NETAJI SUBHAS OPEN UNIVERSITY

STUDY MATERIAL

ELECTIVE BOTANY HONOURS

EBT 01

Microbiology
and
Algae

BLOCKS 1 & 2

- Microbiology
- Algae

প্রাক্‌কথন

নেতাজি সুভাষ মুক্ত বিশ্ববিদ্যালয়ের স্নাতক শ্রেণির জন্য যে পাঠ্যক্রম প্রবর্তিত হয়েছে, তার লক্ষণীয় বৈশিষ্ট্য হল প্রতিটি শিক্ষার্থীকে তাঁর পছন্দমতো কোনো বিষয়ে সাম্মানিক (honours) স্তরে শিক্ষা গ্রহণের সুযোগ করে দেওয়া। এক্ষেত্রে ব্যক্তিগতভাবে তাঁদের গ্রহণ ক্ষমতা আগে থেকেই অনুমান করে না নিয়ে নিয়ত মূল্যায়নের মধ্য দিয়ে সেটা স্থির করাই যুক্তিযুক্ত। সেই অনুযায়ী একাধিক বিষয়ে পাঠ-উপকরণ রচিত হয়েছে ও হচ্ছে—যার মূল কাঠামো স্থিরীকৃত হয়েছে একটি সুচিন্তিত পাঠ্যক্রমের ভিত্তিতে। কেন্দ্র ও রাজ্যের অগ্রগণ্য বিশ্ববিদ্যালয়সমূহের পাঠ্যক্রম অনুসরণ করে তার আদর্শ উপকরণগুলির সমন্বয়ে রচিত হয়েছে এই পাঠ্যক্রম। সেইসঙ্গে যুক্ত হয়েছে অধ্যেতব্য বিষয়ে নতুন তথ্য, মনন ও বিশ্লেষণের সমাবেশ।

দূর-সঞ্চারী শিক্ষাদানের স্বীকৃত পদ্ধতি অনুসরণ করেই এইসব পাঠ-উপকরণ লেখার কাজ চলছে। বিভিন্ন বিষয়ের অভিজ্ঞ পণ্ডিতমণ্ডলীর সাহায্য এ কাজে অপরিহার্য এবং যাঁদের নিরলস পরিশ্রমে লেখা, সম্পাদনা তথা বিন্যাসকর্ম সুসম্পন্ন হচ্ছে তাঁরা সকলেই ধন্যবাদের পাত্র। আসলে, এঁরা সকলেই অলক্ষ্যে থেকে দূর-সঞ্চারী শিক্ষাদানের কার্যক্রমে অংশ নিচ্ছেন ; যখনই কোনো শিক্ষার্থী এই পাঠ্যবস্তুনিচয়ের সাহায্য নেবেন, তখনই তিনি কার্যত একাধিক শিক্ষকমণ্ডলীর পরোক্ষ অধ্যাপনার তাবৎ সুবিধা পেয়ে যাচ্ছেন।

এইসব পাঠ উপকরণের চর্চা ও অনুশীলনে যতটা মনোনিবেশ করবেন কোনো শিক্ষার্থী, বিষয়ের গভীরে যাওয়া তাঁর পক্ষে ততই সহজ হবে। বিষয়বস্তু যাতে নিজের চেষ্টায় অধিগত হয় পাঠ-উপকরণের ভাষা ও উপস্থাপনা তার উপযোগী করার দিকে সর্বস্তরে নজর রাখা হয়েছে। এর পর যেখানে যতটুকু অস্পষ্টতা দেখা দেবে, বিশ্ববিদ্যালয়ের বিভিন্ন পাঠ্যকেন্দ্রে নিযুক্ত শিক্ষা-সহায়কগণের পরামর্শে তার নিরসন অবশ্যই হতে পারবে। তার ওপর প্রতি পর্যায়ের শেষে প্রদত্ত অনুশীলনী ও অতিরিক্ত জ্ঞান অর্জনের জন্য গ্রন্থ-নির্দেশ শিক্ষার্থীর গ্রহণক্ষমতা ও চিন্তাশীলতা বৃদ্ধির সহায়ক হবে।

এই অভিনব আয়োজনের বেশ কিছু প্রয়াসই এখনও পরীক্ষামূলক—অনেক ক্ষেত্রে একেবারে প্রথম পদক্ষেপ। স্বভাবতই ত্রুটি-বিচ্যুতি কিছু কিছু থাকতে পারে, যা অবশ্যই সংশোধন ও পরিমার্জনার অপেক্ষা রাখে। সাধারণভাবে আশা করা যায়, ব্যাপকতর ব্যবহারের মধ্য দিয়ে পাঠ-উপকরণগুলি সর্বত্র সমাদৃত হবে।

অধ্যাপক (ড.) শুভ শঙ্কর সরকার
উপাচার্য

পঞ্চম পুনর্মুদ্রণ : ডিসেম্বর, 2018

বিশ্ববিদ্যালয় মঞ্জুরি কমিশনের দূরশিক্ষা ব্যুরোর বিধি অনুযায়ী মুদ্রিত।
Printed in accordance with the regulations of the Distance Education Bureau of the University Grants Commission.

পরিচিতি

বিষয় ঃ উদ্ভিদবিদ্যা

সাম্মানিক স্তর

পাঠক্রম ঃ পর্যায় ঃ EBT : 01 : 01 & 02

পর্যায় 1

	রচনা	সম্পাদনা
একক 1–9	ড. কাজী এ. আই. সিদ্দিকী	ড. স্বপন ভট্টাচার্য

পর্যায় 2

একক 10-16	ড. ভোলানাথ চক্রবর্তী	ড. অনাদি কুমার কুণ্ডু

প্রজ্ঞাপন

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

মোহন কুমার চট্টোপাধ্যায়
নিবন্ধক

নেতাজি সুভাষ মুক্ত বিশ্ববিদ্যালয়

EBT : 01 : 1 & 2

মাইক্রোবায়োলজি ও অ্যাল্‌গি

পর্যায়
1

মাইক্রোবায়োলজি (অণু জীববিজ্ঞান)

একক 1	ভাইরাস-I	9-27
একক 2	ভাইরাস-II	28-52
একক 3	ব্যাকটেরিয়ার কোষীয় সংগঠন-I (Cellular Organisation of Bacteria-I)	53-79
একক 4	ব্যাকটেরিয়ার কোষীয় সংগঠন-II (Cellular Organisation of Bacteria-II)	80-100
একক 5	ব্যাকটেরিয়ার শ্রেণিবিভাগ	101-115
একক 6	ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধি ও বংশবৃদ্ধি (Bacterial Growth and Reproduction)	116-143
একক 7	ব্যাকটেরিয়ার জীনগত পুনঃসংযুক্তি-I (Genetic Recombination in Bacteria-I)	144-156
একক 8	ব্যাকটেরিয়ার জীনগত পুনঃসংযুক্তি-II (Genetic Recombination in Bacteria-II)	157-166
একক 9	অণুজৈবিক বাস্তুসংস্থান-(Microbial Ecology)	167-184

পর্যায়
2

অ্যাল্‌গি (শৈবাল)

একক 10	সূচনা	187-203
একক 11	শ্রেণিবিন্যাস, অঙ্গজ দেহের বিস্তৃতি ও অর্থনৈতিক গুরুত্ব	204-234
একক 12	জনন	235-250
একক 13	সায়ানোফাইসী	251-263
একক 14	ক্লোরোফাইসী	264-277
একক 15	জ্যান্থোফাইসী ও ব্যাসিলারিওফাইসী	278-300
একক 16	ফিওফাইসী ও রোডোফাইসী	301-338

পর্যায়- 1 অণুজীববিজ্ঞান

ভূমিকা

মাইক্রোবায়োলজী কথাটি পরিভাষা হল অণুজীববিজ্ঞান। মাইক্রোবায়োলজী (Microbiology) কথাটি গ্রীক। মাইক্রোস (Mikros) মানে ছোট, বায়স্ (bios) অর্থ জীবন, আর লোগোস মানে বিজ্ঞান। এক কথায় ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র জীবদের সম্বন্ধে বিজ্ঞানের যে শাখায় আলোচনা করা হয়েছে, তাকেই বলে মাইক্রোবায়োলজী বা অণুজীববিজ্ঞান। এই কথাটি প্রথম লুই পাস্তুর (Louis Pasteur) ব্যবহার করেন। অণুজীব বিজ্ঞান 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। সবথেকে 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 মাইক্রোবায়োলজী কথাটি ব্যবহার হয়েছে আঠারোশো শতাব্দীতে। গ্যালিলিও (জ্যোতির্বিদ) 1609 - 1610 সালে মাইক্রোস্কোপ আবিষ্কার করেন। পরে ড্রিবুল (C. Drebbel) মাইক্রোস্কোপের উন্নতি সাধন করেন বলে জানা যায়। কিন্তু যিনি প্রথম মাইক্রোব মাইক্রোস্কোপ দিয়ে দেখেছিলেন তিনি হলেন এ্যানটনি ভন লুইএনহুক (A. Leeuwenhoek; কার্যকাল 1632 থেকে 1773 সাল)। তিনি নিজে যে মাইক্রোস্কোপ তৈরী করেন তা ছোট জিনিষকে 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)। জীবাণুর পৃথিবীতে প্রাণের আবির্ভাব প্রায় 150 কোটি বছর আগে এবং আদি বৈশিষ্টগুলি জীবাণুদের মধ্যে এখনও পর্যন্ত মোটামুটি অক্ষুন্ন। জীবাণু আবিষ্কারের পর প্রায় দেড় থেকে দুই শতক ধরে অসংখ্য বিজ্ঞানীর প্রচেষ্টায় সমৃদ্ধি লাভ করেছে জীবাণু সংক্রান্ত গবেষণার নানান শাখা এবং আত্মপ্রকাশ করেছে মাইক্রোবায়োলজী 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 জীব পৃথিবীতে আছে। এদের অতিক্ষুদ্র ছিদ্রবিশিষ্ট ছাঁকনি দিয়ে এমনভাবে ছেঁকে নেওয়া যায় যে তা সাধারণ জীবাণুর থেকে সম্পূর্ণ পৃথকীকৃত হয়ে যায়। জীব না বলে এদের কনা বলাই ভাল। এ বিষয়ে আমরা পরে আলোচনা করব। 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 কারন স্বরূপ জীবরূপে। যদিও এখন আমরা জানি প্রাণী, উদ্ভিদ এমনকি

ব্যাকটেরিয়ার মধ্যে পরজীবি রূপে বসবাস করা এই কনাগুলি 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 জীবাণুর কোষে সুসংগঠিত নিউক্লিয়াস্ (nucleus) থাকে না। এই জন্য এদের আদি নিউক্লিয়াসযুক্ত অথবা প্রোক্যারিওট (procaryote) বলে। অপরপক্ষে যে সব জীবের কোষে উন্নত ধরনের সুসংগঠিত নিউক্লিয়াস্ থাকে তাদেরকে যথার্থ নিউক্লিয়াসযুক্ত অথবা ইউক্যারিওট (eucaryote) বলে। প্রোক্যারিওট সাধারণভাবে এককোষী জীব। অপরপক্ষে শৈবাল, ছত্রাক, আদ্যপ্রাণী ইত্যাদি হল ইউক্যাবিওটের উদাহরণ। ভাইরাসের কোন কোষদেহ থাকে না, এদের অকোষীয় বা নন-সেলুলার (non-cellular) জীব বলে।

এই পৃথিবীতে প্রোক্যারিওট জীবদের সংখ্যাই সব থেকে বেশী। উদাহরণ দিলে বোঝা যাবে - সমুদ্রের সব জীবকে যদি একত্র করা হয় তাহলে যে ওজন হবে তার 90 ভাগ প্রোক্যারিওটদের জন্য বাকি 10 ভাগ ইউক্যারিওট জীবদের। আবার 1 gm. উর্বর মাটিতে প্রায় 10^9 টি প্রোক্যারিওট থাকে। প্রোক্যারিওট ও ইউক্যারিওট জীবের অণুপাত 10,000 : 9। এর থেকে বুঝতে অসুবিধে নেই যে মাইক্রোবায়োলজী পড়লে এক বিশাল জীব জগৎ সম্বন্ধে কিছু জানতে পারা যাবে। কিছু বলার অর্থ 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 প্রোক্যারিওট। 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 মুলত 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 ইচ্ছামত 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।

একক 1 □ ভাইরাস-1

গঠন

1.1 প্রস্তাবনা
উদ্দেশ্য
1.2 ভাইরাস
1.2.1 ভাইরাসের বৈশিষ্ট্য
1.2.2 ভাইরাসের গঠন
1.2.2.1 ক্যাপসিড
1.2.2.2 জীনোম
1.2.2.3 বহিরাবরণী
1.3 সারাংশ
1.4 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী
1.5 উত্তরমালা

1.1 প্রস্তাবনা

এই এককে আলোচনা করা হয়েছে ভাইরাস নিয়ে। ভাইরাস পোষক কোষের বাইরে অবিকল জড় পদার্থের মত আচরণ করে। এদের দেহ কেবলমাত্র প্রোটিন এবং নিউক্লিক অ্যাসিড দিয়ে গঠিত। এই দেহগঠন আপাতভাবে সরল মনে হলেও এর গঠনে এবং সর্বোপরি বংশবৃদ্ধির ধরণে যে বৈচিত্র দেখতে পাওয়া যায় তা অণুজীববিজ্ঞান বিষয়টিকে একই সাথে আকর্ষণীয় এবং প্রয়োজনীয় করে তুলেছে।

উদ্দেশ্য

এই এককটি পাঠ করে আপনি নিম্নলিখিত বিষয়ে ধারণা গড়ে তুলতে পারবেন —

- ভাইরাস কি
- এর গঠনবৈচিত্র কেমন
- এদের বংশবৃদ্ধির ধরণ কি প্রকার
- ব্যাকটেরিয়া ধ্বংসকারী ভাইরাস ব্যাকটেরিওফাজের গঠন ও সংখ্যাবৃদ্ধির প্রকৃতি
- উদ্ভিদ ভাইরাসের গঠন ও শ্রেণীবিন্যাস
- প্রাণী ভাইরাসের গঠন ও শ্রেণীবিন্যাস

1.2 ভাইরাস

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 কোষহীন অণুজীবদের বোঝাতে।

আইভানোভস্কি (D. Ivanovsky) 1892 সালে দেখালেন যে এক ধরনের 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 ঘষে লাগিয়ে দেওয়া যায় তাহলে ঐ সুস্থ গাছও রোগাক্রান্ত হয়ে পড়ে। এই রোগের নাম "টোবাকো মোজাইক ভাইরাস" রোগ। এর থেকে বোঝা যায় এই অণুজীবেরা সাধারণ অণুজীবের তুলনায় অনেক ছোট। এদেরকে বলে পরিস্রাবনযোগ্য অণুজীব (filterable microbe) 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 সংক্রমনের বিরুদ্ধে টিকা (vaccine) আবিষ্কার হয়েছে এবং ঐ টিকার ব্যবহারও হয়েছে। বসন্তরোগ পক্সভাইরাস দিয়ে 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 ভাবা হয়েছিল ভাইরাসেরা অন্য ধরনের মাইক্রোব যারা একমাত্র পরজীবী হয়েই বাঁচতে পারে। এম. বেইজেরিঙ্ক (Martinus Beijerinck, 1850-1931) সাল) 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 গুনাগুন বজায় রাখে। ডাব্লু. এম স্ট্যানলে 1925 সালে দেখালেন ঐ কনিকাগুলি 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 (Deoxyribo Nucleic Acid) এবং 2) RNA (Ribo Nucleic Acid)। ভাইরাস দেহে শুধুমাত্র RNA অথবা DNA থাকে, এই দুই ধরণের নিউক্লিক অ্যাসিড কখনো একসাথে থাকে না।

> প্রান্তলিপি : মনে রাখা দরকার যে 1884 সালে চার্লস ক্যামবারল্যাণ্ডকৃত ব্যাকটেরিয়াল ফিলটার (যাতে সাধারণ অণুজীব আটকে যায়) আবিষ্কারের পর থেকেই কিন্তু ভাইরাস সম্বন্ধে কাজের গতি বেড়ে গিয়েছিল। ইনি ছিলেন লুই পাস্তুরের সহকর্মী। ইনি অটোক্লেভ (autoclave) যন্ত্রটিও আবিষ্কার করেছিলেন। অটোক্লেভ একধরনের প্রেসার কুকার। এটি ব্যবহার করা হয় উচ্চতর বাষ্পীয় চাপে কোন তরলের জীবাণু মেরে ফেলতে।

ভাইরাস অসংখ্য গাছ ও প্রাণীকে সংক্রামিত করে এমনকি ব্যাকটেরিয়াকেও। এফ. ডাব্লু. টাউওর্ট এবং ডি হেরেল্লী 1915 সালে তাঁদের আলাদা আলাদা অনুসন্ধানে দেখিয়েছিলেন যে এক ধরনের ভাইরাস আছে যারা ব্যাকটেরিয়াকে সংক্রামিত করে। এদের বলা হয় Bacteriophage (ব্যাকটেরিওফাজ)। ব্যাকটেরিওফাজের মধ্যে কোলিফাজ নামটি সুপরিচিত। যে ব্যাকটেরিওফাজগুলি *Escherichia coli* (এসচেরেচিয়া কোলাই) নামক ব্যাকটেরিয়াকে সংক্রামিত করে তাদের এক কথায় কোলিফাজ বলা হয়।

1.2.1 ভাইরাসের বৈশিষ্ট্য ঃ ভাইরাস কোষহীন অনুজীব, পূর্ণরূপে পরজীবী, এদের কোন সাইটোপ্লাজম্ থাকে না কাজেই পোষক কোষের বাইরে কোন বিপাকীয় কার্য চলে না। যে কোন এক রকমেরই নিউক্লিক অ্যাসিড থাকে, হয় DNA অথবা RNA।

ভাইরাসের জীবন চক্রে দুটি অবস্থা থাকে, একটি হল জীব কোষের ভেতর বংশ বৃদ্ধির জন্য ও অন্যটি জীব কোষের বাইরে। এই দ্বিতীয় অবস্থায় এরা নির্জীব বস্তুর মত আচরণ করে। এদের জীবনের প্রকাশ কোন জীব কোষের মধ্যেই হয়ে থাকে। এক একটি ভাইরাসকে ভিরিয়ন (virion) বলা হয়। যে ভাইরাসে DNA থাকে তাকে DNA ভাইরাস বলে আর যাদের RNA থাকে তারা RNA ভাইরাস। সাধারণত DNA অথবা RNA এর একটি করে অণু থাকে। DNA ভাইরাসের DNA একতন্ত্রী (single stranded) বা দ্বিতন্ত্রী (double stranded) হতে পারে। এর আবার গোলাকৃতি (circular) বা রজ্জু আকৃতির (linear) আকৃতির হতে পারে। RNA ভাইরাসের ক্ষেত্রেও RNA একতন্ত্রী বা দ্বিতন্ত্রী কিন্তু 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 কোবলমাত্র প্রোটিন দ্বারা গঠিত কণিকা— হ্যাঁ / না

   b) ভাইরাসের দেহে এক প্রকার নিউক্লিক অ্যাসিড থাকে— হ্যাঁ / না

   c) ভাইরাস একটি কোষহীন পূর্ণপরজীবী— হ্যাঁ / না

   d) ভাইরাস পোষক কোষের ভেতর বা বাইরে বংশবৃদ্ধি করতে পারে— হ্যাঁ / না

   e) ভাইরাসকে খালি চোখে দেখা যায় না কিন্তু সাধারণ মাইক্রোস্কোপ দ্বারা দৃশ্যমান— হ্যাঁ / না

2. শূণ্যস্থান পূর্ণ করুণ ঃ -

   a) ব্যাকটেরিয়াকে সংক্রমণকারী ভাইরাস হল _____।

   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 ব্যাকটেরিয়াকে সংক্রামিত করে তাকে বলে কোলিফাজ।

1.2.2 ভাইরাসের গঠন

1.2.2.1 ক্যাপসিড :

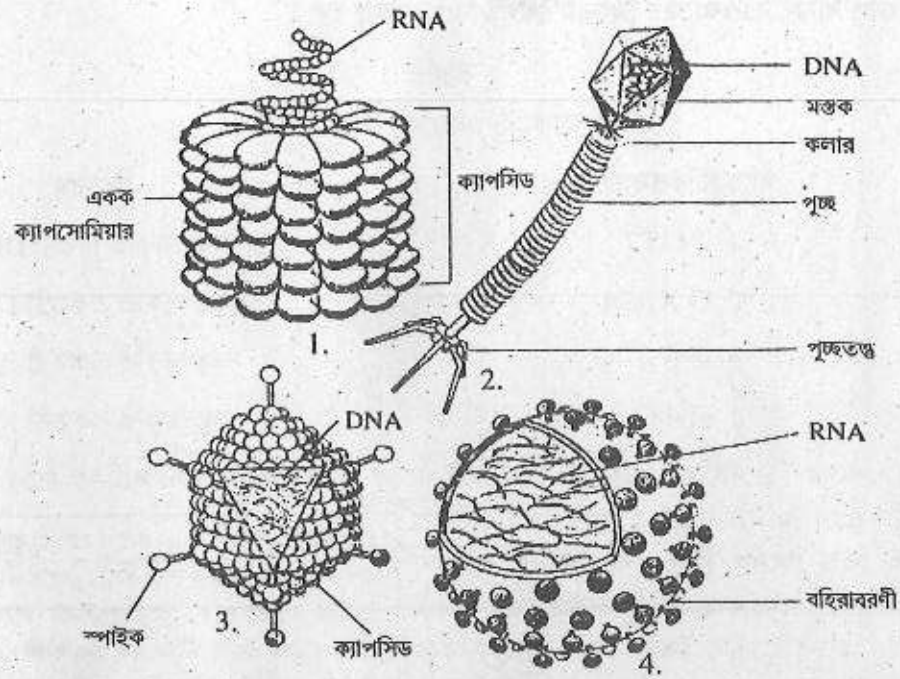
নিউক্লিও ক্যাপসিডের বৈশিষ্ট্যই ভাইরাসের আকৃতি দান করে। ক্যাপসিড প্রোটিন এক বা একাধিক আকৃতি ও প্রকৃতির হতে পারে। প্রতিটি ভিরিওন ক্যাপসিড যে প্রোটিন দিয়ে তৈরী তাদের অধঃএকক (sub unit) প্রোটিন বা ক্যাপসোমিয়ার বলে। নিউক্লিও ক্যাপসিড্ মৌলিকভাবে দুই ধরনের গঠন প্রতিসাম্য (symmetry) যুক্ত।

i) সর্পিলাকার (helical) : অর্থাৎ স্ক্রুর মত পেঁচালো বিন্যাসে ক্যাপসোমার গুলি সাজান হয়, যেমন টোবাকো মোজাইক ভাইরাস (TMV)।

ii) ঘনক্ষেত্রাকার (isometric) : এখানে ক্যাপসোমিয়ারের প্রোটিন এমন ভাবে বিন্যস্ত যাতে সমগ্র ক্যাপসিডটি বহুতল বিশিষ্ট (Polyhedral) আকৃতি লাভ করে। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় ঘনক্ষেত্রকার ভাইরাসের প্রোটিনগুলি যখন একত্রিত হয়ে পাঁচটি তলযুক্ত ক্যাপসোমিয়ার তৈরী করে তখন তাকে বলে পেন্টামার (Pentamere)। একইভাবে ছয় বা ততোধিক তল বিশিষ্ট ক্যাপসোমিয়ার ও হওয়া সম্ভব। আবার এই পঞ্চভূজ বা ষড়ভূজাকৃতি ক্যাপসোমিয়ারগুলি মিলেও একটি ভাইরাস গঠিত হতে পারে (চিত্র 1.1)। যত বেশি রকমের আকৃতির ক্যাপসোমিয়ার একত্রিত হয় ততই গঠনের জ্যামিতিক জটিলতা বাড়ে। SV 40 নামক ভাইরাস' এর ক্যাপসোমিয়ার পাঁচতল বিশিষ্ট বা পেন্টামার। পাঁচরকম সাব ইউনিট প্রোটিন একত্রিত হয়ে এদের ক্ষেত্রে এক একটি পাঁচতল বিশিষ্ট ক্যাপসোমার তৈরী করে এবং অনেক গুলি পেন্টামার সজ্জিত হয়ে প্রতিটি SV 40 ভাইরাসের পূর্ণ গঠন দেয়। অ্যাডিনো ভাইরাসের (adenovirus) গঠন অনেক জটিল (চিত্র 1.2), এদের গঠন 20 টি তল বিশিষ্ট বা আইকোসাহেড্রাল। এই রকম ক্যাপসিডের 20 টি তল, 30 টি কোন এবং 12 টি চূড়া থাকে। এই গঠন দিতে মোট 240 টি হেক্সামার ও 12 টি পেন্টামার সাবইউনিট প্রোটিন অথবা ক্যাপসোমিয়ার লাগে। T-even ব্যাকটেরিওফাজ (T-even bacteriophage) আরও জটিল। এক্ষেত্রে একটি মাথার মত অংশ (head structure) থাকে যেটির গঠন ঘনক্ষেত্রাকার। এটির মধ্যেই নিউক্লিক অ্যাসিডের অণুটি থাকে। নিউক্লিক অ্যাসিড এক্ষেত্রে DNA। মাথার তলায় থাকে লেজ (tail structure) সেটির গঠন প্রণালী প্যাঁচালো দণ্ডাকার। এইভাবে ঘনক্ষেত্রাকার এবং দণ্ডাকার দুই প্রণালীর গঠন দিয়ে ক্যাপসিড গঠিত হলে তাকে বাইনাল (binal) গঠন প্রণালী বলে। বাইনাল গঠন ব্যাকটেরিওফাজে বেশি দেখা যায় (চিত্র 1.2)।

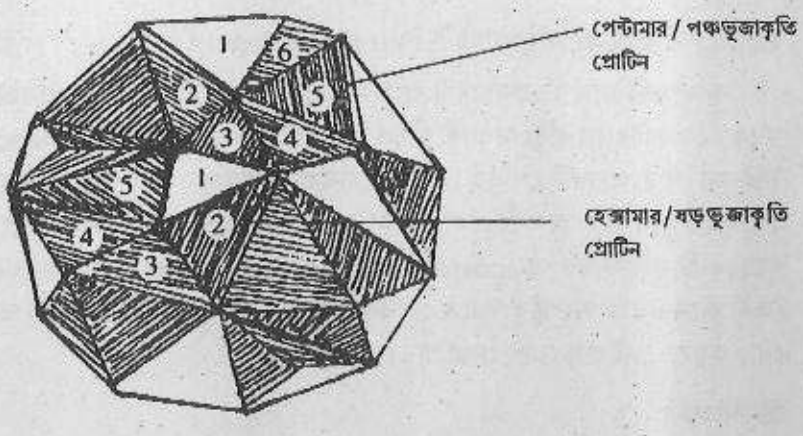
1.2.2.2 জিনোম (Genome) :

জিনোম বলতে কোন সাধারণভাবে জীব কোষের DNA কে বোঝায় কিন্তু ভাইরাসের জিনোম DNA অথবা RNA হতে পারে। আগেই বলা হয়েছে DNA ভাইরাসে DNA একতন্ত্রী বা দ্বিতন্ত্রী হতে পারে, DNA চক্রাকার অথবা রজ্জু আকৃতির হতে পারে। RNA ভাইরাসে একতন্ত্রী বা দ্বিতন্ত্রী রজ্জু আকৃতির RNA জিনোমের কাজ করে।



চিত্র নং 1.1 ঃ ভাইরাসের গঠন বৈচিত্র।

(1) টোব্যাকো মোজাইক ভাইরাস, RNA জিনোমকে ঘিরে ক্যাপসোমার সর্পিলাকারে সজিজিত আছে। (2) T- ইভেনফাজ ব্যাকটেরিও ফাজের দ্বিপ্রতিসম গঠন, মস্তক অংশের মধ্যে DNA থাকে। (3) অ্যাডিনোভাইরাস, ভাইরাস গঠন ঘনস্কেত্রাকার প্রতিসাম্য। (4) কোরোনাভাইরাস, ক্যাপসিড আবরণী দিয়ে ঢাকা ক্যাপসিডের মাঝে RNA জিনোম।



চিত্র নং 1.2 ঃ ভাইরাস ক্যাপসিডের জটিল গঠন প্রণালী।

এখানে পঞ্চভূজাকৃতি ও ষড়ভূজাকৃতি অধঃএকক সাজিয়ে ক্যাপসিডটি ঘনস্কেত্রাকার গঠন সৃষ্টি করেছে।

কতগুলি ব্যাকটেরিওফাজের জিনোম বৈশিষ্ট নিচে দেওয়া হল ঃ

সারণি -1

কিছু ব্যাকটেরিওফাজের জিনোম বৈশিষ্ট্য

ব্যাকটেরিওফাজ	জিনোম
1. T4, T7	রজ্জুআকৃতি দ্বিতন্ত্রী DNA
2. Ø X 174	রজ্জুআকৃতি একতন্ত্রী DNA
3. Ø β	রজ্জুআকৃতি একতন্ত্রী RNA
4. Ø 6	রজ্জুআকৃতি একতন্ত্রী RNA

DNA অথবা RNA যাই হোক না কেন, ভাইরাসের জিনোম খুবই ছোট, সংক্ষিপ্ত যাতে ক্যাপসিডের ভেতর ঠিকভাবে আটকে থাকতে পারে। এই সংক্ষিপ্ত জিনোমেই কিন্তু অনেক জিন এবং জিনের কাজকর্ম নিয়ন্ত্রিত (regulatory) করার সমস্ত সঙ্কেত বর্ত্তমান। এই জীনগুলিই এদের প্রোটিন তৈরী করতে সাহায্য করে (T4 ব্যাকটেরিওফাজ অংশ দেখুন) যাতে পরজীবী হয়ে বংশবৃদ্ধির জন্য যা কিছু দরকার সবটুকু প্রয়োজন অতি সংক্ষিপ্ত DNA'ই মেটাতে পারে। সাধারণভাবে ভাইরাসে একটি নিউক্লিক অ্যাসিড অণুই জিনোম গঠন করে কিন্তু কিছু ভাইরাসের জিনোম দুই বা ততধিক অণুদিয়ে গঠিত। যেমন রিওভাইরাস (Reovirus)। এদের জিনোম 10 টি আলাদা আলাদা দ্বিতন্ত্রী দিয়ে RNA দিয়ে তৈরী। এই রকম জিনোমকে খণ্ডিত (segmented) জিনোম বলে।

প্রান্তলিপি ঃ জিন (Gene) বলতে আমরা বুঝি বংশগতির একক সমূহকে। সঠিক ভাবে 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 ট্রানসক্রিপশন বা প্রতিলিপি গঠন। mRNA থেকে এই সংকেত অণুদিত হয় প্রোটিনে। এই পদ্ধতিকে বলে ট্রানস্লেসন বা অনুবাদকরন।

1.2.2.3 ভাইরাসের বহিঃআবরণী (Viral envelope) ঃ

সকল ভাইরাসে বহিঃ আবরণী থাকে না। কোন কোন ভাইরাসের ক্যাপসিডকে ঘিরে একটি আবরণী বা মোড়ক থাকে। যে ভাইরাসে বহিঃআবরণী থাকে তাকে বহিঃ আবরণীযুক্ত (enveloped) ভাইরাস; যথা হারপিস বা পক্স ভাইরাস। বহিঃআবরণী পোষক কোষের রোগ প্রতিরোধ ক্ষমতা বা অনাক্রমনতায় (immunity) পরিবর্ত্তন সাধন করে সংক্রমনে সহায়তা করে। কোন কোন ক্ষেত্রে তা নির্দিষ্ট পোষককোষের সাথে ভাইরাসকে সংযুক্ত হতে সাহায্য করে। এটি ফসফোলিপিড (pospholipid) এবং প্রোটিন দিয়ে তৈরী। এই প্রোটিন অংশটুকু ভাইরাসের জিনোম তৈরী করে। বাকি অংশটুকু আসে পোষক কোষের কোষপর্দা থেকে। প্রাণী ভাইরাসের (animal virus) মধ্যে মোড়কযুক্ত ভাইরাস বেশি দেখা যায়।

অনুশীলনী - 2

1. **এক - দুই কথায় উত্তর দিন ঃ -**

   a) ভাইরাসের গঠনে কত রকমের প্রতিসাম্য দেখা যায় ও কি কি ?

b) আইকোসাহেড্রাল ভাইরাসের তলের সংখ্যা ও শীর্ষবিন্দুর সংখ্যা কি ?

c) একটি বাইনাল 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 (সর্পিলাকার / ঘনক্ষেত্রাকার / বাইনাল) ভাইরাস।

c) ভাইরাসের DNA (দ্বিতন্ত্রী / একতন্ত্রী / এক ও দ্বিতন্ত্রী উভয় প্রকার) হতে পারে।

d) বহিরাবরণীযুক্ত ভাইরাস বেশি দেখা যায় (ফাজ / উদ্ভিদ ভাইরাস / প্রাণী ভাইরাস) এর মধ্যে।

e) আইকোসাহেড্রাল ভাইরাস গঠনে (40 টি / 240 টি / 12 টি) হেক্সামার প্রয়োজন।

1.2.3 প্রতিরূপ গঠন (Replication) :

প্রতিরূপ গঠনের মাধ্যমে ভাইরাস সংখ্যায় বাড়ে। ভাইরাস পূর্ণ পরজীবি, তাই এদের প্রতিরূপ সর্বদা পোষক কোষের মধ্যেই গঠিত হয়। আবার নির্দিষ্ট ভাইরাসের জন্য পোষক কোষ নির্দিষ্ট। পোষক কোষকে সংক্রামিত করা থেকে শুরু করে পূর্ণতা প্রাপ্তি পর্যন্ত ঘটনা ক্রমকে সাতটি পর্যায়ে ভাগ করা যায়।

i) পৃষ্ঠলগ্ন হওয়ার দশা- (adsorption) : এটি প্রথম পর্যায়। ভাইরাস তার পোষক কোষের নির্দিষ্ট জায়গায় সংযোজিত (attachment) হয়। পোষক কোষের কোষ পর্দা বা কোষ প্রাচীরের নির্দিষ্ট গ্রাহী (receptor) স্থানে এই সংযোজন হয়।

ii) অণুপ্রবেশ- (penetration) : সংযোজনের পর ভাইরাস পোষক কোষের মধ্যে প্রবেশ করে। বহুক্ষেত্রেই অবশ্য কেবল DNA টি প্রবেশ করে। যেমন ফাজ এর ক্ষেত্রে।

iii) অনাবরণ (uncoating) : অর্থাৎ DNA বা RNA ভাইরাস জিনোম ক্যাপসিডের ভেতর থেকে বেরিয়ে আসে পোষক কোষের সাইটোপ্লাজমে। কোন কোন ভাইরাসের ক্ষেত্রে ভাইরাসের জিনোমটিই পোষক কোষে প্রবেশ করে, ক্যাপসিড্ কোষের বাইরে পড়ে থাকে। ব্যাকটেরিওফাজের ক্ষেত্রে এমনটাই ঘটে।

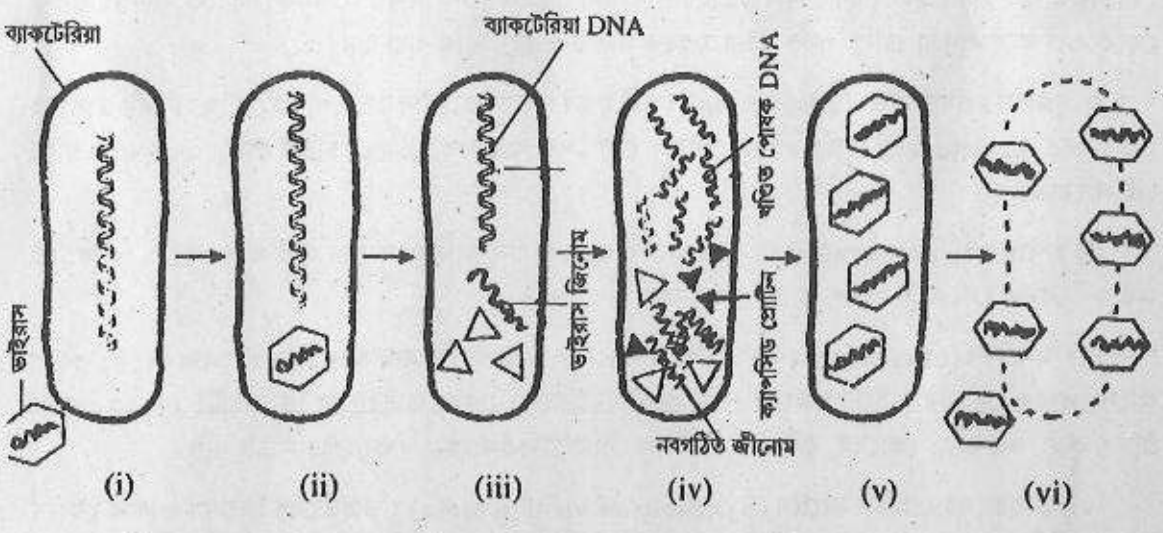
iv) ভাইরাসের প্রোটিন সংশ্লেষ (Synthesis of viral protein) : ভাইরাসের জিনোম পোষক কোষে প্রবেশ করেই পোষক কোষের বিপাকীয় কার্য প্রণালী এমনভাবে পরিবর্তিত করে যে তা ভাইরাসের জিনোমের নির্দেশে চলতে থাকে এবং ভাইরাসের বংশবৃদ্ধির জন্য যে যে প্রোটিনের প্রয়োজন তাই তৈরী হতে থাকে (কিছু ক্ষেত্রে ব্যতিক্রম আছে পরে যা আলোচনা করা হবে)।

v) ভাইরাসের নিউক্লিক অ্যাসিড সংশ্লেষ (Synthesis of viral neuclic acid) : ভাইরাসের প্রয়োজনীয় প্রোটিন তৈরী হওয়ার সাথে সাথে ভাইরাসের জিনোমের প্রতিরূপ তৈরী হতে থাকে- একটি থেকে অনেকগুলি।

vi) স্বসংযুক্তি বা পূর্ণতাপ্রাপ্তি (Assembly) : এই পর্যায়ে পোষক কোষের মধ্যে প্রয়োজনীয় প্রোটিন (ক্যাপসোমার) ও জিনোম (RNA অথবা DNA) তৈরী হওয়ার পর এরা একত্রিত হয়ে নির্দিষ্ট সজ্জাবিন্যাসে বিন্যস্ত হয়ে নিউক্লিওক্যাপসিড্ তৈরী করে। অর্থাৎ ভাইরাস পূর্ণতাপ্রাপ্তির দিকে অগ্রসর হয়। ভাইরাসের পূর্ণতা প্রাপ্তির সাথে সাথে পোষক কোষের মৃত্যু হয়।

vii) নির্গমন বা মুক্তি (release of virion) : এই পর্যায়ে পোষক কোষ থেকে নবগঠিত অপত্য ভাইরাস কণিকাগুলি বেরিয়ে আসে এবং আবার যদি কোন পোষক কোষের সংস্পর্শে আসে তা হলে একইভাবে বংশবৃদ্ধি শুরু করে।

