংশ দেখুন।

প্রশ্ন - 4 4.5 অংশ দেখুন।

প্রশ্ন - 5 4.6 অংশ দেখুন।

একক 5 ❐ ক্লোরোফাইটা (Chlorophyta)

গঠন

5.1 উদ্দেশ্য
5.2 প্রস্তাবনা
5.3 ক্লোরোফাইসীর সংক্ষিপ্ত পরিচয়
  5.3.1 মুখ্য বৈশিষ্ট্যসমূহ
  5.3.2 ক্লোরোফাইসীর সাধারণ বিবরণ
    অনুশীলনী - **1**
5.4 ক্ল্যামাইডোমানাস-এর জীবন ইতিহাস
  5.4.1 শ্রেণীগত অবস্থান
  5.4.2 বসতি
  5.4.3 দেহগঠন
  5.4.4 জনন
    অনুশীলনী - **2**
5.5 ইডোগোনিয়াম-এর জীবন ইতিহাস
  5.5.1 শ্রেণীগত অবস্থান
  5.5.2 বসতি
  5.5.3 অঙ্গজ গঠন
  5.5.4 কোষ বিভাজন ও টুপী গঠন
  5.5.5 জনন
5.6 ভলভক্স-এর জীবন ইতিহাস
  5.6.1 শ্রেণীগত অবস্থান
  5.6.2 বসতি
  5.6.3 অঙ্গজ গঠন
  5.6.4 জনন
5.7 সারাংশ
5.8 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী
5.9 উত্তর সংকেত

5.1 উদ্দেশ্য

এই এককটি পাঠ করে আপনি—

- ক্লোরোফাইসী শ্রেণীর অন্তর্গত সবুজ শৈবাল সম্পর্কে সাধারণ বর্ণনা দিতে পারবেন এবং সর্বাপেক্ষা সরল সবুজ এই উদ্ভিদ সম্পর্কে সুস্পষ্ট ধারণা তুলে ধরতে পারবেন।
- এই শ্রেণীর উল্লেখযোগ্য বৈশিষ্ট্যগুলি নির্দেশ করতে পারবেন এবং সহজেই অন্য শ্রেণীকে এদের থেকে পৃথক করতে পারবেন।

- এদের বিষয়ের আহৃত তথ্য পরবর্তী উন্নত শ্রেণী সম্পর্কে (যেমন ব্রায়োফাইটা, টেরিডোফাইটা) বুঝতে কিভাবে সাহায্য করে তা দেখাতে পারবেন।
- ইডোগোনিয়ামের জীবন-ইতিহাস থেকে সবুজ শৈবালে উগ্যামাস ধরনের যৌন জনন সম্পর্কে ধারণা করতে পারবেন।

5.2 প্রস্তাবনা

ক্লোরোফাইসী শ্রেণীর শৈবালদের সবুজ শৈবাল বলা হয়। সবুজ শৈবালের ব্যাপক বিস্তৃতি, থ্যালাসের গঠন বৈচিত্র, জননের প্রকার ভেদ খুবই স্পষ্ট। এই শ্রেণীর শৈবালের সাথে উন্নত উদ্ভিদের কয়েকটি ক্ষেত্রে সাদৃশ্য দেখা যায়। যেমন - উভয় ক্ষেত্রেই ক্লোরোফিল-এ এবং - বি বর্তমান এবং প্রকট; কোষপ্রাকার সেলুলোজ দ্বারা তৈরী সঞ্চিত খাদ্য স্টার্চ। বিশেষ করে ক্লোরোফিল-এ ও বি-র উপস্থিতি এবং সালোকসংশ্লেষ প্রক্রিয়ার সাদৃশ্য থেকে অনেকে মনে করেন সবুজ শৈবাল থেকেই উন্নত শ্রেণীর উদ্ভিদের সৃষ্টি হয়েছে। অন্য কোন শ্রেণীর শৈবালের সাথে উন্নত শ্রেণীর উদ্ভিদের এত সাদৃশ্য নেই। এই এককে ক্লোরোফাইসীর সাধারণ বিবরণ ও মুখ্য বৈশিষ্ট্যসহ আলোচনার মাধ্যমে এই শ্রেণীর সামগ্রিক একটি চিত্র অতি সংক্ষেপে আপনাদের কাছে উপস্থাপন করা হয়েছে। এর সাথে একটি প্রজাতির জীবন ইতিহাসের মাধ্যমে একশ্রেণীর শৈবালের উন্নত যৌন জনন পদ্ধতির একটি নমুনা তুলে ধরা হয়েছে।

5.3 ক্লোরোফাইসী-র সংক্ষিপ্ত পরিচয়

5.3.1 মুখ্য বৈশিষ্ট্য সমূহ ঃ (শৈবালের শ্রেণীবিন্যাস এককে 2.3.4 অংশে আলোচনা করা হয়েছে)

5.3.2 ক্লোরোফাইসীর সাধারণ বিবরণ

বসতি - প্রায় 20,000 হাজার প্রজাতির সমন্বয়ে গঠিত ক্লোরোফাইসীর অন্তর্গত শৈবালকে সবুজ শৈবাল বলা হয়। এদের বেশীর ভাগ প্রজাতিই মিঠা জলে (fresh water) বাস করে। পুকুর, ডোবা, খাল, বিল, নদী, নালা, চৌবাচ্চা প্রভৃতি জলাশয়ে; স্যাঁত স্যাঁতে মাটিতে, গাছের ছালে এমনকি পরজীবী রূপে এদের দেখা যায়। তবে কিছু কিছু প্রজাতি সামুদ্রিক (1.4 অংশ দ্রষ্টব্য)।

উদ্ভিদ দেহের গঠনগত বৈচিত্র্য - এই শ্রেণীর শৈবালের অঙ্গজ দেহের গঠন নানা প্রকারের দেখা যায়। যথা - এককোষী - সচল ও নিশ্চল; সিনোবিয়াম প্রকৃতির - সচল ও নিশ্চল; পামেলা জাতীয় কলোনী; সূত্রাকার শাখাবিহীন ও শাখা যুক্ত; পাতার মত চ্যাপ্টা প্যারেনকাইমা কোষ যুক্ত; নলাকার সিনোসাইটিক প্রকৃতির ইত্যাদি (2.4 অংশ দ্রষ্টব্য)।

কোষের গঠন ঃ

- **কোষ প্রাকার** - কিছু আদি এককোষী শৈবাল ব্যতীত সকল সবুজ শৈবালের প্রোটোপ্লাস্ট দৃঢ় কোষ প্রাকার দ্বারা আবৃত। কোষপ্রাকার দুটি বা তিনটি স্তর দ্বারা গঠিত। শৈবাল-এর কোষ প্রাচীর দুটি স্তর দ্বারা গঠিত। (1) ভিতরেরটি সেলুলোজ দ্বারা গঠিত কেলাসিত মূল গঠনগত স্তর। (2) বহিস্থ স্তরটি Complex Polysaccharide যথা র‍্যামনোজ (Rhamnose), অ্যারাবিনোজ (Arabinose), ট্রিহ্যালোজ (Trehalose) এর সমষ্টি দ্বারা গঠিত। কিছু ক্ষেত্রে বিভিন্নতা দেখা যায় যেমন সাইফোনেলিস (Siphonales) এর ক্ষেত্রে জাইলান (Xylan) ও ক্ল্যামাইডোমোনাস (*Chlamydomonas*) এর ক্ষেত্রে গ্লাইকোপ্রোটিন (Glycoprotein) পাওয়া যায়।
- **ফ্লাজেলা** - সচল অঙ্গজ কোষে, জুস্পোরে এবং বেশীর ভাগ ক্ষেত্রে গ্যামেটে একটি, দুটি, চারটি বা অনেক ফ্লাজেলা সাধারণত অগ্রভাগে যুক্ত থাকে। ফ্লাজেলা হুইপল্যাস (whiplash) এবং সমান দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট।

- **নিউক্লিয়াস** - ইউক্যারিওটিক এবং হ্যাপ্লয়েড প্রকৃতির। অধিকাংশ প্রজাতির কোষ একটি নিউক্লিয়াস বিশিষ্ট, তবে কিছু কিছু ক্ষেত্রে (ক্ল্যাডোফোরা, হাইড্রোডিক্টিয়ন) কোষ বহুনিউক্লিয়াস বিশিষ্ট সিনোসাইটিক প্রকৃতির।
- **কোষগহ্বর** - পরিণত কোষে এক বা একাধিক কোষ গহ্বর দেখা যায়। এককোষী শৈবালে সাধারণত ফ্লাজেলার নীচে একজোড়া সঙ্কোচনশীল গহ্বর দেখা যায়।
- **ক্লোরোপ্লাস্ট** - সবুজ শৈবালে সুস্পষ্ট সবুজ ক্লোরোপ্লাস্ট দেখা যায়। তবে প্রজাতি বিশেষে এর সংখ্যাগত, গঠনগত এবং বিন্যাসগত তারতম্য দেখা যায়। যেমন - পেয়ালাকৃতি (ক্ল্যামাইডোমনাস), জালিকাকৃতি (ইডোগোনিয়াম), তারকাকৃতি (জিগ্নেমা), সর্পিলাকার ফিতাকৃতি (স্পাইরোগাইরা), বেষ্টনাকৃতি (ইউলোথ্রিক্স), ইত্যাদি বিভিন্ন ধরনের ক্লোরোপ্লাস্ট দেখা যায়। সালোকসংশ্লেষীয় বিভিন্ন প্রকার রঞ্জক ক্লোরোপ্লাস্টের মধ্যেই অবস্থান করে।
- **রঞ্জক পদার্থ** - উন্নত শ্রেণীর উদ্ভিদের মত সবুজ শৈবালে ক্লোরোফিল-এ, -বি, β—ক্যারোটিন ও α—ক্যারোটিন (কারা) পাওয়া যায়। জ্যান্থোফিল রঞ্জকের মধ্যে লিউটিন, এ্যাস্টাজ্যান্থিন, নিয়োজ্যান্থিন ও ভায়োলোজ্যান্থিন ইত্যাদি পাওয়া যায়। কতিপয় শৈবালে (ট্রেনটিপোলিয়া) হিমাটোক্রোম নামক লাল রঞ্জক দেখা যায়।
- **পাইরিনয়েড** - অধিকাংশ সবুজ শৈবালের ক্লোরোপ্লাস্টে এক বা একাধিক পাইরিনয়েড দেখা যায়। এর দুটি অংশ, ভিতরের প্রোটিন অংশকে ঘিরে স্টার্চ আবরণী থাকে। তাই পাইরিনয়েতকে সঞ্চিত খাদ্যের ভান্ডার বলা হয়। আধুনিক গবেষণায় জানা গেছে Pyrenoid-এ carbon concentrating mechanism থাকে। carbonic anhydrase & RuBisCO, নামক উৎসেচকের সাহায্যে পাইরেনয়েডের মধ্যে কার্বন সংবদ্ধ হয়।

পাইরিনয়েড সবুজ শৈবালের একটি বিবর্তনগত বৈশিষ্ট্য। সালোকসংশ্লেষ-এর ফলে তৈরি খাদ্য কোশের মধ্যে সঞ্চিত হলে কোশীয় ধাত্রের ঘনত্বের পরিবর্তন ঘটে। এর ফলে কোশের প্লাসমোলাইসিস (Plasmolysis) ঘটতে পারে। এই পরিস্থিতি যাতে না হয় তার জন্য নির্দিষ্ট অঙ্গানু পাইরিনয়েড সৃষ্টি হয় যেখানে সালোকসংশ্লেষ-এর ফলে সৃষ্ট সর্করা স্টার্চ (Starch) রূপে সঞ্চিত হয়। পাইরিনয়েড একটি প্রোটিন আবরণী দ্বারা ঘেরা থাকে।

- **স্টিগমা বা চক্ষুবিন্দু (eye spot)** - পাইরিনয়েড ছাড়া সচল সবুজ শৈবালের ক্লোরোপ্লাস্ট ও নিশ্চল শৈবালের সচল জনন কোষে আলোকসংবেদী রঞ্জক কণাযুক্ত একপ্রকার অঙ্গানু দেখা যায়, একে স্টিগম (stigma) বা চক্ষুবিন্দু বলে। এটি ফটোট্যাক্টিক চলনে সাহায্য করে। আলোকসংবেদন 11-cis Retinol এর দ্বারা হয় L-chromophore + opsin = Rhodopsin। এই রঞ্জকটি কোশপর্দায় যুক্ত থাকে যা ক্লোরোপ্লাস্ট এর বহিস্ত স্তরটির খুব কাছে অবস্থান করে।

সঞ্চিত খাদ্য - প্রধানতঃ স্টার্চ। তবে ক্লোরোকক্কালীস বর্গের কিছু প্রজাতিতে স্টার্চ ও লিপিড থাকে। সাইফোনালীস ও কনজুগালীস বর্গের শৈবালে তৈলবিন্দু ও চর্বি দেখা যায়।

এগুলি ছাড়া প্রোটোপ্লাস্টের মধ্যে মাইটোকনড্রিয়া, গলগিবস্তু, এন্ডোপ্লাজমিক জালিকা ইত্যাদি থাকে।

জনন - তিন প্রকার জননই দেখা যায়, যথা **অঙ্গজ, অযৌন** ও **যৌন জনন**।

- **অঙ্গজ জনন** - কোষ বিভাজন, খন্ডীভবন ইত্যাদির সাহায্যে এই প্রকার জনন সম্পন্ন হয়।
- **অযৌন জনন** - অযৌন রেণু (মাইটোস্পোর) সৃষ্টির মাধ্যমে সম্পন্ন হয়। যে কোষে বা অঙ্গে রেণু উৎপন্ন হয়, তাকে স্পোর‍্যাঞ্জিয়াম বলে। দেহকোষ সরাসরি স্পোর‍্যাঞ্জিয়াম রূপে কাজ করতে পারে (স্পাইরোগাইরা, ক্ল্যামাইডোমনাস, ইউলোথ্রিক্স) অথবা নির্দিষ্ট স্পোর‍্যাঞ্জিয়াম গঠিত হয় (*Trentipohlia,* ট্রেন্‌টিপোলিয়া)। এই শ্রেণীর শৈবালে বিভিন্ন প্রকার মাইটোস্পোর দেখা যায়, যেমন - **জুস্পোর, অ্যাপ্লানোস্পোর, পিপনোস্পোর,**

অ্যাকিনিট, অটোস্পোর, পামেলাদশা ইত্যাদি (3.3.2 অংশ দ্রষ্টব্য)। সিনোবিয়াম প্রকৃতির শৈবালে *(ভলভক্স)* **গোনিডিয়াম** নামক অযৌন জননকোষ গঠিত হয় যা বিভাজিত হয়ে অপত্য কলোনী সৃষ্টি করে।

- **যৌন জনন** - যৌন জনন আইসোগ্যামী, অ্যানাইসোগামী ও উগ্যামী প্রকৃতির (3.4 অংশ দ্রষ্টব্য)। প্রজাতি-সহবাসী বা ভিন্নবাসী হতে পারে।

জীবনচক্র - হ্যাপ্লোনন্টিক (ক্ল্যামাইডোমনাস), **ডিপ্লোন্টিক** (অ্যাসিটাবুলারিয়া, কোডিয়াম, ক্ল্যাডোফোরা গ্লুমেরাটা), **ডিপ্লোহ্যাপ্লোন্টিক - আইসোমরফিক** (আলভা, ক্ল্যাডোফোরা) বা **হেটারোমরফিক** *(Urospora,* ইউরোস্পোরা, *Monostroma,* মনোস্ট্রোমা) প্রকৃতির হয়ে থাকে।

অনুশীলনী - 1

(1) ক্লোরাফাইসীর অন্তর্গত দুটি সিনোসাইটিক শৈবালের নাম লিখুন।

(2) ক্লোরোফাইসীতে পাওয়া যায় এমন চার প্রকার ক্লোরোপ্লাস্টের নাম উল্লেখ করুন এবং এদেরকে কোন প্রজাতিতে পাওয়া যায়?

(3) তারকাকৃতি ক্লোরোপ্লাস্ট কোন প্রজাতিতে দেখা যায়?

(4) চক্ষুবিন্দু কি? এর কাজ কি?

(5) পাইরিনয়েড কি? এর কাজ কি?

(6) ক্লোরোফাইসীর কোন বর্গে স্টার্চের পরিবর্তে তৈলবিন্দু ও চর্বি দেখা যায়?

(7) গোনিডিয়াম কি? এটি কোন প্রজাতিতে দেখা যায়?

(8) সহবাসী ও ভিন্নবাসী প্রজাতি বলতে কি বোঝায়?

(9) ক্লোরোফাইসীতে কি কি প্রকার জীবন চক্র দেখা যায়? উদাহরণ দিন।

5.4 ক্ল্যামাইডোমোনাস এর জীবন ইতিহাস

5.4.1 শ্রেণীগত অবস্থান (Systematic Position)

ফ্রিসচ (১৯৩৫)

শ্রেণী—ক্লোরোফাইসী (Chlorophyceae)

বর্গ—ভলভোকেলস্ (Volvocales)

গোত্র—ক্ল্যামাইডোমোনাডিনি (Chlamydomonadineae)

গণ—ক্ল্যামাইডোমোনাস্ *(Chlamydomonas)*

5.4.2 বসতি

প্রধানত মিঠে স্থির জলে পাওয়া যায় যেমন পুকুর, ডোবা, ঝিল, দিঘি ইত্যাদি। জলের উপরিস্তরে আবিষ্কার করে যার ফলে জলস্তরটি গাঢ় সবুজ বর্ণ ধারণ করে। কিছু ক্ষেত্রে ঈষৎ লবনাম্বু জলেও দেখা যায় (ক্ল্যামাইডোমোনাস হ্যালোকিলা)

5.4.3 দেহগঠন

এটি একটি এককোশী, দ্বিফ্ল্যাজেলাযুক্ত সবুজ শৈবাল। প্রধানত ডিম্বাকৃতি হয় যদিও কিছুক্ষেত্রে গোলাকার গঠনও দেখা যায়। এই কোণাগুলি সামনের দিকে ছুঁচালো হয় ও পিছনের দিকে তুলনামূলক ভাবে চওড়া হয়। প্রতিটি সজীব কোশ দৈর্ঘ্যে 20-30 cm. হয়। কোশপ্রাচীর সেলুলোজ (Cellulose) দ্বারা গঠিত।

দুটি হুইপল্যাস (Whiplash) জাতীয় ফ্ল্যাজেলা কোশের অগ্রভাগে উপস্থিত যা সাইটোপ্লাজম-এ ব্ল্যাফেরোপ্লাস্ট (Blapharoplast) থেকে সৃষ্টি হয়। দুটি ফ্ল্যাজেলা সমান হয়।

সাইটোপ্লাজমে একটি বৃহদাকার, পেয়ালা-আকৃতির ক্লোরোপ্লাস্ট উপস্থিত যা সম্পূর্ণ কোশটি প্রায় জুড়ে থাকে। প্রতিটি ক্লোরোপ্লাস্ট এ খাদ্যসঞ্চয়ী পাইরানয়েড (Pyrenoid) বর্তমানে। এখানে মূলত স্টার্চ সঞ্চিত অবস্থায় থাকে।

ক্লোরোপ্লাস্ট-এর অগ্রভাগে একটি আলোক সংগ্রাহী অঙ্গানু উপস্থিত থাকে আইস্পট (eyespot) বা স্টিগমা (stigma) বলা হয়।

5.4.4 জনন

এই শৈবালের ক্ষেত্রে অযৌন ও যৌন জনন উভয়ই দেখা যায়।

অযৌন জনন :

প্রধানত জুস্পোর (Zoospore) এর মাধ্যমে হয় যদিও অ্যাপ্ল্যানোস্পোর (Aplanospore), হিপনোস্পোর (Hyponospore) বা সিনজুস্পোর (Synzospore) এর সাহায্যেও অযৌন জনন হয়।

i) জুস্পোর : প্রধানত রাতে ও যথাযথ প্রাকৃতিক পরিবেশে সৃষ্টি হয়। এই সময় একটি দেহকোশের ফ্ল্যাজেলা নষ্ট হয়ে যায় ও সমগ্র প্রোটোপ্লাস্টটি কোশপ্রাচীর থেকে কিঞ্চিৎ বিচ্ছিন্ন হয়। পরবর্তী সময়ে বহুবার মাইটোসিস কোশ বিভাজন দ্বারা 16, 32 বা 64টি ক্ষুদ্র প্রোটোপ্লাস্ট মাতৃকোশের মধ্যেই সৃষ্টি হয়। পরবর্তী সময়ে মাতৃকোশটি ফেটে যায় ও প্রোটোপ্লাস্ট গুলি জুস্পোর হিসাবে জলে নির্গত হয়। এই জুস্পোরগুলি পরবর্তী সময়ে নতুন ক্ল্যামাইডোমোনাস অপত্য কোশ সৃষ্টি করে।

ii) অ্যাপ্লানোস্পোর ও হিপনোস্পোর : ক. নিভালিস *(C. nivalis)* ও ক. কওডাটা *(C. caudata)* এর ক্ষেত্রে একটি সজীব কোশের ফ্ল্যাজেলাদ্বয় অন্তর্নিহিত হয় ও কোশগুলি গমনে অক্ষম হয়ে যায়। অমতাবস্থায় কোশগুলি একটি পাতলা প্রাচীর তৈরি করে। এই পাতলা প্রাচীর বিশিষ্ট গমনে অক্ষম রেণুগুলিকে অ্যাপ্লানোস্পোর (Aplanospore) বলা হয়। এই প্রাচীরটি যদি মোটা হয় তাহলে সেই রেণুগুলিকে হিপনোস্পোর (Hyponospore)। যথাযথ প্রাকৃতিক পরিবেশে এই রেণুগুলি নতুন ক্ল্যামাইডোমোনাস অপত্য কোশের সৃষ্টি করে।

iii) সিনজুস্পোর (Synzoospore) : শুধুমাত্র ক. গিরাস নামক শৈবাল-এর ক্ষেত্রেই দেখা যায়। এইক্ষেত্রে নিউক্লিয়াসটি দুবার মাইটোসিস বিভাজন দ্বারা 4টি অপত্য কোশ সৃষ্টি হয় যা পরবর্তী সময়ে পরিণত ক্ল্যামাইডোমোনাস কোশ তৈরি করে।

যৌন জনন : শুষ্ক বা অনার্দ্র ও নাইট্রোজেন ব্যতীত পরিবেশে যৌন জনন দেখা যায়। প্রধানত আইসোগ্যামি (Isogamy) পদ্ধতিতে জনন হয় যদিও অ্যানআইসোগ্যামি (Anisogamy) ও উগ্যামি (Ogamy)ও পরিলক্ষিত হয়।

আইসোগ্যামিতে জনন কোশগুলি (পুং ও স্ত্রী) গঠনগত ভাবে সামঞ্জস্যপূর্ণ হয়। অপরপক্ষে অ্যানআইসোগ্যামিতে জনন কোশ দুটি গঠনগত ভাবে আলাদা হয়। উগ্যামি (Oogamy) ক্ষেত্রে নির্দিষ্ট ক্ষুদ্র ও গমনক্ষম পুং জনন কোশ ও বৃহদাকার ও গমনে অক্ষম স্ত্রী জনন কোশ সৃষ্টি হয় যাকে উগোনিয়াম (Oogonium) বলা হয়।

কিছুক্ষেত্রে পুং ও স্ত্রী জনন কোশ একই উদ্ভিদদেহে সৃষ্টি হয় যাকে homothallic বলা হয়। অপরক্ষেত্রে জনন কোশ দুটি আলাদা উদ্ভিদদেহে সৃষ্টি হয় তাকে heterothallic বলা হয়।

১। আইসোগ্যামি (Isogamy) : গঠনগত ভাবে সমান দুটি জনন কোশ এর মধ্যে নিষেক ঘটে। গ্যামেট দুটি এককোশী, নিউক্লিয়াস যুক্ত, দ্বিফ্ল্যাজেলাযুক্ত ও ক্ষুদ্র হয়। গঠনগত ভাবে সমান হওয়ায় পুং ও স্ত্রী গ্যামেট দুটি পৃথক করা হয় তাদের গমনের ক্ষমতা অনুযায়ী। গমনে সক্ষম পুং গ্যামেটগুলি (+) চিহ্ন ও গমনে অক্ষম স্ত্রী গ্যমেটগুলি (-) চিহ্ন দ্বারা নির্ণয় করা হয়।

গ্যামেট দুটি নিষেকের সময় অগ্রভাগে মিলিত হয়। তারপর গ্যামেট দুটি বহুক্ষণ একই দিকে প্রভাবিত হওয়ার পর প্লাসমোগ্যামি (Plasmogamy) ও ক্যারিওগ্যামি (Karyogamy) দ্বারা চারটি ফ্ল্যাজেলাযুক্ত ডিপ্লয়েড (2n) জাইগোট সৃষ্টি হয়। উদাহরণ : ক্ল্যামাইডোমোনাস ডেবারইয়ানা। Eg. *C. debaryana*

২। অ্যানঅ্যাইসোগ্যামি (Anisogamy) : এইক্ষেত্রে গ্যামেট দুটি গঠনগত ভাবে পৃথক হওয়ায় বৃহদাকার গ্যামেটকে ম্যাক্রোগ্যামেট (Macrogamete) ও ক্ষুদ্রাকৃতি গ্যামেট-কে মাইক্রোগ্যামেট (Microgamete) বলা হয়। ম্যাক্রোগ্যামেট ক্রমশ গমনে অক্ষম হয়ে যায় যদিও ফ্ল্যাজেলা বিনষ্ট হয় না। পরবর্তী সময়ে ম্যাক্রোগ্যামেট মাইক্রোগ্যামেট দ্বারা নিষেক হয় ও ডিপ্লয়েড জাইগোট সৃষ্টি করে।

উদাহরণ : ক্ল্যামাইডোমোনাস ব্রাউনি *(C. braunii)*

৩। উগ্যামি : এইক্ষেত্রে একটি দেহকোশ ফ্ল্যাজেলা বিনষ্ট করে আকারে বড় হয়ে যায় ও গোলাকৃতি হয়ে স্ত্রী জনন কোশ বা উগোনিয়াম সৃষ্টি করে। এই উগোনিয়াম মাইক্রোগ্যামেট দ্বারা নিষিক্ত হয়ে ক্যারিওগ্যামি (Karyogamy) ও প্লাসমোগ্যামি (Plasmogamy) মাধ্যমে ডিপ্লয়েড জাইগোট সৃষ্টি করে। উদাহরণ : ক. কক্সিফেরা *(C. coccifera)*

জাইগোট : জাইগোটটি বহু সময় গমনক্ষম থাকার পর একটি উপযুক্ত স্থানে অবস্থান করে ও ফ্ল্যাজেলা বিনষ্ট হয়ে যায়। এরপর একাধিক স্তর তৈরি হয় ও কোষপ্রাচীর তৈরি হয়। বহু ক্যারোটিনয়েড ও স্নেহপদার্থ সঞ্চিত থাকে যা জাইগোটটিকে কমলাভ লাল রঙে পরিবর্তিত করে।

জাইগোট এর অঙ্কুরোদগম : ডিপ্লয়েড (2n) জাইগোট টি মিয়োসিস হ্রাস-বিভাজন প্রক্রিয়ায় 4টি হ্যাপ্লয়েড (n) কোশ সৃষ্টি করে। এই হ্যাপ্লয়েড কোশগুলি অপত্য জনু সৃষ্টি করে যা থেকে পূর্ণাকৃতি ক্ল্যামাইডোমোনাস কোশ সৃষ্টি হয়।

5.5 ইডোগোনিয়াম এর জীবন ইতিহাস

5.5.1 শ্রেণীগত অবস্থান (Systematic position)

লি (Lee, 2008)

বিভাগ	—	ক্লোরোফাইটা	(Chlorophyta)
শ্রেণী	—	ক্লোরোফাইসি	(Chlorophyceae)
বর্গ	—	ইডোগোনিয়ালিস্	(Oedogoniales)
গোত্র	—	ইডোগোনিয়েসী	(Oedogoniaceae)
গণ	—	ইডোগোনিয়াম	(*Oedogonium*)
প্রজাতি	—	আরমিজেরাম	(*armigerum*)

বোল্ড এবং উইন (1985) ঃ

বিভাগ — ক্লোরোফাইটা

শ্রেণী — ক্লোরোফাইসী

বর্গ — ইডোগোনিয়ালিস্

গোত্র — ইডোগোনিয়েসী

গণ — ইডোগোনিয়াম

প্রজাতি — আরমিজেরাম

কয়েকটি ভারতীয় প্রজাতি - *Oedogonium glabrum* (ইডোগোনিয়াম গ্ল্যাবরাম); *O. elegance* (ইডোগোনিয়াম এলিগ্যান্স); *O. armigerum* (ইডোগোনিয়াম আরমিজেরাম)।

5.5.2 বসতি

ইডোগোনিয়াম স্বাদু জলের সবুজ শৈবাল। এদেরকে সাধারণতঃ পুকুর, ডোবা ইত্যাদি জলাশয়ে কোন বস্তুর সাথে আবদ্ধ অবস্থায় দেখা যায়।

5.5.3 অঙ্গজ গঠন (চিত্র - 5.1 a,b)

ইহা থ্যালাস জাতীয়, সূত্রাকার (filamentous) অশাখ সবুজ শৈবাল। কোষগুলি বেলনাকার (cylindrical)। একটি পরিণত উদ্ভিদ দেহ অগ্রপশ্চাৎ অংশে বিভেদিত, অগ্রভাগের কোষটি গম্বুজাকৃতির এবং পশ্চাতের কোষটি হোল্ড ফাস্ট গঠন করে। হোল্ডফাস্টের সাহায্যে উদ্ভিদ দেহ কোন বস্তুর সাথে আটকে থাকে। হোল্ড ফাস্টে ক্লোরোপ্লাস্ট খুবই কম থাকে বলে একে অনেকটা স্বচ্ছ দেখায়। সূত্রাকার দেহের কিছু কিছু কোষ অগ্রভাগে টুপী (apical cap) গঠন করে। টুপীযুক্ত কোষকে টুপীকোষ (cap cell) বলে। পরিণত উদ্ভিদ দেহে সুস্পষ্ট পুংধানী (antheridia) এবং স্ত্রীধানী (oogonia) দেখা যায়।

কোষের গঠন - পরিণত কোষের কোষপ্রাকার তিন স্তর বিশিষ্ট - ভিতরের স্তরটি সেলুলোজ এবং বাইরের গুলি বিভিন্ন Polysaccharide দ্বারা গঠিত। কোষপর্দা ভিতরের দিকে কোষপ্রাকার সংলগ্ন থাকে। পরিণত প্রতিটি কোষে একটি সুস্পষ্ট নিউক্লিয়াস, প্রোটোপ্লাস্টের মধ্যস্থলে প্রাচীর পার্শ্বে অবস্থান করে। কোষে একটি কেন্দ্রীয় গহ্বর এবং কেন্দ্রীয় গহ্বরকে ঘিরে একটি বেলনাকার জালিকাকৃতি ক্লোরোপ্লাস্ট থাকে। জালিকাকৃতি ক্লোরোপ্লাস্টের ছেদ্ বিন্দুগুলিতে পাইরিনয়েড দেখা যায়। প্রতিটি পাইরিনয়েডের কেন্দ্রস্থলে প্রোটিন দানা এবং একে ঘিরে শ্বেতসার আবরণী থাকে। এই শ্বেতসার পাইরিনয়েড থেকে সরে এসে ক্লোরোপ্লাস্ট জালিকার মধ্যে সঞ্চিত হয়। তখন এই প্রকার শ্বেতসারকে স্ট্রোমা স্টার্চ (stroma starch) বলে।

5.5.4 কোষ বিভাজন ও টুপী গঠন (cell division and cap formation) (চিত্র - 5.2)

হোল্ড ফাস্ট ব্যতীত দেহের যে কোন অঙ্গজ কোষ প্রস্থে বিভাজিত হয়ে সূত্রাকার দেহের দৈর্ঘ্যে বৃদ্ধি ঘটাতে পারে। প্রাথমিক অবস্থায় যখন জাইগোট অঙ্গুরিত হয়ে বা জুস্পোর অঙ্কুরিত হয়ে সূত্র বা ফিলামেন্ট গঠিত হয় তখন সাধারণ বিভাজন পদ্ধতিতে ফিলামেন্ট বৃদ্ধি পায়। কিন্তু পরিণত উদ্ভিদ দেহেও কোষবিভাজনের সাহায্যে দেহের দৈর্ঘ্যে বৃদ্ধি ও

জনন অঙ্গ গঠিত হয়। এক্ষেত্রে কোষ বিভাজন প্রধানত নিবেশিত (intercalary) কোষে সংঘটিত হয়। মাত্র কিছু কোষে খুবই বৈশিষ্ট্যপূর্ণ বিভাজন ঘটে থাকে যে ক্ষেত্রে কোষের অগ্রভাগে টুপী উৎপন্ন হয়।

বৈশিষ্ট্যপূর্ণ কোষ বিভাজনকালে নিউক্লিয়াসটি কোষের উপরের দিকে মাঝামাঝি স্থানে অবস্থান করে। নিউক্লিয়াসটি মাইটোসিস প্রক্রিয়ায় বিভাজিত হতে শুরু করে। প্রোফেজ পর্যায়ে কোষের উপরের প্রস্থ প্রাকারের ঠিক নীচে পার্শ্বীয় প্রাচীরের গাত্রে হেমিসেলুলোজের একটি বলয়ের আবির্ভাব ঘটে। এই বলয়টি ধীরে ধীরে পুরু হয়। পুরু বলয়ের ভিতরে একটি গর্ত সৃষ্টি হয় এবং গর্তটি বলায়াকার কোষের চতুর্দিকে পরিবৃত হয়। গর্ত সংলগ্ন কোষের পার্শ্বপ্রাচীর ভেঙ্গে যায়। ভেঙ্গে যাওয়া পার্শ্ব প্রাচীরের উপরের অংশটি টুপি রূপে অগ্রভাগে অবস্থান করে। ততক্ষণে কোষ বিভাজন সম্পন্ন হয়ে যায় এবং অপত্য নিউক্লিয়াস দ্বয়ের মাঝখানে একটি ভাসমান প্রস্থ প্রাকার সৃষ্টি হয়। এদিকে পার্শ্বপ্রাচীর ভেঙ্গে যাওয়ার ফলে হেমিসেলুলোজের বলয়টি প্রসারিত ও টান টান হয়ে দৈর্ঘ্যে বৃদ্ধি পেতে থাকে এবং নতুন কোষের পার্শ্ব প্রাকাররূপে কাজ করে। ভাসমান প্রস্থপ্রাকার নতুন সৃষ্ট পার্শ্বপ্রাকার ও পুরনো প্রাকারের সংযোগ স্থলে এসে পার্শ্বপ্রাচীর গাত্রে আবদ্ধ হয় এবং স্থায়ী অনুপ্রস্থ প্রাকারে পরিণত হয়। এভাবে দুটি কোষের সৃষ্টি হয় এবং টুপীটি নতুন কোষের অগ্রপ্রান্তে অবস্থান করে।

5.5.5 জনন

● **অঙ্গজ জনন (Vegetative Reproduction) :**

কোন প্রকার আঘাতে সূত্রাকার দেহটি ভেঙ্গে যায় এবং খন্ডগুলি বিভাজিত হয়ে পুনরায় পরিণত দেহ গঠন করে।

● অযৌন জনন **(Asexual reproduction)** ঃ (চিত্র - 5.3) এটি বহু ফ্লাজেলাবিশিষ্ট জুস্পোর গঠনের মাধ্যমে সম্পন্ন হয়। হোল্ডফাস্ট ও অগ্রস্থ কোষ ব্যতীত যে কোন কোষ জুস্পোর্যাঞ্জিয়াম রূপে কাজ করতে পারে অর্থাৎ জুস্পোর গঠনে সক্ষম। প্রতি জুস্পোর্যাঞ্জিয়াম একটিমাত্র জুস্পোর গঠনে করে। জুস্পোর গঠন কালে জুস্পোর্যাঞ্জিয়ামের প্রোটোপ্লাস্ট সংকুচিত হয় এবং উপরিভাগের একদিকে একটি স্বচ্ছ অংশ দেখা যায়। এই স্বচ্ছ অংশকে ঘিরে বলয়াকারে বেসাল দানার উৎপত্তি হয়। প্রতিটি দানা থেকে একটি করে ফ্লাজেলার উৎপত্তি হয়। এই জাতীয় বলয়াকারে সজ্জিত ফ্লাজেলাযুক্ত স্টেফানোকন্ট (Stephanokont) দশা বলা হয়। এরপরই জুস্পোর্যাঞ্জিয়ামের উপরের দিকের অনুপ্রস্থ প্রাচীর ভেঙ্গে যায় এবং গোলাকৃতি, সবুজবর্ণের বহুফ্লাজেলা বিশিষ্ট জুস্পোর বাইরে বেরিয়ে আসে। প্রথমে এটি একটি মিউসিলেজ থলির মধ্যে আবদ্ধ থাকে। অতঃপর থলিটি দ্রবীভূত হয়ে যাবার পর এটি জলে মুক্ত হয়। কিছুকাল সন্তরণের পর জুস্পোরটি ফ্লাজেলার সাহায্যে কোন বস্তুর সাথে আবদ্ধ হয়। ফ্লাজেলা বিলুপ্ত হয় এবং কোষটি লম্বাটে আকৃতি ধারণ করে এবং বিভাজন দ্বারা পূর্ণাঙ্গ শৈবাল দেহ গঠন করে।

প্রতিকূল পরিবেশে উদ্ভিদ দেহের কিছু কোষ পুরু প্রাকার দ্বারা বেষ্ঠিত হয়ে অ্যাকিনিট গঠন করে। এটি অনুকূল পরিবেশে অংকুরিত হয়ে নূতন শৈবাল দেহ গঠন করে।

● **যৌন জনন (Sexual Reproduction)** ঃ এটি উগ্যামাস প্রকৃতির। পুংধানী কি প্রকার সূত্রে উৎপন্ন হবে তার উপর ভিত্তি করে ইডোগোনিয়াম প্রজাতিকে দু'ভাগে ভাগ করা হয়েছে। যথা

(i) ম্যাক্র্যানড্রাস প্রজাতি (Macrandrous species) এক্ষেত্রে পুংধানী (antheridium) ও স্ত্রী ধানী (oogonium) সাধারণ উদ্ভিদ দেহে উৎপন্ন হয়।

(ii) ন্যানানড্রাস প্রজাতি (Nannandrous species) এক্ষেত্রে স্ত্রীধানী সাধারণ অঙ্গজ দেহে কিন্তু পুং-ধানী খর্বাকৃতি পুং (dwaft male)-সূত্র বা ন্যানানড্রিয়ামে উৎপন্ন হয়।

(i) ম্যাক্র্যানড্রাস প্রজাতি - এই প্রকার প্রজাতি সহবাসী (উদা - *O.nodulosum,* ইডোগোনিয়াম নোডোলোসাম) অথবা ভিন্নবাসী (উদা - *O.crassium,* ইডোগোনিয়াম ক্রাসাম) উভয় প্রকার হতে পারে। সহবাসীর ক্ষেত্রে পুংধানী ও স্ত্রী-ধানী এক উদ্ভিদে উৎপন্ন হয় (চিত্র-5.4) এবং ভিন্নবাসীর ক্ষেত্রে পৃথক উদ্ভিদে উৎপন্ন হয় (চিত্র - 5.4) এবং ভিন্নবাসীর ক্ষেত্রে পৃথক উদ্ভিদে উৎপন্ন হয় (চিত্র - 5.5)।

পুংধানী ও শুক্রাণুর উৎপত্তি - যে কোন অঙ্গজ কোষ (হোল্ডফাস্ট ও অগ্রস্থ কোষ ব্যতীত) পুংধানী মাতৃকোষরূপে কাজ করে। পুংধানী মাতৃকোষ অসম বিভাজনের দ্বারা উপরের দিকে ক্ষুদ্রাকৃতির পুংধানী কোষ এবং নীচের দিকে একটি বৃহদাকার অপত্য কোষ গঠন করে। বৃহদাকার অপত্য কোষটি পুনঃ পুনঃ অসম বিভাজন দ্বারা বিভাজিত হয়ে অবশেষে 2-40 টি পুংধানী কোষ সমষ্টি গঠন করে। প্রতিটি পুংধানী কোষের প্রোটোপ্লাজম রূপান্তরের মাধ্যমে একটি বা দুটি অ্যান্থেরোজয়েড (Antherozoid) বা শুক্রাণু গঠন করে। এগুলি দেখতে জুস্পোরের ন্যায় বহুফ্লাজেলা বিশিষ্ট কিন্তু আকারে অনেক ছোট। অ্যান্থেরোজয়েড জুস্পোরের মত পুংধানীর অগ্রভাগে অনুপ্রস্থ প্রাকার ভেঙ্গে মিউসিলেজ থলি দ্বারা পরিবৃত হয়ে বাইরে বেরিয়ে আসে। থলি দ্রবীভূত হওয়ার ফলে এরা জলের মধ্যে মুক্ত হয়।

উগোনিয়াম বা স্ত্রীধানীর উৎপত্তি - যে কোন অঙ্গজ কোষ (অগ্রস্থ কোষ ও হোল্ড ফাস্ট ব্যতীত) উগোনিয়াম মাতৃকোষরূপে কাজ করে। প্রতিটি উগোনিয়াম মাতৃকোষ বিভাজিত হয়ে দুটি কোষ গঠন করে। টুপি সহ উপরের কোষটি প্রোটোপ্লাজম ও খাদ্য সঞ্চয়ের মাধ্যমে স্ফীত হয়ে গোলাকার রূপ ধারণ করে এবং উগোনিয়াম রূপে কাজ করে। নীচের কোষটিকে ধারক কোষ (supporting or suffultory) বলে। প্রজাতি বিশেষে ধারক কোষটি পুনরায় উগোনিয়াম মাতৃকোষরূপে কাজ করতে পারে। এক্ষেত্রে একাধিক উগোনিয়াম এক সাথে থাকে। বিভাজনে অংশগ্রহণ না করলে উগোনিয়াম একক ভাবে বিন্যস্ত থাকে। পরিণত উগোনিয়ামে একটি ডিম্বাণু (egg or ovum or oosphere) থাকে যা প্লোটোপ্লাস্ট সংকুচিত হয়ে উৎপন্ন হয়। উগোনিয়ামের উপরের প্রান্তে পার্শ্বপ্রাচীরের একদিকে ফাটল বা ছিদ্রপথের সৃষ্টি হয়। ছিদ্রপথ বরাবর ডিম্বাণুর গাত্রে একটি বর্ণহীন স্বচ্ছ গ্রাহী বিন্দু (Receptive spot) আবির্ভূত হয়। এই অবস্থায় ডিম্বাণু নিষেকের জন্য তৈরী থাকে।

(ii) ন্যানান্ড্রাস প্রজাতি (চিত্র - 5.6) সকল ন্যানান্ড্রাস প্রজাতিই ভিন্নবাসী। কারণ এক্ষেত্রে পুংধানী সর্বদা খর্বাকৃতি পুং-সূত্রে গঠিত হয়। খর্বাকৃতি পুং-সূত্র অ্যান্ড্রোস্পোর (androspore) থেকে উৎপন্ন হয়। অ্যান্ড্রোস্পোর অ্যান্ড্রোস্পোরাঞ্জিয়ামে উৎপন্ন হয়।

অ্যান্ড্রোস্পোরাঞ্জিয়াম ও উগোনিয়ামের অবস্থানের উপর ভিত্তি করে ন্যানান্ড্রাস প্রজাতিকে দুভাগে ভাগ করা হয়েছে, যথা—

(a) **গাইন্যানড্রোস্পোরাস (Gynandrosporus)** - এক্ষেত্রে অ্যান্ড্রোস্পোরাঞ্জিয়াম ও উগোনিয়াম একই সাধারণ ফিলামেন্টে বা সূত্রাকার দেহে উৎপন্ন হয়। উদা ঃ *Oedogonium concatenatum* (ইডোগোনিয়াম কনক্যাটেন্যাটাম)

(b) **ইডিওঅ্যান্ড্রোস্পোরাস (Idioandrosporus)** - এক্ষেত্রে অ্যান্ড্রোস্পোরাঞ্জিয়াম ও উগোনিয়াম ভিন্ন ফিলামেন্টে উৎপন্ন হয়। উদা ঃ *O. confertum* (ইডোগোনিয়াম কনফারটাম)

অ্যান্ড্রোস্পোর্যাঞ্জিয়াম ও অ্যান্ড্রোস্পোরের উৎপত্তি - অ্যান্ড্রোস্পোর্যাঞ্জিয়াম ম্যাক্র্যানড্রাস প্রজাতির পুংধানীর মতই গঠিত হয় অর্থাৎ অ্যান্ড্রোস্পোর্যাঞ্জিয়াম মাতৃকোষ বার বার বিভাজিত হয়ে এক সারি এ্যান্ড্রোস্পোরাঞ্জিয়াম উৎপন্ন করে। প্রতিটি অ্যান্ড্রোস্পোর্যাঞ্জিয়ামের প্রোটোপ্লাস্ট রূপান্তরিত হয়ে একটি মাত্র বহুফ্লাজেলাযুক্ত অ্যান্ড্রোস্পোর গঠন করে। এটি দেখতে জুস্পোরের মত তবে আকারে জুস্পোর ও শুক্রাণুর মাঝামাঝি। অ্যান্ড্রোস্পোর্যাঞ্জিয়াম কোষটির

উপরের দিকের অনুপ্রস্থপ্রাকার ভেঙ্গে যায় এবং মিউসিলেজ থলি দ্বারা আবৃত অ্যান্ড্রোস্পোর বাইরে বেরিয়ে আসে। থলিটি দ্রবীভূত হলে অ্যান্ড্রোস্পোর জলে মুক্ত হয়।

ন্যানান্‌ড্রিয়ামের উৎপত্তি - অ্যান্ড্রোস্পোর জলের মাধ্যমে এসে ধারক কোষ অথবা উগোনিয়ামের গায়ে আবদ্ধ হয় এবং অঙ্কুরিত হয়ে খর্বাকৃতি পুং-সূত্র সৃষ্টি করে। পুং সূত্রটি লম্বাটে পাদকোষ (basal cell) এবং এর অগ্রভাগে অবস্থিত কয়েকটি অ্যান্থেরিডিয়াল কোষ (antheridial cell) বা অ্যান্থেরিডিয়া নিয়ে গঠিত। প্রতিটি অ্যান্থেরিডিয়া বা পুংধানীর প্রোটোপ্লাস্ট বিভাজন ও রূপান্তর ভবনের মাধ্যমে দুটি ক্ষুদ্রাকৃতির বহু ফ্লাজেলা বিশিষ্ট শুক্রাণু গঠন করে। শুক্রাণু পুংধানীর উপরের দিকের অনুপ্রস্থ প্রাকার ভেঙ্গে মিউসিলেজ থলির মধ্যে পরিবৃত হয়ে বাইরে বেরিয়ে আসে। থলিটি দ্রবীভূত হয় এবং শুক্রাণু জলে মুক্ত হয়।

উগোনিয়ামের সৃষ্টি - ম্যাক্র্যান্ড্রাস প্রজাতির মত।

নিষেক (Fertilization) - ম্যাক্র্যান্ড্রাস ও ন্যানাড্রাস উভয় প্রজাতিতে জলে সন্তরণশীল শুক্রাণু উগোনিয়ামের প্রাকারের ছিদ্রের মধ্য দিয়ে ডিম্বাণুর গ্রাহীবিন্দুর সংস্পর্শে আসে এবং ডিম্বাণুর সাথে নিষিক্ত হয়ে জাইগোট (2n) বা উস্পোর (oospore) গঠন করে। জাইগোট পুরু প্রাকার দ্বারা বেষ্টিত হয়।

জাইগোটের অঙ্কুরোদ্‌গম (Germination of zygote) - পুরু প্রাকার বেষ্টিত জাইগোট উগোনিয়ামের গাত্র পচনের মাধ্যমে বাইরে মুক্ত হয় এবং জলাশয়ের নীচে অবস্থান করে। প্রায় একবৎসর কাল সুপ্ত থেকে অনুকূল পরিবেশে উস্পোর বা জাইগোটের বিভাজন শুরু হয়। এর ডিপ্লয়েড নিউক্লিয়াসটি মায়োসিস প্রক্রিয়ায় বিভাজিত হয়ে 4 টি হ্যাপ্লয়েড নিউক্লিয়াস গঠন করে। অতঃপর প্রতিটি নিউক্লিয়াস সাইটোপ্লাজম দ্বারা পরিবৃত হয়ে 4টি জুমিয়োস্পোর (zoomeiospores) সৃষ্টি করে। এগুলি দেখতে জুস্পোরের ন্যায় বহু ফ্লাজেলাবিশিষ্ট। জাইগোট প্রাকার ভেঙ্গে জুমিয়োস্পোর গুলি মিউসিলেজ থলি দ্বারা পরিবৃত হয়ে বাইরে বেরিয়ে আসে। থলিটি শীঘ্রই দ্রবীভূত হয় এবং জুমিয়োস্পোরগুলি জলে মুক্ত হয়। কিছুক্ষণ জলে সাঁতার কাটার পর ফ্লাজেলার সাহায্যে এরা কোন বস্তুর সাথে আবদ্ধ হয় এবং ফ্লাজেলা পরিত্যাগ করে। অতঃপর লম্বাটে আকার ধারণ করে এবং বিভাজনের মাধ্যমে নূতন শৈবাল দেহ গঠন করে। ভিন্নবাসী প্রজাতির ক্ষেত্রে উৎপন্ন চারটি জুমিয়োস্পোরের মধ্যে দু'টি পুং ফিলামেন্ট এবং দু'টি স্ত্রী ফিলামেন্ট গঠন করে।

(1) বোল্ড ও ওয়াইনি অনুযায়ী ইডোগোনিয়াম -এর শ্রেণীগত অবস্থান উল্লেখ করুন।

(2) ইডোগোনিয়াম কোথায় দেখা যায়?

(3) হোল্ডফাস্ট কি? এর কাজ কি?

(4) টুপীকোষ বা ক্যাপ সেল কি?

(5) ইডোগোনিয়ামের কোষপ্রাকারের ক'টি স্তর, এদের রাসায়নিক প্রকৃতি কি?

(6) জালিকাকৃতি ক্লোরোপ্লাস্ট পাওয়া যায় এরূপ একটি প্রজাতির নাম করুন।

(7) ইডোগোনিয়াম-এ পাইরিনয়েড ক্লোরোপ্লাস্টের কোন্ স্থানে অবস্থান করে?

(8) স্ট্রোমা স্টার্চ কাকে বলে?

(9) ইডোগোনিয়ামের জু-স্পোরের গঠন উল্লেখ করুন।

(10) ইডোগোনিয়াম-এর প্রতিটি কোষ থেকে কয়টি জুস্পোর উৎপন্ন হয়?

(11) ইডোগোনিয়াম-এর বিভিন্ন প্রকার যৌন জননের একটি তালিকা প্রস্তুত করুন।

(12) ম্যাক্র্যানড্রাস প্রজাতি কাকে বলে? উদাহরণ দিন।

(13) ন্যানান্ড্রাস প্রজাতি কাকে বলে?

(14) গাইন্যান্ড্রোস্পোরাস প্রজাতি কাকে বলে? উদাহরণ দিন।

(15) ইডিওঅ্যান্ড্রোস্পোরাস প্রজাতি কাকে বলে? উদাহরণ দিন।

(16) অ্যান্ড্রোস্পোর কি?

5.6 ভলভক্স (*Volvox*)-এর জীবনচক্র

5.6.1 শ্রেণীগত অবস্থান *(Systematic Position)*

Lee, 2008 অনুসারে ঃ

বিভাগ — ক্লোরোফাইটা (*Chlorophyta*)

শ্রেণী — ক্লোরোফাইসী *(Chlorophyceae)*

বর্গ — ভলভোকেলস্ *(Volvocales)*

গোত্র — ভলভোকেসি *(Volvocaceae)*

গণ — ভলভক্স *(Volvox)*

5.6.2 বসতি

ভলভক্স *(Volvox)* প্রধানত স্বাদু জলে বসবাসকারী সবুজ শৈবাল। বিবর্তনগত ভাবে ভলভোকেলস্ এর মধ্যে সবচেয়ে উন্নত শৈবাল।

5.6.3 অঙ্গজ গঠন

এটি একটি কলোনী প্রকৃতির সচল শৈবাল। ক্ল্যামাইডোমোনাস-এর মতো গমনে সক্ষম বহুকোষ একত্রিত হয়ে প্লেট-এর ন্যায় আকার গঠন করে যাকে প্লেকিয়া (Plakia) বলে যা পরবর্তী সময়ে সুসংবদ্ধ কলোনী সৃষ্টি করে যাকে সিনোবিয়াম (Coenobium/ Cenobia) বলা হয়। ফ্ল্যাজেলা উপস্থিত থাকায় সিনোবিয়ামটি গমনে সক্ষম।

ভলভক্স *(Volvox)*-এর অগ্রস্থ ফ্ল্যাজেলার কম্পনের গতি আলোর পরিমাণ অনুযায়ী পরিবর্তিত হয় যার দ্বারা সম্পূর্ণ ভলভক্স সিনোবিয়ামটি আলোর দিকে ধাবমান হয়। পশ্চাদস্থিত ফ্ল্যাজেলার এই জাতীয় পরিবর্তন হয় না।

ভলভক্স-এর প্রতিটি কলোনী ডিম্বাকৃতি বা গোলাকার হয় যাতে ২০০০-৬০০০ কোষ একটি স্তরে সুসজ্জিত থাকে। প্রতিটি কোষ ক্ল্যামাইডোমোনাস (Chlamydomonas)-এর ন্যায় যেখানে একটি পেয়ালা-আকৃতির ক্লোরোপ্লাস্ট নিচে

অবস্থিত পাইরানয়েড (Pyrenoid) অগ্রস্থ আইস্পট (Eye-Spot) মধ্যস্থ নিউক্লিয়াস ও ভ্যাকুউল (Vacoule) উপস্থিত। সামনে ও পিছনে একটি করে ফ্ল্যাজেলা উপস্থিত।

অঙ্গজ, পুং, স্ত্রী এবং অপত্য কলোনী গঠনগত ভাবে একরকম যদিও জননাঙ্গগুলি পৃথক হয়।

5.6.4 জনন : (Reproduction)

ভলভক্স (*Volvox)*--এ অন্যান্য সবুজ শৈবালের ন্যায় তিন প্রকার জনন দেখা যায় যথা—অঙ্গজ, অযৌন ও যৌন জনন।

অঙ্গজ জনন : ভলভক্স কলোনীতে কিছু বিশেষ ধরনের কোষ উপস্থিত থাকে যাকে গোনিডিয়া (Gonidia) বলা হয়। এই গোনিডিয়া গুলি বারবার মাইটোসিস বিভাজন-এর সাহায্যে নতুন অপত্য কলোনী সৃষ্টি করে।

অযৌন জনন : অযৌন জনন প্রক্রিয়াটিও গোনিডিয়া (Gonidia)-র সাহায্যে হয় কিন্তু এই গোনিডিয়াগুলি কার্যগতভাবে অঙ্গজ জননে অংশগ্রহণকারী গোনিডিয়া থেকে আলাদা হয়। অযৌন জননের গোনিডিয়া গুলি দুটি অযৌন জনন চক্রের পরে ধ্বংসপ্রাপ্ত হয় যদিও অঙ্গজ জননের গোনিডিয়াগুলির বহু চক্রের পরেও মৃত্যু হয় না।

প্রতিটি অপরিণত অযৌন কলোনীতে প্রায় ২০০০টি ক্ষুদ্র, দ্বিফ্ল্যাজেলাযুক্ত কোশ কলোনীর উপরিতলে একটি ধাত্রের মধ্যে আবদ্ধ থাকে। এর থেকে কিঞ্চিত নিচের স্তরে ১৬টি বৃহদাকৃতির গোনিডিয়া একটি স্বচ্ছ ধাত্রের দ্বারা গঠিত গোলক এর মধ্যে আবদ্ধ থাকে।

প্রতিটি গোনিডিয়া 11-12 টি অতিদ্রুত মাইটোসিস বিভাজনের সাহায্যে ভ্রুণ সৃষ্টি করে। এই ভ্রুণগুলির প্রথম ৬টি বিভাজন প্রতিসাম্য হয় যার থেকে ৩২টি কোষ সৃষ্টি হয়। ৬ষ্ঠ বিভাজন থেকে অগ্রস্থ কোষগুলি অপ্রতিসাম্য বিভাজন করে অসমান ছোট-বড় অপত্য কোষ সৃষ্টি করে। বড় কোষগুলি পুনরায় গোনিডিয়া সৃষ্টি করে। ছোট কোষগুলি পুনরায় প্রতিসাম্য কোষ বিভাজন করে অঙ্গজ কোষ সৃষ্টি করে।

গোনিডিয়া কোষগুলি কোষ বিভাজন না করলেও, অঙ্গজ কোষগুলি 11-12 টি বিভাজন চক্র সম্পন্ন করে।

এই কোষ বিভাজন প্রক্রিয়াগুলির পরে ভ্রূণটির সেই সমস্ত কোষ উপস্থিত থাকে যা একটি পরিণত কলোনীতে পাওয়া যায় যদিও এই কোষগুলির দিক পরিণত কলোনীর কোষের বিপরীত হয়। অর্থাৎ ফ্ল্যাজেলাগুলি কলোনীর ভিতর দিকে অবস্থান করে ও গোনিডিয়াগুলি বহিস্ত অবস্থান করে।

এমতাবস্থায় ভ্রূণটি গঠনগত পুনঃপরিবর্তন ঘটায় যাকে ইনভারসন (Inversion) বলা হয়, যার ফলে অপত্য কলোনীটি পরিণত কলোনীর ন্যায় গঠিত হয়।

যৌন জনন : অঙ্গজ জননে যে গোনিডিয়াগুলি অংশগ্রহণ করে না, সেগুলি পরবর্তী কালে যৌন জননে পুং ও স্ত্রী কলোনী সৃষ্টি করে।

একটি গোনিডিয়াম কোষ বিভাজন করে 16-32 কোষ সমন্বিত স্ত্রী-কলোনী সৃষ্টি করে যা গঠনগত ভাবে অঙ্গজ কলোনীর সাথে সামঞ্জস্যপূর্ণ। পরবর্তী বিভাজনে অঙ্গজ কোশের থেকে আকারে তুলনামূলক ভাবে বড় ডিম্বক কোশ সৃষ্টি হয়।

এই ডিম্বকগুলি দ্বিফ্ল্যাজেলাযুক্ত যদিও এই ফ্ল্যাজেলার দ্বারা ডিম্বকগুলি গমনে সক্ষম হয়।

পুং-কলোনী ও গোনিডিয়াম থেকেই সৃষ্টি হয় যা প্রথমে স্ত্রী-কলোনী ও অঙ্গজ কলোনী সাথে গঠনগত ভাবে একইরকম হয় যদিও তা পরবর্তী সময়ে তুলনামূলভাবে কম বৃদ্ধি পায় ও ক্ষুদ্রাকৃতি হয়। এই জাতীয় পুং কলোনীকে বামন কলোনীও বলা হয়।

পুং কলোনীর বৃদ্ধি অঙ্গজ কলোনীর মতোই হয় যদিও তা কম প্রসারিত হয়। অঙ্গজ কলোনীর থেকে পুং কলোনীর বেরিয়ে আসার পূর্বে পুং প্রারম্ভিক কোশগুলি ক্রমাগত বিভাজিত হয়ে 64-128 কোশযুক্ত বাঁটি-আকৃতির কোশ সমষ্টি তৈরি হয় যা আংশিক ইনভারসান (Inversion) দ্বারা পুং জনন কোশ (Sperm)-এর গুচ্ছ সৃষ্টি হয়। বামন পুং কলোনীর মধ্যে নির্দিষ্ট ছিদ্রের দ্বারা পুং জনন কোশগুলি নির্গত হয়।

পুংজনন কোশ-এর গুচ্ছ জলে বহমান অবস্থায় থাকে ও নির্দিষ্ট স্ত্রী কলোনীর সংস্পর্শে এলে পুং ও স্ত্রী জনন কোশ-এর ফ্ল্যাজেলাগুলি মিলিত হয় যার দ্বারা পুং জনন কোশগুলি স্ত্রী-কলোনীতে আবদ্ধ হয়। এমতাবস্থায় স্ত্রী-কলোনীতে একটি নির্দিষ্ট ছিদ্র তৈরি হয় যার মধ্যে দিয়ে পুং জনন কোশ গুচ্ছ প্রবেশ করে ও একে অপরের থেকে পৃথক হয়ে পুং গ্যামেট সৃষ্টি করে। এই গ্যামেটগুলি ডিম্বককে নিষেক করে জাইগোট (Zygote) তৈরি করে যা বৃহদাকার ধারণ করে ও কমলা বর্ণের হয়।

এই জাইগোটটি প্রাথমিক অবস্থায় স্ত্রী-কলোনীতে আবদ্ধ থাকে যা পরবর্তী সময়ে নির্গত হয়ে যায় স্ত্রী কলোনী থেকে।

কিছু সময় পরে জাইগোটটির অঙ্কুরোদগম ঘটে ও বাহ্যিক কঠিন স্তরটি ভেদ করে অন্তর্নিহিত মেসোস্পোর (Mesospore) বেরিয়ে আসে। মেসোস্পোর-এর প্রোটোপ্লাস্টটি দ্বিফ্ল্যাজেলাযুক্ত হয় ও তা জুস্পোর (Zoospore)-এর ন্যায় হয়। এই প্রোটোপ্লাস্টটি বারম্বার বিভাজিত হয়ে প্রায় ১০০০টি দেহকোশ সম্বিলিত নতুন ভলভক্স (Volvox) কলোনী সৃষ্টি হয় যা অপত্য জনু রূপে চিহ্নিত হয়।

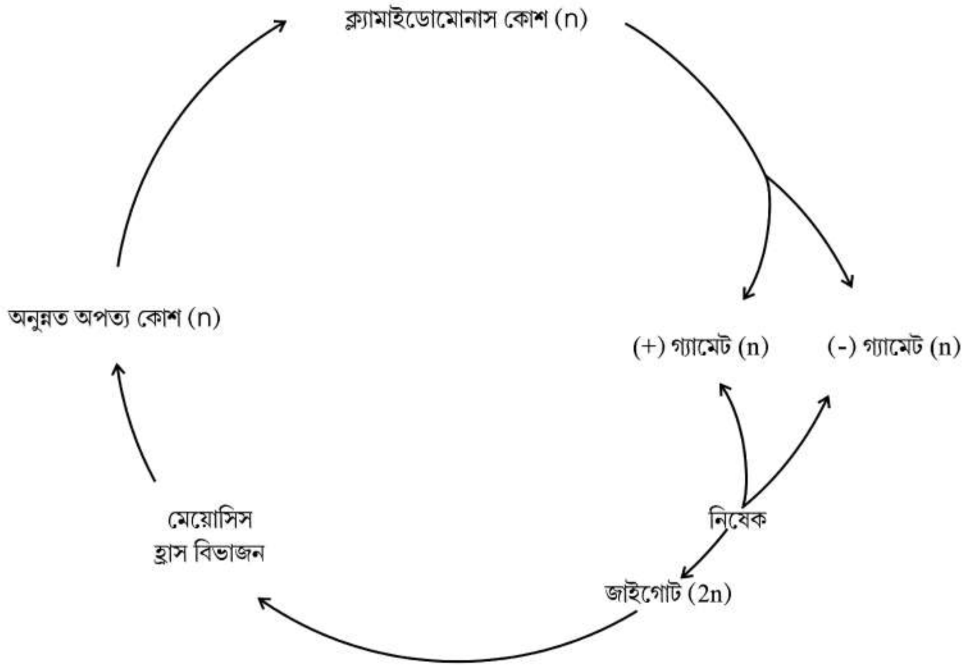
5.7 সারাংশ

ক্লোরোফাইসীর অন্তর্গত শৈবালদের সবুজ-শৈবাল বলা হয়। এরা প্রধানত মিঠা জলে বাস করে। তবে এদের স্থলেও পাওয়া যায় এবং কিছু কিছু প্রজাতি সমুদ্রেও পাওয়া যায়। এদের উদ্ভিদ দেহের গঠনগত বিভিন্নতা দেখা যায়। কোষপ্রাকার প্রধানত সেলুলোজ দ্বারা নির্মিত। কোষ ইউক্যারিওটিক ধরনের। ফ্লাজেলা সর্বদাই হুইপল্যাস ধরনের। প্রজাতি বিশেষে বিভিন্ন প্রকার ক্লোরোপ্লাস্ট দেখা যায়। উন্নত শ্রেণীর উদ্ভিদের ন্যায় ক্লোরোপ্লাস্টে ক্লোরোফিল-এ এবং - বি উভয়ই পাওয়া যায়। ক্লোরোপ্লাস্টে পাইরিনয়েড পাওয়া যায়। সঞ্চিত খাদ্য প্রধানত স্টার্চ।

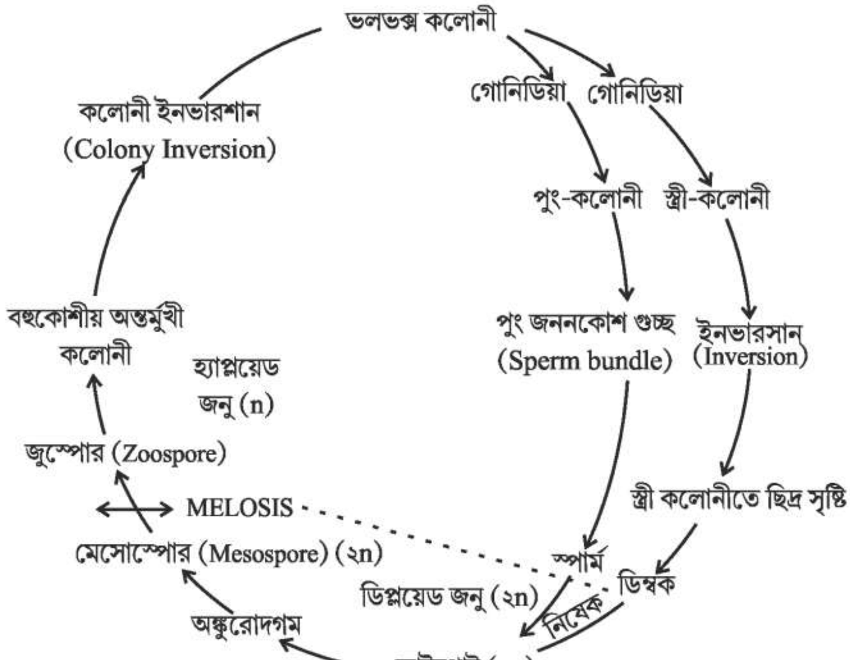
অঙ্গজ জনন কোষ বিভাজনও খন্ডিভবনের সাহায্যে সম্পন্ন হয়। প্রধানত জুস্পোর এবং অন্যান্য মাইটোস্পোরের সাহায্যে অযৌন জনন সম্পন্ন হয়।

যৌন জনন আইসোগ্যামাস, অ্যানাইসোগ্যামাস ও উগ্যামাস প্রকৃতির।

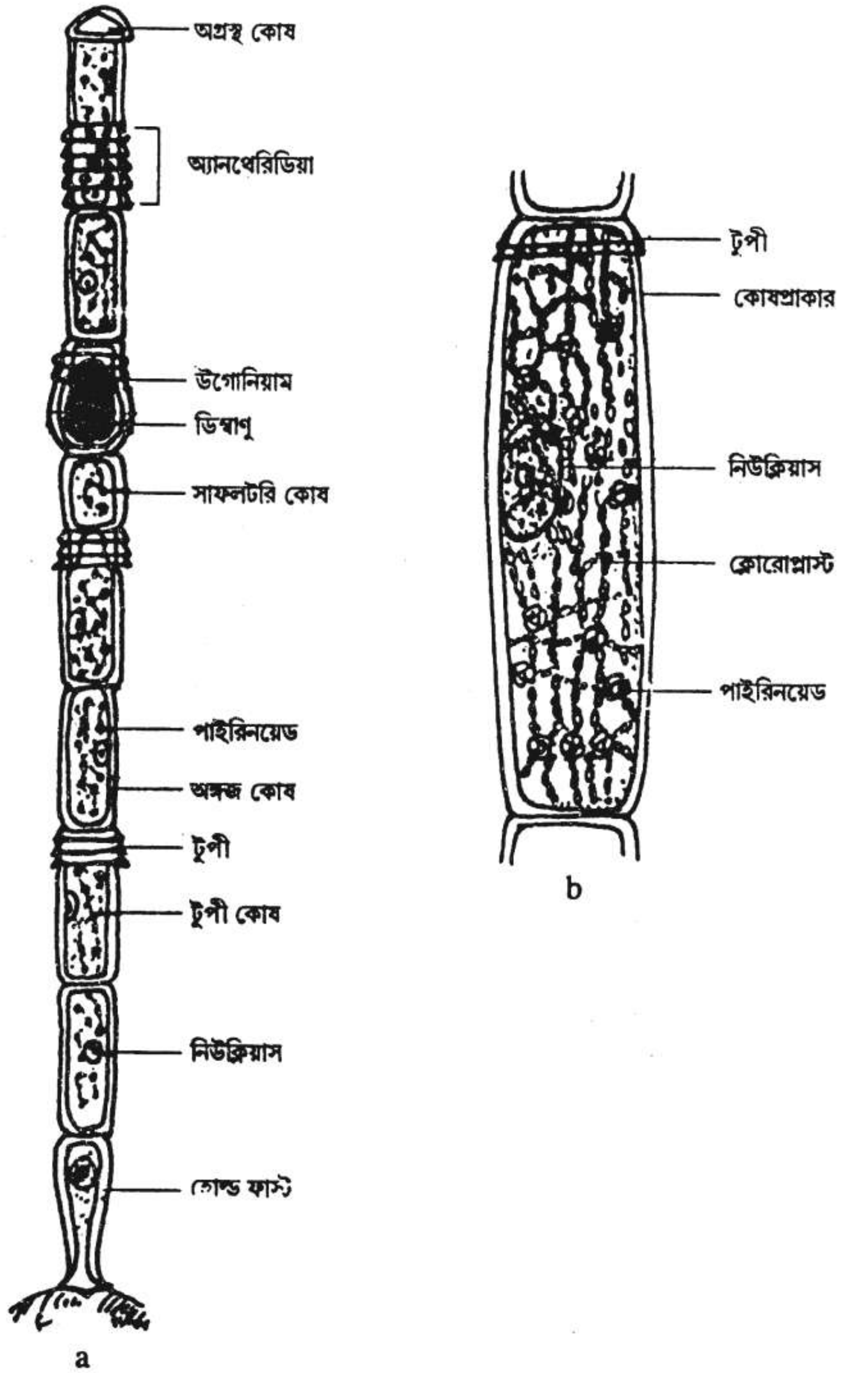
জীবনচক্র হ্যাপ্লোন্টিক, ডিপ্লোন্টিক, ডিপ্লোহ্যাপ্লন্টিক প্রকৃতির হয়।



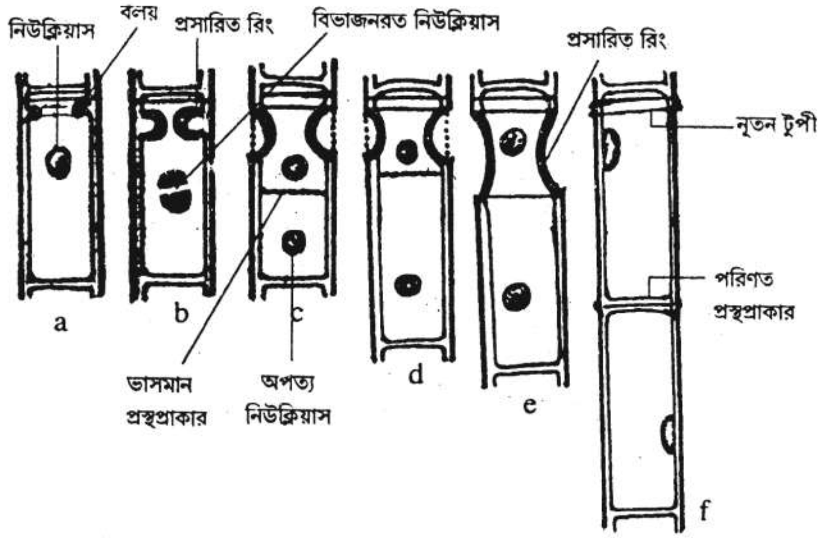
ক্ল্যামাইডোমোনাস-এর জীবন চক্র



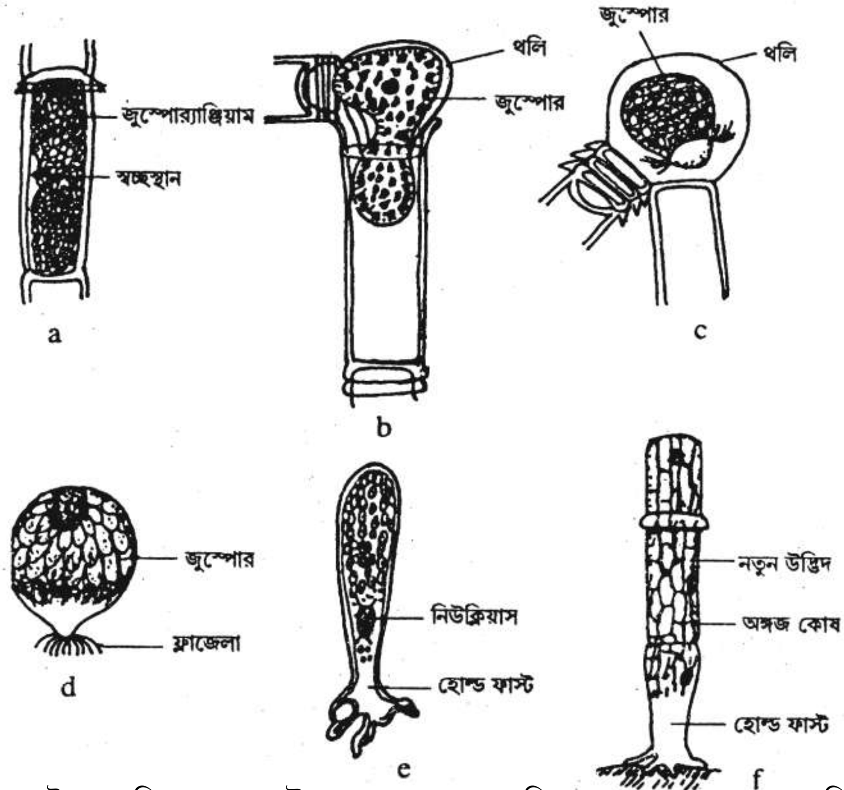
ভলভক্স-এর জীবনচক্র



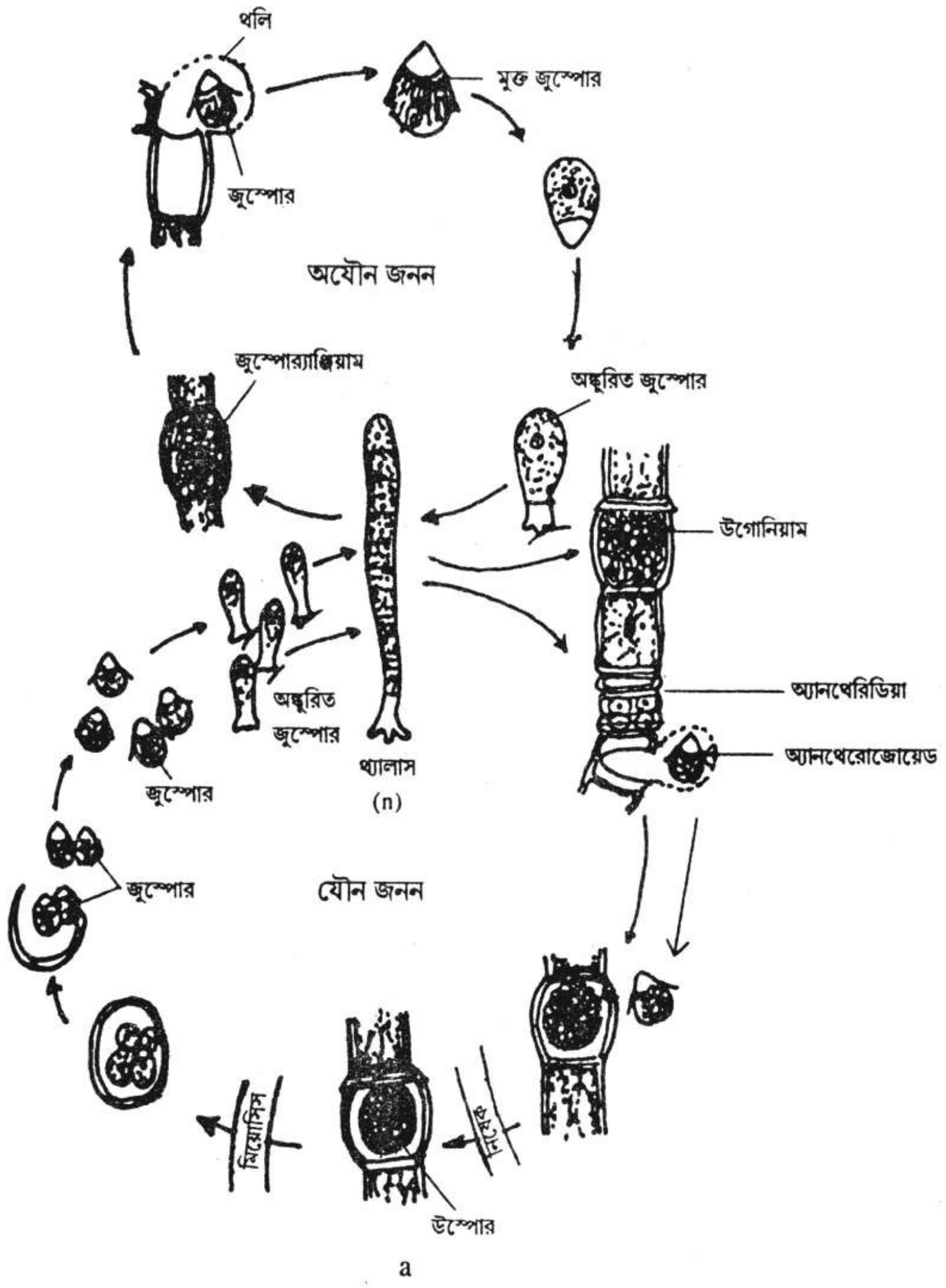
চিত্র নং 5.1 : (a) ইডোগোনিয়াম-এর একটি সহবাসী ফিলামেন্ট; (b) ইডোগোনিয়াম-এর একটি কোষের গঠন।



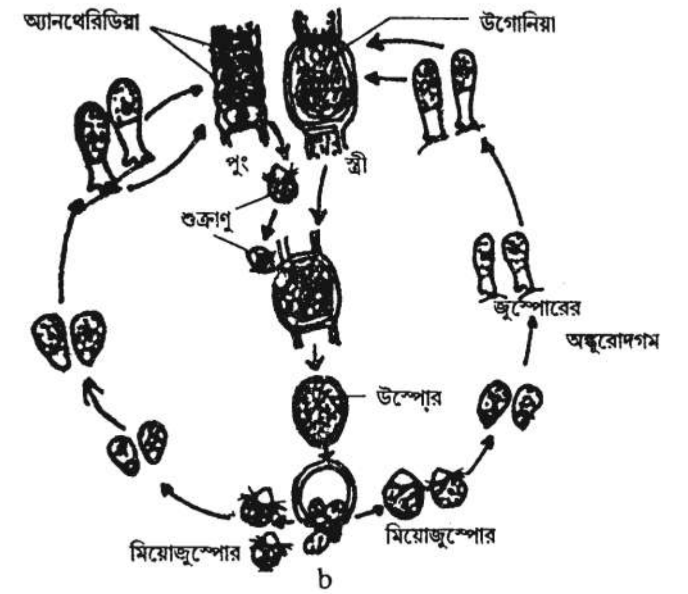
চিত্র নং 5.2 : (a – f) ইডোগোনিয়াম-এর কোষ বিভাজন ও অগ্রস্থ টুপী গঠনের বিভিন্ন দশা।



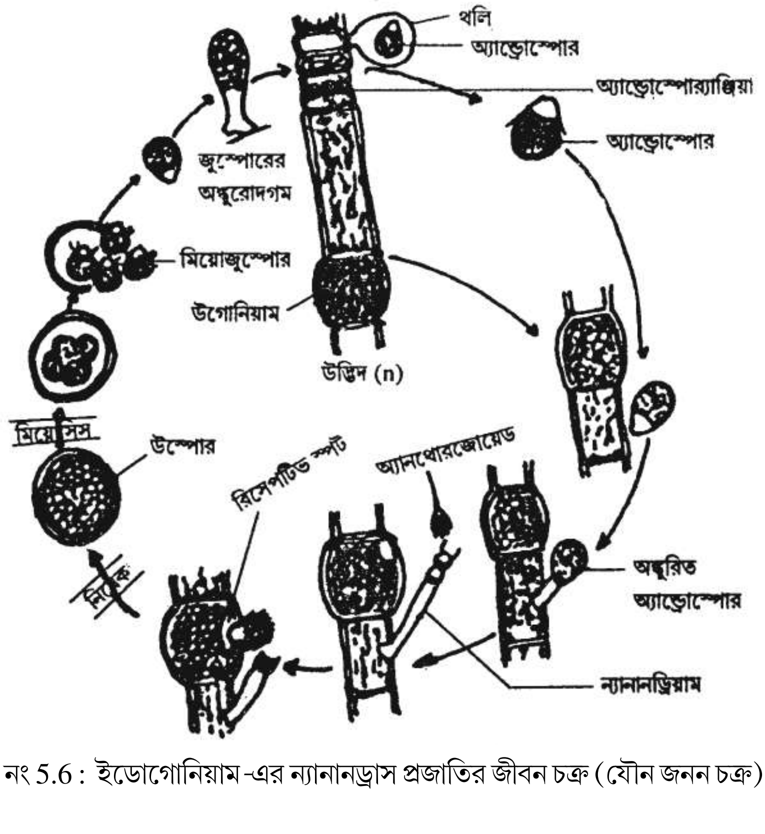
চিত্র নং 5.3 : ইডোগোনিয়াম-এর অযৌন জনন। (a) জুস্পোরাঞ্জিয়াম; (b), (c) - জুস্পোরের নির্গমণ; (d)-(f) জুস্পোরের অঙ্কুরোদগমের মাধ্যমে নূতন উদ্ভিদের সৃষ্টি।



চিত্র নং 5.4 : ইডোগোনিয়াম-এর সহবাসী (monoecious) প্রজাতির জীবন চক্র।



চিত্র নং 5.5 : ইডোগোনিয়াম-এর ভিন্নবাসী (dioecious) প্রজাতির জীবন চক্র।



চিত্র নং 5.6 : ইডোগোনিয়াম-এর ন্যানানড্রাস প্রজাতির জীবন চক্র (যৌন জনন চক্র)।

5.8 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

(1) ক্লোরোফাইসী শ্রেণীর সংক্ষিপ্ত পরিচয় দিন।

(2) ক্লোরোফাইসীর মুখ্য বৈশিষ্ট্যগুলি উল্লেখ করুন। এই শ্রেণীর যৌন জনন সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা করুন।

(3) ইডোগোনিয়াম-এর চিত্রসহ অঙ্গজ দেহের গঠন বর্ণনা করুন। এই প্রজাতিতে কোষবিভাজনের মাধ্যমে কি ভাবে টুপী গঠিত হয় বর্ণনা করুন।

(4) ইডোগোনিয়াম-এর অযৌন জনন সম্পর্কে আলোচনা করুন।

(5) ইডোগোনিয়াম-এর যৌন জনন সম্পর্কে আলোচনা করুন।

(6) ইডোগোনিয়াম-এর ন্যানান্ড্রাস প্রজাতির যৌন জনন সম্বন্ধে যা জানেন লিখুন।

(7) ইডোগোনিয়াম-এর ম্যাক্র্যানড্রাস প্রজাতির যৌন জনন বর্ণনা করুন।

5.9 উত্তর সংকেত

অনুশীলনী - 1

1 – 8 : 5.3.1 এবং 5.3.2 অংশ দেখুন।

অনুশীলনী - 2

1 – 16 : 5.4 অংশ দেখুন।

সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

প্রশ্ন- 1 5.3.1 অংশ দেখুন।

প্রশ্ন- 2 5.3.1 এবং 5.3.2 অংশ দেখুন।

প্রশ্ন- 3 5.4 অঙ্গজ গঠন অংশ এবং কোষ বিভাজন ও টুপী গঠন অংশ দেখুন।

প্রশ্ন- 4 5.4 -এর অযৌন জনন অংশ দেখুন।

প্রশ্ন- 5 5.4 -এর যৌন জনন অংশ দেখুন।

প্রশ্ন- 6 5.4 -এর যৌন জননের ন্যানানড্রাস প্রজাতি অংশ দেখুন।

প্রশ্ন- 7 5.4 -এর যৌন জননের ম্যাকর্যাড্রাস প্রজাতি অংশ দেখুন।

একক 6 ❐ কারোফাইসী (Charophyceae)

গঠন

6.1 উদ্দেশ্য
6.2 প্রস্তাবনা
6.3 কারোফাইসী—সাধারণ বৈশিষ্ট্য :
6.3.1 শ্রেণীগত অবস্থান
6.3.2 বসতি
6.3.3 জনন
6.4 কোলিওকিটি
6.4.1 শ্রেণীগত অবস্থান
6.4.2 বাসস্থান
6.4.3 থ্যালাস গঠন
6.4.4 জনন
6.4.5 নিষেকোত্তর পরিবর্তন
6.5 সারাংশ
6.6 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী
6.7 উত্তরমালা

6.1 উদ্দেশ্য

এই এককটি পাঠ করে আপনি—

* কারোফাইসী শ্রেণীর অন্তর্গত শৈবাল সম্পর্কে সাধারণ বর্ণনা দিতে পারবেন।
* Chara শৈবাল সম্পর্কে জানতে পারবেন।
* Coleochaete শৈবালের জীবনচক্র সম্বন্ধে ধারণা লাভ করবেন।

6.2 প্রস্তাবনা

কারোফাইসী শ্রেণীর শৈবাল সাধারণত স্বাদু জলের শৈবাল। উন্নত উদ্ভিদদেহের অধিকারী শৈবালগুলি সাধারণত খালি চোখে দৃশ্যমান। এই শ্রেণীর অন্তর্গত Chara ও Caleochaete সম্বন্ধে এই এককে নির্দিষ্টভাবে আলোচনা করা হয়েছে।

6.3 কারোফাইসী—সাধারণ বৈশিষ্ট্য : (General charecterestics)

সারা বিশ্বে এদের পাওয়া যায়। ভারতে প্রধানত 65টি প্রজাতি পাওয়া যায় যা 6টি গণের মধ্যে সীমাবদ্ধ থাকে। [কারা (*Chara*), নাইটেলা (*Nitella*), লাইকোথামনাস (*Lychothamnus*), *Lamprothamnium* (ল্যামপ্রোথ্যামনিয়াম) নাইটেলোপসিস (*Nitellopsis*) ও টলিপেল্লা (*Tolypella*)]

সাধারণত স্বাদু জলে নিমজ্জিত অবস্থায় থাকে। কিছুক্ষেত্রে ঈষৎ লবণাক্ত জলে হয়। বহুক্ষেত্রে কারোফাইটা চূর্ণাবৃত হয় (Calcium carbonate)।

উদ্ভিদদেহ উন্নত, সাধারণ চোখে দেখা যায়। ঋজু, শাখান্বিত ও 30 সে.মি. (30cm) অবধি দৈর্ঘ্য হতে পারে। মূলকাণ্ডটি পর্ব ও পর্বমধ্যে বিভাজিত। পর্ব থেকে নির্দিষ্ট দৈর্ঘ্যের (branches of limited growth) বহু শাখা বেরিয়ে পর্বটিকে ঘিরে থাকে।

প্রধান অক্ষের পর্ব থেকে অনির্দিষ্ট দৈর্ঘ্যের (Branches of unlimited growth) শাখাও সৃষ্টি হয় এবং এটি একটি পরিণত সপুষ্পক উদ্ভিদ-এর বাহ্যিক গঠন প্রাপ্ত হয়।

উদ্ভিদদেহের কোশগুলি সুদীর্ঘ হয়, একটি নিউক্লিয়াস ও বহু গোলাকার ক্লোরোপ্লাস্ট দেখা যায়।

যৌন জনন উন্নত ও উগেমাস (Oogamous) প্রকৃতির হয়।

পুং ও স্ত্রী যৌন জনন অঙ্গগুলিকে যথাক্রমে গ্লোবিউল (Globule) ও নিকিউল (Nucule) বলা হয় যা অত্যন্ত উন্নত প্রকৃতির হয়।

উস্পোর (Oospore) গোলাকৃতি ও কাষ্ঠল প্রকৃতির হয়। এই বাহ্যিক অংশটি কালো, বাদামী, হলুদ বা কমলা বর্ণের হয়।

অযৌন জনন দেখা যায় না।

6.3.1 শ্রেণীগত অবস্থান (Systematic Position)

বিভাগ — কারোফাইটা (*Charophyta*)
শ্রেণী — কারোফাইসী (*Charophyceae*)
বর্গ — কারালেস (*Charales*)
গোত্র — কারাসি (*Characeae*)
গণ — কারা (*Chara*)

6.3.2 বসতি

কারা গণের (*Chara* বা Stonewort) ১৪৪ প্রজাতির দেখা যায়। এটি নিমজ্জিত অবস্থায় স্বাদু জলের পুকুর, দীঘি, ঝিল ইত্যাদিতে পাওয়া যায়। এটি রাইজয়েড (Rhizoid)-এর সাহায্যে জলের নীচে কাদা বা বালির মধ্যে আটকে থাকে। চুনাপাথরের ওপর দিয়ে বহমান জলের মধ্যেও কারা দেখা যায়। ভারতে ৩০টি প্রজাতি দেখা যায় যার মধ্যে ৭টি (*Chara grovessi*, *C. handae*, *C. hatei*, *C. nuda*, *C. pashanii*, *C. Wallichii* ও *C. vandalurensis*) শুধুমাত্র ভারতেই দেখা যায়।

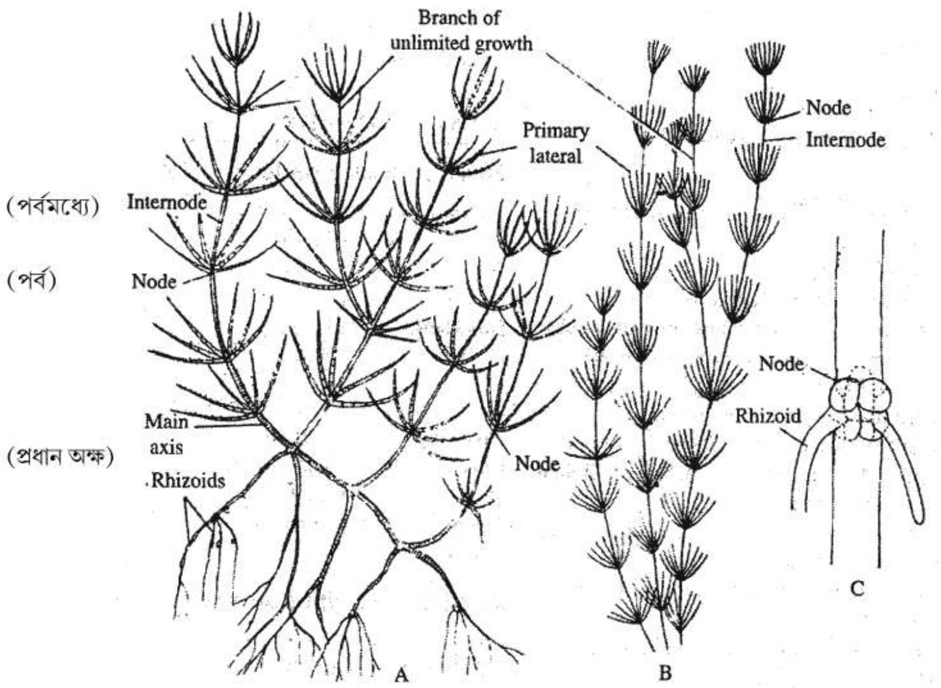
উদ্ভিদদেহ : উদ্ভিদদেহটি খালি চোখে দেখা যায়। বহু শাখান্বিত ও 20-30cm দৈর্ঘ্যের হয়। উদ্ভিদদেহটি বহু রাইজয়েড (Rhizoid) ও প্রধান অক্ষে বিভাজিত।

রাইজয়েড (Rhizoid) : সূত্রাকার, বহুকোষী, শাখন্বিত ও সাদা রঙের হয়। এদের মধ্যে সেপ্টা (Septa) উপস্থিত কিন্তু পর্ব অনুপস্থিত। এই রাইজয়েড এর সাহায্যে কারা জলে নিমজ্জিত নিম্নস্থ স্তরে আটকে থাকে।

প্রধান অক্ষ : প্রধান অক্ষটি ঋজু, লম্বা, বহু শাখান্বিত এবং পর্ব ও পর্বমধ্যে বিভাজিত। পর্বমধ্যটি লম্বা, গোলাকার, একটি অবিভাজিত কোশ, পর্বমধ্যটি দৈর্ঘ্যে প্রস্থের ৩-৪ গুণ বেশি হয়। পর্বটি বহুকোশীয় যা একটি

নির্দিষ্ট সজ্জায় সজ্জিত থাকে। মধ্যস্থ দুটি কোশকে ৬-২০টি পার্শ্বিয় কোশ ঘিরে থাকে। প্রধান অক্ষের পর্ব থেকে চার প্রকার অঙ্গানু সৃষ্টি হয় যথা :

i) Branchlets বা Primary Laterals
ii) Axillary branches বা নির্দিষ্ট দৈর্ঘ্যের প্রশাখা
iii) Stipulodes
iv) Cortex



চিত্র 6.1 : কারার *(Chara)* বাহ্যিক গঠন

i) প্রধান প্রশাখা (Primary Laterals or Branchlets) : এগুলি ক্ষুদ্র প্রশাখা যা প্রধান অক্ষের পর্বটি চতুর্দিক থেকে ঘিরে থাকে। Primary Laterals এর পর্ব থেকে আবার কিছু এককোশী, সূত্রাকার Secondary Laterals দেখা যায়। Primary Laterals এর পর্ব থেকে যৌন জননাঙ্গ সৃষ্টি হয়।

ii) অনির্দিষ্ট দৈর্ঘ্যের প্রশাখা (Branches of unlimited Growth or Long Laterals) : প্রধান অক্ষের পরিণত পর্ব থেকে কিছু অনির্দিষ্ট দৈর্ঘ্যের প্রশাখা সৃষ্টি হয়। এই প্রশাখাগুলির মধ্যেও পর্ব ও পর্বমধ্য দেখা যায়।

iii) স্টিপিউলোডস (Stipulodes) : Primary Laterals এর নীচস্থ অংশ থেকে কিছু এককোশীয় দেহ সৃষ্টি হয় যাকে Stipulodes বলা হয়।

iv) কর্টেক্স (Cortex) : কারার লম্বা পর্বমধ্যটি কিছু কোশ দ্বারা ঘেরা থাকে যাকে কর্টেক্স (Cortex) বলা হয়। এই Cortex-এর কিছু অংশ উপরস্থ পর্ব ও বাকি অংশটি নীচস্থ পর্ব থেকে গঠন হয়। উপরস্থ পর্ব থেকে সৃষ্টি কোশগুলিকে descending filaments ও নীচস্থ পর্ব থেকে সৃষ্টি কোশগুলিকে ascending filament বলা হয়। এই দুইপ্রকার কোশ মধ্যবর্তী অঞ্চলে মিলিত হয়ে কর্টেক্স (Cortex) সৃষ্টি হয়।

6.3.3 জনন

কারার ক্ষেত্রে প্রধানত অঙ্গজ ও যৌন জনন দেখা যায়।

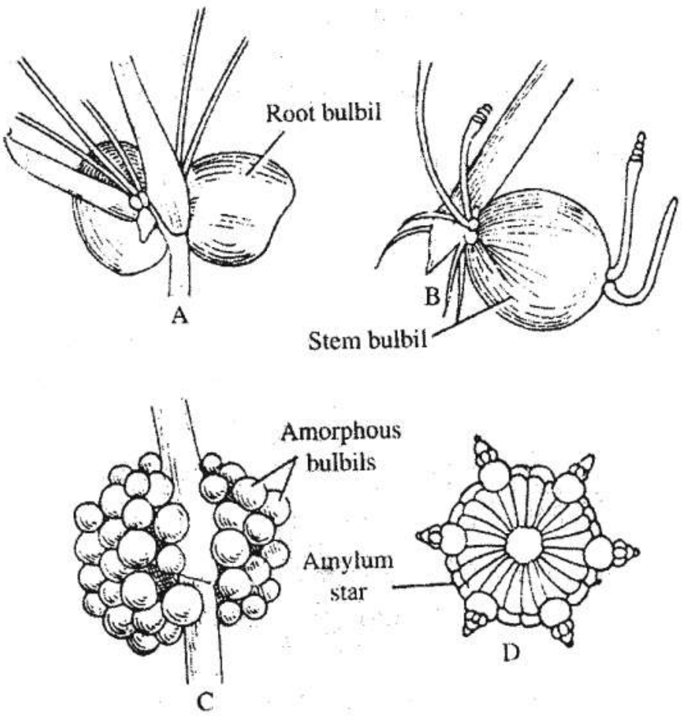
অঙ্গজ জনন : নিম্নলিখিত প্রক্রিয়ায় অঙ্গজ জনন হয়। যথা :

i) বুলবিল (Bulbils) : মূল ও কাণ্ডতে গোলাকার বা তারকাকৃতি এই অঙ্গজ জনন অঙ্গগুলি দেখা যায়। এটি প্রধান উদ্ভিদদেহ থেকে চ্যুত হয়ে মাটিতে পড়ে ও অঙ্কুরিত হয়ে নতুন উদ্ভিদ সৃষ্টি করে।

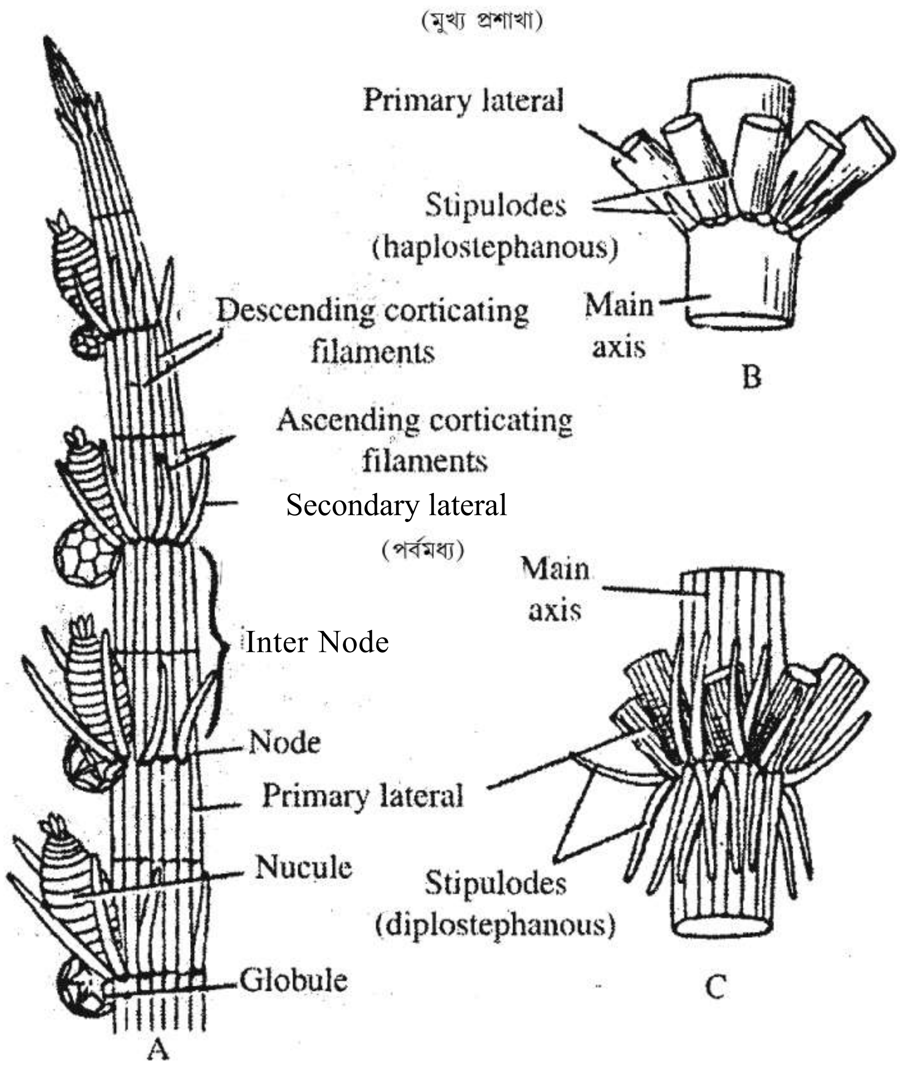
ii) Amorphous Bulbil : মূল বা কাণ্ডের পর্ব থেকে কিছু ক্ষুদ্র কোশ একত্রিত হয়ে এই পার্শ্বীয় অঙ্গ সৃষ্টি হয় যাকে Amorphous Bulbil বলা হয়। (উদাহরণ : *Chara baltica, C. delicatula*)

iii) Amylum Stars : কারার ক্ষেত্রে অ্যামাইলাম স্টার্চ (Amylum Starch) সঞ্চিত কিছু কোশ প্রধান অক্ষের নীচস্থ পর্বে তারা আকৃতির অঙ্গজ দেহ সৃষ্টি করে যাকে অ্যামাইলাম স্টার (Amylum Star) বলা হয়।

যৌন জনন : প্রধানত উন্নত উগ্যামি (Oogamy) প্রকারের যৌন জনন দেখা যায়। যৌনাঙ্গগুলি সুগঠিত ও খালি চোখে দেখা যায়। পুং যৌনাঙ্গগুলি গোলাকার, হলুদ বা রক্তিম বর্ণের যাকে Antheridior বা গ্লোবিউল (Globule) বলা হয়। স্ত্রী যৌনাঙ্গটি ডিম্বাকৃতি, সবুজ যাকে নিউকিউল (Nucule) বলা হয়। Monoecious বা Homothallic কারা প্রধানত দেখা যায় যেখানে পুং জননাঙ্গটি স্ত্রী জননাঙ্গ-এর আগে পরিণত হয় (Protandrous)। Primary Laterals এর পর্ব থেকে যৌনাঙ্গগুলি সৃষ্টি হয় ও নিউকিউলটি (Nucule), গ্লোবিউল (Globule)এর ওপর অবস্থান করে।

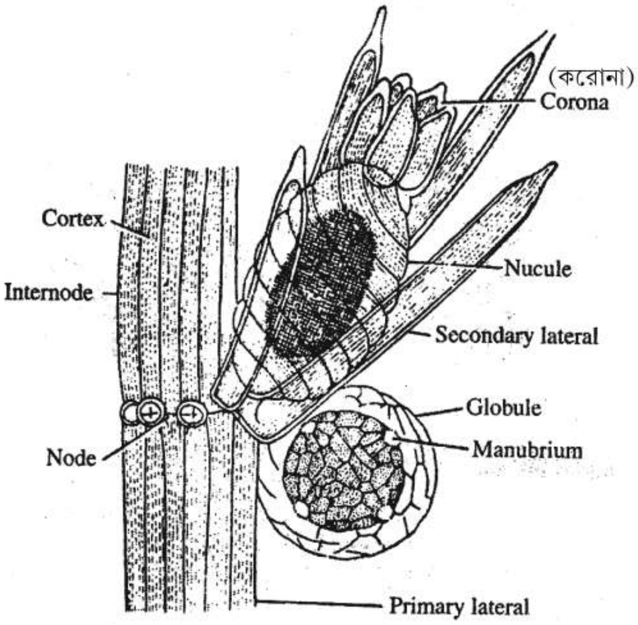


চিত্র 6.2 : অঙ্গজ জনন-এর বিভিন্ন প্রকার যা কারার ক্ষেত্রে দেখা যায়।

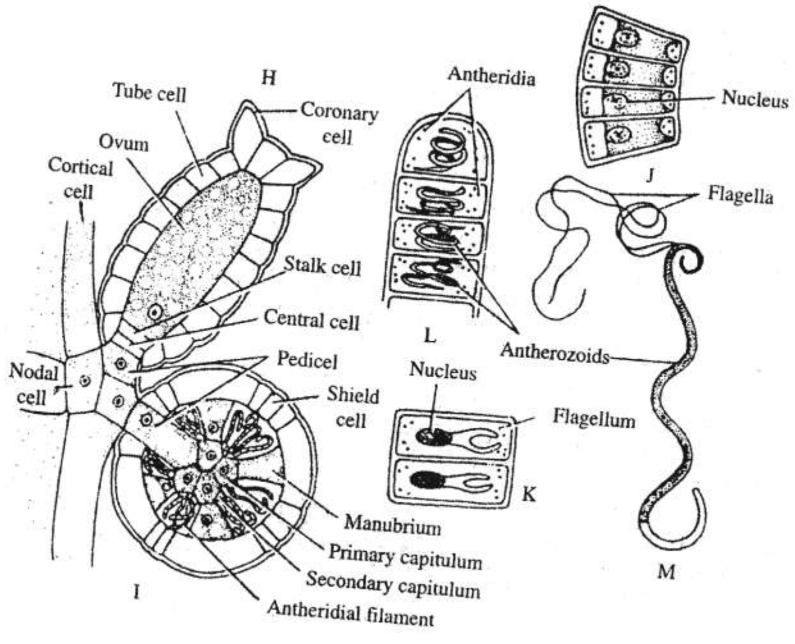


চিত্র 6.3 : মুখ্য প্রশাখা ও স্টিপিউলোড সাথে গৌণ প্রশাখাও দেখা যাচ্ছে।

পরিণত গ্লোবিউল (Mature Globule) : পরিণত গ্লোবিউলটি উজ্জ্বল হলুদ বা লাল বর্ণের বৃহৎ ও গোলাকার হয়। এটি আটটি (৮) পরস্পরের সাথে যুক্ত প্লেট-এর ন্যায় (Plate like) শিল্ড কোশ (Shield cells), ৮টি দণ্ডাকার ম্যানুব্রিয়াল কোশ (Manubrial cells), ৮টি মধ্যস্থ মুখ্য ক্যাপিচিউলাম (Primary Capitulum) ও ৪৮ (48)টি গৌণ ক্যাপিচিউলাম (Secondary Capitulum) দ্বারা গঠিত হয়। গৌণ ক্যাপিচিউলাম থেকে লম্বা, সূত্রাকার, বহুকোশীয় শাখান্বিত বা শাখাবিহীন Antheridial Filament সৃষ্টি হয়। প্রতিটি Filament একটি স্পার্ম মাতৃকোষ (Sperm Mother Cell) রূপে কাজ করে যার থেকে একটি নিউক্লিয়াসযুক্ত, দ্বিফ্লাজেলা Spermatozoid বা Antherozoid সৃষ্টি হয়। এরপরে শিল্ড কোশগুলি আলগা হয় ও Sperm Mother Cell-এর তরলীভবন-এর (Getatinization) মাধ্যমে স্পার্মাটোজয়েড নির্গত হয়।



চিত্র 6.4 : পুং যৌন জননাঙ্গ (গ্লোবিউল) ও স্ত্রী যৌন জননাঙ্গ (নিউকিউল)-এর পর্ব থেকে অবস্থান



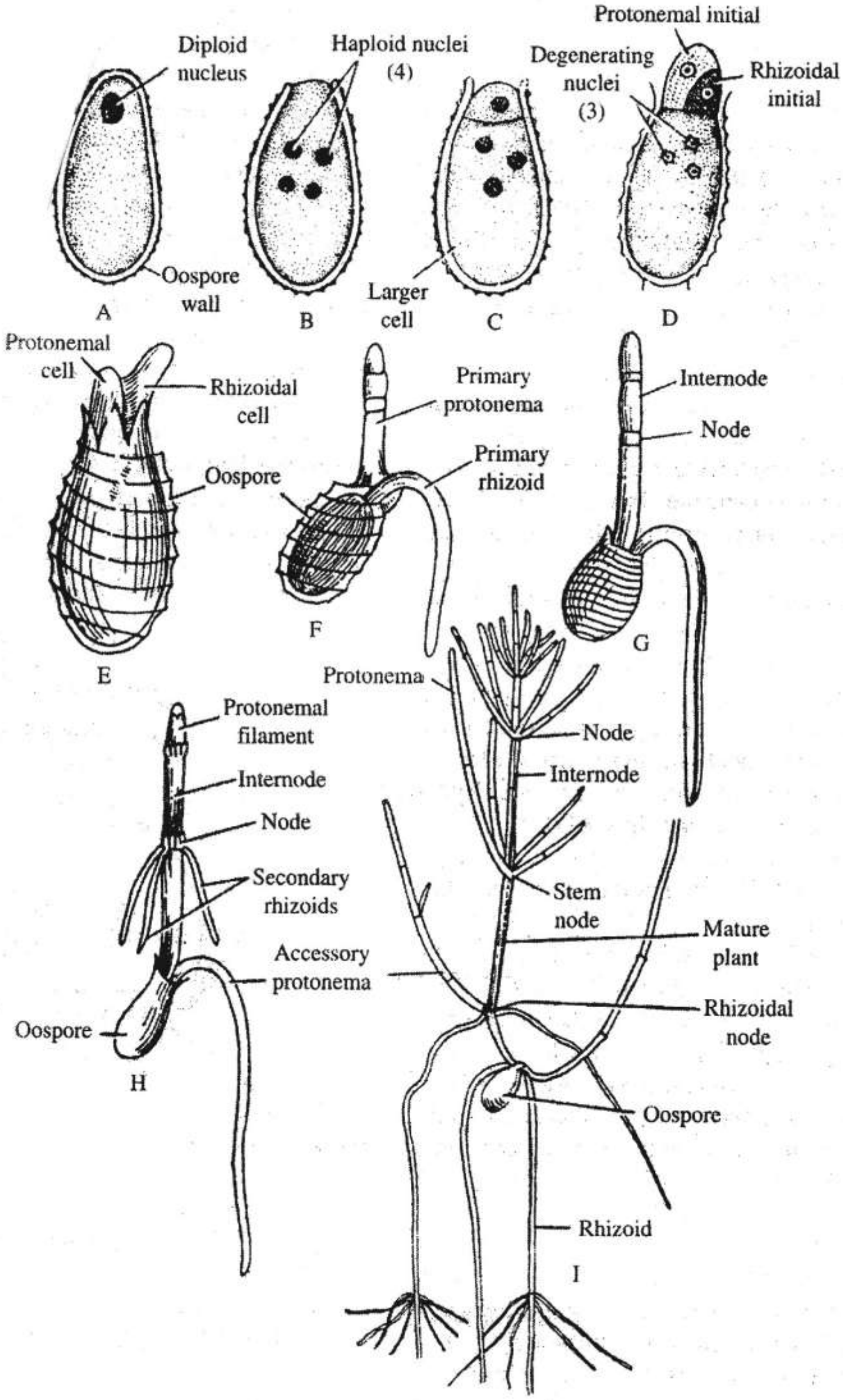
চিত্র 6.5 : কারার পুং ও স্ত্রী যৌন জননাঙ্গের অবস্থান ও শুক্রানু গঠন প্রক্রিয়া।

পরিণত নিউকিউল (Mature Nucule) : নিউকিউল বা উগোনিয়াম (Oogonium) ডিম্বাকার যা পর্বের সাথে একটি বৃন্তদ্বারা আটকে থাকে। নিউকিউলটি ৫টি সর্পিলাকারে আবর্তিত টিউব কোষ (tube cells) দ্বারা আবদ্ধ থাকে যা নিউকিউল-এর অগ্রভাগে ৫টি করোনা (Corona) কোষ সৃষ্টি করে। এর মধ্যে একটি ক্ষুদ্র বৃন্ত দ্বারা Oogonial কোষটি আটকে থাকে। উগোনিয়ান কোশ-এর ভিতর ডিম্বকটি থাকে। এই ডিম্বক এ একটি নিউক্লিয়াস প্রান্তীয় অংশে থাকে। এটি বহুল পরিমাণ স্টার্চ ও তেল সঞ্চয় করে রাখে।

নিষেক (Fertilisation) : জলের উপস্থিতিতে নিষেক হয়। নিষেকের আগে করোনা কোশগুলি আলাদা হয়ে টিউব কোশ (tube cells)গুলিকে আংশিকভাবে আলাদা করে দেয়। এরফলে ৫টি ক্ষুদ্র পথের সৃষ্টি হয় যার মাধ্যমে স্পার্ম (Antherozoid)গুলি নিউকিউল-এ প্রবেশ করে। যে কোন একটি অ্যানথেরোজয়েড ডিম্বক এর মধ্যে নিউক্লিয়াসটির সাথে নিষেক ঘটিয়ে ডিপ্লয়েড উস্পোর (Oospore) সৃষ্টি করে।

উস্পোর (Oospore) : এটি একটি কাষ্ঠল, বাদামের ন্যায় ঈষৎ হলুদ থেকে বাদামী বর্ণের হতে পারে। গোলাকার বা ডিম্বাকার গঠন। বাহ্যিক ভাবে চারটি স্তর দ্বারা আবৃত যার মধ্যে বাইরের ২টি স্তর রঙীন ও ভিতরের স্তর দুটি বর্ণহীন। বাইরের স্তর দুটিতে সুবেরিন (Suberin) ও সিলিসিক অ্যাসিড (Silicic Acid) থাকে যার জন্য এই স্তরগুলি অলংকৃত হয়। উস্পোরটি পরিণত হলে উগোনিয়াল প্রাচীর (Ooginial wall) বিদীর্ণ করে কাদা বা বালির মধ্যে নিমজ্জিত থাকে। জলের উপস্থিতিতে নতুন অপত্য উদ্ভিদদেহ সৃষ্টি হয়।

উস্পোর-এর অঙ্কুরোদগম : উস্পোর-এর নিউক্লিয়াসটি হ্রাস বিভাজিত হয়ে চারটি হ্যাপ্লয়েড (Haploid) নিউক্লিয়াস সৃষ্টি করে। এরপরে উস্পোরটি সেপ্টা (Septa) সৃষ্টি করে ও ২টি অসমান কোশ সৃষ্টি হয়। ওপরের ক্ষুদ্র অংশটিতে একটি ও নীচের বৃহৎ অংশে তিনটি নিউক্লয়াস আবদ্ধ হয়। নীচের ৩টি নিউক্লিয়াস বিনষ্ট হয়। ওপরের নিউক্লিয়াসটি উস্পোর প্রাচীর ভেদ করে বেরিয়ে আসে ও লম্ব বিভাজন করে একটি প্রোটোনেমা প্রারম্ভিক কোশ (Protonemal initial) ও রাইজয়েড প্রারম্ভিক কোশ (Rhizoid Initial) সৃষ্টি করে। প্রোটোনেমা প্রারম্ভিক কোশ থেকে গ্যামেটোফাইট উদ্ভিদ দেহ ও রাইজয়েড প্রারম্ভিক কোশ থেকে রাইজয়েড সৃষ্টি হয়।



চিত্র 6.6 : কারার উস্পোর-এর অঙ্কুরোদ্গম ও নতুন গ্যামোটোফাইট সৃষ্টি।

6.4 কোলিওকিটি *(Coleochaete)* জীবনচক্র

6.4.1 শ্রেণীগত অবস্থান (Systematic Position)

Lee, 2008

শ্রেণী — কারোফাইসি (Chrophyceae)

বর্গ — কোলিওকিটেলস (Coleochaetales)

গোত্র — কোলিওকিটেসি (Caleochaetaceae)

গণ — কোলিওকিটি (Caleochaete)

6.4.2 বাসস্থান

প্রধানত মিঠা জলের শৈবাল যদিও বহুক্ষেত্রে নিমজ্জিত উদ্ভিদ-এর উপর epiphyte রূপেও পাওয়া যায়। উন্নত গুপ্তবীজ উদ্ভিদ যেমন ট্রাপা ***(Trapa)***, আইপোমিয়া ***(Ipomoea)*** হাইড্রিলা ***(Hydrilla)*** বা অন্যান্য শৈবাল যথা করা ***(Chara)***, ভাউকেরিয়া ***(Vaucheria)*** এর উপর অবস্থান করতে দেখা যায়। ভারতীয় প্রজাতির মধ্যে **কোলিওকিটি ওরবিকুলারিস** (***C. orbicularis)*** ও সি. স্কুটাটা (***C. scutata)*** সর্বাধিক পাওয়া যায়।

6.4.3 থ্যালাস গঠন

বহুকোশীর থ্যালাস যা প্রধানত দুই প্রকারের হয়—

১। অসমসংস্থানিক (Heterotrichous form) ও ২। চ্যাপ্টা আকৃতি (Discoid form)।

১। অসমসংস্থানিক থ্যালাস এর ক্ষেত্রে আনুভূমিক তল ও লম্ব দুটি দিকে থ্যালাস বিস্তৃত থাকে। ঋজু থ্যালাসটি শাখান্বিত হয় ও অর্ধচন্দ্রাকৃতি কুশন (Cushion) এর ন্যায় আকৃতি গঠন করে। (সি. পালভিনাটা *C. pulvinata*)। অনুভূমিক তলে বিস্তৃত থ্যালাসটি প্রধান আকৃতিরূপে গ্রহণ করা হয়।

২। চ্যাপ্টা থ্যালাস (Discoid thallus) : শুধুমাত্র আনূভুমিক তলেই থ্যালাসটি বিস্তৃত। থ্যালাসটি Fan-আকৃতির ও আনুবিক্ষণীক যন্ত্রের নিচে একস্তর বিশিষ্ট থ্যালাস মনে হয়। উদাঃ সি. স্কুটাটা *(C. scutata)* লম্বা অংশটি ক্ষুদ্র সিটা (Seta) দ্বারা গঠিত হয়।

কোষ আকৃতি ঃ আনূভূমিক তলের কোশগুলি ষড়ভুজাকার বা পঞ্চভূজাকার হয়। যদিও বহিঃস্থ কোশগুলি চতুষ্কোণ ও হয়। লম্বতলের কোশগুলি বেলনাকার হয় যার দৈর্ঘ্য প্রস্থের থেকে বেশী হয়। প্রতিটি কোশ একটি নিউক্লিয়াস, একটি উন্নত পেয়ালাকৃতি ক্লোরোপ্লাস্ট ও অন্তত দুটি পাইরানয়েড সমৃদ্ধ হয়।

6.4.4 জনন

কোলিওকিটি যৌন ও অযৌন উভয় প্রকারেই জনন প্রক্রিয়া সম্পন্ন করে।

অযৌন জনন ঃ থ্যালাস এর দেহকোশ পরিণত হয়ে গোলাকার, দ্বিফ্ল্যাজেলা ও একটি ক্লোরোপ্লাস্ট, একটি নিউক্লিয়াস ও একটি পাইরানয়েড যুক্ত জুস্পোর গঠন করে। আইস্পট (Eyespot) জুসেপার এ অনুপস্থিত থাকে।

অঙ্কুরোদগম এর সময় জুস্পোর এর ফ্ল্যাজেলা দুটি বিনষ্ট হয় ও সমান্তরাল বা লম্ব বিভাজনের মাধ্যমে দুটি কোশ সৃষ্টি করে। অগ্রস্থ কোশটি সিটা (Seta/Hair) তৈরি করে। অপর কোশটি একাধিকবার একে অপরের সাপেক্ষে লম্ব বিভাজন করে চ্যাপ্টা থ্যালাস অংশটি সৃষ্টি করে।

অসমসংস্থানিক (Heterotrichous) থ্যালাস এর ক্ষেত্রে জুস্পোরটি অঙ্কুরোগদন করে শাখান্বিত চ্যাপ্টা থ্যালাসটি তৈরি করে। এর থেকেই লম্বতলে কোশ বিভাজন হয়ে অসমসংস্থানিক থ্যালাস সৃষ্টি হয়।

যৌন জনন ঃ উন্নত উগ্যামাস (Oogamous) যৌন জনন হয় এইক্ষেত্রে। পুরুষ যৌন জনন কোশ কে অ্যানথিরিডিয়াম (Antheridium) ও স্ত্রী-জনন কোশকে ওগোনিয়াম (Oogonium) বা কার্পোগোনিয়াম (Carpogonium) বলা হয়।

অ্যানথেরিডিয়াম ঃ এটি গুচ্ছাকারে উর্দ্ধমুখী শাখার উপরিতলে অবস্থান করে। কিছুক্ষেত্রে উগোনিয়াম এর সাথে একই সাথে অবস্থান করে। কোশস্থ প্রোটোপ্লাস্ট পরিবর্তিত হয়ে একটি নিউক্লিয়াস ও দ্বিফ্ল্যাজেলাযুক্ত পুংজনন কোশ বা অ্যানথেরোজয়েড (Antherozoid) সৃষ্টি করে।

উগোনিয়াম (Oogonium) : লম্ব শাখার প্রান্তস্থ কোশটি উগোনিয়াম বা কার্পোগোনিয়াম (Carpogonium) গঠন করে। পরিণত উগোনিয়ামটি বেলনাকার হয়। নীচে একটি গোলাকার অংশ হয় ও একটি লম্বা গলা বা ট্রাইকোগাইন (Trichogyne) সৃষ্টি যা লোহিত শৈবাল এর কার্পোগোনিয়াম এর সাথে সামঞ্জস্যপূর্ণ। নীচস্থ গোলাকার অংশটিতে নিউক্লিয়াস, ক্লোরোপ্লাস্ট, পাইরানয়েড ও একটি ডিম্বক উপস্থিত থাকে।

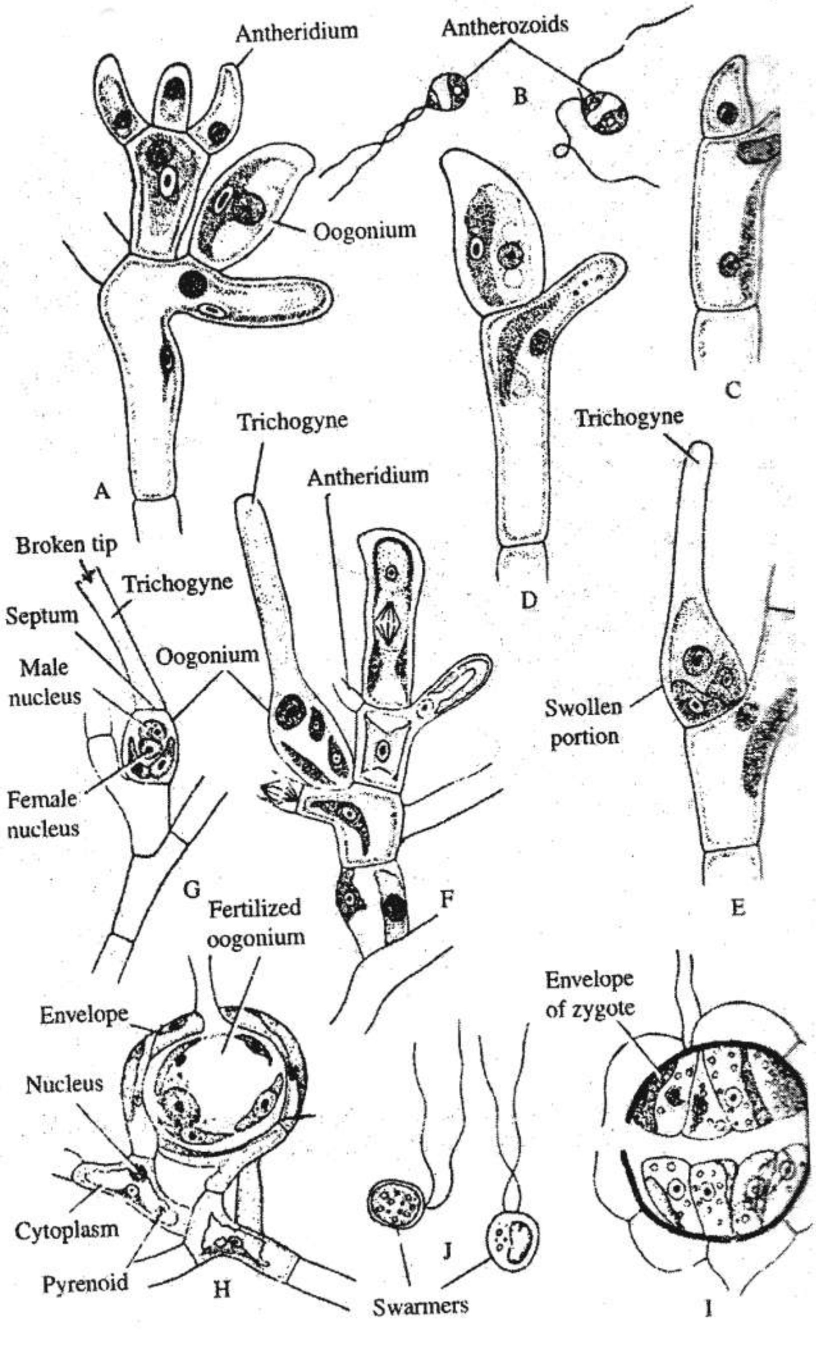
নিষেক (Fertilization) : নিষেকের সময় ট্রাইকোগাইন এর অগ্রস্থ অংশটি আংশিক ভেঙে যায় ও তার থেকে কোষীয় ধাত্র (Cytoplasm) বেরিয়ে আসে। এই ধাত্রের সাথে শুক্রাণুগুলি মিশ্রিত হয় ও শুধুমাত্র একটি শুক্রাণু ট্রাইকোগাইন এ অবস্থিত ডিম্বক এর নিষেক ঘটায়। নিষেকের ফলে একটি ডিপ্লয়েড জাইগোট (Zygote) তৈরি হয়।

6.4.5 নিষেকোত্তর পরিবর্তন ঃ (Post-fertilisation changes)

নিষেকের পর সর্বপ্রথম একটি স্তর তৈরি হয় যা উগোনিয়াম এর গলাটিকে বাকি অংশ থেকে আলাদা করে। এইসময়ই উগোনিয়াম এর নীচের অংশটি বৃদ্ধি পায় ও উগোনিয়াম এর পাশ্ববর্তী কোশগুলি ক্ষুদ্র তন্তু ন্যায় সিউডোপ্যারেনকাইমেটাস (Pseudoparenchymatous) স্তর সৃষ্টি করে। এই স্তরটি ক্রমশ রক্তাভ-বর্ণ ধারণ করে ও উস্পোর (Oospore) কে ঘিরে থাকে। উস্পোর ও তার রক্তাভ-বর্ণের স্তর সমষ্টিকে একত্রে স্পার্মোকার্প (Spermocarp) বলা হয়।

উস্পোর-এর বহিস্ত স্তরটি বিনষ্ট হয়ে যায় ও যথাযথ পরিবেশে জাইগোটটি হ্রাস বিভাজন (Meiosis) দ্বারা 16-32টি হ্যাপ্লয়েড কোশ তৈরি করে। এই হ্যাপ্লয়েড কোশগুলি দ্বিফ্ল্যাজেলাযুক্ত হয় সেগুলি কিছুক্ষণ জলে সাঁতার কাটার পর নতুন হ্যাপ্লয়েড কোলিওকিটি *(Coleochaete)* ট্রাইকোম সৃষ্টি করে।

কোলিওকিটি জীবনচক্র নির্দিষ্টভাবে পরিলক্ষিত হয় না। হ্যাপ্লয়েড ট্রাইকোম হ্যাপ্লয়েড পুং ও স্ত্রী—জননকোশ সৃষ্টি করে যা নিষেকের ফলে ডিপ্লয়েড (2n) উস্পোর গঠন করে যা হ্রাস বিভাজনের মাধ্যমে 8-32 টি দ্বিফ্ল্যাজেলাযুক্ত কোশ তৈরি করে যা পরবর্তী সময়ে হ্যাপ্লয়েড উদ্ভিদদেহ সৃষ্টি করে।



চিত্র 6.7 : কোলিওকিটি পালভিনাটার *(Colaochaete pulvinata)* যৌন জননে অংশগ্রহণকারী বিভিন্ন উদ্ভিদ দেহাংশ ও তাদের বিবরণ।

6.5 সারাংশ

কারোফাইসী গোষ্ঠীর শৈবাল সারা বিশ্বে পাওয়া যায়। *Chara*-এর ভারতে পাওয়া যায় 65টি প্রজাতি। জলে নিমজ্জিত শৈবাল দেহে প্রধান অক্ষ, পর্ব ও পর্বমধ্য দেখা যায়। যৌনজনন উগ্যামাস প্রকৃতির। পুং জনন অঙ্গকে গ্লোবিউল এবং স্ত্রী জনন অঙ্গকে বলে নিউকিউল, উস্পোর কাষ্ঠল। কোলিওকিটি মিঠা জলে এবং বহু ক্ষেত্রে এপিফাইট রূপেও পাওয়া যায়। এর থ্যালাস অসমসংস্থানিক এবং discoid—এই দুই প্রকার হয়। অযৌন ও যৌন—দুই ধরণের জননই দেখা যায়। যৌন জনন উগ্যামাস প্রকৃতির। নিষেকোত্তর পরিবর্তনে স্পার্মোকার্প গঠিত হয়। উস্পোর হ্রাস বিভাজনের ফলে 8–32টি দ্বিফ্ল্যাজেলাযুক্ত হ্যাপ্লয়েড কোশ গঠন করে থাকে।

6.6 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

1. *Chara*-এর শ্রেণীগত অবস্থানটি লিখুন।
2. *Chara*-এর থ্যালাসের গঠন বর্ণনা করুন।
3. চিত্রসহ গ্লোবিউল ও নিউকিউলের গঠন বর্ণনা করুন।
4. *Chara*-এর ভারতীয় প্রজাতির নাম লিখুন এবং অঙ্গজ জনন পদ্ধতি বর্ণনা করুন।
5. *Coleochaete*-এর থ্যালাসের গঠন বর্ণনা করুন।
6. *Coleochaete*-এর যৌন জনন পদ্ধতির চিত্রসহ বর্ণনা দিন।
7. *Coleochaete*-এর নিষেকোত্তর পরিবর্তন সম্পর্কে সংক্ষেপে লিখুন।

6.7 উত্তরমালা

1. 6.3.1 অংশ দেখুন।
2. 6.3.2 অংশ দেখুন।
3. 6.3 তে গ্লোবিউল ও নিউকিউলের চিত্র প্রদর্শিত হয়েছে।
   6.3.3 অংশে যৌন জনন পদ্ধতিটি বর্ণিত হয়েছে।
4. 6.3.3 অংশ দেখুন।
5. 6.4.3 অংশ দেখুন।
6. 6.4.4 অংশ দ্রষ্টব্য।
7. 6.4.5 অংশ দ্রষ্টব্য।

একক 7 ❒ জ্যান্থোফাইসী (Xanthophyceae, Heterokontophyta)

গঠন

7.1 উদ্দেশ্য

7.2 প্রস্তাবনা

7.3 জ্যান্থোফাইসী-র সংক্ষিপ্ত পরিচয়

7.3.1 মুখ্য বৈশিষ্ট্যসমূহ

7.3.2 জ্যান্থোফাইসীর সাধারণ বিবরণ

7.3.3 কোষীয় গঠন

7.3.4 ক্রোমাটোফোর ও রঞ্জক

7.3.5 সঞ্চিত খাদ্য

7.3.6 জনন

অনুশীলনী - 1

7.4 ভাউচেরিয়া-র জীবন ইতিহাস

7.4.1 শ্রেণীগত অবস্থান

7.4.2 ভাউচেরিয়া-র শ্রেণীগত অবস্থান সম্পর্কে মতপার্থক্য

7.4.3 বসতি

7.4.4 অঙ্গজ গঠন

7.4.5 জনন

অনুশীলনী - 2

7.5 সারাংশ

7.6 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

7.7 উত্তরসংকেত

7.1 উদ্দেশ্য

এই এককটি পাঠ করে আপনি—

- **জ্যান্থোফাইসী** অন্তর্ভুক্ত শৈবালদের সম্পর্কে একটি স্পষ্ট ধারণা করতে পারবেন এবং এই শ্রেণী সম্পর্কে সাধারণ পরিচয় দিতে পারবেন।
- ভাউচেরিয়া-র জীবন ইতিহাস আলোচনা করতে পারবেন।
- এর শ্রেণীগত অবস্থান সম্পর্কে যে মতভেদ আছে, তার কারণ ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- বর্তমানে কেন বেশীর ভাগ শৈবালবিদ্ একে জ্যান্থোফাইসীর পর্যায়ভুক্ত করেছেন তা বুঝিয়ে দিতে পারবেন।

7.2 প্রস্তাবনা

জি. এম. স্মিথ জ্যান্থোফাইসী ও ব্যাসিলারিওফাইসী শ্রেণী দুটিকে কতকগুলি সাধারণ বৈশিষ্ট্যের উপর ভিত্তি করে ক্রাইসোফাইটা (Chysophyta) বিভাগের অন্তর্ভুক্ত করেন। তবে সকল বৈশিষ্ট্যগুলি একই প্রজাতিতে নাও পাওয়া যেতে পারে। কিন্তু কোন না কোন প্রজাতিতে পাওয়া যায়। বৈশিষ্ট্যগুলি হল - (ক) কোষ-প্রাকার দুটি অংশে বিভক্ত। (খ) ফ্লাজেলাদ্বয় অসমান এবং টিনসেল প্রকৃতির ফ্লাজেলার উপস্থিতি। (গ) কোষপ্রাকারে সিলিকার আস্তরণ। (ঘ) সঞ্চিত খাদ্য লিউকোসিন (ক্রাইসোল্যামিনারিন)। পূর্বে এই শ্রেণীর শৈবালদের ক্লোরোফাইসীর অন্তর্ভুক্ত করা হত। কিন্তু পরবর্তীকালে ক্লোরোফিল-বি এর অনুপস্থিতি এবং ক্যারোটিনয়েড রঞ্জকের প্রাধান্য এবং অন্যান্য রঞ্জকের পার্থক্য, কোষপ্রাকার, ফ্লাজেলা, সঞ্চিত খাদ্য, পাইরিনয়েডের অনুপস্থিতি (কদাচিৎ দেখা যায়) ইত্যাদির পার্থক্যের জন্য ক্লোরোফাইসী থেকে এদের পৃথক করা হয়েছে। তবে ক্লোরোফাইসীর সাথে জ্যান্থোফাইসীর থ্যালাসের গঠনগত অনেক সাদৃশ্য আছে। মনে করা হয় ক্লোরোফাইসী ও জ্যান্থোফাইসী কোন সচল শৈবাল থেকে সমান্তরাল পথে বিবর্তিত হয়েছে।

বর্তমানে জ্যান্থোফাইসীর অন্তর্গত ভাউচেরিয়া-র শ্রেণীগত অবস্থান নিয়ে যথেষ্ট মতভেদ আছে। কারও কারও মতে এর স্থান ক্লোরোফাইসীতে হওয়া উচিত। ভাউচেরিয়া-র জীবন ইতিহাস আলোচনার মধ্য দিয়ে এ প্রসঙ্গে নির্দিষ্টভাবে আলোচনা করা হয়েছে।

7.3 জ্যান্থোফাইসী-র সংক্ষিপ্ত পরিচয়

7.3.1 মুখ্যবৈশিষ্ট্য সমূহ ঃ (শৈবালের শ্রেণীবিন্যাস অধ্যায়ে 2.3.4 অংশে আলোচনা করা হয়েছে)।

7.3.2 জ্যান্থোফাইসীর সাধারণ বিবরণ

বসতি - প্রধানতঃ স্বাদুজলে ভাসমান অবস্থায় থাকতে দেখা যায়। কিছু কিছু প্রজাতি স্যাঁতস্যাঁতে দেওয়ালে বা গাছের ডালে অথবা ভিজে মাটিতে দেখা যায়। কয়েকটি প্রজাতি (যেমন-*Halosphaera,* হলোস্ফেরা) সামুদ্রিক।

অঙ্গজ গঠন - ক্লোরোফাইসীর ন্যায় এই শ্রেণীতে, এককোষী, কলোনী প্রকৃতির, কক্কয়েড (coccoid), সিনোসাইটিক সাইফন প্রকৃতির, বহুকোষী সূত্রাকার শৈবাল দেখা যায়। সামান্য কিছু সচল ফ্লাজেলাযুক্ত বা অ্যামিবয়েড প্রকৃতির শৈবালও দেখা যায়, তবে এরা কোষ-প্রাকার বিহীন।

7.3.3 কোষীয় গঠন

কোষ প্রাকার - কোষ প্রাকার প্রধানতঃ gen. character থেকে লিখতে হবে। তবে *Tribonema acquale* (ট্রাইবোনেমা অ্যাকুয়ালি) এবং *Vaucheria* (ভাউচেরিয়া) প্রজাতিতে কোষপ্রাকার সেলুলোজ দ্বারা তৈরী। প্রজাতি বিশেষে কোষপ্রাকারের বাইরে সিলিকার আস্তরণ দেখা যায়। ফ্লাজেলাযুক্ত এককোষী প্রজাতিতে কোষপ্রাকার থাকে না। অনেক প্রজাতির কোষপ্রাকার পেট্রিডিসের ন্যায় দুটি খন্ডে বিভক্ত যাদের একটি অপরটিকে আংশিক ভাবে ঢেকে রাখে (যেমন - *Ophiocytium majus,* অফিওসাইটিয়াম ম্যাজাস)। কিন্তু এই দুটি অংশ আলোক অণুবীক্ষণ যন্ত্রে দেখা যায় না। পটাশিয়াম হাইড্রোক্সাইড জাতীয় পদার্থ প্রয়োগে খন্ডদ্বয় পৃথক করার পরই তা বোঝা সম্ভব। বহুকোষী সূত্রাকার দেহ, যেমন *Tribonema bombycinum* (ট্রাইবোনেমা বম্বিসিনাম), *T. minus* (ট্রাইবোনেমা মাইনাস) ইত্যাদি প্রজাতিতে দেহ প্রাকার H- আকারের খন্ড দিয়ে তৈরী।

নিউক্লিয়াস-দেহকোষ এক নিউক্লিয়াস বিশিষ্ট। সাইফন প্রকৃতির কোষ বহুনিউক্লিয়াস বিশিষ্ট, প্রস্থ প্রাকারবিহীন (সিনোসাইটিক)।

ফ্লাজেলা-ফ্লাজেলা যুক্ত কোষে ফ্লাজেলাদ্বয় সর্বদাই কোষের অগ্রভাগে বা প্রায় অগ্রভাগে যুক্ত থাকে, কখনও পার্শ্বীয়ভাবে নয়। ফ্লাজেলা জোড়া অসমান, অপেক্ষাকৃত দীর্ঘটি প্যান্টোনিমাটিক বা টিনসেল ও ক্ষুদ্রতরটি অ্যাক্রোনিমাটিক বা হুইপল্যাস প্রকৃতির।

7.3.4 ক্রোমাটোফোর ও রঞ্জক

ক্রোমাটোফোর ডিসকয়েড (discoid) আকৃতির, হলদে সবুজ বর্ণের। ক্লোরোফিল-এ রঞ্জকের উপর জ্যান্থোফিলের প্রাধান্যের জন্যই হলদে সবুজ হয়।

ক্লোরোফিল-বি অনুপস্থিত। ক্লোরোফিল-ই *Vaucheria* (ভাউচেরিয়া) ও *Tribonema* (ট্রাইবোনেমা)-র ক্ষেত্রে দেখা যায়। ক্যারোটিনয়েড রঞ্জক প্রধানত β-ক্যারোটিন জাতীয়। জ্যান্থোফিল হল - ফ্ল্যাভিসিন ও ফ্ল্যাভোজ্যান্থিন প্রকৃতির। চক্ষুবিন্দু বা স্টিগমা সাধারণত ক্রোমাটোফোরের মধ্যে অবস্থিত। তবে ক্রোমাটোফোরে সাধারণত পাইরিনয়েড থাকে না।

7.3.5 সঞ্চিত খাদ্য

স্টার্চ থাকে না। পরিবর্তে তৈলবিন্দু এবং **ক্রাইসোল্যামিনারিন (chrysolaminarin)** পাওয়া যায়। ক্রাইসোল্যামিনারিনকে লিউকোসিনও (leucosin) বলা হয়।

7.3.6 জনন

তিনপ্রকার জনন দেখা যায়, যথা-অঙ্গজ, অযৌন ও যৌন জনন। তবে প্রধানতঃ অঙ্গজ ও অযৌন জননের প্রাধান্য দেখা যায়। বহুকোষী সূত্রাকার দেহে খন্ডিভবনের সাহায্যে অঙ্গজ জনন ঘটে। কলোনী প্রকৃতির প্রজাতিতে এরূপ অঙ্গজ জনন দেখা যায়। আবার দ্বি-বিভাজন প্রক্রিয়াও দেখা যায়।

অযৌন জনন বিভিন্ন প্রকার স্পোর বা রেণু সৃষ্টির মাধ্যমে সম্পন্ন হয়। বিভিন্ন প্রকার স্পোর হল - সচল জুস্পোর, নিশ্চল অ্যাপ্লানোস্পোর, অ্যাকিনিট এবং কিছু কিছু এককোষী প্রজাতিতে সিস্ট (cyst) বা স্টাটোস্পোর (statospore) দেখা যায়। জুস্পোরের ক্ষেত্রেও দুটি অসমান ফ্লাজেলা অগ্রভাগে যুক্ত থাকে। ছোটটি অ্যাক্রোনিম্যাটিক বা হুইপল্যাস ধরনের এবং বড়টি ছোটটির প্রায় 4-6 গুণ যা প্যান্টোনিমাটিক বা টিন্‌সেল ধরণের।

যৌন জনন খুবই কম দেখা যায়। তিনটি প্রজাতিতে নিশ্চিত ভাবে যৌন জনন পাওয়া গেছে। *Botrydium granulatum* (বট্রিডিয়াম গ্রানুল্যাটাম) প্রজাতিতে আইসোগ্যামাস যৌন জনন দেখা যায়। *Tribonema* (ট্রাইবোনেমা)-র কোন প্রজাতিতে একটি গ্যামেট প্রথমে স্থির অবস্থায় আসে এবং তাকে একাধিক সচল গ্যামেট ঘিরে ধরে। এর মধ্যে একটি দ্বারা নিষিক্ত হয়। অর্থাৎ এক্ষেত্রে যৌন জনন অ্যানাইসোগ্যামাস। *Vaucheria* (ভাউচেরিয়া)-র বিভিন্ন প্রজাতিতে সুস্পষ্ট উগ্যামাস প্রকৃতির যৌন জনন দেখা যায়।

অনুশীলনী - 1

(1) জ্যান্থোফাইসীর অন্তর্গত শৈবালেরা সাধারণত কিরূপ জায়গায় জন্মায়?

(2) অঙ্গজ দেহের গঠনগত বৈচিত্রের দিক দিয়ে জ্যান্থোফাইসীর সাথে কোন্ শ্রেণীর শৈবালের সাদৃশ্য দেখা যায়?

(3) জ্যান্থোফাইসীর অন্তর্গত শৈবালের কোষের রাসায়নিক প্রকৃতি উল্লেখ করুন।

(4) জ্যান্থোফাইসীর এমন একটি শৈবালের নাম করুন যার দেহ H-আকারের খন্ড দ্বারা তৈরী।

(5) জ্যান্থোফাইসীর শৈবালে ফ্লাজেলার অবস্থান ও প্রকৃতি উল্লেখ করুন।

(6) জ্যান্থোফাইসী শ্রেণীভুক্ত শৈবালের রং হল্‌দে সবুজ হওয়ার কারণ কি?

(7) জ্যান্থোফাইসী শ্রেণীভুক্ত শৈবালে ক্লোরোফিল-বি ও পাইরিনয়েড দেখা যায় কি?

(8) জ্যান্থোফাইসী শ্রেণীভুক্ত শৈবালে সঞ্চিত খাদ্যের রাসায়নিক প্রকৃতি কি?

(9) জ্যান্থোফাইসী শ্রেণীভুক্ত শৈবালে কোন্ প্রকার জননের প্রাধান্য বেশী?

(10) জ্যান্থোফাইসীর অন্তর্গত তিনটি শৈবালের নাম করুন যাদের একটিতে আইসোগ্যামাস, একটিতে অ্যানাইসোগ্যামাস এবং একটিতে উগ্যামাস যৌন জনন দেখা যায়।

7.4 *Vaucheria*-র জীবন ইতিহাস

7.4.1 শ্রেণীগত অবস্থান (Systematic Position)

বোল্ড এবং ওয়াইনি (1985) ঃ

বিভাগ	-	ক্রাইসোফাইটা (Chrysophyta)
শ্রেণী	-	জ্যান্থোফাইসী (Xanthophyceae)
বর্গ	-	ভাউচেরিয়ালিস (Vaucheriales)
গোত্র	-	ভাউচেরিয়াসি (Vaucheriaceae)
গণ	-	*Vaucheria* (ভাউচেরিয়া)
প্রজাতি	-	*sessilis* (সেসাইলিস্)

কয়েকটি ভারতীয় প্রজাতি - *Vaucheria geminata* (ভাউচেরিয়া জেমিনাটা), *V. sessilis* (ভাউচেরিয়া সেসাইলিস্), *V. gardneri* (ভাউচেরিয়া গার্ডনেরি), *V. terrestris* (ভাউচেরিয়া টেরেস্‌ট্রিস) ইত্যাদি।

7.4.2. ভাউচেরিয়া-র শ্রেণীগত অবস্থান সম্পর্কে মতপার্থক্য

বিভিন্ন শৈবালবিদ্‌গণের মধ্যে ভাউচেরিয়া-র শ্রেণীগত অবস্থান নিয়ে দু'ধরনের মত আছে।

ফ্রিশ্চ (Fritsch, 1935) এর মতে নিম্নলিখিত কারণগুলির জন্য *ভাউচেদ্দিরয়াকে* ক্লোরোফাইসী শ্রেণীতে রাখা উচিত।

(a) থ্যালাস সাইফন প্রকৃতির সিনোসাইসিক দেহ নিয়ে গঠিত।

(b) যৌন জনন উগ্যামাস যা জ্যান্থোফাইসীর অন্যান্য প্রজাতিতে দেখা যায় না।

(c) বহু ফ্লাজেলা বিশিষ্ট সিন্‌জুস্পোরের উপস্থিতি।

ফ্রিশ্চ ভাউচেরিয়া গণকে ক্লোরোফাইসী শ্রেণীর অন্তর্গত সাইফোনেলীস (Siphonales) বর্গে স্থাপন করেন। ভারতীয় শৈবালবিদ্ আয়েঙ্গার (lyengar, 1951), ভেঙ্কটরামন্ (Venkataraman) একে সমর্থন করেন।

কিন্তু বর্তমানে পৃথিবীর বিভিন্ন শৈবালবিদ্‌গণ (মরিস, Morris, 1968; প্রেসকট, Prescott, 1969; চ্যাপম্যান ও চ্যাপম্যান, Chapman & Chapman, 1973; বোল্ড ও ওয়াইনি, Bold & Wynne, 1985; কুমার ও সিং, Kumar & Sing, 1982; হক্, ম্যান্ ও জন্, Hoek, Mann & Jahns, 1998) নিম্নলিখিত বৈশিষ্ট্যগুলির উপর ভিত্তি করে একে অনেকটা নিশ্চিত ভাবে জ্যান্থোফাইসী শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত করেন ঃ

(a) কোষপ্রাকার সেলুলোজ প্রকৃতির হলেও ক্লোরোফাইসীর অন্যান্য প্রজাতির সেলুলোজের সাথে এর পার্থক্য বর্তমান (চ্যাপম্যান ও চ্যাপম্যান, 1973)।

(b) ভাউচেরিয়ায় ক্লোরোফিল - বি অনুপস্থিত যা জ্যান্থোফাইসীর অন্যান্য প্রজাতির বৈশিষ্ট্য।

(c) পাইরিনয়েডবিহীন ডিশের ন্যায় ক্লোরোপ্লাস্ট, যা জ্যান্থোফাইসীয়ান্ ক্যারোটিনয়েড রঞ্জক (ক্যারোটিন ও জ্যান্থোফিল) ধারণ করে। এক্ষেত্রে সাইফোনেসিয়াস ক্লোরোফাইসর ন্যায় সাইফোনোজ্যান্থিন (siphonoxanthin) ধারণ করে না।

(d) সঞ্চিত খাদ্য তৈল বিন্দু যা জ্যান্থোফাইসীর বৈশিষ্ট্য।

(e) পুং গ্যামেটে দুটি পার্শ্বীয়, অসমান দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট ফ্লাজেলা বর্তমান যাদের একটি টিনসেল ও অপরটি হুইপল্যাস প্রকৃতির। জ্যান্থোফাইসীর প্রজাতির ক্ষেত্রেও এটি একটি আদর্শ বৈশিষ্ট্য।

(f) ভাউচেরিয়া হ্যাপ্লয়েড শৈবাল কিন্তু ক্লোরোফাইসীর অন্তর্গত অন্যান্য সাইফনেসিয়াস শৈবাল ডিপ্লয়েড প্রকৃতির (যেমন - কলারপা, *Caulerpa*) (চ্যাপম্যান ও চ্যাপম্যান, 1973)।

7.4.3 বসতি

Vaucheria (ভাউচেরিয়া) প্রধানত মিঠা জলে, যেমন - হ্রদ, পুকুর, ডোবা, নালা ইত্যাদি স্থানে বাস করে। স্থলজ প্রজাতি স্যাঁতস্যাঁতে মাটিতে সবুজ আস্তরণ সৃষ্টি করে। তবে কয়েকটি প্রজাতি সামুদ্রিক *(Vaucheia piloboloides,* ভাউচেরিয়া পাইলোবোলোয়েডিস্)। তাছাড়া *V. jonesii* (ভাউচেরিয়া জোনেসি) নামক প্রজাতিটি বরফে জন্মায়। *V. geminata* (ভাউচেরিয়া জেমিনেটা) প্রজাতিটি শুধু স্থলে জন্মায়।

7.4.4 অঙ্গজ গঠন (7.4 চিত্রে পরিণত উদ্ভিদের গঠন দেওয়া আছে)

এদের দেহ শাখান্বিত নলাকার, সূত্রবৎ, প্রস্থ প্রাকারবিহীন বহুনিউক্লিয়াস বিশিষ্ট সিনোসাইটিক প্রকৃতির। দেহটি নিম্নভাগে একটি বর্ণহীন হোল্ডফাস্ট দ্বারা মাটির সাথে আবদ্ধ থাকে।

কোষপ্রাকার খুবই পাতলা এবং দুটি স্তর বিশিষ্ট। বাইরের স্তরটি পেক্‌টোজ দ্বারা এবং ভিতরের স্তরটি সেলুলোজ দ্বারা গঠিত।

নলাকার দেহের কেন্দ্রস্থলে একটি গহ্বর সূত্রের অগ্রভাগ থেকে নিম্নভাগ পর্যন্ত প্রসারিত ফলে কেন্দ্রীয় গহ্বরকে ঘিরে সাইটোপ্লাজমের পুরু আস্তরণ অবস্থিত। অসংখ্য নিউক্লিয়াস, পাইরিনয়েড বিহীন ডিশ বা চাক্‌তির ন্যায় অসংখ্য ক্লোরোপ্লাস্ট (ক্লোরোফিল-বি না থাকায় অনেকে একে ক্রোমোটোফোর বলেন) এবং সঞ্চিত খাদ্য তৈলবিন্দুরূপে সাইটোপ্লাজমে বিস্তৃত থাকে। ক্রোমাটোফোরে ক্লোরোফিল-এ থাকে কিন্তু ক্লোরোফিল-বি থাকে না তবে ক্লোরোফিল-ই দেখা যায়। তাছাড়া জ্যান্থোফাইসীর বৈশিষ্ট্যযুক্ত সকল প্রকার ক্যারোটিনয়েড রঞ্জক (7.3.2 অংশে অলোচনা করা হয়েছে) থাকে।

7.4.5 জনন

তিন প্রকার জনন দেখা যায়, যথা - অঙ্গজ, অযৌন ও যৌন জনন।

অঙ্গজ জনন ঃ খন্ডিভবনের সাহায্যে সম্পন্ন হয়।

অযৌন জনন ঃ বিভিন্নপ্রকার মাইটোস্পোর সৃষ্টির মাধ্যমে সম্পন্ন হয়।

(a) বহুফ্লাজেলা বিশিষ্ট জুস্পোর দ্বারা ঃ সূত্রাকার দেহের অগ্রভাগ কিছুটা স্ফীত হয় এবং একটি প্রস্থপ্রাকার সৃষ্টির মাধ্যমে উক্ত স্ফীত অংশ মূল দেহ থেকে পৃথক হয়ে যায়। পৃথক হওয়া এই স্ফীত অংশকে জুস্পোর্যাঞ্জিয়াম বলে। বহুনিউক্লিয়াস বিশিষ্ট জুস্পোর্যাঞ্জিয়ামের প্রোটোপ্লাস্ট সংকুচিত হয়। নিউক্লিয়াসগুলি পরিধি বরাবর বিন্যস্ত হয় এবং ক্রোমাটোফোরগুলি ভিতরের দিকে স্থানান্তরিত হয়। প্রত্যেক নিউক্লিয়াসের বাইরের দিকে একজোড়া ফ্লাজেলা সৃষ্টি হয়। ফলে সমগ্র সঙ্কুচিত প্রোটোপ্লাস্টটি বহু ফ্লাজেলাযুক্ত একটি জুস্পোরে পরিণত হয়। এই ধরনের জুস্পোরকে কমপাউন্ড জুস্পোর (compound zoospore) বা সিনোজুস্পোর বলা হয়। নিউক্লিয়াস বিশিষ্ট জুস্পোর একত্রিত হয়ে এধরণের জুস্পোর গঠন করে। পরিণত জুস্পোরটি জুস্পোর্যাঞ্জিয়ামের অগ্রভাগে ছিদ্র সৃষ্টির মাধ্যমে বাইরে বেরিয়ে আসে। জুস্পোরটি কিছু সময়ের জন্য জলে সাঁতার কেটে বেড়ায় এবং পরে মাটির কোন স্থানে স্থির হয়, ফ্ল্যাজেলা পরিত্যাগ করে এবং একটি প্রাকার দ্বারা পরিবেষ্টিত হয়। এর দেহ থেকে একাধিক নলাকার উপবৃদ্ধি সৃষ্টি হয়। এদের একটি রাইজয়েড জাতীয় হোল্ডফাস্ট রূপে কাজ করে এবং অন্যগুলি লম্বা হয়ে উদ্ভিদ দেহ গঠন করে। **(চিত্র 7.1)**)

(b) অ্যাপ্লানোস্পোর (Aplanospore) দ্বারা ঃ *ভাউচেরিয়া*-র কিছু প্রজাতি প্রতিকূল পরিবেশে জুস্পোরের পরিবর্তে স্পোর্যাঞ্জিয়ামের মধ্যে পাতলা প্রাচীর বিশিষ্ট ফ্ল্যাজেলা বিহীন নিশ্চল রেণু গঠন করে, একে অ্যাপ্লানোস্পোর বলা হয়। এটি জুস্পোর্যাঞ্জিয়ামের ন্যায় বাইরে বেরিয়ে আসে এবং সরাসরি অঙ্কুরিত হয়ে নূতন শৈবাল দেহ গঠন করে। *V.geminata* (ভাউচেরিয়া জেমিনাটা), *V.uncinata* (ভাউচেরিয়া আনসিনাটা) ইত্যাদি প্রজাতিতে দেখা যায়। **(চিত্র 7.2 c)**

অ্যাকিনিট (Akinete) দ্বারা ঃ অনেক সময় প্রতিকূল পরিবেশে নলাকার দেহটি স্থানে স্থানে প্রস্থপ্রাকার দ্বারা বিভক্ত হয় এবং এর প্রোটোপ্লাস্ট পুরু প্রাকার দ্বারা পরিবৃত হয়ে বহু নিউক্লিয়াস বিশিষ্ট অ্যাকাইনিট বা হিপনোস্পোর এ পরিণত হয়। ভাউচেরিয়া জেমিনাটা প্রজাতিতে এটি দেখা যায়। অনেক সময় হিপনোস্পোরগুলি আরও পুরু প্রাকার দ্বারা

পরিবেষ্টিত হয়ে একই সারিতে বিন্যস্ত হয়ে একাধিক সিস্ট গঠন কদ্দের। ভাউচেরিয়ার এই প্রকার অবস্থাকে গাংগ্রোসিরা *(Gongrosira)* নামক অন্য একটি শৈবালের মতো দেখতে হয় বলে একে **গাংগ্রোসিরা দশা** বলা হয় (চিত্র 7.2)। অনুকূল পরিবেশে প্রতিটি সিস্ট প্রাকার ভেঙে নগ্ন প্রোটোপ্লাস্ট বাইরে উন্মুক্ত হয় এবং অ্যামিবার ন্যায় দেখায়। এটি প্রাকার দেহ নালির ন্যায় উপলব্ধি ও কোষ প্রাকার সৃষ্টির মাধ্যমে নূতন শৈবাল দেহ গঠন করে।

যৌন জনন ঃ যৌন জনন উগ্যামাস প্রকৃতির। প্রায় সকল প্রজাতিই সহবাসী (monoecious) যেমন - ভাউচেরিয়া সেসাইলিস, ভাউচেরিয়া জেমিনাটা ইত্যাদি। কয়েকটি প্রজাতি যেমন - *Vaucheria dichotoma* (ভাউচেরিয়া ডাইকটমা), *V. litoria* (ভাউচেরিয়া লিটোরিয়া) প্রভৃতি ভিন্নবাসী (dioecious)। **(চিত্র 7.4)**

জনন অঙ্গকে পুংধানী (antheridia) এবং স্ত্রীধানী (oogonia) বলা হয়। পুংধানী ও স্ত্রীধানী একই শাখায় সাধারণত পাশাপাশি খুবই কাছাকাছি জন্মায়। পুংধানী ও স্ত্রীধানী একই বৃন্তের উপর বা বৃন্তহীন অবস্থায় জন্মাতে পারে। গুচ্ছাকারে অবস্থিত উগোনিয়ার মাঝখানে একটি পুংধানী থাকতে পারে অথবা উগোনিয়া ও পুংধানী উভয়ই অঙ্গজদেহের উপর দ্বি-পার্শ্বীয়ভাবে বিন্যস্ত থাকতে পারে। প্রজাতি বিশেষে ভিন্ন ভিন্ন বিন্যাস হয় (চিত্র 7.3)।

পুংধানী বা অ্যান্থেরিডিয়াম ঃ কোন পরিণত সূত্রাকার দেহ থেকে উৎপন্ন পার্শ্বীয় শাখা বৃদ্ধি পেয়ে বক্রাকার রূপ ধারণ করে এবং এর অগ্রভাগে নিউক্লিয়াস, ক্রোমাটোফার এবং সাইটোপ্লাজম সঞ্চিত হয়। অতঃপর বক্রাকার অগ্রভাগে প্রস্থপ্রাকার দ্বারা নিম্নভাগ থেকে পৃথক হয়ে যায়। পৃথক হওয়া এই অগ্রভাগকে পুংধানী বলে। পুংধানীতে অবস্থিত প্রতিটি নিউক্লিয়াস সাইটোপ্লাজম দ্বারা পরিবৃত হয়ে একটি শুক্রানুতে (antherozoid) পরিণত হয়। প্রতিটি শুক্রাণুতে দুটি অসম পার্শ্বীয় ফ্লাজেলা থাকে। পুংধানীর অগ্রভাগে ছিদ্র সৃষ্টির মাধ্যমে শুক্রাণু বাইরে নিষ্ক্রান্ত হয়।

স্ত্রীধানী বা উগোনিয়াম ঃ স্ত্রীধানী গঠনকালে সূত্রাকার দেহের নির্দিষ্ট অংশটি স্ফীত হতে শুরু করে এবং এই অংশে নিউক্লিয়াস, তৈলবিন্দু সহ বর্ণহীন সাইটোপ্লাজম সঞ্চিত হয়। এই প্রকার সাইটোপ্লাজমকে **ওয়ান্ডারপ্লাজম** বলে। স্ফীত অংশটি গোড়ার দিকে প্রস্থ প্রাকার সৃষ্টির মাধ্যমে মূল দেহ থেকে পৃথক হয়ে যায় এবং ধীরে ধীরে বৃদ্ধি পেয়ে গোলাকার বা ডিম্বাকার, ক্ষুদ্র বৃন্ত বিশিষ্ট বা বৃন্তহীন স্ত্রীধানীতে পরিণত হয়। পরিণত স্ত্রী-ধানীর বাঁকানো অগ্রভাগে পাখীর ঠোঁটের ন্যায় অংশ থাকে। স্ত্রীধানীর ভিতরে প্রোটোপ্লাস্ট সঙ্কুচিত ও গোলাকৃতি রূপ ধারণ করে এবং ওভাম (ovum) বা ডিম্বাণুতে পরিণত হয়। ঠোঁটের নীচের দিকে ডিম্বাণুর অংশটি স্বচ্ছ দেখায়, এই স্থানকে গ্রাহক বিন্দু বা রিসেপটিভ স্পট (receptive spot) বলে। নিষেকের পূর্বে ডিম্বাণুতে একটি মাত্র নিউক্লিয়াস থাকে। মনে করা হয় বাকী নিউক্লিয়াসগুলি হয় বিনষ্ট হয় নতুবা প্রস্থ প্রাকার সৃষ্টির পূর্বেই প্রধান সূত্রের মধ্যে অর্থাৎ অঙ্গজ দেহে চলে যায়। স্ত্রীধানীর ঠোঁটের মাথার অংশটি জিলেটিনে রূপান্তরিত হয়, ফলে একটি ছিদ্রের সৃষ্টি হয়। এই ছিদ্র দিয়ে দ্বি-ফ্লাজেলাযুক্ত শুক্রাণু প্রবেশ করে এবং একটি মাত্র শুক্রাণু ডিম্বাণুর সাথে নিষিক্ত হয়। নিষিক্ত ডিম্বাণুটি আরও খাদ্য সঞ্চয় করে এবং পুরু প্রাকার দ্বারা পরিবেষ্টিত হয়ে জাইগোট বা উস্পোর (Oospore) গঠন করে।

বিশ্রামকাল শেষ হওয়ার পর উস্পোরের ডিপ্লয়েড নিউক্লিয়াস মায়োসিস প্রক্রিয়ায় চারটি হ্যাপ্লয়েড নিউক্লিয়াস গঠন করে এবং সরাসরি নলাকার সিনোসাইটিক দেহ গঠন করে। এক্ষেত্রে লক্ষণীয় যে উস্পোর থেকে কোন মিয়োস্পোর উৎপন্ন হয় না।

অনুশীলনী - 2

(1) *Vaucheria*-র শ্রেণীগত অবস্থান উল্লেখ করুন।

(2) *Vaucheria*-র দুটি ভারতীয় প্রজাতির নাম করুন।

(3) *Vaucheria*-র একটি সামুদ্রিক প্রজাতির নাম করুন।

(4) বরফে জন্মায় এরূপ একটি *Vaucheria* প্রজাতির নাম করুন।

(5) সিনোসাইটিক প্রকৃতির একটি শৈবালের নাম করুন।

(6) *Vaucheria* জুস্পোরের প্রকৃতি উল্লেখ করুন।

(7) *Vaucheria*-র প্রতিটি জুস্পোর্যাঞ্জিয়াম থেকে কয়টি জুস্পোর উৎপন্ন হয়?

(8) 'গাংগ্রোসিরা দশা' কি?

(9) *Vaucheria*-র পুংধানী ও স্ত্রীধানী দেখতে কেমন?

(10) *Vaucheria*-র কি প্রকার যৌন জনন দেখা যায়?

(11) *Vaucheria*-র শুক্রাণুর প্রকৃতি উল্লেখ করুন

7.5 সারাংশ

● জ্যান্থোফাইসী শ্রেণীর শৈবাল প্রধানতঃ মিঠা জলে ও স্যাঁতস্যাঁতে মাটিতে জন্মায়। কয়েকটি প্রজাতি সামুদ্রিক। ক্লোরোফাইসীর ন্যায় এক্ষেত্রেও বিভিন্ন আকৃতির শৈবাল পাওয়া যায়।

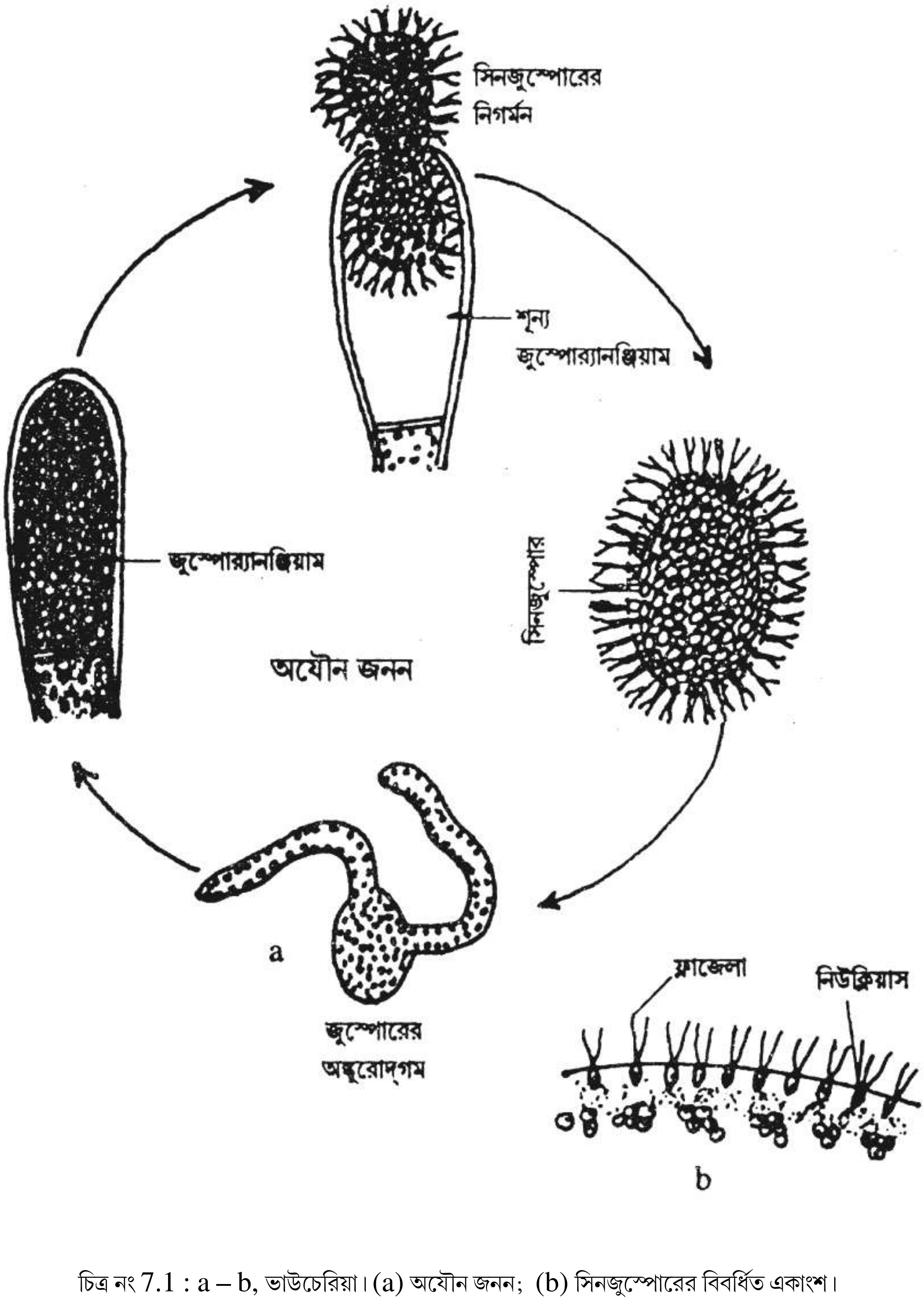
কোষপ্রাকার দু'একটি প্রজাতি ছাড়া প্রধানত পেক্টোজ দ্বারা গঠিত। অনেক প্রজাতিতে কোষপ্রাকার দুটি খন্ডে বিভক্ত। অনেক ক্ষেত্রে সূত্রাকার দেহটি H– আকৃতির খন্ডে বিভক্ত। সচল কোষে ফ্লাজেলা জোড়া অসমান এবং প্রায় অগ্রভাগে যুক্ত। ক্লোরোফিল-বি থাকে না। জ্যান্থোফিলের প্রাধান্যের জন্য এই শ্রেণীর শৈবালের রং হলদে-সবুজ হয়। সঞ্চিত খাদ্য ক্রাইসোল্যামিনারিন প্রকৃতির। জনন প্রধানত অঙ্গজ ও অযৌন জনন প্রক্রিয়ায় সম্পন্ন হয়। কয়েকটি ক্ষেত্রে যৌন জনন দেখা যায়।

ভাউচেরিয়া প্রজাতিটি সাইফোনেসিয়াস সিনোসাইটিক প্রকৃতির শৈবাল। এর শ্রেণীগত অবস্থান নিয়ে মতভেদ আছে। অযৌন জননে সৃষ্ট জুস্পোর বহুফ্লাজেলাযুক্ত সিন্‌জুস্পোর প্রকৃতির। যৌন জনন উগ্যামাস প্রকৃতির। সুস্পষ্ট ও বৈশিষ্ট্যপূর্ণ পুংধানী ও স্ত্রীধানী উৎপন্ন হয়।

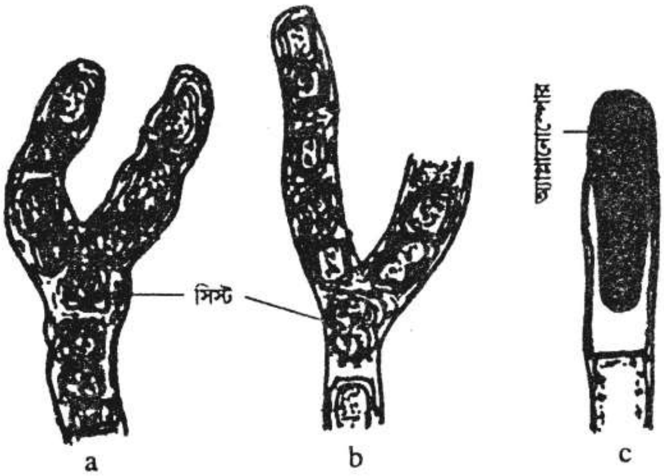
7.6 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

(1) জ্যান্থোফাইসীর মুখ্য বৈশিষ্ট্যগুলি উল্লেখ করুন।

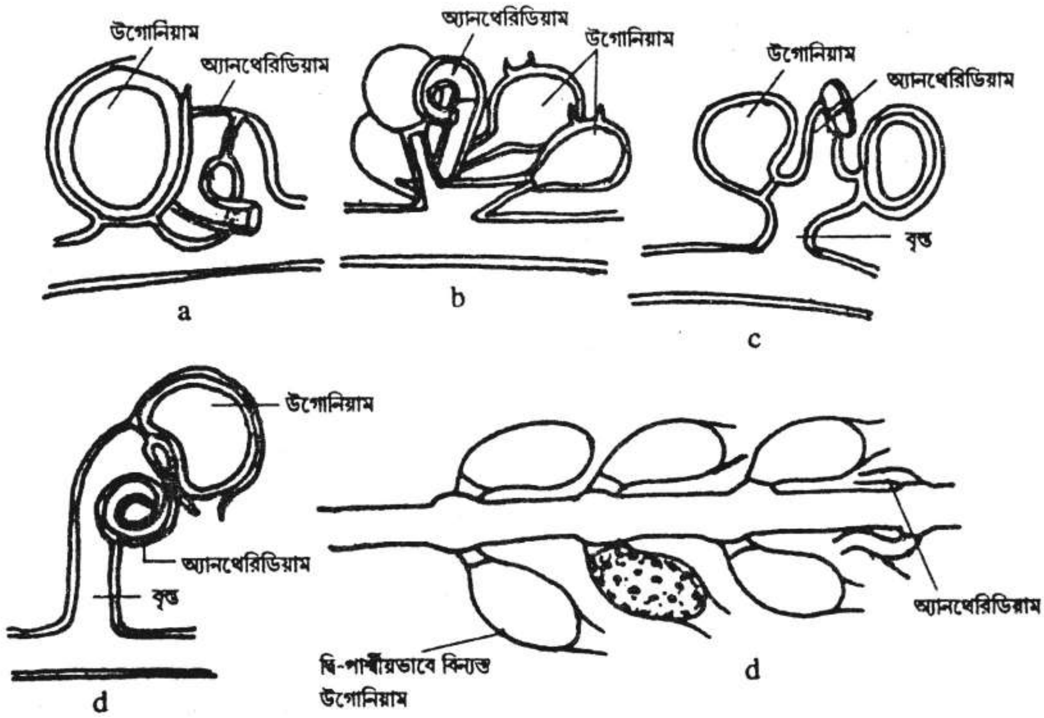
(2) জ্যান্থোফাইসীর সাধারণ বিবরণ দিন।



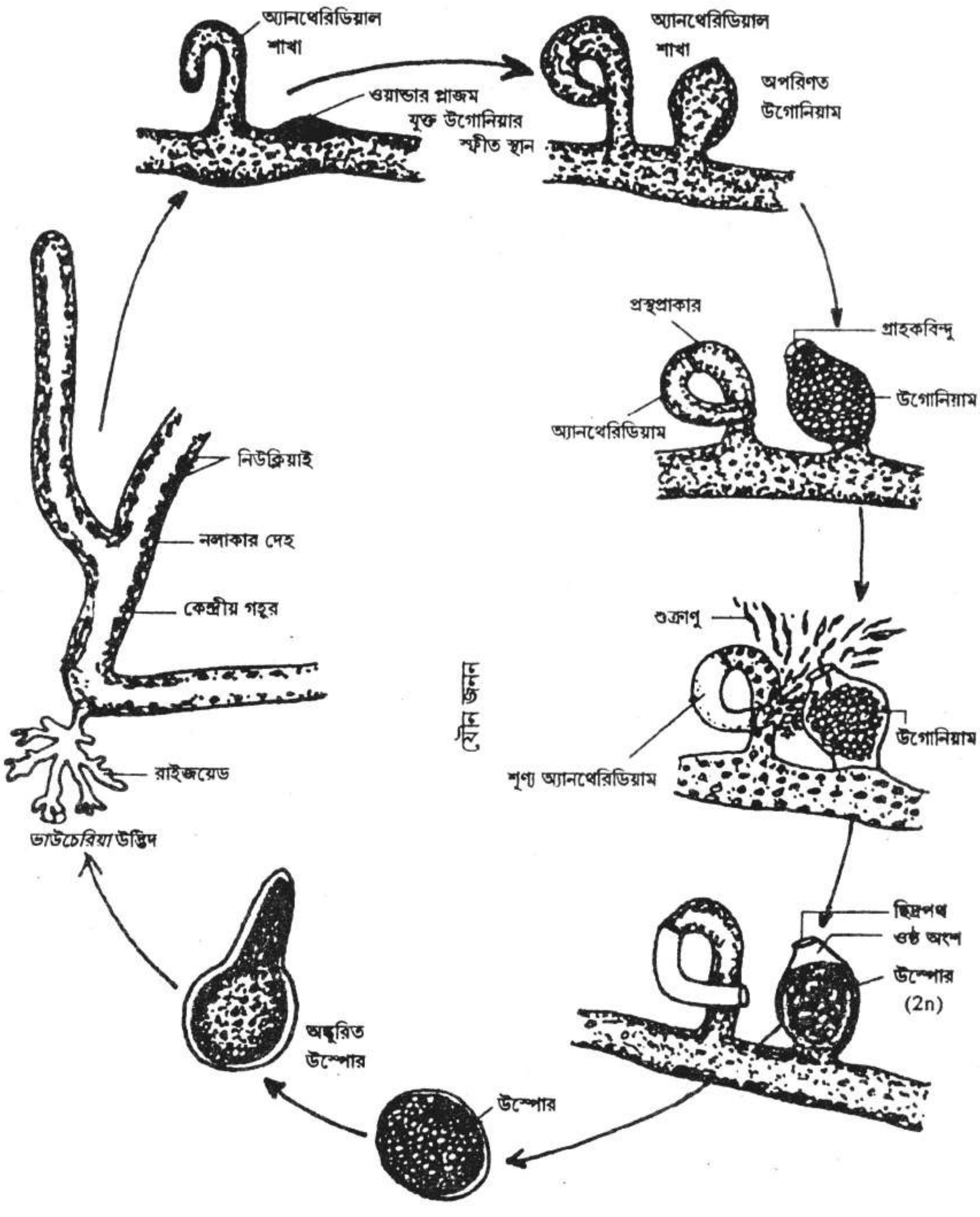
চিত্র নং 7.1 : a – b, ভাউচেরিয়া। (a) অযৌন জনন; (b) সিনজুস্পোরের বিবর্ধিত একাংশ।



চিত্র নং 7.2 : (a) - (c), *Vaucheria* - অযৌন জনন। (a), (b) - সিস্টযুক্ত গাংগ্রোসিরা দশা; (c) অ্যাপ্লানোস্পোর।



চিত্র নং 7.3 : *Vaucheria*-র বিভিন্ন প্রজাতিতে জনন অঙ্গের অবস্থান। (a) *Vaucheia sessilis* (ভাউচেরিয়া সেসাইলিস); একটি অ্যানথেরিডিয়াম ও একটি উগোনিয়াম পাশাপাশি অবস্থিত; (b) *V. gardneri* (ভাউচেরিয়া গার্ডনেরি); একগুচ্ছ উগোনিয়া ও একটি অ্যানথেরিডিয়াম; (c) *V. geminata* (ভাইচেরিয়া জেমিনাটা); একটি বৃন্তের উপর দুটি উগোনিয়া ও একটি অ্যানথেরিডিয়াম; (d) *V.terrestris* (ভাউচেরিয়া টেরেসট্রিস); একটি বৃন্তের উপর একটি উগোনিয়াম ও একটি অ্যানথেরিডিয়াম; (e) *V. jonesii* (ভাউচেরিয়া জোনেসি); দ্বি-পার্শ্বীয়ভাবে বিন্যস্ত উগোনিয়া ও অ্যানথেরিডিয়া।



চিত্র নং 7.4 ঃ *Vaucheria* - যৌন জনন চক্র।

(3) *Vaucheria*-র শ্রেণীগত অবস্থান সম্পর্কে যে মতভেদ আছে তা যুক্তিসহ আলোচনা করুন। আপনি কোনটিকে সমর্থন করেন।

(4) *Vaucheria* কি ধরনের স্থানে জন্মায় ? এর অঙ্গজ গঠন চিত্রসহ সংক্ষেপে বর্ণনা করুন।

(5) *Vaucheria*-র অযৌন জনন প্রক্রিয়ায় বিভিন্ন প্রকার রেণু সম্পর্কে আলোচনা করুন।

(6) *Vaucheria*-র যৌন জনন কি প্রকৃতির ? চিত্র সহ এর যৌন জনন পদ্ধতিটি আলোচনা করুন।

7.7 উত্তর সংকেত

অনুশীলনী - **1**

1 – 10 : 7.3.1 এবং 7.3.2 অংশ দেখুন।

অনুশীলনী - **2**

1 – 11 7.4 অংশ দেখুন।

প্রশ্ন- 1 7.3.1 অংশ দেখুন।

প্রশ্ন- 2 7.3.2 অংশ দেখুন।

প্রশ্ন- 3 7.4.2 অংশ দেখুন।

প্রশ্ন- 4 7.4.3 ও 7.4.4 অংশ দেখুন।

প্রশ্ন- 5 7.4.5 -এর অযৌন জনন অংশ।

প্রশ্ন- 6 7.4.5 -এর যৌন জনন অংশ।

একক : 8 ❐ ব্যাসিলারিওফাইসী (Bacillariophyceae, Heterokontophyta)

গঠন

8.1 উদ্দেশ্য

8.2 প্রস্তাবনা

8.3 ব্যাসিলারিওফাইসীর মুখ্য বৈশিষ্ট্য সমূহ

8.4 ব্যাসিলারিওফাইসীর সাধারণ বিবরণ

অনুশীলনী—1

8.5 সারাংশ

8.6 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

8.7 উত্তর সংকেত

8.1 উদ্দেশ্য

এই এককটি পাঠ করে আপনি—

ব্যাসিলারিওফাইসীর অন্তর্ভুক্ত শৈবালদের সম্পর্কে একটি স্পষ্ট ধারণা করতে পারবেন এবং এই শ্রেণী সম্পর্কে সাধারণ পরিচয় দিতে পারবেন।

8.2 প্রস্তাবনা

ব্যাসিলারিওফাইসীর অন্তর্গত শৈবালদের সাধারণ কথায় ডায়াটম বলা হয়। এরা আণুবীক্ষণিক শৈবালের এক বৃহৎ জগৎ। কোষপ্রাকার সিলিকা দ্বারা অতি সুন্দর অলঙ্করণযুক্ত। এরা আদর্শ ফাইটোপ্লাংটন। জলজ ইকোসিস্টেমে এদের গুরুত্ব অপরিসীম। এই শৈবাল সম্পর্কে একটি সাধারণ ধারণা আপনাদের সামনে তুলে ধরা হয়েছে।

8.3 ব্যাসিলারিওফাইসীর মুখ্য বৈশিষ্ট্য সমূহ

(**শৈবালের শ্রেণীবিন্যাস অধ্যায়ে** 2.3.4 অংশ আলোচনা করা হয়েছে)।

8.4 ব্যাসিলারিওফাইসীর সাধারণ বিবরণ

বসতি ঃ ব্যাসিলারিওফাইসী শ্রেণীর শৈবালদের সাধারণভাবে ডায়াটম (Diatoms) বলা হয়। ডায়াটম মিঠা জলে, সমুদ্রের লবণাক্ত জলে, স্যাঁতস্যাঁতে মাটিতে, ভিঁজে দেওয়ালের গায়ে, ভিজে গাছের ছালে পাওয়া যায়। অন্য শৈবালের উপর পরাশ্রীয় রূপেও এদের প্রচুর দেখা যায়।

মাটিতে বসবাসকারী ডায়াটম এর না- *Navicula* (ন্যাভিকুলা), *Pinnularia* (পিন্নলারিয়া), *Amphora* (অ্যামফোরা)।

নদীতে ও পুকুরের ডায়াটম - *Melosira* (মেলোসাইরা), *Cymbella* (সিমবেল্লা), *Synedra* (সিনেড্রা)

সমুদ্রের ডায়াটম - *Thalassiosira* (থ্যালাসিওসাইরা), *Planktoniella* (প্ল্যাংটোনিয়েল্লা), *Fragilaria* (ফ্রাজিলারিয়া)।

পরাশ্রয়ী ডায়াটম - *Cymbella* (সিমবেল্লা), *Gomphonema* (গম্ফোনেমা) ইত্যাদি।

থ্যালাসের গঠন (চিত্র 8.1)

ডায়াটোম এককোষী বা কলোনী প্রকৃতির হতে পারে। কলোনীতে অবস্থিত কোষগুলি জেলীর আবরণীর মধ্যে আবদ্ধ থেকে বিভিন্ন প্রকার কলোনী সৃষ্টি করে, যেমন- তারার আকৃতি, ফিতের আকৃতি, সূত্রাকার ইত্যাদি। একক ভাবে অবস্থিত কোষগুলি ডিম্বাকার, গোলাকার, লম্বাটে, শঙ্কু আকৃতির, চাকতির ন্যায়, ত্রি-কোনাকৃতির, নৌকাকৃতির, ইত্যাদি ধরনের হয়ে থাকে। বিভিন্ন আকৃতির ডায়াটম-এর কোষপ্রাকারে অপূর্ব অলঙ্করণ থাকার জন্য উদ্ভিদ বিজ্ঞানীরা এদেরকে **"জুয়েলস অব দ্য প্লাস্ট ওয়ার্ল্ড"** বলে অভিহিত করেন। অনেকে মনে করেন ডায়াটম-এর অপূর্ব অলঙ্করণ দেখেই গহনার অনেক ডিজাইন তৈরী করা হয়।

কোষের প্রতিসমতার (symmetry) উপর নির্ভর করে ডায়াটমকে প্রধানতঃ দুটি বর্গে ভাগ করা হয়েছে ঃ

(A) সেন্ট্রালিস (Centrales) ঃ দেহ অবীয়ভাবে প্রতিসম (Radially symmetrical), এরা সাধারণত চলচ্ছক্তিবিহীন। এদেরকে সেন্ট্রিক ডায়াটম বলা হয়। উদাহরণ - *Cyclotella* (সাইক্লোটেল্লা), *Melosira* (মেলোসিরা), *Triceratium* (ট্রাইসিরাটিয়াম), *Ithemia* (ইথিমিয়া) ইত্যাদি।

(B) পিন্নেলিস (Pennales) ঃ দেহ দ্বি-পার্শ্বীয় ভাবে প্রতিসম (bilaterally symmetrical) এবং দেখতে নৌকার ন্যায়। প্রোটোপ্লাজম ঘূর্ণণের ফলে এদের চলন দেখা যায়। এদেরকে পিনেট ডায়াটম বলে। উদাহরণ—*Navicula* (ন্যাভিকুলা), *Suriella* (সুরিরেল্লা), *Synedra* (সিনেড্রা), *Eunotia* (ইউনোসিয়া), *Pinnularia* (পিন্নুলারিয়া) ইত্যাদি।

কোষের গঠন (চিত্র 8.2) ঃ কোষ প্রধানতঃ দুটি অংশে বিভক্ত যথা ঃ (a) কোষ প্রাকার ও (b) প্রোটোপ্লাস্ট।

(a) কোষ প্রাকার ঃ

ডায়াটম কোষ একটি বাহ্যিক সিলিকাসমৃদ্ধ কোষ প্রাকার দ্বারা গঠিত থাকে, যাদের একত্রে ফ্রুসটিউল (frustule) বলা হয়। ফ্রুসটিউল দুটি প্রায় সামনে অংশ দিয়ে গঠিত। একটি Petri dish এর ন্যায় কিঞ্চিত ক্ষুদ্র অংশটি তুলনামূলক বৃহদ অংশটির সাথে একত্রিত হয়ে থাকে। বহিস্থ বৃহদ অংশটিকে এপিথিকা (Epitheca) ও আংশিক ক্ষুদ্র অংশটি হাইপোথিকা (Hypotheca) বলা হয়। প্রতিটি থিকার দুটি অংশ হয় (1) সমান, প্লেট এর ন্যায় ভালভ্ (valve) ও ভালভ এর কিনারায় উপস্থিত অংশ থাকে (2) সংযুক্ত ব্যান্ড (Connecting band) বা গার্ডল ব্যান্ড (Girdle band) বলা হয়।

এছাড়াও এক বা একাধিক ব্যান্ড থাকে ভালভ্ ও গার্ডল ব্যান্ড এর মধ্যে যাকে ইন্টারক্যালারি ব্যান্ড (Intercalary band) বলা হয়। গার্ডল ব্যান্ড ভালভকে এটি প্রোটিন যুক্ত পর্দা দ্বারা জুড়ে রাখে।

প্রতিটি ফ্রুসটিউল এর সিলিকাসমৃদ্ধ পদার্থ একটি নির্দিষ্ট নক্সা অনুযায়ী সৃষ্টি হয়ে ফ্রুসটিউলটিকে অলংকৃত করে। এই অলংকরণ অনুযায়ী ডায়াটম কোষের গঠনগত প্রতিসাম্য দেখা যায় যা প্রধানত দুই প্রকার (1) সমদ্বিপার্শীয় প্রতিসাম্য বা পিনেট (Pennate) ডায়াটম ও (2) ব্যাসার্ধ অনুযায়ী প্রতিসাম্য (Radial Symmetry) বা সেনট্রিক (Centric) ডায়াটম।

কিছু পিনেট ডায়াটম-এর ক্ষেত্রে ভালভ এর মধ্যবর্তী অংশে একটি লম্বালম্বি খাঁজ (longitudinal slit) দেখা যায় যাকে র‍্যাফে (Raphe) বলা হয়। এই র‍্যাফে কেন্দ্রীয় নডিউল (Central nodule) দ্বারা দুটি অংশে বিভক্ত হয়। র‍্যাফের প্রতিটি অংশের শেষে একটি আংশিক স্ফীত অংশ দেখা যায় যাকে প্রান্তীয় নডিউল (Polar nodule) বলা হয়। কিছু কিছু ক্ষেত্রে এই খাঁজটি অনুপস্থিত থাকে কিন্তু নির্দিষ্ট অলংকরণ দেখা যায় যাকে ছদ্মর‍্যাফে (Pseudoraphe) বলা হয়ে থাকে। এছাড়াও প্রতিটি ডায়াটম ভালভ্ এ দুই প্রকারের ছিদ্র দেখা যায় যাদের (1) সাধারণ ছিদ্র (Puncta/Simple pore/hole) ও (2) জটিল লকিউলাস বা অ্যারিওলি (Complex Loculus/Areola) বলা হয়। বহু Punctae সারীবদ্ধভাবে একত্রিত হয়ে স্ট্রায়া (Stria/Striae Plural) সৃষ্টি করে। এই স্ট্রায়া সাধারণ অণুবীক্ষণ যন্ত্রে লাইন (Line) এর ন্যায় দেখা যায়।

(b) প্রোটোপ্লাস্ট ঃ কোষপর্দা দ্বারা আবৃত প্রোটোপ্লাজমের কেন্দ্রস্থলে একটি বড় গহ্বর অবস্থিত। ফলে সাইটোপ্লাজম এই গহ্বরকে ঘিরে কোষপর্দা সংলগ্ন হয়ে প্রাইমরডিয়াল ইউট্রিকল (Primordial utricle) রূপে পাতলা স্তর সৃষ্টি করে। তাছাড়া সাইটোপ্লাজমে একটি নিউক্লিয়াস, একাধিক সোনালী বাদামী বর্ণের ক্রোমাটোফোর দেখা যায়। ক্রোমাটোফোরে বিভিন্ন প্রকার রঞ্জক (মুখ্য বৈশিষ্ট্যে উল্লেখ করা হয়েছে) ও সাইটোপ্লাজমে সঞ্চিত খাদ্য ক্রাইসোল্যামিনারিন ও ভলিউটিন থাকে।

জনন - দুভাবে জনন সম্পন্ন হয়, যথা-(a) কোষ বিভাজন ও (b) যৌন জনন (অক্সোস্পোর গঠনের মাধ্যমে)।

(a) কোষবিভাজন এটি একপ্রকার অঙ্গজ জনন। বিভাজনকালে কোষের প্রোটোপ্লাস্টের পরিমান বৃদ্ধি পায়। প্রোটোপ্লাস্টের স্ফীতির ফলে ডায়াটমের হাইপোথেকা ও এপিথেকা পৃথক হয়ে যায় এবং সাথে সাথে নিউক্লিয়াস মাইটোটিক প্রক্রিয়ায় বিভাজিত হয়। একটি করে অপত্য নিউক্লিয়াস সহ প্রোটোপ্লাস্ট মধ্যাঞ্চল বরাবর সাইটোকাইনেসিস প্রক্রিয়ায় ভাগ হয়ে যায়। অবশেষে সৃষ্ট প্রতিটি অপত্য কোষে একটি করে পুরাতন ভাল্ভ এবং একটি করে নতুন ভাল্ভ সৃষ্টি হয়। নতুন ভাল্ভটি সর্বদা হাইপোথিকা রূপে সৃষ্টি হয়। ফলে কোষ বিভাজন চলতে থাকলে কোষগুলি ক্রমশ ক্ষুদ্র থেকে ক্ষুদ্রতর হতে থাকে। এইভাবে ক্রমশ আকারে হ্রাসপ্রাপ্ত হওয়ার অবস্থাকে ম্যাক্‌ডোনাল্ড - ফিজার সূত্র (Macdonald-Pfitzer law) বলা হয়। তবে একসময় ক্ষুদ্রাকার কোষগুলি যৌন ক্ষমতা প্রাপ্ত হয় এবং গ্যামেট সৃষ্টির মাধ্যমে মিলিত হয়ে অক্সোস্পোর গঠন করে এবং পূর্বের আয়তনে ফিরে আসে (হক, ম্যান ও জন, Hoek, Mann & Jahns, 1998)। **(চিত্র 8.3)**

(b) **যৌন জনন ঃ** অক্সোস্পোর (Auxospore) সৃষ্টির মাধ্যমে যৌন জনন সম্পন্ন হয়। অন্যকথায় বলা যায় অক্সোস্পোর সৃষ্টির ঘটনাটি সর্বদাই যৌন জনন প্রক্রিয়ার সাথে যুক্ত, যা জাইগোট থেকে উৎপন্ন হয়। জাইগোট পরিবর্তিত হয়ে পুরু প্রাকারদ্বারা বেষ্টিত যে রেণু সৃষ্টি করে তাকে অক্সোস্পোর বলে।

পিন্নেলিস ও সেন্ট্রালিস-এর ক্ষেত্রে যৌন জনন ভিন্ন প্রকৃতির হয়। পিন্নেলিস-এর ক্ষেত্রে যৌন জনন আইসোগ্যামীয় এবং সেন্ট্রালিস এর ক্ষেত্রে উগ্যামীয় প্রকৃতির।

পিন্নেট (Pinnate) ডায়াটমে অক্সোস্পোর গঠন - অতিসংক্ষেপে অক্সোস্পোর গঠন প্রক্রিয়া উল্লেখ করা হল। প্রজাতি বিশেষে নিম্নলিখিত প্রকারের যে কোন এক প্রকারের, পিন্নেট ডায়াটমে যৌন জনন সম্পন্ন হয় এবং অক্সোস্পোর গঠিত হয়।

(a) দুটি কোষ - কনজুগেশনের মাধ্যমে একটি অক্সোস্পোর সৃষ্টি করে ঃ দুটি ডিপ্লয়েড কোষ (ডায়াটমের কোষ ডিপ্লয়েড প্রকৃতির) একত্রে আসে এবং মিউসিলেজের সাধারণ আবরণী দ্বারা আবৃত হয়। প্রতিটি কোষের ডিপ্লয়েড নিউক্লিয়াস মিয়োসিস প্রক্রিয়ায় চারটি হ্যাপ্লয়েড নিউক্লিয়াস সৃষ্টি করে। এর মধ্যে তিনটি নষ্ট হয়ে যায়, বাকী একটি নিউক্লিয়াস সহ উভয় কোষ গ্যামেটে পরিণত হয় এবং মিলিত হয়ে জাইগোট গঠন করে। জাইগোটের প্রোটোপ্লাস্ট সংকুচিত হয় অতঃপর সিলিকা মিশ্রিত পুরু প্রাকার দ্বারা আবৃত হয়ে অক্সোস্পোর গঠন করে। উদাহরণ - *Cocconeis placentula* (কোংক্কোনিস প্লাসেনটুলা)। **(চিত্র-8.4)**

(b) দুটি কোষ - কনজুগেশনের মাধ্যমে দুটি অক্সোস্পোর সৃষ্টি করে ঃ দুটি কোষ একত্রে এসে মিউসিজেলের আবরণ দ্বারা পরিবেষ্টিত হয়। মিয়োসিসের মাধ্যমে প্রতিটি কোষে চারটি হ্যাপ্লয়েড নিউক্লিয়াস গঠিত হয়। দুটি করে নিউক্লিয়াস নষ্ট হয়ে যায়। প্রতিটি কোষ বাকী দুটি নিউক্লিয়াস দিয়ে দুটি কোষ তথা দুটি হ্যাপ্লয়েড গ্যামেট গঠন করে যাদের একটি ছোট এবং অপরটি বড়। একটি কোষের গ্যামেট ছোট গ্যামেট অপর কোষের বড় গ্যামেটের সাথে মিলিত হয় এবং মোট দুটি জাইগোট গঠন করে। দুটি জাইগোট দুটি অক্সোস্পোরে রূপান্তরিত হয়। **(চিত্র-8.5)**

(c) অটোগ্যামী (Autogamy) দ্বারা একটি কোষ একটি অক্সোস্পোর গঠন ঃ একটি কোষের নিউক্লিয়াস মিয়োসিস দ্বারা চারটি নিউক্লিয়াস গঠন করে, এর মধ্যে দুটি নষ্ট হয়ে যায়, বাকী দুটি হ্যাপ্লয়েড নিউক্লিয়াস যুক্ত হয়ে জাইগোট এবং পরে অক্সোস্পোর গঠন করে। যেহেতু একই কোষের দুটি নিউক্লিয়াস যুক্ত হয়, তাকে অটোগ্যামী বলে।

(d) অপুংজনি প্রক্রিয়ায় (By parthenogenesis) অক্সোস্পোর গঠন ঃ এক্ষেত্রে একটি সাধারণ মিউসিলেজিনাস আবরণীর মধ্যে একত্রে আসা দুটি কোষের ডিপ্লয়েড নিউক্লিয়াস মিয়োসিস দ্বারা বিভাজিত না হয়ে মাইটোসিস প্রক্রিয়ায় বিভাজিত হয়। ফলে প্রতিটি কোষের নিউক্লিয়াসগুলি ডিপ্লয়েড থেকে যায়। প্রতিটি কোষে একটি ছাড়া বাকী নিউক্লিয়াস নষ্ট হয়ে যায় ফলে প্রতিটি পুনরায় মাতৃকোষের ন্যায় একটি মাত্র ডিপ্লয়েড নিউক্লিয়াসযুক্ত হয় এবং পুরু প্রাকার দ্বারা পরিবৃত হয়ে দুটি কোষ দুটি অক্সোস্পোরে রূপান্তরিত হয়। **(চিত্র - 8.6)**

● **সেন্ট্রিক ডায়াটমে অক্সোস্পোর গঠন ঃ**

(a) অটোগ্যামী প্রক্রিয়ায় অক্সোস্পোর গঠন ঃ এর মূল প্রক্রিয়াটি পিন্নেট ডায়াটমের ক্ষেত্রে সংঘটিত অটোগামীর ন্যায়।

(b) উগ্যামী প্রক্রিয়ায় অক্সোস্পোর গঠন ঃ অঙ্গজ কোষ সরাসরি অ্যান্থেরিডিয়াম বা স্পার্মাটোগোনিয়ামরূপে কাজ করে। অ্যান্থেরিডিয়ার ডিপ্লয়েড নিউক্লিয়াস মিয়োসিস বিভাজন দ্বারা চারটি হ্যাপ্লয়েড নিউক্লিয়াস গঠন করে।

চারটি হ্যাপ্লয়েড নিউক্লিয়াস কিছু সাইটোপ্লাজম সহ রূপান্তরিত হয়ে চারটি স্পার্মাটোজোয়েড গঠন করে। এরা প্লিউরোনিমাটিক প্রকৃতির একটি মাত্র ফ্লাজেলা যুক্ত।

যে অঙ্গজ কোষ উগোনিয়াম রূপে কাজ করে তার নিউক্লিয়াস বড় হয়, সাইটোপ্লাজম বৃদ্ধি প্রাপ্ত হয়। এর ডিপ্লয়েড নিউক্লিয়াস মায়োসিস প্রক্রিয়ায় বিভাজিত হয়ে চারটি হ্যাপ্লয়েড নিউক্লিয়াস সৃষ্টি করে। এর মধ্যে তিনটি নষ্ট হয়ে যায়। বাকী একটি হ্যাপ্লয়েড নিউক্লিয়াস নিয়ে প্রোটোপ্লাজম ওভাম বা ডিম্বাণুরূপে কাজ করে।

একটিমাত্র স্পার্মাটোজোয়েড বা শুক্রাণু ডিম্বাণুর সাথে নিষিক্ত হয়ে জাইগোট গঠন করে এবং অতঃপর অক্সোস্পোর গঠিত হয়। **(চিত্র - 8.7)**

অক্সোস্পোর থেকে অঙ্গজ কোষের সৃষ্টি ঃ

পিন্নেট ও সেন্ট্রিক উভয় ডায়াটমের ক্ষেত্রেই জাইগোট গঠিত হওয়ার পরই এর প্রোটোপ্লাজম সংকুচিত হয় এবং সিলিকা ও পলিস্যাকারাইড জাতীয় পুরু প্রাকার দ্বারা পরিবেষ্টিত হয়ে যে স্পোর সৃষ্টি করে তাকে অক্সোস্পোর বলে।

অক্সোস্পোর অতঃপর দুই থেকে তিনগুণ বৃদ্ধি পায় এবং প্রাকার ভেঙ্গে বাইরে বেরিয়ে আসে এবং নিজের সৃষ্ট পেরিজোনিয়াম (Perizonium) নামে একটি বিশেষ পর্দা দ্বারা আবৃত হয়। এর ডিপ্লয়েড নিউক্লিয়াসটি মাইটোটিক প্রক্রিয়ায় বিভাজিত হয়ে দুটি নিউক্লিয়াস গঠন করে। এদের একটি নষ্ট হয়ে যায়, বাকী একটি পুনরায় মাইটোসিস দ্বারা দুটি নিউক্লিয়াস সৃষ্টি করে। এদের একটি পুনরায় নষ্ট হয়ে যায়। একটি ডিপ্লয়েড নিউক্লিয়াস সহ সমগ্র কোষটি দুটি নূতন থিকা (হাইপোথেকা ও এপিথেকা) গঠনের মাধ্যমে অঙ্গজ কোষে রূপান্তরিত হয়। নূতন থেকা গঠনকালে অক্সোস্পোরের প্রাকার বিনষ্ট হয়।

অর্থনৈতিক গুরুত্ব ঃ ডায়াটম আদর্শ ফাইটোপ্ল্যাংটন যা মাছ সহ অনেক জলজ প্রাণীর খাদ্যরূপে ব্যবহৃত হয়। এদের মৃত প্রাকার থেকে **"ডায়াটোমজাত মৃত্তিকা"** তৈরী হয় যার অনেক ব্যবহার আছে (শৈবালের অর্থনৈতিক গুরুত্ব অধ্যায়ে 2.5 অংশে আলোচনা করা হয়েছে)

অনুশীলনী-1

(1) ব্যাসিলারিওফাইসীর অন্তর্গত শৈবালদের সাধারণভাবে কি বলা হয়?

(2) ডায়াটম কোথায় দেখা যায়?

(3) মাটিতে বসবাসকারী দুটি ডায়াটমের নাম করুন।

(4) দুটি সামুদ্রিক ডায়াটমের নাম করুন।

(5) দুটি পরাশ্রয়ী ডায়াটমের নাম করুন।

(6) "জুয়েলস অব দ্য প্লান্ট ওয়ার্ল্ড" কাদের বলা হয় এবং কেন?

(7) কোষের প্রতিসমতার উপর ভিত্তি করে ডায়াটমকে কি কি ভাগে ভাগ করা হয়েছে?

(8) সেন্ট্রালিস ও পিন্নেলিস্-এর মধ্যে মূল পার্থক্য কি?

(9) 'ফ্লাস্টিউল' কি?

(10) এপিথেকা ও হাইপোথেকার মধ্যে পার্থক্য কি?

(11) ভাল্‌ভ-ভিউ ও গার্ডেল ভিউ বলতে কি বোঝায়?

(12) সিঙ্গুলাম কি?

(13) গার্ডেল কি?

(14) ভাল্‌ভ কি?

(15) রাফে কাকে বলে?

(16) ডায়াটমের কোষ বিভাজনকালে মাতৃকোষের এপিথেকা ও হাইপোথেকার পরিণতি কি হয়?

(17) ম্যাক্‌ডোনাল্ড ফিজার সূত্র কি?

(18) যৌন জননের সাথে অক্সোস্পোরের সম্পর্ক কি?

(19) ডায়াটম হ্যাপ্লয়েড না ডিপ্লয়েড প্রকৃতির কোষ?

8.5 সারাংশ

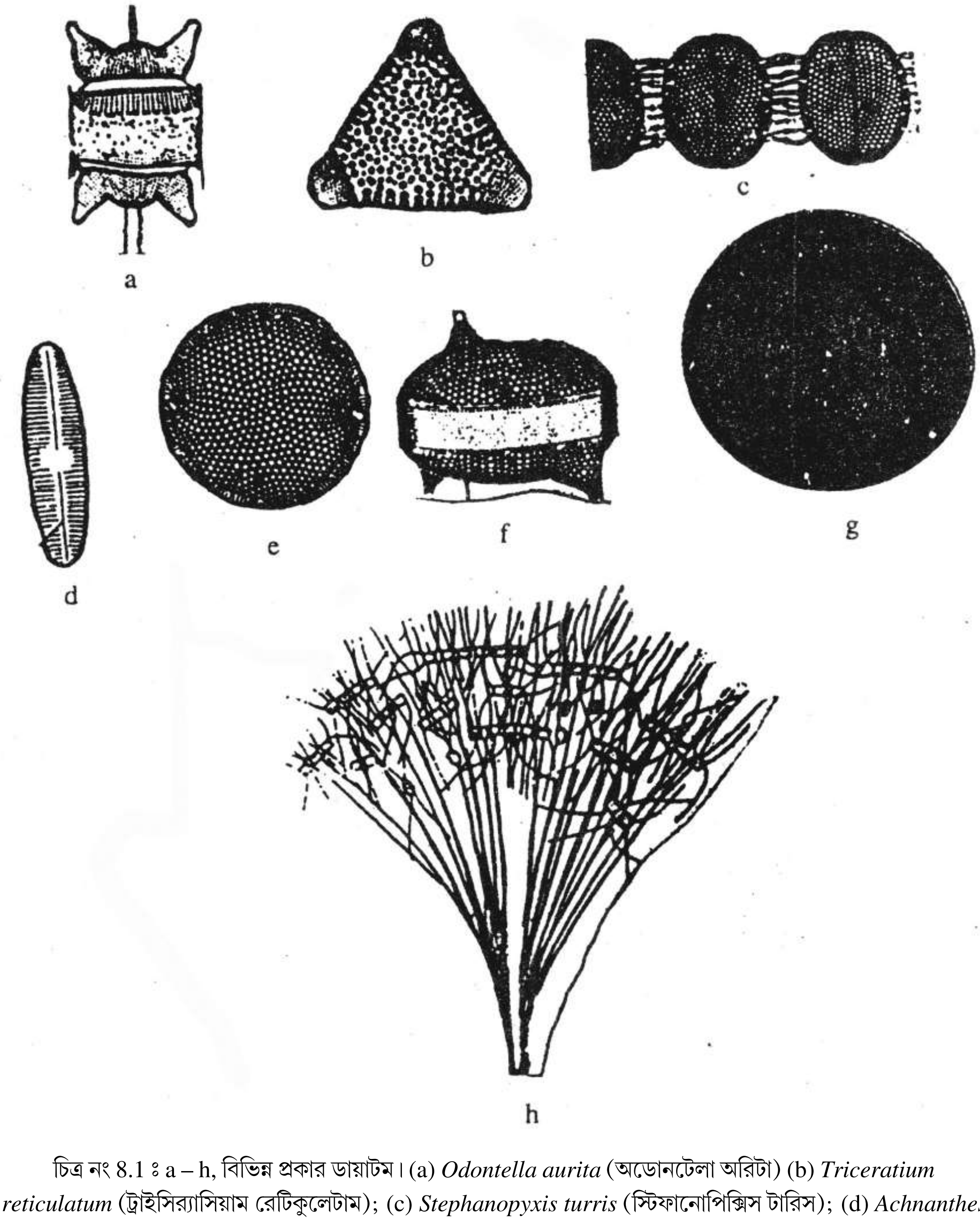
ব্যাসিলারিওফাইসীর অন্তর্গত শৈবালদের ডায়াটম বলা হয়। এদের প্রায় সকল পরিবেশে দেখা যায়। কোষপ্রাকার পেট্রিডিসের ন্যায় এপিথেকা ও হাইপোথেকা নামক দুটি অংশে বিভক্ত। এদের কোষপ্রাকার সিলিকাযুক্ত এবং বৈশিষ্ট্যপূর্ণ অলঙ্করণযুক্ত। প্রধানত দু'ধরনের ডায়াটম দেখা যায় - সেন্ট্রালিস্ ও পিন্নেলিস্।

জনন প্রধানত দু'ভাবে সম্পন্ন হয়, যথা - কোষবিভাজন ও যৌন জনন। যৌন জননে জাইগোট বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়ে অক্সোস্পোর গঠন করে। অক্সোস্পোর ডিপ্লয়েড মাতৃকোষে রূপান্তরিত হয়।

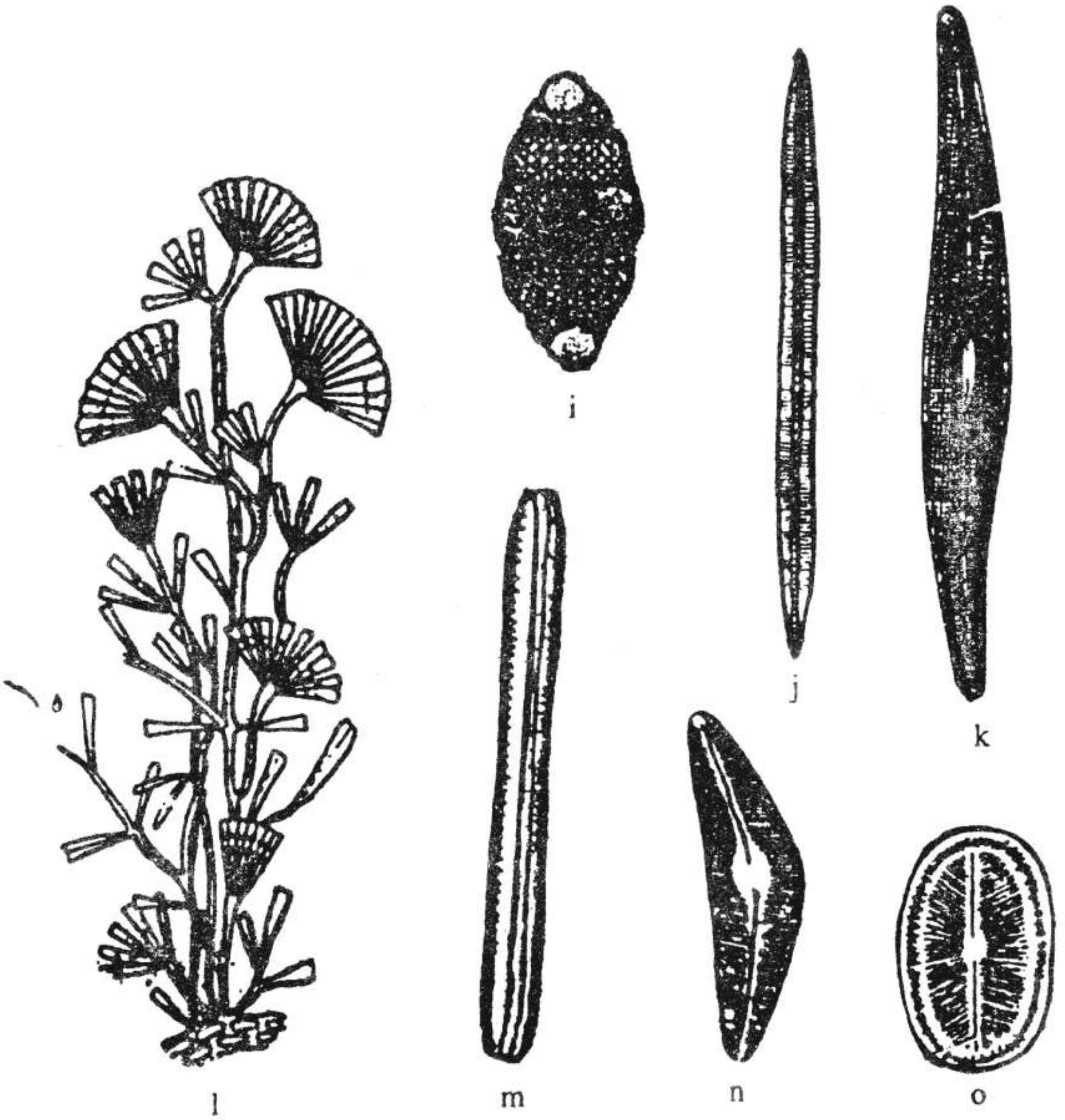
ডায়াটমের অর্থনৈতিক গুরুত্ব অপরিসীম। জলাশয়ে ইকোসিস্টেমে উৎপাদক হিসেবে এবং মাছের ও অন্যান্য জলজ প্রাণীর খাদ্যরূপে ব্যবহৃত হয়। তাছাড়া ডায়াটমের মৃতদেহের কোষপ্রাকার থেকে উৎপন্ন "ডায়াটোমজাত মৃত্তিকা" বিভিন্ন কাজে ব্যবহৃত হয়।

8.6 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

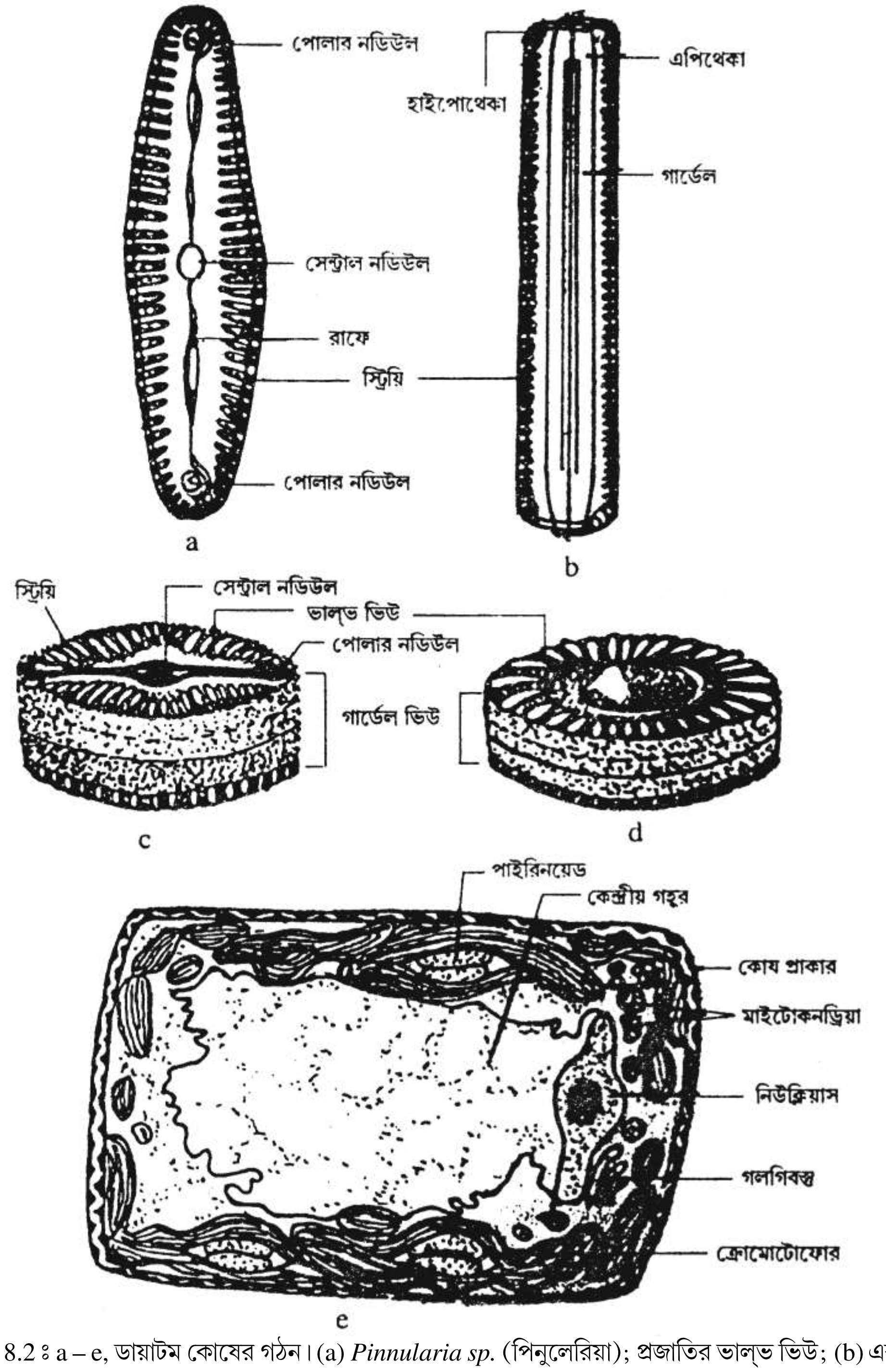
(1) ব্যাসিলারিওফাইরস সাধারণ বিবরণ দিন।



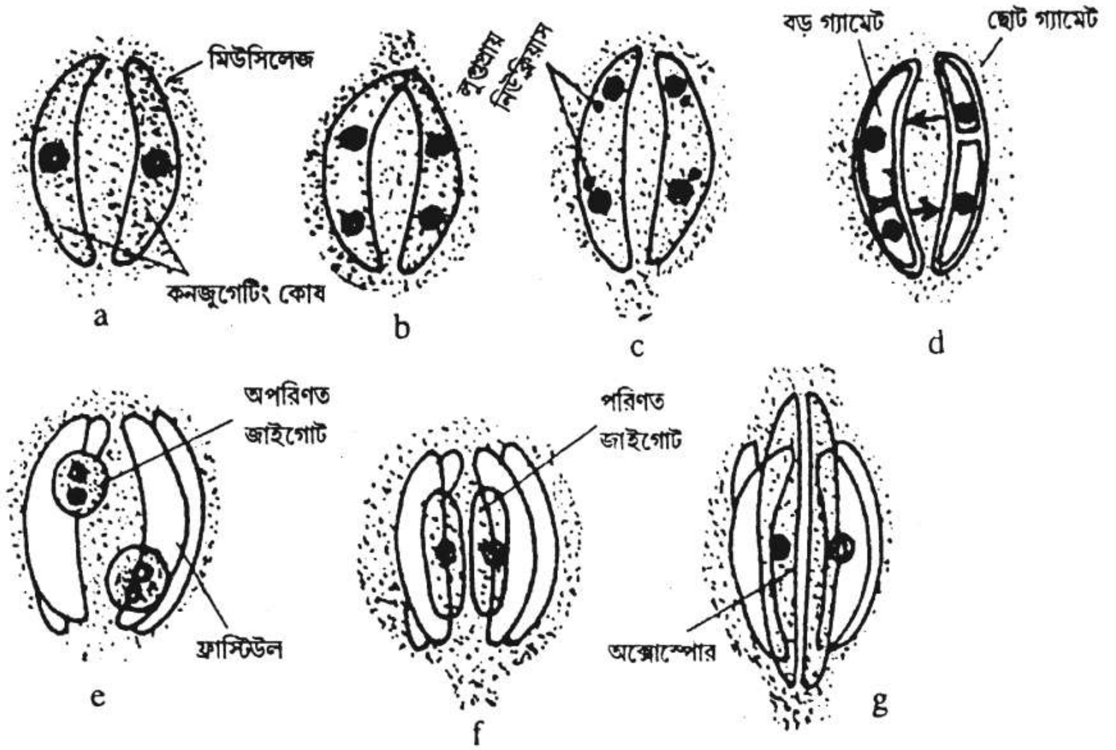
চিত্র নং 8.1 ঃ a – h, বিভিন্ন প্রকার ডায়াটম। (a) *Odontella aurita* (অডোনটেলা অরিটা) (b) *Triceratium reticulatum* (ট্রাইসিরাসিয়াম রেটিকুলেটাম); (c) *Stephanopyxis turris* (স্টিফানোপিক্সিস টারিস); (d) *Achnanthes linearis* (অ্যাকন্যানথেস লিনিয়ারিস্); (e) - (f) *সির‍্যাটলাস রেডিয়েটাস্*, ভালভ্ ভিউ এবং গার্ডেল ভিউ (f) *(Ărataulus radiatus,* Valve view & Girdle view); (g) *Coscinodiscus perforatus* (কস্‌সিনোডিস্‌কাস পারফোর‍্যাটাস্); (h) *Chaetoceros socialis)* (কিটোসেরস্ সোসিয়েলিস্)।



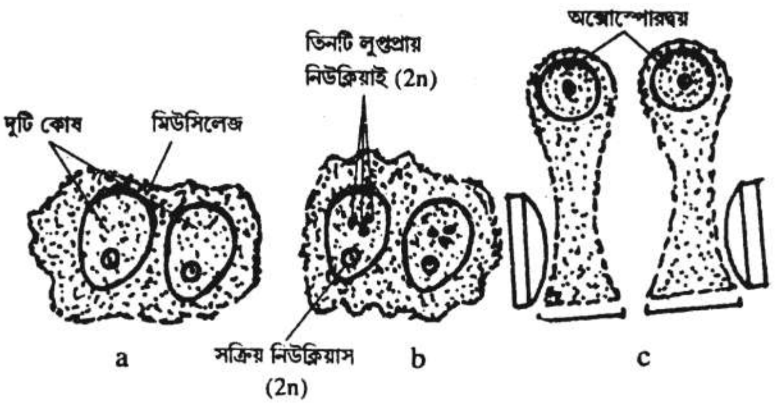
চিত্র নং 8.1 ঃ i – o, বিভিন্ন প্রকার ডায়াটম। (i) *Biddulphia pulchella* (বিডুলফিয়া পালচেল্লা); (j) *Bacillaria paradoxa* (ব্যাসিলারিয়া প্যারাডোক্সা); (k) *Gyrosigma altenuatum* (গাইরোসিগ্মা অলটিনুয়াটাম); (l) *Licmophora flabellata* (লিকমোফোরা ফ্লাবিল্লাটা); (m) *Nitzschia linearis* (নিউসচিয়া লিনিয়ারিস); (n) *Cymbella cistula* (সিমবেলা সিস্টোলা); (o) *Cocconeis placentula* (কোক্কোনিস্ প্লাসেন্টুলা)।



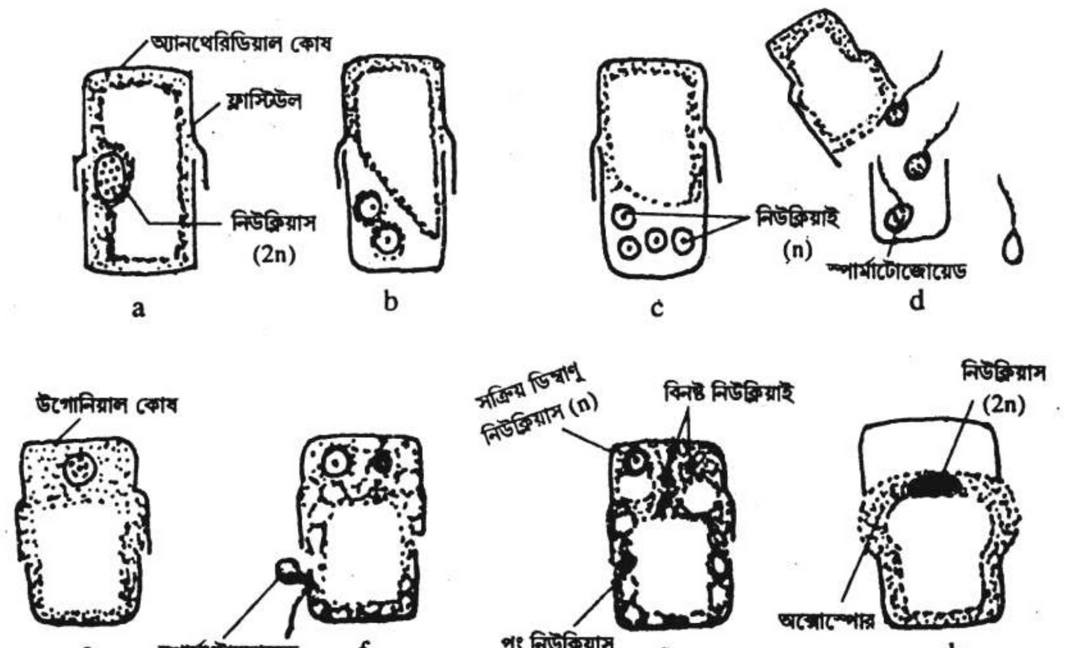
চিত্র নং 8.2 ঃ a – e, ডায়াটম কোষের গঠন। (a) *Pinnularia sp.* (পিনুলেরিয়া); প্রজাতির ভাল্‌ভ ভিউ; (b) একই প্রজাতির গার্ডল ভিউ; (c) একই প্রজাতির ত্রি-মাত্রিক দৃশ্য; (d) *Cyclotella* sp. (সাইক্লোটেল্লা), প্রজাতির ত্রি-মাত্রিক দৃশ্য; (e) একটি ডায়াটম কোষের আলট্রা গঠন।



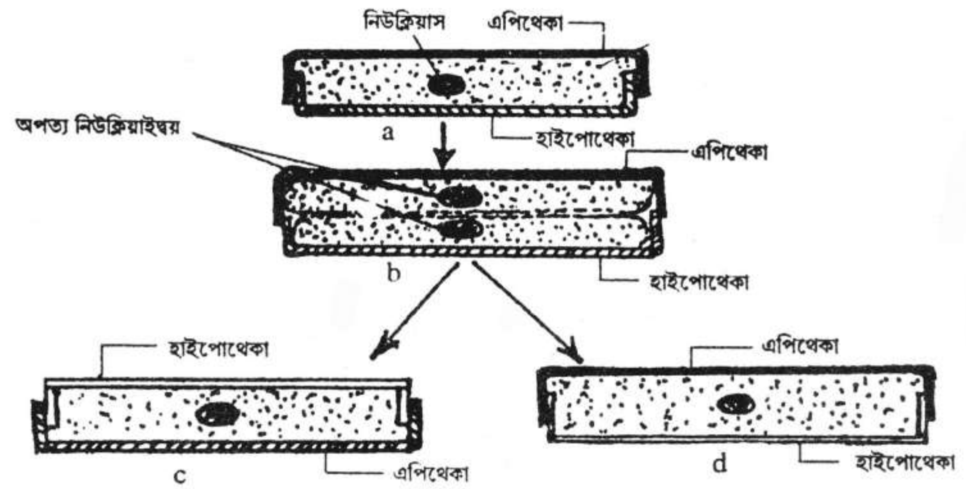
চিত্র নং 8.3 ঃ (a) - (g) দুটি কনজুগেটিং কোষের সমন্বয়ে দুটি অক্সোস্পোরের সৃষ্টি। (a) মিউসিলেজ আবরণীর মধ্যে দুটি কনজুগেটিং ডিপ্লয়েড কোষ; (b) প্রথম মিয়োসিস বিভাজন সৃষ্ট প্রতিটি কোষে দুটি হ্যাপ্লয়েড নিউক্লিয়াস; (c) প্রতিটি কোষে দ্বিতীয় মায়োসিস বিভাজনের ফলে সৃষ্ট চারটি হ্যাপ্লয়েড নিউক্লিয়াস যার দুটি বিনষ্ট হওয়ার পথে এবং দুটি সক্রিয়; (d) প্রতি কোষের দুটি নিউক্লিয়াস দ্বারা অসম বিভাজনের ফলে দুটি কোষের তথা দুটি গ্যামেটের সৃষ্টি যাদের একটি বড় ও অপরটি ছোট; (e), (f) দুটি জাইগোট গঠন; (g) অক্সোস্পোরের সৃষ্টি।



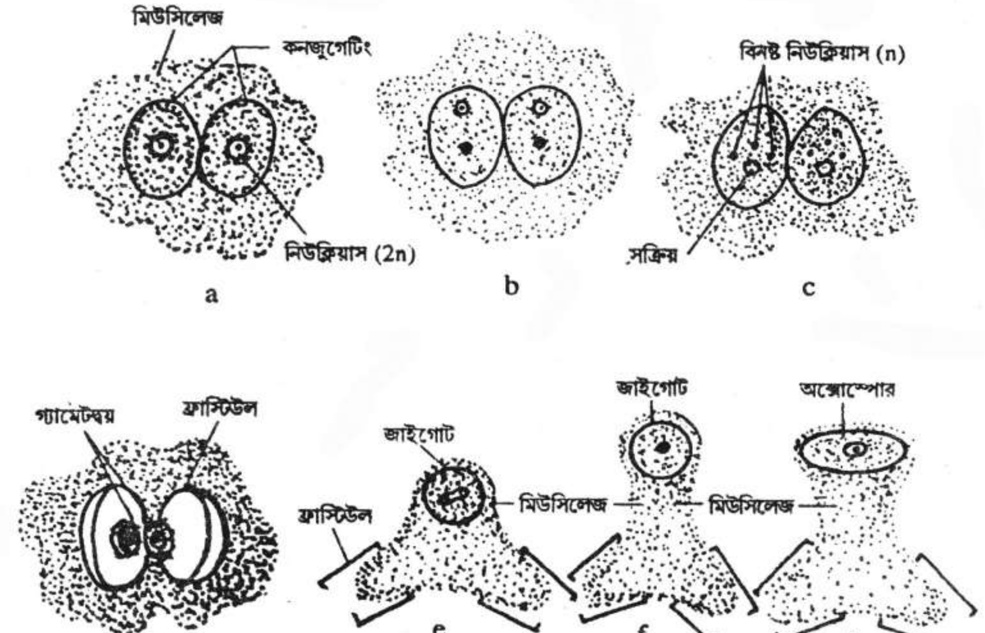
চিত্র নং 8.4 ঃ (a) - (c) অপুংজনি প্রক্রিয়ায় অস্কোস্পোর গঠন। (a) দুটি কনজুগেটিং কোষ; (b) মাইটোসিস প্রক্রিয়ায় বিভাজিত প্রতিটি কোষে চারটি ডিপ্লয়েড নিউক্লিয়াস, যার মধ্যে তিনটি নষ্ট হয়ে যায়; (c) প্রতিটি কোষের একটি ডিপ্লয়েড সক্রিয় নিউক্লিয়াস সহ অস্কোস্পোর গঠন।



চিত্র নং 8.5 ঃ (a) - (h) **সেন্ট্রিক ডায়াটমে উগ্যামী প্রক্রিয়ায় অস্কোস্পোর গঠন।** (a) অ্যানথেরিডিয়াম কোষ; (b)-(c) মিয়োসিস বিভাজন দ্বারা চারটি হ্যাপ্লয়েড নিউক্লিয়াস-এর সৃষ্টি; (d) চারটি হ্যাপ্লয়েড নিউক্লিয়াস দ্বারা চারটি স্পার্মাটোজোয়েড-এর সৃষ্টি; (e) উগোনিয়া কোষ; (f), (g) উগোনিয়াম কোষে স্পার্মাটোজোয়েডের সংযুক্তি এবং উগোনিয়ামের ডিপ্লয়েড নিউক্লিয়াসের মিয়োসিস বিভাজন দ্বারা চারটি হ্যাপ্লয়েড নিউক্লিয়াস-এর সৃষ্টি, যাদের তিনটি বিনষ্ট হয়ে যায়; (h) জাইগোটিক নিউক্লিয়াস সৃষ্টির মাধ্যমে অস্কোস্পোর গঠন।



চিত্র নং 8.6 ঃ ডায়াটম কোষ বিভাজন (a) একটি ডায়াটম কোষ; (c), (d) - বিভাজনের ফলে সৃষ্ট দুটি অপত্য কোষ, একটি অপত্য কোষে (c) পুরনো হাইপোথেকার এপিথেকারূপে অবস্থান ফলে এই কোষটি পুরনো কোষ অপেক্ষা ছোট এবং অপর অপত্য কোষটিতে (d) পুরনো এপিথেকার একই রূপে অবস্থান ফলে এই কোষটি পুরনো কোষের সমান আকৃতিবিশিষ্ট।



চিত্র নং 8.7 ঃ (a) - (g) দুটি কনজুগেটিং কোষের এর সমন্বয়ে একটি অক্সোস্পোরের সৃষ্টি। (a) মিউসিলেজ আবরণীর মধ্যে মিলনে অংশগ্রহণকারী দুটি ডিপ্লয়েড কোষ; (b) প্রথম মিয়োসিস বিভাজন দ্বারা সৃষ্ট প্রতিটি কোষে দুটি হ্যাপ্লয়েড নিউক্লিয়াস; (c) প্রতিটি কনজুগেটিং কোষে দ্বিতীয় মায়োসিস বিভাজনের ফলে সৃষ্ট চারটি হ্যাপ্লয়েড নিউক্লিয়াস যার তিনটি বিনষ্ট হওয়ার পথে এবং একটি সক্রিয়; (d) সক্রিয় নিউক্লিয়াস সহ মিলনে অংশগ্রহণকারী হ্যাপ্লয়েড গ্যামেট দ্বয়; (e), (f) জাইগোট গঠন; (g) জাইগোট বৃদ্ধি প্রাপ্ত হয়ে অক্সোস্পোর গঠন।

(2) ডায়াটম কোষের গঠন সম্বন্ধে চিত্রসহ আলোচনা করুন।

(3) ডায়াটম কোষবিভাজনের সাহায্যে কিভাবে বংশবিস্তার করে চিত্র সহ বর্ণনা করুন।

(4) বিভিন্ন ডায়াটমে অক্সোস্পোর গঠনের মাধ্যমে যৌন জনন সংক্ষেপে আলোচনা করুন।

(5) ডায়াটম-এর অর্থনৈতিক গুরুত্ব সম্পর্কে আলোচনা করুন।

8.7 উত্তর সংকেত

অনুশীলনী - 1

1 – 15 : 8.4-এর বসতি, থ্যালাসের গঠন ও কোষের গঠন অংশ দেখুন।

16 – 19 : 8.4 - এর জনন অংশ দেখুন।

সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

প্রশ্ন- 1 8.4 অংশের সবটুকুই সংক্ষেপে লিখতে হবে।

প্রশ্ন- 2 8.4 -এর কোষের গঠন অংশ দেখুন।

প্রশ্ন- 3 8.4 -এর জনন অংশের কোষ বিভাজন অংশ দেখুন।

প্রশ্ন- 4 8.4 -এর যৌন জনন অংশটুকু দেখুন।

প্রশ্ন- 5 8.4 -এর অর্থনৈতিক গুরুত্ব অংশ দেখুন।

একক 9 ❐ ফিওফাইসী (Phaeophyceae, Heterokontophyta)

গঠন

9.1 উদ্দেশ্য

9.2 প্রস্তাবনা

9.3 ফিওফাইসীর সংক্ষিপ্ত পরিচয়

9.3.1 ফিওফাইসীর মুখ্য বৈশিষ্ট্যসমূহ

9.3.2 ফিওফাইসীর সাধারণ বিবরণ

অনুশীলনী - **1**

9.4 এক্টোকারপাস-র জীবন ইতিহাস

9.4.1 শ্রেণীগত অবস্থান

9.4.2. বসতি

9.4.3. অঙ্গজ গঠন

9.4.4 এক্টোকারপাসে দু'প্রকার জনন দেখা যায়, যথা-অযৌন ও যৌন জনন

9.4.5 জনুক্রম

9.5 ফিউকাস-এর জীবন ইতিহাস

9.5.1 শ্রেণীগত অবস্থান

9.5.2 বসতি

9.5.3 গঠনগত বৈশিষ্ট্য

9.5.4 জনন

অনুশীলনী - **2**

9.6 সারাংশ

9.7 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

9.8 উত্তর সংকেত

9.1 উদ্দেশ্য

এই এককটি পাঠ করে আপনি—

- ফিওফাইসী শ্রেণীর শৈবালদের সম্পর্কে একটি ধারণা করতে পারবেন।
- এই শ্রেণীর কয়েকটি প্রজাতির জীবনচক্রের জটিলতাগুলি নির্দেশ করতে সক্ষম হবেন। এই সকল সামুদ্রিক শৈবালদের জটিল প্রকৃতি সম্পর্কে বিশদ ধারণা দিতে পারবেন।
- ফিওফাইসীর অন্তর্গত সবচেয়ে সরল শৈবালের জীবন ইতিহাস কিরূপ হতে পারে তা *এক্টোকারপাস*-এর জীবন ইতিহাস আলোচনার মাধ্যমে উপস্থাপন করতে পারবেন।

9.2 প্রস্তাবনা

আমরা পূর্বে যে সকল শ্রেণীগুলি সম্পর্কে আলোচনা করেছি তারা প্রধানত মিঠা জলের (fresh water) শৈবাল। ফিওফাইসী ও রোডোফাইসী শ্রেণীর কয়েকটি প্রজাতি মিঠা জলে পাওয়া যায়, কিন্তু অধিকাংশই সমুদ্রের বাসিন্দা।

ফিওফাইসী শ্রেণীভুক্ত শৈবাল প্রচুর পরিমানে সমুদ্রে আগাছারূপে জন্মায়। এদের বাদামী শৈবাল বলা হয়। এই শ্রেণীর শৈবালের গঠনগত জটিলতা অপেক্ষাকৃত বেশী। কিন্তু ক্লোরোফাইসীর ন্যায় এককোষী, কলোনী প্রকৃতির এবং শাখাবিহীন সূত্রাকার শৈবাল নেই। ফিওফাইসীতে সর্বাপেক্ষা সরল গঠন যুক্ত শৈবাল হল হেটেরোট্রিকাস প্রকৃতির সূত্রাকার দেহ (এক্টোকারপাস)। অর্থাৎ ফিওফাইসীতে গঠনগত বৈচিত্র ও বিভিন্নতা ক্লোরোফাইসীর মত নেই। অর্থনৈতিক দিক নিয়ে এই শৈবালের গুরুত্ব অপরিসীম।

এক্টোকারপাস ফিওফাইসীর অন্তর্গত সর্বাপেক্ষা সরল শৈবাল। এর জীবন ইতিহাস আলোচনা করা হয়েছে। এর ক্ষেত্রে আইসোগ্যামাস, অ্যানাইসোগ্যামাস প্রকৃতির যৌন জনন দেখা যায় কিন্তু সুস্পষ্ট জনুক্রম পরিলক্ষিত হয়।

9.3 ফিওফাইসী-র সংক্ষিপ্ত পরিচয়

9.3.1 ফিওফাইসীর মুখ্যবৈশিষ্ট্য সমূহ ঃ (শৈবালের শ্রেণীবিন্যাস অধ্যায়ে 2.3.4 অংশে আলোচনা করা হয়েছে)।

9.3.2 ফিওফাইসীর সাধারণ বিবরণ

বসতি - চারটি গণ ছাড়া সকল প্রজাতিই সামুদ্রিক। এই চারটি গণ হল - *Lithoderma* (লিথোডারমা), *Heribaudiella* (হেরিবাউডিয়েলা), *Sphacelaria* (স্ফেসিলারিয়া), *Pseudobodanella* (সিউডোবোডানেল্লা) [বোল্ড এবং ওয়াইনি, 1978]। এই শ্রেণীর উদ্ভিদ প্রধানত শীতল সমুদ্র অঞ্চলের উদ্ভিদ। এই পরিবেশেই এদের সংখ্যা সর্বাধিক। সাধারণত উত্তর ও দক্ষিণ গোলার্ধের সমুদ্রের উপকূলবর্তী অঞ্চলেই এদের বিস্তৃতি সর্বাপেক্ষা বেশী। উষ্ণমন্ডলের দিকে এদের প্রাধান্য কম। অধিকাংশই পাথর বা এজাতীয় বস্তুর সাথে আবদ্ধ থাকে অর্থাৎ এরা লিথোফাইট প্রকৃতির।

অঙ্গজ গঠন ঃ কেল্প জাতীয় উদ্ভিদ এই শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত। উদ্ভিদ দেহ জটিল প্রকৃতির এবং গঠনগত বৈচিত্র্য দেখা যায়। আভ্যন্তরীণ গঠনও জটিল। এককোষী, কলোনী প্রকৃতির এবং অশাখ সরল সূত্রাকার দেহ এখানে অনুপস্থিত।

অতিক্ষুদ্র আণুবীক্ষণিক এপিফাইটিক উদ্ভিদ থেকে শুরু করে 60 মিঃ অধিক দীর্ঘ দেহবিশিষ্ট উদ্ভিদ *(Macrocystis,* ম্যাক্রোসিস্টিস) দেখা যায়। কোন কোন উদ্ভিদের গ্যামেটোফাইট অত্যন্ত ক্ষুদ্র আণুবীক্ষণিক, আবার স্পোরোফাইট বৃহদাকার। তবে অনেক প্রজাতির স্পোরোফাইট ও গ্যামেটোফাইট একই আকারের হয়ে থাকে। দেহের গঠন নির্দিষ্ট আকারবিহীন বা নির্দিষ্ট আকারবিশিষ্ট হতে পারে। দেহ সুনির্দিষ্ট আকার হলে, ইহা তিনটি অংশে বিভক্ত থাকে, যথা - মূল্যের ন্যায় সুগঠিত হোল্ডফাস্ট, মধ্য অংশ কান্ডের ন্যায় সোজা ও শক্ত স্টাইপ (stipe) এবং স্টাইপ থেকে উদ্ভূত পাতার ন্যায় ফ্রন্ড (frond)। ফ্রন্ড অংশই উদ্ভিদের জনন অঙ্গ উৎপন্ন করে। *Fucus* (ফিউকাস), *Ectocarpus* (এক্টোকারপাস), *Laminaria* (ল্যামিনারিয়া), *Macrocystis (ম্যাক্রোসিস্টিস্),* *Nereocystis* (নিরিওসিস্টিস্), *Sargassum* (সারগাসাম), *Dictyota* (ডিক্‌টিওটা), *Alaria* (অ্যালারিয়া), *Cutleria* (কাটলেরিয়া) ইত্যাদি উল্লেখযোগ্য বাদামী শৈবাল (চিত্র 9.4)

কোষের অংশ সমূহ ও রাসায়নিক প্রকৃতি

ক্রোমাটোফোর ঃ ক্রোমাটোফোর একটি কোষে এক বা একাধিক পরিমাণে থাকে। এগুলি দেখতে গোল ও চক্রাকার। অনেক ক্ষেত্রে লম্বাটে ধরনের।

রঞ্জক ঃ ক্লোরোফিল এ, সি; β-ক্যারোটিন দেখা যায়। জ্যান্থোফিল রঞ্জকের মধ্যে ফিউকোজ্যান্থিনের আধিক্যের জন্যই ক্রোমাটোফোরের রং বাদামী হয়। অন্যান্য জ্যান্থোফিল রঞ্জকের মধ্যে ভায়োলাজ্যান্থিন (Violaxanthin), অ্যান্থেরাজ্যান্থিন (Antheraxanthin), নিওজ্যান্থিন (Neoxanthin), ডায়াডিনোজ্যান্থিন (Diadinoxanthin) ও ডায়াটোজ্যান্থিন (Diatoxanthin) দেখা যায়। এগুলি বিভিন্ন অনুপাতে বিভিন্ন প্রজাতিতে থাকে। কিন্তু সকল রঞ্জকগুলিই ক্রোমাটোফোরে অবস্থান করে।

কোষপ্রাকার - কোষপ্রাকার প্রধানত দুটি স্তর নিয়ে গঠিত। বাইরের স্তরটি মিউসিলেজ বা জিলাটিন জাতীয় আঠালো পদার্থ দিয়ে তৈরী। এই আঠালো পদার্থের প্রধান উপাদান হল অ্যালগিন (algin) এবং ফিউকয়ডিন্ (fucoidin)। প্রজাতি বিশেষে এবং বিভিন্ন পরিবেশে অ্যালগিন বা অ্যালগিনিক অ্যাসিড (alginic acid) এবং ফিউকয়ডিন্ এর আনুপাতিক হারের তারতম্য দেখা যায় তবে সাধারণত অ্যালগিন্-এর পরিমানই বেশী থাকে। এছাড়া ফিউসিন (fusin) নামে একপ্রকার পদার্থ কোন কোন ক্ষেত্রে দেখা যায়। ভিতরের স্তরটি প্রধানত সেলুলোজ দ্বারা গঠিত যা দ্বারা কোষপ্রাকার দৃঢ় কাঠামো গড়ে তোলে। প্যারেনকাইমা কলাযুক্ত যে সকল বাদামী শৈবাল আছে (ফিউক্যালীন ডিক্‌টিওট্যালীন, ল্যামিনারিয়ালিস্ ইত্যাদি বর্গের শৈবাল) তাদের ক্ষেত্রে আন্তকোষীয় প্লাসমোডেসমাটা দেখা যায়।

ফ্ল্যাজেলা এবং চক্ষুবিন্দু ঃ অঙ্গজ কোষে ফ্লাজেলা অনুপস্থিত। শুধুমাত্র জুস্পোর ও গ্যামেটে পার্শ্বীয়ভাবে যুক্ত দুটি অসমান দৈর্ঘের ফ্লাজেলা দেখা যায়। ছোটটি পশ্চাৎমুখী, অ্যাক্রোনেমাটিক বা হুইপল্যাস প্রকৃতির এবং বড়টি সামনের দিকে প্রসারিত, প্যান্টোনেমাটিক বা টিনসেল প্রকৃতির। তবে ফিউকেলস (Fucales) বর্গের বিভিন্ন প্রজাতিতে (যেমন - ফিউকাস, সারগাসাম ইত্যাদি) শুক্রাণুর পশ্চাৎমুখী ফ্লাজেলা অপেক্ষাকৃত দীর্ঘাকৃতির। ডিক্টিওট্যালিস বর্গের প্রজাতিতে (যেমন-ডিক্‌টিওটা, *Dictyota*) শুক্রাণুর একটি মাত্র ফ্লাজেলা দেখা যায় এবং এটি টিনসেল্ প্রকৃতির; অপর ফ্লাজেলাটি লুপ্তপ্রায় অঙ্গে পরিণত হয়েছে মনে করা হয়। হুইপল্যাস ফ্লাজেলাটির পাদদেশে একটি স্ফীত অংশ দেখা যায় যার পাশে চক্ষুবিন্দু অবস্থান করে (তবে চক্ষুবিন্দুটি ক্রোমাটোফোরে অবস্থান করে)। এদেরকে একত্রে ফটোরিসেপটর অ্যাপারেটাস (Photoreceptor apparatus) বলে।

ফাইসডস্ (Physodes) এবং ফিওফাইসীয়ান ট্যানীন (Phaeophycean tannins) ঃ নিউক্লিয়াসকে ঘিরে কোষের সাইটোপ্লাজমে উচ্চ প্রতিসরণ ক্ষমতাসম্পন্ন (strongly refractile) অসংখ্য থলি (vesicles) দেখা যায়,

এদেরকে ফাইসড্ বা ফিউকোজ্যান থলি (fucosan vesicles) বলে। এই থলির মধ্যে ফিওফাইসীয়ান ট্যানীন বা ফ্লোরোট্যানীন (Phlorotannin) নামক বর্ণহীন পদার্থ থাকে। এই সকল উপাদান ক্রোমাটোফোরে উৎপন্ন হয়।

সঞ্চিত খাদ্য - প্রধানতঃ ক্রাইসোল্যামিনারিন (লিউকোসিন) সাইটোপ্লাজমে অবস্থিত গহ্বরের (vacuole) মধ্যে তরল অবস্থায় থাকে। তাছাড়া ম্যানিটল ও লিপিড তৈলবিন্দু রূপে অবস্থান করে।

বাদামী শৈবালে প্রায়শই পাইরিনয়েড থাকে। ক্রোমাটোফোর থেকে উৎপন্ন একটি উপবৃদ্ধির ন্যায় পাইরিনয়েড অবস্থান করে। পাইরিনয়েড ক্রোমাটোফোরের ধাত্রের সাথে একটি ক্ষুদ্র বৃন্তবৎ নালী দ্বারা যুক্ত থাকে (চিত্র 16.2) প্রকৃতপক্ষে নিউক্লিয়াস, ক্রোমাটোফোর ও পাইরিনয়েড ও গলগিবস্তু এই চারটি অঙ্গানু এন্ডোপ্লাজমিক জালিক দ্বারা একত্রে যুক্ত হয়ে অন্তকোষীয় নালী তন্ত্র (Internal channeling system) গঠন করে। ক্রোমাটোফোরের নিজস্ব আবরণীকে ঘিরে এন্ডোপ্লাজমিক জালিকার একটি স্বতন্ত্র পরিবেষ্টনী দেখা যায় তাকে ক্লোরোপ্লাস্ট এন্ডোপ্লাজমিক জালিকা (Chloroplast Endoplasmic Reticulum) বা সংক্ষেপে সি.ই.আর (CER) বলে। সি.ই.আর ক্রোমাটোফোরের সাথে পাইরিনয়েডকেও একত্রে বেষ্টন করে রাখে, যা নিউক্লিয় ঝিল্লী ও গলগি বস্তুর সাথেও যুক্ত (চিত্র - 9.3)।

জনন - অঙ্গজ, অযৌন যৌন তিন প্রকার জননই বাদামী শৈবালে দেখা যায়।

অঙ্গজ জনন - খন্ডিভবনের (fragmentation) সাহায্যে এই প্রকার জনন ঘটে। খন্ড গুলি বিভাজনের সাহায্যে, পুনরায় পূর্ণাঙ্গ থ্যালাসে পরিণত হয়। কোন কোন ক্ষেত্রে (স্ফেসিলারিয়ালীস, Sphacelariales বর্গের শৈবালে) থ্যালাস থেকে প্রোপাগুলা (propagula) নামক বিশেষ শাখা সৃষ্টি হয় বা পৃথক হয়ে নতুন থ্যালাস উৎপন্ন করে।

অযৌন জনন - টিলোপটেরিডেলিস (Tilopteridales), ডিক্টিওটেলিস্ (Dictyotales) এবং ফিউকেলিস (Fucales) বর্গের শৈবাল ব্যতীত সকল বাদামী শৈবালে স্পোরোফাইট উদ্ভিদে উৎপন্ন নির্দিষ্ট রেণুস্থলী বা স্পোরাঞ্জিয়ার মধ্যে সৃষ্ট সুগঠিত জুস্পোর দ্বারা অযৌন জনন সম্পন্ন হয়। জুস্পোর সাধারণত নাসপাতি আকৃতির, দুটি অসম পার্শ্বীয় ফ্লাজেলা, একটি আইস্পট ও সাধারণত একটি ক্রোমাটোফোর যুক্ত।

অধিকাংশ এক্টোকারপালিস (Ectocarpales) বর্গের প্রজাতি (যেমন - *Ectocarpus,* এক্টোকারপাস; *Giffordia,* জিফোরডিয়া (ইত্যাদি) এবং স্ফেসিলারিয়েলিস বর্গের প্রজাতিতে (যেমন - স্ফেসিলারিয়া, *Sphacelaria*) একপ্রকোষ্ঠী (unilocular) এবং বহুপ্রকোষ্ঠী (multilocular বা plurilocular) স্পোর্যাঞ্জিয়াম স্পোরোফাইটিক উদ্ভিদে দেখা যায়। জুস্পোর উৎপাদনকালে স্পোরোফাইট উদ্ভিদে অবস্থিত এক প্রকোষ্ঠী স্পোর্যাঞ্জিয়ামের ডিপ্লয়েড নিউক্লিয়াসটি প্রথমে মিয়োসিস প্রক্রিয়ায় বিভাজিত হয়ে চারটি হ্যাপ্লয়েড নিউক্লিয়াস গঠন করে, অতঃপর মাইটোসিস বিভাজন দ্বারা পুনঃ বিভাজিত হয়ে 16,32,64 অথবা 128টি হ্যাপ্লয়েড নিউক্লিয়াস গঠন করে। প্রতিটি নিউক্লিয়াস সামান্য সাইটোপ্লাজম দ্বারা পরিবৃত হয়ে হ্যাপ্লয়েড জুস্পোর গঠন করে। হ্যাপ্লয়েড জুস্পোর অঙ্কুরিত হয়ে গ্যামেটোফাইটিক উদ্ভিদ উৎপন্ন করে। সুতরাং এই প্রকার জুস্পোর বা একপ্রকোষ্ঠ যুক্ত স্পোর্যাঞ্জিয়াম যৌন জনন চক্রের সাথে যুক্ত তাই এটি প্রকৃত অযৌন রেণু নয়।

বহুপ্রকোষ্ঠী স্পোর্যাঞ্জিয়ামের প্রতি প্রকোষ্ঠে অবস্থিত ডিপ্লয়েড নিউক্লিয়াস কখনও মিয়োসিস প্রক্রিয়ায় বিভাজিত হয় না। ফলে উৎপন্ন জুস্পোর সর্বদাই ডিপ্লয়েড প্রকৃতির, যা অঙ্কুরিত হয়ে স্বাভাবিক কারণে স্পোরোফাইটিক উদ্ভিদ (2n) উৎপন্ন করে। যেহেতু এটি একপ্রকার মাইটোস্পোর এবং স্পোরোফাইট উদ্ভিদের বিস্তারে সাহায্য করে মাত্র, জনুক্রম বা যৌন জনন চক্রের সাথে যুক্ত নয়, তাই এটি প্রকৃত অযৌন রেণু। অর্থাৎ বহুপ্রকোষ্ঠী স্পোর্যাঞ্জিয়ামের মাধ্যমে প্রকৃত অযৌন জনন ঘটে। ডিপ্লয়েড জুস্পোর থেকে সমধর্মী স্পোরোফাইটিক উদ্ভিদ উৎপন্ন হয় বলে, এইপ্রকার রেণুকে

নিউট্রাল রেণু *(neutral spore)* এবং স্পোর‍্যাঞ্জিয়ামকে নিউট্রাল স্পোর‍্যাঞ্জিয়াম বলে (9.4 অংশে এক্টোকারপাস-এর জীবন চক্র এইরূপ)

এক্টোকারপালিস ও স্ফেসিলারিয়েলিস বর্গব্যতীত জুস্পোর উৎপন্নকারী অন্যান্য প্রজাতিতে শুধুমাত্র এক প্রকোষ্ঠী স্পোর‍্যাঞ্জিয়াম উৎপন্ন হয়। ডিকটিওট্যালিস্ (Dictyotales) বর্গের স্পোরোফাইটিক উদ্ভিদে টেট্রাস্পোর‍্যাঞ্জিয়াম নামক এক প্রকোষ্ঠী স্পোর‍্যাঞ্জিয়াম উৎপন্ন হয়। যার মধ্যে ডিপ্লয়েড নিউক্লিয়াসটি মিয়োসিস প্রক্রিয়ায় চারটি হ্যাপ্লয়েড টেট্রাস্পোর বা অ্যাপ্লানোস্পোর গঠন করে। টিলোপটেরিডেলিস্ বর্গের প্রজাতিতে (যেমন - *Tilopteris,* (টিলোপটেরিস) এক প্রকোষ্ঠী স্পোর‍্যাঞ্জিয়ামের ডিপ্লয়েড নিউক্লিয়াস মিয়োসিস বিভাজন দ্বারা চারটি হ্যাপ্লয়েড নিউক্লিয়াস গঠন করে। চারটি হ্যাপ্লয়েড নিউক্লিয়াস নিয়ে সমগ্র প্রোটোপ্লাস্টটি একটি মাত্র নিশ্চল স্পোর গঠন করে। চার নিউক্লিয়াস বিশিষ্ট এরূপ স্পোরকে মনোস্পোর (Monospore) বলা হয়। টেট্রাস্পোর ও মনোস্পোর উভয়েই অঙ্কুরিত হয়ে গ্যামেটোফাইটিক উদ্ভিদ সৃষ্টি করে।

ফিউকেলীস্ বর্গের উদ্ভিদে কোন অযৌন জনন দেখা যায় না।

যৌন জনন - আইসোগ্যামী, অ্যানাইসোগ্যামী ও উগ্যামী - এই তিনপ্রকার যৌন জননই বাদামী শৈবালে দেখা যায়। উদ্ভিদ সহবাসী বা ভিন্নবাসী উভয় প্রকৃতির হতে পারে। গ্যামেটোফাইটিক উদ্ভিদ শুধুমাত্র বহুপ্রকোষ্ঠ গ্যামেট্যাঞ্জিয়াম ধারণ করে যা দেখতে বহুপ্রকোষ্ঠী স্পোর‍্যাঞ্জিয়ামের ন্যায় এবং গ্যামেটগুলিও দেখতে জুস্পোরের ন্যায়। এক্টোকারপালিস এবং স্ফেসিলারিয়ালিস বর্গের প্রজাতিগুলির মধ্যে আইসোগ্যামাস প্রকৃতির যৌন জনন দেখা যায়। কাটলেরিয়ালিস্ (Cutleriales) ও টিলোপটেরিডালিস্ (Tilopteridales) বর্গের প্রজাতিতে অ্যানাইসোগ্যামাস প্রকৃতির যৌন জনন দেখা যায়। ফিউক্যালিস, ল্যামিনারিয়ালিস (Laminariales) এবং ডিকটিওট্যালিস বর্গে উগ্যামাস যৌন জনন দেখা যায়।

ডিকটিওট্যালিস বর্গভুক্ত প্রজাতির ক্ষেত্রে পুংধানী ও স্ত্রীধানী (oogonium) সোরাস (sorus) -এর মধ্যে উৎপন্ন হয় কিন্তু ফিউক্যালিস বর্গের প্রজাতিতে জনন অঙ্গগুলি কনসেপ্টেকল্ (conceptacle) নামক থলির মধ্যে উৎপন্ন হয়।

অপুংজনি (Parthenogenesis) ঃ কোন কারণে গ্যামেটগুলি পরস্পর মিলিত না হলে হ্যাপ্লয়েড অনিষিক্ত গ্যামেটই সরাসরি অঙ্কুরিত হয়ে উদ্ভিদ সৃষ্টির ঘটনাকে অপুংজনি বলে। এক্ষেত্রে অস্বাভাবিক আচরণকারী গ্যামেটকে পার্থেনোস্পোর (Parthenospore) বা অ্যাজাইগোস্পোর (Azygospore) বলে।

জনুক্রম (Alternation of generation) ঃ এই শ্রেণীর শৈবালে প্রধানতঃ দু'প্রকার জনুক্রম দেখা যায় ঃ

(a) ডিপ্লোন্টিক - ফিউক্যালিস বর্গের প্রজাতিতে (যেমন - ফিউকাস) দেখা যায়।

(b) ডিপ্লোহ্যাপ্লন্টিক - এটি আবার দু'প্রকার দেখা যায়, যথা -

আইসোমরফিক - এক্টোকারপালিস বর্গের প্রজাতিতে (এক্টোকারপাস) দেখা যায়।

হেটারোমরফিক - (কাটলারিয়ালিস্ বর্গের প্রজাতির ক্ষেত্রে গ্যামেটোফাইট প্রকট (উদাঃ কাটলেরিয়া, *Cutleria*) কিন্তু ল্যামিনারিয়ালিস বর্গের ক্ষেত্রে (উদা ঃ ল্যামিনারিয়া) স্পোরোফাইট খুবই প্রকট।

অনুশীলনী - 1

(1) ফিওফাইসীর যে চারটি গণ মিঠা জলে জন্মায় তাদের নাম করুন।

(2) দুটি ফিওফাইস শ্রেণীভুক্ত শৈবালের নাম করুন।

(3) অ্যালগিন্ (algin) ও ফিউকয়ডিন (fucoidin) কোথায় পাওয়া যায়?

(4) একটি শৈবাল শ্রেণীর নাম করুন যাদের অন্তর্গত প্রজাতিতে অঙ্গজকোষে ফ্লাজেলা অনুপস্থিত কিন্তু জুস্পোর ও গ্যামেট ফ্লাজেলা দেখা যায়।

(5) এমন একটি শৈবাল প্রজাতির নাম করুন যার গ্যামেটে একটি মাত্র ফ্লাজেলা দেখা যায়।

(6) ফটোরিসেপটর অ্যাপারেটাস্ কাকে বলে?

(7) ফিওফাইসীর অন্তর্গত শৈবালের বাদামী রং-এর জন্য প্রধানত কোন্ রঞ্জকটি দায়ী?

(8) ফাইসড্ বা ফিউকোজ্যান থলি কি?

(9) ক্লোরোট্যানীন কি?

(10) ম্যানিটল কি? কোথায় পাওয়া যায়?

(11) বাদামী শৈবালে পাইরিনয়েড কিরূপে অবস্থান করে?

(12) বাদামী শৈবালে কোন কোন অঙ্গাণু পরস্পর যুক্ত হয়ে অন্তঃকোষীয় নালীতন্ত্র গঠন করে?

(13) এক প্রকোষ্ঠ বিশিষ্ট ও বহুপ্রকোষ্ঠ বিশিষ্ট স্পোর্যাঞ্জিয়াম কোথায় দেখা যায়?

(14) নিউট্রাল স্পোর কি?

9.4 এক্টোকারপাস (*Ectocarpus*)-এর জীবন ইতিহাস

9.4.1 শ্রেণীগত অবস্থান (Systematic position)

বোল্ড এবং ওয়াইনি (Bold & Wynne, 1985) অনুসারে ঃ

বিভাগ	-	ফিওফাইটা (Phaeophyta)
শ্রেণী	-	ফিওফাইসী (Phaeophyceae)
বর্গ	-	এক্টোকারপালিস (Ectocarpales)
গোত্র	-	এক্টোকারপাসী (Ectocarpaceae)
গণ	-	*Ectocarpus* (এক্টোকারপাস)
প্রজাতি	-	*arabicus* (অ্যারাবিকাস)

ভারতীয় প্রজাতি - *Ectocarpus arabicus* (এক্টোকারপাস অ্যারাবিকাস), *E. coniferous* (এক্টোকারপাস কনিফেরাস), *E. indicus* (এক্টোকারপাস ইন্ডিকাস), *E. filifer* (এক্টোকারপাস ফিলিফার)।

9.4.2 বসতি

ইহা সামুদ্রিক বাদামী শৈবাল। এদেরকে অন্য কোন উদ্ভিদের উপর পরাশ্রয়ী অথবা লিথোফাইট রূপে প্রস্তর খন্ডের উপর জন্মাতে দেখা যায়।

9.4.3 অঙ্গজ গঠন

বাদামী শৈবালের মধ্যে এটি সর্বাপেক্ষা সরল প্রকৃতির শৈবাল। উদ্ভিদ দেহ সূত্রাকার এবং হেটেরোট্রিকাস (heterotrichous) প্রকৃতির অর্থাৎ একটি শায়িত অংশ ও একটি ঋজু (erect) অংশ নিয়ে উদ্ভিদ দেহটি গঠিত। উভয় অংশই প্রচুর শাখান্বিত। তবে ঋজু অংশের মধ্যে প্রধান অক্ষ থেকে প্রচুর পার্শ্বশাখার সৃষ্টি হয়। এক্ষেত্রে পার্শ্বশাখাগুলি সর্বদাই অনুপ্রস্থ প্রাকারের নিম্নাংশ থেকে উৎপন্ন হয়। শাখাগুলি ক্রমশ সরু হয়ে রোমের আকার ধারণ করে। মূল, অক্ষ ও শাখা সকলেই এক সারি (uniseriate) কোষ দ্বারা গঠিত। শায়িত অংশটি সাধারণত ঋজু অংশকে কোন বস্তুর সাথে আবদ্ধ রাখতে সাহায্য করে। ঋজু বা খাড়া অংশটি সালোক-সংশ্লেষকারী ও জনন অঙ্গ বহনকারী অংশ (চিত্র 9.7a)।

কোষের গঠন ঃ কোষগুলি একটি নিউক্লিয়াসযুক্ত, বেলনাকার, তবে অনুবীক্ষণ যন্ত্রের নীচে আয়তাকার দেখায়।

কোষপ্রাকার দুটি স্তর বিশিষ্ট - বাইরের দিকে পিচ্ছিল পেক্‌টিক পদার্থ থাকে যা অ্যালগিন ও ফিউকয়েডিন সমৃদ্ধ এবং ভিতরের দিক সেলুলোজ স্তর দ্বারা গঠিত।

প্রোটোপ্লাস্টে একাধিক গহ্বর থাকে। অনিয়মিত (irregular) বা মসৃণ (smooth) কিনারা বিশিষ্ট ফিতাকৃতির একাধিক ক্রোমাটোফোর বর্তমান (চিত্র 9.7, b) কিছু প্রজাতিতে *(E. siliculosus,* এক্টোকারপাস সিলিকিউলোস) ক্রোমাটোফোরের সাথে উপবৃদ্ধির ন্যায় যুক্ত একটি পাইরিনয়েড বর্তমান। ক্রোমাটোফোরে ক্লোরোফিল-এ, ক্লোরোফিল-সি, β-ক্যারোটিন এবং ফিউকোজ্যান্থিন সহ অন্যান্য ক্যারোটিনয়েড রঞ্জক থাকে।

9.4.4 এক্টোকারপাসে দু'প্রকার জনন দেখা যায়, যথা-অযৌন ও যৌন জনন

অযৌন জনন - জুস্পোর সৃষ্টির মাধ্যমে এইপ্রকার জনন সম্পন্ন হয়। তবে এই জুস্পোর এক্টোকারপাস-এর স্পোরোফাইটিক উদ্ভিদে (2n) সৃষ্ট স্পোর্যাঞ্জিয়ামের মধ্যে উৎপন্ন হয়। স্পোরোফাইটিক উদ্ভিদে নিম্নলিখিত দু'প্রকার স্পোর্যাঞ্জিয়াম দেখা যায় ঃ

(a) এক প্রকোষ্ঠী স্পোর্যাঞ্জিয়াম (Unilocular sporangium) ঃ এই প্রকার স্পোর্যাঞ্জিয়াম প্রকৃতপক্ষে যৌনজনন চক্রের সাথে যুক্ত কেননা এটি মিয়োস্পোর সৃষ্টির মাধ্যমে পুনরায় গ্যামেটোফাইটিক উদ্ভিদ সৃষ্টি করে। কাজেই এর সম্পর্কে যৌন জনন চক্রে আলোচনা করা হবে।

(b) বহুপ্রকোষ্ঠী স্পোর্যাঞ্জিয়াম (Plurilocular sporangium) ঃ (চিত্র 9.8) এই প্রকার স্পোর্যাঞ্জিয়ামই প্রকৃতপক্ষে অযৌন জননের সাথে যুক্ত। খর্বাকৃতি কোন পার্শ্বীয় শাখার অগ্রকোষ বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়ে কোষ বিভাজনের মাধ্যমে শঙ্কু বা ডিম্বাকার বৃন্তযুক্ত বহুপ্রকোষ্ঠী স্পোর্যাঞ্জিয়াম গঠন করে। পরিণত স্পোর্যাঞ্জিয়ামটি কয়েকশত ঘনকাকার কোষ নিয়ে গঠিত। প্রতিটি কোষে একটি ডিপ্লয়েড নিউক্লিয়াস বর্তমান। ঘনকাকার প্রতিটি কোষের প্রোটোপ্লাস্ট রূপান্তরিত হয়ে

পার্শ্বীয় ভাবে বিন্যস্ত, অসমান দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট দুটি ফ্লাজেলাযুক্ত ন্যাসপাতি বা বৃক্কাকৃতির একটি ডিপ্লয়েড জুস্পোর গঠন করে। স্পোর‍্যাঞ্জিয়ামে অগ্রস্থ বা পার্শ্বীয় ছিদ্রের মধ্য দিয়ে জুস্পোরগুলি বাইরে নির্গত হয়। কিছুক্ষণ সন্তরণের পর কোন বস্তুর উপর স্থিত হয় এবং ফ্লাজেলা পরিত্যাগ করে। অতঃপর প্রাকার দ্বারা আবৃত হয়ে গোলাকৃতি রূপ ধারণ করে। এরূপ স্পোরকে কুইস্‌সেন্ট (quiescent) জুস্পোর বলে। এটি অঙ্কুরিত হয়ে ডিপ্লয়েড উদ্ভিদ উৎপন্ন করে। ডিপ্লয়েড উদ্ভিদ থেকে উৎপন্ন ডিপ্লয়েড রেণু একই প্রকার উদ্ভিদ উৎপন্ন করে বলে এই প্রকার রেণুকে নিউট্রাল স্পোর (Neutral spore) বলে। এটি একপ্রকার মাইটোস্পোর এবং প্রকৃত অযৌন রেণু যা স্পোরোফাইটিক উদ্ভিদের (2n) বংশবিস্তারে সাহায্য করে।

যৌন জনন ঃ বেশীর ভাগ প্রজাতি সহবাসী (monoecious)। আবার সহবাসী হলেও কিছু কিছু ক্ষেত্রে কার্যত ভিন্নবাসী কেননা দুটি ভিন্ন থ্যালাসের গ্যামেটের মধ্যে মিলন ঘটে। কিছু প্রকৃতই ভিন্নবাসী *(Ectocarpus siliculosus,* এক্টোকারপাস সিলিকিউলোসা)।

কিছু প্রজাতিতে যৌন জনন আইসোগ্যামাস প্রকৃতির তবে বেশীর ভাগ প্রজাতিতে শারীরবৃত্তীয় অ্যানাইসোগ্যামী (Physiological anisogamy) দেখা যায় *(E. siliculosus,* এক্টোকারপাস সিলিকিউলোসাস)। তবে কয়েকটি ক্ষেত্রে প্রকৃত অ্যানাইসোগ্যামী (Morphological anisogamy) দেখা যায় *(E. secundus,* এক্টোকারপাস সিকানডাস)। গ্যামেটগুলি বহুপ্রকোষ্ঠবিশিষ্ট গ্যামেট্যাঞ্জিয়ামের (plurilocular gamentagia) মধ্যে জন্মায়। এই গ্যামেট্যাঞ্জিয়ামের বৃদ্ধি ও গঠন বহুপ্রকোষ্ঠ বিশিষ্ট স্পোর‍্যাঞ্জিয়ামের মত। তবে গ্যামেট্যাঞ্জিয়াম শুধুমাত্র হ্যাপ্লয়েড (গ্যামেটোফাইট) উদ্ভিদে জন্মায়। বহুপ্রকোষ্ঠবিশিষ্ট গ্যামেট্যাঞ্জিয়াম-এর কয়েকশত ঘনকাকার কোষের প্রতিটির প্রোটোপ্লাস্ট রূপান্তরিত হয়ে একটি দ্বি-ফ্লাজেলা বিশিষ্ট গ্যামেট উৎপন্ন করে। গ্যামেট দেখতে জুস্পোরের ন্যায় তবে আকারে ছোট। গ্যামেটগুলি জুস্পোরের ন্যায় গ্যামেট্যাঞ্জিয়ামের অগ্রভাগে সৃষ্ট ছিদ্রের মধ্য দিয়ে বাইরে বেরিয়ে আসে। **(চিত্র 9.10)**

নিষেক ঃ আইসোগ্যামীর ক্ষেত্রে দুটি সম আকৃতির বিপরীতধর্মী গ্যামেট মিলিত হয়ে ডিপ্লয়েড জাইগোট গঠন করে (উদা ঃ *Ectocarpus globifer,* এক্টোকারপাস গ্লোবিফার)

শারীরবৃত্তীয় অ্যানাইসোগ্যামীর (Physiological anisogamy) ক্ষেত্রে নিষেকে অংশগ্রহণকারী গ্যামেটদ্বয় আকার ও আকৃতিগতভাবে এক কিন্তু যৌন আচরণের (sexual behaviour) ক্ষেত্রে ভিন্ন। স্ত্রীগ্যামেটরূপে অংশ প্রাপ্ত হয়। অতঃপর অসংখ্য সচল ফ্লাজেলাবিশিষ্ট পুংগ্যামেট, নিশ্চল অবস্থা প্রাপ্ত স্ত্রী গ্যামেটকে ঘিরে ফেলে এবং সম্মুখ ভাগে লম্বা ফ্লাজেলা দ্বারা স্ত্রীগ্যামেটের সাথে যুক্ত হয়ে একটি ঝাড়ের রূপ ধারণ করে। এই অবস্থাকে ক্লাম্প গঠন (Clump formation) (চিত্র 9.9, d-h) বলা হয়। অবশেষে একটি মাত্রপুংগ্যামেট স্ত্রী গ্যামেটের সাথে মিলিত হয়ে ডিপ্লয়েড জাইগোট গঠন করে। এক্টোকারপাস সিলিকিউলোসাস-এর ক্ষেত্রে এরূপ যৌন জনন দেখা যায়।

এক্টোকারপাস সিকানডাস (চিত্র 9.9, a-c) এর ক্ষেত্রে প্রকৃত অ্যানাইসোগ্যামী দেখা যায়। এক্ষেত্রে মিলনে অংশগ্রহণকারী গ্যামেটদ্বয়ের মধ্যে উভয়ে দুটি ফ্লাজেলা বিশিষ্ট হলেও এদের একটি বড় যাকে ম্যাক্রোগ্যামেট (স্ত্রী গ্যামেট) বলে এবং অপরটি ছোট যাকে মাইক্রোগ্যামেট (পুং-গ্যামেট) বলে। দুপ্রকার গ্যামেট দুধরণের গ্যামেট্যাঞ্জিয়ামের মধ্যে উৎপন্ন হয়। ম্যাক্রোগ্যামেট যে গ্যামেট্যাঞ্জিয়াম (স্ত্রী গ্যামেট্যাঞ্জিয়াম) থেকে উৎপন্ন হয় তার প্রকোষ্ঠগুলি অর্থাৎ কোষগুলি অপেক্ষাকৃত বড় হয়। অপরদিকে মাইক্রোগ্যামেট উৎপাদনকারী পুং গ্যামেট্যাঞ্জিয়ার প্রকোষ্ঠগুলি অপেক্ষাকৃত ছোট হয় এবং ক্ষুদ্রাকৃতির গ্যামেট উৎপন্ন করে। মাক্রোগ্যামেট ও মাইক্রোগ্যামেটের মিলনে জাইগোট উৎপন্ন হয়।

জাইগোটের অঙ্কুরোদ্গম ঃ জাইগোট বিশ্রাম পর্যায় ছাড়াই সরাসরি অঙ্কুরিত হয়ে ডিপ্লয়েড স্পোরোফাইটিক উদ্ভিদ উৎপন্ন করে। পূর্বেই উল্লেখ করা হয়েছে স্পোরোফাইট দু'প্রকার স্পোর‍্যাঞ্জিয়া ধারণ করে, যথা-একপ্রকোষ্ঠী এবং বহুপ্রকোষ্ঠী

স্পোর্যাঞ্জিয়া। বহুপ্রকোষ্ঠী স্পোর্যাঞ্জিয়ার যৌন জনন চক্রে কোন ভূমিকা নেই। এটি মাইটোস্পোর সৃষ্টির মাধ্যমে অযৌন জনন ঘটায়।

একপ্রকোষ্ঠী স্পোর্যাঞ্জিয়ামও বহুপ্রকোষ্ঠী স্পোর্যাঞ্জিয়ামের মত খর্বাকৃতি পার্শ্বীয় শাখার অগ্রভাগে উৎপন্ন হয়। এটি দেখতে ডিম্বাকার বা গোলাকার। স্পোর গঠন কালে প্রকোষ্ঠের অভ্যন্তরে সাইটোপ্লাজমে অবস্থিত ডিপ্লয়েড নিউক্লিয়াসটি প্রথমে মিয়োসিস প্রক্রিয়ায় চারটি ও পরে মাইটোসিস প্রক্রিয়ায় 32-64 টি হ্যাপ্লয়েড নিউক্লিয়াস গঠন করে। প্রতিটি নিউক্লিয়াস সাইটোপ্লাজম দ্বারা পরিবৃত হয়ে দ্বি-ফ্লাজেলা বিশিষ্ট হ্যাপ্লয়েড জুমিয়োস্পোর (zoomeiospore) গঠন করে। জুমিয়োস্পোর অঙ্কুরিত হয়ে পুনরায় গ্যামেটোফাইট উদ্ভিদ উৎপন্ন করে।

9.4.5 জনুক্রম (Alternation of Generation)

এক্টোকারপাস উদ্ভিদে সুস্পষ্ট জনুক্রম দেখা যায়। হ্যাপ্লয়েড গ্যামেটোফাইটিক উদ্ভিদ গ্যামেট গঠন করে। গ্যামেটের মিলনে জাইগোট উৎপন্ন হয়। জাইগোট অঙ্কুরিত হয়ে ডিপ্লয়েড স্পোরোফাইটিক উদ্ভিদ উৎপন্ন হয়। স্পোরোফাইটিক উদ্ভিদে উৎপন্ন এক প্রকোষ্ঠ বিশিষ্ট স্পোর্যাঞ্জিয়ামে মিয়োসিস বিভাজন দ্বারা মিয়োস্পোর তৈরী হয়। উক্ত মিয়োস্পোর অঙ্কুরিত হয়ে পুনরায় গ্যামেটোফাইটিক উদ্ভিদ সৃষ্টি করে। এক্ষেত্রে স্পোরোফাইট ও গ্যামেটোফাইট উদ্ভিদ দেখতে একই প্রকার। এই প্রকার জীবন চক্র ডিপ্লহ্যাপ্লন্টিক আইসোমরফিক প্রকৃতির। এ প্রসঙ্গে উল্লেখযোগ্য যে স্পোরোফাইট উদ্ভিদে অবস্থিত বহুপ্রকোষ্ঠযুক্ত স্পোর্যাঞ্জিয়ামে মাইটোস্পোর উৎপন্ন হয় যাহা জনুক্রমের সাথে যুক্ত নয়। অযৌন জনন প্রক্রিয়ায় স্পোরোফাইট উদ্ভিদের বংশবিস্তার ঘটায় মাত্র।

9.5 ফিউকাস-এর জীবন ইতিহাস

9.5.1 শ্রেণীগত অবস্থান (Systematic Political)

Lee, 2008 অনুসারে ঃ

শ্রেণী — ফিয়োফাইসি (*Phaeophyceae*) Lee 2008

বর্গ — ফিউকেলস্ (*Fucales*)

গোত্র — ফিউকেসি (*Fucaceae*)

গণ — ফিউকাস (*Fucus* sp.)

9.5.2 বসতি

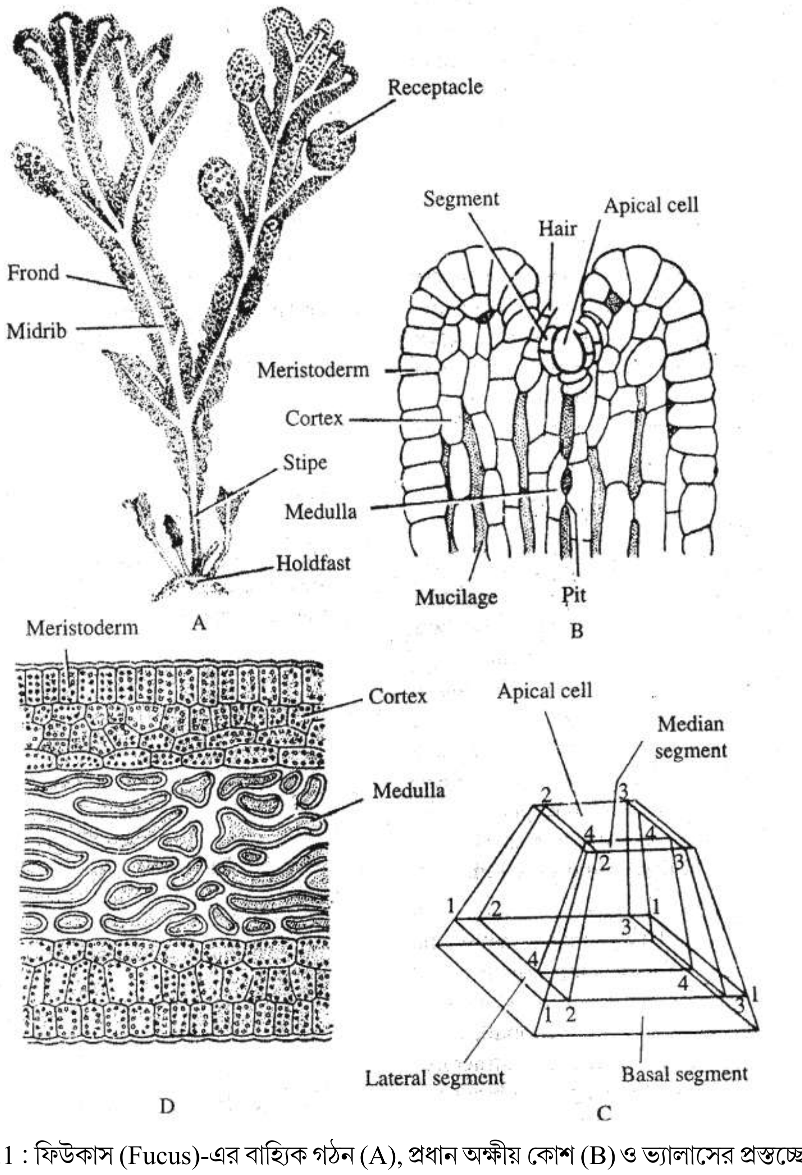
বাদামি বর্ণের শৈবাল যা ১০০টির বেশী প্রজাতি দ্বারা গঠিত। শুধুমাত্রা সামুদ্রিক হয় যা প্রধানত উত্তর গোলার্ধের টেমপারেট (Temperate) অঞ্চলেই দেখা যায়। আর্দ্র সমুদ্র পার্শ্ববর্তী পাথরের খাঁজে হয়ে থাকে।

9.5.3 গঠনগত বৈশিষ্ট্য

উদ্ভিদদেহ বহু শাখান্বিত, চ্যাপ্টা, চামড়ার ন্যায় ও গাঢ় বাদামী বর্ণের হয়। প্রায় 30 cm পর্য্যন্ত বর্দ্ধিত হয়। উদ্ভিদদেহ হোল্ড ফাস্ট (Hold fast) স্টাইপ (Stipe) ও ফ্রন্ড (frond) এ বিভেদিত হয়। উন্নত উদ্ভিদ এর পত্রফলকের মতো মধ্য

শিরার মতো আকৃতি এই শৈবাল-এর ফ্রন্ড এ দেখা যায়। এই ফ্রন্ড এর অগ্রভাবে কিছুক্ষেত্রে স্ফিত, গোলাকার ও বায়ুপূর্ণ প্রকোষ্ঠ দেখা যায় যাকে Air bladders বলা হয়। এদের সাহায্যেই উদ্ভিদদেহটি ভাসমান অবস্থায় থাকে। সমগ্র ফ্রন্ডটি জুড়ে বহু অযৌন, সূত্রাকার আকৃতি দেখা যায় যাকে Conceptacles (কনসেপট্যাকল) বা Crypto Stomata (ক্রিপ্টোস্টোমাটা) বলা হয়।

যৌন জনন-এর সময় এই Conceptacles গুলি পরিবর্তিত হয়ে স্ফিত হয় ও জননাঙ্গের ন্যায় কাজ করে। এদের এই অবস্থায় রিসেপটেকল (Receptacle) বলা হয়।



চিত্র 9.1 : ফিউকাস (Fucus)-এর বাহ্যিক গঠন (A), প্রধান অক্ষীয় কোশ (B) ও ভ্যালাসের প্রস্তচ্ছেদ (D)।

অঙ্গসংস্থানিকভাবে প্রধানত 3টি অংশে বিভেদিত যথা মেরিস্টোডার্ম (Meristoderm) কর্টেক্স (Cortex) ও মেডুলা (Medulla) বহিস্ত স্তরটি Meristoderm যেখানে ক্লোরোফিল ব্যতীত অন্যান্য রঞ্জক পদার্থগুলি উপস্থিত থাকে। এর পরবর্তী স্তরটি Cortex ও সবথেকে ভিতরের অংশটি Medulla.

9.5.4 জনন

প্রধানত যৌন ও অঙ্গদ্ম জনন দেখা যায়। অযৌন জনন *Fucus* এর ক্ষেত্রে অনুপস্থিত।

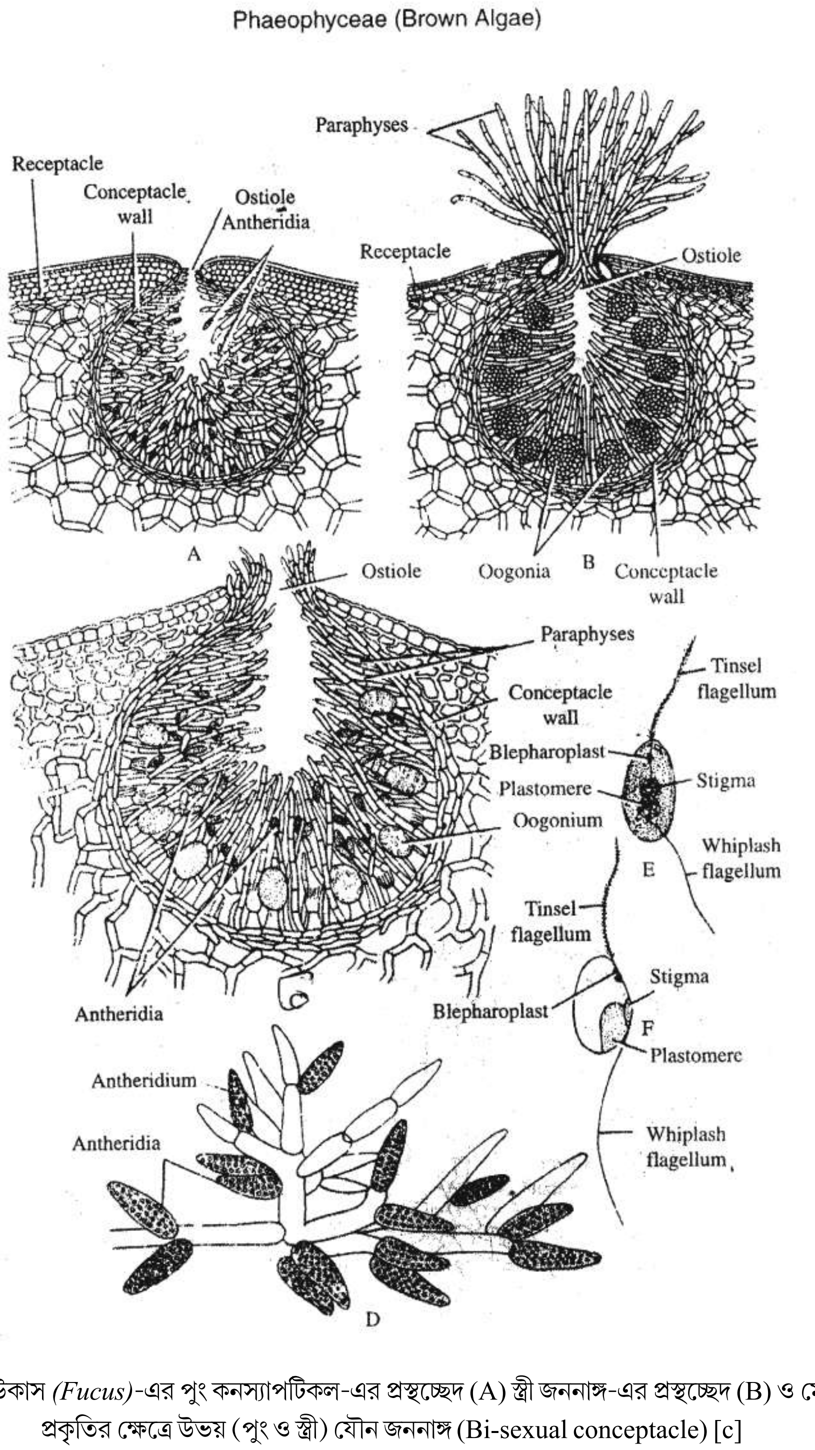
অঙ্গজ জনন : প্রধানত ফ্র্যাগমেনটেশন (Fragmentation) ও গুচ্ছাকার শাখা প্রশাখার সাহায্যে অঙ্গজ জনন সম্পন্ন হয়।

যৌন জনন ঃ উগ্যামাস (Oogamous) প্রকৃতির যৌন জনন পরিলক্ষিত হয়। মেনোইসিয়াস (Monoecious উদা. *Fucus spiralis*) ও ডায়োসিয়াস (Dioecious, e.g. *Fucus serratus,* F. vesiculosus) উভয় প্রকৃতি দেখা যায়।

পুং জনন কোশগুলি এককোশী, ক্ষুদ্র, সবৃন্তক ও গদাকৃতি হয়। কনস্যাপটিকল (Conceptacle) এর প্রাচীর এ অবস্থিত অনির্দিষ্ট শাখান্বিত প্যারাফাইসিস (Paraphysis) থেকে পুং জননকোশগুলি সৃষ্টি হয়।

অ্যানথেরিডিয়াম (Antheridium) এর ডিপ্লয়েড (2n) নিউক্লিয়াসটি হ্রাস বিভাজিত হয়ে 64টি হ্যাপ্লয়েড নিউক্লিয়াস তৈরি করে যা পরবর্তী সময়ে পরিবর্তিত হয়ে দ্বিফ্ল্যাজেলাযুক্ত অ্যানথেরোজয়েড (Antherozoids) তৈরি করে। ফ্ল্যাজেলা দুটির একটি টিনসেল (Tinsel) ও অপরটি হুইপল্যাস (Whiplash) প্রকৃতির হয়।

স্ত্রী জননাঙ্গ (Female Conceptacles) ওগেনিয়া (Oogonia) ও বহু প্যারাফাইসিস (Paraphysis) সম্বলিত হয়। ওগোনিয়াম বিভাজিত হয়ে আটটি নিউক্লিয়াস বিশিষ্ট (8-nucleate) আকৃতি গঠন করে। এই আটটি নিউক্লিয়াস প্রত্যেকটি একটি করে ডিম্বক (Egg) তৈরি করে যা Exochite, Mesochite ও Endochite নামক 3টি স্তর দ্বারা আবদ্ধ থাকে। পরিণত ডিম্বকটি Exochite বিদীর্ণ করে বেড়িয়ে আসে ও Mesochite ও Endochite স্তর দুটি জলশোষণ করে স্ফিত হয়ে ধ্বংস প্রাপ্ত হয় ও ডিম্বক মধ্যস্ত স্ত্রী গ্যামেটটি Conceptacle এর অগ্রস্থ Ostiole থেকে নিষ্কাশিত হয়।



চিত্র 9.2 : ফিউকাস *(Fucus)*-এর পুং কনস্যাপটিকল-এর প্রস্থচ্ছেদ (A) স্ত্রী জননাঙ্গ-এর প্রস্থচ্ছেদ (B) ও মেনোসিয়াম প্রকৃতির ক্ষেত্রে উভয় (পুং ও স্ত্রী) যৌন জননাঙ্গ (Bi-sexual conceptacle) [c]

নিষেক ঃ (Fertilisation) : বহু পুং গ্যামেট স্ত্রী গ্যামেটটিকে চতুর্দিক থেকে আবদ্ধ করে ও পরিশেষে একটি পুং-গ্যামেট দ্বারা নিষেক ঘটে ও ডিপ্লয়েড (2n) জাইগোট (Zygote) সৃষ্টি হয়।

কিছুক্ষণ বিশ্রাম এরপর জাইগোটটির অঙ্কুরোদ্গম হয় ও একটি রাইজয়েডিয়াল ইনিশিয়াল (Rhizoidal Initial) সৃষ্টি হয়। বিভাজিত জাইগোটটির অগ্রস্থ কোশ এর একটি লম্বভাবে ও অপরটি সমান্তরালভাবে বিভাজিত হয়। এই লম্বভাবে বিভাজিত কোশটি বারংবার বিভাজিত হয়ে মেডুলা (Medulla) ও পরবর্তী সময়ে কর্টেক্স (Cortex) তৈরি করে। সমান্তরাল কোশটি অনুন্নত শিকড়ের ন্যায় রাইজয়েড (Rhizoids) সৃষ্টি করে।

ফিউকাস *(Fucus)* এর ক্ষেত্রে ডিপ্লন্টিক (Diplontic) জীবনচক্র পরিলক্ষিত হয়।

অনুশীলনী-2

(1) এক্টোকারপাস-এর শ্রেণীগত অবস্থান উল্লেখ করুন।
(2) এক্টোকারপাস-এর দুটি ভারতীয় প্রজাতির নাম করুন।
(3) এক্টোকারপাস কিরূপ স্থানে জন্মায়?
(4) এক্টোকারপাস-এর ফিলামেন্টের প্রকৃতি উল্লেখ করুন।
(5) এক্টোকারপাস-এর ক্রোমাটোফোর দেখতে কেমন?
(6) এক্টোকারপাস-এ এক প্রকোষ্ঠ বিশিষ্ট স্পোর‍্যাঞ্জিয়াম থেকে কিপ্রকার রেণু উৎপন্ন হয়?
(7) এক্টোকারপাস-এর কোন্ প্রকার স্পোর‍্যাঞ্জিয়াম থেকে মাইটোস্পোর উৎপন্ন হয়? একে নিউট্রাল স্পোর বলা হয় কেন?
(8) ক্লাম্প গঠন কি?