উপরের পর্যায়গুলির তারতম্য ঘটে কোন কোন ভাইরাসের ক্ষেত্রে। এই তারতম্য আলোচিত হবে যখন বিশদে এক একটি ভাইরাসের সম্বন্ধে লেখা হবে। ভাইরাসের রেপ্লিকেশন আর একটু বিস্তারে জানার প্রয়োজন তাই বিভিন্ন পর্যায় দৃষ্টান্ত মূলক উদাহরণ দিয়ে আলোচিত হল।



চিত্র নং 1.3 : ভাইরাস সংখ্যাবৃদ্ধির বিভিন্ন পর্যায়।
(i) ভাইরাসের পোষক কোষের নির্দিষ্টগ্রাহী অংশে সংযোজন; (ii) পোষক কোষে ভাইরাসের প্রবেশ।
(iii) ভাইরাসের জিনোম ক্যাপসিড থেকে বেরিয়ে সাইটোপ্লাজমে আসা। (iv) প্রোটিন ও জিনোম তৈরী;
(v) ভাইরাসের পূর্ণতা প্রাপ্তির পর্যায়; (vi) নির্গমন ও ছড়িয়ে পড়ার পর্যায়।

পর্যায় - 1

পৃষ্ঠলগ্নীভবন (adsorption) : ভাইরাস এবং তার পোষকের মধ্যে সম্পর্কটি সুনির্দিষ্ট। পোষক কোষের 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 কোষের বিভিন্ন যৌগ বিভিন্ন ভাইরাসের রিসেপ্টারের কাজ করে যেমন হিউমেন ইমিউনো ডেফিসিয়েন্সি ভাইরাসের (HIV) যা AIDS রোগের জন্য দায়ী তার গ্রাহী অনু হল CD4 গ্লাইকোপ্রোটিন যে যৌগটি মানুষের T- লিম্ফোসাইট (T-Lymphocytes) কোষে থাকে। ইনফ্লুয়েনজা ভাইরাসের গ্রাহী অণু হল নিউরামিনিক্ (neuraminic) অ্যাসিড। ভাইরাসের সাথে পোষক কোষের সংযোজন একমুখী, একবার সংযোজন হলে আর স্বাভাবিকভাবে তারা বিচ্ছিন্ন হয়ে যেতে পারে না।

পর্যায় - 2

অনুপ্রবেশ (Penetration) : সংযোজনের পর ভাইরাস পোষক কোষের মধ্যে প্রবেশ করে। ভিন্ন ভিন্ন ভাইরাসের ক্ষেত্রে এই পদ্ধতি ভিন্ন ভিন্ন। a) কখনও কখনও সম্পূর্ণ ভাইরাসটি প্রবেশ করে এনডোসাইটোসিস (endocytosis) প্রক্রিয়ায়। b) কখনও আবার ভাইরাসের কেবলমাত্র জিনোমটি পোষক কোষের মধ্যে প্রবেশ করে এবং ক্যাপসিড বাইরে পড়ে থাকে; c) ভাইরাসের বহিআবরণী পোষক কোষের কোষপর্দার সাথে মিশে যায় পোষকের কোষপর্দার অঙ্গীভূত হয়ে যায় ফলে আবরণীর অভ্যন্তরে থাকা ক্যাপসিড ও জিনোম পোষক কোষে চলে আসে।

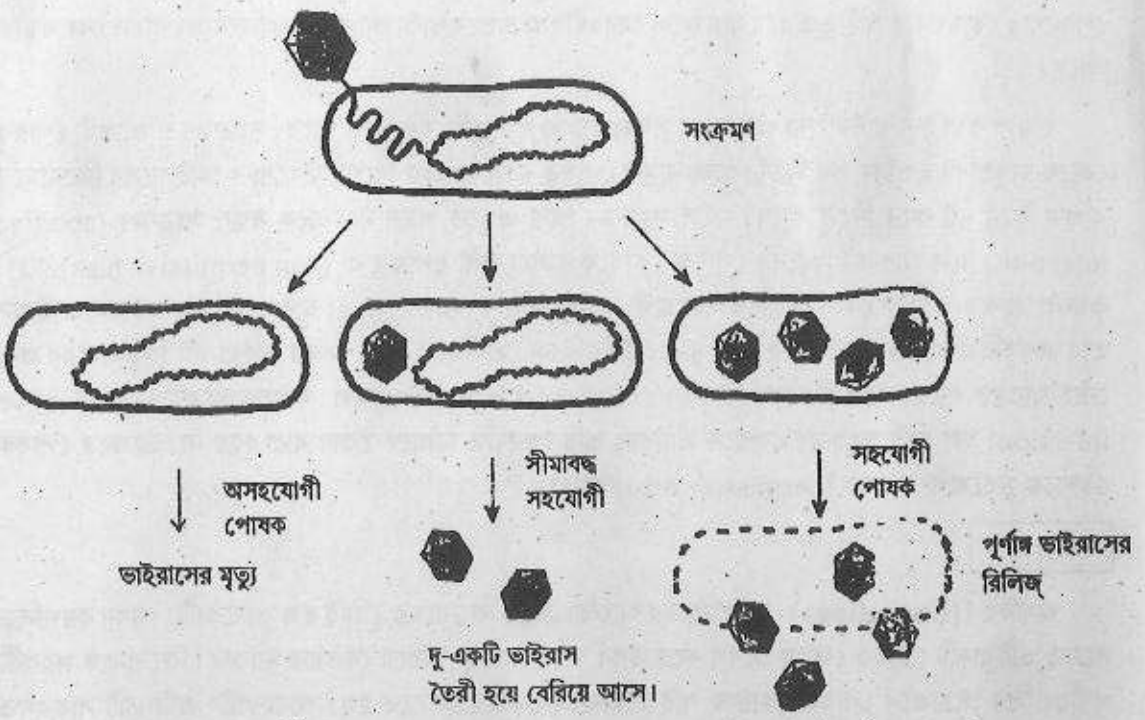
মজার কথা হল ভাইরাসের অনুপ্রবেশ সফল হলেও বংশবৃদ্ধি নাও হতে পারে। সংক্রমণ প্রতিরোধী পোষক কোষে অণুপ্রবিষ্ট হওয়ার পর নিউক্লিয়েজ নামক পোষক কোষের এক বিশেষ উৎসেচক ভাইরাসের জিনোমকে খণ্ডিত করে নষ্ট করে দিতে পারে। ফলে সংক্রমন আর এগুতে পারে না। একে **বন্ধ্যা সংক্রমণ** (abortive infection) বলে আর এই ধরনের পোষক কোষকে **অসহযোগী পোষক** বা (non permissive host) বলে। কখনও আবার পোষক কোষ 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 কোষকে সহযোগী পোষক (permissive host) বলে।

পর্যায় - 3

অনাবরণ (Uncoating) : ক্যাপসিডের আওতা থেকে জিনোমের মুক্তিই হল আনকোটিং। যখন ক্যাপসিড সমেত ভাইরাসটি পোষক কোষে প্রবেশ করে তখন ক্যাপসিডকে সরিয়ে দেওয়ার দরকার। জিনোমকে পরবর্তী পর্যায়গুলির প্রয়োজনে পোষক কোষের সাইটোপ্লাজমে বেরিয়ে আসতে হয়। আনকোটিং প্রক্রিয়াটি সাধারণত পোষক কোষের উৎসেচক (enzyme) নিয়ন্ত্রণ করে থাকে। তবে যে ভাইরাসের ক্যাপসিড পোষক কোষের বাইরে থাকে তার ক্ষেত্রে এ পদ্ধতি দরকারই হয় না।

চিত্র নং 1.4 ঃ ভাইরাস অণুপ্রবেশের বিভিন্ন পদ্ধতি

(a) এনডোসাইটোসিস প্রক্রিয়ায় প্রবেশের পর জিনোম বেরিয়ে আসে।
(b) পেনিট্রেশন ও জিনোমের প্রবেশ। ভাইরাসের ক্যাপসিড পোষক কোষে প্রবেশ করে না।
(c) মোড়কযুক্ত ভাইরাস পোষক কোষের কোষপর্দার সাথে মিশে যাওয়ার পর পোষক কোষে প্রবেশ করে।



চিত্র নং 1.5 ঃ ভাইরাস সফলভাবে অণুপ্রবিষ্ট হবার পর পোষক কোষ বাধা দিতে পারে আবার নাও পারে। সম্ভাব্য তিন অবস্থা দেখান হল।

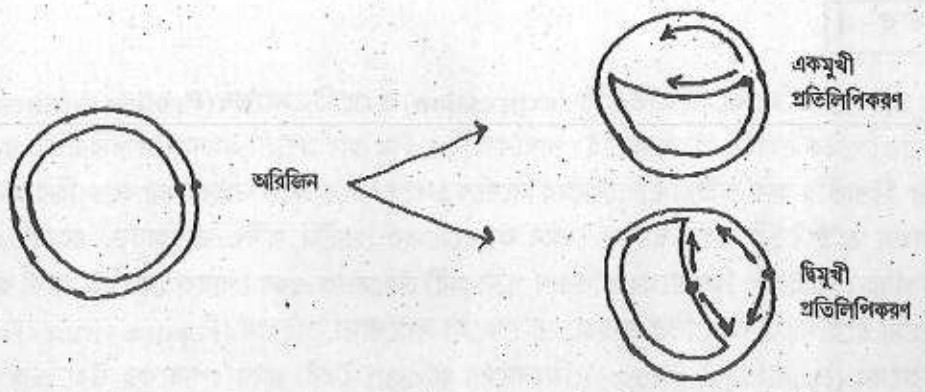
পর্যায় - 4

ভাইরাসের জিনোমের অভিব্যক্তি (expression) ও প্রোটিন সংশ্লেষ (Protein synthesis) : ভাইরাসের জিনোম পোষক কোষে প্রবেশ করেই পোষকের বিপাকীয় কার্য প্রণালী এমনভাবে পরিবর্তিত করে যে পোষকের সমস্ত বিপাকীয় কার্য ভাইরাস জিনোমের নির্দেশে চলতে থাকে ফলে ভাইরাসের বংশবৃদ্ধির জন্য যে যে প্রোটিন প্রয়োজন তা ই তৈরী হতে থাকে। যেমন ক্যাপসোমার প্রোটিন, যদিও তা কার্যত কোষটির নিজের পক্ষেই হানিকারক। ভাইরাল জিনোমের প্রতিরূপ গঠনকারী উৎসেচক এখন পোষক কোষেই তৈরী হতে থাকে। কিছু তারতম্য হয়ে থাকে ভিন্ন ভিন্ন ভাইরাসের ক্ষেত্রে। প্যাপোভা ভাইরাস (Papova viruses) এবং প্যাপিলোমা ভাইরাসের (Papilloma viruses) জিনোমের প্রতিরূপ তৈরী করে পোষকের উৎসেচক আবার হারপেস্ ভাইরাসের (herpes viruses) জিনোমের প্রতিরূপ তৈরীর জন্য উৎসেচক ভাইরাস জিনোমের নির্দেশে তৈরী হয়। পোষক কোষ ভাইরাস দ্বারা সংক্রামিত হওয়ার পর পোষক কোষের RNA পলিমারেজ -II উৎসেচক (RNA polymerase enzyme, যার দ্বারা RNA তৈরী হয়) তৈরী হওয়া (transcription) বন্ধ হয়ে যায়। অনেক ক্ষেত্রে আবার পোষক কোষের তৈরী mRNA থেকে প্রোটিন তৈরী (translation) বন্ধ হয়ে যায়। কখনও আবার ভাইরাসের জিনোমের প্রভাবে পোষকের mRNA ধ্বংস হয়ে যায় যাতে পোষকের রাইবোজোম কেবল ভাইরাসের প্রয়োজনীয় প্রোটীন তৈরী করতে থাকে।

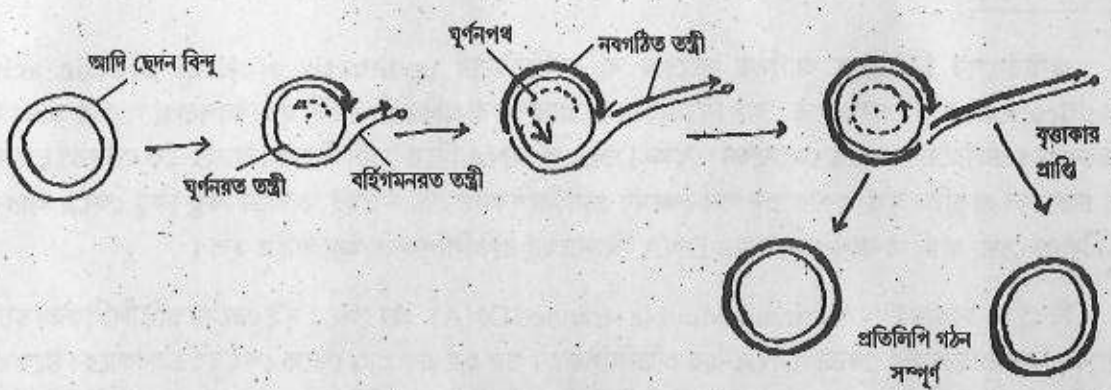
পর্যায় - 5

ভাইরাসের নিউক্লিক অ্যাসিড সংশ্লেষ বা রেপ্লিকেস্ন (synthesis of viral neuclic acid 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, রজ্জু বা চক্রাকার প্রভৃতি। যত প্রকারভেদ ততরকমের প্রতিলিপিকরণ তো আছেই তাছাড়া কিছু কিছু ক্ষেত্রে আরও জটিলতা দেখা যায়। এখানে কেবলমাত্র DNA জিনোমের প্রতিলিপিকরণ আলোচিত হল :

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 (origin) বলে। প্রতিলিপি তৈরী হবার অভিমুখ যখন ঐ অরিজিন বিন্দু থেকে একদিকে তখন তাকে ইউনিডাইরেকসনাল বা একমুখী প্রতিলিপিকরণ (unidirectional replication) বলে। কোন কোন ক্ষেত্রে দুই দিকেই ঐ অরিজিন থেকে প্রতিলিপি তৈরী হতে থাকে। একে বাইডাইরেকশনাল বা দ্বিমুখী প্রতিলিপিকরণ (bidirectional replication) বলে। ছবিতে প্রতিলিপি গঠনের অভিমুখগুলি দেখান হয়েছে।



চিত্র নং 1.6 ঃ অরিজিন বিন্দু থেকে DNA এর প্রতিলিপিকরণ একমুখী বা দ্বিমুখী হতে পারে।
→ চিহ্নিত তন্ত্রীগুলি নবগঠিত DNA।



চিত্র নং 1.7 ঃ DNA প্রতিলিপিকরণের রোলিং সার্কল মডেল।
আদি ছেদনবিন্দু প্রতিরূপ গঠন শুরু হয়ে এগোতে থাকে সামনের দিকে আর ভিতরের তন্ত্রীটি চক্রাকারে ঘুরতে থাকে যেমন দেখান হয়েছে → চিহ্ন দিয়ে। নতুন তৈরী হওয়া তন্ত্রটি গাঢ় বর্ণে দেখান হয়েছে।

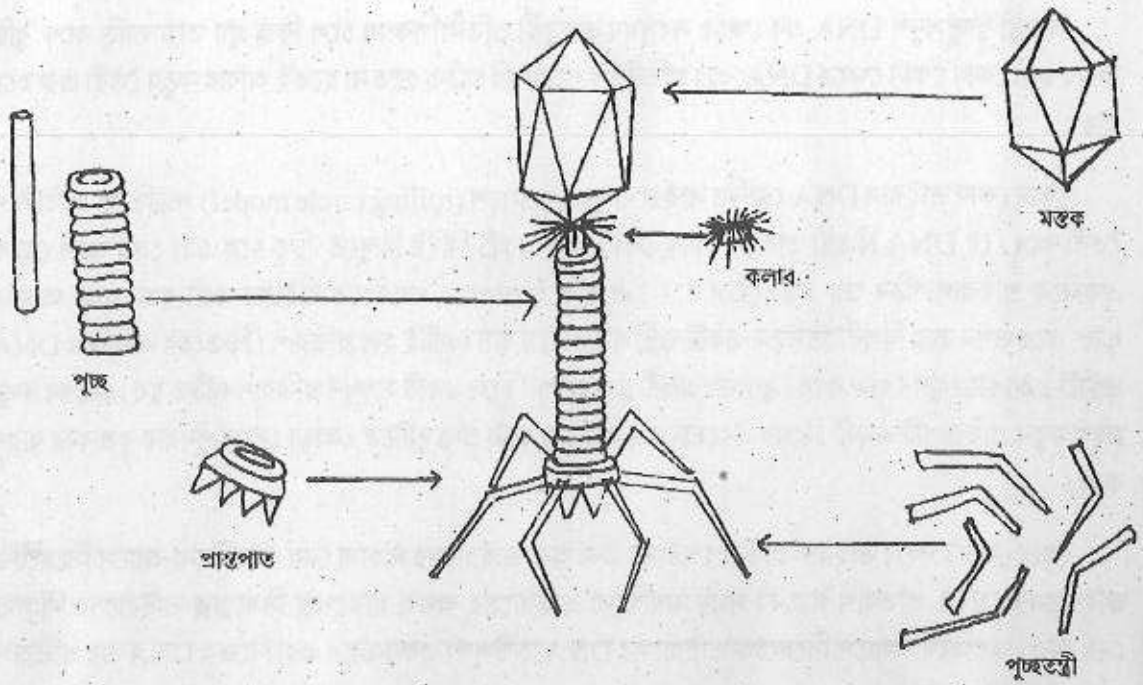
দ্বিতন্ত্রী রজ্জুসদৃশ DNA এর ক্ষেত্রে সবসময় একমুখী প্রতিলিপিকরণ চলে কিন্তু খুব তাড়াতাড়ি বংশ বৃদ্ধি করার জন্য কোন কোন ক্ষেত্রে DNA -এর প্রতিলিপি পুরোপুরি গঠিত হতে না হতেই আবার নতুন তৈরী শুরু হয়ে যায়।

কোন কোন ভাইরাস DNA রোলিং সার্কল বা ঘুরন্ত বৃত্তসদৃশ (rolling circle model) পদ্ধতিতে প্রতিলিপি তৈরী করে। যে DNA দ্বিতন্ত্রী তার যে কোন একটি তন্ত্রে একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে চিড় ধরে এবং সেই অংশ থেকে একদিকে প্রতিরূপ গঠন শুরু হয়। (চিত্র 1.7) 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 চক্রাকারে ঘুর্ণন শুরু করে। ঘুর্ণনের একটি চক্র সম্পূর্ণ হলে একটি সম্পূর্ণ প্রতিরূপ গঠিত হয়। এরপর রজ্জু সদৃশ নতুন প্রতিরূপটি একটি বিশেষ উৎসেচকের 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 ত্রুটিপূর্ণ। এককভাবে এরা নিজের DNA এর প্রতিরূপ গঠন করতে পারে না।

পর্যায় - 6

স্বসংযুক্তি ও পূর্ণতা প্রাপ্তি (Assembly and maturation) : যখন প্রোটিন সংশ্লেষ পদ্ধতিতে প্রক্রিয়ার মাধ্যমে দিয়ে ভাইরাসের প্রয়োজনীয় সকল প্রকার প্রোটীন ও প্রতিরূপ গঠনের মাধ্যমে জিনোম যথেষ্ট পরিমান 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 নিউক্লিও ক্যাপসিড গঠিত হয়। অ্যাসেমব্লি হওয়ার তারতম্য দেখা যায় ভিন্ন ভিন্ন ভাইরাসের ক্ষেত্রে। অ্যাডিনো ভাইরাসের অ্যাসেমব্লি পোষক কোষের নিউক্লিয়াসের মধ্যে হয় কিন্তু অধিকাংশ ক্ষেত্রে পোষকের সাইটোপ্লাজমে হয়। সমস্ত ব্যাকটেরিওফাজের অ্যাসেমব্লি সাইটোপ্লাজমে হয় কারণ ব্যাকটেরিয়ার কোন নিউক্লিয়াস থাকে না। বহিঃআবরণীযুক্ত (enveloped) ভাইরাসের ক্ষেত্রে নিউক্লিও ক্যাপসিডের অ্যাসেমব্লি হয়েও কিন্তু পূর্ণাঙ্গ প্রাপ্তি 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 কোষের কোষপর্দা থেকে তাই এই প্রক্রিয়া কোষপর্দার কাছাকাছি ঘটে থাকে। ভাইরাসের প্রোটিন ও পোষক কোষের কোষপর্দার ফসফোলিপিড (phospholipid) মিশে আবরণী বা মোড়ক তৈরী হয়। সাধারণত : পূর্ণতাপ্রাপ্তি ও নিষ্ক্রমণ একই সাথে হতে থাকে।



চিত্র নং 1.8 : ব্যাকটেরিও ফাজের সংযুক্তি।

T-ইভেন ব্যাকটেরিও ফাজের সংযুক্তি হয় অনেকগুলি নানান ধরনের ক্যাপসিড প্রোটিন দিয়ে। মস্তক অংশে জিনোম থাকে এবং পুচ্ছ অংশ জিনোমকে পোষক কোষে প্রবিষ্ট হতে সাহায্য করে।

পর্যায় - 7

নিষ্ক্রমণ বা রিলিজ (release) ঃ প্রতিটি পোষক কোষে অনেকগুলি করে ভাইরাস কণিকা তৈরী হয় যখন সংক্রমণ সহযোগী প্রকৃতির। ভাইরাসগুলির এবার বাইরে বেরিয়ে আসার দরকার নতুন পোষক কোষের সংস্পর্শে এসে বংশ বৃদ্ধি করার জন্য। এই বেরিয়ে আসাকে রিলিজ বা নিষ্ক্রমণ বলে। সাধারণভাবে ভাইরাসের নিষ্ক্রমণের সাথে সাথে পোষক কোষের মৃত্যু ঘটে। ভাইরাসের নিষ্ক্রমণ দুই রকমভাবে হতে পারে।

a) লাইসিস্- (Lysis) ঃ অধিকাংশ ব্যাকটেরিওফাজ লাইসিস্ পদ্ধাততে ব্যাকটোরয়া কোষকে ভেঙ্গে বেরিয়ে আসে। এই লাইসিস্ ঘটানোর জন্য দায়ী **লাইসোজাইম** (lysozyme) নামক উৎসেচক। এর কাজ ব্যাকটেরিয়ার কোষ প্রাচীরের একটি অপরিহার্য উপাদান **পেপটাইডোগ্লাইকানকে** ভেঙ্গে ফেলা। ব্যাকটেরিওফাজের বংশবৃদ্ধির শেষ পর্যায়ে এই লাইসোজাইম উৎসেচক তৈরী হয় কিন্তু এমন সময় হয় যাতে অ্যাসেমব্লি শেষ হওয়ার আগেই ব্যাকটেরিয়ার কোষ প্রাচীর ভেঙ্গে না যায়। লাইসোজাইম পেপটিডোগ্লাইকান ভাঙ্গার সাথে সাথে সাইটোপ্লাজমের চাপে ব্যাকটেরিয়া ফেটে যায়। একেই **লাইসিস্** বলে। প্রাণী ভাইরাসের ক্ষেত্রেও সেল-লাইসিস্ ঘটিয়ে নতুন ভিরিয়ন বেরিয়ে আসে।

b) কোরকদ্গম- (Budding) ঃ আবরণীযুক্ত ভাইরাসেরা সবসময় কোরকোদ্গম প্রক্রিয়ায় পোষক কোষ থেকে মুক্ত হয়। ভাইরাসের নিউক্লিও ক্যাপসিড তৈরী হওয়ার পর পোষক কোষের কোষপর্দাকে ঠেলে বেরিয়ে আসে। এই পদ্ধতিকে সাহায্য করে ভাইরাস দ্বারা তৈরী প্রোটিন। এই প্রোটিনগুলি অতিমাত্রায় পোষক কোষের কোষপর্দায় জমা হয় এবং তাতে কোষপর্দার মূল বৈশিষ্ট্য পাল্টে যায়। এই অবস্থায় ভিরিওন বেরিয়ে আসার সময় এই পরিবর্তিত কোষ পর্দার আবরণ নিয়ে বেরিয়ে আসে। কোষ থেকে কোন কণার বেরিয়ে আসাকে **এক্সোসাইটোসিস্** বলে। বেরিয়ে আসার পদ্ধতিটি কোষের মৃত্যু ঘটিয়ে সবগুলি নবগঠিত কনিকা একসাথে নয়, বরং একটি একটি করে ভাইরাস কণিকা এই পদ্ধতিতে বাইরে বেরিয়ে আসে। এই পদ্ধতিটি কোরকোদ্গম নামে পরিচিত যদিও **সাধারণভাবে ঈষ্ট কোষের কোরকোদ্গম বলতে আমরা যা বুঝি এটি তা নয়।** কিছু ক্ষেত্রে ভাইরাস তার মোড়ক কোষপর্দা থেকে না নিয়ে কোষের অঙ্গানুর আবরণী থেকে নেয়। যেমন **রেট্রোভাইরাস** পোষক কোষের গলগি **অঙ্গাণু** থেকে মোড়কটি সংগ্রহ করে। আবার **হারপেস্ ভাইরাস** নিউক্লীয় পর্দা থেকে আবরণী বা মোড়কটি সংগ্রহ করে নেয়। হারপেস ভাইরাস কোষ থেকে বেরিয়ে আসার সময় কোষের মৃত্যু ঘটে। রেট্রোভাইরাস বেরিয়ে আসার সময় কোষের মৃত্যু সঙ্গে সঙ্গে হয় না।

সেনডাই (sendai virus) ভাইরাসের মোড়ক বা আবরণী যে প্রোটিন দিয়ে তৈরী সেই প্রোটিন যখন কোন পোষক কোষের কোষপর্দায় থাকে তখন পাশের কোষের সাথে মিশে (fused) এক হয়ে যেতে পারে। এইভাবে অনেকগুলি পাশাপাশি পোষক কোষ এক হয়ে একটি বহু নিউক্লিয়াসযুক্ত কোষের সৃষ্টি করে। এইভাবে এককোষ থেকে অন্য কোষকে আক্রান্ত করতে পারে।

অনুশীলনী - 3

1. বামদিকের বিষয়গুলির সাথে ডানদিকেরগুলি সঠিকভাবে মেলান ঃ

i)	অনুপ্রবেশ	a)	পোষক কোষে ভাইরাস পৃষ্ঠলগ্ন হওয়ার স্থান।
ii)	মুক্তি	b)	কোষের বিদারনের ফলে পূর্ণতাপ্রাপ্ত ভাইরাসের বেরিয়ে আসা
iii)	লাইসিস	c)	ভাইরাস DNA এর পোষক কোষে প্রবেশ
iv)	গ্রাহীবিন্দু	d)	কোষের বিদারণ
v)	স্বসংযুক্তি	e)	নিউক্লিওক্যাপসিড' এর নির্মাণ

2. নীচের তালিকা থেকে সঠিক উত্তর দিন ঃ

a) অসহযোগী সংক্রমণ কাকে বলে ?

b) ভাইরাস DNA যে পদ্ধতিতে প্রতিলিপি তৈরী করে তার নাম কি ?

c) ভাইরাস প্রতিরোধী কোষের কোন উৎসেচক ভাইরাসকে অকার্যকরী করে দেয়?

d) আবরণী তৈরী হবার উপাদানটি কোথা থেকে আসে ?

(রোসিং সার্কল, নিউক্লিয়েজ পোষক কোষের মৃত্যু, ভাইরাসের বংশবৃদ্ধিতে ব্যর্থতা, লাইসোজাইম কোষপর্দা ক্যাপসোমিয়ার)

1.3 সারাংশ

সুতরাং ভাইরাসের গঠন ও বংশবৃদ্ধির পদ্ধতি সম্পর্কে আলোচনা প্রসঙ্গে আমরা যা জানলাম তা মোটামুটিভাবে এইরকম ঃ

ভাইরাস কোষহীন, সাইটোপ্লাজম্ হীন, পূর্ণ পরজীবী অণুজীব। এদের শুধু এক রকম নিউক্লিক অ্যাসিড থাকে হয় DNA অথবা RNA। পোষক কোষের বাইরে ভাইরাস নির্জীব বস্তুর মত আচরণ করে, জীবনের প্রকাশ হয় পোষক কোষের মধ্যে কারণ বিপাকীয় কার্যের জন্য যে সকল উপাদানের প্রয়োজন তার সবই প্রায় পোষক কোষের থেকে এরা আদায় করে নেয়। অধিকাংশ ক্ষেত্রে ভাইরাস পোষক কোষে প্রবেশ করেই পোষকের সমস্ত বিপাক কার্য নিজের কব্জায় নিয়ে নেয় এবং ভাইরাস তৈরী করতে যা কিছু লাগে তা পোষককে বানাতে বাধ্য করে।

ভাইরাস কোষহীন তাই এদের দেহ অন্যান্য অনুজীবের তুলনায় খুবই সরলাকৃতির। এদের জিনোমটি প্রোটিনের আবরণ দিয়ে ঢাকা থাকে, এই আবরণী ক্যাপসিড নামে পরিচিত। ভাইরাস সর্বস্তরের জীবকে সংক্রামিত করতে পারে। ব্যাকটেরিওফাজ ব্যাকটেরিয়াকে, মাইকোফাজ ছত্রাককে, অ্যাকটিনোফাজ অ্যাকটিনোমাইসেটসকে, সায়ানোফাজ সায়ানোমাইসেটসকে সংক্রামিত করে। উদ্ভিদ কোষকে উদ্ভিদ ভাইরাস ও প্রাণিকোষকে প্রানী ভাইরাস সংক্রামিত করে। ভাইরাসের জিনোম বৈশিষ্ট্য বড়ই 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 কোষের মধ্যে প্রবেশ করে তারপর ভাইরাসের নিজের জিনোম ও পোষক কোষের বিপাক কার্যের সাহায্যে নতুন ভাইরাস তৈরী করে অবশেষে পোষক কোষ থেকে বেরিয়ে আসে নতুন পোষক কোষের খোঁজে।

এই পর্যায়ের পরবর্ত্তী অংশগুলিতে ক্রমে ক্রমে ব্যাকটেরিওফাজ, উদ্ভিদ ভাইরাস ও প্রাণী ভাইরাসের বিষয়ে আলোচনা করা হল।

1.4 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

1) ভাইরাস কাকে বলে? প্রতিসাম্যর ভিত্তিতে ভাইরাসের গঠন বৈশিষ্ট আলোচনা করুন।

2) ভাইরাসের সংখ্যাবৃদ্ধির পদ্ধতির একটি চিত্রসহ সংক্ষিপ্ত বিবরণ প্রদান করুন।

3) ভাইরাসের সংক্রমণ সর্বদাই সফল হয় কি? সংক্রমণের ফলে পোষক কোষের অভ্যন্তরে কি জাতীয় পরিবর্ত্তন ঘটে? পূর্ণতা প্রাপ্ত ভাইরাসের মুক্তি ঘটে কিরূপে?

4) টীকা লিখুন ঃ

   a) প্রোক্যারিওটিক কোষ

   b) ভাইরাসের জীনোম

   c) ক্যাপসিড ও ক্যাপসোমিয়ার

   d) অনুপ্রবেশ

   e) লাইসিস্

1.9 উত্তরমালা

অনুশীলনী - 1

1. a) না; b) হ্যাঁ; c) হ্যাঁ; d) না; e) না।

2. a) ব্যাকটেরিওফাজ

   b) পরিস্রাবযোগ্য

   c) নিউক্লিওক্যাপসিড

   d) ভিরিয়ন

   e) *E. Coli*

অনুশীলনী - 2

1. a) দুই প্রকার — সর্পিলাকার ও ঘনক্ষেত্রাকার
   b) যথাক্রমে 20 ও 12
   c) ব্যাকটেরিওফাজ
   d) Ø6 ব্যাকটেরিওফাজ
   e) ইনফ্লুয়েঞ্জা ভাইরাস

2. a) ক্যাপসোমিয়ার
   b) সর্পিলাকার
   c) উভয়প্রকার
   d) প্রাণী ভাইরাস
   e) 240

অনুশীলনী - 3

1. i) (c)
   ii) (b)
   iii) (d)
   iv) (a)
   v) (a)

2. a) ভাইরাসের সংখ্যাবৃদ্ধিতে ব্যর্থতা
   b) রোলিং সার্কল
   c) নিউক্লীয়েজ
   d) কোষপর্দা

সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

1. ভাইরাসের বৈশিষ্ট সমূহ সব উল্লেখ করেই লেখা যাবে ভাইরাস কাকে বলে। মূলতঃ সর্পিলাকার ও ঘনক্ষেত্রাকার প্রতিসাম্যের কথা বলতে হবে। একটি সর্পিলাকার (TMV) ও একটি ঘনক্ষেত্রাকার ভাইরাসের চিত্রসহ উদাহরণ দিতে হবে।

2. 1.2.3 অংশাঙ্কিত আলোচনায় চিত্রসহ এই পদ্ধতির সংক্ষিপ্ত বিবরণ আছে।

3. বিভিন্নপ্রকার অনুপ্রবেশ পরবর্ত্তী দশা আলোচনা করতে হবে। চিত্রসহ দেখাতে হবে সহযোগী ও অসহযোগী সংক্রমণ কাকে বলে এবং কেন তা হয়।

   সংক্রমণের ফলে পোষক কোষের DNA বিখণ্ডিত হয়ে যায়, সেই DNA থেকে উপাদান সংগ্রহ করে ভাইরাসের জীনোম সৃষ্টি হয় এবং অবশেষে কোষের লাইসিস্ হয়। এই আলোচনাটি যথাযথ গুরুত্ব সহ করা দরকার। পুর্ণতাপ্রাপ্ত ভাইরাসের মুক্তি পাবার লাইসিস্ ও কোরোকদ্গম পদ্ধতি আলোচনা করতে হবে।

4. a) প্রোক্যারিওটিক কোষ — প্রস্তাবনা অংশে আলোচিত

   b) ভাইরাসের জীনোম - 1.2.2 (b) অংশে আলোচিত

   c) ক্যাপসিড ও ক্যাপসোমিয়ার -ঐ - (a) অংশে অলোচিত। উভয়ের মধ্যে পার্থক্যটি বলে দিন।

   d) অণুপ্রবেশ ঃ প্রতিরূপ গঠন বা সংখ্যাবৃদ্ধির পর্যায়গুলির মধ্যে প্রথম। অনুপ্রবেশের প্রকারভেদটি আলোচনা করুন।

   e) লাইসিস্ ঃ সংখ্যাবৃদ্ধির পর্যায়গুলির মধ্যে অন্তিম, কিভাবে লাইসিস্ হয় ও এর ফলে কি ঘটে তা লিখুন।

একক 2 □ ভাইরাস - II

গঠন

2.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

2.2 ব্যাকটেরিওফাজ

2.2.1 লাইটিক ফাজের বৃদ্ধির লেখচিত্র

2.2.2 লাইটিক ফাজের গঠন

2.2.3 লাইটিক চক্রের ঘটনাক্রম

2.2.4 লাইসোজেনিক জীবন চক্র

2.3 উদ্ভিদ ভাইরাস

2.3.1 একটি আদর্শ উদ্ভিদ ভাইরাসের গঠন ও বিস্তার

2.3.2 ভাইরয়েড

2.4 প্রাণী ভাইরাস

2.4.1 সহিটোপ্যাথিক প্রভাব

2.4.2 রূপান্তরণ

2.4.3 প্রাণী ভাইরাসের উপস্থিতির প্রমাণ

2.4.4 HIV

2.4.5 পক্স ভাইরাস

2.5 প্রায়ন

2.6 সারাংশ

2.7 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

2.8 উত্তরমালা

2.1 প্রস্তাবনা

আমরা আগের এককটিতে ভাইরাসের সাধারণ বৈশিষ্ট এবং সংখ্যাবৃদ্ধির রূপরেখা সম্পর্কে পরিচিত হয়েছি। আমরা এও জেনেছি যে ভাইরাসকে তার পোষকের ভিত্তিতে শ্রেণীবিভক্ত করা যায়। এই এককে আমরা ব্যাকটেরিয়া সংক্রমণকারী ভাইরাস ব্যাকটেরিওফাজ, প্রাণী ভাইরাস এবং উদ্ভিদ ভাইরাসের গঠন, জীনোমের বৈশিষ্ট এবং বিশেষতঃ ফাজ ভাইরাসের বংশবৃদ্ধির কৌশল সম্পর্কে অবহিত হব ব্যাকটেরিওফাজের সাথে পোষক কোষের সম্পর্ক স্বাভাবিক ভাবেই বিনাশকারী ও বিনষ্টের। কেননা সমস্ত ভাইরাসই আবশ্যিকভাবে পরজীবি এবং সবকটির পোষক কোষই সংক্রমনের ফলে বিনষ্ট হয়। তবে ফাজের ক্ষেত্রে একধরনের জীবনচক্র আছে যেক্ষেত্রে ভাইরাসের জীনোমটি পোষক জীনোমে আবদ্ধ হয়ে যায় এবং সেভাবেই বহু প্রজন্ম ধরে ব্যাকটেরিয়াটি কোষ 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।