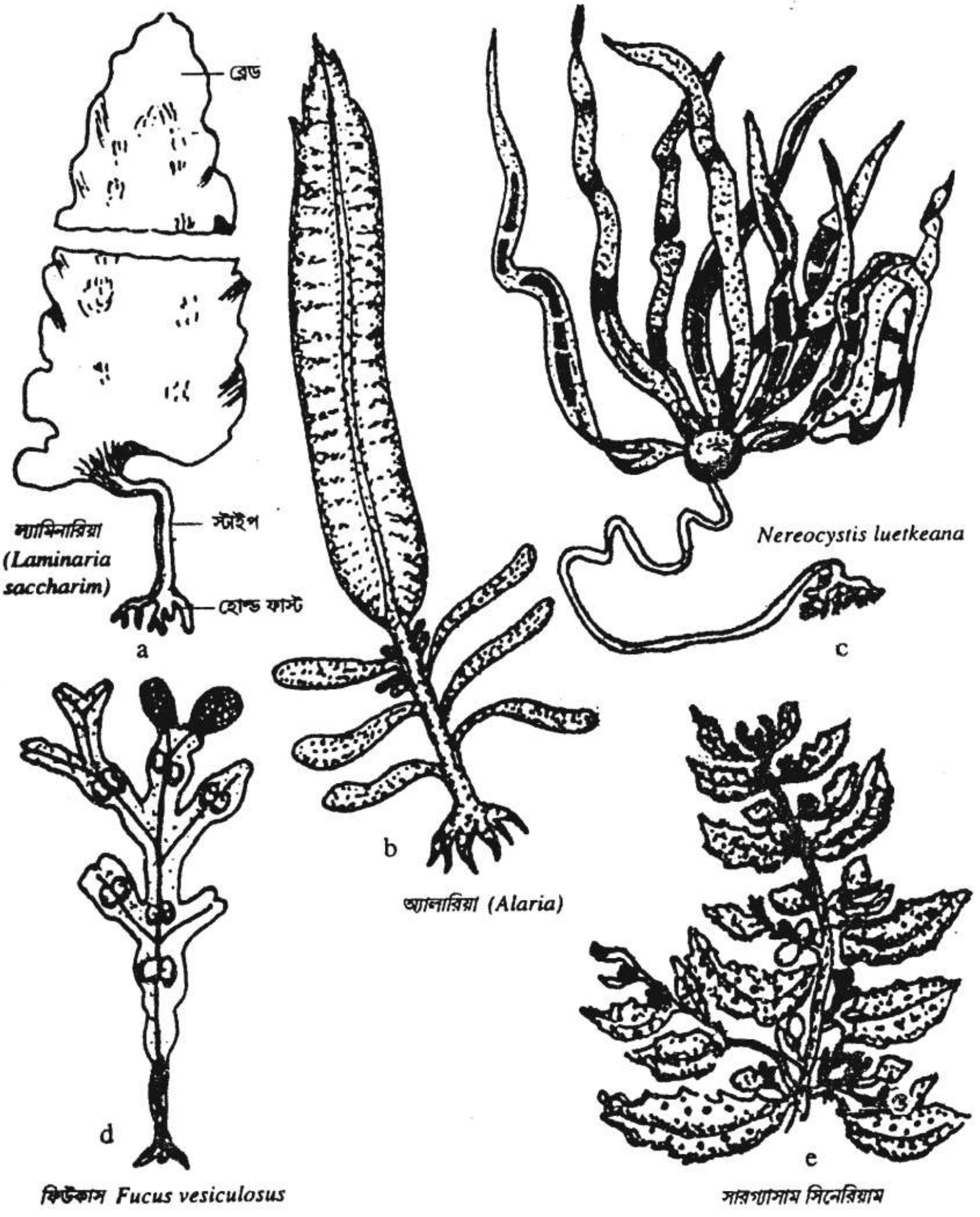
9.6 সারাংশ

● ফিওফাইসীর অন্তর্গত শৈবালদের বাদামী শৈবাল বলা হয়। চারটি গণ ছাড়া সকল প্রজাতিই সামুদ্রিক। এরা লিথোফাইট প্রকৃতির। *এক্টোকারপাস* গণভুক্ত শৈবাল সর্বাপেক্ষা সরল প্রকৃতির। এককোষী, কলোনী প্রকৃতির শৈবাল এখানে অনুপস্থিত। তবে সর্বাপেক্ষা দীর্ঘকৃতির শৈবাল এই শ্রেণীতেই দেখা যায়।

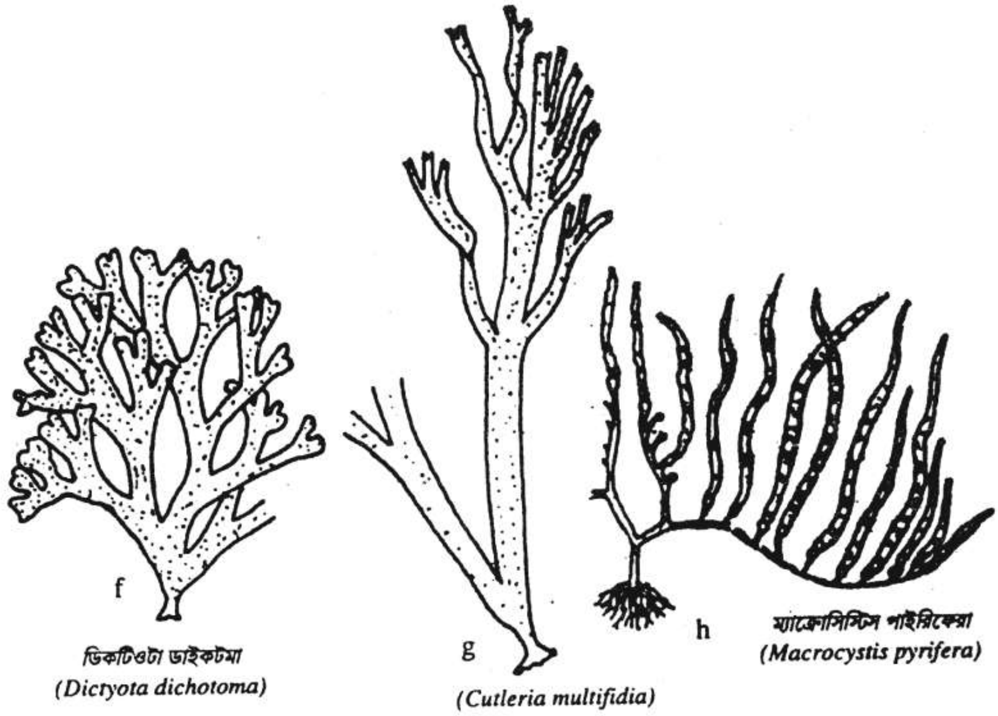
ফিওফাইসীর কোষ প্রাকারে অবস্থিত মিউসিলেজ পদার্থের মধ্যে অ্যালগিন ও ফিউকয়ডিন্ নামক পদার্থ থাকে। অঙ্গজকোষ ফ্লাজেলাবিহীন স্পোর ও গ্যামেটে ফ্লাজেলা দেখা যায়। ক্রোমাটোফোর এক বা একাধিক থাকে। ফিউকোজ্যান্থিনের আধিক্যের জন্য এই শৈবালের রং বাদামী হয়। ক্রাইসোল্যামিনারিন ও ম্যানিটল সঞ্চিত খাদ্যরূপে দেখা যায়। পাইরিনয়েডের অবস্থান খুবই বৈশিষ্ট্যপূর্ণ। পাইরিনয়েড ক্রোমাটোফোরের সাথে একটি উপবৃদ্ধির ন্যায় অবস্থান করে।

অযৌন জনন নিউট্রাল স্পোর বা মাইটোস্পোরের সাহায্যে সম্পন্ন হয়। যৌন জনন আইসোগ্যামাস, অ্যানাইসোগ্যামাস ও উগ্যামাস প্রকৃতির। জনুক্রম - ডিপ্লোন্টিক, ডিপ্লোহ্যাপ্লন্টিক প্রকৃতির।

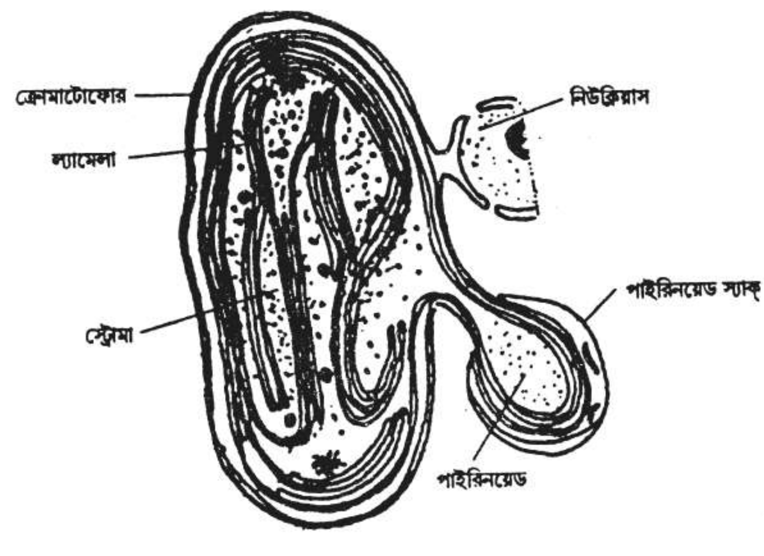
এক্টোকারপা সূত্রাকার ও হেটারোট্রিকাস প্রকৃতির। সকল শাখাই এক সারি কোষ দ্বারা গঠিত। এক্টোকারপাসে আইসোমরফিক ডিপ্লোহ্যাপ্লোন্টিক প্রকৃতির জনুক্রম দেখা যায়। *এক্টোকারপাস*-এর স্পোরোফাইটিক উদ্ভিদে বহুপ্রকোষ্ঠ ও এক প্রকোষ্ঠ বিশিষ্ট স্পোর‍্যাঞ্জিয়াম উৎপন্ন হয়। বহু প্রকোষ্ঠবিশিষ্ট স্পোর‍্যাঞ্জিয়াম ডিপ্লয়েড মাইটোস্পোর বা নিউট্রাল স্পোর উৎপন্ন করে যার সাহায্যে পুনরায় স্পোরোফাইটিক উদ্ভিদ উৎপন্ন হয়। কাজেই বহুকোষী স্পোর‍্যাঞ্জিয়াম অযৌন জনন ঘটায়। এককোষী স্পোর‍্যাঞ্জিয়াম যৌন জনন চক্রের সাথে যুক্ত। এটি হ্যাপ্লয়েড মিয়োস্পোর উৎপন্ন করে যা অঙ্কুরিত হয়ে গ্যামেটোফাইট উদ্ভিদ উৎপন্ন হয়। গ্যামেটোফাইট উদ্ভিদ বহুকোষী গ্যামেট্যাঞ্জিয়াম উৎপন্ন করে, যার মধ্যে গ্যামেট উৎপন্ন হয়। বিপরীতধর্মী গ্যামেটের মিলনে উৎপন্ন জাইগোট অঙ্কুরিত হয়ে পুনরায় স্পোরোফাইটিক উদ্ভিদ সৃষ্টি করে।



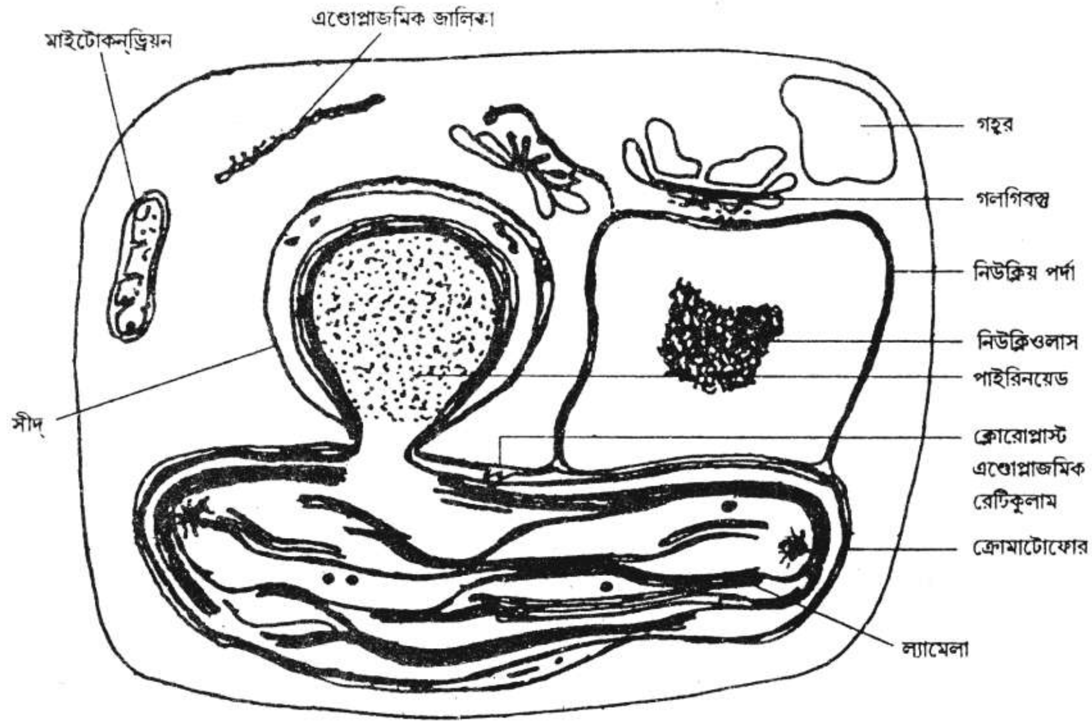
চিত্র নং 9.3 : a – e, বিভিন্ন প্রকার বাদামী শৈবাল। *(a)* ল্যামিনারিয়া স্যাকারিম *(Laminaria saccharim); (b)* *অ্যালারিয়া (Alaria); (c)* নিরিওসিস্টিস্ লুটকিয়ানা *(Nereocystis tuetkeana); (d)* ফিউকাস ভেসিকুলোসাস *(Fucus vesiculosus); (e)* সারগ্যাসাম সিনেরিয়াম *(Sagassum cinereum)*।



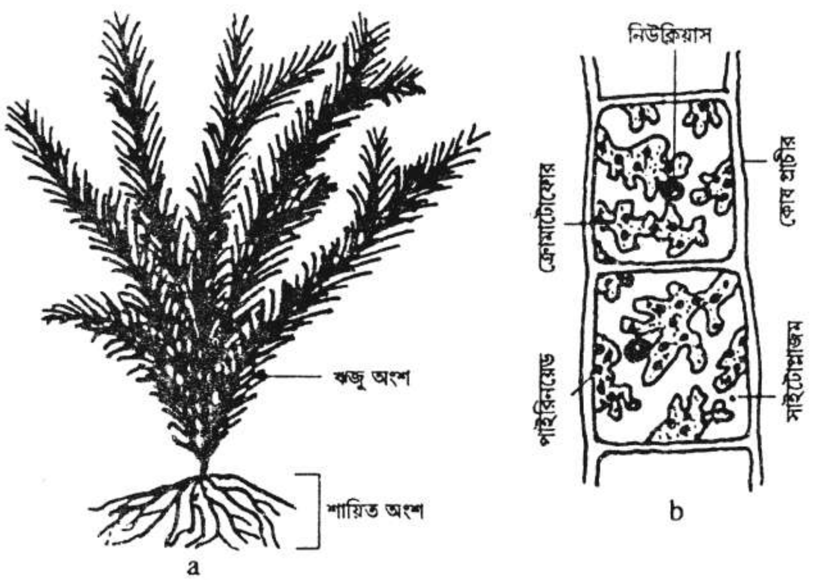
চিত্র নং 9.4 : f – h, বিভিন্ন প্রকার বাদামী শৈবাল। (f) ডিকটিওটা ডাইকটমা *(Dictyota dichotoma); (g)* কাটলেরিয়া মাল্টিফিডিয়া *(Cutleria multifidia);* (h) ম্যাক্রোসিস্টিস পাইরিফেরা *(Macrocystis pyrifera)*।



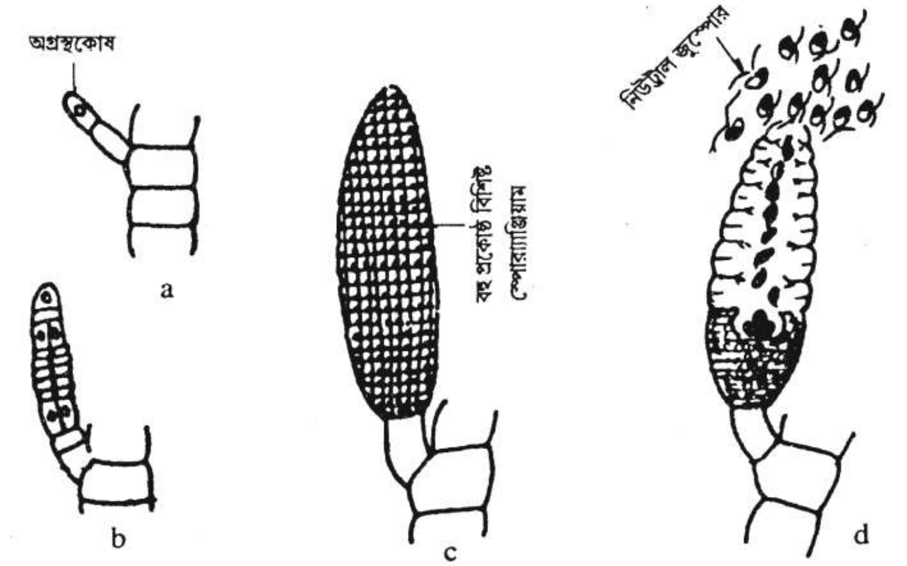
চিত্র নং 9.5 : বাদামী শৈবালের ক্রোমাটোফোরের অতি আণুবিক্ষণিক গঠন।



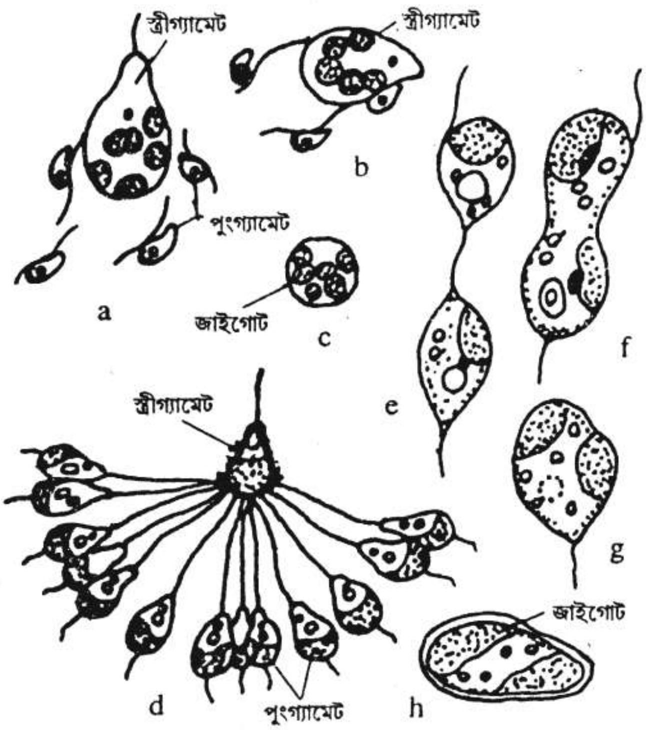
চিত্র নং 9.6 : বাদামী শৈবাল কোষের অতি আণুবিক্ষণিক গঠনের রেখচিত্র।



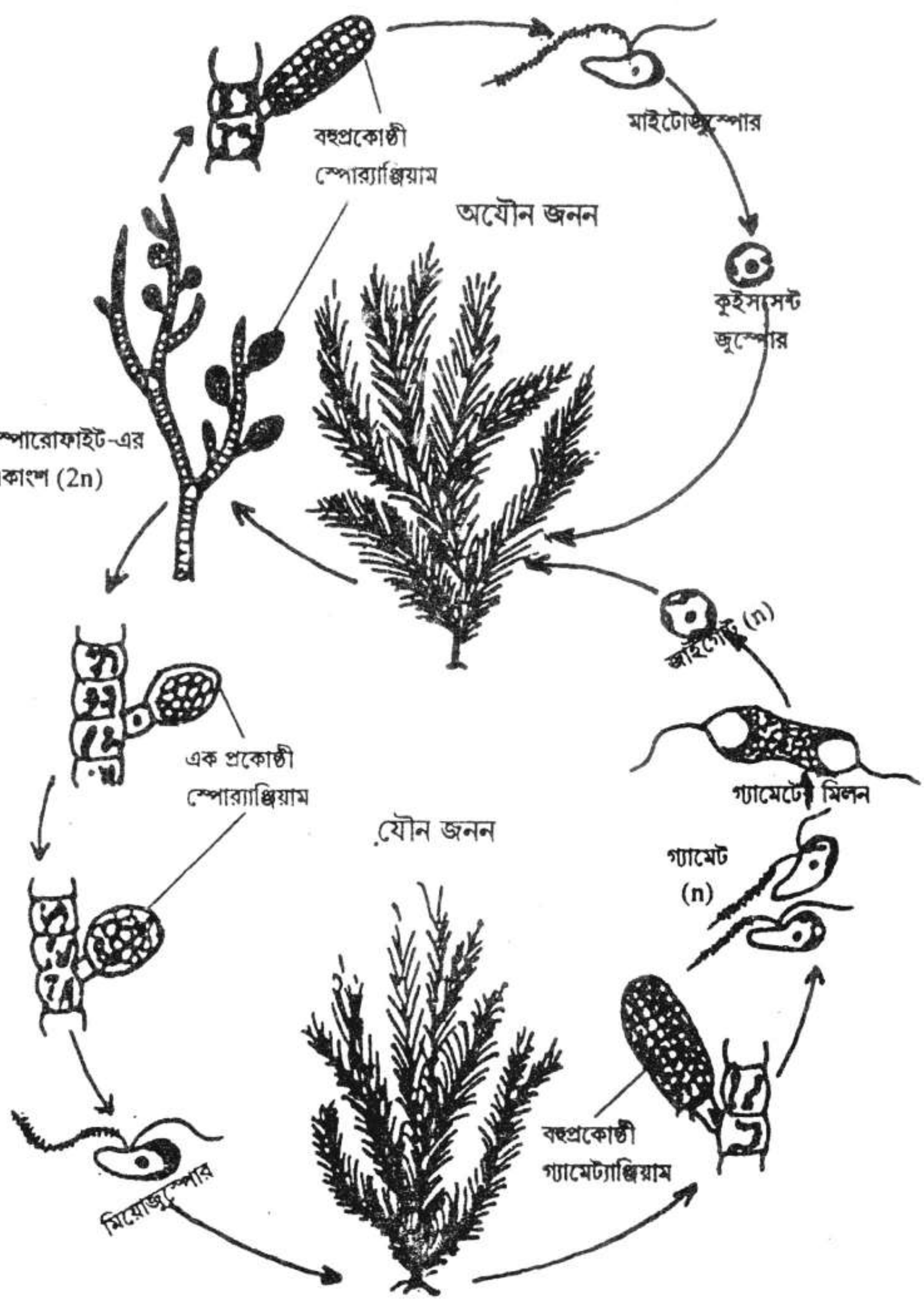
চিত্র নং 9.7 : (a), (b) এক্টোকারপাস। (a) উদ্ভিদ দেহের গঠন বিন্যাস; (b) দেহ কোষের গঠন।



চিত্র নং 9.8 : (a), (b) এক্টোকারপাস-এর বহু প্রকোষ্ঠযুক্ত স্পোরাঞ্জিয়ামের পরিস্ফুটনের বিভিন্ন পর্যায়।



চিত্র নং 9.9 : (a – c) এক্টোকারপাস সিকানডাস প্রজাতিতে প্রকৃত অ্যানাইসোগ্যামীর বিভিন্ন দশা; (d – h) এক্টোকারপাস সিলিকিউলোসাস প্রজাতিতে শারীরবৃত্তীয় অ্যানাইসোগ্যামীর বিভিন্ন দশা।



চিত্র নং 9.10 : এক্টোকারপাস জীবন চক্র।

9.7 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

(1) ফিওফাইসীর অন্তর্গত শৈবালদের বসতি ও অঙ্গজ গঠনের সংক্ষিপ্ত বিবরণ দিন।

(2) ফিওফাইসী শ্রেণীর শৈবাল কোষের সংক্ষিপ্ত বিবরণ দিন।

(3) বাদামী শৈবালে অযৌন জনন সম্বন্ধে যা জানা আছে লিখুন।

(4) বাদামী শৈবালের যৌন জননের সংক্ষিপ্ত পরিচয় দিন।

(5) এক্টোকারপাস-এর শ্রেণীগত অবস্থান উল্লেখ করুন। দুটি ভারতীয় প্রজাতির নাম লিখুন। এই শৈবালের অঙ্গজ দেহের গঠন সম্পর্কে যা জানা আছে লিখুন।

(6) এক্টোকারপাস-এর স্পোরোফাইটিক উদ্ভিদে ক'প্রকার স্পোর্যাঞ্জিয়াম দেখা যায়? উক্ত স্পোর্যাঞ্জিয়াম গুলির ভূমিকা আলোচনা করুন।

(7) এক্টোকারপাস-এর যৌন জনন সম্বন্ধে যাহা জান আলোচনা করুন।

(8) এক্টোকারপাস-এর জনুক্রম সম্পর্কে আলোকপাত করুন।

9.8 উত্তর সংকেত

অনুশীলনী - 1

1 – 14 : 9.3.2 অংশ দেখুন।

অনুশীলনী - 2

1 – 9 : 9.4 অংশ দেখুন।

সর্বশেষ প্রশ্নাবলী ঃ

(1) 9.3.2 এর বসতি ও অঙ্গজ গঠন অংশ দেখুন।

(2) 9.3.2 এর কোষের অংশ সমূহ ও রাসায়নিক প্রকৃতি অংশ দেখুন।

(3) 9.3.2 এর অযৌন জনন অংশ দেখুন।

(4) 9.3.2 এর যৌন জনন অংশ দেখুন।

(5) 9.4.1 এবং 9.4.3 অংশ দেখুন।

(6) 9.4.4 অংশের অযৌন জনন অংশ দেখুন।

(7) 9.4.4 এর যৌন জনন অংশ দেখুন।

(8) 9.4.5 অংশ দেখুন।

একক : 10 ❐ রোডোফাইটা (Rhodophyta)

গঠন

10.1 উদ্দেশ্য

10.2 প্রস্তাবনা

10.3 রোডোফাইসীর সংক্ষিপ্ত পরিচয়

10.3.1 রোডোফাইসীর মুখ্যবৈশিষ্ট্য সমূহ

10.3.2 রোডোফাইসীর সাধারণ বিবরণ

অনুশীলনী - **1**

10.4 পলিসাইফনিয়ার জীবন ইতিহাস

10.4.1 শ্রেণীগত অবস্থান

10.4.2 বসতি

10.4.3 উদ্ভিদ দেহের অঙ্গজ গঠন

10.4.4 জনন

10.4.5 জনুক্রম

10.5 সায়ানোফাইসী ও রোডোফাইসীর সাদৃশ্য ও পার্থক্য

10.5.1 সায়ানোফাইসী ও রোডোফাইসীর সাদৃশ্য

10.5.2 সায়ানোফাইসী ও রোডোফাইসীর পার্থক্য

অনুশীলনী - **2**

10.6 সারাংশ

10.7 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

10.8 উত্তরসংকেত

10.9 গ্রন্থপঞ্জী

10.1 উদ্দেশ্য

এই এককটি পাঠ করে আপনি—

- রোডোফাইসী শ্রেণীর শৈবালদের সম্পর্কে ধারণা করতে পারবেন।
- এই সামুদ্রিক শৈবাল শ্রেণীর জটিল প্রকৃতি সম্পর্কে অবগত হবেন।
- রোডোফাইসীর সর্বাপেক্ষা জটিল প্রকৃতির শৈবালের জীবনচক্র কিরূপ হতে পারে তা *Polysiphonia*-র জীবনচক্র আলোচনার মাধ্যমে উপস্থাপন করতে পারবেন।

10.2 প্রস্তাবনা

রোডোফাইসীর অন্তর্গত শৈবালরা লাল রং-এর তাই এদের লোহিত শৈবাল বলা হয়। রোডোফাইসীর সবচেয়ে বৈশিষ্ট্যপূর্ণ দিক হলো - এরাই একমাত্র ইউক্যারিওটিক শৈবাল যাদের জীবনচক্রের কোন দশাতেই ফ্লাজেলার কোন অস্তিত্ব নেই। যৌন জনন উগ্যামাস প্রকৃতির হওয়ার সত্ত্বেও পুংগ্যামেট ফ্লাজেলাবিহীন। তাছাড়া প্রোক্যারিওটিক প্রকৃতির নীলাভ সবুজ শৈবালের সাথে এর চরিত্রগত অনেক মিল আছে। নীলাভ সবুজ শৈবালেও জীবনচক্রের কোন দশাতেই ফ্লাজেলা দেখা যায় না। এগুলি যথাস্থানে আলোচনা করা হবে। তাই মনে করা হয় রোডোফাইসী সম্ভবত সর্বাপেক্ষা আদিধরনের ইউক্যারিওটিক শৈবাল গোষ্ঠীর মধ্যে একটি গোষ্ঠী।

রোডোফাইসীকে দুটি সুস্পষ্ট উপশ্রেণীতে ভাগ করা হয়েছে, যথা - ব্যাঙ্গিওফাইসিডি এবং ফ্লোরিডিওফাইসিডি। ব্যাঙ্গিওফাইসিডির ক্ষেত্রে যৌন জনন অপেক্ষাকৃত সরল প্রকৃতির এবং এরা অপেক্ষাকৃত আদি প্রকৃতির শৈবাল।

ফ্লোরোডিওফাইসিডির অন্তর্গত শৈবাল অপেক্ষাকৃত উন্নত। *পলিসাইফনিয়া* প্রজাতিটি ফ্লোরিডিওফাইসিডি উপশ্রেণীর অন্তর্গত। এর জীবন ইতিহাস আলোচনার মধ্য দিয়ে আমরা ফ্লোরিডিওফাইসিডির বিভিন্ন বৈশিষ্ট্যগুলি সম্পর্কে পরিচিত হবো। পলিসাইফনিয়া -য় জটিল প্রকৃতির জনন দেখা যায়, যা ট্রাইফেজিক প্রকৃতির।

10.3 রোডোফাইসীর সংক্ষিপ্ত পরিচয়

10.3.1 রোডোফাইসীর মুখ্য বৈশিষ্ট্য সমূহ ঃ (শৈবালের শ্রেণীবিন্যাস অধ্যায়ে 2.3.4 অংশে আলোচনা করা হয়েছে।

10.3.2 রোডোফাইসীর সাধারণ বিবরণ

রোডোফাইসী শ্রেণী সম্পর্কে আলোচনার শুরুতেই এর দুটি উপশ্রেণীর কথা উল্লেখ করা প্রয়োজন। উপশ্রেণী দুটি হল -(a) ব্যাঙ্গিওফাইসিডি (Bangiophycidae) এবং (b) ফ্লোরিডিওফাইসিডি (Florideophycidae)

ব্যাঙ্গিওফাইসিডি - উদ্ভিদ দেহ এককোষী বা বহুকোষী সূত্রাকার দেহকান্ড; কোষ সর্বদাই এক নিউক্লিয়াস বিশিষ্ট; একটি মাত্র ক্রোমাটোফোর বিশিষ্ট; পিট বা কূপের মধ্য দিয়ে আন্তকোষীয় সাইটোপ্লাজমীয় যোগসূত্র থাকে না; বেশীরভাগ ক্ষেত্রেই যৌন জনন দেখা যায় না।

ফ্লোরিডিওফাইসিডি - প্যারেনকাইমা কোষদ্বারা গঠিত বহুকোষী দেহকান্ড; অগ্রস্থ কোষ ও জনন কোষ ব্যতীত সকল কোষই বহু নিউক্লিয়াস বিশিষ্ট; একাধিক ক্রামাটোফোর প্রতিটি কোষে থাকে (ব্যতিক্রম-নিমালিওন্যালিস বর্গ) পিট সংযোগ দেখা যায়। জনন অঙ্গ বৈশিষ্ট্য পূর্ণ।

বসতি ঃ এইশ্রেণীর শৈবালদের লোহিত শৈবাল বলা হয়। প্রায় 98% প্রজাতিই সামুদ্রিক। এরা লিথোফাইট রূপে সমুদ্রের প্রস্তর পূর্ণ তলদেশে জন্মায়। কয়েকটি লোহিত শৈবাল মিঠাজলে বাস করে, যেমন - *Petrovenella* (প্রেট্রোভেনেল্লা), *Comsopogon* (কমসোপোগণ), *Batrachospermum* (ব্যাট্রাকোস্পার্মাম), *Thorea* (থোরিয়া), *Lemanea* (লেমানিয়া), ইত্যাদি।

Porphyridium (পরফাইরিডিয়াম), নামক এক্‌কোষী লোহিত শৈবালটি স্যাঁত স্যাঁতে মাটিতেও জন্মায়।

কিছু প্রজাতি অন্যান্য শ্রেণীর শৈবালের দেহের উপর পরাশ্রয়ীরূপে বাস করে। আবার কিছু পরজীবীরূপে বাস করে। *Polysiphonia fastigiata* (পলিসাইফনিয়া ফাসটিগিয়াটা) প্রজাতিটি অ্যাসকোফাইলাম নোডোসাম *(Ascophyllum nodosum)* এর উপর আংশিক পরজীবী রূপে বাস করে। *Ceratocolax* (সিরাটোকোলাক্স) যাহা *Phyllophora* (ফাইলোফোরা) থ্যালাসের উপর পরজীবী।

অঙ্গজ গঠন ঃ সামুদ্রিক শৈবালের মধ্যে রোডোফাইসীর অন্তর্গত শৈবাল সর্বাপেক্ষা সুন্দর ও আকর্ষণীয়। *Delesseria* (ডেলিসারিয়া) এবং *Procamium* (প্রোক্যামিয়াম) প্রকৃতপক্ষেই অপূর্ব সুন্দর সৃষ্টি। কিছু এককোষী শৈবাল ব্যতীত (যেমন - *Porphyridium,* পরফাইরিডিয়াম) বেশীর ভাগ লোহিত শৈবাল সূত্রাকার *(Goniotrichum,* গোনিওট্রিকাম), সিউডোপ্যারেনাকাইমেটাস *(Dumontia,* ডুমোনসিয়া), প্যারেনকাইমেটাস *(Porphyra,* পরফাইরা) প্রকৃতির হয়ে থাকে। কিছু শৈবাল পামেলয়েড *(Asterocystis,* অ্যাস্টারোসিস্টিস্) প্রকৃতির দেখা যায়।

প্রকৃতপক্ষে বেশীর ভাগ লোহিত শৈবালকে দুটি প্রধান ভাগে ভাগ করা যায় ঃ

(a) একক-অক্ষ-সূত্র বিশিষ্ট *(Uniaxial)* - এইপ্রকার থ্যালাসে একটি প্রধান কেন্দ্রীয় অক্ষসূত্র বর্তমান যা থেকে উৎপন্ন পার্শ্বীয় শাখা সর্পিলাকারে বিন্যস্ত হয়ে সিউডোপ্যারেনকাইমাযুক্ত দেহ গঠন করে। উদাহরণ - *Batrachospermum* (ব্যাট্রাকোস্পার্মাম), *Ceramium* (সেরামিয়াম), *Delesseria* (ডেলিসারিয়া) ইত্যাদি। এরা সকলেই ছদ্মপ্যারেনকাইমাযুক্ত (Pseudoparenchymatous) দেহ গঠন করে। এক্ষেত্রে একক অক্ষ-সূত্রের অগ্রভাগে ভাজক কোষ থাকে।

(b) **বহু - অক্ষ - সূত্র বিশিষ্ট *(Multiaxial)*** - এক্ষেত্রে একাধিক-অক্ষ-সূত্র দ্বারা দেহ গঠিত। প্রতিটি অক্ষ-সূত্রের অগগ্রভাগে ভাজক কোষ থাকে এবং প্রতিটি অক্ষ-সূত্র থেকে পার্শ্বীয় শাখা নির্গত হয়ে ছদ্মপ্যারেনকাইমাযুক্ত দেহ গঠন করে। উদাহরণ - *Nemalion* (নেমালিয়ান)।

কোষের গঠন - কিছু বৈশিষ্ট্য সায়ানোফাইসীর ন্যায় হলেও এই শ্রেণীর শৈবাল ইউক্যারিওটিক প্রকৃতির।

কোষপ্রাকার - দুটি স্তর যুক্ত, ভিতরের স্তরটি সেলুলোজ দ্বারা এবং বাইরের স্তরটি পেক্‌টিক পদার্থ দ্বারা গঠিত। তাছাড়া কোষপ্রাচীরে পিচ্ছিল পদার্থ (mucilaginous material) দেখা যায়, যা গ্যালকট্যান্ জাতীয় পদার্থ। **আগার - আগার** (agar-agar) এবং ক্যারাগিনিন (Carrageenan) নামক গ্যালাকট্যানস্ এর উপস্থিতি এক্ষেত্রে উল্লেখযোগ্য

(শৈবালের অর্থনৈতিক গুরুত্ব অধ্যায়ে এই দুটি পদার্থের ব্যবহার সম্পর্কে আলোচনা করা হয়েছে)। কোরাল্লিনালিস (Corallinales) বর্গের উদ্ভিদের (যেমন - *Corallina,* কোরাল্লিনা; *Lithothamnion* লিথোথামনিয়ন; *Lithophyllum,* লিথোফাইলাম) কোষপ্রাকারে ক্যালসিয়াম কার্বনেটের আস্তরণ দেখা যায়। এইপ্রকার লোহিত শৈবাল এর মৃতদেহ কোরাল রিফ (Coral reefs) গঠনে সাহায্য করে।

অনেক লোহিত শৈবালে বিশেষ করে **ফ্লোরিডিওফাইসীডি (Florideophycidae)** উপশ্রেণীর অন্তর্গত শৈবালে (যেমন - ব্যাট্রাকোস্পার্মাম; *Palmaria,* প্যালম্যারিয়া; *Gelidium,* জেলিডিয়াম) কোষে অনুপ্রস্থ প্রাকারে বৈশিষ্ট্যপূর্ণ "পিটপ্লাগ (pit-plug)'' দেখা যায়, যেগুলি অন্যান্য শ্রেণীর উদ্ভিদের পিট বা কূপ থেকে সম্পূর্ণ আলাদা। পিট প্লাগের মধ্যদিয়ে আন্তকোষীয় সাইটোপ্লাজমের সংযোগ স্থাপিত হয়।

ফ্লাজেলা - এই শ্রেণীর শৈবালের উল্লেখযোগ্য বৈশিষ্ট হল ফ্লাজেলার সম্পূর্ণ অনুপস্থিতি। সায়ানোফাইসীর ন্যায় জীবনচক্রের কোন দশাতেই ফ্লাজেলা দেখা যায় না।

ক্রোমাটোফোর ও রঞ্জক - এক্ষেত্রে ফিওফাইসীর ন্যায় ক্রোমাটোফোর-এর নিজস্ব পর্দার বাইরে এন্ডোপ্লাজমিক জালিকার কোন আবরণ থাকে না (not stacked)। লোহিত শৈবালের ক্রোমাটোফোরের অভ্যন্তরে থাইলাকয়েডগুলি কখনও স্তরীভূত অবস্থায় থাকে না। (এই শ্রেণী ও সায়ানোফাইসী ব্যতীত অন্য সকল শ্রেণীর শৈবালে ক্লোরোপ্লাস্ট বা ক্রোমাটোফোরে দুই বা অধিক থাইলাকয়েড স্তরীভূত অবস্থায় থাকে)। থাইলাকয়েডগুলি এককভাবে বিন্যস্ত থাকে।

ক্লোরোফিল-এ উপস্থিত কিন্তু ক্লোরোফিল-বি এবং - সি অনুপস্থিত। অনেকের মতে ক্লোরোফিল - ডি থাকে।

সায়ানোফাইসীর ন্যায় লোহিত শৈবালেও r-ফাইকোসায়ানিন, r-ফাইকোএরিথ্রিন এবং অ্যালোফাইকোসায়ানিন নামক ফাইকোবিলি প্রোটিন জাতীয় রঞ্জক দেখা যায়। তবে এক্ষেত্রে r-ফাইকোএরিথ্রিনের আধিক্যের জন্য এইপ্রকার শৈবালের রং লাল দেখায়।

তাছাড়া α - ক্যারোটিন, β - ক্যারোটিন, লিউটিন ও জিয়াজ্যান্থিন দেখা যায়। কিছু প্রজাতিতে অ্যান্থেরাজ্যান্থিন, ভায়োলাজ্যান্থিন, α - এবং β - ক্রিপটোজ্যান্থিন পাওয়া যায়।

ফাইকোবিলিপ্রোটিন জাতীয় তিনপ্রকার রঞ্জক থাইলাকয়েডের বহির্গাত্রে যুক্ত অসংখ্য ফাইকোবিলিজোম (Phycobilisome) নামক দানার মধ্যে অবস্থান করে। অন্যান্য রঞ্জকগুলি অর্থাৎ ক্লোরোফিল ও ক্যারোটিনয়েড রঞ্জকগুলি থাইলাকয়েডের ভিতরে অবস্থান করে।

ব্যাঙ্গিওফাইসিডি (Bangiophycidae) উপশ্রেণীর শৈবালের (*Porphyridium,* পরফাইরিডিয়াম; *Rhodella,* রোডেল্লা) কোষের কেন্দ্রস্থলে একটি মাত্র তারকাকৃতি (stellate) ক্রোমাটোফোর দেখা যায় যার কেন্দ্রস্থলে পাইরিনয়েড সদৃশ অঙ্গাণু থাকে (চিত্র নং 10.1a)। পাইরিনয়েডকে ঘিরে কোন স্টার্চ দানার আবরণী নেই তাই অনেকে একে প্রকৃত পাইনয়েড মনে করেন না। অপরদিকে ফ্লোরিডিওফাইসিডি উপশ্রেণীভুক্ত অধিকাংশ শৈবালের কোষের কোষপ্রাকার সংলগ্ন অর্থাৎ সাইটোপ্লাজমের পরিধি বরাবর বহু ডিশের (discoid) ন্যায় আকৃতিবিশিষ্ট পাইরিনয়েড বিহীন (ব্যতিক্রম-নিমালিয়েলিস, Nemaliales বর্গের শৈবাল) ক্রোমাটোফোর বিন্যস্ত থাকে।

সঞ্চিত খাদ্য ঃ সঞ্চিত খাদ্য কার্বোহাইড্রেট বিভিন্নরূপে থাকে। ক্ষুদ্র দানাদার ফ্লোরিডিয়ান স্টার্চ সাইটোপ্লাজমে ছড়িয়ে থাকে। এছাড়া অনেক রোডোফাইসীতে ফ্লোরিডোসাইড (floridoside) নামে এক ধরণের দ্রবণীয় শর্করা সাইটোপ্লাজমে দেখা যায়। তাছাড়া ট্রিহালোজ (trehalose), আইসোফ্লোরিডোসাইড (iso-floridoside) মলটোজ এবং সুক্রোজ দেখা যায় (বোল্ড ও ওয়াইনি, 1985)।

নিউক্লিয়াস - ব্যাঙ্গিওফাইসিডি উপশ্রেণীর শৈবালের কোষে একটিমাত্র নিউক্লিয়াস থাকে কিন্তু ফ্লোরিডিওফাইসিডি উপশ্রেণীর শৈবালের কোষ-বহুনিউক্লিয়াস বিশিষ্ট (অগ্রস্থ কোষ ও জনন কোষ ব্যতীত)।

থলি (vesicle) বা গ্রন্থি কোষ (gland cells) - ফ্লোরিডিওফাইসিডির অনেক শৈবালে গ্রন্থি কোষ দেখা যায় যার মধ্যে প্রজাতি বিশেষে বিভিন্ন বস্তু (যেমন - ব্রোমিন, আয়োডিন) সঞ্চিত থাকে।

জনন - তিনপ্রকার জননই দেখা যায়, যথা - অঙ্গজ, অযৌন ও যৌন জনন।

অঙ্গজ জনন ঃ এককোষী প্রজাতি কোষবিভাজনের মাধ্যমে বংশবিস্তার করে। বহুকোষী প্রজাতি খন্ডিভবনের মাধ্যমে অঙ্গজ জনন ঘটায়।

অযৌন জনন ঃ নিম্নলিখিত ফ্লাজেলাবিহীন নিশ্চল রেণু বা স্পোর সৃষ্টির মাধ্যমে অযৌন জনন সম্পন্ন হয়।

(a) মনোস্পোর (Monospore) - গ্যামেটোফাইট উদ্ভিদে উৎপন্ন মনোস্পোর্যাঞ্জিয়ামে একটি মাত্র স্পোর বা রেণু উৎপন্ন হয়। ইহা অঙ্কুরিত হয়ে নূতন উদ্ভিদ উৎপন্ন করে।

(b) নিউট্রাল স্পোর (Neutral spores) - কোন কোন লোহিত শৈবালে দেহকোষ সরাসরি রূপান্তরিত হয়ে এইপ্রকার স্পোর সৃষ্টি করে। এটি অঙ্কুরিত হয়ে পুনরায় অনুরূপ উদ্ভিদ সৃষ্টি করে।

মনোস্পোর ও নিউট্রাল স্পোর ব্যাঙ্গিওফাইসিডি উপশ্রেণীর শৈবালের বিশেষ বৈশিষ্ট্য মূলক স্পোর।

(c) কারপোস্পোর (Carpospores) - এইপ্রকার রেণু সরাসরি জাইগোট থেকে মিয়োসিস প্রক্রিয়ায় উৎপন্ন হয় যা ব্যাঙ্গিওফাইসিডি উপশ্রেণীর বৈশিষ্ট। পরোক্ষভাবে গোনিমোব্লাস্ট সূত্র থেকেও আবার অনেক ক্ষেত্রে এইপ্রকার রেণু উৎপন্ন হয়ে থাকে, যাহা মাইটোস্পোর (পলিসাইফনিয়া) বা মিয়োস্পোর (ব্যাট্রাকোস্পার্মাম) উভয় প্রকারের হতে পারে। তাছাড়া বিভিন্ন প্রকার মিয়োস্পোর যেমন - বাইস্পোর, টেট্রাস্পোর ও পলিস্পোর উৎপন্ন হয়, এক্ষেত্রে ডিপ্লয়েড স্পোর্যাঞ্জিয়া যথাক্রমে দুটি, চারটি বা বহুসংখ্যক স্পোর উৎপন্ন করে।

কার্পোস্পোর, বাইস্পোর, টেট্রাস্পোর এবং পলিস্পোর - যৌন জনন চক্রের সাথে যুক্ত তাই এদেরকে প্রকৃত অযৌন রেণু বলা যায় না।

যৌন জনন - যৌন জনন উগ্যামাস প্রকৃতির। উদ্ভিদ সহবাসী বা ভিন্নবাসী উভয় প্রকারের হতে পারে। লোহিত শৈবালে পুংজননাঙ্গকে স্পার্মাট্যাঞ্জিয়াম এবং স্ত্রীজননাঙ্গকে কার্পোগোনিয়াম বলা হয়। স্পার্মাট্যাঞ্জিয়ামের মধ্যে একটি মাত্র ফ্লাজেলাবিহীন নিশ্চল স্পার্মাসিয়াম (spermatium) উৎপন্ন হয়। কার্পোগোনিয়ামে ট্রাইকোগাইন নামক উপবৃদ্ধি থাকে যাহা স্পার্মাসিয়ামকে গ্রহণ করে। স্পার্মাসিয়ামের নিউক্লিয়াস ট্রাইকোগাইন-এর ভিতর দিয়ে চালিত হয়ে কার্পোগোনিয়ামে অবস্থিত ডিম্বাণু নিউক্লিয়াসের সাথে নিষিক্ত হয় এবং জাইগোট নিউক্লিয়াস গঠন করে।

জাইগোটের পরবর্তী পরিবর্তন অর্থাৎ নিষেকোত্তর পরিবর্তনের ক্ষেত্রে প্রজাতি বিশেষে বিভিন্নতা দেখা যায় এবং এর ভিত্তিতেই বিভিন্ন প্রকার জনুক্রম দেখা যায়, নিম্নে এগুলি আলোচনা করা হল ঃ

ব্যাঙ্গিওফাইসিডি উপশ্রেণীতে *Porphyra* (পরফাইরা) ও *(Bangia)* ব্যাঙ্গিয়া গনে ডিপ্লোহ্যাপ্লন্টিক বা বাইফেজিক (biphasic) জীবনচক্র দেখা যায়।

Porphyra tenera (পরফাইরা টেনেরা) (চিত্র - 10.1B) উদ্ভিদটি গ্যামেটোফাইটিক (হ্যাপ্লয়েড) প্রকৃতির। থ্যালাসটি সহবাসী। একই উদ্ভিদে স্পার্মাট্যাঞ্জিয়াম ও কার্পোগোনিয়াম উৎপন্ন হয়। স্পার্মাট্যাঞ্জিয়ামে উৎপন্ন নিশ্চল স্পার্মাসিয়াম কার্পোগোনিয়ামে অবস্থিত ডিম্বাণু নিউক্লিয়াসের সাথে নিষিক্ত হয়ে জাইগোট গঠন করে। জাইগোট মাইটোটিক প্রক্রিয়ায় বিভাজিত হয়ে 4, 8, 16 বা 32 টি ডিপ্লয়েড কার্পোস্পোর গঠন করে। কার্পোস্পোর অঙ্কুরিত হয়ে ডিপ্লয়েড শাখান্বিত সূত্রাকার দেহ গঠন করে, একে কনকোসেলীস পর্যায় (*Conchocelis phase*) বলে। [এই পর্যায়টি কনকোসেলীস রোজিয়া *(Conchocelis rosea)* নামক লোহিত শৈবালের ন্যায় দেখতে বলে এরূপ নাম দেওয়া হয়েছে]।

কনকোসেলীস সূত্রাকার দেহে কনকোস্পোর্যাঞ্জিয়া গঠিত হয়, যার মধ্যে ডিপ্লয়েড কনকোস্পোর (concospore) উৎপন্ন হয়। কনকোস্পোর অঙ্কুরিত হয়ে গ্যামেটোফাইটিক উদ্ভিদ সৃষ্টি করে। কিন্তু প্রশ্ন হলো ডিপ্লয়েড কনকোস্পোর থেকে কিভাবে হ্যাপ্লয়েড গ্যামেটোফাইট উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রে কনকোস্পোর অঙ্কুরোদ্গমন কালে এর ডিপ্লয়েড নিউক্লিয়াসটি মিয়োসিস প্রক্রিয়ায় চারটি হ্যাপ্লয়েড নিউক্লিয়াস বিশিষ্ট অতিক্ষুদ্র সূত্র গঠন করে যাহা বিভাজনের মাধ্যমে পাতার ন্যায় চ্যাপ্টা হ্যাপ্লয়েড গ্যামেটোফাইটিক দেহ গঠিত হয়। এই ধরনের ঘটনা শৈবালে সাধারণত দেখা যায় না (সূত্র - Algae - An Introduction to phycology - by Hoek, Mann & Jahns - Cambridge University Press - 1998).

ফ্লোরিডিওফাইসিডি উপশ্রেণীর ক্ষেত্রে তিন প্রকার জনুক্রম দেখা যায় ঃ

(a) হ্যাপ্লয়েড গ্যামেটোফাইট এর সাথে হ্যাপ্লয়েড কার্পোস্পোরোফাইট-এর বাইফেজিক জীবনচক্র বা জনুক্রম ঃ

এটি *Batrachospermum* (ব্যাট্রাকোস্পার্মাম) শৈবালে দেখা যায়। এক্ষেত্রে জাইগোটে মিয়োসিস বিভাজনের ফলে হ্যাপ্লয়েড কার্পোস্পোরোফাইট উৎপন্ন হয়। কার্পোস্পোরোফাইট কার্পোস্পোর্যাঞ্জিয়া সৃষ্টির মাধ্যমে কার্পোস্পোর উৎপন্ন করে। কার্পোস্পোর অঙ্কুরিত হয়ে চ্যান্ট্রান্সিয়া (Chantransia) নামক আনুভূমিক সূত্রাকার দেহ গঠন করে। চ্যান্ট্রাসিয়া পর্যায়টি প্রকৃতপক্ষে গ্যামেটোফাইট উদ্ভিদেরই প্রোটোনেমা সদৃশ অংশ বলে বর্তমানে মনে করা হয়, কেননা এথেকে অঙ্কুরিত বায়বীয় শাখাই গ্যামেটোফাইটিক দেহ গঠন করে। কাজেই এক্ষেত্রে হ্যাপ্লয়েড গ্যামেটোফাইট ও হ্যাপ্লয়েড কার্পোস্পোরোফাইট দেখা যায়।

(b) হ্যাপ্লয়েড গ্যামেটোফাইট-এর সাথে ডিপ্লয়েড কার্পোস্পোরোফাইট-এর বাইফেজিক জীবনচক্র ঃ

এক্ষেত্রে জাইগোটে মিয়োসিস না হওয়ার জন্য ডিপ্লয়েড কার্পোস্পোরোফাইট উৎপন্ন হয়। কার্পোস্পোর্যাঞ্জিয়ামে অবস্থিত ডিপ্লয়েড কার্পোস্পোর মাতৃকোষে মিয়োসিস হয় ফলে হ্যাপ্লয়েড কার্পোস্পোর উৎপন্ন হয়। কার্পোস্পোর অঙ্কুরিত হয়ে হ্যাপ্লয়েড গ্যামেটোফাইট উৎপন্ন করে। কাজেই এক্ষেত্রে হ্যাপ্লয়েড গ্যামেটোফাইট ও ডিপ্লয়েড কার্পোস্পোরোফাইট দেখা যায়।

Liagora tetrasporifera (লিয়াগোরা টেট্রাস্পোরিফেরা) এবং *L. papenfussii* (লিয়াগোরা প্যাপেনফুসী) উদ্ভিদে এইপ্রকার জনুক্রম দেখা যায়। লিয়াগোরা-র অন্যান্য প্রজাতিতে ট্রাইফ্যজিক জীবনচক্র দেখা যায়।

(c) ট্রাইফেজিক জনুক্রম - এক্ষেত্রে **হ্যাপ্লয়েড গ্যামেটোফাইট** থেকে উৎপন্ন স্পার্মাশিয়াম ও কার্পোগোনিয়ামে অবস্থিত ডিম্বাণু নিউক্লিয়াস নিষিক্ত হয়ে জাইগোটিক নিউক্লিয়াস গঠন করে। জাইগোট থেকে ডিপ্লয়েড কার্পোস্পোরোফাইট উৎপন্ন হয়। কার্পোস্পোরোফাইট ডিপ্লয়েড কার্পোস্পোর উৎপন্ন করে, যা অঙ্কুরিত হয়ে ডিপ্লয়েড টেট্রাস্পোরোফাইট উদ্ভিদ উৎপন্ন হয়। টেট্রাস্পোরোফাইট মিয়োসিস প্রক্রিয়ায় হ্যাপ্লয়েড টেট্রাস্পোর উৎপন্ন করে, যা অঙ্কুরিত হয়ে পুনরায় গ্যামেটোফাইট উদ্ভিদ উৎপন্ন হয়। কাজেই এক্ষেত্রে হ্যাপ্লয়েড গ্যামেটোফাইট, ডিপ্লয়েড কার্পোস্পোরোফাইট এবং ডিপ্লয়েড টেট্রাস্পোরোফাইট এই তিনটি জনুর উপস্থিতির জন্য একে ট্রাইফেজিক জনুক্রম বলে। (পলিসাইফনিয়া-র জীবনচক্রে এসম্পর্কে বিস্তারিত আলোচনা করা হয়েছে।)

অনুশীলনী - 1

(1) রোডোফাইসী শ্রেণীর শৈবালদের সাধারণ কি নামে ডাকা হয়?

(2) একটি এককোষী লোহিত শৈবালের নাম করুন।

(3) মিঠা জলে বাস করে এরূপ চারটি লোহিত শৈবালের নাম করুন।

(4) দুটি পরজীবী লোহিত শৈবালের নাম করুন।

(5) লোহিত শৈবালের মধ্যে দেখতে অতিসুন্দর একটি শৈবালের নাম করুন।

(6) একটি সূত্রাকার, সিউডোপ্যারেনকাইমেটাস এবং প্যারেনকাইমেটাস লোহিত শৈবালের নাম করুন।

(7) একক অক্ষবিশিষ্ট ও বহু-অক্ষবিশিষ্ট লোহিত শৈবালের উদাহরণ দিন।

(8) আগার-আগার এবং ক্যারাগিনিন কি? এদের উৎস কি?

(9) কোরাল রিফ (coral reef) গঠনে সাহায্য করে এরূপ একটি লোহিত শৈবালের নাম করুন।

(10) 'পিট প্লাগ' কোথায় দেখা যায়?

(11) সায়ানোফাইসী ব্যতীত আর কোন শ্রেণীর শৈবালের জীবনচক্রের কোন দশাতেই ফ্লাজেলা দেখা যায় না?

(12) সায়ানোফাইসীর সাথে রোডোফাসির কোন্ কোন্ রঞ্জকের মিল দেখা যায়?

(13) লোহিত শৈবালের লাল রং এর জন্য কোন্ রঞ্জকটি দায়ী?

(14) ফাইকোবিলিজোম কি? এটি কোথায় দেখা যায়?

(15) লোহিত শৈবালে সঞ্চিত খাদ্যের রাসায়নিক প্রকৃতি উল্লেখ করুন।

(16) মনোস্পোর কি?

(17) লোহিত শৈবালের ক্ষেত্রে পুং ও স্ত্রী জনন অঙ্গকে কি বলা হয়?

(18) ট্রাইকোগাইন কি? এর কাজ কি?

(19) কন্‌কোসেলীস পর্যায় কি?

(20) কনকোস্পোর্যাঞ্জিয়াম কি? ইহা থেকে কি প্রকার স্পোর উৎপন্ন হয়?

(21) ফ্লোরিডিওফাইসিডি উপশ্রেণীতে কতপ্রকার জনুক্রম দেখা যায়?

(22) হ্যাপ্লয়েড কার্পোস্পোরোফাইট কোন্ শৈবালে দেখা যায়?

(23) ট্রাইফেজিক জীবনচক্র কাকে বলে?

10.4 পলিসাইফনিয়া-র জীবন ইতিহাস

10.4.1 শ্রেণীগত অবস্থান (Systematic position)

বোল্ড এবং ওয়াইনি (Bold & Wynne, 1985) অনুসারে ঃ

বিভাগ — রোডোফাইটা (Rhodophyta)

শ্রেণী — রোডোফাইসী (Rhodophyceae)

উপ-শ্রেণী — ফ্লোরিডিওফাইসী (Florideophyceae)

বর্গ — সিরামিয়ালিস (Ceramiales)

গোত্র — রোডোমিলাসি (Rhodomelaceae)

গণ — পলিসাইফনিয়া *(Polysiphonia)*

প্রজাতি — *P. Platycarpa*

ভারতীয় প্রজাতি - পলিসাইফনিয়া প্লাটিকার পা *(Polysiphonia platycarpa),* পলিসাইফনিয়া ভ্যারিগেটা *(P. variegata)*।

10.4.2 বসতি

পলিসাইফনিয়ার সকল প্রজাতিই সামুদ্রিক। এদের অনেক প্রজাতি পরাশ্রয়ীরূপে বাদামী শৈবালের উপর বাস করে।

10.4.3 উদ্ভিদ দেহের অঙ্গজ গঠন (চিত্র - 10.2)

- উদ্ভিদ দেহ থ্যালাস প্রকৃতির, লালচে বর্ণের, যথেষ্ট শাখা প্রশাখা বিশিষ্ট, ক্ষুদ্র ঝোপের মতো।
- সাইফন প্রকৃতির কোষগুলি একাধিক সারিতে বিন্যস্ত হয়ে উদ্ভিদ দেহ গঠন করে, তাই এর নাম পলিসাইফোনিয়া *(Polysiphonia)*
- এর উচ্চতা কয়েক সেন্টিমিটার পর্যন্ত হয়।
- কিছু প্রজাতি হেটেরোট্রিকাস (heterotrichous) প্রকৃতির অর্থাৎ শায়িত ও ঋজু দু'প্রকার কান্ড দ্বারা গঠিত।

- উদ্ভিদ দেহ রাইজয়েডাল প্রকৃতির অঙ্গ দ্বারা কোন বস্তুর সাথে আবদ্ধ থাকে। রাইজয়েড-এর অগ্রভাগে চাকতির ন্যায় অংশ থাকে।
- ঋজু বা খাড়া সূত্রাকার দেহটি একটি প্রধান অক্ষ দ্বারা গঠিত যা থেকে অসংখ্য শাখাপ্রশাখা উৎপন্ন হয়।
- প্রধান অক্ষে কেন্দ্রীয় সাইফনকে ঘিরে একাধিক (4-20 টি) পেরিসেন্ট্রাল সাইফন সজ্জিত হয়ে সূত্রাকার অক্ষটি গঠিত হয়।
- সমগ্র সূত্রাকার দেহটির কোষ প্রাকারের বাইরে একটি পিচ্ছিল আবরণী থাকে।
- কেন্দ্রীয় ও পেরিসেন্ট্রাল সাইফনের সকল কোষ সাইটোপ্লাজমীয় সূত্রদ্বারা একে অপরের সাথে যুক্ত থাকে।
- ঋজু অংশের প্রধান অক্ষ থেকে দুধরনের শাখা উৎপন্ন হয় -

  (ক) দীর্ঘ বা অসীম (unlimited growth) বৃদ্ধি সম্পন্ন শাখা, যা পরিণত হয়ে প্রধান অক্ষের মতই শাখা প্রশাখা উৎপন্ন করে।

  (খ) খর্বাকৃতি বা সীমিত বৃদ্ধিসম্পন্ন শাখা (branches of limited growth)। এই প্রকার শাখা এক সারি সাইফন দ্বারা গঠিত। একে ট্রাইকোব্লাস্ট (trichoblast) বলে। এটি অগ্রভাগে দ্বিধাবিভক্ত এবং জনন অঙ্গ বহন করে। ট্রাইকোব্লাস্ট সাধারণত একবর্ষজীবী, বর্ণহীন।
- প্রতিটি কোষ একটি নিউক্লিয়াস বিশিষ্ট। একাধিক চাকতির ন্যায় ক্রোমাটোফোর সাইটোপ্লাজমের পরিধি বরাবর বিন্যস্ত। কোষের কেন্দ্রে একটি বৃহৎ গহ্বর অবস্থিত। কোষে কোন পাইরিনয়েড থাকে না। কোষ প্রাকার পুরু।

10.4.4 জনন

শুধুমাত্র যৌন জনন দেখা যায়, যাহা উগ্যামাস প্রকৃতির। অধিকাংশ প্রজাতি ভিন্নবাসী।

পলিসাইফনিয়া *(Polysiphonia)*-র জীবনচক্রে তিনপ্রকার উদ্ভিদ দেখা যায় ঃ (a) গ্যামেটোফাইট (n), (b) ডিপ্লয়েড কার্পোস্পোরোফাইট এবং (c) ডিপ্লয়েড টেট্রাস্পোরোফাইট।

(a) গ্যামেটোফাইট ঃ ইহা হ্যাপ্লয়েড প্রকৃতির, স্বাধীন এবং জনন অঙ্গ বহন করে। যেহেতু ভিন্নবাসী উদ্ভিদ সেহেতু স্পার্মাট্যাঞ্জিয়া (পুংজনন অঙ্গ) ও কার্পোগোনিয়া (carpogonia) বা স্ত্রীজনন অঙ্গ ভিন্ন উদ্ভিদে উৎপন্ন হয়।

স্পার্মাট্যাঞ্জিয়াম (Spermatangium) (চিত্র - 10.3) ঃ উর্বর পুং ট্রাইকোব্লাস্ট ক্ষুদ্রাকৃতির স্পার্মাট্যাঞ্জিয়া গুচ্ছ বহন করে। এক সারি সাইফন যুক্ত উর্বর ট্রাইকোব্লাস্টের গোড়ার দিকের কিছু কোষ ব্যতীত সকল কোষগুলি থেকে স্পর্মট্যাঞ্জিয়াল মাতৃকোষ উৎপন্ন হয়। প্রতিটি মাতৃকোষ থেকে 2-4 টি এককোষী স্পার্মট্যাঞ্জিয়া উৎপন্ন হয়। প্রতিটি স্পার্মট্যাঞ্জিয়ামের প্রোটোপ্লাস্ট রূপান্তরিত হয়ে একটি মাত্র ফ্লাজেলাবিহীন নিশ্চল স্পার্মাসিয়াম উৎপন্ন করে। পরিণত স্পার্মাসিয়াম স্পার্মাট্যাঞ্জিয়ামেদ্দর প্রাচীন বিদীর্ণ করে জলে মুক্ত হয় এবং ভাসতে থাকে।

কার্পোগোনিয়াম (Carpogonium) (চিত্র - 10.4) ঃ কার্পোগোনিয়াম স্ত্রী-জনন অঙ্গ। উর্বর স্ত্রী ট্রাইকোব্লাস্টে কার্পোগোনিয়াম উৎপন্ন হয়। প্রথমে ট্রাইকোব্লাস্ট একসারি সাইফন যুক্ত থাকে। পরে ইহা বহুসারি সাইফন যুক্ত হয়। পৃষ্ঠদেশীয় কোন পেরিসেন্ট্রাল কোষ ধারক কোষ (Supporting cell) রূপে কাজ করে যা পুনঃ পুনঃ বিভাজিত হয়ে 4-5 কোষ বিশিষ্ট বক্রাকার কার্পাগোনিয়াল ফিলাসেন্ট গঠন করে। ফিলামেন্টের অগ্রভাগের কোষটি ফ্লাসকের ন্যায়

কার্পোগোনিয়ামে রূপান্তরিত হয় যার তলদেশটি স্ফীত থাকে। এর মধ্যে ডিম্বাণু নিউক্লিয়াস অবস্থান করে। অগ্রভাগটি নলাকার ট্রাইকোগাইন (Trichogyne) গঠন করে। ট্রাইকোগাইন স্পার্মাসিয়ামের গ্রাহক অঙ্গরূপে কাজ করে। এই প্রকার পরিণত কার্পোগোনিয়াম নিষেকের জন্য তৈরী থাকে।

নিষেক ঃ স্পার্মাসিয়াম জলের মাধ্যমে ভেসে ট্রাইকোগাইন-এর সংস্পর্শে আসে এবং ট্রাইকোগাইন প্রাচীরের কিছু অংশ দ্রবীভূত করে সেই অংশের মধ্য দিয়ে স্পার্মাসিয়াম ট্রাইকোগাইন-এ প্রবেশ করে এবং এর মধ্যদিয়ে কার্পোগোনিয়ামের স্ফীত তলদেশের আভ্যন্তরে অবস্থিত ডিম্বাণু নিউক্লিয়াসের সন্নিকটে আসে। অতঃপর স্পার্মাসিয়ামের নিউক্লিয়াস ও ডিম্বাণু নিউক্লিয়াস নিষিক্ত হয়ে ডিপ্লয়েড জাইগোটিক নিউক্লিয়াস গঠন করে।

নিষেকোত্তর পরিবর্তন (Post-fertilization changes) (চিত্র - 10.5) ঃ এই পর্যায়ে ডিপ্লয়েড জাইগোটিক নিউক্লিয়াস থেকে ডিপ্লয়েড কার্পোস্পোরোফাইট উদ্ভিদ উৎপন্ন হয়। কার্পোস্পোরোফাইট অতঃপর ডিপ্লয়েড কার্পোস্পোর সৃষ্টির মাধ্যমে ডিপ্লয়েড টেট্রাস্পোরোফাইট উদ্ভিদ উৎপন্ন করে।

(b) কার্পোস্পোরোফাইট উদ্ভিদের সৃষ্টি

- প্রথমে সাপোটিং কোষের মাথায় একটি অক্সিলিয়ারী কোষ উৎপন্ন হয় যার মধ্যে একটি হ্যাপ্লয়েড নিউক্লিয়াস অবস্থান করে। এর পাশাপাশি সাপোটিং কোষ 2-3 কোষ বিশিষ্ট বেসাল স্টেরাইল ফিলামেন্ট (Basal sterile filament) এবং লেটারেল স্টেরাইল ফিলামেন্ট (Lateral sterile filament) উৎপন্ন করে।
- অক্সিলিয়ারী কোষ সাপোর্টিং কোষের ঠিক উপরে অবস্থিত, যা কার্পোগোনিয়ামের স্ফীত তলদেশের খুব কাছাকাছি অবস্থান করে। উভয়ের মধ্যে একটি নালী দ্বারা সংযোগ স্থাপিত হয়।
- কার্পোগোনিয়ামে অবস্থিত ডিপ্লয়েড জাইগোটিক নিউক্লিয়াস মাইটোসিস প্রক্রিয়ায় দুটি নিউক্লিয়াস গঠন করে। একটি নিউক্লিয়াস কার্পোগোনিয়ামে অবস্থান করে এবং অপরটি সংযোগনালীর মধ্য দিয়ে অক্সিলিয়ারী কোষে প্রবেশ করে।
- এই পর্যায়ে যুগপৎ নিম্নলিখিত পরিবর্তনগুলি দেখা যায় ঃ **(চিত্র নং 10.5a-e)**

  (i) অক্সিলিয়ারী কোষে হ্যাপ্লয়েড নিউক্লিয়াসটি নষ্ট হয়ে যায় ফলে শুধুমাত্র কার্পোগোনিয়াম থেকে আসা ডিপ্লয়েড নিউক্লিয়াসটি অবস্থান করে।

  (ii) কার্পোগোনিয়াম ব্যতীত কার্পোগোনিয়াল ফিলামেন্টের অন্যান্য কোষগুলি নষ্ট হয়ে যায়।

  (iii) অক্সিলিয়ারী কোষে অবস্থিত ডিপ্লয়েড নিউক্লিয়াসটি মাইটোটিক বিভাজন দ্বারা দুটি ডিপ্লয়েড নিউক্লিয়াস গঠন করে। এদিকে অক্সিলিয়ারী কোষ থেকে একটি উপবৃদ্ধি সৃষ্টি হয় এবং একটি নিউক্লিয়াস উক্ত উপবৃদ্ধিতে স্থানান্তরিত হয়।

  (iv) উপবৃদ্ধিটি প্রস্থ প্রাকার দ্বারা অক্সিলিয়ারী কোষ থেকে পৃথক হয়ে যায়। ডিপ্লয়েড নিউক্লিয়াসযুক্ত এই উপবৃদ্ধিকে গোনিমোব্লাস্ট ইনিসিয়াল (Gonimoblast initial) বলে। এইভাবে অনেকগুলি গোনিমোব্লাস্ট ইনিসিয়াল উৎপন্ন হয়।

  (v) প্রত্যেক গোনিমোব্লাস্ট ইনিসিয়াল বিভাজনের মাধ্যমে গোনিমোব্লাস্ট ফিলামেন্ট উৎপন্ন করে।

  (vi) গোনিমোব্লাস্ট ফিলামেন্টের অগ্রস্থ কোষটি স্ফীত হয়ে কার্পোস্পোর্যাঞ্জিয়াম গঠন করে।

(vii) সাপোর্টিং কোষ, বেসাল ও লেটারেল ফিলামেন্টের কিছু কোষ, অক্সিলিয়ারী কোষ, কার্পোগোনিয়াল ফিলামেন্টের কিছু কোষ সহ সকল কোষগুলি একত্রে যুক্ত হয়ে অসম আকৃতির প্ল্যাসেন্টাল এলিমেন্ট (Placentral element) গঠন করে।

(viii)এদিকে কার্পোগোনিয়ামের পাশাপাশি অবস্থিত অঙ্গজ পেরিসেন্ট্রাল কোষগুলি থেকে অনেকগুলি কোষ উৎপন্ন হয়ে একটি আবরণীর সৃষ্টি করে যাহা অবশেষে প্ল্যাসেন্টাল এলিমেন্ট, গোনিমোব্লাস্ট ফিলামেন্ট, কার্পোস্পোর্যাঞ্জিয়াম সহ সমগ্র ডিপ্লয়েড গঠনটিকে আবৃত করে ফেলে। এই আবরণীটি দেখতে কলসীর ন্যায় (urn-shaped) একে পেরিকার্প বলে। পেরিকার্পসহ এর অভ্যন্তরে অবস্থিত সমগ্র গঠনটিকে সিস্টোকার্প *(Cystocarp)* বলে।

(ix) গোনিমোব্লাস্ট ফিলামেন্ট ও কার্পোস্পোর্যাঞ্জিয়া, প্ল্যাসেন্টাল এলিমেন্ট থেকে পুষ্টি সংগ্রহ করে। সিস্টোকার্পের ডিপ্লয়েড অংশটিকে কার্পোস্পোরোফাইট (Carposporophyte) বলে। কার্পোস্পোরোফাইট স্ত্রী গ্যামেটোফাইট -এর উপর পরজীবী রূপে বাস করে।

(x) পরিণত কার্পোস্পোরোফাইটে অবস্থিত প্রতিটি কার্পোস্পোর্যাঞ্জিয়ামের প্রোটোপ্লাস্ট থেকে একটি ফ্ল্যাজেলাবিহীন ডিপ্লয়েড কার্পোস্পোর উৎপন্ন হয়।

(c) টেট্রাস্পোরোফাইটিক উদ্ভিদের সৃষ্টি

ডিপ্লয়েড কর্পোস্পোর অঙ্কুরিত হয়ে ডিপ্লয়েড টেট্রাস্পোরোফাইটিক উদ্ভিদ সৃষ্টি করে। এটি গ্যামোটোফাইটিক উদ্ভিদের ন্যায় স্বাধীন এবং দেখতে একই প্রকার। কিন্তু এই উদ্ভিদ ফিলামেন্টের পেরিসেন্ট্রাল কোষ বিভাজনের মাধ্যমে টেট্রাস্পোর্যাঞ্জিয়াম গঠন করে। প্রতিটি টেট্রাস্পোর্যাঞ্জিয়ামে অবস্থিত একটি টেট্রাস্পোর মাতৃকোষ মিয়োসিস বিভাজন দ্বারা টেট্রাস্পোর উৎপন্ন করে (চিত্র - 10.6)। টেট্রাস্পোর হ্যাপ্লয়েড প্রকৃতির অর্থাৎ এটি মিয়োস্পোর। প্রতি টেট্রাস্পোর্যাঞ্জিয়ামে উৎপন্ন চারটি টেট্রাস্পোরের মধ্যে দুটি পুং এবং দুটি স্ত্রী প্রকৃতির। এগুলি অঙ্কুরিত হয়ে পুং ও স্ত্রী গ্যামোটোফাইটিক উদ্ভিদ উৎপন্ন করে। **(চিত্র - 10.5 f-i)**

10.4.5 জনুক্রম

পলিসাইফনিয়া-র জীবনচক্র অপেক্ষাকৃত জটিল প্রকৃতির। এর জীবনচক্রে তিনটি দশা দেখা যায়, যথা-হ্যাপ্লয়েড গ্যামেটোফাইটিক দশা, ডিপ্লয়েড কার্পোস্পোরাফাইটিক দশা এবং ডিপ্লয়েড টেট্রাস্পোফাইটিক দশা। হ্যাপ্লয়েড গ্যামেটোফাইট ভিন্নবাসী, স্বাধীনজীবী। পুং গ্যামেটোফাইটে উৎপন্ন স্পার্মাট্যাঞ্জিয়ামে স্পার্মাসিয়াম (পুং গ্যামেট) উৎপন্ন হয়। স্ত্রী গ্যামেটোফাইটে কার্পোগোনিয়ামে ডিম্বাণু নিউক্লিয়াস থাকে। স্পার্মাসিয়াসের নিউক্লিয়াস ডিম্বাণু নিউক্লিয়াসের সাথে নিষিক্ত হয়ে জাইগোট নিউক্লিয়াস গঠন করে। জাইগোট নিউক্লিয়াস থেকে বিভিন্ন ধাপের মাধ্যমে ডিপ্লয়েড কার্পোস্পোরোফাইট উৎপন্ন হয় যাহা স্ত্রী গ্যামেটোফাইটের উপর পরজীবীরূপে অবস্থান করে। কার্পোস্পোরোফাইটে কার্পোস্পোর্যাঞ্জিয়ামের মধ্যে ডিপ্লয়েড কার্পোস্পোর উৎপন্ন হয়। কার্পোস্পোর অঙ্কুরিত হয়ে স্বাধীনজীবী ডিপ্লয়েড টেট্রাস্পোরোফাইট উদ্ভিদ উৎপন্ন করে। এই উদ্ভিদে টেট্রাস্পোর্যাঞ্জিয়ামের মধ্যে টেট্রাস্পোর মাতৃকোষ মিয়োসিস হয় এবং হ্যাপ্লয়েড টেট্রাস্পোর উৎপন্ন করে। টেট্রাস্পোর অঙ্কুরিত হয়ে পুনরায় গ্যামোটোফাইট উদ্ভিদ উৎপন্ন করে এবং জীবনচক্র সম্পন্ন করে। যেহেতু জীবনচক্রে তিনটি জনু দেখা যায় সেহেতু একে ট্রাইফেজিক জীবন চক্র (Triphasic life cycle) বলে। **(চিত্র নং - 10.7)**

10.5 সায়ানোফাইসী ও রোডোফাইসীর সাদৃশ্য ও পার্থক্য

10.5.1 সায়ানোফাইসী ও রোডোফাইসীর সাদৃশ্য

(a) উভয় শ্রেণীতেই জলে দ্রবণীয় ফাইকোবিলিন রঞ্জক দেখা যায়, যা ফাইকোবিলিজোমে অবস্থান করে।

(b) উভয় ক্ষেত্রেই কোষের মধ্যে মুক্ত ট্রিহালোজ ও গ্যালাকটোজ দেখা যায়।

(c) সঞ্চিত খাদ্য-সায়ানোফাইসিয়ান স্টার্চ ও রোডোফাইসিয়ান স্টার্চ রাসায়নিক দিক দিয়ে প্রায় একই প্রকার।

(d) উভয়ের কোষপ্রাকারের সেলুলোজ এর প্রধান উপাদান হল - জাইল্যান্ (xylans)।

(e) উভয় ক্ষেত্রেই জীবনচক্রের কোন দশাতেই ফ্লাজেলা দেখা যায় না।

(f) উভয় ক্ষেত্রেই মিউসিলেজ এর প্রধান উপাদান হল - সালফেটযুক্ত গ্যালাকটোজেজ, ইউরোনিক অ্যাসিড, গ্লুকোজ ও জাইলোজ।

(g) সালোকসংশ্লেষীয় থাইলাকয়েডের বিন্যাস একই প্রকার অর্থাৎ উভয় ক্ষেত্রেই থাইলাকয়েডগুলি স্তরীভূত অবস্থায় না থেকে একক ভাবে এবং পরস্পর হতে বেশ দূরে অবস্থান করে।

10.5.2 সায়ানোফাইসী ও রোডোফাইসীর পার্থক্য

সায়ানোফাইসী	রোডোফাইসী
(a) প্রোক্যারিওটিক প্রকৃতির কোষ দেহ।	(a) ইউক্যারিওটিক প্রকৃতির কোষ দেহ।
(b) ক্লোরোফিল ডি অনুপস্থিত	(b) ক্লোরোফিল ডি দেখা যায়।
(c) হেটারোসিস্ট দেখা যায়।	(c) হেটারোসিস্ট অনুপস্থিত।
(d) যৌন জনন দেখা যায় না, তবে দু একটি ক্ষেত্রে ব্যাকটিরিয়ার ন্যায় জেনেটিক রিকমবিনেশন দেখা যায়।	(d) যৌন জনন দেখা যায় এবং এটি খুবই জটিল প্রকৃতির

অনুশীলনী - 2

(1) পলিসাইফনিয়ার শ্রেণীগত অবস্থান উল্লেখ করুন।

(2) পলিসাইফনিয়া নামকরণের কারণ কি?

(3) পেরিসেন্ট্রাল সাইফন কাদের বলে?

(4) পলিসাইফনিয়ায় কয় প্রকার শাখা দেখা যায়?

(5) পলিসাইফনিয়ার কোষে কোন পাইরিনয়েড থাকে কি?

(6) পলিসাইফনিয়ার জীবন চক্রে প্রাপ্ত তিনটি জনুর নাম কি?

(7) ট্রাইকোব্লাস্ট কাকে বলে?

(8) ধরাক কোষ বা সাপোর্টিং কোষের কাজ কি?

(9) ট্রাইকোগাইন কি? এর কাজ কি?

(10) পলিসাইফনিয়ার কার্পোস্পোর্যাঞ্জিয়াম কোথা থেকে উৎপন্ন হয়?

(11) পলিসাইফনিয়ার কার্পোস্পোর হ্যাপ্লয়েড না ডিপ্লয়েড? এর কাজ কি?

(12) পলিসাইফনিয়ার জীবনচক্রে কোথায় মিয়োসিস হয়?

(13) সায়ানোফাইসী ও রোডোফাসীর সাদৃশ্যগুলি উল্লেখ করুন।

(14) সায়ানোফাইসী ও রোডোফাইসীর পার্থক্যগুলি উল্লেখ করুন।

10.6 সারাংশ

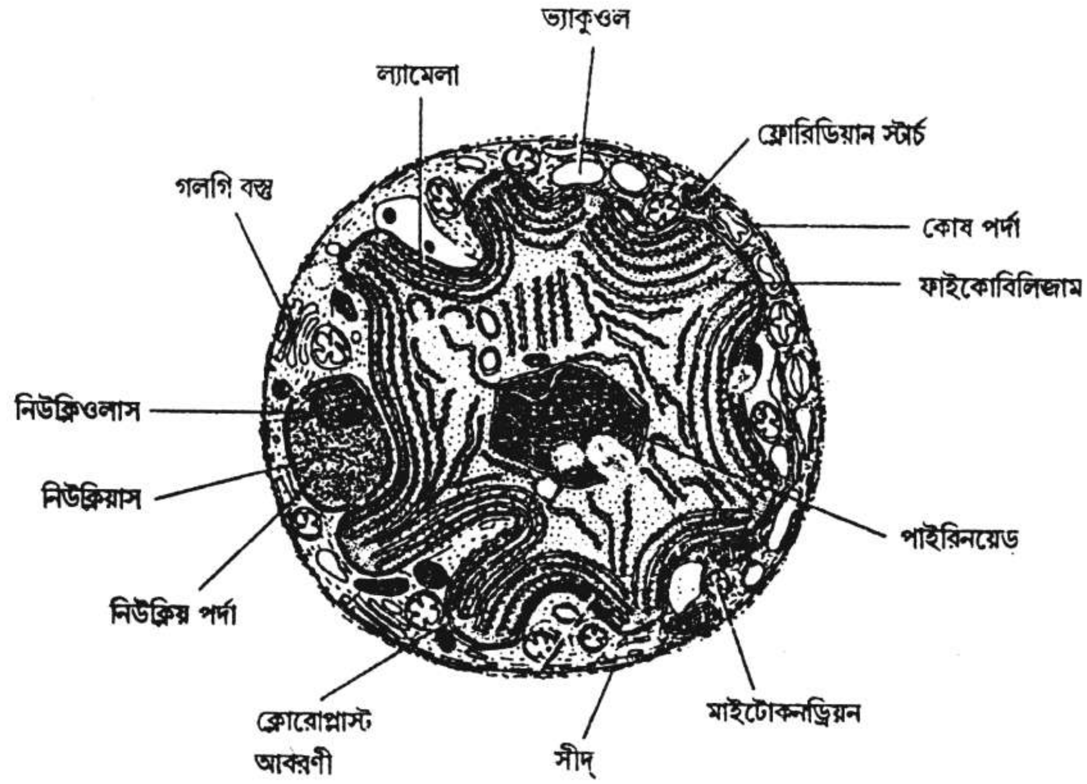
● রোডোফাইসীর অন্তর্গত শৈবালদের লোহিত শৈবাল বলা হয়। এই প্রকার শৈবাল ইউক্যারিওটিক প্রকৃতির হলেও প্রোক্যারিওটিক সায়ানোফাইসীর সাথে বেশ কিছু মিল আছে। কয়েকটি প্রজাতি ব্যতীত সকল প্রজাতিই সামুদ্রিক। এক্ষেত্রে বৃহদাকৃতির শৈবাল থেকে এককোষী শৈবালও দেখা যায়। লোহিত শৈবাল একক অক্ষ (Uniaxial) ও বহু অক্ষ (Multiaxial) বিশিষ্ট হয়ে থাকে। কোষপ্রাকারে আগার আগার এবং ক্যারগিনিন নামক পদার্থ পাওয়া যায়। সঞ্চিত খাদ্য ফ্লোরিডিয়ান স্টার্চ, ফ্লোরিডোসাইড রূপে দেখা যায়।

লোহিত শৈবাল ব্যাঙ্গিওফাইসিডি এবং ফ্লোরিডিওফাইসিডি এই দুটি উপশ্রেণীতে বিভক্ত। এই দুটি উপশ্রেণীর মধ্যে কোষের গঠনগত ও জনন গত পার্থক্য লক্ষ করা যায়।

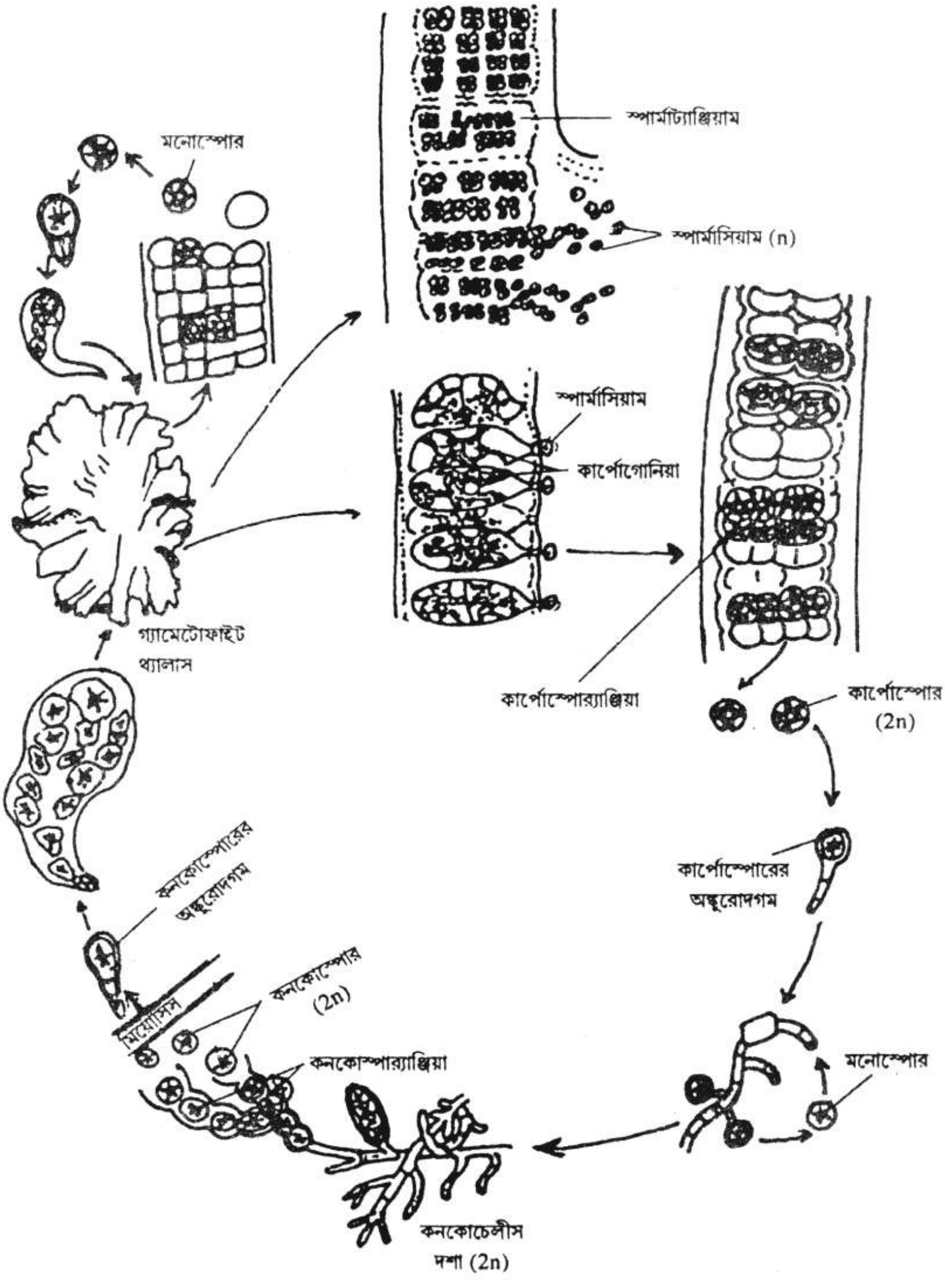
ব্যাঙ্গিওফাইসিডি উপশ্রেণীতে বিশেষ বৈশিষ্ট্যপূর্ণ মাইটোস্পোর-মনোস্পোর ও নিউট্রাল স্পোর দেখা যায়।

যৌন জনন উগ্যামাস প্রকৃতির। লোহিত শৈবালে বৈশিষ্টপূর্ণ পুংজনন অঙ্গকে স্পার্মাট্যাঞ্জিয়াম ও স্ত্রী জনন অঙ্গকে কার্পোগোনিয়াম বলে। স্পার্মাট্যাঞ্জিয়াম থেকে নিশ্চল স্পার্মাসিয়াম উৎপন্ন হয়। কার্পোগোনিয়ামে অবস্থিত ডিম্বাণু নিউক্লিয়াস স্পার্মাসিয়ামের নিউক্লিয়াসের সাথে নিষিক্ত হয়ে জাইগোটের পরিবর্তে জাইগোটিক নিউক্লিয়াস গঠন করে।

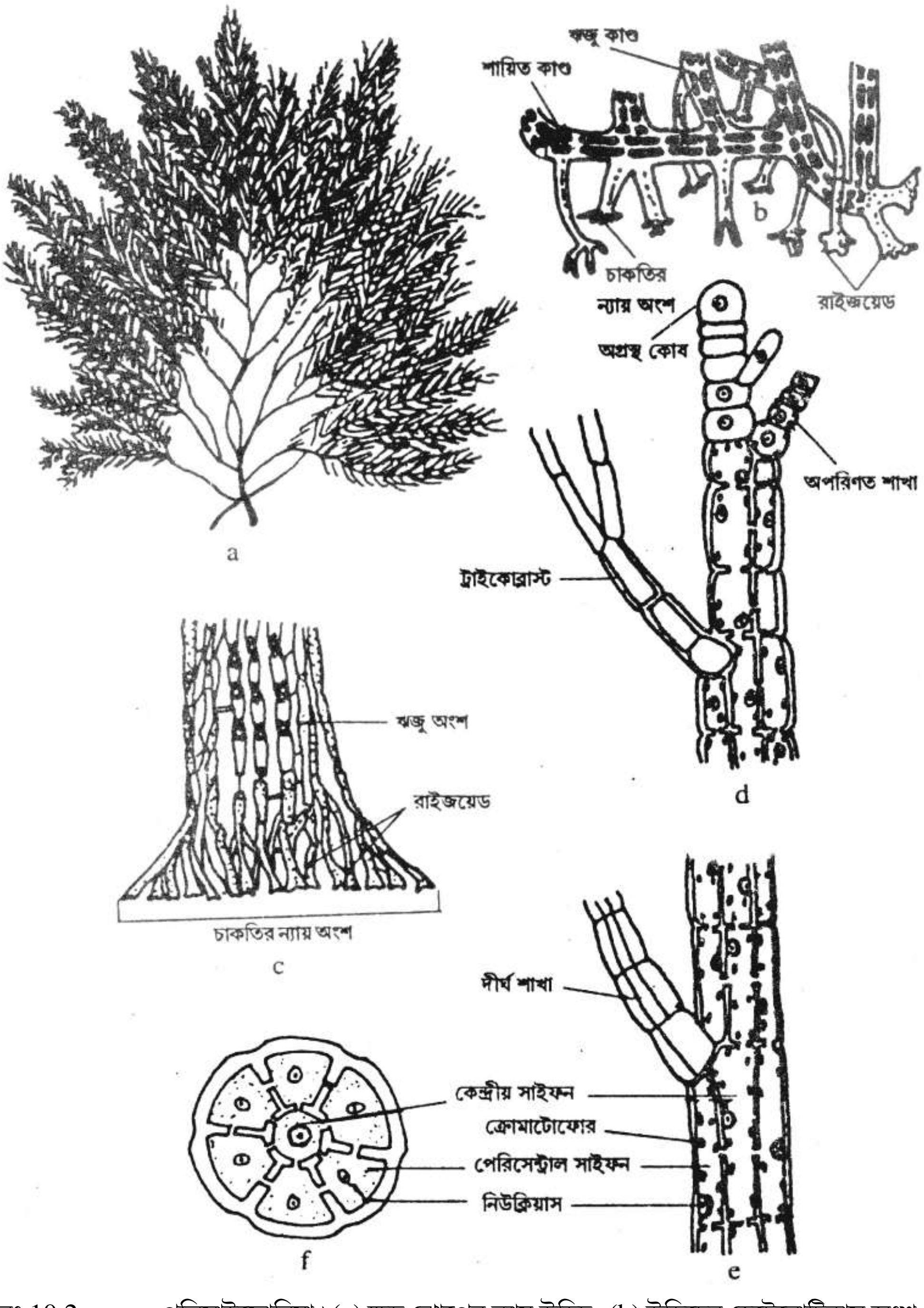
জাইগোটিক নিউক্লিয়াসের পরবর্তী বিভাজন প্রজাতি বিশেষে মাইটোসিস অথবা মিয়োসিস হতে পারে এবং তার উপর নির্ভর করে বিভিন্ন প্রকার জীবনচক্র দেখা যায়।



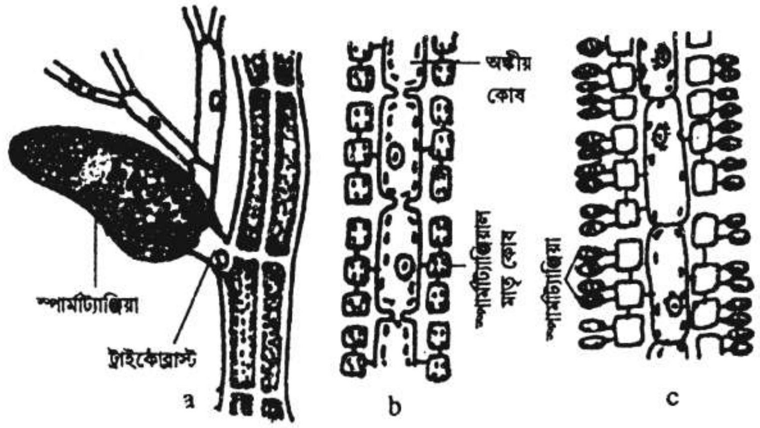
চিত্র নং 10.1 a : পরফাইরিডিয়াম প্রজাতির কোষের গঠন।



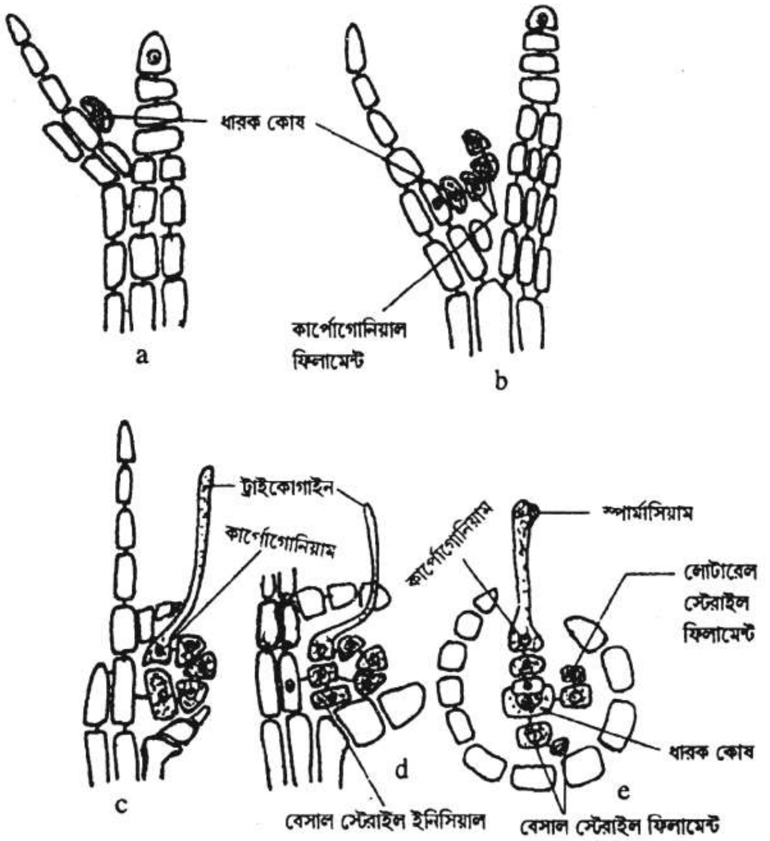
চিত্র নং 10.1 b : পরফাইরা টেনেরা-র জীবন চক্র।



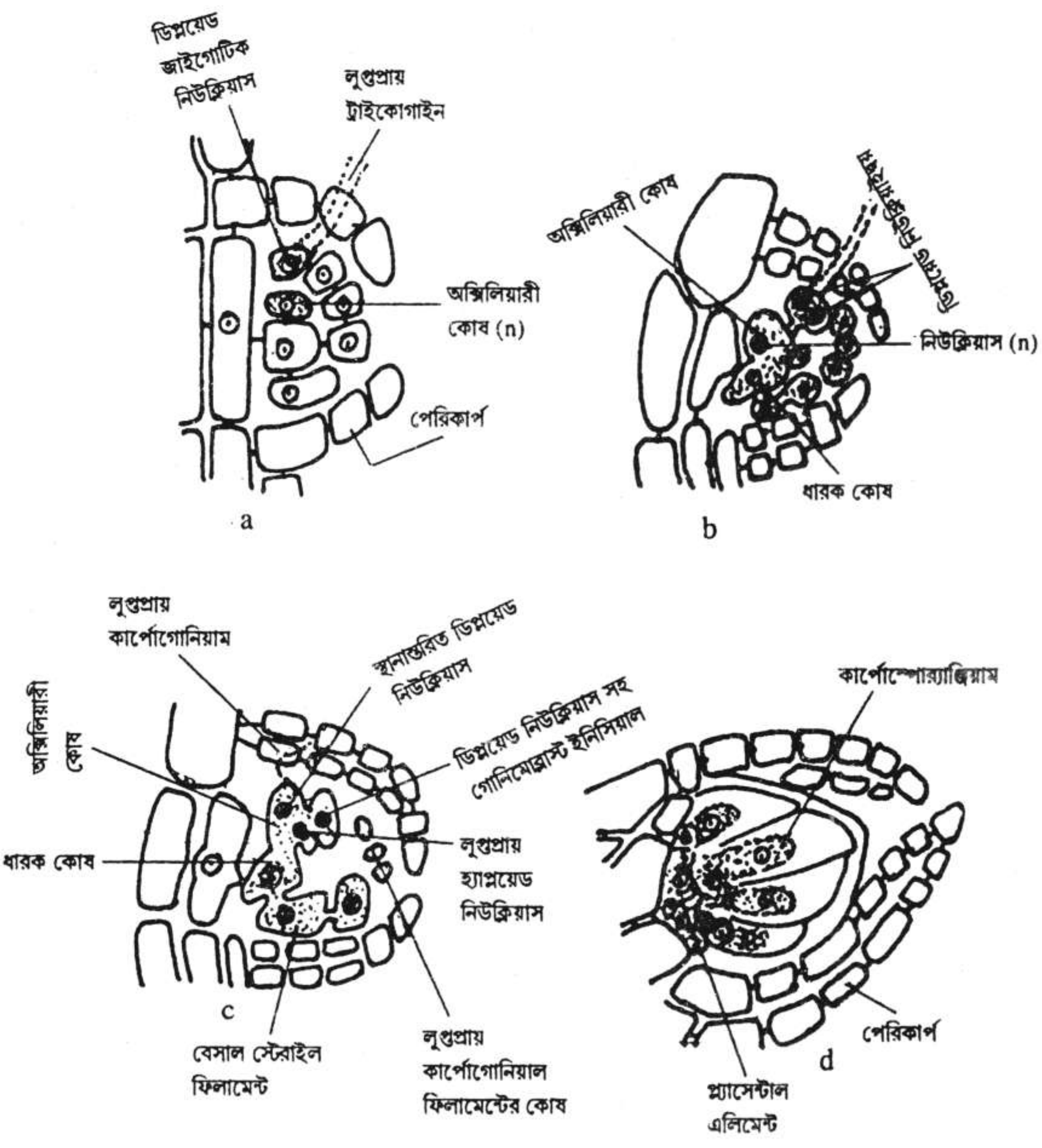
চিত্র নং 10.2 : a – e, পলিসাইফোনিয়া। (a) ক্ষুদ্র ঝোপের ন্যায় উদ্ভিদ; (b) উদ্ভিদের হেটেরোট্রিকাস অংশ; (c) রাইজয়েড ও রাইজয়েডের চাকতির ন্যায় অংশ সহ উদ্ভিদের নিম্নাংশ; (d) থ্যালাসের অগ্রভাগ; (e) থ্যালাসের পরিণত অংশ; (f) থ্যালাসের প্রস্থচ্ছেদ।



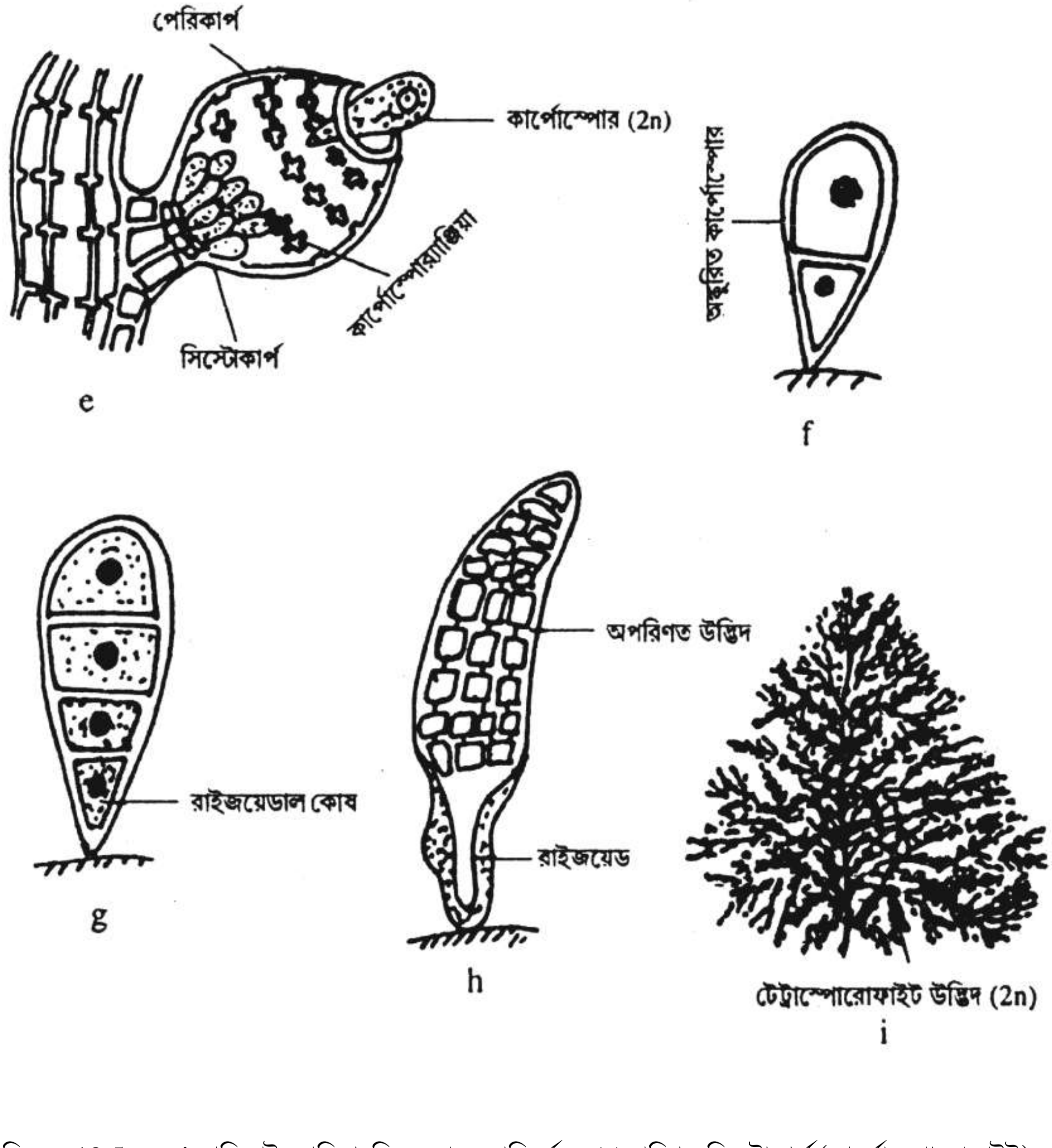
চিত্র নং 10.3 : a – c, পলিসাইফোনিয়া। (a) স্পার্মাট্যাঞ্জিয়া সহ উর্বর ট্রাইকোব্লাস্ট; (b) স্পার্মাট্যাঞ্জিয়াল মাতৃকোষ সহ কেন্দ্রীয় অক্ষ (লম্বচ্ছেদ); (c) স্পার্মাট্যাঞ্জিয়া শাখার লম্বচ্ছেদ, স্পার্মাট্যাঞ্জিয়া সহ স্পার্মাট্যাঞ্জিয়াল মাতৃকোষ।



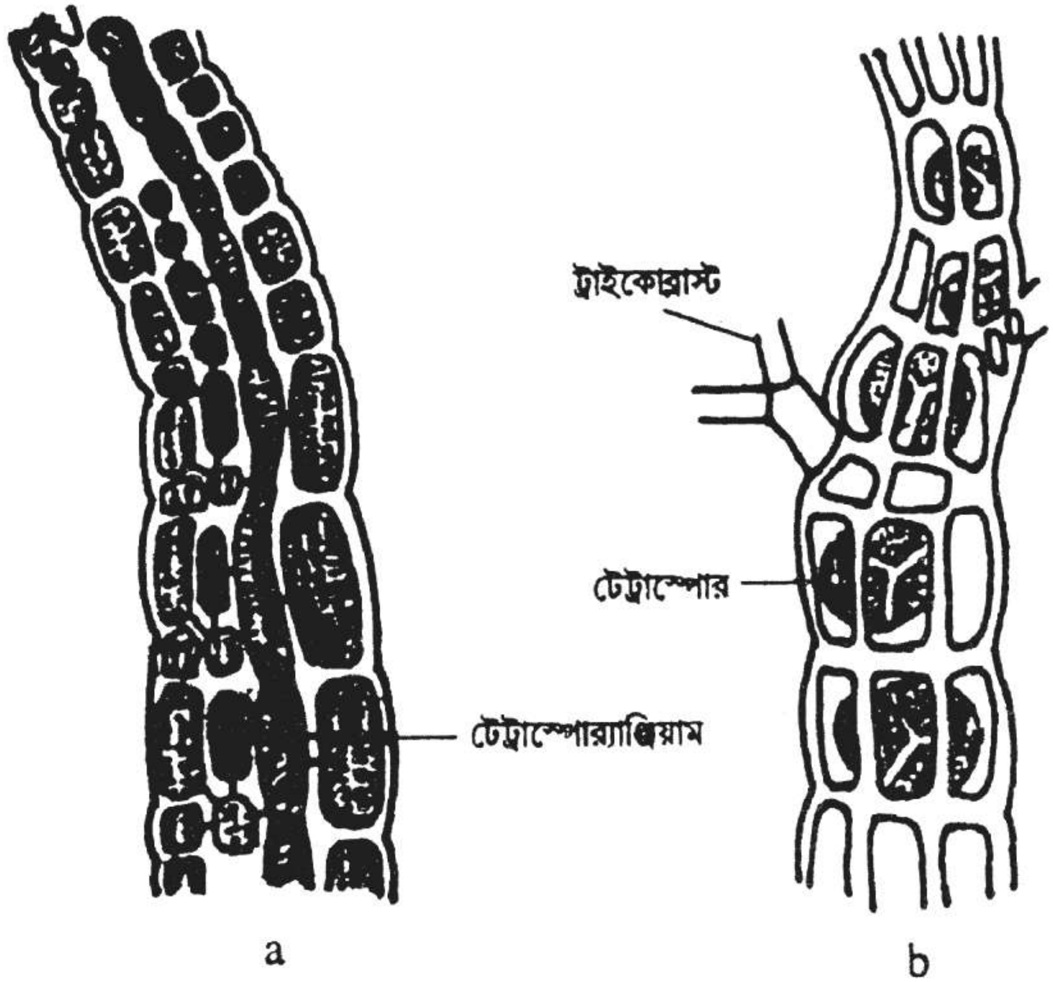
চিত্র নং 10.4 : a – e, পলিসাইফোনিয়া। কার্পোগোনিয়ামের পরিস্ফুটনের ধারাবাহিক বিভিন্ন পর্যায়; (e) স্পার্মাটাইজেসন।



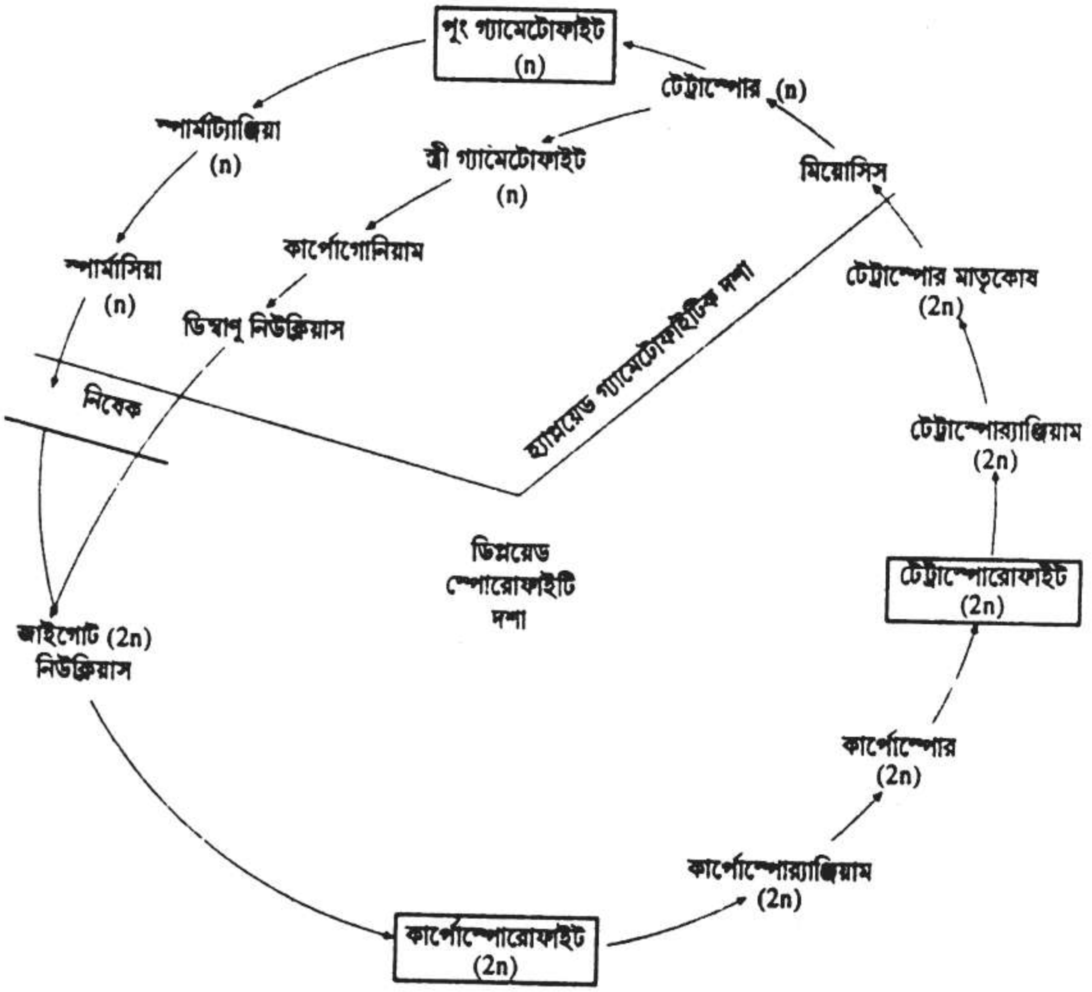
চিত্র নং 10.5 : a – d, পলিসাইফোনিয়া, নিষেকোত্তর পরিবর্তন। (a) ডিপ্লয়েড জাইগোটিক নিউক্লিয়াস সহ নিষিক্ত কার্পোগোনিয়া এবং ধারক কোষ থেকে অক্সিলিয়ারী কোষের সৃষ্টি; (b) জাইগোটিক নিউক্লিয়াসের বিভাজন এবং কার্পোগোনিয়ামের সাথে অক্সিলিয়ারী কোষের সংযোগ; (c) কার্পোগোনিয়ামের বিলুপ্তি এবং অক্সিলিয়ারী কোষের মধ্যে কার্পোগোনিয়াম হতে একটি ডিপ্লয়েড নিউক্লিয়াসের স্থানান্তর, স্থানান্তরিত নিউক্লিয়াসের পুনরায় বিভাজন এবং একটি নিউক্লিয়াসের অক্সিলিয়ারী কোষ থেকে উৎপন্ন গোনিমোব্লাস্ট কোষে স্থানান্তর; (d) অপরিণত সিস্টোকার্প।



চিত্র নং 10.5 : e – i, পলিসাইফোনিয়া, নিষেকোত্তর পরিবর্তন। (e) পরিণত সিস্টোকার্প (কার্পোস্পোরোফাইট); (f)-(i) কার্পোস্পোরের অঙ্কুরোদ্গম এবং পরিণত টেট্রাস্পোরোফাইট উদ্ভিদের (2n) সৃষ্টি।



চিত্র নং 10.6 : a – b, পলিসাইফোনিয়া-নিষেকোত্তর পরিবর্তন। (a) টেট্রাস্পোর্যাঞ্জিয়াম সহ টেট্রাস্পোরোফাইট থ্যালাসের একাংশ; (b) টেট্রাস্পোর সহ থ্যালাসের একাংশ।



চিত্র 10.7 পলিসাইফনিয়া-র জীবনচক্র

10.7 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

(1) রোডোফাইসীর কোষের গঠন আলোচনা সহ অঙ্গজ গঠনের সংক্ষিপ্ত পরিচয় দিন।

(2) রোডোফাইসীর বিভিন্ন প্রকার যৌনজনন সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা করুন।

(3) রোডোফাইসীর বিভিন্ন প্রকার জনুক্রম আলোচনা করুন।

(4) পলিসাইফনিয়া-র অঙ্গজ গঠন সম্পর্কে আলোচনা করুন।

(5) পলিসাইফনিয়া-র নিষেক অবধি যৌন জনন সম্বন্ধে লিখুন।

(6) পলিসাইফনিয়ার নিষেকোত্তর যৌন জনন সম্পর্কে যা জানা আছে লিখুন।

10.8 উত্তর সংকেত

অনুশীলনী - 1

1 – 23 : 10.3.2 অংশ দেখুন।

অনুশীলনী - 2

1 – 12 : 10.4 অংশ দেখুন।

13 : 10.5.1 অংশ দেখুন।

14 : 10.5.2 অংশ দেখুন।

সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

1) 10.3.2 অংশের অঙ্গজ গঠন ও কোষের গঠন অংশ দেখুন।

(2) 10.3.2 এর যৌন জনন অংশ দেখুন।

(3 10.3.2 এর যৌন জনন অংশ দেখুন।

(4) 10.3.2 অংশ দেখুন।

(5) 10.3.2 অংশ দেখুন।(নিষেক অংশ পর্যন্ত)

(6) 10.4.3 অংশ দেখুন।(নিষেকের পরবর্তী অংশ থেকে।

10.9 গ্রন্থপঞ্জী

C. van den Hoek, D. G. Mann and H. M. Jahns; Algae, An introduction to phycology, Cambridge University Press, 1998.

Robert Edward Lee; Phycology, Cambridge University Press, 1980.

V.J. Chapman and D. J. Chapman; The Algae, 2nd ed., The MacMillon Press Ltd. 1981.

Harold C. Bold and Michael J. Wynne; Introduction to the Algae-Structure and Reproduction, 2nd ed., Prentice-Hall, 1985.

O. P. Sharma; Text Book of Algae, Tata Mcgrow-Hill Publishing Company Ltd, 1998.

B. R. Vashista; Algae, 8th ed., S. chand & Comp. Ltd. 1997.

S. N. Pandey and P. S. Trivedi; A Text book of Algae, Vikas Publishing House Pvt. Ltd. 1996.

Kumar, H. D. and H. N. Singh; A Text book on Algae, 3rd ed., Affiliated East-West Press Pvt. Ltd., New Delhi, 1982.

দেবব্রত মিত্র, জীবেশ গুহ, সলিল কুমার চৌধুরী ও নরেন দত্ত; উদ্ভিদ বিজ্ঞান (প্রথম খণ্ড), মৌলিক লাইব্রেরী, কোলকাতা, পঞ্চম সংস্করণ, 1999

অজিত কুমার গঙ্গোপাধ্যায় ও নির্মলচন্দ্র কুমার; উদ্ভিদ বিদ্যা (প্রথম খণ্ড), ভারতী বুক স্টল, কোলকাতা, 1986.

Gangulee et.al; College Botany (Vol-II), New Central Book Agency, Kolkata.

পর্যায় - 2

মাইক্রোবায়োলজি (অণুজীববিজ্ঞান)

পর্যায়-2 অণুজীববিজ্ঞান

ভূমিকা

মাইক্রোবায়োলজি কথাটির পরিভাষা হল অণুজীববিজ্ঞান। মাইক্রোবায়োলজি (Microbiology) কথাটি গ্রীক। মাইক্রোস (Mikros) মানে ছোট, বায়স্ (bios) অর্থ জীবন, আর লোগোস (Logos) মানে বিজ্ঞান। এক কথায় ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র জীবদের সম্বন্ধে বিজ্ঞানের যে শাখায় আলোচনা করা হয়েছে, তাকেই বলে মাইক্রোবায়োলজি বা অণুজীববিজ্ঞান। এই কথাটি প্রথম ফরাসী বিজ্ঞানী লুই পাস্তুর (Louis Pasteur) ব্যবহার করেন। অণুজীববিজ্ঞান বিষয়টির প্রভূত উন্নতি সাধন করেন তিনি—1857 থেকে 1895 সাল এই সময়কালের মধ্যে। এর থেকে বোঝা যায় যে বিষয়টি খুব পুরাতন নয়। যেসব জীব মাইক্রোস্কোপ বা অণুবীক্ষণ যন্ত্র ছাড়া দেখা যায় না, তাদের সম্বন্ধে সম্যক জ্ঞান অণুজীব বিজ্ঞানের অন্তর্গত। এই জীবগোষ্ঠীকে এককথায় বলা হয় মাইক্রোব (microbe) বা অণুজীব। সব থেকে বড় অণুজীব 1 মি.মি. এর 10 ভাগের একভাগ ব্যাস বিশিষ্ট বলে যদি ধরে নিই তাহলে এর চেয়ে ছোট সব জীবকেই আমরা অণুজীব বলব। সবথেকে মজার কথা অণুবীক্ষণ যন্ত্র ষোলশো শতাব্দীর প্রথম দশকে আবিষ্কৃত হয় কিন্তু মাইক্রোবায়োলজি কথাটি ব্যবহার হয়েছে আঠারোশো শতাব্দীতে। গ্যালিলিও (জ্যোতির্বিদ) 1609-1610 সালে মাইক্রোস্কোপ আবিষ্কার করেন। পরে ড্রিব্বল (C. Drebbel) মাইক্রোস্কোপের উন্নতি সাধন করেন বলে জানা যায়। কিন্তু যিনি প্রথম অণুজীবকে মাইক্রোস্কোপ দিয়ে দেখেছিলেন তিনি হলেন এ্যানটন ভন লিউয়েনহক (A. Leeuwenhoek; সময়কাল 1632 থেকে 1723 সাল)। তিনি নিজে যে মাইক্রোস্কোপ তৈরী করেন তা ছোট জিনিসকে 160 থেকে 300 গুণ বড় করে দেখায়। তিনি প্রথম (1674 সাল) দেখান যে জল, স্থল এমনকি আমাদের দাঁতের ফাঁকে জমা খাবার, সর্বত্র নানান রকম ছোট ছোট জীব থাকে যাদের মাইক্রোস্কোপ বা অণুবীক্ষণ যন্ত্র ছাড়া দেখা যায় না। এইভাবে তিনি অন্য একটি জীবজগৎ আবিষ্কার করেন সেটাকে আমরা বলে থাকি জীবাণুর জগৎ (microbial world)। পৃথিবীতে জীবাণুর আবির্ভাব প্রায় 350 কোটি বছর আগে এবং আদি বৈশিষ্ট্যগুলি জীবাণুদের মধ্যে এখনও পর্যন্ত মোটামুটি অক্ষুণ্ণ। জীবাণু আবিষ্কারের পর প্রায় দেড় থেকে দুই শতক ধরে অসংখ্য বিজ্ঞানীর প্রচেষ্টায় সমৃদ্ধি লাভ করেছে জীবাণু সংক্রান্ত গবেষণার নানান শাখা এবং আত্মপ্রকাশ করেছে মাইক্রোবায়োলজি বা অণুজীববিজ্ঞান। আইভানোভস্কি (D. Ivanovsky) নামে এক বিজ্ঞানী 1892 সালে, পরে ফ্রস (P. Frosch, 1897)ও ডি হেরেল্লী (F. D' Herelle, 1898) আবিষ্কার করেন যে সাধারণ মাইক্রোস্কোপে যে সব জীব দেখা যায় তাদের থেকেও ছোট সংক্রামক পদার্থ পৃথিবীতে আছে। এদের অতিক্ষুদ্র ছিদ্রবিশিষ্ট ছাঁকনি দিয়ে এমনভাবে ছেঁকে নেওয়া যায় যে তা সাধারণ জীবাণুর থেকে সম্পূর্ণ পৃথকীকৃত হয়ে যায়। তাই জীব না বলে এদের কণা বলাই ভাল। এদের নাম দেওয়া হয়েছিল ভাইরাস (Virus)। এদের দেখতে হলে ইলেকট্রন মাইক্রোস্কোপ (electron microscope) প্রয়োজন হয়। এই যন্ত্রে কোন বস্তুকে 10 হাজার থেকে 10 লক্ষ গুণ বড় দেখা যায়। ভাইরাস কথাটি আগে ব্যবহৃত হত যে কোন রোগের কারণ অদৃশ্য কণাকে বোঝাতে। যদিও এখন আমরা জানি প্রাণী, উদ্ভিদ এমনকি ব্যাকটেরিয়ার মধ্যে পরজীবী রূপে বসবাস করা এই কণাগুলি পোষকের বাইরে এমন আচরণ করে যা সাধারণ জীবাণুর মত নয়। জীবাণুর জগতের মধ্যে পড়ে—(1) শৈবাল (algae), (2) আদ্যপ্রাণী (protozoa), (3) ছত্রাক (fungi) (4) ব্যাকটেরিয়া (bacteria), (5) আর্কিয়া (archaea), (6) ভাইরাস (virus)।

সাধারণভাবে ব্যাকটেরিয়ার কোষে সুসংগঠিত নিউক্লিয়াস (nucleus) থাকে না। এই জন্য এদের আদি নিউক্লিয়াসযুক্ত অথবা প্রেক্যারিওটিক (procaryote) বলে। অপরপক্ষে যে সব জীবের কোষে উন্নত ধরণের সুসংগঠিত নিউক্লিয়াস থাকে তাদেরকে যথার্থ নিউক্লিয়াসযুক্ত অথবা ইউক্যারিওটিক কোষ (eukaryotic) বলে। প্রোক্যারিওটরা সাধারণভাবে এককোষী জীব। অপরপক্ষে শৈবাল, ছত্রাক, আদ্যপ্রাণী ইত্যাদি হল ইউক্যারিওটের উদাহরণ। ভাইরাসের কোন কোষদেহ থাকে না, এদের অকোষীয় বা নন-সেলুলার (non-cellular) জীব বলে।

এই পৃথিবীতে প্র্যোকারিওটিক জীবদের সংখ্যাই সব থেকে বেশী। একটি উদাহরণ দিলে বোঝা যাবে—সমুদ্রের সব জীবকে যদি একত্র করা হয় তাহলে যে ওজন হবে তার 90 ভাগ প্রোক্যারিওটকদের, বাকি 10 ভাগ ইউক্যারিওট জীবদের। আবার 1 gm. উর্বর মাটিতে প্রায় 10^9 টি প্রোক্যারিওট থাকে। প্রোক্যারিওট ও ইউক্যারিওট জীবের অনুপাত 10,000 : 9, এর থেকে বুঝতে অসুবিধে নেই যে মাইক্রোবায়োলজি পড়লে এক বিশাল জীব জগৎ সম্বন্ধে কিছু জানতে পারা যাবে। কিছু বলার কারণ হল এখন পর্যন্ত 15000 প্রোক্যারিওটকে নির্দিষ্ট রূপে চিহ্নিত করা গেছে মাত্র। এটি শতকরা হিসাবে সবগুলির যোগফলের সম্ভবতঃ 1 ভাগেরও কম। এখানে আর একটি কথা মনে রাখা দরকার, ইউক্যারিওটিক কোষে যে মাইটোকনড্রিয়া বা প্লাসটিড থাকে তা কিন্তু আদিতে ছিল স্বতন্ত্রজীবি প্রেক্যারিওট। পরে এরা মিথোজীবিরূপে ঠাঁই নেয় ইউক্যারিওটিক কোষে। এখন তারা আদর্শ কোষের অঙ্গাণুতে (organelle) পরিণত হয়েছে। সুতরাং প্রোক্যারিওটদের জীবনধারা বড়ই বিচিত্র।

অণুবীক্ষণিক জীবদের মধ্যে যারা আদর্শ নিউক্লিয়াসযুক্ত তাদের সম্পর্কে আপনারা অন্যান্য পাঠক্রমে জানতে পারবেন। এই পর্যায়টিতে মূলত প্রোক্যারিওটিক জীবদের প্রকৃতি, আকৃতি, জীবনধারা এবং এরা আমাদের কি উপকার বা ক্ষতি করে, সে সম্বন্ধে বিস্তারিত আলোচনা করা হয়েছে। এর থেকে আরও জানা যাবে মানুষ এদের কেমন করে নিজের কাজে লাগায়। আমাদের পরিবেশে এদের সংখ্যা অন্য যে কোন জীবের তুলনায় বহু বহুগুণ বেশী, তাই এদের সম্বন্ধে বেশ কিছু জ্ঞান থাকা একান্ত প্রয়োজন।

অণুজীববিদ্যার আলোচনার পরিধি যেমন ব্যাকটেরিয়া, আর্কিয়া ইত্যাদি প্রোক্যারিওটিকদের নিয়ে তেমনই ছত্রাক, শৈবাল, কৃমি, প্রোটোজোয়া এবং ভাইরাসদের নিয়ে। অণুজীববিদ্যায় যে কেবল এদের গঠন, আকৃতি, পুষ্টি, বৃদ্ধি, জনন নিয়ে আলোচনা হয় তা নয়, এই বিদ্যার আওতায় পড়ে এই অণুজীবদের উপকারী ও অপকারী বিশেষতঃ সংক্রমণকারীরূপে ভূমিকা, পরিবেশে এদের গুরুত্ব, বিবর্তনের ধারায় এদের অবস্থান ইত্যাদিও। এছাড়া এককোশী অণুজীব জীবনের একটি ক্ষুদ্রতম সংস্করণ, যা উন্নততম জীবের সমস্ত আবশ্যিক চরিত্রই বহন করে। এর দরুণ জীববিজ্ঞানের কেন্দ্রে যে সমস্ত যুগান্তকারী আবিষ্কার রয়েছে তার সবকটিরই কেন্দ্রে রয়েছে অণুজীব সমূহ। একটি কোশের আধারে সব রকমের জৈব বৈশিষ্ট্য পর্যবেক্ষণ করা যায় বলে জীবাণুসমূহই হয়ে উঠেছে অণু জীববিদ্যার (molecular biolgy) এর প্রধানতম গবেষণার বিষয়।

জীবাণুবিদ্যার শাখাপ্রশাখাসমূহ (Branches of Microbiology)

পূর্বেই বলা হয়েছে জীবজগতের মধ্যে যেমন প্রোক্যারিওটিক ব্যাকটেরিয়া আছে তেমনই ইউক্যারিওটিক জীবও আছে। এই বিজ্ঞানের শাখা প্রশাখায় এই বিভিন্ন প্রকারের জীবকে আলাদা আলাদাভাবে পরীক্ষা করার অবকাশ আছে। এছাড়া তাদের সংক্রামক ভূমিকা, প্রায়োগিক (Applied) গুরুত্ব, পরিবেশগত গুরুত্ব ইত্যাদিও স্বতন্ত্র চর্চার বিষয়। সুতরাং, জীবাণুবিদ্যার শাখা-প্রশাখা অনেক। এগুলি হল মূলত ঃ

1.	ব্যাকটেরিওলজি (Bacteriology)	:	বৃহত্তম শাখা যেখানে ব্যাকটেরিয়ার সম্পর্কে চর্চা করা হয়।
2.	ফাইকোলজি (Phycology)	:	শৈবাল সমূহের সম্পর্কে আলোচনার শাখা।
3.	মাইকোলজি (Mycology)	:	ছত্রাক জগৎ সম্পর্কে আলোচনাকারী শাখা।
4.	প্রোটোজুলজি (Protozoology)	:	সমস্ত নয় তবে মূলতঃ সংক্রমণ সৃষ্টিকারী আদ্য প্রাণী সমূহ এই চর্চার বিষয়।
5.	হেলমিনথোলজি (Helminthology)	:	কৃমিজাতীয় সংক্রামক প্রাণী সম্পর্কে আলোচনা।
6.	ভাইরোলজি (Virology)	:	ভাইরাস সম্পর্কে আলোচনা।
7.	জীবাণু রোগবিদ্যা (Medical Microbiology)	:	মনুষ্যদেহে সংক্রমণ সৃষ্টিকারী সমস্ত জীবাণু সম্পর্কে আলোচনা।
8.	কৃষি জীবাণুবিদ্যা (Agricultural Microbiology)	:	কৃষিক্ষেত্রে জীবাণুসমূহের উপকারী ও অপকারী ভূমিকা।
9.	শিল্পক্ষেত্রের জীবাণুবিজ্ঞান (Industrial Microbiology)	:	বহু শিল্প যেমন, ঔষধশিল্প, খাদ্য প্রক্রিয়াকরণ, জৈব অ্যাসিড যথা ভিনিগার উৎপাদন, রুটি তৈরী, খাদ্য ও অন্যান্য পানীয় তৈরী ইত্যাদি অনেক শিল্পে মুখ্য ভূমিকা জীবাণুসমূহের।
10.	জল-জীবাণুবিজ্ঞান (Aquatic Microbiology)	:	জীবনের অন্য নাম জল এবং জলের মাধ্যমে জীবাণুবাহিত রোগ কোটি কোটি মানুষের মৃত্যুর কারণ। জল ও জীবাণুর সম্পর্ক এই বিদ্যার আওতায় পড়ে।
11.	বায়ু-জীবাণুবিজ্ঞান (Aero Microbiology)	:	বায়ু আপাতঃদৃষ্টিতে জীবশূন্য মনে হলেও জীবাণুতে পরিপূর্ণ। এই শাখার আলোচ্য বিষয় এই সম্পর্ক।
12.	পরিবেশ-জীবাণুবিজ্ঞান (Environmental Microbiology)	:	পরিবেশে জীবাণুদের ভূমিকা বিয়োজকের এবং এই ভূমিকার জন্য পরিবেশে জীবাণুর উপস্থিতি অপরিহার্য। এই শাখায় এ বিষয়ে আলোচিত হয়।
13.	গোশালা জীবাণুবিজ্ঞান (Dairy Microbiology)	:	গোশালায় জীবাণুর উপস্থিতি যেমন রোগের কারণ তেমনই নানা কারণে জরুরীও বটে। দুধ প্রক্রিয়াকরণ, দুধ থেকে তৈরী দই, পনীর, চীজ ইয়োগার্ট ইত্যাদির প্রক্রিয়াকরণে জীবাণুদের ভূমিকা এই শাখায় আলোচিত হয়।
14.	ইমুনোলজি (Immunology)	:	জীবাণুর বিরুদ্ধে দেহের প্রতিরোধক্ষমতা জীবাণুবিদ্যার একটি জরুরী বিষয়।

15. বায়োটেকনোলজি (Biotechology) : সম্ভবতঃ জীবাণুবিজ্ঞানের সেই শাখা যা ভবিষ্যতের নিরিখে সবচেয়ে সম্ভাবনাময়। জীবাণুসমূহকে উপকারী জীন স্থানান্তরণের বাহক হিসাবে ব্যবহার করে কী কৃষিক্ষেত্র, কি পরিবেশে, কী রোগ প্রতিরোধে কাজে লাগানোর কাজ চলছে বিংশ শতাব্দীর শেষভাগ থেকে। আগামী দিনে জীবনের নানা ক্ষেত্রে জীন-স্থানান্তরিত জীবাণুর ভূমিকা আমরা আরো অনেক বেশী করে দেখতে পাবো।

একক 11 ❑ ভাইরাস - I (Virus-I)

গঠন

11.1 উদ্দেশ্য

11.2 প্রস্তাবনা

11.3 ভাইরাস

11.3.1 ভাইরাসের বৈশিষ্ট্য

11.4 ভাইরাসের গঠন

11.4.1 ক্যাপসিড

11.4.2 বহিরাবরণী

11.4.3 জীনোম : বাল্টিমোর শ্রেণিবিভাগ

11.5 ভাইরাসের সংখ্যাবৃদ্ধি

11.6 সারাংশ

11.7 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

11.8 উত্তরমালা

11.1 উদ্দেশ্য

এই এককটি পাঠ করে আপনি নিম্নলিখিত বিষয়ে ধারণা গড়ে তুলতে পারবেন—

- ভাইরাস কি?
- এর গঠন বৈচিত্র্য কেমন?
- এদের বংশবৃদ্ধির ধরন কি প্রকার?
- ব্যাকটেরিয়া ধ্বংসকারী ভাইরাস অর্থাৎ ব্যাকটেরিওফাজের গঠন ও সংখ্যাবৃদ্ধির প্রকৃতি
- উদ্ভিদ ভাইরাসের গঠন ও শ্রেণীবিন্যাস
- প্রাণী ভাইরাসের গঠন ও শ্রেণীবিন্যাস

11.2 প্রস্তাবনা

এই এককে আলোচনা করা হয়েছে ভাইরাস নিয়ে। ভাইরাস পোষক কোশের বাইরে অবিকল জড় পদার্থের মত আচরণ করে। এদের দেহ মুখ্যতঃ প্রোটিন এবং নিউক্লিক অ্যাসিড দিয়ে গঠিত। এই দেহগঠন আপাতভাবে সরল মনে হলেও এর গঠনে এবং সর্বোপরি বংশবৃদ্ধির ধরনে যে বৈচিত্র্য দেখতে পাওয়া যায় তা অণুজীববিজ্ঞান বিষয়টিকে একই সাথে আকর্ষনীয় এবং প্রয়োজনীয় করে তুলেছে।

11.3 ভাইরাস (Virus)

ভাইরাস শব্দটি ল্যাটিন-এর অর্থ বিষাক্ত তরল। এই কথাটি জীবাণু আবিষ্কার হওয়ার বহু আগে থেকে ব্যবহৃত হত যে কোন রোগ সৃষ্টিকারী উপাদান হিসাবে। এখন কিন্তু এর ব্যবহার হয় কেবল কোশহীন অণুজীবদের বোঝাতে।

আইভানোভস্কি (D. Ivanovsky) 1892 সালে দেখালেন যে মোজাইক রোগ ধরা তামাক গাছের পাতার নিষ্কাষিত রস যদি এমন ছাঁকনি দিয়ে (bacterial filter) ছেঁকে নেওয়া যায় যার মধ্য দিয়ে সাধারণ জীবাণু গলে যেতে পারে না এবং যদি সেই পরিস্রুত রস অন্য সুস্থ তামাক গাছের পাতায় লাগিয়ে দেওয়া যায় তাহলে ঐ সুস্থ গাছও রোগাক্রান্ত হয়ে পড়ে। এই রোগের নাম **"টোবাকো মোজাইক ভাইরাস"** রোগ। এর থেকে বোঝা যায় এই সংক্রামক বস্তু সাধারণ অণুজীবের তুলনায় অনেক ছোট। এদেরকে বলে 'পরিস্রাবনযোগ্য উপাদান' (filterable particles) বা ভাইরাস। সাধারণ মাইক্রোস্কোপ দিয়ে এদের দেখা যায় না, ইলেকট্রন মাইক্রোস্কোপের সাহায্য নেওয়া হয় দেখার জন্য।

ভাইরাস কি তা ভালভাবে জানার বহু আগেই কিন্তু ভাইরাসের সংক্রমণের বিরুদ্ধে টিকা (vaccine) [Latin vacca = cow] আবিষ্কার হয়েছে এবং ঐ টিকার ব্যবহারও হয়েছে। বসন্তরোগ পক্সভাইরাস সংক্রমণের জন্য হয় জানার আগেই জেনার (Edward Jenner 1749-1823) বসন্তরোগের বিরুদ্ধে টিকা আবিষ্কার করেছেন (1798)। জানা যায় তারও আগে প্রায় দশম শতাব্দীতে চিন দেশে বসন্তরোগের বিরুদ্ধে টিকার ব্যবহার ছিল যদিও তা সবসময় ঠিক ঠিক কাজ করত না।

বিংশ শতাব্দীর প্রথমদিকে জানা যায় ভাইরাসেরা এমন এক ধরনের মাইক্রোব যারা একমাত্র পরজীবী হয়েই বাঁচতে পারে। এম. বেইজেরিঙ্ক (Martinus Beijerinck, 1850-1931) দেখালেন 'টোবাকো মোজাইক' রোগ ধরা পাতার পরিস্রুত রসে যদি কোহল (ethyl alcohol) ঢালা হয় তাহলে রোগ সৃষ্টিকারী জীবাণু অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং ঐ অধঃক্ষেপ রোগ সৃষ্টির সকল গুণাগুণ বজায় রাখে। ডাব্লু. এম স্ট্যানলে (W. M. Stanley) 1925 সালে দেখালেন ঐ কণিকাগুলি কেলাসিত (Crystalline) করা যায়। এই কেলাসের বেশিরভাগই প্রোটিন, তাই এসময় মনে করা হয়েছিল এরা শুধু প্রোটিন দিয়েই তৈরী। এরপর আরও অনুসন্ধানের ফলে জানা গেল এদের মধ্যে নিউক্লিক অ্যাসিড থাকে। আপনারা জানেন যে জীবকোষে দুই ধরনের নিউক্লিক অ্যাসিড থাকে—(1) DNA (Deoxy Ribo Nucleic Acid) এবং (2) RNA (Ribo Nucleic Acid)। ভাইরাস দেহে শুধুমাত্র RNA অথবা DNA থাকে, এই দুই ধরনের নিউক্লিক অ্যাসিড কখনো একসাথে থাকে না।

> **প্রান্তলিপি ঃ** মনে রাখা দরকার যে 1884 সালে চার্লস ক্যামবারল্যাণ্ডকৃত ব্যাকটেরিয়ার ফিলটার (যাতে সাধারণ অণুজীব আটকে যায়) আবিষ্কারের পর থেকেই কিন্তু ভাইরাস সম্বন্ধে কাজের গতি বেড়ে গিয়েছিল। ইনি ছিলেন লুই পাস্তরের সহকর্মী। ইনি অটোক্লেভ (autoclave) যন্ত্রটিও আবিষ্কার করেছিলেন। অটোক্লেভ একধরনের প্রেসার কুকার। এটি ব্যবহার করা হয় উচ্চতর বাষ্পীয় চাপে কোন তরলকে জীবাণু মুক্ত করতে।

11.3.1 ভাইরাসের বৈশিষ্ট্য (Characteristics of Virus) ঃ ভাইরাস কোশবিহীন সংক্রামক কণিকা যা পূর্ণ পরজীবী রূপে পোষক দেহে বংশবৃদ্ধি করতে পারে। এদের কোন সাইটোপ্লাজম থাকে না কাজেই

পোষক কোশের বাইরে কোন বিপাকীয় কার্য চলে না। যে কোনো এক রকমেরই নিউক্লিক অ্যাসিড থাকে, হয় DNA অথবা RNA; এরা আকারে অতি ক্ষুদ্র এবং সাধারণ মাইক্রোস্কোপে দৃশ্যমান নয়। এদের কেলাসিত করা সম্ভব এবং কেলাসিত কণিকা সংক্রামক ক্ষমতা বজায় রাখে।

ভাইরাসের জীবন চক্রে দুটি অবস্থা থাকে, একটি হল জীব কোশের ভেতর বংশবৃদ্ধি র জন্য ও অন্যটি জীব কোশের বাইরে। এই দ্বিতীয় অবস্থায় এরা নির্জীব বস্তুর মতো আচরণ করে। এদের জীবনের প্রকাশ কেবল বংশবৃদ্ধি এবং তা সুনির্দিষ্ট কোন জীব কোশের মধ্যেই হয়ে থাকে। প্রোটিন ঘটিত ক্যাপসিড ও নিউক্লিক অ্যাসিড দ্বারা গঠিত এক একটি ভাইরাসকে ভিরিয়ন (virion) বলা হয়। যে ভাইরাসে বংশগতির উপাদানরূপে DNA থাকে তাকে DNA ভাইরাস বলে আর যাদের RNA থাকে তারা হল RNA ভাইরাস। DNA ভাইরাসের DNA একতন্ত্রী (single stranded) বা দ্বিতন্ত্রী (double stranded) হতে পারে। DNA আবার গোলাকৃতি (circular) বা রজ্জু আকৃতির (linear) আকৃতির হতে পারে। RNA ভাইরাসের ক্ষেত্রেও RNA একতন্ত্রী বা দ্বিতন্ত্রী কিন্তু সর্বদা রজ্জু আকৃতির হয়। এই নিউক্লিক অ্যাসিডকে ঘিরে থাকে প্রোটিনের আবরণী। একে বলে ক্যাপসিড্ (capsid) আর নিউক্লিক অ্যাসিড ও ক্যাপসিডকে একত্রে বলা হয় **নিউক্লিওক্যাপসিড** (nucleocapsid)। এই নিউক্লিওক্যাপসিডের গঠন বিভিন্ন ভাইরাসে একটি নির্দিষ্ট বৈশিষ্ট্য বহন করে।

■ অনুশীলনী - 1

1. সঠিক উত্তরটিতে (√) চিহ্ন দিন ঃ

(a) ভাইরাস কেবলমাত্র প্রোটিন দ্বারা গঠিত কণিকা— হ্যাঁ / না

(b) ভাইরাসের দেহে এক প্রকার নিউক্লিক অ্যাসিড থাকে— হ্যাঁ / না

(c) ভাইরাস একটি কোশহীন পূর্ণপরজীবী— হ্যাঁ / না

(d) ভাইরাস শুধুমাত্র পোশক কোশের ভেতরে বংশবৃদ্ধি করতে পারে— হ্যাঁ / না

(e) ভাইরাসকে খালি চোখে দেখা যায় না কিন্তু সাধারণ মাইক্রোস্কোপ দ্বারা দৃশ্যমান— হ্যাঁ / না

2. শূন্যস্থান পূরণ করুন ঃ

(a) ব্যাকটেরিয়াকে সংক্রমণকারী ভাইরাসকে বলে ________।

(b) ভাইরাসকে জীবাণু-ছাঁকনি দিয়ে ছেঁকে নেওয়া যায়, তাই একে বলে ________ অণুজীব।

(c) ভাইরাসের নিউক্লিক অ্যাসিড ও ক্যাপসিডকে একত্রে বলে ________।

(d) একক ভাইরাস কণিকাকে বলা হয় ________।

(e) যে ভাইরাস ________ ________নামক ব্যাকটিরেয়াকে সংক্রামিত করে তাকে বলে কোলিফাজ।

11.4 ভাইরাসের গঠন (Structure of Viruses)

11.4.1 ক্যাপসিড (Capsid) ঃ নিউক্লিওক্যাপসিডের বৈশিষ্ট্যই ভাইরাসের আকৃতি দান করে। ক্যাপসিড প্রোটিন এক বা একাধিক আকৃতি ও প্রকৃতির হতে পারে। প্রতিটি ভিরিয়ন ক্যাপসিড আবার নির্দিষ্ট সংখ্যক প্রোটিন

দিয়ে তৈরী। তাদের অধঃএকক (sub unit) প্রোটিন বা ক্যাপসোমিয়ার বলে। **নিউক্লিওক্যাপসিড** মৌলিকভাবে তিন ধরনের গঠন প্রতিসাম্য (symmetry) যুক্ত হয়। (চিত্র নং 11.1 ও 11.2)

(i) সর্পিলাকার (helical) ঃ অর্থাৎ স্ক্রুর মত পেঁচানো বিন্যাসে ক্যাপসোমিয়ার গুলি সাজান হয়, যেমন টোবাকো মোজাইক ভাইরাস (TMV)। এক্ষেত্রে 2130টি ক্যাপসোমিয়ার সর্পিলাকারে সজ্জিত হয়, যে কোন helix এর মত এটিরও একটি সম্পূর্ণ প্যাঁচ প্রতি ক্যাপসোমিয়ারের সংখ্যা নির্দিষ্ট—$16\frac{3}{4}$ টি। বিষয়টিকে DNA র গঠনের সঙ্গে তুলনা করা যেতে পারে। DNA সম্পূর্ণ প্যাঁচে 10টি নিউক্লিওটাইড থাকে, এক্ষেত্রে থাকে টি প্রোটিন। DNA তে দুটি নিউক্লিওটাইডের মধ্যে দূরত্ব 3.4Å আর এক্ষেত্রে দুটি পার্শ্ববর্তী ক্যাপসোমিয়ারের দূরত্ব 1.4Å। এই প্যাঁচালো ক্যাপসিডের মধ্যে থাকে নিউক্লিক অ্যাসিড। TMV র ক্ষেত্রে সেটি হল RNA।

(ii) ঘনক্ষেত্রাকার (isometric) ঃ এখানে ক্যাপসোমিয়ারের প্রোটিন এমন ভাবে বিন্যস্ত যাতে সমগ্র ক্যাপসিডটি বহুতল বিশিষ্ট (Polyhedral) আকৃতি লাভ করে। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় ঘনক্ষেত্রাকার ভাইরাসের প্রোটিনগুলি যখন একত্রিত হয়ে 20টি তলযুক্ত ক্যাপসিড তৈরী করে তখন তাকে বলে আইকোসাহেড্রাল (Icosahedral) প্রতিসাম্য। একটি আদর্শ আইকোসাহেড্রাল ভিরিয়ন তাকেই বলে যার 20টি তল (face), 30টি প্রান্তরেখা (edge) এবং 12টি কৌণিক বিন্দু (vertex) থাকে। এরকম একটি ভিরিয়ন গঠনের জন্য ন্যূনতম 60টি ক্যাপসোমিয়ার দরকার। কিন্তু প্রকৃতিতে অধিকাংশ ভিরিয়ন এর চাইতে ঢের বেশি সংখ্যক ক্যাপসোমিয়ার দিয়ে তৈরী। তাদের অর্ধ-প্রতিসম বা quasi-symmetrical বা skew class-এর ক্যাপসিড বলা হয়।

(iii) জটিল প্রতিসাম্য (Complex Symmetry) ঃ যে ভাইরাসের গঠন প্রতিসাম্যকে helical বা icosahedral কোনটিই বলা যায় না তাকে বলে জটিল (complex) ভাইরাস। যেমন, pox virus হল একটি জটিল ভাইরাস।

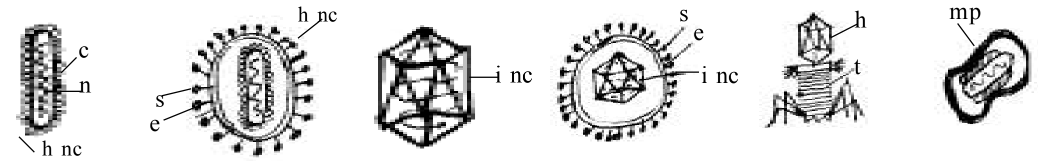
11.4.2 বহিরাবরণী (Envelope) ঃ

সমস্ত ভিরিয়নে বহিরাবরণী থাকে না। বহিরাবরণী (envelope) সাধারণতঃ থাকে প্রাণী ভাইরাসে কেন না প্রাণী কোশ কোশপ্রাচীর বিহীন এবং প্রাণী কোশের আবরণীটি হল প্লাজমা মেমব্রেন বা কোশপর্দা। প্রাণী ভাইরাসে সংক্রমণকারী ভাইরাস বংশবৃদ্ধি করে যখন সংক্রামিত কোশ থেকে নির্গত হয় তখন প্রাণী কোশের প্লাজমা পর্দার অংশবিশেষ ক্যাপসিডের বাইরে আবরণীর আকারে নিয়ে আসে। একেই বলে ক্যাপসিডের বহিরাবরণী বা envelope; উদ্ভিদকোশের বাইরে কোশপ্রাচীর থাকায় সেগুলিকে সংক্রমণকারী ভাইরাস সাধারণতঃ আবরণী বিহীন। আবরণবিহীন (non-enveloped) বা আবরণীযুক্ত (enveloped) ভাইরাস সর্পিলাকার, আইকোসাহেড্রাল এবং জটিল-সবরকম প্রতিসাম্য বিশিষ্ট হতে পারে। বহিরাবরণী যদিও কোশপর্দা থেকে প্রাপ্ত কিন্তু ভাইরাসের অংশ হিসাবে রূপান্তরের পথে তাতে কিছু পরিবর্তন ঘটে। ভাইরাসের নিজস্ব প্রোটিন তাতে সংযুক্ত হয়। **স্পাইক** হল এই ধরনের সংযোজন। প্রতিসাম্য (symmetry) ও আবরণীর উপস্থিতির উপর ভিত্তি করে ভাইরাসের শ্রেণীবিভাগটি নিম্নে দেখানো হল ঃ

সারণী 11.1 ঃ প্রতিসাম্য ও আবরণীর উপস্থিতির ভিত্তিতে ভাইরাসের শ্রেণীবিভাগ

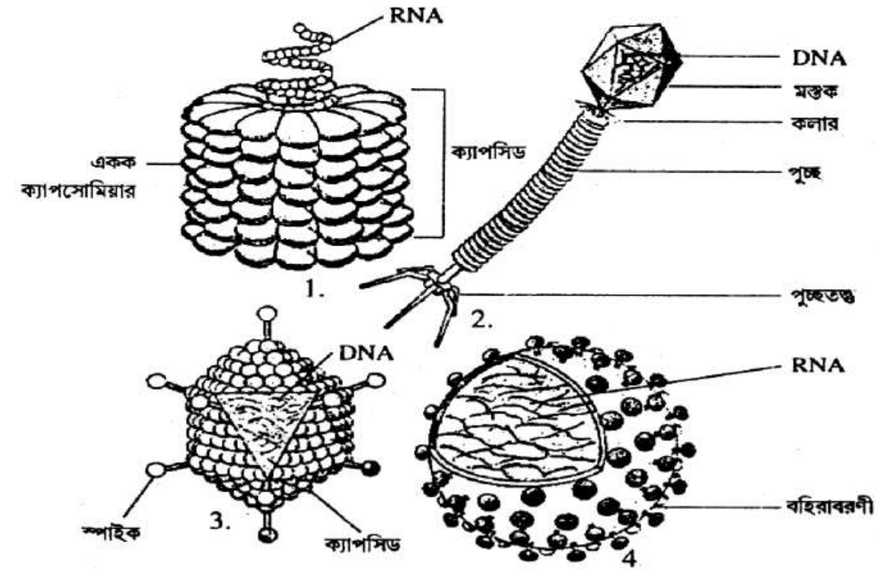
ভাইরাস

- সর্পিলাকার (Helical)
  - আবরণীবিহীন (non-enveloped)
  - আবরণীযুক্ত (enveloped)
- ঘনক্ষেত্রকার (Isometric)
  - আবরণীবিহীন (non-enveloped)
  - আবরণীযুক্ত (enveloped)
- জটিল (Complex)
  - আবরণীবিহীন (non-enveloped)
  - আবরণীযুক্ত (enveloped)



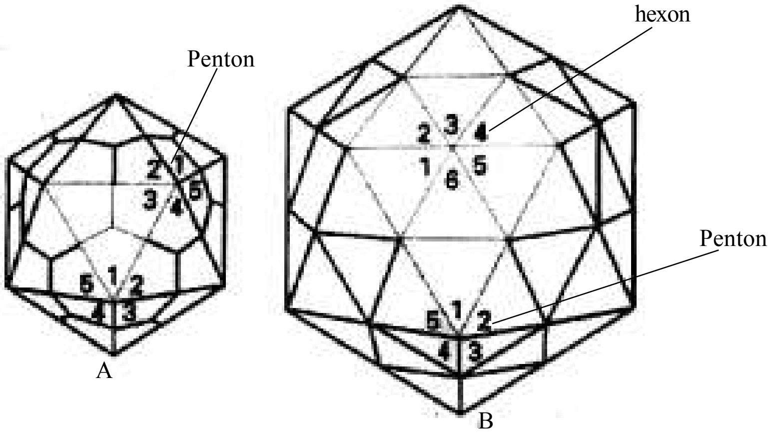
উদা.: TMV | Influenza Virus | Reovirus | Togavirus | Bacteriophage | Vaccinia Virus

[c = capsomere; e = envelope; s = spike, i nc = icosahedral nucleocapsid, h = head; t = tail; mp = matrix protein. h nc = helical nucleocapsid]



চিত্র নং 11.1 ঃ ভাইরাসের গঠন বৈচিত্র।

(1) **সর্পিলাকার ঃ** টোব্যাকো মোজাইক ভাইরাস—RNA জিনোমকে ঘিরে ক্যাপসোমিয়ার সর্পিলাকারে সজ্জিত আছে। (2) **জটিল (Complex) ঃ** T-ইভেন ব্যাকটেরিও ফাজের দ্বিপ্রতিসম গঠন, মস্তক অংশের মধ্যে DNA থাকে। (3) **আইকোসাহেড্রাল ঃ** অ্যাডিনোভাইরাস, গঠন ঘনক্ষেত্রকার প্রতিসাম্য। (4) **আবরণীযুক্ত ঃ** কোরোনাভাইরাস, ক্যাপসিড আবরণী দিয়ে ঢাকা, ক্যাপসিডের মাঝে RNA জিনোম।



চিত্র নং 11.2 ঃ ভাইরাসের গঠন বৈচিত্র্য।

আইসোমেট্রিক প্রতিসাম্য (A) আদর্শ আইকোসাহেড্রাল ভিরিয়ন যা কেবলমাত্র পঞ্চভূজাকৃতি প্রোটিন Penton দ্বারা গঠিত (B) Skew বা ছদ্ম প্রতিসাম্য যা Penton ও ষড়ভূজাকৃতি প্রোটিন hexon দ্বারা গঠিত।

11.4.3 জিনোম শ্রেণিবিভাগ (Genome) ঃ DNA অথবা RNA যাই হোক না কেন, ভাইরাসের জিনোম খুবই ছোট, সংক্ষিপ্ত যাতে ক্যাপসিডের ভেতর ঠিকভাবে আটকে থাকতে পারে। এই সংক্ষিপ্ত জিনোমেই কিন্তু অনেক জীন এবং জীনের কাজকর্ম নিয়ন্ত্রিত (regulation) করার সমস্ত সঙ্কেত বর্তমান। এই জীনগুলিই এদের প্রোটিন তৈরী করতে সাহায্য করে (T4 ব্যাকটেরিওফাজ অংশ দেখুন) যাতে পরজীবী হয়ে বংশবৃদ্ধি র জন্য যা কিছু দরকার সবটুকু প্রয়োজন অতি সংক্ষিপ্ত RNA বা DNA'-ই মেটাতে পারে। সাধারণভাবে ভাইরাসে একটি নিউক্লিক অ্যাসিড অণুই জিনোম গঠন করে কিন্তু কিছু ভাইরাসের জিনোম দুই বা ততোধিক অণু দিয়ে গঠিত। যেমন রিওভাইরাস (Reovirus)। এদের জিনোমে 10টি আলাদা আলাদা দ্বিতন্ত্রী RNA দিয়ে তৈরী। এই রকম জিনোমকে খণ্ডিত (segmented) জিনোম বলে।

প্রান্তলিপি ঃ জীন (Gene) বলতে আমরা বুঝি বংশগতির একক সমূহকে। সঠিকভাবে বলতে গেলে জীন কাজ করে প্রোটিন সংশ্লেষ করে। কোন প্রোটিনটি গঠিত হবে তার সংকেত এক একটি জীনে এক এক রকম। এই সংকেত DNA থেকে ছাঁচের মত চলে আসে mRNA অণুতে। এই পদ্ধতিকে বলে ট্রান্সক্রিপশন বা প্রতিলিপি গঠন। mRNA থেকে এই সংকেত অনুদিত হয় প্রোটিনে। এই পদ্ধতিকে বলে ট্রান্সশ্লেসন বা অনুবাদকরণ।

ভাইরাসের মধ্যে জিনোমের যে বৈচিত্র্য দেখা যায় অন্য কোন কোশীয় জীবের ক্ষেত্রে দেখা যায় না। যত রকমের নিউক্লিক অ্যাসিড পাওয়া সম্ভব প্রকৃতিতে, তার সবকটিই ভাইরাসের ক্ষেত্রে দেখা যায়। জিনোমের উপর ভিত্তি করে ভাইরাস মূলতঃ দুই রকম—DNA ভাইরাস ও RNA ভাইরাস। DNA ভাইরাসগুলি মধ্যে আবার দ্বিতন্ত্রী DNA ও একতন্ত্রী DNA পাওয়া যায়। RNA ভাইরাসগুলির মধ্যেও একতন্ত্রী RNA এবং ব্যতিক্রমী দ্বিতন্ত্রী RNA দেখা যায়। একতন্ত্রী RNA আবার দুইরকম—যে RNA নিজেই mRNA হিসাবে কাজ করতে পারে তাকে বলে Positive (+) বা sense RNA এবং এর পরিপূরক RNA কে Negative (–) বা anti sense RNA বলে। এছাড়া কিছু ভাইরাসের মধ্যে Reverse Transcriptase (RT) নামক উৎসেচক পাওয়া যায় যার সাহায্যে RNA থেকে DNA-এর প্রতিরূপ গঠিত হয়। এদের বলে Retrovirus, এই সব রকমের নিউক্লিক অ্যাসিডের শ্রেণীবিন্যাস

করেন ডেভিড বালটিমোর (David Baltimore, 1971) এবং তাঁর নাম অনুসারে ভাইরাস জীনোমের শ্রেণীবিভাগকে বলে বালটিমোর শ্রেণীবিভাগ (Baltimore Classification).

Baltimore Classification : নিউক্লিক অ্যাসিডের ধরণ এবং ট্রান্সক্রিপশনের বৈচিত্র্যের উপর ভিত্তি করে Baltimore ভাইরাস নিউক্লিক অ্যাসিডের সাতটি ভিন্ন ভিন্ন ধরণের হদিশ দেন। তদানুযায়ী, ভাইরাসের সাতটি শ্রেণী বা Class চিহ্নিত হয়েছে।

এই সাতটি শ্রেণী হল ঃ

1. Class I : দ্বিতন্ত্রী (ds) DNA ভাইরাস
2. Class II : একতন্ত্রী (ss) DNA ভাইরাস
3. Class III : দ্বিতন্ত্রী (ds) RNA ভাইরাস
4. Class IV : একতন্ত্রী (+) বা sense RNA
5. Class V : একতন্ত্রী (–) বা antisense RNA
6. Class VI : একতন্ত্রী + RNA ভাইরাস RT কার্যকারিতা সহ
7. Class VII : দ্বিতন্ত্রী DNA ভাইরাস RT কার্যকারিতা সহ

নীচের সারণীতে এই শ্রেণীবিন্যাসের একটি উদাহরণ সহ রূপ দেওয়া হল ঃ

সারণী 11.2 : ভাইরাস নিউক্লিক অ্যাসিডের বালটিমোর (Baltimore, 1971) কৃত শ্রেণীবিন্যাস

Class	নিউক্লিক অ্যাসিড	উদাহরণ
I	ds DNA	হারপেস ভাইরাস (Herpes simplex) পক্স ভাইরাস (Pox virus)
II	ss DNA	অ্যাডোনো-অ্যাসোসিয়েটেড ভাইরাস (Adeno associated virus)
III	ds RNA	রিওভাইরাস (Reovirus)
IV	+ ss RNA	পোলিও ভাইরাস (Poliovirus) হেপাটাইটিস A ভাইরাস (Hepatitis A virus)
V	–ss RNA	ইনফ্লুয়েঞ্জা ভাইরাস (Influenza virus)
VI	RT RNA ভাইরাস	HIV
VII	RT DNA ভাইরাস	হেপাটাইটিস B ভাইরাস (Hepatitis B virus)

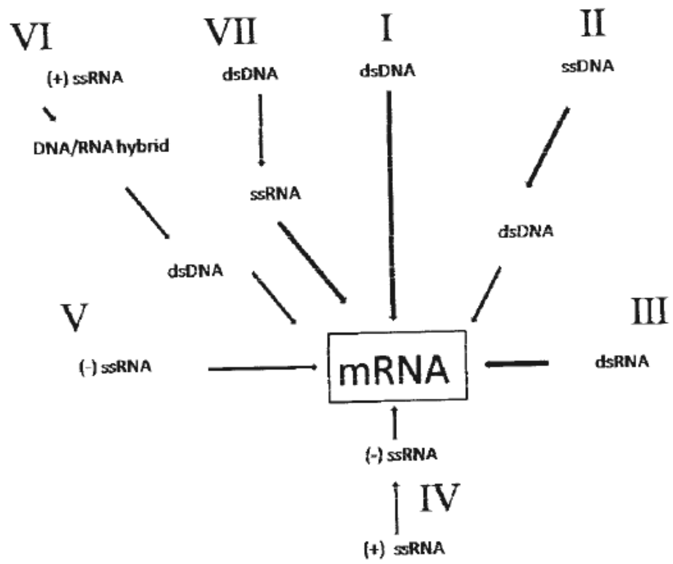
ds = দ্বিতন্ত্রী বা double stranded; ss = একতন্ত্রী বা single stranded; RT = রিভার্স ট্রান্সক্রিপটেজ (Reverse transcriptase)

■ অনুশীলনী - 2

1. এক - দুই কথায় উত্তর দিন ঃ

(a) ভাইরাসের গঠনে কত রকমের প্রতিসাম্য দেখা যায় ও কী কী?

(b) আইকোসাহেড্রাল ভাইরাসের তলের সংখ্যা ও প্রান্তের সংখ্যা ও কৌণিক বিন্দুর সংখ্যা কী কী?



চিত্র নং 11.3 ঃ ভাইরাসের জিনোমের বাল্টিমোর শ্রেমিবিন্যাস

(c) একটি জটিল প্রতিসাম্য বিশিষ্ট ভাইরাসের নাম করুন।

(d) একটি দ্বিতন্ত্রী RNA ভাইরাসের উদাহরণ দিন।

(e) একটি বহিরাবরণী যুক্ত ভাইরাসের উদাহরণ দিন।

2. সঠিক উত্তরটির তলায় দাগ দিন

(a) ভাইরাসের গঠনে অংশগ্রহণকারী একক প্রোটিনের নাম (অধঃএকক/ক্যাপসিড/ক্যাপসোমিয়ার)।

(b) TMV হল একটি (সর্পিলাকাল/ঘনক্ষেত্রাকার/বাইনাল) ভাইরাস।

(c) ভাইরাসের DNA (দ্বিতন্ত্রী/একতন্ত্রী/এক ও দ্বিতন্ত্রী উভয় প্রকার) হতে পারে।

(d) বহিরাবরণীযুক্ত ভাইরাস বেশী দেখা যায় (ফাজ/উদ্ভিদ ভাইরাস/প্রাণী ভাইরাস) এর মধ্যে।

11.5 ভাইরাসের সংখ্যাবৃদ্ধি (Multiplication of Viruses)

প্রতিরূপ গঠনের মাধ্যমে ভাইরাস সংখ্যায় বাড়ে। ভাইরাস পূর্ণ পরজীবী, তাই এদের প্রতিরূপ সর্বদা পোষক কোশের মধ্যেই গঠিত হয়। আবার নির্দিষ্ট ভাইরাসের জন্য পোষক কোশ নির্দিষ্ট। পোষক কোশকে সংক্রামিত করা থেকে শুরু করে পূর্ণতা প্রাপ্তি পর্যন্ত ঘটনাক্রমকে সাতটি পর্যায়ে ভাগ করা যায়।

(i) পৃষ্ঠলগ্ন হওয়ার দশা (Adsorption) ঃ এটি প্রথম পর্যায়। ভাইরাস তার পোষক কোশের নির্দিষ্ট জায়গায় সংযোজিত (attachment) হয়। পোষক কোশের কোশ পর্দা বা কোশ প্রাচীরের নির্দিষ্ট গ্রাহী (receptor) স্থানে এই সংযোজন হয়।

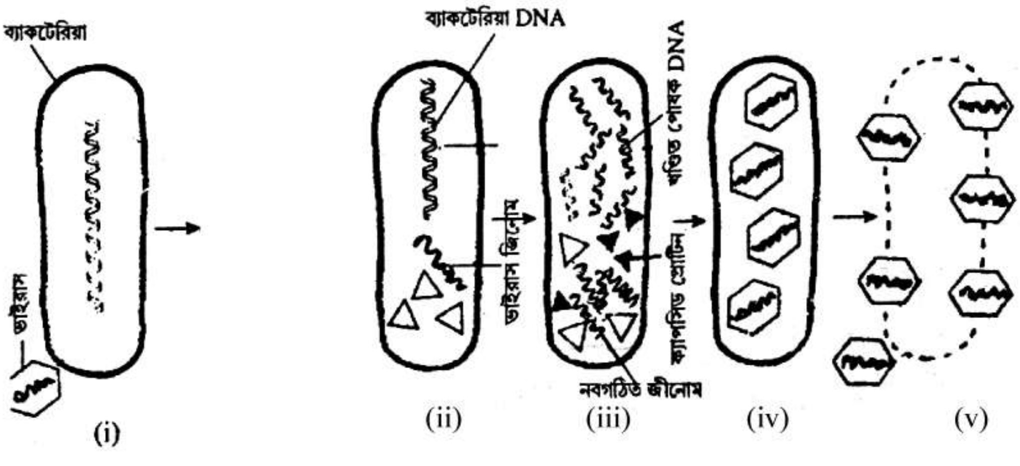
(ii) অণুপ্রবেশ (Penetration) ঃ সংযোজনের পর ভাইরাস পোশক কোশের মধ্যে প্রবেশ করে। বহুক্ষেত্রেই অবশ্য কেবল নিউক্লিক অ্যাসিডটি প্রবেশ করে। যেমন ফাজ এর ক্ষেত্রে। প্রাণী ভাইরাসে সাধারণতঃ সম্পূর্ণ ভিরিয়নটি প্রবেশ করে।

(iii) অনাবরণ (uncoating) ঃ প্রাণীভাইরাসের ক্ষেত্রে জিনোম ক্যাপসিডের ভেতর থেকে বেরিয়ে আসে পোষক কোশের সাইটোপ্লাজমে। যেসব ভাইরাসের ক্ষেত্রে ভাইরাসের জিনোমটিই পোষক কোশে প্রবেশ করে, ক্যাপসিড কোশের বাইরে পড়ে থাকে যেমন, ব্যাকটেরিওফাজের ক্ষেত্রে, তাদের এই পর্যায়টি থাকে না। বহিরাবরণীযুক্ত ভাইরাসে এই পর্যায়টি দেখা যায়।

(iv) ভাইরাসের প্রোটিন সংশ্লেষ (Synthesis of viral protein) ঃ ভাইরাসের জিনোম পোষক কোশে প্রবেশ করেই পোষক কোশের বিপাকীয় কার্যপ্রণালী এমনভাবে পরিবর্তিত করে যে তা ভাইরাসের জিনোমের নির্দেশে চলতে থাকে এবং ভাইরাসের বংশবৃদ্ধির জন্য যে যে প্রোটিনের প্রয়োজন তাই তৈরী হতে থাকে।

(v) ভাইরাসের নিউক্লিক অ্যাসিড সংশ্লেষ (Synthesis of viral nueleic acid) ঃ ভাইরাসের প্রয়োজনীয় প্রোটিন তৈরী হওয়ার সাথে সাথে ভাইরাসের জিনোমের প্রতিরূপ তৈরী হতে থাকে-একটি থেকে অনেকগুলি।

(vi) স্বসংযুক্তি ও পূর্ণতাপ্রাপ্তি (Assembly and maturation) ঃ এই পর্যায়ে পোষক কোশের মধ্যে প্রয়োজনীয় প্রোটিন (ক্যাপসোমার) ও জিনোম (RNA অথবা DNA) তৈরী হওয়ার পর এরা একত্রিত হয়ে নির্দিষ্ট সজ্জাবিন্যাসে বিন্যস্ত হয়ে নিউক্লিওক্যাপসিড্ তৈরী করে। অর্থাৎ ভাইরাস পূর্ণতা প্রাপ্তির দিকে অগ্রসর হয়। তবে বহিরাবরণীযুক্ত ভাইরাসের ক্ষেত্রে পূর্ণতাপ্রাপ্তি হয় কোশপর্দা থেকে বহিরাবরণী সংগ্রহ করার পর। এই পর্যায়টি কেবল বহিরাবরণীযুক্ত ভাইরাসে দেখা যায়। পোষক কোশের কোশপর্দা থেকে বহিরাবরণী সংগ্রহ করার প্রক্রিয়াটিকে বলে পূর্ণতাপ্রাপ্তি বা maturation।



চিত্র নং 11.4 ঃ ভাইরাস সংখ্যাবৃদ্ধির বিভিন্ন পর্যায়।

(i) ভাইরাসের পোষেক কোশের নির্দিষ্ট গ্রাহী অংশে সংযোজন; (ii) ভাইরাসের জিনোম ক্যাপসিড থেকে বেরিয়ে সাইটোপ্লাজমে আসা; (iii) প্রোটিন ও জিনোম তৈরী; (iv) ভাইরাসের পূর্ণতা প্রাপ্তির পর্যায়; (v) নির্গমন ও ছড়িয়ে পড়ার পর্যায়। এখানে অনাবরণ ও পূর্ণতাপ্রাপ্তি দশা দুটি দেখানো হয় নি।

(vii) নির্গমন বা মুক্তি (Release of virion) ঃ এই পর্যায়ে পোষক কোশ থেকে নবগঠিত অপত্য ভাইরাস কণিকাগুলি বেরিয়ে আসে এবং আবার যদি কোন পোষক কোশের সংস্পর্শে আসে তা হলে একইভাবে বংশবৃদ্ধি শুরু করে।

পর্যায় -1

পৃষ্ঠলগ্নীভবন (adsorption) ঃ ভাইরাস এবং তার পোষকের মধ্যে সম্পর্কটি সুনির্দিষ্ট। পোষক কোশের একটি বা একাধিক যৌগ ভাইরাস কণিকাকে চিনতে পারে। একইভাবে ভাইরাস কণিকাও ঐ যৌগগুলিকে চিনে নেয়।এই যৌগগুলি ভাইরাসের গ্রাহী অংশ বা receptor এর কাজ করে। পোষক কোশের বিভিন্ন যৌগ বিভিন্ন ভাইরাসের রিসেপ্টারের কাজ করে যেমন হিউমেন ইমিউনো ডেফিসিয়েন্সি ভাইরাসের (HIV) যা AIDS রোগের জন্য দায়ী তার গ্রাহী অণু হল CD4 গ্লাইকোপ্রোটিন যে যৌগটি মানুষের T-লিম্ফোসাইট (T-Lymphocytes) কোশে থাকে। ইনফ্লুয়েঞ্জা ভাইরাসের গ্রাহী অণু হল নিউরামিনিক্ (neuraminic) অ্যাসিড। ভাইরাসের সাথে পোষক কোশের সংযোজন একমুখী, একবার সংযোজন হলে আর স্বাভাবিকভাবে তারা বিচ্ছিন্ন হয়ে যেতে পারে না।

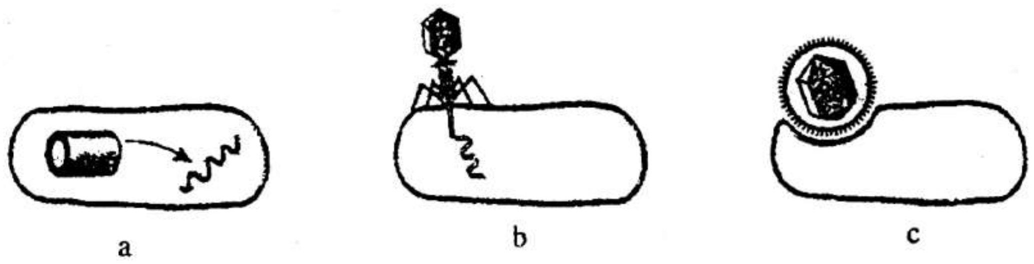
পর্যায় -2

অনুপ্রবেশ (Penetration) ঃ সংযোজনের পর ভাইরাস পোষক কোশের মধ্যে প্রবেশ করে। ভিন্ন ভিন্ন ভাইরাসের ক্ষেত্রে এই পদ্ধতি ভিন্ন ভিন্ন। (a) প্রাণীকোশে সম্পূর্ণ ভাইরাসটি প্রবেশ করে এনডোসাইটোসিস (endocytosis) প্রক্রিয়ায়। (b) আবার ফাজ ভাইরাসের ক্ষেত্রে কেবলমাত্র জিনোমটি পোষক কোশের মধ্যে প্রবেশ করে এবং ক্যাপসিড বাইরে পড়ে থাকে; (c) ভাইরাসের বহিআবরণী পোষক কোশের কোশপর্দার সাথে মিশে যায় পোষকের কোশপর্দার অঙ্গীভূত হয়ে যায় ফলে আবরণীর অভ্যন্তরে থাকা ক্যাপসিড ও জিনোম পোষক কোশে চলে আসে (চিত্র 11.5)

মজার কথা হল ভাইরাসের অনুপ্রবেশ সফল হলেও বংশবৃদ্ধি নাও হতে পারে। সংক্রমণ প্রতিরোধী পোষক কোশে অণুপ্রবিষ্ট হওয়ার পর নিউক্লিয়েজ নামক পোষক কোশের এক বিশেষ উৎসেচক ভাইরাসের জিনোমকে খণ্ডিত করে নষ্ট করে দিতে পারে। ফলে সংক্রমণ আর এগোতে পারে না। একে **বন্ধ্যা সংক্রমণ** (abortive infection) বলে আর এই ধরনের পোষক কোশকে **অসহযোগী পোষক** বা (non permissive host) বলে। কখনও আবার পোষক কোশ **আংশিক সহযোগী** (transiently permissive) অর্থাৎ অল্প সময়ের জন্য ভাইরাস তার বংশবৃদ্ধির কাজ চালাতে পারে ফলে দু-একটি ভিরিওন তৈরী হতে পারে অথবা ভাইরাসটি কিছু সময়ের জন্য বেঁচে থাকতে পারে। একে **সীমাবদ্ধ সংক্রমণ** (restrictive infection) বলে। **ফলপ্রদ সংক্রমণ** (productive infection) হল সেই সংক্রমণ যেখানে ভাইরাস তার বংশবৃদ্ধি চালাতে কোন বাধা পায় না। এক্ষেত্রে পোষক কোশকে **সহযোগী পোষক** (permissive host) বলে (চিত্র 11.5)

পর্যায় -3

অনাবরণ (Uncoating) ঃ ক্যাপসিডের আওতা থেকে জিনোমের মুক্তিই হল আনকোটিং। যখন ক্যাপসিড সমেত ভাইরাসটি পোষক কোশে প্রবেশ করে তখন ক্যাপসিডকে সরিয়ে দেওয়ার দরকার। জিনোমকে পরবর্তী পর্যায়গুলির প্রয়োজনে পোষক কোশের সাইটোপ্লাজম বেরিয়ে আসতে হয়। আনকোটিং প্রক্রিয়াটি সাধারণত পোষক কোশের উৎসেচক (enzyme) নিয়ন্ত্রণ করে থাকে। তবে যে ভাইরাসের ক্যাপসিড পোষক কোশের বাইরে থাকে তার ক্ষেত্রে এ পদ্ধতি দরকারই হয় না যেমন, ব্যাকটেরিওফাজ।

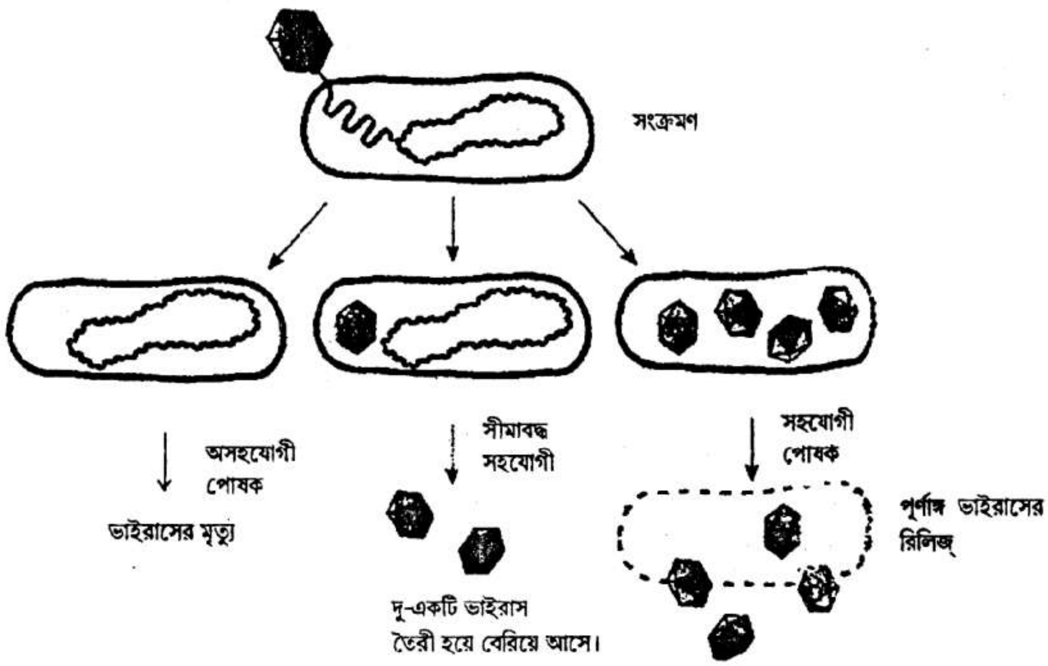


চিত্র নং 11.5 ঃ ভাইরাস অণুপ্রবেশের বিভিন্ন পদ্ধতি

(a) এনডোসাইটোসিস প্রক্রিয়ায় প্রবেশের পর জিনোম বেরিয়ে আসে।

(b) পেনিট্রেশন ও জিনোমের প্রবেশ। ভাইরাসের ক্যাপসিড পোষক কোশে প্রবেশ করে না।

(c) আবরণীযুক্ত ভাইরাস পোষক কোশের কোশপর্দার সাথে আবরণী মিশে যাওয়ার পর পোষক কোশে প্রবেশ করে।



চিত্র নং 11.6 ঃ ভাইরাস সফলভাবে অণুপ্রবিষ্ট হবার পর পোষক কোশ বাধা দিতে পারে আবার নাও পারে। সম্ভাব্য তিন অবস্থা দেখান হল

পর্যায় -4

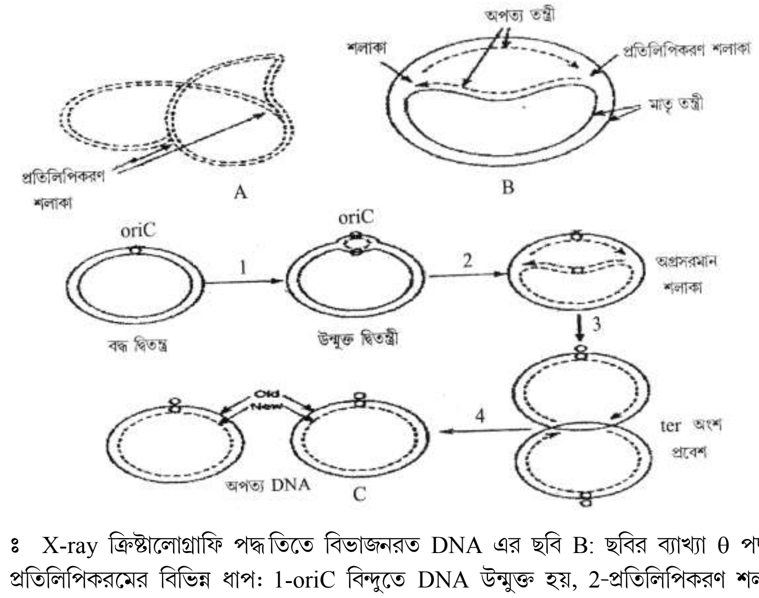
ভাইরাসের জিনোমের অভিব্যক্তি (Expression) ও প্রোটিন সংশ্লেষ (Protein synthesis) ঃ ভাইরাসের জিনোম পোষক কোশে প্রবেশ করেই পোষকের বিপাকীয় কার্য প্রণালী এমনভাবে পরিবর্তিত করে যে পোষকের সমস্ত বিপকীয় কার্য ভাইরাসের জিনোমের নির্দেশে চলতে থাকে ফলে ভাইরাসের বংশবৃদ্ধির জন্য যে যে প্রোটিন প্রয়োজন তাই তৈরী হতে থাকে যেমন, ক্যাপসোমার প্রোটিন, যদিও তা কার্যত কোশটির নিজের পক্ষেই

হানিকারক। ভাইরাল জিনোমের প্রতিরূপ গঠনকারী উৎসেচক এখন পোষক কোশেই তৈরী হতে থাকে। কিছু তারতম্য হয়ে থাকে ভিন্ন ভিন্ন ভাইরাসের ক্ষেত্রে। প্যাপোভা ভাইরাস (Papova virus)এবং প্যাপিলোমা ভাইরাসের (Papilloma virus) জিনোমের প্রতিরূপ তৈরী করে পোষকের উৎসেচক আবার হারপেস্ ভাইরাসের (Herpes viruses) জিনোমের প্রতিরূপ তৈরীর জন্য উৎসেচক ভাইরাস জিনোমের নির্দেশে তৈরী হয়। পোষক কোশ ভাইরাস দ্বারা সংক্রামিত হওয়ার পর পোষক কোশের RNA পলিমারেজ-II উৎসেচক (RNA polymerase enzyme, যারা দ্বারা RNA তৈরী হয়) তৈরী হওয়া (transcription) বন্ধ হয়ে যায়। অনেক ক্ষেত্রে আবার পোষক কোশের তৈরী mRNA থেকে প্রোটিন তৈরী (translation) বন্ধ হয়ে যায়। কখনও আবার ভাইরাসের জিনোমের প্রভাবে পোষকের mRNA ধ্বংস হয়ে যায় যাতে পোষকের রাইবোজোম কেবলমাত্র Virus এর mRNA কে চিনতে পারে এবং ভাইরাসের প্রয়োজনীয় প্রোটিন তৈরী করতে থাকে।

পর্যায় -5

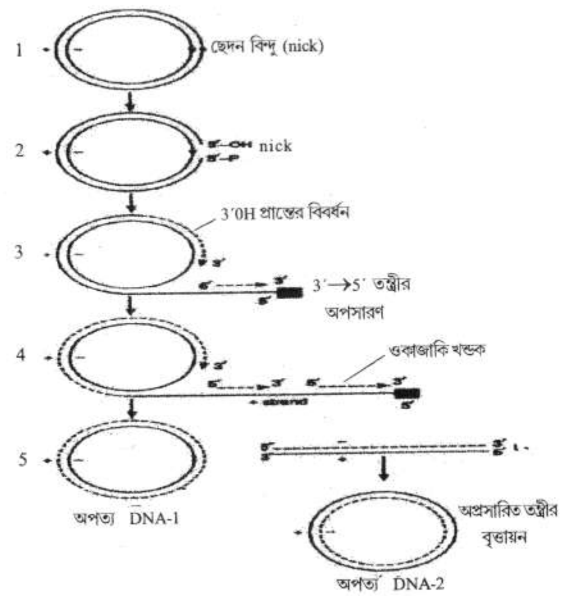
ভাইরাসের নিউক্লিক অ্যাসিডের সংশ্লেষ বা রেপ্লিকেশন্ (Synthesis of viral neuclic acid or replication) ঃ এই পর্যায়ে ভাইরাস জিনোমের রেপ্লিকেশন্ বা প্রতিলিপি তৈরী হয়। আপনারা আগেই ভাইরাস জিনোমের প্রকারভেদ সম্বন্ধে জেনেছেন। যেমন DNA বা RNA দিয়ে তৈরী জিনোম আবার এক বা দ্বিতন্ত্রী, অথবা পজিটিভ সেন্স (+) বা অ্যান্টিসেন্স (–) প্রকৃতির ইত্যাদি। যত প্রকারভেদ তত রকমের প্রতিলিপিকরণ তো আছেই তাছাড়া কিছু কিছু ক্ষেত্রে আরও জটিলতা দেখা যায়। এখানে কেবলমাত্র DNA জিনোমের প্রতিলিপিকরণ আলোচিত হল ঃ

(i) θ (Theta) প্রকৃতি ঃ দ্বিতন্ত্রী চক্রাকার DNA (circular double stranded DNA)' এর ক্ষেত্রে দুই ধরনের প্রতিলিপিকরণ হয়ে থাকে। কিছু ভাইরাসের ক্ষেত্রে DNA-এর প্রতিলিপিকরণ শুরু হয় এক প্রান্ত থেকে শেষ হয় চক্রাকারে। উদ্দেশ্য একটি থেকে দুটি হওয়া। যে অংশ থেকে প্রতিলিপিকরণ শুরু হয় তাকে অরিজিন



চিত্র নং 11.7 ঃ X-ray ক্রিষ্টালোগ্রাফি পদ্ধতিতে বিভাজনরত DNA এর ছবি B: ছবির ব্যাখ্যা θ পদ্ধতিনুসরণে প্রতিলিপিকরণ; C: θ প্রতিলিপিকরমের বিভিন্ন ধাপ: 1-oriC বিন্দুতে DNA উন্মুক্ত হয়, 2-প্রতিলিপিকরণ শলাকা গঠন, 3-দুটি শলাকার বিপরীতমুখী প্রতিলিপি গঠন, 4-শলাকার দুটির সংযোগে দুটি অপত্য DNA বিচ্ছিন্ন হয়।

(origin) বলে। প্রতিলিপি তৈরী হবার অভিমুখ যখন ঐ ওরিজিন বিন্দু থেকে একদিকে তখন তাকে **ইউনিডাইরেকসনাল বা একমুখী প্রতিলিপিকরণ** (unidirectional replication) বলে। কোন কোন ক্ষেত্রে দুইদিকেই ঐ অরিজিন থেকে প্রতিলিপি তৈরী হতে থাকে। একে **বাইডাইরেকশনাল বা দ্বিমুখী প্রতিলিপিকরণ** (bidirectional replication) বলে। ছবিতে (চিত্র 11.7) প্রতিলিপি গঠনের অভিমুখগুলি দেখান হয়েছে।



চিত্র নং 11.8 ঃ রোলিং সার্কল (Rolling Circle) পদ্ধতিতে প্রতিলিপিকরণ, 1. মাতৃ DNA-তে ছেদন বিন্দু; 2. ছেদন বিন্দুতে একতন্ত্রী ছেদন; 3. 5′-3′ অভিমুখে মুক্ত 3′OH এর বিবর্ধন; 4. বাহিরের তন্ত্রী সম্পূর্ণ অপসারিত হলে বৃত্তাকার দ্বিতন্ত্রী এবং রেখাকার (linear) একতন্ত্রী DNA পাওয়া যায়। 5. একতন্ত্রী DNA এর পরিপূরক গঠন ও বৃত্তাকৃতি ধারণ।

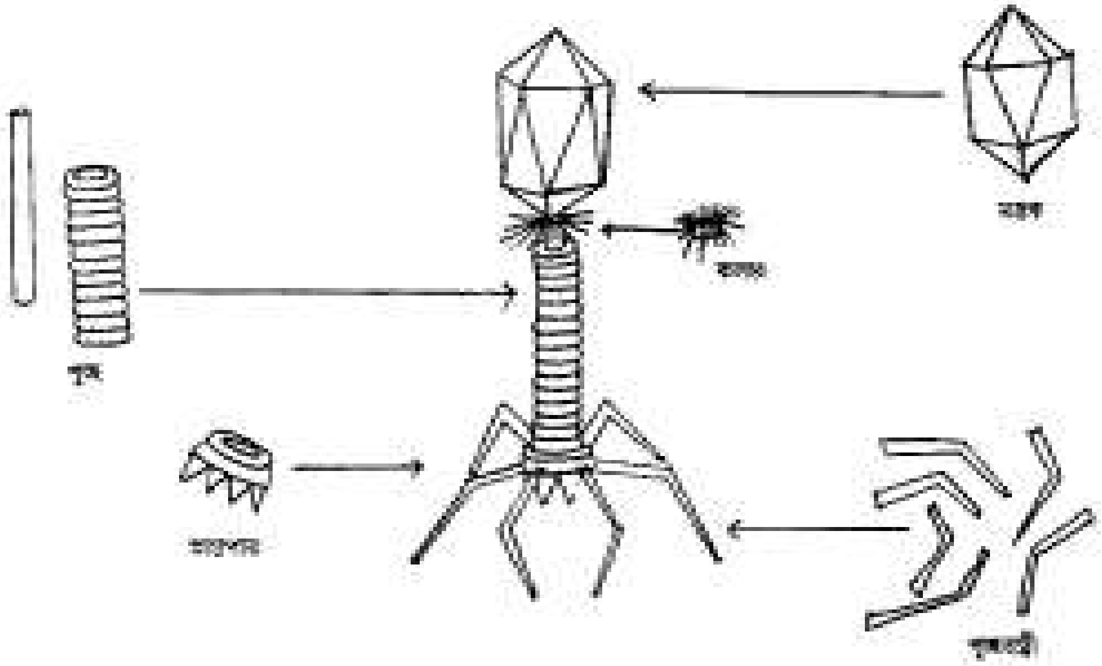
দ্বিতন্ত্রী রজ্জু সদৃশ DNA এর ক্ষেত্রে সবসময় একমুখী প্রতিলিপিকরণ চলে কিন্তু খুব তাড়াতাড়ি বংশবৃদ্ধি করার জন্য কোন কোন ক্ষেত্রে DNA-এর প্রতিলিপি পুরোপুরি গঠিত হতে না হতেই আবার নতুন তৈরী শুরু হয়ে যায়।

(ii) Rolling Circle প্রকৃতি ঃ কোন কোন ভাইরাসের DNA **রোলিং সার্কল বা ঘুরন্ত বৃত্তসদৃশ** (rolling circle model) পদ্ধতিতে প্রতিলিপি তৈরী করে (চিত্র 11.8)। মাতৃ DNA দ্বিতন্ত্রীর বাইরের তন্ত্রীতে একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে চিড় ধরে এবং সেই অংশ থেকে একদিকে প্রতিরূপ গঠন শুরু হয়। চিত্র 11.8 এ ছবিতে দেখানো পদ্ধতিতে বাইরের তন্ত্রী যখন রজ্জু আকার ধারণ করে তখন তার বিপরীতে নতুন একটি তন্ত্রী গঠিত হয়ে যায়। এটিই হল প্রতিরূপ। ভিতরের অবিচ্ছিন্ন DNA তন্ত্রীটি প্রতিলিপি (template) রূপে কাজ করে। চক্রাকারে ঘূর্ণন শুরু করে। ঘূর্ণনের একটি চক্র সম্পূর্ণ হলে একটি সম্পূর্ণ প্রতিরূপ গঠিত হয়। এরপর রজ্জু সদৃশ প্রতিরূপটি একটি বিশেষ উৎসেচকের (DNA লাইগেজ) সাহায্যে কাটা প্রান্ত দুটিতে জোড়া লেগে পুনরায় বৃত্তাকার ধারণ করে।

কোন কোন DNA ভাইরাস প্রতিরূপ গঠনের জন্য অন্য ভাইরাসের সাহায্য নেয়। অ্যাডিনো-অ্যাসোসিয়েটেড ভাইরাসের DNA প্রতিরূপ গঠনের সময় অ্যাডিনো ভাইরাসের অথবা হারপেক্স সিমপ্লেক্স ভাইরাসের সাহায্য নেয় কারণ অ্যাডিনো-অ্যাসোসিয়েটেড ভাইরাসের DNA একতন্ত্রী। এককভাবে এরা নিজের DNA এর প্রতিরূপ গঠন করতে পারে না।

পর্যায়-6

স্বসংযুক্তি ও পূর্ণতাপ্রাপ্তি (Assembly and maturation) ঃ যখন প্রোটিন সংশ্লেষ প্রক্রিয়ার মাধ্যমে ভাইরাসের প্রয়োজনীয় সকল প্রকার প্রোটিন ও প্রতিরূপ গঠনের মাধ্যমে জিনোম যথেষ্ট পরিমাণ তৈরী হয় তখন **অ্যাসেমব্লি** পর্যায় শুরু হয়। এই পর্যায়ে ভাইরাসের জিনোম ক্যাপসিডের মধ্যে আবদ্ধ হয়। অধিকাংশ ভাইরাসের ক্ষেত্রে আগে ক্যাপসিডের কিছু অংশ তৈরী হয় পরে নিউক্লিক অ্যাসিড তার মধ্যে প্রবেশ করলে ক্যাপসিডের বাকি অংশ তৈরী হয়ে পূর্ণাঙ্গ নিউক্লিওক্যাপসিড গঠিত হয়। অ্যাসেমব্লি হওয়ার তারতম্য দেখা যায় ভিন্ন ভিন্ন ভাইরাসের ক্ষেত্রে। অ্যাডিনো ভাইরাসের অ্যাসেমব্লি পোষক কোশের নিউক্লিয়াসের মধ্যে হয় কিন্তু অধিকাংশ ক্ষেত্রে পোষকের সাইটোপ্লাজমে হয়। সমস্ত ব্যাকটেরিওফাজের অ্যাসেমব্লি সাইটোপ্লাজমে (চিত্র 11.9) হয় কারণ ব্যাকটেরিয়ার কোন নিউক্লিয়াস থাকে না। বহিঃআবরণীযুক্ত (enveloped) ভাইরাসের ক্ষেত্রে নিউক্লিওক্যাপসিডের অ্যাসেমব্লি হয়েও কিন্তু পূর্ণাঙ্গ প্রাপ্ত হয় না। ওদের পূর্ণতা আসে তখনই যখন ক্যাপসিডের বাইরে আবরণীটি যুক্ত হয়। এই পদ্ধতিকে **ম্যাচিওরেশন বা পূর্ণতা প্রাপ্তি** বলে। আবরণীর বেশ কিছু অংশ আসে পোষক কোশের কোশপর্দার থেকে তাই



চিত্র নং 11.9 ঃ ব্যাকটেরিওফাজের সংযুক্তি।

T-ইভেন ব্যাকটেরিওফাজের সংযুক্তি হয় অনেকগুলি নানান ধরনের ক্যাপসিড প্রোটিন দিয়ে। মস্তক অংশে জিনোম থাকে এবং পুচ্ছ অংশ জিনোমকে পোষক কোশে প্রবিষ্ট হতে সাহায্য করে।

এই প্রক্রিয়া কোশপর্দার কাছাকাছি ঘটে থাকে। ভাইরাসের প্রোটিন ও পোষক কোশের কোশপর্দার ফসফোলিপিড (phospolipid) মিশে আবরণী বা মোড়ক তৈরী হয়। সাধারণতঃ পূর্ণতাপ্রাপ্তি ও নিষ্ক্রমণ একই সাথে হতে থাকে।

পর্যায় -7

নিষ্ক্রমণ বা রিলিজ (Release) ঃ প্রতিটি পোষক কোশে অনেকগুলি করে ভাইরাস কণিকা তৈরী হয়। ভাইরাসগুলির এবার বাইরে বেরিয়ে আসার দরকার নতুন পোষক কোশের সংস্পর্শে এসে বংশবৃদ্ধি করার জন্যে। এই বেরিয়ে আসাকে **রিলিজ বা নিষ্ক্রমণ** বলে। ভাইরাস নিষ্ক্রমণ দুই রকম ভাবে হতে পারে।

(a) লাইসিস্-(Lysis) ঃ অধিকাংশ ব্যাকটেরিওফাজ লাইসিস্ পদ্ধতিতে ব্যাকটেরিয়ার কোশকে ভেঙ্গে বেরিয়ে আসে। এই লাইসিস্ ঘটানোর জন্য দায়ী লাইসোজাইম (Lysozyme) নামক উৎসেচক। এর কাজ ব্যাকটেরিয়ার কোশ প্রাচীরের একটি অপরিহার্য উপাদান পেপটাইডোগ্লাইকানকে ভেঙ্গে ফেলা। ব্যাকটেরিওফাজের বংশবৃদ্ধির শেষ পর্যায়ে এই লাইসোজোইম উৎসেচক তৈরী হয় কিন্তু এমন সময় হয় যাতে অ্যাসেমব্লি শেষ হওয়ার আগেই ব্যাকটেরিয়ার কোশ প্রাচীর ভেঙ্গে না যায়। লাইসোজাইম পেপটিডোগ্লাইকানকে ভাঙ্গার সাথে সাথে সাইটোপ্লাজমের চাপে ব্যাকটেরিয়া ফেটে যায়। একেই লাইসিস্ বলে। অনেক প্রাণী ভাইরাসের ক্ষেত্রেও লাইসিস্ ঘটিয়ে নতুন ভিরিয়ন বেরিয়ে আসে।

(b) কোরকদ্গম-(Budding) ঃ আবরণীযুক্ত ভাইরাসের সবসময় কোরকোদ্গম প্রক্রিয়ায় পোষক কোশ থেকে মুক্ত হয়। ভাইরাসের নিউক্লিওক্যাপসিড তৈরী হওয়ার পর পোষক কোশের কোশপর্দাকে কোরকে রূপান্তরিত করে বেরিয়ে আসে। এই পদ্ধতিতে সাহায্য করে ভাইরাস দ্বারা তৈরী প্রোটিন। কোশ থেকে কোন কণার বেরিয়ে আসাকে **এক্সোসাইটোসিস্** বলে। বেরিয়ে আসার পদ্ধতিটি কোশের মৃত্যু ঘটিয়ে সবগুলি নবগঠিত কণিকা একসাথে নয়, বরং একটি একটি করে ভাইরাস কণিকা এই পদ্ধতিতে বাইরে বেরিয়ে আসে। এই পদ্ধতিটি কোরকোদ্গম নামে পরিচিত **যদিও সাধারণভাবে ইষ্ট কোশের কোরকোদ্গম বলতে আমরা যা বুঝি এটি তা নয়।** কিছু ক্ষেত্রে ভাইরাস তার মোড়ক কোশপর্দা থেকে না নিয়ে কোশের অঙ্গাণুর আবরণী থেকে নেয়। যেমন **রেট্রোভাইরাস** পোষক কোশের গলগি অঙ্গাণু থেকে মোড়কটি সংগ্রহ করে। **আবার হারপেস্** ভাইরাস নিউক্লীয় পর্দা থেকে আবরণী বা মোড়কটি সংগ্রহ করে নেয়। হারপেস ভাইরাস কোশ থেকে বেরিয়ে আসার সময় কোশের মৃত্যু ঘটে। রেট্রোভাইরাস বেরিয়ে আসার সময় কোশের মৃত্যু সঙ্গে সঙ্গে হয় না। আবরণীতে ভাইরাস নিজের প্রোটিন সংযুক্ত করে পরিবর্তন ঘটায়। আবরণীতে সংযুক্ত spike হল এর উদাহরণ।

সেনডাই (Sendai virus) ভাইরাসের মোড়ক বা আবরণী যে প্রোটিন দিয়ে তৈরী হয় সে প্রোটিন যখন কোন পোষক কোশের কোশপর্দায় থাকে তখন পাশের কোশের সাথে মিশে (fused) এক হয়ে যেতে পারে। এইভাবে অনেকগুলি পাশাপাশি পোষক কোশ এক হয়ে একটি বহু নিউক্লিয়াসযুক্ত কোশের সৃষ্টি করে। এইভাবে এককোশ থেকে অন্য কোশকে আক্রান্ত করতে পারে।

■ অনুশীলনী - 3

1. বামদিকের বিষয়গুলির সাথে ডানদিকের গুলি সঠিকভাবে মেলান ঃ

(i) অনুপ্রবেশ (a) পোষক কোশে ভাইরাস পৃষ্ঠলগ্ন হওয়ার স্থান।

(ii)	মুক্তি	(b)	কোশের বিদারণের ফলে পূর্ণতাপ্রাপ্ত ভাইরাসের বেরিয়ে আসা।
(iii)	লাইসিস	(c)	ভাইরাস DNA এর পোষক কোশে প্রবেশ।
(iv)	গ্রাহীবিন্দু	(d)	কোশের বিদারণ।
(v)	স্বসংযুক্তি	(e)	নিউক্লিক্যাপসিড এর নির্মাণ।

2. নীচের তালিকা থেকে সঠিক উত্তর দিন ঃ

(a) অসহযোগী সংক্রমণ কাকে বলে?

(b) ভাইরাস DNA যে পদ্ধতিতে প্রতিলিপি তৈরী করে তার নাম কী?

(c) ভাইরাস প্রতিরোধী কোশের কোন উৎসেচক ভাইরাসকে অকার্যকরী করে দেয়?

(d) আবরণী তৈরী হবার উপাদানটি কোথা থেকে আসে?

(রোলিং সার্কল, নিউক্লিয়েজ, পোষক কোশের মৃত্যু, ভাইরাসের বংশবৃদ্ধিতে ব্যর্থতা, লাইসোজাইম, কোশপর্দা, ক্যাপসোমিয়ার)

11.6 সারাংশ (Summary)

সুতরং ভাইরাসের গঠন ও বংশবৃদ্ধির পদ্ধতি সম্পর্কে আলোচনা প্রসঙ্গে আমরা যা জানলাম তা মোটামুটিভাবে এইরকমঃ

ভাইরাস কোশহীন, সাইটোপ্লাজম্ হীন, পূর্ণ পরজীবী কণিকা। এদের শুধুমাত্র একরকম নিউক্লিক অ্যাসিড থাকে হয় DNA অথবা RNA। পোষক কোশের বাইরে ভাইরাস নির্জীব বস্তুর মত আচরণ করে, জীবনের প্রকাশ হয় পোষক কোশের মধ্যে কারণ সংখ্যাবৃদ্ধির জন্য যে সকল উপাদানের প্রযোজন তার সবই প্রায় পোষক কোশের থেকে এরা আদায় করে নেয়। অধিকাংশ ক্ষেত্রে ভাইরাস পোষক কোশে প্রবেশ করেই পোষকের মতো সমস্ত বিপাক কার্য নিজের কব্জায় নিয়ে নেয় এবং ভাইরাস তৈরী করতে যা কিছু লাগে তা পোষককে বানাতে বাধ্য করে।

ভাইরাস কোশহীন তাই এদের দেহ অন্যান্য অণুজীবের তুলনায় খুবই সরলাকৃতি। এদের জিনোমটি প্রোটিনের আবরণ দিয়ে ঢাকা থাকে, এই আবরণী ক্যাপসিড নামে পরিচিত। ভাইরাস সর্বস্তরের জীবকে সংক্রামিত করতে পারে। ব্যাকটেরিওফাজ ব্যাকটেরিয়াকে, মাইকোফেজ ছত্রাককে, অ্যাকটিনোফাজ অ্যাকটিনোমাইসেটসকে, সায়ানোফাজ সায়ানোমাইসেটসকে সংক্রামিত করে। উদ্ভিদ কোশকে উদ্ভিদ ভাইরাস ও প্রাণীকোশকে প্রাণী ভাইরাস সংক্রামিত করে। ভাইরাসের জিনোম বৈশিষ্ট্য বড় বিচিত্র কারণ একতন্ত্রী DNA অথবা RNA অণু জিনোমের কাজ করে একমাত্র ভাইরাসেই। জীব জগতে ভাইরাস ছাড়া যত জীব আছে তাদের জিনোম দ্বিতন্ত্রী DNA। এই কারণে ধরা হয় ভাইরাসের উৎপত্তি হয়েছে তার পোষক দেহ থেকে।

সকল ভাইরাস বংশবৃদ্ধি একটি সাধারণ নিয়মে চলে। প্রথমত তার নির্দিষ্ট পোষকদেহের গাত্রে সংযোজিত হয়। দ্বিতীয়ত কোশের মধ্যে প্রবেশ করে তারপর ভাইরাসের নিজের জিনোম ও পোষক কোশের বিপাক কার্যের সাহায্যে নতুন ভাইরাস তৈরী করে অবশেষে পোষক কোশ থেকে বেরিয়ে আসে নতুন পোষক কোশের খোঁজে।

এই পর্যায়ের পরবর্তী অংশগুলিতে ক্রমে ক্রমে ব্যাকটেরিওফাজ, উদ্ভিদ ভাইরাস ও প্রাণী ভাইরাসের বিষয়ে আলোচনা করা হল।

11.7 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী (Terminal Questions)

(1) ভাইরাস কাকে বলে? আবরণী ও প্রতিসাম্যর ভিত্তিতে ভাইরাসের গঠন বৈশিষ্ট্য আলোচনা করুন।

(2) ভাইরাসের সংখ্যাবৃদ্ধির পদ্ধতির একটি চিত্রসহ সংক্ষিপ্ত বিবরণ প্রদান করুন।

(3) ভাইরাসের সংক্রমণ সর্বদাই সফল হয় কী? সংক্রমণের ফলে পোষক কোশের অভ্যন্তরে কী জাতীয় পরিবর্তন ঘটে? পূর্ণতা প্রাপ্ত ভাইরাসের মুক্তি ঘটে কীরূপে?

(4) ভাইরাসের নিউক্লিক অ্যাসিডের Baltimore শ্রেণীবিন্যাসটি লিখুন।

(5) **টীকা লিখুন ঃ**

(a) ভাইরাসের জীনোম

(b) ক্যাপসিড ও ক্যাপসোমিয়ার

(c) অনুপ্রবেশ

(d) লাইসিস্

11.8 উত্তরমালা (Answers)

অনুশীলনী -1

1. (a) না; (b) হ্যাঁ; (c) হ্যাঁ; (d) হ্যাঁ; (e) না।
2. (a) ব্যাকটেরিওফাজ (b) পরিস্রাবণযোগ্য (c) নিউক্লিওক্যাপসিড (d) ভিরিয়ন (e) *Escherichia coli*

অনুশীলনী -2

1. (a) তিন প্রকার—সর্পিলাকার, ঘনক্ষেত্রাকার ও জটিল

   (b) যথাক্রমে 20, 30 ও 12

   (c) ব্যাকটেরিওফাজ

   (d) রিওভাইরাস (e) ইনফ্লুয়েঞ্জা ভাইরাস
2. (a) ক্যাপসোমিয়ার (b) সর্পিলাকার (c) উভয়প্রকার (d) প্রাণী ভাইরাস

অনুশীলনী -3

1. (i) (c) (ii) (b) (iii) (d) (iv) (a) (v) e)

2. (a) ভাইরাসের সংখ্যাবৃদ্ধিতে ব্যর্থতা (b) রোলিং সার্কল (c) নিউক্লিয়েজ (d) কোশপর্দা

সর্বশেষ প্রশ্নাবলী ঃ

1. ভাইরাসের বৈশিষ্ট্য সমূহ সব উল্লেখ করেই লেখা যাবে ভাইরাস কাকে বলে। মূলতঃ সর্পিলাকার, ঘনক্ষেত্রাকার ও জটিল প্রতিসাম্যের কথা বলতে হবে। একটি সর্পিলাকার (TMV) ও একটি ঘনক্ষেত্রাকার ভাইরাসের চিত্রসহ উদাহরণ দিতে হবে।

2. 11.5 অংশাঙ্কিত আলোচনার চিত্রসহ এই পদ্ধতির সংক্ষিপ্ত বিবরণ আছে।

3. বিভিন্নপ্রকার অনুপ্রবেশ পরবর্তী দশা আলোচনা করতে হবে। চিত্রসহ দেখাতে হবে সহযোগী ও অসহযোগী সংক্রমণ কাকে বলে এবং কেন তা হয়।

   সংক্রমণের ফলে পোষক কোশের DNA বিখণ্ডিত হয়ে যায়, সেই DNA থেকে উপদান সংগ্রহ করে ভাইরাসের জীনোম সৃষ্টি হয় এবং অবশেষ কোশের লাইসিস্ হয়। এই আলোচনাটি যথাযথ গুরুত্ব সহ করা দরকার। পূর্ণতাপ্রাপ্ত ভাইরাসের মুক্তি পাবার লাইসিস্ ও কোরকোদ্গম পদ্ধতি আলোচনা করতে হবে।

4. উপযুক্ত উদাহরণ সহ সারণির সাহায্যে উত্তর দিন।

5. (a) ভাইরাসের জীনোম—11.4.3 অংশে আলোচিত

   (b) ক্যাপসিড ও ক্যাপসোমিয়ার—11.4.1 অংশে আলোচিত। উভয়ের মধ্যে পার্থক্যটি বলে দিন।

   (c) অনুপ্রবেশ ঃ প্রতিরূপ গঠন বা সংখ্যাবৃদ্ধির পর্যায়গুলির মধ্যে প্রথম। অনুপ্রবেশের প্রকারভেদটি আলোচনা করুন।

   (d) লাইসিস্ ঃ সংখ্যাবৃদ্ধির পর্যায়গুলির মধ্যে অন্তিম, কিভাবে লাইসিস্ হয় ও এর ফলে কী ঘটে তা লিখুন।

একক 12 ❑ ভাইরাস - II (Virus-II)

গঠন

12.1 উদ্দেশ্য

12.2 প্রস্তাবনা

12.3 ব্যাকটেরিওফাজ

12.3.1 লাইটিক ফাজের বৃদ্ধির লেখচিত্র

12.3.2 লাইটিক ফাজের গঠন (T_4 ফাজ)

12.3.3 লাইটিক চক্রের ঘটনাক্রম

12.3.4 লাইসোজেনিক জীবন চক্র (λ ফাজ)

12.4 উদ্ভিদ ভাইরাস

12.4.1 একটি আদর্শ উদ্ভিদ ভাইরাসের গঠন ও বিস্তার

12.4.2 ভাইরয়েড ও ভাইরুসয়েড

12.5 প্রিয়ন

12.6 সাংরাশ

12.7 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

12.8 উত্তরমালা

12.1 উদ্দেশ্য

এই এককটি পাঠ করে আপনি নিচের বিষয়গুলির সম্পর্কে সম্যক ধারণা করতে সক্ষম হবেন ঃ

- ব্যাকটেরিয়া ফাজের গঠন ও প্রকারভেদ
- লাইটিক জীবন চক্র
- লাইসোজেনিক জীবন চক্র
- উদ্ভিদ ভাইরাসের গঠন ও প্রকারভেদ
- টোবাকো মোজাইক ভাইরাসের (TMV) গঠন ও বিস্তার
- প্রকৃতিতে ভাইরাসের মতই কিন্তু গঠনগতভাবে সম্পূর্ণ পৃথক সংক্রমণকারী কণিকা ভাইরয়েড ও প্রিয়ন সম্পর্কে ধারণা লাভ করবেন।

12.1 প্রস্তাবনা

আমরা আগের এককটিতে ভাইরাসের সাধারণ বৈশিষ্ট্য এবং সংখ্যাবৃদ্ধির রূপরেখা সম্পর্কে পরিচিত হয়েছি। আমরা এও জেনেছি যে ভাইরাসকে তার পোষকের ভিত্তিতে শ্রেণীবিভক্ত করা যায়। এই এককে আমরা ব্যাকটেরিয়া সংক্রমণকারী ভাইরাস অর্থাৎ ব্যাকটেরিওফাজ, প্রাণী ভাইরাস এবং উদ্ভিদ ভাইরাসের গঠন, জীনোমের বৈশিষ্ট্য এবং

বিশেষতঃ ফাজ ভাইরাসের বংশবৃদ্ধির কৌশল সম্পর্কে অবহিত হব। ব্যাকটেরিওফাজের সাথে পোষক কোশের সম্পর্ক স্বাভাবিক ভাবেই বিনাশকারী। কেননা ব্যাকটেরিওফাজ আবশ্যিকভাবে পরজীবী এবং সবকটি পোষক কোশই সংক্রমণের ফলে বিনষ্ট হয়। তবে ফাজের ক্ষেত্রে এমন একধরনের জীবনচক্র আছে যে ক্ষেত্রে ভাইরাসের জীনোমটি পোষক জীনোম সংযুক্ত হয়ে যায় এবং সেভাবেই বহু প্রজন্ম ধরে ব্যাকটেরিয়াটি কোশ বিভাজন চালিয়ে যেতে পারে, এই দুই প্রকার ভিন্নধর্মী জীবনচক্র (লাইটিক ও লাইসোজেনিক চক্র) এই অধ্যায়ে একটু বিস্তারিতভাবে আলোচিত হয়েছে। উৎসাহী হলে আপনি এই অধ্যায়ে প্রদত্ত সারণিগুলি থেকে বিভিন্ন ধরনের ভাইরাসের উপবিভাগগুলি সম্পর্কে জানতে পারবেন।

12.3 ব্যাকটেরিওফাজ

প্রায় সব ব্যাকটেরিয়া এক বা একাধিক রকম ভাইরাস দিয়ে সংক্রামিত হয়। এদের বলে ব্যাকটেরিওফাজ (Bacteriophage)। আকৃতি, নিউক্লিক অ্যাসিড এর প্রকৃতি এবং পোষাক ব্যাকটেরিয়ার ধরনের প্রকারভেদের উপর নির্ভর করে ব্যাকটেরিওফাজ কয়েক রকম। নিচের সারণিতে কিছু ব্যাকটেরিওফাজের বৈশিষ্ট্য দেওয়া হল।

সারণি 12.1 হু ব্যাকটেরিওফাজের শ্রেণীবিভাগ

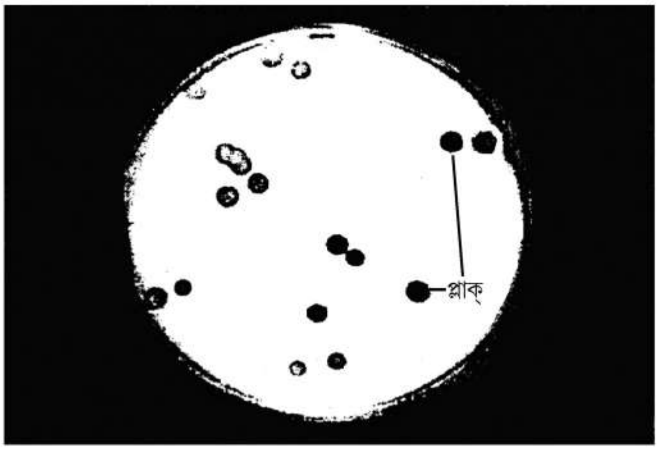
ব্যাকটেরিওফাজ	**বৈশিষ্ট্য**
(i) পুচ্ছ যুক্ত(ব্যাকটেরিওফাজ (Tailed bacteriophage)	এদের জিনোম দ্বিতন্ত্রী DNA অণু দিয়ে তৈরী, গঠন দ্বিপ্রতিসম **মাইওভিরিডি** পরিবারভুক্ত(ব্যাকটেরিওফাজের পুচ্ছ লম্বা এবং সংকোচনশীল (contractile)। এদের পুচ্ছযুক্ত(ব্যাকটেরিওফাজের প্রথম ভাগ বা গ্রুপ A-তে ফেলা হয়। গ্রুপ B-এর অন্তর্গত **স্টাইলোভিরিডি** বা দ্বিতীয় গ্রুপের পরিবারযুক্ত(ফাজের পুচ্ছ লম্বা কিন্তু অসংকোচনশীল (non contractile)। **পেডোভিরিডি** বা গ্রুপ C পরিবারভুক্ত(ফাজের পুচ্ছ খুবই ছোট। T-ইভেন ফাজ এই পরিবারভুক্ত(।
(ii) ঘনকাকার ব্যাকটেরিওফাজ (Cubic bacteriophage)	**মাইক্রোভিরিডি বা গ্রুপ** 1. জিনোম একতন্ত্রী DNA দিয়ে তৈরী 20টি তল বিশিষ্ট ঘনক আকৃতির এই ব্যাকটেরিওফাজ কেবলমাত্র 12টি ক্যাপসোমার দিয়ে তৈরী। যেমন ϕ x 174 **কোরটিকোভিরিডি বা গ্রুপ 2.** জিনোম দ্বিতন্ত্রী DNA, গঠন 20 তল বিশিষ্ট ঘনকাকার তবে আবরণীযুক্ত(। যেমন PM-2 **লেভিভিরিডি বা গ্রুপ 3.** জিনোম একতন্ত্রী RNA, গঠন 20 তল বিশিষ্ট, ঘনকাকার 32টি ক্যাপসোমার থাকে যেমন f_2(**সিস্টভিরিডি বা গ্রুপ 4.** জিনোম দ্বিতন্ত্রী RNA, গঠন 20 তল বিশিষ্ট, ঘনকাকার তবে আবরণীযুক্ত(, যেমন ϕ6।
(iii) সূত্রকার ব্যাকটেরিওফাজ (Filamentous bacteriophage)	**ইনোভরিডি পরিবারভুক্ত** ভাইরাসের জিনোম একতন্ত্রী DNA, দণ্ডাকৃতি। যেমন M-13।

ব্যাকটেরিওফাজের পোষক সুনির্দিষ্ট। পোষক কোশের সমস্ত বিপাকজাত সুফলকে ভাইরাস অর্থাৎ ফাজ আপন সংখ্যাবৃদ্ধির কাজে নিয়োজিত করতে সক্ষম। জীবনধারণের জন্য ন্যূনতম যে বিপাকীয় কার্যসাধন প্রয়োজন তা সাধন করতে কোন ভাইরাসই পারে না, ব্যাকটেরিওফাজও না।

আমরা আগেই জেনেছি ভাইরাস বংশবৃদ্ধির পর পোষক কোশ থেকে বেরিয়ে আসে এবং এর ফলে পোষক কোশের মৃত্যু ঘটে। যে ভাইরাস পোষক কোশকে বিদীর্ণ করে বেরিয়ে আসে তাকে লাইটিক ফাজ (Lytic phage) বলে। ব্যাকটেরিওফাজকে ইলেকট্রন অণুবীক্ষণ যন্ত্র ছাড়া দেখা যায় না। কিন্তু এদের উপস্থিতি সহজে এবং খালিচোখেই প্রমাণ করা যায়। কেমন করে তা করা যায়? তা হ'ল অ্যাগার (Agar) দিয়ে জমাট বাঁধান পুষ্টিবিধায়ক মাধ্যমের (nutreient agar media) উপর ব্যাকটেরিয়াকে তার সুনির্দিষ্ট ফাজটির সাথে মিশিয়ে ঢেলে দেওয়া হলে এবং মাধ্যমযুক্ত অ্যাগার প্লেটটিকে যথাযথ তাপমাত্রায় রাখা হলে দেখা যাবে যে ব্যাকটেরিয়ার আস্তরণের কোন কোন বৃত্তাকার জায়গা রীতিমতো পরিষ্কার, সেখানে ব্যাকটেরিয়া জন্মাতেই পারেনি বলে অনুমিত হলেও আসলে ফাজের প্রভাবে ঐ অংশে ব্যাকটেরিয়ার মৃত্যু ঘটে এমনটা হয়েছে। অর্থাৎ প্রত্যক্ষভাবে না হলেও পরোক্ষে তাদের উপস্থিতি টের পাবার এটাই হল সহজতম অথচ সংশয়াতীতভাবে প্রামাণ্য পদ্ধতি। (চিত্র 12.1)

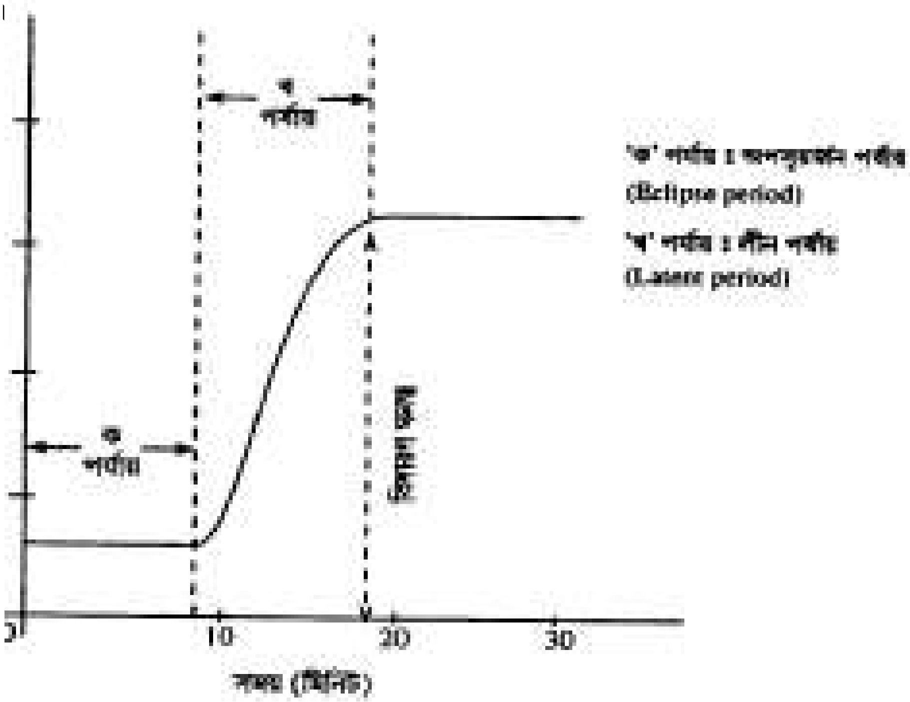
এই বৃত্তাকার অংশকে **প্লাক্** (plaque) বলে। প্রতিটি প্লাক্ এক একটি ভাইরাসের উপস্থিতি বুঝিয়ে দেয় তাই প্লাকের সংখ্যা থেকে ফাজের সংখ্যা নির্ণয় করা যায়। প্লাক্ দেখতে সংক্রমণের পর সাধারণভাবে 18 ঘণ্টা সময় লাগে।

কিছু ব্যাকটেরিওফাজে অন্য ধরনের জীবনচক্র দেখা যায়। এই ক্ষেত্রে ফাজের জিনোম পোষক কোশের জিনোমের সাথে সংযুক্ত হয়ে যায়। ব্যাকটেরিয়ার কোশ বিভাজনের সাথে সাথে ফাজের জিনোমও বিভাজিত হয়ে অপত্য ব্যাকটেরিয়া কোশে প্রেরিত হয়। এই ধরনের জীবন চক্রকে **লাইসোজেনি** (lysogeny) বলে। আর এই ধরনের ব্যাকটেরিওফাজকে **টেমপারেট ব্যাকটেরিওফাজ** (temperate bacteriophage) বা **লাইসোজেনিক** (lysogenic bacteriophage) বলে। সংযুক্ত অবস্থায় আলাদা ভাবে ভাইরাসের ক্যাপসিড প্রোটিন বা দেহটি তৈরি হয় না তাই পোষক কোশের মৃত্যু ঘটে না। ফাজ জিনোমটি যখন ব্যাকটেরিয়ার জিনোমে সংযুক্ত অবস্থায় থাকে তখন তাকে প্রোফাজ (*prophage*) অবস্থা বলে। আর পোষক ব্যাকটেরিয়াকে লাইসোজেন (*lysogen*) বলে।



চিত্র নং 12.1 ঃ ব্যাকটেরিওফাজ এর উপস্থিতির প্রমাণ। ব্যাকটেরিয়ার লন্ এর মধ্যে বৃত্তাকার অংশগুলি ব্যাকটেরিওফাজের জন্য

তৈরী হয়েছে।



চিত্র নং 12.2 ঃ ব্যাকটেরিওফাজের বৃদ্ধির লেখচিত্র।

সময়ান্তরে এই প্রোফাজ ব্যাকটেরিয়ার জিনোম থেকে মুক্ত হয়ে যায় এবং লাইটিক জীবনচক্র শুরু করে, তখন পোষাক কোশের মৃত্যু হয়।

12.3.1 লাইটিক ফাজের বৃদ্ধির লেখচিত্র (Growth curve of lytic phage)

কোন লাইটিক ব্যাকটেরিওফাজ তার পোষক কোশের মধ্যে কি হারে বংশবৃদ্ধি করতে সক্ষম একটি লেখচিত্রের সাহায্যে তার পরিমাপ করা যায় (চিত্র 12.2)। যখন কোন লাইটিক ফাজকে তার নির্দিষ্ট পোষক ব্যাকটেরিয়ার সাথে মিশিয়ে জলীয় পুষ্টি মাধ্যমে বৃদ্ধি পেতে দেওয়া হয়, তখন তাতে কয়েক ঘণ্টার মধ্যেই প্রচুর সংখ্যক ফাজ কণিকা জন্মায়। প্রতি একক সময়ে ফাজ কণিকার সংখ্যাবৃদ্ধির পরিমাপই হল বৃদ্ধির লেখচিত্র। এই লেখচিত্রে বৃদ্ধির 3টি পর্যায় লক্ষ্যণীয়। প্রাথমিক পর্যায়ে দেখা যায় বেশ কিছুক্ষণ ভাইরাসের কোন সংখ্যা বাড়ছে না। এই সময়কে **ইক্লিপ্স্ পিরিয়ড (eclipse period) বা অপসৃয়মান পর্যায়** বলে। ভাইরাসের জিনোম ব্যাকটেরিয়াতে প্রবেশের পর প্রথম প্রজন্মের

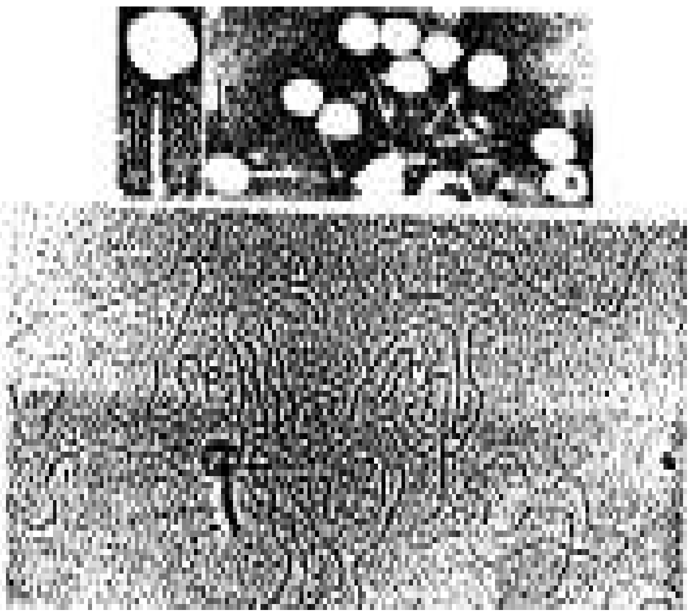
> **প্রান্তলিপি ঃ** বিজ্ঞানী ডঃ শচীমোহন মুখার্জী কলকাতার ইনডিয়ান ইন্সটিটিউট অফ কেমিক্যেল বায়োলজীতে (আগে নাম ছিল ইন্ডিয়ান ইন্স্টিটিউট অফ এক্সপেরিমেন্টাল মেডিসিন) ভিব্রিওফাজের উপর বহু কাজ করেন যা বিধে স্বীকৃত। যেমন কলিফাজ হল সেই ভাইরাস যা *E. coli* নামক ব্যাকটেরিয়াকে সংত্র(ামিত করে, তেমনি যে ফাজ কলেরার জীবাণু *Vibrio cholerae* কে সংত্র(ামিত করে তাকে ভিব্রিও ফাজ বলে।

পূর্ণাঙ্গ ভাইরাস সৃষ্টি হবার আগের মুহূর্ত পর্যন্ত সময়কে এই পর্যায় বলা চলে। এই সময় ভাইরাসের কোন সংখ্যাবৃদ্ধি ঘটে না। একবার ফাজ পোষক কোশের ভেতর পূর্ণতাপ্রাপ্তি শুরু করলেই সংখ্যা বৃদ্ধি পরিলক্ষিত হয়, আর ঐ সংখ্যা বৃদ্ধির হার যতক্ষণ পর্যন্ত বজায় থাকে ততক্ষণ সময়কে বলে **ল্যাটেন্ট পিরিয়ড (latent period)** বা **লীন পর্যায়**। *E. coli* নামক ব্যাকটেরিয়ার ফাজ T–2, T–4 বা T–6 অর্থাৎ T-ইভেন ফাজের এই পর্যায় মোটামুটিভাবে 15 মিনিট স্থায়ী। ইক্লিপ্স্ পিরিয়ড থেকে ল্যাটেন্ট পিরিয়ডের শেষ পর্যন্ত সময় পোষক কোশের মধ্যেই ফাজগুলি জমা থাকে যতক্ষণ না কোশ ফেটে বাইরে বেরিয়ে আসে।

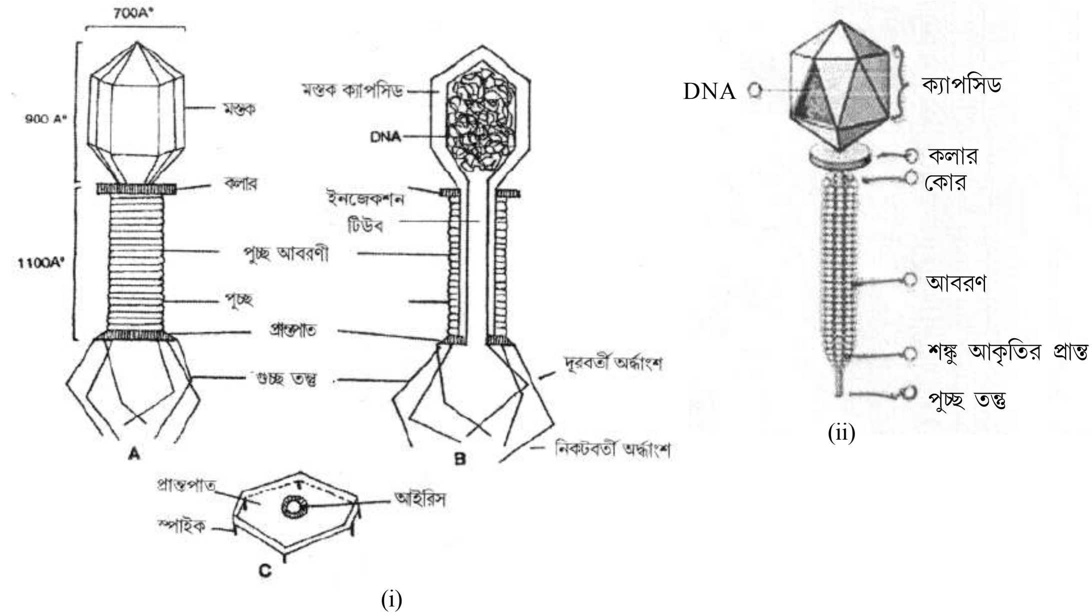
তৃতীয় পর্যায় হল পোষক কোশকে বিদীর্ণ করে ফাজ কণিকার মুক্তির পর্যায়। একটি সংক্রামিত ব্যাকটেরিয়া থেকে মুক্তি প্রাপ্ত সদ্য গঠিত ভাইরাস কণিকার গড় সংখ্যা হল সেই ফাজটির পরিপ্রেক্ষিতে ব্যাকটেরিয়াটির **"বিদারন ঘনত্ব"** বা **Burst size**। T ফাজের ক্ষেত্রে সংক্রামনের শুরু থেকে বিদারণকাল পর্যন্ত সময় লাগে 22-25 মিনিট। কোশ প্রতি পূর্ণতাপ্রাপ্ত ভিরিয়ন সংখ্যা বা burst size হল 200-300 virion/cell।

12.3.2 লাইটিক ফাজের গঠন : T4 (Structure of Lytic Phage : T4)

পূর্বেই বলা হয়েছে যুগ্ম সংখ্যা দ্বারা নামাঙ্কিত T ফাজ সমূহ লাইটিক চক্রের মাধ্যমে জীবনচক্র অতিবাহিত করে। T4 ফাজ হল এরূপ একটি ব্যাকটেরিওফাজ। T4 ব্যাকটেরিওফাজ এর গঠন দ্বিপ্রতিসম। একটি **ঘনকাকার মস্তক** এবং একটি **সংকোচনশীল পুচ্ছ** অংশ দ্বারা এর দেহ গঠিত। **মস্তক** অংশের বহিঃখোলক বা ক্যাপসিড প্রোটিন দ্বারা এবং কেন্দ্রস্থ ফাঁপা অংশ একটি ভাঁজ হয়ে দ্বিতন্ত্রী DNA দ্বারা গঠিত। **পুচ্ছ** অংশের মধ্যে থাকে একটি পিষ্টন সদৃশ নালিকা যার এক প্রান্ত কেন্দ্রস্থ গহ্বরের সাথে যুক্ত এবং অপর প্রান্ত মুক্ত। এই নালিকার উপরিস্থিত আবরণী স্প্রিং-এর ন্যায় সংকুচিত হলে পিষ্টনের প্রান্তভাগটি সজোরে পোষক কোশের কোশপ্রাচীর ভেদ করে অন্তর্ভাগে প্রোথিত হতে পারে। (চিত্র 12.4 (a) দ্রষ্টব্য) পুচ্ছের মুক্তপ্রান্তের দিকে আছে একটি পাদ পাত বা **বেস প্লেট** (Base plate)



চিত্র নং 12.3 ঃ *Vibrio cholerae* এর লাইটিক ফাজ ও তার DNA।



চিত্র নং 12.4 ঃ (i) T4 ফাজের বহির্ভাগ ও অন্তর্গঠনের চিত্র((ii) ল্যাম্বডা (λ) দাহের গঠন।

যা ব্যাকটেরিয়ার কোশপ্রাচীরের উপর সুনির্দিষ্ট স্থানে স্থিত হতে পারে। এই স্থিত হবার কাজে সাহায্য করে পাদপাত সংযুক্ত ছয়টি **পুচ্ছতন্তু**। অর্থাৎ মস্তক অংশের ঘনকাকার প্রতিসমতা এবং পুচ্ছের সর্পিলকার গঠন ও তৎসংলগ্ন পাদপাত ও পুচ্ছতন্তু—যা মিলিয়ে T4 ফাজের গঠনটি বেশ জটিল হলেও সংক্রমণের পক্ষে অত্যন্ত কার্যকরী [চিত্র 12.4(a)]।

12.3.3 লাইটিক চক্রের ঘটনাক্রম (Phases of Lytic Cycle) : লাইটিক ফাজগুলিকে অন্যভাবে **সংক্রামক বা ভিরুলেন্ট (Virulent)** ফাজও বলে। উদাহরণ : T4 ফাজ।

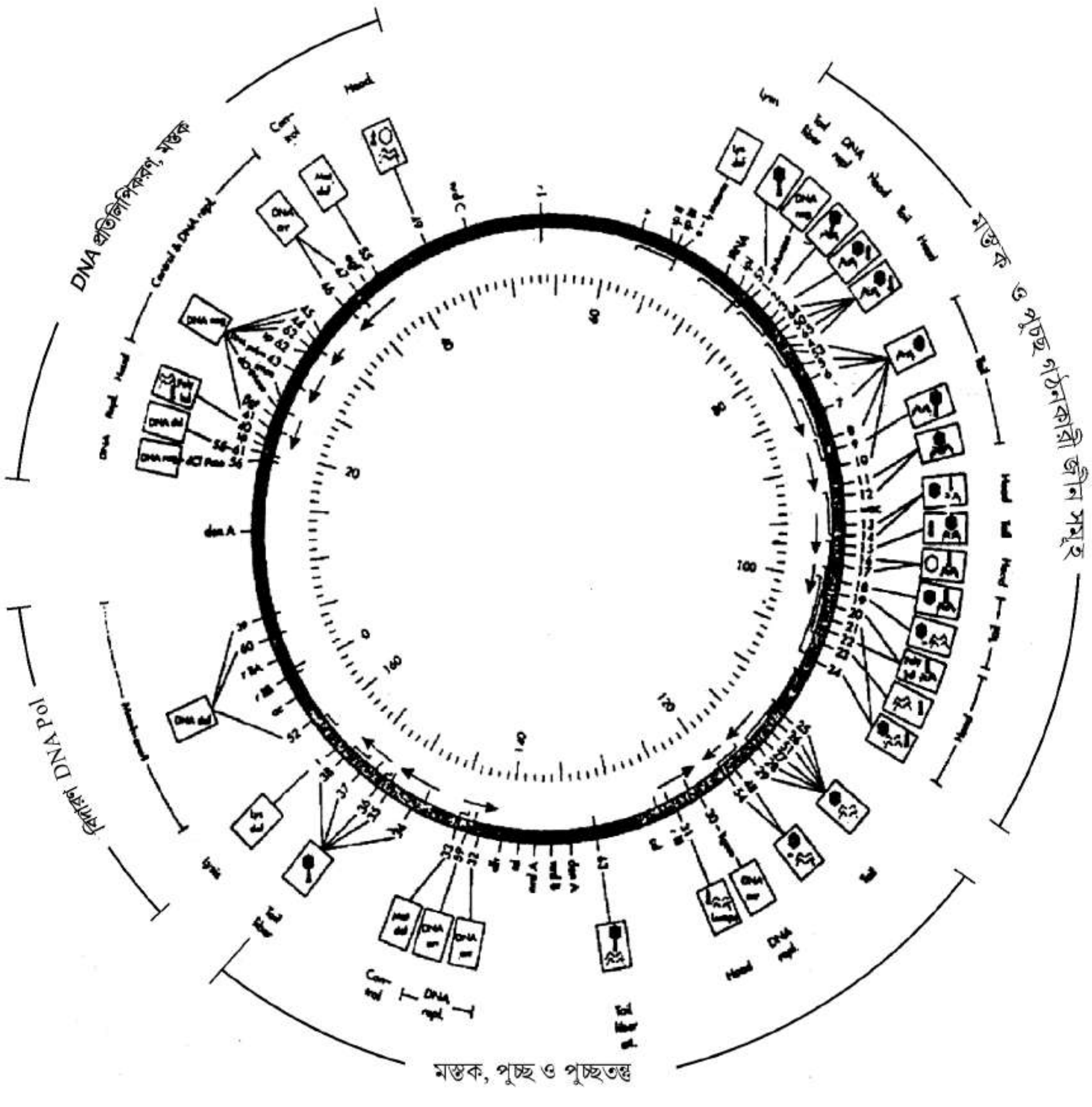
(i) পৃষ্ঠলগ্নীভবন (Adsorption) ঃ *E. coli* ব্যাকটেরিয়ার কোশাবরণী, পিলি, ফ্লাজেলা ইত্যাদির নানা অংশ গ্রাহক হিসাবে কাজ করতে পারে। এই সব অংশে ফাজ কণিকা আবদ্ধ হয় হাইড্রোফোবিক বা ইলেকট্রোস্ট্যাটিক বলের মাধ্যমে। ফাজের পুচ্ছতন্তু এই কাজে সহায়ক।

(ii) অনুপ্রবেশ বা পেনিট্রেশন (Penetration) ঃ পুচ্ছ নালিকার আবরণী বা সীথ (Sheath)অংশের সংকোচনের ফলে মস্তক গহ্বর থেকে DNA সরাসরি ব্যাকটেরিয়ার কোশপ্রাচীর ভেদ করে তার পেরিপ্লাজম অংশে (কোশ প্রাচীর ও কোশপর্দার অন্তবর্তী স্থান) প্রবেশ করে এবং DNA টি নালিকাবাহিত হয়ে এসে সেই অংশে মুক্ত হয়। লক্ষ্যণীয় এই যে সংক্রমণের জন্য অনুপ্রবেশ সাধিত হয় কেবলমাত্র DNA-র, প্রোটিন দ্বারা গঠিত বহিঃখোলকের নয়। সাধারণভাবে ব্যাকটেরিয়ার কোশ একধরনের উৎসেচক তৈরী করে যা বহিরাগত স্বাভাবিক DNA কে কেটে নষ্ট করে দেয়। এই উৎসেচক হল তার প্রতিরক্ষার হাতিয়ার। তা **এন্ডোনিউক্লিয়েজ**

নামে সমধিক পরিচিত, কিন্তু ফাজ DNA তে স্বাভাবিক সাইটোসিন (cytosine) এর পরিবর্তে থাকে একটি **মিথাইল মূলক যুক্ত সাইটোসিন ক্ষার**। তাই এটিকে স্বাভাবিক বলা যায় না। আর ঠিক সে জন্যই ব্যাকটেরিয়ার কোশ এটিকে বহিরাগত বলে চিনতে পারে না। নিজের DNA কে বদলে নেবার এই ক্ষমতা ফাজ কণিকাকে এত বিধ্বংসী করে তুলেছে।

(iii) সংক্রমণের প্রাথমিক পর্যায় (Early Events) ঃ T4 ভাইরাসের DNA ব্যাকটেরিয়াতে প্রবেশ করার পর mRNA তৈরী করা শুরু করে দেয়। এজন্য যে উৎসেচক দরকার তা তৈরীর ক্ষমতা কিন্তু ফাজের নেই। পোষকের উৎসেচক RNA পলিমারেজকে কাজে লাগিয়ে সে এই কাজটি করে। mRNA সংক্রমণের প্রথম দিকে 20 রকম প্রোটিন তৈরী করে। এদের **প্রারম্ভিক প্রোটিন (early protein)** বলে। এই প্রারম্ভিক প্রোটিনের মধ্যে একটি প্রোটিনের কাজ হল পোষক কোশের RNA পলিমেরেজকে এমনভাবে পরিবর্তিত করা যাতে পোষক কোশ কেবলমাত্র ভাইরাসের জন্য দরকারী প্রোটিনসমূহ সংশ্লেষ করতে পারে। অর্থাৎ ব্যাকটেরিয়ার কোশতন্ত্র ভাইরাস দ্বারা সংক্রামিত হয়ে প্রায় দাসে রূপান্তরিত হয়। ভাইরাস বা ফাজের এই প্রভুত্ব পোষক কোশকে বাধ্য করে এন্ডোনিউক্লিয়েজ IV নামক একটি উৎসেচক সৃষ্টিতে সহায়তা করতে যার প্রভাবে পোষক কোশের DNA সম্পূর্ণভাবে ভেঙ্গে যায়। ভাঙ্গার পর মুক্ত নিউক্লিওটাইড সমূহ নিয়োজিত হয় ফাজ DNA অণুর সংশ্লেষের কাজে। তবে আগেই বলা হয়েছে স্বাভাবিক DNA তে যে সাইটোসিন থাকে তা ভাইরাসের কাজে লাগে না, তার প্রয়োজন মিথাইল বর্গযুক্ত সাইটোসিন। সুতরাং প্রারম্ভিক প্রোটিনগুলির মধ্যে একটি নিয়োজিত হয় স্বাভাবিক সাইটোসিন বা ডিঅক্সিসাইটোসিন পরিবর্তনের কাজে। এর পরিবর্তে যে সাইটোসিন (C) ফাজ DNA এর গঠনে কাজে লাগে তাই মিথাইল (CH_3) মূলক যুক্ত **হাইড্রক্সিমিথাইল সাইটোসিন** বা **HMC**।

> **প্রান্তলিপি ঃ** ভাইরাসগুলির মধ্যে সবচেয়ে বেশি আলোচিত গোষ্ঠী হল T-evan বা যুগ্ম সংখ্যাঙ্কিত T ফাজ, এদের মধ্যে পড়ে T_2, T_4 এবং T_6 ফাজ কণিকা। এই সব কয়টি ভাইরাস হল দ্বিতন্ত্রী DNA বিশিষ্ট। এদের জীবনবৃত্তান্ত সম্পর্কে প্রথম আলোকপাত করেন আমেরিকার কোল্ড স্প্রিং হার্বার গবেষণাগারে কর্মরত বৈজ্ঞানিকত্রয়—লুরিয়া, ডেলব্রুক এবং হার্শে। সেই প্রথম জানা যায় যে বংশবৃদ্ধির সময় ভাইরাস (ফাজ) তার প্রোটিন খোলকটি বাইরে ফেলে রেখে কেবল DNA টিকে পোষক দেহে প্রবেশ করায়। আর সেই DNA পোষক কোশে তৈরী করে নিতে পারে পূর্ণাঙ্গ ভাইরাস কণিকা। DNA যে জীবনবাহী অণু তার প্রমাণ মেলে T_4 ফাজের জীবনচত্রে(অনুশীলন করে। এই কাজের জন্য তাঁরা নোবেল পুরস্কারে ভূষিত হন।



চিত্র নং 12.5 ঃ T -ইভেন ব্যাকটেরিও ফাজের জিনোম। জিনোমের কোন অংশ মস্তক, পুচ্ছ বা পুচ্ছতন্ত্রী তৈরী করতে লাগে তা দেখান হয়েছে।

(iv) সংক্রমণের বিলম্বিত পর্যায় (Late Events) ঃ প্রাথমিক পর্যায়ের ঘটনাক্রমে আমরা দেখছি প্রোটিনসমূহ নিয়োজিত হয়েছে ফাজ DNA গঠনের কাজে। বিলম্বিত পর্যায়ে early প্রোটিন বা প্রারম্ভিক প্রোটিন উৎপাদন বন্ধ হয়ে যায় এবং অন্য আর এক ধরনের প্রোটিন তৈরী হয় যা ফাজ কণিকার ক্যাপসিড গঠনের জন্য দায়ী। এদের বলে **বিলম্বিত** বা **লেট late প্রোটিন**। T4 ফাজের একটিমাত্র কণিকা গড়তে

মোটামুটিভাবে 150টি জিনের দরকার। শুধু মস্তক অংশ গড়তে 55টি এবং পুচ্ছ অংশ গড়তে 32টি জিনের সুনিয়ন্ত্রিত কাজ দরকার। DNA থেকে প্রোটিন তৈরী হয় mRNA গঠনের মাধ্যমে। আবার DNA থেকে mRNA গঠনের জন্য দরকার RNA পলিমারেজ নামক উৎসেচক। আগেই জেনেছেন যে T4 ফাজ নিজে RNA পলিমারেজ উৎসেচকটি বানাতে পারে না, তাই Early ও late উভয় প্রকার প্রোটিন সংশ্লেষের জন্যই T4 DNA পোষক কোশের RNA পলিমারেজকে নিজের মত করে বদলে নেয়।

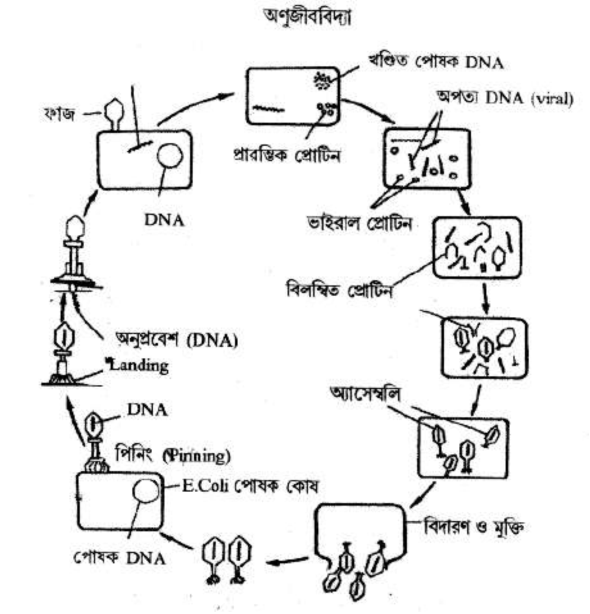
(v) সংগঠন বা অ্যাসেম্বলি (Assembly) ঃ মস্তক ও পুচ্ছের বিভিন্ন অংশ সুনিয়ন্ত্রিতভাবে জোড়া লাগার পদ্ধতিকে বলে অ্যাসেম্বলি। বিভিন্ন অংশ সঠিকভাবে জোড়া লাগাতেও বিশেষ উৎসেচেকর প্রয়োজন হয়। এই উৎসেচক তৈরী হয় ভাইরাস জিনোমের নির্দেশে। পুচ্ছ তন্তু একবারে শেষ পর্যায়ে মূল দেহের সাথে যুক্ত হয়।

(vi) বিদারন বা লাইসিস্ (Lysis) ঃ T4 ফাজ এর দেহগঠন সম্পূর্ণ হবার পর বাকি থাকে কণিকাগুলির মুক্তি। এর জন্য দরকার একটি উৎসেচক যা ব্যাকটেরিয়ার কোশপ্রাচীরকে ভেঙে দেবে। ব্যাকটেরিয়ার কোশ প্রাচীরের পেপটিডোগ্লাইকানকে ভেঙ্গে ফেলতে পারে **লাইসোজাইম** নামক উৎসেচক যা এই পর্যায়ে T4 ফাজ DNA এর নির্দেশে উৎপাদিত হয়। পেপটাইডোগ্লাইকান ভেঙে গেলে কোশ ফেটে যায় এবং পূর্ণাঙ্গ ফাজ বেরিয়ে আসে। যদি খুব অল্প সময়ের মধ্যে লাইসোজাইম তৈরী হয় তা'হলে ফাজের সংখ্যা কম হয়। যত দেরিতে লাইসোজোম তৈরী হয় ততই ফাজের সংখ্যা বাড়ে। T4 ফাজের লাইটিক চক্র (lytic cycle) শেষ হতে প্রায় 25 মিনিট লাগে।

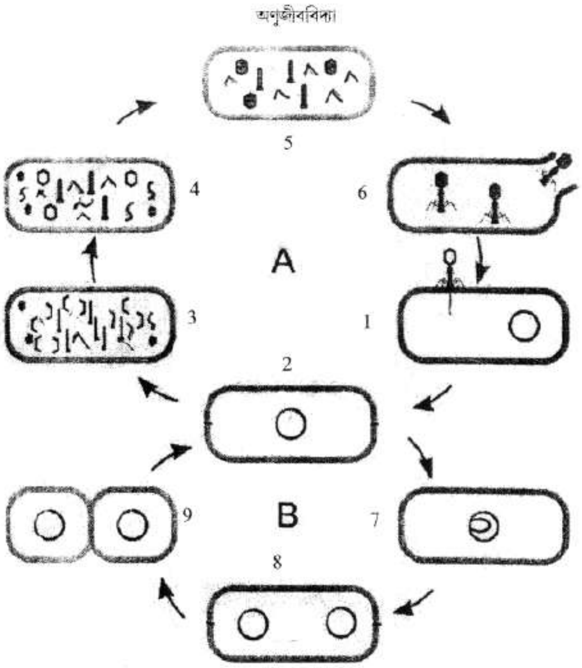
12.3.4 লাইসোজেনিক জীবনচক্র (Lysogenic Cycle) ঃ লাইসোজেনিক জীবনচক্র সম্পন্ন করতে পারে যারা তাদের বলে টেমপারেট (Temperate) ফাজ। যেমন λ ফাজ।

ব্যাকটেরিওফাজ ল্যাম্বডা (bacteriophage lambda) ঃ λ (চিত্র 12.4 ii) ফাজ একটু অন্য বৈশিষ্ট্য বহন করে তাই এই ফাজটি বিশেষভাবে অনুজীব বিজ্ঞানীদের দৃষ্টি আকর্ষণ করেছে। λ ফাজের জিনোম দ্বিতন্ত্রী DNA এবং DNA এর অ্যাডেনাইন ও সাইটোসিন দুটি বেস্ই মিথাইলমূলক যুক্ত। এই কারণে পোষক কোশের নিউক্লিয়েজ নামক প্রতিরক্ষাদানকারী উৎসেচক λ ফাজের DNA কে নষ্ট করতে পারে না। লাইসোজেনিক ফাজের জীবনচক্রে দুই ধরনের ঘটনা দেখা যায়। একটি হল লাইটিক পর্যায় যেমন T4 ফাজের ক্ষেত্রে হয় অন্যটি লাইসোজেনিক পর্যায়। পোষক কোশকে ধ্বংস না করে এই পর্যায়ে λ ফাজের DNA পোষক কোশের DNA এর সাথে নিজেকে সংযোজিত করে ফেলতে পারে। এইভাবে সংযোজিত অবস্থায় ফাজ DNA তার স্বাতন্ত্র্য সাময়িকভাবে দূরে রেখে পোষক কোশের DNA এর বিভাজনের সাথে সাথে বিভাজিত হয়। পোষক কোশ থেকে সৃষ্ট অপত্য কোশগুলিতেও সেটি সঞ্চারিত হয়। তবে প্রয়োজনমত এটি সহজেই ব্যাকটেরিয়ার DNA থেকে বিয়োজিত হতে পারে।

বিয়োজিত ফাজ DNA তখন শুরু করে লাইটিক চক্র। ব্যাকটেরিয়ার কোশতন্ত্রকে নিজের সংখ্যাবৃদ্ধি তে কাজে লাগিয়ে এবং অন্তিম পর্যায়ে লাইসোজাইম উৎসেচকের সাহায্যে কোশপ্রাচীর ধ্বংস করে মুক্ত হয় নবগঠিত λ ফাজ



চিত্র নং 12.6(a) ঃ লাইটিক চক্রের বিভিন্ন পর্যায়



চিত্র নং 12.6(b) ঃ লাইসোজেনিক চক্র; A. **লাইটিক বৃদ্ধি** 1. অনুপ্রবেশ; 2. পোষক DNA-তে সংযোজন; 3—5: সংশ্লেষ পর্যায় 6. লাইসিস ও মুক্ত; B. **লাইসোজেনিক বৃদ্ধি** 7. প্রোফাজ দশা 8. প্রোফাজের পোষক DNA এর সঙ্গে প্রতিলিপিকরণ 9. কোষ বিভাজন ও প্রোফাজের অপত্য কোষে গমন।

কণিকা। তাই কোশ থেকে কোশান্তরে গমনের জন্য যেমন লাইসোজেনিক চক্রটি প্রয়োজন, তেমনভাবে পোষক কোশকে ধ্বংস করে ফাজ কণিকার সংখ্যাবৃদ্ধির জন্য লাইটিক চক্রটিও প্রয়োজন। এই জীবন চক্রের ঘটনাবলী নিম্নরূপ ঃ

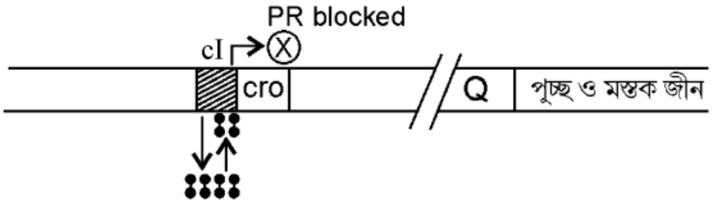
লাইসোজেনিক চক্রের বিভিন্ন দশা (Phases of Lysogenic Cycle) :

(i) পৃষ্ঠলগ্নীভবন (Adsorption) ঃ অপ্রতিরোধী *E . coli* কোশের বহিরাবরণীর সঙ্গে λ ফাজের সংযোগ সাধন হয় সুনির্দিষ্ট গ্রহীতা বা receptor অণুর মাধ্যমে। OMP (Outer Membrame Protein), পিলি, ফ্ল্যাজেলা ইত্যাদি এই receptor হিসাবে কাজ করে।

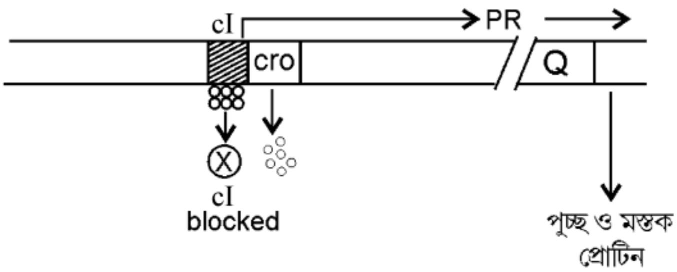
(ii) অনুপ্রবেশ (Penetration) ঃ λ ফাজ অসংকোচনশীল তাই DNA এর অনুপ্রবেশ ঘটে কোশপর্দা ও কোশপ্রাচীর স্থিত চ্যানেলগুলির মাধ্যমে। λ ফাজ DNA দ্বিতন্ত্রী এবং অবৃত্তাকার কিন্তু পোষক কোশে প্রবেশ করে সেটি বৃত্তাকৃতি ধারণ করে। কিভাবে তা সম্ভব? এর কারণ এই অবৃত্তাকার বা রৈখিক DNA এর উভয়প্রান্তে একতন্ত্রী উপবৃদ্ধি আছে যেগুলি পরস্পরের সমসংস্থ। পোষক কোশে দুইপ্রান্তের সমসংস্থ অংশের মধ্যে হাইড্রোজেন বন্ড তৈরি হলে DNA টি বৃত্তাকার দ্বিতন্ত্রীতে পরিণত হয়।

(iii) লাইসোজেনিক পর্যায় (Lysogenic stage) ঃ লাইটিক ফাজের মত λ DNA পোষক DNA কে ভেঙে ফেলে না। তার পরিবর্তে λ DNA-টি *E. coli* DNA এর মধ্যে সংযুক্ত হয়ে যায় (এপিজোম রূপে)। এই দশাকে বলে লাইসোজেনিক দশা। সংযোগটিই ঘটে উভয় DNA এর একটি আংশিকভাবে পরিপূরক অংশে। *E. coli* DNA তে এই অংশটিকে বলে att B (att = attachment; B = bacteria) আর λ DNA এর এই অংশকে বলে att p (p = phage)। সংযোগটি যে পদ্ধতিতে ঘটে তাকে বলে **non-homologous recombination** বা **অসমসংস্থ রিকম্বিনেশন**। এই সংযোগসাধিত হয় *int* জীন থেকে সংশ্লেষিত এক প্রারম্ভিক (early) প্রোটিন integrase (ইন্ট্রিগ্রেজ) এর মাধ্যমে। প্রক্রিয়াটি উভমুখী। অপর একটি উৎসেচক, *xci* জীন থেকে সংশ্লেষিত এক্সিসিয়নেজ (Excisionase) উৎসেচক দ্বারা সংযুক্ত λ DNA বিযুক্ত হয়ে যেতে পারে। যতক্ষণ তা না হচ্ছে ততক্ষণ লাইসোজেনিক দশা চলতে থাকে। লাইসোজেনিক চক্রে থাকবার জন্য λ DNA থেকে cI প্রোটিনের স্বনিয়ন্ত্রিত উৎপাদনে λ DNA-এর এপিজোম দশা বজায় থাকে। একই সঙ্গে অপর একটি প্রোটিন Q এর সংশ্লেষ বন্ধ থাকা দরকার। Q হল সেই প্রোটিন যার প্রভাবে λ কণিকার মস্তক ও পুচ্ছ অংশের প্রোটিনগুলি তৈরী হয়। কিন্তু একটি জরুরী বিষয় হল এই যে, মস্তক ও পুচ্ছ প্রোটিন তৈরী হলে λ কণিকার পূর্ণতাপ্রাপ্তি ও পোষক কোশের বিদারণ অবশ্যম্ভাবী। তার মানেই হল লাইসোজেনিক চক্রের অবসান ও ফাজের লাইটিক চক্রে প্রবেশ। সুতরাং লাইসোজেনিক দশায় λ ক্রোমোজোমের প্রোমোটার অংশে cI প্রোটিন এমনভাবে সংযুক্ত হয় যে λ DNA থেকে Q প্রোটিনের সংশ্লেষ সম্ভব হয় না। এর কারণ Q প্রোটিন রয়েছে দক্ষিণাভিমুখী একটি প্রোমোটার PR (Promoter Right)-এর আওতায়। CI প্রোটিনে DNA-তে সংযুক্ত হলে PR অকার্যকরী (Blocked) হয়ে যায়।

(iv) λ বিযোজন (λ Induction) ঃ *E . coli* DNA থেকে λ DNA এর মুক্তি বা বিযোজনকে **λ induction** বা **ফাজ ইন্ডাকশন** বলে। ল্যাবরেটারিতে এপিজোম দশার (অর্থাৎ সংযুক্ত λ ও *E. coli* DNA) DNA কে UV আলোক দ্বারা বিকিরিত করলে দেখা যায় পোষক কোশে RecA নামক একটি



A. লাইসোনেজিক দশা। এই দশায় দ(িণমুখী প্রমোটার (PR) বাধাপ্রাপ্ত হয়। বন্ধ cro উৎপাদন, Q অকার্যকরী এবং মস্তক ও পুচ্ছ জীন অকার্যকরী।



চিত্র 12.7 : লাইসোজেনিক দশার সংযুক্ত(ও বিযুক্ত(পর্যায়(A. লাইসোজেনিক দশার সংযুক্ত(বা এপিজোম দশা(B. ফাজ ইনডাকশন বা লাইটিক পর্যায়ে অনুপ্রবেশ(λ ফাজের লাইসোজেনিক ও লাইটিক দশা।

B. লাইটিক দশা। বন্ধ cI উৎপাদন, cro সং(-ষ চালু, Q কার্যকরী পুচ্ছ ও মস্তক প্রোটিন উৎপাদন⟶লাইসিস

প্রোটিনের ঘনত্ব বেড়ে যায় এবং তার সঙ্গে সঙ্গেই ফাজ DNA বিযুক্ত হয়ে যায়। আসলে RecA প্রোটিন UV আলোকের প্রভাবে cI প্রোটিনকে λ প্রোমোটারের থেকে অপসারিত করে দেয়। এর ফলে দক্ষিণাভিমুখী প্রমোটার PR সক্রিয় হয়।

PR-এর প্রভাবে CI নিষ্ক্রিয় হয় এবং অপসারিত হয়। এই cI এর অপসারণ অপর একটি জীন cro কে সক্রিয় করে তোলে। cI এর মত cro জীনও λ DNA এর অংশ বটে কিন্তু এটির কাজ cI এর বিপরীতধর্মী। cI যেখানে Q প্রোটিন উৎপাদন বন্ধ রাখে cro সেখানে Q সংশ্লেষে সহায়তা করে। Q এর প্রভাবে xci জীন সক্রিয় হয়ে ওঠে ও λ DNA সংযুক্ত দশা থেকে মুক্তি পায়। RecA দ্বারা cI অপসারণকে পোষক কোশের SOS **সংশোধনী প্রক্রিয়া** বলা হয়।

প্রান্তলিপি ঃ লাইসোজেনিক ফাজ DNA যখন পোষক DNA এর সাথে সংযুক্ত(অবস্থায় থাকে তখন তাকে বলে প্রোফাজ (Prophage) এই প্রোফাজ যখন পোষক DNA থেকে বিযুক্ত(হয় তখন সেই বিযুক্তি(একদম ত্রুটিহীন নাও হতে পারে। বিযুক্তি(র সময় সেটি পোষক DNA থেকে এক বা একাধিক জীন নিয়ে বিযুক্ত(হতে পারে। এই বিযুক্ত(DNA অচিরেই শত শত ফাজ কণিকা তৈরী করে, কোশের মৃত্যু ঘটায় এবং মুক্ত(হয়ে নতুন পোষক ব্যাকটেরিয়াকে আত্র(মণ করে। এই বার সে কিন্তু নিজের DNA ছাড়াও বহন করে নিয়ে যায় পূর্ববর্তী পোষকের এক বা একাধিক জীন। এই জীনগুলির প্রকাশও ঘটে নতুন আশ্রয়দাতার কোশদেহে। যৌনতা ছাড়া জীনের বা বংশগতির উপাদানগুলির আদান-প্রদানের এ এক অদ্ভুত উপায়। একে বলে ট্রানস্‌ডাকশন (Transduction)।

(v) লাইটিক পর্যায় (Lytic stage) ঃ Q জীনের কার্যকারিতায় λ DNA অতঃপর মস্তক (head) ও পুচ্ছ (tail) প্রোটিন উৎপাদন করতে থাকে। এই প্রোটিনগুলি λ কণিকার অ্যাসেম্বলির জন্য দায়ী। তার আগে λ DNA এর প্রতিলিপিকরণ দরকার। λ DNA এর প্রতিলিপিকরণ হয় Rolling circle পদ্ধতিতে। আর একটা জরুরী কথা হল λ DNA এর 2-4টি পূর্ণাঙ্গ তন্ত্রী পরস্পরের থেকে বিচ্ছিন্ন না হয়ে **কনক্যাটামার**

(Concatamer) গঠন করে। একাধিক পরস্পর সংযুক্ত DNA দ্বারা গঠিত এই Concatamer থেকে λ ফাজের খালি ক্যাপসিডে **head filling** পদ্ধতিতে অপত্য DNA প্রবেশ করে এবং অ্যাসেম্বলি সম্পন্ন হয়। খালি মস্তক অংশকে DNA দ্বারা পূর্ণ করার পদ্ধতিকেই বলে head filling। কিছু লাইসোজেনিক ফাজ আছে যারা লাইসোজেনিক হলেও তার DNA টি পোষক DNA তে সংযোজিত হয় না। উদাহরণ ব্যাকটেরিওফাজ P1; ফাজ P1 টেমপারেট ব্যাকটেরিওফাজ। লাইসোজেনিক চক্রে ফাজ P1 এর DNA পোষক কোশের সাইটোপ্লাজমে স্বতন্ত্রভাবে প্লাসমিডের মত থাকে। পোষক কোশের বিভাজনের সাথে সাথে প্রতিটি অপত্য কোশে একটি করে P1 ফাজ প্রেরিত হয়। পোষক কোশের DNA এর প্রতিলিপিকরণের সাথে সমতা বজায় রেখে চলতে থাকা P1 ফাজ হল লাইসেজেনিক জীবন চক্রের একটি ব্যতিক্রমী উদাহরণ

■ অনুশীলনী - 1

1. নীচের ঘটনা ক্রমগুলি এলেমেলোভাবে দেওয়া আছে। ঠিকমতো ক্রমানুসারে সাজিয়ে দিন ঃ

(a) অনুপ্রবেশ → বিদারণ → সংগঠন → পৃষ্ঠলগ্ন হওয়া → ক্যাপাসিড প্রোটিন গঠন → DNA সংশ্লেষ

(b) লীন পর্যায় → অপসৃয়মান পর্যায় → বিদারণ ঘনত্ব

(c) সংক্রমণ → বিযোজন → প্রোফাজ → লাইসিস → সংযোজন → DNA সংশ্লেষ → প্রোটিন সংশ্লেষ → কোশ বিভাজন।

2. শুদ্ধ করে লিখুন ঃ

(a) একটি ভাইরাস কণিকা গড়তে T4 ফাজের প্রায় 2000 জিন দরকার।

(b) পোষক কোশের মধ্যে প্রথমে যে প্রোটিন তৈরী হয় তা হল *ক্যাপসিড প্রোটিন*।

(c) লাইটিক ফাজের উদাহরণ হল λ *ফাজ*।

(d) একটি ঘনকাকার ব্যাকটেরিওফাজের উদাহরণ হল T2।

(e) ব্যাকটেরিয়ার কোশ বিভাজনের ফলে যে অংশক্সিট সৃষ্টি হয় তাকে বলে ‘প্লাক্’।

12.4 উদ্ভিদ-ভাইরাস (Plant Virus)

বহু উদ্ভিদ ভাইরাস দ্বারা সংক্রামিত হয় (সারণি-12.2)। এই ভাইরাসের সংখ্যা বৃদ্ধি ব্যাকটেরিওফাজের মত লাইটিক চক্রে হয়ে থাকে এবং একই পর্যায়ক্রম ধরে চলে। (1) অনুপ্রবেশ ঃ উদ্ভিদে ভাইরাসের অনুপ্রবেশ হয় ক্ষতস্থানের মধ্য দিয়ে। এছাড়া স্বাভাবিক ছিদ্রসমূহ যেমন স্টোমাটা, লেন্টিসেল ইত্যাদির মাধ্যমেও হতে পারে। (2) খোলকমুক্তি (uncoating) : উদ্ভিদকোশের মধ্যেই খোলকের আবরণী থেকে ভাইরাসের DNA মুক্ত হয়। (3) পোষক কোশের বিপাকীয় কার্য করায়ত্ত করা। (4) ভাইরাসের জিনোমের দ্বারা ভাইরাসের প্রয়োজনীয় প্রোটিন সংশ্লেষ। (5) ভাইরাস জিনোমের অনুলিপি তৈরী করা। (6) সংগঠন (Assembly) ও (7) মুক্তি (Release) বা নিষ্ক্রমণ। উদ্ভিদ ভাইরাসের নামকরণ সাধারণত সংক্রামিত গাছ এবং রোগের লক্ষণ এর উপর ভিত্তি করা হয়।

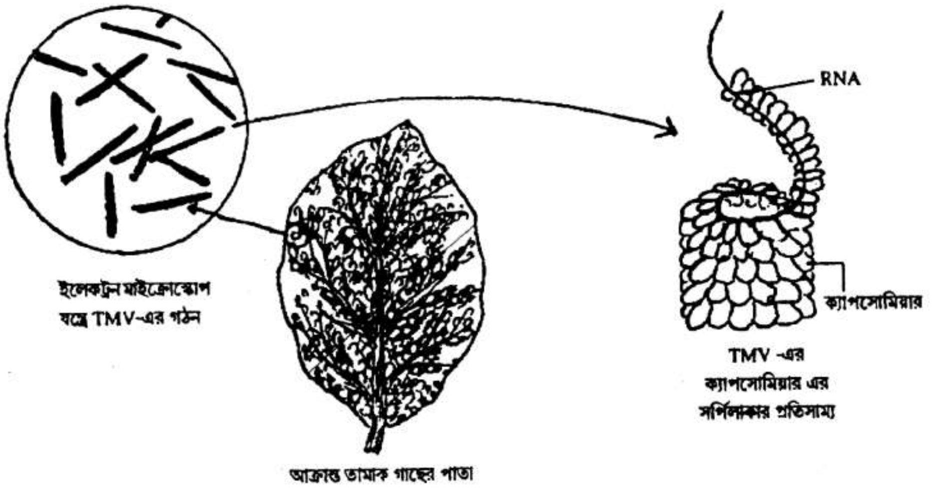
সারণি-12.2 : উদ্ভিদ নির্ভর কিছু ভাইরাসের বৈশিষ্ট্য

উদ্ভিদ নির্ভর ভাইরাসের গ্রুপ	বৈশিষ্ট্য
1. ব্রোমো ভাইরাস (Brome mosaic virus)	RNA জিনোম, গঠন আইকোসাহেড্রাল, ছোট আকারের। পোষক উদ্ভিদ - আনারস।
2. কলিফ্লাওয়ার মোজাইক ভাইরাস (Cauliflower Mosaic Virus)	দ্বিতন্ত্রী DNA জিনোম, সাইটোপ্-লাজমে সংখ্যা বৃদ্ধি করে। পোষক উদ্ভিদ - ফুলকপি।
3. কুকোমো ভাইরাস (Cucumber Mosaic Virus)	RNA জিনোম, গঠন আইকোসাহেড্রাল, পোষক উদ্ভিদ - শশা।
4. লিউটিক ভাইরাস (Luteo Virus) (Barely yellow dwarf Virus)	RNA জিনোম, গঠন আইকোসাহেড্রাল, পোষক উদ্ভিদ - বার্লি।
5. নেপো ভাইরাস (Tobacco ringspot Virus)	RNA জিনোম, বহুভুজ আকৃতি, ঘনকাকার, নিমাটোড দ্বারা বাহিত হয়। পোষক উদ্ভিদ - তামাক গাছ।
6. পোটেক্স ভাইরাস (Potato virus X)	RNA জিনোম, বড় 450-580mm দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট দণ্ডাকার। পোষক উদ্ভিদ - আলু।
7. পটি ভাইরাস (Potato virus Y)	একতন্ত্রী RNA জিনোম, সর্পিলাকার প্রতিসমতা বিশিষ্ট। দণ্ডাকার। পোষক উদ্ভিদ - আলু।
8. টোবাকো নেত্র(সিস্ ভাইরাস (Tobacco necrosis virus)	RNA জিনোম, দ্বি - প্রতিসমতা বিশিষ্ট পোষক উদ্ভিদ - আলু।
9. টোবামো ভাইরাস (Tobaccomosaic Virus)	একতন্ত্রী RNA জিনোম, সর্পিলাকার প্রতিসমতা দণ্ডাকার গঠন। পোষক - তামাক গাছ।
10. টোব্রা ভাইরাস (Tobaco rattle virus)	জিনোম একতন্ত্রী RNA, দেহ খণ্ডিত। দণ্ডাকার নিমাটোড দ্বারা বাহিত হয়। পোষক উদ্ভিদ - তামাক।
11. টোমবুস ভাইরাস (Tomato bush virus)	RNA জিনোম, ঘনকাকার পোষক উদ্ভিদ- টোম্যাটো।
12. টাইমো ভাইরাস (Turnip yellow mosaic virus)	জিনোম RNA, আইকোসাহেড্রাল, পতঙ্গ দ্বারা বাহিত। পোষক উদ্ভিদ - শালগম।
13. ওয়াটার মেলন মোজাইক ভাইরাস (Watermelon mosaic virus)	RNA জিনোম, দণ্ডাকার 700-950mm দৈর্ঘ্য পোষক উদ্ভিদ - তরমুজ।

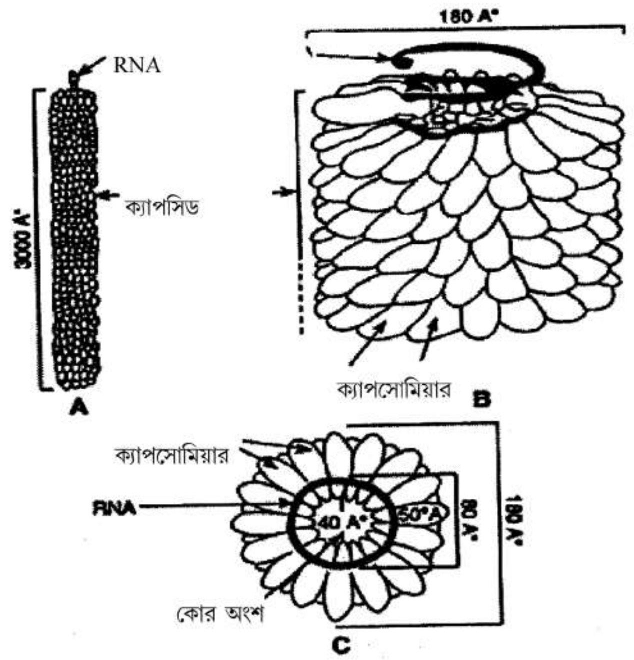
12.4.1 একটি আদর্শ উদ্ভিদ ভাইরাসের গঠন ও বিস্তার ঃ

টোব্যাকো মোজাইক ভাইরাস বা TMV হল একটি আদর্শ উদ্ভিদ ভাইরাস। টোব্যাকো মোজাইক ভাইরাসের জিনোম একতন্ত্রী (single standred); (sense বা +) RNA। এই জিনোমকে 2130টি ক্যাপসোমার দ্বারা গঠিত ক্যাপসিড খোলক সর্পিলাকারে ঘিরে থাকে। (চিত্র 12.8, 12.9) TMV এর দৈর্ঘ্য 3000Å এবং ব্যাস 180Å।

সর্পিলাকার ক্যাপসিডের প্রতি তিনটি প্যাঁচে ক্যাপসোমিয়ার সংখ্যা 49 অর্থাৎ প্রতিটি সম্পূর্ণ প্যাঁচে 16.3টি করে ক্যাপসোমার থাকে। অন্তঃস্থ কোর (Core) অংশ 40Å বেধবিশিষ্ট ফাঁপা টিউব যার মধ্যে 6.8-7.3 kb দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট একতন্ত্রী + প্রকৃতির RNA অণুটি থাকে। TMV দ্বারা সংক্রমণ হয়ে থাকে ক্ষতের মাধ্যমে।

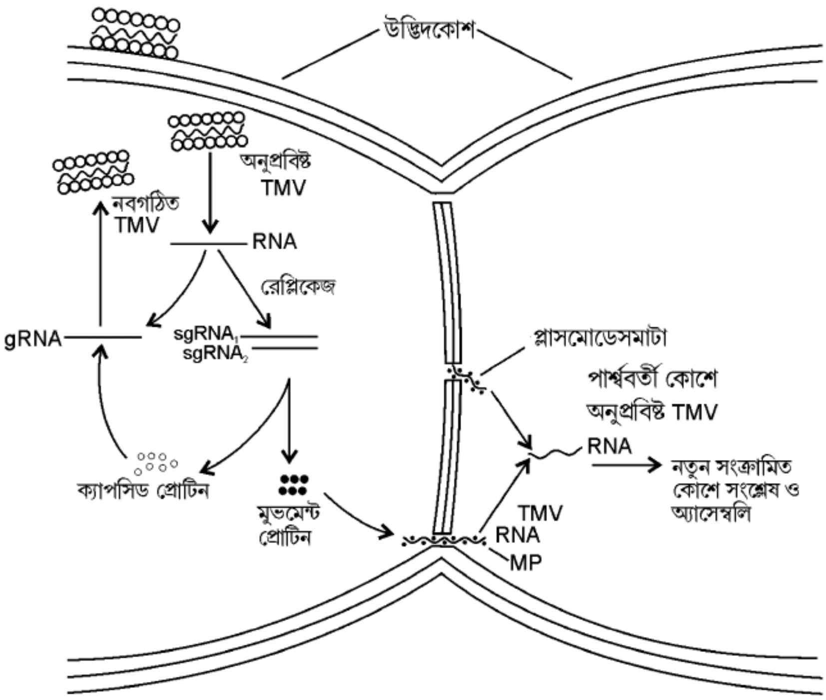


চিত্র নং 12.8 ঃ টোব্যাকো মোজাইক ভাইরাসের দ্বারা আত্র(োন্ত পাতায় বর্ণালী রোগের ল(ণ এবং ভাইরাসের সর্পিলাকার প্রতিসাম্য।



চিত্র নং 12.9 ঃ (A) একটি আদর্শ উদ্ভিদ ভাইরাসের গঠন ঃ TMV (B) একটি TMV কণিকার সর্পিলাকার প্রতিসাম্য ও ক্যাপসোমার দ্বারা গঠিত ক্যাপসিড ও কোর অংশের লম্বচ্ছেদ (C) ঐ অংশের প্রস্থচ্ছেদ।

বৃদ্ধি ও বিস্তার (Multiplication and Transmission) ঃ TMV কোশের মধ্যে একবার প্রবেশ করলেই তার জিনোম পোষক কোশের সাইটোপ্-াজমে বেরিয়ে আসে। RNA জিনোম মুক্ত(হওয়ার সাথে সাথেই একটি উৎসেচক তৈরীর জন্য mRNA তৈরী করা শু(করে। এই উৎসেচকটির নাম **RNA নির্ভর RNA রেপ্লিকেজ্ (RNA dependent RNA replicase)।** এই উৎসেচকের কাজ RNA জিনোমের পরিপূরক (complementary) অপর একটি RNA তৈরী করা। TMV এর ক্যাপসিড দ্বারা আবৃত আদি RNA টিকে বলা হয় (+) RNA এবং পরিপূরক RNA টি (–) RNA নামে পরিচিত। এই (–) RNA কে ছাঁচরূপে ব্যবহার করে আবার তৈরী হয় তার পরিপূরক RNA অর্থাৎ (+) RNA, এই (+) RNA এর মধ্যে কিছু TMV এর জিনোমরূপে কাজ করে এবং এদের বলে জিনোমিক RNA (g RNA)। অপর কিছু mRNA রূপে কাজ করে। ঐ mRNA পোষক কোশের রাইবোজোমের সাহায্যে আবরণী প্রোটিন বা ক্যাপসোমার তৈরী করে। এই mRNAগুলি অসম্পূর্ণ বলে এদের বলে সাব জিনোমিক RNA (sgRNA)। sgRNA1, এবং sgRNA2 এর সাহায্যে ক্যাপসিড প্রোটিন ও মুভমেন্ট প্রোটিন তৈরি হয়। কোশের মধ্যে যথেষ্ট পরিমাণ TMV জিনোম ও ক্যাপসোমার জমা হলেই নিউক্লিওক্যাপসিডের অ্যাসেমব্লি সতঃস্ফূর্তভাবে হতে থাকে এবং কোশমুক্ত(হতে থাকে একটি একটি করে TMV কণিকা। মুভমেন্ট প্রোটিনের সহায়তায় TMV জীনোম প্-াসমোডেসমাটার মধ্য দিয়ে থেকে কোষান্তরে যায় (চিত্র নং 12.10)।



চিত্র নং **12.10 : TMV এর সংক্রামণ ও বিস্তার**। এক কোশ থেকে অন্য কোশে বিস্তার হয় প্-াসমোডেসমাটার সাহায্যে। সাব জিনোমিক (sg) RNA থেকে তৈরি মুভমেন্ট প্রোটিন (MP) এই কাজে সহায়ক। জিনোমিক RNA (g RNA) ও ক্যাপসিড প্রোটিনের সংযুক্তি(তে নবগঠিত TMV পূর্ণতা লাভ করে। তবে প্-াসমোডেসমাটার মাধ্যমে গমনে কেবল gRNA টিকেই MP বহন করে কোশান্তরে নিয়ে যায়।

TMV এক কোশ থেকে অন্য কোশে প্লাজমোডেস্‌মাটার (Plasmodesmata) মাধ্যমে পরিবাহিত হয় এবং অচিরেই সম্পূর্ণ গাছটি সংক্রামিত হয়। অনেকগুলি TMV একত্রিত হয়ে কোশের মধ্যে কেলাস্ (Crystal) তৈরী করে থাকে। TMV সংক্রামিত কোশের সাধারণতঃ মৃত্যু ঘটে না কিন্তু এক সংক্রামিত কোশ থেকে TMV চারিদিকে ছড়িয়ে পড়ে। TMV দ্বারা সংক্রামিত গাছের পাতার বর্ণালীর মত হলুদ রং লক্ষ্য করা যায় কেননা মৃত কোশগুলি ক্লোরোফিলবিহীন হওয়ার ফলে বিবর্ণ হয়ে যায়। এক উদ্ভিদ থেকে অন্য সুস্থ উদ্ভিদে বিস্তার সম্পূর্ণভাবে গঠিত ভিরিয়ন (ক্যাপসিড দ্বারা আবৃত mRNA) দ্বারা হয়ে থাকে। কিন্তু কোশান্তর বিস্তার (intercellular transmission) কেবলমাত্র RNA দ্বারাই সম্পন্ন হতে পারে। প্লাসমোডসমাটা এই কাজে সহায়ক। একটি পোষক উদ্ভিদ থেকে অন্য পোষক উদ্ভিদে TMV কণিকা পতঙ্গ-বাহকের সাহায্যে স্থানান্তরিত হতে পারে। Aphid জাতীয় পতঙ্গ এই কাজে সহায়ক। এছাড়া কর্ষণের জন্য ব্যবহৃত উপকরণটি যেমন লাঙ্গল, ছুরি, কাঁচি ইত্যাদির সাহায্যেও স্থানান্তরণ ঘটে থাকে।