উদ্দেশ্য

এই এককটি পাঠ করে আপনি নিচের বিষয়গুলি সম্পর্কে সম্যক ধারণা করতে সক্ষম হবেন ঃ

- ব্যাকটেরিও ফাজের গঠন ও প্রকারভেদ.
- লাইটিক জীবন চক্র
- লাইসোজেনিক জীবন চক্র
- উদ্ভিদ ভাইরাসের গঠন ও প্রকারভেদ
- টোবাকো মোজাইক ভাইরাসের (TMV) গঠন ও বিস্তার
- প্রাণী ভাইরাসের পোষক কোষের উপর প্রতিক্রিয়া
- প্রাণী ভাইরাসের প্রকারভেদ ও একটি প্রাণী ভাইরাসের (HIV) গঠন ।
- ভাইরাসের মতই কিন্তু গঠনগতভাবে সম্পূর্ণ পৃথক এক প্রকারণ সংক্রমণকারী কণিকা প্রায়ন সম্পর্কে আলোচনা

2.2 ব্যাকটেরিওফাজ

প্রায় সব ব্যাকটেরিয়া এক বা একাধিক রকম ভাইরাস দিয়ে সংক্রামিত হয়। এদের বলে ব্যাকটেরিওফাজ (Bacteriophage) । আকৃতি, নিউক্লিক অ্যাসিড এর প্রকৃতি এবং পোষক ব্যাকটেরিয়ার ধরনের প্রকারভেদের উপর নির্ভর করে ব্যাকটেরিওফাজ কয়েক রকম। নিচের সারণিতে কিছু ব্যাকটেরিওফাজের বৈশিষ্ট্য দেওয়া হল।

সারণি - 1

ব্যাকটেরিওফাজ	বৈশিষ্ট্য
	এদের জিনোম দ্বিতন্ত্রী DNA অণু দিয়ে তৈরী, গঠন দ্বিপ্রতিসম। মাইওভিরিডি পরিবারভুক্ত ব্যাকটেরিওফাজের
i) পুচ্ছ যুক্ত ব্যাকটেরিওফাজ (tailed bacteriophage)	পুচ্ছ লম্বা এবং সংকোচনশীল (contractile) । এদেরকে পুচ্ছযুক্ত ব্যাকটেরিওফাজের প্রথম ভাগ বা গ্রুপ A তে ফেলা হয়। 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।

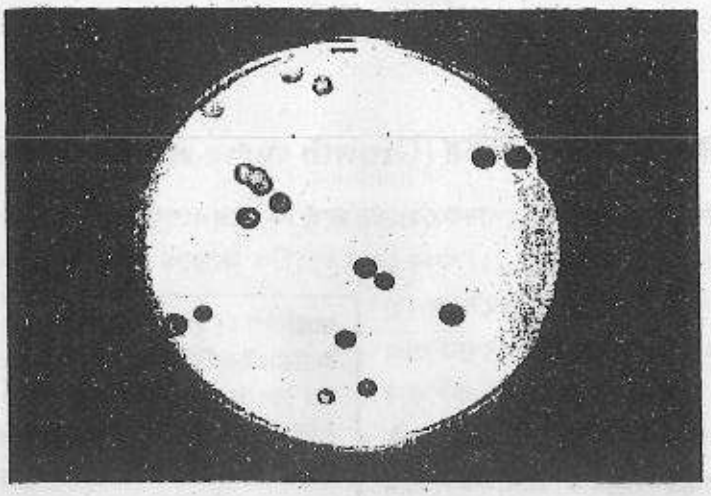
ii) ঘনকাকার ব্যাকটেরিওফাজ (Cubic bacteriophage)	মাইক্রোভিরিডি বা গ্রুপ 1. জিনোম একতন্ত্রী DNA দিয়ে তৈরী, 20 টি তল বিশিষ্ট ঘনক আকৃতির এই ব্যাকটেরিওফাজ কেবলমাত্র 12 টি ক্যাপসোমার দিয়ে তৈরী। যেমন ϕ174
	কোরটিকোভিরিডি বা গ্রুপ 2. জিনোম দ্বিতন্ত্রী DNA, গঠন 20 তল বিশিষ্ট ঘনকাকার তবে আবরণীযুক্ত। যেমন PM-2
তল	লেভিভিরিডি বা গ্রুপ 3. জিনোম একতন্ত্রী RNA, গঠন 20 বিশিষ্ট, ঘনকাকার, 32 টি ক্যাপসোমার থাকে। যেমন f_2।
	সিস্টভিরিডি বা গ্রুপ 4. জিনোম দ্বিতন্ত্রী RNA, গঠন 20 তল বিশিষ্ট, ঘনকাকার তবে আবরণীযুক্ত, যেমন ϕ6।
iii) সূত্রাকার ব্যাকটেরিওফাজ (Filamentous bacteriophage)	ইনোভিরিডি পরিবারভূক্ত ভাইরাসের জিনোম একতন্ত্রী DNA, দন্ডাকৃতি। যেমন M-13।

ব্যাকটেরিওফাজের পোষক সুনির্দিষ্ট। পোষক কোষের সমস্ত বিপাকজাত সুফলকে ভাইরাস অর্থাৎ ফাজ আপন সংখ্যাবৃদ্ধির কাজে নিয়োজিত করতে সক্ষম। জীবনধারনের জন্য নূন্যতম যে বিপাকীয় কার্যসাধন প্রয়োজন তা সাধন করতে কোন ভাইরাসই পারে না, ব্যাকটেরিওফাজও না।

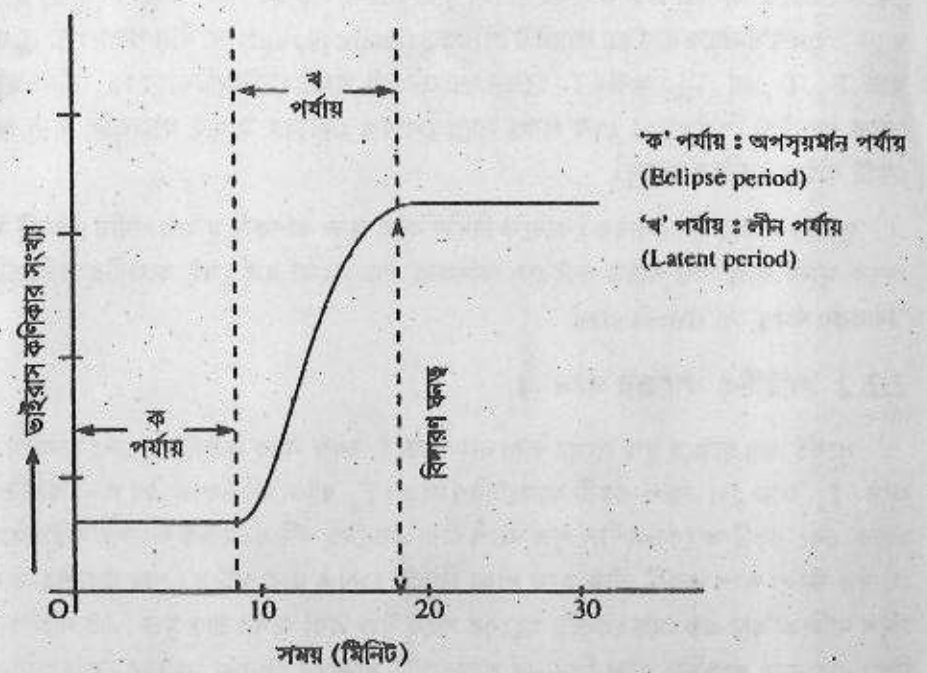
আমরা আগেই জেনেছি ভাইরাস বংশবৃদ্ধির পর পোষক কোষ থেকে বেরিয়ে আসে এবং এর ফলে পোষক কোষের মৃত্যু ঘটে। যে ভাইরাস পোষক কোষকে বিদীর্ণ করে বেরিয়ে আসে তাকে লাইটিক ফাজ (Lytic phage) বলে। ব্যাকটেরিওফাজকে ইলেকট্রন অনুবীক্ষণ যন্ত্র ছাড়া দেখা যায় না। কিন্তু এদের উপস্থিতি সহজে এবং খালিচোখেই প্রমাণ করা যায় কেমন করে? তা হ'ল অ্যাগার (Agar) দিয়ে জমাট বাঁধান পুষ্টিবিধায়ক মাধ্যমের (nutrient 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 প্রামান্য পদ্ধতি।

এই বৃত্তাকার অংশকে প্লাক্ (plaque) বলে। প্রতিটি প্লাক এক একটি ভাইরাসের উপস্থিতি বুঝিয়ে দেয় তাই প্লাকের সংখ্যা থেকে ফাজের সংখ্যা নির্ণয় করা যায়। প্লাক দেখতে সাধারণভাবে 18 ঘন্টা সময় লাগে।

কিছু ব্যাকটেরিওফাজে অন্যধরনের জীবনচক্র দেখা যায়। এই ক্ষেত্রে ফাজের জিনোম পোষক কোষের জিনোমের সাথে সংযুক্ত হয়ে যায়। ব্যাকটেরিয়ার কোষ বিভাজনের সাথে সাথে ফাজের জিনোমও বিভাজিত হয়ে অপত্য ব্যাকটেরিয়া কোষে 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 তৈরী হয় না তাই পোষক কোষের মৃত্যুও ঘটে না। ফাজ যখন ব্যাকটেরিয়ার জিনোমে সংযুক্ত অবস্থায় থাকে তখন তাকে প্রোফাজ *(prophage)* অবস্থা বলে। আর পোষক ব্যাকটেরিয়াকে লাইসোজেন *(lysogen)*



চিত্র নং 2.1 : ব্যাকটেরিওফাজ এর উপস্থিতির প্রমাণ। ব্যাকটেরিয়ার লন্ এর মধ্যে বৃত্তাকার অংশগুলি ব্যাকটেরিওফাজের জন্য তৈরী হয়েছে। এটি একটি লাইসোজেনিক ব্যাকটেরিও ফাজ তাই বৃত্তের পরিধির দিকে সব ব্যাকটেরিয়া মরেনি। লাইটিক ফাজের ক্ষেত্রে সমস্ত ব্যাকটেরিয়া মরে যায় তাই ঐ অংশ ফাঁকা থাকে।



চিত্র নং 2.2 : ব্যাকটেরিওফাজের বৃদ্ধির লেখচিত্র।

বলে। সময়ান্তরে এই প্রোফাজ ব্যাকটেরিয়ার জিনোম থেকে মুক্ত হয়ে যায় এবং লাইটিক জীবনচক্র শুরু করে, তখন পোষক কোষের মৃত্যু হয়।

2.2.1 লাইটিক ফাজের বৃদ্ধির লেখচিত্র (Growth curve of lytic phage) ঃ

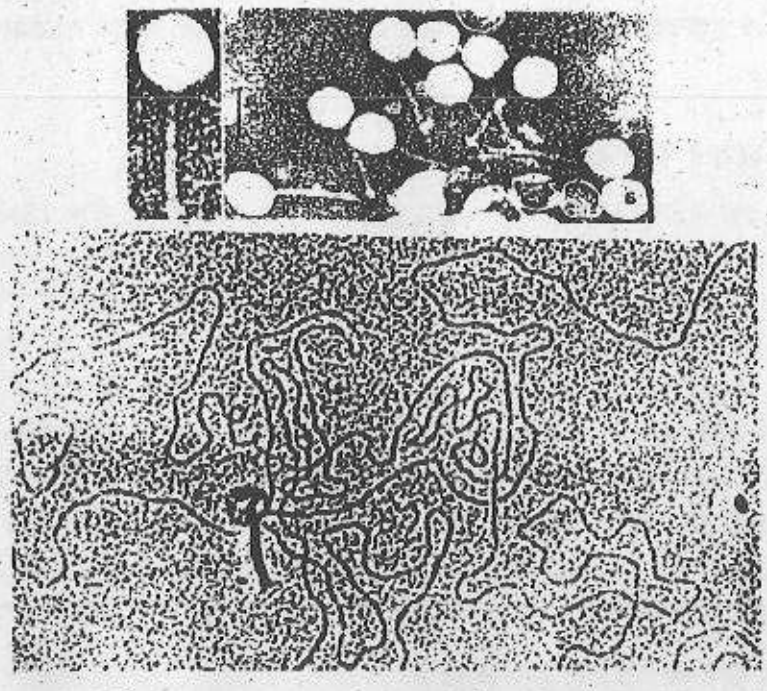
কোন লাইটিক ব্যাকটেরিওফাজ তার পোষক কোষের মধ্যে কি হারে বংশবৃদ্ধি করতে সক্ষম একটি লেখচিত্রের সাহায্যে তার পরিমাপ করা যায় (চিত্র 2.2)। যখন কোন লাইটিক ফাজকে তার নির্দিষ্ট পোষক ব্যাকটেরিয়ার সাথে মিশিয়ে জলীয় পুষ্টি মাধ্যমে বৃদ্ধি পেতে দেওয়া হয়, তখন তাতে কয়েক ঘন্টার মধ্যেই প্রচুর সংখ্যক ফাজ কণিকা জন্মায়। প্রতি একক সময়ে ফাজ কণিকার সংখ্যবৃদ্ধির পরিমাপই হল বৃদ্ধির লেখচিত্র। এই লেখচিত্রে বৃদ্ধির 3টি পর্যায় লক্ষ্যনীয়। প্রাথমিক পর্যায়ে দেখা যায় বেশ কিছুক্ষণ ভাইরাসের কোন সংখ্যা বাড়ছে না। এই সময়কে **ইক্লিপ্‌স্‌ পিরিওড** (eclipse period) বা **অপসৃয়মান পর্যায়** বলে। ভাইরাসের জিনোম ব্যাকটেরিয়াতে প্রবেশের পর থেকে প্রথম প্রজন্মের পূর্ণাঙ্গ ভাইরাস বেরিয়ে আসার আগের মুহূর্ত পর্যন্ত সময়কে এই পর্যায় বলা চলে। এই সময় ভাইরাসের কোন সংখ্যাবৃদ্ধি ঘটে না। একবার ফাজ পোষক কোষের ভেতর থেকে বেরিয়ে আসতে শুরু করলেই সংখ্যা বৃদ্ধি পরিলক্ষিত হয়, আর ঐ সংখ্যা বৃদ্ধির হার যতক্ষণ পর্যন্ত বজায় থাকে ততক্ষণ সময়কে বলা হয় **ল্যাটেন্ট পিরিওড** (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 পিরিওড থেকে ল্যাটেন্ট পিরিওডের শেষ পর্যন্ত সময় পোষক কোষের মধ্যেই ফাজগুলি জমা থাকে যতক্ষণ না কোষ ফেটে বাইরে বেরিয়ে আসে।

> প্রান্তলিপি ঃ [বিজ্ঞানী ডঃ শচীমোহন মুখার্জী কলকাতার ইনডিয়ান ইন্‌স্টিটিউট অফ কেমিকেল বায়োলজীতে (আগে নাম ছিল ইনডিয়ান ইন্‌সটিটিউট অফ এক্‌সপেরিমেন্টাল মেডিসিন) ভিব্রিওফাজের উপর বহু কাজ করেন যা বিশ্ব স্বীকৃত। যেমন কলিফাজ হল সেই ভাইরাস যা *E.Coli* নামক ব্যাকটেরিয়াকে সংক্রামিত করে, তেমনি যে ফাজ কলেরার জীবাণু *Vibrio cholerae* কে সংক্রামিত করে তাকে ভিব্রিও ফাজ বলে।]

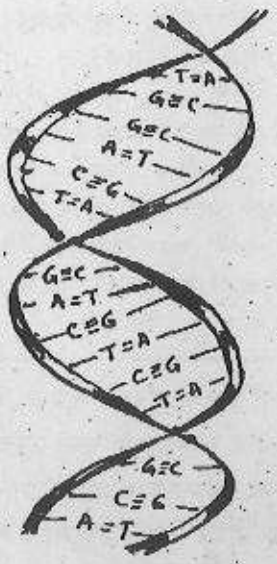
তৃতীয় পর্যায় হল পোষক কোষকে বিদীর্ণ করে ফাজ কণিকার মুক্তির পর্যায়। একটি সংক্রামিত ব্যাকটেরিয়া থেকে মুক্তি প্রাপ্ত সদ্য গঠিত ভাইরাস কণিকার গড় সংখ্যা হল সেই ফাজটির পরিপ্রেক্ষিতে ব্যাকটেরিয়াটির **"বিদারন ঘনত্ব" বা Burst size**

2.2.2 লাইটিক ফাজের গঠন ঃ

পূর্বেই বলা হয়েছে যুগ্ম সংখ্যা দ্বারা নামাঙ্কিত T ফাজ সমূহ লাইটিক চক্রের মাধ্যমে জীবনচক্র অতিবাহিত করে। T_4 ফাজ হল এরূপ একটি ব্যাকটেরিওফাজ। T_4 ব্যাকটেরিওফাজ এর গঠন দ্বিপ্রতিসম। একটি ঘনকাকার মস্তক এবং একটি সংকোচনশীল পুচ্ছ অংশ দ্বারা এর দেহ গঠিত। মস্তক অংশের বহিঃখোলক প্রোটিন দ্বারা এবং কেন্দ্রস্থ ফাঁপা অংশ একটি ভাঁজ হয়ে থাকা 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 কোষের কোষপ্রাচীর ভেদ করে অন্তর্ভাগে প্রোথিত হতে পারে। (চিত্র 1.8 দ্রষ্টব্য) পুচ্ছের মুক্তপ্রান্তের দিকে আছে একটি পাদ পাত বা বেস প্লেট (Base plate) যা ব্যাকটেরিয়ার কোষপ্রাচীরের উপর সুনির্দিষ্ট স্থানে স্থিত হতে পারে। এই স্থিত হবার কাজে সাহায্য করে



চিত্র নং 2.3 : Vibrio cholerae এর লাইটিক ফাজ ও তার DNA।



চিত্র নং 2.4 : DNA অণুর দ্বিতন্ত্রী গঠন। A = অ্যাডিনাইন (adenine), G- গুয়ানিন (Guanine), T = থাইমিন (Thymine ও C = সাইটেসিন্ (Cytosine)। এই চাররকম ক্ষার দিয়ে DNA গঠিত হয়। T4 DNA -এর সাইটোসিনের পরিবর্তে গ্লুকোসাইলেটেড 5 হাইড্রক্সিমিথাইল সাইটোসিন (glucosylated 5-hydroxymethyl cytosine) থাকে।

পাদপাত সংযুক্ত ছয়টি পুচ্ছতন্তু। অর্থাৎ মস্তক অংশের ঘনকাকার প্রতিসমতা এবং পুচ্ছের রৈখিক গঠন ও তৎসংলগ্ন পাদপাত ও পুচ্ছতন্তু -- যা মিলিয়ে T_4 কাজের গঠনটি বেশ জটিল হলেও সংক্রমণের পক্ষে অত্যন্ত কার্যকরী।

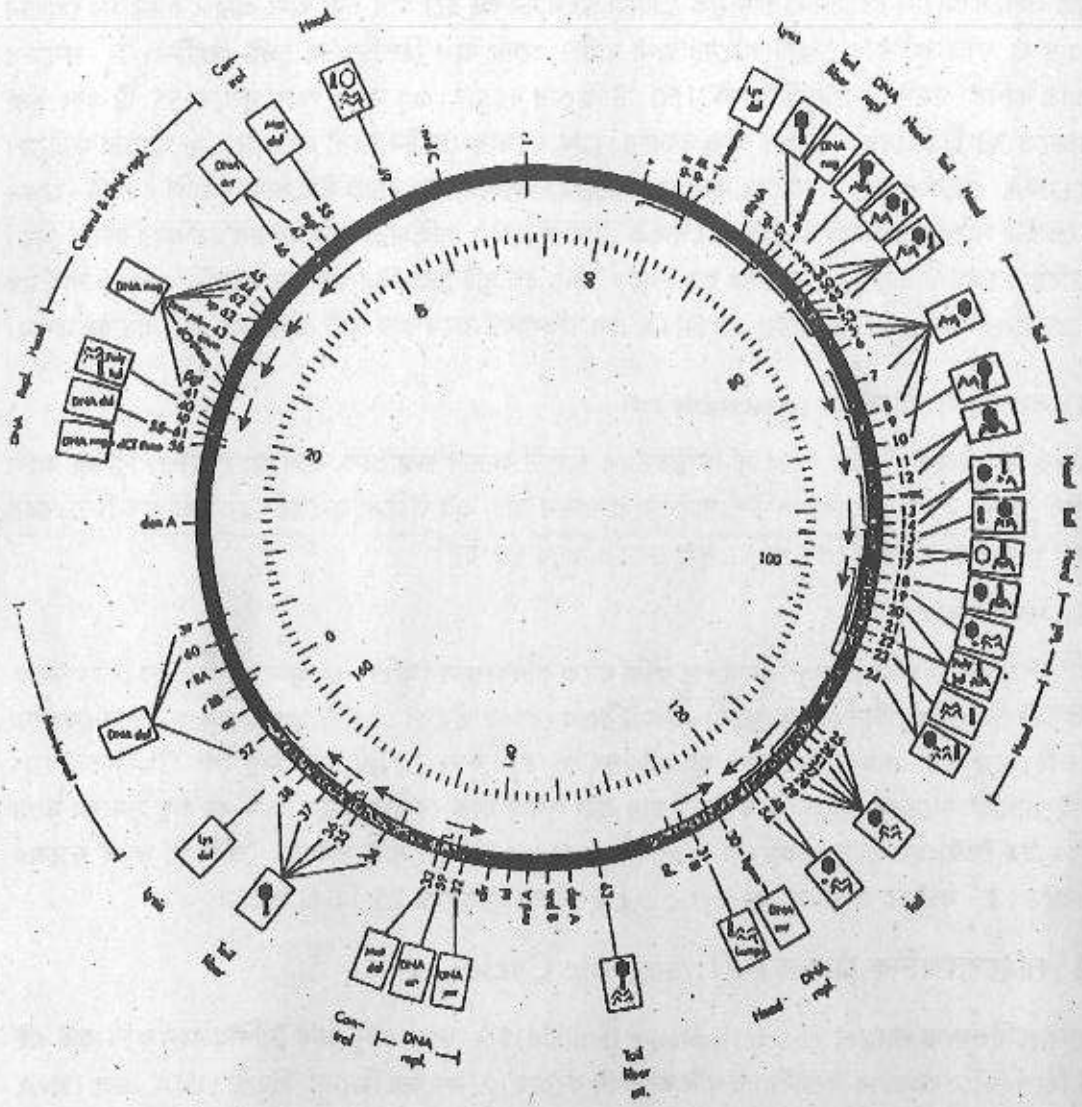
2.2.3 লাইটিক চক্রের ঘটনাক্রম ঃ

অনুপ্রবেশ বা পেনিট্রেশন (Penetration) ঃ পুচ্ছ নালিকার আবরণী বা স্থীথ (Sheath) অংশের সংকোচনের ফলে মস্তক গহ্বর থেকে DNA সরাসরি ব্যাকটেরিয়ার কোষপ্রাচীর ভেদ করে তার পেরিপ্লাজম অংশে (কোষ প্রাচীর ও কোষপর্দার অন্তবর্ত্তী স্থান) প্রবেশ করে এবং DNA টি নালিকারাহিত হয়ে এসে সেই অংশে মুক্ত হয়। লক্ষ্যণীয় এই যে সংক্রমণের জন্য অনুপ্রবেশ সাধিত হয় কেবল মাত্র DNA- র, প্রোটিন দ্বারা গঠিত বহিঃ খোলকের নয়। সাধারণভাবে ব্যাকটেরিয়া কোষ একধরনের উৎসেচক তৈরী করে যা বহিরাগত স্বাভাবিক DNA কে কেটে নষ্ট করে দেয়। এই উৎসেচক বা তার প্রতিরক্ষার হাতিয়ার। তা এন্ডোনিউক্লিয়েজ নামে সমধিক পরিচিত, কিন্তু ফাজ DNA তে স্বাভাবিক সাইটোসিন (cytocin) এর পরিবর্ত্তে থাকে একটি মিথাইল মূলক যুক্ত সাইটোসিন ক্ষার। তাই এটিকে স্বাভাবিক বলা যায় না আর ঠিক সে জন্যই ব্যাকটেরিয়ার কোষ এটিকে বহিরাগত বলে চিনতে পারে না। ব্যাকটেরিয়ার কোষতন্ত্রকে নিজের মত করে বদলে নেবার এই ক্ষমতা ফাজ কণিকাকে এত বিধ্বংসী করে তুলেছে।

2) সংক্রমণের প্রাথমিক পর্যায় (Early Events) ঃ-

T_4 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** সংক্রমনের প্রথম দিকে 20 রকম প্রোটিন তৈরী করে। এদের **প্রারম্ভিক প্রোটিন** (early protein) বলে। এই প্রারম্ভিক প্রোটিনের মধ্যে একটি প্রোটিনের কাজ হল পোষক কোষের RNA পলিমেরেজকে এমনভাবে পরিবর্ত্তিত করা যাতে পোষক কোষ কেবল মাত্র ভাইরাসের জন্য দরকারী প্রোটিনসমূহ সংশ্লেষ করতে পারে। অর্থাৎ ব্যাকটেরিয়ার কোষতন্ত্র ভাইরাস দ্বারা সংক্রামিত হয়ে প্রায় দাসে রূপান্তরিত হয়। ভাইরাস বা ফাজের এই প্রভুত্ব পোষক কোষকে বাধ্য করে নিউক্লিয়েজ নামক একটি উৎসেচক সৃষ্টি করতে যার প্রভাবে পোষক কোষের 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 অপসারণের কাজে।

প্রান্তঃলিপি ঃ ভাইরাসগুলির মধ্যে সবচেয়ে বেশি আলোচিত গোষ্ঠী হল T-even বা যুগ্ম সংখ্যাঙ্কিত T ফাজ, এদের মধ্যে পড়ে T_2, T_2 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 কোষে তৈরী করে নিতে পারে পূর্ণাঙ্গ ভাইরাস কণিকা। DNA যে জীবনবাহী অণু তার প্রমাণ মেলে T_4 ফাজের জীবনচক্র অনুশীলন করে। এই কাজের জন্য তাঁরা নোবেল পুরস্কারে ভূষিত হন।



চিত্র নং 2.5 : T-ইভেন ব্যাকটেরিও ফাজের জিনোম। জিনোমের কোন অংশে মস্তক, পুচ্ছ বা পুচ্ছতন্ত্রী তৈরী করতে লাগে তা দেখান হয়েছে।

3) সংক্রমণের বিলম্বিত পর্যায় : (Late Events) :

প্রাথমিক পর্যায়ের ঘটনাক্রমে আমরা দেখেছি প্রোটিনসমূহ নিয়োজিত হয়েছে ফাজ DNA গঠনের কাজে। বিলম্বিত পর্যায়ে আরলি প্রোটিন বা প্রারম্ভিক প্রোটিন উৎপাদন বন্ধ হয়ে যায় এবং অন্য আর এক ধরনের প্রোটিন তৈরী হয় যা ফাজ কণিকার দেহটি গঠনের জন্য দায়ী। এদের বলে **বিলম্বিত বা লেট প্রোটিন**। T_4 ফাজের একটিমাত্র কণিকা গড়তে মোটামুটি ভাবে 150 টি জিনের দরকার। শুধু মস্তক অংশ গড়তে 55 টি এবং পুচ্ছ অংশ গড়তে 32 টি জিনের সুনিয়ন্ত্রিত কাজ দরকার। DNA থেকে প্রোটিন তৈরী হয় mRNA গঠনের মাধ্যমে। আবার DNA থেকে mRNA গঠনের জন্য দরকার RNA পলিমারেজ নামক উৎসেচক। আর্লি ও লেট - উভয় প্রকার প্রোটিন সংশ্লেষের জন্যই T_4 DNA পোষক কোষের RNA পলিমারেজকে নিজের মত করে বদলে নেয়। ব্যাকটেরিয়ার DNA' এর দুটি ভিন্ন ভিন্ন তন্ত্র থেকে তৈরী হয় দুটি ভিন্ন ভিন্ন পর্যায়ের প্রোটিন, কেবল তাই নয় আর্লি প্রোটিনের জন্য mRNA গঠিত হয় DNA এর দক্ষিণাবর্ত ক্রমে আর লেট প্রোটিনের জন্য বামাবর্ত ক্রমে।

4) সংগঠন বা অ্যাসেম্বলি (Assembly) :

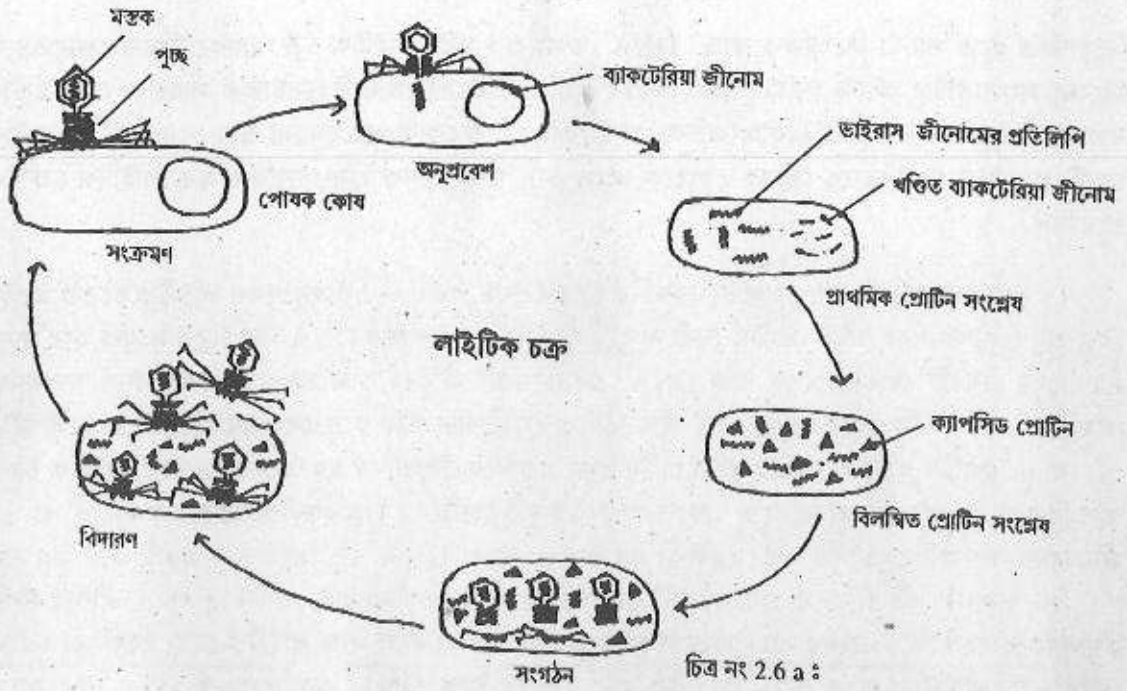
মস্তক ও পুচ্ছের বিভিন্ন অংশ সুনিয়ন্ত্রিতভাবে জোড়া লাগার পদ্ধতিকে বলে অ্যাসেম্বলি। বিভিন্ন অংশ ঠিকভাবে জোড়া লাগাতেও বিশেষ উৎসেচকের প্রয়োজন হয়। এই উৎসেচক তৈরী হয় ভাইরাস জিনোমের নির্দেশে। পুচ্ছ তন্তু একবারে শেষ পর্যায়ে মূল দেহের সাথে যুক্ত হয়।

5) বিদারন বা লাইসিস :

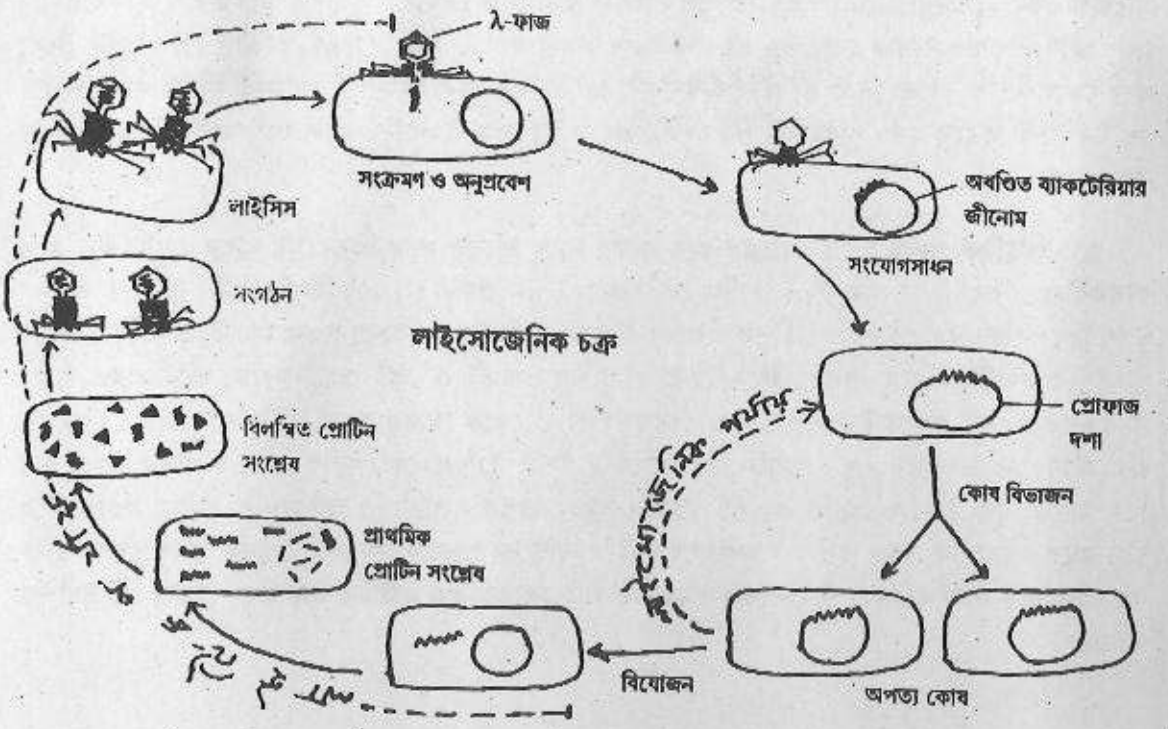
T_4 ফাজ এর দেহগঠন সম্পূর্ণ হবার পর বাকি থাকে কণিকাগুলির মুক্তি। এর জন্য দরকার একটি উৎসেচক যা ব্যাকটেরিয়ার কোষপ্রাচীর ভেঙে দেবে। ব্যাকটেরিয়ার কোষ প্রাচীরের পেপটিডোগ্লাইকানকে ভেঙ্গে ফেলতে পারে **লাইসোজাইম** নামক উৎসেচক যা এই পর্যায়ে T_4 ফাজ DNA এর নির্দেশে উৎপাদিত হয়। পেপটাইডোগ্লাইকান ভেঙ্গে গেলে কোষ ফেটে যায় এবং পূর্ণাঙ্গ ফাজ বেরিয়ে আসে। যদি খুব অল্প সময়ের মধ্যে লাইসোজাইম তৈরী হয় তা'হলে ফাজের সংখ্যা কম হয়। যত দেরিতে লাইসোজাইম তৈরী হয় ততই ফাজের সংখ্যা বাড়ে। T_4 ফাজের লাইটিক চক্র (lytic cycle) শেষ হতে প্রায় 25 মিনিট লাগে।

2.2.4 লাইসোজেনিক জীবনচক্র (Lysogenic Cycle) :

ব্যাকটেরিওফাজ ল্যাম্বডা (bacteriophage lambda) : λ 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 কোষের 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 T_4 ফাজের ক্ষেত্রে হয় অন্যটি লাইসোজেনিক পর্যায়। পোষক কোষকে ধ্বংস না করে এই পর্যায়ে λ ফাজের DNA পোষক কোষের DNA এর সাথে নিজেকে সংযোজিত করে ফেলতে পারে। এইভাবে সংযোজিত অবস্থায় ফাজ DNA তার স্বাতন্ত্র্য সাময়িকভাবে দূরে রেখে পোষক কোষের DNA এর বিভাজনের সাথে সাথে বিভাজিত হয়। পোষক কোষ থেকে সৃষ্ট অপত্য কোষগুলিতেও সেটি সঞ্চারিত হয়। তবে প্রয়োজনমত এটি সহজেই ব্যাকটেরিয়ার DNA থেকে



চিত্র নং 2.6 a :



চিত্র নং 2.6 b : লাইটিক ও লাইসোজনিক ব্যাকটেরিওফাজের জীবনচক্র।

বিযোজিত হতে পারে। বিযোজিত ফাজ DNA তখন শুরু করে লাইটিক চক্র। ব্যাকটেরিয়ার কোষতন্ত্রকে নিজের সংখ্যাবৃদ্ধির কাজে লাগিয়ে এবং অন্তিম পর্যায়ে লাইসোজাইম উৎসেচকের সাহায্যে কোষপ্রাচীর ধ্বংস করে মুক্ত হয় নবগঠিত λ ফাজ কণিকা। তাই কোষ থেকে কোষান্তরে গমনের জন্য যেমন লাইসোজেনিক চক্রটি প্রয়োজন তেমনভাবে পোষক কোষকে ধ্বংস করে ফাজ কণিকার সংখ্যাবৃদ্ধির জন্য লাইটিক চক্রটিও প্রয়োজন।