12.4.2 ভাইরয়েড (Viroids) ও ভাইরুসয়েড (Virusoids)

ভাইরয়েড একধরনের সংক্রমণকারী কণিকা যাদের কেবল একতন্ত্রী ও চক্রাকার RNA থাকে কিন্তু কোন ক্যাপসিড প্রোটিন থাকে না। এদের জিনোম মাত্র 240-375 টির মতো নিউক্লিওটাইড থাকে। যদিও এদের RNA এমনিতে চক্রাকার কিন্তু এত পেঁচান থাকে যে দণ্ডাকৃতি ধারণ করে। ভাইরয়েডের সংখ্যাবৃদ্ধির জন্য যা কিছু উৎসেচক দরকার তা পোষক কোশ থেকেই পায়।

এরা শুধুমাত্র উদ্ভিদকেই আক্রমণ করে এবং অন্ততঃ 20 ধরনের রোগ তৈরী করে। আলুর স্পিনডিল টিউবার (Potato spindle tuber), সাইট্রাস এক্সোকোরটিস্ (Citrus exocortis), ক্রিসানথিমাম স্টান্ট (Crysanthemum stunt), এবং কোকোনাট কাডাং কাডাং (coconut cadang-cadang) প্রভৃতি রোগ ভাইরয়েড দ্বারা হয়ে থাকে। ভাইরয়েড কেমন করে একটি গাছ থেকে অন্য গাছকে সংক্রামিত করে এবং কোশের বাইরে কি অবস্থায় থাকে তাও ঠিক জানা যায় নি।

ভাইরুসয়েড (Virusoid) ঃ এরাও ক্যাপসিডবিহীন RNA জীনোম যা 220 থেকে 388টি নিউক্লিওটাইড দ্বারা গঠিত। ভাইরয়েডের সঙ্গে এর তফাৎ হল এই জিনোম কোন প্রোটিন বা উৎসেচক তৈরী করতে পারে না। ফলে কেবলমাত্র সহায়ক (helper) ভাইরাসের উপস্থিতিতে পোষক কোশে সফলভাবে প্রতিলিপিকরণ সম্পন্ন করতে পারে। ভাইরয়েডের মত এদের পোষক কোশ কেবল উদ্ভিদ নয়। উদ্ভিদ, প্রাণী, ব্যাকটেরিয়া সবরকম কোশই আক্রান্ত হতে পারে। এদের RNA কে স্যাটেলাইট RNA বলে তখন যখন সেটি helper এর উপস্থিতি ছাড়া প্রতিলিপি তৈরী করতে পারে না। উদাহরণ ঃ হেপাটাইটস ডেলটা ভাইরুসয়েড (hepatitis delta virusoid)। এই হেপাটাইটিস ভাইরাস-এর হেল্পার রূপে কাজ করে ডেলটা ভাইরাস (delta virus)।

■ অনুশীলনী - 2

1. শূন্যস্থান পূরণ করুন ঃ

(a) প্রায় সমস্ত উদ্ভিদ ভাইরাসের জীনোম ________।

(b) TMV এর ক্যাপসিডটি প্রায় ________ টি ক্যাপসোমিয়ারের সমন্বয়ে গঠিত।

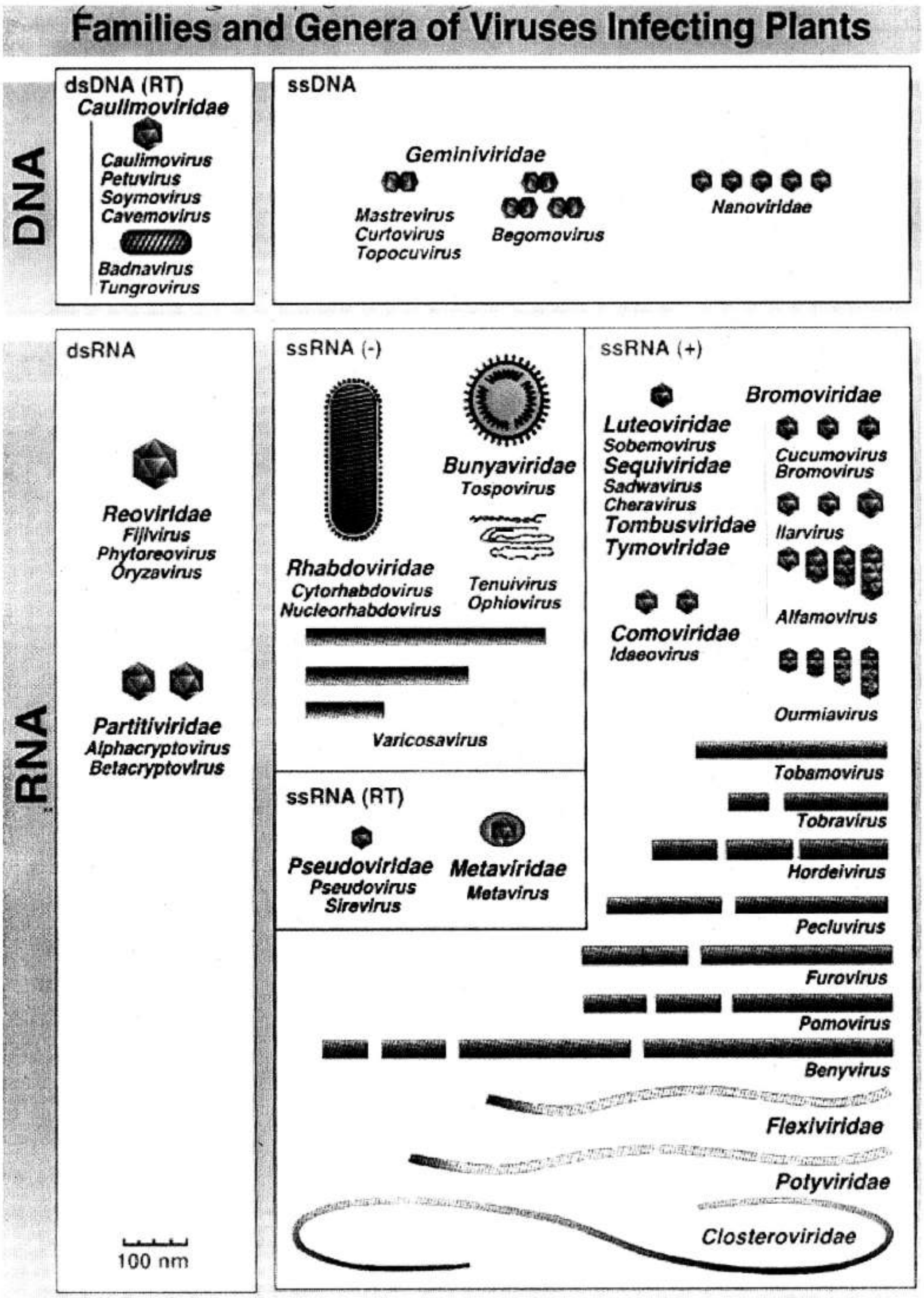
(c) TMV এর সংক্রমণ হয় ________ এর মাধ্যমে এবং এটি কোশ থেকে কোশান্তরে পরিবাহিত হয় ________দ্বারা।

(d) ভাইরয়েড হল একধরনের সংক্রমণকারী কণিকা যার ________ থাকে কিন্তু ________ থাকে না।

(e) একটি ভাইরয়েড ঘটিত উদ্ভিদরোগের নাম হল ________।

2. টীকা লিখুন ঃ

(a) TMV ক্যাপসিড (b) TMV এর বিস্তার (c) ভাইরয়েড (d) ভাইরুসয়েড



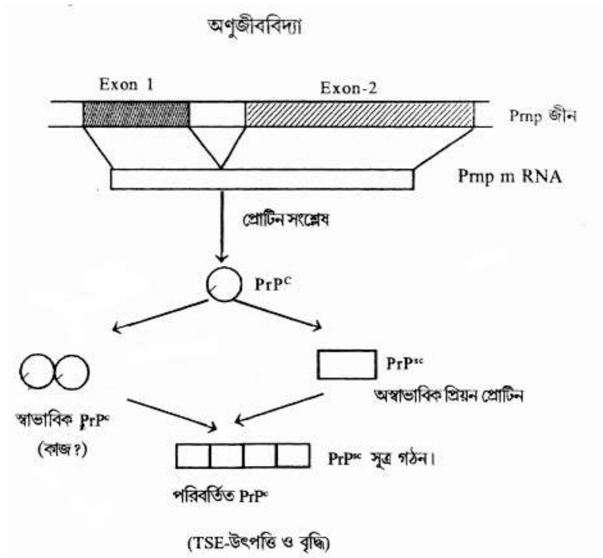
চিত্র নং 12.11 ঃ উদ্ভিদ ভাইরাসের শ্রেণীবিন্যাস। ল(্যণীয় এই যে শ্রেণিবিন্যাসটি নিউক্লিক অ্যাসিডের প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল।

12.5 প্রিয়ন (Prions)

ভাইরাস নিয়ে আলোচনাকালে আমরা দেখলাম যে ভাইরাস পরিস্রাবনযোগ্য জৈব কণিকা ঠিকই কিন্তু পোষক দেহের বাইরে তার আচরণ জড়ের মত। নিউক্লিক অ্যাসিডের (হয় DNA নতুবা RNA) উপস্থিতি এর মধ্যে জীবনের একমাত্র অথচ সুনিশ্চিত প্রমাণ। পরবর্তীকালে অবশ্য এমন কোন কোন সংক্রামক কণিকার সন্ধান পাওয়া গেছে যাদের মধ্যে নিউক্লিক অ্যাসিডের উপস্থিতি লক্ষ্য করা যায় না। এদের বলে "প্রিয়ন"। কয়েকটি রোগ যেমন গরুর "ম্যাড কাউ ডিজিজ", ভেড়ার স্ক্র্যাপি (scrapie), মানুষের কুরু (kuru) ও ক্রুজফেল্ড-জ্যাকোব রোগ (Creutzfeldt-Jakob-Disease) ইত্যাদির সাথে প্রিয়ন নামটি জড়িত।

ভেড়ার স্ক্র্যাপি রোগের কারণ খুঁজতে খুঁজতে বিজ্ঞানী প্রুসিনার (Prusiner) দেখেছিলেন একটি পরিস্রাবনযোগ্য অণুজীবের মতো পদার্থ এই রোগের কারণ। তবে মজার কথা এগুলি শুধুই প্রোটিন দিয়ে তৈরী, কোন DNA বা RNA থাকে না। এদের নামই হল প্রিয়ন (Prions)।

সংক্রামিত ভেড়ার মস্তিষ্ক থেকে "প্রিয়ন" বার করে সুস্থ ভেড়ায় আরোপিত করলে পোষক দেহে সেটি 'বৃদ্ধি' শুরু করে ফলে সুস্থ ভেড়ার স্ক্র্যাপি রোগ হয়। বৃদ্ধি জীবাণুর একটি বৈশিষ্ট্য কিন্তু DNA ও RNA ছাড়া কোন জীবাণু কি করে বাড়তে পারে? বিজ্ঞানীরা এই দ্বন্দ্ব কাটাবার জন্য নানান পরীক্ষা করে মোটামুটিভাবে জানতে পেরেছেন যে প্রিয়ন হল যথার্থ ব্যতিক্রম। সত্য সত্যই সেটি শুধুই প্রোটিন দ্বারা গঠিত আর এই প্রোটিন পোষক কোশ থেকেই উদ্ভুত, তফাৎ শুধু অবয়বগত (Conformational)। স্ক্র্যাপি সৃষ্টিকারী প্রোটিন (ছোট করে লেখা হয় Pr Psc) যে যে অ্যামিনো অ্যাসিড দিয়ে তৈরী সেই সেই অ্যামিনো অ্যাসিড দিয়ে গঠিত প্রোটিন সুস্থ ভেড়ার মস্তিষ্কেও আছে। এই প্রোটিনকে লেখা হয় Pr Pc (প্রিওন্স লাইক প্রোটিন অফ কন্ট্রোল)। Pr Pc ও Pr Psc এর তফাৎ হচ্ছে—Pr Psc প্রোটিন কিছুটা ক্ষুদ্রতর এবং বিশেষভাবে ভাঁজ (fold) হয়ে থাকে। এই কারণে প্রোটিয়েজ (Protease) উৎচেক Pr Psc কে নষ্ট করে ফেলতে পারে না। Pr Psc প্রোটিনের একটি বিশেষ বৈশিষ্ট্য হল এই যে Pr Pc তৈরী হওয়ার সময় যদি Pr Psc প্রোটিনের সংস্পর্শে আসে তা হল নতুন তৈরী হওয়া Pr Pc



চিত্র নং 12.12 ঃ প্রিয়ন প্রোটিন ও তার দ্বারা সংত্র(মণ পদ্ধতি

পরিবর্তিত হয়ে যায় Pr Psc প্রোটিনে। (চিত্র 12.12) একবার এই Pr Psc তৈরী হলে তাকে আর সরানো যায় না, ফলে এটি কোশ পর্দায় জমতে থাকে এবং স্ক্র্যাপি রোগ উপসর্গের প্রকাশ পায়। Pr Pc প্রোটিনের Pr Psc প্রোটিনে পরিবর্তন ঘটলে স্নায়ুবৈকল্য (Neurological disorder) দেখা দেয় এবং পরে প্রাণীর মৃত্যুও ঘটে। "প্রিয়ন" দ্বারা সংক্রামিত প্রাণীর বিশেষ কিছু কিছু অংশ খাদ্য হিসাবে ব্যবহৃত হলে সংক্রমণ ছড়াতে পারে। সংক্রমণের পর প্রায় 8 থেকে 10 বছর লেগে যায় উপসর্গ দেখা দিতে। প্রিয়ন ঘটিত রোগগুলিকে এককথায় বলা হয় Spongiferous encephalopathy (স্পঞ্জিফেরাস এনসেফালোপ্যাথি)। এর প্রভাবে মস্তিষ্কের মধ্যে স্পঞ্জের মতো ছিদ্র সৃষ্টি হয়। সাধারণতঃ স্তন্যপায়ীতে এই রোগ দেখা যায়।

12.6 সারাংশ (Summary)

ভাইরাসের প্রকারভেদ করা হয় তার পোষকের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে। ব্যাকটেরিয়া সংক্রমণকারী ভাইরাস হল ব্যাকটেরিওফাজ, এরা দুভাবে জীবনচক্র সম্পূর্ণ করে। লাইটিক চক্রে সংক্রমণের পরই অনুপ্রবিষ্ট ভাইরাস জীনোম ব্যাকটেরিয়ার জীনোমটি ধ্বংস করে ফলে এবং ব্যাকটেরিয়া কোশের সাহায্য নিয়েই নিজের প্রয়োজনীয় নিউক্লিক অ্যাসিড ও ক্যাপসিড প্রোটিন গঠন করে। অবশেষে লাইসোজাইম নামক উৎসেচকের সাহায্যে ব্যাকটেরিয়ার কোশপ্রাচীর ফাটিয়ে নবগঠিত ফাজ কণিকা মুক্ত হয়। লাইসোজেনিক চক্রে ফাজ জীনোমটি ব্যাকটেরিয়ার জীনোমের সাথে সংযুক্ত হয়ে যায় এবং এইভাবেই থেকে যেতে পারে বহু প্রজন্ম ধরে। আবার প্রয়োজনমত সেটি পোষক জীনোম থেকে বিযোজিত হতে পারে এবং তারপর লাইটিক চক্রের পুনরাবৃত্তি ঘটিয়ে বংশবৃদ্ধি করতে পারে। উদ্ভিদ ভাইরাস সাধারণতঃ RNA যুক্ত হয়। TMV হল তামাক পাতার 'বর্ণালী' রোগ সৃষ্টিকারী একতন্ত্রী RNA বিশিষ্ট টোবাকো মোজাইক ভাইরাস। এছাড়া ভাইরয়েড হল এমন কণিকা যা কেলবমাত্র নিউক্লিক অ্যাসিড দিয়ে তৈরী, প্রোটিন ক্যাপসিড এতে নেই। এরাও বহুবিধ উদ্ভিদরোগ সৃষ্টি করতে পারে। 'প্রিয়ন' হল নিউক্লিক অ্যাসিড বিহীন কেবল প্রোটিন দ্বারা গঠিত একটি সংক্রামক রাসায়নিক কণিকা যা 'ম্যাড কাউ' রোগ সৃষ্টির কারণ হিসাবে স্বীকৃত।

12.7 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী (Terminal Questions)

1. চিত্রসহ ব্যাকটেরিওফাজের লাইটিক চক্রের বর্ণনা দিন।
2. লাইসোজেন কাকে বলে? লাইসোজেনিক চক্রের চিত্রসহ বিবরণ দিন।
3. TMV এর গঠনবৈশিষ্ট্য আলোচনা করুন এবং এটির বিস্তারলাভ পদ্ধতি সম্পর্কে যা জানেন লিখুন।
4. **টীকা লিখুন ঃ**

(i) TMV এর গঠন বৈশিষ্ট্য

(i) প্রোফাজ

(iii) লাইসিস্

(iv) ভাইরাসের জীনোম

(v) প্রিয়ন

(vi) ভাইরয়েড

(vii) ব্যাকটেরিওফাজের উপস্থিতি নির্ণায়ক পরীক্ষা।

12.8 উত্তরমালা (Answers)

অনুশীলনী -1

1. নীচের ঘটনা ক্রমগুলি এলোমেলোভাবে দেওয়া আছে। ঠিকমতো ক্রমানুসারে সাজিয়ে দিন ঃ

   (a) পৃষ্ঠলগ্ন হওয়া → অনুপ্রবেশ → DNA সংশ্লেষ → ক্যাপসিড → সংগঠন → বিদারণ → প্রোটিন → গঠন

   (b) অপসৃয়মান পর্যায় → লীন পর্যায় → বিদারণ ঘনত্ব

   (c) সংক্রমণ → সংযোজন → প্রোফাজ → কোশ বিভাজন → বিযোজন → DNA সংশ্লেষ → প্রোটিন সংশ্লেষ → লাইসিস।

2. (a) 150টি জীন (b) DNA সংশ্লেষকারী প্রোটিন (c) T2 ফাজ (d) PM_2 (e) ফাজের সংখ্যাবৃদ্ধির

অনুশীলনী -2

1. (a) RNA (b) 2130 (c) উদ্ভিদের ক্ষতস্থান; প্লাসমোডেসমাটা (d) নিউক্লিক অ্যাসিড; প্রোটিন ক্যাপসিড

   (e) কোকোনাট ক্যাডাং ক্যাডাং

2. 12.4 অংশ থেকে উত্তর দিন।

প্রান্তিক প্রশ্নাবলী ঃ

1. 12.3.1 অংশাঙ্কিত অংশ দ্রষ্টব্য। গঠন বৈশিষ্ট্য সংক্ষেপে আলোচনা করে সংক্রমণের বিভিন্ন পর্যায় আলোচনা করতে হবে। চিত্র 12.6 দ্রষ্টব্য।

2. সংযুক্ত ভাইরাস জীনোমসহ আক্রান্ত কোশকে বলে লাইসোজেন। 12.3.4 অংশাঙ্কিত অংশ দেখুন। চিত্র 12.6 দ্রষ্টব্য।

3. 12.4 অংশ থেকে চিত্রসহ উত্তর দিন।

4. টিকাগুলি মূল বৈশিষ্ট্য উল্লেখ করে এবং প্রয়োজন হলে চিত্র দেখিয়ে লিখুন।

একক 13 ❑ ব্যাকটেরিয়ার কোশীয় সংগঠন - I (Cellular Organization of Bacteria-I)

গঠন

13.1 উদ্দেশ্য

13.2 প্রস্তাবনা

13.3 জীবনের মূল সংগঠন

13.3.1 প্রোক্যারিওটিক ও ইউক্যারিওটিক কোশের পার্থক্য

13.4 ব্যাকটেরিয়ার কোশীয় গঠন

13.4.1 আকৃতি ও আকার

13.5 কোশপর্দা

13.5.1 কোশপর্দার পরিবহন ব্যবস্থা

13.5.2 কোশপর্দার অর্ন্তবৃদ্ধি

13.6 কোশপ্রাচীর

13.6.1 গ্রাম নেগেটিভ ও গ্রাম পজিটিভ ব্যাকটেরিয়া

13.6.2 আর্কিয়ার কোশপ্রাচীর

13.7 ফ্ল্যাজেলা

13.8 পিলি

13.9 ক্যাপসুল/স্লাইম/S-স্তর

13.10 সারাংশ

13.11 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

13.12 উত্তরমালা

13.1 উদ্দেশ্য

এই এককটি পাঠ করে আপনি নিম্নলিখিত বিষয়গুলি সম্পর্কে ধারণা লাভ করবেন—

- ব্যাকটেরিয়া কোশের সংগঠন বৈশিষ্ট্য এবং তা প্রাণী বা উদ্ভিদকোশের তুলনায় কতটা ভিন্ন।
- ব্যাকটেরিয়ার আয়তন ও আকৃতি।
- কোশপর্দার বৈশিষ্ট্য ও কাজ।
- কোশপ্রাচীরের গঠন ও কাজ।
- গ্রাম +ve ও গ্রাম –ve ব্যাকটেরিয়ার কোশপ্রাচীরের গঠন ও প্রভেদ।

- ফ্ল্যাজেলা ও পিলি নামক বর্হিবৃদ্ধি দ্বয়ের গঠন।
- ক্যাপসুল বা স্লাইম স্তরের গঠন।

13.2 প্রস্তাবনা

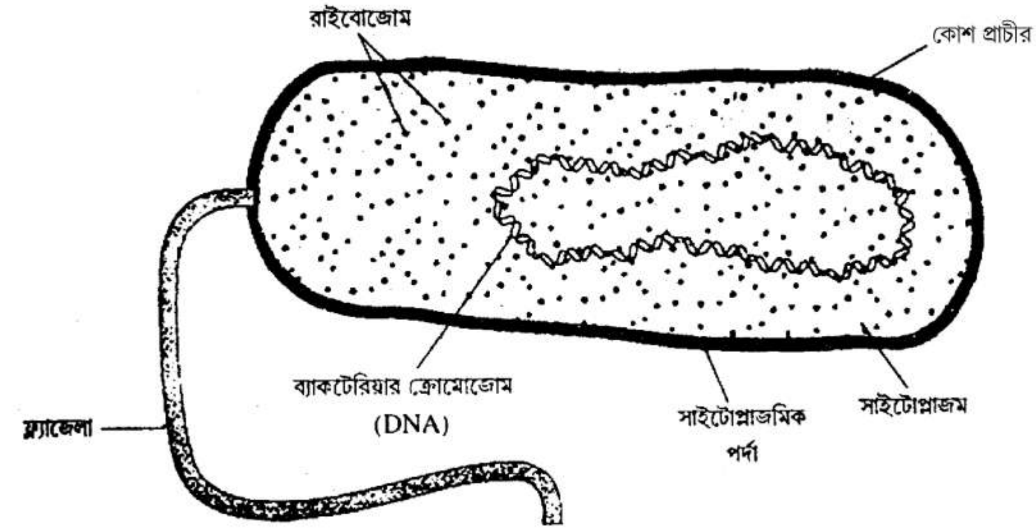
এই এককটিতে এবং এর পরের এককে ব্যাকটেরিয়া কোশের মূল সংগঠন বৈশিষ্ট্য সম্পর্কে আলোচনা করা হয়েছে। কোশ যদি জীবনের একক হয় তাহলে জীবনের বহতা ধারা দুটি খাতে বইছে। একটি ধারা হল প্রাণী বা উদ্ভিদ কোশের ধারা। এরা হল ইউক্যারিওটিক বা যথার্থ নিউক্লিয়াসবিশিষ্ট কোশ। অপর ধারাটি ব্যাকটেরিয়ার। এরা হল প্রোক্যারিওটিক কোশ অর্থাৎ আদি নিউক্লিয়াসবিশিষ্ট কোশ। এই দু ধরনের কোশের কোশীয় সংগঠনে কিছু মূল পার্থক্য আছে। ব্যাকটেরিয়া সম্পর্কে আলোচনা প্রসঙ্গে এই পার্থক্যটি অত্যন্ত দরকারী। একক ব্যাকটেরিয়া কোশের গঠনে কোশ প্রাচীর কোশপর্দা, জেনেটিক পদার্থ ইত্যাদিও স্বতন্ত্র আলোচনার দাবী রাখে।

13.3 জীবনের মূল সংগঠন (Basic Organization of Living Unit)

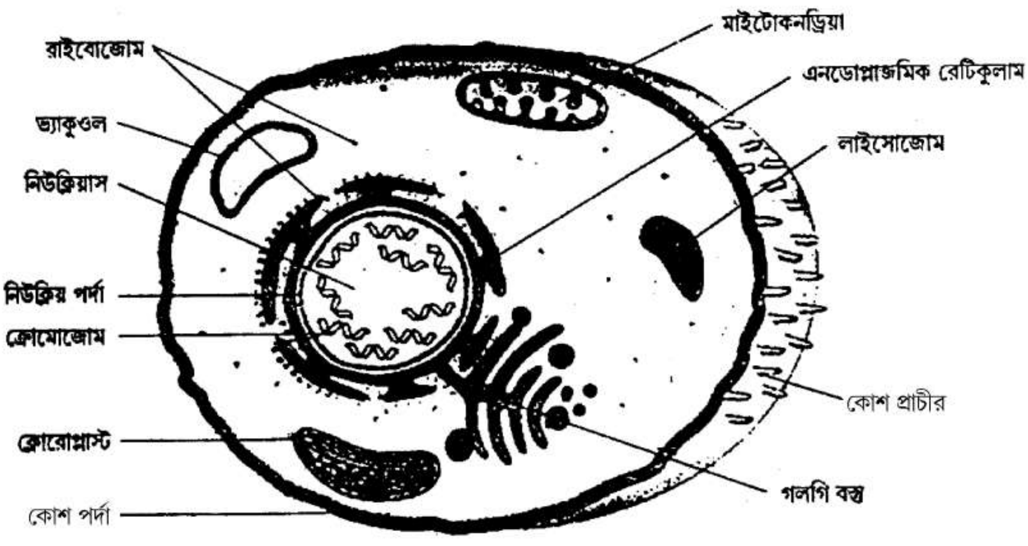
কোশ জীবনের একক। এই একক ব্যতিক্রমরহিতভাবে কোশপর্দা দ্বারা-আবৃত। কোশপর্দাই সমন্বয় রক্ষা করে জীবনের সাথে তার পরিবেশের; নিয়ন্ত্রিত করে বাইরে থেকে কি কি উপদান কোশে প্রবেশ করবে আর কি করবে না। এই নিয়ন্ত্রণই সুসংগঠনের চাবিকাঠি। সাইটোপ্লাজমিক পর্দার মধ্যে থাকে সাইটোপ্লাজম্। জীবনীশক্তির বা বিপাকীয় কার্যের কেন্দ্রে আছে ATP (এ্যাডিনোসিন্ ট্রাইফস্ফেট) এর উৎপাদন এবং একে ভেঙ্গে প্রয়োজনীয় শক্তির সংস্থান। তাই ATP কে বলে জীবনী শক্তির মূলধন। সাইটোপ্লাজমই বিপাকীয় কার্যের কারিগরী আধারস্থল (work place) এবং এর জন্য প্রয়োজন কিছু মৌলিক সংগঠন। সংগঠন পরিচালনার জন্য আছে DNA (ডি অক্সিরাইবোনিউক্লিক অ্যাসিড) যার নির্দেশ অনুযায়ী সবই চলে জন্ম থেকে মৃত্যু পর্যন্ত বংশানুক্রমে। DNA কে সাহায্যের জন্য আছে RNA (রাইবোনিউক্লিক অ্যাসিড)। DNA-এর দ্বিতন্ত্রী (double helix) অণুর মধ্যে সংকেত থাকে কোশের বৈশিষ্ট্য ও কার্যপ্রণালীর। DNA অণুর বিশেষত্ব হল তার মৌলিক উপাদান ও উৎসেচকের সাহায্যে প্রতিরূপ তৈরী করতে পারা যা রেপ্লিকেশন বা প্রতিলিপিকরণ নামে পরিচিত। এই অনুরূপ DNA বংশানুসরণ করে চলে (heritable)। DNA থেকে বিপাকীয় কার্যের জন্য সংকেত বহন করে কারিগরী আধারস্থলে নিয়ে আসে RNA। RNA তৈরী হয় DNA-এর প্রতিরূপে DNA কে ছাঁচ হিসাবে ব্যবহার করে। DNA থেকে RNA গঠিত হওয়াকে বলে প্রতিলিপিকরণ (transcription)। DNA-এর সংকেত বাহক RNA-এর মাধ্যমে বাস্তবায়িত হয় প্রোটিন সংশ্লেষ পর্যায়ে। প্রোটিন তৈরীর পদ্ধতিকে বলে অনুবাদন বা translation। অধিকাংশ প্রোটিনই উৎসেচকের কাজ করে। তার মধ্যে বেশ কিছু উৎসেচক ATP তৈরী করতে ও ভাঙতে ব্যস্ত থাকে। ATP-এর অণুকে ভেঙে যে শক্তি বেরিয়ে আসে তার কিছু অংশ ব্যবহার হয় কোশের বাইরের পরিবেশ থেকে খাদ্য আহরণে, যা দিয়ে তৈরী হয় কোশের নতুন কিছু কাঠামো অথবা ভবিষ্যতের সঞ্চয় হিসাবে আরও ATP।

13.3.1 প্রোক্যারিওটিক ও ইউক্যারিওটিক কোশ (Prokaryotic and Eukaryotic Cells)

এই সাংগঠনিক ব্যবস্থাপনা প্রতিটি জীবেই দেখা যায় তা বিবর্তন বৃক্ষের (evolutionary tree) একদম নীচের তলার বা একদম উপরের তলার সদস্য যাই হোক না কেন। অবশ্য নীচের ও উপরের তলার সদস্য জীব কোশদের মধ্যে দুই ধরনের জাতিগত বৈশিষ্ট্য বিশেষভাবে পরিলক্ষণীয়। নীচের তলার সদস্যদের কোশ আদিম।



(a) প্রোক্যারিওটিক কোশ ঃ ব্যাকটেরিয়া



(b) ইউক্যারিওটিক কোশ : উদ্ভিদকোশ

চিত্র নং 13.1 ঃ প্রোক্যারিওটিক ও ইউক্যারিওটিক কোশ

এমন কোশকে প্রোক্যারিওটিক কোশ (prokaryotic cell) বলে। এই প্রোক্যারিওটিক কোশ থাকে ব্যাকটেরিয়া এবং আর্কিয়া (archaea) শ্রেণীর জীবদের মধ্যে। ব্যাকটেরিয়া ও আর্কিয়া ছাড়া অন্যসব জীব-কোশকে ইউক্যারিওটিক কোশ (eukaryotic cell) বলে (চিত্র 13.1), যেমন ছত্রাক, শ্যাওলা, উদ্ভিদ এবং প্রাণীদের কোশ ইউক্যারিওটিক তা আকারে যত ছোটই হোক।

প্রোক্যারিওটিক কোশে একক পর্দা দ্বারা আবৃত (membrane bound) কোন অঙ্গাণু (organelle) থাকে না, অন্যদিকে প্রতিটি ইউক্যারিওটিক কোশে একাধিক অঙ্গাণু থাকে, তার মধ্যে বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য নিউক্লিয়াস। ইউক্যারিওটিক কোশের নিউক্লিয়াস্ হল নিউক্লীয় পর্দা দিয়ে ঘেরা অঙ্গাণু, যার মধ্যে DNA সুরক্ষিত থাকে। অন্যান্য অঙ্গাণুর মধ্যে মাইটোকনড্রিয়া, প্লাসটিড প্রভৃতি উল্লেখযোগ্য। এরা সকলেই একক পর্দা দিয়ে ঘেরা। ইউক্যারিওটিক কোশের দু-একটি অঙ্গাণুর মধ্যে নানান বিপাকীয় কার্য আংশিক স্বতন্ত্রভাবে সাধিত হয়। এক কথায় বলা যায় ইউক্যারিওটিক কোশ সময় এর সাথে আঙ্গিক জটিলতা বাড়িয়েছে মাত্র আরও সুসংগঠিত হওয়ার জন্য কিন্তু জীবনের যে সব বৈশিষ্ট্য মৌলিক যেমন—প্রতিরূপ গঠন, প্রোটিন সংশ্লেষ ও বংশবৃদ্ধি তা বজায় আছে। এমনকি ATP মারফত শক্তির উৎপাদন ও সংরক্ষণের যে মৌলিক পদ্ধতি তাও বজায় আছে প্রতিটি কোশে ব্যাকটেরিয়ার মত আদি কোশ থেকে শুরু করে উন্নততম মানবকোশ পর্যন্ত সমস্ত স্তরে। নীচের সারণিতে প্রোক্যারিওটিক ও ইউক্যারিওটিক কোশের পার্থক্য দেখানো হল ঃ

সারণি - 13.1 ঃ প্রোক্যারিওটিক ও ইউক্যারিওটিক কোশের পার্থক্য

কোশের অংশ	প্রোক্যারিওটিক কোশ	ইউক্যারিওটিক কোশ
নিউক্লিয়াস	নিউক্লিয় পর্দা দ্বারা আবৃত যথার্থ নিউক্লিয়াস দেখা যায় না।	নিউক্লিয় পর্দা দ্বারা আবৃত যথার্থ নিউক্লিয়াস উপস্থিত।
ক্রোমোজোম	সংখ্যায় কেবলমাত্র একটি।	একাধিক।
DNA	বৃত্তাকার।	রৈখিক।
হিসটোন প্রোটিন	নেই।	আছে।
মাইটোসিস	বেমতন্তু দ্বারা গঠিত মাইটোটিক সংগঠন নেই।	আছে।
মিওসিস	দেখা যায় না।	গ্যামেট উৎপাদনের সময় মিওসিস হয়।
এণ্ডো বা এক্সোসাইটোসিস	হয় না।	হয়।
যৌন জনন	যথার্থ যৌন জনন হয় না অসম্পূর্ণভাবে জীনগত সংযুক্তি ঘটতে পারে।	যথার্থ যৌন জনন, যেখানে জীনগত সংযুক্তি সম্পূর্ণ ভাবে হয়।
শ্বসনকেন্দ্র	কোশ পর্দা কেন না মাইটোকনড্রিয়া নেই।	মাইটোকনড্রিয়া।

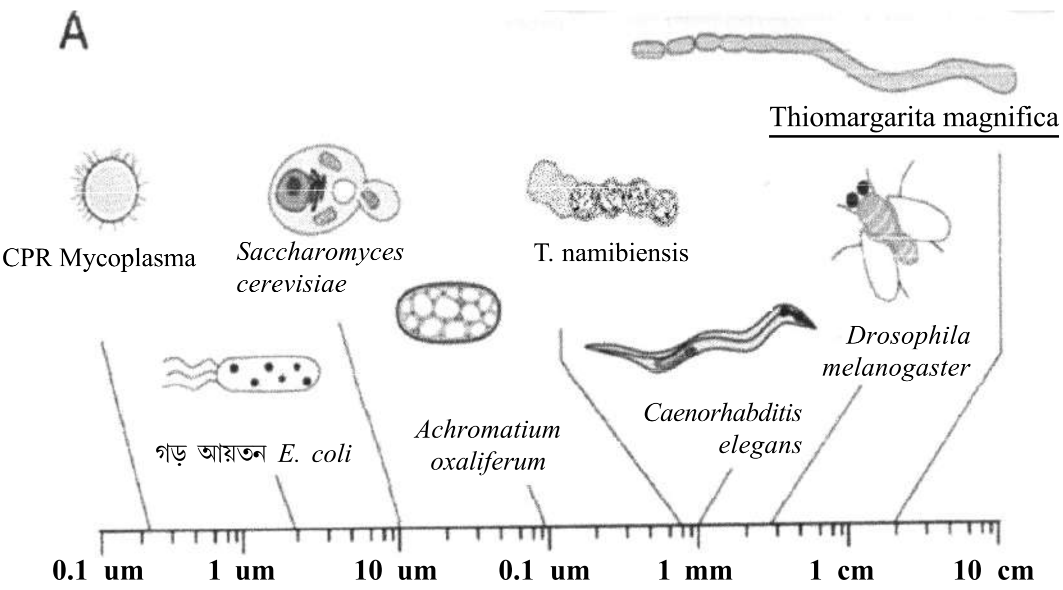
কোশের অংশ	প্রোক্যারিওটিক কোশ	ইউক্যারিওটিক কোশ
সালোকসংশ্লেষ কেন্দ্র	কোশ পর্দা, কেন না ক্লোরোপ্লাস্ট নেই।	ক্লোরোপ্লাস্ট।
রাইবোজোম	70S প্রকৃতির।	80S প্রকৃতির।
রাইবোজোমের অধঃ একক	50S + 30S	60S + 40S
এণ্ডোপ্লাজমিক রেটিকিউলাম	নেই।	আছে।
গলগি বস্তু	নেই।	আছে।
কোশ প্রাচীর	মুখ্যতঃ পেপটাইডোগ্লাইকান দ্বারা গঠিত। সেলুলোজ নেই।	সেলুলোজ দ্বারা গঠিত, পেপটাইডোগ্লাইকন নেই।
ফ্ল্যাজেলা	এটি ফ্ল্যাজেলিন নামক প্রোটিন দ্বারা নির্মিত সূত্রাকার অংশ।	9 + 2 মাইক্রোটিউবিউল দ্বারা গঠিত সূত্রাকার অংশ।
চলন ঃ	ফ্ল্যাজেলার চলন ঘূর্ণন পদ্ধতিতে।	ফ্ল্যাজেলার চলন পার্শ্বীয় দোলন পদ্ধতিতে
অ্যামিবয়েড চলন	দেখা যায় না।	দেখা যায়।
অন্তঃরেণু	প্রতিকূলতা অতিক্রমকারী দেহজ গঠন।	অযৌন জননকারী বিশেষ গঠন।

13.4 ব্যাকটেরিয়ার কোশীয় গঠন (Organization of Bacterial Cell)

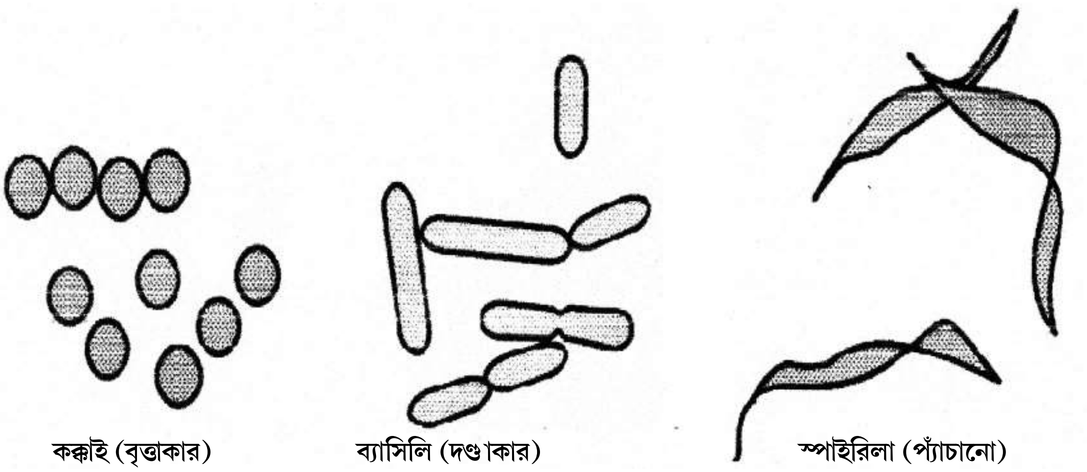
ব্যাকটেরিয়া সাধারণভাবে আণুবীক্ষণিক জীব হবার দরুণ এদের গঠন বৈশিষ্ট্য জানা গেছে সাধারণ এবং ইলেকট্রন মাইক্রোস্কোপের সাহায্যে এদের অনুশীলন করে।

13.4.1 আকার ও আকৃতি (Size and Shape)

ব্যাকটেরিয়া এককোশী জীব, বেশ দৃঢ় কিন্তু বাইরের আবরণী নমনীয় (flexible)। আর্কিয়াদের আকৃতি ব্যাকটেরিয়ার মতই। ক্ষুদ্রতম ব্যাকটেরিয়া *Mycoplasma laidlawii* (মাইকোপ্লাজমা ল্যেইডলাই) এর আয়তন 0.1μm মাত্র তবে সাধারণভাবে ব্যাকটেরিয়ার আয়তন 0.2μm থেকে 20μm এর মধ্যেই থাকে। কিছু ব্যতিক্রম আছে যেমন *Epulopiscium fishelsoni (*ইপুলোপিসসিয়াম ফিসেলসোনি*)*। একটি সাধারণ ব্যাকটেরিয়ার তুলনায় দশ লক্ষ গুণ বড়। এরা চওড়ায় প্রায় 0.5mm যেখানে সাধারণ ব্যাকটেরিয়া মাত্র 0.5 থেকে 1.5μm হয়। এখন পর্যন্ত আবিষ্কৃত সর্ববৃহৎ ব্যাকটেরিয়ার নাম হল *Thiomargarita magnifica.* যেটি দৈর্ঘ্যে মানুষের একটি চোখের পাতার (1 সে.মি.) সঙ্গে তুলনীয়।



চিত্র নং 13.2 ঃ বিভিন্ন আকারের ব্যাকটেরিয়া। সর্ববৃহৎটি হল *Thismargarita magnifica*



চিত্র নং 13.3 ঃ প্রধান তিনটি আকৃতির ব্যাকটেরিয়া

ব্যাকটেরিয়ার আকৃতি নানান রকম তবে প্রধানতঃ তিন রকম আকৃতি দেখা যায়; (1) গোলাকার (spherical) বিজ্ঞানের ভাষায় **কক্কাস্** (coccus) বলে, বহুবচনে কক্কাই (cocci)। সাধারণতঃ এরা 0.2μm থেকে 4μm পর্যন্ত ব্যাস বিশিষ্ট হতে পারে; (2) **দণ্ডাকৃতি** বা **রড** (Bacilli) যারা আকারে অপেক্ষাকৃত বড় হয় এবং (3) **স্পাইরিলা** (Spirilla) যারা প্যাঁচালো আকৃতির হয়ে থাকে। (চিত্র 13.4)।

কক্কাই আবার গোলাকার বা উপবৃত্তাকার (elipsoidal), বৃক্কাকার (kidny shaped) অথবা ভল্লাকার (lanceolate) হয়। এরা একটির সাথে অপরটি যুক্ত হয়ে দলবদ্ধ হয়ে থাকতে পারে। কক্কাস্ ব্যাকটেরিয়াদের মধ্যে

দলবদ্ধ হওয়ার প্রবণতা বেশী দেখা যায় এবং তা গণবিশেষে নির্দিষ্ট। কীভাবে দলবদ্ধ থাকে তা বোঝাতে আলাদা আলাদা নাম দেওয়া হয়েছে। (চিত্র 13.4 দেখুন)

A. (a) মাইক্রোকক্কাস (Micrococcus বহুবচনে Micrococci) । যখন কোশগুলি দলবদ্ধ হয়ে না থেকে আলাদা আলাদা থাকে তা বোঝাতে মাইক্রোকক্কাস্ শব্দটি ব্যবহার করা হয়। এই ধরনের ব্যাকটেরিয়ার উদাহরণ হল *Micrococcus agilis* (মাইক্রোকক্কাস্ অ্যাজিলিস্), Micrococcus *lutius* (মাইক্রোকক্কাস লুটিয়াস) প্রভৃতি।

(b) ডিপলোকক্কাই (Diplococci)। এদের কোশ একতলে বিভাজিত হয় কিন্তু সবসময় জোড়ায় জোড়ায় লেগে থাকে, যেমন *Diplococcus pneumoniae* (ডিপলোকক্কাস নিমুনি), *Neisseria gonorrhoeae* (নেসেরিয়া গনোরি)।

(c) স্ট্রেপটোকক্কাই (Streptococci)। কোশগুলি পরপর লেগে একটি লম্বা চেন এর মতো হয়ে থাকে। এই চেনের দৈর্ঘ্য বিভিন্ন হতে পারে। *Steptococcus pneumoniae* (স্ট্রেপটোকক্কাস্ নিমুনি) , *Steptococcus pyogenes* (স্ট্রেপটোকক্কাস পায়জিনেজ) ব্যাকটেরিয়া চেনের আকারে দলবদ্ধ হয়ে থাকে।

(d) টেট্রাকক্কাই (Tetracocci)। এদের কোশ দুটি তলে বিভাজিত হয় একটি অপরটি থেকে সমকোণে এবং চারটি কোশ একসাথে লেগে থাকে পূর্ণাঙ্গ অবস্থায়।

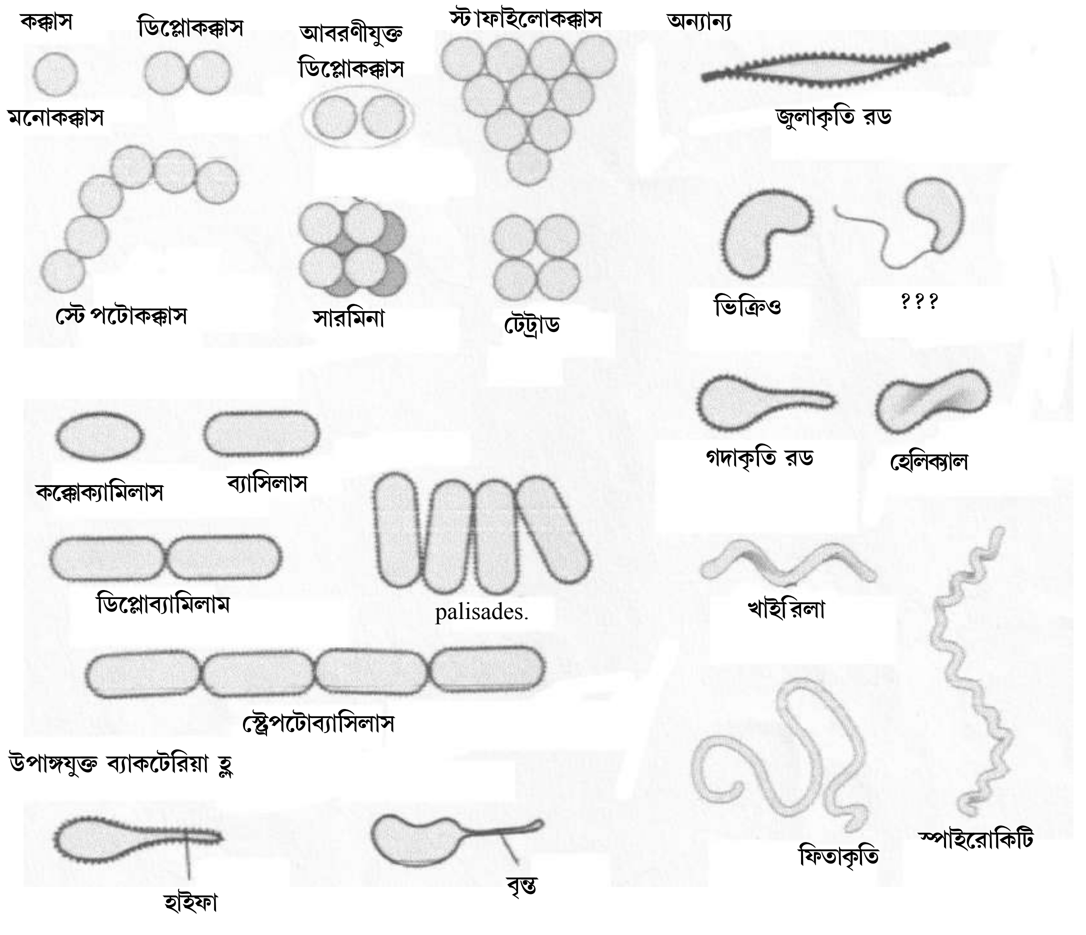
(e) সারসিনা (Sarcinae)। এদের কোশ তিনটি তলে বিভাজন শুরু করে, প্রতিটি তল একে অপরের সাথে সমকোণে অবস্থান করে ফলে 4 অথবা 16 তার অধিক কোশ নিয়ে বাক্সের আকারে দলবদ্ধ থাকে, যেমন *Sarcina sp.*

(f) স্ট্যাফাইলোকক্কাই (Staphylococci)। এদের কোশ নানান তলে বিভাজিত হয় বলে দলটির তেমন কোন সুনির্দিষ্ট আকার থাকে না এবং আঙুরগুচ্ছের মতো দেখতে লাগে, যেমন *Staphylococcus aureus.* বিভিন্ন আকারের কক্কাস চিত্র 13.4(A) তে প্রদর্শিত হল।

B. রড (rods) অথবা ব্যাসিল্লি (bacilli, একবচনে bacillus) ঃ এরা ঋজু দণ্ডাকৃতি (straight rods), এককভাবে থাকতে পারে অথবা দলবদ্ধ হয়ে থাকতে পারে। কোন কোন ক্ষেত্রে রড এতই ছোট হয় যে কক্কাই এর সাথে তফাৎ করতে অসুবিধা হয়। এই ক্ষেত্রে এদেরকে কক্কোব্যাসিল্লি (coccobacilli) বলে। যেমন— *Moraxella* (মোরাক্সেলা), *Acinetobacter* (অ্যাসিনেটোব্যাকটার) এবং *Paracoccus* (প্যারাকক্কাস্) এরা সাধারণতঃ জোড়ায় জোড়ায় থাকে।

রড আকৃতির ব্যাকটেরিয়া যখন জোড়ায় জোড়ায় থাকে তখন তাকে *ডিপলোব্যাসিল্লি* (diplobacilli) বলে আর রড গুলি পরস্পর লেগে চেনের মতো হয়ে থাকে তখন তাকে *স্ট্রেপটোব্যাসিল্লি* (streptobacilli) বলে। রড আকৃতি ব্যাকটেরিয়ায় দলবদ্ধতা অনেক ব্যাকটেরিয়া গণেই দেখা যায় তাই এই ধর্ম দিয়ে কোন একটি গণকে নির্দিষ্ট করা যায় না। এদের সবচেয়ে স্বাভাবিক উদাহরণ হল *Bacillus sp.* (ব্যাসিলাস)। কোন কোন

রড বাঁকানো বা কমা (Comma) আকৃতির হয়। যেমন কলেরা জীবাণু *Vibrio cholerae* (ভিব্রিও কলেরি)। চিত্র 13.4 (B) তে বিভিন্ন প্রকার রড প্রদর্শিত হল।



চিত্র নং 13.4 ঃ বিভিন্ন আকৃতির ব্যাকটেরিয়া

C. কিছু ব্যাকটেরিয়ার স্ক্রু সদৃশ প্যাঁচানো আকৃতির হয়। এদেরকে **স্পাইরিল্লাম** (spirillum) বলে। যেমন— *Spirillum bengal* (স্পাইরিল্লাম বেঙ্গল) (চিত্র 13.4 (C))। দণ্ডাকৃতি ব্যাকটেরিয়া যখন স্ক্রুর মতো পেঁচান হয় তখন তাকে **স্পাইরোকিটি** (spirochete) বলে। এরা স্ক্রুর মতো একটি সরল রেখাকে কেন্দ্র করে আবর্তিত হয়ে চলে। উদাহরণ স্বরূপ *Treponema pallidum* (ট্রিপোনেমা প্যালিডাম) এর নাম উল্লেখ করা যায়। এটি মানুষের সিফিলিস্ (syphilis) রোগ সৃষ্টি করে (চিত্র 13.4 (B))। এছাড়া দু'একটি ব্যতিক্রমী আকৃতি ব্যাকটেরিয়ার জগতে পরিলক্ষিত হয়, যেমন— (i) বর্হিবৃদ্ধি যুক্ত ব্যাকটেরিয়া যার ক্ষুদ্রাকৃতি বৃন্ত (stock) দেখা যায়। উদাহরণ *Rhodomicrobium sp.* (রোডোমাইক্রোবিয়াম *sp.*) ফিতাকৃতি (filamentous) ব্যাকটেরিয়া উদাহরণ *Chloroflexus* (ক্লোরোফ্লেক্সাস)।

■ **অনুশীলনী - 1**

1. সংক্ষিপ্ত উত্তর দিন ঃ

(i) ব্যাকটেরিয়ার মুখ্য তিনটি আকৃতি কী কী?

(ii) সর্ববৃহৎ ও সর্বাপেক্ষা ক্ষুদ্র ব্যাকটেরিয়ার নাম কী?

(iii) স্পাইরোকিটি ও স্পাইরিলাম এর মধ্যে পার্থক্য কী?

(iv) একক কক্কাস্ এবং একই সারিতে বিন্যস্ত বহুসংখ্যক কক্কাই এর উদারণ কী কী?

(v) 'কমা', আকৃতির ব্যাকটেরিয়ার নাম কী?

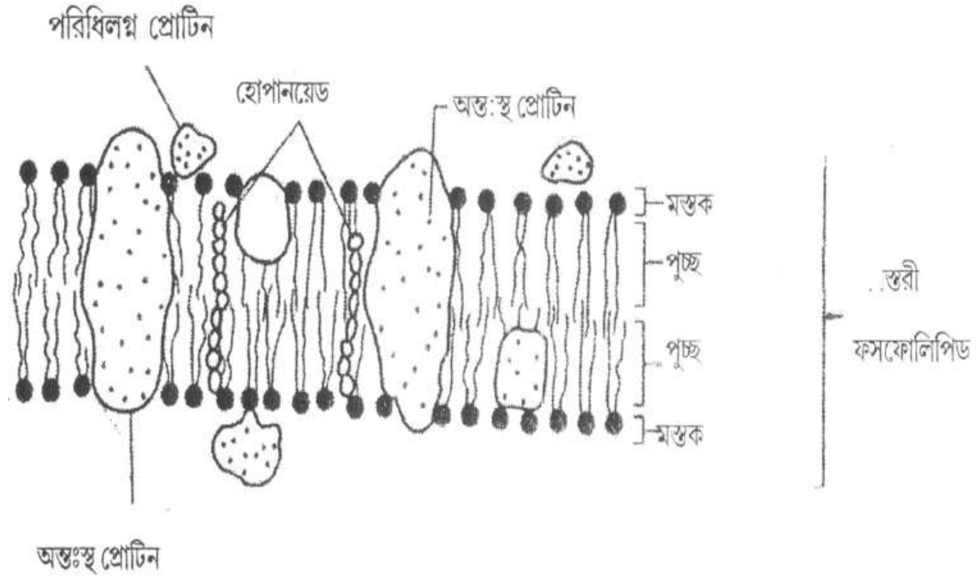
2. বিভাজন তলের বিভিন্নতার ভিত্তিতে কক্কাইকে যে সমস্ত ভাগে ভাগ করা যায় তাদের নাম লিখুন ও উদাহরণ দিন।

বিভাজন	উদাহরণ

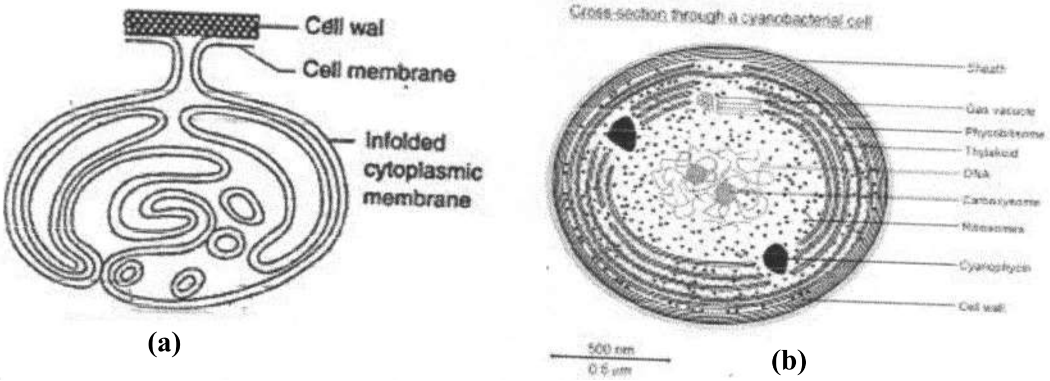
13.5 কোশপর্দা (Cell membrane)

প্রোক্যারিওটিক কোশের গঠন ইউক্যারিওটিক কোশের তুলনায় সরল তার কারণ প্রোক্যারিওটিক কোশে কোন অঙ্গাণু থাকে না। সবরকম কোশের গঠনের সাধারণ উপাদান হল সাইটোপ্লাজমিক পর্দা। জীবনকে পরিবেশের ক্ষতিকারক বস্তুর হাত থেকে বাঁচিয়ে রাখতে কোশপর্দা বাছাই করা বস্তুর বা যৌগের আদান প্রদান করে কোশের মধ্যে। তাই কোশ আবরণীকে অর্ধভেদ্য পর্দা (differentially permeable barrier) বলে। কোশের প্রয়োজনে এই পর্দা নির্দিষ্ট পদ্ধতি দ্বারা প্রবেশ করায় এই সব অণু বা আয়নকে (মূলক)। একে বলে কোশপর্দার পরিবহন পদ্ধতি বা Transport system।

সাইটোপ্লাজমিক পর্দার অন্যতম উপাদান হল ফসফোলিপিড (Phospholipid)। লিপিডের অণু পর পর একে অন্যের বিপরীতে মেরুবর্তী অবস্থায় সজ্জিত হয়ে দুটি আস্তরণ তৈরী করে এবং পর্দার মতো আকৃতি নেয়। দুটি আস্তরণ থাকে বলেই একে *দ্বিস্তরী বা বাইলেয়ার* (bilayer) পর্দা বলে। প্রতিটি ফসফোলিপিড অণুর দুটি অংশ। একটি জলগ্রাহী (hydrophilic) মস্তক (head) এবং অপরটি জলসংবেদী (hydrophobic) পুচ্ছ (tail) অংশ। অণুগুলিকে এই কারণে অ্যাম্ফিপ্যাথিক (amphipathic) অণু বলে। প্রতিটি ফসফোলিপিড অণুর উপাদান হ'ল একটি গ্লিসারলঘটিত ফসফেটযুক্ত অ্যালকোহল এবং গ্লিসারলের সঙ্গে যুক্ত দুটি দীর্ঘ ফ্যাটি অ্যাসিড শৃঙ্খল। অণুগুলিকে অন্যভাবে ফসফাটাইডিল (Phosphatidyl) গ্লিসারল বলা হয়ে থাকে। ব্যাকটেরিয়ার কোশপর্দায় কোলেস্টরল থাকে না। কোলেস্টেরল কোশপর্দাকে স্থিতিশীলতা দেয় এবং তার বদলে ব্যাকটেরিয়ার কোশপর্দায় **হোপানয়েড** (Hopanoid) নামে একটি যৌগ দেখা যায়।



চিত্র নং 13.5 ঃ সাইটোপ্লাজমিক পর্দার গঠন।



চিত্র নং 13.6 ঃ কোশপর্দার অন্তর্বৃদ্ধি। (a) মেসোজোম (b) ক্রোমাটোফোর

এটি কোশপর্দার ফ্লুইড মোজাইক মডেল। গ্লিসারল অণুগুলি বৃত্তাকার এবং ফ্যাটি অ্যাসিড শৃঙ্খল কালো সূত্রকার করে দেখান হয়েছে। প্রোটিনের প্রকারভেদটি লক্ষ্যণীয়। যেগুলি কোশপ্রাচীরের দিকে অবস্থিত তাদের বলে পরিধিলগ্ন (Peripheral) প্রোটিন এবং যেগুলি সাইপ্লাজমের দিকে থেকে কোশ প্রাচীরের দিক পর্যন্ত বিস্তৃত তাদের বলে ইন্টিগ্রাল (integral) প্রোটিন।

13.5.1 কোশপর্দার পরিবহন ব্যবস্থা (Transport through cell membrane)

পূর্বেই বলা হয়েছে কোশপর্দা অর্ধভেদ্য এবং কেবলমাত্র বাছাই করা পদার্থের অণু কোশপর্দা অতিক্রম করে যাতায়াতের সুযোগ পায়। তবে পরিবহন ব্যবস্থাটির প্রকারভেদ আছে। ব্যাকটেরিয়ার কোশে মুখ্যত নিম্নলিখত পদ্ধতিতে পরিবহন সম্পন্ন হয়।

(a) ব্যাপন (Diffusion) ঃ এটি হল পদার্থসমূহ অধিক ঘনত্ব থেকে কম ঘনত্বের দিকে কোশীয় শক্তি ব্যয় না করেই যাতায়াত পদ্ধতি। অপেক্ষাকৃত ক্ষুদ্র অণুসমূহ যথা কার্বন ডাই অক্সাইড (CO_2), অক্সিজেন (O_2) এই পদ্ধতিতে কোশাভ্যন্তরে প্রবেশ করে বা অপসারিত হয়।

(b) সহায়িত ব্যাপন (Facilitated Diffusion) ঃ এক্ষেত্রেও পদার্থগুলি অধিক ঘনত্ব থেকে কম ঘনত্বের দিকে যাতায়াত করে বিনা শক্তিব্যয়ে। তবে, পদ্ধতিটি কোশপর্দায় উপস্থিত কোন বাহক (carrier) অণুর সাহায্য নিয়ে সম্পন্ন হয়। যেমন ব্যাকটেরিয়া কোশে গ্লুকোজ অণুর প্রবেশ ঘটে *গ্লুকোজ ট্রান্সপোর্টার* নামক পরিবাহকের মাধ্যমে।

(c) সক্রিয় পরিবহন (Active Transport) ঃ পদার্থের অণুগুলি যখন ঘনত্বের বিপরীতে অর্থাৎ কম ঘনত্ব থেকে বেশী ঘনত্বের দিকে কোশীয় শক্তি ব্যয় করে যাতায়াত করে তখন তাকে বলে সক্রিয় পরিবহন। এজন্য কোশপর্দাস্থিত সুনির্দিষ্ট পরিবাহক, চ্যানেল প্রোটিন অথবা পাম্প দরকার। কোশপর্দার এই সমস্ত পরিবাহকগুলি প্রধানত তিন রকম—

(i) **Uniport (ইউনিপোর্ট) ঃ** যার মধ্য দিয়ে কেবল একমুখী পরিবহন সম্ভব। যেমন H^+ uniport কেবল H^+ আয়নকে কোশের ভিতর থেকে বাইরে পাঠায়।

(ii) Symport (সিমপোর্ট) ঃ যার মধ্য দিয়ে দুটি অণু একই দিকে পরিবাহিত হয়। যেমন— H^+–Na^+ Symport এর মধ্য দিয়ে প্রোটোন ও সোডিয়াম অণুর একমুখী পরিবহন হয়।

(iii) **Antiport (অ্যান্টিপোর্ট) ঃ** যে পরিবাহকের মধ্য দিয়ে দুটি ভিন্ন অণু দুটি ভিন্ন ভিন্ন অভিমুখে যাতায়াত করে। যেমন, $Na^+ – K^+$ অ্যান্টিপোর্ট যার মধ্য দিয়ে সোডিয়াম কোশের ভিতর থেকে বাইরে এবং পটাসিয়াম বাইরে থেকে ভিতরে ঢোকে।

(d) গ্রুপ ট্রান্সলোকেশন (Group Translocation) ঃ এই ধরনের পরিবহন কেবল ব্যাকটেরিয়াতেই দেখা যায়। এক্ষেত্রে একাধিক উৎসেচকের সমন্বয়ে কোশপর্দার বাইরে থেকে ভিতরে বিশেষতঃ শর্করার অণু (যথা গ্লুকোজ) প্রবেশ করে। উদাহরণস্বরূপ ঃ *E. coli* ব্যাকটেরিয়ার *ফসফোট্রান্সফারেজ পরিবহন তন্ত্র* (Phosphotransferase transport system)-এর কথা বলা যায়, যেখানে অনধিক 20টি উৎসেচক দ্বারা গ্লুকোজ অণু ফসফেট অণুর বিনিময়ে কোশের অভ্যন্তরে প্রবেশ করে।

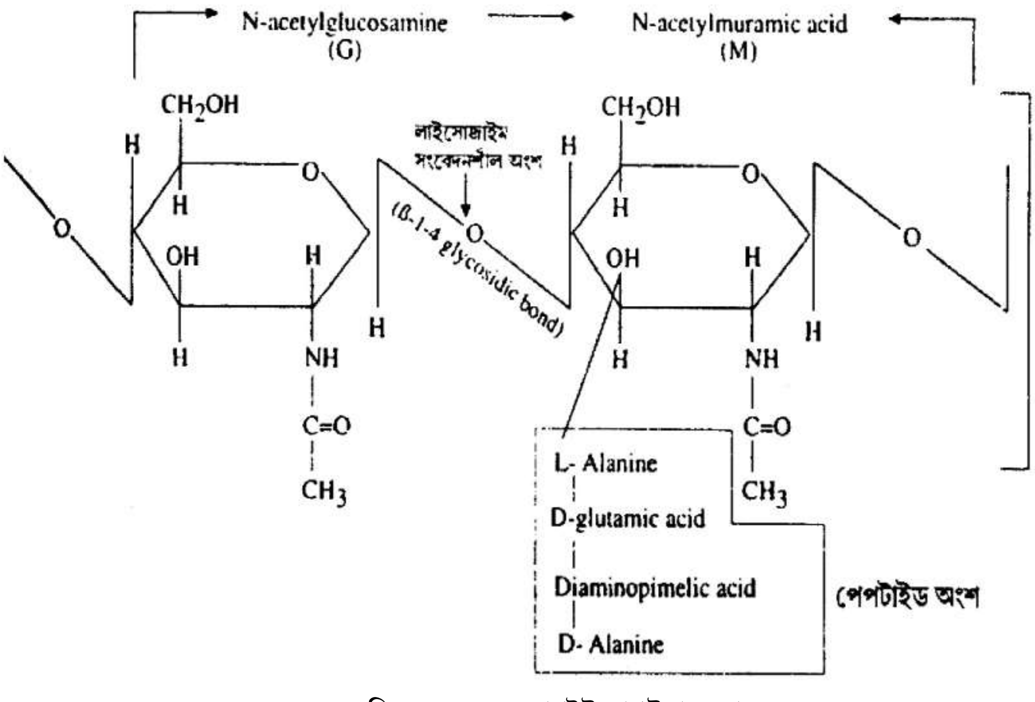
13.5.2 কোশপর্দার অর্ন্তবৃদ্ধি (Membrane invagination)

সব ব্যাকটেরিয়ায় না হলেও অনেক ব্যাকটেরিয়াতে এক বা একাধিক ধরনের অর্ন্তবৃদ্ধি দেখতে পাওয়া যায়। অর্ন্তবৃদ্ধিগুলি বস্তুতঃ পক্ষে কোশপর্দার সাইটোপ্লাজমে ভাঁজ হয়ে ঢুকে পড়ার জন্যই হয়েছে। এর ফলে পর্দার বিক্রিয়ার অংশগ্রহণকারী তল অনেকগুণ বেড়ে যায়। দু'ধরনের অর্ন্তবৃদ্ধির কথা বিশেষভাবে উল্লেখ্য ঃ যেমন নাইট্রিফাইং (nitrifying) ব্যাকটেরিয়া যারা নাইট্রোজেন ঘটিত খনিজ লবণকে জারিত (oxidation) করে ATP তৈরী করে তাদের ক্ষেত্রে এ জাতীয় অর্ন্তবৃদ্ধি লক্ষ্যণীয়। সালোসংশ্লেষকারী ব্যাকটেরিয়ার ক্ষেত্রে এই ধরনের পর্দায় রঞ্জকপদার্থ সঞ্চিত থাকে বলে তাকে ক্রোম্যাটোফোর (Chromatophore) বলে (চিত্র 13.6)। লাল-বেগুনী (পারপ্‌ল) সালফার-ব্যাকটেরিয়া ও ক্লোরোফিল বিশিষ্ট ব্যাকটেরিয়াতে এই ধরনের পর্দা থাকে। প্রোক্যারিওটিক কোশ যুক্ত নীল-সবুজ

শৈবালে এই পর্দা বহু স্তরে বিস্তার লাভ করে। এই পর্দাকে তখন **থাইলাকয়েড** (thylakoid) বলে। সম্ভবত এইভাবেই বিবর্তনের মাধ্যমেই উদ্ভিদের প্লাসটিডের গঠন হয়েছে। এছাড়া কোন কোন ব্যাকটেরিয়ায় কোশ পর্দার অর্ন্তবৃদ্ধি কে বিভাজনরত DNA এর সঙ্গে যুক্ত থাকতে দেখা যায়। এই অর্ন্তবৃদ্ধি **মেসোজোম** (Mesosome) নামে পরিচিত।

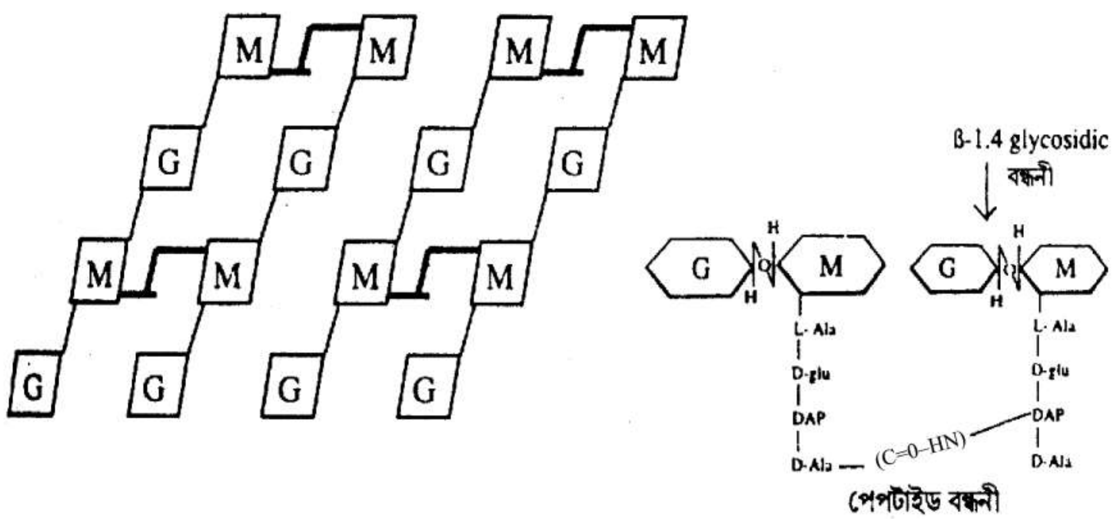
13.6 কোশপ্রাচীর (Cell wall)

কোশ প্রাচীর কোশকে আস্রাবণ জনিত আঘাত (Osmotic shock) থেকে রক্ষা করে। ব্যাকটেরিয়া সাধারণত লঘুসারক পরিবেশ (জল) বাস করে তাই কোশ ফেটে যাওয়ার কথা। কিন্তু বাস্তবে তা হয় না কারণ কোশ প্রাচীর আস্রাবন চাপ (Osmotic pressure) সহ্য করার ক্ষমতা রাখে। যদি কোনভাবে কোশপ্রাচীর তৈরী বন্ধ হয়ে যায় তাহলে কোশ লঘুসারক পরিবেশে আসামাত্রাই স্ফীত হয়ে ফেটে যাবে। (পেনিসিলিন নামক জীবাণুনাশক ব্যাকটেরিয়ার কোশ প্রাচীর তৈরীতে বাধা দিয়ে সেটিকে অনায়াসে ধ্বংস করে দেয়)। কোশ প্রাচীর দৃঢ় হলেও নমনীয় ও সচ্ছিদ্র (porous)। এই কারণে কোশের বাইরে থেকে প্রয়োজনীয় পদার্থ কোশাভ্যন্তরে প্রবেশে কোন অসুবিধা হয় না। একমাত্র খুব বড় কণাই প্রবেশে বাধা পায়। এছাড়া কোশ প্রাচীর ব্যাকটেরিয়ার আকৃতি দান করে। অর্থাৎ



চিত্র নং 13.7 ঃ পেপটাইডোগ্লাইকান অণু

অসংখ্য N-acetyl glucosamine (G) ও N-acetyl muramic acid (M) পরপর β 1.4 বন্ধনী দ্বারা যুক্ত থাকে। M-এর সাথে যুক্ত চারটি অ্যামাইনো অ্যাসিড দ্বারা গঠিত পেপটাইড অংশটি লক্ষ্যণীয়।



চিত্র নং 13.8 ঃ (A) কোশপ্রাচীরে পেপটাইডোগ্লাইকান শৃঙ্খল; (B) পেপটাইড বন্ধনী

(A) শৃঙ্খলে দুই ধরনের বন্ধনী লক্ষ্যণীয়। হালকা দাগ (—) দিয়ে G ও M এর মধ্যে β 1.4 গ্লাইকোসিডিক বন্ধনী এবং গাঢ় (—) দাগ দিয়ে দুটি পার্শ্ববর্তী মিউরামিক অ্যাসিডের মধ্যে গঠিত Cross link প্রদর্শিত হয়েছে। Cross link এক্ষেত্রে পেপটাইড বন্ধনী দ্বারা গঠিত। (B) দুটি পার্শ্ববর্তী মিউমারিক অ্যাসিড থেকে নির্গত টেট্রাপেপটাইড শৃঙ্খল এবং শৃঙ্খলগুলির মধ্যে গঠিত পেপটাইড বন্ধনী প্রদর্শিত হয়েছে।

প্রাচীরের আকৃতি অনুসারে কোশের আকৃতি হয় যথা কক্কাই, রড প্রভৃতি

প্রায় প্রতিটি ব্যাকটেরিয়ার কোশ প্রাচীর **পেপটিডোগ্লাইকান** (peptidoglycan) নামক যৌগ দিয়ে তৈরী। এই যৌগকে **মিউরিন** (murein) অথবা **মিউকোপেপটাইড** (mucopeptide) ও বলা হয়। পেপটিডোগ্লাইকোনে দুটি অংশ থাকে, একটি পেপটাইড যা কিনা মাত্র 4টি অ্যামিনো অ্যাসিড (amino acid) দিয়ে তৈরী ক্ষুদ্র প্রোটিণ অণু **বা টেট্রাপেপটাইড (Tetrapeptide)** আর অন্যটি **গ্লাইকান শর্করা**। গ্লাইকান অংশই কোশ প্রাচীরের আসল কাঠামো (back bone)। এটি তৈরী হয় দুই রকম অ্যামিনো সুগার (amino sugar) দিয়ে, এরা হল **N-অ্যাসিটাইল গ্লুকোজামাইন** (N-acetyl glucosamine) এবং **N-অ্যাসিটাইল মিউরামিক অ্যাসিড** (N-acetyl muramic acid)। দুটি পরস্পর সংলগ্ন গ্লুকোজমাইন ও মিউমারিক অ্যাসিড অণু β1-4 গ্লাইকোসাইডিক বণ্ড (β-1-4 glycosidic bonds) দিয়ে জোড়া থাকে (চিত্র 13.7)

চারটি অ্যামাইনো অ্যাসিড দ্বারা গঠিত পেপটাইড অংশ *E. coli* নাম ব্যাকটেরিয়ার ক্ষেত্রে যথাক্রমে L-অ্যালানিন, D-গ্লুটামিক অ্যাসিড, ডাইঅ্যামিনো পিমেলিক অ্যাসিড (DAP) এবং D-অ্যালনিন দ্বারা গঠিত। ডাই অ্যামিনো পিমেলিক অ্যাসিড (diaminopimelic acid) হল একটি বিশেষ অ্যামাইনো অ্যাসিড যা জীবজগতে অন্য কোথাও নেই।

দুটি পার্শ্ববর্তী মিউরামিক অ্যাসিড থেকে সৃষ্ট পেপটাইড শৃঙ্খলগুলি বহু ক্ষেত্রে পরস্পরের সাথে পেপটাইড বন্ধনী দ্বারা যুক্ত (চিত্র 13.8)। এই পেপটাইড বন্ধনী চিত্রে প্রদর্শিত (CO = HN) বন্ধনী হতে পারে আবার একাধিক অ্যামাইনো অ্যাসিড দ্বারা গঠিত অন্যরকম বন্ধনীও হতে পারে। যাই হোক না কেন, সেটি যে কোশ প্রাচীরকে অতিরিক্ত দৃঢ়তা দেয় তাতে কোন সন্দেহ নেই। একে বলে Cross link সুতরাং দেখা যাচ্ছে এই দ্বিবিধ বন্ধনী দ্বারা

গঠিত পেপডাইডোগ্লাইকন কোশ প্রাচীরের একটা মজবুত কাঠামো গঠন করে। যে সমস্ত উৎসেচক বা উপাদান β.164 বন্ধনীকে ভাঙতে পারে, কোশ প্রাচীরের বিরুদ্ধে তাদের ভূমিকা বিধ্বংসী। লাইসোজেম হল এমনই একটি উৎসেচক যা চোখের জলে থাকে। ফলে চোখের জলের একটি ব্যাকটেরিয়ানাশক ভূমিকা আছে। লাইসোজাইম N-অ্যাসিটাইল মিউমারিক অ্যাসিড (M) ও N-অ্যাসিটাইল গ্লুকোসামাইন (G) যে β-164 বণ্ড দিয়ে যুক্ত তা ভেঙ্গে ফেলে, ফলে ব্যাকটেরিয়া ধ্বংস হয়। বহু প্রাণীও লাইসোজাইম তৈরী করে বিশেষ করে যেসব প্রাণী ব্যাকটেরিয়াকে আহার্য হিসাবে ব্যবহার করে তারা। তবে ব্যাকটেরিয়াকে যদি সমসারক দ্রবণে রেখে লাইসোজাইমের সাথে ক্রিয়া করানো হয় তাহলে ব্যাকটেরিয়া মরে না কারণ কোশ প্রাচীর নষ্ট হলেও কোশ পর্দাটি নষ্ট হয় না সমসারক দ্রবণের জন্য। কোশপ্রাচীর হীন অবস্থায় কোশ বেঁচে থাকতে পারে। গ্রাম পজিটিভ ব্যাকটেরিয়ার কোশ প্রাচীর লাইসোজাইম দ্বারা সম্পূর্ণভাবে নষ্ট হয়। এই অবস্থায় প্রাচীরহীন কোশকে প্রোটোপ্লাস্ট (protoplast) বলা হয়। কিন্তু গ্রাম নেগেটিভ ব্যাকটেরিয়ায় কোশ প্রাচীর আংশিকভাবে নষ্ট হয়। এই অবস্থায় প্রাচীরহীন কোশকে স্ফেরোপ্লাস্ট (spheroplast) বলে। প্রোটোপ্লাস্ট বা স্ফোরোপ্লাস্ট সৃষ্টি হওয়ার পর যদি লাইসোজাইম সরিয়ে দেওয়া যায় তাহলে ব্যাকটেরিয়া আবার কোশ প্রাচীর তৈরী করে নেয় (চিত্র 13.9)।

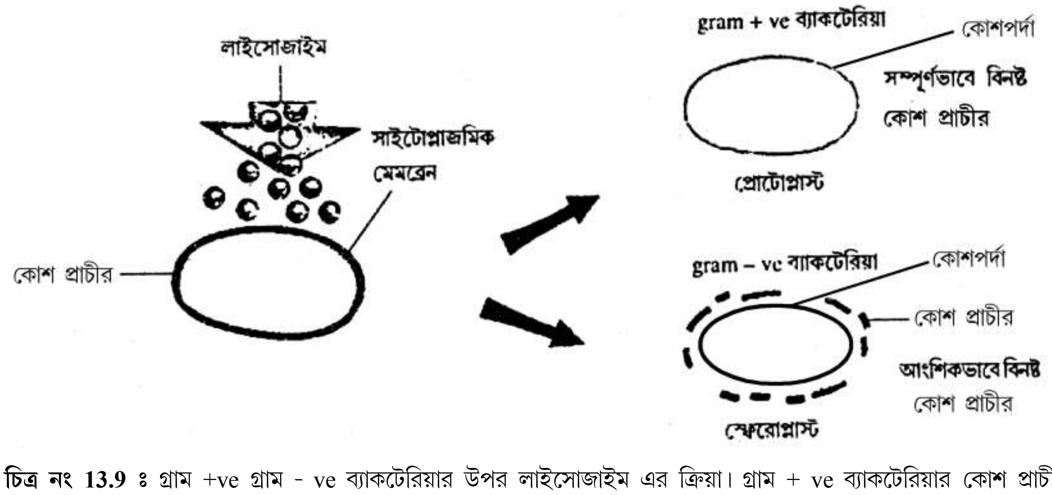
[**প্রান্তলিপি ঃ গ্রাম পজিটিভ ও গ্রাম নেগেটিভ ব্যাকটেরিয়া**—হান্স ক্রিশ্চেইন গ্রাম (Hans Chiristian Gram) ব্যাকটেরিয়ার বৈশিষ্ট্যমূলক গুণাগুণের উপর ভিত্তি করে রঙ করার এক পদ্ধতি (staining) আবিষ্কার করেন সেই পদ্ধতিটি গ্রাম রঞ্জন পদ্ধতি (Gram stain) নামে পরিচিত আবিষ্কর্তার নাম অনুসারে। কৃস্টাল ভায়োলেট (Crystal violet) রঞ্জক পদার্থের দ্রবণ দিয়ে ব্যাকটেরিয়াকে রং করলে ব্যাকটেরিয়ার কোশগুলি বেগুনি রঙ নেয়। ব্যাকটেরিয়ার গায়ে এই রং পাকা করতে আয়োডিনের (iodine) দ্রবণ দেওয়া হয় (তাই একে বলে mordant (মরড্যান্ট)। এরপর যদি অ্যালকোহল বা অ্যাসিটোনকে দ্রাবক হিসাবে ব্যবহার করে রং সরানোর চেষ্টা করা হয়, তাহলে যে সকল ব্যাকটেরিয়া থেকে কৃস্টাল ভায়োলেটের রং কোহল বা অ্যাসিটোনে ধুয়ে যায় তাদেরকে গ্রাম নেগেটিভ ব্যাকটেরিয়া বলে, আর যাদের রং এতদসত্ত্বেও পাকা হয়ে লেগে থাকে তাদেরকে গ্রাম পজিটিভ বলে। কোহল বা অ্যাসিটোন দিয়ে ধোওয়ার পর স্যাফ্রানিন (safranin) রঞ্জকের দ্রবণ ব্যবহার করা হয়। স্যাফ্রানিনের রং লাল। গ্রাম নেগেটিভ ব্যাকটেরিয়াতে যেহেতু কৃস্টাল ভায়োলেটের রং কোহলে ধুয়ে বেরিয়ে যায় তাই স্যাফ্রারিন রঙের জন্য লাল দেখায় আর গ্রাম পজিটিভ ব্যাকটেরিয়ার কৃস্টাল ভায়োলেটের রং কোহলে ধুয়ে যায় না তাই বেগুনি ও লাল (স্যাফ্রানিনের রং) মিলে যেটি হয় লালচে বেগুনি (purple)। অণুজীববিজ্ঞানে (bacteriology) গ্রাম রঞ্জন একটি গুরুত্বপূর্ণ পদ্ধতি।]

13.6.1 গ্রাম পজিটিভ ও গ্রাম নেগেটিভ ব্যাকটেরিয়ার কোশ প্রাচীর (Cell walls of gram +ve and gram –ve bacteria) :

গ্রাম পজিটিভ ব্যাকটেরিয়ার কোশ প্রাচীর বেশ মোটা প্রায় 40 nm এবং এর 90 ভাগই পেপটিডোগ্লাইকান বাকি 10 শতাংশে একটি বিশেষ যৌগ **টিকোয়িক** (teichoic) বা **টিকোরোনিক** (teichuronic) **অ্যাসিড** থাকে। টিকোয়িক অ্যাসিড হল **গ্লিসারল** অথবা **রিবিটল** (ribitol) এর সমন্বয়ে গঠিত পলিমার (polymers) বা বৃহদানু (চিত্র 13.10A) । যখন পরিবেশে ফসফেট কম থাকে গ্রাম + ব্যাকটেরিয়া টিকোয়িক অ্যাসিডকে সরিয়ে কোশ প্রাচীরে টিকোরোনিক অ্যাসিড জমা করে। **টিকোরোনিক অ্যাসিড** একটি বৃহদানু যা পরপর সজ্জিত **ইউরোনিক অ্যাসিড** ও **N-অ্যাসিটাইল গ্লুকোসামাইন** এর সমন্বয়ে গঠিত। যেহেতু গ্রাম +ve কোশ প্রাচীর মুখ্যত পেপটাইডোগ্লাইকান দ্বারা নির্মিত সেহেতু এখানে সেটি (অর্থাৎ মিউরিন) একটি বহুস্তরে বিন্যস্ত কেন্দ্রীয় কাঠামো। গ্রাম নেগেটিভ ব্যাকটেরিয়ার কোশ প্রাচীর গ্রাম পজিটিভ ব্যাকটেরিয়ার তুলনায় অনেক জটিল। যদিও পেপটিডোগ্লাইকানের স্তর অপেক্ষাকৃত সরু (2nm) এবং কোশ প্রাচীরের 10 শতাংশ মাত্র; বাকি 90 শতাংশ অন্যান্য যৌগ। মিউরিন বা পেপটাইডোগ্লাইকান

এক্ষেত্রে সর্বাধিক একটি বা দুটি স্তরে বিন্যস্ত। এদের কোশ প্রাচীরে টিকোয়িক অ্যাসিডের পরিবর্তে লিপোপ্রোটিন (lipoprotein = লিপিডের সাথে প্রোটিন যুক্ত থাকে) পেপটিডোগ্লাইকেনের সাথে যুক্ত থাকে কোশ প্রাচীরের একটি অবিচ্ছেদ্য অংশ হিসাবে। কোশপর্দা ও পেপটাইডোগ্লাইকানের অর্ন্তবর্তী অংশকে বলে **পেরিপ্লাজম** (Periplasm)।

বহিঃস্থ আবরণী (Outer membrane) : গ্রাম নেগেটিভ ব্যাকটেরিয়ার আর একটি বিশেষত্ব হল বহিঃস্থ আবরণী (Outer membrane)। এটিও ফসফোলিপিড বাইলেয়ার দিয়ে তৈরী, এতে লিপোপ্রোটিন, প্রোটিন, ফসফোলিপিড ও Lipopolysaccharide (লিপোপলিস্যাকারাইড) বা LPS থাকে। এটি কোশপর্দার তুলনায় বেশী ভেদ্য। এই বহিঃস্থ আবরণীর ভেতরের অংশে লিপোপ্রোটিন থাকে এবং এই লিপোপ্রোটিন পেপটাইডোগ্লাইকানের সাথে যুক্ত থাকে (চিত্র 13.10B)। বহিঃস্থ আবরণীর বাহিরের অংশ বা স্তর হল LPS। এটিও একটি দ্বিস্তরী আবরণী। এই LPS বিষধর্মী **এনডোটকসিন** (endotoxin) নামে পরিচিত। এই LPS প্রাণীর শরীরে পরীক্ষামূলকভাবে ইনজেকশন করে দেখা গেছে প্রাণী কোশে বিষক্রিয়া এমনকি মৃত্যু হয়। LPS একটি জটিল যৌগ, মূলত দুই ধরনের পদার্থ দ্বারা গঠিত। প্রথমতঃ এতে একটি লিপিড অংশ থাকে, এটি **লিপিড** A (Lipid A) নামে পরিচিত। লিপিড A বহিরাবরণীর জলগ্রাহী অংশে যুক্ত থাকে। LPS এর দ্বিতীয় অংশ হল বহুশর্করা বা পলিস্যাকারাইড। এই বহুশর্করাকে আবার দুইভাগে ভাগ করা যায়। একটিকে **কেন্দ্রস্থ বহুশর্করা** (core polysaccharide) ও অন্যটিকে **O-অ্যানটিজেন** (O-antigen) বলে। প্রায় সকল গ্রাম নেগেটিভ ব্যাকটেরিয়ার কেন্দ্রস্থ বহুশর্করাটি সুনির্দিষ্ট। এটি গ্লুকোজ, গ্যালাকটোজ, N-অ্যাসিটাইল গ্লুকোসামাইন, ইত্যাদি শর্করা দিয়ে গঠিত হয়। **O**-অ্যান্টিজেন বা O-বহুশর্করা অংশ তিন থেকে পাঁচটি একক শর্করা অণু দিয়ে তৈরী হয়, এগুলি হল গ্লুকোজ, গ্যালাকটোজ, র‍্যামনোজ (rhamnose), ম্যানোজ (mannose) এবং একটি ডাইডিঅক্সি (dideoxy = দুটি অক্সিজেন কম থাকে) শর্করা যেমন—অ্যাবিকোজ (abequose), কোলিটোজ (colitose), প্যারাটোজ (paratose), অথবা টাইভিলোজ (tyvelose)। এই শর্করা অণুর বিন্যাস বিভিন্ন ব্যাকটেরিয়ায় বিভিন্ন হতে পারে। এই বিভিন্নতাকে ব্যাকটেরিয়ার বিভিন্ন **সেরোটাইপ** (serotype) বলা হয়। যেমন, *V. cholerae* এর শতাধিক সেরোটাইপ আছে।



চিত্র নং 13.9 ঃ গ্রাম +ve গ্রাম - ve ব্যাকটেরিয়ার উপর লাইসোজাইম এর ক্রিয়া। গ্রাম + ve ব্যাকটেরিয়ার কোশ প্রাচীর লাইসোজাইম এর ক্রিয়ায় সম্পূর্ণ বিনষ্ট হয়। কোশ প্রাচীরবিহীন কোশকে বাঁচিয়ে রাখা যায় 0.5M (মোলার) শর্করার দ্রবণে। গ্রাম-ve এর ক্ষেত্রে কোশপ্রাচীর আংশিকভাবে নষ্ট হয়।

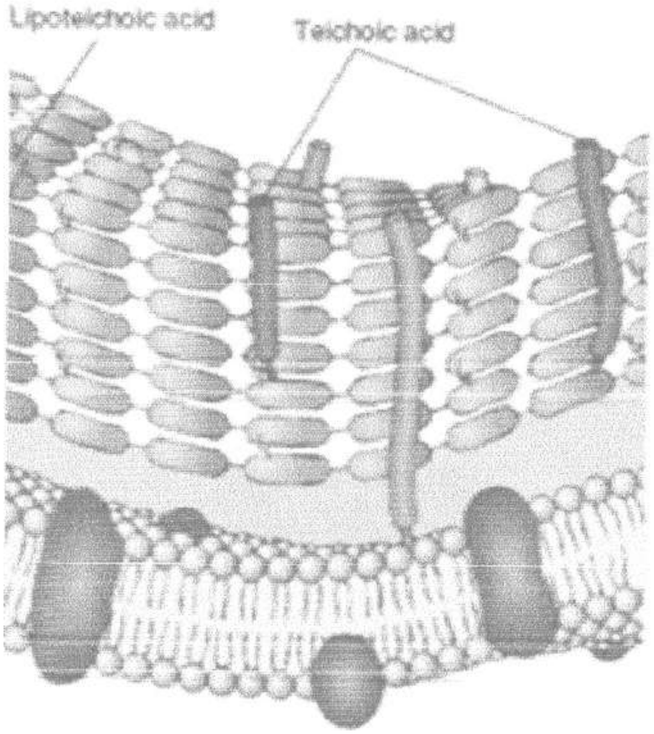
গ্রাম + ve কোশ প্রাচীর

গ্রাম – ve কোশ প্রাচীর

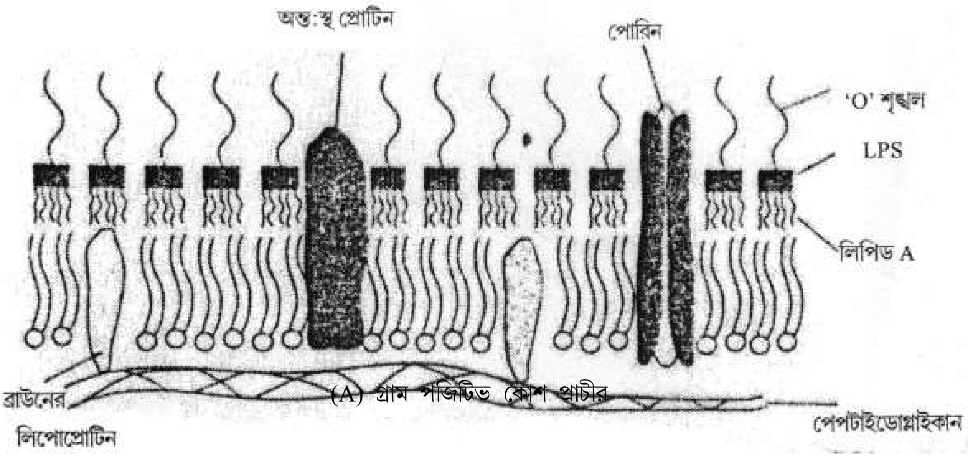
চিত্র নং 13.9a ঃ গ্রাম +ve, গ্রাম –ve ব্যাকটেরিয়ার কোশ প্রাচীর (রেখাচিত্র)।

সারণি-13.2 ঃ গ্রাম +ve, গ্রাম –ve ব্যাকটেরিয়ার মধ্যে পার্থক্য

গ্রাম পজিটিভ (Gram +ve)	গ্রাম নেগেটিভ (Gram –ve)
1. পেপটাইডোগ্লাইকান-এর টেট্রাপেপটাইডে L-লাইসিন নামক অ্যামিনো অ্যাসিড থাকে।	1. পেপটাইডোগ্লাইকান টেট্রাপেপটাইডে ডাই অ্যামিনো-পিমেলিক অ্যাসিড (DAP) নামক অ্যামাইনো অ্যাসিড থাকে।
2. দুটি পেপটাইডোগ্লাইকান অণুর মধ্যেকার Cross link অ্যামিনো অ্যাসিড দ্বারা গঠিত বন্ধনীর সাহায্যে সংযুক্ত। যেমন, *S. aureus* এর ক্ষেত্রে এই বন্ধনী 5টি গ্লাইসিন দ্বারা নির্মিত।	2. এক্ষেত্রে একটি পেপটাইডোগ্লাইকানের DAP পার্শ্ববর্তী পেপটাইডোগ্লাইকানের D-Ala সাথে সমযোজী বন্ধনী (co-valent) দ্বারা যুক্ত হয়ে Cross link গঠন করে।
3. কোশ প্রাচীরে টিকোয়িক ও টিকোরোনিক অ্যাসিড থাকে।	3. টিকোয়িক ও টিকোরোনিক অ্যাসিড থাকে না।
4. কোশ প্রাচীরের লিপোপ্রোটিন ও লিপোপলিস্যাকারাইড (LPS) ঘটিত বহিরাবরণী থাকে না।	4. কোশ প্রাচীরে লিপোপ্রোটিন ও লিপোপলিস্যাকারাইড ঘটিত বহিরাবরণী থাকে।
5. পেপটাইডোগ্লাইকান বহুস্তরে বিন্যস্ত এবং কোশ প্রাচীরের শুষ্ক ওজনের 70% অথবা ততোধিক কেবলমাত্র পেপটাইডোগ্লাইকান দ্বারা নির্মিত।	5. পেপটাইডোগ্লাইকান এক বা দ্বিস্তরে বিন্যস্ত এবং কোশ প্রাচীরের শুষ্ক ওজনের মাত্র 7 - 13% মতো অধিকার করে থাকে।
6. পেপটাইডোগ্লাইকান ও কোশপর্দার অর্ন্তবর্তী অংশে একটি পেরিপ্লাজম স্তর দেখা যায়।	6. দুইটি পেরিপ্লাজমের উপস্থিতির লক্ষ্যণীয়। একটি কোশপর্দা ও পেপটাইডোগ্লাইকানের মধ্যে এবং অপরটি পেপটাইডোগ্লাইকান ও বহিঃস্থ আবরণীর মধ্যে।
7. গ্রাম রঞ্জক দ্বারা রঞ্জিত করলে বেগুনী বর্ণ ধারণ করে।	7. গ্রাম রঞ্জক দ্বারা রঞ্জিত করলে লাল বর্ণ ধারণ করে।
8. সহজেই লাইসোজাইম ও পেনিসিলিন দ্বারা বিনষ্ট হয় কারণ পেপটাইডোগ্লাইকান হল মুখ্য অংশ।	8. সহজে পেনিসিলিন দ্বারা বা লাইসোজাইম দ্বারা বিনষ্ট হয় না কারণ এক বা দ্বিস্তরী পেপটাইডোগ্লাইকানের উপর একটি বহিঃস্থ আবরণী আছে যা এই সব রাসায়নিক পদার্থের প্রতি কম সংবেদনশীল (insensitive)।



(A) গ্রাম পজিটিভ কোশ প্রাচীর



(B) গ্রাম নেগেটিভ কোশ প্রাচীর

চিত্র নং 13.10 ঃ (A) প্রদর্শিত গ্রাম + কোশ প্রাচীরের চিত্ররূপ। অতিস্থূল পেপটাইডোগ্লাইকান স্তর এবং বর্হিআবরণীর অনুপস্থিতি লক্ষ্যণীয়।

(B) প্রদর্শিত গ্রাম –ve কোশ প্রাচীরের চিত্ররূপ। অতি সামান্য পেপটাইডোগ্লাইকান স্তর এবং তার দুপাশে দুটি শূন্যস্থান পেরিপ্লাজম লক্ষ্যণীয়। বর্হিআবরণী হল এর বিশেষ গঠনে। এটির গঠনে লিপিড ও পলি-স্যাকারাইড তো আছেই তা ছাড়াও আছে প্রোটিন। পোরিন হল এক বিশেষ প্রোটিন যা রন্ধ্রপথরূপে বাহির থেকে পদার্থের অণু ভিতরে ঢুকতে দেয়।

13.6.2 আর্কিয়ার কোশ প্রাচীর ঃ আর্কিয়া প্রোক্যারিওটিক জীবাণু হলেও এদের কোশ প্রাচীরে পেপটিডোগ্লাইকান থাকে না। কিছু কিছু আর্কিয়াতে ছদ্ম-পেপটিডোগ্লাইকান (pseudopeptidoglycan) থাকে। এই ছদ্ম-পেপটিডোগ্লাইকান ব্যাকটেরিয়ার মতই কেবল তিনটি ব্যতিক্রম ছাড়া ঃ (1) N-অ্যাসিটাইল মিউমারিক অ্যাসিডের পরিবর্তে N-অ্যাসিটাইল ট্যালোসা মিনিউরোনিক (N-acetyl talosaminuronic) অ্যাসিড থাকে (2) D-অ্যামিনো অ্যাসিডের পরিবর্তে L-অ্যামিনো অ্যাসিড থাকে (3) β 1-4 গ্লাইকোসাইডিক্ বন্ধনীর জায়গায় β 1-3 বন্ধনী থাকে। এই ধরনের কোশপ্রাচীর দেখা যায় অতিলবণাম্বু (extermely halophilic) আর্কিয়াদের মধ্যে। আর্কিয়া গোষ্ঠীর বৈচিত্র্য অসীম, তাই এদের কোশ প্রাচীরের বৈচিত্র্যও লক্ষণীয়। এটি প্রোটিন অথবা পলিস্যাকারাইড অথবা অন্য কিছু দিয়েও তৈরী হতে পারে এমনকি কোশ প্রাচীরহীন হতে পারে। যেমন, *Thermoplasma* (থারমোপ্লাজমা) কোশে কোন কোশ প্রাচীর নেই।

■ অনুশীলনী - 2

1. অতি সংক্ষিপ্ত উত্তর দিন ঃ

(i) ব্যাকটেরিয়ার কোশ প্রাচীরের কাঠামো তৈরী হয় কী দিয়ে?

উত্তর ঃ ______

(ii) কোশপ্রাচীরের বর্হিআবরণী কী এবং কোথায় থাকে?

উত্তর ঃ ______

(iii) LPS এর পুরো কথাটি কী?

উত্তর ঃ ______

(iv) পেপটাইডোগ্লাইকানের গঠনে অংশ নেয় এমন শর্করাদ্বয়ের নাম কী?

উত্তর ঃ ______

(v) পেপটাইডোগ্লাইকানে দুধরনের বন্ধনী দেখা যায়। সেগুলি কী কী?

উত্তর ঃ ______

2. ডানদিকের বৈশিষ্ট্যের সাথে বামদিকের বাক্যগুলি যথাযথভাবে মেলান ঃ

(a) ক্রসলিঙ্ক	(a) β 1-4 গ্লাইকোসিডিক বন্ধনীকে ভাঙে
(b) পেরিপ্লাজম	(b) পার্শ্ববর্তী দুটি M এর মধ্যে গড়ে ওঠা পেপটাইড বন্ধনী
(c) লাইসোজাইম	(c) গ্রাম + ব্যাকটেরিয়ার কোশ প্রাচীরের উপাদান
(d) টিকোয়িক অ্যাসিড	(d) গ্রাম -ve ব্যাকটেরিয়ার পেপটাইডোগ্লাইকানের দুপাশের শূন্যস্থান
(e) 'O' অ্যান্টিজেন	(e) গ্রাম -ve ব্যাকটেরিয়ার LPS এর পলিস্যাকারাইড অংশ

13.7 ফ্ল্যাজেলা (Flagella)

ব্যাকটেরিয়ার গমনাঙ্গ হল ফ্ল্যাজেলা। সমস্ত ব্যাকটেরিয়া চলনে সক্ষম নয়। যারা সক্ষম তাদের সবার মধ্যেই যে ফ্ল্যাজেলা থাকে তাও নয়। তবে আদর্শ ব্যাকটেরিয়ার গঠন প্রসঙ্গে এটি অবশ্যই আলোচনা করা কর্তব্য। ব্যাকটেরিয়ার কোশ থেকে লম্বা চাবুকের মতো বর্হিবৃদ্ধির নামই হল ফ্ল্যাজেলা। ব্যাকটেরিয়ার এক বা একাধিক ফ্ল্যাজেলা থাকতে পারে। ফ্ল্যাজেলার সংখ্যা ও অবস্থান অনুযায়ী ব্যাকটেরিয়াকে কয়েকটি শ্রেণীতে ভাগ করা যায। ফ্ল্যাজেলার নানারকম অবস্থান দেখান হয়েছে 13.12 নম্বর চিত্রে। ফ্লাজেলাম চাবুকের মতো দেখতেও হলেও এটি নমনীয় নয়।

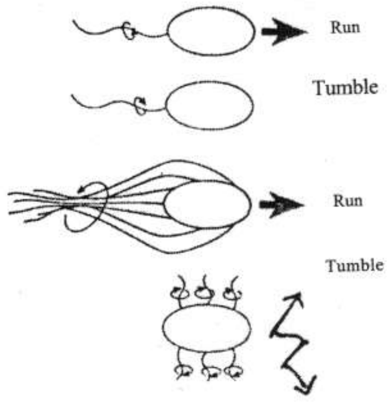
গঠন ঃ ফ্ল্যাজেলা সূক্ষ্ম সূত্র বিশেষ **ফ্ল্যাজেলিন** (flagellin) প্রোটিন দিয়ে তৈরী। এটির তিনটি অংশ থাকে। সূত্রাকার অংশটিকে **ফিলামেন্ট** (filament) বলে। এই ফিলামেন্ট যুক্ত থাকে একটি **হুক** (hook) এর সাথে। এই হুকটি আবার যুক্ত থাকে **বেসাল বডির** (basal body) সাথে। বেসাল বডির শেষভাগ সাইটোপ্লাজমিক পর্দার সাথে যুক্ত থাকে (চিত্র 13.11) গ্রাম পজিটিভ ব্যাকটেরিয়ার বেসাল বডিতে দুটি চাকতি থাকে। গ্রাম নেগেটিভ ব্যাকটেরিয়ার বেসাল বডিতে দুই জোড়া চাকতির মত গঠন থাকে (চিত্র 13.11)। গ্রাম নেগেটিভ ব্যাকটেরিয়ার দুই জোড়া চাকতির মধ্যে একজোড়া বহিঃআবরণীতে অবস্থান করে (L ও P চাকতি নামে পরিচিত) আর এক জোড়া সাইটোপ্লাজমিক পর্দায় অবস্থিত (S ও M চাকতি নামে পরিচিত) L-ring LPS এর সঙ্গে এবং P-ring পেপটাইডোগ্লাইকান এর সঙ্গে সংযোগ রক্ষা করে। অন্তঃস্থ Ring দুটির মধ্যে S-ring পেরিপ্লাজমীয় স্থান বা space এর সঙ্গে এবং M-ring কোশপর্দা বা Membrane এর সঙ্গে সংযোগ রাখে।

একক ফ্ল্যাজেলাম 10μm পর্যন্ত লম্বা হতে পারে। যে সব ব্যাকটেরিয়াতে ফ্ল্যাজেলাম থাকে না তাদের **অ্যাট্রিকাস্** বলে। কক্কাস আকৃতির প্রায় সকল ব্যাকটেরিয়া অ্যাট্রিকাস (atrichous)। যখন একটি কোশে একটি মাত্র ফ্ল্যাজেলাম থাকে তখন তাকে **মোনোট্রিকাস্** (monotrichous) বলা হয়। যেমন, *Xanthomonas* (জ্যান্থোমোনাস্) গনে দেখা যায়। একাধিক ফ্ল্যাজেলা একটি মেরু থেকে নির্গত হয় কোন কোন ব্যাকটেরিয়াতে, এ ধরনের ফ্ল্যাজেলা বিন্যাস কে **লোফোট্রিকাস** (lophotrichous) বলে। *Psedomonas* (সিউডোমোনাস্) গনে এই রকম ফ্ল্যাজেলা বিন্যাস দেখা যায়। ব্যাকটেরিয়া কোশের বিভিন্ন জায়গা থেকে যখন ফ্ল্যাজেলা সৃষ্ট হয় তখন তাকে **পেরিট্রিকাস** (peritrichous) ফ্ল্যাজেলা বিন্যাস বলে। *Erwinia* (আরউইনিয়া) গনে এই রকম বিন্যাস দেখা যায় (চিত্র 13.12 দ্রষ্টব্য)।

ফ্ল্যাজেলার ঘূর্ণনগতি এবং ব্যাকটেরিয়ার চলন : মূলতঃ দুইরকম গতি ব্যাকটেরিয়ার কোশে দেখা যায়।

(i) Run—এটি হল সরলরৈখিক সম্মুখবর্তী বা পশ্চাদবর্তী গতি। একক বা গুচ্ছাকার ফ্ল্যাজেলার ঘরির কাঁটার বিপরীত অভিমুখে (Counterclockwise) ঘূর্ণন এই গতির উৎস।

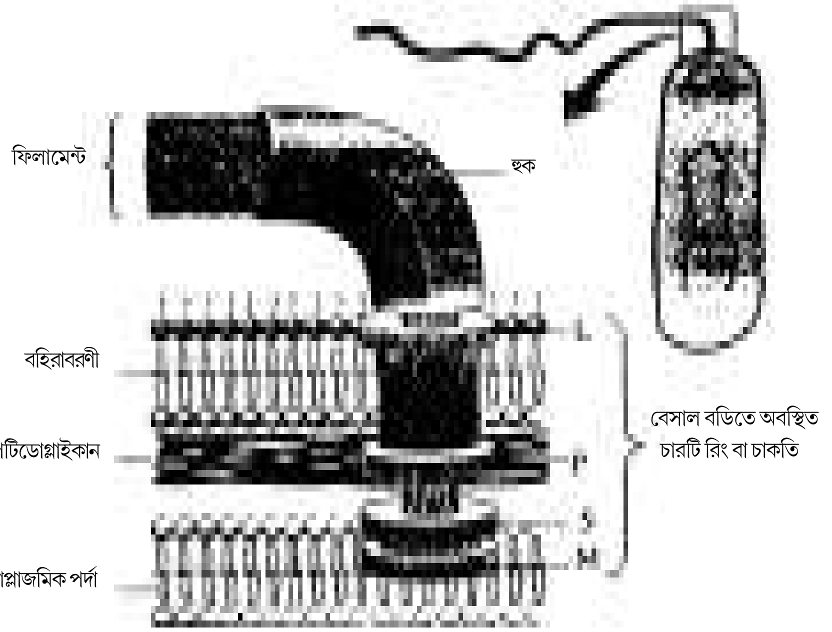
(ii) Tumble : একক ফ্ল্যাজেলার ঘড়ির কাঁটার অভিমুখে (Clock wise) স্বতন্ত্র চলন এই ধরনের আঁকা বাঁকা (Zig Zag) গতি দান করে। ফ্ল্যাজেলার ঘূর্ণনগতির জন্য PMF সঞ্জাত ATP শক্তিরূপে ব্যয়িত হয়।



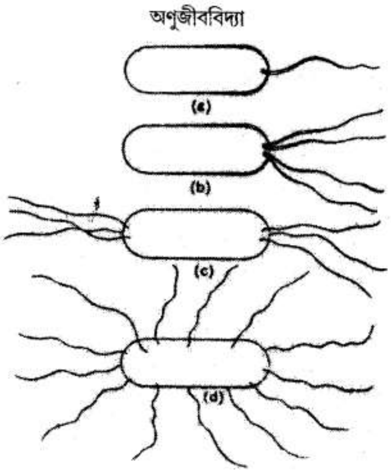
চিত্র নং 13.00 ঃ গগগ

13.8 পিলি (Pili) বা ফিমব্রিই (Fimbriae)

পিলি বা ফিমব্রিই হল আর এক ধরনের বর্হিবৃদ্ধি যা কিছু ব্যাকটেরিয়াতে দেখা যায়। এদের কাজ কোন কিছুর সাথে ব্যাকটেরিয়াকে সংযুক্ত করা। পিলি শব্দটি ব্যবহার করা হয় যখন একটি ব্যাকটেরিয়ার সাথে অপর ব্যাকটেরিয়া সংযুক্ত হয় আর অন্যান্য সংযুক্তির বেলায় ফিমব্রিই শব্দটি ব্যবহার করা হয়। পিলি (বহুবচনে; একবচনে (pilus) ফসফেট-শর্করা প্রোটিন এর জটিল যৌগ দিয়ে তৈরী। এর প্রোটিন অংশটির নাম **পিলিন** (Pilin)। F পিলি (fertility pilus) ব্যাকটেরিয়ার কনজুগেশন-এর সময় সংযোগ নালী গঠন করতে উল্লেখযোগ্য ভূমিকা নেয়। এই সংযোগ নালীপথে একটি ব্যাকটেরিয়া থেকে অন্য ব্যাকটেরিয়াতে DNA স্থানান্তরিত হয়। পিলি অনেক সময় ভাইরাসের সাথে পোষক ব্যাকটেরিয়ার সংযোগ স্থাপনেও সাহায্য করে। পিলির সংযোগ স্থাপন হওয়ার পর ভাইরাস তার জিনোম ব্যাকটেরিযাতে প্রবেশ করায়। ফিমব্রিই ব্যাকটেরিয়াকে সাহায্য করে পরজীবীতার সময়। যেমন *Neisseria gonorrhoeae* (নেইসেরিয়া গোনোরিয়া) প্রভৃতি ব্যাকটেরিয়া পরজীবীতা আরম্ভ করে ফিমব্রিই দিয়ে দৃঢ়ভাবে কোশের সাথে সংযুক্ত হবার পর। **পিলি ও ফিমব্রিই এর মধ্যে**

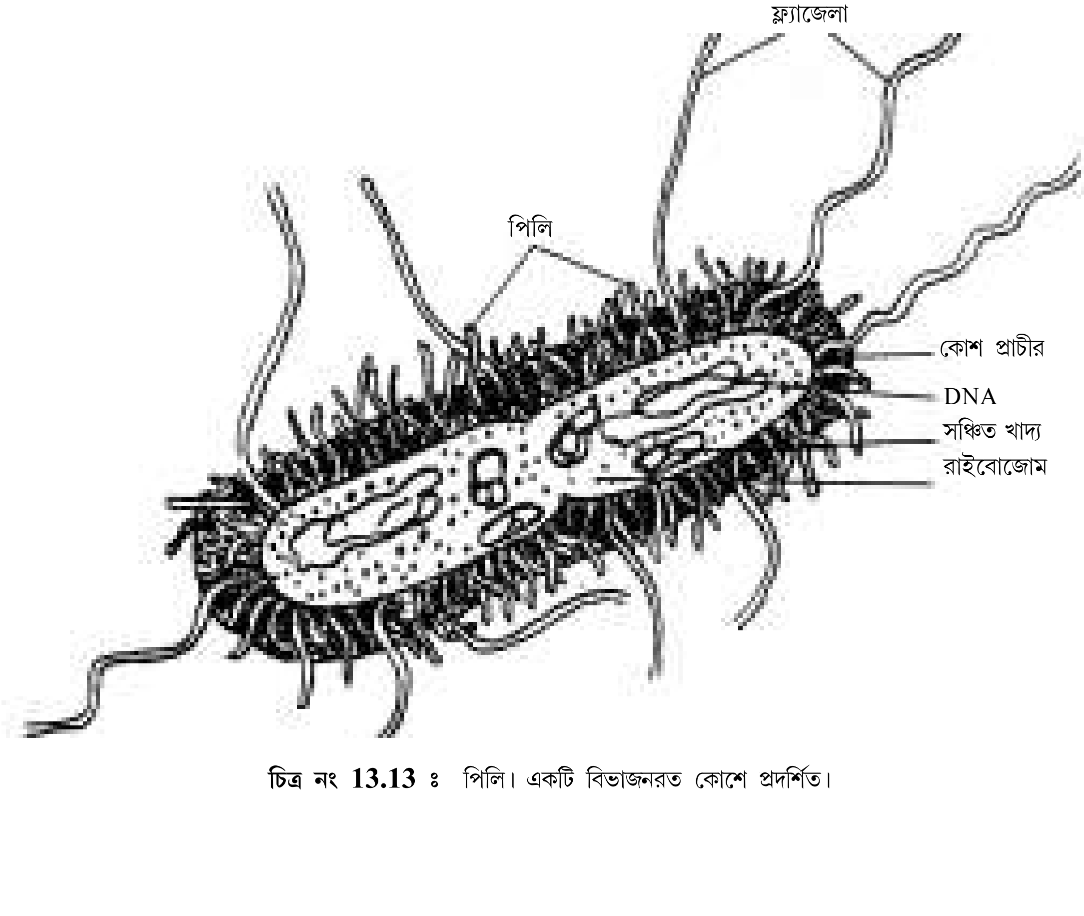


চিত্র নং 13.11 ঃ গ্রাম নেগেটিভ ব্যাকটেরিয়াকে ফ্ল্যাজেলার গঠন-প্রকৃতি দেখান হয়েছে। বেসাল বডিতে যে চারটি রিং থাকে তাদের অবস্থান অনুযায়ী নাম L, P, S ও M রাখা হয়েছে। লিপোপলিস্যাকারাইডের এর সাথে অবস্থান করে বলে L, পেপটিডোগ্লাইকেন এর সাথে থাকে বলে P। এইভাবে M সাইটোপ্লাজমিক মেমব্রেন ও S পেরিপ্লাজমিক স্পেস অর্থে ব্যবহার হয়েছে। এই বেসাল বডিই ফ্ল্যাজেলামকে ঘূর্ণনগতি দেয়।



চিত্র নং 13.12 ঃ ফ্ল্যাজেলার সাপেক্ষে ব্যাকটেরিয়ার প্রকারভেদ : (a) মনোট্রিকাস (b) অ্যাম্ফিট্রিকাস (c) লোফোট্রিকাস (d) পেরিট্রিকাস

মুখ্য পার্থক্য হল এই যে, কোশে পিলির সংখ্যা সীমিত (10 বা তার কম) এবং সেগুলি দীর্ঘতর। ফিমব্রিই খর্বাকৃতি এবং বহুসংখ্যক (1000 ও হতে পারে)। পিলির কাজ দুটি ব্যাকটেরিয়া কোশের মধ্যে সংযোগ সাধন এবং ফিমব্রিই এর কাজ কোশকে আধারের (substratum) সঙ্গে সংযুক্ত করা। (চিত্র 13.13)



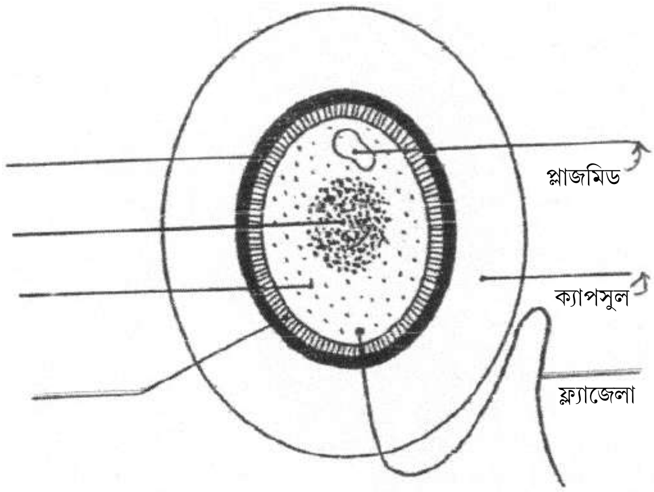
চিত্র নং 13.13 ঃ পিলি। একটি বিভাজনরত কোশে প্রদর্শিত।

13.9 আবরণী বা ক্যাপসুল (Capsules)/ স্লাইম (Slime) /S স্তর (S layers) :

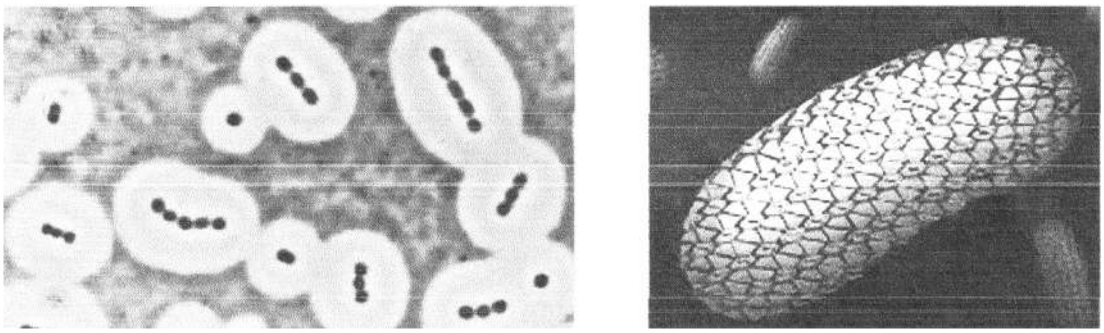
ব্যাকটেরিয়ার কোশ প্রাচীর এর বাইরেও নানারকম গঠন (structure) দেখা যায়, এদের এককথায় **গ্লাইকোক্যালিক্স** বলে। এই গ্লাইকোক্যালিক্স এর মধ্যে ক্যাপসুল, স্লাইম ও S-স্তর গুলিকে গণ্য করা হয়। এগুলি বিভিন্নভাবে ব্যাকটেরিয়ার কাজে লাগে। অধিকাংশ ক্ষেত্রে **ক্যাপসুল** বহুশর্করা দিয়ে তৈরী হয়। পরজীবী ব্যাকটেরিয়ার ক্ষেত্রে ক্যাপসুল পোষক কোশ নিঃসৃত প্রতিরোধকারী পদার্থের হাত থেকে ব্যাকটেরিয়াকে রক্ষা করে। যেমন *Streptococcus pneumoniae* (স্ট্রেপটোকোক্কাস্ নিমুনি), *Haemophilus influenzae* (হিমোফিলাস্ ইনফ্লুয়েঞ্জা) এবং *Klebsiella pneumoniae* (ক্লেবসিএল্লা নিমুনি) প্রভৃতির ক্ষেত্রে সংক্রমণ করার সময় ক্যাপসুলের উপস্থিতি একান্ত প্রয়োজন। দেখা গেছে যে এই সব ব্যাকটেরিয়ার ক্যাপসুলবিহীন প্রকরণগুলি সংক্রমণ ঘটাতে সমর্থ নয়। রক্ত কণিকা এই জাতীয় জীবাণুর ক্যাপসুলবিহীন কোশগুলিকে ফ্যাগোসাইটোসিস পদ্ধতিতে ধ্বংস করে ফেলে। *Bacillus* (ব্যাসিলাস) গনের অনেক সদস্য প্রোটিন ক্যাপসুল তৈরী করে। যেমন, *B. anthrasis* এদের ক্যাপসুল গ্লুটামিক্ অ্যাসিড দিয়ে তৈরী। ক্যাপসুলের সঙ্গে কোশের বহিরাবরণীর বা কোশ প্রাচীরের সংযোগ থাকে। এটিকে সহজে কোশের থেকে বিচ্ছিন্ন করা সম্ভব নয়। (চিত্র নং 13.14 i)

স্লাইম বহুশর্করা দিয়ে তৈরী কিন্তু এর জলীয় ভাব বেশী থাকার জন্য ব্যাকটেরিয়ার চারপাশে দৃঢ়ভাবে লেগে থাকে না। একটি চটচটে আলগা আবরণ রূপে থাকে। এ কারণে সহজেই স্লাইমকে কোশ থেকে বিযুক্ত করা সম্ভব। এদের কাজ ব্যাকটেরিয়াকে জলসাম্যহীনতার হাত থেকে রক্ষা করা ও খাদ্য ধরে রাখা। কখনও কখনও আবার স্লাইম স্তর ছাকনির মতো কাজ করে। মুখের ভেতর ও দাঁতের উপর ব্যাকটেরিয়া স্লাইম এর মাধ্যমেই লেগে থাকে। ডেক্সট্রান (Dextran), জেলান (Gellan), জাইলান (Xylan), ইত্যাদি হল বিভিন্ন ব্যাকটেরিয়া শর্করা ঘটিত স্লাইম স্তর যাদের এক্সোপলিস্যাকারাইড (Exopolysaccharide) নামেও অভিহিত করা হয়। এগুলির আঠা তৈরীতে, চকলেট তৈরীতে ও তরল মাধ্যমকে জেলিসদৃশ করে তুলতে কার্যকরী ভূমিকা আছে এবং বাণিজ্যিক ব্যবহার আছে। উদাহরণ— *Leuconostoc*, *Streptococci*। (চিত্র নং 13.14 ii)

কিছু ব্যাকটেরিয়া বা আর্কিয়ার চারপাশে কখনও কখনও কেলাসিত প্রোটিনের আবরণ থাকে তাকে **S-স্তর** বলে। 'S' স্তর কিন্তু স্লাইম স্তর নয়। এটি কার্বোহাইড্রেট দিয়ে তৈরী নয়। বরং একটি প্রোটিন স্তর। বহুসংখ্যক অর্ধকেলাসিত (Paracrystalline) প্রোটিন অণু দিয়ে তৈরী এই স্তর কোশ প্রাচীরের বিকল্পরূপে কাজ করতে পারে। উদাহরণ ঃ *Thermoplasma.*



(i)



(ii) Slime and S layer

চিত্র নং 13.14 ঃ (i) ক্যাপসুল, (ii) স্লাইম। স্লাইম ক্যাপসুলের তুলনায় সহজে বিচ্ছিন্ন করা যায়।

■ অনুশীলনী - 3

1. শূন্যস্থান পূরণ করুন ঃ

(a) ফ্ল্যাজেলার উপাদান হল _______ নামক প্রোটিন।

(b) পিলির উপাদান হল _______ নামক প্রোটিন।

(c) স্লাইম হল _______ দ্বারা গঠিত একটি স্তর।

(d) বেসাল বডি হল _______ 'র একটি অংশ।

(e) ব্যাকটেরিয়ার সংক্রমণশীলতা বৈশিষ্ট্যটির জন্য গুরুত্বপূর্ণ একটি অংশ হল _______।

2. ব্যাকটেরিয়ার ফ্ল্যাজেলার সংখ্যা ও অবস্থান অনুযায়ী একটি শ্রেণীবিভাগ করুন এবং উদাহরণ দিন ঃ
উত্তরঃ

13.10 সারাংশ (Summary)

জীবের সাধারণ বৈশিষ্ট্যগুলির সব কয়টি ব্যাকটেরিয়াতেও বিদ্যমান। যদিও এটি আদি নিউক্লিয়াসযুক্ত অর্থাৎ প্রোক্যারিওটিক জীব। জীবের ক্রমবিবর্তনের জাতিজনিগত শ্রেণীবিন্যাস করলে দেখা যায় যে সমস্ত জীবেরই রাইবোজম অংশে অবস্থিত 16SrRNA একাধিক সুনির্দিষ্ট বৈশিষ্ট্য বহন করে। এইসব বৈশিষ্ট্যগুলির ভিত্তিতে জীবজগৎকে তিনটি উপবিভাগে বা domain এ ভাগ করা যায়, যেমন; ব্যাকটেরিয়া, আর্কিয়া ও ইউক্যারিয়া, ব্যাকটেরিয়াকে আবার 12টি রাজ্যে ভাগ করা যায়। প্রতিটিভাগের সুনির্দিষ্ট বৈশিষ্ট্য আছে, কোশপর্দা বা সাইটোপ্লাজমিক পর্দা হল একমাত্র একক পর্দা যা ব্যাকটেরিয়া কোশে সুনির্দিষ্ট পদার্থকে ঢুকতে বা কোশ থেকে বাইরে বেরোতে দেয়। কোশ পর্দার মধ্য দিয়ে পরিবহন নিষ্ক্রিয় (যেমন, ব্যাপন বা আস্রাবন) বা সক্রিয় পদ্ধতিতে (যেমন, দলবদ্ধ পরিবহন বা প্রোটিন বাহিত পরিবহন ইত্যাদি) হয়ে থাকে। কোন কোন ব্যাকটেরিয়াতে কোশ পর্দার অর্ন্তবৃদ্ধি (যেমন, ক্রোমাটোফোর) দেখতে পাওয়া যায়। কোশ প্রাচীর হল ব্যাকটেরিয়ার একটি বিশেষ বৈশিষ্ট্য।এটির কাঠামো মূলতঃ পেপটাইডোগ্লাইকান দ্বারা নির্মিত। এটি একটি বৃহদানু যা পরপর সজ্জিত N-acetylglucosamine (G) ও N-acetyl Muramic acid (M) দ্বারা নির্মিত। G ও M পরস্পরের সাথে β -1,4 গ্রইকোসিডিক বন্ধনী দ্বারা যুক্ত। এছাড়া দুটি পার্শ্ববর্তী অণুর মধ্যে পেপটাইড বন্ধনী দ্বারা গঠিত ক্রস লিঙ্ক দেখতে পাওয়া যায। ফলে কোশ প্রাচীরের দৃঢ়তা অনেক বেশী। গ্রাম +ve কোশপ্রাচীরে পেপটাইডোগ্লাইকান 70-90 শতাংশ, অপর পক্ষে গ্রাম -ve কোশপ্রাচীরে 13 শতাংশেরও কম। গ্রাম -ve কোশ প্রাচীরের বাইরের দিকে একটি লিপোপলিস্যাকারাইড (LPS)ঘটিত বহিরাবরণী দেখা যায়। কোশের চলনাঙ্গ হল ফ্ল্যাজেলা; এটি ফ্ল্যাজেলিন নামক প্রোটিন দিয়ে তৈরী। পিলি হল আর একরকম বর্হিবৃদ্ধি যারা চলনের সাথে কোনভাবেই যুক্ত নয় এবং পিলিন নামক প্রোটিন দিয়ে তৈরী। কোন কোন কোশের বাইরের দিকে বহুশর্করা নির্মিত ক্যাপসুল বা স্লাইম স্তর দেখতে পাওয়া যায়।

13.11 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী (Terminal Question)

(1) ব্যাকটেরিয়ার কোশ প্রাচীরের গঠনবৈশিষ্ট্য চিত্রসহ বর্ণনা করুন। গ্রাম +ve ও গ্রাম -ve ব্যাকটেরিয়ার মধ্যে পার্থক্য নির্ণয় করুন।

(2) টীকা লিখুন ঃ

(a) ব্যাকটেরিয়ার কোশপর্দার গঠন

(b) গ্রাম নেগেটিভ ব্যাকটেরিয়ার বর্হিআবরণী

(c) ব্যাকটেরিয়ার ফ্ল্যাজেলা

(d) পেপটাইডোগ্লাইকান

(e) ক্যাপসুল বা স্লাইম

(f) পিলি

(3) ব্যাকটেরিয়া ও আর্কিয়ার মধ্যে পার্থক্য লিখুন।

13.12 উত্তরমালা (Answers)

■ অনুশীলনী - 1

1. (i) কক্কাস, রড ও স্পাইরিলাম

(ii) *Thiomargarita namibiensis* এবং Mycoplasma

(iii) স্পাইরোকিটি হল স্ক্রুর মতো প্যাঁচালো রড কিন্তু স্পাইরিলাম হল একটি স্বতন্ত্র আকৃতি।

(iv) *Micrococcus* ও *Streptococcus*

(v) *Vibrio cholerae*

2.

বিভাজন	উদাহরণ
এক	*Micrococcus, Diplococcus, Streptococcus*
দুই	*Tetracoccus*
তিন	*Sarcina*
বহু	*Staphylococcus*

■ অনুশীলনী - 2

1. (i) পেপটাইডোগ্লাইকান; (ii) গ্রাম নেগেটিভ ব্যাকটেরিয়ার পেপটাইডোগ্লাইকানের বর্হিভাগে থাকে; (iii) Lipopolysaccharide; (iv) N-অ্যাসিটাইল গ্লুকোজামিন এবং N-অ্যাসিটাইল মিউরামিক অ্যাসিড, (v) β-1,4 গ্লাইকোসিডিক বন্ধনী এবং পেপটাইড বন্ধনী।

2. (i) (b)

(ii) (d)

(iii) (a)

(iv) (c)

(v) (e)

■ অনুশীলনী - 3

1. (a) ফ্ল্যাজেলিন

(b) পিলিন

(c) পলিস্যাকারাইড

(d) ফ্ল্যাজেলা

(e) ক্যাপসুল

2. 13.7 অংশাঙ্কিত বিষয়টি থেকে নিজে উত্তর দিন।

সর্বশেষ প্রশ্নাবলী ঃ

1. কোশ প্রাচীর অংশ দেখুন। প্রথমে সাধারণ গঠন বৈশিষ্ট্য আলোচনা করুন। পেপটাইডোগ্লাইকান অংশে দু'রকমের বন্ধনী চিত্রসহ দেখান। এরপর গ্রাম নেগেটিভ ও গ্রাম পজিটিভ ব্যাকটেরিয়ার কোশ প্রাচীরের মূল পার্থক্যটি বলুন।

   পার্থক্য অংশের জন্য সারণি 13.3 দেখুন।

2. (a) কোশপর্দার কেবলমাত্র গঠনবৈশিষ্ট্য চিত্রসহ বলুন (13.5)

   (b) বর্হিআবরণী কী, কোথায় সেটির অবস্থান এবং সেটির রসায়নিক গঠন সম্পর্কে বলুন (13.6.1)

   (c) (13.7) অংশ দেখুন। চিত্রসহ উত্তর দিন।

   (d) পেপটাইডোগ্লাইকান কী, তার গঠনের উপদান এবং কী ধরনের বন্ধনী এটিকে ধরে রাখে তা বলুন (13.6) অংশ দেখুন। চিত্রসহ লিখুন।

   (e) (13.9) অংশ দেখুন। চিত্রসহ উত্তর দিন।

   (f) (13.8) অংশ দেখুন। চিত্রসহ উত্তর দিন।

3. অনুচ্ছেদ 13.6.2 এ এই প্রসঙ্গে আলোচনা করা হয়েছে।

একক 14 ❑ ব্যাকটেরিয়ার কোশীয় সংগঠন - II (Cellular Organization of Bacteria-II)

গঠন

14.1 উদ্দেশ্য

14.2 প্রস্তাবনা

14.3 ব্যাকটেরিয়া ও আর্কিয়ার ক্রোমোজোম

  14.3.1 DNA এর গঠন

14.4 DNA এর প্রতিলিপিকরণ

  14.4.1 মেসেলসন ও স্টাহ্লের পরীক্ষা

  14.4.2 ব্যাকটেরিয়া DNA প্রতিলিপিকরণের পদ্ধতি

    (i) একতন্ত্রীকরণ

    (ii) প্রতিলিপি গঠন

    (iii) বৃত্তাকার DNA এর উভমুখী দ্বিত্বকরণ

    (iv) অন্তিম পর্যায়

14.5 প্লাসমিড ও এপিজোম

14.6 রাইবোজোম

14.7 অন্তঃরেণু

  14.7.1 অন্তঃরেণুর গঠন

  14.7.2 অন্তঃরেণুর গঠনপদ্ধতি

14.8 ব্যাকটেরিয়ার সঞ্চিত খাদ্য ও কোশমধ্যস্থ অজৈব যৌগ

14.9 সারাংশ

14.10 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

14.11 উত্তরমালা

14.1 উদ্দেশ্য

এই এককটি পাঠ করে আপনি নিম্নলিখিত বিষয়গুলি পর্যালোচনা করতে সক্ষম হবেন ঃ

- ব্যাকটেরিয়ার DNA কীরকম এবং কীভাবে তা কোশের মধ্যে অবস্থান করে।
- DNA এর প্রতিলিপিকরণ কিভাবে সম্পন্ন হয়।
- ব্যাকটেরিয়ার কোশে তথাকথিত ক্রোমোজোমাল DNA ছাড়াও আছে অতিরিক্ত DNA যার নাম প্লাসমিড।

  সেটির গঠন ও কাজ সম্পর্কে জানাও আমাদের উদ্দেশ্য।
- ব্যাকটেরিয়ার রাইবোজোম এর গঠন কীরূপ।

- অন্তঃরেণু কী এবং তার কাজ কী?
- কোশীয় সঞ্চিত খাদ্য কী কী?

14.2 প্রস্তাবনা

পূর্ববর্তী এককটিতে আমরা ব্যাকটেরিয়ার কোশীয় সংগঠন সম্পর্কে আংশিক ধারণা লাভ করেছি। এই এককটিতে বাকী অংশটুকুর উপর আলোকপাত করা হবে। যে কোন জীবকোশের সমস্ত বৈশিষ্ট্যের আধার হল তার জীন। জীনের একটি রাসায়নিক চেহারা আছে। কেবলমাত্র কয়েকপ্রকার ভাইরাস ছাড়া এই রাসায়নিক গঠনটি হল একটি দীর্ঘ স্কন্ধ যার নাম ডি-অক্সি রাইবোনিউক্লিক অ্যাসিড বা DNA। উন্নততর জীবকোশে DNA অণু কোশের নিউক্লিয়াসে ক্রোমোজোম নামক সূত্রাকার অংশে সুসংবদ্ধ থাকে। ব্যাকটেরিয়ার ক্ষেত্রে যে নিউক্লিয়াস নেই তা তো আমরা আগেই জেনেছি। সদর্থে ক্রোমোজোম বলতে যা বোঝায় তা'ও ব্যাকটেরিয়ায় নেই, অথচ DNA যা নাকি বংশগতির ধারক ও বাহক, তাকে ছাড়া কোন কোশীয় সংগঠনের কথা চিন্তাও করা যায় না।

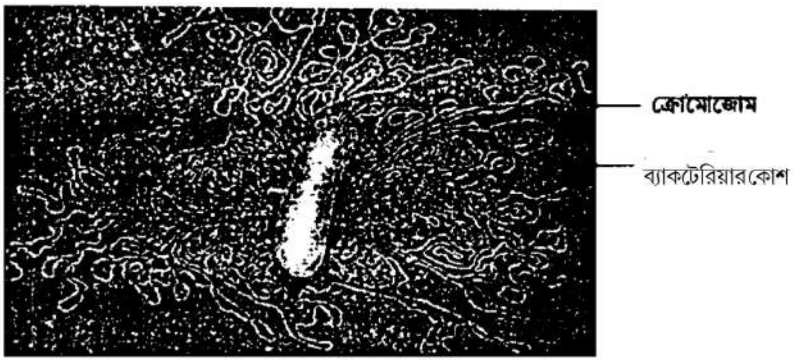
14.3 ব্যাকটেরিয়া ও আর্কিয়ার ক্রোমোজোম (Bacterial and Archeal Chromosome)

ব্যাকটেরিয়া ও আর্কিয়াতে সাধারণতঃ একটি বৃত্তাকার ক্রোমোজোম থাকে এবং একটি মাত্র চক্রকার দ্বিতন্ত্রী DNA অণু দিয়ে ক্রোমোজোমটি তৈরী তাই ব্যাকটেরিয়ার ক্ষেত্রে ক্রোমোজোম ও DNA সমার্থক। কিছু ব্যাকটেরিয়ার ক্ষেত্রে রজ্জুকার DNA থাকে, যেমন *Streptomyces* (স্ট্রেপটোমাইসেস্) ও *Borrelia* (বোরেলিয়া) গনে। *Rhodobacter sphaeriodes* (রোডোব্যাকটার স্ফ্যারোইডস্)-এ দুটি ক্রোমোজোম থাকে। *E. coli* ব্যাকেটিয়ার DNA অথবা ক্রোমোজোমে 4.7×10^6 টি নিউক্লিওটাইড যুগ্ম ক্ষার (nucleotide base pair, DNAতে দুটি তন্ত্র থাকে তাই ক্ষারের হিসেব জোড়ায় করা হয়) থাকে। ক্রোমোজোমটি কোশের একটি নির্দিষ্ট জায়গায় থাকে এবং তাকে বলে **নিউক্লিওয়েড** (nucleiod); কিন্তু এই নিউক্লিওয়েড অংশটি সাইটোপ্লাজমের অন্যান্য অংশ থেকে গঠনগতভাবে কিছু আলাদা নয়। অর্থাৎ ব্যাকটেরিয়ার ক্রোমোজোমটি সাইটোপ্লাজমেই থাকে। এক্ষেত্রে নিউক্লিয় আবরণী দ্বারা আবৃত কোন যথার্থ নিউক্লীয়াস নেই। তাই একে নগ্ন (naked) DNA বলে। *E. coli* এর DNA প্রায় 1mm লম্বা (চিত্র 14.1) যা কিনা কোশটির নিজস্ব আকারের চেয়ে 500 গুণ বড়। সুতরাং বুঝতে অসুবিধা নেই যে DNA অতি মাত্রায় পেঁচানো (Supercoiled) হয়। এদের ক্রোমোজোমে হিসটোন নামক প্রোটিন থাকে না যা কিনা ইউক্যারিওটিক কোশের বৈশিষ্ট্য।

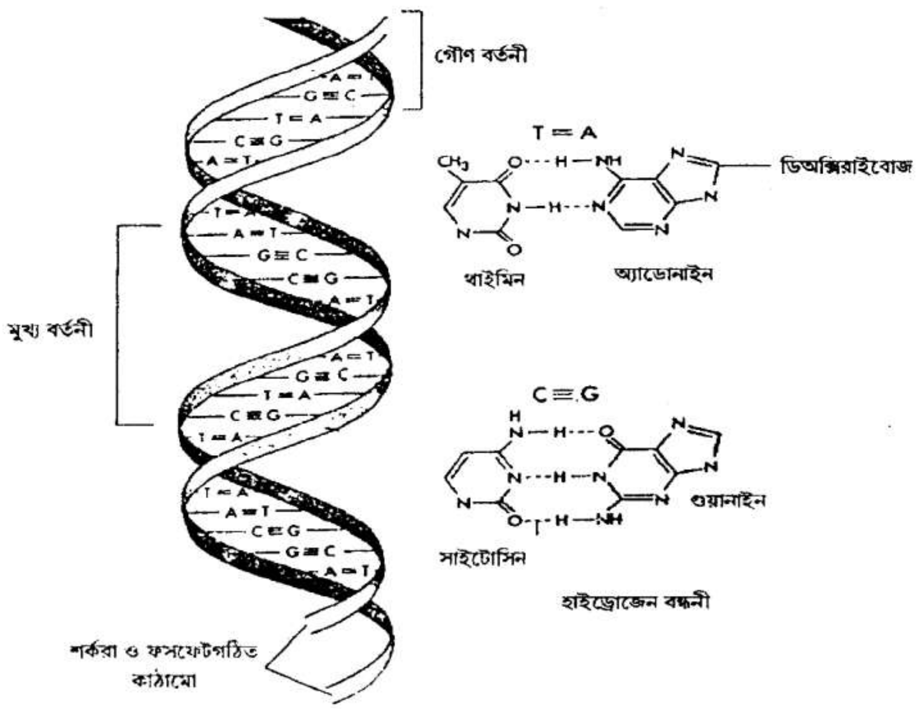
14.3.1 DNA-এর গঠন (Structure of DNA) :

DNA এর দ্বিতন্ত্রী গঠনটি লক্ষ্য করলে দেখা যাবে যে দুটি সূত্রাকার তন্ত্রী দ্বারা DNA গঠিত। তারা পরস্পরকে শৃঙ্খলাকারে আবর্তন করে। (চিত্র 14.2) তন্ত্রীগুলির মূল কাঠামো শর্করা ও ফসফেট গঠিত। শর্করাটি হল **ডিঅক্সিরাইবোজ।** এই কাঠামোর উপর বিন্যস্ত থাকে 4টি নাইট্রোজেনঘটিত ক্ষার। ক্ষারগুলিকে **পিউরিন** ও **পিরিমিডিন** এই দুইভাগে ভাগ করা যায়। পিউরিন আবার দু'রকম—**অ্যাডেনাইন (A)** ও **গুয়ানিন (G)**। পিরিমিডিনও দুই রকম—**থাইমিন (T)** ও **সাইটোসিন (C)**। তন্ত্রীদ্বয় পরস্পরের পরিপূরক। এ কারণে একটি তন্ত্রীর A অপরটির T এর সাথে বা একটির T অপরটির A এর সাথে হাইড্রোজেন বন্ধনী দ্বারা যুক্ত থাকে। A এবং T এর মাঝখানে H বন্ধনীর সংখ্যা দুই। একইভাবে একটি তন্ত্রীর G অপর তন্ত্রীর C এর সাথে অথবা তার বিপরীতে তিনটি হাইড্রোজেন বন্ধনী দ্বারা যুক্ত। এই পরস্পরের

বিপরীতমুখী পরিপূরক তন্ত্রীদ্বয় যেন একে অন্যের আয়নায় গঠিত প্রতিচ্ছবি। ব্যাকটেরিয়ার DNA সাধারণতঃ বৃত্তাকার হয় বলে, মুক্ত প্রান্ত থাকে না। রৈখিক (linear) DNA-এর মুক্ত প্রান্ত দ্বয় যথাক্রমে 5′P ও 3′OH জনক মুক্ত হয়।



চিত্র নং 14.1 ঃ ব্যাকটেরিয়ার জিনোম বা ক্রোমোজোম। ব্যাকটেরিয়ার কোশ প্রাচীর খুব সাবধানে বিদীর্ণ করলে ক্রোমোজোমটি কোশ থেকে বেরিয়ে আসে এবং তা ইলেকট্রন অণুবীক্ষণ যন্ত্রে দেখা যায়। ক্রোমোজোমটি ব্যাকটেরিয়ার দৈর্ঘ্যের তুলনায় অনেক বড়, অতি প্যাঁচালো অবস্থায় থাকে বলেই ব্যাকটেরিয়ার কোশের মধ্যে থাকা সম্ভব।



চিত্র নং 14.2 ঃ DNA এর দ্বিতন্ত্রী কাঠামো এবং মুখ্য গঠনবিন্যাস। DNA এর তন্ত্র দুটি হাইড্রোজেন বন্ধনী দ্বারা একে অপরের সাথে সংযুক্ত থাকে। হাইড্রোজেন বন্ধনী হয় পরিপূরক ক্ষারগুলির মধ্যে। থাইমিন (T) ও অ্যাডোনাইন (A) এর মধ্যে দুটি এবং সাইটোসিন (C) ও গুয়ানাইনের (G) মধ্যে তিনটি হাইড্রোজেন বন্ধনী থাকে হয়।

এর যে কোন একটি তন্ত্রীকে স্বতন্ত্র বা বিচ্ছিন্নরূপে কল্পনা করুন। খাতার পাতায় সেটিকে লম্বালম্বিভাবে সাজিয়ে নিন। তারপর এটির বিপরীতে একটি পরিপূরক তন্ত্রী নিজেই গড়ে তোলার চেষ্টা করুন। যদি এটা পেরে থাকেন তাহলে আপনি জেনে গেলেন, যে DNA গঠন বৈশিষ্ট্য জটিল হলেও সুনির্দিষ্ট গাণিতিক নিয়ম মেনে চলে। বলে রাখা ভাল DNA অণুর এই গঠন বৈশিষ্ট্যের কথা পৃথিবীকে প্রথম জানান ওয়াটসন ও ক্রিক নামের দুজন বৈজ্ঞানিক 1953 খৃস্টাব্দে। এঁদের মধ্যে ক্রিক আদৌ জীবনবিজ্ঞানী ছিলেন না, তিনি ছিলেন গণিতবিজ্ঞানী। তাঁদের এই কাজ পরবর্তীকালে নোবেল পুরস্কারে সম্মানিত এবং বিজ্ঞানের ইতিহাসে অন্যতম শ্রেষ্ঠ আবিষ্কার বলে স্বীকৃত।

14.3.2 ব্যাকটেরিয়ার DNA-এর সংগঠন (Organization of Bacterial DNA) :

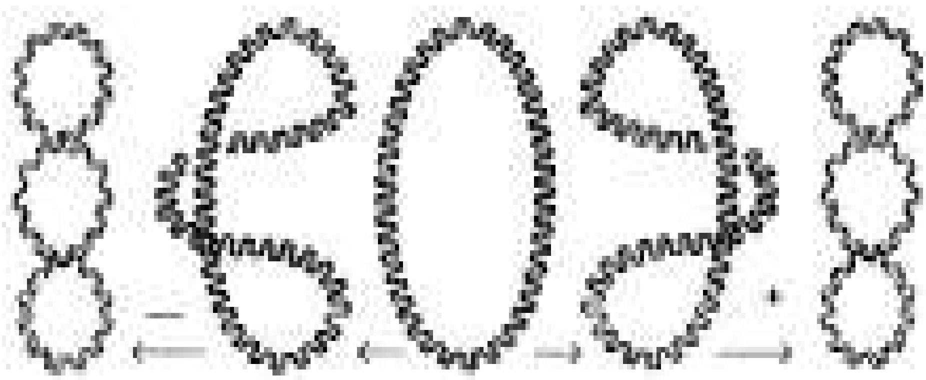
ব্যাকটেরিয়ার DNA অনু দ্বিতন্ত্রী, মূল কাঠামো চিত্র 14.2-তে প্রদর্শিত DNA অনুর মতোই। তফাৎ একটিই, সেটি হল—ব্যাকটেরিয়ার DNA বৃত্তাকার বা চক্রাকার এবং অতিমাত্রায় প্যাঁচালো বা Supercoiled। এই DNA কে ccc DNA বা Covalently Closed Circular DNA বলে।

যখন কোনো চক্রাকার DNA অনু প্যাঁচালো বা Supercoiled অবস্থায় থাকে না তখন ঐ অবস্থাকে শিথিল DNA (relaxed DNA) বলে। Supercoiling দুই রকম হয় (1) DNA তন্ত্রদুটির প্যাঁচের অভিমুখ ও এককতন্ত্রীর প্যাঁচের অভিমুখ যখন একই দিকে হয় তা'হলে তাকে বলে ধনাত্মক Supercoiling (2) আর যদি তন্ত্রীদ্বয়ের প্যাঁচের অভিমুখ ও একক তন্ত্রীর প্যাঁচের অভিমুখ পরস্পরের বিপরীতধর্মী হয় তখন তাকে বলে ঋণাত্মক Supercoiling। ব্যাকটেরিয়াতে বা আর্কিয়াতে সাধারণতঃ ঋণাত্মকভাবে Supercoiled DNA থাকে (চিত্র 14.3)। ধনাত্মক সুপারকয়েলিং DNA কে শিথিল বা relax করে আর ঋণাত্মক সুপারকয়েলিং DNA কে আরো ঘনসংবদ্ধ বা Compact করে।

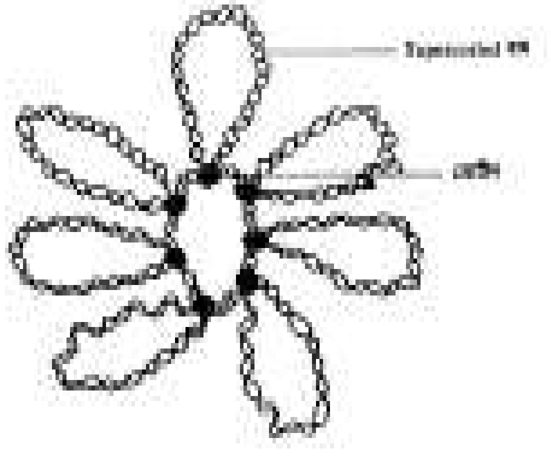
আগেই বলা হয়েছে ব্যাকটেরিয়ার ক্রোমোজোমে প্রোটিন থাকে না। একথা বলার উদ্দেশ্য এই যে ইউক্যারিওটিক কোশে DNA ও হিসটোন নামক প্রোটিন দিয়ে তৈরী হয় ক্রোমোজোম। তাই ক্রোমোজোম বলতে বোঝায় DNA + histone এর সমন্বয়ে গড়ে ওঠা **নিউক্লিওজোম** (Nuclosome) এর বিন্যাস। ব্যাকটেরিয়ার DNA কিন্তু Histone-এর সঙ্গে সংযুক্ত নয় কেননা হিস্টোন প্রোক্যারিওটিক কোশে থাকেই না। সুতরাং Nucleosome মডেল ব্যাকটেরিয়ার ক্ষেত্রে প্রযোজ্য নয়। তবে হিসটোন না থাকলেও Supercoiled DNA তে কিছু প্রোটিন থাকে যারা এই অতি প্যাঁচালো দশা বজায় রাখতে সাহায্য করে। আর আর্কিয়ার কোশে আদর্শ ক্রোমোজোমের মতো হিসটোন সদৃশ প্রোটিনও থাকে, যথা Hu ও Hmf প্রোটিন। ব্যাকটেরিয়ার Supercoiled DNA তে প্রোটিন সংযুক্ত হয়ে অতিকায় বৃত্তাকার DNA টি যে রকম চেহারা নেয় তা চিত্র 14.4 তে দেখান হয়েছে। এছাড়া প্রোক্যারিওটিক ও ইউক্যারিওটিক DNA এর মধ্যে আরো কয়েকটি জরুরী তফাৎ আছে। ইউক্যারিওটিক DNA তে জীনগুলি Exon ও Intron এ বিন্যস্ত। Intron ব্যাকটেরিয়ার DNA তে নেই। DNA সহিত বার্তা ট্রান্সক্রিপশন প্রক্রিয়ার মাধ্যমে mRNA-তে ভাষান্তরিত হয়। Intron না থাকার জন্য ব্যাকটেরিয়ার DNA থেকে mRNA তৈরির পদ্ধতিতে mRNA প্রক্রিয়াকরণ (mRNA Processing) পর্যায়টি দরকার হয় না। ট্রান্সক্রিপশন ও প্রক্রিয়াকরণ যথাক্রমে নিউক্লিয়াস ও সাইটোপ্লাজমে সম্পন্ন হয় ইউক্যারিওটিক কোশে। প্রোক্যারিওটিক কোশে এই স্থানগত বিভিন্নতা (Spatial difference) নেই।

14.4 DNA এর প্রতিলিপিকরণ (Replication)

দ্বিতন্ত্রী DNA অণুর প্রতিলিপিকরণ হয় অর্দ্ধ রক্ষণশীল (Semiconservative) পদ্ধতিতে, কারণ প্রতিলিপিকরণের ফলে যে দুটি অপত্য দ্বিতন্ত্রী DNA তৈরী হয় তাদের প্রত্যেকের একটি তন্ত্র নতুন ও অপরটি পুরাতন বা মাতৃ DNA এর অংশ। (চিত্র 14.5) দ্বিতন্ত্রী DNA যে অর্দ্ধরক্ষণশীল প্রক্রিয়ায় প্রতিলিপি গঠন করে তা প্রথম পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করে দেখান মেসেলসন (Mathe Meselson) ও স্টাহল (Franklin Stahl) 1958 সালে। যদিও এই পরীক্ষা ব্যাকটেরিয়ার জিনোম নিয়ে করা হয়েছিল কিন্তু পরে দেখা গিয়েছে প্রায় সকল দ্বিতন্ত্রী DNA এই পদ্ধতিতে প্রতিলিপি তৈরী করে। এঁদের পরীক্ষাটি সংক্ষেপে বর্ণনা করা হল।



চিত্র নং 14.3 ঃ মধ্যস্থ DNA অণুটি ব্যাকটেরিয়ার বৃত্তাকার শিথিল DNA যা দুটি তন্ত্রী বিশিষ্ট হলেও তন্ত্রীগুলি আবার নিজ অক্ষের চারপাশে প্যাঁচালো নয়। এই শিথিল DNA এর একক তন্ত্রী নিজ অক্ষের চারপাশ পেঁচিয়ে গিয়ে তৈরী করে supercoil; +চিহ্নিত দিকে Supercoiling ধনাত্মক ও - চিহ্নিত দিকে Supercoiling ঋণাত্মক নামে পরিচিত। ব্যাকটেরিয়ার সাধারণত এই ঋণাত্মক Supercoiled DNA দেখা যায়।



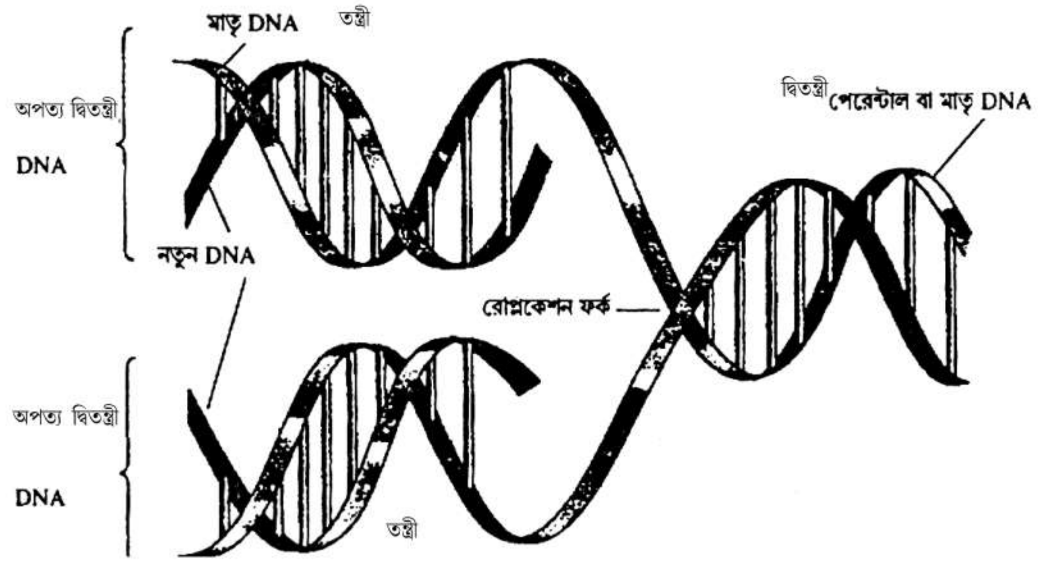
চিত্র নং 14.4 ঃ *Eschericha coli* নামক ব্যাকটেরিয়ার Supercoiled DNA, এক্ষেত্রে 50 বা তার বেশী Supercoiled বাহু দেখা যায়। আকারটি প্রোটিন দ্বারা সুসংহত।

14.4.1 মেসেলসন ও স্টাহ্লের পরীক্ষা

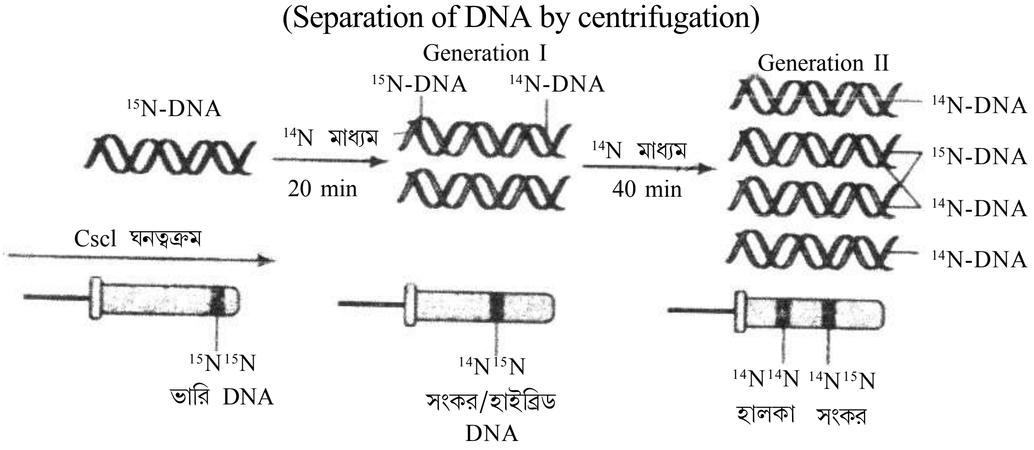
এই পরীক্ষার জন্য *E. coli* নামক ব্যাকটেরিয়ার DNA নেওয়া হয়। *E. coli* এমন একটি মাধ্যমে বৃদ্ধি করানো হয় যাতে নাইট্রোজেনের উৎসরূপে ছিল একটি ভারী আইসোটোপ ^{15}N ঘটিত লবণ।

^{15}N ঘটিত যৌগে ব্যাকটেরিয়া জন্মালে কোশের সব নাইট্রোজেন ঘটিত যৌগ ^{15}N দিয়ে তৈরী হবে, এমন কি DNA এর N ঘটিত ক্ষারও ^{15}N দিয়ে তৈরী হবে। ফলে ^{15}N ভারী আইসোটোপ দিয়ে ব্যাকটেরিয়া যে DNA তৈরী করবে তা ^{14}N দিয়ে তৈরী সাধারণ DNA-এর তুলনায় বেশী 'ভারী' হবে। সিজিয়াম ক্লোরাইড (CsCl) নামক যৌগের একটি ঘনতত্ব ক্রম তৈরি করে গবেষণাগারে ভিন্ন ভিন্ন আনবিক ঘনত্বের উপাদানকে পৃথক করা সম্ভব হয় কেন না তারা প্লবতা অনুসারে ঘনত্বক্রমের ভিন্ন ভিন্ন অঞ্চলে জমা হয়। যদি ^{15}N যৌগে জন্মানো ব্যাকটেরিয়া থেকে DNA বার করে প্লবতার ভিত্তিতে ^{15}N DNA ও ^{14}N DNA ভিন্ন করার চেষ্টা করা হয় তাহলে ^{15}N ক্ষার দিয়ে তৈরী DNA তুলনায় অনেক নীচে থাকবে কেননা তা ভারী। (চিত্র 14.6) এখন প্লবতা ঘনত্বের ভিত্তিতে এই হালকা ও ভারী DNA এর অবস্থান জানা থাকলে পরীক্ষার পরবর্তী পর্যায়টি বোঝা সহজ হয়ে যায়। কোন সম্পূর্ণভাবে ^{15}N DNA দ্বারা গঠিত ক্রোমোজোমবিশিষ্ট ব্যাকটেরিয়াকে ^{14}N মাধ্যমে বাড়তে দেওয়া হলে দেখা যাবে যে নবগঠিত

> **প্রান্তলিপি ঃ** নাইট্রোজেন আণবিক ওজন 14, একে ^{14}N এই ভাবেও লেখা হয় আণবিক ওজন বোঝাতে। নাইট্রোজেনের এমন আইসেটোপ আছে যাদেরআণবিক ওজন 15, এদেরকে ^{15}N লেখা হয়। এদের আণবিক ওজন বেশী বলে এদেরকে ভারী আইসোটোপ (heavy isotope) বলে। যে সকল যৌগ ^{15}N দিয়ে তৈরী তারা ^{14}N দিয়ে তৈরী যৌগের তুলনায় বেশী ভারী হবে। এদের অণুর আর্দ্রবিশ্লেষণ কোন বিকিরণ নির্গত হয়



চিত্র নং 14.5 ঃ সেমিকনজারভেটিভ পদ্ধতিতে DNA এর রেপ্লিকেশন। নতুন দ্বিতন্ত্রী DNA-র একটি তন্ত্রী নতুন ও একটি পুরাতন



চিত্র নং 14.6 ঃ অর্দ্ধরক্ষণশীল (Semiconservative) প্রতিলিপিকরণ বোঝাতে মেসেলসন ও ষ্টাহ্লের পরীক্ষা। দেখা যাচ্ছে প্রতি জনুতে কেবল 14N ঘটিত 'হালকা' DNA-এর পরিমাণ বাড়ছে এবং ক্রমশ কেবল 'হালকা' DNA দ্বারা গঠিত ব্যান্ড বা পটি পাওয়া যাচ্ছে, কেননা প্রথম α এর পর মাতৃ ও অপত্য DNA তন্ত্রীদ্বয় উভয়েই 14N প্রকৃতির।

ব্যাকটেরিয়াতে DNA এর প্লবতা না সম্পূর্ণভাবে হালকা না সম্পূর্ণ ভারী অর্থাৎ হাইব্রিড (hybrid)। এই DNA হল ^{14}N ও ^{15}N এর সংকর। এর থেকে এটাই প্রমাণিত হয় যে নবগঠিত DNA এর একটি তন্ত্র মাতৃ DNA এর অবিকৃতরূপ (^{15}N) এবং অপরটি নতুন তৈরী ^{14}N ঘটিত অপত্য তন্ত্রী। প্রতি জনুতে প্রতিলিপিকরণের সময় যে দ্বিতন্ত্রী DNA সংশ্লেষিত হয় তার একটি তন্ত্রী পূর্ববর্তী জনুর এবং অপরটি নতুন জনুর। তাই এই পদ্ধতিকে বলে অর্দ্ধরক্ষণশীল বা Semiconservative।

■ অনুশীলনী - 1

1. নীচের উক্তিগুলি ঠিক/ভুল যথাযথ ভাবে বলুন ঃ

(i) ব্যাকটেরিয়ার ক্রোমোজোমে আছে DNA ও হিসটোন নামক প্রোটিন ________ ঠিক/ভুল

(ii) ব্যাকটেরিয়ার DNA Supercoiled হবার দরুণ কোশের দৈর্ঘ্যের তুলনায় অনেক বেশী দৈর্ঘ্য সম্পন্ন হতে পারে ________ ঠিক/ভুল।

(iii) দ্বিতন্ত্রী DNA এর তন্ত্রীদ্বয় পরস্পরের পরিপূরক ________ ঠিক/ভুল।

(iv) DNA তে চার প্রকার নাইট্রোজেন ঘটিত ক্ষার থাকে যারা পিউরিন নামে পরিচিত ________ ঠিক/ভুল।

(v) মাতৃ DNA থেকে প্রতিলিপি তৈরী হবার পথে অপত্য DNA এর তন্ত্রীদ্বয় সম্পূর্ণ নতুনভাবে তৈরী হয় ________ ঠিক/ভুল।

2. নীচের ক্ষার বিন্যাসটি লক্ষ্য করুন, এর বিপরীতে যথাযথ H বন্ধনী যুক্তকরে পরিপূরক তন্ত্রীটি রচনা করুন। উদাহরণ হিসেবে দুটি ক্ষার দেখান হল।

A	T	T	G	C	A	A	T	C	G
⁞									⁞⁞⁞
T									C

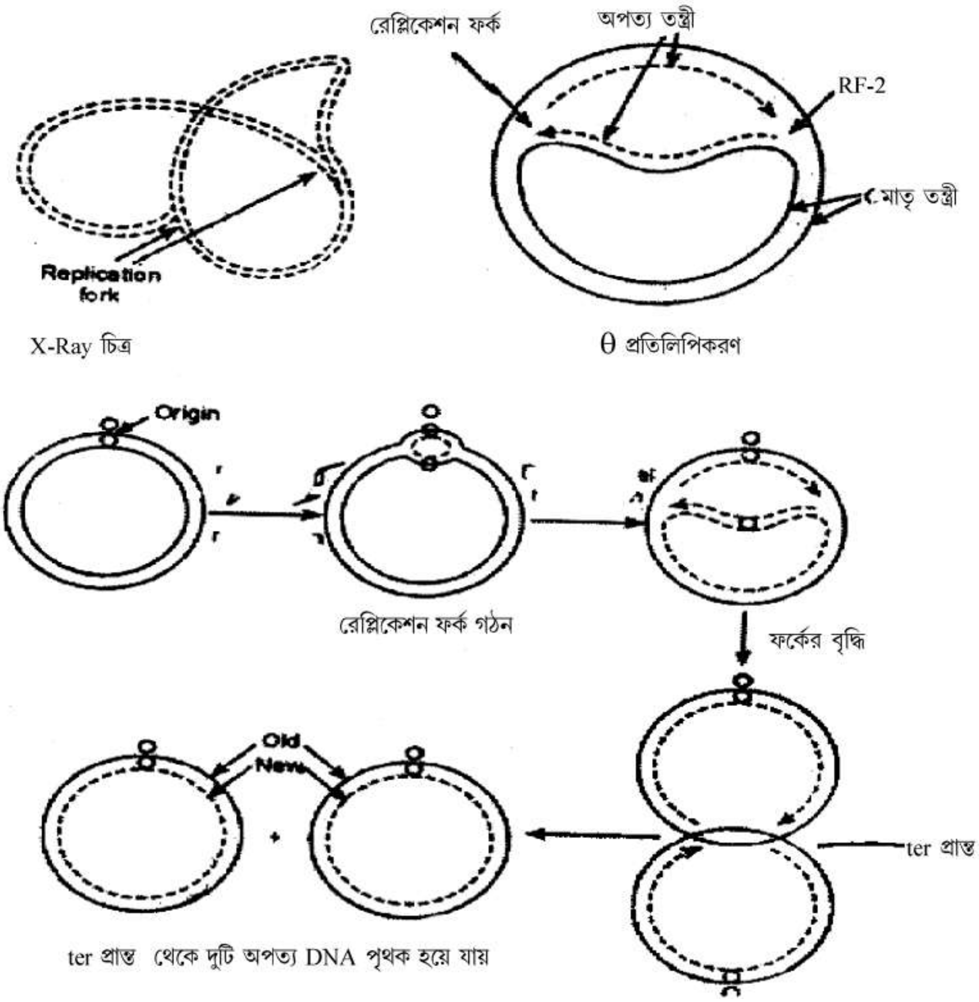
14.4.2 ব্যাকটেরিয়ার DNA প্রতিলিপিকরণের পদ্ধতি (Replication of bacterial DNA) :

যদিও ইউক্যারিওটিক DNA এর ন্যায় ব্যাকটেরিয়ার DNA অর্দ্ধরক্ষণশীল পদ্ধতিতে সংশ্লেষিত হয় তবে উভয়ের প্রতিলিপিকরণের বিভিন্ন পর্যায়ের মধ্যে কিছু পার্থক্য আছে। সব থেকে বড় কথা হল DNA প্রতিলিপিকরণের জন্য দ্বিতন্ত্রী DNA এর একতন্ত্রী গঠন লাভ করা দরকার। ইউক্যারিওটিক DNA রজ্জুকার (linear) ফলে একতন্ত্রী হবার জন্য যে কোন প্রান্ত থেকে H বন্ধনী বিচ্ছিন্ন হলে সেটা সম্ভব। ব্যাকটেরিয়া DNA বৃত্তাকার সুতরাং একতন্ত্রী গঠন লাভ করার জন্য বৃত্তের নির্দিষ্ট বিন্দু থেকে সেটা হতে হবে, কেন না এই DNA এর কোন তথাকথিত প্রান্তভাগ নেই। মুখ্যতঃ দুইটি পদ্ধতিতে ব্যাকটেরিয়ার DNA 'এর প্রতিলিপিকরণ হয়:

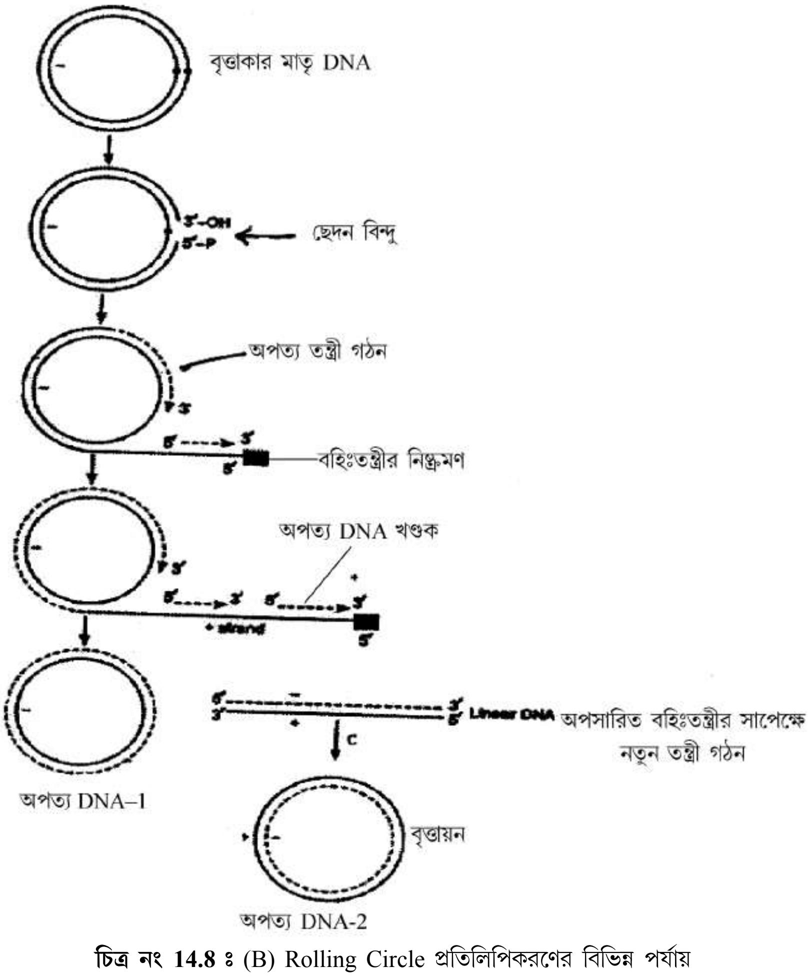
1. DNA প্রতিলিপিকরণের Theta (θ) মডেল ঃ অধিকাংশ বৃত্তাকার DNA তে সাধারণভাবে এই ধরনের প্রতিলিপিকরণ দেখা যায়। DNA বৃত্তটির যে বিন্দু থেকে প্রতিলিপিকরণ শুরু হয় তাকে বলে **অরিজিন Chromosomal** বা Ori C অঞ্চল। এই অঞ্চলের DNA দ্বিতন্ত্রীর পরিপূরক নিউক্লিটাইডগুলির মধ্যে হাইড্রোজেন বন্ধনী ছিন্ন হলে DNA এর ঐ অংশে একটি দ্বিমুখী **প্রতিলিপিকরণ শলাকা** (Replication fork) তৈরী হয়। শলাকার দুটি তন্ত্রীই এরপর প্রতিলিপি বা template রূপে কাজ করতে পারে ফলে উভয় অভিমুখে দুটি অপত্য DNA'র প্রতিলিপি গঠিত হতে পারে। বিপরীতমুখী প্রতিলিপিকরণ শলাকা যখন বৃত্তের মধ্যাঞ্চলে তখন যদি এই DNA টির একটি X-ray crystallography (কেলাসিত DNA এর X-ray প্রতিরূপ) করা যায় তাহলে মাতৃ DNA খণ্ডকের সাপেক্ষে অপত্য DNA দ্বয় রোমান 'থিটা' (Theta θ) অক্ষরের ন্যায় দেখতে লাগে। তাই এই মডেলকে 'থিটা মডেল' বলা হয়। বৃত্তাকার DNA এর সম্পূর্ণ প্রতিলিপিকরণের পর পূর্ব বর্ণিত OriC বিন্দুর ঠিক বিপরীতে দুটি প্রতিলিপিকরণ শলাকা পরস্পরের সঙ্গে মিলিত হয়। এই বিন্দুকে বলে **Termination** বা ter বিন্দু। *ter* অঞ্চলে শলাকাদ্বয় পরস্পরে সঙ্গে মিলিত হলে দুটি অপত্য DNA পৃথকীভূত হয়ে যায় (চিত্র 14.7)

2. DNA প্রতিলিপিকরণের Rolling Circle মডেল ঃ এই ধরনের প্রতিলিপিকরণ দেখা যায় *E. coli* এর Hfr প্রকরণের মধ্যে এবং বহুসংখ্যক প্লাসমিড DNA এর মধ্যে। এক্ষেত্রে বৃত্তাকার DNA এর বর্হিতন্ত্রীটি একটি সুনির্দিষ্ট বিন্দুতে ছেদিত (nicked) হয় ফলে অন্তঃস্থ তন্ত্রী সম্পূর্ণ বৃত্ত হলেও বহিঃস্থতন্ত্রীতে

দুটি সুনির্দিষ্ট প্রান্ত পরিলক্ষিত হয়। একটি প্রান্তকে 5´P (এই প্রান্তের ডিঅক্সিরাইবোজ শর্করার 5 নম্বর কার্বন অনুর সঙ্গে একটি মুক্ত ফসফেট থাকে বলে) ও অপর প্রান্তকে 3´OH (তৃতীয় কার্বন অনুর সঙ্গে একটি মুক্ত OH মূলক থাকে) বলে। প্রতিলিপিকরণের বৈশিষ্ট্য এই যে, DNA পলিমারেজ নামক উৎসেচকের উপস্থিতিতে 3´OH প্রান্তের কোন পরিপূরক বা template এর সাপেক্ষে প্রতিলিপি গঠন করে বিবর্ধন ঘটা সম্ভব। এক্ষেত্রে ঠিক তাই ঘটে (চিত্র 14.8)। 5´P প্রান্তের 360º ঘূর্ণনে বাহিরের তন্ত্রীটি অপসারিত হয় ঠিকই কিন্তু একই সঙ্গে ঘটে চলা 3´OH প্রান্তের বিবর্ধনের জন্য একটি সম্পূর্ণ দ্বিতন্ত্রী অপত্য DNA সংশ্লেষিত হয়। একতন্ত্রী অপসারিত DNA টির সাপেক্ষে অপত্য DNA তন্ত্রী গঠিত হলে সেটিও দ্বিতন্ত্রীতে পরিণত হয়। ছেদিত প্রান্তদ্বয় লাইগেজ নামক উৎসেচকের উপস্থিতিতে যুক্ত হয়ে গেলে দুটি অপত্য বৃত্তাকার DNA পাওয়া যায়।



চিত্র নং 14.7 ঃ (A) Theta প্রতিলিপিকরণের বিভিন্ন পর্যায়



চিত্র নং 14.8 ঃ (B) Rolling Circle প্রতিলিপিকরণের বিভিন্ন পর্যায়

14.5 প্লাজমিড ও এপিজোম (Plasmid and Episome)

সংজ্ঞা ঃ প্লাজমিড হ'ল ক্রোমোজোমের অতিরিক্ত (extrachromosomal) বৃত্তাকার DNA যা স্বতন্ত্রভাবে অথবা কোশীয় ক্রোমোজোমের সঙ্গে সংযুক্ত অবস্থায় প্রতিলিপি গঠনে সক্ষম।

ব্যাকটেরিয়া ও আর্কিয়া কোশে ক্রোমোজোম ছাড়া কোন কোন ক্ষেত্রে এক বা একাধিক অতিরিক্ত (additional) চক্রাকার দ্বিতন্ত্রী DNA থাকে। এই DNA **স্ববিভাজনক্ষম** (self-replicating) অর্থাৎ ক্রোমোজোম DNA এর সাথে তাল মিলিয়ে এর দ্বিত্বকরণ হয় না। কোশে এদের উপস্থিতি সত্ত্বেও এরা যেমন কোশের একান্ত আবশ্যিক কোন ধর্মের জন্য দায়ী নয় তেমনই এদের অভাবে কোশ ধ্বংসপ্রাপ্ত হয় না। এই DNA কে প্লাজমিড্ বলে (চিত্র 14.9)। যে ক্রোমোজোম অতিরিক্ত (extra chromosomal) বৃত্তাকার ব্যাকটেরিয়াল DNA এককভাবে স্বতন্ত্ররূপে এবং ব্যাকটেরিয়াল ক্রোমোজোমের মধ্যে সংযুক্ত হয়ে প্রতিরূপ গঠনে সক্ষম তাকে বলে **এপিজোম** (episome)। *E. coli* এর F DNA খণ্ডককে প্লাজমিজ ও এপিজোম উভয়ের উদাহরণ বলা যায়। তবে প্লাজমিড কখনও কখনও

কিছু জিন্ বহন করে যারা অনুপূরক (supplement) হিসাবে কাজ করে। এই অনুপূরক ধর্মই যখন কোশের বাঁচার জন্য একান্ত প্রয়োজন হয়ে পড়ে তখন প্লাজমিডের কার্যকারিতা জীবনদায়ী সাব্যস্ত হতেও পারে। যেমন জীবাণুনাশক প্রতিরোধ (antibiotic resistance) বা ধাতু প্রতিরোধ (metal resistance)। উদাহরণ স্বরূপ—ধরা যাক একটি ব্যাকটেরিয়ার সাধারণভাবে বেঁচে থাকার সকল গুণাগুণ আছে কিন্তু পেনিসিলিনের উপস্থিতিতে ধ্বংসপ্রাপ্ত হয়। এইরকম ব্যাকটেরিয়া যদি একটি পেনিসিলিন প্রতিরোধী প্লাজমিড সংগ্রহ করতে নিতে পারে তা হলে পেনিসিলিনের উপস্থিতিতেও ব্যাকটেরিয়াটি জন্মাতে পারবে। এই পরিস্থিতিতে শুধু একটি গুণই বেঁচে থাকার জন্য একান্ত প্রয়োজন যা কিনা অণুপূরক হিসাবে প্লাজমিডের কাছ থেকে আসবে। বর্তমানে নানান অ্যান্টিবায়োটিকের বহুল ব্যবহারের জন্য বহু রোগজীবাণুর মধ্যে জীবাণুনাশক প্রতিরোধী প্লাজমিড দেখা যায়। প্রতিকূলতা কাটিয়ে ওঠার জন্য একটি ব্যাকটেরিয়া অন্য একটি ব্যাকটেরিয়ার থেকে প্লাজমিড সংগ্রহ করে নিতে পারে।

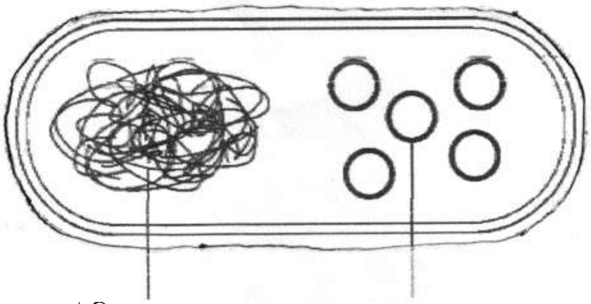
প্লাজমিডের প্রকারভেদ (Types of Plasmid)

প্লাজমিডের কাজ অনুযায়ী এদের ভাগ করা হয়। যেমন যে প্লাজমিড F-পিলি তৈরীতে অনুপূরক হিসাবে কাজ করে তাকে **F-প্লাজমিড** (fertility plasmid) বলে। অ্যান্টিবায়োটিকের বিরুদ্ধে প্রতিরোধ গড়ে তোলে যে প্লাজমিড তাদেরকে **R-প্লাজমিড** (Resistance plasmid) বলে। সংক্রামক গুণবাহী প্লাজমিড (virulence factor plasmid) কিছু সাধারণ ব্যাকটেরিয়াকে সংক্রামক করে তোলে যেমন *E. coli* এর **LT প্লাজমিড।** অসংক্রামক *E. coli* ব্যাকটেরিয়াতে **LT-প্লাজমিড** প্রবেশ করলে আপাত নিরীহ জীবাণুটি এনটেরোটকসিন্ (অধিবিষ) তৈরী করতে পারে তখন সংক্রামক হয়ে ওঠে। এই এনটেরোটকসিনের জন্যই রোগের উপসর্গ দেখা যায়। *Agrobacterium* (অ্যাগ্রোব্যাকটেরিয়াম)'এ **Ti প্লাজমিড** থাকার জন্য সংক্রামিত গাছের ক্রাউন গল টিউমার (crown gall tumor) হয়ে থাকে।

সারণি-14.1 ঃ বিভিন্ন প্রকার প্লাজমিড

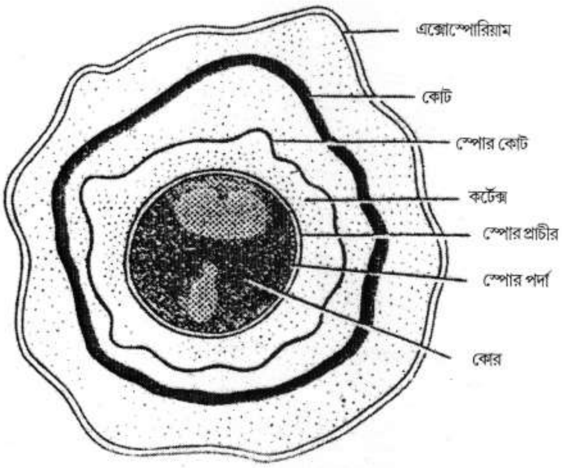
প্লাজমিডের প্রকৃতি	কাজ	উদাহরণ
1. সংশ্লেষ নিয়ন্ত্রক প্লাজমিড (Fertility Plasmid)	এক কোশ থেকে অন্য কোশে DNA স্থানান্তর করতে সাহায্য করে।	F প্লাজমিড
2. প্রতিরোধী প্লাজমিড (Resistance Plasmid)	(a) অ্যান্টিবায়োটিকের বিরুদ্ধে প্রতিরোধ গড়ে তোলে।	R-প্লাজমিড RP4, R1, pSH6
	(b) ক্যাডমিয়াম ও পারদের বিরুদ্ধে প্রতিরোধ গড়ে তোলে।	R-100
	(c) অতি বেগুনী আলোর বিরুদ্ধে প্রতিরোধ গড়ে তোলে।	Col E1
3. Col প্লাজমিড	ব্যাকটেরিওসিন্ নামক নিধনকারী প্রোটিন তৈরী করে।	Col E1, Col E2
4. রোগ সৃষ্টিকারী প্লাজমিড (Virulence Factor)	(a) এনটেরোটক্সিন নামক অধিবিষ তৈরী করা। (অসংক্রামক কে সংক্রামক জীবাণুতে পরিণত করতে সাহায্য করে।)	LT-প্লাজমিড *E. coli*

প্লাজমিডের প্রকৃতি	কাজ	উদাহরণ
	(b) পিলি তৈরী করে। (c) অ্যান্টিবায়োটিক তৈরী করে।	K88 প্লাজমিড মিথাইলিন মাইসিন প্লাজমিড SCPI
5. বিপাকীয় প্লাজমিড (Metabolic Plasmid)	(a) কর্পূরকে ভাঙ্গতে পারে। (b) টলুইনকে ভাঙ্গতে পারে। (c) স্ট্রেপটোমাইসেটস্-এ রেণু তৈরী করতে সাহায্য করে	CAM-প্লাজমিড TOL-প্লাজমিড SCPI-প্লাজমিড
6. পরিবর্তনসাধক প্লাজমিড (Transformation Plasmid)	গাছের ক্রাউন গল টিউমার দৃষ্টি করে	Ti প্লাজমিড



চিত্র নং 14.9 ঃ প্লাসমিড ঃ একটি আদর্শ ব্যাকটেরিয়া কোশে।

চিত্র নং 14.10 ঃ ব্যাকটেরিয়ার রাইবোজোম।



চিত্র নং 14.11 ঃ অন্তঃরেণুর গঠন ঃ অন্তঃরেণুর কেন্দ্রীয় অংশ বা কোর (core) হল একমাত্র সজীব অংশ যেখানে DNA ও প্রোটোপ্লাস্ট থাকে। কোর অংশটিকে ঘিরে যথাক্রমে স্পোর পর্দা, স্পোর প্রাচীর, স্পোর কর্টেক্স ও স্পোর কোট (Spore Coat) এর আবরণী থাকে। কোনো কোনো প্রজাতিতে এর বাইরেও এ্যাক্সোস্পোরিয়াম (Exosporium) নামক একটি কাগজ সদৃশ আবরণী থাকে।

প্লাজমিড DNA আকারে ছোট হওয়ার জন্য খুব সহজেই কোশ থেকে আলাদা করা যায়। এমনকি এর থেকে কিছু অংশ কেটে বাদ দিয়ে অন্য কোন জিনের DNA জোড়া লাগিয়ে আবার ব্যাকটেরিয়াতে প্রবেশ করিয়ে দিলে জোড়া লাগানো জিনটি কোশের মধ্যে পূর্ণমাত্রায় কাজ করতে সক্ষম হয়। এইভাবে এক কোশ থেকে DNA কেটে অন্য কোশের DNA তে জোড়া দেওয়ার পদ্ধতিকে বলে **জীন প্রযুক্তি** (genetic engineering)। এইভাবে সৃষ্ট পুনঃ সংযুক্ত DNA এর ব্যবহারিক তাৎপর্য অনেক। স্থানান্তরে সে আলোচনা করা যাবে।

14.6 রাইবোজোম (Ribosomes)

রাইবোজোম হল কোশের ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র অঙ্গাণু যা একক পর্দাবৃত নয়। ব্যাকটেরিয়া, আর্কিয়া ও ইউক্যারিয়া সকল ধরনের কোশে রাইবোজোম থাকে। এদের সংখ্যা কমপক্ষে কোশ প্রতি দশ হাজার। ইউক্যারিয়া কোশে রাইবোজোমের সংখ্যা আরও বেশী। রাইবোজোম কোশের প্রোটিন তৈরীর আধারস্থল। সক্রিয় রাইবোজোম দুটি অধঃ এককের (sub-unit) সমন্বয়ে তৈরী হয়। প্রতিটি অংশ প্রধানত RNA ও প্রোটিন দিয়ে গঠিত। রাইবোজোমে যে RNA থাকে তাকে rRNA (ribosomal RNA) বলে। *E. coli* এর রাইবোজোমে দুই তৃতীয়াংশ rRNA ও বাকিটা প্রোটিন থাকে। রাইবোজোমে যেমন দুটি অধঃএকক আছে তেমনি বিভিন্ন রকম rRNA ও আছে। কোনটি কি ধরনের অধঃএকক বা rRNA তা বোঝানোর জন্য "S" এককটি (S = Svedburg-আবিষ্কারকের নাম) ব্যবহার করা হয়।

প্রান্তলিপি ঃ S এককটি হল কোন কণা বা বস্তু অভিকেন্দ্রিক বলের প্রভাবে কত তাড়াতাড়ি অধঃক্ষিপ্ত হয় তারই আণুপাতিক হারের পরিমাপ। অভিকেন্দ্রিক বলের পরিমাপ আবর্তনের গতির উপর নির্ভরশীল। কোন দ্রবণে যদি বিভিন্ন আয়তনের বস্তু কণা মিশিয়ে অভিকেন্দ্রিক বলের কেন্দ্রে ফেলা হয় তা হলে বস্তুর আয়তন অনুযায়ী আলাদা আলাদা স্তরে বস্তুকণাগুলি অধঃক্ষিপ্ত হতে থাকে। একে (sedimentation) অধঃক্ষেপন বলে।

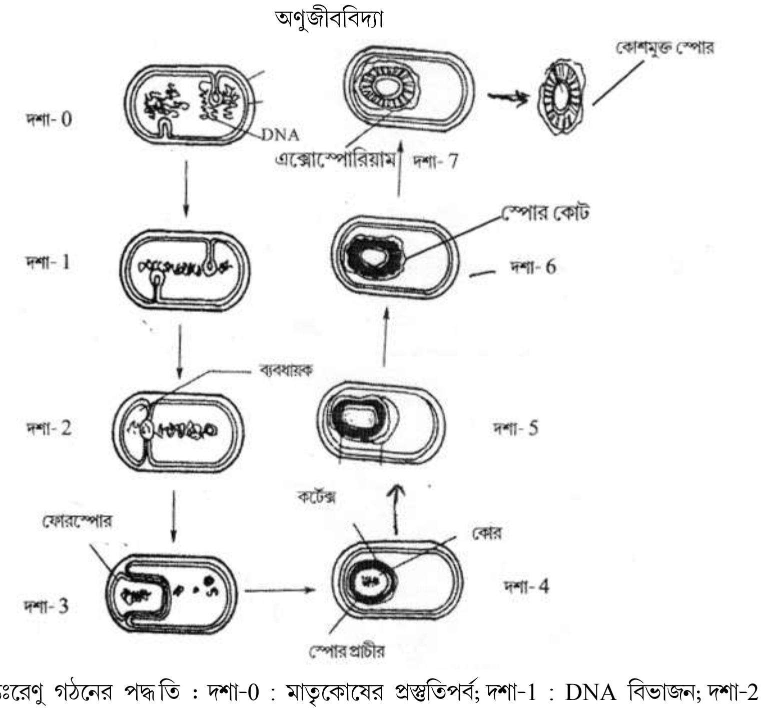
ব্যাকটেরিয়া ও আর্কিয়ার রাইবোজোমের অধঃক্ষেপণ তুল্যাঙ্ক হল 70S এবং এটি তৈরী হয় একটি 30S ও একটি 50S অধঃএককের সমন্বয়ে। অধঃএককের মিলিত অধঃক্ষেপণ তুল্যাঙ্ক হ্রাস পাওয়ার ফলে তা হয় 70S (চিত্র-

14.10)। 30S অধঃএককটি তৈরী হয় 21টি প্রোটিন ও একটি 16S rRNA দিয়ে। 50S অধঃএককটি 34টি প্রোটিন, একটি 23S ও একটি 5S rRNA এর অণু দ্বারা গঠিত। ব্যাকটেরিয়া ও আর্কিয়ার মধ্যে রাইবোজোমে তফাৎ rRNA-এর নিউক্লিওটাইড বিন্যাসের।

ইউক্যারিয়ার রাইবোজোম 80S, এটিও দুইটি সাব-ইউনিট দিয়ে তৈরী। একটি 40S ও অপরটি 60S। যখন প্রোটিন তৈরী হয় তখনই সাইটোপ্লাজমের 40S ও 60S সংযোজিত হয়ে 80S কণিকা তৈরী হয়। আগেই বলা হয়েছে যে ইউক্যারিওটিক অঙ্গাণু মাইটোকনড্রিয়া ও প্লাসটিডের উৎপত্তি হয়েছে ব্যাকটেরয়া থেকে। বিজ্ঞানীরা তার নানান কারণ দেখিয়েছেন তার মধ্যে একটি গুরুত্বপূর্ণ কারণ হল এই যে—এই দুই অঙ্গানুতে যে রাইবোজোম থাকে তা ব্যাকটেরিয়ার মতো 70S রাইবোজোম।

14.7 অন্তঃরেণু (Endospore)

অল্প কিছু সংখ্যক ব্যাকটেরিয়া বংশবৃদ্ধির জন্য অযৌন রেণু তৈরী করে থাকে যেমন অ্যাকটিনোমাইসেটস্ (Actinomycetes)। তবে অন্তঃরেণুর সঙ্গে জননের সম্পর্ক নেই। ব্যাকটেরিয়ায় অন্তঃরেণু গঠিত হয় প্রতিকূল পরিবেশে জীবনরক্ষার তাগিদে থাকে। যেমন ব্যাসিলাস *(Bacillus)* ও ক্লসট্রিডিয়াম *(Clostridium)*। প্রতিকূল পরিবেশ বলতে বোঝায় জল ও খাদ্যের অভাব। পূর্ণতাপ্রাপ্ত অন্তঃরেণুতে একাধিক আবরণী থাকে। প্রাচীরদ্বয়ের সাহায্যে অন্তঃরেণু অতিমাত্রায় তাপ ও রাসায়নিকের প্রভাব থেকে অন্তঃস্থ জীনোমটিকে বাঁচিয়ে রাখে। অন্তঃরেণু শুষ্ক



চিত্র নং 14.12 ঃ অন্তঃরেণু গঠনের পদ্ধতি : দশা-0 : মাতৃকোষের প্রস্তুতিপর্ব; দশা-1 : DNA বিভাজন; দশা-2 : বিভাজক গঠন; দশা-3 : ফোরস্পোর গঠন; দশা-4 : স্পোর প্রাচীর গঠন; দশা-5 : কর্টেক্স গঠন; দশা-6 : স্পোর কোট গঠন; দশা-7 : এক্সোস্পোরিয়াম গঠন; দশা-8 : স্পোরের মুক্তি

অবস্থায় বহুদিন বাঁচতে পারে এমনকি হাজার হাজার বছর ধরে। আবার ফুটন্ত জলে একঘণ্টা রাখার পরও ক্লষ্ট্রিডিয়ামের (*Clostridium*) অন্তঃরেণু অপরিবর্তিত থাকে।

14.7.1 অন্তঃরেণুর গঠন (Structure of bacterial endospore) :

অন্তঃরেণুতে মূলতঃ তাপ প্রতিরোধী আবরক দ্বারা আবৃত সক্রিয় DNA থাকে। অন্তঃস্থ এই অংশটিকে বলে **কোর** (Core) অংশ।

Core অংশ একটি **অন্তঃস্থ কোশপর্দা** (inner membrane) দ্বারা আবৃত যা অন্তঃরেণুর নিজস্ব পর্দা। এর পরের অংশ হ'ল **কোশপ্রাচীর** যা স্বাভাবিক কোশ প্রাচীরের মতই পেপটাইডোগ্লাইকান দ্বারা তৈরী। এটিকে ঘিরে থাকে একটি **বহিঃস্থ পর্দা** (outer membrane), এটি হল যে মাতৃকোশের মধ্যে অন্তঃরেণুটি গঠিত হচ্ছে তার কোশপর্দা। এর পরের আবরণী গুলিকে যথাক্রমে **কর্টেক্স** (cortex), **কোট** (spore coat) বলে। এদের মধ্যে স্পোর কোট অংশে **ক্যালসিয়াম-ডাই পিকোলিনিক অ্যাসিড** (Ca-dipicolinate) যৌগ সঞ্চিত হয় যা অন্তঃরেণুকে তাপ ও বিষাক্ত পদার্থ নিরোধী হতে সাহায্য করে। কখনও কখনও স্পোর কোট অংশের বাইরে একটি কাগজের মতো পাতলা আবরণী **exosporium (এক্সোস্পোরিয়াম)** থাকে। (চিত্র 14.11)

14.7.2 অন্তঃরেণুর গঠন পদ্ধতি (Method of sporulation)

অন্তঃরেণু গঠনে 8টি ধাপ আছে। *Bacillus subtilis* এ ধাপগুলি নিম্নরূপ ঃ

(i) Stage 0 : এটি গঠনপূর্ব অবস্থার মাতৃকোষ যেটি DNA প্রতিলিপিকরণের উৎসেচকগুলি সংশ্লেষিত করে।

(ii) Stage I : Axial filament গঠন। এটি আর কিছুই নয় প্রতিলিপিকৃত DNA মাত্র যা লম্বভাবে একটি সূত্রাকার গঠনের মতো কোশের মধ্যে বিন্যাস্ত থাকে।

(iii) Stage II : Engulfment, এই পর্যায়ে কোশপর্দার দুটি উপবৃদ্ধি দেখা যায়। যারা পরস্পরের সঙ্গে সংযুক্ত হয়ে কোশকে দুটি সাইটোপ্লাজমীয় খণ্ডকে বিভক্ত করে। ক্ষুদ্রতর খণ্ডকটি অন্তঃরেণুতে পরিণত হবে। এই খণ্ডকটিকে বৃহত্তর খণ্ডকের কোশপর্দা বিবর্ধিত হয়ে ঘিরে নেয় অনেকটা ফ্যাগোসাইটোসিস পদ্ধতির মতো।

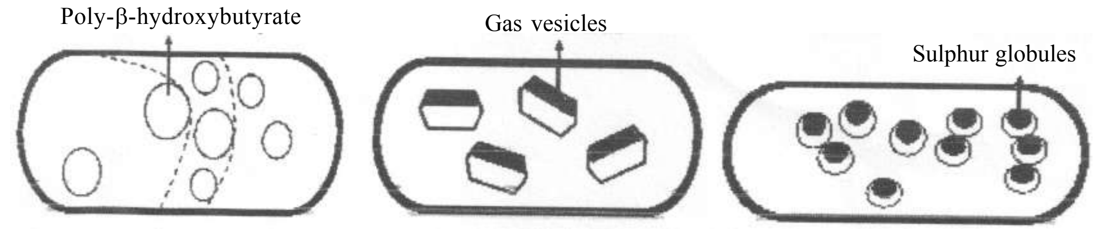
(iv) Stage III : Forespore গঠন। এই অন্তঃস্থ ক্ষুদ্রতর অংশ পরবর্তীকালে অন্তঃরেণুর Core গঠন করে। একে বলে Forespore (ফোরস্পোর)। এখানে অপত্য DNA, রাইবোজোম, অল্প RNA ও কিছু উৎসেচক আছে।

(v) Stage IV : Cell wall বা কোশপ্রাচীর গঠন। এই পর্যায়ে দুটি কোশপর্দার অর্ন্তবর্তী অংশে কোশপ্রাচীর পদার্থ জমা হয়।

(vi) Stage V : Cortex গঠন। কর্টেক্সও পেপটাইডগ্লাইকান দ্বারা তৈরী বটে, কিন্তু এখানে Cross link অনেক বেশী। তাছাড়া সিসটাইন (Cystine) ঘটিত পলিপেপটাইড জমা হয়।

(vii) Stage VII : Spore Coat গঠন। এই অংশে একটি অতি বিরল অ্যামাইনো অ্যাসিড ডাইপিকোলিনিক অ্যাসিড (Dipicolinic acid) এর ক্যালসিয়াম (Ca^+) লবণ Ca-ডাইপিকোলিনেট জমা হয়।

(viii) Stage VIII : Maturation; এই পর্যায়ে কখনও কখনও একটি পাতলা পর্দা Exosporium তৈরী হয়। অবশেষে মাতৃকোষ থেকে পূর্ণাঙ্গ অন্তঃরেণুটি মুক্ত হয়। (চিত্র 14.12)



চিত্র নং 14.12 ঃ ব্যাকটেরিয়ার কোশে বিভিন্ন ধরনের সঞ্চিত পদার্থ।

স্পোর তৈরী হওয়ার পর মাতৃকোশ থেকে বেরিয়ে আসতে পারে বা নাও আসতে পারে। অধিকাংশ ক্ষেত্রেই মাতৃকোশের অংশবিশেষকে রেণুলগ্ন অবস্থায় পাওয়া যায়। **অন্তঃরেণু কী জননরেণু?** এর উত্তর হল—**কখনই নয়।** কেন না জননে অপত্য জনুর বংশধর সৃষ্টি হয়। এক্ষেত্রে অন্তরেণু অঙ্কুরিত হয়ে পূর্বতন জনিতৃ জনুর ব্যাকটেরিয়া কোশেরই পুনরুৎপাদন ঘটায়। দ্বিতীয়তঃ বংশবৃদ্ধি র মূল লক্ষ্য যা অর্থাৎ আপন প্রজাতির সংখ্যাবৃদ্ধি সেই উদ্দেশ্যও এখানে সাধিত হয় না। যেহেতু একটি অন্তঃরেণু অঙ্কুরিত হয়ে একটিই অঙ্গজ কোশ গঠিত হয়। অতএব অন্তঃরেণু হল একটি অঙ্গজ গঠন যা ব্যাকটেরিয়া কোশে প্রতিকূলতা কাটিয়ে ওঠার উপায় রূপে সৃষ্টি হয়ে থাকে।

14.8 ব্যাকটেরিয়ার সঞ্চিত খাদ্য ও অন্তঃস্থ পদার্থ (Storage and Inclusion Bodies)

ব্যাকটেরিয়ার কোশে জৈব ও অজৈব বহু রকমের সঞ্চিত পদার্থ দেখতে পাওয়া যায়। যেগুলি সঞ্চিত খাদ্যরূপে, শক্তির উৎসরূপে অথবা বর্জ্য পদার্থরূপে জমা হতে থাকে। কিছু সঞ্চিত পদার্থ একস্তরী পর্দা দ্বারা আবৃত এবং অপর কিছু মুক্ত। পর্দাবৃত সঞ্চিত পদার্থের উদাহরণ হ'ল গ্যাসীয় ভ্যাকুওল, ম্যাগনোটোজোম PHB দানা ইত্যাদি। অপরপক্ষে মুক্ত বা পর্দাবিহীন সঞ্চিত পদার্থের উদাহরণ হল পলিফসফেট দানা, সায়ানোফাইসিন দানা, গ্লাইকোজেন দানা ইত্যাদি।

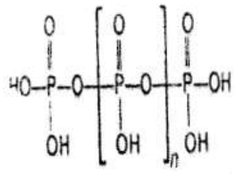
■ সঞ্চিত জৈব পদার্থ (Organic Inclusion Bodies)

(i) গ্লাইকোজেন (Glycogen) ঃ গ্লুকোজ ঘটিত এই যৌগ মূলতঃ কার্বহাইড্রেট এর উৎসরূপে শক্তি উৎপাদনের কাজে ব্যবহৃত হয়। গ্লুকোজের এই পলিমার শাখান্বিত। মূল কাঠামোর গ্লুকোজ অণুগুলি পরস্পরের সঙ্গে $\propto (1 \rightarrow 4)$ বন্ধনী দ্বারা যুক্ত এবং শাখাশৃঙ্খলগুলি মূল কাঠামোর সঙ্গে $\propto (1 \rightarrow 6)$ বন্ধনী দ্বারা যুক্ত।

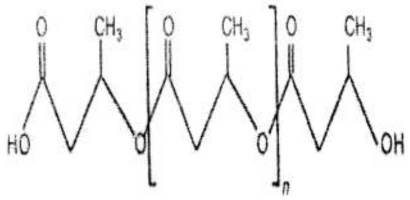
(ii) PHB দানা ঃ PHB হল Poly-β-hydroxy butyric acid নামক যৌগ যা বস্তুতপক্ষে বহুসংখ্যক Hydroxybutyric acid (HB) এর পলিমার যেখানে একক HB অণুগুলি পরস্পরের সঙ্গে এসটার (ester) বন্ধনী দ্বারা যুক্ত। বেশীরভাগ ক্ষেত্রেই এই দানাগুলি পর্দাবৃত থাকে এবং মাইক্রোস্কোপের তলায় ভ্যাকুওল বা কোশগহ্বর সদৃশ অংশ মনে হয়। এদের ব্যাস 0.2 থেকে 0.7μm এর মতো হয় এবং বায়োপলিমার বা জৈব উৎস থেকে প্রাপ্ত প্লাসটিকের বিকল্পরূপে এদের বাণিজ্যিক ব্যবহার ক্রমবর্ধমান। কোশের মধ্যে এই PHB কার্বনের উৎসরূপে সঞ্চিত হয়ে থাকে (চিত্র 14.13)।

(iii) সায়ানোফাইসিন (Cyanophycin) দানা ঃ সায়ানোব্যাকটেরিয়ার কোশস্থ রঞ্জক পদার্থ এই দানাগুলিতে সঞ্চিত থাকে। দানাগুলি কোশপর্দা সংলগ্ন এবং মূলতঃ আরজিনিন (Arginine) ও অ্যাসপারটিক অ্যাসিড (Aspeartic acid) ঘটিত পলিপেপটাইড।

(iv) গ্যাসীয় গহ্বর (Gas Vesicle) ঃ সালোকসংশ্লেষকারী ব্যাকটেরিয়া ও অন্য কিছু জলজ ব্যাকটেরিয়া (eg. *Halobacterium, Thiothrix* ইত্যাদি) কোশে প্রয়োজনমতো গ্যাস (মূলতঃ CO_2) জমা করে জলের উপরিস্তরে ভাসমান থাকার জন্য। প্রয়োজনমত গ্যাসের পরিমাণ কমিয়ে বাড়িয়ে এরা নিজেদের কোশের প্লবতা (buoyancy) নিয়ন্ত্রণ করতে পারে। গ্যাস গহ্বর বা gas vesicle হল প্রোটিন পর্দা দ্বারা বেষ্টিত গহ্বর। গহ্বর গ্যাসে পূর্ণ হলে কোশ ভাসমান থাকে আবার সঙ্কুচিত হলে কোশ জলের নিম্নস্তরে চলে যায় (চিত্র 14.13)।



পলিফসফেট দানা



Poly B-হাইড্রক্সি বিউটাইরিক অ্যাসিড অনুর গঠন

চিত্র নং 14.13 ঃ কোশের সঞ্চিত পদার্থ।

■ অজৈব সঞ্চিত পদার্থ (Inorganic Inclusion Bodies)

(i) পলিফসফেট দানা (Polyphosphate granules) বা ভলিউটিন (Volutin) দানা হল মুখ্য অজৈব সঞ্চিত পদার্থ। এরা হল ফসফেট আয়নের কোশীয় সঞ্চয়। ফসফেট হল নিউক্লিক অ্যাসিড এবং কোশপর্দার গঠনে অন্যতম প্রধান উপাদান। রঞ্জক পদার্থের প্রভাবে এই দানাগুলির মধ্য থেকে বহুবর্ণতা পরিলক্ষিত হয়। এজন্য এগুলিকে মেটাক্রোমাটিক (Metachromatic) দানাও বলা হয়ে থাকে।

(ii) গন্ধক দানা (Sulfur granules) ঃ সালফার জারণকারী ব্যাকটেরিয়া (যথা *Thiobacillus*) এবং সালফার বিজারণকারী ব্যাকটেরিয়া (যেমন *Desulfovibrio*) উভয়েই সালফার বা গন্ধক কোশাভ্যন্তরে জমা করে রাখে। প্রথম ক্ষেত্রে সালফার হল শক্তির উৎস সেহেতু এই ব্যাকটেরিয়া সালফার জারণ করে শক্তি আহরণ করে। দ্বিতীয় ক্ষেত্রে H_2S এর বিজারণের ফলে যে সালফার মুক্ত হয় তা কোশের মধ্যে জমা হতে থাকে।

(iii) ম্যাগনেটোজোম (Magnetosome) ঃ কিছু ব্যাকটেরিয়া (যেমন *Aquaspirillum magnetotacticum*) ভূস্তরের চৌম্বকক্ষেত্রের দ্বারা নিজেদের গমন নিয়ন্ত্রণ করতে পারে। এদের কোশে লৌহঘটিত চৌম্বকীয় অজৈব যৌগ সঞ্চিত হয় (যেমন FeS_2)। চৌম্বকক্ষেত্রে এই লৌহঘটিত যৌগ ব্যাকটেরিয়া কোশটিকে মেরু অভিমুখী চলনে সাহায্য করে।

■ অনুশীলনী - 2

1. নীচে প্রদত্ত সারণিদ্বয়কে যথাযথভাবে মেলান ঃ

(i) Ca-ডিপিকোলিনেট	(a) ব্যাকটেরিয়ার সঞ্চিত খাদ্য
(ii) 23S rRNA	(b) R-প্লাসমিড

(iii) PHB দানা (c) ব্যাকটেরিয়ার অন্তঃরেণু

(iv) অ্যান্টিবায়োটিক প্রতিরোধ (d) রাইবোজোম

(v) প্রোটিন - সংশ্লেষ (e) 50S অধঃএকক

2. তিনটি মূল বৈশিষ্ট্য দেখিয়ে ব্যাকটেরিয়ার প্লাসমিড ও ক্রোমোজোমাল DNA এর মধ্যে পার্থক্য নির্ণয় করুন ঃ

	ক্রোমোজোমাল DNA	প্লাসমিড DNA
1.		
2.		
3.		

14.9 সারাংশ (Summary)

ব্যাকটেরিয়ার কোশীয় সংগঠনের কেন্দ্রস্থল হল তার নিউক্লিয়য়েড। ইউক্যারিওটিক নিউক্লিয়াসের সাথে এর পার্থক্য হল এই যে এখানে যথাযথ নিউক্লীয় পর্দাবৃত কোন অংশ দেখা যায় না। যথার্থ ক্রোমোজোম যাকে বলে তাও এখানে নেই। ব্যাকটেরিয়ার ক্রোমোজোম হল বস্তুতঃপক্ষে একটি নগ্ন দ্বিতন্ত্রী DNA। নগ্ন, কেন না এটির সঙ্গে কোন হিসটোন প্রোটিন সংশ্লিষ্ট নেই। কোশের দৈর্ঘ্যের তুলনায় DNA এর দৈর্ঘ্য কিন্তু অনেক বেশী। *E. coli* এর ক্ষেত্রে প্রায় 500 গুণ বেশী। DNAটি অতিমাত্রায় প্যাঁচালো বা Supercoiled অবস্থায় থাকে বলে সেটি কোশের মধ্যে সামান্য স্থান অধিকার করে থাকে। ইউ্যক্যারিওটিক DNA এর ন্যায় এরও প্রতিলিপি তৈরী হয় অর্দ্ধরক্ষণশীল বা Semiconservative পদ্ধতিতে। প্রতিলিপি গঠনের সময় গোলাকার DNA উভমুখী replication fork বা প্রতিলিপিকরণ শলাকা গঠন করে। প্রতিলিপি তৈরী হওয়া শুরু হয় যে বিন্দু থেকে তাকে বলে **ori C** বিন্দু আর শেষ হয় যে বিন্দুতে তাকে বলে **ter** বিন্দু। **ori C** থেকে শুরু হয়ে উভমুখী প্রতিলিপিকরণ শলাকাদ্বয় যখন ter বিন্দুতে পরস্পর মিলিত হয় তখন দুটি অপত্য DNA বিচ্ছিন্ন হয়ে যায়। প্রতিলিপি তৈরীর কাজে নিয়োজিত থাকে একাধিক উৎসেচক যাদের মধ্যে DNA পলিমারেজ হল মুখ্য। ক্রোমোজোমাল DNA ছাড়াও ব্যাকটেরিয়াতে একধরনের অতিরিক্ত DNA থাকে, যাকে বলে প্লাসমিড। প্লাসমিড যদিও জীবনধারণের জন্য আবশ্যিক নয় তবু অ্যান্টিবায়েটিক প্রতিরোধ, সংশ্লেষ বা Conjugation ইত্যাদি বৈশিষ্ট্য প্লাসমিড দ্বারাই নিয়ন্ত্রিত হয়। রাইবোজোম হল প্রোটিন সংশ্লেষের আধারস্থল। ব্যাকটেরিয়ার রাইবোজোম 70S প্রকৃতির যার অধঃএককদ্বয় যথাক্রমে 50S ও 30S প্রকৃতি হয়। প্রতিকূল দশা কাটানোর জন্য একাধিক ব্যাকটেরিয়া গঠন করে অন্তঃরেণু যা অতিমাত্রায় তাপসহনকারী। এছাড়া কোশে থাকে সঞ্চিত খাদ্য যার মধ্যে পলিফসফেট দানা ও পলি β-হাইড্রোক্সিবিউটাইরেট দানা উল্লেখ্য।

14.10 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী (Terminal Questions)

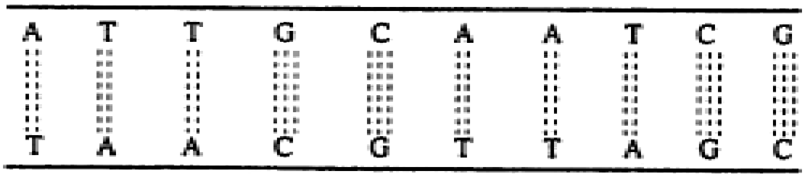
1. ব্যাকটেরিয়ার নিউক্লিয়য়েড এর গঠন বর্ণনা করুন। অর্দ্ধরক্ষণশীল প্রতিলিপিকরণ বলতে কী বোঝায় তা একটি পরীক্ষার সাহায্যে বিবৃত করুন।
2. প্লাসমিড কী? ব্যাকটেরিয়ায় প্লাসমিডের উপস্থিতির গুরুত্ব কী?
3. টীকা লিখুন ঃ
   (i) অন্তঃরেণু, (ii) রাইবোজোম, (iii) ব্যাকটেরিয়া ক্রোমোজোমের বৈশিষ্ট্য, (iv) ব্যাকটেরিয়ার সঞ্চিত খাদ্য।

14.11 উত্তরমালা (Answers)

অনুশীলনী -1

1. (a) ভুল; (b) ঠিক; (c) ঠিক; (d) ভুল; (e) ভুল।

2.



অনুশীলনী -2

1. (i) ____ (c)
   (ii) ____ (e)
   (iii) ____ (a)
   (iv) ____ (b)
   (v) ____ (d)

2.

ক্রোমোজোমাল DNA	প্লাসমিড DNA
1. দীর্ঘ এবং কোশের আবশ্যিক কার্যগুলির জন্য জন্য দায়ী।	1. ক্ষুদ্র এবং কোশের পক্ষে সাধারণভাবে অত্যাবশ্যকীয় নয়।
2. বংশগতির ধারক ও বাহক।	2. কয়েকটি বিশেষ বৈশিষ্ট্য যেমন অ্যান্টিবায়োটিক প্রতিরোধ, F-পিলি গঠন অধিবিষ তৈরী ইত্যাদির জন্য দায়ী।
3. সব ব্যাকটেরিয়ার উপাদান।	3. সমস্ত ব্যাকটেরিয়ার উপাদান নয়।

সর্বশেষ প্রশ্নাবলী ঃ

1. ব্যাকটেরিয়ার DNA এর ভৌত গঠন বলুন, অতি প্যাঁচালো বা Supercoiled হবার যৌক্তিকতা উল্লেখ কর *E. coli* এর Supercoiled DNA চিত্রটি আঁকুন (চিত্র 14.3), তারপর DNA এর রাসায়নিক গঠন সংক্ষেপে বিবৃত করুন।
   দ্বিতীয় অংশের জন্য মেসেলসন-ষ্টাহ্লের পরীক্ষাটি চিত্রসহ বিবৃত করুন।
2. প্লাসমিড কি তা 14.4 অংশাঙ্কিত বিষয় থেকে আলোচনা করুন। চিত্র সংযোজিত করুন। গুরুত্ব লিখতে গেলে এর অনুপূরক (supplementary) ভূমিকার কথা বলতে হবে এবং অ্যান্টিবায়োটিক প্রতিরোধ, F-পিলি গঠন, অধিবিষ গঠন, টিউমার গঠন ইত্যাদি বৈশিষ্ট্য উদাহরণ সহ আলোচনা করতে হবে।
3. (i) অন্তঃরেণু 14.7 অংশে আলোচিত।
   (ii) রাইবোজোম 14.6 অংশে আলোচিত।
   (iii) 14.3.2 অংশে দেখুন।
   (v) 14.8 অংশে দেখুন।

একক 15 ❑ ব্যাকটেরিয়ার শ্রেণীবিভাগ (Bacterial Systematics)

গঠন

15.1 উদ্দেশ্য

15.2 প্রস্তাবনা

15.3 জীবজগৎ-এর শ্রেণীবিভাগ

15.3.1 6 রাজ্য শ্রেণীবিন্যাস

15.3.2 3 ডোমেইন শ্রেণীবিন্যাস

15.4 আর্কিয়ার বৈশিষ্ট্য

15.5 ব্যাকটেরিয়া, আর্কিয়া ও ইউক্যারিয়ার পার্থক্য

15.6 সারাংশ

15.7 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

15.8 উত্তরমালা

15.1 উদ্দেশ্য

এই এককটি অধ্যয়নে আপনি—

- জীবজগৎ-এর আধুনিক শ্রেণীবিভাগটি সম্পর্কে অবহিত হবেন
- ব্যাকটেরিয়াকে শ্রেণীবিভক্ত করার আধুনিক পদ্ধতিগুলি সম্পর্কে অবহিত হবেন
- জাতিজনিগত ভিত্তিতে ব্যাকটেরিয়ার আধুনিক শ্রেণীবিভাগ সম্পর্কে পরিচিত হবেন

15.2 প্রস্তাবনা

ঊনবিংশ শতাব্দীর প্রথমার্ধ পর্যন্ত অণুজীবদের দুটি মূল জীবজগৎ অর্থাৎ প্রাণী বা উদ্ভিদের অন্তর্গত বলে মনে করা হত। ব্যাকটেরিয়া যেহেতু প্রোটোজোয়ার মতই স্থানান্তরে যেতে সক্ষম সেহেতু তাদের প্রাণীদের মধ্যে ফেলা হত। এদের একত্রে ইনফিউসোরিয়া নামে একটি গোষ্ঠীর অর্ন্তভুক্ত করা হয়েছিল, কিন্তু 1840 খৃস্টাব্দ নাগাদ জীববিজ্ঞানীরা বিশ্বাস করতে শুরু করেন যে এই গোষ্ঠীটি অত্যন্ত মিশ্র প্রকৃতির এবং ব্যাকটেরিয়া ও প্রোটোজোয়ার কোশীয় সংগঠনই ভিন্ন ভিন্ন রকমের। ফলে আদি ইনফিউসোরিয়া তিন ভাগে বিভক্ত হয়ে গেল ঃ

(1) **মেটাজোয়া ঃ** বহুকোশী অমেরুদণ্ডী প্রাণী

(2) **প্রোটোজোয়া ঃ** এককোশী প্রাণী

(3) **ব্যাকটেরিয়া ঃ** কোশ প্রাচীর বিশিষ্ট এককোশী উদ্ভিদ।

কিন্তু অণুবীক্ষণ যন্ত্রের উন্নতি তথা জীবন বিজ্ঞানের উন্নতির সাথে সাথে দেখা গেল ব্যাকটেরিয়াকে উদ্ভিদের অন্তর্ভুক্ত করাটা একেবারেই অযৌক্তিক। বরং আণুবীক্ষণিক জীবদের নিয়ে তৃতীয় একটি জীবজগৎ-এর কথা বললেন হিকেল (1866)। এই জগৎ এর নামকরণ হল **প্রোটিস্টা** এবং প্রোটোজোয়া, অলগি বা শৈবাল, ফানজাই বা ছত্রাক এবং ব্যাকটেরিয়াকে এই জগৎ-এর অন্তর্ভুক্ত করা হল। এরও অনেক পরে 1969 খ্রিস্টাব্দে R.H. Whittaker

প্রোটিষ্টা থেকে ব্যাকটেরিয়া ও সায়ানোব্যাকটেরিয়াকে বিচ্ছিন্ন করে স্বতন্ত্র একটি রাজ্য মোনেরা প্রবর্তিত করার কথা বলেন। বর্তমানকালে শ্রেণী বিন্যাস পদ্ধতি আরো অনেকটাই ভিন্ন।

15.3 জীবজগৎ-এর শ্রেণীবিভাগ (Classification of the living world)

15.3.1 6-রাজ্য শ্রেণীবিন্যাস (6-Kingdom Classification)

R.H. Whittaker (1969) মূলতঃ তিনটি সাধারণ বৈশিষ্ট্যের উপর ভিত্তি করে সমগ্র জীবজগৎ কে 5টি রাজ্যে বিভক্ত করেছিলেন (চিত্র নং 15.1)। বৈশিষ্ট্যগুলি হ'ল—

(i) কোশের প্রকৃতি (Cell Type) ঃ প্রোক্যারিওটিক ও ইউক্যারিওটিক

(ii) কোশীয় সংগঠন (Cellular Organization) ঃ এককোশী, উপনিবেশী ও বহুকোশী কলাবিন্যাসম্পন্ন

(iii) পুষ্টি পদ্ধতি (Nutritional Types) ঃ স্বভোজী, শোষণজীবী (absorptive) ও গলাধঃকরণী (ingestive)

এই ধর্মগুলির উপর ভিত্তি করে 5টি রাজ্য ও তাদের বৈশিষ্ট্যগুলি হ'ল—

সারণি ঃ 5 রাজ্য ও তাদের বৈশিষ্ট্য (Whittaker প্রবর্তিত) :

রাজ্য	ধর্ম	সদস্য
1. মোনেরা (Monera)	প্রোক্যারিওটিক, এককোশী স্বভোজী বা শোষণজীবী	ব্যাকটেরিয়া ও আর্কিয়া
2. প্রোটিষ্টা (Protista)	ইউক্যারিওটিক, এককোশী স্বভোজী, শোষণজীবী বা গলাধঃকরণী	এককোশী শৈবাল (*Chlamydomonas*) এককোশী ছত্রাক (Yeasts) প্রোটোজোয়া
3. প্ল্যানটি (Plantae)	ইউক্যারিওটিক, বহুকোশী কলাবিন্যস্ত দেহ, স্বভোজী	বহুকোশী সমগ্র সবুজ উদ্ভিদজগৎ
4. ফানজাই (Fungi)	ইউক্যারিওটিক, কলাবিন্যস্ত দেহ, শোষণজীবী	ইষ্ট জাতীয় এককোশী ছত্রাক ছাড়া অন্য সব ছত্রাক
5. অ্যানিম্যালিয়া (Animalia)	ইউক্যারিওটিক, কল্যাবিন্যস্ত দেহ, গলাধঃকরণী।	প্রাণীজগৎ

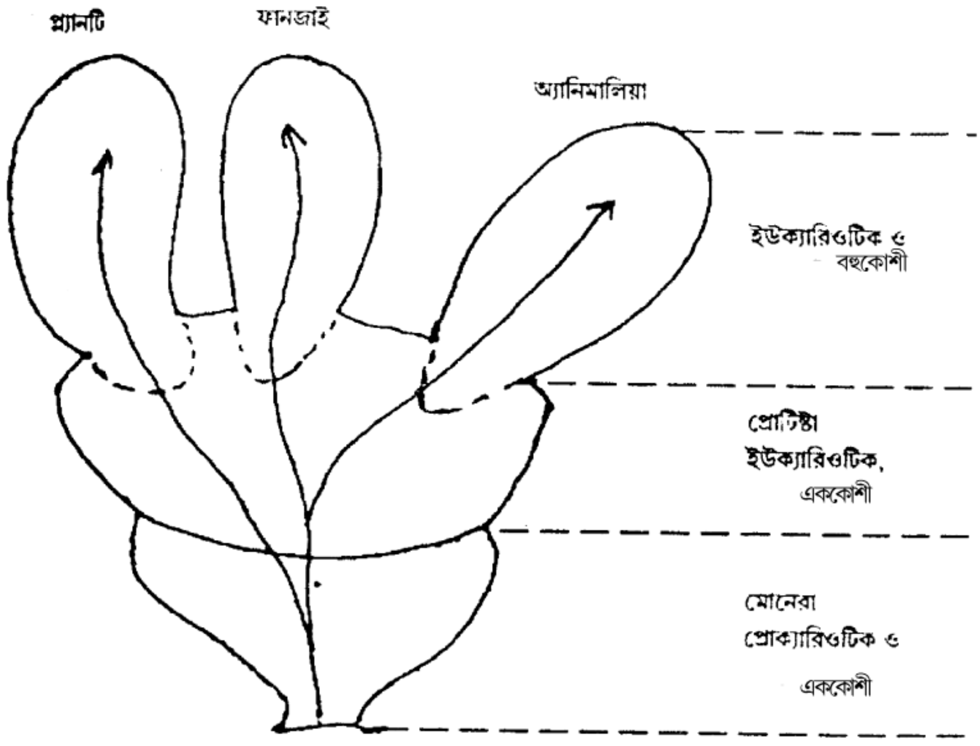
হোয়াইট্যাকার প্রবর্তিত এই শ্রেণীবিন্যাসটিতে সর্বপ্রথম অতি সাধারণ বৈশিষ্ট্যসমূহের ভিত্তিতে সমগ্র জীবজগৎকে একটি জাতিজনিগত (Phylogenetic) সম্পর্কের নিরিখে বিন্যস্ত করার চেষ্টা দেখা যায়, তবে এটি সমালোচিত মূলতঃ কয়েকটি কারণে ঃ

- ❑ এটিতে মোনেরা (Monera) রাজ্যটি ব্যাকটেরিয়া ও আর্কিয়ার সমন্বয়ে গঠিত যদিও আর্কিব্যাকটেরিয়ার বৈশিষ্ট্য ব্যাকটেরিয়ার থেকে অনেকটাই আলাদা।
- ❑ প্রোটিষ্টা (Protista) হল একটি মিশ্র রাজ্য যেখানে শৈবাল, ছত্রাক এবং প্রোটোজোয়া মিলে মিশে গেছে।
- ❑ ঈষ্ট এবং ছত্রাক-কে ভিন্ন ভিন্ন রাজ্যে রাখা এবং প্রোটোজোয়া ও বাকী প্রাণীদের আলাদা আলাদা জগতের অন্তর্ভুক্ত করা জাতিজনিগত শ্রেণীবিন্যাসের পরিপন্থী।

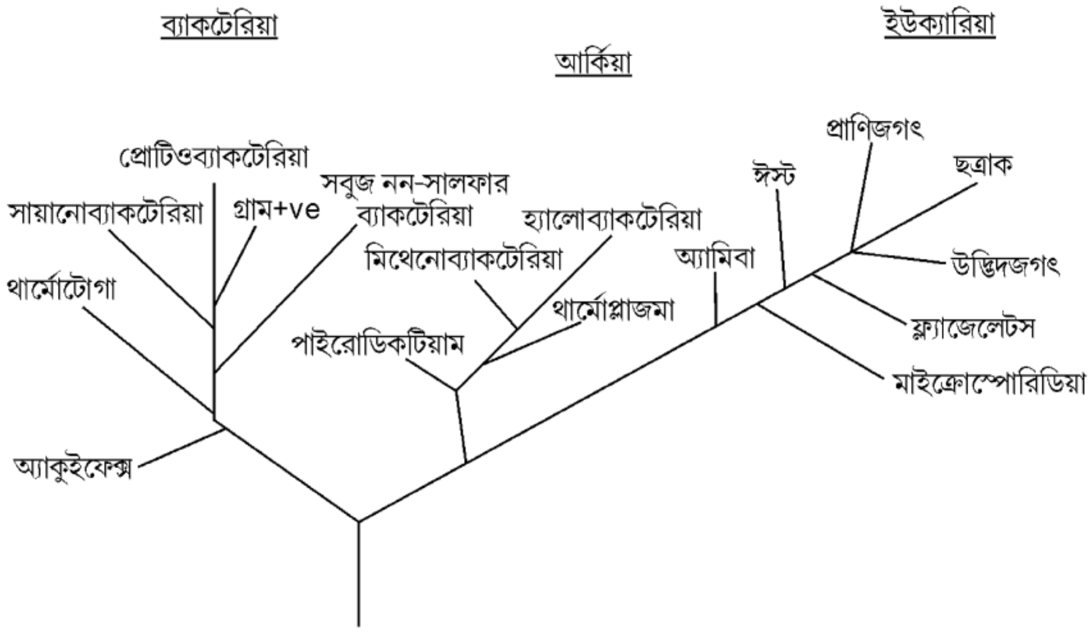
পরবর্তীকালে Carl Waese মোনেরা রাজ্যকে আর্কিব্যাকটেরিয়া ও ইউব্যাকটেরিয়া নামক দুটি আলাদা আলাদা রাজ্যে ভাগ করলেন। ফলে নতুন শ্রেণিবিন্যাসে 6 kingdom বা রাজ্য স্বীকৃত হল।

15.3.3 3-ডোমেইন শ্রেণীবিন্যাস (3-Domain Classification)

Carl Woese প্রবর্তিত এই শ্রেণীবিন্যাসের ভিত্তি হল আধুনিক আণবিক জৈববিজ্ঞানগত তথ্য। প্রোক্যারিওটিক বা ইউক্যারিওটিক—সমস্ত কোশের মধ্যে আছে এমন একটি উপাদান হল রাইবোজোম। রাইবোজোমের উপাদান হল rRNA এবং প্রোটিন। প্রোক্যারিওটিক রাইবোজোমের একটি উপাদান হল 16S rRNA আর ইউক্যারিওটিক রাইবোজোমে এর সমতুল্য উপাদান হল 18s rRNA. দুই রকমের rRNA-তেই কিছু কিছু ক্ষার সজ্জাক্রম (nucleotide sequence) আছে যাদের বলা যায় বিবর্তনের সুনিশ্চিত চিহ্ন। সমগোত্রীয় সমস্ত কোশে যখন প্রায় একইরকম ক্ষারবিন্যাস দেখা যায় তখন সেই ক্ষারবিন্যাসকে বলে সহমতী (Consensus) ক্ষারবিন্যাস। দেখা যায় যে প্রোক্যারিওটিক কোশের জগতে দুটি সম্পূর্ণ ভিন্ন ভিন্ন প্রকৃতির Consensus sequence দেখা যায়। আর্কিয়ার 16s rRNA এবং ব্যাকটেরিয়ার 16s rRNA-এর Consensus sequence-এর বিভিন্নতা দুটি স্বতন্ত্র Domain-এ এদের অবস্থানের পিছনে সঠিক যুক্তি। অপরপক্ষে সব ইউক্যারিওটিক কোশের রাইবোজোমের ক্ষুদ্রতর উপ-এককের 18s rRNA তে একই রকম Consensus sequence দেখা যায়। ফলে সব ইউক্যারিওটিক জীবই একটি মাত্র Domain ইউক্যারিয়া (Eukarya)-এর সদস্য।



চিত্র নং 15.1 ঃ হুইটেকার (1969) প্রবর্তিত জীবজগৎ এর শ্রেণীবিভাগ



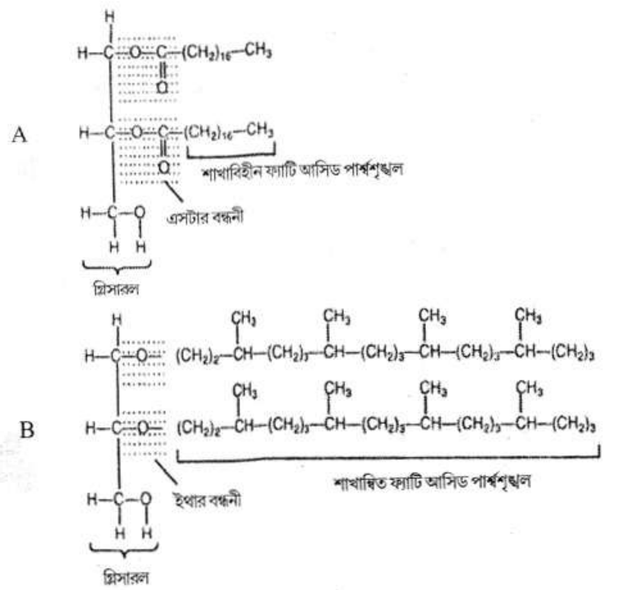
চিত্র নং 15.2 : কার্ল উস (Carl Woese) প্রবর্তিত ও-ডোমেইন শ্রেণিবিন্যাসের সংক্ষেপিত চিত্ররূপ।

অধিকাংশ অণুজীববিজ্ঞানীই এই 3-Domain শ্রেণীবিন্যাসকে অনুমোদন করে থাকেন। আধুনিককালে অন্যান্য বৈশিষ্ট্যের ভিত্তিতেও ব্যাকটেরিয়া ও আর্কিয়ার স্বতন্ত্র অবস্থান অনুমোদিত।

15.4 আর্কিয়া (Archaea)-এর বৈশিষ্ট্য (Characteristics of Archaea)

3-ডোমেইন শ্রেণীবিন্যাস পদ্ধতিতে rRNA এর বিবর্তনবাহক বৈশিষ্ট্য অনুযায়ী প্রোক্যারিওটিক এককোশী আণুবীক্ষণিক জীবেদের জগতে দুইটি সুনির্দিষ্ট ভাগ স্বীকৃত হয়েছে। একটি ভাগ বা ডোমেইন **ব্যাকটেরিয়া** নামে এবং অপরটি **আর্কিয়া** নামে চিহ্নিত। প্রশ্ন হল, শুধুমাত্র rRNA এর বৈশিষ্ট্য দ্বারাই কি এই বিভাজন? উত্তর হল ঃ না। rRNA এর সংরক্ষিত ক্ষারবিন্যাস (Conserved sequence of bases) এই দুই ডোমেইন এর ক্ষেত্রে ভিন্ন তো বটেই কিন্তু এছাড়া আরও অনেক বৈশিষ্ট্য দ্বারা এদের স্বতন্ত্রতা নির্ধারণের উপায় আছে।

(i) কোশপর্দার গঠন ঃ যে ফসফোলিপিড অণুর সমন্বয়ে কোশ পর্দা গঠিত তা ব্যাকটেরিয়া বা ইউক্যারিয়া ডোমেইনদ্বয়ের মত নয়। এক্ষেত্রে গ্লিসারল অণুর সঙ্গে যুক্ত R_1 ও R_2 পার্শ্বশৃঙ্খল দ্বয় এসটার (ester) নয়, ইথার (ether) বন্ধনী (bond) দ্বারা যুক্ত। এই পার্শ্বশৃঙ্খল দুটি হল দীর্ঘ (long chain) এবং শাখান্বিত (branched) হাইড্রোকার্বন। সাধারণতঃ এই হাইড্রোকার্বনদ্বয় 20 কার্বন অণু বিশিষ্ট (20C) শৃঙ্খল যাদের বলে diether তবে কোন কোন আর্কিয়াতে 40C বিশিষ্ট Tetraether শৃঙ্খলও পরিলক্ষিত হয়। এর দরুণ কোশপর্দা অধিক তাপ বা শৈত্য সহনকারী এবং চরম (extreme) প্রাকৃতিক পরিবেশে কার্যক্ষম থাকে।

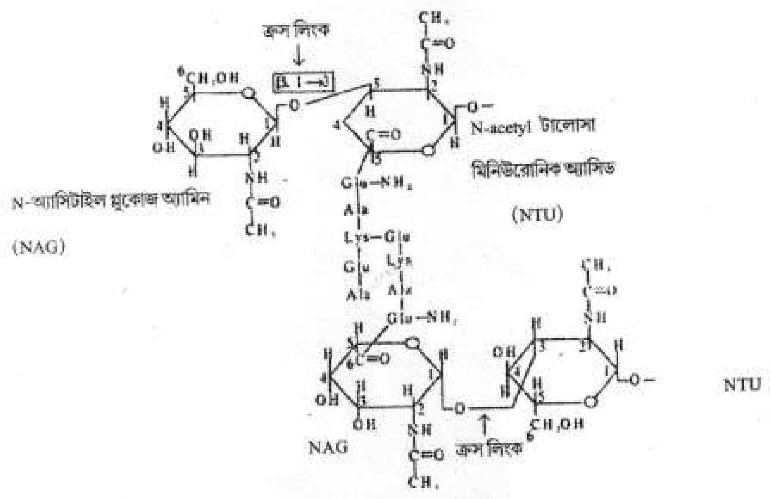


A. ব্যাকটেরিয়ার লিপিডের পর্বশৃঙ্খল এসটার বন্ধনী দ্বারা গ্লিসারলের সঙ্গে সংযুক্ত।
B. আর্কিয়ার ক্ষেত্রে ইথার বন্ধনী দ্বারা যুক্ত।
চিত্র নং 15.3 : সাধারণ ব্যাকটেরিয়া ও আর্কিয়ার কোশ পর্দার লিপিড অনুর তুলনা।

(ii) কোশ প্রাচীর (Cell Wall) ঃ আর্কিয়াতে কোশ প্রাচীরের বিভিন্নতা ও বৈচিত্র্য অনেক বেশী। বহু কোশে কোশপ্রাচীর দেখাই যায় না। তার বদলে থাকে 'S' layer (পূর্ববর্তী অধ্যায়ে আলোচিত)। এখানে স্বাভাবিক পেপটাইডোগ্লাইকান নেই। তার বদলে আছে ছদ্ম-পেপটাইডোগ্লাইকান (Pseudo peptidoglycan) বা ছদ্ম-মিউরিন (Pseudo-murein)। ছদ্ম বলার কারণ হল এই যে এখানে মিউরামিক অ্যাসিডের বদলে আছে N-acetyltalosa Minuronic acid (N-অ্যাসিটাইলটালোসা মিনিউরোনিক অ্যাসিড)। এটি N-acetyl glucosamine এর সঙ্গে β $(1 \rightarrow 4)$ নয় বরং β $(1 \rightarrow 3)$ গ্লাইকোসিডিক বন্ধনী দ্বারা যুক্ত। মনে থাকতে পারে যে ব্যাকটেরিয়াতে NAGA ও NAMA-এর মধ্যে β $(1 \rightarrow 4)$ বন্ধনী দেখা যায়।

এছাড়া *Methanosarcina* এবং *Halobacterium* নামক গণে Chondroitin (কনড্রয়টিন) ঘটিত কোশপ্রাচীর দেখা যায় যা প্রাণীসমূহের মাংসপেশী কলার উপাদান।

(iii) RNA পলিমারেজ উৎসেচক ঃ RNA Pol (RNA-পলিমারেজ) যা ট্রান্সক্রিপশনের সময় DNA থেকে mRNA সৃষ্টিতে অনুঘটকের কাজ করে তা ব্যাকটেরিয়াতে 4টি উপএকক দ্বারা গঠিত এবং ইউক্যারিয়াতে 10-12টি উপএকক দ্বারা গঠিত হয়। আর্কিয়া এক্ষেত্রে উন্নততর কোশের কাছাকাছি। এদের 8-12টি উপএকক দ্বারা গঠিত RNA Pol দেখা যায়।



চিত্র নং 15.4 : আর্কিয়ার সিউডোমিউরিণ

(iv) tRNA এর গঠন ঃ tRNA হল ট্রান্সশ্লেসন পদ্ধতিতে অংশগ্রহণকারী অ্যামাইনো অ্যাসিড বহনকারী **ট্রান্সফার RNA.** এটির গঠন পাঁচটি বাহু (arm) বিশিষ্ট একটি পত্রের মত। বাহুগুলির মধ্যে একটি T(ψ)C arm নামে পরিচিত, যেখানে T = Thymine; C = Cytosine এবং (ψ) একটি অস্বাভাবিক বেস কে চিহ্নিত করে। আর্কিয়াতে এই বাহুটিকে Tψ C বাহু বলাই যায় না কেন না এখানে Thymine থাকে না বরং তার বদলে Pseudouridine (সিউডোইউরিডিন) বা 1-methylpseudouridine থাকে।

(v) অ্যান্টিবায়োটিকের প্রতি সংবেদনা (Senstivity to Antibiotics) ঃ আর্কিয়ার অ্যান্টিবায়োটিকের এর প্রতি সংবেদনা ব্যাকটেরিয়ার থেকে ভিন্ন। Rifampicin ও Streptolydigin নামক অ্যান্টিবায়োটিক দুটি ব্যাকটেরিয়ায় ক্রিয়াশীল কিন্তু আর্কিয়ার উপর এদের কোন প্রভাব নেই।

(vi) বিপাক (Metabolism) ঃ আর্কিয়ার কার্বহাইড্রেট বিপাক একটু অন্য রকম। গ্লাইকোলাইসিসের জন্য অন্যতম দরকারী উৎসেচক 6-ফসফোফ্রুকটোকাইনেজ (6-phosphofructokinase) এখানে নেই। অতএব glucose এর বিপাক হয় একটি ভিন্নতর পথে যাকে Embden-Meyerhof Pathway (EM Pathway) (এম্বডেন-মায়ারহফ বিপাক পথ) বলা হয়। অপরপক্ষে তাপ সহনকারী (thermophilic) ও লবণাম্বু (halophilic) আর্কিয়ার সদস্যরা গ্লুকোজকে অপর একটি পথে সরলীকৃত করে। এই পথটিকে বলে Enter-Duodoroff Pathway (এন্টনার-ডুওডোরফ পথ) বা ED-pathway (চিত্র 15.5)।

(vii) মিথেন উৎপাদন (Methanogenesis) ঃ একাধিক আর্কিয়ার সদস্য CO_2 ও H_2 এর উপস্থিতিতে মিথেন (CH_4) উৎপাদন করতে সক্ষম। CO_2 ও H_2 ছাড়াও ফরমিক অ্যাসিড, মিথাইল অ্যালকোহল, অ্যাসিটিক অ্যাসিড ইত্যাদি বিপাকজাত দ্রব্যকে সম্পূর্ণ অবায়বীয় পরিবেশে এরা সলরীকৃত করে

মিথেন তৈরী করতে পারে। এই বৈশিষ্ট্য আর কোন জীবের নেই।

ব্যাকটেরিয়া বা আর্কিয়া উভয়েই গ্লুকোজের অপচিতি বিক্রিয়া দুটি ধাপে সম্পন্ন করে। প্রথম ধাপে গ্লুকোজ থেকে পাওয়া যায় পাইরুভিক অ্যাসিড। দ্বিতীয় ধাপে পাইরুভিক অ্যাসিডের সবাত বা অবাত জারন সম্পন্ন হয়। শর্করা থেকে পাইরুভিক অ্যাসিড উৎপাদনের সাধারণভাবে বহু প্রচলিত পথটি হল গ্লাইকোলাইসিস। কিন্তু আর্কিয়ার সদস্যদের মধ্যে কেটি বিকল্প পথও দেখতে পাওয়া যায় তাকে Entner Duodoroff (এই বিকল্প পথটির আবিষ্কর্তা দ্বয়ের নাম অনুসারে) নামে অভিহিত করা হয়। উভয় পথের মুখ্য পার্থক্যটি নীচের রেখাচিত্রে প্রতীয়মান।

গ্লুকোজ
↓
গ্লিসার‍্যালডিহাইড-3-ফসফেট
↓
1, 3-বিসফসফোগ্লিসারেট
↓
3-ফসফোগ্লিসারেট
↓
2-ফসফো গ্লিসারেট
↓
ফসফো-এনল পাইরুভেট
↓
পাইরুভিক অ্যাসিড

গ্লাইকোলাইসিসের মাধ্যমে
পাইরুভিক অ্যাসিড উৎপাদন

গ্লুকোজ
↓
6-ফসফো গ্লুকোলোনিক অ্যাসিড
↓
2-কিটো 3-ডিঅক্সি
6-ফসফোগ্লুকোনিক অ্যাসিড
↓ ↓
গ্লিসার‍্যালডিহাইড ফসফেট | পাইরুভিক অ্যাসিড

Entner Duodoroff পথে
পাইরুভিক অ্যাসিড উৎপাদন

চিত্র নং 15.5 : EMP ও ED পথের পার্থক্য।

(viii) অতিচরম পরিবেশে অভিযোজন (Adaptation to Extreme Environment) ঃ আর্কিয়ার অনেক সদস্য অতি-তাপসহনশীল (extreme thermophiles) ও অতি লবণ সহনশীল (extreme halophiles) হয়ে থাকে। অতি তাপসহনশীল আর্কিয়াতে কোশ পর্দায় অতিরিক্ত বন্ধনীযুক্ত হাইড্রোকার্বন জাতীয় ফ্যাটি অ্যাসিড থাকে। তাছাড়া তাপসহনকারী DNA পলিমারেজ উৎসেচক (যথা, Taq পলিমারেজ) থাকে *Thermas aquaticus* জাতীয় অণুজীবের কোশে। লবণাম্বু জলে বসবাসকারী আর্কিয়াতে যেমন *Halobacteria* তে এক ধরনের রঞ্জক পদার্থ পাওয়া যায় যাকে বলে bacteriorhodopsin (ব্যাকটোরিওরোডপসিন)। এই রঞ্জকের সাহায্যে এরা ক্লোরোফিলের অনুপস্থিত সত্ত্বেও সালোকসংশ্লেষের এর মত বিক্রিয়া চালাতে পারে এবং তার থেকে ATP সংশ্লেষ করে থাকে। বিশেষ করে এদের ক্ষেত্রে লবণাম্বু পরিবেশে Entner-duodoreff পথ সক্রিয়।

15.6 বার্জির ম্যানুয়াল (Bergey's Manual)

Bergrey's Manual : 1923 খৃষ্টাব্দে আমেরিকার পেনসিলভ্যনিয়া বিশ্ববিদ্যালয়ের অধ্যাপক **ডেভিড বারজি** ও তাঁর সহকর্মীরা বিভিন্ন চরিত্র বৈশিষ্ট্য থেকে সুনির্দিষ্টভাবে একটি ব্যাকটেরিয়াকে সনাক্ত করার জন্য একটি আকরগ্রন্থ (guidebook) প্রকাশিত করেন। এটির নাম Bergey's Manual of Determinative Bacteriology। বর্তমানে এই ম্যানুয়ালটির নবম সংস্করণটি এই সনাক্তকরণের কাজে ব্যবহৃত হয়ে চলেছে।

1980 এর পরে সমগ্র ব্যাকটেরিয়া ও আর্কিয়ার জগৎ-এর একটি **পূর্ণাঙ্গ** বিবরণ লিপি Bergey's Manufal of Systematic Bacteriology নামে প্রকাশিত হয়। এই ম্যানুয়ালটির 2য় সংস্করণ প্রকাশিত হতে শুরু করে 2001 খৃষ্টাব্দ থেকে। এই ম্যানুয়ালটির বিন্যাস পদ্ধতি নিম্নরূপ :

Volume 1 (2001) : এই খণ্ডে আর্কিয়া (Archaca) এবং বহু-শাখান্বিত সালোক সংশ্লেষকারী ব্যাকটেরিয়ার (deeply branching phototrophic bacteria) বিবরণ রয়েছে।

Volume 2 (2005) : প্রোটিওব্যাকটেরিয়া (Proteobacteria) এর বিবরণ। এই খণ্ডের অন্তর্গত 3টি উপখণ্ড :

- 2A : ভূমিকা
- 2B : γ-প্রোটিওব্যাকটেরিয়া।
- 2C : α, β, δ, ε প্রোটিওব্যাকটেরিয়া।

Volume 3 (2009) : কম G + C অনুপাত সম্পন্ন গ্রাম পজিটিভ ব্যাকটেরিয়া (Firmicutes)

Volume 4 (2011) : এই খণ্ডে আলোচিত হয়েছে Bacteroides, Spirochaete, Tenericutes (Mollicutes), Acidobacteria, Fibrobacteria ইত্যাদির মতো ব্যাকটেরিয়া গোষ্ঠীর বিবরণ।

Volume 5 : প্ল্যাঙ্কটোমাইসিটিস, স্পাইরোকিটি, ফাইব্রোব্যাকটার, ব্যাকটেরয়েডেস ও ফিউসোব্যাকটার।

বার্জির ম্যানুয়াল অনুসারে শ্রেণীবিন্যস্ত ব্যাকটেরিয়া-জগৎ

বার্জির ম্যানুয়ালে অবস্থান	**শ্রেণীগত অবস্থান**	**প্রতিনিধিত্বমূলক উদাহরণ**
খণ্ড-1 (Volume-1)	ডোমেইন-আর্কিয়া	*Sulfolobus*
	ফাইলাম-ক্রেনারকিওটা	
	ফাইলাম-ইউরারকিওটা	*Methanobacterium*
ডোমেইন-ব্যাকটেরিয়া (শাখাবিন্যস্ত ও সালোকসংশ্লেষী ব্যাকটেরিয়া সমূহ)		
	ফাইলাম-অ্যাকুইফিকি	*Aquifex*
	ফাইলাম-থারমোটোগাই	*Thermotoga*
	ফাইলাম-থারমোডিসালফো ব্যাকটেরিয়া	*Thermodesulfobacterium*
	ফাইলাম-ডিনোকক্কাস	*Deninococcus*

বার্জির ম্যানুয়ালে অবস্থান	শ্রেণীগত অবস্থান	প্রতিনিধিত্বমূলক উদাহরণ
	ফাইলাম-ক্রাইসোজিনেটিস	*Chrysogenes*
	ফাইলাম-ক্লোরোফ্লেক্সি	*Chloroflexus*
	ফাইলাম-থারমোমাইক্রেবিয়া	*Thermomicroblum*
	ফাইলাম-নাইট্রোস্পাইরা	*Nitrospira*
	ফাইলাম-ডিফেরি ব্যাকটেরিস	*Geovibrio*
	ফাইলাম-সায়ানোব্যাকটেরিয়া	*Nostoc*
	ফাইলাম-ক্লোরোবি	*Chlorobium*
খণ্ড-2 (Volume-2)	ফাইলাম-প্রোটিওব্যাকটেরিয়া	
	Class-I : α-প্রোটিওব্যাকটেরিয়া	*Rhodospirillum*
	Class-II : β-প্রোটিওব্যাকটেরিয়া	*Neisseria*
	Class-III : γ-প্রোটিওব্যাকটেরিয়া	*Chromatium*
	Class-IV : δ-প্রোটিওব্যাকটেরিয়া	*Desulfovibrio*
	Class-V : ε-প্রোটিওব্যাকটেরিয়া	*Helicobacter*
খণ্ড-3 (Volume-3)	ফাইলাম-ফারমিকিউটস	
	Class-I : ক্লসট্রিডিয়া	*Clostridium*
	Class-II : মলিকিউটস	*Mycoplasma*
	Class-III : ব্যাসিলাই	*Bacillus*
খণ্ড-4 (Volume-4)	ফাইলাম-অ্যাকটিনোব্যাকটেরিয়া	
	Class-I : অ্যাকটিনোব্যাকটেরিয়া	*Actinomyces*
খণ্ড-5 (Volume-5)	ফাইলাম-প্ল্যাঙ্কটোমাইসিটিস	*Planctomycetes*
	ফাইলাম-ক্ল্যামাইডি	*Chlamydia*
	ফাইলাম-স্পাইরোকিটি	*Spirochaeta*
	ফাইলাম-ফাইব্রোব্যাকটার	*Fibrobacter*
	ফাইলাম-ব্যাকটেরয়েডেস	*Bacteroides*

বার্জির ম্যানুয়ালে অবস্থান	শ্রেণীগত অবস্থান	প্রতিনিধিত্বমূলক উদাহরণ
	ফাইলাম-ফিউসোব্যাকটেরিয়া	*Fusobacteria*
	ফাইলাম-ভেরুকোমাইক্রোবিয়া	*Verrucomicrobium*
	ফাইলাম-ডিকটিও গ্লোমাস	*Dictyoglomus*

15.5 ব্যাকটেরিয়া, আর্কিয়া ও ইউক্যারিয়ার মধ্যে তুলনামূলক আলোচনা (Comparison between Bacteria, Archaea and Eukarya)

ব্যাকটেরিয়া ও আর্কিয়া—উভয়েই প্রোক্যারিওটিক কোশবিশিষ্ট হলেও এদের মধ্যে একাধিক পার্থক্য আছে। ব্যাকটেরিয়ার কোশপ্রাকারে N-acetyl Muramic acid (NAMA) ও N-acetyl glucosamine (NAGA)বিশিষ্ট পেপটাইডোগ্লাইকান দেখা যায়। আর্কিয়ার NAMA-এর জায়গায় আছে N-acetyltalosa-minuronic acid—এজন্য এর পেপটাইডোগ্লাইকানকে বলে সিউডোপেপটাইডোগ্লাইকান (Pseudopeptidoglycan)। ব্যাকটেরিয়ার কোশপর্দায় যে লিপিড অণু আছে তারা এসটার ধর্মী। আর্কিয়ার তা ইথার ধর্মী। ব্যাকটেরিয়া ও আর্কিয়ার t-RNA এবং RNA পলিমারেজ ভিন্ন ভিন্ন। এই দুই ধরনের কোশের অ্যান্টিবায়োটিক সমূহের প্রতি সংবেদনশীলতাও ভিন্ন ভিন্ন। ব্যাকটেরিয়ার তুলনায় আর্কিয়া অনেক প্রতিকূল পরিবেশে বসবাস করতে পারে। নীচের সারণীতে তুলনামূলক আলোচনাটি প্রদত্ত হল ঃ

সারণি 15.2 ঃ ব্যাকটেরিয়া, আর্কিয়া ও ইউক্যারিয়া কোশের পার্থক্য

তুলনীয় গঠন	ব্যাকটেরিয়া	আর্কিয়া	ইউক্যারিয়া
(i) কোশ প্রাকার	পেপটাইডোগ্লাইকানধর্মী। NAGA ও NAMA পরস্পরের সঙ্গে β164, বন্ধনী দ্বারা যুক্ত।	সাধারণত জটিল পলিস্যাকারাইড (Complex polysaccharide), protein দিয়ে তৈরী। কিছু গণের ক্ষেত্রে সিউডো-পেপটাইডো গ্লাইকান ধর্মী। NAGA ও N-acetyl talosa-minuronic acid এবং তারা β163 বন্ধনী দ্বারা যুক্ত।	কোশ প্রাকার সেলুলোজ ধর্মী।
(ii) কোশ পর্দা	ফসফোলিপিড অণুগুলির ফ্যাটি অ্যাসিড পুচ্ছদ্বয় মস্তক অংশের সঙ্গে এসটার বন্ধনী দ্বারা যুক্ত। অর্থাৎ এই ফসফোলিপিড হল ফসফাটাইডিল ডাই-এসটার (Phosphatidyl di-ester)	ইথার বন্ধনী দ্বারা যুক্ত। অর্থাৎ এই লিপিড হল ফসফাটাইডিল ডাই-ইথার (Phosphatidyl di-ether)	এক্ষেত্রে ফসফো-লিপিড ডাই এসটার ধর্মী।

তুলনীয় গঠন	ব্যাকটেরিয়া	আর্কিয়া	ইউক্যারিয়া
(iii) t RNA	t-RNA' তে থাইমিন আছে। প্রারম্ভিক tRNA (initiator-tRNA) N-ফরমাইলমিথিওনিন নামক অ্যামাইনো অ্যাসিড বহন করে।	t-RNA তে থাইমিন নেই। প্রারম্ভিক t-RNA মিথিওনিন বহন করে।	থাইমিন (T) আছে এবং প্রারম্ভিক tRNA মিথিওনিন বহন করে
(iv) RNA পলিমারেজ	4টি উপ-একক সম্পন্ন একটি মাত্র উৎসেচক। Rifampicin নামক অ্যান্টিবায়োটি -কের প্রতি সংবেদী।	বহু উপএকক যুক্ত (8-12টি) একাধিক উৎসেচক। Rifampicin সংবেদী নয়।	12-14টি উপএকক যুক্ত 3টি উৎসেচক। Rifampicin সংবেদী নয়।
(v) রাইবোজোম	Chloramphenicol নামক অ্যান্টিবায়োটিকের প্রতি সংবেদী (sensitive) 16S rRNA এর Consensus sequence আর্কিয়ার থেকে ভিন্নতর	সংবেদী নয় (insensitive) 16s rRNA এর consensus sequence আর্কিয়ার ক্ষেত্রে স্বতন্ত্র	সংবেদী নয় (insensitive) 18s rRNA তে এই বিন্যাস ব্যাকটেরিয়া ও আর্কিয়া উভয়ের থেকেই আলাদা।
(vi) ক্রোমোজোম	DNA এর সঙ্গে হিসটোন প্রোটিন না থাকার জন্য যথার্থ ক্রোমোজোম নেই।	হিসটোন না থাকলেও কোন কোন ক্ষেত্রে হিসটোন সদৃশ Hu এবং Hmf প্রোটিন দেখা যায়। ফলে সেই সমস্ত ক্ষেত্রে ক্রোমোজোম সদৃশ গঠন দেখা যায়।	DNA এবং হিসটোন এর সমন্বয়ে গঠিত হয় যথার্থ ক্রোমোজেম।
(vii) N_2 বন্ধন (Nitrogen fixation)	কেবলমাত্র বিশেষ বিশেষ ব্যাকটেরিয়াতেই দেখা যায়।	সক্ষম নয়।	সক্ষম নয়
(viii) মিথেন উৎপাদন (Methanogenesis)	সক্ষম নয়	কেবলমাত্র আর্কিয়ার অন্তর্ভুক্ত মিথোনো ব্যাকটেরিয়ার (Methano bacteria) বৈশিষ্ট্য।	সক্ষম নয়
(ix) চরম পরিবেশের সঙ্গে সহাবস্থান (Extremophily)	ব্যাকটেরিয়ার মধ্যে তাপ, শৈত্য, pH তারতম্য সহ্য করার ক্ষমতা ইউক্যারিয়া অপেক্ষা বেশী।	আর্কিয়ার কোশ পর্দার বিশেষ গঠনের জন্যই তারা ব্যাকটেরিয়া বা ইউক্যারিয়ার তুলনায়, অনেক বেশী তাপ, শৈত্য, লবণ ও চাপ সহ্য করতে পারে। এরাই যথার্থ Extremophiles.	ক্ষমতা সীমাবদ্ধ।

এই আলোচনা থেকে বোঝা যায় যে কোশের প্রকৃতির (অর্থাৎ প্রোক্যারিওটিক) দিক থেকে সমধর্মী হলেও ব্যাকটেরিয়া ও আর্কিয়ার মধ্যে যথার্থই প্রণিধানযোগ্য পার্থক্য আছে। আর্কিয়ার বহু ধর্ম (যেমন, RNA পলিমারেজ-এর গঠন, অ্যান্টিবায়োটিক সংবেদনশীলতা) ব্যাকটেরিয়ার তুলনায় ইউক্যারিয়ার নিকটবর্তী। আবার এদের কিছু কিছু বৈশিষ্ট্য (যেমন, মিথেন উৎপাদন, তাপ-লবণ-শৈত্য সহনশীলতা) আদিতম পৃথিবীর পরিবেশের সঙ্গে মানানসই। সম্ভবত আর্কিয়া ও ব্যাকটেরিয়ার উদ্ভব আদি কোশরূপে স্বতন্ত্র দুটি ধারায় ঘটেছিল। তাই আলাদা ডোমেইন রূপে এদের মেনে নেওয়া হয়েছে।

প্রান্তলিপি ঃ ইউক্যারিওটিক কোশের মধ্যে মাইটোকনড্রিয়া ও ক্লোরোপ্লাস্ট নামক অঙ্গাণু দুটি উদ্ভব হয়েছে দুটি অন্তঃস্থ মিথোজীবী (endosymbiotic) প্রোক্যারিওটিক কোশ থেকে। নানান পরীক্ষলব্ধ জ্ঞান থেকে জানা গেছে যে স্বতন্ত্রজীবী মাইটোকনড্রিয়া লাল-বেগুনী ব্যাকটেরিয়ায় সর্বপ্রথম মিথোজীবীতা শুরু করে। স্বাভাবিকভাবে যা আর স্বভোজী থাকে না। এভাবে রূপান্তরিত কোশে মাইটোকনড্রিয়া স্বকীয়তা হারিয়ে অঙ্গাণু রূপে অস্তিত্ব বজায় রেখেছে এবং কোশটি পরিণত হয়েছে ইওক্যারিওটিক কোশে। উদ্ভিদের ক্লোরোপ্লাস্ট একইরকমভাবে কোন সায়ানো ব্যাকটেরিয়ার (বা নীল সবুজ শৈবাল) সদস্য থেকে উদ্ভুত। এখন কিছু বিজ্ঞানী ভাবছেন ইউক্যারিওটিকের যে নিউক্লিয়াস সেটাও হয়ত কোন মিথোজীবী জীব থেকে এসে থাকতে পারে—সে জীবটি কোন ব্যাকটেরিয়া অথবা আর্কিয়া অথবা কোন আদিম ইউক্যারিওটিক হতে পারে।

15.6 সারাংশ (Summary)

এই পর্যায়ে ব্যাকটেরিয়া শ্রেণীবিভাগের পদ্ধতি ও রূপ নিয়ে আলোচনা করা হয়েছে। 1840 খ্রিস্টাব্দে প্রথম ব্যাকটেরিয়া একটি স্বতন্ত্র শ্রেণীরূপে স্থান পায়। Whittaker এদের মোনেরা গোষ্ঠীভুক্ত করেন। R. C. Woeseএর মতে জীবজগৎ 3টি স্বতন্ত্র ডোমেনে বিভক্ত। তার একটি হল ব্যাকটেরিয়া এবং অপর দুটি হল আর্কিয়া ও ইউক্যারিয়া। ব্যাকটেরিয়া ও আর্কিয়া উভয়েই প্রোক্যারিওটিক বটে তবে তাদের মধ্যে পার্থক্য অনেক। মূলত rRNA এর ক্ষারবিন্যাস ভিন্ন ভিন্ন বলে এরা আলাদা আলাদা ডোমেইন-এর অন্তর্ভুক্ত।

15.7 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী (Terminal Questions)

(1) 6 রাজ্য শ্রেণীবিন্যাস পদ্ধতিটির বিবরণ দিন। 5 রাজ্য শ্রেণীবিন্যাসের অসুবিধাগুলি কী কী?

(2) আর্কিয়ার বৈশিষ্ট্যগুলি সম্পর্কে উদাহরণসহ আলোচনা করুন।

(3) ব্যাকটেরিয়া, আর্কিয়া ও ইউক্যারিয়ার মধ্যে পার্থক্য দেখান।

(4) 3 ডোমেইন শ্রেণিবিন্যাস প্রবর্তিত করেছিলেন? শ্রেণিবিন্যাসটি সম্পর্কে আলোচনা করুন।

(5) বার্জির ম্যানুয়াল কে প্রবর্তিত করেন এবং উদ্দেশ্য কী ছিল?

(6) প্রোটিওব্যাকটেরিয়ার কয়টি ভাগ? বার্জির ম্যানুয়ালের কোথায় তাদের অবস্থান?

15.8 উত্তরমালা (Answers)

1. 15.3.1 পর্যায়ে আলোচিত।

2. 15.4 অংশে আর্কিয়া বৈশিষ্ট্যগুলি আলোচিত হয়েছে।
3. 15.5 অংশে Domain গুলির মধ্যে তফাৎ আলোচিত হয়েছে।
4. 15.9.2 এবং 15.3.3 অংশে আলোচিত।
5. 15.6 অংশে আলোচিত।
6. 15.6 অংশে আলোচিত।

একক 16 ❑ ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধি ও বংশবৃদ্ধি (Bacterial Growth and Reproduction)

গঠন

16.1 উদ্দেশ্য

16.2 প্রস্তাবনা

16.3 ব্যাকটেরিয়ার কোশীয় বৃদ্ধি

16.4 দ্বিবিভাজন

16.5 সমষ্টির বৃদ্ধি

16.5.1 জেনারেশন টাইম নির্ণয়

16.5.2 কোশের সংখ্যা নির্ণয়

ক্রমাবর্ত তরলীকরণ পদ্ধতি

16.6 ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধির বিভিন্ন পর্যায়

16.6.1 হ্রাস পর্যায়/ল্যাগ পর্যায়

16.6.2 মুখ্য বৃদ্ধির পর্যায়/লগ পর্যায়

16.6.3 স্থির পর্যায়

16.6.4 মৃত্যু পর্যায়

16.7 অবিরাম বৃদ্ধি/কেমোস্ট্যাট

16.8 সিনক্রোনাস বৃদ্ধি

16.9 প্রকৃতিতে ব্যাকটেরিয়া বৃদ্ধি

16.10 বৃদ্ধির শর্ত

16.10.1 তাপমাত্রা

16.10.2 অক্সিজেন

16.10.3 জল

16.10.4 চাপ

16.10.5 অম্লতা

16.10.6 আলোক

16.11 ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধি নিয়ন্ত্রণ

16.11.1 ভৌত পদ্ধতি

16.11.2 রাসায়নিক পদ্ধতি

16.12 সারাংশ

16.13 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

16.14 উত্তরমালা

16.1 উদ্দেশ্য

এই এককটি অধ্যয়ন করে আপনি নিম্নলিখিত বিষয়গুলি সম্পর্কে ধারণা করতে পারবেন ঃ

- ব্যাকটেরিয়ার সংখ্যাবৃদ্ধির পদ্ধতি কী?
- কীভাবে এই বৃদ্ধির হার মাপা যায়?
- বৃদ্ধির পর্যায়গুলি কী কী?
- বৃদ্ধির শর্তগুলি কী কী?

16.2 প্রস্তাবনা

ব্যাকটেরিয়ার জগৎ আমাদের সাদা চোখে ধরা না পড়লেও সেটি সর্বব্যাপী—বায়ুমণ্ডলের সর্বোচ্চ জীবোপযোগী স্তর থেকে ভূমধ্যস্থ বহু গভীরে-প্রতিটি জীবের দৃশ্যমান বহির্গাত্রে এবং অভ্যন্তরের অঙ্গসমূহে কোথায় না বাস করে ব্যাকটেরিয়া। এই যে বিপুল সংখ্যা তা কিন্তু ব্যাকটেরিয়ার কোশীয় ধর্মেরই বহিঃপ্রকাশ। আমরা জানি জীব মাত্রেই পুষ্টি, বিপাক ইত্যাদির সাথে সাথে বৃদ্ধি আর বংশবৃদ্ধি এ দুটি আবশ্যিক ধর্ম প্রদর্শন করে। ব্যাকটেরিয়া এককোশী জীব এবং এর বৃদ্ধি আর বংশবৃদ্ধি সমার্থক। সুতরাং ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধিকে একক কোশের বৃদ্ধি হিসাবে চিন্তা না করে সমষ্টির বৃদ্ধি হিসাবে যদি চিন্তা করি তাহলে ব্যাপারটা কিছু সহজ হতে পারে। এই দুটি প্রক্রিয়ার—অর্থাৎ বৃদ্ধি ও বংশবৃদ্ধি—যে চমৎকার সমন্বয় ব্যাকটেরিয়া ঘটাতে পারে তা অবশ্যই প্রণিধানযোগ্য। একটা উদাহরণ দেওয়া যাক, একটি ফলের পচনের কথা চিন্তা করুন। পচন শুরু হবার পর তা কত কম সময়ের মধ্যে সেটি সম্পূর্ণভাবে বিনষ্ট হয়। এখন এই বিনষ্টির কারণ যদি হয় ব্যাকটেরিয়া, তাহলে এই সময়কালের মধ্যে ব্যাকটেরিয়া ঐ ফলটির মধ্যে বৃদ্ধি লাভ করেছে এবং ফলটিকে ভক্ষণযোগ্য অবস্থা থেকে রূপান্তরিত করেছে অখাদ্যে। এখন এই বৃদ্ধিলাভ তো উদ্ভিদের মতো শাখা-প্রশাখার বিস্তার, ফুল বা ফল ফলানো নয়। এই বৃদ্ধি প্রাণীর মতো ভ্রূণ দশা থেকে ক্রমশ পরিণতির দিকে যাওয়া তাও নয়, এই বৃদ্ধি বলতে আমরা এটাই বুঝছি যে শুরুতে যা ছিল সামান্য সংখ্যক জীবাণু শেষে তাই হয়েছে বিপুল সংখ্যক-তাই ফলটি নষ্ট হয়েছে। সুতরাং বিষয়টি সম্পর্কে সম্যক ধারণা না থাকলেও আমরা কিছুটা অবচেতনভাবেও বুঝতে পারি জীবাণুর বৃদ্ধি বলতে তার ব্যাপক হারে অস্বাভাবিক দ্রুততার সাথে সংখ্যাবৃদ্ধিকেই বোঝায়।

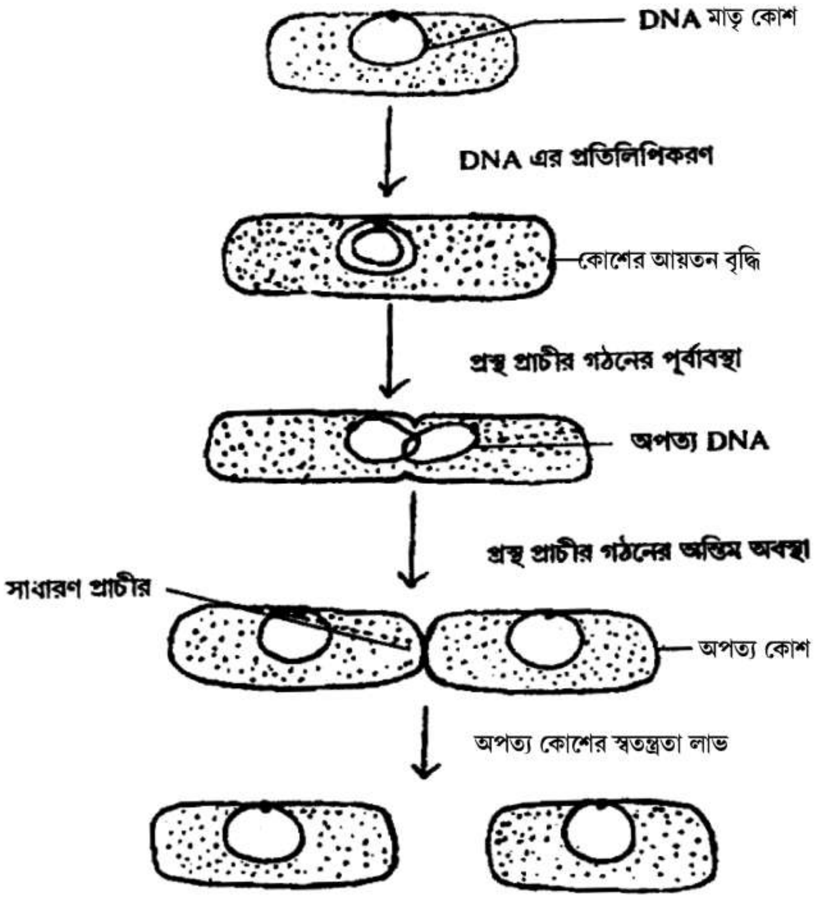
16.3 ব্যাকটেরিয়ার কোশীয় বৃদ্ধি (Cellular growth of bacteria)

ব্যাকটেরিয়ার কোশটি হল একটি সংশ্লেষকারী যন্ত্রের মতো যেখানে প্রায় 2000টি রাসায়নিক বিক্রিয়া একই সাথে সংগঠিত হয়ে চলেছে। এই বিক্রিয়াগুলি চালানোর জন্য উৎসেচক-তাও সংশেষিত হয়ে চলেছে ব্যাকটেরিয়া কোশের অভ্যন্তরে। এই বহুমুখী রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলির উদ্দেশ্য কিন্তু একটাই। সেটা হল বংশবৃদ্ধি করার জন্য কোশকে উপযুক্ত করে তোলা। বংশবৃদ্ধিই মানেই সংখ্যাবৃদ্ধি এবং সংখ্যাবৃদ্ধি মানেই আরো প্রোটিন, আরও DNA ইত্যাদির চাহিদা। কোশীয় বৃদ্ধির লক্ষ্য হল এই সমস্ত বৃহদানু সংশ্লেষিত করে কোশকে বিভাজনের উপযোগী করে তোলা। বৃহদাণু তৈরী সম্পন্ন হলেই নতুন কোশ তৈরীর উপাদানগুলি পাওয়া গেল। এখন সেগুলি যথাযথ নিয়মে কোশ পর্দা, কোশ প্রাচীর, ফ্ল্যাজেলা, নিউক্লিয়য়েড, রাইবোজোম ইত্যাদি আকৃতি দান করেই মাতৃকোশ অপত্য কোশ সৃষ্টি করে। সুতরাং বৃদ্ধি এক্ষেত্রে বহু উদ্দেশ্য সাধক নয়। জীবাণুর বৃদ্ধির একটিই লক্ষ্য—সেটি হল, অপত্যের উৎপাদন।

ব্যাকটেরিয়ার ক্ষেত্রে এই অপত্য সৃষ্টির কাজটি মূলতঃ দ্বিবিভাজন (Binary fission) পদ্ধতিতে হতে থাকে।

16.4 দ্বিবিভাজন (Binary Fission)

ব্যাকটেরিয়ার ও আর্কিয়ার বংশবৃদ্ধি তথা বিভাজনের জন্য প্রথমেই দরকার DNA এর দ্বিত্বকরণ (অর্থাৎ একটি DNA থেকে দুটি DNA হওয়া) যাতে বিভাজিত কোশ দুটির (daughter cell = অপত্য কোশ) প্রতিটির মধ্যে একটি করে ক্রোমোজোম থাকে। ব্যাকটেরিয়ার বিভাজনকে দ্বিবিভাজন (binary fission) বলে। এই প্রক্রিয়ায় কোশ ভাগ হওয়ার সময় সাইটোপ্লাজমিক পর্দার দুই বিপরীত প্রান্ত ভেতরের দিকে ভাঁজ করে বাড়তে আরম্ভ করে DNA এর দ্বিত্বকরণ শেষ হওয়ার পর। সাইটোপ্লাজমিক পর্দা বাড়ার সাথে সাথে কোশ প্রাচীরও তৈরী হয়। এই ভাঁজ দুইদিক থেকে পরস্পর বিপরীত মুখে বাড়তে বাড়তে পরস্পর সংযুক্ত হয়ে যায়। এভাবে দুটি অপত্য কোশের অন্তবর্তী প্রাচীর গঠিত হয়। এই প্রাচীর (চিত্র ঃ 16.1) দুটি ক্রোমোজোমকে সম্পূর্ণভাবে পরস্পর বিচ্ছিন্ন করে;ফলে দুটি পূর্ণাঙ্গ কোশ তৈরী করে। DNA দ্বিত্বকরণ ও প্রস্থপ্রাচীর তৈরী হওয়া খুবই সামঞ্জস্যপূর্ণ ভাবে এগোতে থাকে। যতবার DNA প্রতিরূপ গঠন করবে ততবারই কোশের বিভাজন হবে।



চিত্র নং 16.1 ঃ ব্যাকটেরিয়ার দ্বিবিভাজন। দ্বিবিভাজনের বিভিন্ন ধাপ।

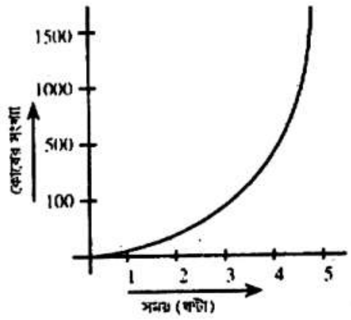
16.5 সমষ্টির বৃদ্ধি (Population Growth)

আগেই বলা হয়েছে ব্যাকটেরিয়ার ক্ষেত্রে বৃদ্ধি ও সংখ্যাবৃদ্ধি সমার্থক। একটি ব্যাকটেরিয়ার দ্বিবিভাজন প্রক্রিয়ায় দুটি অপত্য সৃষ্টি করে। একটি থেকে দুটি হবার এই সময়কালকে বলে উৎপাদন কাল বা generation time (g) এই g এর মান বিভিন্ন প্রজাতির ব্যাকটেরিয়ায় বিভিন্ন রকম। আদর্শ পরিবেশ ও তাপমাত্রায় *Escherichia coli* ব্যাকটেরিয়ার g হল 20 মিনিট। অর্থাৎ প্রতি 20 মিনিট অন্তর অন্তর যে কোন আদর্শ কৃষ্টি মাধ্যমে (growth medium) ঐ ব্যাকটেরিয়ার সংখ্যা দ্বিগুণ হয়ে যাচ্ছে। এই কারণে উৎপাদন কাল বা g কে অনেক সময় বলা হয় দ্বিত্বকরণ কাল (doubling time)। কোন ব্যাকটেরিয়ার g এর মান যদি 30 মিনিট হয় তাহলে 1টি ব্যাকটেরিয়ার একটি নির্দষ্ট সময়কালে কী সংখ্যা অর্জন করতে পারে তা আমরা নীচের সারণিতে দেখতে পাই।

সারণি-16.1 : সক্রিয় বৃদ্ধিজাত *E. coli* কোশের সংখ্যা বৃদ্ধির হার

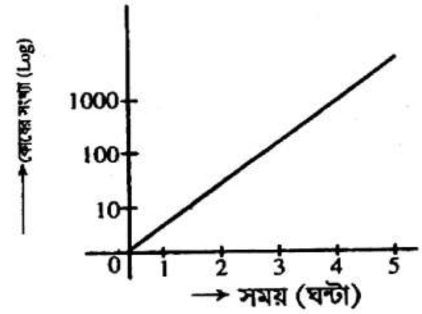
সময় (ঘণ্টা)	কোশের সংখ্যা
0	1
0.5	2
1	4
1.5	8
2	16
2.5	32
3	64
3.5	128
4	256
4.5	512
5	1024
5.5	2048
6	4096
10	1,048,576

সারণিতে প্রদত্ত সংখ্যাবৃদ্ধির হার দেখলে দেখা যায় প্রতি একক সময়ের অন্তরে ব্যাকটেরিয়ার সংখ্যা দ্বিগুণ হয়ে যায়। এইভাবে সমষ্টির বৃদ্ধিকে **exponential বৃদ্ধি** বা **সক্রিয় বৃদ্ধি** বলে অভিহিত করা হয়। এই বৃদ্ধির হারকে আমরা একটি লেখচিত্রের সাহায্যে প্রকাশ করতে চেষ্টা করি।



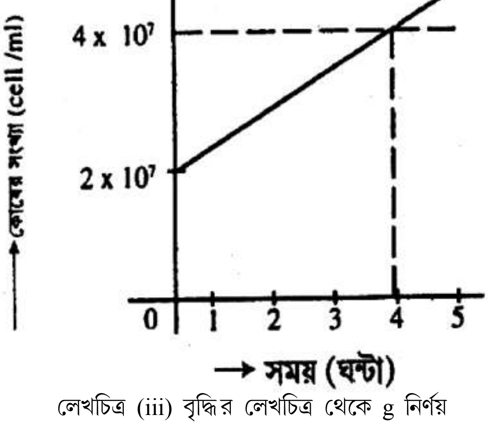
লেখচিত্র (i) সময়ের সঙ্গে কোশের সংখ্যাবৃদ্ধির গাণিতিক মান

উপরের মান থেকে বৃদ্ধির সঠিক হার নির্ণয় করা সম্ভব নয় অথবা কষ্টসাধ্য কেননা লেখচিত্রটি তির্যক। সংখ্যাবৃদ্ধির মানকে যদি গুণোত্তর প্রগতি (Geometical Progeression) অনুযায়ী লগারিদম লেখচিত্রে সাজাই তাহলে লেখচিত্রের প্রকৃতি হয় নিম্নরূপঃ



লেখচিত্র (ii) সময়ের সঙ্গে কোশের সংখ্যাবৃদ্ধির log মান

লেখচিত্রের এই সরলরৈখিক প্রকৃতি থেকে আমরা সহজেই ধরতে পারছি বৃদ্ধির গুণোত্তর প্রগতি। এই লেখচিত্রের সুবিধে হল g এর মান (= generation time) সরাসরি এই লেখচিত্র থেকে নির্ণয় করা যায়। উদাহরণ স্বরূপ নীচের লেখচিত্রটি দেখুন ঃ



লেখচিত্র (iii) বৃদ্ধির লেখচিত্র থেকে g নির্ণয়

এই লেখচিত্রে কোশের সংখ্যা দ্বিগুণ হতে সময় লাগছে 4 ঘণ্টা। যেহেতু 1 বার বিভাজন হলেই কোশের সংখ্যা পূর্ববর্তী সংখ্যার তুলনায় দ্বিগুণ হয়ে যায় সেহেতু বিভাজন চক্র অর্থাৎ $n = 1$

g এর মান নির্ণয় করতে গেলে $g = {}^{t}/_{n}$ মান বসিয়ে পাই $g = {}^{4}/_{1} = 4$ ঘণ্টা

16.5.1 জেনারেশন টাইম নির্ণয়ের গাণিতিক পদ্ধতি (Calculation to determine the Generation Time) :

যে কোন কৃষ্টি মাধ্যমে জন্মানো ব্যাকটেরিয়ার প্রাথমিক কোশ সংখ্যা ও অন্তিম কোশ সংখ্যা জানা থাকলে গাণিতিক পদ্ধতিতে g এর মান নির্ণয় করা যায়।

আমরা জানি কোশের সংখ্যা দ্বিগুণ হয় গুণোত্তর প্রগতি মেনে। অর্থাৎ যদি 2টি কোশ নিয়ে শুরু করি তাহলে $2^1 \rightarrow 2^2 \rightarrow 2^3 \rightarrow 2^4 \rightarrow$ এভাবে 2^n (যেখানে n = generation বা দ্বিবিভাজন চক্রের সংখ্যা)

ধরা যাক আমরা একটি ব্যাকটেরিয়ার g নির্ণয় করতে চাই যার প্রাথমিক সংখ্যা = N_0, এবং অন্তিম কোশ সংখ্যা = N

তাহলে গুণোত্তর প্রগতি মেনে লেখা যায় $N = N_0 2^n$ এক্ষেত্রে N_0 এবং N এর মান পরীক্ষাগারে পাওয়া সম্ভব কিন্তু n অর্থাৎ কতবার ব্যাকটেরিয়াটি বিভাজিত হয়ে N_0 থেকে N সংখ্যায় উপনীত হয়েছে তা কী করে জানা সম্ভব? এটির জন্য আমরা নিম্নলিখিত ভাবে এগোতে পারি ঃ

$N = N_0 2^n$

log মান বসিয়ে পাই

$\log N = \log N_0 + n \log 2$

or, $\log N - \log N_0 = n \log 2$

or, $n = \dfrac{\log N - \log N_0}{\log_2}$

$\log_2$ মান বসিয়ে পাই

or, $n = \dfrac{\log N - \log N_0}{0.301} (\log 2 = 0.301)$

উদাহরণ ঃ ধরা যাক, 5×10^7 সংখ্যক ব্যাকটেরিয়া 2 ঘণ্টা সময়ে 1×10^8 সংখ্যক ব্যাকটেরিয়ার রূপান্তরিত হয়।

সেক্ষেত্রে $n = \dfrac{\log 10^8 - \log (5 \times 10^7)}{0.301} = \dfrac{8 - 7.69}{0.301} = \dfrac{0.301}{0.301} = 1$

আমরা জানি, $g = {}^{t}/_{n}$

মান বসিয়ে পাই $= {}^{2}/_{1} = 2$ ঘণ্টা

■ **অনুশীলনী - 1**

1. নিম্নলিখিত বিষয়গুলির সংজ্ঞা দিন ঃ

(i) দ্বিবিভাজন

(ii) বৃদ্ধির গুণোত্তর প্রগতি

(iii) জেনারেশন টাইম

(iv) ব্যাকটেরিয়ার কোশীয় বৃদ্ধি

2. 50টি ব্যাকটেরিয়া 4 ঘণ্টা পরে ৪00 সংখ্যক ব্যাকটেরিয়ায় রূপান্তরিত হয়। উক্ত ব্যাকটেরিয়াটির জেনারেশন টাইম নির্ণয় করুন।

16.5.2 কোশের সংখ্যা নির্ণয় (Determination of Cell Number) :

উপরোক্ত আলোচনা থেকে বোঝা যাচ্ছে বৃদ্ধির হার পরিমাপ করার জন্য কোশের সংখ্যা নির্ণয় একান্ত জরুরী। ব্যাকটেরিয়া কেবল মাইক্রোস্কোপে দৃশ্যমান কোশ। কৃষ্টিমাধ্যমে অবশ্য আমরা ব্যাকটেরিয়াকে উৎপাদিত করতে পারি। এর জন্য জরুরী শর্ত হল:

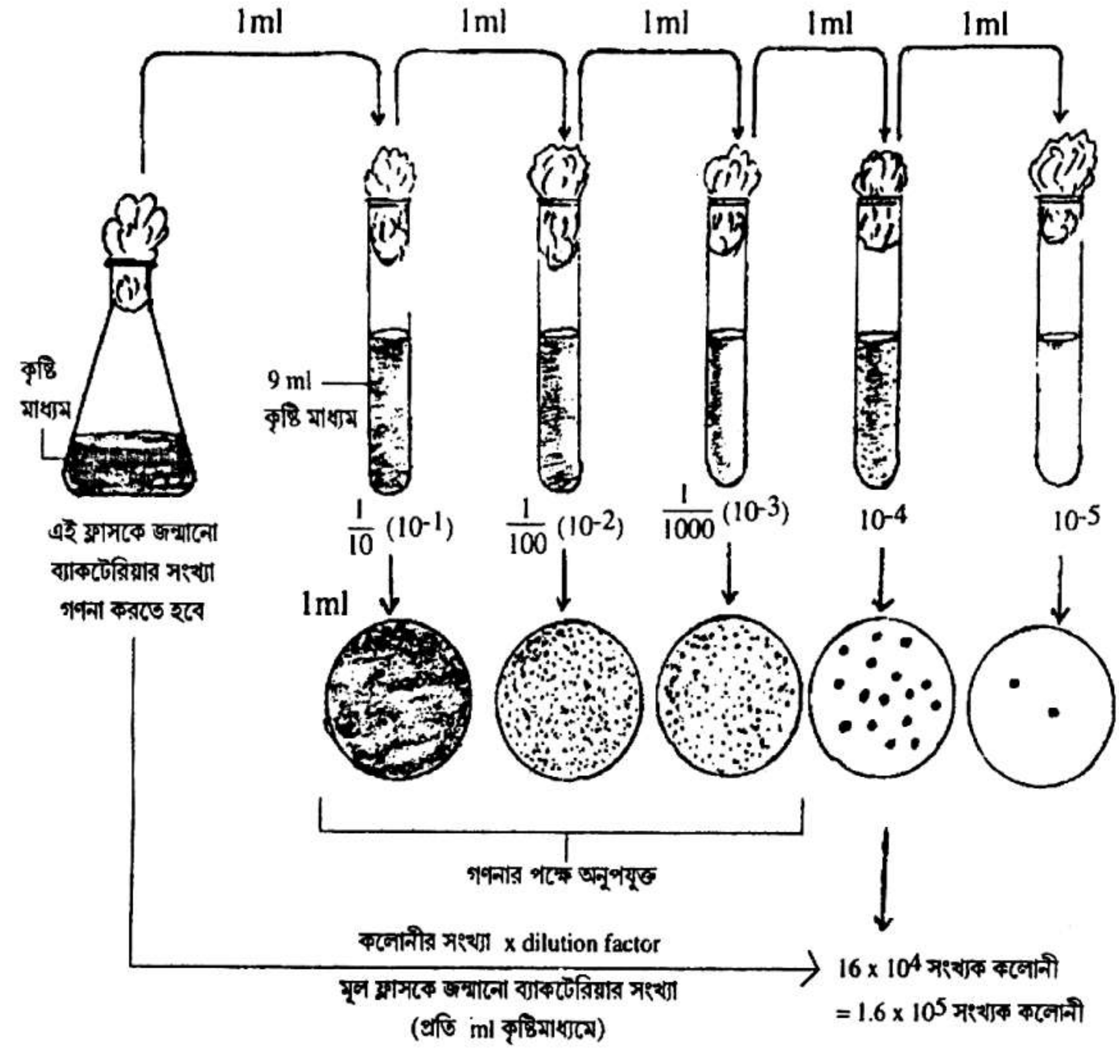
(a) কৃষ্টিমাধ্যমটির উপাদানগুলি সেই ব্যাকটেরিয়ার উপযুক্ত হতে হবে।

(b) বৃদ্ধির অন্যান্য শর্ত অর্থাৎ তাপমাত্রা, অক্সিজেন, ইত্যাদি অনুকূল হতে হবে।

(c) মাধ্যমটি জীবাণুমুক্ত করতে হবে।

(d) যে ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধি দেখতে চাইছি সেই ব্যাকটেরিয়া দ্বারা মাধ্যমটিকে বীজায়িত (inoculate) করতে হবে।

কৃষ্টিমাধ্যমের উপাদান ব্যাকটেরিয়ার চাহিদার উপর নির্ভর করে। এতে সাধারণভাবে প্রোটিন, কার্বোহাইড্রেট, জল ও লবণ সুনির্দিষ্ট পরিমাণে থাকে। মাধ্যমটিকে তরল অবস্থায় রেখে বীজায়িত করলে অনুকূল তাপমাত্রায় ব্যাকটেরিয়া সেটির মধ্যে বৃদ্ধি পায় এবং পরিষ্কার স্বচ্ছ তরলটিকে আস্তে আস্তে ঘোলা অস্বচ্ছ করে তোলে। স্বচ্ছতা আলোর অতিক্রমনে বাধা দেয় না। অস্বচ্ছ মাধ্যম আলোকে বাধা দেয়। কতটা বাধা দেয় সেটি সময়ের পরিপ্রেক্ষিতে নির্ণয় করলে আমরা একরকমভাবে বৃদ্ধির পরিমাপ পেতে পারি। কিন্তু তাতেও তো কোশের সংখ্যা পাওয়া সম্ভব নয় কেন না তরল মাধ্যমে সমষ্টির একটি বহিঃপ্রকাশ থাকলেও একক কোশের উপস্থিতি নির্ণয়ের কোন উপায় সাধারণভাবে নেই। অপরপক্ষে, মাধ্যমটি যদি কঠিন হয় তাহলে একক কোশের উপস্থিতি সহজেই চোখে দেখা যেতে পারে। তরল মাধ্যমকে 2% আগার-আগার (agar agar) প্রয়োগে কঠিন মাধ্যমে রূপান্তরিত করা যায়। এই মাধ্যম যদি জীবাণুমুক্ত হয় তাহলে আমাদের পরীক্ষণীয় ব্যাকটেরিয়াটির একটু নমুনা তরল মাধ্যম থেকে এখানে স্থানান্তরিত করতে হবে। এই নমুনা কঠিন মাধ্যমে ভাল করে শোষিত হবার পর অনুকূল তাপমাত্রায় মাধ্যমটিকে রেখে দিলে নির্দিষ্ট সময় পরে কঠিন মাধ্যমের উপর ব্যাকটেরিয়ার কলোনী জন্মাতে দেখব। কলোনী বিপুল সংখ্যক ব্যাকটেরিয়ার সমষ্টি হলেও আদতে একটি ব্যাকটেরিয়াই একক কলোনী সৃষ্টি করে বার বার বিভাজিত হতে হতে। সুতরাং কলোনীর সংখ্যা নির্ণীত হলে তরলে পরীক্ষণীয় ব্যাকটেরিয়ার সংখ্যা নির্ণয় করা সম্ভব।