1) **লাইসোজেনিক পর্যায় :** লাইসোজেনিক চক্রের প্রথম পর্যায় অর্থাৎ অনুপ্রবেশ লাইটিক চক্রের মতই। কিন্তু অনুপ্রবেশের পরই আর্লি প্রোটিন তৈরী না হয়ে ফাজ DNA পোষক DNA এর সাথে সংযুক্ত হয়ে যায়। সংযোগের বিষয়টি বোঝার আগে ফাজ DNA এর কয়েকটি জীনের কাজ সম্পর্কে ধারনা থাকা আবশ্যক। ফাজ DNA এর দক্ষিণাবর্তে আছে একটি জীন 'q' যা Q প্রোটিন গঠন করে এবং বামাবর্তে আছে একটি জীন 'n যা n প্রোটিন গঠন করে। এই দুটি প্রোটিন যখন একসাথে উৎপাদিত হয় তখনই শুরু হয় লাইটিক চক্র। স্বাভাবিকভাবেই লাইসোজেনিক চক্রে থাকতে গেলে এই দুটি প্রোটিনের কাজ বন্ধ করা দরকার অথবা 'q' ও 'n' জীনদ্বয়ের কার্যকারিতা স্থগিত করা দরকার। এর জন্য λ ফাজ DNA তে আছে আর একটি জীন যার নাম c-I (সি - ওয়ান)। এই জীন যে প্রোটিন তৈরী করে তার নাম CI প্রোটিন। এই প্রোটিন q ও n জীনের উপর ক্লীপের মত বসে গিয়ে তাদের সাময়িকভাবে অকেজো করে দেয়। ফলে ফাজ লাইটিক চক্রে প্রবেশ না করতে পেরে লাইসোজেনিক চক্রে চলে যায়। এর জন্য দরকার ফাজ DNA' এর পোষক DNA' এর সাথে সংযোগীভবন (integration) । এই সংযোগ সাধনের জন্য ফাজ DNA তে আছে আর একটি জীন যার নাম **int** জীন, একবার সংযুক্ত হবার পর এই দশা বজায় রাখার জন্য λ ফাজ DNA অবিরত CI প্রোটিন তৈরী করে যেতে থাকে যাতে n ও q জীন অকার্যকরী থাকে। এর জন্য অবশ্য λ ফাজকে যথেষ্ট পরিমাণে CI প্রোটিন তৈরী করতে হয়। পরিমানটি গুরুত্বপূর্ণ কেন না CI কম উৎপাদিত হলে ফাজ লাইটিক চক্রে প্রবেশ করতে পারে।

2) **লাইটিক পর্যায় :** CI সংশ্লেষ কমে যাবার সাথে সাথেই ফাজ জিনোমের অপর একটি জীন **cro** কার্যকরী হয়ে ওঠে। এর কাজ Cro-প্রোটিন তৈরী করা। Cro-প্রোটিন CI এর বিপরীতধর্মী। এটি CI জীনের উপর ক্লিপের মত আটকে গিয়ে CI কে অকার্যকরী করে দেয়। CI অকেজো হওয়া মানেই q এবং n জীন পুনরায় কার্যক্ষমতা ফিরে পাওয়া, ফলে তৈরী হতে পারে আর্লি ও লেট প্রোটিনসমূহ। তবে তারও আগে যেটা দরকার সেটা হল ভাইরাসের DNA পোষক DNA থেকে বিচ্ছিন্ন হওয়া। এ কাজটি করে λ ফাজের **xis** জীন। এর উৎপাদন xis- প্রোটিন নিখুঁতভাবে λ ফাজ DNA-কে পোষক DNA থেকে কেটে বার করে আনে। মুক্ত DNA আর্লি ও লেট প্রোটিন সমূহ এরপর সংগঠন বা অ্যাসেম্বলি পর্যায়ে প্রবেশ করে গঠন করে বহুসংখ্যক ফাজ কণিকা। অবশেষে লাইসোজাইমের প্রভাবে বিদারিত পোষক কোষ থেকে মুক্তি পায় বহুসংখ্যক ফাজ কণিকা। λ ফাজের সমন্বায়িত লাইসোজেনিকও লাইটিক চক্র চিত্র - 2.6b তে প্রদর্শিত হয়েছে।

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 কোষের সাইটোপ্লাজমে স্বতন্ত্রভাবে প্লাসমিডের মত থাকে। পোষক কোষের বিভাজনের সাথে সাথে প্রতিটি অপত্য কোষে একটি করে P1 ফাজ প্রেরিত হয়। পোষক কোষের DNA এর প্রতিলিপিকরণের সাথে সমতা বজায় রেখে চলতে থাকা P1 ফাজ হল লাইসোজেনিক জীবন চক্রের একটি ব্যতিক্রমী উদাহরণ।

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। বিযুক্তির সময় সেটি পোষক DNA থেকে এক বা একাধিক জীন নিয়ে বিযুক্ত হতে পারে। এই বিযুক্ত DNA অচিরেই শত শত ফাজ কণিকা তৈরী করে, কোষের মৃত্যু ঘটায় এবং মুক্ত হয়ে নতুন পোষক ব্যাকটেরিয়াকে আক্রমণ করে। এই বার সে কিন্তু নিজের DNA ছাড়াও বহন করে নিয়ে যায় পূর্ববর্তী পোষকের এক বা একাধিক জীন। এই জীনগুলির প্রকাশও ঘটে নতুন আশ্রয়দাতার কোষদেহে। যৌনতা ছাড়া জীনের বা বংশগতির উপাদানগুলির আদান-প্রদানের এ এক অদ্ভুত উপায়। একে বলে ট্রানস্ডাকশন (Tranduction)।

অনুশীলনী - 1

1. নীচের ঘটনা ক্রমগুলি এলোমেলোভাবে দেওয়া আছে। ঠিকমতো ক্রমানুসারে সাজিয়ে দিন :
   a) অনুপ্রবেশ ⟶ বিদারণ ⟶ সংগঠন ⟶ পৃষ্ঠলগ্ন হওয়া ⟶ ক্যাপসিড প্রোটিন গঠন ⟶ DNA সংশ্লেষ।
   b) লীন পর্যায় ⟶ অপসৃয়মান পর্যায় ⟶ বিদারণ ঘনত্ব
   c) সংক্রমণ ⟶ বিযোজন ⟶ প্রোফাজ ⟶ লাইসিস ⟶ সংযোজন ⟶ DNA সংশ্লেষ ⟶ প্রোটিন সংশ্লেষ ⟶ কোষ বিভাজন।
2. শুদ্ধ করে লিখুন :
   a) একটি ভাইরাস কণিকা গড়তে T_4 ফাজের প্রায় *2000 জীন* দরকার।
   b) পোষক কোষের মধ্যে প্রথমে যে প্রোটিন তৈরী হয় তা হল *ক্যাপসিড প্রোটিন*।
   c) লাইটিক ফাজের উদাহরণ হল *λ ফাজ*।
   d) একটি ঘনকাকার ব্যাকটেরিওফাজের উদাহরণ হল T_2
   e) *ব্যাকটেরিয়ার কোষ বিভাজনের* ফলে যে অংশ সৃষ্টি হয় তাকে বলে 'প্লাক'।

2.3 উদ্ভিদ-ভাইরাস (Plant Viruses)

বহু উদ্ভিদ ভাইরাস দ্বারা সংক্রামিত হয় (সারণি - 2.2)। 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) - উদ্ভিদকোষের মধ্যেই খোলকের আবরণী থেকে ভাইরাসের DNA মুক্ত হয়। (3) পোষক কোষের 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 করে করা হয়।

সারণি - 2

উদ্ভিদ নির্ভর কিছু ভাইরাসের বৈশিষ্ট্য।

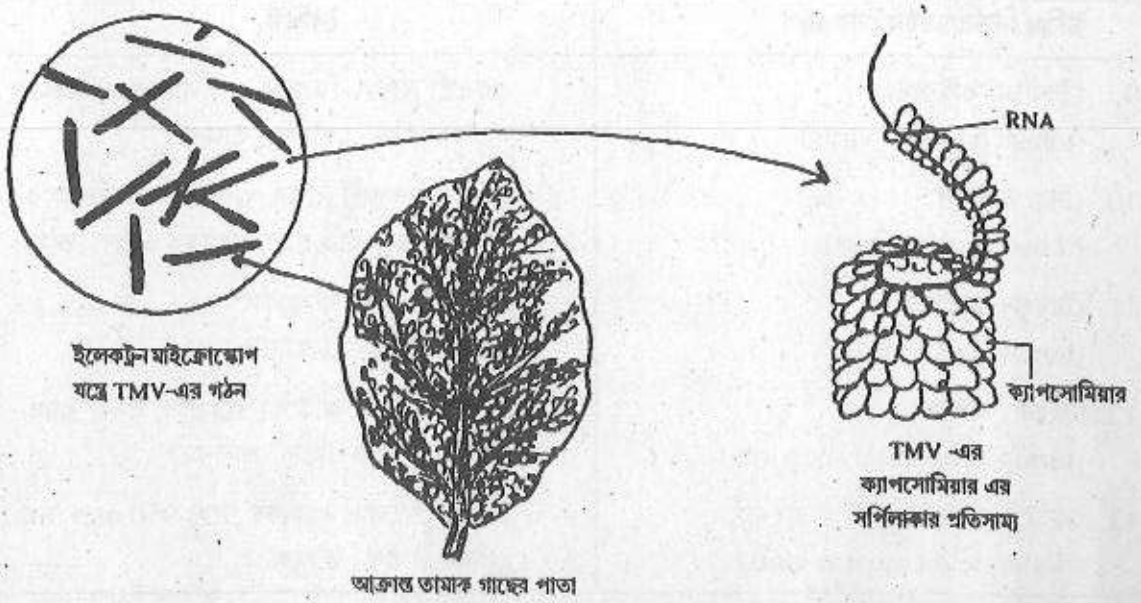
উদ্ভিদ নির্ভর ভাইরাসের গ্রুপ	বৈশিষ্ট
1. ব্রোমো ভাইরাস (brome mosaic virus)	RNA জিনোম, গঠন আইকোসাহেড্রাল, ছোট আকারের। পোষক উদ্ভিদ - আনারস।
2. কলিফ্লাওয়ার মোজাইক ভাইরাস (Cauliflower Mosaic Virus)	দ্বিতন্ত্রী DNA জিনোম, সাইটোপ্লাজমে সংখ্যা বৃদ্ধি করে। পোষক উদ্ভিদ - ফুলকপি
3. কুকুমো ভাইরাস (Cucumber Mosaic Virus)	RNA জিনোম, গঠন আইকোসাহেড্রাল পোষক উদ্ভিদ - শশা
4. লুটিও ভাইরাস (Luteo Virus) (Barley 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
6. পোটেক্স ভাইরাস (Potato virus x)	RNA জিনোম, বড় 450-580 mm দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট দন্ডাকার। পোষক উদ্ভিদ - আলু।
7. পটি ভাইরাস (Potato virus Y)	একতন্ত্রী RNA জিনোম, সর্পিলাকার প্রতিসমতা বিশিষ্ট। দন্ডাকার। পোষক উদ্ভিদ - আলু।
8. টোবাকো নেক্রসিস্ ভাইরাস (tobacco necrosis virus)	RNA জিনোম, দ্বি-প্রতিসমতা বিশিষ্ট পোষক উদ্ভিদ - আলু।

উদ্ভিদ নির্ভর ভাইরাসের গ্রুপ	বৈশিষ্ট
9. টোবামো ভাইরাস (tobaccomosaic virus)	একতন্ত্রী RNA জিনোম, সর্পিলাকার প্রতিসমতা দন্ডাকার গঠন। পোষক - তামাক।
10. টোব্রা ভাইরাস (tobaco rattle virus)	জিনোম একতন্ত্রী RNA, দেহ খন্ডিত। দন্ডাকার 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, দন্ডাকার 700-950 mm দৈর্ঘ্য পোষক উদ্ভিদ - তরমুজ।

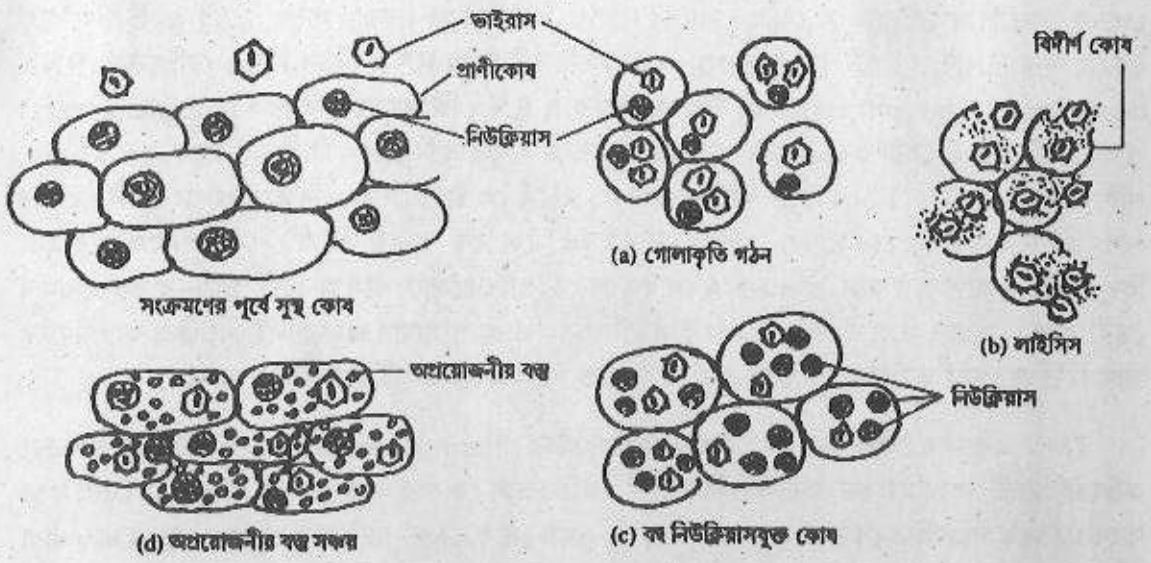
2.3.1 একটি আদর্শ উদ্ভিদ ভাইরাসের গঠন ও বিস্তার ঃ

টোব্যাকো মোজাইক ভাইরাস বা TMV হল একটি আদর্শ উদ্ভিদ ভাইরাস। টোবাকো মোজাইক ভাইরাসের জিনোম একতন্ত্রী RNA। এই জিনোমকে প্রায় 2000 টি ক্যাপসোমার সর্পিলাকারে ঘিরে থাকে। (চিত্র 2.7) TMV দ্বারা সংক্রমণ হয়ে থাকে ক্ষতের মাধ্যমে। TMV কোষের মধ্যে একবার প্রবেশ করলেই তার জিনোম পোষক কোষের সাইটোপ্লাজমে বেরিয়ে আসে। RNA জিনোম মুক্ত হওয়ার সাথে সাথেই একটি উৎসেচক তৈরীর জন্য mRNA তৈরী করা শুরু 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 জীনোমরূপে কাজ করে এবং কিছু mRNA রূপে কাজ করে। ঐ mRNA পোষক কোষের রাইবোজোমে বসে আবরণী প্রোটিন বা ক্যাপসোমার তৈরী করে। কোষের মধ্যে যথেষ্ট পরিমান TMV জিনোম ও ক্যাপসোমার জমা হলেই নিউক্লিও ক্যাপসিডের অ্যাসেমব্লি সতস্ফূর্ত ভাবে হতে থাকে। এবং তৈরী হতে থাকে একটি একটি করে TMV কণিকা।

TMV এককোষ থেকে অন্য কোষে প্লাজমোডেস্মাটার (Plasmodesmata) মাধ্যমে পরিবাহিত হয় এবং অচিরেই গাছটি সংক্রামিত হয়। অনেকগুলি TMV একত্রিত হয়ে কোষের মধ্যে কেলাস্ (Crystal) তৈরী করে থাকে। TMV সংক্রামিত কোষের মৃত্যু ঘটে এবং মৃত কোষ থেকে TMV চারিদিকে ছড়িয়ে পড়ে। TMV দ্বারা সংক্রামিত গাছের পাতার বর্ণালীর মত হলুদ রং লক্ষ্য করা যায় কেননা মৃত কোষগুলি ক্লোরোফিলবিহীন হওয়ার ফলে বিবর্ণ হয়ে যায়।



চিত্র নং 2.7 : টোব্যাকো মোজাইক ভাইরাসের দ্বারা আক্রান্ত পাতায় বর্ণালী রোগের লক্ষণ এবং ভাইরাসের সর্পিলাকার প্রতিসাম্য।



চিত্র নং 2.8 : প্রাণিকোষে বিভিন্ন ধরনের মাইটোপ্যাথিক প্রভাব।

2.3.2 ভাইরয়েড (Viroids) :

ভাইরয়েড একধরনের সংক্রমণকারী কণিকা যাদের কেবল RNA থাকে কিন্তু কোন ক্যাপসিড প্রোটিন থাকে না। এদের জিনোমে মাত্র 240-375 টির মত নিউক্লিওটাইড থাকে। এদের RNA এমনিতে চক্রাকার কিন্তু এত পেঁচান থাকে যে দন্ডাকৃতি ধারণ করে। ভাইরয়েডের সংখ্যাবৃদ্ধির জন্য যা কিছু উৎসেচক দরকার তা পোষক কোষ থেকেই পায়। এখন পর্যন্ত কোন প্রমাণ পাওয়া যায় নি যে ভাইরয়েডের জিনোম থেকে কোন mRNA তৈরী হয় তা (+) বা (-) RNA তন্ত্র যাই হোক না কেন।

আলুর স্পিনডিল টিউবার (Potato spindle tuber), সাইট্রাস্ 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 কোষের বাইরে কি অবস্থায় থাকে তাও ঠিক জানা যায় নি।

2.4 প্রাণী - ভাইরাস (Animal Virus)

প্রাণী ভাইরাস নানা রকম (সারণি - 3) এবং তাদের সংখ্যাবৃদ্ধির পদ্ধতিও ভিন্ন ভিন্ন। কিছু প্রাণি ভাইরাস ব্যাকটেরিওফাজের মত লাইটিক চক্রে বংশবৃদ্ধি করে তবে এদের বংশবৃদ্ধির সময় ব্যাকটেরিওফাজের বৃদ্ধির সময়ের তুলনায় অনেক বেশি লাগে। কোন কোন ক্ষেত্রে পোষক কোষের দ্রুত মৃত্যু ঘটিয়ে অসংখ্য কণিকা বেরিয়ে আসে আর কোন ক্ষেত্রে অল্প সংখ্যায় আস্তে আস্তে বেরিয়ে আসে। কিছু ভাইরাস টেমপারেট অর্থাৎ লাইসোজেনিক চক্রে জীবন অতিবাহিত করে। এদের জীনোম পোষক কোষের জিনোমে (ক্রোমোজোমে) সংযোজিত হয়ে যায়। ভাইরাস পোষক কোষের জিনোমে সংযোজিত হলে কোষের রূপান্তর হতে পারে।

ভাইরাস সংক্রমণের পর প্রাণী কোষের উপর নানারকম প্রভাব ফেলে। সাধারণভাবে দুই ধরনের প্রভাব প্রায়ই পরিলক্ষিত হয়।

2.4.1 সাইটোপ্যাথিক প্রভাব (Cytopathic effect) :

এক্ষেত্রে ভাইরাসের প্রভাবে পোষক কোষের আঙ্গিক গঠনের পরিবর্ত্তন ঘটে (চিত্র 2.8) যেমন - (a) কোষ গোলাকৃতি ধারণ করে (cell rounding) (b) কোষের লাইসিস্ (lysis) বা বিদারণ ঘটতে পারে (c) সিনসিটিয়াম গঠন (Syncytium formation) অর্থাৎ অনেকগুলি কোষ একসাথে জোড়া লেগে একটি বহু নিউক্লিয়াস যুক্ত কোষ গঠন করতে পারে অথবা (d) পোষক কোষের মধ্যে নানান "অঙ্গাণুর মত বস্তু" (inclusion body formation) গঠন।

2.4.2 রূপান্তর (Transformation) :

ভাইরাস দ্বারা সংক্রমিত হওয়ার পর ভাইরাসের জিনোম পোষক কোষের ক্রোমোজোমে যদি সংযোজিত হয় তাহলে পোষক কোষের বৈশিষ্ট্যগত চরিত্রের রূপান্তর ঘটে। ভাইরাসের সংযোজিত জিনোম বংশানুসরণ করে চলতে থাকে। ব্যাকটেরিওফাজের লাইসোজেনিক চক্রের মত। এই কোষগুলিকে রূপান্তরিত (tranformed)

কোষ বলে। রূপান্তরিত কোষ ক্যানসার (cancer) কোষে পরিবর্তিত হতে পারে। যে ভাইরাস প্রাণিকোষকে ক্যানসার কোষে পরিবর্তিত করে তাকে **অঙ্কোজেনিক** (Oncogenic) ভাইরাস বলে। এ জাতীয় ভাইরাসের মধ্যে রেট্রোভাইরাস গোষ্ঠীর অনেকগুলি সদস্য আছে যারা বিভিন্ন প্রাণীর ক্যানসার সৃষ্টি করে। যেমন - **রোউস্ সারকোমা** (Rous sarcoma) ভাইরাস মুরগীর ম্যালিগনেন্ট ক্যানসার সৃষ্টি করে, HTLV (Human T.cell leukeumia) ভাইরাস মানুষের লিউকেমিয়া ক্যানসারের জন্য দায়ী। হেপাটাইটিস B ও C (Hepatitis B and C) কখনও কখনও অগ্নাশয়ে (pancreas) কারসিনোমা (carcinoma) জাতীয় ক্যানসার সৃষ্টি করতে পারে।

2.4.3 প্রাণী ভাইরাসের উপস্থিতি পরীক্ষার প্রামান্য উপায় ঃ

গবেষণাগারে প্রাণি ভাইরাস নিয়ে কাজ করতে গেলে সাধারণত কৃত্রিম উপায়ে বৃদ্ধিপ্রাপ্ত প্রাণিকোষ ব্যবহার করা হয়। কিছু ভাইরাস আছে যারা মুরগী অথবা হাঁসের ডিমের ভেতর ভ্রূণ কলায় জন্মায় তাদের ক্ষেত্রে মুরগী বা হাঁসের ভ্রূণ ব্যবহার করা হয়।

গবেষণাগারে কৃত্রিম উপায়ে কোষ বা কলা (tissue) বৃদ্ধির পদ্ধতিকে বলে কলাকৃষ্টি বা **টিস্যুকালচার** (tissue culture)। প্রাণীর যে অংশের কোষের উপর ভাইরাসের প্রভাব দেখা দরকার সেই অংশ থেকে কিছুটা কলা কেটে নিয়ে ট্রিপসিন উৎসেচক দিয়ে ক্রিয়া (incubate) করালে কলা থেকে কোষগুলি ছেড়ে আলাদা আলাদা হয়ে যায়। ঐ আলাদা হওয়া কোষগুলিকে কৃত্রিমভাবে কৃষ্টি মাধ্যমে বৃদ্ধি করা সম্ভব। এই কৃষ্টি মাধ্যমকে টিস্যুকালচার মাধ্যম (tissue culture medium) বলে। সঠিক টিস্যুকালচার মাধ্যমে কোষ সংখ্যায় বাড়তে থাকে মাইটোসিস পদ্ধতি দ্বারা। প্রাণিকোষ টিস্যুকালচার মাধ্যমে বৃদ্ধি পাওয়ালে দেখা যায় ওরা একটির গায়ে অন্যটি লেগে পর্দা (sheet) আকারে বাড়তে থাকে কিন্তু যে পাত্রে এদের বাড়তে দেওয়া হয় সেই পাত্রের কিনারায় কোষের ছোঁয়া না লাগা পর্যন্ত। একবার ছোঁয়া লাগলেই মাইটোসিস্ বন্ধ হয় এবং বৃদ্ধিও বন্ধ হয়। একে বলে **স্পর্শজনিত বাধা** (contact inhibition)। এখন ঐ কোষস্তরের কিছু অংশ নিয়ে নুতন পাত্রে নুতন মাধ্যমে রাখলে আবার মাইটোসিস্ শুরু হয় এবং সংখ্যায় বাড়তে থাকে। এইভাবে সৃষ্ট কোষস্তর সাধারণতঃ একটিমাত্র স্তর দিয়ে তৈরী বলে একে **একস্তরী কলাকৃষ্টি** (monolayer culture) বলে। ব্যাকটেরিয়ার স্তরে যেমন ব্যাক্টেরিওফাজ প্লাক্ (Plaque) সৃষ্টি করে তেমনি প্রাণিকোষের একস্তরী কলায় প্রাণি ভাইরাস প্লাক তৈরী করে এবং তা খালি চোখে দেখা যায়। প্লাক্ তৈরী হয় আক্রান্ত কোষের মৃত্যুর ফলে যেমনটি ব্যাক্টেরিওফাজের ক্ষেত্রে দেখা যায়। এভাবে প্রাণীকোষে ভাইরাসের প্রত্যক্ষ প্রভাবটি অনুশীলন করা সম্ভব।

অনুশীলনী - 2

1. শুন্যস্থান পূর্ণ 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 কোষ থেকে কোষান্তরে পরিবাহিত হয় _____ দ্বারা।

   d) ভাইরয়েড হল একধরনের সংক্রমণকারী কণিকা যার _____ থাকে কিন্তু _____ থাকে না।

   e) একটি ভাইরয়েড ঘটিত উদ্ভিদরোগের নাম হল _____।

2. অতি সংক্ষিপ্ত উত্তর দান করুন ঃ

a) সংক্রামিত প্রাণিকোষ ভাইরাসের প্রভাবে যে ধরনের পরিবর্ত্তন প্রায়শঃই পরিলক্ষিত হয় তাকে কি বলে?

b) এই প্রভাবের ফলে কোষে কি ধরনের পরিবর্তন সাধিত হতে পারে?

c) একটি DNA এবং একটি RNA প্রাণী ভাইরাসের নাম লিখুন।

d) প্রানিদেহে ক্যানসার সৃষ্টির জন্য দায়ী দুটি ভাইরাসের নাম লিখুন।

e) প্রাণিকোষে সংযোজিত ভাইরাসের জীনোম সহ কোষকে কি ধরনের কোষ বলে?

f) যে ভাইরাস প্রাণিকোষকে ক্যানসার কোষে পরিবর্ত্তিত করতে পারে তাকে কি বলে?

প্রাণি ভাইরাসের গ্রুপগুলির নাম ও বৈশিষ্ট্য নিচের সারণিতে প্রদত্ত হল।

সারণি - 3

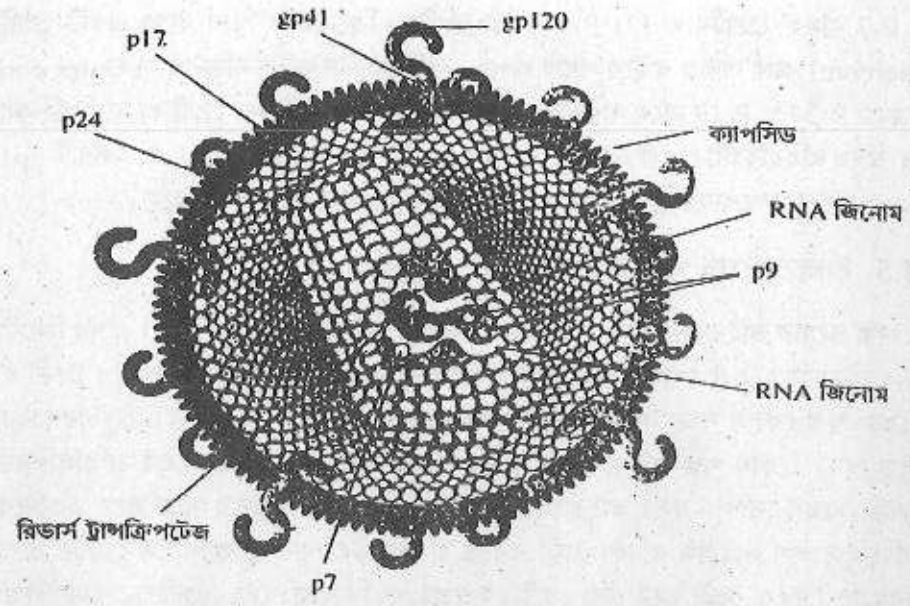
ভাইরাসের গোত্র	বৈশিষ্ট্য	রোগসৃষ্টিকারী কণিকার উদাহরণ
1) অ্যাডিনোভিরিডি (Adeno viridae)	দ্বিতন্ত্রী DNA, আইকো-সাহেড্রাল। ব্যাস - 70 nm	অ্যাডিনো ভাইরাস
2) অ্যারিনাভিরিডি (Arenaviridae)	একতন্ত্রী RNA, সর্পিলাকার দৈর্ঘ্য 110-130 nm	লিম্ফোসাইটিক কোরিও ম্যানেনজাইটিস্ ভাইরাস।
3) বানায়াভিরিডি (Bunyaviridae)	একতন্ত্রী RNA, সর্পিলাকার দৈর্ঘ্য 100 nm	ক্যালিফোরনিয়া এনসেফালাইটিস্
4) ক্যালসিভিরিডি (Calciviridae)	একতন্ত্রী RNA, আইকোসাহেড্রাল ব্যাস 35-40 nm	হেপাটাইটিস্ E ভাইরাস
5) কোরোনাভিরিডি (Coronaviridae)	একতন্ত্রী RNA, সর্পিলাকার দৈর্ঘ্য 120 nm	হিউম্যান কোরোনা ভাইরাস
6) ফিলোভিরিডি (Filoviridae)	একতন্ত্রী RNA, সর্পিলাকার	ইবোলা ভাইরাস
7) ফ্ল্যাভিভিরিডি (Flaviviridae)	একতন্ত্রী RNA, আইকোসাহেড্রাল ব্যাস 45-55 nm	ডেঙ্গু ভাইরাস
8) হেপাড্নাভিরিডি (Hepadnaviridae)	দ্বিতন্ত্রী DNA, আইকোসাহেড্রাল ব্যাস 42 nm	হেপাটাইটিস্ B ভাইরাস

ভাইরাসের গোত্র	বৈশিষ্ট্য	রোগসৃষ্টিকারী কণিকার উদাহরণ
9) হারপেস্‌ভিরিডি (Herpesviridae)	দ্বিতন্ত্রী DNA, আইকোসাহেড্রাল ব্যাস 100 nm	হারপেস্ সিমপ্লেক্স
10) অর্থমিক্সোভিরিডি (Orthomyxoviridae)	একতন্ত্রী RNA, সর্পিলাকার দৈর্ঘ্য - 80-120 nm	ইনফ্লুয়েঞ্জা ভাইরাস
11) প্যাপোভাভিরিডি (Papovaviridae)	দ্বিতন্ত্রী DNA, আইকোসাহেড্রাল ব্যাস 55 nm	প্যাপিলোমা ভাইরাস
12) প্যারামিক্সোভিরিডি (Paramyxoviridae)	একতন্ত্রী RNA, সর্পিলাকার আয়তন 150 nm	মাম্পস্, মীজলস্ (বাম) ভাইরাস
13) পারভোভিরিডি (Parvoviridae)	একতন্ত্রী DNA, আইকোসাহেড্রাল ব্যাস 22 nm	কেনাইন পারভো ভাইরাস
14) পিকোরনাভিরিডি (Picornaviridae)	একতন্ত্রী RNA, আইকোসাহেড্রাল ব্যাস 25-30 nm	পোলিও ভাইরাস, হেপাটাইটিস A
15) পকস্‌ভিরিডি (Poxviridae)	দ্বিতন্ত্রী DNA, ঘনকাকার 200-300 nm	স্মল পক্স, কাউ পক্স
16) রিওভিরিডি (Reoviridae)	দ্বিতন্ত্রী RNA, আইকোসাহেড্রাল ব্যাস 75 nm	রোটা ভাইরাস
17) র‍্যাবডোভিরিডি (Rhabdoviridae)	একতন্ত্রী RNA, শঙ্কু আকৃতি আয়তন 75 x 300 nm	র‍্যাবিস (জলাতঙ্ক) ভাইরাস
18) রেট্রোভিরিডি (Retroviridae)	একতন্ত্রী RNA দুটি। দৈর্ঘ্য - 100 nm	রোউস সারকোমা ভাইরাস
19) টোগাভিরিডি (Togaviridae)	একতন্ত্রী RNA, আইকোসাহেড্রাল ব্যাস 60-70 nm	রুবেল্লা ভাইরাস

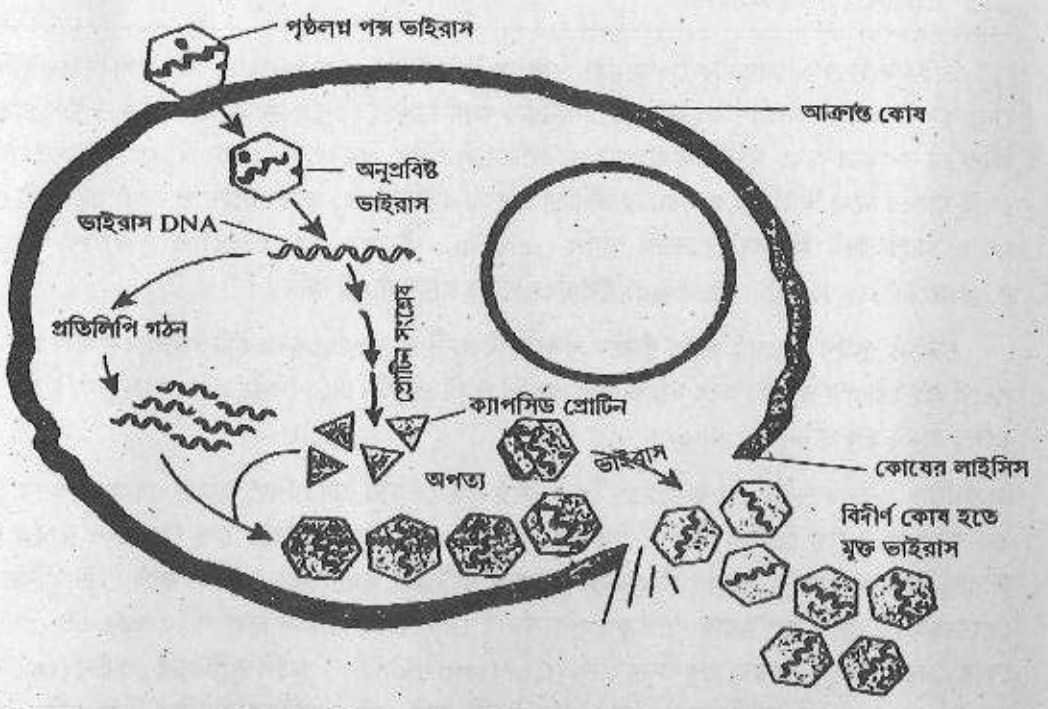
এখানে একটি প্রাণী ভাইরাসের গঠন আলোচিত হল ঃ

2.4.4 HIV (human immuno deficiency virus) ঃ

HIV একটি জটিল গঠনের প্রাণী ভাইরাস (চিত্র 2.9)। এর দ্বারা সংক্রমণের ফলে এইডস (AIDS এর পুরো কথাটি হল Acquired Immuno Deficiency Syndrome বাংলা করলে অর্থ দাঁড়ায় "অর্জিত অনাক্রম্যহীনতার উপসর্গ") রোগ হয়। HIV এর জিনোম দুটি একই রকমের একতন্ত্রী RNA এর সমাবেশে তৈরী। এই RNA তন্ত্র দুটির সাথে সঙ্গী থাকে একটি করে তিন রকমের প্রোটিন (I) রিভার্সট্রান্সক্রিপটেজ্ এর অণু



চিত্র নং 2.9 : AIDS ভাইরাস এর ক্যাপসিড প্রোটিন ও দুটি জিনোমকে দেখান হয়েছে।



চিত্র নং 2.10 : পক্স ভাইরাসের জীবনচক্র। এদের জিনোম দ্বিতন্ত্রী DNA। পক্স ভাইরাসের প্রতিলিপিকরণ খুবই দ্রুততার সঙ্গে সম্পন্ন হয়।

(2) P-7 নামক প্রোটিন ও (3) P-9 নামক প্রোটিন। জিনোমকে ঘিরে থাকে একটি প্রোটিনঘটিত অন্তর্ভাগ (innercore) আর তারও বাইরে থাকে অপর একটি প্রোটিন ঘটিত বহির্ভাগ বা Outer core, এই প্রোটিনদ্বয় যথাক্রমে P-24 ও P-17 নামে পরিচিত। এদের প্রতিটিই হল ক্যাপসিড প্রোটিন। সর্বোপরি ক্যাপসিড প্রোটিনকে ঘিরে আছে বহিরাবরণী। এখানেও দুই ধরনের প্রোটিন থাকে একটি gp41 ও অপরটি gp120 (gp=glyco protein) । HIV পোষক কোষ থেকে বেরিয়ে আসে কোরকদ্‌গম পদ্ধতি দ্বারা।

2.4.5 বসন্তরোগের পক্স ভাইরাস (Pox Virus) :

পক্স গ্রুপের ভাইরাসেরা সব থেকে বড় আকারের ভাইরাসদের মধ্যে পড়ে। এদের জিনোম দ্বিতন্ত্রী DNA। DNA জিনোম হলেও পোষক কোষের সাইটোপ্লাজমে এই DNA এর প্রতিলিপি তৈরী হয়। পক্স ভাইরাস মানুষের ত্বক্ কোষে সংক্রমণ করে। ত্বক কোষের ক্ষতিগ্রস্ত অংশ (Coated pits) এর মাধ্যমে সাইটোপ্লাজমে পৌঁছে যায়। কোষ পক্স-ভাইরাসদ্বারা সংক্রামিত হওয়ার $1^1/_2$ ঘন্টার মধ্যেই প্রতিলিপিকরণ শুরু হয় এবং 5 ঘন্টার মধ্যেই সম্পূর্ণ হয়। ভাইরাসের জিনোম খোলকমুক্ত হওয়ার সঙ্গে সঙ্গে একদিকে প্রতিলিপি গঠন অন্যদিকে সম্পূর্ণ ভাইরাস কণিকা তৈরী করতে যা কিছু উৎসেচক বা ক্যাপসিড প্রোটিন প্রয়োজন হয় তা সবই ভাইরাসের DNA তৈরী করে নেয় প্রোটিন সংশ্লেষ পদ্ধতি দ্বারা। দেহ সংগঠিত হওয়ার পর কোষ বিদীর্ণ করে ভাইরাস মুক্ত হয়।

2.5 প্রায়ন (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। পরবর্ত্তীকালে অবশ্য এমন কোন কোন জীবিত কণিকার সন্ধান পাওয়া গেছে যাদের মধ্যে নিউক্লিক অ্যাসিডের উপস্থিতি লক্ষ্য করা যায় না। এদের বলে "প্রায়ন।" কয়েকটি রোগ যেমন গরুর "ম্যাড কাউ ডিজিস" ভেড়ার স্ক্রাপি (scrapie), মানুষের কুরু (kuru) ও ক্রুজফেল্ড-জ্যাকোব রোগ (Creutzfeldt - Jacob - Disease) ইত্যাদির সাথে প্রায়ন নামটি জড়িত।