চিত্র নং 16.2 ঃ ক্রমাবর্ত তরলীকরণ (serial dilution) পদ্ধতিতে কীভাবে ব্যাকটেরিয়ার সংখ্যা গণনা করা যায় তা দেখানো হল। মূল ফ্লাসকের কৃষ্টিমাধ্যমে ব্যাকটেরিয়ার সংখ্যা গণনা সম্ভব নয়। এই তরলের 1ml জীবাণামুক্ত 9ml কৃষ্টিমাধ্যমের সাথে মেশালে পাওয়া যায় $\frac{1}{10}$ ভাগ তরলী কৃত দ্রবণ। এই দ্রবণের 1ml কঠিন কৃষ্টিমাধ্যমে জন্মাতে দেওয়া হলেও ব্যাকটেরিয়ার সংখ্যা মাত্রাতিরিক্ত। সুতরাং এভাবে ক্রমাবর্ত তরলীকরণ করে 10^{-4} ভাগ তরলীকৃত দ্রবণে গণনার উপযুক্ত 16টি কলোনী পাওয়া গেল। মূল দ্রবণে ব্যাকটেরিয়ার সংখ্যা নির্ণয় করতে গেলে কলোনীর সংখ্যা x dilution factor করে বার করতে হবে। Dilution factor বস্তুতপক্ষে তরলীকরণ মাত্রার অনোন্যক, সুতরাং 10^{-4} মাত্রায় কলোনীর সংখ্যা 16 হলে মূল দ্রবণে ব্যাকটেরিয়ার সংখ্যা $16 \times 10^4 = 1.6 \times 10^5$ লিখে প্রকাশ করা যায়।

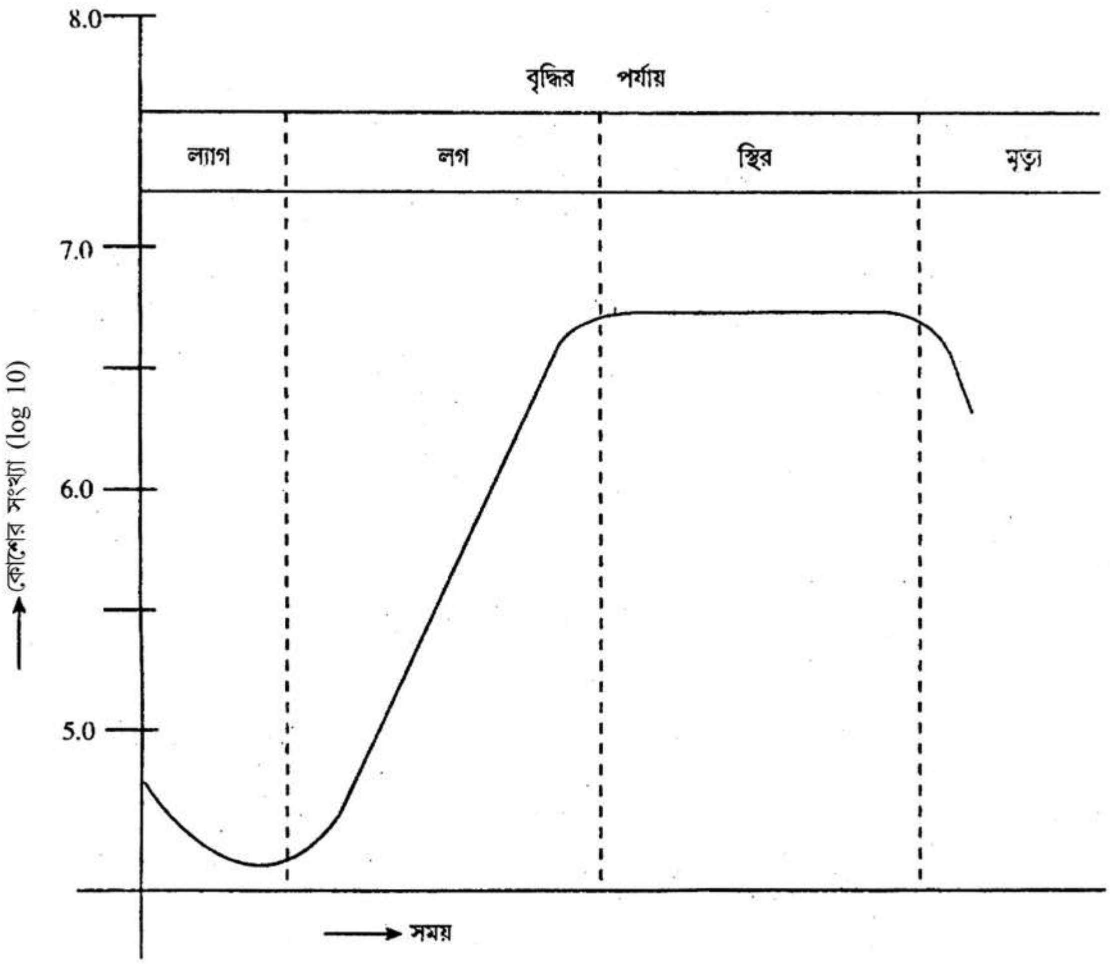
● **ক্রমাবর্ত তরলীকরণ পদ্ধতি (Serial dilution Process) ঃ** একটি তরলমাধ্যমে বৃদ্ধি পাওয়া ব্যাকটেরিয়ার সংখ্যা প্রত্যক্ষভাবে নির্ণয় করার অসুবিধে হল তার বিপুল সংখ্যা। যে কোন ভালভাবে বৃদ্ধি পাওয়া ব্যাকটেরিয়ার মাধ্যমে প্রতি ml তরলে অন্ততঃপক্ষে 10^8 ব্যাকটেরিয়া আছে বলে ধরে নেওয়া যায়। এখন সরাসরি ঐ তরলের 1ml আপনি কঠিন মাধ্যমে ঢেলে দিলেন এবং নির্দিষ্ট সময় পরে সংখ্যা গুনতে চাইলেন আপনি কি পারবেন 10^8টি কলোনী গুনতে? এ জন্য একটু অপ্রত্যক্ষ পদ্ধতির সহায়তা নিতে হয়। একে বলে ক্রমাবর্ত তরলীকরণ পদ্ধতি বা Serial dilution পদ্ধতি। পদ্ধতিটির প্রায়োগিক রূপ চিত্র 16.2 তে প্রদর্শিত হল। তরলীকরণ হয় 1/10 এর গুণিতকে। মূল মাধ্যম থেকে 1ml তরল যদি 9ml জীবাণুমুক্ত তরলে স্থানান্তরিত করি তাহলে 10^8 সংখ্যক ব্যাকটেরিয়া ছড়িয়ে পড়ল 10ml(9 + 1ml) দ্রবণে। অর্থাৎ মূল মাধ্যম 10^{-1} গুণ তরলীকৃত হল। সেটি থেকে আবার 1ml যদি ঐভাবে দ্বিতীয় কোন 9ml কৃষ্টিমাধ্যমে স্থানান্তরিত করা যায় তাহলে মূল মাধ্যম 10^{-2} গুণ তরলীকৃত হল। কিন্তু তাতেও যা সংখ্যা দাঁড়াল তাতেও প্রতি ml তরলে ব্যাকটেরিয়ার সংখ্যা মাত্রাধিক। এভাবে ক্রমান্বয়ে তরলীকৃত করতে করতে যদি আমরা $10^{-5}/10^{-6}$ গুণ তরলীকৃত করে ফেলি তাহলে সেই তরলে ব্যাকটেরিয়ার সংখ্যা সামান্যই বলা যায়। এই তরলের 1ml নমুনা যদি কঠিন মাধ্যমে প্রয়োগ করা যায় তাহলে নির্দিষ্ট সময়ে পরে আমরা যত সংখ্যক কলোনী পাবো তা বস্তুতঃ পক্ষে মূল মাধ্যমের $10^{-5}/10^{-6}$ গুণ তরলীকৃত আধারে ব্যাকটেরিয়ার সংখ্যা। এই সংখ্যাকে তরলীকরণের মানের অনোন্যক দ্বারা গুণ করলে মূল মাধ্যমের প্রতি ml তরলে ব্যাকটেরিয়ার সংখ্যা নির্ণয় করা যাবে। এই অনোন্যক কে বলে dilution factor। 10^{-5} এর ডাইলিউশন ফ্যাক্টর (dilution factor) হল 10^5 হবে।

16.6 ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধির বিভিন্ন পর্যায় (Phases of bacterial growth)

ব্যাকটেরিয়ার কোন কৃষ্টি মাধ্যম থেকে অল্প সংখ্যক ব্যাকটেরিয়া তরল মাধ্যমে স্থানান্তরিত করা হলে এবং উপযুক্ত তাপমাত্রা, pH এবং অক্সিজেন সরবরাহ বজায় রাখলে ব্যাকটেরিয়ার দ্রুত বংশবৃদ্ধি ঘটতে থাকে। অর্থাৎ সংখ্যায় বাড়তে থাকবে। এখন যদি বিভিন্ন সময়ে সংখ্যার বৃদ্ধি লেখচিত্রে প্রকাশ করা যায় তা'হলে যে পর্যায়গুলি লক্ষ্য করা যায় (চিত্র 16.3) সেগুলির নীচে বিস্তারিত ভাবে আলোচিত হল।

16.6.1 হ্রাস পর্যায় বা ল্যাগ ফেজ (Lag phase)

ল্যাগ পর্যায় হল আসলে বংশবৃদ্ধি শুরু হওয়ার আগের প্রস্তুতি পর্ব মাত্র। এই পর্যায়ে ব্যাকটেরিয়া সংখ্যায় বাড়ে না, কিন্তু কোশের প্রতিটি উপাদান অর্থাৎ DNA, RNA বা প্রোটিনের পরিমাণ দ্বিগুণ হয়ে যায়। প্রতিটি ব্যাকটেরিয়া তার কৃষ্টি মাধ্যম থেকে সমস্ত রকম প্রয়োজনীয় যৌগ আহরণ করে তার পর জিনোমের প্রতিলিপি গঠন শুরু করে। এর সাথে সাথে তৈরী হয় কোশ বিভাজনের জন্য প্রয়োজনীয় উৎসেচকসমূহ। শুরু হয় কোশ প্রাচীরের বৃদ্ধি। অর্থাৎ এই পর্যায়ে শারীরবৃত্তীয় বৃদ্ধি শুরু হলেও কোন কোশ বিভাজন না হওয়ার দরুণ সংখ্যা বৃদ্ধি পায় না। বরং একটি মাধ্যমে বিভিন্ন পর্যায়ের ব্যাকটেরিয়া উপস্থিত থাকে বলে কিছু সংখ্যক ব্যাকটেরিয়ার এই



স্বল্পস্থায়ী সময়কালে মৃত্যু ঘটে। এই সংখ্যা উল্লেখযোগ্য হলে লেখচিত্রে এই সময়কালের প্রতিরূপ ঋণাত্মক হওয়াই স্বাভাবিক। তাই Lag পর্যায়কে ঋণাত্মক বৃদ্ধির পর্যায়ও বলে থাকে। সুতরাং Lag পর্যায় হল সক্রিয় বৃদ্ধিকালের সেই পর্যায় যে পর্যায়ে কোশসংখ্যা বৃদ্ধি পায় না।

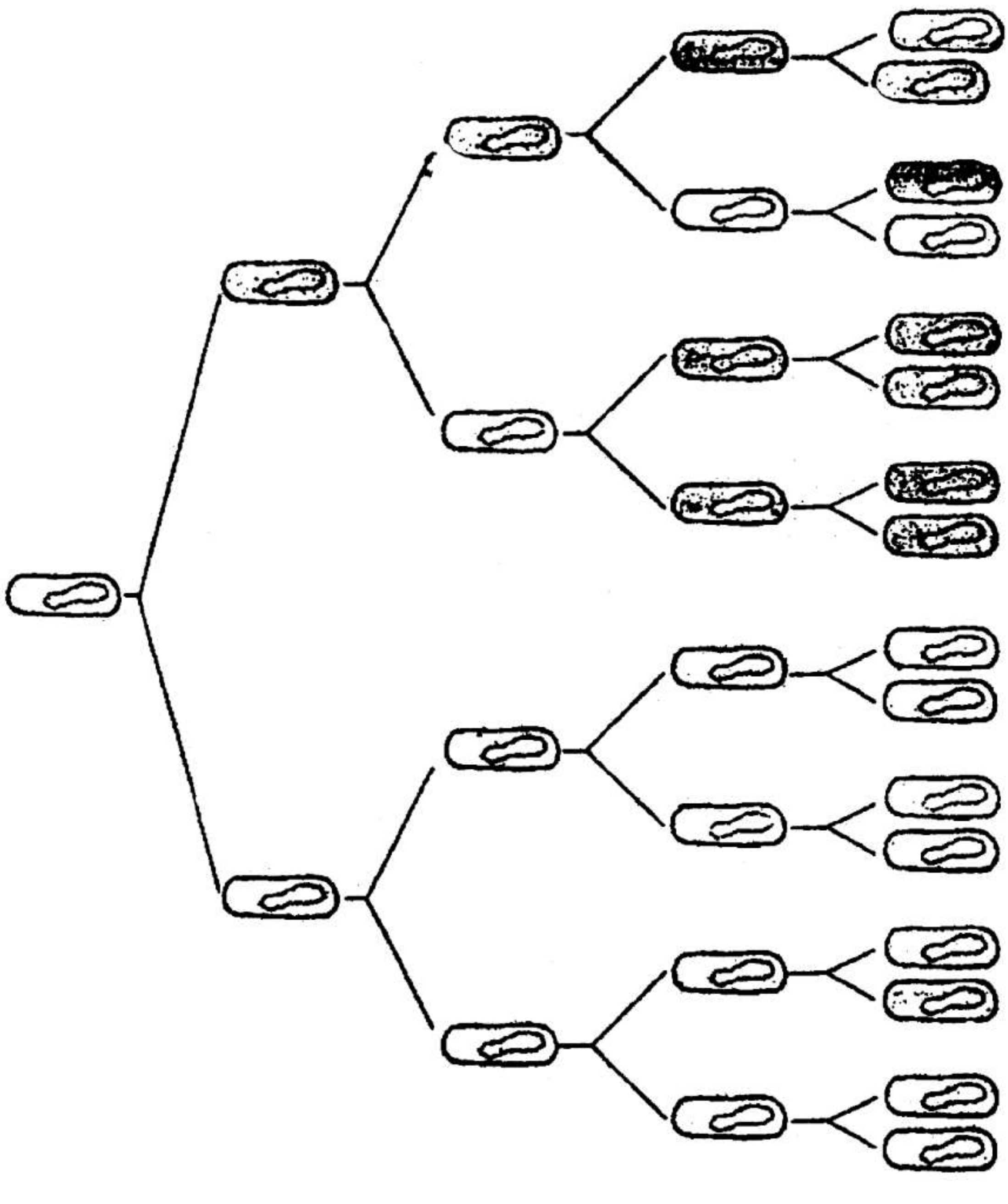
16.6.2 মুখ্য বৃদ্ধির পর্যায় বা লগ পর্যায় (Exponential phase)

এই পর্যায়ে ব্যাকটেরিয়ার সংখ্যা বৃদ্ধি শুরু হয় এবং এই বৃদ্ধির হার গুণোত্তর প্রগতি (geometrical progression) তে চলতে থাকে। এই পর্যায়কে লগ্ (log phase) পর্যায়ও বলা হয়ে থাকে। বৃদ্ধির এই গুণোত্তর প্রগতি দ্বিবিভাজনের ফলে ব্যাকটেরিয়ার সংখ্যাবৃদ্ধির দরুণ ঘটে থাকে। এই প্রগতির একটি চিত্ররূপ প্রদর্শিত হল (চিত্র 16.4)।

পূর্বে উল্লেখিত জেনারেশন টাইম বা দ্বিবিভাজনকাল প্রসঙ্গে আলোচনাক্রমে আমরা জেনেছি যে এই পর্যায়ে বৃদ্ধির হার যদি অন্য সমস্ত শর্তাবলী অনুকূল থাকে তাহলে ধ্রুবক। তবে এই ধ্রুবকের মান এক একটি ব্যাকটেরিয়ার ক্ষেত্রে এক এক রকম। কোন কোন ব্যাকটেরিয়ার দ্বিবিভাজন কাল স্বল্পস্থায়ী অর্থাৎ খুব অল্প সময়ের মধ্যেই সেগুলি বিপুল সংখ্যা অর্জন করতে পারে। যেমন, *E. coli* ব্যাকটেরিয়ার g এর মান 20 মিনিট মাত্র। অর্থাৎ প্রতি 20 মিনিট অন্তর কোশ সংখ্যা দ্বিগুণ হয়ে যায়। অপরপক্ষে যক্ষ্মারোগের জীবাণু *Mycobacterium tuberculosis* এর g এর মান 360 মিনিট। অর্থাৎ অত্যন্ত দীর্ঘকালীন অবস্থিতি ও বংশবৃদ্ধির পরই তারা নিজেদের অস্তিত্ব জানান দেবার মত হানিকারক সংখ্যা অর্জন করে থাকে। সারণি 16.2 তে অনুকূল তাপমাত্রায় কিছু ব্যাকটেরিয়ার g এর মান দেওয়া হল

সারণি 16.2 ঃ সর্বাপেক্ষা অনুকূল অবস্থার কিছু ব্যাকটেরিয়ার জেনারেশন টাইম।

ব্যাকটেরিয়া	তাপমাত্রা (°C)	জেনারেশন টাইম (মিনিট)
1. *Escherichia coli*	37	20
2. *Bacillus subtilis*	37	27
3. *Streptococcus lactis*	37	30
4. *Pseudomonas putida*	30	45
5. *Lactobacillus acidophilus*	37	75
6. *Mycobacterium tuberculosis*	37	360
7. *Nostoc japonicum*	25	570
8. *Anabaena cylindrica*	25	840



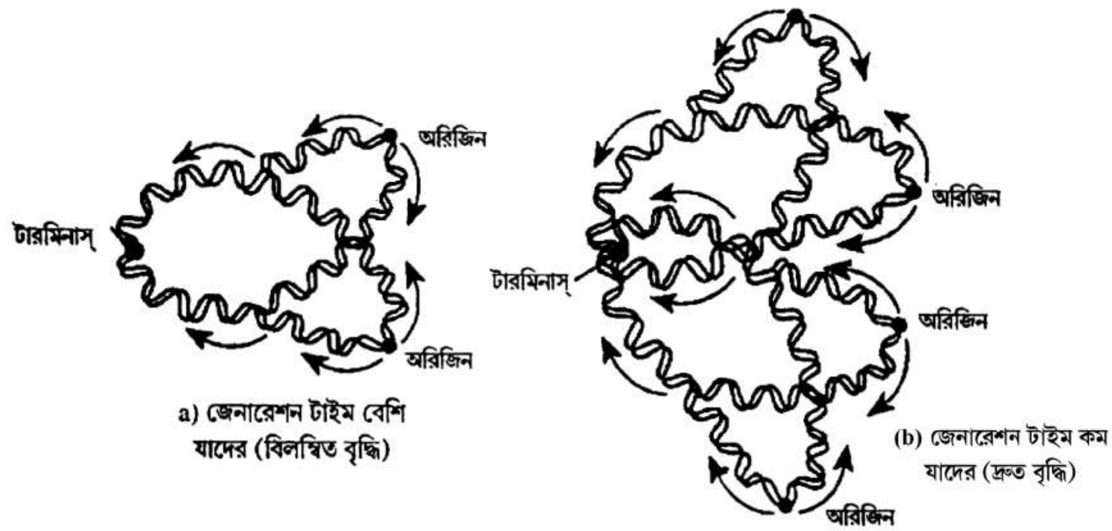
চিত্র নং 16.4 ঃ লগ পর্যায়ে ব্যাকটেরিয়ার দ্বিবিভাজন। একটি নির্দিষ্ট সময় অন্তর দ্বিগুণ সংখ্যায় বাড়ছে। এটিই জেনারেশন্ টাইম (generation time)।

সাধারণভাবে আর্কিয়ার জেনারেশন টাইম 20 থেকে 30 মিনিট, অবশ্য ব্যতিক্রম আছে যেমন ব্যাকটেরিয়ার ক্ষেত্রে আছে। উপরের তালিকায় ব্যাকটেরিয়ার জেনারেশন টাইম দেওয়া হয়েছে তার সব থেকে অনুকূল অবস্থার পরিপ্রেক্ষিতে। কিন্তু প্রকৃতিতে সবসময় এই অনুকূল অবস্থা থাকে না তাই জেনারেশন টাইমের পরিবর্তন হয়।

মজার কথা হল *E. coli* এর ক্রোমোজোমের সম্পূর্ণভাবে প্রতিলিপিকরণে 40 মিনিট সময় লাগে এবং দুটি অপত্য DNA আলাদা হয়ে দুটি ব্যাকটেরিয়া হতে আরও 20 মিনিট সময় লাগে তা'হলে দ্বি-বিভাজনকাল 20মিনিট কী করে হতে পারে? এটা হওয়া সম্ভব যদি একটি কোশে একাধিক জেনারেশন বা জনুর DNA থাকে। *E. coli* এর ক্ষেত্রে এটা হয় কেন না বিভাজনরত অবস্থাতেই অপত্য DNA এর দ্বিত্বকরণ শুরু হয়ে যায়। এই কারণে বর্তমান প্রজন্মের কোশ 2/3 জনুর পূর্বেকার DNA দ্বারা গঠিত হয়ে থাকে (চিত্র 16.5)।

অপরপক্ষে যে সমস্ত ব্যাকটেরিয়ার জেনারেশন টাইম বা দ্বিবিভাজনকাল অতি দীর্ঘ ক্ষেত্রে DNA সম্পূর্ণ বিভাজিত হয়ে অপত্য DNA বিচ্ছিন্ন হবার পরেই কোশবিভাজন সম্পূর্ণ হয়।

অপত্য DNA মাতৃ DNA থেকে বিচ্ছিন্ন হবার পূর্বেই প্রতিলিপিকরণ শুরু করবে কিনা তা নির্ভর করে অরিজিন (ori C) বিন্দু সংশ্লেষিত হয়েছে কিনা তার উপর। যদি oriC সংশ্লেষিত হয়ে থাকে তাহলে অপত্য DNA প্রায় সঙ্গে সঙ্গেই নিজের প্রতিলিপি তৈরীর কাজে নিয়োজিত হয়ে যায়। আর একটি কৌশল এই যে কোশের সবচাইতে দরকারী প্রোটিনগুলির জন্য দায়ী জীনসমূহ ঐ oriC এর আশেপাশেই অবস্থান করে। তাই oriC এর সাথে সাথেই ঐ জীনগুলিও গঠিত হয়ে যায়। সুতরাং এতবার DNA তৈরীর কাজ চালাতে গেলে যে পরিমাণ উৎসেচ, RNA ইত্যাদি দরকার হয় তার যোগান অপর্যাপ্ত রাখার ব্যবস্থাও ব্যাকটেরিয়া সঙ্গে সঙ্গেই করে নেয়। এই সমন্বয় সাধনই কম জেনারেশন টাইমের মূলতন্ত্র।



চিত্র নং 16.5 ঃ বিলম্বিত এবং দ্রুত বৃদ্ধি হওয়ার সময় DNA এর প্রতিলিপি গঠন। (a) যাদের জেনারেশন টাইম দীর্ঘ তাদের সংশ্লেষ সম্পূর্ণ হওয়ার পর দ্বিতীয় বার সংশ্লেষ শুরু হয়। কিন্তু যাদের জেনারেশন টাইম কম তাদের ক্ষেত্রে প্রতিলিপিকরণ সম্পূর্ণ হওয়ার আগেই অপত্য এর প্রতিলিপিকরণ শুরু হয়ে যায়। (b) ছবিতে *E. coli* ক্রোমোজোমের প্রতিলিপিকরণ দেখান হয়েছে। এক্ষেত্রে প্রায় ছয়টি DNA তৈরীর কাজ একই সাথে চলছে আলাদা আলাদা অপত্যে যাবার জন্য।

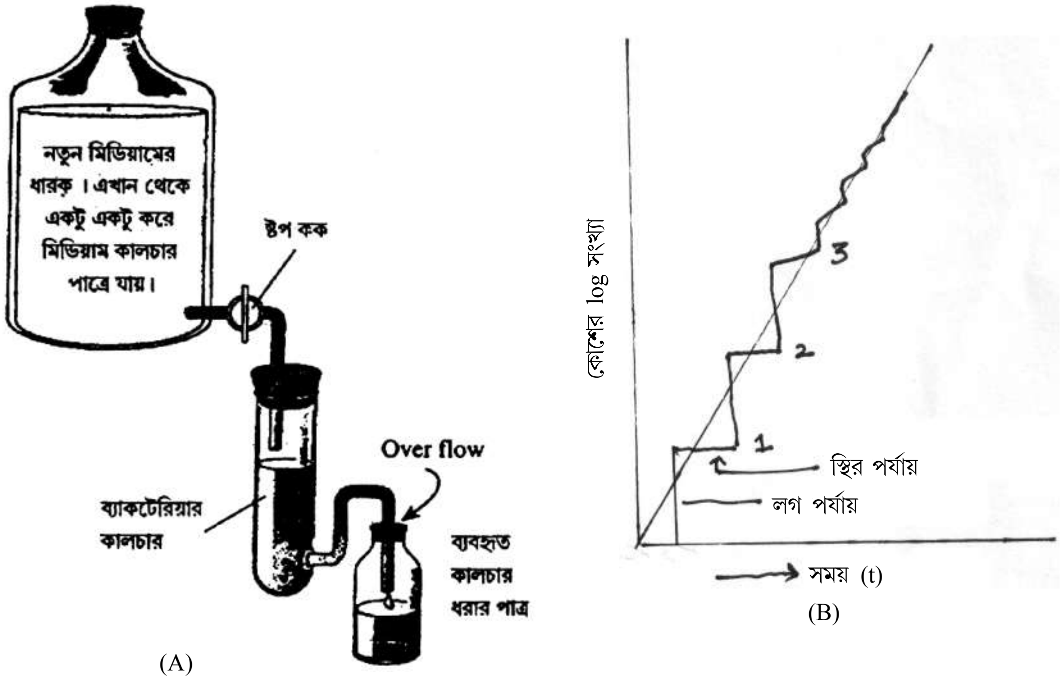
16.5.3 স্থির পর্যায় বা Stationary Phase ঃ বৃদ্ধির লেখচিত্রটি লক্ষ্য করলে দেখা যাবে যে মুখ্যবৃদ্ধি কালের পর সময়ের পরিপ্রেক্ষিতে বৃদ্ধির হার একটি স্থিরতা অর্জন করে এবং তখন বৃদ্ধির হার আপাতঃভাবে শূন্য বলে মনে হয়। এই পর্যায়কে স্থির পর্যায় বলে। ব্যাকটেরিয়া বৃদ্ধির সময় যখন লগ্ পর্যায় থেকে স্থির পর্যায়ে প্রবেশ করে তখন এক অসম পরিবেশের সৃষ্টি হয়। অনেক সংশ্লেষিত পদার্থই অব্যবহৃত থেকে যায়। তাই লগ পর্যায় ও স্থির পর্যায়ের ব্যাকটেরিয়ার মধ্যে রাসায়নিক গঠনের তারতম্য পরিলক্ষিত হয়। স্থির পর্যায় আসে নানান কারণে যেমন, খাদ্যের অভাব অথবা খাদ্যের মধ্যে বিশেষ কোন উপাদানে ঘাটতি। কখনও কখনও ব্যাকটেরিয়া বিশেষ কোন উপাদান তৈরী করে যা কিনা তার নিজের বৃদ্ধির জন্য ক্ষতিকারক। আসল কথা হল উপযুক্ত পরিবেশের অভাবের জন্য ব্যাকটেরিয়ার কিছু বৈশিষ্ট্য দেখা যায় যেমন এদের বিপাকীয় কার্য ধীর গতিতে চলে, বেশী তাপমাত্রা সহ্য করতে পারে এবং অভিস্রবণীয় চাপ অধিক হলেও তা সহ্য করতে পারে। এমনকি হাইড্রোজেন-পার-অক্সাইড (H_2O_2) সহ্য করার ক্ষমতাও বেড়ে যায়। এই গুণের অধিকারী হওয়ার পেছনে আছে Kat F নামক একটি প্রোটিন যেটি কি না এ সমস্ত জিনের কাজকে নিয়ন্ত্রণ করে।

16.6.4 মৃত্যু পর্যায় বা (Death phase)

কৃষ্টির মাধ্যমে প্রতিকূলতা অর্থাৎ খাদ্যবস্তুর অভাব বা বিপাকজাত ক্ষতিকারক পদার্থ সঞ্চিত হওয়া ইত্যাদি বজায় থাকলে বৃদ্ধির অন্তিম পর্যায়ে লেখচিত্র ঋণাত্মক বৃদ্ধি হার প্রদর্শন করে। এটি হল ব্যাকটেরিয়ার মৃত্যু পর্যায়। এই পর্যায়ে কোশ বিভাজন হয় না তো বটেই বরং ক্রমশঃ আরো বেশী সংখ্যক ব্যাকটেরিয়ার মৃত্যু ঘটার ফলে ক্রমশঃ সংখ্যাহ্রাস ঘটে। তবে log পর্যায়ের মতো সংখ্যা হ্রাস গুণোত্তর প্রগতি বা GP হারে হয় না। তাই বৃদ্ধির হারের মতো মৃত্যুর হারের কোন গাণিতিক প্রকাশ সম্ভব নয়।

16.7 অবিরাম বৃদ্ধি (Continuous Culture)

এটি হল এমন এক ব্যবস্থা যাতে ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধি অবিরাম চলতে পারে। এবং এই বৃদ্ধির হার সর্বদাই লগ হার বজায় রেখে চলে। এই ব্যবস্থায় ব্যাকটেরিয়া স্থির পর্যায়ে প্রবেশ করতে পারে না। আপনার জেনেছেন খাদ্য ও উপযুক্ত পরিবেশের অভাবে ব্যাকটেরিয়ার কৃষ্টি মাধ্যমে বৃদ্ধি বন্ধ হয়ে যায় এবং মৃত্যু হতে থাকে। কেমোস্ট্যাট (Chemostat) এই রকম একটি ব্যবস্থা যাতে বাইরে থেকে সবসময় নির্দিষ্ট পরিমাণ পরিপোষক পদার্থ ব্যাকটেরিয়ার কৃষ্টি মাধ্যমে যোগ হতে থাকবে, অপরদিকে সমপরিমাণ কোশপূর্ণ কৃষ্টিতরল অর্থাৎ সমপরিমাণ ব্যবহৃত পরিপোষক অপসারিত করে নেওয়া যাবে। এর সুফল দ্বিবিধ (1) এতে পরিপোষক পদার্থের অভাব হয় না। (2) পুরাতন মাধ্যমে জমা হওয়া ক্ষতিকারক বর্জ্য পদার্থ বেরিয়ে যাওয়ায় বৃদ্ধির পরিপন্থী কোন কিছুই জমতে পারে না। এই জন্য ব্যাকটেরিয়া সকল সময় মুখ্য বৃদ্ধি পর্যায়ে অবস্থান করে (চিত্র 16.6)।



চিত্র নং 16.6 ঃ (A) অবিরাম বৃদ্ধির নিমিত্ত কেমোস্ট্যাট ব্যবস্থা। উপরের পাত্র থেকে নতুন মিডিয়াম ব্যাকটেরিয়ার কালচারে যুক্ত হয় এবং নীচের নল দিয়ে ব্যবহৃত মিডিয়াম বেরিয়ে আসে। (B) সিনক্রোনসে বৃদ্ধির লেখচিত্র। দেখা যাচ্ছে 3টি জনুর পর এই বৃদ্ধির সাম্য ধরে রাখা যায়নি।

16.8 কৃষ্টিগত বয়ঃসাম্য বা সিনক্রোনাস কালচার (Synchronous Culture)

যখন কোন কৃষ্টি মাধ্যমে উপস্থিত প্রতিটি ব্যাকটেরিয়া কোশ বৃদ্ধির হারের সমতা বজায় রাখে তখন তারা একই সাথে বিভাজিত হয়। সাধারণ মাধ্যমে এই অবস্থা পাওয়া সম্ভব কেননা একটি মাধ্যমে যখন প্রথমাবস্থায় কিছু ব্যাকটেরিয়াপূর্ণ দ্রবণ মিশ্রণরূপে প্রয়োগ করা হয় তখন তাতে কোশগুলির বয়ঃক্রম ভিন্ন ভিন্ন। কোনটি লগ পর্যায়ে, কোনটি স্থির পর্যায়ে, কোনটি আবার মৃত কোশ। স্বাভাবিকভাবেই নতুন মাধ্যমে বৃদ্ধির শুরুতে যে কোশটি যে পর্যায় ছিল সেখান থেকেই পুনরায় বৃদ্ধি শুরু হবে। তবে সিনক্রোনাস কালচার হল এমন একটি পদ্ধতি যাতে সব কটি কোশকেই বৃদ্ধির একটি সুনির্দিষ্ট পর্যায়ে পাওয়া সম্ভব। এর ফলে কৃষ্টি মাধ্যমে তাদের বৃদ্ধির হারেও সাম্যবস্থা বজায় থাকে। ফলে সব কয়টি কোশ একই সাথে বিভাজিত হয়। এটি পাবার সব থেকে সহজ উপায় হল আকারের ভিত্তিতে সম আয়তন বিশিষ্ট কোশসমূহকে একটি মিশ্রিত কোশগোষ্ঠী থেকে আলাদা করে নেওয়া। এর জন্য সুনির্দিষ্ট আয়তনের ছিদ্রবিশিষ্ট ফিল্টার ব্যবহার করা হয়। এই ছিদ্রগুলি অবশ্য অতিসূক্ষ্ম এবং দৃষ্টিগ্রাহ্য নয়। পূর্ণায়তন ব্যাকটেরিয়ার তুলনায় অপেক্ষাকৃত কম ব্যাসযুক্ত ছিদ্রের মাধ্যমে কেবলমাত্র নবীনতর সদ্য বিভাজিত কোশগুলিই পরিস্রাবিত হয়। এই পরিস্রাবিত তরল যদি প্রাথমিক উৎসরূপে কোন কৃষ্টি মাধ্যমে ব্যবহৃত হয় তাহলে সেটির

অন্তর্গত সমস্ত কোশই একই সাথে বিভাজিত হবে। এভাবে স্থির পর্যায়ে পৌঁছানোর পূর্বেই যদি নতুন পরিপোষক সমৃদ্ধ কৃষ্টিমাধ্যম পুনরায় যোগ করা যায় তাহলে আবার সমস্ত কোশ একই সাথে বিভাজিত হতে থাকবে। এইভাবে পুনঃ পুনঃ পরিপোশক যোগ করে সমস্ত কোশকেই বিভাজনক্ষম রাখা সম্ভব। এই কৃষ্টিপদ্ধতি সিনক্রোনাস পদ্ধতি নামে পরিচিত।

■ **অনুশীলনী - 2**

1. শূন্যস্থান পূরণ করুন ঃ

(i) বৃদ্ধির একটি আদর্শ লেখচিত্রে প্রথমেই যে পর্যায়টি দেখা যায় তাকে বলে ________।

(ii) এই পর্যায়ে বৃদ্ধির হার ________।

(iii) কঠিন মাধ্যমে কোশের সংখ্যা নির্ণয় করার জন্য ________ পদ্ধতি অনুসরণ করা প্রয়োজন।

(iv) *E. coli* এর জেনারেশন টাইম হল ________।

(v) বৃদ্ধির যে পর্যায়ে ব্যাকটেরিয়ার সংখ্যাবৃদ্ধি গুণোত্তর প্রগতি মেনে চলতে থাকে তাকে বলে ________ পর্যায়।

2. ডানদিকের বিষয়গুলির সাথে বামদিকের বাক্যগুলি সঠিকভাবে মেলান ঃ

(i) হ্রাস পর্যায় (lag phase)	(a) নির্দিষ্ট ব্যাকটেরিয়ার ক্ষেত্রে ধ্রুবক
(ii) জেনারেশন টাইম	(b) দীর্ঘকালীন জেনারেশন টইম
(iii) টি.বি. রোগের জীবাণু	(c) DNA সংশ্লেষ
(iv) লগ (log) পর্যায়	(d) গুণোত্তর প্রগতিতে বৃদ্ধি

16.9 প্রকৃতিতে ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধি (Growth of Bacteria in nature)

গবেষণাগারে আদর্শ কালচার মিডিয়ামে ব্যাকটেরিয়ার বংশবৃদ্ধি যেভাবে হয় প্রকৃতিতে সে ভাবে নাও হতে পারে। প্রাকৃতিক পরিবেশে ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধি নানাভাবে বাধাপ্রাপ্ত হয়। খাদ্যের অভাব তো আছেই, তাছাড়া আছে একে অপরের সাথে প্রতিদ্বন্দ্বিতা। এইসব পরিস্থিতি সামাল দিতে ব্যাকটেরিয়া নানান উপায় অবলম্বন করে। এমনিতে তা ভৌত ও রাসায়নিক পরিবর্তনের সাথে খাপ খাইয়ে নিতে পারে বিভিন্ন উপায়ে, কিন্তু এ সবের প্রভাব পড়ে বৃদ্ধির উপর। পরিপোষকগুলির মধ্যে কার্বন (Carbon), নাইট্রোজেন (Nitrogen), ফসফরাস (Phosphorus) ও অন্যান্য আয়ন যেমন সোডিয়াম, ক্যালসিয়াম, পটাসিয়াম ইত্যাদি হল একান্ত প্রয়োজনীয়। এইসব মৌলিক উপাদানের যে কোন একটির অভাব ঘটলে ব্যাকটেরিয়া বিশেষ নিয়ন্ত্রক পদ্ধতি (regulatory system) অবলম্বন করে যাতে অন্য কোন উপায়ে এইসকল উপাদানের যোগান দেওয়া যায় অথবা নিশ্চিত মৃত্যুর হাত থেকে রক্ষা পাওয়া যায়।

কিছু ব্যাকটেরিয়া আছে যারা জৈব খাদ্যের অভাবে নিজেদের খুবই ছোট আকারে রূপান্তরিত করে এই ধরনের কোশকে মিনিসেল (minicell) বলে। এদের বিপাকীয় কার্য খুবই ধীরগতিতে চলে এবং নানারকম আঘাত সহ্য করতে পারে।

কিছু ব্যাকটেরিয়া আছে যারা কম খাদ্য সরবরাহ পছন্দ করে। এই সব ব্যাকটেরিয়া **ওলিগোট্রফ** (oligotroph) নামে পরিচিত। যারা বেশী খাদ্য পছন্দ করে তাদেরকে **কোপিওট্রফ্** (copiotroph) বলে।

ওলিগোট্রফ ব্যাকটেরিয়ার বিশেষত্ব হল হয় খুবই ছোট আকারের হয় নয় তো নানারকম উপাঙ্গ তৈরী করে যাতে খাদ্য শোষণের তল বৃদ্ধি পায়।

খাদ্যের অভাবে কিছু ব্যাকটেরিয়া বৃদ্ধি বন্ধ করে অন্তঃরেণু গঠন করে নেয় এবং অন্তঃরেণু বহু বছর এই অবস্থায় অপেক্ষা করতে পারে বৃদ্ধির উপযুক্ত পরিবেশের জন্য। যেমন *Bacillus* (চিত্র 16.7)। মিক্সোব্যাকটেরিয়ার *(Myxobacteria)* ক্ষেত্রে খাদ্য শেষ হওয়ার সময় লক্ষাধিক কোশ একসাথে জোড়া লেগে (fuse) ফলদেহ (fruit body) তৈরী করে। মিক্সোব্যাকটেরিয়া যে মাধ্যমে জন্মায় সেই মাধ্যম থেকে ফলদেহ বায়বীয় অংশরূপে সৃষ্ট হয় এবং সেখানে উৎপাদিত রেণু চারিদিকে ছড়িয়ে পড়ে এই রেণুকে **মিক্সোস্পোর** বলে। মিক্সোপোর উপযুক্ত খাদ্য পেলে আবার জন্মাতে পারে (চিত্র 16.8)। এভাবে তারা প্রতিকূলতা কাটিয়ে ওঠে।

■ অনুশীলনী - 3

1. নীচের উক্তিগুলির সত্যতা নির্ধারণ করুন ঃ

(a) স্থির পর্যায়ে ব্যাকটেরিয়ার বিভাজন একেবারে বন্ধ হয়ে যায় ________ হ্যাঁ / না

(b) লগ পর্যায়ের মত মৃত্যু পর্যায়েও ব্যাকটেরিয়া কোশের মৃত্যু গুণোত্তর প্রগতি মেনে হয় ________ হ্যাঁ / না

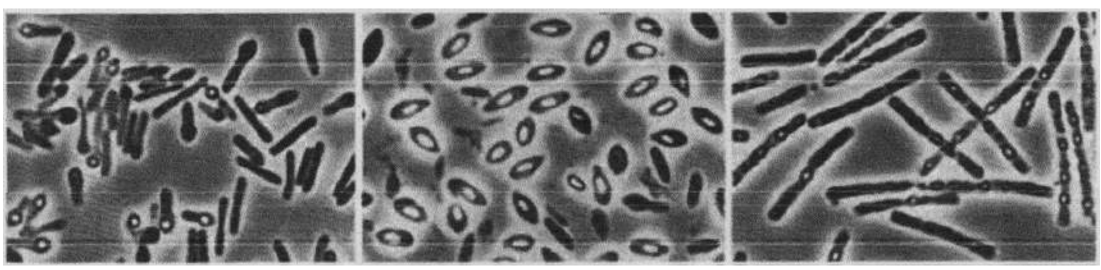
(c) কেমোস্ট্যাট নামক ব্যবস্থায় ব্যাকটেরিয়াকে সর্বদা লগ পর্যায়েই পাওয়া যায় ________ হ্যাঁ / না

(d) একটি মাধ্যমে সমস্ত ব্যাকটেরিয়া যখন একই সঙ্গে বিভাজিত হয় তখন তাকে বলে সিনক্রোনাস কালচার ________ হ্যাঁ / না

(e) কৃষ্টি মাধ্যমের মধ্যে ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধিকালীন অবস্থায় সেটি নিজেই কিছু অবাঞ্ছিত পদার্থ উৎপাদন করতে পারে ________ হ্যাঁ / না

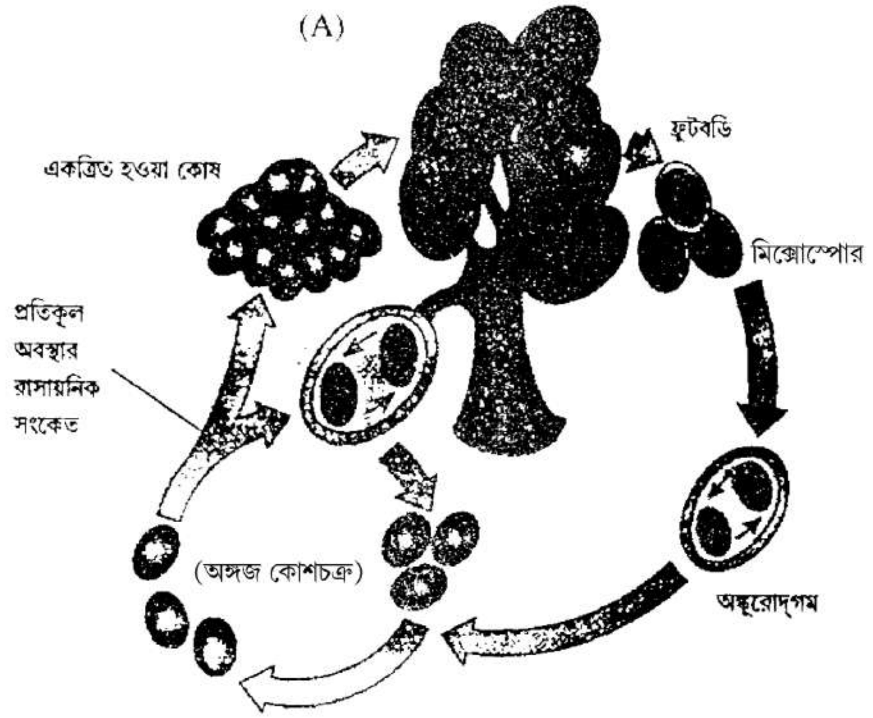
2. নীচের বিষয়গুলির মিল ডানদিকের সারণিতে আছে। সেগুলি ঠিকভাবে মেলান ঃ

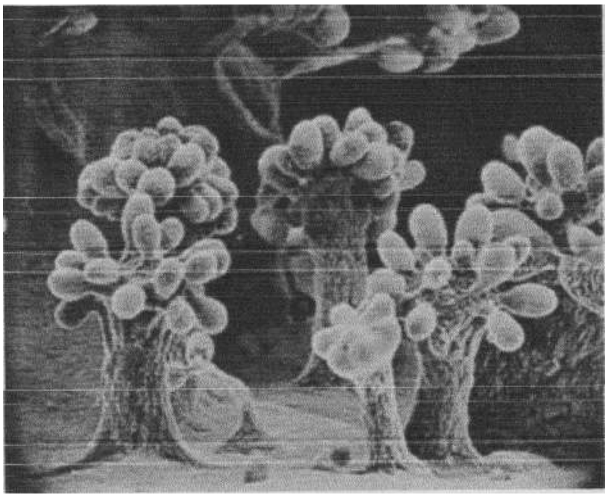
(i) অন্তঃরেণু উৎপাদন	(a) ওলিগোট্রফ
(ii) ফলদেহ সৃষ্টি	(b) *Bacillus* sp.
(iii) খাদ্য শোষনের তল বৃদ্ধি	(c) মিনিসেল
(iv) আকার হ্রাস ব্যাকটেরিয়ার	(d) মিক্সোব্যাকটেরিয়া



চিত্র নং 16.7 ঃ বিভিন্ন প্রজাতির Bacillus sp. এর অন্তরেণু

(A)





(B)

চিত্র নং 16.8 ঃ প্রতিকূল অবস্থায় মিক্সোব্যাকটেরিয়ার স্পোর। (A) অনুকূল অবস্থায় মিক্সব্যাকটেরিয়ার অঙ্গজ বৃদ্ধি চালায়, কিন্তু যখনই বুঝতে পারে প্রতিকূল অবস্থা আগত (রাসায়নিক সংকেত) তখনই মিক্সোস্পোর তৈরী করে।
(B) মিক্সোব্যাকটেরিয়ার একটি সদস্যের ফলদেহ কেমন তা দেখান হয়েছে।

16.10 বৃদ্ধির শর্ত (Conditions of Growth)

ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধি তার পরিবেশের ভৌত ধর্মের সাথে নিবিড় ভাবে জড়িত। তাপমাত্রা, অম্লতা, দ্রবণের চাপ ও আলো ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধিকে বিশেষভাবে প্রভাবিত করে।

16.10.1 তাপমাত্রা (Temperature)

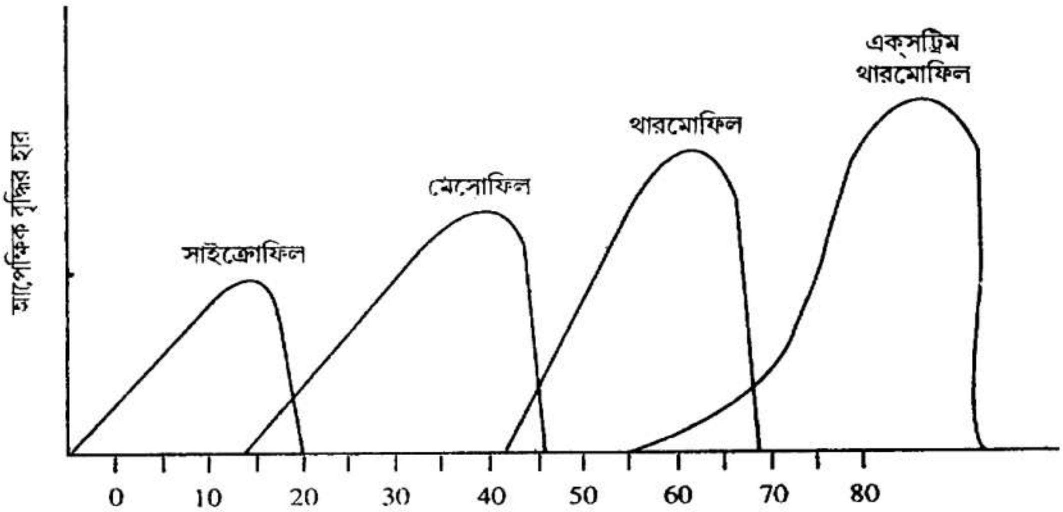
কোশের কার্যকারিতার নিরিখে তাপমাত্রার তিনটি স্তর আছে। এরা হল সর্বনিম্ন (minimum), সর্বাপেক্ষা উপযোগী (optimum) ও সর্বোচ্চ (maximum) তাপমাত্রা। এদের বলে, Cardinal temperature। যে কোন ব্যাকটেরিয়ার জন্য একটি সুনির্দিষ্ট minimum, optimum ও maximum তাপমাত্রা আছে।

প্রতিটি ব্যাকটেরিয়া একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় সর্বাপেক্ষা বেশী বৃদ্ধির হার প্রদর্শন করে। এই তাপমাত্রাকে সর্বাপেক্ষা অনুকূল (optimum) তাপমাত্রা বলে। সাধারণতঃ অনুকূল তাপমাত্রা বলতে একটি তাপমাত্রা স্তরকে বোঝায়; যেমন, *E. coli* এর ক্ষেত্রে 30º থেকে 37ºC এই স্তরের কম বা বেশী তাপমাত্রায় বৃদ্ধির হার তাপমানের হেরফেরের সাথে সমতা রেখেই কমে যায়।

সাধারণত যে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে বৃদ্ধি পায়, প্রতি 10ºC বৃদ্ধিতে রাসায়নিক বিক্রিয়া দ্বিগুণ হয়। উৎসেচক দ্বারা বিক্রিয়ার তাপমাত্রা এইভাবে বৃদ্ধি পায় ততক্ষণই যতক্ষণ না উৎসেচকের গঠনগত পরিবর্তন ঘটে। প্রতিটি উৎসেচক একটি আদর্শ তাপমাত্রায় সর্বাধিক কাজ করতে পারে এবং একটি বিশেষ স্তর পর্যন্ত তাপবৃদ্ধি সহ্য করতে পারে। এই স্তরের অধিক তাপমাত্রায় উৎসেচক ত্রি-মাত্রিক গঠন হারিয়ে ফেলে। একে ডিনেচারেশন (denaturation) তাপমাত্রা বলে। বিভিন্ন ব্যাকটেরিয়ার আদর্শ বৃদ্ধি (optimum growth)-র জন্য তাপমাত্রা বিভিন্ন। যে সকল ব্যাকটেরিয়ার 20ºC এর নীচে আদর্শ বৃদ্ধি হয় তাদের শৈত্যপ্রেমী **সাইক্রোফিলিক** ব্যাকটেরিয়া (psychrophiles) বলে, যেমন *Flavobacterium*। যে সকল ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধি 20º থেকে 40ºC-এর মধ্যে ভাল হয় তাদের স্বাভাবিক **মেসোফিলস** (mesophiles) বলে, যেমন, *E. coli* এবং তার চেয়ে বেশী তাপমাত্রায় যাদের বৃদ্ধি ভাল হয় তাদের উষ্ণতাপ্রেমী বা **থারমোফিলস** (thermophiles) বলে, যেমন *Thermococcus*। যে সব ব্যাকটেরিয়া 80ºC তাপমাত্রার চেয়ে বেশী তাপমাত্রায় আদর্শ বৃদ্ধির বজায় রাখে তাদের বলা হয় অতি উষ্ণতাপ্রেমী বা এক্সট্রিম থারমোফিলস্ বা **হাইপারথারমোফিলস** (extreme thermophiles or hyperthermophiles) যেমন *Pyrodictium*। আর্কিব্যাকটেরিয়ার অধিকাংশ সদস্য উষ্ণতাপ্রেমী এবং বেশকিছু অতি উষ্ণতাপ্রেমী প্রকৃতির।

যে সকল ব্যাকটেরিয়া 50ºC এর বেশী তাপমাত্রায় জন্মায় তাদের বিশেষ কতগুলি গুণ আছে যেমন, এদের উৎসেচক অনেক বেশী তাপমাত্রা সহ্য করতে পারে। *Thermus aquaticas* এর DNA পলিমারেজ উৎসেচক বা (*Taq* polymerase) জীন প্রযুক্তিতে প্রচুর কাজে লাগে, কারণ উচ্চ তাপমাত্রায় এই উৎসেচক ভালভাবে DNA প্রতিলিপিকরণ করতে পারে। *Thermus aquaticas* ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধির জন্য ন্যূনতম তাপমাত্রা লাগে 70ºC এবং 70º থেকে 105ºC তাপমাত্রা পর্যন্ত এরা ভালভাবেই জন্মাতে পারে।

আদর্শ তাপমানস্তরের হঠাৎ কোন পরিবর্তন ঘটলে ব্যাকটেরিয়া যে সবসময় নষ্ট হয়ে যায় তা নয়। যেমন *E.*



চিত্র নং 16.9 ঃ ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধির তাপমাত্রা অনুযায়ী শ্রেণীবিন্যাস।

coli কে 30ºC তাপমাত্রায় বেশ কিছুক্ষণ বাড়তে দিয়ে হঠাৎ করে 42ºC তাপমাত্রায় স্থানান্তরিত করা হলে কোশের শারীরবৃত্তীয় প্রক্রিয়ায় একটি অভিঘাত বা Shock লাগে। এই অভিঘাত জনিত ক্ষতি থেকে নিজেকে রক্ষা করার জন্য ব্যাকটেরিয়া অভিঘাত জাত (heat shock) প্রোটিন (hsp) তৈরী করে। এই প্রোটিনের কাজ হল যেসব উৎসেচক উচ্চ তাপমাত্রায় নষ্ট হয়েছে তাদের পুনরায় কার্যকরী করা এবং যেগুলি সম্পূর্ণভাবে নষ্ট হয়েছে তাদের সরিয়ে ফেলা। এর ফলে কোশ পর্দা থেকে শুরু করে DNA পর্যন্ত প্রতিটি অংশে অভিঘাতজনিত ক্ষতি ব্যাকটেরিয়া প্রতিরোধ করতে পারে। তবে এই প্রোটিনের কার্যক্ষমতাও সীমাবদ্ধ। তাপমাত্রা বৃদ্ধির হার অত্যধিক হলে অভিঘাতজনিত ক্ষতি ব্যাপক, ফলে সেক্ষেত্রে ব্যাকটেরিয়া কার্যকরী থাকতে পারে না।

উচ্চতাপমাত্রায় অভিযোজন ঃ ব্যকটেরিয়া তাপসহনশীলতার মূল কারণ এর কোশপর্দার অভিযোজন। কোশপর্দায় সম্পৃক্ত (saturated) বনাম অসম্পৃক্ত (unsaturated) ফ্যাটি অ্যাসিডের অনুপাত 1 : 4 থেকে 4 : 1 হওয়া সম্ভব। যারা তাপপ্রেমী তাদের কোশপর্দায় সম্পৃক্ত ফ্যাটি অ্যাসিড এতটাই বেশী থাকে যে অধিক তাপে কোশপর্দা গলে (melt) যায় না। অপরপক্ষে শৈত্যপ্রেমী ব্যাকটেরিয়াতে অসম্পৃক্ত ফ্যাটি অ্যাসিড বেশি হবার দরুণ কোশপর্দা সম্পূর্ণভাবে জমে যেতে (gelling) পারে না। তার কার্যকারিতা বজায় রাখে।

16.10.2 অক্সিজেন (Oxygen)

অণুজীবদের অক্সিজেনের প্রয়োজনীয়তার উপর ভিত্তি করে 4 ভাগে ভাগ করা যায়।

(i) যে সকল অণুজীবের বৃদ্ধির জন্য অক্সিজেন একান্ত প্রয়োজন তাদেরকে বায়ুজীবী বা Aerobes বলে। উদাহরণ ঃ *Bacillus* sp.

(ii) কিছু অণুজীব আছে যাদের কম অক্সিজেনে (বায়ুতে আনুপাতিক 5% এরও কম O_2) ভাল বৃদ্ধি হয়। তাদেরকে অণুবায়ুজীবী বা (microaerophilics) বলে। অক্সিজেনের পরিমাণ বৃদ্ধি পেলে এদের বৃদ্ধি বাধাপ্রাপ্ত হয়। এর উল্টোদিকে আছে এমন কিছু অণুজীব যারা 5 থেকে 10% কার্বন ডাই অক্সাইডে ভালভাবে বৃদ্ধি পায়। তাদেরকে ক্যাপনোফিলস্ (Capnophiles) বলে। অণুবায়ুজীবির উদাহরণ হল *Spirillum* sp.।

(iii) আংশিকভাবে-অবায়ুজীবী বা Facultative anaerobes বলতে বোঝায় সেইসমস্ত জীবাণুকে যারা অক্সিজেনের উপস্থিতিতে এবং অনুপস্থিতিতে জন্মাতে পারে। যেমন *Streptococcus*।

(iv) অবায়ুজীবী বা Anaerobes হল সেই সব অণুজীব যারা অক্সিজেনে ব্যতিরেকে জন্মায়। এরা আবার দুইরকম হয় (a) অক্সিজেন সহনকারী বা Aerotolerant অর্থাৎ বৃদ্ধি মাধমে O_2 এর উপস্থিতি এদের মৃত্যুর কারণ হয় না। যেমন, *Streptococcus* sp. এবং (b) কঠোরভাবে অবায়ুজীবী বা Strict Anaerobes যারা O_2 এর উপস্থিতি সহ্যই করতে পারে না এবং O_2 এদের পক্ষে বিনাশকারী। যেমন, *Methanobacterium*।

কোশের অক্সিজেন সহনশীলতা :

অক্সিজেন ($O_2^{\cdot}$) সাধারণভাবে কিন্তু কোশের পক্ষে মারাত্মক হানিকারক। O_2 ইলেকট্রন গ্রহণ করে $O_2^{\cdot-}$ (Superoxide) H_2O_2 (hydrogen peroxide) এবং $OH^{\cdot}$ (hydroxyl ion) গঠন করতে পারে।

$O_2 + e^- \longrightarrow O_2^{\cdot-}$ (সুপার অক্সাইড)

$O_2 + e^- + 2H^+ \longrightarrow H_2O_2$ (হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড)

$H_2O_2 + e^- + H^+ \longrightarrow H_2O + OH^{\cdot}$ (হাইড্রোক্সিল আয়ন)

এই তিনটি বস্তুই কোশের পক্ষে হানিকর (toxic) কেন না এরা যে কোন কোশীয় পদার্থকে (এমনকি DNA কেন্দ্র) জারিত করে দিতে পারে। তাই অক্সিজেনের উপস্থিতিতে বাঁচবার উপযোগী অভিযোজন সবাতজীবী কোশের থাকা দরকার। এই জন্য তিনটি উৎসেচক খুব উপযোগী। এরা হল সুপারঅক্সাইড ডিসমিউটেজ (Superoxide dismutase বা SOD), ক্যাটালেজ (Catalase) ও পারঅক্সিডেজ (Peroxidase)। এরা সুপারঅক্সাইড ও H_2O_2 কে বিনষ্ট করে দেয়।

$$2O_2^{\cdot-} + 2H^+ \xrightarrow{\text{SOD}} O_2 + H_2O_2 \;.... \text{(i)}$$

$$2H_2O_2 \xrightarrow{\text{Catalase}} 2H_2O + O_2 \;..... \text{(ii)}$$

$$H_2O_2 + NADH + H^+ \xrightarrow{\text{Peroxidase}} 2H_2O + NAD^-$$

এইভাবে ক্ষতিকারক অক্সিজেন মূলককে কার্যকরী অক্সিজেন O_2 তে রূপান্তরিত করে কোশ অক্সিজেন বিষক্রিয়াকে প্রশমিত করে।

16.10.3 জলের প্রভাব (Effect of Water)

যে কোন কোশের বেঁচে থাকার ও বৃদ্ধির জন্য জলের প্রয়োজন। কোশে প্রায় 80 থেকে 90 শতাংশ জল থাকে কারণ এটি একান্ত প্রয়োজনীয় দ্রাবক (slovent) যাতে কোশের সবকিছুই হয় দ্রবীভূত অথবা নিলম্বিত (suspended) থাকে। জলের কার্যকারিতা বজায় আছে কিনা তা মাপার একটি সূচক আছে (water index)। বিশুদ্ধ জল এবং দ্রবণের কার্যকারিতা এক হওয়া সম্ভব নয়। সুতরাং বিশুদ্ধ জলে ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধি হার আর দ্রবণে বৃদ্ধির হার এক হতে পারে না। জলের কার্যকারিতার এই সূচককে বলে Water activity বা Aw। কোন জলীয় দ্রবণের Aw মাপা হয় বিশুদ্ধ জলের জলীয় বাষ্পচাপ (vapour pressure) এর সাপেক্ষে। $Aw = \frac{\text{দ্রবণের বাষ্পচাপ}}{\text{বিশুদ্ধ জলের বাষ্পচাপ}}$। বিশুদ্ধ জলের Aw কে একক ধরে নেওয়া হয় (Aw = 1.0)। জলে অন্যকিছু দ্রবীভূত থাকলেই Aw কমে যায়। দ্রাবের পরিমাণ যত বেশী জলের Aw ততই কম হয়। সাধারণ লবণের সম্পৃক্ত দ্রবণের Aw হল 0.8, সমুদ্রের জলের Aw = 0.98। যে দ্রবণের Aw 0.9 তাতেও ব্যাকটেরিয়া জন্মাতে পারে তার কম হলে আর সাধারণ ব্যাকটেরিয়া বাঁচতে পারে না। এদিক থেকে ছত্রাক গোষ্ঠী অনেক বেশী পারঙ্গম। বেশ কিছু ইষ্ট আছে যারা Aw 0.6 এও জন্মাতে পারে। চিনির সম্পৃক্ত দ্রবণের Aw হল 0.6। তবে কিছু ব্যাকটেরিয়া আছে যারা অনেক ঘন দ্রবণে জন্মায়।

জলে যত বেশী দ্রাব মিশে থাকে ততই তার অভিস্রবণীয় চাপ (Osmotic pressure) বেশী। যে সব অণুজীব বেশী ঘন দ্রবণে জন্মাতে পারে তাদের অভিস্রবণ চাপ সহনকারী বা **অসমোটলারেন্ট** (Osmotolerant) বলে। নীচের তালিকায় এরকম কিছু ব্যাকটেরিয়ার নাম তাদের বৃদ্ধিমাধ্যমের Aw জানানো হল।

সারণি-16.3 : জলসাম্যের (Aw) পরিপ্রেক্ষিতে ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধি

Aw	বৃদ্ধি মাধ্যম	জীবাণুর নাম
0.9	রক্ত	*Streptococcus*
0.98	সমুদ্রজল	*Pseudomonas, Vibrio*
0.95	রুটি	অধিকাংশ Gram + ব্যাকটেরিয়া
0.9	চিনির পাতলা দ্রবণ	Gram-ve-coccus জাতীয় জীবাণু
0.75	অতি লবণাক্ত জল	*Halobacterium*

অতিরিক্ত ঘন লবণাক্ত জলের অভিস্রবণীয় চাপ অত্যন্ত বেশী। সাধারণ ব্যাকটেরিয়া বা কোশ এই অতিসারক দ্রবণে তীব্র অভিঘাতে আক্রান্ত হয়। কিন্তু লবণাক্ত সমুদ্রজলে (লবণমাত্রা 3%) যে সমস্ত ব্যাকটেরিয়া জন্মায় তারা এই অভিঘাত সহ্য করতে পারে। এদের বলে Halophilic বা লবণপ্রেমী ব্যাকটেরিয়া। *Halobacterium* 25% এর বেশী লবণমাত্রা সহ্য করতে পারে এবং এদের বলে extreme halophiles।

16.10.4 চাপ (Pressure)

জল যত গভীর হয় ততই চাপ বাড়ে। প্রতি 10 মিটার গভীর জলের চাপ এক বায়ুমণ্ডল চাপের সমান। যে সকল অণুজীব গভীরতম সমুদ্রে বাস করে তাদেরকে যে চাপ সহ্য করতে হয় তা বায়ুমণ্ডলের চাপের প্রায় 200 গুণ। যে

সকল অণুজীব এত চাপ সহ্য করতে পারে তাদরকে **ব্যারোটলারেন্ট** (barotolerant) বলে। কিছু ব্যাকটেরিয়া যারা সমুদ্রের গভীরে জন্মায় (4000 গুণ বায়ুচাপ) তারা উপরিতলের হালকা চাপে জন্মাতেই অক্ষম। এদের স্বাভাবিকভাবে **চাপপ্রেমী** বা **barophilic** জীবাণু বলে।

16.10.5 অম্লতা (Effect of acid and pH)

pH বলতে বোঝায় কোন দ্রবণে H^+(hydrogen ion = হাইড্রোজেন আয়ন) এর পরিমাণ। প্রশমিত (neutral) জলের pH 7.0, অম্লতা বাড়ার সাথে সাথে pH কমে যায় আর ক্ষারত্ব বাড়লে pH বেড়ে যায়। যেমন N হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের (Hydrochloric acid) এর pH 0 (শূন্য) এবং N সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড (Sodium hydroxide) এর pH 14.0। অধিকাংশ ব্যাকটেরিয়া pH 7.0 এর কাছাকাছি pH এ ভাল জন্মায় এদের বলে **নিউট্রালোফিলস্** (neutralophiles)। কিছু ব্যাকটেরিয়া আছে যারা ক্ষার pH ভালবাসে তাদের **অ্যালক্যালিফিলস্** (alkalipheles) বলে। আবার এমন কিছু ব্যাকটেরিয়া আছে যারা অম্লতা ভালবাসে। তাদের বলে **অ্যাসিডোফিলস**। কিছু ব্যাকটেরিয়ার নাম ও যে pH এ জন্মায় তার তালিকা দেওয়া হল। তবে অম্ল বা ক্ষারপ্রেমী যাই হোক না কেন ব্যাকটেরিয়ার কোশাভ্যন্তরের pH সর্বদা 7.0 এর কাছাকাছি থাকে। কেন না এই প্রশম pH এ উৎসেচক সমূহ ক্রিয়াশীল থাকে। সুতরাং কোশের অন্তঃস্থ H^+ আয়ন নিয়ন্ত্রণের উপায় অম্লজীবী বা ক্ষারজীবী ব্যাকটেরিয়ার আছে।

সারণি-16.4 : ব্যাকটেরিয়ার pH চাহিদা

ব্যাকটেরিয়া	pH
Thiobacillus thiooxidans	2.0-2.8
Lactobacillus acidophilus	5.4-6.6
Escherichia coli	6.0-7.0
Nitrobacter sp.	6.6-8.6
Nitrosomonas sp.	8.0-8.8

16.10.6 আলো (Effect of light) ঃ

সালোকসংশ্লেষকারী ব্যাকটেরিযার আলো একান্ত প্রয়োজন। আলোর একটি বিশেষ তরঙ্গ দৈর্ঘ্যে সালোকসংশ্লেষের আদর্শ হার বজায় থাকে। তাই সালোকসংশ্লেষকারী ব্যাকটেরিয়া বিশেষ উপায় অবলম্বন করে আলোর দিকে যাওয়ার জন্য। একে আলোক অনুকূলবর্তী চলন বা Phototaxis বলে। যে সকল সালোকসংশ্লেষকারী ব্যাকটেরিয়ার ফ্ল্যাজেলা থাকে তাদের ফ্ল্যাজেলার গতিবিধি আলোর তীব্রতার পরিবর্তনের সাথে সাথে নিয়ন্ত্রিত হয়। সাধারণভাবে বর্ণালীর লাল অংশের আলো ব্যাকটেরিয়ার ক্লোরোফিলকে উত্তেজিত করতে পারে। ফলে এই তরঙ্গদৈর্ঘ্যের (670-700nm) আলো সালোকসংশ্লেষের পক্ষে সহায়ক। তীব্র আলো বা অতি বেগুনী রশ্মি কোশের প্রোটিন ও DNA নষ্ট করতে পারে। এর থেকে রক্ষা পেতে ব্যাকটেরিয়া ক্যারোটিনয়েড রঞ্জক (carotenoid pigment)পদার্থ তৈরী করে। এই রঞ্জক

পদার্থ ক্ষতিকারক আলোক তরঙ্গ শোষণ করে বা আলোর তীব্রতাকে নষ্ট করে যাতে কোশের কোন ক্ষতি হয় না।

অধিকাংশ আলোকসংবেদী ব্যাকটেরিয়া জলে থাকে এবং আলোর নির্দিষ্ট তীব্রতাকে কাজে লাগাবার উদ্দেশ্য এরা কোশে গ্যাস গহ্বর (gas vasicles) তৈরী করে। গ্যাস গহ্বরে সঞ্চিত গ্যাস কম বা বেশী করে এই সমস্ত ব্যাকটেরিয়া জলে উপরের দিকে বা নীচের দিকে চলে যেতে পারে। যখন আলোর তীব্রতা কমে আসে তখন গ্যাস গহ্বর বেশী গ্যাস জমা করে ভেসে উপরের দিকে উঠে আসে। আর যখন আলোর তীব্রতা বেশী তখন গ্যাস গহ্বর থেকে গ্যাস বের করে দেয় ফলে জলের তলায় চলে যায় যাতে অনুকূল তীব্রতায় থাকতে পারে (চিত্র 16.10)।

16.11 ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধি নিয়ন্ত্রণ (Bacterial Growth Control)

অণুজীবের বৃদ্ধি স্বাভাবিক পরিস্থিতিতে নিয়ন্ত্রিত হয় পুষ্টির অভাবে। তবে যেহেতু তারা নানা রকম রোগ এবং সংক্রমণের জন্য দায়ী যেহেতু বৃদ্ধি নিয়ন্ত্রক কৌশলগুলি আয়ত্ত্বে থাকা দরকার জীবাণুঘটিত ক্ষতির হাত থেকে বাঁচতে। জীবাণুর বৃদ্ধি নিয়ন্ত্রণ নীতিগতভাবে দু'ভাবে করা যায়—জীবাণুনাশক (Microbiocidal) এবং জীবাণু বৃদ্ধি অবদমক (Microbiostatic)। যে পদ্ধতিতে কোন উপাদান সম্পূর্ণভাবে জীবাণুমুক্ত করা হয় তাকে বলে **নির্বীজকরণ** (Sterilization)। যে পদ্ধতিতে অজৈব আধারকে সংক্রামক জীবাণুমুক্ত করা হয় তাকে বলে **জীবাণুমুক্তকরণ** (Disinfection)। যে পদ্ধতিতে জৈব আধারকে জীবাণুমুক্ত করা হয় তাকে বলে স্যানিটাইজেশন (Sanitization)। এই কাজে ব্যবহৃত জীবাণুনাশক পদার্থকে বলে **অ্যান্টিসেপটিক** (Antiseptic)। 70% ইথাইল অ্যালকোহল হল এইরূপ একটি অ্যান্টিসেপটিক।

ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধ নিয়ন্ত্রণে যে পদার্থগুলি ব্যবহার করা হয় তাদের প্রধানতঃ দুই ভাগে ভাগ করা যায় : (i) ভৌত পদ্ধতি, (ii) রাসায়নিক পদ্ধতি।

16.11.1 ভৌত পদ্ধতি (Physical methods) :

তাপ, বিকিরণ ও পরিস্রাবন হল মূল ভৌত পদ্ধতি যার সাহায্যে জীবাণুর বৃদ্ধি নিয়ন্ত্রণ করা সম্ভব :

A. **তাপ** (heat) : ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধির অন্যতম শর্ত হল সুনির্দিষ্ট তাপমাত্রা। সর্বোচ্চ তাপ সহ্যসীমার উপরে কোন তাপমাত্রায় জীবাণু বাঁচে না। দুইভাবে তাপ প্রয়োগে বৃদ্ধি নিয়ন্ত্রণ করা যায়—শুষ্ক তাপ (dry heat) এবং আর্দ্র তাপ (wet heat)। শুষ্ক তাপের উদাহরণ হল :

(i) **দহন** (Incineration) বা Hot air-oven এর ব্যবহার। আর্দ্র তাপের উদাহরণ হল **স্ফুটন** (boiling) এবং **অটোক্লেভ** (Autoclave) নামক যন্ত্রে নির্বীজকরণ। স্ফুটনে 100°C তাপমাত্রায় ব্যাকটেরিয়ার দেহকোশ ধ্বংস হলেও কিছু কিছু ব্যাকটেরিয়ার যেমন, (clostridisum) অন্তঃরেণু সজীব থাকে। তাই 100°C তাপমাত্রায় অন্ততঃ 30 মিনিট স্ফুটনের প্রয়োজন। অটোক্লেভ নামক যন্ত্রে 15 Atm চাপে 15 মিনিট ফোটালে যে কোন আধার সম্পূর্ণ জীবাণুমুক্ত হয় কেন না উচ্চচাপে জলের স্ফুটনাঙ্ক হয় 121°C এবং এই জল নির্গত জলীয় বাষ্পের প্রভাবে উপাদানগুলি জীবাণুমুক্ত হয়। এছাড়া **পরিস্রাবন** (Filtration) এর মাধ্যমে তরল পদার্থ জীবাণুমুক্ত হয়। তবে সাধারণ ফিল্টার-পেপার এই কাজে সমর্থ নয় কেন না সেগুলির ছিদ্র ব্যাকটেরিয়ার আকার অপেক্ষা বড় তাই ছাঁকনির কাজ করতে পারে না। এজন্য বিশেষ ফিল্টার, যেমন, মেমব্রেন ফিল্টার (membrane filter) ব্যবহার করা হয়। এর ছিদ্রের ব্যাস 0.2 μm হয়, যা অধিকাংশ ব্যাকটেরিয়ার জন্য ছাঁকনির কাজ করতে পারে।

পাস্তুরীভবন (Pasteurization) : দুধ অতি উচ্চ তাপমাত্রায় নির্বীজকরণে তার পুষ্টিগুণ হারায়। তাই যে তাপমাত্রায় এবং যে কৌশলে দুধকে কেবল সংক্রামক জীবাণুমুক্ত করা হয়, কিন্তু পুষ্টিগুণ নষ্ট হয় না তাকে বলে পাস্তুরীভবন। লুই পাস্তুর প্রথম দেখান যে 62.8°C তাপমাত্রায় 30 মিনিট রাখলে দুধ সংক্রামক জীবাণুমুক্ত হয়। আধুনিককালে 141°C তাপমাত্রায় 1.5 সেকেন্ড রেখে দুধ জীবাণুমুক্ত করা হয়। একে বলে Flash বা UHT (Ultra High Tempeature) পদ্ধতি।

(ii) **বিকিরণ** (Radiation) : UV রশ্মি ও γ (Gamma) রশ্মির ব্যবহারে জীবাণুমুক্ত করা হয় সেইসব পদার্থ যেগুলি তাপ ও রাসায়নিক পদার্থের প্রতি সংবেদনশীল। যেমন ইনজেকশন সিরিঞ্জ, প্লাস্টিক দ্রব্যাদি। UV রশ্মি দ্বারা অপারেশন থিটেয়ার, গবেষণাগার ইত্যাদি জীবাণুমুক্ত রাখা হয়।

16.11.2 রাসায়নিক পদ্ধতি (Chemical Methods) :

বহু রাসায়নিক পদার্থ সফলভাবে এই কাজে ব্যবহৃত হয়। প্রধান প্রধান রাসায়নিকগুলিকে কয়েকটি ভাগে ভাগ করা যায়, যেমন, অ্যালকোহল, অ্যালডিহাইড, হ্যালোজেন, ফেনল, জৈব অ্যাসিড ও ধাতুঘটিত লবণ।

(i) **অ্যালকোহল :** 70% ইথানল, আইসো-প্রোপানল অথবা 2% বেনজাইল অ্যালকোহল জীবাণু ধ্বংসের কাজে ব্যবহৃত হয়। এদের উপস্থিতিতে প্রোটিন ও লিপিডের কার্যকারিতা ব্যাহত হয় বলে কোশের কোশপর্দা সক্রিয়তা হারায়।

(ii) **অ্যালডিহাইড :** 2% গ্লুটার্যালডিহাইড ধোঁয়া হিসাবে (Fumigation) ব্যবহার করে অপারেশন থিয়েটার জীবাণুমুক্ত করা হয়।

(iii) **হ্যালোজেন :** ক্লোরিন, আয়োডিন ইত্যাদি কোশীয় পদার্থের জারক (oxidant) হিসাবে কাজ করে বলে কার্যকরী। জল জীবাণুমুক্তকরণে ক্লোরিন ব্যবহৃত হয়।

(iv) **ফেনল :** প্রোটিন ও কোশপর্দা বিনষ্ট করে। এটি জীবাণুনাশক হিসাবে ঘরের মেঝে বা কাপড়-চোপড় জীবাণুমুক্ত করতে কাজে লাগে।

(v) **জৈব অ্যাসিড :** বেনজোয়িক অ্যাসিড, সরবিক অ্যাসিড, বেনজোয়িক অ্যাসিড (benzoic acid) ইত্যাদি ব্যবহৃত হয় মূলতঃ সংরক্ষণকারী যৌগ (Preservative) হিসাবে।

(vi) **Ag, Cu** ইত্যাদি ধাতুর লবণ সক্রিয়ভাবে জীবাণুনাশক হিসাবে কাজ করে।

■ অনুশীলনী - 4

1. ডানদিকের বিষয়গুলির সঙ্গে বামদিকের ধর্মগুলিকে সঠিকভাবে মেলান ঃ

(i)	থারমোফিলিক ব্যাকটেরিয়া	(a)	যে অবায়ুজীবির O_2 উপস্থিতিতে মৃত্যু ঘটে না।
(ii)	সাইক্রোফিলিক ব্যাকটেরিয়া	(b)	সমুদ্রজলে জন্মায়।
(iii)	অণুবায়ুজীবি	(c)	40ºC এর উর্দ্ধে বৃদ্ধির আদর্শ হার বজায় রাখা।
(iv)	অক্সিজেন সহনকারী	(d)	বেঁচে থাকার জন্য 5% বা তার কম O_2 লাগে।
(v)	হ্যালোফিলিক ব্যাকটেরিয়া	(e)	20ºC এর নীচে বৃদ্ধির আদর্শ হার বজায় রাখে।

2. নীচের ধর্মগুলি যে যে ব্যাকটেরিয়ার আছে পাশের শূন্যস্থানে তাদের উদাহরণ দিন ঃ

(i) অ্যাসিডোফিলিক ব্যাকটেরিয়া ________।

(ii) extreme halophiles ________।

(iii) কঠোরভাবে অবায়ুজীবী ________।

(iv) ক্যাপনোফিলিক ব্যাকটেরিয়া ________।

(v) আংশিকভাবে অবায়ুজীবী ________।

3. **পাস্তরীভবন কাকে বলে? এর ব্যবহারিক প্রয়োগ কি?**

16.12 সারাংশ (Summary)

ব্যাকটোরিয়ার বৃদ্ধি ও বংশবৃদ্ধি একইসাথে চলে তাই এই দুটিকে আলাদা করে ব্যাখ্যা করা যায় না। এদের বৃদ্ধি বলতে বোঝায় একটি কোশ থেকে দুটি কোশ হওয়ার জন্য যাবতীয় যৌগ জমা করা বা তৈরী করা এবং জমা হওয়ার সাথে সাথেই একটি কোশ থেকে দুটি কোশ তৈরী হয়ে গিয়ে বংশবিস্তার ঘটে। এদের এই বংশবৃদ্ধির পদ্ধতিকে দ্বি-বিভাজন বলে। দ্বি-বিভাজন পদ্ধতিতে একটি ব্যাকটেরিয়া থেকে দুটি ব্যাকটেরিয়া হতে যে সময় লাগে তাকে ব্যাকটেরিয়া উৎপানকাল বা জেনারেশন্ টাইম বলে। বিভিন্ন ব্যাকটেরিয়ার ক্ষেত্রে এই সময়কাল বিভিন্ন। ব্যাকটেরিয়াকে কোন কৃষ্টি মাধ্যমে বৃদ্ধি করানো শুরু করলে দেখা যায় যে বৃদ্ধির প্রথম পর্যায়ে বৃদ্ধি ঋণাত্মক। তারপর একসময়ে দ্রুত বৃদ্ধি চলতে থাকে লগ হারে যতক্ষণ না পর্যন্ত খাদ্য শেষ হয়। খাদ্য শেষ হলেই বৃদ্ধি বন্ধ হয়ে যায় (স্থির পর্যায়) এবং আস্তে আস্তে ব্যাকটেরিয়ার মৃত্যু হতে থাকে (মৃত্যু পর্যায়)। ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধি শুরু থেকে শেষ পর্যায় পর্যন্ত চার ভাগে ভাগ করা যায়। এই পর্যায়গুলি হল (1) ল্যাগ পর্যায়, (2) লগ পর্যায় (দ্রুত বৃদ্ধির পর্যায়) (3) স্থায়ী পর্যায় ও (4) মৃত্যু পর্যায়। এই পর্যায়গুলির প্রতিটির বিশেষ বৈশিষ্ট্য আছে।

এমন ব্যবস্থা যদি করা যায় যে ব্যাকটেরিয়া বৃদ্ধির জন্য উপযুক্ত পরিবেশ সকল সময় বজায় থাকবে তাহলে ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধি তথা বিভাজন অবিরাম ভাবে চলতে থাকে। এই পদ্ধতিতে ব্যাকটেরিয়া জন্মানো হয় বাণিজ্যিক প্রয়োজনে। যেমন ব্যাকটেরিয়া দ্বারা ভিনিগার তৈরীর কারখানায় সর্বদা লগ পর্যায়েই ব্যাকটেরিয়া প্রয়োজন হলে এই ব্যবস্থা করা হয়। প্রকৃতির সাথে সামঞ্জস্য বজায় রেখে চলতে বিভিন্ন ব্যাকটেরিয়া বিভিন্ন উপায় অবলম্বন করে— এগুলি হল বৃদ্ধির শর্ত। ব্যাকটেরিয়াদের মধ্যে যারা অক্সিজেনের ব্যতিরেকে জন্মাতে পারে তারা হল অবায়ুজীবী আর এর বিপরীতধর্মী হল বায়ুজীবিতা। উষ্ণতার প্রভাব বৃদ্ধির উপর উল্লেখযোগ্য। কিছু ব্যাকটেরিয়া উষ্ণতাপ্রেমী আবার কিছু প্রচণ্ডভাবে শৈত্যপ্রেমী। অনুপযুক্ত পরিবেশ থেকে নিজেদের রক্ষা করার জন্য বিভিন্ন ব্যাকটেরিয়া, নানান উপায় অবলম্বন করে। সুতরাং সংক্ষেপে বলা যায় যে ব্যাকটিরিয়া যেমন বৈচিত্রময় তেমনই বিচিত্র এদের জীবনধারণের উপায়।

16.13 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী (Terminal Questions)

1. একটি আদর্শ ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধির লেখচিত্র অঙ্কন করে বৃদ্ধির বিভিন্ন পর্যায়গুলির বৈশিষ্ট্য সম্পর্কে যা জানেন লিখুন।

2. বৃদ্ধির শর্তগুলি কী কী? শর্তগুলি কীভাবে বৃদ্ধিকে প্রভাবিত করে তা বুঝিয়ে বলুন।

3. **টীকা লিখুন ঃ**

(i) দ্বিবিভাজন, (ii) জেনারেশন টাইম নির্ণয়, (iii) প্রকৃতিতে ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধি নিয়ন্ত্রক পদ্ধতি, (iv) সিনক্রোনাস কালচার, (v) কেমোস্ট্যাট।

4. জীবাণু নিয়ন্ত্রণে ভৌত পদ্ধতিগুলি কিভাবে কাজ করে?

5. জীবাণুর বৃদ্ধি নিয়ন্ত্রণে ব্যবহৃত মুখ্য রাসায়নিক পদার্থগুলি সম্পর্কে লিখুন।

16.14 উত্তরমালা (Answers)

অনুশীলনী -1

1. (i) যে পদ্ধতিতে একটি ব্যাকটেরিয়ার মাতৃকোষে দ্বিবিভাজিত হয়ে দুটি অপত্য কোশের সৃষ্টি করে তাকে বলে দ্বি-বিভাজন।

   (ii) বৃদ্ধির লগ পর্যায়ে ব্যাকটেরিয়া সংখ্যা নির্দিষ্ট একক সময়ের অন্তরে দ্বিগুণ হয়ে যায়। একে বলে বৃদ্ধির গুণোত্তর প্রগতি।

   (iii) একটি ব্যাকটেরিয়া দ্বি-বিভাজিত হয়ে দুটি অপত্য সৃষ্টির জন্য যে সময় দরকার তাকে বলে জেনারেশন টাইম।

   (iv) ব্যাকটেরিয়ার কোশ বিভাজনের জন্য প্রস্তুতিকালীন দশায় DNA, RNA প্রোটিন ইত্যাদির মতো বৃহদাণু সংশ্লেষিত করে। একে বলে ব্যাকটেরিয়ার কোশীয় বৃদ্ধি।

2. আমরা জানি, জেনারেশন টাইম $g = {}^{t}/_{n}$

   আবার, $n = \dfrac{\log N - \log N_0}{\log 2}$

   মান বসিয়ে পাই, $n = \dfrac{\log 800 - \log 50}{0.301} = \dfrac{2.90 - 1.69}{0.301} = \dfrac{1.21}{0.301} = 4.01\ (= 4)$

   t =4 ঘণ্টা

   $g = {}^{t}/_{n}$ অথবা মান বসিয়ে $g = {}^{4}/_{4} = 1$ ঘণ্টা

অনুশীলনী -2

1. (i) ল্যাগ পর্যায়, (ii) ঋণাত্মক, (iii) ক্রমাবর্ত তরলীকরণ, (iv) 20 মিনিট, (v) লগ পর্যায়।

2. (i) ______(c); (ii) ______(a); (iii) ______(b); (iv) ______(d)

অনুশীলনী -3

1. (i) না; (ii) না; (iii) হ্যাঁ; (iv) হ্যাঁ; (v) হ্যাঁ

2. (i) ______(b); (ii) ______(d); (iii) ______(a); (iv) ______(c)

অনুশীলনী -4

1. (i) ______(c); (ii) ______(e); (iii) ______(d); (iv) ______(a); (v) ______(b)
2. (i) *Thiobacillus thiooxidans*
   (ii) *Halobacterium*
   (iii) *Methanobacterium*
   (iv) *Spirillum* sp.
   (v) *Streptococcus*
3. 16.11 অংশ দেখে উত্তর দিন।

সর্বশেষ প্রশ্নাবলী ঃ

1. বৃদ্ধির লেখচিত্র (চিত্র 16.3) এঁকে বিভিন্ন পর্যায়ে কী কী ঘটনা ঘটে তা লিখুন। উত্তর হবে সংক্ষিপ্ত ও বিষয়মুখী; যেমন,

   ল্যাগ পর্যায় ঃ কোন কৃষ্টির মাধ্যমে কোন ব্যাকটেরিয়ার মিশ্রণকে স্থানান্তরিত করলে প্রথমাবস্থায় কোন সদর্থক বৃদ্ধি দেখা যায় না। একে বলে ল্যাগ পর্যায়। এই পর্যায়ে বৃদ্ধির একটি ঋণাত্মক হার পরিলক্ষিত হয় কেন না কোশের সংখ্যাবৃদ্ধি না ঘটলেও কিছু কোশের মৃত্যু হয়। এই পর্যায়ে কোশ বিভাজন হয় না বটে কিন্তু কোশের DNA, RNA বা প্রোটিনের মত বৃহদাণু সংশ্লেষের হার দ্বিগুণ মাত্রায় বৃদ্ধি পায়।

   এইভাবে বাকী পর্যায়গুলি সম্পর্কেও লিখুন।

2. বৃদ্ধির শর্তগুলি সম্পর্কে দীর্ঘ আলোচনা করা হয়েছে।উত্তর লেখার সময় এই আলোচনাকে সংক্ষিপ্তরূপে উপস্থাপিত করতে হবে। 16.10.2 অংশাঙ্কিত আলোচনায় অক্সিজেনের প্রভাব যেভাবে উপস্থাপিত হয়েছে সেটিকে আদর্শ বিবেচনা করে উত্তর লিখুন। প্রতিটি ক্ষেত্রে, সম্ভব হলে, উদাহরণ দিন।

3. টীকা লিখতে হবে যেখানে সম্ভব চিত্র অঙ্কন করে।

   (i) দ্বিবিভাজন পদ্ধতি 16.4 অংশে আলোচিত, চিত্র 16.1 (ক) আবশ্যক।

   (ii) কেবলমাত্র গাণিতিক পদ্ধতিতে নির্ণয়ের সমীকরণটি বুঝিয়ে দিতে হবে (16.5.1) কোন উদাহরণ দরকার নেই।

   (iii) 16.9 অংশে আলোচিত

   (iv) 16.8 অংশে আলোচিত

   (v) 16.7 অংশে আলোচিত (চিত্ররূপ আবশ্যক)

4. 16.11 অংশ দেখুন। ভৌত পদ্ধতি হল তাপের প্রয়োগ ও বিকিরণের প্রয়োগ। সংক্ষেপে সেগুলি সম্পর্কে আলোচনা করুন।

5. 16.11 অংশে আলোচিত ফেনল, হ্যালোজেন, অ্যালকোহল ও অ্যাসিডের ব্যবহার সম্পর্কে লিখুন।

একক 17 ❑ ব্যাকটেরিয়ার জীনগত পুনঃসংযুক্তি – I (Genetic Recombination in Bacteria)

গঠন

17.1 উদ্দেশ্য

17.2 প্রস্তাবনা

17.3 ব্যাকটেরিয়ার জীনগত পুনঃসংযুক্তি

17.4 কনজুগেশন

17.4.1 F+ × F– সংশ্লেষ

17.4.2 Hfr দাতা

17.4.3 সংশ্লেষে **Hfr** দাতার ভূমিকা

17.4.4 F′ দাতা

17.5 সারাংশ

17.6 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

17.7 উত্তরমালা

17.1 উদ্দেশ্য

এই এককটি পাঠ করে আপনি নিম্নলিখিত বিষয়গুলি সম্পর্কে ধারণা করতে পারবেন—

- ব্যাকটেরিয়ার জীনগত পুনঃসংযোগের পদ্ধতিগুলি কী কী?
- কনজুগেশন বা সংশ্লেষ কীভাবে ঘটে?
- ট্রান্সফরমেশন কী?
- ট্রান্সডাকশান বলতে আমরা কী বুঝি?

17.2 প্রস্তাবনা (Introduction)

ব্যাকটেরিয়ার মধ্যে কোনরূপ যৌন জনন দেখা যায় না। গ্যামেট উৎপাদনের মধ্য দিয়ে সাধিত তথাকথিত যৌন জনন ব্যাকটেরিয়ায় অনুপস্থিত। যৌন জননের উদ্দেশ্য হল জীবজগতে প্রকরণের আনয়ন। গ্যামেট উৎপাদনকালে ক্রসিংওভারের ফলে ক্রোমোজোমগুলির মধ্যে যে খণ্ড বিনিময় হয় তা অপত্য কোশকে এমন এক ধরনের বৈশিষ্ট্য দান করে যা হুবহু তার মাতৃ কোশের মত নয়। একইভাবে দুটি হ্যাপ্লয়েড (n) মাতৃ কোশের মিলনে যে ডিপ্লয়েড

(2n) জাইগোট তৈরী হয় তার মধ্যে জীনগত পুর্নবিন্যাস ঘটে যাবার দরুণ সেটি হুবহু মাতৃ বা পিতৃকোশের অনুলিপি নয়, কিছুটা ভিন্ন। এই ভিন্নতা জীবজগতে বৈচিত্রের চাবিকাঠি। এর ফলেই বিবর্তনের ধারা বহমান। ব্যাকটেরিয়ার ক্ষেত্রে মিওসিস হয় না ফলে ক্রসিং ওভার হবার প্রশ্নই নেই। যৌন জনন হয় না—ফলে জাইগোট তৈরীর কথা নয়, কিন্তু বিবর্তনের ধারায় এরা সফলভাবে নিজেদের প্রতিষ্ঠিত করতে পেরেছে। জীনগত পুনঃসংযুক্তি ছাড়া এটা হওয়া প্রায় অসম্ভব। তাই যৌন জনন না থাকলেও ব্যাকটেরিয়ার জীনের আদান প্রদানে কার্যকরী এবং অননুকরণীয় পদ্ধতি আছে। আমরা এই অধ্যায়ে এই পদ্ধতিগুলি সম্পর্কে আলোকপাত করব।

17.3 ব্যাকটেরিয়ার জীনগত পুনঃসংযুক্তির পদ্ধতি (Methods of Genetic Recombination in Bacteria)

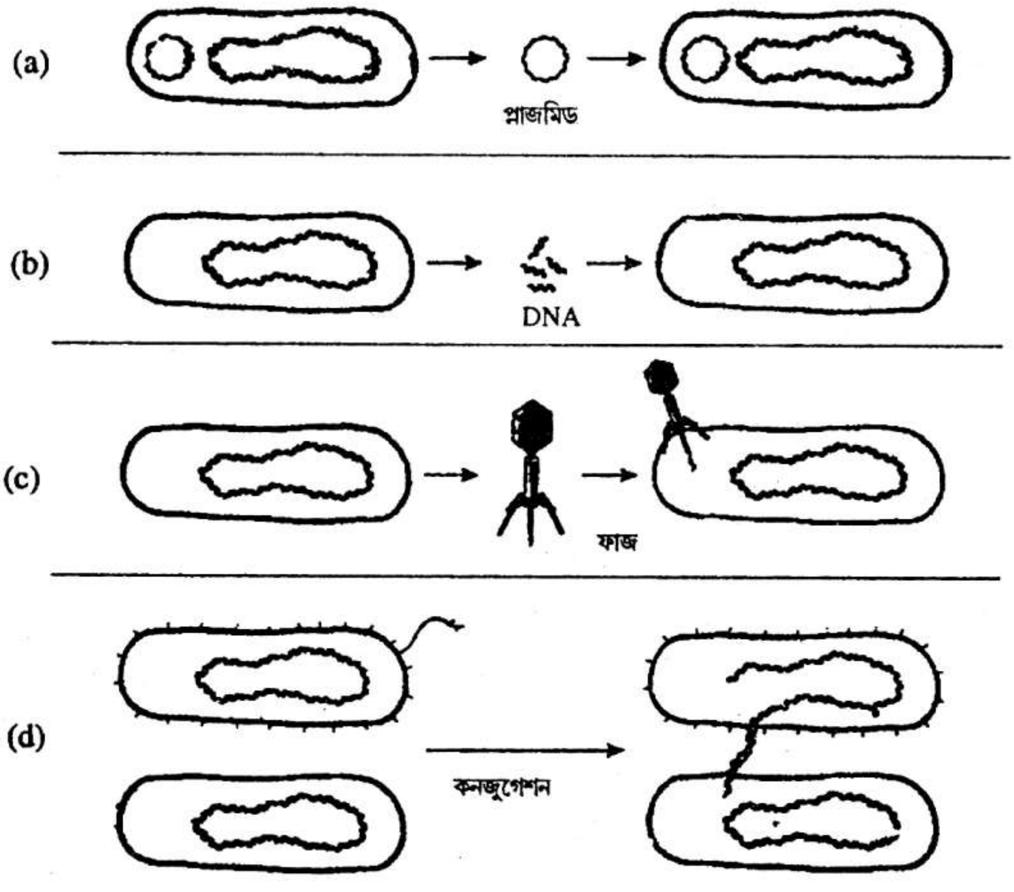
জীনে রদবদল করার ব্যবস্থা প্রায় প্রতিটি জীবের মধ্যে আছে। ইউক্যারিওটিক জীবদের মধ্যে যৌনজনন পদ্ধতির মূল তাৎপর্য এই জীনগত পুনঃসংযুক্তির মধ্যে নিহিত। পিতৃ ও মাতৃ গ্যামেটের মিলনের মধ্যে দিয়ে যে অপত্য সৃষ্ট হয় তার জীবন বিন্যাস উভয়ের গুণাগুণ এর মিশ্রণ। প্রোক্যারিওটিক জীবে জনন কোশ নেই। কিন্তু কেবলমাত্র অযৌন পদ্ধতিতে বংশবৃদ্ধি জীববৈচিত্র্যের পক্ষে প্রতিবন্ধকস্বরূপ। এতে জীনের জীন বিন্যাস এতটাই পূর্বনির্ধারিত যে পরিবর্তিত পরিবেশে খাপ খাইয়ে নেওয়া তার পক্ষে অসম্ভব। ব্যাকটেরিয়ার জগতে বৈচিত্র্য অভাবনীয়। সৃষ্টির শুরু থেকে আজ অবধি (এবং নিশ্চিতভাবে সৃষ্টির শেষ দিন পর্যন্ত) যতরকমের প্রতিকূলতাই এসেছে বা আসবে তার প্রতিটিকেই এরা অবলীলাক্রমে হয় এড়িয়ে যেতে সমর্থ হয়েছে বা প্রতিরোধ করতে পেরেছে। স্থির, বৈচিত্র্যহীন জীনবিন্যাস দ্বারা এটা হওয়া সম্ভব নয়। তাই যৌন জনন না থাকলেও জীনের আদান প্রদান আছে। তিনটি মৌলিক পদ্ধতিতে ব্যাকটেরিয়ার কোশে জীনগত বিন্যাসের রদবদল ঘটে। এগুলি হল যথাক্রমে— (i) কনজুগেশন, (ii) ট্রান্সফরমেশন ও (iii) ট্রান্সডাকশান (চিত্র 17.1 দ্রষ্টব্য)।

17.4 কনজুগেশন্ (Conjugation)

❑ **সংজ্ঞা ঃ** যে পদ্ধতিতে দুটি ব্যাকটেরিয়া কোশ পরস্পরের মধ্যে প্রত্যক্ষ সংযোগ সাধনের মধ্য দিয়ে একটি থেকে অপরটিতে জীনের স্থানান্তরণ ঘটায় সেই পদ্ধতিকে কনজুগেশন বলে।

❑ **F plasmid এর ভূমিকা ঃ** এই পদ্ধতিতে একটি ব্যাকটেরিয়া থেকে DNA অন্য ব্যাকটেরিয়াতে স্থানান্তরিত হতে দুটি কোশের মধ্যে সংযোগ স্থাপন প্রয়োজন। এই মিলন ও DNA এর স্থানান্তর ঘটাতে সাহায্য করে এক ধরনের প্লাজমিড, তাদের **কনজুগেটিভ প্লাজমিড** বলে। *E. coli* এর F প্লাজমিড এই ধরনের একটি কনজুগেটিভ প্লাজমিড। F প্লাসমিড দুটি কার্য সমাধা করতে পারে। এই ধর্মদুটিকে যথাক্রমে **Dtr** (DNA transfer and replication) ও **Mpf** (Mating pair formation) ধর্ম বলে। এই ধর্ম দুটি থাকার জন্য F প্লাসমিড নিজের প্রতিলিপি গঠন করতে ও প্রতিরূপকে স্থানান্তরিত করতে পারে। যে *E. coli* কোশে F-প্লাজমিড থাকে তাদের দেহপ্রাকার থেকে F-পিলি (একবচনে Pilus) নামক একধরনের বর্হিবৃদ্ধি গঠন করে। Mpf ধর্ম থাকার দরুণ F-পিলি দুটি ব্যাকটেরিয়া কোশের মধ্যে সংশ্লেষনালী গঠন করে। এই সংশ্লেষনালীর মধ্যে দিয়ে F-প্লাসমিড এক কোশ থেকে অন্য কোশে স্থানান্তরিত হয়। স্থানান্তরন একমুখী। যে ব্যাকটেরিয়ার F-প্লাজমিড আছে তাকে বলে দাতা (Donor) এবং প্লাজমিডবিহীন যে কোশে সেটি স্থানান্তরিত হয় সেটিকে বলে গ্রহীতা (Recepient), F-প্লাজমিড যুক্ত দাতা বা Donor ব্যাকটেরিয়াকে বলে F^+ এবং যে ব্যাকটেরিয়া DNA গ্রহণ করে তাকে বলে F^- গ্রহীতা (F-recipient)। F প্লাজমিড যখন দাতা

থেকে গ্রহীতায় স্থানান্তরিত হয় তখন F^- কোশ F^+ কোশে পরিণত হয়। অর্থাৎ কোশটি দাতা হিসাবে কাজ করতে সক্ষম। প্রতিবার F-প্লাজমিড স্থানান্তরিত হবার পূর্বে প্রতিলিপি তৈরী করে নেয় বলে F^+ কোশ তার দাতা বৈশিষ্ট্য বজায় রাখে (চিত্র 17.3)।



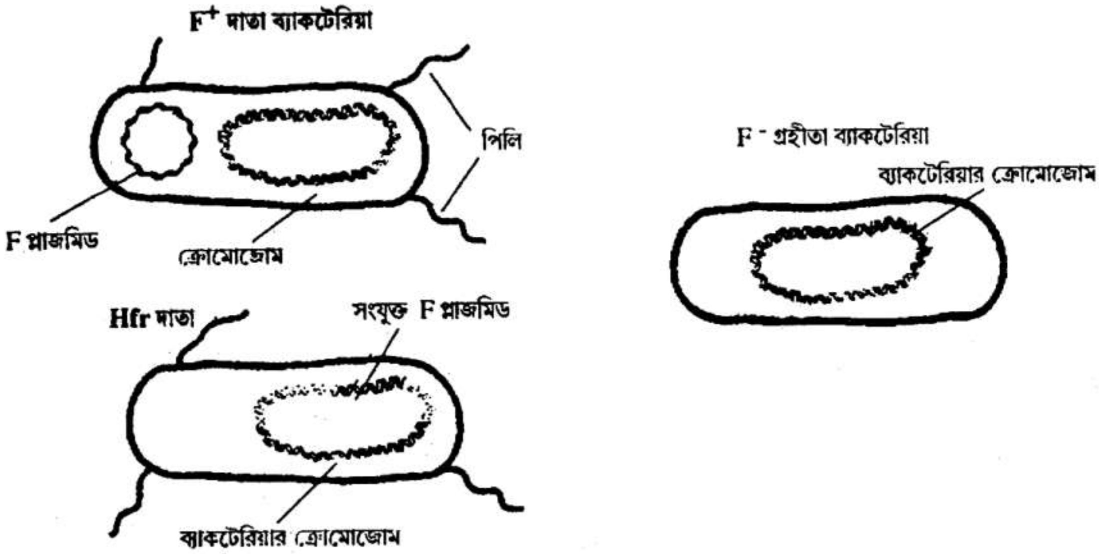
চিত্র নং 17.1 ঃ প্রোক্যারিওটদের মধ্যে প্রাকৃতিকভাবে জীনগত পুনঃসংযুক্তি অর্জনের বিভিন্ন পদ্ধতি

(a) একটি ব্যাকটেরিয়া থেকে প্লাজমিড DNA অন্যটিতে অনুপ্রবিষ্ট হয়ে জিন বিন্যাসের রদবদল ঘটাতে পারে; এটি ট্রান্সফরমেশনের উদাহরণ।

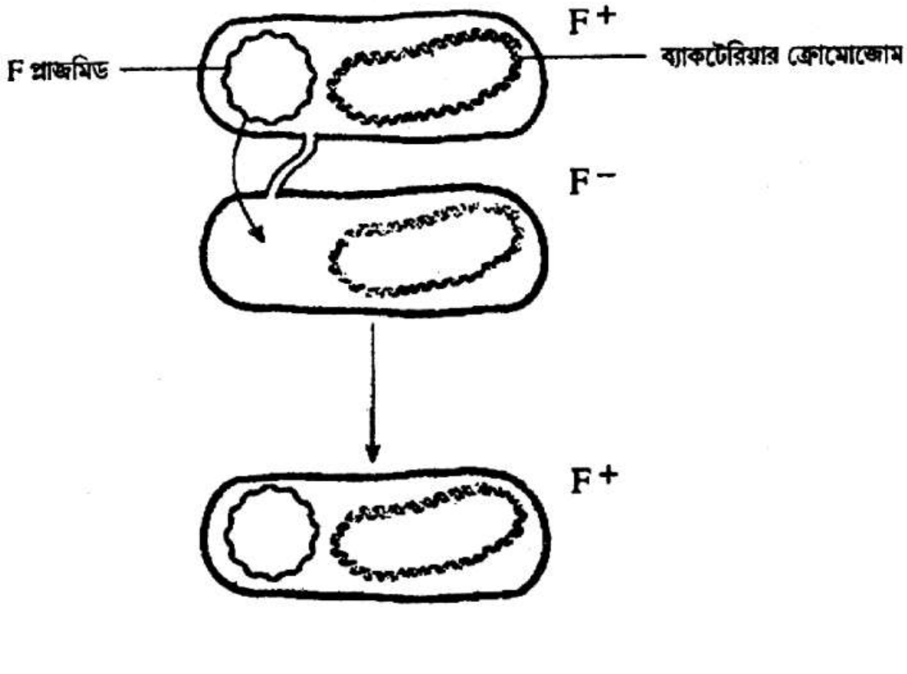
(b) এক ব্যাকটেরিয়া থেকে অন্য ব্যাকটেরিয়াতে মুক্ত DNA প্রবেশ করে জিনোমের পরিবর্তন ঘটাতে পারে। এটি কোশীয় DNA দ্বারা ট্রান্সফরমেশন।

(c) টেমপারেট ব্যাকটেরিওফাজ এক ব্যাকটেরিয়া থেকে অন্য ব্যাকটেরিয়াতে DNA বা জিন বহন করে নিয়ে যেতে পারে। তাকে ট্রান্সডাকশন বলে।

(d) দুটি ব্যাকটেরিয়ার কোশের মধ্যে সংশ্লেষ পদ্ধতিতে মিলনের দ্বারা DNA একটি থেকে অন্যটিতে স্থানান্তরিত হতে পারে। একে বলে কনজুগেশন।



চিত্র নং 17.2 ঃ F^+ ও Hfr দাতা কোশে প্লাজমিডের অবস্থান দেখান হয়েছে এবং তুলনা করা হয়েছে F^- গ্রহীতার সাথে। F^+ দাতায় F প্লাসমিড মুক্ত অবস্থার আছে; F^- প্লাসমিড থাকে না; Hfr দাতা কোশে F প্লাসমিড কোশীয় DNA-তে সংযুক্ত।



চিত্র নং 17.3 ঃ F^+ ও F^- একসাথে জন্মাতে দিলে সকল F^- ব্যাকটেরিয়া F^+ এ রূপান্তরিত হয়।

17.4.1 $F^+ \times F^-$ সংশ্লেষ ($F^+ \times F^-$ Conjugation)

এখন দেখা যাক প্লাজমিড F^+ ব্যাকটেরিয়া থেকে F^- এ যাবার সময় কি কি পর্যায়ের মধ্যে দিয়ে যায়। পূর্বেই বলা হয়েছে (একক 4 দ্রষ্টব্য)। প্লাসমিড DNA বৃত্তাকার এবং এটির প্রতিলিপিকরণ পদ্ধতি ব্যাকটেরিয়ার DNA-এর মতই। দ্বিতন্ত্রী এই DNA "রোলিং সার্কল" পদ্ধতিতে প্রতিলিপি গঠন করে। দুটির মধ্যে একটি তন্ত্রী মাঝ বরাবর কেটে যাবার ফলে রজ্জুকার হয়ে যায়। অপর তন্ত্রীটি অর্থাৎ যেটি তখনও বৃত্তাকার সেটি কাজ করে ছাঁচের মতো। পরিপূরক DNA এই ছাঁচ অণুসরণ করে আর একটি তন্ত্রী তৈরী করে ফেলে। এর ফলে রজ্জুকার তন্ত্রীটি মূল থেকে বিচ্ছিন্ন হয়ে যায়। স্থানান্তরণ ঘটে এই একতন্ত্রী খণ্ডকের। স্থানান্তরণের অভিমুখ নির্ধারিত হয় প্লাজমিডের যে বিন্দু থেকে তাকে বলে *Ori T* বিন্দু। এটিও একটি জীন, স্থানান্তরণের জন্য এই অংশে অনেকগুলি প্রোটিন থাকে যে প্রোটিনগুলির মূল কাজ দাতা কোশ থেকে গ্রহীতা কোশে প্লাজমিডকে কে চালনা করা। DNA ও ঐ প্রোটিন গুলি যখন একত্রিত হয় তখন ঐ প্লাসমিডকে বলে **রিলাক্সোজোম** (relaxosome)। F প্লাসমিড তার Mpf ধর্মের সাহায্যে সংশ্লেষ পিলি (Conjugative Pili) গঠন করে যেটি F^- গ্রহীতা কোশের সঙ্গে যুক্ত হয়ে সংশ্লেষ নালিকা (Conjuative tube) গঠন করে। প্রতিলিপিকরণের ফলে স্থানান্তরিত একতন্ত্রী F ঐ নালিকার মধ্যে দিয়ে F^- কোশে প্রবেশ করে।

একতন্ত্রী F-প্লাসমিডের গ্রহীতা কোশের প্রবেশ করার পর সেটি কাজ করে দ্বিতীয় তন্ত্রীটি গঠনের জন্য ছাঁচ হিসাবে। তারপর এর প্রান্তদ্বয় জোড়া লাগে DNA বৃত্তাকার গঠন প্রাপ্ত হয়। এভাবে প্লাসমিডের স্থানান্তরণ সম্পূর্ণ হয়। নতুন কোশে এই প্লাসমিড আবার "রোলিং সার্কল" পদ্ধতিতে নতুন copy বানাতে তৈরী হয়ে যায। কপি করার এই পদ্ধতি এত দ্রুততার সাথে সম্পন্ন হয় যে একই সময় একই কোশে প্লাসমিডের বহুসংখ্যক কপি উপস্থিত থাকতে পারে। $F^+ \times F^-$ সংশ্লেষের ফলাফল কী? যেহেতু F^+ দাতা প্লাসমিড স্থানান্তরনের পূর্বে সেটির প্রতিলিপি কোশে রেখে দেয় সেহেতু সেটি দাতা হিসাবেই থেকে যায়। F^-গ্রহীতা F প্লাসমিড গ্রহণ করে Dtr ও Mpf ধর্ম অর্জন করে এবং অতঃপর দাতা রূপে কাজ করতে পারে।

■ অনুশীলনী - 1

1. নীচের তালিকা থেকে সঠিক উত্তরটি বেছে নিয়ে শূন্যস্থান পূর্ণ করুন ঃ

(a) যে পদ্ধতিতে দুটি ব্যাকটেরিয়ার মধ্যে সংযোগ সাধনের মাধ্যমে জীনের স্থানান্তরণ ঘটে তাকে বলে ________ ।

b) F প্লাসমিডের একটি ধর্ম হল ________ ।

(c) F প্লাসমিডযুক্ত কোশকে বলে ________ ।

(d) F প্লাসমিড যে কোশের ক্রোমোজোমে সংযুক্ত অবস্থায় থাকে তাকে বলে ________ ।

(e) F প্লাসমিড যখন ব্যাকটেরিয়ার ক্রোমোজোম থেকে কিছুটা অংশ বহন করে তখন তাকে বলে ________ ।

F-পিলি গঠন, Hfr দাতা, কনজুগেশন, F' প্রাইম, F^+ দাতা

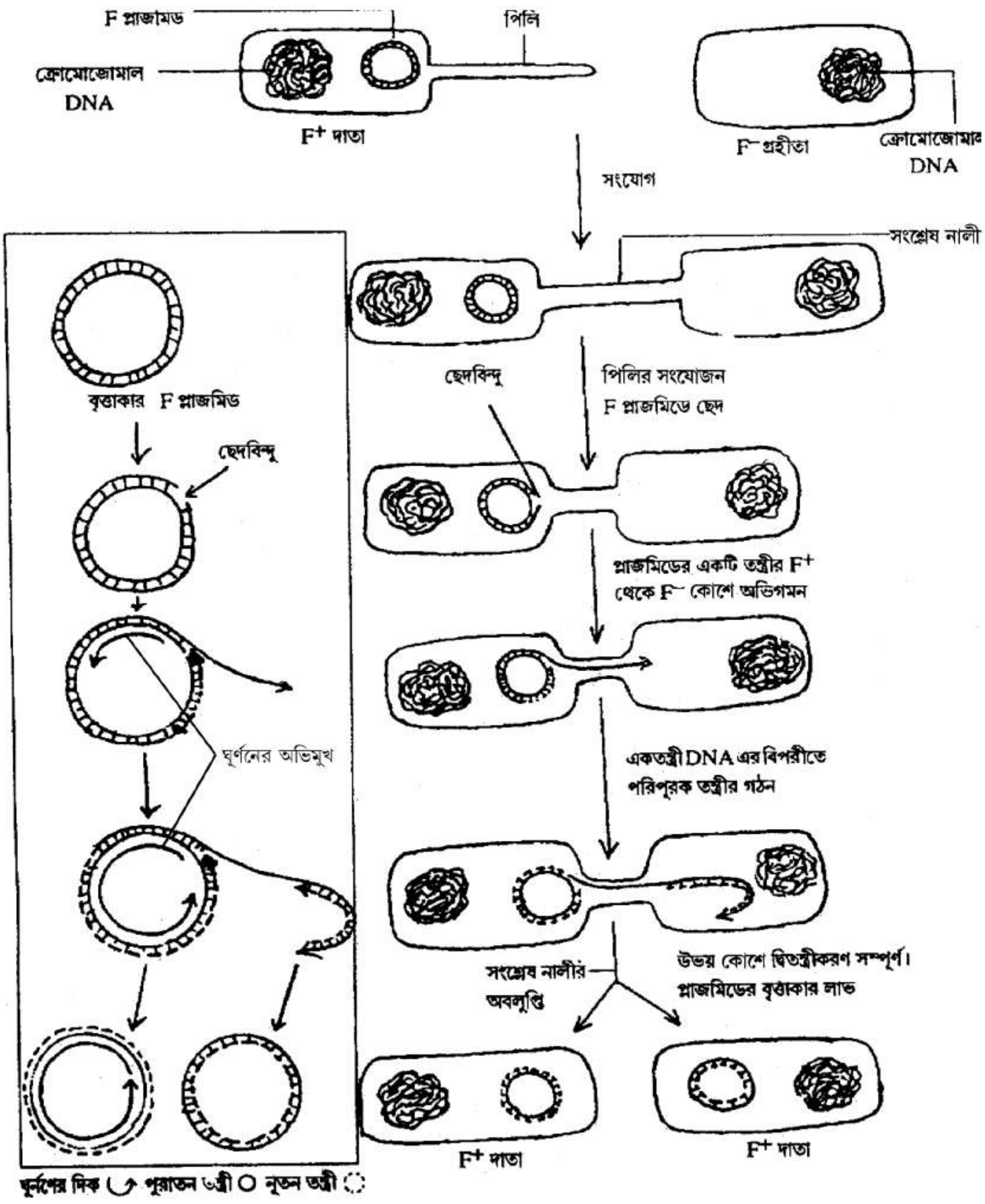
2. কী হবে লিখুন; যখনঃ

(i) F প্লাসমিড দাতা কোশ থেকে গ্রহীতা কোশে স্থানান্তরিত হয়।

(ii) F প্লাসমিড যখন ব্যাকটেরিয়া ক্রোমোজোম সংযুক্ত হয়।

(iii) Hfr দাতা যখন F গ্রহীতার সাথে স্বল্প সময়ের জন্য সংযুক্ত হয়।

(iv) F প্লাসমিড যখন Hfr ক্রোমোজোমের থেকে বিযুক্ত হয়।



চিত্র নং 17.4 ঃ সংশ্লেষ পদ্ধতিতে F^+ দাতা থেকে F^- গ্রহীতায় প্লাসমিড স্থানান্তরণের চিত্ররূপ। বামদিকে প্রদর্শিত হয়েছে "রোলিং সার্কল" পদ্ধতিতে প্লাজমিডের প্রতিলিপিকরণ ও স্থানান্তরনের প্রতিটি ধাপ। DNA এর 360º কোণে ঘূর্ণনের সাথে সমতা রেখে কিভাবে নতুন তন্ত্রী তৈরী হয় তা লক্ষ্যণীয়।

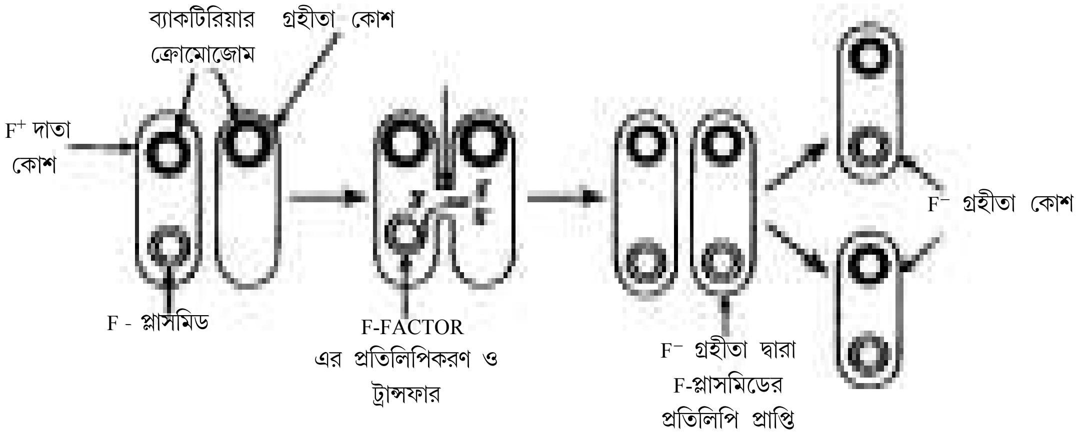
17.4.2 Hfr দাতা (Hfr Donor)

কখনও কখনও F-প্লাজমিড ব্যাকটেরিয়ার ক্রোমোজোমাল DNA-এর সাথে সংযুক্ত হয়ে যায়।এটিও দাতারূপে কাজ করতে পারে এবং দাতা হিসাবে এর সক্ষমতা মুক্ত F প্লাজমিডযুক্ত কোশের তুলনায় প্রায় 1000 গুণ বেশী। একে বলে Hfr দাতা বা Hfr donor, (Hfr = high frequency of recombination), Hfr দাতা ব্যাকটেরিয়ার ক্রোমোজোম থেকে প্লাজমিড আবার বিযুক্ত হয়ে যেতে পারে এবং বেরিয়ে আসার সময় ব্যাকটেরিয়ার জিনোম থেকে কিছুটা অংশ কেটে নিয়ে আসতে পারে। এই অবস্থায় F প্লাজমিডকে F′ (এফ প্রাইম) প্লাজমিড বলে। প্লাসমিড দৈর্ঘ্যে ক্রোমোজোমাল DNA এর 2 শতাংশ মাত্র। Hfr দাতা থেকে F^- কোশে DNA স্থানান্তরণের সময় এই শেষাংশ সম্পূর্ণ ক্রোমোজোম স্থানান্তরিত হয়ে যাবার পরেই যেতে পারে।

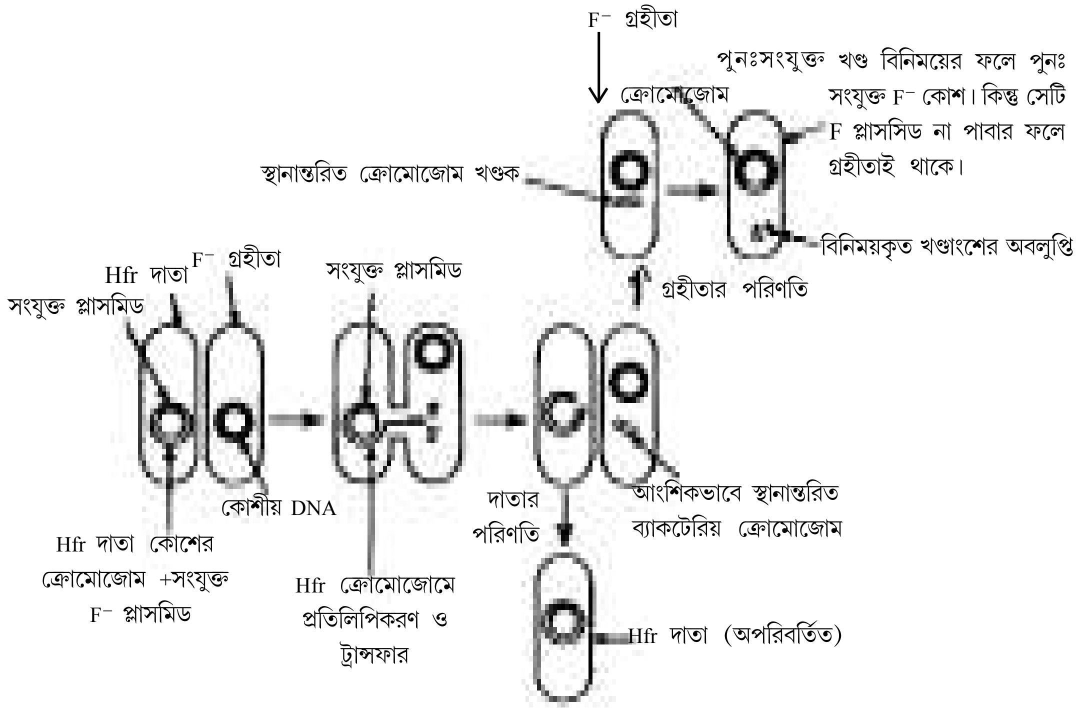
17.4.3 সংশ্লেষে Hfr দাতার ভূমিকা ঃ (Hfr × F^- সংশ্লেষ) ঃ (Role of Hfr donor in Hfr ×F^- Conjugation)

অন্তিমে স্থানান্তরিত হয় বলে Hfr দাতার সংশ্লেষের (Conjugation) সময়ে F প্লাজমিডের DNA সাধারণত গ্রহীতা কোশে প্রবেশ করে না, পরিবর্তে দাতা কোশের ক্রোমোজোমাল DNA-র অংশবিশেষ প্রবেশ করে। একই ব্যাকটেরিয়ার এইরূপ ভিন্ন ভিন্ন প্রকৃতি অণুজীব বিজ্ঞানের ভাষায় ভিন্ন ভিন্ন স্ট্রেইন (Strain) দ্বারা চিহ্নিত। Hfr স্ট্রেইনের সাথে F^+ স্ট্রেইনের তফাৎ হল Hfr স্ট্রেইনে F প্লাজমিডটি স্বতন্ত্র বা স্বাধীন না হয়ে ব্যাকটেরিয়ার ক্রোমোজোমের মধ্যে সংযুক্ত হয়ে যায়। ব্যাকটেরিয়ার ক্রোমোজোম ও সংযুক্ত প্লাসমিড এই দুইয়ে মিলে যে সম্পূর্ণ বৃত্ত তাকে বলে Hfr ক্রোমোজোম। Rolling circle পদ্ধতিতে সম্পূর্ণ Hfr ক্রোমোজোমের স্থানান্তরণে সময় লাগে 90 থেকে 100 মিনিট। যদি সংশ্লেষরত Hfr দাতা ও F^- গ্রহীতা 100 মিনিট অবিচ্ছিন্ন অবস্থায় থাকে তাহলে সম্পূর্ণ ক্রোমোজোমাল DNA' এর পর অন্তিমে সংযুক্ত প্লাসমিড সহ স্থানান্তরিত হওয়া সম্ভব। কিন্তু কার্যক্ষেত্রে তা হয় না দুটি কারণে। প্রথমতঃ দুটি কোশ অবিচ্ছিন্ন থেকে 90-100 মিনিটের সংশ্লেষ দশা বজায় রাখা কার্যত অসম্ভব কেন না কলয়েডীয় দ্রবণে ব্রাউনীয় চলনের ফলে তারা বিচ্ছিন্ন হয়ে যাবার প্রবণতা দেখা যাবে। দ্বিতীয়তঃ 20 থেকে 30 মিনিট একমুখী স্থানান্তরণের ফলে যে পরিমাণ ক্রোমোজোমাল DNA Hfr থেকে F^- কোশে স্থানান্তরিত হবে তা rate limiting অর্থাৎ পরবর্তী অংশের স্থানান্তরণে বাধাস্বরূপ। এ কারণে Hfr × F^- সংশ্লেষের ফলে প্রকৃতিতে সব F^- গ্রহীতাই F^- গ্রহীতারূপে থেকে যায়। Hfr তার দাতা ধর্ম বজায় রাখে। রোলিং সার্কল পদ্ধতিতে সংশ্লেষ শুরু হয় ব্যাকটেরিয়ার মূল DNA তন্ত্রীটিকে ঘিরে। একতন্ত্রী DNA সংশ্লেষ ছিদ্রের দিকে অগ্রসর হয়। অধিকাংশ ক্ষেত্রেই Hfr দাতার সমস্ত ক্রোমোজোমটি গ্রহীতা কোশে প্রবেশ করার আগেই কোশ দুটির মধ্যে যোগাযোগ ছিন্ন হয়ে যায়। যেহেতু দাতা কোশের ক্রোমোজোমাল DNA অভিগমন শুরু করে সেহেতু অবিচ্ছিন্নভাবে সংশ্লেষরত কোশে সবশেষে স্থানান্তর ঘটার কথা F-প্লাজমিড DNA এর (চিত্র 17.5 দ্রষ্টব্য)।

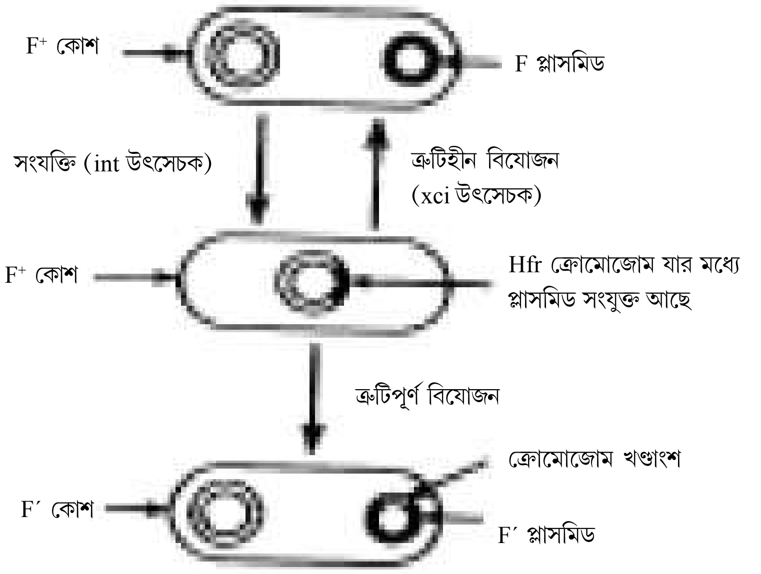
পরীক্ষাগারে স্থিরতা ও সাম্যবস্থা বজায় রেখে দেখা গেছে যে *E. coli* ব্যাকটেরিয়ার সম্পূর্ণ ক্রোমোজোমাল DNA স্থানান্তরিত হতে সময় নেয় 90 মিনিট। 90 মিনিটের অবিচ্ছিন্নতা প্রকৃতিতে সম্ভব নয় বলেই অধিকাংশ গ্রহীতা কোশ F-প্লাসমিড লাভ করে না। ফলতঃ সেগুলি গ্রহীতাই থেকে যায়।



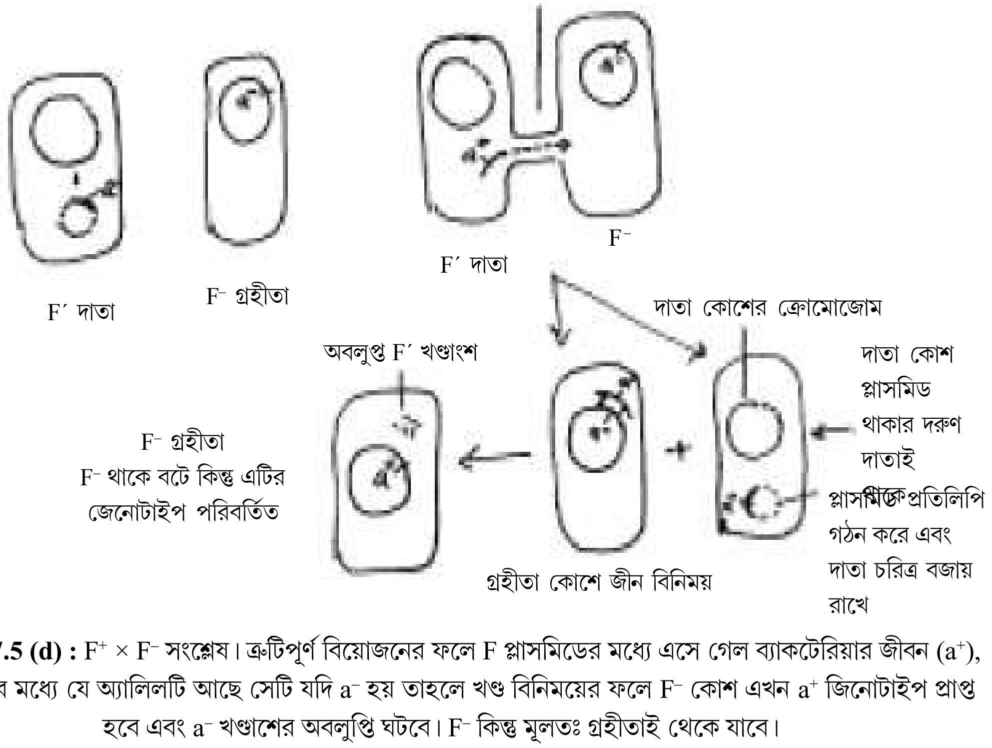
চিত্র নং 17.5 (a) ঃ F^+ দাতা × F^- গ্রহীতার মধ্যে সংশ্লেষ। এক্ষেত্রে গ্রহীতা পুনঃসংযুক্ত F^+ দাতায় রূপান্তরিত হয়। দাতা F^+ অপরিবর্তিত থাকে।



চিত্র নং 17.5 (b) ঃ Hfr দাতা × F^- গ্রহীতার মধ্যে সংশ্লেষ। এক্ষেত্রে দাতা Hfr থেকে যায়। অধিকাংশ ক্ষেত্রে Hfr থেকে কেবলমাত্র ব্যাকটেরিয়ার ক্রোমোজোম-খণ্ডাংশ স্থানান্তরিত হয়, কিন্তু F প্লাসমিড নয়, তাই F^- গ্রহীতা গ্রহীতাই থেকে যায় যদিও নতুন জীন খণ্ডাংশ পাবার ফলে পুনঃসংযুক্ত বা রিকমবিন্যান্ট (Recombinant) F^- বলা যায় সেটিকে।



চিত্র নং 17.5 (c) : F′ প্লাসমিডের উৎপত্তি। Hfr কোশের মধ্যে সংযোজিত F প্লাসমিড যখন ত্রুটিপূর্ণ বিযোজনে ফলে ক্রোমোজোম খণ্ডাংশ নিয়ে আলাদা হয়ে যায় তখন F^+ প্লাসমিডের উৎপত্তি ঘটে।



চিত্র নং 17.5 (d) : $F^+ \times F^-$ সংশ্লেষ। ত্রুটিপূর্ণ বিয়োজনের ফলে F প্লাসমিডের মধ্যে এসে গেল ব্যাকটেরিয়ার জীবন (a^+), F^- গ্রহীতার মধ্যে যে অ্যালিলটি আছে সেটি যদি a^- হয় তাহলে খণ্ড বিনিময়ের ফলে F^- কোশ এখন a^+ জিনোটাইপ প্রাপ্ত হবে এবং a^- খণ্ডাশের অবলুপ্তি ঘটবে। F^- কিন্তু মূলতঃ গ্রহীতাই থেকে যাবে।

যদি F^- যদি F^- গ্রহীতাই থেকে যায় তাহলে এই পদ্ধতিকে আমরা জীন পুনঃসংযোগ বা Recombination বলছি কেন? একটি উদাহরণ লক্ষ্য করুন : ধরা যাক গ্রহীতা কোশ ছিল গ্যালাকটোজ নামক শর্করা পাচনে অক্ষম অর্থাৎ এটি গ্যালকটেজ নামক উৎসেচক তৈরী করতে পারত না। গ্যালাকটেজ উৎসেচক সৃষ্টিকারী জীন যদি gal^+ হয় তাহলে F^- গ্রহীতা কোশটি ছিল gal^- প্রকৃতির। অপরপক্ষে Hfr কোশটি gal^+ প্রকৃতির। অনুপ্রবিষ্ট DNA খণ্ডকটি যদি দাতা কোশ থেকে একটি gal^+ জীন নিয়ে আসে তাহলে খণ্ড বিনিময়ের ফলে গ্রহীতা কোশের ক্রোমোজোমের gal^- জীন স্থানান্তরিত হবে এবং gal^+ জীন তার জায়গা নেবে। সেটির বহিঃপ্রকাশ ঘটলে এই F^- ব্যাকটেরিয়ারও এবার গ্যালাকটোজ ব্যবহার করতে সমর্থ হবে। সমধর্মী দুটি ব্যাকটেরিয়া কোশে সমসংস্থ ক্রোমোজোমদ্বয়ের মধ্যে এই ধরনের খণ্ড বিনিময়কে বলে **সমসংস্থ পুনঃসংযুক্তি** (homologus recombination) (চিত্র 17.5 দ্রষ্টব্য)।

17.4.4 F′ (F′ প্রাইম) দাতা (F′ Prime Donor)

ব্যাকটেরিয়ার ক্রোমোজোমের মধ্যে F প্লাসমিডের এপিজোম দশাটি উভমুখী। অর্থাৎ F প্লাসমিড সেখান থেকে বিযোজিত হয়ে যেতে পারে। সংযোজন ও বিযোজন যথাক্রমে *integrase (int)* ও *excisionase (xci)* উৎসেচক দ্বারা নিয়ন্ত্রিত। সংযোজন ঘটে ব্যাকটেরিয়ার ক্রোমোজোমের সুনির্দিষ্ট অংশে। বিযোজন যদি নিখুঁত হয় তাহলে অখণ্ড F প্লাসমিড ও অখণ্ড ব্যাকটেরিয়াল ক্রোমোজোম পুনরায় পৃথকীভূত হয়। কিন্তু বিযোজন যদি খুঁতযুক্ত বা errored হয় তাহলে F প্লাসমিড ব্যাকটেরিয়ার খণ্ডাংশের সঙ্গে নিজের খণ্ডক বিনিময় করে। ফলে যে প্লাসমিডটি পাওয়া যায় সেটিকে বলে F′ প্রাইম। এটি স্থানান্তরিত হয়ে F^- কোশে যেতে পারে বটে তবে সেটি যে F^- কে F^+ দাতা কোশে রূপান্তরিত করতে পারবে তার কোন মানে নেই। যদি বিনিময়কৃত খণ্ডাংশের দরুণ এটির Dtr বা Mpf কার্যকারিতা নষ্ট হয় তাহলে F^- গ্রহীতা F^- রূপেই থেকে যাবে। তাহলে জীন পুনঃসংযোগ ঘটল কোথায়? ধরা যাক F^- প্লাসমিড ব্যাকটেরিয়ার lac^+ জীন নিয়ে নিয়ে বিযুক্ত হয়েছে। সেটি যদি এমন গ্রহীতায় যায় সেটি ল্যাকটোজ ব্যবহারে অক্ষম ছিল (lac^-) তাহলে স্থানান্তরের পর সেটি lac^+ রূপে ল্যাকটোজ শর্করা ব্যবহারে সমর্থ হবে।

17.5 সারাংশ (Summary)

ব্যাকটেরিয়ার ক্ষেত্রে জীনগত পুনঃসংযুক্তি ঘটে তিনটি উপায়ে যথা কনজুগেশন, ট্রান্সফরমেশন ও ট্রান্সডাকশান। কনজুগেশন পদ্ধতিতে দুটি কোশের মধ্যে সংযোগ সাধিত হয় যাদের একটিকে বলে দাতা ও অন্যটিকে বলে গ্রহীতা। দাতা কোশে থাকে একটি প্লাজমিড থাকে বলে F প্লাজমিড। এটির স্থানান্তরণ গ্রহীতা কোশকে দাতার ন্যায় বৈশিষ্ট্য দান করে। কখনও কখনও F প্লাসমিড ব্যাকটেরিয়ার ক্রোমোজোম সংযুক্ত হয়ে যায়। তখন দাতাকে বলে Hfr দাতা। কনজুগেশনের ক্ষেত্রে $F^+ \times F^-$, Hfr × F^- এবং F′ × F^- মিলনের ফলে ভিন্ন ভিন্ন ফলাফল পাওয়া যায়।

17.6 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

(1) জীনগত পুনঃ সংযুক্তি বলতে কী বোঝায়? ব্যাকটেরিয়ার জীনগত পুনঃসংযুক্তি সাধনের পদ্ধতিগুলি কী কী? চিত্রসহযোগে সংশ্লেষ পদ্ধতির বর্ণনা দিন।

(2) $F^+ \times F^-$ ও Hfr × F^- মিলনের মধ্যে তফাৎ কী? উভয় প্রকার মিলনে F^- গ্রহীতার কী পরিণতি হয়?

(3) F′ উপাদান (factor) কী? কীভাবে তা সৃষ্টি হয়? F′ × F^+ মিলনের ফলে কী ধরনের পুনঃসংযুক্তি ঘটে?

17.7 উত্তরমালা

অনুশীলনী -1

1. (a) কনজুগেশন; (b) F পিলি গঠন; (c) F^+ দাতা; (d) Hfr দাতা; (e) F^1 প্রাইম

2. (i) গ্রহীতা কোশ F^+ লাভ করার ফলে দাতারূপে কাজ করতে পারবে।

(ii) F^+ কোশের ক্রোমোজোম F প্লাজমিড সংযুক্ত হবার ফলে কোশটি Hfr দাতায় রূপান্তরিত হবে।

(iii) F^- কোশ দাতার ক্রোমোজোমের কোন অংশ লাভ করবে কিন্তু F প্লাজমিড না পাবার ফলে গ্রহীতা বা F^- থেকে যাবে।

(iv) Hfr তখন পুনরায় F^+ কোশে রূপান্তরিত হয়।

সর্বশেষ প্রশ্নাবলী ঃ

1. 17.3 অংশে ব্যাকটেরিয়ার জীনগত পুনঃসংযুক্তির ব্যাখ্যা ও পদ্ধতিগুলির সংক্ষিপ্ত পরিচয় আছে। কনজুগেশন পদ্ধতির বর্ণনা 17.4 অংশে আছে। F^+ দাতা ও F^- গ্রহীতা বলতে কী বোঝায় লিখুন। F প্লাজমিড স্থানান্তরনের ফলে কি ঘটে তা চিত্র 17.4 এর সাহায্য নিয়ে লিখুন। F^+ কীভাবে Hfr-এ রূপান্তরিত হয় তা চিত্র 17.5 b-এর সাহায্য নিয়ে লিখুন। Hfr ও F^- এর সংযুক্তির ফলে কীভাবে জীন পুর্নবিন্যাস ঘটে তা দেখিয়ে দিন।

2. 17.5 (a), (b) চিত্রসহ ব্যাখ্যা করুন।

3. 17.5 (c), (d) চিত্রসহ ব্যাখ্যা করুন।

একক 18 ❑ ব্যাকটেরিয়ার জীনগত পুনঃসংযুক্তি - II (Genetic Recombination in Bacteria - II)

গঠন

18.1 উদ্দেশ্য

18.2 প্রস্তাবনা

18.3 ট্রান্সফরমেশন ঃ পরীক্ষালব্ধ পর্যবেক্ষণ

18.4 ট্রান্সফরমেশন ঃ সংজ্ঞা

18.5 কমপিটেন্স

18.5.1 স্বাভাবিক কমপিটেন্স

18.5.2 প্রণোদিত কমপিটেন্স

18.6 DNA গ্রহণ

18.7 DNA সংযুক্তি

18.8 ট্রান্সডাকশান

18.8.1 জেনারালাইজড ট্রান্সডাকশান

18.8.2 স্পেশালাইজড ট্রান্সডাকশান

18.9 সারাংশ

18.10 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

18.11 উত্তরমালা

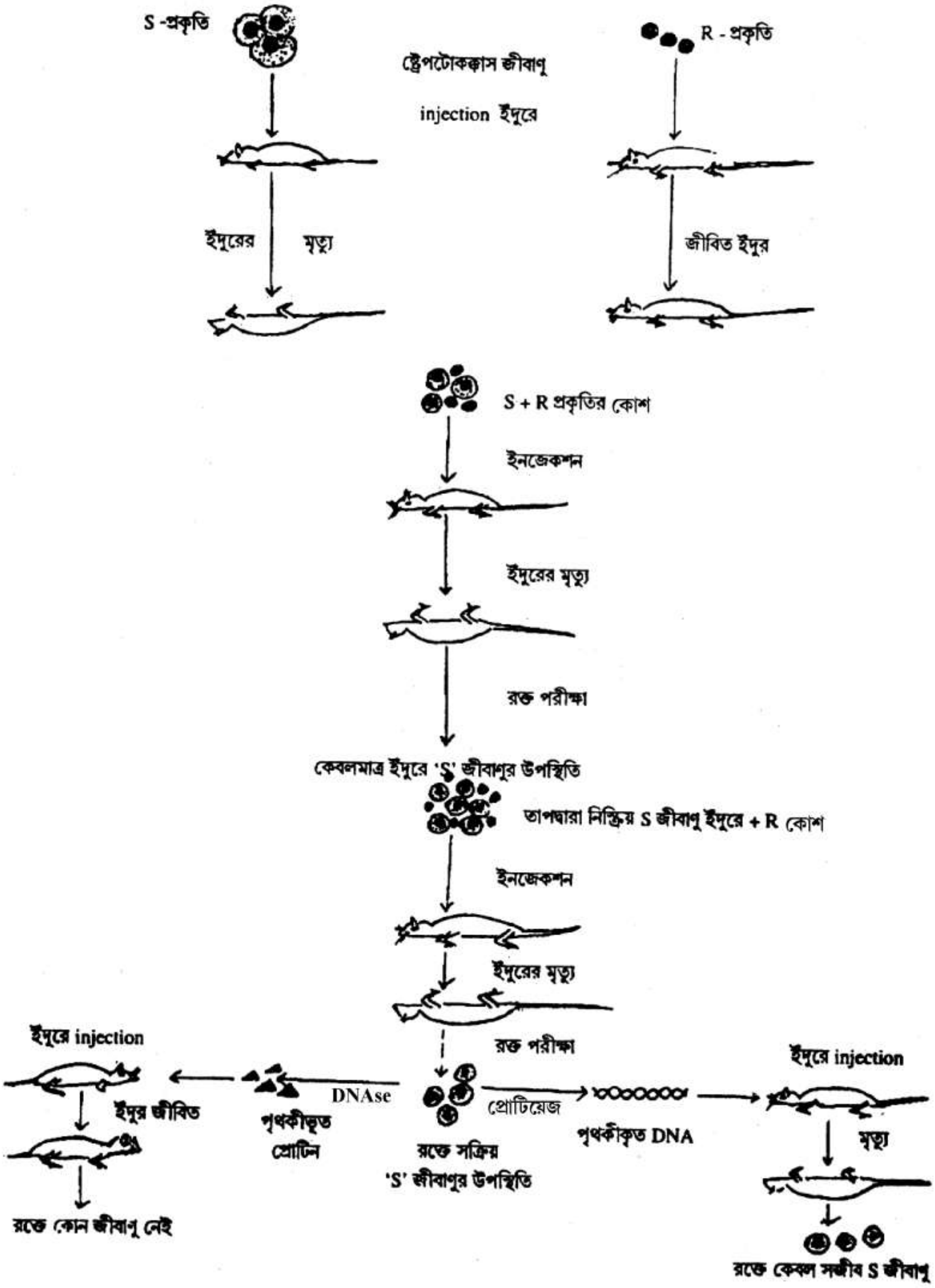
18.1 উদ্দেশ্য

এই এককটি অধ্যয়নের পর নিম্নলিখিত বিষয়গুলি সম্পর্কে জানতে পারবেন—

- ট্রান্সফরমেশন পদ্ধতিটির পরীক্ষালব্ধ পর্যবেক্ষণ
- কমপিটেন্স কাকে বলে?
- ট্রান্সডাকশান কাকে বলে এবং কীভাবে তা সংগঠিত হয়?
- ব্যাকটেরিয়ায় জীন পুনঃসংযুক্তির গুরুত্ব কী?

18.2 প্রস্তাবনা

পূর্ববর্তী এককটিতে আমরা ব্যাকটেরিয়ার জীনগত পুনঃসংযুক্তির একটি পদ্ধতির সঙ্গে পরিচিত হয়েছি। যেটি হল কনজুগেশন বা সংশ্লেষ। অন্য পদ্ধতিদ্বয় হল ট্রান্সফরমেশন এবং ট্রান্সডাকশান। কনজুগেশন এর মত এই দুটি ক্ষেত্রে কিন্তু কোশদ্বয়ের মধ্যে সরাসরি সংযোগ সাধিত হয় না। তবুও একটি কোশ থেকে অন্য কোশে জীনবস্তুর স্থানান্তরণ ঘটতে পারে।



চিত্র নং **18.1** ঃ গ্রিফিথের পরীক্ষার চিত্ররূপ

18.3 ট্রান্সফরমেশন ঃ পরীক্ষালব্ধ পর্যবেক্ষণ (Transformation : Experimental Evidence)

এফ গ্রিফিথ (F. Griffith) 1928 খ্রিস্টাব্দে নিউমোনিয়া রোগজীবাণু নিয়ে পরীক্ষা করতে গিয়ে দেখেন যে সংক্রামক *Streptococcus pneumoniae* ব্যাকটেরিয়ার দুটি strain (স্ট্রেইন) বা রূপভেদ প্রকৃতিতে বর্তমান। একটি হল মসৃণ বা Smooth (S) এবং অপরটি হল অমসৃণ বা Rough (R). S-strain ক্যাপসুল তৈরী করে এবং রোগ সৃষ্টিকারী, R-strain ক্যাপসুল তৈরী করে না এবং অসংক্রামক। তবে S ও R একত্রিত করে ইঁদুরে ইনজেকশন করলে সেটি মারা যায় এবং মৃত ইঁদুরের রক্তে প্রচুর পরিমাণে কেবলমাত্র S জীবাণু পাওয়া যায় অর্থাৎ S থেকে কিছু একটা R কোশে স্থানান্তরিত হয় যা R-strain এর মধ্যে একটি মৌলিক পরিবর্তন আনে এবং সেটি ক্যাপসুল তৈরী করতে পারে। এবার গ্রিফিথ S প্রকৃতির ব্যাকটেরিয়াকে তাপ প্রয়োগ করে অকার্যকরী করে দিয়ে জীবন্ত R প্রকৃতির কোশের সাথে মিশ্রিত করলেন এবং মিশ্রণটি দ্বারা ইঁদুরকে সংক্রামিত করলেন। দেখা গেল—ইঁদুর তো মারা যায় বটেই এবং সেটির রক্তের কেবল S জীবাণুই উপস্থিত, R নেই। 1944 খ্রিস্টাব্দে এই পরীক্ষাকে এগিয়ে নিয়ে যান আভেরী, ম্যাকলিয়য়েড ও ম্যাককার্টি (O.T. Avery; C. M. Mcleod and M. McCarty), তাঁরা দেখলেন যে বস্তুতঃ পক্ষে S প্রকৃতির কোশ থেকে R প্রকৃতির কোশে স্থানান্তরিত হয় DNA। প্রমাণের জন্য তাঁরা S প্রকৃতির কোশের DNA ও প্রোটিনকে আলাদা আলাদা ভাবে যথাক্রমে DNAse ও প্রোটিয়েজ উৎসেচক প্রয়োগে নিষ্ক্রিয় করে ফেললেন। এরপর প্রতিটি অংশের সাথে স্বতন্ত্রভাবে R কোশের মিশ্রণ তৈরী করলেন এবং আলাদা আলাদাভাবে দুটি মিশ্রণই ইঁদুরে ইনজেকশন করলেন। দেখা গেল যে প্রোটিয়েজ যুক্ত মিশ্রণে সব R কোশই S কোশে রূপান্তরিত এবং এই মিশ্রণ দ্বারা সংক্রামিত ইঁদুর মৃত। অপরপক্ষে DNAsc মিশ্রিত R কোশে কোন পরিবর্তন সাধিত হয় নি এবং ইঁদুর জীবিত। এই যুগান্তকারী পরীক্ষা দ্বারা নির্দ্বিধায় প্রমাণ করা গেলে যে DNA হল জীনবস্তু, প্রোটিন নয়, কারণ প্রোটিয়েজ ছাড়া প্রোটিন নিষ্ক্রিয় করার পরেও জিনোটাইপ বদল হচ্ছে, কিন্তু DNA নিষ্ক্রিয় হলে তা আর হয় না। এটাও প্রমাণ হল যে ব্যাকটেরিয়ার কোশ থেকে কোশান্তরে DNA এর স্থানান্তরের জন্য সর্বদা কোশগুলির মধ্যে সংযোগসাধনের প্রয়োজন হয় না (চিত্র 18.1)।

18.4 ট্রান্সফরমেশন ঃ সংজ্ঞা (Transformation : Definition)

যে পদ্ধতিতে ব্যাকটেরিয়া অন্য কোন ব্যাকটেরিয়া থেকে বা অন্য কোন সূত্র থেকে কোশমুক্ত (free)DNA গ্রহণ করে এবং সেই DNA কে জীনোমের অঙ্গীভূত করে নেয় তাকে বলে ট্রান্সফরমেশন। এক্ষেত্রে দাতা ব্যাকটেরিয়ার ও গ্রহীতা ব্যাকটেরিয়ার মধ্যে সংযোগস্থাপন জরুরী নয়। দাতা থেকে DNA খণ্ডক গ্রহীতা কোশ দ্বারা গৃহীত হয়। গ্রাম পজিটিভ ও গ্রাম নেগেটিভ — উভয় ব্যাকটেরিয়াতে ট্রান্সফরমেশন হয়। ট্রান্সফরমেশনের পর্যায়গুলি হল—(i) কমপিটেন্স-এর প্রকাশ, (ii) DNA গ্রহণ, (iii) DNA সংযুক্তি বা হোমোলোগাস রিকম্বিনেশন।

18.5 কমপিটেন্স (Comptence)

যে কোশ কোন বহিরাগত DNA নিজ কোশের অঙ্গীভূত করতে পারে এবং পরিবর্তিত বা transformed হতে পারে তাকে বলে কমপিটেন্ট (competent) কোশ। ব্যাকটেরিয়ার মধ্যে কেবলমাত্র অল্প কয়েকটি স্ট্রেইন এই ধর্ম প্রদর্শন করে। ধর্মটি জীনগত অর্থাৎ বংশানুক্রমিক, কোশের মধ্যে একটি বিশেষ ধরনের প্রোটিন এই ধর্ম নিয়ন্ত্রণ করে। এই প্রোটিন, যা কমপিটেন্স প্রদান করে, তা সম্ভবতঃ কোশ পর্দার সঙ্গে সংশ্লিষ্ট DNA বন্ধনকারী প্রোটিন বা কোশ প্রাচীর ভঙ্গক অটোলাইসিন বা বিভিন্ন নিউক্লিয়েজ যা DNA কে খণ্ডীভূত করতে সক্ষম। অর্থাৎ কমপিটেন্স কোন একটিমাত্র

প্রোটিনের দ্বারা নিয়ন্ত্রিত নয়। আরও একটি ব্যাপার লক্ষ্য করবার মত। তা হল এই যে, কমপিটেন্স ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধির দশা এবং কৃষ্টিমাধ্যমে প্রদত্ত উপাদানের উপরও অনেকটা নির্ভরশীল। যেমন, *Bacillus* ও *Streptococcus* উভয় ব্যাকটেরিয়ার মধ্যে তুলনা করলে দেখা যায় প্রথমটির মাত্র 20% কোশ কমপিটেন্ট অবস্থায় যেতে সক্ষম এবং এই অবস্থায় কোশগুলি বেশ কয়েক ঘণ্টা থাকতে পারে। অপরপক্ষে *Streptococcus* এর কৃষ্টিমাধ্যমে সমস্ত কোশ (100%) কমপিটেন্ট হয়ে উঠতে পারে কিন্তু এই অবস্থা মাত্র কয়েক মিনিট স্থায়ী হয়।

18.5.1 স্বাভাবিক কমপিটেন্স (Natural Competence)

স্বাভাবিক কমপিটেন্স হল গ্রহীতা কোশের জীনগত বৈশিষ্ট্যের প্রকাশ। কখনও কখনও স্বাভাবিক কমপিটেন্স যে DNA গ্রহীতা কোশ দ্বারা গৃহীত হবে সেটির নিউক্লিটাইড বিন্যাসের উপর নির্ভরশীল। গ্রাম পজিটিভ ও গ্রাম নেগেটিভ ব্যাকটেরিয়াতে ভিন্ন ভিন্ন উপায়ে স্বাভাবিক পরিস্থিতিতে প্রকৃতিতে একটি কোশ কমপিটেন্ট (competent) হয়ে ওঠে।

গ্রাম +ve ব্যাকটেরিয়ায় কমপিটেন্স ঃ *Bacillus subtilis* এবং *Streptococcus pneumoniae* তে কমপিটেন্স দশাটি কোশের *com* অপরণের (operon) কার্যকারিতার উপর নির্ভরশীল। অপেরণ হল একই সঙ্গে সংশ্লেষিত একাধিক সংলগ্ন লীন *com* অপেরণের জীনগুলি সাধারণ অবস্থায় সুপ্ত থাকে, কিন্তু কোশের কমপিটেন্ট দশা আনয়নের জন্য সেগুলোর সুপ্ত দশামুক্তি ঘটা দরকার ও কার্যকরী হওয়া দরকার। এই কার্যকারিতা একাধিকভাবে কোশের পরিবর্তন ঘটায়। নতুন *com* প্রোটিন উৎপাদনের ফলে কোশ পর্দায় ও কোশ প্রাচীরে নতুন চ্যানেল সৃষ্টি হয় যার মধ্যে দিয়ে DNA (বাহিরের DNA বা foreign DNA) খণ্ডক গ্রহীতা কোশের অভ্যন্তরে প্রবেশ করতে পারে। এই com প্রোটিনগুলির প্রভাবে কোশ এক ধরনের exonuclease তৈরী করে যা DNA খণ্ডককে দ্বিতন্ত্রী থেকে একতন্ত্রীতে পরিণত করে দেয়। গ্রাম পজিটিভ ব্যাকটেরিয়ার ট্রান্সফরমেশন একতন্ত্রী DNA দ্বারা সাধিত হয় বলে এই এক্সোনিউক্লিয়েজ উৎসেচকের কাজটি গুরুত্বপূর্ণ। কোন কোন ক্ষেত্রে com প্রোটিনের প্রভাবে কোশ নতুন পিলি উৎপাদন করে। যেমন *S. pneumoniae* তে কমপিটেন্স এর প্রভাবে কোশের মধ্যে যে পরিবর্তন হয় তা এককথায় PSTC নামে পরিচিত। P = Pili বা পিলি গঠন; S=Secretion বা ক্ষরণ; T=Twitching motion বা ক্ষীণ চলন এবং C=Competence বা DNA গ্রহণ ক্ষমতা এই পরিবর্তনের বহিঃপ্রকাশ, অর্থাৎ *com* জীনের প্রভাবে গ্রহীতা কোশে Pili গঠিত হয়, নতুন প্রোটিনের ক্ষরণ (secretion) হয়। কোশের ক্ষীণ চলন (twitch) দেখা যায় এবং সর্বোপরি কোশটি বহিঃস্থ DNA গ্রহণে (competent) সক্ষম হয়ে ওঠে।

গ্রাম নেগেটিভ ব্যাকটেরিয়ায় কমপিটেন্স ঃ গ্রাম নেগেটিভ জীবাণুগুলির মধ্যে *Haemophilus* ও *Neisseria* তে Competence পদ্ধতি বিশেষভাবে পর্যালোচিত হয়েছে। *Haemophilus* এর ক্ষেত্রে দেখা যায় কেবলমাত্র সেই DNA খণ্ডকই গৃহীত হতে পারে যেটিতে বিশেষ একটি নিউক্লাওটাইড বিন্যাস আছে। 5′ AAG TGC GGT CA 3′ এই 11 bp নিউক্লিওটাইড বিন্যাস DNA খণ্ডকের মধ্যে থাকলে তবেই সেটি *Haemophilus influenzae* গ্রহীতা দ্বারা গৃহীত হয়।

Neisseria তে একটি ব্যতিক্রমী ব্যাপার দেখা যায়। সাধারণভবে অন্য সব ব্যাকটেরিয়ার ক্ষেত্রে competence এর ফলে DNA খণ্ডকটি একতন্ত্রীতে রূপান্তরিত হয় এবং ট্রান্সফরমেশনের পূর্বশর্ত সেটাই। এক্ষেত্রে কিন্তু দ্বিতন্ত্রী DNA খণ্ডক দ্বারা ট্রান্সফরমেশন হয়ে থাকে।

18.5.2 প্রণোদিত কমপিটেন্স (Induced Competence)

স্বাভাবিকভাবে ট্রান্সফরমেশন প্রক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী ব্যাকটেরিয়ার সংখ্যা সীমাবদ্ধ। *Azotobacter, Bacillus, Haemophilus* ইত্যাদি হল কয়েকটি স্বাভাবিকভাবে ট্রান্সফরমেশনকারী ব্যাকটেরিয়ার উদাহরণ। তবে

কৃষ্টিমাধ্যমের তারতম্য ঘটিয়ে বা তাপমাত্রার তারতম্য ঘটিয়ে অন্য বহু ব্যাকটেরিয়াকে কমপিটেন্ট করে তোলা যায়। *E. coli* ব্যাকটেরিয়ায় Ca^{++} আয়নের ঘনত্ব বাড়ালে এবং কম তাপমাত্রায় কোশকে রাখলে (cold-shock) দিলে কোশগুলি কমপিটেন্ট হয়ে ওঠে।

বর্তমান কালে কৃত্রিম কমপিটেন্স আরোপের গুরুত্ব কমেছে ইলেকট্রোপোরেশন পদ্ধতি আবিষ্কারের ফলে। এই পদ্ধতিতে বিদ্যুতরঙ্গের প্রভাবে কোশ পর্দায় ক্ষুদ্র ছিদ্র সৃষ্টি করে বহিরাগত DNA প্রবেশের পথ সৃষ্টি করে দেওয়া যায়।

18.6 DNA গ্রহণ (Uptake of DNA)

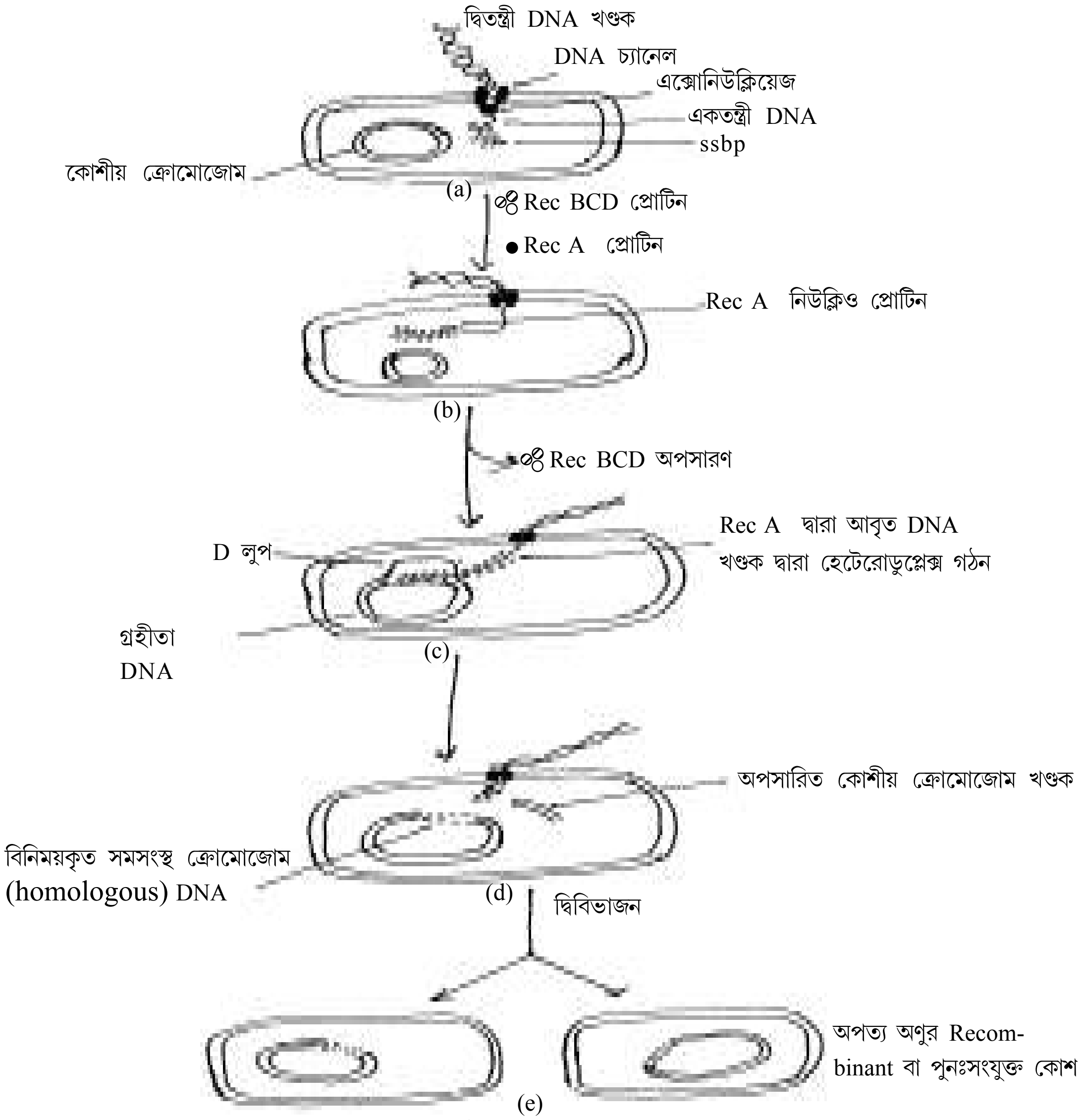
কমপিটেন্ট কোশ বহিরাগত DNA নিজ কোশে গ্রহণ করলেই ট্রান্সফরমেশন হয়। এই DNA গ্রহণ পদ্ধতি ব্যাকটেরিয়া বিশেষ ভিন্ন ভিন্ন। *Haemophilus* (হিমোফিলাস) নামক গ্রাম নেগেটিভ ব্যাকটেরিয়া দ্বিতন্ত্রী DNA গ্রহণ করতে পারে, যদিও জীনগত সংযুক্তির জন্য একতন্ত্রী DNA খণ্ডক প্রয়োজনীয়। অপর পক্ষে গ্রাম পজিটিভ *Streptococcus* (স্ট্রেপটোকক্কাস) ও *Bacillus* (ব্যাসিলাস)-এ কেবলমাত্র একতন্ত্রী DNA খণ্ডকই গৃহীত হয়। স্বাভাবিক অবস্থায় DNA দ্বিতন্ত্রী। সুতরাং গ্রহণের পূর্বে এই DNA'র পরিপূরক তন্ত্রীটি বিনষ্ট হয়। অপরপক্ষে *Haemophilus* 'এ দ্বিতন্ত্রী DNA এর একটি তন্ত্র গ্রহীতা জিনোমে পুনঃসংযুক্ত হয় এবং পরিপূরক তন্ত্রীটি গ্রহণের পরে বিনষ্ট হয়।

লক্ষ্যণীয় এই যে, ট্রান্সফরমেশন 'এ অংশগ্রহণকারী DNA কখনই বহিরাগত কোন অণুজীবের সম্পূর্ণ জীনোম নয়—তার চাইতে অনেক অনেক ক্ষুদ্রতর। কমপিটেন্ট ব্যাকটেরিয়ার দ্বারা গৃহীত হবার আগে এই ক্ষুদ্রতর খণ্ডক আরো ক্ষুদ্র হয়ে যায়। উদাহরণস্বরূপঃ *Streptococcus pneumoniae* এর কমপিটেন্ট কোশ বহিরাগত 10টি 15-20kb দীর্ঘ দ্বি-তন্ত্রী খণ্ডককে গ্রহণে সক্ষম। কিন্তু গ্রহণের পূর্বে প্রতিটি খণ্ডক 8kb দীর্ঘ একতন্ত্রী খণ্ডকে রূপান্তরিত হয়। (Kb=Kilobases অর্থাৎ 1kb মানে হল 1000 বেসবিশিষ্ট খণ্ডক)

এখন প্রশ্ন হল পরীক্ষাগারে প্রাপ্ত ট্রান্সফরমেশন 'এর প্রমাণ প্রকৃতিতে এই পদ্ধতির উপস্থিতি আদৌ প্রমাণ করে কী? পূর্বেই বলা হল যে *Haemophilus influenzae,* (হিমোফিলাস ইনফ্লুয়েনজি) নামক ব্যাকটেরিয়ার জীনোম একটি বিশেষ ধরনের ক্ষার বিন্যাসক্রম থাকলেই সেটি কমপিটেন্ট হয়ে ওঠে। এই বিন্যাসক্রম যদি কৃত্রিমভাবে বিনষ্ট করে দেওয়া যায় তাহলে কমপিটেন্স অবলুপ্ত হয়। প্রকৃতিতে প্রাপ্ত *Haemophilus influenzae* এর বিভিন্ন strain এ এই ক্ষার বিন্যাসক্রম বহুল পরিমাণে পাওয়া যায়। এর থেকে প্রমাণিত হয় যে ট্রান্সফরশেন কেবলমাত্র পরীক্ষাগারের পরিবেশে কৃত্রিমভাবে ঘটানো ঘটনা নয়।

18.7 DNA-এর সংযুক্তি (Recombiation of DNA)

হোমোলোগাস রিকম্বিনেশন-এর মাধ্যমে অনুপ্রবিষ্ট DNA গ্রহীতা জীনোমে সংযুক্তির ফলে ট্রান্সফরমেশন সম্পূর্ণ হয়। পূর্বেই বলা হয়েছে গৃহীত DNA এক বা দ্বিতন্ত্রী হতে পারে কিন্তু সংযুক্ত DNA সর্বদাই, দ্বিতন্ত্রী। DNA কে একতন্ত্রী করার কাজটি করে গ্রহীতা কোশের নিউক্লিয়েজ নামক উৎসেচক। তাহলে প্রশ্ন আসে একতন্ত্রী DNA নিউক্লিয়েজ আক্রমণের হাত থেকে বাঁচে কী করে? বস্তুতপক্ষেঃ একতন্ত্রী সংযুক্ত হবার জন্য তৈরী DNA খণ্ডকটির সঙ্গে জুড়ে যায় কমপিটেন্স প্রোটিন।



চিত্র নং 18.2 ঃ ট্রান্সফরমেশন পদ্ধতির বিভিন্ন পর্যায়

(a) কমপিটেন্ট কোশ দ্বারা বহিঃস্থ DNA খণ্ডক গ্রহণ, DNA চ্যানেলের মাধ্যমে দ্বিতন্ত্রী DNA অনুপ্রবেশের কালে এক্সোনিউক্লিয়েজ নামক উৎসেচক দ্বারা একতন্ত্রীতে রূপান্তরিত হয়। SSbp = Single strand binding protein এই একতন্ত্রী খণ্ডকটিকে বিনষ্ট হবার হাত থেকে রক্ষা করে।

(b) Rec BCD প্রোটিনের প্রভাবেও দ্বিতন্ত্রী DNA এর একতন্ত্রীকরণ হয় এবং Rec A নামক প্রোটিন এই একতন্ত্রী DNA এর সঙ্গে সংযুক্ত হয়ে Rec A নিউক্লিওপ্রোটিন যৌগ গঠন করে।

(c) Rec A দ্বারা আরও একতন্ত্রী খণ্ডক এবার গ্রহীতা DNA কে উন্মুক্ত (open) করে ফলে গ্রহীতা DNA এর মধ্যে D-আকৃতি লুপ গঠিত হয়। বহিঃস্থ DNAঐ লুপে প্রবেশ করে সমসংস্থ অঞ্চল খুঁজে নেয়।

(d) সমসংস্থ অঞ্চলে খণ্ডক বিনিময় হয়। (e) গ্রহীতা কোশ বিনিময় কৃত খণ্ডক নিয়েই নতুন পুনঃসংযোজিত (recombinant) কোশগোষ্ঠী গঠন করে।

ফলে নিউক্লিয়েজ তখন এই DNA কে কাটতে পারে না। বহিরাগত DNA গ্রহীতা জীনোমের কাছে পৌঁছালে Rec A প্রোটিনের প্রভাবে এটি বিসমসংস্থদ্বিতন্ত্রী বা হেটেরোডুপ্লেকস্ গঠন করে সংযুক্ত হয় (চিত্র 18.2 দ্রষ্টব্য)। একতন্ত্রী DNA কে Rec A প্রোটিন আবৃত করে ফেলে, ফলে RecA নিউক্লিওপ্রোটিন গঠিত হয়। এই যৌগ গ্রহীতা DNA এর মধ্যে অনুপ্রবেশ করতে পারে। অনুপ্রবেশের ফলে গ্রহীতা DNA তে ক্ষারগুলির মধ্যে H-বন্ধনী ভেঙ্গে যায় ও সেটি একটি মুক্ত D-আকৃতি লুপ গঠন করে। এই লুপের মধ্যে বহিঃস্থ DNA অনুপ্রবিষ্ট হয়। যদি বহিঃস্থ DNA-তে গ্রহীতা খণ্ডকের প্রতিরূপ কোন সমসংস্থ অঞ্চল থাকে তাহলে সেই অংশের জন্য খণ্ডক বিনিময় হয় এবং তখনই ট্রান্সফরমেশন সম্পূর্ণ হয়।

■ **অনুশীলনী - 1**

1. নিউমোনিয়া রোগসৃষ্টিকারী জীবাণু *Diplococcus pneumoniae* (ডিপ্লোকক্কাস নিউমোনি) দ্বারা সংঘটিত পরীক্ষায় প্রাপ্ত কতকগুলি নিরীক্ষার কথা বামদিকে দেওয়া হল। পাশের শূন্যস্থানে আপনি সিদ্ধান্তগুলি লিখুন ঃ

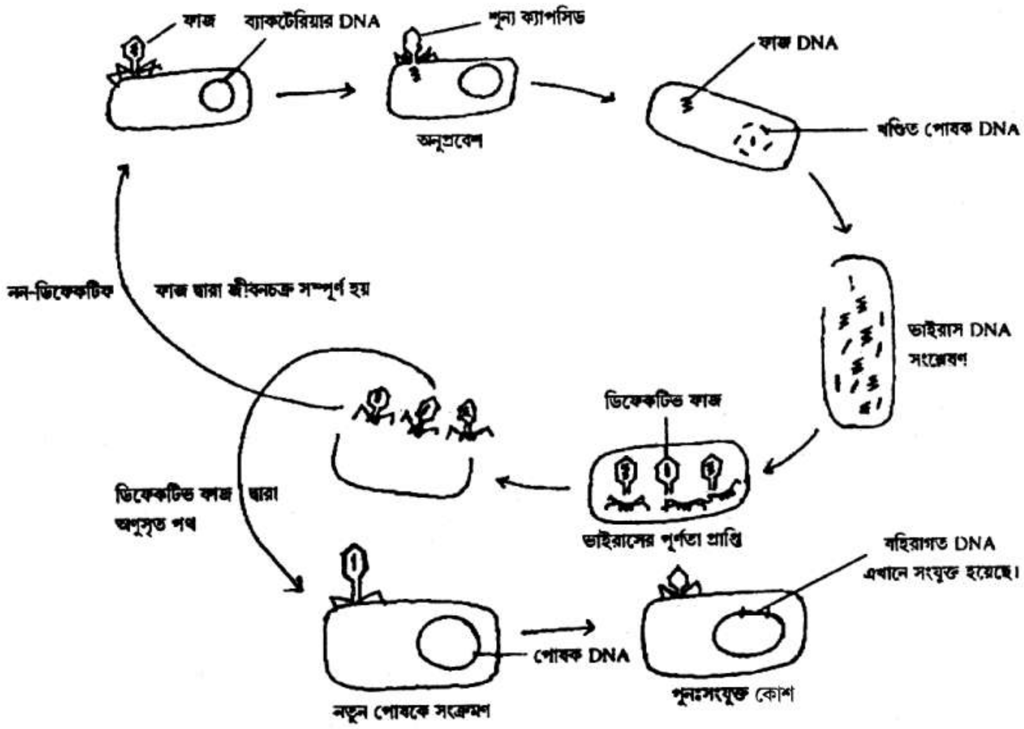
নিরক্ষী	সিদ্ধান্ত
(i) জীবাণুর 'S' বা মসৃণরূপ ইঁদুরের মৃত্যু ঘটায় R বা অমসৃণ রূপ নয়	________
(ii) তাপদ্বারা নিষ্ক্রিয় S ও R প্রকৃতির ব্যাকটেরিয়া একত্রে ইনজেকশন করলে ইঁদুর মারা যায়।	________
(iii) তাপদ্বারা নিষ্ক্রিয় S জীবাণুর DNA ও R প্রকৃতির কোশ একত্রে ইনজেকশন করলে ইঁদুর মারা যায়।	________
(iv) S জীবাণু প্রোটিন এবং R কোশ একত্রে ইনজেকশন করলে ইঁদুর সংক্রামিত হয় না।	________

18.8 ট্রান্সডাকশন (Transduction)

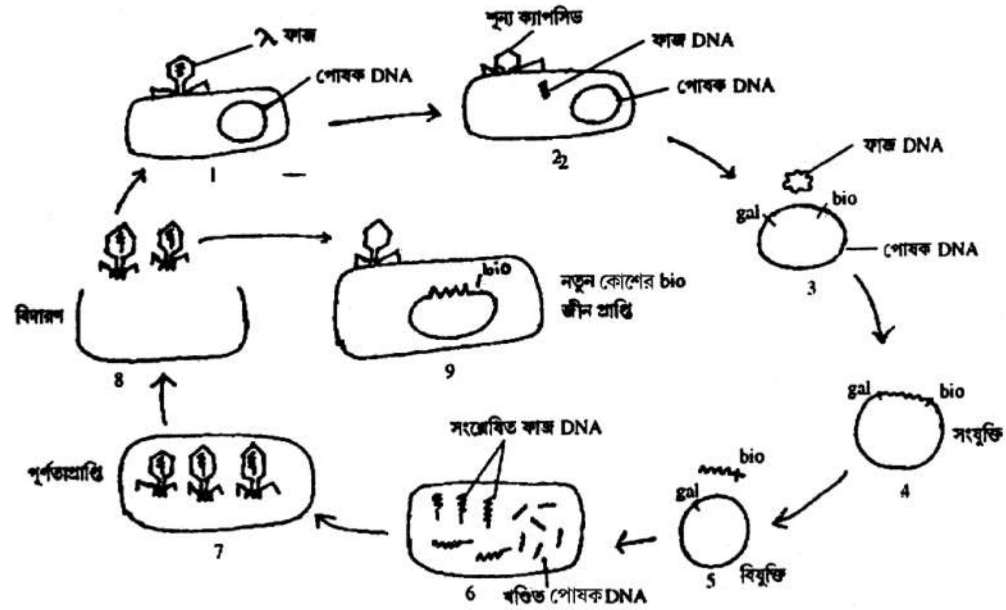
ব্যাকটেরিওফাজ্ কখনও কখনও ব্যাকটেরিযার জিন বহন করে নিয়ে যায় এক কোশ থেকে অন্য কোশে। এই পদ্ধতিকে ট্রান্সডাকশন বলে। ট্রান্সডাকশন দুই রকমের হয় (1) সাধারণ বা জেনারালাইজ (generalized) ট্রান্সডাকশন ও (2) বিশেষ বা স্পেশলাইজড্ (specialized) ট্রান্সডাকশন।

18.8.1 জেনারালাইজড্ ট্রান্সডাকশন্ (Generalized Transduction)

লাইটিক ব্যাকটেরিওফাজ ব্যাকটেরিয়াকে সংক্রামিত করলে ফাজ DNA প্রতিলিপি তৈরী করতে শুরু করে এবং অন্যদিকে ব্যাকটেরিয়ার ক্রোমোজোমকে কেটে টুকরো করে ফেলে। এ সম্পর্কে আমরা ভাইরাসের সংখ্যাবৃদ্ধির পদ্ধতিটি (12.2.3) স্মরণ করতে পারি। ফাজ জিনোমের প্রতিলিপিকরণ সম্পূর্ণ হলে নিউক্লিওক্যাপসিড বা ভিরিওন তৈরী হয়। এই সময় কখনও কখনও ভুলক্রমে ব্যাকটেরিয়া ক্রোমোজোমের খণ্ডাংশ ক্যাপসিডের মধ্যে প্রবেশ করে যায়। ফলে যে নিউক্লিওক্যাপসিড তৈরী হয় তা নতুন পোষক কোশের শরীরে আবদ্ধ হতে পারে, এবং নতুন DNA এর অনুপ্রবেশ ঘটাতে পারে যেহেতু আবদ্ধ হওয়া ও DNA অনুপ্রবেশ করার জন্য ক্যাপসিড প্রোটিন ও পোষক



চিত্র নং **18.3** ঃ সাধারণ বা **generalized** ট্রান্সডাকশন



চিত্র নং **18.4** ঃ স্পেশালাইজড ট্রান্সডাকশন

কোশের গ্রহীতা অংশ দায়ী। কিন্তু লাইটিক চক্র সম্পূর্ণ করতে পারে না কারণ, ঐ **DNA আদৌ ফাজ DNA নয়।** এই ধরনের ফাজকে **ডিফেকটিভ ফাজ** (defective phage) ও বলে। এখন ঐ DNA পোষক কোশের মধ্যে প্রবেশ করে যদি পোষকের ক্রোমোজেমের সাথে খণ্ড বিনিময় হয় এবং সেই খণ্ড যদি এমন কোন জিন বহন করে যা গ্রহীতায় ছিল না তবে গ্রহীতা কোশকে আমরা পুনঃ সংযোজিত কোশ বলতে পারি। যেমন ধরা যাক পোষক খণ্ড বিনিময়ের পূর্বে leucine নামক অ্যামাইনো অ্যাসিড তৈরী করতে পারত না (leu^-)। ফাজবাহিত খণ্ডকটি যদি leu^+ জীনটি বহন করে তাহলে খণ্ড বিনিময়ের ফলে এখন পোষাকের জীনোটাইপ হয়ে যাবে leu^+ অর্থাৎ সেটি leucine তৈরীতে সক্ষম হবে, অর্থাৎ পোষক হয়ে গেল Recombinant। তবে ঐ DNA পোষক কোশের নিউক্লিয়েজ দিয়ে ধ্বংস হওয়ার সম্ভাবনাও থাকে না। নিউক্লিওক্যাপসিড তৈরী হওয়ার সময় ব্যাকটেরিয়া ক্রোমোজোমের যে কোনো অংশ ক্যাপসিড কেন্দ্রকে ঢুকে যেতে পারে। তাই যে কোন জীন নতুন পোষক কোশে প্রবেশ করতে পারে। কোন সুনির্দিষ্ট জীন স্থানান্তরের সম্ভাবনা থাকে না বলেই একে সম্ভাব্যতার অর্থে সাধারণ বা জেনারেলাইজড ট্রান্সডাকশন বলে। (চিত্র 18.3)।

18.8.2 বিশেষ বা স্পেশালাইজড্ ট্রান্সডাকশন্ (Specialized Transduction)

যখন ব্যাকটেরিয়ার কোন নির্দিষ্ট জীন লাইসোজেনিক ব্যাকটেরিওফাজের মাধ্যমে এক ব্যাকটেরিয়া থেকে অন্য ব্যাকটের্রিয়াতে স্থানান্তরিত হয় তখন তাকে বিশেষ ট্রান্সডাকশন বলে। লাইসোজেনিক বা টেমপারেট ব্যাকটেরিওফাজই স্পেশালাইজড ট্রান্সডাকশন ঘটায়। লাইসোজেনিক ফাজ সংক্রামিত ব্যাকটেরিয়াকে ধ্বংস করে না, পরিবর্তে ফাজের DNA ব্যাকটেরিয়ার জিনোমে সংযুক্ত হয়ে যায়। এই অবস্থায় ফাজ DNA এর স্বাতন্ত্র্য সাময়িকভাবে অবলুপ্ত হয়। ব্যাকটেরিয়ার ক্রোমোজোমের বিভাজনের সাথে সাথে এটিও বিভাজিত হতে থাকে। উদাহরণ ঃ ল্যাম্বডা ফাজ (λ) । কিন্তু প্রয়োজনে λ ফাজ ব্যাকটেরিয়ার ক্রোমোজোম থেকে বিযুক্ত হয়ে যায়। λ ফাজ জোড়া লাগার নির্দিষ্ট জায়গা আছে ব্যাকটেরিয়ার জিনোমের মধ্যে। জীনোমের এই অংশ att নামে পরিচিত। λ ফাজ যখন বিচ্ছিন্ন হয়ে লাইটিক চক্রে প্রবেশ করে তখন পোষক DNA থেকে সেটি নিখুঁত ভাবে বেরিয়ে আসে (precise excision) এবং লাইটিক চক্র শুরু করে। **তবে কখনও কখনও ফাজ DNA ব্যাকটেরিয়ার ক্রোমোজোম থেকে বেরিয়ে আসার সময় সঠিকভাবে বেরিয়ে না এসে ব্যাকটেরিয়ার জিনোমের কিছু অংশ কেটে নিয়ে বেরিয়ে আসে।** একটি উদাহরণ দিলে ব্যাপারটা পরিষ্কার হয়। *E. coli* ব্যাকটেরিয়ার att জীনের দুপাশে আছে gal^+ ও bio^+ (যথাক্রমে গ্যালাকটোজ ব্যবহার ও বায়োটিন তৈরীর জীন)। লাইসোজেনিক পর্যায় থেকে ফাজ যখন লাইটিক্র চক্রে প্রবেশ করে তখন এমনও হতে পারে যে সেটি বিচ্ছিন্ন হবার সময় gal^+ অথবা bio^+ জীন নিয়ে বেরিয়ে এলো। এটা বিচ্ছিন্ন হবার পদ্ধতিতে ত্রূটির কারণেই হয়। কিন্তু, এই ত্রূটি ব্যাকটেরিয়ার জীন সংযুক্তির পক্ষে গুরুত্বপূর্ণ। লাইটিক চক্রে প্রবেশের পর ফাজ কণিকা তৈরী হওয়া শুরু হয়। ফাজ কণিকাগুলি ফাজ DNA ছাড়াও gal^+ বা bio^+ জীন ক্যাপসিডে ধারণ করে। ঐ λ ফাজ এর জীনোটাইপ λ *gal* বা λ *bio* নামে পরিচিত। λ *gal* যখন কোন পোষকে প্রবেশ করে তখন পোষক কোশ সংক্রামিত হলেও ধ্বংস হয় না। কারণ λ *gal* বা λ *bio* ফাজগুলি অসম্পূর্ণ বা defective ফাজ। এরা *gal* বা *bio* জীনের বিনিময়ে যে খণ্ডাংশ ব্যাকটেরিয়ার মধ্যে রেখে আসে তার অভাবে সংক্রামিত কোশে ফাজ জীবনচক্র সম্পূর্ণ হতে পারে না। এইভাবে নতুন পোষক কোশে হয় গ্যালাকটোজ ব্যবহার করার জীন অথবা বায়োটিন তৈরী করার জন্য জীন এক ব্যাকটেরিয়া থেকে অন্য ব্যাকটেরিয়াতে চলে যায়। (চিত্র 18.4)। এ ক্ষেত্রে ফাজ দ্বারা কেবলমাত্র বিশেষ জীন *gal* বা *bio* এক কোশ থেকে অন্য স্থানান্তরিত হতে পারে। এই কারণে একে বিশেষ বা specialized transduction বলে।

■ **অনুশীলনী - 2**

1. **নিম্নের বিষয়গুলি সম্পর্কে সংক্ষেপে লিখুন ঃ**

   (a) ডিফেক্টিভ ফাজ

   উত্তর ঃ

   (b) লাইসোজেনিক ভাইরাস

   উত্তর ঃ

   (c) সাধারণ বা জেনারেলাইজড ট্রান্সডাকসন

   উত্তর ঃ

   (d) বিশেষ বা স্পেশালাইজড ট্রান্সডাকশন

   উত্তর ঃ

18.9 সারাংশ (Summary)

ব্যাকটেরিয়ার কখনও কখনও কোশমুক্ত DNA কে গ্রহণ করে নিতে পারে এবং নিজের জিনোমে যুক্ত করে নিতে পারে। এই পদ্ধতিকে ট্রান্সফরমেশন বলে। শারীরবৃত্তীয় এক বিশেষ অবস্থা বা কমপিটেন্স প্রোটিনের উপস্থিতিতে বাইরে থেকে DNA কোশের মধ্যে প্রবেশ করতে পারে। কমপিটেন্স এর গুরুত্ব এই যে, অন্য অবস্থায় কোনভাবে DNA কোশের মধ্যে প্রবেশ করে তাহলে সেই DNA কে নিউক্লিয়েজ উৎসেচক কেটে ফেলে ধ্বংস করে দেয়। এফ্ গ্রিফিথ 1928 সালে প্রথম দেখান যে বিশেষ ক্ষেত্রে মৃত ব্যাকটেরিয়ার ধর্ম জীবিত ব্যাকটেরিয়াতে চলে যেতে পারে। 1944 খ্রিস্টাব্দে প্রমাণিত হয় যে ঐ পরিবর্তনের কারণ DNA অণু।

ভাইরাস দ্বারা অনেক জিন এক ব্যাকটেরিয়া অন্য অন্য ব্যাকটেরিয়াতে স্থানান্তরিত হয়। এই পদ্ধতি ট্রান্সডাকশন্ বলে পরিচিত। ট্রান্সডাকশন্ দুই প্রকারের হয় (1) জেনারাইলজড্ ট্রান্সডাকশন হল যখন ব্যাকটেরিয়ার যে কোন DNA অংশ এক ব্যাকটেরিয়া থেকে অন্য ব্যাকটেরিয়াতে চলে যায় (2) স্পেশালাইজড্ ট্রান্সডাকশন্ হল—যখন ব্যাকটেরিওফাজ প্রোফাজ অবস্থা থেকে বেরিয়ে এসে লাইটিক চক্রে যাবার জন্য তৈরি, তখন যদি কোন ভাবে ব্যাকটেরিয়া ক্রোমোজোমের জীন ভুলক্রমে তুলে নিয়ে আসে এবং তা নতুন ব্যাকটেরিয়া ক্রোমোজোমে স্থানান্তরিত হয়। এই ধরনের ঘটনা প্রায়ই ব্যাকটেরিয়া মধ্যে দেখা যায়। ইউক্যারিওটিক জীবদের মধ্যেও এই সকল ঘটনা দেখা যায় তবে এর হার বেশ কম।

18.10 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী (Terminal Questions)

(1) ট্রান্সফরমেশন বলতে কী বোঝায়? একটি পরীক্ষার সাহায্যে ব্যাকটেরিয়ার ট্রান্সফরমেশন পদ্ধতির প্রামাণ্য ব্যাখা দিন।

(2) ট্রান্সডাকশন কয় প্রকার ও কী কী? চিত্র সহকারে বিভিন্ন রকম ট্রান্সডাকশন পদ্ধতির ব্যাখ্যা প্রদান করুন।

(3) স্বাভাবিক ও আরোপিত কমপিটেন্স বলতে কী বোঝায়? গ্রাম +ve ও গ্রাম –ve ব্যাকটেরিয়াতে কিভাবে কমপিটেন্স-এর প্রকাশ ঘটে তা ব্যাখ্যা করুন।

(4) চিত্র সহ ট্রান্সফরমেশনের পর্যায়গুলি দেখান।

18.11 উত্তরমালা

অনুশীলনী -1

1. (i) S বা মসৃণ কোশ বিশিষ্ট জীবাণু হল সংক্রামক স্ট্রেইন, R কোশ হল অসংক্রামক স্ট্রেইন।

(ii) তাপদ্বারা নিষ্ক্রিয় S থেকে সংক্রমণের জন্য প্রয়োজনীয় ধর্মটি R কোশে রূপান্তরিত হয়। ফলে অসংক্রামক R কোশ সংক্রামক S জীবাণুতে রূপান্তরিত হয়।

(iii) প্রয়োজনীয় ধর্মটি DNA তে অবস্থান করে তাই R কোশ S-DNA এর উপস্থিতিতে সংক্রামক ধর্ম লাভ করে। সুতরাং DNA হল জীন বস্তু।

(iv) প্রোটিন জীন বস্তু নয়। তাই R কোশ S প্রোটিন এর সাথে একত্রিত রূপেও কোন রূপান্তর দেখায় না। ফলে সেটি অসংক্রামক থেকে যায়।

অনুশীলনী -2

(a) ব্যাকটেরিওফাজ যখন লাইটিক চক্রে পুনর্গঠনকালে ভুলক্রমে নিজের ক্যাপসিডে ব্যাকটেরিয়ার DNA এর খণ্ডবিশেষ ঢুকিয়ে নেয়—তখন তাকে বলে ডিফেকটিভ ফাজ কারণ এরা অসম্পূর্ণ বলে বংশবৃদ্ধি করতে পারে না।

(b) যে ভাইরাস (ব্যাকটেরিফাজ) পোষক ব্যাকটেরিয়ার সাইটোপ্লাজমে অনুপ্রবিষ্ট হবার পর তার DNA টিকে ব্যাকটেরিয়ার DNA এর মধ্যে সংযুক্ত করে ফেলে নিজস্ব স্বাতন্ত্র্যের সাময়িকভাবে অবলুপ্তি ঘটায় তখন তাকে বলে লাইসোজেনিক ভাইরাস।

(c) ডিফেকটিভ ফাজ দ্বারা সংঘটিত ট্রান্সডাকশন।

(d) লাইসোজেনিক ফাজ দ্বারা সংঘটিত ট্রান্সডাকশন।

সর্বশেষ প্রশ্নাবলী ঃ

1. চিত্র 18.1 এর সাহায্য নিয়ে ট্রান্সফরমেশন পদ্ধতিটির পরীক্ষাগারে প্রাপ্ত ব্যাখ্যা সহজ ভাষায় লিখুন।
2. ট্রান্সডাকশন পদ্ধতি 18.8 অংশে আলোচিত। জেনারেলাইজড এবং স্পেশালাইজড ট্রান্সডাকশন কিভাবে হয় তা চিত্র 18.3 ও 18.4 এর সাহায্যে নিয়ে লিখুন।
3. 18.5 অংশ দেখুন।
4. চিত্র 18.2-তে পর্যায়গুলি দেখানো আছে।

একক 19 ❑ বাস্তুসংস্থান (Microbial Ecology)

গঠন

19.1 উদ্দেশ্য

19.2 প্রস্তাবনা

19.3 জীবাণুদের বাস্তুতান্ত্রিক গুরুত্ব

19.3.1 মাটিতে জৈব পদার্থের পচন

19.3.2 জলদূষণ ও জীবাণু

19.4 ভূজৈব রাসায়নিক চক্র ও অণুজীব

19.4.1 নাইট্রোজেন চক্র

19.4.2 সালফার চক্র

19.4.3 ফসফরাস চক্র

19.5 উদ্ভিদকোশ ও জীবাণুর আন্তর্সম্পর্ক

19.5.1 গুটি সৃষ্টিকারী ব্যাকটেরিয়া

19.5.2 মূলে অর্বুদ সৃষ্টি

19.6 মানবদেহে স্বাভাবিক জীবাণুগোষ্ঠী

19.6.1 সংক্রমণপথ ও সংক্রামক জীবাণু

19.8 সারাংশ

19.9 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

19.10 উত্তরমালা

19.1 উদ্দেশ্য

আলোচ্য এককে আপনারা এই বিষয়গুলি সম্পর্কে জানতে পারবেন—

- জীবাণুর অণু পরিবেশ (microenvironment) কী?
- জলের জীবাণু বৈচিত্র্য কেমন?
- উদ্ভিদদেহের সাথে জীবাণুর বিশেষ সম্পর্ক কী?
- মানব শরীরের স্বাভাবিক জীবাণু বাস্তুসংস্থান কীরকম?
- সংক্রমণ কী? সংক্রামক জীবাণুগুলির মধ্যে মুখ্য কয়েকটির উদাহরণ।

19.2 প্রস্তাবনা

অণুজীববিদ্যার পূর্ববর্তী এককগুলি আলোচনা প্রসঙ্গে আমরা দেখেছি জীবাণুর আকারটি ছোট হলেও তার জগৎটি বিশাল। এই বিশালতা যেমন তার আকার বা শারীরবৃত্তীয় বৈশিষ্ট্যের মধ্যে প্রতীয়মান তেমনই তার আবাস বা বাস্তুসংস্থানের বৈচিত্র্য অতি সহজেই প্রণিধানযোগ্য। এই বাস্তু বৈচিত্র্য যেমন আমাদের সাথে সহ অবস্থানে আমাদের কখনও কখনও ক্ষতিসাধন করতে পারে আবার একাধিক কারণে তা আমাদের জীবনের সাথে অঙ্গাঙ্গীভাবে জড়িয়ে থাকে। আমরা চাই বা না চাই জীবাণু ছাড়া প্রকৃতির চলবে না। প্রকৃতির উপাদানগুলির ভারসাম্য বজায় রাখতে জীবাণুর উপস্থিতি একান্ত জরুরী।

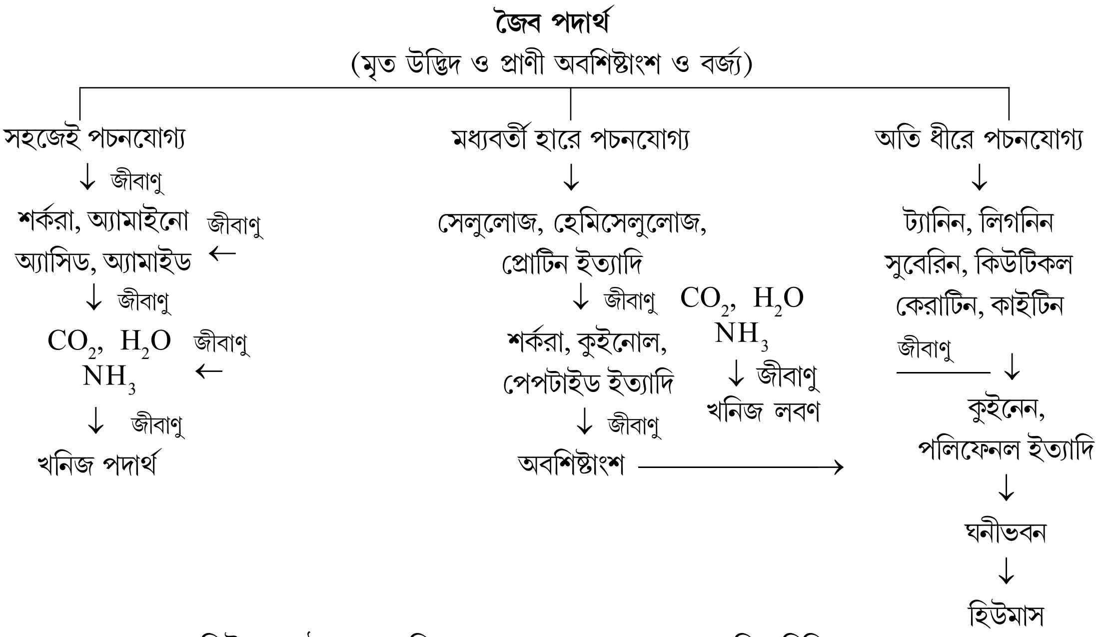
অণুজীববিদ্যার আলোচনার পরিধি যেমন ব্যাকটেরিয়া, আর্কিয়া ইত্যাদি প্রোক্যারিওটিকদের নিয়ে তেমনই ছত্রাক, শৈবাল, কৃমি, প্রোটোজোয়া এবং ভাইরাসদের নিয়ে। অণুজীববিদ্যায় যে কেবল এদের গঠন, আকৃতি, পুষ্টি, বৃদ্ধি, জনন নিয়ে আলোচনা হয় তা নয়, এই বিদ্যার আওতায় পড়ে এই অণুজীবদের উপকারী ও অপকারী বিশেষতঃ সংক্রমণকারীরূপে ভূমিকা, পরিবেশে এদের গুরুত্ব, বিবর্তনের ধারায় এদের অবস্থান ইত্যাদিও। এছাড়া এককোশী অণুজীব জীবনের একটি ক্ষুদ্রতম সংস্করণ, যা উন্নততম জীবের সমস্ত আবশ্যিক চরিত্রই বহন করে। এর দরুণ জীববিজ্ঞানের কেন্দ্রে যে সমস্ত যুগান্তকারী আবিষ্কার রয়েছে তার সবকটিরই কেন্দ্রে রয়েছে অণুজীব সমূহ। একটি কোশের আধারে সব রকমের জৈব বৈশিষ্ট্য পর্যবেক্ষণ করা যায় বলে জীবাণুসমূহই হয়ে উঠেছে অণু জীববিদ্যার (molecular biolgy) এর প্রধানতম গবেষণার বিষয়।

19.3 জীবাণুদের বাস্তুতান্ত্রিক গুরুত্ব (Ecological Importance of microbes)

জীবাণুদের অবস্থান বায়োস্ফিয়ারের সর্বত্র। বাস্তুতন্ত্রে এদের ভূমিকা বিয়োজক বা decomposer-এর। জীবাণুরাই জৈব অবশেষকে সরলীকৃত করে মাটি ও বাস্তুমণ্ডলের মৌলিক উপাদান সমূহকে প্রকৃতিতে ফিরিয়ে দেয়। এখানে মাটিতে জীবাণুর গুরুত্ব সম্পর্কে আলোচনা করা হল।

19.3.1 মাটিতে জৈব পদার্থের পচন (Decomposition of Organic Matter in Soil) :

মাটিতে জৈব পদার্থের মুখ্য অংশই হল মৃত ও গলনশীল উদ্ভিদ ও প্রাণী দেহের অবশিষ্টাংশে। জৈব পদার্থের উপাদানগুলি যখন সম্পূর্ণভাবে সরলীকৃত হয়ে অজৈব খনিজ পদার্থ ও গ্যাসরূপে প্রকৃতিতে ফিরে আসে তখন সেই পদ্ধতিকে বলে **খনিজায়ন** (Mineralization)। যে সমস্ত জৈব পদার্থ মাটিতে মেশে তাদের মধ্যে সবগুলিই যে সমান হারে এবং সহজভাবে সরলীকৃত হয় তা নয়। কিন্তু সরলীকরণ প্রক্রিয়ার ফলে একদিকে যেমন খনিজ পদার্থ ও গ্যাস সৃষ্টি হয় তেমনি অর্দ্ধপাচিত জৈব অবশিষ্টাংশ, মাটি এবং জীবাণুসমষ্টির মিশ্রণে একটি **অসমসত্ত্ব** (Amorphous) মিশ্রণ তৈরি হয় যাকে বলে **হিউমাস** (humus)। হিউমাস মাটির ভৌত-রাসায়নিক গঠনকে প্রভাবিত করে কেন না, মাটির জল ধারণ ক্ষমতা, বায়ুধারণ ক্ষমতা, জারণ-বিজারণ তুল্যাঙ্ক বেড়ে যায়। যেহেতু হিউমাসের খনিজায়নের হার দ্রুত নয় সেহেতু দীর্ঘ সময় ধরে হিউমাস, উদ্ভিদের শোষণ উপযোগী পুষ্টি পদার্থ, ধীরে



হিউমাস গঠন এবং খনিজায়ন (mineralization) পদ্ধতির বিভিন্ন ধাপ।

ধীরে মাটিতে সংযোজিত হতে পারে। মাটিতে জৈব পদার্থের হিউমাসে পরিণত হয়োর পদ্ধতিকে বলে **হিউমিফিকেশন**।

জৈব যৌগ সরলীকরণের বিভিন্ন ধাপে বিভিন্ন ধরনের জীবাণু পচন ক্রিয়ায় প্রাধান্য লাভ করে। প্রথম পর্যায়ে পরজীবীগুলি এবং পরবর্তী পর্যায়ে মিথোজীবী, সেলুলোজ ভঙ্গক ও লিগনিন ভঙ্গক ব্যাকটেরিয়া ও ছত্রাক প্রাধান্য লাভ করে।

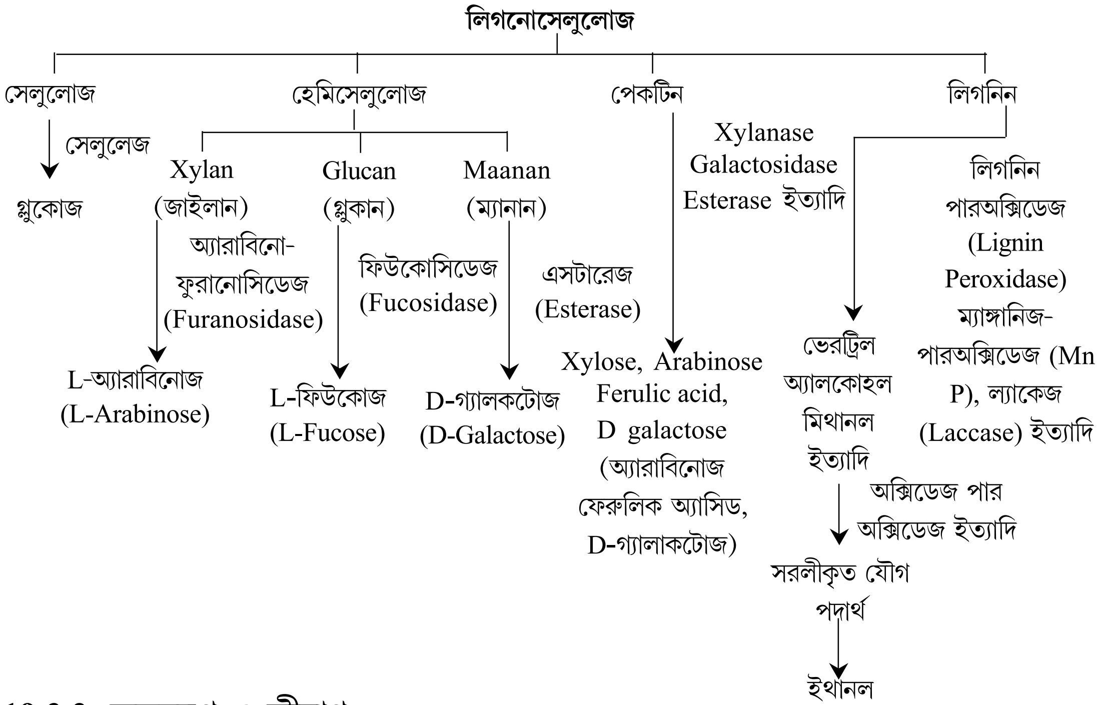
পর্যায় 1a ⟶	পর্যায় 1 ⟶	পর্যায় 2 ⟶	পর্যায় 3
কম শক্তিশালী পরজীবী	মিথোজীবী ছত্রাক, যেমন *Mucor,*	সেলুলোজভঙ্গক ছত্রাক *Trichoderma* ও *Rhizopus* ইত্যাদি	লিগিনিন ভঙ্গক ছত্রাক ও ব্যাকটেরিয়া যেমন, ব্যাকটেরিয়া *Cellulomonas* Basidiomycetes ছত্রাক

মাটিতে জৈব পদার্থের পচনে অনুজীবের পর্যায়ক্রম

উদ্ভিদ অবশিষ্টাংশের পচন (Decomposition of Plant Residues) :

উদ্ভিদ অবশিষ্টাংশের যে অংশ মাটিতে সবচেয়ে অসরলীকৃত অবস্থায় জমা হয়ে থাকে এবং যে অংশ উদ্ভিদদের মুখ্য গঠনগত উপাদান হিসাবে গণ্য হয়ে থাকে সেটি হল **লিগনো-সেলুলোজ**। উদ্ভিদের কোশ প্রাচীরের মুখ্য উপাদান হল **সেলুলোজ**। গৌণ বৃদ্ধি প্রাপ্ত উদ্ভিদ দেহে কাষ্ঠল কলার পরিমাণ অপেক্ষাকৃত বেশি এবং কাষ্ঠল কলার দৃঢ়তার প্রধান কারণ হল **লিগনিন** এবং সমধর্মী জটিল যৌগের কোশ প্রাচীরের গাত্রে জমা হওয়া। উদ্ভিদের

অবশিষ্টাংশ যা মাটিতে এসে মেশে তার মধ্যে লিগনিন, পেকটিন, সুবেরিন, মোম (wax), কিউটিন ইত্যাদির পচন তৃতীয় পর্যায়ের অর্থাৎ অতি ধীর সরলীকরণ পদ্ধতিতে হয়। সেলুলোজ হল দ্বিতীয় পর্যায়ের অর্থাৎ মধ্যমগতির পচন প্রক্রিয়ার উপাদান। সমগ্র লিগনোসেলুলোজ সরলীকরণের প্রক্রিয়াগুলি নিম্নরূপ :



19.3.2 জলদূষণ ও জীবাণু :

জল যদি দূষিত না হয় তাহলে তা জীবাণুর বসবাস ও বৃদ্ধির পক্ষে অত্যন্ত অনুপযোগী একটি মাধ্যম। জলে যদি জৈব বর্জ্য এসে না মেশে তা হলে জলে স্বাভাবিক ভাবে এমন কিছু পুষ্টি পদার্থ নেই যার দ্বারা জীবাণুর বৃদ্ধি ঘটা সম্ভব। এই কারণে জলে বসবাসকারী স্বাভাবিক অনুজীবগুলিকে পুষ্টির সাপেক্ষে বলে **ওলিগোট্রফ** (Oligotroph) অর্থাৎ ন্যূনতম পুষ্টিপদার্থ কাজে লাগিয়েও যারা বেঁচে থাকতে পারে। *Spirillum, Bacillus* এবং *Clostridium* এর অন্তঃরেনু, কিছু সালোকসংশ্লেষকারী ব্যাকটেরিয়া আর *Euglena* ও *Paramecium* এর মত আদ্যপ্রাণী অদূষিত পরিষ্কার জলেও দেখা যায়, কিন্তু এগুলি সাধারণভাবে সংক্রামক নয়।

জলের ভৌত পদার্থ ঘটিত দূষণ ঃ জলাধারের বা বহমান জলধারার সঙ্গে যখন তীরবর্তী মাটি, বালি ইত্যাদি এসে মেলে অথবা কল-কারখানা থেকে ভৌত কণা (Physical Particulate matter) এসে মেশে তখন জলে ভূমিজ লবণ যেমন ফসফেট, নাইট্রেট ইত্যাদির পরিমাণ বেড়ে যায়। এগুলি জলে দ্রবণীয় বলে জলাধারে প্রথম ভাসমান সবুজ শৈবাল এবং পরে উচ্চতর উদ্ভিদ এসে বাস্তুতন্ত্র গঠন শুরু করে। অপরিবর্তিত থাকলে এইভাবে জল বাস্তুতন্ত্র ক্রমশ ভূ বাস্তুতন্ত্রে পরিবর্তিত হয়ে যায়। এই ঘটনাকে বলে **ইউট্রফিকেশন** (Eutrophication)।

জলের রাসায়নিক পদার্থ ঘটিত দূষণ ঃ অজৈব ও জৈব রাসায়নিক পদার্থ দ্বারা জলের দূষণের, মূল উৎস হল কারখানা জাত বর্জ্য। এছাড়া চাষযোগ্য জমি থেকে প্রচুর পরিমাণ রাসায়নিক সার, কীটনাশক ইত্যাদিও জলের রাসায়নিক দূষণ ঘটায়।

জলের জৈব-দূষণ : জলের জীবাণুঘটিত দূষণের মূল কারণ হল জৈব পদার্থ দ্বারা জল দূষণ। জৈব পদার্থগুলিকে জীবাণুগোষ্ঠী কার্বনের উৎসরূপে ব্যবহার করে। একটি মুক্ত জলাধার যাতে অনবরত জৈব পদার্থ যুক্ত হয় না সেটি কিন্তু স্বতঃই বিশুদ্ধ হয়ে যেতে পারে। জৈব যৌগ পরভোজী ব্যাকটেরিয়াগুলি দ্বারা ব্যবহৃত হয়ে অন্তিম পদার্থরূপে CO_2 ও H_2O-তে পরিণত হয়। ক্রমশ জলাধারে শোষিত CO_2-এর প্রভাবে অম্লতা বাড়ে এবং জীবাণুগুলির বসবাসের পক্ষে তা প্রতিকূল হয়ে যায়। কিন্তু মুশকিল হয় যখন জলাধারে অনবরত জৈব বর্জ্য এসে মেশে এবং জলের স্বাভাবিক স্ব-শুদ্ধকরণ (Self purification) ক্ষমতার থেকে অনেক বেশি জীবাণু জলে এসে মেশে। উদ্ভিদ ও প্রাণীর পক্ষে সেটি বসবাস উপযোগী হয়ে ওঠে। এই দূষণকে মাপার বা অনুধাবন করার উপায় হল জলের **জৈব অক্সিজেন চাহিদা** বা **Biological Oxygen Demand (BOD)** মাপা। BOD বলতে বোঝায় একটি জল-নমুনাতে উপস্থিত অজৈব ও জৈব পদার্থের সম্পূর্ণরূপে জারণের জন্য দরকার মোট অক্সিজেনের পরিমাণ। অর্থাৎ, যে জল যত বেশি দূষিত তার BOD তত বেশি হওয়া উচিত। জলে মিশ্রিত যৌগের হার যত বাড়ে, জলের BOD-ও তত বাড়ে। ঠিক তেমনিভাবে জলে O_2-এর পরিমাণ যত কমে, নমুনায় BOD-ও ততটাই বাড়ে। দূষণের মাত্রা বৃদ্ধির ফলে ক্রমাগত চাহিদা বেড়ে চলাল জলে দ্রবীভূত O_2-এর পরিমাণ জলজ প্রাণী যেমন মাছ, ব্যাঙ, জলের পতঙ্গ ইত্যাদির পক্ষে অপ্রতুল হয়ে পড়ে।

19.4 ভূজৈব রাসায়নিক চক্র ও অণুজীব (Biogeochemical Cycles and microbes)

ভূজৈব রাসায়নিক চক্রে ব্যাকটেরিয়া অতি গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। বাস্তুতন্ত্রে ব্যাকটেরিয়ার অবস্থান মুখ্যতঃ বিযোজেকের। জৈব বা অজৈব রাসায়নিক যৌগকে তাদের মৌলিক উপাদানে বিশ্লিষ্ট করা বাস্তুতন্ত্র রক্ষায় সবচেয়ে জরুরী। নতুবা বায়ুর উপাদানগুলির পারস্পরিক অনুপাত বজায় থাকতে পারে না।

19.4.1 নাইট্রোজেন চক্র (Nitrogen Cycle)

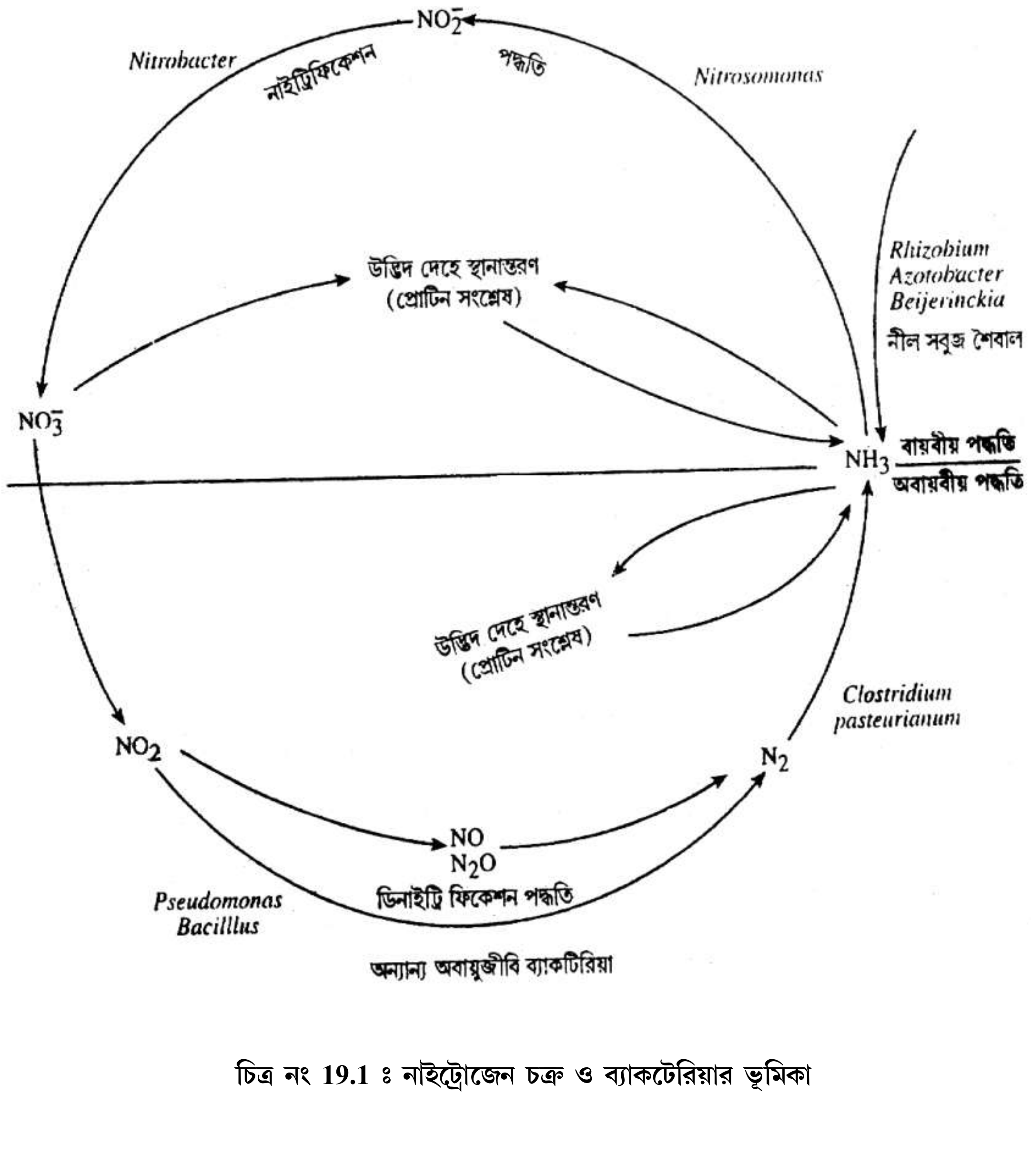
নাইট্রোজেন চক্রের অনেকগুলি ধাপে জীবাণুদের ভূমিকা অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ।

- **নাইট্রোজেন বন্ধন (Nitrogen fixation) ঃ** কয়েকপ্রকার ব্যাকটেরিয়া এবং নীল-সবুজ শৈবাল বাতাস থেকে N_2 সংবন্ধনে সক্ষম। এদের মধ্যে সবচাইতে উল্লেখযোগ্য *Rhizobium leguminosarum* নামক ব্যাকটেরিয়া যা শিম্ব জাতীয় গাছের (Legume) এর মূলে অর্বুদ গঠন করে বাতাস থেকে নাইট্রোজেন বন্ধন করে। এছাড়া *Azotobacter Beijerinckia* ও নীল সবুজ শৈবালগুলির মধ্যে *Nostoc, Anabaena* ইত্যাদি স্বাধীনজীবী রূপে N_2 সংবন্ধনে সক্ষম।

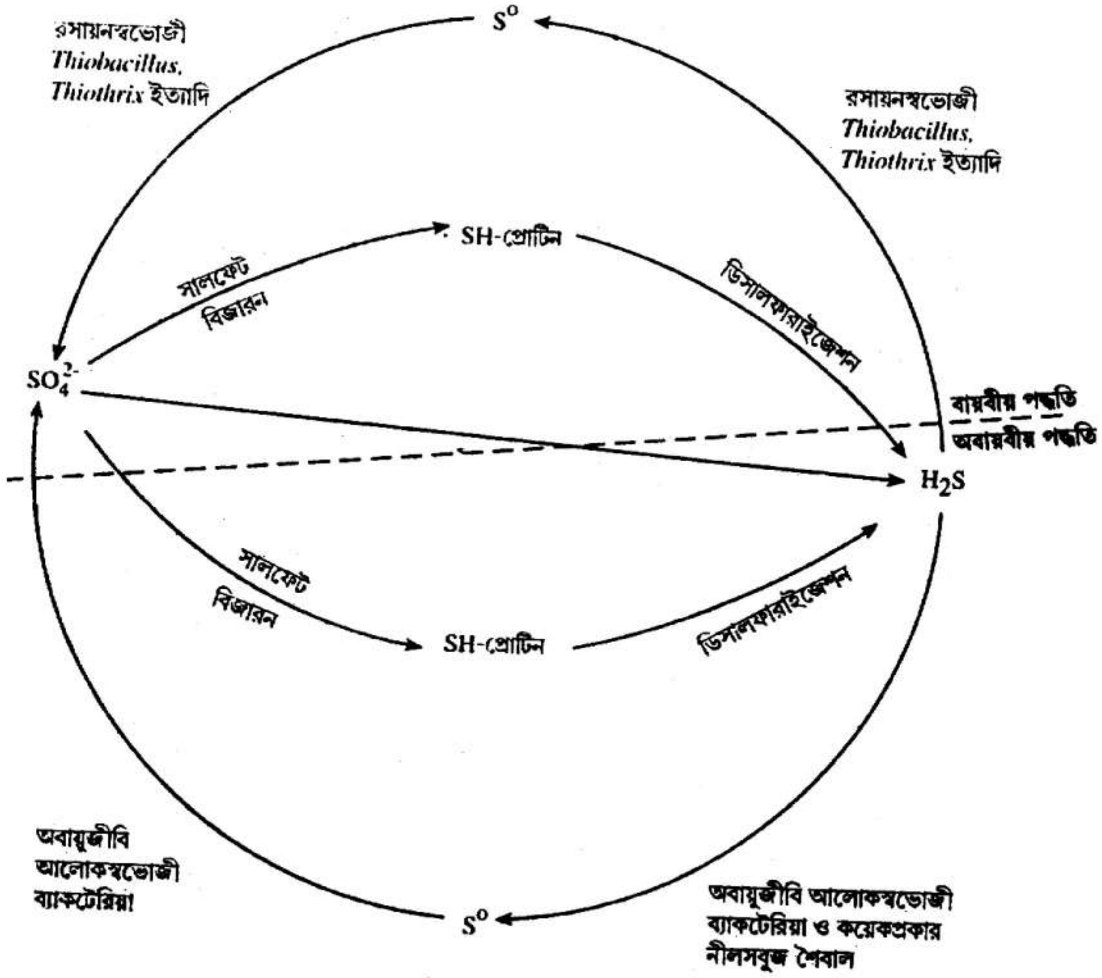
- **ডিনাইট্রিফিকেশন ঃ** নাইট্রেট যে পদ্ধতিতে মৌল নাইট্রোজেনে রূপান্তরিত হয় তাকে বলে ডিনাইট্রিফিকেশন। এটি মুখ্যত একটি জৈব প্রক্রিয়া যা জীবাণুর মাধ্যমে সাধিত হয়। জীবাণুগুলির মধ্যে *Pseudomonas* (সিউডোমোনাস), *Bacillus* (ব্যাসিলাস) ইত্যাদি উল্লেখ্য।

- **নাইট্রিফিকেশন ঃ** যে জৈব পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া এক বিশেষ গোষ্ঠীর ব্যাকটেরিয়ার সাহায্যে নাইট্রেটে রূপান্তরিত হয় তাকে বলে নাইট্রিফিকেশন। *Nitrosomonas* (নাইট্রোসোমোনাস) নামক ব্যাকটেরিয়া অ্যামোনিয়াকে (NH_3) নাইট্রাইটে (NO_2) পরিণত করে। নাইট্রাইট আবার *Nitrobacter* (নাইট্রোব্যাকটর) নামক ব্যাকটেরিয়া দ্বারা নাইট্রেটে (NO_3) পরিণত হয়।

এই পর্যায়গুলির ভিত্তিতে N_2 চক্রের রূপরেখাটি 19.1 তে প্রদর্শিত হ'ল।



চিত্র নং 19.1 ঃ নাইট্রোজেন চক্র ও ব্যাকটেরিয়ার ভূমিকা



চিত্র নং 19.2 ঃ সালফার চক্র

19.4.2 সালফার চক্র

সালফার চক্র নাইট্রোজেন চক্র অপেক্ষা জটিলতর। বায়বীয় পদ্ধতিতে একাধিক রসায়ন স্বভোজী (Chemolithotrophs) ব্যাকটেরিয়া যেমন (*Thiobacillus*, *Thiothrix* ইত্যাদি H_2S, মৌলিক গন্ধক (S^o) ইত্যাদিকে জারিত করে সালফেট ($SO_4^=$) গঠন করে। এই $SO_4^=$ উদ্ভিদদেহে গৃহীত হয় এবং সালফার ঘটিত প্রোটিন তৈরীর কাজে লাগে। সেক্ষেত্রে $SO_4^=$ অবায়বীয় পদ্ধতিতে বিজারিত হয়ে SH (সালফাইড্রিল) মূলকযুক্ত প্রোটিন গঠন করে। প্রাণী বা উদ্ভিদের মৃত্যুর পর এই SH প্রোটিন ডিসালফারাইজেশন (desulfarysation) পদ্ধতিতে পুনরায় H_2S রূপে প্রকৃতিতে ফিরে আসে (চিত্র 19.2)।

19.4.3 ফসফরাস চক্র (Phosphorus Cycle) :

ফসফরাস হল জীবিত কোষের জন্য অন্যতম প্রধান মৌলিক উপাদান কারণ, নিউক্লিক অ্যাসিড, নিউক্লিওপ্রোটিন বা ফসফোলিপিডের অন্যতম প্রধান উপাদান হল ফসফরাস। তাছাড়া ফসফরাস গঠিত যৌগ ATP জীবকোষের শক্তির আধার বা energy currency রূপে ব্যবহৃত হয়। অণুজীব দ্বারা পরিচালিত ফসফরাস চক্রে মৌলটির জারন/বিজারন ঘটিত পরিবর্তন ততটা ঘটে না যতটা এটির অজৈব দশা থেকে জৈব দশায় এবং তার বিপরীতে জৈব থেকে অজৈব দশায় ঘটে থাকে।

19.5 উদ্ভিদকোষ ও জীবাণুর আর্ন্তসম্পর্ক (Plant-Microbe Interaction)

প্রাণীর তুলনায় উদ্ভিদ জীবাণুর আশ্রয়রূপে অনেক কম পছন্দের। এর কারণ প্রাণীদেহের উষ্ণতা সর্বদাই সুস্থির ফলে এই দেহে অনুকূল পরিবেশ খুঁজে পাওয়া ব্যাকটেরিয়ার পক্ষে স্বাভাবিক। সেই তুলনায় উদ্ভিদদেহের উষ্ণতা সুস্থির তো নয়ই বরং ঋতুনির্ভর। এছাড়া প্রাণীর সংবহনতন্ত্র উদ্ভিদের তুলনায় অনেক সুগঠিত এবং বিস্তৃত ফলে জীবাণুর বিস্তারলাভের সুযোগ প্রাণীতে অনেক বেশী। উদ্ভিদদেহের দুটি অংশে ব্যাকটেরিয়ার ঘনত্ব সর্বাধিক। এগুলি হল Rhizosphere (রাইজোস্ফিয়ার) বা মূল সংলগ্ন অঞ্চলে ও Phyllosphere (ফাইলোস্ফিয়ার) বা পাতার তল। এই দুই অংশেই উদ্ভিদের দেহনিঃসৃত পদার্থের উপস্থিতি (বিশেষতঃ মূলের থেকে চুঁইয়ে পড়া হরমোন, ভিটামিন, শর্করা, অ্যামাইনো অ্যাসিড) ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধির সহায়ক। উদ্ভিদদেহে জীবাণুর বিশেষ প্রভাব প্রসঙ্গে আমরা কেবল দুটি উদাহরণ আলোচনা করব।

19.5.1 উদ্ভিদদেহে গুটি বা gall সৃষ্টিকারী ব্যাকটেরিয়া (Tumorigenesis in Plants)ঃ

Agrobacterium tumefaciens নামক ব্যাকটেরিয়া উদ্ভিদদেহে গুটি সৃষ্টি করে। উদ্ভিদের ক্ষতপ্রাপ্ত অংশে এই ধরনের টিউমারাজাতীয় অনিয়ত বৃদ্ধি অতি স্বাভাবিক ঘটনা। দেখা গেছে *Agrabacterium*-এর যে সমস্ত স্ট্রেইন Ti-প্লাসমিড নামক একটি প্লাসমিড DNA ধারণ করে তারাই কেবলমাত্র টিউমার বা গুটি সৃষ্টিতে সক্ষম। ক্ষতস্থানের মধ্য দিয়ে এই ব্যাকটেরিয়া যখন উদ্ভিদকোশের সংস্পর্শে আসে তখন Ti প্লাসমিড পোষক কোশের অভ্যন্তরে উদ্ভিদ ক্রোমোজোমের সাথে সংযুক্ত হয়ে যায় । এই অবস্থায় উদ্ভিদ কোশ এমন কয়েকরকম অ্যামাইনো অ্যাসিড তৈরী করে যারা ঠিক স্বাভাবিক নয়। এদের বলে Opines (ওপাইন)। Opines এর প্রভাবে কোশের অনবরত বৃদ্ধি হতে থাকে ফলে টিউমার বা গুটি দেখা যায় (চিত্র 19.3)।

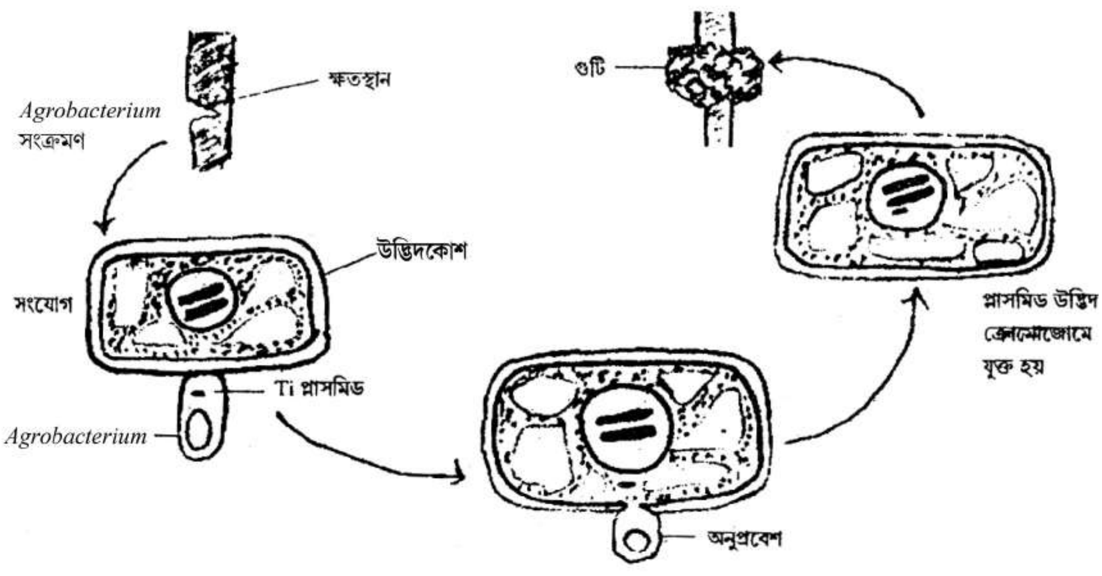
19.5.2 শিম্বগোত্রীয় উদ্ভিদের মূলে অর্বুদ সৃষ্টি (Root nodule formation in Leguminous Plants) ঃ বিভিন্ন *Rhizobium* ব্যাকটেরিয়া যথা *R. leguminosarum* ইত্যাদির প্রভাবে শিম্বজাতীয় উদ্ভিদের মূলে (যেমন, মটর, বরবটি, সয়াবীন ইত্যাদি) অর্বুদ গঠিত হয়। এই ব্যাকটেরিয়ার আশ্রয়দানকরী উদ্ভিদের সাথে সম্পর্ক হল মিথোজীবিতার। কৃষিক্ষেত্রে মাটির উর্বরতা প্রদানকারী এই সম্পর্কের গুরুত্ব অপরিসীম।

রাইজোবিয়াম হল মাটিতে বসবাসকারী ব্যাকটেরিয়া। মূলের থেকে নিঃসৃত বিভিন্ন পদার্থের প্রভাবে মাটিতে এই জীবাণুর ঘনত্ব কার্যকরী মাত্রা অতিক্রম করলে আশ্রয়দাতা উদ্ভিদের মূলে মূলরোমের মাধ্যমে এটি প্রবেশ করে এবং

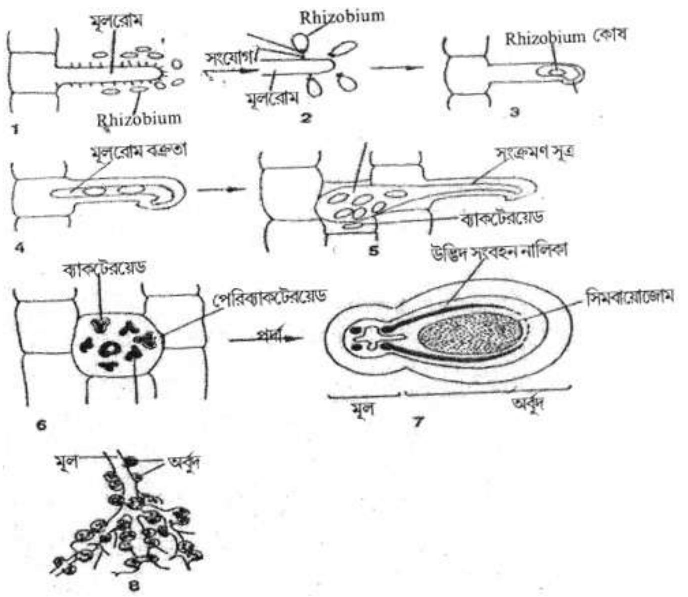
মূলের কোশগুলির বিভাজন ঘটিয়ে অর্বুদ সৃষ্টি করে। অর্বুদ সৃষ্টির পর্যায়গুলি নিম্নরূপ (চিত্র 19.4) ঃ

1. উদ্ভিদ ও ব্যাকটেরিয়ার মধ্যে পারস্পরিক পরিচিতি স্থাপক বিক্রিয়া। পরিচিতি একান্ত আবশ্যক, কেন না একটি বিশেষ প্রকরণের রাইজোবিয়াম একটি বিশেষ উদ্ভিদে প্রবেশ করতে পারে। যেমন, মটর গাছের অর্বুদ সৃষ্টিকারী জীবাণুর পক্ষে সয়াবীনে অনুপ্রবেশ সম্ভব নয়।
2. উদ্ভিদের মূলরোমের সাথে জীবাণু কোশের সংযোগস্থাপন।
3. জীবাণু সংক্রমণ-সূত্র গঠন করে মূলরোমের মাধ্যমে পোষক দেহে অনুপ্রবিষ্ট হয় এবং অতঃপর মূলরোমটি গুটিয়ে যায়।
4. সংক্রমণ-সূত্র মূলের কর্টেক্সে এসে পৌঁছানোর পর স্বাভাবিক অবস্থার দণ্ডাকৃতি ব্যাকটেরিয়াগুলির Y, L, বা 'J' আকৃতিবিশিষ্ট ব্যাকটেরয়েডে পরিণত হয়।
5. ব্যাকটেরয়েড পুনঃ পুনঃ বিভাজিত হয়। একই সঙ্গে উদ্ভিদ কোশেরও বিভাজন ঘটে ফলে মূলে অর্বুদ সৃষ্টি হয়।
6. অর্বুদের মধ্যে লোহিত বর্ণের রঞ্জক লেগ-হিমোগ্লোবিন জমা হয় এবং এই হিমোগ্লোবিন অর্বুদের থেকে অক্সিজেন অপসারণে মুখ্য ভূমিকা নেয়।
7. হ্রাসপ্রাপ্ত অক্সিজেন ঘনত্বে অর্বুদের মধ্যে ব্যাকটেরিয়া বাতাস থেকে নাইট্রোজেন বন্ধন করতে পারে।

চিত্র নং 19.4 ঃ (a) মূলরোমে *Rhizobium* সংক্রমণ (b) মূলরোমের গুটিয়ে যাওয়া, (c) সংক্রমণ নালী গঠন, (d) কর্টেক্সে ব্যাকটেরিযার বিভাজন, (e) একটি পূর্ণাঙ্গ অর্বুদ।



চিত্র নং 19.3 ঃ উদ্ভিদদেহে টিউমার সৃষ্টির পদ্ধতি।



চিত্র নং 19.4 ঃ Rhizobium দ্বারা শিম্বজাতীয় উদ্ভিদে অবুদায়মের বিভিন্ন ধাপ—1. মাটিতে রাইজোবিয়ামের সংখ্যাবৃদ্ধি; 2. সংযোগ; 3. মূলরোমের মাধ্যমে Rhizobium উদ্ভিদের প্রবেশ করে; 4. মূলরোমের বক্রতা; 5. সংক্রমণ সূত্র গঠন ও Rhizobium এর সংখ্যা বৃদ্ধি; 6. কর্টেক্স অঞ্চলে Rhizobium কোষগুলি পেরি-ব্যাকটরয়েড পর্দা দ্বারা আবৃত হয়; 7. সিমবায়োজোম গঠন; 8. উদ্ভিদ মূলে পরিণত অর্বুদ।

■ অনুশীলনী - 1

1. নীচের তালিকা থেকে সঠিক উত্তরটি বেছে নিন।

(a) শিম্ব জাতীয় উদ্ভিদের মূলে অর্বুদ গঠনকারী ব্যাকটেরিয়া হল ....।

(b) অ্যামোনিয়ার নাইট্রেটে রূপান্তর হল ....।

(c) নাইট্রাইট (NO_2) কে নাইট্রেট (NO_3) এ রূপান্তরকারী ব্যাকটেরিয়া হল ....।

(d) নাইট্রাইট যে পদ্ধতিতে মৌল নাইট্রোজেনে পরিণত হয় তা হল ....।

(e) স্বাধীনজীবী নাইট্রোজেন বন্ধনকারী অণুজীব হল ....।

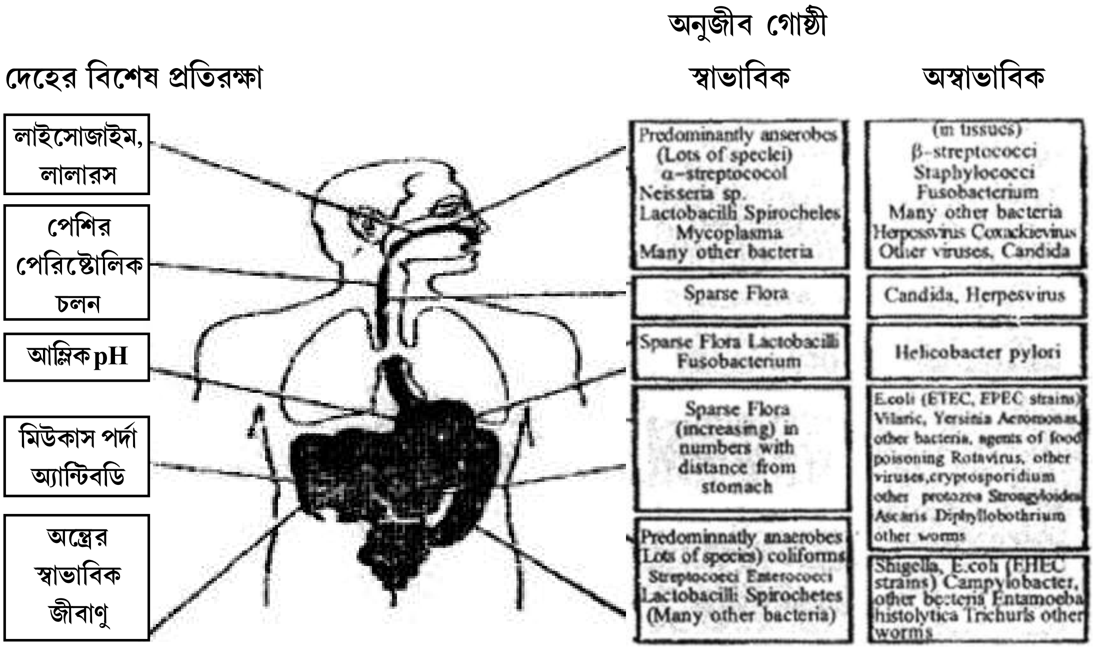
নাইট্রিফিকেশন, *Rhizobium*, ডিনাইট্রিফিকেশন, *Nostoc, Nitrobacter*

2. বামদিকের বিক্রিয়ার সাথে ডানদিকের অণুজীবটিকে সঠিকভাবে বলুন ঃ

(i) H_2S থেকে S^o গঠন	(a) *Rhizobium*
(ii) S^o জারিত হয়ে SO_4^{2-} গঠন	(b) *Thiobacillus*
(iii) Opine জাতীয় অ্যামিনো অ্যাসিড গঠন	(c) *Agrobacterium tumefaciens*
(iv) ব্যাকটেরিয়ার ব্যাকটেরয়েডে রূপান্তরন	(d) *Clostridium*
(v) অবায়বীয় N_2 সংবন্ধন	(e) *Sulfolobus*

19.6 মানুষের শরীরের স্বাভাবিক জীবাণু (Natural Microflora of Human Body)

সাধারণভাবে শরীরের যে সব অংশ বাইরের আবহাওয়ার সঙ্গে সংযোগ রক্ষা করে সেই সমস্ত অংশে অণুজীব ঘনত্ব অত্যন্ত বেশি। চামড়া, মুখবিবর, শ্বাসনালী, খাদ্যনালী এবং রেচন জনন তন্ত্রে স্বাভাবিকভাবেই অণুজীব ঘনত্ব অধিক এবং রক্ত, লসিকা এবং দেহগহ্বরের বিভিন্ন অংশ যেমন হৃদপিণ্ড, কিডনি ইত্যাদি স্বাভাবিক অবস্থায় জীবাণুমুক্ত থাকে। যে কোন অংশেই অণুজীব ঘনত্ব স্বাভাবিকের তুলনায় বেশি হলে তা সংক্রমণ নির্দেশক।



চিত্র নং 19.3 ঃ মানুষের শরীরের স্বাভাবিক ও অস্বাভাবিক অণুজীব সমষ্টি।

● **ত্বক :** একজন পূর্ণবয়স্ক মানুষের চামড়ার ক্ষেত্রফল $2m^2$ বা তার বেশি। এই আয়তন জীবাণুর সাপেক্ষে বিপুল। দু'ধরনের অণুজীব ত্বকে পাওয়া যায় :

(i) **স্থায়ী :** যারা ত্বকের স্বাভাবিক অধিবাসী যেমন, *Staphylococcus, Propionibacterium acnes* যারা মেচেতা, ব্রণ ইত্যাদি তৈরির জন্য দায়ী।

(ii) **অস্থায়ী :** *E.coli, Acinetobacter* ইত্যাদি ত্বকের সুযোগসন্ধানী ব্যাকটেরিয়া, স্বাভাবিক নয়।

মুখবিবর : লালাগ্রন্থি এবং মুখবিবর নিঃসৃত তরল ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধি র পক্ষে অনুকূল নয়। কিন্তু মুখে থাকা খাদ্য-অবশিষ্ট এবং মুখের আবরণীকলাতে অনেক ব্যাকটেরিয়া বাস করে। যেমন, *Staphylococcus sanguis, S. sobrinus, S.mutans* ইত্যাদি। এগুলি দাঁতের Caries বা গহ্বর সৃষ্টির জন্য দায়ী। মুখবিবরে প্রচুর O_2 থাকা সত্ত্বেও এই অবাতশ্বসনকারী ব্যাকটেরিয়াগুলির ল্যাকটিক অ্যাসিড উৎপাদন ব্যাহত হয় না। ফলে দন্তক্ষয় ও দাঁতের গহ্বর সৃষ্টি হয়।

● **অন্ত্র হ্ল** অন্ত্রের বিভিন্ন অংশের গঠনগত ও pH মাত্রাগত বিভিন্নতা আছে। তাই অণুজীব প্রকৃতির ভিন্ন ভিন্ন।

পাকস্থলিতে পাকরসের pH মাত্রা 2.0 বা আরও কম হতে পারে। এতে খাদ্যবাহিত জীবাণু বেঁচে থাকার কথা নয়, তবু *Lactobacillus* এবং *Streptococcus* এর বিভিন্ন প্রজাতি পাকস্থলির দেওয়ালে বাসা বাঁধে।

ক্ষুদ্রান্ত্রের pH অম্ল (pH 3.0) তবে তুলনায় ইলিয়াম অংশ ক্ষারীয়। খাদ্য বস্তুর সঙ্গে মিশ্রিত ব্যাকটেরিয়া এখানে সক্রিয় হবার সুযোগ পায়।

বৃহদান্ত্রে ব্যাকটেরিয়ার ঘনত্ব সবচেয়ে বেশি। প্রতি গ্রাম খাদ্যবস্তুতে বৃহাদান্ত্রে 10^{11} থেকে 10^{15} সংখ্যক ব্যাকটেরিয়া কোশ পাওয়া যায়। এদের মধ্যে *Enterobacteriaceae* গোষ্ঠীর ব্যাকটেরিয়া সর্বোচ্চ এবং এরা আংশিক বা পূর্ণ অবাতজীবি। এই সমস্ত ব্যাকটেরিয়া পিত্তকে সরলীকৃত করা, ভিটামিন সংকশ্লেষ করা, ইত্যাদি কাজ করে খাদ্য পাচিত হতে সাহায্য করে। তাছাড়া এদের অধিক ঘনত্ব সংক্রমণ সৃষ্টিকারী জীবাণুকে দূরে সরিয়ে রাখে। *E.coli, Clostridium, Bifidobacterium, Bacteriodes* ইত্যাদি হল বৃহদান্ত্রের স্বাভাবিক জীবাণু।

● **শ্বাসনালী :** বাতাসের সঙ্গে আমাদের নাসিকাতন্ত্রে অনবরত অগণিত অণুজীব প্রবেশ করে। এদের অধিকাংশই আবরণীকলায় আটকা পড়ে এবং নাসা তরলের সঙ্গে বহিষ্কৃত হয়। *Staphylococcus awreus, Streptococcus pneumoniae, Corynebacterium* ইত্যাদি নাসাগহ্বরে পাওয়া যায়, তথাপি সব সময় সংক্রমণ হয় না কেননা, শরীরের স্বাভাবিক প্রতিরোধ ব্যবস্থা সেগুলিকে সক্রিয় হতে দেয় না।

● **রেচন জননতন্ত্র :** মূত্রনালীর প্রাচীরে বাস করে *E.coli* ও *Proteus mirabills* নামের ব্যাকটেরিয়া। কিন্তু এরা সুযোগসন্ধানী প্যাথোজেনও বটে। বিশেষ করে UTI (ইউরিন্যারি ট্র্যাক্ট ইনফেকশন)-এর জন্য এগুলির সুযোগসন্ধানী ভূমিকাই দায়ী।

স্ত্রীজননাঙ্গ তথা যোনিদেশ হল বিপুল সংখ্যক অনুজীবরে আবাসস্থল। গ্লাইকোজেন শর্করার উপস্থিতির কারণে *Lactobacillus acidophilus* এখানে ল্যাকটিক অ্যাসিড তৈরি করে। তার ফলে অ্যাসিড প্রতিরোধী ব্যাকটেরিয়া বা ঈষ্ট ছাড়া এখানে অন্য অণুজীব বাস করতে পারে না। বিভিন্ন ঈষ্ট যেমন *Candida, Torulopsis* ইত্যাদি এবং *E.coli, Staphylococcus, Streptococcus* ইত্যাদি ব্যাকটেরিয়া হল স্ত্রী জননাঙ্গের স্বাভাবিক অধিবাসী। জন্মের পর থেকে ঋতুসঞ্চারকাল পর্যন্ত স্ত্রী জননাঙ্গে গ্লাইকোজেন জমে না, ফলে এই সময়কালে তা অপেক্ষাকৃত জীবাণুমুক্ত থাকে। আবার ঋতুনিবৃত্তির পরেও স্ত্রী জননাঙ্গে জীবাণুঘনত্ব কমে যায়।

● **ব্যাকটেরিয়া দ্বারা রোগ সৃষ্টির প্রক্রিয়া (Pathogenesis of Bacterial Infections) :** সংক্রমণ ঘটানোর প্রক্রিয়া সম্পর্কে আলোচনার পূর্বে কয়েকটি প্রাসঙ্গিক সংজ্ঞা জানা দরকার :

● **সংক্রমণ :** যখন রোগসৃষ্টকারী জীবাণু মানব শরীরের বর্হিভাগে বা অন্তর্ভাগে প্রবেশ, বৃদ্ধি ও বিস্তারের মাধ্যমে প্রতিকূল প্রতিক্রিয়া সৃষ্টি করে তখন তাকে বলে সংক্রমণ।

● **বিপরীত সংক্রমণ (Cross Infection) :** যখন দুটি ভিন্ন ভিন্ন বাহকের মধ্যে একই জীবাণুর স্থানান্তরণ ঘটে।

● **পুনঃসংক্রমণ (Relapsed Infection) :** একই জীবাণু যখন একই পোষক দেহকে দুইবার বা ততোধিকবার আক্রমণ করে।

● **স্বসংক্রমণ (Auto Infection) :** একই পোষক দেহের এক অংশের জীবাণু সেই অংশে অথবা অন্য অংশে সংক্রমণ ঘটায়।

19.6.1 সংক্রমণ পথ ও সংক্রামক জীবাণু (Infectious microbes and portals of entry)

নীচের সারণিতে (19.5) মানবদেহে সংক্রমণের পথগুলি এবং সেই পথে আগত বিভিন্ন জীবাণুর উদাহরণ দেওয়া হল।

সংক্রমণ পথ	জীবাণু	রোগ
অন্ত্র	(a) *Salmonella typhi*	টাইফয়েড
	(b) *Vibrio cholerae*	কলেরা
	(c) *Clostridium botulinum*	খাদ্যে বিষক্রিয়া (Botulism)
	(d) *Shigella dysenteriae*	আন্ত্রিক রোগ
শ্বাসনালী	(a) *Mycobacterium tuberculosis*	যক্ষ্মা
	(b) *Diplococcus pneumoniae*	নিউমোনিয়া
রেচনজনন তন্ত্র	(a) *Neisseria gonorrhoeae*	টাইফয়েড
	(b) *Treponema pallidum*	সিফিলিস
বাহকের মাধ্যমে	(a) *Yersinia pestis*	প্লেগ
	(b) *Plasmodium vivax*	ম্যালেরিয়া

■ অনুশীলনী - 2

1. মানবশরীরের এমন পাঁচটি অংশের নাম লিখুন যেখানে ব্যাকটেরিয়ার ঘনত্ব সবচেয়ে বেশী। প্রতিটি অংশে প্রাপ্ত একটি করে ব্যাকটেরিয়ার নাম লিখুন।

শরীরের অংশ	ব্যাকটেরিয়া
(a) ______	______
(b) ______	______
(c) ______	______
(d) ______	______
(e) ______	______

2. পার্থক্য লিখুন ঃ

(a) প্রাথমিক ও গৌণ সংক্রমণ

(b) যান্ত্রিক ক্ষয় ও রাসায়নিক ক্ষয়

(c) তীব্র ও ক্রণিক সংক্রমণ

(d) স্ব-সংক্রমণ ও বিপরীত সংক্রমণ

3. নিম্নলিখিত রোগগুলির জন্য দায়ী ব্যাকটেরিয়ার নাম লিখুন ঃ

(a) কলেরা

____

(b) টাইফয়েড

____

(c) সিফিলিস

____

(d) প্লেগ

____

(e) খাদ্যে বিষক্রিয়া বা Botulism

____

19.8 সারাংশ (Summary)

প্রকৃতিতে জীবাণুদের অবস্থান বৈচিত্র্য প্রণিধানযোগ্য। একটি ব্যাকটেরিয়ার বসবাসের পরিবেশ বলতে কেবলমাত্র পরিবেশের সাধারণ উপাদানগুলিকে বোঝায় না। তার অনুপরিবেশ সামগ্রিকভাবে তার শারীরবৃত্তীয় প্রক্রিয়াগুলির উপর গুরুত্বপূর্ণ প্রভাব ফেলে। জলজ পরিবেশে জলের গভীরতার সাথে সাথে ব্যাকটেরিয়ার প্রকৃতিও বদলে যায়। জলে জীবাণুর ঘনত্ব সেই জলে জৈব পদার্থের উপস্থিতির উপর নির্ভরশীল। জৈব পদার্থের পরিমাণকে Biological Oxygen Demand বা জৈব অক্সিজেন চাহিদা দ্বারা নির্ণয় করা হয়। সমুদ্রের উপরিতল বা আলোকিত অঞ্চলের তুলনায় গভীর সমুদ্রের জীবাণু ভিন্নতর। উষ্ণ প্রস্রবণে বিশেষতঃ গন্ধক জারণকারী ব্যাকটেরিয়ার উপস্থিতি দেখা যায়। জলাভূমিতে সম্পূর্ণ অবাত পরিবেশ মিথেন গ্যাস উৎপাদনকারী ব্যাকটেরিয়া দেখা যায়। অণুজীবগুলি ভূজৈব রাসায়নিক চক্রে বিয়োজকের ভূমিকা পালন করে। নাইট্রোজেন চক্রে নাইট্রোজেন বন্ধন, ডিনাইট্রিফিকেশন ইত্যাদি স্তরে বিশেষ বিশেষ ব্যাকটেরিয়ার ভূমিকা উল্লেখযোগ্য। সালফার চক্রে *Thiobacillus, Thiothrix* ইত্যাদি ব্যাকটেরিয়া অজৈব সালফার বা সালফারযৌগ জারণ করে। উদ্ভিদকোশের সঙ্গে জীবাণুর সম্পর্ক আলোচনা প্রসঙ্গে শিম্বজাতীয় উদ্ভিদের মূলে অর্বুদসৃষ্টি ও *Agrobacterium tumefaciens* নামক ব্যাকটেরিয়া দ্বারা গুটি সৃষ্টির প্রক্রিয়া বিশেষ করে প্রণিধানযোগ্য। মানবদেহ ব্যাকটেরিয়ার অতি স্বাভাবিক আবাসস্থল। শরীরের ত্বক, মুখবিবর, শ্বাসনালী, খাদ্যনালী ও রেচন-জননতন্ত্রে বিশেষ বিশেষ ব্যাকটেরিয়া উপনিবেশ গঠন করে। এরা হল দেহের স্বাভাবিক জীবাণু যা সীমাবদ্ধ মাত্রায় শরীরের কোন ক্ষতি করে না। কিন্তু অতিরিক্ত সংখ্যায় এদের উপস্থিতি সংক্রমণের কারণ হতে পারে। সংক্রমণ কয়েকরকম হতে পারে। বিশেষ বিশেষ ব্যাকটেরিয়া দ্বারা সংক্রমণের ফলে বিশেষ বিশেষ রোগ লক্ষণ পরিলক্ষিত হয়। অণুজীবদের বিভিন্নভাবে মানবকল্যাণে কাজে লাগানো যায়।

19.9 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী (Terminal Questions)

(1) ভূজৈব-রাসায়নিক চক্র বলতে কী বোঝায়? নাইট্রোজেন চক্রের রেখাচিত্র অঙ্কন করে এতে ব্যাকটেরিয়ার ভূমিকাটি আলোচনা করো।
(2) উদ্ভিদদেহে গল ও অর্বুদ সৃষ্টির প্রক্রিয়া দুটি সম্পর্কে সংক্ষেপে লিখুন।
(3) মাটিতে জৈব পদার্থের পচনে জীবাণুর ভূমিকা আলোচনা করুন।
(4) জলের জৈব দূষণ কিরূপে হয় এবং কিভাবে তা মাপা হয়?

19.10 উত্তরমালা (Answers)

অনুশীলনী -1

1. (a) *Rhizobium* (b) নাইট্রিফিকেশন
   (c) *Nitrobacter* (d) ডিনাইট্রিফিকেশন
   (e) *Nostoc*
2. (a) (ii) (b) (v) (c) (iii) (d) (i) (e) (iv)

অনুশীলনী -2

1. (a) ত্বক — *Staphylococcus*
   (b) মুখবিবর — *Streptococcus*
   (c) অন্ত্র — *Lactobacillus*
   (d) শ্বাসনালী — *Streptococcus pneumoniae*
   (e) স্ত্রী জননাঙ্গ — *Lactobacillus acidophilus*
2. উত্তরের জন্য মূল পাঠ্য অংশটি (19.6) দেখুন।
3. (a) *Virbio cholerae* (b) *Salmonella typhi*
   (c) *Treponema pallidum* (d) *Yersinia pestis*
   (e) *Clostridum botulium*

সর্বশেষ প্রশ্নাবলী ঃ

1. এই অংশের উত্তরের জন্য 19.5 ও 19.5.1 অংশ দেখুন।
2. এই অংশের উত্তরের জন্য 19.6.1 ও 19.6.2 অংশ দেখুন।
3. 19.3.1 অংশ দেখুন।
4. 19.3.2 অংশ দেখুন।

একক 20 ❑ প্রায়োগিক অণুজীববিদ্যা (Applied Microbiology)

গঠন

20.1 উদ্দেশ্য

20.2 প্রস্তাবনা

20.3 ঔষধ শিল্পে ব্যবহার

20.4 খাদ্য উৎপাদনে জীবাণুর ব্যবহার

20.5 বিজ্ঞান গবেষণায় জীবাণুর ব্যবহার

20.6 সারাংশ

20.7 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

20.8 উত্তরমালা

20.9 গ্রন্থপঞ্জী

20.1 উদ্দেশ্য

আলোচ্য এককে আপনারা অণুজীববিদ্যার কিছু ব্যবহারিক প্রয়োগের উদাহরণ সম্পর্কে জানতে পারবেন।

20.2 প্রস্তাবনা

অনুজীব বা মাইক্রোব ছাড়া বস্তুতঃপক্ষে জীববৈচিত্রই পৃথিবী থেকে অবলুপ্ত হবে। জীবনধারণের জন্য প্রয়োজনীয় মৌল (element) গুলি বায়ুমণ্ডলে ও ভূস্তরে ফিরিয়ে দিয়ে জীবাণুরা পৃথিবীকে বাসযোগ্য রাখতে মুখ্য ভূমিকা পালন করে। বৃদ্ধি র সময় জীবাণুগুলি যে বহুবিধ পদার্থকে পুষ্টির ও শক্তি উৎপাদনের জন্য উৎস হিসাবে ব্যবহার করে তা উন্নততর জীবদের পক্ষে সম্ভব নয়। কেন না এই সমস্ত অ-স্বাভাবিক পদার্থকে Substrate রূপে ব্যবহারের উপযোগী উৎসেচক তন্ত্র উন্নত প্রাণীতে থাকে না। উৎসেচক তন্ত্রের এই বৈচিত্র্যকে মানুষ বহুকাল আগে থেকেই নিজের প্রয়োজনে কাজে লাগিয়ে এসেছে সে খাদ্য উৎপাদন বা রোগ উপশম যে কাজেই হোক না কেন। দুধ থেকে দই তৈরীর প্রক্রিয়া, চীজ তৈরীর প্রক্রিয়া হাজার হাজার বছরের পুরোনো। মিষ্টি দ্রবণ থেকে মদ্য উৎপাদন সম্ভবতঃ আরো প্রাচীন পদ্ধ তি। প্রায়োগিক জীববিদ্যার এই ব্যবহারিক দিকগুলি সম্পর্কে একটি পর্যালোচনা করা জরুরী।

20.3 ঔষধ শিল্পে ব্যবহার (Use in Pharmaceutical Industry)

বৃদ্ধি র সময় গৌন-বৃদ্ধি -পদার্থ বা Scondary metabolite রূপে বহুসংখ্যক ব্যাকটেরিয়া বহু বিচিত্র অ্যান্টিবায়োটিক উৎপাদন করে। কার্যের ভিত্তিতে অ্যান্টিবায়োটিকগুলি পাঁচ প্রকার। (1) কোষ প্রাচীর সংশ্লেষে বাধাদানকারী যৌগ যেমন, পেনিসিলিন (2) কোষ পর্দা সংশ্লেষে বাধা দানকারী যৌগ যেমন, পলিমিক্সিন (3) প্রোটিন সংশ্লেষে বাধাদানকারী যৌগ যেমন, স্ট্রেপটোমাইসিন (4) DNA সংশ্লেষে বাধাদানকারী যৌগ যেমন, কুইনোলোন

অ্যান্টিমেটাবোলাইট বা পুষ্টিপদার্থের বিকল্প হানিকারক যৌগ। যেমন সালফাডায়াজিন। সেগুলি ঔষধশিল্পে বাণিজ্যিক ভাবে তৈরী করা হয়—

সারণি-20.1 কিছু অ্যান্টিবায়োটিক ও সেগুলি উৎপাদনকারী জীবাণুর নাম নীচে দেওয়া হল ঃ

অ্যান্টিবায়োটিক		জীবাণু
পেনিসিলিন	(Penicillin)	*Penicillium chrysogenum*
স্ট্রেপটোমাইসিন	(Streptomycin)	*Streptomyces griseus*
টেট্রাসাইক্লিন	(Tetracycline)	*Streptomyces* sp.
ব্যাসিট্রাসিন	(Bacitracin)	*Bacillus lichenoformis*
ক্লোরামফেনিকল	(Chloramphenicol)	*Streptomyces venezuelae*
এরিথ্রোমাইসিন	(Erythromycin)	*Streptomyces erythreus*
গ্রিসিওফালভিন	(Griseofulvin)	*Penicillium griseofulvum*
পলিমিক্সিন B	(Polymyxin B)	*Bacillus polymyxa*

এই সমস্ত অ্যান্টিবায়োটিক আজকাল কৃত্রিম উপায়ে তৈরী হয় কেন না এগুলির রাসায়নিক গঠন সম্পূর্ণভাবে জানা গেছে। তথাপি সনাতন পদ্ধতিতে এই অ্যান্টিবায়োটিকগুলি উৎপাদিত হয়ে থাকে সন্ধান বা fermentation পদ্ধতিতে। সন্ধান পদ্ধতির মুখ্য উপাদান দুটি—ফারমেনটার (fermentor) নামক যন্ত্র যাতে উৎপাদন প্রক্রিয়াটি সম্পন্ন হবে এবং সুনির্দিষ্ট জীবাণুটির বিশুদ্ধ কালচার (culture)। ফারমেনটার যাকে অন্যভাবে Bioreactor বলা হয়ে থাকে তা বিভিন্ন ধরনের হয়। সবগুলিতেই বায়বীয় পদ্ধতিতে বা অক্সিজেনের উপস্থিতিতে জীবাণুর বৃদ্ধি হয় বলে অক্সিজেন সরবরাহ সুনিশ্চিত করতে হয়। এছাড়া, pH তাপমাত্রা ইত্যাদি নিয়ন্ত্রণ করা জরুরী, উৎপাদিত পদার্থ নির্দিষ্ট সময়ের অন্তরে ফারমেনটার থেকে অপসারিত করা হয়, তারপর বিশুদ্ধ করা হয় এবং বাজারে ছাড়া হয়।

● **স্টেরয়েড (Steriod)** ঃ জীবাণুর সাহায্যে গবেষণাগারে স্টেরয়েড জাতীয় পদার্থের biotransformation ঔষুধ শিল্পে অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা নিয়েছে। যেমন Hydrocortisone নামক স্টেরয়েড *Rhizopus* sp. এর সহায়তায় ঔষধ শিল্পে Prednisolone নামক জীবনদায়ী যৌগে রূপান্তরিত হয়। ঠিক এমনভাবে Cortisone নামক স্টেরয়েড *Corynebacterium simplex* নামক ব্যাকটেরিয়া দ্বারা Prednisone এ রূপান্তরিত হয়। উভয় যৌগই ঔষধ শিল্পে ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত ও উৎপাদিত হয়।

● **টীকা (Vaccine)** ঃ বিভিন্ন ভাইরাস ও ব্যাকটেরিয়াকে নিষ্ক্রিয়ভাবে মনুষ্যশরীরে প্রয়োগ করলে সেই জীবাণু দ্বারা সৃষ্ট রোগের বিরুদ্ধে, অনাক্রম্যতা বা immunity তৈরী হয়। এইরূপে *Vaccinia, Polio* এর মত ভাইরাসের বিরুদ্ধে এবং *Mycobacterium tuberculosis* এবং *Corynebacterium diptheriae* এর মত ব্যাকটেরিয়ার বিরুদ্ধে বাণিজ্যিক টীকা তৈরী করা হয়।

● **ভিটামিন (Vitamin)** ঃ *Streptomyces* থেকে তৈরী হয় ভিটামিন B_{12}। ভিটামিন C এর জন্য দায়ী যৌগ Sorbose উৎপাদনে *Gluconobacter oxidans* নামক জীবাণু ব্যবহৃত হয়। ভিটামিন B_{12} বাণিজিক্যভাবে *Propionibacterium shermanii* নামক ব্যাকটেরিয়া থেকে তৈরী হয়।

● **অ্যামাইনো আসিড ঃ** Lysine ও Glutamic acid উৎপাদিত হয় *Corynebacterium glutamicum* থেকে। এছাড়া *Brevibacterium*, *Arthrobacter* ইত্যাদি ব্যাকটেরিয়া বাণিজ্যিকভাবে glutamic acid তৈরীতে ব্যবহৃত হয়।

20.4 অ্যান্টিবায়োটিক উৎপাদন (Production of Antibiotics)

1929 খৃষ্টাব্দে স্যার আলেক্সান্ডার ফ্লেমিং দ্বারা পেনিসিলিন আবিষ্কারের ঘটনা পৃথিবীর চিকিৎসা শাস্ত্রের ইতিহাসে একটি প্রধানতম আবিষ্কার রূপে চিহ্নিত হয়ে আছে। অণুজীবের মধ্যে এমন কিছু কিছু গৌণ বিপাকজাত পদার্থ তৈরি করার ক্ষমতা অতঃপর আবিষ্কৃত হয়েছে এবং কাজে লাগানো হয়েছে যে সামগ্রিকভাবে মানুষের জীবনের গড় আয়ু অনেকটাই বেড়ে যাওয়ার জন্য এবং সংক্রমণজনিত মৃত্যুহার কমার জন্য অণুজীবদের ভূমিকাই প্রধান বলা যেতে পারে।

পেনিসিলিন : পেনিসিলিনের মূল উপাদানটি হল **অ্যামাইনো পেনিসিলানিক অ্যাসিড**। গঠনগতভাবে এটি একটি β-ল্যাকটাম-থায়াজোলিডাইন (β-lactam-thiazolidine) যৌগ যেটির কার্যকরী মূলকে পরিবর্তন এনে পেনিসিলিনের একাধিক রূপভেদ তৈরি করা হয়েছে। মুখ্যত ছয় রকম পেনিসিলিন ছত্রাক দ্বারা বাণিজ্যিক ভাবে তৈরি করা হয় :

Penicillin G (বেনজাইল পেনিসিলিন) Penicillin V (ফেনক্সিমিথাইল পেনিসিলিন); Penicillin F (A_2-পেন্টানিল পেনিসিলিন);Penicillin X (p-হাইড্রক্সিবেনজাইল পেনিসিলিন);Penicillin K (n-হেপটাইল পেনিসিলিন) এবং Penicillin O (মারকাপটো-মিথাইল-পেনিসিলিন)।

অণুজীব : *Penicillium chrysogenum* এর সক্রিয় প্রকরণ।

কাঁচামাল : ছত্রাকের স্পোর উৎপাদন করা হয় গমের দ্রবণে (Wheat-bran) ছত্রাককে 24°C তাপমাত্রায় 7 দিন বৃদ্ধি পেতে দিয়ে। এতে যে স্পোর সৃষ্টি হয় তা স্বতন্ত্রভাবে পুষ্টি মাধ্যমে স্থানান্তরিত করা হয়। এই পুষ্টি মাধ্যম একটি আধারে নিয়ন্ত্রিত তাপমাত্রায় অঙ্কুরিত হয়ে 1-2 দিনেই মধ্যেই ঘন **মাইসেলিয়াম ম্যাট** তৈরি করে। পেনিসিলিন তৈরির ফারমেনটারে কৃষ্টি মাধ্যম হিসাবে ব্যবহৃত হয় আখের গুড় বা গ্লুকোজ 10%; ভুট্টার মাড়াই তরল (corn steep liquor) 4-5%; ফিনাইল অ্যাসিটিক অ্যাসিড-0.5-0.8%; উদ্ভিজ তৈল (Vegetable oil)-0.5% এবং pH নিয়ন্ত্রিত হয় 6.5 মাত্রায়।

ফারমেনটেশনের শর্তাবলী : ফারমেনটেশন সবাত ব্যাচ পদ্ধতিতে সম্পন্ন হয় 7 দিন থেকে 200 ঘণ্টার মধ্যে। এরপর মাইসেলিয়াল ম্যাট-কে তরল থেকে আলাদা করে নেওয়া হয়। তরলটি ছেঁকে নেওয়া হয় এবং পরিস্রুত তরলে পটাশিয়াম লবণ যোগ করে অধঃক্ষিপ্ত করা হয়। অধঃক্ষেপ হল পেনিসিলিন G-এর পটাশিয়াম লবণ যা পুনঃ পুনঃ পরিশুদ্ধকরণের পর শুদ্ধ পেনিসিলিন-G বায়ুশূন্য হিমায়িত পরিবেশে শুষ্ক পাউডারে পরিণত করা হয়। **লায়োফিলাইজেশন** পদ্ধতিতে পেনিসিলিনকে অ্যাম্পিউল (am-pule) এ সংরক্ষণ করা ও বাণিজ্যিকভাবে বাজারে ছাড়া যায়। তার আগে অবশ্য এই উৎপাদনের জীবাণুনাশক ক্ষমতা পরীক্ষা করা হয়। পেনিসিলিন G-কে দরকার মত পরিবর্তিত করা যায়। যেমন ব্যাকটেরিয়ার acyclase উৎসেচক দ্বারা 37°C তাপমাত্রায় এটিকে জলে দ্রাব্য 6APA (অ্যামাইনো পেনিসিলানিক অ্যাসিড)-তে পরিবর্তিত করা যায়।

স্ট্রেপটোমাইসিন (Streptomycin) : এটি একটি ব্যাকটেরিয়াজাত অ্যান্টিবায়োটিক যা সংক্রমণকারী জীবাণুর প্রোটিন সংশ্লেষ প্রক্রিয়াকে ব্যাহত করে।

অণুজীব : *Streptomyces griseus* নামক অ্যাকটিনোমাইসিটিস গোষ্ঠীর ব্যাকটেরিয়া যাদের সাধারণতঃ মাটিতে পাওয়া যায়।

কাঁচামাল : সয়াবীন দ্রবণ, গ্লুকোজ, NaCl ইত্যাদি সাধারণভাবে কৃষ্টি মাধ্যমে ব্যবহার করা হয়।

ফারমেনটেশন শর্তাবলী : প্রথমে ষ্টার্টার কালচার ছোট ফ্লাস্কে তৈরি করা হয় (1-2 মিটার) এবং তারপরে তা পাইলট স্তরের ফারনেমটারে 20 লিটার কৃষ্টি মাধ্যমে স্থানান্তরিত করা হয়। এখানে মাইসেলিয়ামের সুবৃদ্ধি ঘটে 48 ঘণ্টার মধ্যে এবং তারপর সেই উপাদান ফারমেনটারে বীজায়িত (inoculate) করা হয়। ফারমেনটেশন তাপমাত্রা 28°C এবং pH হয় 7.6-8.0; পদ্ধতিটি বায়বীয় এবং উত্তম আলোড়ন (agitation) দরকার। তিন স্তরে, 10 দিনে ফারমেনটেশন সম্পন্ন হয়। প্রথম স্তর হল মাইসেলিয়াম উত্তম বৃদ্ধির স্তর। এই সময় প্রোটিন ভঙ্গক উৎসেচক দ্বারা সয়াবীন মিল থেকে NH_3 মুক্ত হয়ে মাধ্যমে জমা হয়। এর ফলে pH বেড়ে যায়। দ্বিতীয় স্তরে, মাইসেলিয়াম বৃদ্ধি কমে বটে কিন্তু গৌণ বিপাকজাত (Secondary metabolitie) পদার্থ হিসেবে মাধ্যমে স্ট্রেপটোমাইসিন জমা হতে থাকে। এ পির্যায়ে জমা থাকা গ্লুকোজ ও জমা হওয়া NH_3 ব্যবহৃত হতে থাকে। তৃতীয় পর্যায়টি কার্বহাইড্রেট সম্পূর্ণ ব্যবহৃত হয়ে গেলে উৎপাদন কমে যায় এবং কোশগুলি ভেঙ্গে যেতে শুরু করে। pH এই পর্যায়ে বেড়ে যায় এবং ফারমেনটেশন এই পর্যায়ে বন্ধ হয়ে যায়।

উৎপাদিত পদার্থের আহরণ (Recovery of Product) : কৃষ্টি মাধ্যমের তরলকে পরিস্রাবন দ্বারা কোশসমষ্টি থেকে আলাদা করে ফেলা হয়। স্ট্রেপটোমাইসিনকে তরল থেকে সক্রিয় চারকোল (activated charcoal) দ্বারা শোষিত করা হয় এবং অ্যাসিড অ্যালকোহল দ্রবণে মুক্ত করা হয়। এরপর অ্যাসিটোন দ্বারা তা অধঃক্ষিপ্ত করা হয় এবং কলাম ক্রোমাটোগ্রাফি পদ্ধতিতে বিশুদ্ধ করা হয়।

20.5 ভিটামিন উৎপাদন (Production of Vitamins)

Vitamin B_{12} (Cyanocobalamine) স্ট্রেপটোমাইসিন উৎপাদন প্রক্রিয়ায় উপজাত পদার্থ হিসাবে পাওয়া যায়। সেক্ষেত্রে ফারমেনটেশনের সময় কিছুটা কোবাল্ট (Cobalt) লবণ কৃষ্টি মাধ্যমে যোগ করা দরকার। তবে বেশি পরিমাণে B_{12} উৎপাদন করতে গেলে *Propionibacterium shermanii* বা *Pseudomonas denitrificans* নামক ব্যাকটেরিয়াকে অবাত অথবা সবাত সন্ধান পদ্ধতিতে 3-4 দিন 30°C তাপমাত্রায় জন্মাতে দেওয়া হয়। *P. Shermanii*-র দ্বারা অবাত পদ্ধতিতে কাঁচামাল হিসাবে গ্লুকোজ, ভুট্টা মাড়াই তরল, অ্যামোনিয়া ও কোবাল্ট ব্যবহার করা হয়। pH মাত্রা 7.0-তে নিয়ন্ত্রিত রাখা হয়। *P. denitrificans* দ্বারা সবাত পদ্ধতিতে সুক্রোজ, বীটেইন, গ্লুটামিক অ্যাসিড, কোবাল্ট ক্লোরাইড, ডাই মিথাইল-বেনজ-ইমিডাজোল ব্যবহার করা হয়।

উৎপাদিত পদার্থের আহরণ ঃ ভিটামিন অন্তর্কোষীয় (intracellular) পদার্থরূপে কোশাভ্যন্তরে জমা হয়। কোশগুলি সেনট্রিফিউজ পদ্ধতিতে সংগ্রহ করে অ্যাসিড, তাপ ও সায়ানাইড দ্বারা বিদারিত করে ভিটামিনকে মুক্ত করা হয় এবং আয়ন-এক্সচেঞ্জ ক্রোমাটোগ্রাফি বা চারকোল দ্বারা সংগ্রহ করা হয়। এরপর ফেনল ও জল দ্বারা ভিটামিনকে আরো পরিশুদ্ধ করা হয় এবং অ্যাসিটোনের অধঃক্ষেপ থেকে কেলাসিত করে পরিশুদ্ধ করা হয়। *Propionibacterium* প্রতি লিটার কৃষ্টি মাধ্যমে 23 mg Vitamin B_{12} উৎপাদন করতে পারে।

20.6 খাদ্য উৎপাদনে জীবাণুর ব্যবহার (Use of microbes in food Industry)

পৃথিবীর প্রায় সমস্ত অঞ্চলেই fermented খাদ্য খাবার প্রচলন আছে। দুগ্ধজাত খাদ্য ব্যাপকভাবে এবং প্রাণী ও উদ্ভিজ্জ পদার্থের fermentation বা সন্ধান প্রক্রিয়াকে কমবেশী সমস্ত অঞ্চলের মানুষই নিজেদের কাজে লাগিয়েছে।

দুগ্ধজাত খাদ্য ঃ দুগ্ধজাত ফারমেনটেড খাদ্য বহুবিচিত্র রকমের হতে পারে। নীচের সারণিতে (20.2) খাদ্য ও উৎপাদনকারী জীবাণুর নাম দেওয়া হল।

সারণি-20.2 : জীবাণু দ্বারা উৎপাদিত দুগ্ধজাত খাদ্য।

খাদ্যের নাম	জীবাণুর নাম	খাদ্যের প্রকৃতি
দই (Curd) এবং yogurt কেফির (Kefir)	*Lactobacillus bulgaricus* *Streptococcus acidophilus* *Streptococcus lactis* *S. bulgaricus* এবং yeast	জীবাণু দুধের lactose শর্করাকে ব্যবহার করে দুধের অদ্রবণীয় পদার্থকে জল থেকে আলাদা করে ফেলে। ল্যাকটিক অ্যাসিড ও অ্যালকোহল সন্ধানের ফলে দুধ থেকে উৎপাদিত আংশিকভাবে অ্যালকোহল ঘটিত খাদ্য
ঘোল (Buttermilk)	*Lactobacillus bulgaricus*	টক দুধ যার থেকে solid পদার্থ পৃথকীভূত করে নেওয়া হয়েছে।
চীজ (Cheese) দুটি পর্যায়ে সম্পন্ন :		
(i) দুধ থেকে দই	*Lactobacillus* sp.	এই পর্যায়ে দুধের দই উৎপাদনের পর দই *solid* রূপে জল থেকে আলাদা করে ফেলা হয়।
(ii) জলমুক্ত দই এর Ripening	*Propionibacterium* sp. *Penicillium roqueforti*	এই পর্যায়ে উৎসেচক দ্বারা অ্যাসিড উৎপাদনের ফলে চীজে গন্ধ আসে

- রুটি উৎপাদনে *Saccharomyces cerevisae* নামক yeast এর ব্যবহার সর্বত্র প্রচলিত। অ্যালকোহল ঘটিত পানীয় উৎপাদনেও yeast ব্যবহৃত হয়।
- ভিনিগার (Vinegar) উৎপাদনে দুটি বা তিনটি ব্যাকটেরিয়ার ব্যবহার আছে এবং *S. cerevisiae* দ্বারা অ্যালকোহল উৎপাদনের একটি পর্যায় আছে। প্রথমে কার্বোহাইড্রেট থেকে *S. cerevisiae* দ্বারা ইথানল তৈরী হয়। অতঃপর ইথানল থেকে *Acetobactor, Gluconobactor* এবং কখনও কখনও *Clostridium* দ্বারা অ্যাসিটিক অ্যাসিড তৈরী হয়।
- Fermented সবজির উদাহরণ হল *স্যায়ারক্র্যাট* (Sauerkraut) এটি Germany অঞ্চলে খাদ্য হিসাবে জনপ্রিয়। বাঁধাকপির fermentation এর ফলে এই খাদ্য তৈরী হয়। নুনের নিয়ন্ত্রিত ব্যবহারে সন্ধান প্রক্রিয়াটি আংশিকভাবেই সম্পন্ন হয়। ব্যবহৃত জীবাণু হল *Lactobacillus plantarum* ও *Pediococcus cerevisae* নামক ঈষ্ট।

- সয়াবীনের fermentation এর ফলে উৎপাদিত খাদ্য হল Tofu (টোফু) যা জাপানে জনপ্রিয়। Mucor নামক ছত্রাক দ্বারা এটি উৎপাদিত হয় সয়াবীনের আংশিক পচনের ফলে।

- ভাতের fermantation এর ফলে উৎপাদিত অপর একটি জনপ্রিয় খাদ্য হল Miso। এটি উৎপাদনে *Aspergillus oryzae* নামক ছত্রাক কাজে লাগে।

- *Single Cell Protein (SCP)* হল খাদ্য পরিপূরক যা বস্তুতঃপক্ষে জীবাণুকোশকে প্রোটিনের উৎস হিসাবে ব্যবহার করা। শৈবাল গোষ্ঠীর উদ্ভিদের মধ্যে *Spirulina* ও *Scenedesmus* কে কৃষ্টি মাধ্যম উৎপাদন করে প্রোটিনের চাহিদা মেটানো হচ্ছে। *Sacchraromyces, Candida, Torulopsis* ইতাদি উৎপাদনের জন্য বর্জ্য পদার্থকে উৎস হিসাবে ব্যবহার করা হয়। এগুলির পশুখাদ্য হিসাবে ব্যাপক ব্যবহার আছে।

20.7 বিজ্ঞান গবেষণায় জীবাণুর ব্যবহার (Microbes in Scientific Research)

- ব্যাকটেরিয়ার জীবন একটি মাত্র কোশের দ্বারাই সম্পন্ন হয় বলে যে কোন কোশীয় প্রক্রিয়ার সূক্ষ্মাতিসূক্ষ্ম বিশ্লেষণের জন্য ব্যাকটেরিয়াই হল আদর্শ মডেল এবং এই মডেলের উপর ভিত্তি করে আজ অবধি জীবন বিজ্ঞানের যুগান্তকারী আবিষ্কার বলে যেগুলি আমরা জানি সেগুলি জনসমক্ষে এসেছে। কেন ব্যাকটেরিয়ার কোশ জীবন বিক্রিয়াগুলি বোঝার জন্য আদর্শ? এর কারণ ঃ

- ব্যাকটেরিয়া এককোশী এবং সক্ষিপ্ত জীবনচক্র সমৃদ্ধ জীব। যেমন, *E. coli* কোশ মাত্র 20 মিনিটে জীবনচক্র সম্পন করে। এই 20 মিনিটে এটি জীবনের জন্য প্রয়োজনীয় সমস্ত জরুরী বিক্রিয়া সম্পন্ন করে এবং অত্যন্ত দ্রুততার সঙ্গে তা করে। তাই এমন একটি জীবের উপব ভিত্তি করে কোশীয় বিক্রিয়াগুলি কম সময়ে এবং নিরবিচ্ছিন্নভাবে বোঝা যেতে পারে।

- ব্যাকটেরিয়াকে নির্দিষ্ট মাধ্যমে সহজেই বৃদ্ধি ঘটানো বা Culture করা সম্ভব। ল্যাবরেটারীতে এই কালচারের সংরক্ষণ অপেক্ষাকৃত সহজ।

- এককোশী জীবে mutation এর ফলে ফিনোটাইপের পরিবর্তনগুলি অপেক্ষাকৃত সহজে দৃশ্যমান হয়।

- ব্যাকটেরিয়া Culture থেকে উৎসেচক বা অন্যান্য উপাদান অপেক্ষাকৃত সহজে আহরণ করা যায় এবং বিশুদ্ধ করা যায়।

- ব্যাকটেরিয়ার জীনোম অপেক্ষাকৃত ক্ষুদ্রতর, ফলে সেটির নিউক্লিটাইড বিন্যাস অপেক্ষাকৃত সহজসাধ্য। বহুসংখ্যক ব্যাকটেরিয়ার জীনোমের নিউক্লিওডাইট বিন্যাস সংরক্ষিত করা এবং সেগুলির মধ্যে তুলনামূলক আলোচনা করা বহুকোশী প্রাণীর তুলনায় সহজতর।

- ব্যাকটেরিয়ার কোশে একধরনের উৎসেচক পাওয়া যায় যাদের বলে Restriction Endonuclease যা DNA কে সুনির্দিষ্ট অংশে কেটে দেয়। আবার তাদের কোশেই এমন উৎসেচক পাওয়া যায় যা কাটা DNA খণ্ডক দ্বয়কে জুড়ে দিতে পারে। এদের বলে DNA ligase (লাইগেজ)। এই দুটি ভিন্ন ধর্মের উৎসেচক বস্তুতপক্ষে বিভিন্ন ধর্ম বিশিষ্ট দুটি DNA-এর মধ্যে খণ্ডাংশ সৃষ্টিতে এবং ভিন্ন ভিন্ন সূত্র থেকে প্রাপ্ত খণ্ডাংশ জুড়ে দিয়ে নতুন জীনবিন্যাস সম্পন্ন DNA তৈরী করতে কাজে লাগানো হয়েছে। এই ধর্মই বর্তমানের Recombinat DNA Technology র মূল কথা।

- ব্যাকটেরিয়ার মধ্যে পুষ্টি প্রক্রিয়া, অক্সিজেন নির্ভরতা, substrate এর ধরণ ইত্যাদির মধ্যে বিপুল বৈচিত্র্য পাওয়া যায়। এই বৈচিত্র্য কাজে লাগিয়ে Biotechnology বিদ্যার বিভিন্ন শাখা উপকৃত হয়েছে। শিল্প থেকে শুরু করে খাদ্য প্রক্রিয়াকরণ, রোগ সৃষ্টি থেকে শুরু করে রোগ নিরাময়—সমস্ত ধাপেই Biotechnologyর নির্ভরতা আছে ব্যাকটেরিয়ার উপর।
- ব্যাকটেরিয়ার প্রাণী ও উদ্ভিদ রোগ সৃষ্টির ক্ষমতা আছে। যেহেতু প্রাণীদেহের অনুকূল তাপমাত্রা (35ºC-37ºC) ও প্যাথোজেন গুলির অনুকূল তাপমাত্রা এই রকম সেহেতু রোগ সৃষ্টির প্রক্রিয়া অনুধাবন করতে ব্যাকটেরিয়াকে গবেষণাগারে Culture করা জরুরী।

20.8 সারাংশ (Summary)

অনুজীবের উৎসেচক তন্ত্রের বৈচিত্র্যকে মানুষ ঔষধ শিল্পে, খাদ্য উৎপাদনে এবং গবেষণার কাজে ব্যবহার করে এসেছে। বৃদ্ধি র সময় গৌণ-বৃদ্ধি-পদার্থ (Secondary metabolite) রূপে বহুসংখ্যক ব্যাকটেরিয়া বহু বিচিত্র অ্যান্টিবায়োটিক উৎপাদন করে। *Penicillium chrysogenum* দ্বারা সৃষ্ট Penicillin ঔষধ শিল্পে খুবই উল্লেখযোগ্য এবং ব্যবহৃত অ্যান্টিবায়োটিক। বর্তমানে অধিকাংশ অ্যান্টিবায়োটিক গুলির রাসায়নিক গঠন সম্পূর্ণভাবে জ্ঞাত হওয়ায়, সেগুলি কৃত্রিম উপায়ে সংশ্লেষিত হয়। নিষ্ক্রিয় ভাইরাস ও ব্যাকটেরিয়াকে মনুষ্য শরীরে প্রবেশ করিয়ে সেই জীবাণুর বিরুদ্ধে অনাক্রম্যতা তৈরী করা হয়। ভিটামিন B_{12} ও C যথাক্রমে Streptomyces এবং Probionibacterium ব্যাকটেরিয়া থেকে বাণিজ্যিক ভাবে তৈরী করা হয়। সমগ্র পৃথিবীতে fermented খাদ্য খুবই জনপ্রিয়। দুগ্ধজাত দই উৎপাদনে *Lactobacillus bulgaricus*-এর ব্যবহার উল্লেখযোগ্য। স্যায়ারক্র্যাট, টৌফু, মিসো খুবই জনপ্রিয় fermented খাদ্য। *Spirulina* ও *Scenedesmus* শৈবাল থেকে সৃষ্ট Single Cell Protein (SCP) প্রোটিনের উৎস হিসাবে খাদ্য পরিপূরকের কাজ করে। বিভিন্ন গবেষণার কাজে *E. Coli* ব্যাকটেরিয়ার ব্যবহার খুবই উল্লেখযোগ্য।

20.9 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী (Terminal Questions)

1. নিম্নলিখিত অ্যান্টিবায়োটিকগুলির উৎপাদনের জন্য ব্যবহৃত ব্যাকটেরিয়ার নাম লিখুন ঃ
   a) পেনিসিলিন—
   b) স্ট্রেপটোমাইসিন—
   c) ক্লোরামফেনিকন—
   d) টেট্রাসাইক্লিন—
2. দই উৎপাদনে কোন ব্যাকটেরিয়া ব্যবহৃত হয়? দই এবং Yogurt উৎপাদনের সময় ব্যাকটেরিয়া খাদ্যের প্রকৃতির কিরূপ পরিবর্তন ঘটায়?
3. বাণিজ্যিকভাবে Vitamin B_{12} উৎপাদনে কোন ব্যাকটেরিয়া থেকে করা হয়?
4. SCP কি?
5. গবেষণার কাজে জীবাণুর প্রয়োগ নিয়ে আলোচনা করুন।

6. খাদ্য উৎপাদনে জীবাণুর ব্যবহার—আলোচনা করুন।

7. পেনিসিলিনের উৎপাদন পদ্ধতি পর্ণচিত্রের সাহায্যে বর্ণনা করুন।

20.10 উত্তরমালা (Answers)

1. a. *Penicillium chrysogenum*
   b. *Streptomyces griseus*
   c. *Streptomyces venezuelae*
   d. *Streptomyces* sp.
2. এই অংশের উত্তরের জন্য 20.3 অংশ দেখুন।
3. *Propionibacterium shermanii*
4. এই অংশের উত্তরের জন্য 20.3 অংশ দেখুন।
5. এই অংশের উত্তরের জন্য 20.7 অংশ দেখুন।
6. এই অংশের উত্তরের জন্য 20.6 অংশ দেখুন।
7. এই অংশের উত্তরের জন্য 20.4 অংশ দেখুন।

20.11 গ্রন্থপঞ্জী (References)

- অণুজীববিদ্যা, স্বপন ভট্টাচার্য, 2019 পঃবঃ রাজ্য পুস্তক পর্ষদ।
- Agarwal, A. K. & Parihar, P., 2005, Industrial Microbiology, Agrobios (India).
- Atlas, R. M. Principles of Microbiology, Latest Ed., McGraw Hill.
- Banerjee, A. K. & Banerjee, N., 2006, Microbiology & Immunology, New Central Book Agency.
- Dubey, R. C. & Maheswari, D. K., 2005, A Text Book of Microbiology, S. Chand & Company.
- Prescott, L. M., Harley, P. & Klein, 2014, A. General Microbiogy (9th ed.), WBC McGraw Hill.
- Stainer, T. Y., Ingrahm, J. L., Wheelis, M. L. & Painter, P. R., 2005, General Microbiology (5th ed.), Macmillan Educaton Ltd.

NOTES

NOTES