ভেড়ার স্ক্রাপি রোগের কারণ খুঁজতে খুঁজতে বিজ্ঞানীরা দেখেছিলেন একটি পরিস্রাবনযোগ্য অণুজীবের মত পদার্থ এই রোগের কারণ। তবে মজার কথা এগুলি শুধুই প্রোটিন দিয়ে তৈরী, কোন DNA বা RNA থাকে না। এদের নামই হল প্রায়ন (Prions) ।

সংক্রামিত ভেড়ার শরীর থেকে "প্রায়ণ" বার করে সুস্থ ভেড়ায় আরোপিত করলে পোষক কোষে সেটি 'বৃদ্ধি' শুরু করে ফলে সুস্থ ভেড়ার স্ক্রাপি 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 প্রায়ন হল যথার্থ ব্যতিক্রম সত্যসত্যই সেটি শুধুই প্রোটিন দ্বারা গঠিত আর এই প্রোটিন পোষক কোষ থেকেই উদ্ভুত, তফাৎ শুধু অবয়বগত (Conformational) । স্ক্রাপি সৃষ্টিকারি প্রোটিন (ছোট করে লেখা হয় Pr Psc) যে যে অ্যামিনো অ্যাসিড দিয়ে তৈরী সেই সেই অ্যামিনো অ্যাসিড দিয়ে গঠিত প্রোটিন সুস্থ ভেড়াতেও আছে। এই প্রোটিনকে লেখা হয় Pr PC (প্রিওন্স লাইক প্রোটিন অফ কনট্রোল)। Pr Pc ও Pr Psc

এর তফাৎ হচ্ছে Pr Psc প্রোটিন বিশেষ ভাবে ভাঁজ (fold) হয়ে থাকে এই কারণে প্রোটিএজ উৎসেচক Pr Psc কে নষ্ট করে ফেলতে পারে না। এই ভাঁজ হওয়ার কারণ আজও অজ্ঞাত। অপর পক্ষে Pr Pc প্রোটিন হানিকারক হলেও উৎসেচকের প্রভাবে অচিরেই নষ্ট হয়। সবথেকে মজার কথা হল Pr Psc প্রোটিনের একটি বিশেষ বৈশিষ্ট্য হল যে Pr Pc তৈরী হওয়ার সময় যদি Pr Psc প্রোটিনের সংস্পর্শে আসে তা হলে নুতন তৈরী হওয়া Pr Pc পরিবর্তিত হয়ে যায় Pr Psc প্রোটিনে। আর একবার এই Pr Psc তৈরী হলে তাকে আর সরানো যায় না ফলে এটি কোষ পর্দায় জমতে থাকে এবং স্ক্রাপি রোগ উপসর্গের প্রকাশ পায়। Pr Pc প্রোটিনের Pr Psc প্রোটিনে পরিবর্ত্তন ঘটলে স্নায়ুবৈকল্য (Neurological disorder) দেখা দেয় এবং পরে প্রাণির মৃত্যুও ঘটে। "প্রায়ন" দ্বারা সংক্রামিত প্রাণির বিশেষ কিছু কিছু অংশ খাদ্য হিসাবে ব্যবহৃত হলে সংক্রমণ ছড়াতে পারে। সংক্রমনের পর প্রায় 8 থেকে 10 বছর লেগে যায় উপসর্গ দেখা দিতে।

অনুশীলনী - 3

1. সংক্ষিপ্ত উত্তর দিন ঃ
   a) HIV এর পুরো নাম কি?
   b) AIDS এর পুরো নাম কি?
   c) HIV এর জীনোম কি ধরনের?
   d) HIV এর ক্যাপসিডকে ঘিরে যে আবরণী থাকে সেটির বৈশিষ্ট কি?
   e) HIV এর অন্তর্ভাগ ও বহির্ভাগের প্রোটিনের নাম লিখুন।

2. শূন্যস্থান পূর্ণ করুন ঃ
   a) পক্স ভাইরাসের জীনোম হল _____ ।
   b) পক্স ভাইরাসের DNA ক্যাপসিড থেকে বেরিয়ে আসে (খোলকমুক্তি) _____ অংশে।
   c) পক্স ভাইরাসের বংশবৃদ্ধির পর মুক্তি ঘটে _____ মাধ্যমে।
   d) নিউক্লিক অ্যাসিড বিহীন জীবিত কণিকার নাম হল _____ ।
   e) প্রায়ন দ্বারা সৃষ্ট রোগের নাম হল _____ ।

2.6 সারাংশ

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 ফেলে এবং ব্যাকটেরিয়া কোষের সাহায্য নিয়েই নিজের

প্রয়োজনীয় নিউক্লিক অ্যাসিড ও ক্যাপসিড প্রোটিন গঠন করে। অবশেষে লাইসোজাইম নামক উৎসেচকের সাহায্যে ব্যাকটেরিয়ার কোষপ্রাচীর ফাটিয়ে নবগঠিত ফাজ কণিকা মুক্ত হয়। লাইসোজেনিক চক্রে ফাজ জীনোমটি ব্যাকটেরিয়ার জীনোমের সাথে সংযুক্ত হয়ে যায় এবং এভাবেই 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 টোবাকো মোজাইক ভাইরাস বা একতন্ত্রী RNA বিশিষ্ট। এছাড়া ভাইরয়েড হল এমন কণিকা যা কেবলমাত্র নিউক্লিক অ্যাসিড দিয়ে তৈরী, প্রোটিন ক্যাপসিড এতে নেই। এরাও বহুবিধ উদ্ভিদরোগ সৃষ্টি করতে পারে। প্রাণী ভাইরাসের মধ্যে DNA ও RNA দু'রকম জীনোম বিশিষ্ট সদস্যই পাওয়া যায়। প্রাণিকোষে ভাইরাস দ্বারা সংক্রমণের প্রভাবে দু'রকম প্রভাব দেখা যেতে পারে। সাইটোপ্যাথিক প্রভাব - যখন কোষের গঠন, কোষস্থ পদার্থ বদলে যায় অথবা কোষ বিজারিত হয়। রূপান্তরণ-যখন কোষের স্বাভাবিকতা বিনষ্ট হয়ে সেটি টিউমার জাতীয় কোষে রূপান্তরিত হয়। HIV একটি প্রাণী ভাইরাস যা AIDS রোগ সৃষ্টির জন্য দায়ী। এটির জীনোম দুটি RNA দ্বারা গঠিত। পক্স ভাইরাস হল বসন্ত রোগসৃষ্টিকারী ভাইরাস যা পোষক কোষে প্রতিলিপি তৈরী করে, প্রোটিন সংশ্লেষ করে এবং সংগঠিত কণিকারূপে কোষকে বিদীর্ণ করে নিস্ক্রান্ত হয়। 'প্রায়ন' হল নিউক্লিক অ্যাসিড বিহীন কেবল প্রোটিন দ্বারা গঠিত একটি বিস্ময়কর জীবিত কণিকা যা 'ম্যাড কাউ' রোগ সৃষ্টির কারণ হিসাবে স্বীকৃত।

2.7 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

1. চিত্রসহ ব্যাকটেরিওফাজের লাইটিক চক্রের বর্ণনা দিন।
2. লাইসোজেন কাকে বলে? লাইসোজেনিক চক্রের চিত্রসহ বিবরণ দিন।
3. প্রাণীকোষ ভাইরাস দ্বারা আক্রান্ত হলে আক্রান্ত কোষের উপর যে সমস্ত প্রভাবগুলি পড়ে সেগুলি সম্পর্কে আলোচনা করুন।
4. চিত্রসহ পক্স ভাইরাসের জীবনচক্র বর্ণনা করুন।
5. **সংক্ষিপ্ত টীকা লিখুন ঃ**

i) TMV এর গঠন বৈশিষ্ট
ii) HIV এর গঠন বিশেষত্ব
iii) সাইটোপ্যাথিক প্রভাব
iv) প্রোফাজ
v) লাইসিস
vi) ভাইরাসের জীনোম
vii) প্রায়ন
viii) ভাইরয়েড
ix) প্রাণিভাইরাসের উপস্থিতি নির্ণায়ক পরীক্ষা
x) ব্যাকটেরিওফাজের উপস্থিতি নির্ণায়ক পরীক্ষা।

2.8 উত্তরমালা

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 ⟶ কোষ বিভাজন
   বিযোজন ⟶ DNA সংশ্লেষ ⟶ প্রোটিন সংশ্লেষ ⟶ লাইসিস।

2. (a) 150 টি জীন (b) DNA সংশ্লেষকারী প্রোটিন (c) T_2 ফাজ (d) PM_2 (e) ফাজের সংখ্যাবৃদ্ধির।

অনুশীলনী - 2

1. a) RNA b) 2000 টি c) উদ্ভিদের ক্ষতস্থান; প্লাসমোডেসমাটা d) নিউক্লিক অ্যাসিড; প্রোটিন ক্যাপসিড e) কোকোনাট কাডাং কাডাং

2. a) সাইটোপ্যাথিক এফেক্ট

   b) কোষের গোলাকার ধারণ, বিদারণ, অপ্রয়োজনীয় বস্তুর সঞ্চয় ও বহু নিউক্লিয়াস গঠিত হওয়া

   c) DNA - অ্যাডিনো ভাইরাস
   RNA - হেপাটাইটিস - E ভাইরাস

অনুশীলনী - 3

1. a) Human Immunodeficiency Virus

   b) Aquired Immunodeficiency Syndrome

   c) দুটি একতন্ত্রী RNA

   d) গ্লাইকোপ্রোটিন দ্বারা গঠিত

   e) অন্তর্ভাগ - (1) রিভার্স ট্রান্সক্রিপটেজ (2) P-7 ও P-9 প্রোটিন
   বহির্ভাগ - P-24 ও P-17

2. a) দ্বিতন্ত্রী গঠন

   b) পোষক কোষের সাইটোপ্লাজমে

   c) লাইসিস

   d) প্রায়ন

   e) ম্যাড-কাউ ডিজিজ

প্রান্তিক প্রশ্নাবলী

1. 2.2.1 অংশাঙ্কিত অংশ দ্রষ্টব্য। গঠন বৈশিষ্ট সংক্ষেপে আলোচনা করে সংক্রমণের বিভিন্ন পর্যায় আলোচনা করতে হবে। চিত্র 2.6 দ্রষ্টব্য।
2. সংযুক্ত ভাইরাস জীনোমসহ আক্রান্ত কোষকে বলে লাইসোজেন। 2.2.4 অংশাঙ্কিত অংশ দেখুন। চিত্র 2.6 দ্রষ্টব্য।
3. সাইটোপ্যাথিক এফেক্ট ও রূপান্তরনের প্রকারভেদগুলি সম্পর্কে লিখতে হবে। 2.4.1 ও 2.4.2 অংশাঙ্কিত বিষয়গুলি দেখুন। চিত্র 2.8 দ্রষ্টব্য।
4. 2.4.4 অংশাঙ্কিত বিষয়টিতে এ সম্পর্কে আলোচনা করা হয়েছে। 2.10 দেখুন।
5. টীকাগুলি মূল বৈশিষ্ট উল্লেখ করে এবং প্রয়োজন হলে চিত্র দেখিয়ে লিখুন।

একক 3 □ ব্যাকটেরিয়ার কোষীয় সংগঠন – 1 (Cellular Organization of Bacteria -1)

গঠন

3.1 প্রস্তাবনা
উদ্দেশ্য
3.2 জীবনের মূল সংগঠন
3.2.1 প্রোক্যারিওটিক ও ইউক্যারিওটিক কোষের পার্থক্য
3.3 আয়তন
3.4 আকৃতি
3.5 কোষপর্দা
3.5.1 কোষপর্দার পরিবহন ব্যবস্থা
3.5.2 কোষপর্দার অন্তর্বৃদ্ধি
3.6 কোষপ্রাচীর
3.6.1 গ্রাম নেগেটিভ ও গ্রাম পজিটিভ ব্যাকটেরিয়া
3.7 ফ্ল্যাজেলা
3.8 পিলি
3.9 ক্যাপসুল / স্লাইম
3.10 সারাংশ
3.11 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী
3.12 উত্তরমালা

3.1 প্রস্তাবনা

এই এককটিতে এবং এর পরের এককে ব্যাকটেরিয়া কোষের মূল সংগঠন বৈশিষ্ট সম্পর্কে আলোচনা করা হয়েছে। কোষ যদি জীবনের একক হয় তাহলে জীবনের বহতা ধারা দুটি খাতে বইছে। একটি ধারা হল প্রাণী বা উদ্ভিদ কোষের ধারা। এরা হল ইউক্যারিওটিক বা যথার্থ নিউক্লিয়াসবিশিষ্ট কোষ। অপর ধারাটি ব্যাকটেরিয়ার। এরা হল প্রোক্যারিওটিক কোষ অর্থাৎ আদি নিউক্লিয়াসবিশিষ্ট কোষ। এই দু ধরনের কোষের কোষীয় সংগঠনে কিছু মূল পার্থক্য আছে। ব্যাকটেরিয়া সম্পর্কে আলোচনা প্রসঙ্গে এই পার্থক্যটি অত্যন্ত দরকারী। একক ব্যাকটেরিয়া কোষের গঠনে কোষ প্রাচীর কোষপর্দা, জেনেটিক পদার্থ ইত্যাদিও স্বতন্ত্র আলোচনার দাবী রাখে।

উদ্দেশ্য

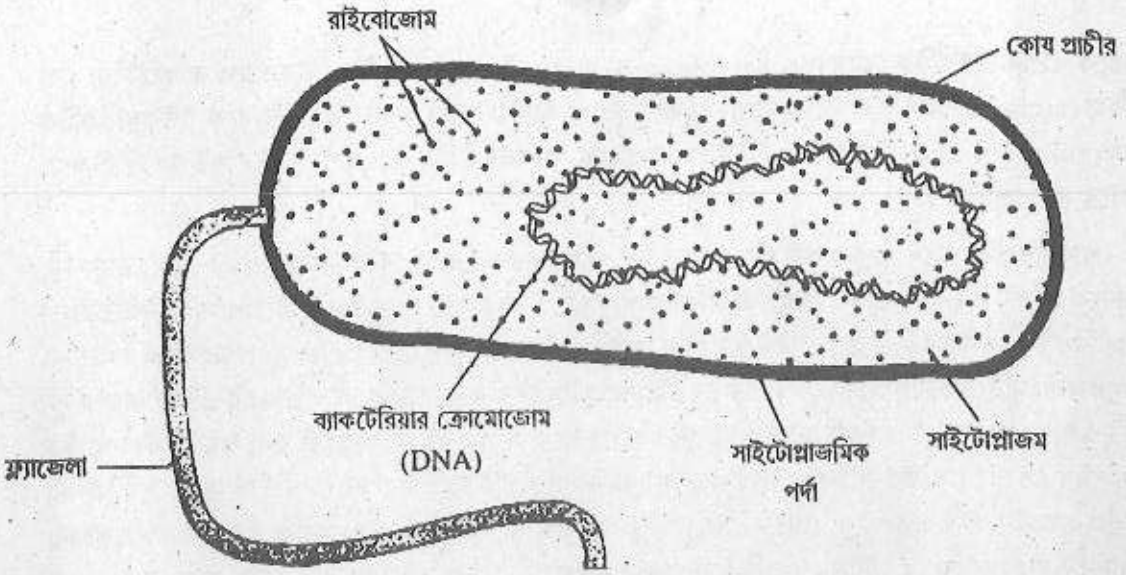
এই এককটি পাঠ করে আপনি নিম্নলিখিত বিষয়গুলি সম্পর্কে ধারণা লাভ করবেন —

- ব্যাকটেরিয়া কোষের সংগঠন বৈশিষ্ট এবং তা প্রাণী বা উদ্ভিদকোষের তুলনায় কতটা ভিন্ন।
- ব্যাকটেরিয়ার আয়তন ও আকৃতি
- কোষপর্দার বৈশিষ্ট্য ও কাজ
- কোষপ্রাচীরের গঠন ও কাজ
- গ্রাম +ve ও গ্রাম -ve ব্যাকটেরিয়ার কোষপ্রাচীরের গঠন প্রভেদ
- ফ্ল্যাজেলা ও পিলি নামক বর্হিবৃদ্ধিদ্বয়ের গঠন
- ক্যাপসুল বা স্লাইম স্তরের গঠন

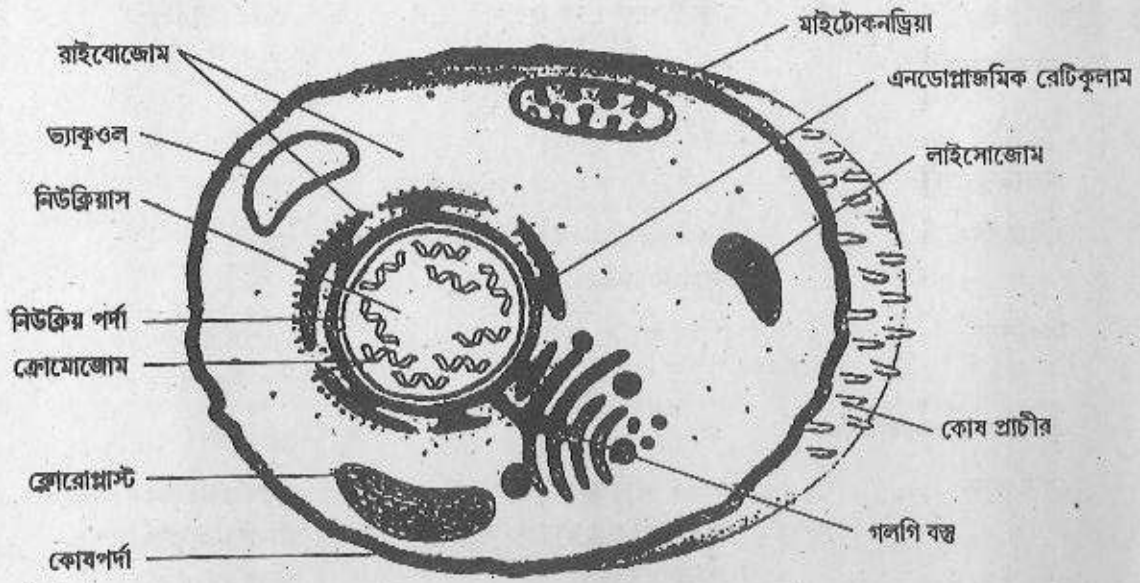
3.2 জীবনের মূল সংগঠন (Basic Organization of Living Unit) :

কোষ জীবনের একক। এই একক ব্যতিক্রমরহিতভাবে কোষপর্দা দ্বারা আবৃত। কোষপর্দাই সমন্বয় রক্ষা করে জীবনের সাথে তার পরিবেশের; নিয়ন্ত্রিত করে বাইরে থেকে কি কি উপাদান কোষে 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 তৈরী এবং একে ভেঙ্গে প্রয়োজনীয় শক্তির প্রয়োগ ব্যবস্থা। 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 অক্সি রাইবোনিউক্লিক অ্যাসিড) যার নির্দেশ অনুযায়ী সবই চলে জন্ম থেকে মৃত্যু পর্যন্ত এমনকি বংশানুক্রমে। DNA কে সাহায্যের জন্য আছে RNA (রাইবোনিউক্লিক অ্যাসিড)। DNA-এর দ্বিতন্ত্রী (double helix) অণুর মধ্যে সংকেত থাকে কোষের বৈশিষ্ট্য ও কার্যপ্রণালীর। DNA অণুর বিশেষত্ব হল তার মৌলিক উপাদান ও উৎসেচকের সাহায্যে অণুরূপ (carbon copy) অণু তৈরী করতে পারা যা রেপ্লিকেশন বা প্রতিলিপিকরণ নামে পরিচিত। এই অনুরূপ DNA বংশানুসরন করে চলে (inheritable)। DNA থেকে বিপাকীয় কার্যের জন্য সঙ্কেত 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 সঙ্কেত বাহক RNA-এর মাধ্যমে বাস্তবায়িত হয় প্রোটিন সংশ্লেষণের মাধ্যমে। প্রোটিন তৈরীর পদ্ধতিকে বলে অণুবাদ 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 কোষের বাইরের পরিবেশ থেকে খাদ্য আহরণে, যা দিয়ে তৈরী হয় কোষের নতুন কিছু কাঠামো অথবা ভবিষ্যতের সঞ্চয় হিসাবে আরও ATP।

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 কোষদের মধ্যে দুই ধরনের জাতিগত বৈশিষ্ট্য বিশেষভাবে পরিলক্ষণীয়। নীচের তলার সদস্যদের কোষ আদিম। এই ধরনের



(a) প্রোক্যারিওটিক কোষ : ব্যাকটেরিয়া



(b) ইউক্যারিওটিক কোষ : উদ্ভিদকোষ

চিত্র নং 3.1 : প্রোক্যারিওটিক ও ইউক্যারিওটিক কোষ।

কোষকে **প্রোক্যারিওটিক কোষ** (prokaryotic cell) বলে। এই প্রোক্যারিওটিক কোষ থাকে ব্যাকটেরিয়া এবং আর্কিয়া (archaea) শ্রেণীর জীবদের মধ্যে। ব্যাকটেরিয়া ও আর্কিয়া ছাড়া অন্যসব জীব কোষকে **ইউক্যারিওটিক কোষ** (eukaryotic cell) বলে (চিত্র 3.1), যেমন ছত্রাক, শ্যাওলা, উদ্ভিদ এবং প্রাণীদের কোষ ইউক্যারিটিক তা আকারে যত ছোটই হোক।

প্রোক্যারিওট কোষে একক পর্দা দ্বারা আবৃত (membrane bound) কোন অঙ্গাণু (organells) থাকে না, অন্যদিকে প্রতিটি ইউক্যারিওটিক কোষে একাধিক অঙ্গাণু থাকে, তার মধ্যে বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য নিউক্লিয়াস। ইউক্যারিওটিক কোষের নিউক্লিয়াস্ নিউক্লীয় পর্দা দিয়ে ঘেরা অঙ্গাণু, যার মধ্যে DNA সুরক্ষিত থাকে। অন্যান্য অঙ্গাণুর মধ্যে মাইটোকনড্রিয়া, প্লাসটিড প্রভৃতি। এরা সকলেই একক পর্দা দিয়ে ঘেরা। ইউক্যারিওটিক কোষের দু-একটি অঙ্গাণুর মধ্যে নানান বিপাকীয় কার্য আংশিক স্বতন্ত্রভাবে সাধিত হয়। এক কথায় বলা যায় ইউক্যারিওটিক কোষ 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 কোষে ব্যাকটেরিয়ার মত আদি কোষ থেকে শুরু করে উন্নততম মানবকোষ পর্যন্ত সমস্ত স্তরে। নীচের সারণিতে প্রোক্যারিওটিক ও ইউক্যারিওটিক কোষের পার্থক্য দেখানো হল ঃ

সারণি -1 ঃ প্রোক্যারিওটিক ও ইউক্যারিওটিক কোষের পার্থক্য ঃ

বৈশিষ্ট্য	প্রোক্যারিওটিক কোষ	ইউক্যারিওটিক কোষ
নিউক্লিয়াস	নিউক্লিয় পর্দা দ্বারা আবৃত যথার্থ নিউক্লিয়াস দেখা যায় না।	নিউক্লিয় পর্দা দ্বারা আবৃত যথার্থ নিউক্লীয়াস।
ক্রোমোজোম	সংখ্যায় কেবলমাত্র একটি	একাধিক
DNA	বৃত্তাকার	রৈখিক
হিসটোন প্রোটিন	নেই	আছে
মাইটোসিস	বেমতন্ত্ব দ্বারা গঠিত মাইটোটিক সংগঠন নেই।	আছে
মিওসিস	দেখা যায় না	গ্যামেট উৎপাদনের সময় হ্রাস বিভাজন 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	কোষ পর্দা কেন না মাইটোকনড্রিয়া নেই	মাইটোকনড্রিয়া

বৈশিষ্ট্য	প্রোক্যারিওটিক কোষ	ইউক্যারিওটিক কোষ
সালোকসংশ্লেষ কেন্দ্র	কোষ পর্দা কেন না ক্লোরোপ্লাষ্ট নেই	ক্লোরোপ্লাষ্ট
রাইবোজোম	705 প্রকৃতির	805 প্রকৃতির
রাইবোজোমের অধঃ একক	50s + 30s	60s + 40s
এণ্ডোপ্লাজমিক রেটিকিউলাম	নেই	আছে
গলগি বস্তু	নেই	আছে
কোষ প্রাচীর	পেপটাইডোগ্লাইকান দ্বারা গঠিত। সেলুলোজ নেই।	সেলুলোজ দ্বারা গঠিত। পেপটাইডোগ্লাইকান নেই।
ফ্ল্যাজেলা	1 টি 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।

ব্যাকটেরিয়ার কোষীয় গঠন ঃ ব্যাকটেরিয়া সাধারণভাবে এককোষী এবং আণুবীক্ষনিক জীব হবার দরুণ এদের গঠন বৈশিষ্ট জানা গেছে সাধারণ এবং ইলেকট্রন মাইক্রোস্কোপের সাহায্যে এদের অণুশীলন করে।

3.3 আয়তন

ব্যাকটেরিয়া সাধারণতঃ এককোষী জীব, বেশ দৃঢ় কিন্তু বাইরের আবরণী নমনীয় (flexible)। আর্কিয়াদের আকৃতি ব্যাকটেরিয়ার মতই। ক্ষুদ্রতম ব্যাকটেরিয়া *Mycoplasma laidlawii (মাইকোপ্লাজমা ল্যেইডলাই)* এর আয়তন 0.1μ মাত্র তবে সাধারণভাবে ব্যাকটেরিয়ার আয়তন 0.2μ থেকে 20μ এর মধ্যেই থাকে। কিছু ব্যতিক্রমও আছে যেমন *Epulopiscium fishelsoni (ইপুলোপিসসিয়াম ফিসেলসোনি)* একটি সাধারণ ব্যাকটেরিয়ার তুলনায় দশ লক্ষ গুণ বড়। এরা চওড়ায় প্রায় 0.5mm যেখানে সাধারণ ব্যাকটেরিয়া চওড়ায় মাত্র 0.5 থেকে 1.5μ হয়। এখন পর্যন্ত আবিষ্কৃত সর্ববৃহৎ ব্যাকটেরিয়ার নাম হল *Thiomargarita namibiensis.*

চিত্র নং 3.2 : ব্যাকটেরিয়ার আয়তন :

বড় কোষটি হল ব্যাকটেরিয়া যার নাম *Epulopscium fishelsoni*। তার ঠিক পাশে ক্ষুদ্রতর কোষটি হল উন্নততর ইউক্যারিওটিক কোষ যার নাম *Paramecium aurelia*, তার পার্শ্ববর্তী অনিয়তাকার কোষটি হল *Mycoplasma* যা আয়তনে ক্ষুদ্রতম ব্যাকটেরিয়া।

চিত্র নং 3.3 : ব্যাকটেরিয়ার তিনটি প্রধান আকৃতি।

3.4 আকৃতি

ব্যাকটেরিয়ার আকৃতি নানান রকম তবে প্রধাণতঃ তিন রকম আকৃতি দেখা যায় ; 1) গোলাকার (spherical) বিজ্ঞানের ভাষায় কক্কাস্ (coccus) বলে, বহুবচনে কক্কাই (cocci)। সাধারণতঃ এরা 0.2μ থেকে 4μ পর্যন্ত ব্যাস বিশিষ্ট হতে পারে; 2) দণ্ডাকৃতি বা রড যারা আকারে অপেক্ষাকৃত বড় হয় এবং 3) স্পাইরিলা যারা প্যাঁচালো আকৃতির হয়ে থাকে। (চিত্র 3.4)।

কক্কাই আবার গোলাকার বা উপবৃত্তাকার (ellipsoidal), 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 গন বিশেষে নির্দিষ্ট। কিভাবে দলবদ্ধ থাকে তা বোঝাতে আলাদা আলাদা নাম দেওয়া হয়েছে। (চিত্র 3.4 দেখুন)।

A. a) মাইক্রোকক্কাস (*Micrococcus বহুবচনে Micrococci*) । যখন কোষ গুলি 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 কোষ একতলে বিভাজিত হয় কিন্তু সবসময় জোড়ায় জোড়ায় লেগে থাকে যেমন *Diplococcus pneumoniae (ডিপলোকক্কাস নিমুনি), Neisseria gonorrhoeae (নেসেরিয়া গনোরি)*।

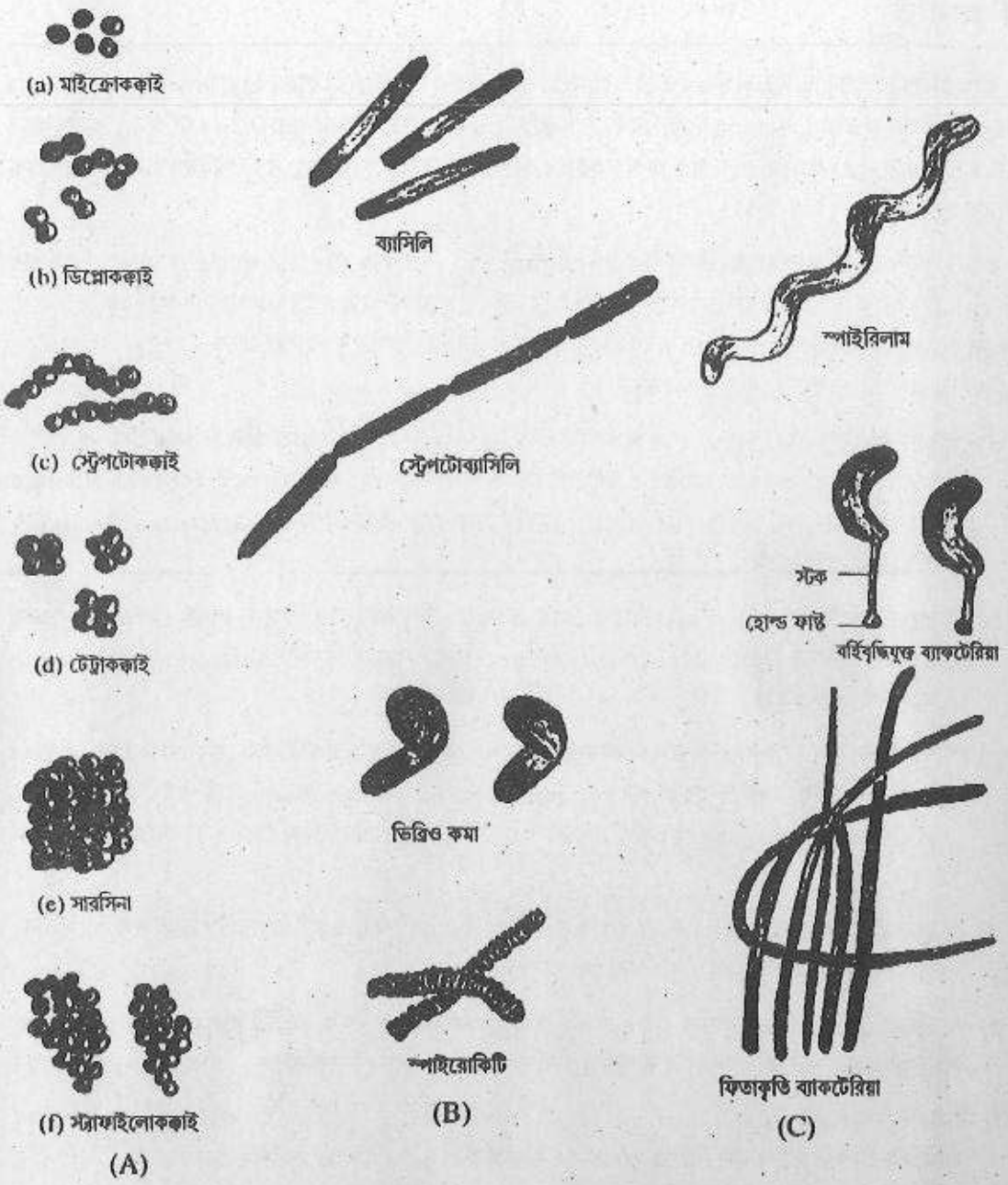
c) স্ট্রেপটোকক্কাই (Streptococci)। কোষগুলি পরপর লেগে থেকে একটি লম্বা চেন এর মত হয়ে থাকে। এই চেনের দৈর্ঘ্য বিভিন্ন হতে পারে। *Steptococcus pneumoniae (স্ট্রেপটোকক্কাস্ নিমুনি), Steptococcus pyogenes (স্ট্রেপটোকক্কাস পায়জিনেজ)* ব্যাবটেরিয়া চেনের আকারে দলবদ্ধ হয়ে থাকে।

d) টেট্রাকক্কাই (Tetracocci)। এদের কোষ দুটি তলে বিভাজিত হয় একটি অপরটি থেকে সমকোনে এবং চারটি কোষ একসাথে লেগে থাকে পূর্ণাঙ্গ অবস্থায়।

e) সারসিনা (Sarcinae)। এদের কোষ তিনটি তলে বিভাজন শুরু করে, প্রতিটি তল একে অপরের সাথে সমকোনে অবস্থান করে ফলে 4 অথবা 16 বা তার অধিক কোষ নিয়ে বাক্সের আকারে দলবদ্ধ থাকে।

f) স্ট্যাফাইলো কক্কাই (Staphylococci)। এদের কোষ নানান তলে বিভাজিত হয় বলে দলটির তেমন কোন সুনির্দিষ্ট আকার থাকে না। বিভিন্ন আকারের কক্কাস চিত্র 3.4 (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 অসুবিধে হয়। এই ক্ষেত্রে এদেরকে কক্কোব্যাসিল্লি (coccobacilli) বলে। যেমন- *Moraxella (মোরাক্সেলা), Acinetobacter (অ্যাসিনেটোব্যাকটার)* এবং *Paracoccus (প্যারাকক্কাস্)* এরা সাধারণতঃ জোড়ায় জোড়ায় থাকে।



চিত্র নং 3.4 : (A) এই সারিতে প্রদর্শিত বিভিন্ন প্রকার কক্কাই।
(b) এই সারিতে প্রদর্শিত হল বিভিন্ন প্রকার রড।
(C) স্পাইরিলাম ও দুটি ব্যতিক্রমী আকৃতি।

স্পষ্ট রড আকৃতির ব্যাকটেরিয়া যখন জোড়ায় জোড়ায় থাকে তখন তাকে ডিপলোব্যাসিল্লি (diplobacilli) বলে আর রড গুলি পরস্পর লেগে চেনের মত হয়ে থাকে তখন তাকে স্ট্রেপটোব্যাসিল্লি (streptobacilli) বলে। রড আকৃতি ব্যাকটেরিয়ায় দলবদ্ধতা অনেক ব্যাকটেরিয়া গনেই দেখা যায় তাই এই ধর্ম দিয়ে কোন একটি গনকে নির্দ্দিষ্ট 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 3.5 (b) তে বিভিন্ন প্রকার রড প্রদর্শিত হল।

C. কিছু ব্যাকটেরিয়া স্ক্রু সদৃশ প্যাঁচানো আকৃতির হয়। এদেরকে স্পাইরিল্লাম (spirillum) বলে। যেমন - *Spirillum bengal (স্পাইরিল্লাম বেঙ্গল)* (চিত্র 3.4 (C))। দণ্ডাকৃতি ব্যাকটেরিয়া যখন স্ক্রুরমত পেঁচান হয় তখন তাকে স্পাইরোকিটি (spirochete) বলে। এরা স্ক্রুর মত 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 3.4 (B))। এছাড়া দু'একটি ব্যতিক্রমী আকৃতি ব্যাকটেরিয়ার জগতে পরিলক্ষিত হয়, যেমন; i) বর্হিবৃদ্ধিযুক্ত ব্যাকটেরিয়া যার ক্ষুদ্রাকৃতি বৃন্ত (stock) দেখা যায়। উদাঃ *Rhodomicrobium sp. (রোডোমাইক্রোবিয়াম sp.)* ফিতাকৃতি (filamentous) ব্যাকটেরিয়া উদাঃ *Chloroflexus* (ক্লোরোফ্লেক্সাস)।

অনুশীলনী - 1

1. সংক্ষিপ্ত উত্তর দিন : -

   i) ব্যাকটেরিয়ার মুখ্য তিনটি আকৃতি কি কি?

   ii) সর্ববৃহৎ ও সর্বাপেক্ষা ক্ষুদ্র ব্যাকটেরিয়ার নাম কি ?

   iii) স্পাইরোকিটি ও স্পাইরিলাম এর মধ্যে পার্থক্য কি ?

   iv) একক কক্কাস এবং একই সারিতে বিন্যস্ত বহুসংখ্যক কক্কাই এর উদাহরণ কি কি ?

   v) 'কমা', আকৃতির ব্যাকটেরিয়ার নাম কি?

2. বিভাজন তলের বিভিন্নতার ভিত্তিতে কক্কাইকে যে সমস্ত ভাগে ভাগ করা যায় তাদের নাম লিখুন ও উদাহরণ দিন।

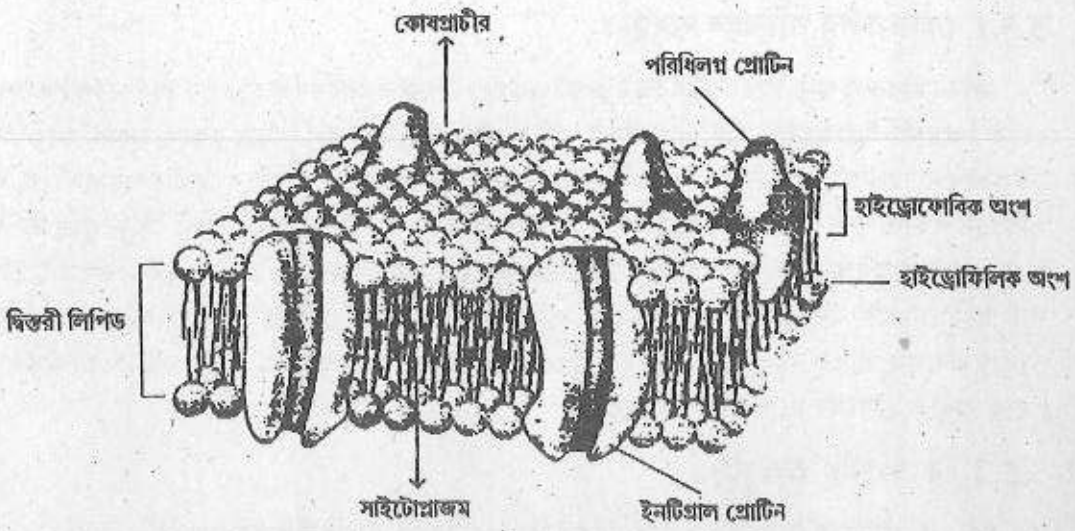
বিভাজন তল	উদাহরণ

3.5 কোষপর্দা

প্রোক্যারিওটিক কোষের গঠন ইউক্যারিওটিক কোষের তুলনায় সরল তার কারণ প্রোক্যারিওটিক কোষে কোন অঙ্গাণু থাকে না। সবরকম কোষের গঠনের সাধারণ উপাদান হল সাইটোপ্লাজমিক পর্দা। জীবনকে পরিবেশের ক্ষতিকারক বস্তুর হাত থেকে বাঁচিয়ে রাখতে কোষপর্দা বাছাই করে বস্তুর বা যৌগের আদান্ প্রদান করায় কোষের মধ্যে। তাই কোষ আবরণীকে অর্ধভেদ্য পর্দা (differentially permeable barrier) বলে। অবশ্য ব্যতিক্রম হল অক্সিজেন (O_2), জল ও কার্বন ডাইঅক্সাইড্ (CO_2), এদের অণু অবাধে ঢুকতে বা বেরিয়ে যেতে পারে কোষ থেকে। অপর দিকে গ্লুকোজ বা হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) অবাধে যাতায়াত করতে পারে না। কোষের প্রয়োজনে এই পর্দা নির্দিষ্ট পদ্ধতি দ্বারা প্রবেশ করায় এই সব অণু বা আয়নকে (মূলক)। একে বলে কোষপর্দার পরিবহন পদ্ধতি বা Transport system.

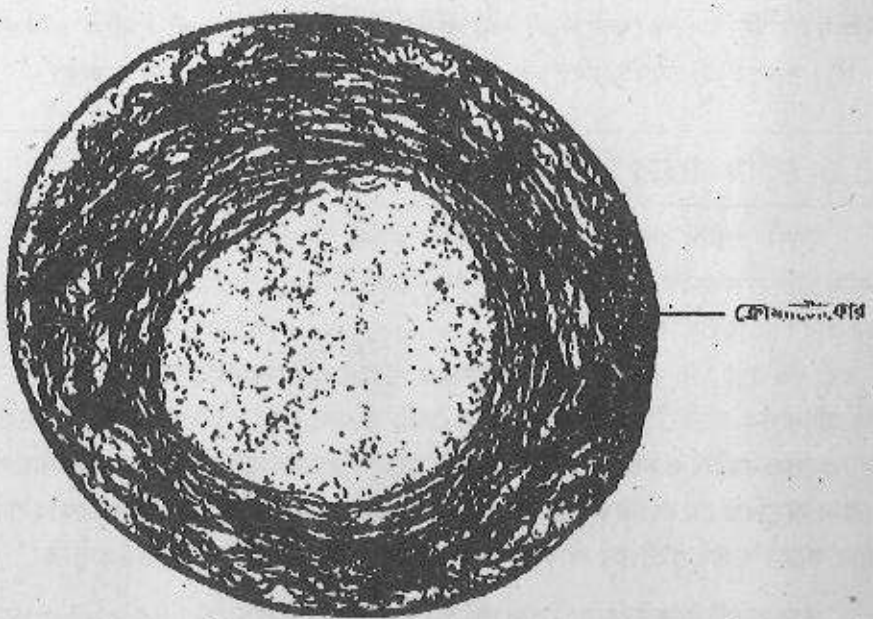
সাইটপ্লাজমিক পর্দার অন্যতম উপাদান হল ফসফোলিপিড (Phospholipid)। লিপিডের অণু পরপর একে অন্যের বিপরীতে মেরুবর্তী অবস্থায় সজ্জিত হয়ে দুটি আস্তরণ তৈরী করে এবং পর্দার মত আকৃতি নেয়। দুটি আস্তরণ থাকে বলেই একে দ্বিস্তরী বা বাইলেয়ার (bilayer) পর্দা বলে। কিছু অর্কিয়ার কোষপর্দা অবশ্য একস্তরী। লিপিড ছাড়াও কোষ পর্দায় থাকে নানান ধরনের প্রোটিন। কিছু প্রোটিন কোষপর্দার বাইরের স্তরসংলগ্ন অবস্থায় সজ্জিত থাকে। তাদের বলে **পরিধিলগ্ন বা পেরিফেরাল** (peripheral protein) প্রোটিন, আবার কিছু প্রোটিন কোষ পর্দার ভেতর থেকে বাইরের স্তর পর্যন্ত বিস্তৃত থাকে। তাদের বলে **অবিচ্ছেদ্য বা ইনটিগ্রাল** প্রোটিন (integral protein)। প্রয়োজনে প্রোটিনগুলি স্থান বদল করতে পারে। লিপিড দ্বিস্তরের মধ্যে অর্ন্তলগ্ন এই ভাসমান প্রোটিনের বিন্যাস কোষ পর্দার যে গঠনবৈচিত্র দান করেছে তা বর্তমানে বহু চর্চিত **ফ্লুইড মোজাইক মডেল** নামে পরিচিত। ভাসমান হলেও প্রোটিনগুলি একটি নির্দিষ্ট ছক (pattern) বজায় রাখে। এই কারণে কোষ পর্দার ভেতর ও বাইরের দিক্ কোন নির্দিষ্ট প্রোটিনের অবস্থান থেকে চিহ্নিত করা যায়।

প্রান্তলিপি : আর্কিয়া শ্রেণীর অণুজীবদের কোষপর্দার বিভিন্নতার কারণে জীবনধারা বড়ই বিচিত্র। আর্কিয়ার কিছু সদস্য এমন চরম (extreme) পরিবেশে বসবাস করে যে সেই পরিবেশে অন্য কোন জীব যাওয়া মাত্র মৃত্যু ঘটবে। এই রকম চরম (extreme) পরিবেশকে বাসযোগ্য করার জন্য আর্কিয়া কোষে নানান ব্যবস্থা আছে। তারমধ্যে প্রথম হল কোষপর্দা। যেমন - সালফোবোলাস্ নামক আর্কিয়া 90°C (degree centrigrade) তাপমাত্রা এবং অতি অম্ল (pH 2.0) পরিবেশে বাস করতে সক্ষম। এই চরম পরিবেশে সাইটোপ্লাজমিক পর্দাকে অর্ধভেদ্য রাখার জন্য লিপিডের ফ্যাটি অ্যাসিড পুচ্ছ অনেক লম্বা, সাধারণ ব্যাকটেরিয়াতে যা দেখা যায় তার দ্বিগুণ। শুধু লম্বাই নয় আবার শাখা যুক্ত। হ্যালোব্যাকটেরিয়াম অত্যন্ত লবণাক্ত পরিবেশে জন্মায়। এই পরিবেশে অন্য সকল কোষ থেকে সব জল বেরিয়ে চলে আসবে। সাইটোপ্লাজমিক পর্দা পরিবেশ অনুযায়ী এই সব জীবের মধ্যে পরিবর্তিত হয়েছে। যে সকল জীব চরম পরিবেশে বসবাস করে তাদেরকে এক্সট্রীমোফিলস্ বা চরমজীবি (extremophiles) বলে।



চিত্র নং 3.5 : সাইটোপ্লাজমিক পর্দার গঠন।

এটি কোষপর্দার ফ্লুইড মোজাইক মডেল। গ্লিসারল অণুগুলি বৃত্তাকার এবং ফ্যাটি অ্যাসিড শৃঙ্খল কালো সূত্রাকার করে দেখান হয়েছে। প্রোটিনের প্রকারভেদটি লক্ষ্যণীয়। যেগুলি কোষপ্রাচীরের দিকে অবস্থিত তাদের বলে পরিধিলগ্ন (Peripheral) প্রোটিন এবং যেগুলি সাইপ্লাজমের দিক থেকে কোষ প্রাচীরের দিক র্যন্ত বিস্তৃত তাদের বলে ইন্টিগ্রাল (integral) প্রোটিন।



চিত্র নং 3.6 : কোষপর্দার অন্তর্বৃদ্ধি : ক্রোমাটোফোর।

3.5.1 কোষপর্দার পরিবহন ব্যবস্থা ঃ

জীবন ধারনের জন্য প্রয়োজনীয় জৈব ও অজৈব অণু কোষকে আহরণ করতে হয় তার চারপাশে অবস্থিত বস্তু থেকে। আগেই বলা হয়েছে সাইটোপ্লাজমিক পর্দা বাছাই করে কোন অণু কোষে ঢুকবে, কেমন করে ঢুকবে আর কে ঢুকবে না। আবার রেচনের জন্যও কেবল বাছাই করা বস্তুই কোষ থেকে বাইরে বেরিয়ে আসবে। এই পদ্ধতিকে পরিবহন পদ্ধতি বলে। চার রকম পদ্ধতিতে কোষপর্দা পরিবহন করতে পারে। 1) অণু সোজাসুজি লিপিড দ্বিস্তর দিয়ে কোষে প্রবেশ করবে অথবা কোন নির্দিষ্ট প্রোটিন ছিদ্র দিয়ে প্রবেশ করবে। 2) কোন কোন অণু সাইটোপ্লাজমিক পর্দা দিয়ে ঢোকার বা বেরুবার সময় যৌগের পরিবর্ত্তন সাধন করে সেটিকে ভেদ্যতার উপযোগী করে তুলবে। 3) অণু ঘনত্বের প্রতিকূলেও (against gradiant) সঞ্চিত হবে। 4) শক্তি বা ATP ব্যয় করে কোষপর্দা বাইরে থেকে অণুকে কোষের মধ্যে প্রবেশ করাবে।

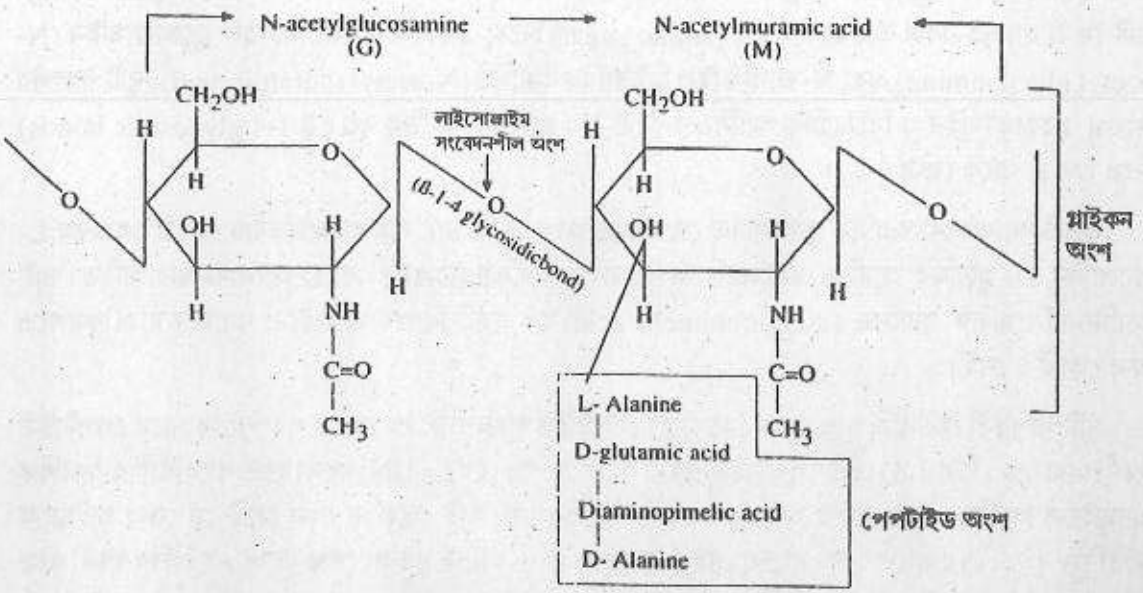
3.5.2 কোষপর্দার অর্ন্তবৃদ্ধি ঃ

সব ব্যাকটেরিয়ায় না হলেও অনেক ব্যাকটেরিয়াতে এক বা একাধিক ধরনের অর্ন্তবৃদ্ধি দেখতে পাওয়া যায়। অর্ন্তবৃদ্ধিগুলি বস্তুতঃ পক্ষে কোষপর্দার সাইটোপ্লাজমে ভাঁজ হয়ে ঢুকে পড়ার জন্যই হয়েছে। এর ফলে পর্দার বিক্রিয়ার অংশগ্রহণকারী তল অনেকগুন 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। সালোক সংশ্লেষকারী ব্যাকটেরিয়ার ক্ষেত্রে এই ধরনের পর্দায় রঞ্জকপদার্থ সঞ্চিত থাকে বলে তাকে ক্রোম্যাটোফোর (chromatophore) বলে (চিত্র 3.6)। লাল-বেগুনী (পারপল) সালফার-ব্যাকটেরিয়া ও ক্লোরোফিল বিশিষ্ট ব্যাকটেরিয়াতে এই ধরনের পর্দা থাকে। প্রোক্যারিওটিক কোষ 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।

3.6 কোষ প্রাচীর (Cell wall)

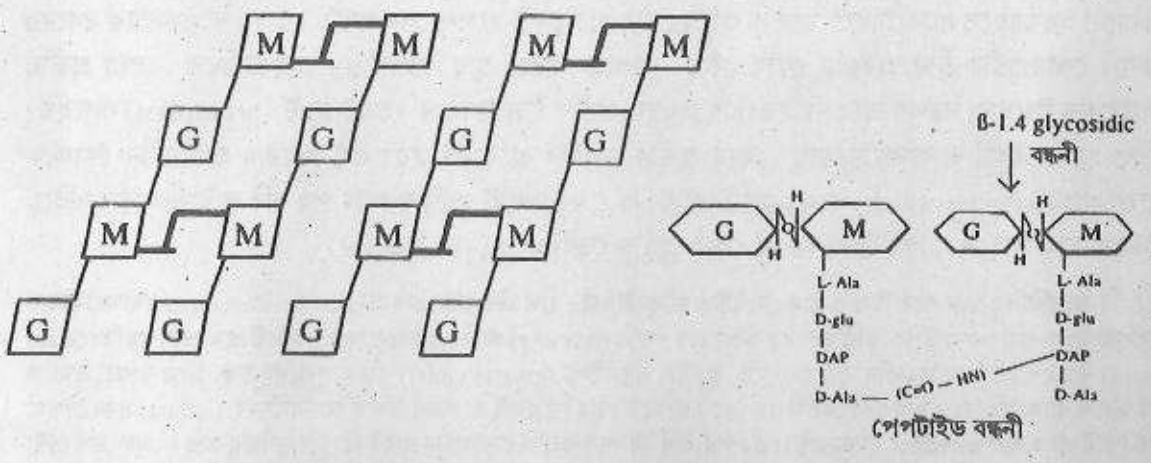
কোষ প্রাচীর কোষকে আঘাত জনিত অথবা আস্রাবণ আঘাত (Osmotic shock) থেকে রক্ষা করে। ব্যাকটেরিয়া সাধারণত লঘুসারক পরিবেশে (জল) বাস করে তাই কোষ ফেটে যাওয়ার কথা। কিন্তু বাস্তবে তা হয় না কারণ কোষ প্রাচীর আস্রাবন চাপ (Osmotic pressure) সহ্য করার ক্ষমতা রাখে। যদি কোনভাবে কোষ প্রাচীর তৈরী বন্ধ হয়ে যায় তাহলে কোষ লঘুসারক পরিবেশে আসামাত্রই স্ফীত হয়ে ফেটে যাবে। (পেনিসিলিন নামক জীবাণুনাশক ব্যাকটেরিয়ার কোষ প্রাচীর তৈরীতে বাধা দিয়ে সেটিকে অনায়াসে ধ্বংস করে দেয়)। কোষ প্রাচীর দৃঢ় হলেও নমনীয় ও সচ্ছিদ্র (porous)। এই কারণে কোষের বাইরে থেকে প্রয়োজনীয় পদার্থ কোষাভ্যন্তরে প্রবেশে কোন অসুবিধা হয় না। একমাত্র খুব বড় কণাই প্রবেশে বাধা পায়। এ ছাড়াও কোষ প্রাচীর ব্যাকটেরিয়ার আকৃতি দান করে। অর্থাৎ প্রাচীরের আকৃতি অনুসারে কোষের আকৃতি কক্কাই, রড প্রভৃতি।

প্রায় প্রতিটি ব্যাকটেরিয়ার কোষ প্রাচীর পেপটিডোগ্লাইকান (peptidoglycan) নামক যৌগ দিয়ে তৈরী। এই যৌগকে মিউরিন (murein) অথবা মিউকোপেপটাইড (mucopeptide)' ও বলা হয়। পেপটিডোগ্লাইকেনে দুটি অংশ থাকে, একটি পেপটাইড যা কিনা মাত্র 4 টি অ্যামিনো অ্যাসিড (amino acid) দিয়ে তৈরী ক্ষুদ্র প্রোটিন অণু



চিত্র নং 3.7 : পেপটাইডোগ্লাইকান অণু :

অসংখ্য N-acetyl glucosamine (G) ও N-acetyl muramic acid (M) পরপর ß-1.4 বন্ধনী দ্বারা যুক্ত থাকে। M -এর সাথে যুক্ত চারটি অ্যামাইনো অ্যাসিড দ্বারা গঠিত পেপটাইড অংশটি লক্ষ্যণীয়।



চিত্র নং 3.8 : (A) কোষপ্রাচীরে পেপটাইডোগ্লাইকান অণু; (B) পেপটাইড বন্ধনী

(a) শৃঙ্খলে দুই ধরনের বন্ধনী লক্ষ্যণীয়। হালকা দাগ (—) দিয়ে G ও M এর মধ্যে ß 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 মিউরামিক অ্যাসিড থেকে নির্গত টেট্রাপেপটাইড শৃঙ্খল এবং শৃঙ্খলগুলির মধ্যে গঠিত পেপটাইড বন্ধনী প্রদর্শিত হয়েছে।

আর অন্যটি গ্লাইকান (glycan- sugar = শর্করা)। গ্লাইকান অংশই কোষ 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 গ্লুকোজামাইন ও মিউরামিক অ্যাসিড অণু ß 1-4 গ্লাইকো সাইডিক বণ্ড (ß 1-4 glycosidic bonds) দিয়ে জোড়া থাকে (চিত্র 3.7)।

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।

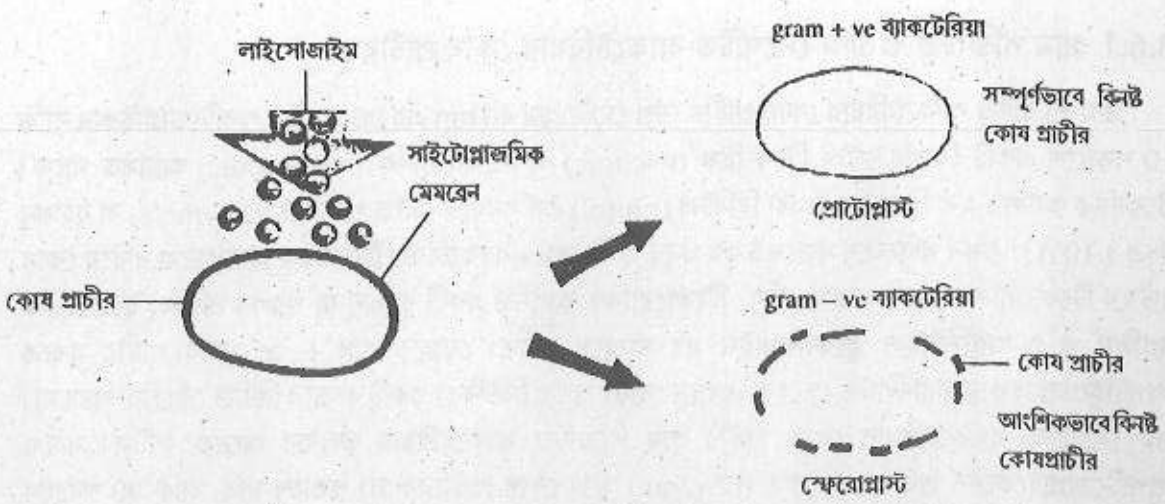
দুটি পাশ্ববর্তী মিউরামিক অ্যাসিড থেকে সৃষ্ট পেপটাইড শৃঙ্খলগুলি বহু ক্ষেত্রে পরস্পরের সাথে পেপটাইড বন্ধনী দ্বারা যুক্ত (চিত্র 3.8)। এই পেপটাইড বন্ধনী চিত্রে প্রদর্শিত (CO = HN) বন্ধনী হতে পারে আবার একাধিক অ্যামাইনো অ্যাসিড দ্বারা গঠিত অন্যরকম বন্ধনীও হতে পারে। যাই হোক না কেন সেটি যে কোষ প্রাচীরকে অতিরিক্ত দৃঢ়তা দেয় তাতে কোন সন্দেহ নেই। একে বলে Cross link সুতরাং দেখা যাচ্ছে এই দ্বিবিধ বন্ধনী দ্বারা গঠিত পেপটাইডোগ্লাইকান কোষ প্রাচীরের একটা মজবুত কাঠামো গ্রঠন করে। যে সমস্ত উৎসেচক বা উপাদান ß 1.4 বন্ধনীকে ভাঙতে পারে কোষ প্রাচীরের বিরুদ্ধে তাদের ভূমিকা বিধ্বংসী। লাইসোজাইম হল এমনই একটি উৎসেচক যা চোখের জলে থাকে। ফলে চোখের জলের একটি ব্যাকটেরিয়া নাশক ভূমিকা আছে। লাইসোজাইম N-অ্যাসিটাইল মিউরামিক অ্যাসিড (M) ও N-অ্যাসিটাইল গ্লুকোসামাইন (G) যে ß-1-4 বণ্ড দিয়ে যুক্ত তা ভেঙ্গে ফেলে, ফলে ব্যাকটেরিয়া মারা যায়। বহু প্রাণিও লাইসোজাইম তৈরী করে বিশেষ করে যে সব প্রাণি ব্যাকটেরিয়াকে আহার্য হিসাবে ব্যবহার করে তারা। তবে ব্যাকটেরিয়াকে যদি সমসারক দ্রবণে রেখে লাইসোজোইমের সাথে ক্রিয়া করানো হয় তাহলে ব্যাকটেরিয়া মরে না কারণ কোষ প্রাচীর নষ্ট হলেও শেষ পর্দাটি নষ্ট হয় না সমসারক দ্রবনের জন্য। কোষপ্রাচীর হীন অবস্থায় কোষ বেঁচে থাকতে পারে। গ্রাম পজেটিভ ব্যাকটেরিয়ার কোষ প্রাচীর লাইসোজাইম দ্বারা সম্পূর্ণভাবে নষ্ট হয়। এই অবস্থায় প্রাচীর হীন কোষকে প্রোটোপ্লাস্ট (protoplast) বলা হয়। কিন্তু গ্রাম নেগেটিভ ব্যাকটেরিয়ায় কোষ প্রাচীর আংশিকভাবে নষ্ট হয়। এই অবস্থায় প্রাচীরহীন কোষকে স্ফেরোপ্লাস্ট (spheroplast) বলে। প্রোটোপ্লাস্ট বা স্ফেরোপ্লাস্ট সৃষ্টি হওয়ার পর যদি লাইসোজাইম সরিয়ে নেওয়া যায় তাহলে ব্যাকটেরিয়া আবার কোষ প্রাচীর তৈরী করে নেয় (চিত্র 3.9)

[প্রান্তলিপি : গ্রাম পজেটিভ ও গ্রাম নেগেটিভ ব্যাকটেরিয়া - হান্স ক্রিশ্চেইন গ্রাম (Hans christien Gram) ব্যাকটেরিয়ার বৈশিষ্ট্য মূলক গুনা গুনের 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 দ্রবন দিয়ে ব্যাকটেরিয়াকে রং করলে ব্যাকটেরিয়ার কোষগুলি বেগুনি রঙ নেয়। ব্যাকটেরিয়ার গায়ে এই রং পাকা করতে আয়োডিনের (iodine) দ্রবন দেওয়া হয় (তাই একে বলে mordant (মরড্যান্ট)। এর পর যদি অ্যালকোহল বা অ্যাসিটোন দ্রাবক হিসাবে ব্যবহার করে রং সরানোর চেষ্টা করা হয় তা হলে 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 পজেটিভ বলে। কোহল বা অ্যাসিটোন দিয়ে ধোওয়ার পর স্যাফ্রানিন (safranin) রঞ্জকের দ্রবন ব্যবহার করা হয়। স্যাফ্রানিনের রং লাল। গ্রাম নেগেটিভ ব্যাকটেরিয়াতে যেহেতু কৃষ্টাল ভায়োলেটের রঙ কোহলে ধুয়ে বেরিয়ে যায় তাই স্যাফ্রানিন রঙের জন্য লাল দেখায় আর গ্রাম পজেটিভ্ ব্যাকটেরিয়ায় কৃষ্টাল ভায়োলেটের রং কোহলে ধুয়ে যায় না তাই নীল ও লাল (স্যাফ্রানিনের রঙ) মিলে যেটি হয় লালচে বেগুনী। অণুজীববিজ্ঞানে (bacteriology) গ্রাম রঞ্জন একটি গুরুত্বপূর্ণ পদ্ধতি।]

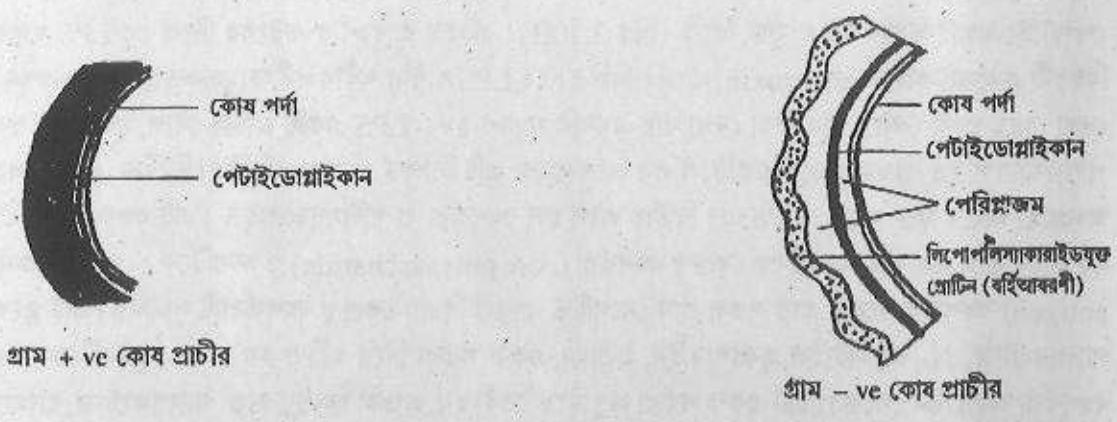
3.6.1 গ্রাম পজিটিভ ও গ্রাম নেগেটিভ ব্যাকটেরিয়ার কোষ প্রাচীর ঃ

গ্রাম পজেটিভ্ ব্যাকটেরিয়ার কোষ প্রাচীর বেশ মোটা প্রায় 40 nm 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 3.10 A)। যখন পরিবেশে ফসফেট কম থাকে তখন গ্রাম + ব্যাকটেরিয়া টিকোয়িক অ্যাসিডকে সরিয়ে কোষ প্রাচীরে টিকোরোনিক অ্যাসিড জমা করে। টিকোরোনিক অ্যাসিড একটি বৃহদানু যা পরপর সজ্জিত ইউরোনিক অ্যাসিড ও N-অ্যাসিটাইল গ্লুকোসামাইন এর সমন্বয়ে গঠিত। যেহেতু গ্রাম + ve কোষ প্রাচীর মুখ্যত পেপটাইডোগ্লাইকান দ্বারা নির্মিত সেহেতু এখানে সেটি (অর্থাৎ মিউরিন) একটি বহুস্তরে বিন্যস্ত কেন্দ্রীয় কাঠামো। গ্রাম নেগেটিভ ব্যাকটেরিয়ার কোষ প্রাচীর গ্রাম পজেটিভ ব্যাকটেরিয়ার তুলনায় অনেক জটিল। যদিও পেপটিডোগ্লাইকেনের স্তর অপেক্ষাকৃত সরু (2nm) এবং কোষ প্রাচীরের 10 শতাংশ মাত্র; বাকি 90 শতাংশ অন্যান্য যৌগ। অর্থাৎ মিউরিন বা পেপটাইডোগ্লাইকান এক্ষেত্রে সর্বনিম্ন একটি বা দুটি স্তরে বিন্যস্ত। এদের কোষ প্রাচীরে টিকোয়িক অ্যাসিডের পরিবর্ত্তে লিপোপ্রোটিন (lipoprotein = লিপিডের সাথে প্রোটিন যুক্ত থাকে) পেপটিডোগ্লাইকেনের সাথে যুক্ত থাকে কোষ প্রাচীরের অবিচ্ছেদ্য অংশ হিসাবে। এছাড়াও এদের কোষ প্রাচীরে LPS বা লিপোপলিস্যাকারাইড (lipopolysaccharids), ফসফো লিপিড (Phospholipid) ইত্যাদি থাকে। গ্রাম নেগেটিভ ব্যাকটেরিয়ার কোষ প্রাচীরে পেপটিডোগ্লাইকেন এর তুলনায় অন্যান্য যৌগ বেশী থাকে তাই এক্ষেত্রে কোষ প্রাচীরের তুলনায় কোষ আবরণী (Cell envelop) শব্দটি বেশী ব্যবহৃত হয়। (চিত্র 3.9 ও 3.10B)

গ্রাম নেগেটিভ ব্যাকটেরিয়ার আর একটি বিশেষত্ব হল বহিঃস্থ আবরণী। এটিও ফসফোলিপিড বাইলেয়ার দিয়ে তৈরী, এতে লিপোপ্রোটিন, প্রোটিন, ফসফোলিপিডও LPS থাকে। এটি কোষ কোষ পর্দার তুলনায় বেশী ভেদ্য। এই বহিঃস্থ আবরণীর ভেতরের অংশে লিপোপ্রোটিন থাকে এবং এই লিপোপ্রোটিন সর্বনিম্নস্তরে বিন্যস্ত পেপটাইডোগ্লাইকানের সাথে যুক্ত থাকে (চিত্র 3.10B)। বহিঃস্থ আবরণীর বাইরের দিকে যে LPS থাকে তা বিষধর্মী এনডোটকসিন (endotoxin) নামে পরিচিত। এই LPS প্রাণীর শরীর পরীক্ষামূলকভাবে ইনজেকশন করে দেখা গেছে প্রাণী কোষে বিষক্রিয়া দেখা যায় এমনকি মৃত্যুও হয়। LPS একটি জটিল যৌগ, মূলত দুই ধরনের পদার্থ দ্বারা গঠিত। প্রথমত এতে একটি লিপিড অংশ থাকে, এটি লিপিড A নামে পরিচিত। লিপিড A বহিরাবরণীর জলগ্রাহী অংশে যুক্ত থাকে। LPS এর দ্বিতীয় অংশ হল বহুশর্করা বা পলিস্যাকারাইড । এই বহুশর্করাকে আবার দুই ভাগে ভাগ করা যায়। একটিকে কেন্দ্রস্থ বহুশর্করা (core polysaccharide) ও অন্যটিকে o- অ্যানটিজেন (o-antigen) বহুশর্করা বলে। প্রায় সকল গ্রাম নেগেটিভ ব্যাকটেরিয়ায় কেন্দ্রস্থ বহুশর্করাটি সুনির্দিষ্ট। এটি গ্লুকোজ, গ্যালাকটোজ, N- অ্যাসিটাইল গ্লুকাসামাইন, ইত্যাদি একক শর্করা দিয়ে গঠিত হয়। O- অ্যানটিজেন 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।



চিত্র নং 3.9 : গ্রাম + ও গ্রাম – ব্যাকটেরিয়ার উপর লাইসোজাইম এর ক্রিয়া। গ্রাম + ব্যাকটেরিয়ার কোষ প্রাচীর লাইসোজাইম এর ক্রিয়ায় সম্পূর্ণ বিনষ্ট হয়। কোষ প্রাচীরবিহীন কোষকে বাঁচিয়ে রাখা যায় 0.5 M (মোলার) শর্করার দ্রবণে। গ্রাম – এর ক্ষেত্রে কোষপ্রাচীর আংশিকভাবে নষ্ট হয়।

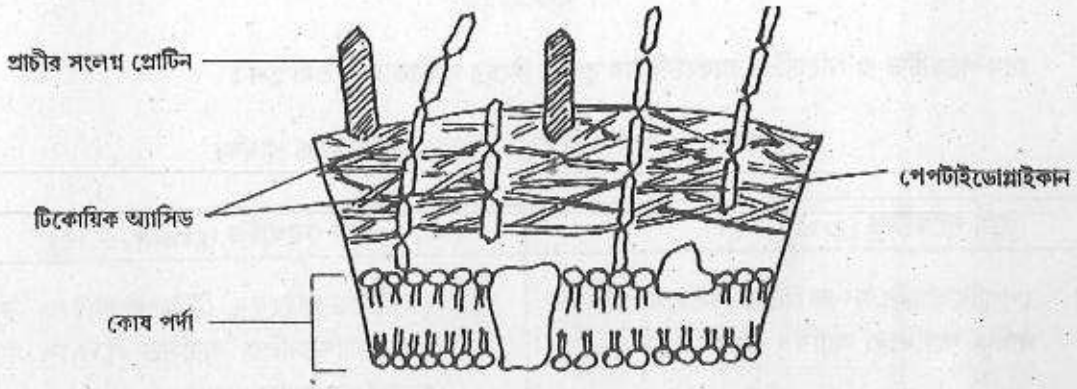


চিত্র নং 3.9a : গ্রাম + ও গ্রাম – ব্যাকটেরিয়ার কোষ প্রাচীর (রেখাচিত্র)।

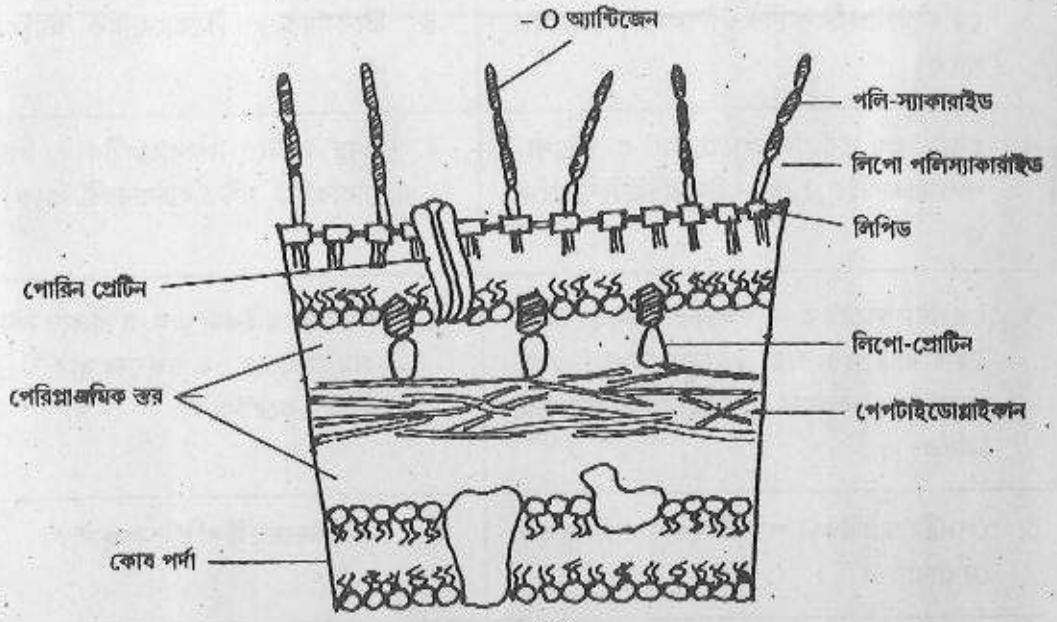
গ্রাম পজেটিভ ও নেগেটিভ ব্যাকটেরিয়ার তুলনা নিচের তালিকায় দেওয়া হল ঃ

সারণি - 2 ঃ গ্রাম + ও গ্রাম – ব্যাকটেরিয়ার মধ্যে পার্থক্য -

গ্রাম পজেটিভ (gram + ve)	গ্রাম নেগেটিভ (gram — ve)
1. পেপটিডোগ্লাইকেন এর টেট্রাপেপটাইডে লাইসিন নামক অ্যামিনো অ্যাসিড্ থাকে।	1. পেপটিডোগ্লাইকেন টেট্রাপেপটাইডে ডাই-,অ্যামিনোপিমেলিক অ্যাসিড (DAP) নামক অ্যামাইনো অ্যাসিড থাকে।
2. দুটি পেপটাইডোগ্লাইকান অণু পরস্পরের সাথে অ্যামিনো অ্যাসিড দ্বারা গঠিত বন্ধনীর সাহায্যে সংযুক্ত।	2. এক্ষেত্রে একটি পেপটাইডোগ্লাইকানের DAP পার্শ্ববর্ত্তী পেপটাইডোগ্লাইকানের D-Ala সাথে সমযোজী বন্ধনী (covalent) দ্বারা যুক্ত।
3. কোষ প্রাচীরে টিকোয়িক ও টিকোরুনিক অ্যাসিড থাকে।	3. টিকোয়িক ও টিকোরোনিক অ্যাসিড থাকে না।
4. কোষ প্রাচীরে লিপোপ্রোটিন ও লিপো-পলিস্যাকারাইড (LPS) ঘটিত বহিরাবরণী থাকে না।	4. কোষ প্রাচীরে লিপোপ্রোটিন ও লিপোপলি-স্যাকারাইড ঘটিত বহিরাবরণী থাকে।
5. পেপটাডোগ্লাইকান বহুস্তরে বিন্যস্ত এবং কোষ প্রাচীরের শুষ্ক ওজনের 70% অথবা ততোধিক কেবলমাত্র পেপটাইডোগ্লাইকান দ্বারা নির্মিত।	5. পেপটিডোগ্লাইকান এক বা দ্বিস্তরে বিন্যস্ত এবং কোষ প্রাচীরের শুষ্ক ওজনের মাত্র 7-13% মত অধিকার করে থাকে।
6. পেপটিডোগ্লাইকান পরবর্তী কোন পেরিপ্লাজম দেখা যায় না।	6. পেরিপ্লাজমের উপস্থিতি লক্ষ্যণীয়।
7. গ্রাম রঞ্জক দ্বারা রঞ্জিত করলে বেগুনী বর্ণ ধারণ করে।	7. গ্রাম রঞ্জক দ্বারা রঞ্জিত করলে লাল বর্ণ ধারণ করে।



(A)



(B)

চিত্র নং 3.10 : (A) প্রদর্শিত গ্রাম + কোষ প্রাচীরের চিত্ররূপ এবং নীচে সেটির বিবর্ধিত রূপ। অতিস্থূল পেপটাইডোগ্লাইকান স্তর এবং বর্হিআবরণীর অণুপস্থিতি লক্ষ্যণীয়।

(B) প্রদর্শিত গ্রাম – ve কোষ প্রাচীরের চিত্ররূপ এবং নীচে সেটির বিবর্ধিত রূপ। অতি সামান্য পেপটাইডোগ্লাইকান স্তর এবং তার দুপাশে দুটি শূন্যস্থান পেরিপ্লাজম লক্ষ্যণীয়। বর্হিআবরণী এর বিশেষ গঠন। 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।

আর্কিয়ার কোষ প্রাচীর ঃ

আর্কিয়া প্রোক্যারিওটিক জীবাণু হলেও এদের কোষ প্রাচীরে পেপটিডোগ্লাইকান থাকে না। কিছু কিছু আর্কিয়াতে ছদ্ম পেপটিডোগ্লাইকান (pseudopeptidoglycan) থাকে। এই পেপটিডোগ্লাইকান ব্যাকটেরিয়ার মতই কেবল তিনটি ব্যতিক্রম ছাড়া (1) N-অ্যাসিটাইল মিউরামিক অ্যাসিডের পরিবর্তে **N-অ্যাসিটাইল ট্যালোসা মিনিউরোনিক (N-acetyl talosaminuronic)** অ্যাসিড থাকে (2) D- অ্যামিনো অ্যাসিডের পরিবর্তে L-অ্যামিনো অ্যাসিড থাকে (3) ß 1-4 গ্লাইকোসাইডিক্ বন্ধনীর এর জায়গায় ß 1-3 বন্ধনী থাকে। এই ধরনের কোষপ্রাচীর দেখা যায় অতিলবনাম্বু (extremely halophitic) আর্কিয়াদের মধ্যে। আর্কিয়া গোষ্ঠীর বৈচিত্র অসীম, তাই এদের কোষ প্রাচীরের বৈচিত্রও লক্ষণীয়। এটি প্রোটিন অথবা পলিস্যাকারাইড অথবা অন্য কিছু দিয়েও তৈরী হতে পারে এমনকি কোষ প্রাচীর হীন হতে পারে। যেমন *Thermoplasma* (*থারমোপ্লাজমা*) কোষে কোন কোষ প্রাচীর নেই।

অনুশীলনী - 2

1. অতি সংক্ষিপ্ত উত্তর দিন ঃ

i) ব্যাকটেরিয়ার কোষ প্রাচীরের কাঠামো তৈরী হয় কি দিয়ে ?

উঃ _____

ii) কোষপ্রাচীরের বর্হিআবরণী কি এবং কোথায় থাকে ?

উঃ _____

iii) LPS এর পুরো কথাটি কি ?

উঃ _____

iv) পেপটাইডোগ্লাইকানের গঠনে অংশ নেয় এমন শর্করাদ্বয়ের নাম কি ?

উঃ _____

v) পেপটাইডোগ্লাইকানে দুধরণের বন্ধনী দেখা যায়। সেগুলি কি কি ?

উঃ _____

2. ডানদিকের বৈশিষ্টের সাথে বামদিকের বাক্যগুলি যথাযথভাবে মেলান ঃ

i) ক্রসলিঙ্ক	a) ß 1-4 গ্লাইকোসিডিক বন্ধনীকে ভাঙে
ii) পেরিপ্লাজম	b) পাশ্ববর্তী দুটি M এর মধ্যে গড়ে ওঠা পেপটাইড বন্ধনী
iii) লাইসোজাইম	c) গ্রাম + ব্যাকটেরিয়ার কোষ প্রাচীরের উপাদান
iv) টিকোয়িক অ্যাসিড	d) গ্রাম –ve ব্যাকটেরিয়ায় পেপটাইডোগ্লাইকানের দুপাশের শূন্যস্থান
v) 'O' অ্যান্টিজেন	e) গ্রাম –ve ব্যাকটেরিয়ার LPS এর পলিস্যাকারাইড অংশ

3.7 ফ্ল্যাজেলা (Bacterial flagella)

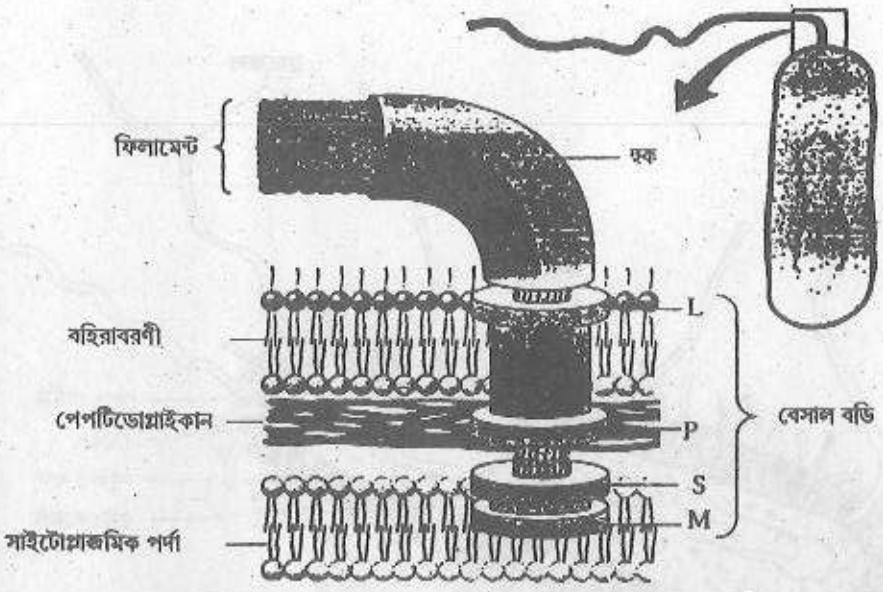
ব্যাকটেরিয়ার গমনাঙ্গ হল ফ্ল্যাজেলা। সমস্ত ব্যাকটেরিয়া চলনে সক্ষম নয়। যারা সক্ষম তাদের সবার মধ্যেই যে ফ্ল্যাজেলা থাকে তাও নয়। তবে আদর্শ ব্যাকটেরিয়ার গঠন প্রসঙ্গে এটি অবশ্যই আলোচনা করা কর্তব্য। ব্যাকটেরিয়া কোষ থেকে লম্বা চাবুকের মত বর্হিবৃদ্ধির নামই হল ফ্ল্যজেলা। ব্যাকটেরিয়ায় এক বা একাধিক ফ্ল্যাজেলা থাকতে পারে। সংখ্যা ও অবস্থান অনুযায়ী ব্যাকটেরিয়াকে কয়েকটি শ্রেণীতে ভাগ করা যায়। ফ্ল্যাজেলার নানা রকম অবস্থান দেখান হয়েছে 3.12 নম্বর চিত্রে। ফ্ল্যাজেলাম চাবুকের দেখতে 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 বডি কোষের মধ্যকার অংশ, এটির শেষভাগ সাইটোপ্লাজমিক পর্দার সাথে যুক্ত থাকে (চিত্র 3.11) গ্রাম পজেটিভ ব্যাকটেরিয়ার বেসাল বডিতে দুটি চাকতি থাকে। গ্রাম নেগেটিভ ব্যাকটেরিয়ার বেসাল বডিতে দুই জোড়া চাকতির মত গঠন থাকে (চিত্র 3.11)। গ্রাম নেগেটিভ ব্যাকটেরিয়ার দুই জোড়া চাকতির মধ্যে একজোড়া রিং বহিঃ আবরণীতে অবস্থান করে (L ও P চাকতি নামে পরিচিত) আর এক জোড়া সাইটোপ্লাজমিক পর্দায় অবস্থিত (S ও M চাকতি নামে পরিচিত)

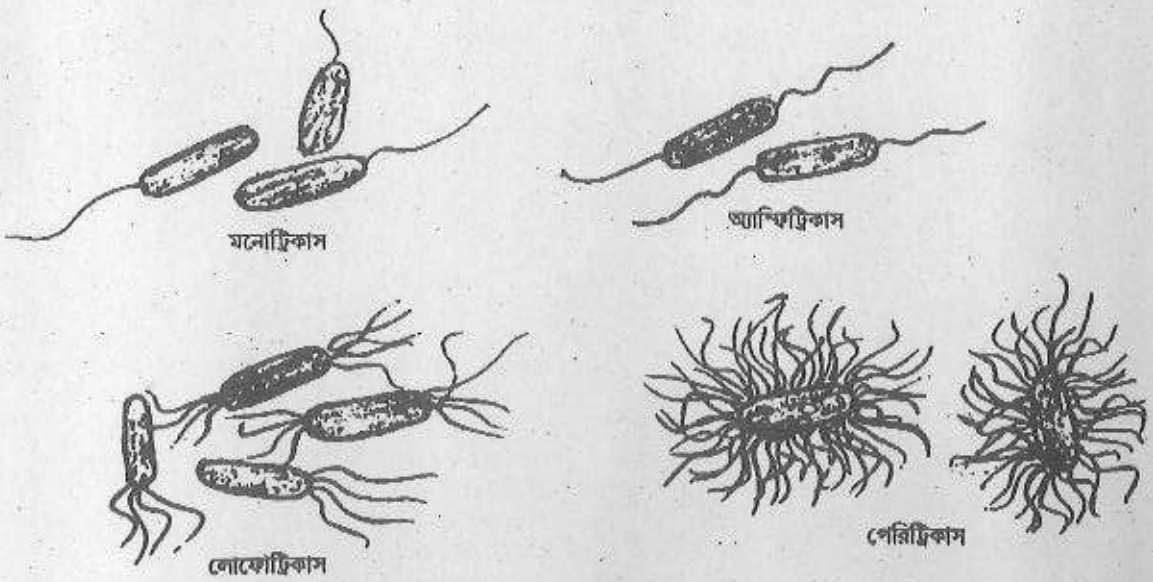
একক ফ্ল্যাজেলাম 10μ পর্যন্ত লম্বা হতে পারে। যে সব ব্যাকটেরিয়াতে ফ্ল্যাজেলাম থাকে না তাদের অ্যাট্রিকাস্ বলে। বক্কাস আকৃতির প্রায় সকল ব্যাকটেরিয়া অ্যাট্রিকাস্ (atrichous)। যখন একটি কোষে একটি মাত্র ফ্লাজেলাম থাকে তখন তাকে মোনোট্রিকাস্ (monotrichous) বলা হয়। যেমন *Xanthomonas* (জ্যান্থোমোনাস্) গনে দেখা যায়। একাধিক ফ্ল্যাজেলা একটি মেরু থেকে নির্গত হয় কোন কোন ব্যাকটেরিয়ায়, এ ধরনের ফ্ল্যাজেলা বিন্যাস কে লোফোট্রিকাস (lophotrichous) বলে। *Psedomonas* (সিউডোমোনাস্) গনে এই রকম ফ্ল্যাজেলা বিন্যাস দেখা যায়। ব্যাকটেরিয়া কোষের বিভিন্ন জায়গা থেকে যখন ফ্ল্যাজেলা সৃষ্ট হয় তখন তাকে পেরিট্রিকাস (peritrichous) ফ্ল্যাজেলা বিন্যাস বলে। *Erwinia* (আরউইনিয়া) গনে এই রকম বিন্যাস দেখা যায় (চিত্র 3.12 দ্রষ্টব্য)।

3.8 পিলি (Pili) বা ফিমব্রিই (fimbrae)

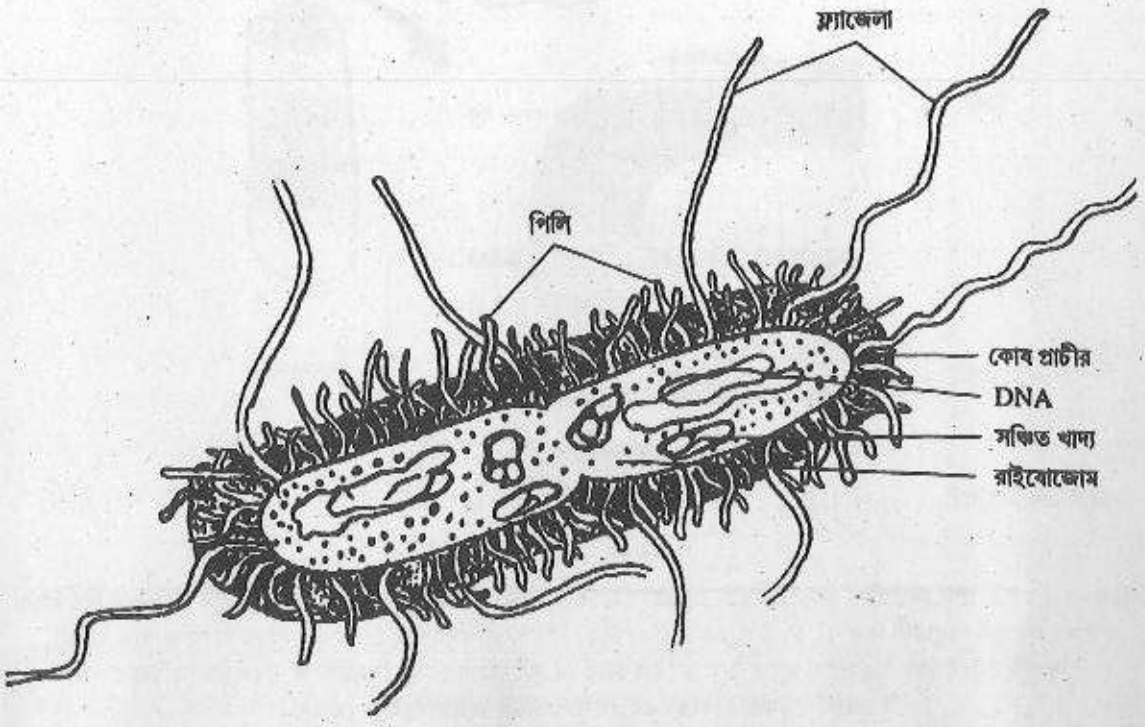
পিলি বা ফিমব্রিই হল আর এক ধরনের বর্হিবৃদ্ধি যা কিছু ব্যাকটেরিয়াতে দেখা যায়। এদের কাজ কোন কিছুর সাথে ব্যাকটেরিয়াকে সংযুক্ত করা। পিলি শব্দটি ব্যবহার করা হয় যখন একটি ব্যাকটেরিয়ার সাথে অপর ব্যাকটেরিয়া সংযুক্ত হয় আর অন্যান্য সংযুক্তির বেলায় ফিমব্রিই শব্দটি ব্যবহার করা হয়। পিলি (বহুবচনে; একবচনে পাইলাস)ফসফেট-শর্করা প্রোটিন এর জটিল যৌগ দিয়ে তৈরী। এর প্রোটিন অংশটির নাম পিলিন (Pilin)। F পিলি (fertility pilus) ব্যাকটেরিয়ার জননের 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 সাহায্যে করে। পিলির সংযোগ স্থাপন হওয়ার পর ভাইরাস তার জিনোম ব্যাকটেরিয়াতে প্রবেশ করায়। ফিমব্রিই ব্যাকটেরিয়াকে সাহায্য করে পরজীবীতার সময় যেমন *Neisseria gonorrhoeae* (নেইসেরিয়া গোনোরিয়া) (চিত্র 3.14) প্রভৃতি ব্যাকটেরিয়া পরজীবীতা আরম্ভ করে মানুষের কোষে ফিমব্রিই দিয়ে দৃঢ়ভাবে কোষের সাথে সংযুক্ত হবার পর।



চিত্র নং 3.11 : গ্রাম নেগেটিভ ব্যাকটেরিয়ার ফ্ল্যাজেলার গঠন-প্রকৃতি দেখান হয়েছে। বেসাল বডিতে যে চারটি রিং থাকে তাদের অবস্থান অনুযায়ী নাম L, P, S ও M রাখা হয়েছে। লিপোপেলিস্যাকারাইডের 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 ঘোরায়।



চিত্র নং 3.12 : ফ্ল্যাজেলার সংখ্যা ও অবস্থান অনুযায়ী ব্যাকটেরিয়ার শ্রেণীবিভাগ।



চিত্র নং 3.13 : পিলি। একটি বিভাজনরত কোষে প্রদর্শিত।

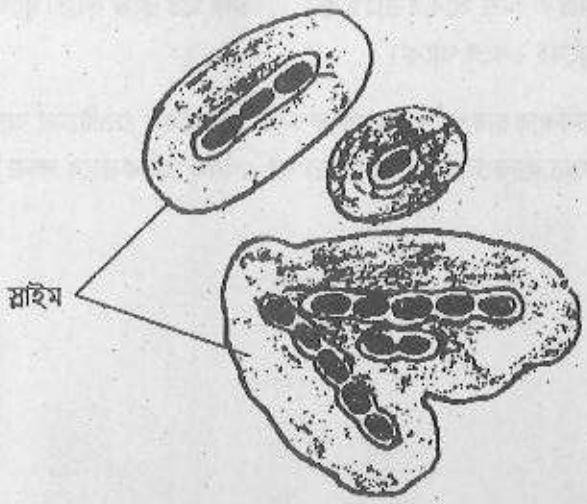
3.9 আবরণী বা ক্যাপসুল (Capsules)/ স্লাইম (Slime)/ S স্তর (S layers) :

ব্যাকটেরিয়ার কোষ 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। এ গুলি বিভিন্নভাবে ব্যাকটেরিয়ার কাজে লাগে। কিছু ব্যাকটেরিয়াতে কোষ প্রাচীরকে রক্ষা করার জন্য একটি জেলির মত আবরণ থাকে তাকে ক্যাপসুল বলে (চিত্র 3.13)। অধিকাংশ ক্ষেত্রে ক্যাপসুল বহুশর্করা দিয়ে তৈরী হয়। পরজীবী ব্যাকটেরিয়ার ক্ষেত্রে ক্যাপসুল পোষক কোষ নিসৃত প্রতিরোধকারী পদার্থের হাত থেকে ব্যাকটেরিয়াকে রক্ষা করে। যেমন *Streptococcus pneumoniae* (স্ট্রেপটোকোকাস্ নিমুনি), *Haemophilus influenzae* (হোমোফিলাস্ ইনফ্লুএনজা) এবং *Klebsiella pneumoniae* ক্লেবসিএল্লা নিমুনি) প্রভৃতির ক্ষেত্রে সংক্রমণ করার সময় ক্যাপসুলের উপস্থিতি একান্ত প্রয়োজন। দেখা গেছে যে এই সব ব্যাকটেরিয়ার ক্যাপসুলবিহীন প্রকরণগুলি সংক্রমন ঘটাতে সমর্থ নয়। রক্ত কণিকা এই জাতীয় জীবাণুর ক্যাপসুলবিহীন কোষগুলিকে ফ্যাগোমাইটোসিস পদ্ধতিতে ধ্বংস করে ফেলে। *Bacillus* (ব্যাসিলাস) গনের অনেক সদস্য ক্যাপসুল তৈরী করে। এদের ক্যাপসুল গ্লুটামিক্ অ্যাসিড দিয়ে তৈরী।

স্লাইম বহুশর্করা দিয়ে তৈরী কিন্তু এর জলীয় ভাব বেশী থাকার জন্য ব্যাকটেরিয়ার চারপাশে দৃঢ়ভাবে লেগে থাকে না। একটি চটচটে আলগা আবরণ রূপে থাকে। এদের কাজ ব্যাকটেরিয়াকে জলসাম্যহীনতার হাত থেকে রক্ষা করা ও খাদ্য ধরে রাখা। কখনও কখনও আবার স্লাইম স্তর ছাকনির মত কাজ করে। মুখের ভেতর ও দাঁতের উপর ব্যাকেটেরিয়া স্লাইম এর মাধ্যমেই লেগে থাকে।

কিছু ব্যাকটেরিয়া বা আর্কিয়ার চারপাশে কখনও কখনও কেলাসিত প্রোটিনের আবরণ থাকে তাকে S- স্তর বলে। এই S- স্তর কিসের জন্য ব্যাকটেরিয়া তৈরী করে তা এখনও সঠিকভাবে জানা যায়নি।

(i)



(ii)

চিত্র নং 3.14 : (i) ক্যাপসুল, (ii) স্লাইম। স্লাইম ক্যাপসুলের তুলনায় সহজে বিচ্ছিন্ন করা যায়।

অনুশীলনী - 3

1. শূন্যস্থান পূর্ণ 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 বৈশিষ্টটির জন্য গুরুত্বপূর্ণ একটি অংশ হল _____

2. ব্যাকটেরিয়ার ফ্ল্যাজেলার সংখ্যা ও অবস্থান অনুযায়ী একটি শ্রেণীবিভাগ করুন এবং উদাহরণ দিন :

   উঃ _____

   _____

   _____

   _____

3.10 সারাংশ

জীবের সাধারণ বৈশিষ্টগুলির সব কয়টি ব্যাকটেরিয়াতেও বিদ্যমান। যদিও এটি একটি আদি নিউক্লিয়াসযুক্ত অর্থাৎ প্রোক্যারিওটিক জীব। জীবের ক্রমবিবর্ত্তনের জাতিজনিগত শ্রেণীবিন্যাস করলে দেখা যায় যে সমস্ত জীবরেই রাইবোজোম অংশে অবস্থিত 16 s r RNA একাধিক সুনির্দিষ্ট বৈশিষ্ট বহন করে। এই বৈশিষ্টগুলির ভিত্তিতে জীবজগৎকে তিনটি উপবিভাগে বা domain এ ভাগ করা যায়, যেমন; ব্যাকটেরিয়া, আর্কিয়া ও ইউক্যারিয়া, ব্যাকটেরিয়াকে আবার 12টি রাজ্যে ভাগ করা যায়। প্রতিটি ভাগের সুনির্দিষ্ট বৈশিষ্ট আছে. কোষপর্দা বা সাইটোপ্লাজমিক পর্দা হল একমাত্র একক পর্দা যা ব্যাকটেরিয়া কোষে সুনির্দিষ্ট পদার্থকে ঢুকতে বা কোষ থেকে বাইরে বেরোতে দেয়। কোষ পর্দার মধ্য দিয়ে পরিবহন নিস্ক্রিয় (যেমন, ব্যাপন বা আস্রাবন) বা সক্রিয় পদ্ধতিতে (যেমন, দলবদ্ধ পরিবহন বা প্রোটিন বাহিত পরিবহন ইত্যাদি) হয়ে থাকে। কোন কোন ব্যাকটেরিয়ায় কোষ পর্দার অর্ন্তবৃদ্ধি (যেমন, ক্রোমাটোফোর) দেখতে পাওয়া যায়। কোষ প্রাচীর হল ব্যাকটেরিয়ার একটি বিশেষ বৈশিষ্ট। এটির কাঠামো মূলতঃ পেপটাইডোগ্লাইকান দ্বারা নির্মিত। এটি একটি বৃহদানু যা পরপর সজ্জিত N-acetylglucosanine (G) N-acetyl Muramic acid (M) দ্বারা নির্মিত। G ও M পরস্পরের সাথে ß -1.4 গ্লাইকোসিডিক বন্ধনী দ্বারা যুক্ত। এছাড়া দুটি পার্শ্ববর্তী [illegible] মধ্যে পেপটাইড বন্ধনী দ্বারা গঠিত ক্রস লিঙ্ক দেখতে পাওয়া যায়। ফলে কোষ প্রাচীরের দৃঢ়তা অনেক বেশি। গ্রাম + ve কোষপ্রাচীরে পেপটাইডোগ্লাইকান 70 - 90 শতাংশ অপরপক্ষে গ্রাম –ve কোষ প্রাচীরে 13 শতাংশেরও কম। গ্রাম –ve কোষ প্রাচীরের বাইরের দিকে একটি লিপোপলিস্যাকারাইড

(LPS) ঘটিত বহিরাবরণী দেখা যায়। কোষের চলনাঙ্গ হল ফ্ল্যাজেলা; এটি ফ্ল্যাজেলিন নামক প্রোটিন দিয়ে তৈরী। পিলি হল আর এক রকম বর্হিবৃদ্ধি যারা চলনের সাথে কোনভাবেই যুক্ত নয় এবং পিলিন নামক প্রোটিন দিয়ে তৈরী। কোন কোন কোষের বাইরের দিকে বহুশর্করা নির্মিত ক্যাপসুল বা স্লাইম স্তর দেখতে পাওয়া যায়।

3.11 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

1) ব্যাকটেরিয়ার কোষ প্রাচীরের গঠন বৈশিষ্ট চিত্রসহ বর্ণনা করুন। গ্রাম + ve ও গ্রাম –ve ব্যাকটেরিয়ার মধ্যে পার্থক্য নির্ণয় করুন।

2) টীকা লিখুন ঃ

   a) ব্যাকটেরিয়ার কোষপর্দার গঠন

   b) গ্রাম নেগেটিভ ব্যাকটেরিয়ার বর্হিআবরণী

   c) ব্যাকটেরিয়ার ফ্ল্যাজেলা

   d) পেপটাইডোগ্লাইকান

   e) ক্যাপসুল বা স্লাইম

   f) পিলি

3) ব্যাকটেরিয়া ও ইউক্যারিয়ার মধ্যে পার্থক্য লিখুন ঃ

3.12 উত্তরমালা

অনুশীলনী - 1

1. i) কক্কাস, রড ও স্পাইরিলাম

   ii) *Thiomargarita namibiensis* এবং Mycoplasma

   iii) স্পাইরোকিটি হল স্ক্রুর মত প্যাঁচালো রড কিন্তু স্পাইরিলাম হল একটি স্বতন্ত্র আকৃতি।

   iv) *Micrococcus* ও *Streptococcus*

   v) *Vibrio cholerae*

2.

বিভাজনতল	উদাহরণ
এক	*Micrococus, Diplococcus Streptococcus*
দুই	*Tetracoccus*
তিন	*Sarcina*
বহু	*Staphylococcus*

অনুশীলনী - 2

i) পেপটাইডোগ্লাইকান; ii) গ্রাম নেগেটিভ ব্যাকটেরিয়ার পেপটাইডোগ্লাইকানের বর্হিভাগে থাকে; iii) Lipopolysachharide, iv) N- অ্যাসিটাইল গ্লুকোজামিন এবং N- অ্যাসিটাইল মিউরামিক অ্যাসিড, v) ß -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. 3.4.7 অংশাঙ্কিত বিষয়টি থেকে নিজে উত্তর দিন।

সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

1. কোষ প্রাচীর অংশ দেখুন। প্রথমে সাধারণ গঠন বৈশিষ্ট্য আলোচনা করুন। পেপটাইডোগ্লাইকান অংশে দু'রকমের বন্ধনী চিত্রসহ দেখান। এরপর গ্রাম নেগেটিভ ও গ্রাম পজিটিভ ব্যাকটেরিয়ার কোষ প্রাচীরে মূল পার্থক্যটি বলুন।

   পার্থক্য অংশের জন্য সারণি 3.4 দেখুন।

2. a) কোষপর্দার কেবলমাত্র গঠনবৈশিষ্ট চিত্রসহ বলুন (3.4.3)
   b) বর্হিআববরণী কি, কোথায় সেটির অবস্থান এবং সেটির রাসায়নিক গঠন সম্পর্কে বলুন (3.4.5)
   c) পেপটাইডোগ্লাইকান কি, তার গঠনের উপাদান এবং কি ধরনের বন্ধনী এটিকে ধরে রাখে তা বলুন (3.4.7)। চিত্র সহ লিখুন।
   d) 3.4.9 অংশ দেখুন। ছবি দেওয়া বাঞ্ছনীয়।
   e) 3.4.8 অংশ দেখুন। চিত্রসহ উত্তর দিন।

3. সারণি 3.1 এ এই প্রসঙ্গে আলোচনা করা হয়েছে।

একক 4 ☐ ব্যাকটেরিয়ার কোষীয় সংগঠন-II (Cellular Organization of Bacteria-II)

গঠন

4.1 প্রস্তাবনা
উদ্দেশ্য
4.2 ব্যাকটেরিয়া ও আর্কিয়ার ক্রোমোজোম
4.2.1 DNA এর গঠন
4.3 DNA এর প্রতিলিপিকরণ
4.3.1 মেসেলসন ও ষ্টাহ্লের পরীক্ষা
4.3.2 ব্যাকটেরিয়ার DNA প্রতিলিপিকরণের বিভিন্ন পর্যায়
i) একতন্ত্রীকরণ
ii) প্রতিলিপি গঠন
iii) বৃত্তাকার DNA এর উভমুখী দ্বিত্বকরণ
iv) অন্তিম পর্যায়
4.4 প্লাসমিড
4.5 রাইবোজোম
4.6 অন্তঃরেণু
4.7 ব্যাকটেরিয়ার সঞ্চিত খাদ্য ও কোষমধ্যস্থ অজৈব যৌগ
4.8 সারাংশ
4.9 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী
4.10 উত্তরমালা

4.1 প্রস্তাবনা

পূর্ববর্তী এককটিতে আমরা ব্যাকটেরিয়ার কোষীয় সংগঠন সম্পর্কে আংশিক ধারণা লাভ করেছি। এই এককটিতে বাকী অংশটুকুর উপর আলোকপাত করা হবে। যে কোন জীবকোষের সমস্ত বৈশিষ্টের আধার হল তার জীন। জীনের একটি রাসায়নিক চেহারা আছে। কেবলমাত্র কয়েকপ্রকার ভাইরাস ছাড়া এই রাসায়নিক গঠনটি হল একটি দীর্ঘ অণু যার নাম ডি অকসি রাইবোনিউক্লিক অ্যাসিড বা DNA। উন্নততর জীবকোষে DNA অণু কোষের নিউক্লিয়াসে ক্রোমোজোম নামক সূত্রাকার অংশে সুসংবদ্ধ থাকে। ব্যাকটেরিয়ার ক্ষেত্রে যে নিউক্লিয়াস নেই তাতো আমরা আগেই জেনেছি। সদর্থে ক্রোমোজোম বলতে যা বোঝায় তা'ও ব্যাকটেরিয়ায় নেই, অথচ DNA, যা নাকি বংশগতির ধারক ও বাহক, তাকে ছাড়া কোন কোষীয় সংগঠনের কথা চিন্তাও করা যায় না।

উদ্দেশ্য

এই এককটি পাঠ করে আপনি নিম্নলিখিত বিষয়গুলি পর্যালোচনা করতে সক্ষম হবেন ঃ

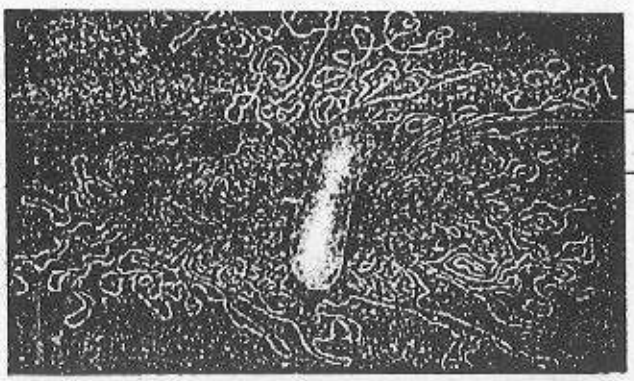
- ব্যাকটেরিয়ার DNA কিরকম এবং কিভাবে তা কোষের মধ্যে অবস্থান করে।
- DNA এর প্রতিলিপিকরণ কিভাবে সম্পন্ন হয়।
- ব্যাকটেরিয়ার কোষে তথাকথিত ক্রোমোজোমাল DNA ছাড়াও আছে অতিরিক্ত DNA যার নাম প্লাসমিড। সেটির গঠন ও কাজ সম্পর্কে জানাও আমাদের উদ্দেশ্য।
- ব্যাকটেরিয়ার রাইবোজোম এর গঠন কিরূপ।
- অন্তঃরেণু কি এবং তার কাজ কি ?
- কোষীয় সঞ্চিত খাদ্য কি কি?

4.2 ব্যাকটেরিয়া ও আর্কিয়ার ক্রোমোজোম ঃ

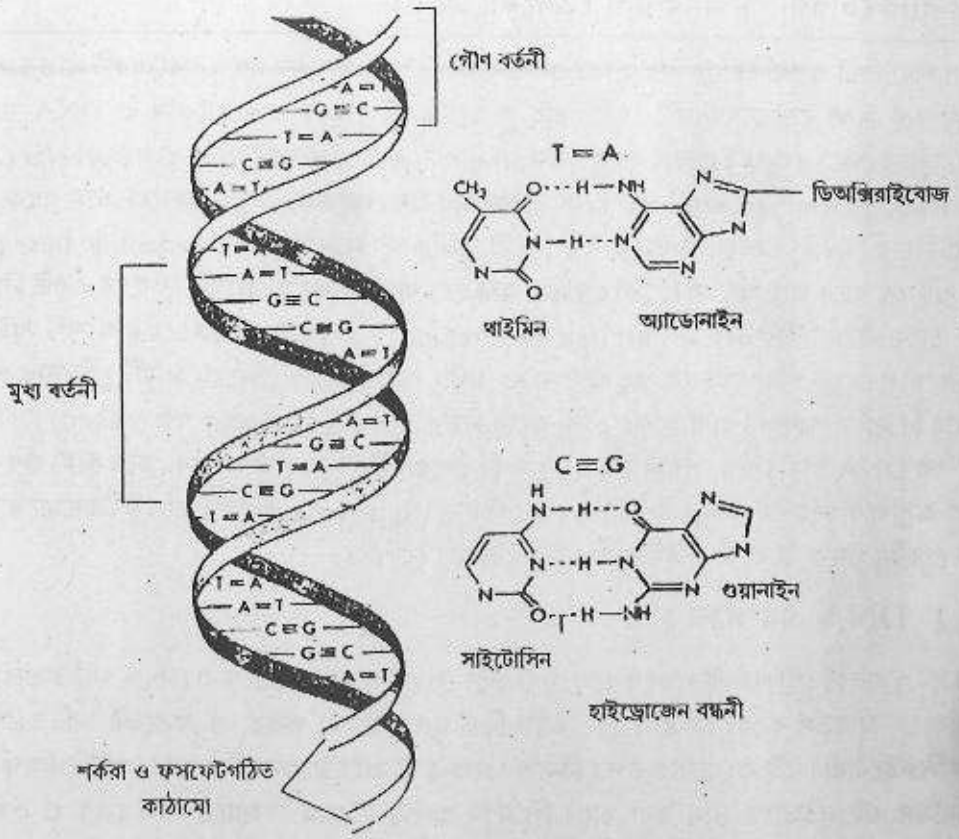
ব্যাকটেরিয়া ও আর্কিয়াতে সাধারণতঃ একটি বৃত্তাকার ক্রোমোজোম থাকে এবং একটি মাত্র চক্রাকার দ্বিতন্ত্রী DNA অণু দিয়ে ক্রোমোজোমটি তৈরী তাই ব্যাকটেরিয়ার ক্ষেত্রে ক্রোমোজোম ও DNA সমার্থক। কিছু ব্যাকটেরিয়ার ক্ষেত্রে রজ্জুকার DNA থাকে যেমন *Streptomyces (স্ট্রেপটোমাইসেস্)* ও *Borrelia (বোররেলিয়া)* গনে। Rhodobacter sphaeroides *(রোডোব্যাকটার স্ফ্যারোইডস্)* এ দুটি ক্রোমোজোম থাকে। *ই. কোলাই* ব্যাকটেরিয়ার DNA/ ক্রোমোজোমে 4.7 x 10^6 টি নিউক্লিওটাইড যুগ্ম ক্ষার (nucleotide base pair, DNA এতে দুটি তন্ত্র থাকে তাই ক্ষারের হিসেব জোড়ায় করা হয়) থাকে। ক্রোমোজোমটি কোষের একটি নির্দিষ্ট জায়গায় থাকে তাকে বলে *নিউক্লিওয়েড* অঞ্চল (nucleoid region) ; কিন্তু এই নিউক্লিওয়েড অংশটি সাইটোপ্লাজমের অন্যান্য অংশ থেকে গঠনগতভাবে কিছু আলাদা নয় অর্থাৎ ব্যাকটেরিয়ার ক্রোমোজোমটি সাইটোপ্লাজমেই থাকে। এক্ষেত্রে নিউক্লীয় আবরণী দ্বারা আবৃত কোন যথার্থ নিউক্লীয়াস নেই। তাই একে ন'গ্ন (naked) DNA বলে। *E. Coli* এর DNA প্রায় 1mm লম্বা (চিত্র 4.1) যা কিনা কোষটির নিজস্ব আকারের চেয়ে 500 গুণ বড়। সুতরাং বুঝতে অসুবিধে নেই যে DNAটি অতিমাত্রায় পেঁচানো (Supercoiled) হয়। এদের ক্রোমোজোমে হিসটোন নামক প্রোটিন থাকে না যা কিনা ইউক্যারিওটিক কোষের বৈশিষ্ট।

4.2.1 DNA এর গঠন ঃ

DNA এর দ্বিতন্ত্রী গঠনটি লক্ষ্য করলে দেখা যাবে যে দুটি সূত্রাকার তন্ত্রী দ্বারা DNA গঠিত তারা পরস্পরকে শৃঙ্খলাকারে আবর্তন করে। (চিত্র 4.2)। তন্ত্রীগুলির মূল কাঠামো শর্করা ও ফসফেট ঘটিত। শর্করাটি হল ডিঅক্সিরাইবোজ। এই কাঠামোর উপর বিন্যস্ত থাকে 4 টি 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 অপরটি T এর সাথে বা একটি 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



চিত্র নং 4.1 : ব্যাকটেরিয়ার জিনোম বা ক্রোমোজোম। ব্যাকটেরিয়ার কোষ প্রাচীর খুব সাবধানে বিদীর্ণ করলে ক্রোমোজোমটি কোষ থেকে বেরিয়ে আসে এবং তা ইলেকট্রন অণুবীক্ষণ যন্ত্রে দেখা যায়। ক্রোমোজোমটি ব্যাকটেরিয়ার দৈর্ঘ্যর তুলনায় অনেক বড়, অতি প্যাঁচালো অবস্থায় থাকে বলেই ব্যাকটেরিয়ার কোষের মধ্যে থাকা সম্ভব।



চিত্র নং 4.2A : 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 অ্যাডেনাইন (A) এর মধ্যে দুটি এবং সাইটোসিন (C) ও গুয়ানাইনের (G) মধ্যে তিনটি হাইড্রোজেন বন্ধনী থাকে হয়।

হাইড্রোজেন বন্ধনী দ্বারা যুক্ত। এই পরস্পরের বিপরীতমুখী পরিপূরক তন্ত্রীদ্বয় যেন একে অন্যের আয়নায় গঠিত প্রতিচ্ছবি। এর যে কোন একটি তন্ত্রীকে স্বতন্ত্র বা বিচ্ছিন্নরূপে কল্পনা করুন। খাতার পাতায় সেটিকে লম্বা লম্বিভাবে সাজিয়ে নিন। তারপর এটির বিপরীতে একটি পরিপূরক তন্ত্রী নিজেই গড়ে তোলার চেষ্টা করুন। যদি এটা পেরে থাকেন তাহলে আপনি জেনে গেলেন DNA গঠন বৈশিষ্ট জটিল হলেও সুনির্দিষ্ট গাণিতিক নিয়ম মেনে চলে। বলে রাখা ভাল DNA অণুর এই গঠন বৈশিষ্ট্যের কথা পৃথিবীকে প্রথম জানান ওয়াটসন ও ক্রীক নামের দুজন বৈজ্ঞানিক 1953 খৃষ্টাব্দে। এঁদের মধ্যে ক্রীক আদৌ জীবনবিজ্ঞানী ছিলেন না, তিনি ছিলেন গণিতবিজ্ঞানী। তাঁদের এই কাজ পরবর্ত্তীকালে নোবেল পুরস্কারে সম্মানিক এবং বিজ্ঞানের ইতিহাসে অন্যতম শ্রেষ্ঠ আবিষ্কার বলে স্বীকৃত।

4.2.2 ব্যাকটেরিয়ার DNA ঃ

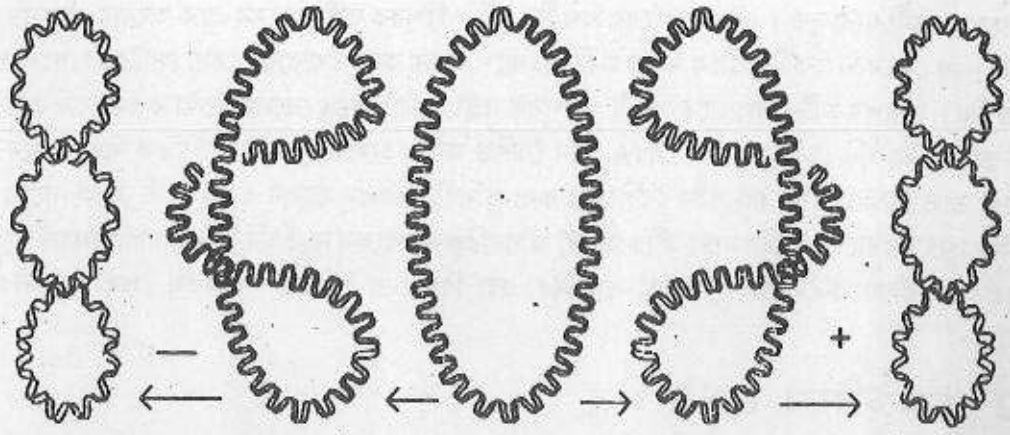
ব্যাকটেরিয়ার DNA অণু দ্বিতন্ত্রী, মূল কাঠামো চিত্র 4.2 'এ প্রদর্শিত DNA অণুর মতোই। তফাৎ একটিই, সেটি হল ব্যাকটেরিয়ার DNA বৃত্তাকার বা চক্রাকার এবং অতিমাত্রায় প্যাঁচালো বা **Supercoiled**. চিত্র 4.2 তে দুটি তন্ত্রী পরস্পরকে পেঁচিয়ে আছে ঠিকই কিন্তু একক তন্ত্রীগুলি সোজা ফিতের মত। ব্যাকটেরিয়ার DNA তে আবার ঐ ফিতের মত এককতন্ত্রী যথেচ্ছ প্যাঁচ খাওয়ানো। এই অবস্থাটিই Supercoiled বলে চিহ্নিত। (চিত্র 4.2 দ্রষ্টব্য)।

যখন কোন চক্রাকার DNA অণু 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 অর্কিয়াতে সাধারণতঃ ঋণাত্মকভাবে Supercoiled DNA থাকে (চিত্র 4.2 B)।

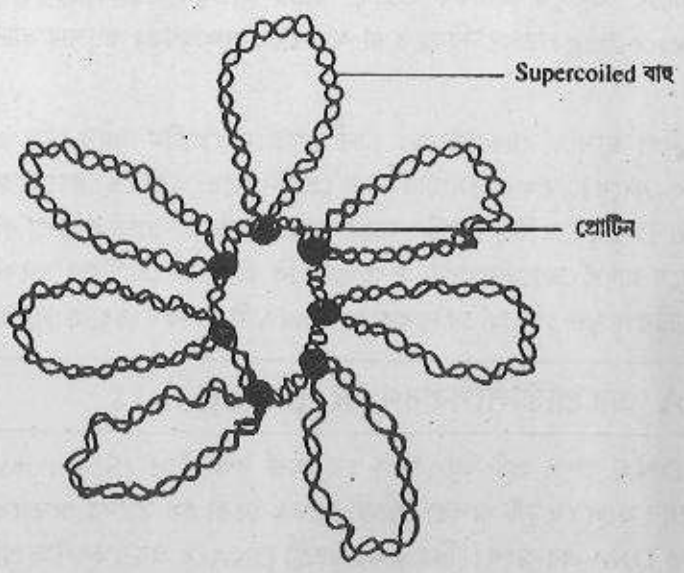
আগেই বলা হয়েছে ব্যাকটেরিয়ার ক্রোমোজোমে প্রোটিন থাকে না। একথা বলার উদ্দেশ্য এই যে ইউক্যারিওটিক কোষে DNA ও হিসটোন নামক প্রোটিন দিয়ে তৈরী হয় ক্রোমোজোম। তবে হিসটোন না থাকলেও Supercoiled DNA তে কিছু প্রোটিন থাকে যারা এই অতি প্যাঁচালো দশা বজায় রাখতে সাহায্য করে আর আর্কিয়ার কোষে আদর্শ ক্রোমোজোমের সবই এমন কি হিসটোন প্রোটিনও থাকে। ব্যাকটেরিয়ার Supercoiled DNA তে প্রোটিন সংযুক্ত হয়ে অতিকায় বৃত্তাকার DNA টি যেরকম চেহারা নেয় তা চিত্র 4.3 তে দেখানো হয়েছে।

4.3 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 4.4) দ্বিতন্ত্রী DNA যে অর্দ্ধরক্ষণশীল প্রক্রিয়ায় প্রতিলিপি গঠন করে তা প্রথম পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করে দেখান **মেসেলসন** (Mathew Meselson) ও **স্টাহল** (Franklin Stahl) 1958 সালে। যদিও এই পরীক্ষা ব্যাকটেরিয়ার জিনোম নিয়ে করা হয়েছিল পরে দেখা গিয়েছে প্রায় সকল দ্বিতন্ত্রী DNA এই পদ্ধতিতে প্রতিলিপি তৈরী করে। এঁদের পরীক্ষাটি সংক্ষেপে বর্ণনা করা হল।



চিত্র নং 4.2B : মধ্যস্থ DNA অণুটি ব্যাকটেরিয়ার বৃত্তাকার শিথিল DNA যা দ্বিতন্ত্রী বিশিষ্ট হলেও তন্ত্রীগুলি আবার নিজ অক্ষের চারপাশে প্যাঁচালো নয়। এই শিথিল DNA এর একক তন্ত্রী নিজ অক্ষের চারপাশে পেঁচিয়ে গিয়ে তৈরী করে super coil; + চিহ্নিত দিকে Supercoiling ধনাত্মক ও — চিহ্নিত দিকে Supercoiling ঋণাত্মক নামে পরিচিত। ব্যাকটেরিয়ায় সাধারণতঃ এই ঋণাত্মক Supercoiled DNA দেখা যায়।



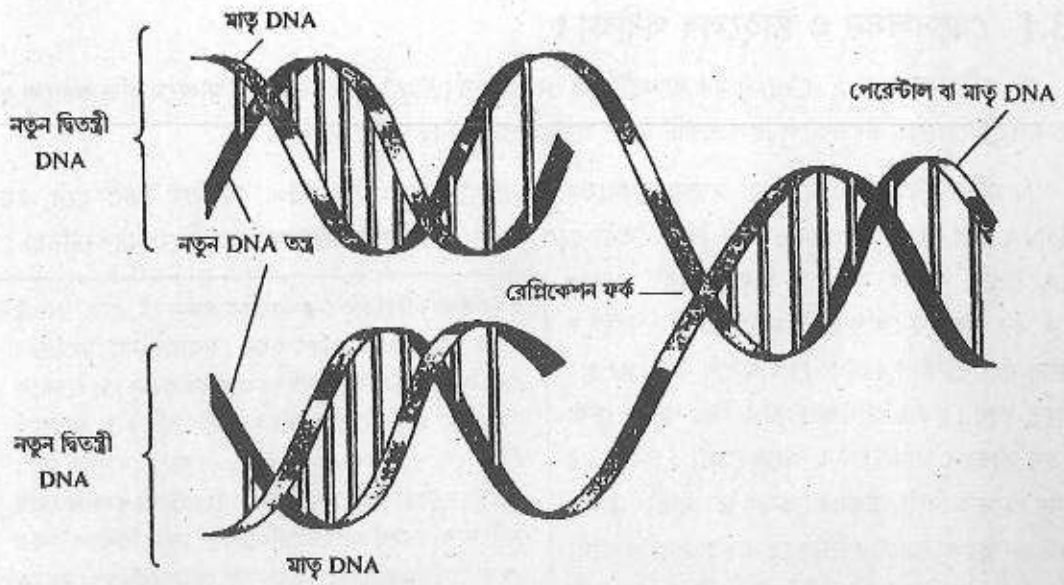
চিত্র নং 4.3 : *Escherictia Coli* নামক ব্যাকটেরিয়ার Supercoiled DNA, এক্ষেত্রে 50 বা তার বেশী Supercoiled বাহু দেখা যায়। আকারটি প্রোটিন দ্বারা সুসংহত।

4.3.1 মেসেলসন ও ষ্টাহ্‌লের পরীক্ষা ঃ

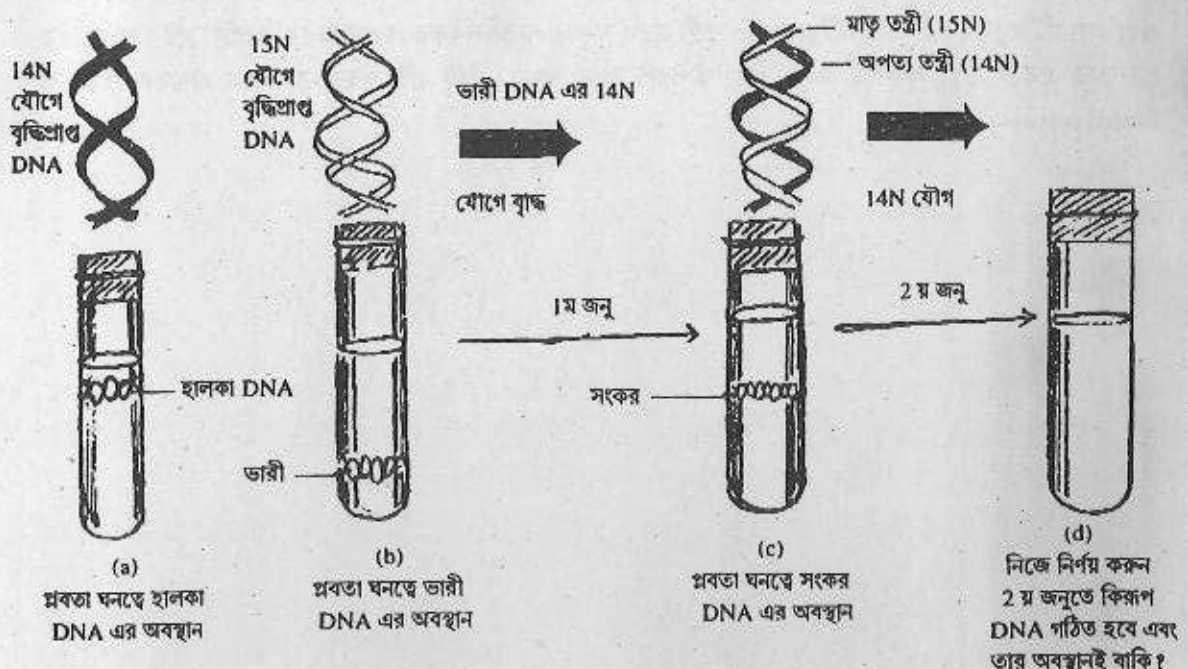
এই পরীক্ষার জন্য *E. Coli* নামক ব্যাকটেরিয়া নেওয়া হয়। *E. Coli* এমন একটি মাধ্যমে বৃদ্ধি করানো হয় যাতে নাইট্রোজেনের উৎসরূপে ছিল একটি ভারী আইসোটোপ ^{15}N ঘটিত লবণ।

^{15}N ঘটিত যৌগে ব্যাকটেরিয়া জন্মালে কোষের 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 বেশি ভারী হবে। যদি ^{15}N যৌগে জন্মানো ব্যাকটেরিয়া থেকে DNA বার করে প্লবতার ভিত্তিতে ^{15}N DNA ও ^{15}N DNA ভিন্ন করার চেষ্টা করা হয় তাহলে ^{14}N DNA দিয়ে তৈরী DNA এর তুলনায় অনেক নিচে থাকবে কেননা তা ভারী। (চিত্র-4.5) এখন প্লবতা ঘনত্বের ভিত্তিতে এই হালকা ও ভারী DNA এর অবস্থান জানা থাকলে পরীক্ষার পরবর্ত্তী পর্যায়টি বোঝা সহজ হয়ে যায়। কোন সম্পূর্ণভাবে ^{15}N DNA দ্বারা গঠিত ক্রোমোজোমবিশিষ্ট ব্যাকটেরিয়াকে ^{14}N মাধ্যমে বাড়তে দেওয়া হলে দেখা যাবে যে নবগঠিত ব্যাকটেরিয়ার DNA এর প্লবতা না সম্পূর্ণভাবে হালকা না সম্পূর্ণ ভারী। এই DNA হল ^{14}N ও ^{15}N এর সংকর। এর থেকে এটাই প্রমাণিত হয় যে নবগঠিত DNA এর একটি তন্ত্র মাতৃ DNA এর অবিকৃত রূপ (^{15}N) এবং অপরটি নতুন তৈরী ^{14}N ঘটিত অপত্য তন্ত্রী। প্রতি জনুতে প্রতিলিপিকরণের সময় যে দ্বিতন্ত্রী DNA সংশ্লেষিত হয় তার একটি তন্ত্রী পূর্ববর্ত্তী জনুর এবং অপরটি নতুন জনুর। তাই এই পদ্ধতিকে বলে **অর্দ্ধরক্ষণশীল** বা Semiconservative।

> প্রান্তলিপি ঃ নাইট্রোজেনের আণবিক ওজন 14, একে ^{14}N এই ভাবেও লেখা হয় আণবিক ওজন বোঝাতে। নাইট্রোজেনের এমন আইসোটোপ আছে যাদের আণবিক ওজন 15, এদেরকে ^{15}N লেখা হয়। এদের আণবিক ওজন বেশি বলে এদেরকে ভারী আইসোটোপ (heavy isotope) বলে। যে সকল যৌগ ^{15}N দিয়ে তৈরী তারা ^{14}N দিয়ে তৈরী যৌগের তুলনায় বেশি ভারী হবে। এদের অণুর আর্দ্রবিশ্লেষণে কোন বিকিরণ নির্গত হয় না। যে সকল আইসোটোপ অণু ভেঙ্গে বিকিরণ বের হয় তাদেরকে রেডিও আইসোটোপ (radio isotope) বলে।



চিত্র নং 4.4 : সেমিকনজারভেটিভ পদ্ধতিতে DNA এর রেপ্লিকেশন। নতুন দ্বিতন্ত্রী DNA-র একটি তন্ত্র নতুন ও একটি পুরাতন।



চিত্র নং 4.5 : অর্দ্ধরক্ষণশীল (Semiconservative) প্রতিলিপিকরণ বোঝাতে মেসেলসন ও ষ্টাহলের পরীক্ষা।

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 কোষের দৈর্ঘ্যের তুলনায় অনেক বেশি 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 যুক্ত করে পরিপূরক তন্ত্রীটি রচনা করুন। উদাহরণ হিসেবে দুটি ক্ষার দেখানো হল।

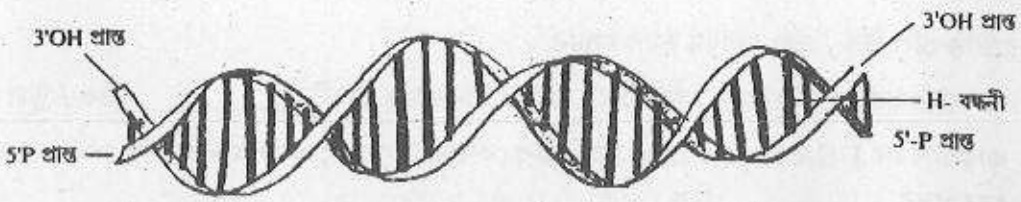
A	T	T	G	C	A	A	T	C	G
‖									‖
‖									‖
‖									‖
T									C

4.3.2 ব্যাকটেরিয়ার DNA প্রতিলিপিকরণের বিভিন্ন পর্যায় ঃ

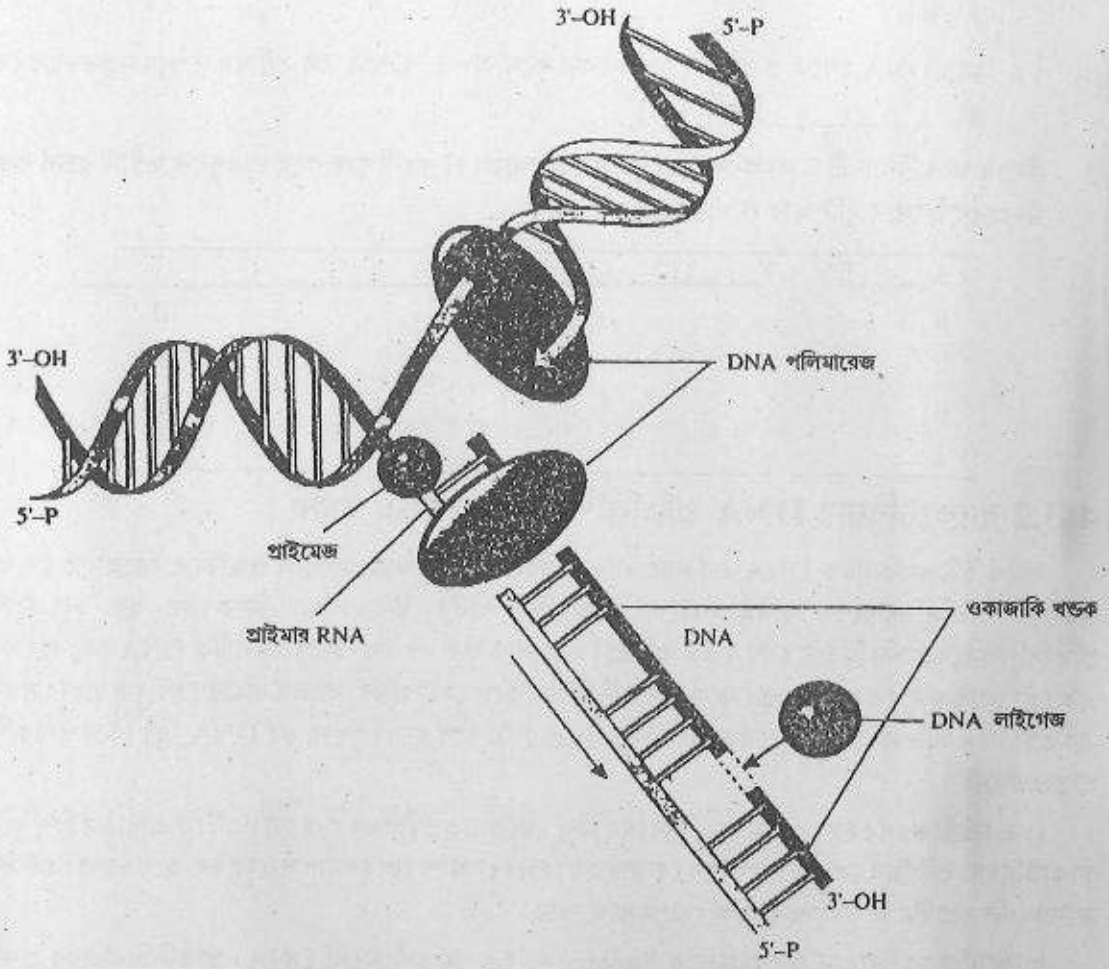
যদিও ইউক্যারিওটিক DNA এর ন্যায় ব্যাকটেরিয়ার DNA অর্দ্ধরক্ষণশীল পদ্ধতিতে সংশ্লেষিত হয় তবে উভয়ের প্রতিলিপিকরণের বিভিন্ন পর্যায়ের মধ্যে কিছু পার্থক্য আছে। সব থেকে বড় কথা হল DNA প্রতিলিপিকরণের জন্য দ্বিতন্ত্রী DNA এর একতন্ত্রী গঠন লাভ করা দরকার। ইউক্যারিওটিক DNA রজ্জুকার ফলে একতন্ত্রী হবার জন্য যে কোন প্রান্ত থেকে H বন্ধনী বিচ্ছিন্ন হলে সেটা সম্ভব। ব্যাকটেরিয়ার DNA বৃত্তাকার সুতরাং একতন্ত্রী গঠন লাভ করার জন্য বৃত্তের কোন বিন্দু থেকে সেটা হতে হবে কেন না এই DNA 'এর কোন তথাকথিত প্রান্তভাগ নেই।

i) একতন্ত্রীকরণ ঃ DNA এর একটি বিশেষ বিন্দু থেকে একতন্ত্রীকরণ শুরু হয়। এটিকে ওরিজিন বিন্দু বলে। ব্যাকটেরিয়ার ওরিজিন কে **Ori C** লিখে বোঝান হয়। **Ori C** অংশ কোষপর্দায় সংযোজিত হয়ে থাকে। এই সময় অনেকগুলি প্রোটিন ও উৎসেচক এক যোগে কাজ করে।

ব্যাকটেরিয়ার জিনোম ঋণাত্মকভাবে Supercoiled বা অতিপ্যাঁচালো DNA। প্রতিলিপিকরণের শুরুতে DNA প্রথমে শিথিল হয়ে যায়। অর্থাৎ এটির অতি প্যাঁচালো দশা পরিবর্তিত হয়। এটি হতে গেলে **টোপোআইসোমেরেজ** নামক একটি উৎসেচক লাগে। DNAএর একটি তন্ত্রের ফসফেট ডাই-এস্টার বন্ধনীকে (Phosphodiester bond) এই উৎসেচক ভেঙ্গে ফেলে। এরপর **হেলিকেজ** (helicase) ও **রেপ** (Rep protein) নামক দুটি প্রোটিন এই দুটি তন্ত্রের সংযোগকারী H বন্ধনীকে ছিন্ন করে তন্ত্রী দুটিকে বিচ্ছিন্ন করে দেয়।



চিত্র নং 4.6 : প্রতিলিপিকরণের আগে : DNA এর মুক্ত প্রান্তদ্বয় যথাক্রমে 3'OH এবং 5' P প্রান্ত বিশিষ্ট।



চিত্র নং 4.7 : লিডিং ও ল্যাগিং তন্ত্রীতে অবিচ্ছিন্ন ও বিচ্ছিন্ন DNA প্রতিলিপিকরণ। লিডিং তন্ত্রীতে অবিচ্ছিন্ন ভাবে DNA তৈরী হয় মাতৃ তন্ত্রীর 3'OH প্রান্তের বিপরীত মুখে। ল্যাগিং তন্ত্রীতে 3'OH তো পিছনে আছে। তাই টানা বা অবিচ্ছিন্ন DNA সংগঠন সম্ভব নয়। তাই প্রতিলিপিকরণ শলাকার এই তন্ত্রী বরাবর DNA তৈরী হতে থাকে টুকরো টুকরোভাবে → চিহ্ন দ্বারা নির্দেশিত দিকে। এই টুকরো গুলি "ওকাজাকি খণ্ডক" নামে পরিচিত। DNA লাইগেজ খণ্ডকগুলিকে জোড়া লাগালেই অপত্য খণ্ডকগুলি একটি অবিচ্ছিন্ন তন্ত্রীর রূপ পাবে।

একবার তন্ত্রী দুটি আলাদা হলে তারা যাতে আবার হাইড্রোজেন বন্ধনী তৈরী করে পুনঃসংযোজিত হয়ে যেতে না পারে তার জন্য অপর একটি প্রোটিন (single stranded binding protein) ক্রিয়াশীল থাকে। এই প্রোটিন তন্ত্রী দুটিকে আলাদা করে ধরে রাখে। এটিকে আমরা বাংলায় "একক তন্ত্রী সংবন্ধনকারী" প্রোটিন বলতে পারি। দ্বিতন্ত্রী DNA যখন এভাবে অংশবিশেষে একতন্ত্রী হয়ে যায় তখন তার আকৃতিটি সুরশলাকার সাথে তুলনীয়। সুরশলাকা বা Tuning fork এর সাথে সাদৃশ্যের জন্যই এইরূপ আংশিক বিচ্ছিন্ন H বন্ধনী নিয়ে গঠিত সক্রিয়ভাবে প্রতিলিপি গঠনে নিয়োজিত DNA কে বলা হয় Replication fork বা প্রতিলিপিকরণ শলাকা (চিত্র-4.4)।

ii) প্রতিলিপি গঠন ঃ একতন্ত্রী DNA কে ছাঁচ হিসাবে ব্যবহার করে অপত্য তন্ত্রীটি তৈরী হয় বলে সেটিকে সঙ্গতভাবেই প্রতিলিপি বলা হয়। প্রতিলিপি গঠনের জন্য দায়ী মুখ্য উৎসেচকটির নাম হল **পলিমারেজ**। এটিকে **DNA রেপ্লিকেজ** নামেও অভিহিত করা হয়। তবে এটির কাজ শুরু হবার আগে একটি ছোট RNA অণুর প্রয়োজন হয়। এই RNA কে বলে প্রাইমার RNA। এটি উৎপাদন করতে প্রাইমেজ নামক উৎসেচকের সহায়তা দরকার। রেপ্লিকেজ উৎসেচকের কাজ শুরু হয়ে গেলে প্রতিলিপি তৈরী হতে থাকে। মাতৃ DNA এর পরিপূরক নিউক্লিওটাইড পরপর সজ্জিত হয়ে তৈরী করে অপত্য DNA তন্ত্রী। অর্থাৎ মাতৃ DNA এর অ্যাডেনাইন (A) এর বিপরীতে অপত্য DNA তে থাইমিন (T) বা সাইটোসিনে (T) এর বিপরীতে অপত্য DNA তে গুয়ানিন (G) সজ্জিত হতে থাকে। এভাবে রেপ্লিকেশন Fork এর দুটি শলাকার বিপরীতে দুটি অপত্য DNA তন্ত্রী গঠিত হয়। শলাকাদ্বয়কে লক্ষ্য করলে দেখা যাবে যে একটি শলাকার প্রান্তভাগ 3'-OH নামে চিহ্নিত অর্থাৎ এই প্রান্তে ডিঅকসিরাইবোজ শর্করাটির 3 নম্বর কার্বন অণুর সাথে একটি -OH মূলক যুক্ত। অপর শলাকার ঐ একই শর্করার 5 নম্বর কার্বন অণুর সাথে যুক্ত আছে ফসফেট। তাই এটি 5'-P প্রান্তরূপে চিহ্নিত। প্রতিটি তন্ত্রীরই একপ্রান্ত যখন 3'-OHঅপর প্রান্ত তখন 5'-P প্রকৃতির। তন্ত্রীদ্বয় পরস্পরের পরিপূরক বা প্রতিচ্ছবিরূপে যদি কল্পনা করে নিতে পারি (যেমন আয়নায় ডান হাতকে বাম হাত ও বামকে ডানরূপে প্রতিভাত হয়) তাহলে এটা সহজেই বোঝা যায় যে তনত্রীদ্বয়ের মুক্ত প্রান্তদ্বয়ের মধ্যে একটি 3'-OH প্রান্তিক হলে অপরটি 5' P প্রান্তিক। শলাকার বিপরীতমুখে অবস্থাটা এর বিপরীত অর্থাৎ যেটি 3'-OH তন্ত্রী বলে আমরা দেখতে পাচ্ছি তার অন্য প্রান্তটি 5'-P শর্করাযুক্ত এবং যেটি 5' P বলে আমরা চিহ্নিত করলাম সেটির অপর প্রান্ত 3'-OH শর্করা যুক্ত (চিত্র 4.6)। গঠনের এই বৈশিষ্ট DNA প্রতিলিপিকরণ পদ্ধতিটি বুঝতে অত্যন্ত দরকারী। কেননা DNA রেপ্লিকেজ কাজ করে সর্বদা 3'-OH থেকে 5' P অভিমুখে। Fork এর যে তন্ত্রীটি 3'-OH মুক্ত প্রান্ত যুক্ত তার ক্ষেত্রে নতুন বা অপত্য DNA গঠন অবিচ্ছিন্নভাবে চলতে পারে কেননা এই তন্ত্রীটি তো 3' প্রান্ত থেকে 5' প্রান্তের দিকেই খুলছে। একে বলে অগ্রগামী তন্ত্রী বা **leading strand**। কিন্তু অপরতন্ত্রী 5' প্রান্ত থেকে 3' প্রান্তের দিকে খুলছে। অথচ রেপ্লিকেজ কাজ করবে 3' 3'অভিমুখে। তাই এটির প্রতিরূপ হিসাবে যে অপত্য DNA গঠিত হয় সেটি অবিচ্ছিন্ন হওয়া সম্ভব নয়। সেটির বিপরীতে অপত্য DNA তৈরী হয় খণ্ডে খণ্ডে। একে বলে পশ্চাদগামী বা **lagging strand** বিষয়টির আবিষ্কর্তার নাম অনুসারে এই খণ্ডকগুলির নাম হল ওকাজাকি খণ্ডক (Okazaki fragments)। ব্যাকটেরিয়ার ক্ষেত্রে প্রতিটি খণ্ডক কমবেশি 2000 নিউক্লিওটাইড দিয়ে তৈরী হয়। এই খণ্ডকগুলি পরে DNA-লাইগেজ-নামক উৎসেচকের সাহায্যে জোড়া লেগে যায়। এইভাবে একদিকে অবিচ্ছিন্ন তন্ত্রী (continuous strand) এবং অপরদিকে ওকাজাকি খণ্ডক দ্বারা গঠিত বিচ্ছিন্ন তন্ত্রী (discontinuous strand) এর গঠন DNA টির দৈর্ঘ্য বরাবর সম্পূর্ণ হলে DNA এর প্রতিলিপি গঠিত হয়ে যায়। DNA দ্বিতন্ত্রীকে মাতৃ DNA এর ন্যায় সম্পূর্ণতা অর্জন করতে গেলে অপত্য ও মাতৃ নিউক্লিওটাইডের মধ্যে H- বন্ধনীযুক্ত হওয়া ছাড়াও আর দুটি কাজ বাকী থাকে। এর মধ্যে একটির কথা আগেই আলোচিত হয়েছে। সেটি হল Okazaki খণ্ডকগুলির লাইগেজ উৎসেচকের সাহায্যে জোড়া লাগা। অপরটি হল অপত্য খণ্ডকগুলির পূর্বসূরী প্রাইমার RNA কে অপসারিত করা। এই কাজটি করে **RNAse H** নামক উৎসেচক (চিত্র -4.7)।

iii) বৃত্তাকার DNA এর উভমুখী দ্বিত্বকরণ : আগেই আমরা জেনেছি যে ব্যাকটেরিয়ার DNA বৃত্তাকার, সুতরাং বা Ori C বিন্দুতে H বন্ধনী ছিন্ন হবার ফলে যে প্রতিলিপিকরণ শলাকা বা Replication fork গঠিত হয় তার অভিমুখ এই বিন্দু থেকে উভয় দিকে প্রসারিত (চিত্র-4.8)। প্রতিলিপি গঠিত হতে থাকে এই দুই দিক বরাবর একই সাথে যতক্ষণ না অন্তিম বিন্দু বা Terminus এ এসে fork 'এর মুখ দুটি পরস্পরের সাথে মিলিত হয়।

iv) অন্তিম পর্যায় : টারমিনাস বিন্দুটিকে ter সংকেত দিয়ে আমরা চিহ্নিত করতে পারি। ব্যাকটেরিয়ার জিনোমের প্রতিলিপিকরণ Ori C তে শুরু হয়ে দুই দিকে যদি একই দ্রুততার সাথে এগুতে থাকে তাহলে গাণিতিক নিয়মে টারমিনাস বিন্দুর অবস্থান Ori C বিন্দুর ঠিক বিপরীতে হতে পারে (চিত্র 4.8) । তবে কার্যত তা না হয়ে এক দিকের fork সংক্ষিপ্ত ও অপর fork দীর্ঘতর DNA তৈরী করল এমনও হয়। তবে DNA তৈরী হওয়া অবশ্যই শেষ হয় টারমিনাসে। *E. Coli* তে চারটি টারমিনাস থাকে ter A, B, C, D। দুইদিকে একই সাথে প্রতিলিপি গঠিত হতে থাকায় অপত্য DNA গঠন প্রক্রিয়ার মাঝামাঝি দশার DNA দেখতে হয় গ্রীক অক্ষর থিটার (φ) মত। বিজ্ঞানী জন কেয়ারনস (John Cairns) হাইড্রোজেনের বিকিরক ভারী আইসোটোপ ^{3}H এর উপস্থিতিতে ব্যাকটেরিয়ার DNA প্রতিলিপি গঠনের পদ্ধতিটি দেখিয়েছেন নবগঠিত DNA তে বিকিরক ^{3}H থেকে আগত বিচ্ছুরণ ফটোগ্রাফির ফিল্মের উপর সেটির গঠন প্রতিরূপের ছাপ রেখে যায়। এই পদ্ধতিকে বলে অটোরেডিওগ্রাফি। এভাবে DNA এর ছবি তুলে দেখা গেল (i) DNA এর গঠন বৃত্তাকার (ii) প্রতিলিপি গঠনের মধ্যাবস্থায় DNA φ আকৃতির যা প্রমাণ করে যে অপত্য DNA গঠনের অভিমুখ replication fork এর উভয় দিকে প্রসারিত iii) দুটি fork যখন বা যে বিন্দুতে পরস্পরের সাথে মিলিত হয় সেই বিন্দুতেই প্রতিলিপিকরণের অবসান ঘটে এবং দুটি অপত্য DNA পরস্পর বিচ্ছিন্ন হয়ে যায়। চিত্র - 4.8-এ এই পর্যবেক্ষণের চিত্ররূপ দেখানো হয়েছে।

অনুশীলনী - 2

1. নীচে প্রদত্ত উৎসেচকগুলির নামের পাশে প্রতিলিপি গঠনে তাদের ভূমিকাগুলি লিখুন :

   (i) RNA প্রাইমেজ _____

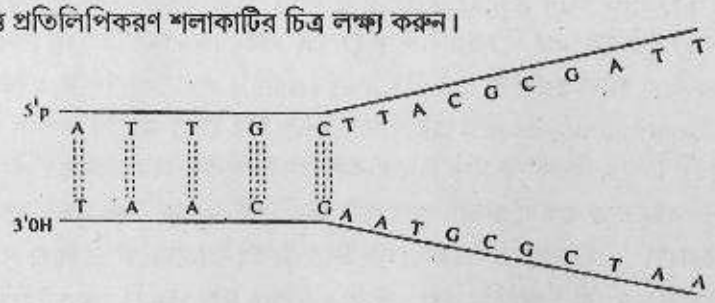
   (ii) টোপোআইসোমারেজ _____

   (iii) DNA লাইগেজ _____

   (iv) DNA পলিমারেজ _____

   (v) একতন্ত্রী বন্ধনকারী প্রোটিন _____

2. নীচে প্রদত্ত প্রতিলিপিকরণ শলাকাটির চিত্র লক্ষ্য করুন।



এবার নীচের সমস্যাগুলি সমাধানের চেষ্টা করুন ঃ

(i) তন্ত্রীদ্বয়ের মধ্যে কোনটি leading এর কোনটি lagging ?

(iii) Leading তন্ত্রী বরাবর একটি অপত্যতন্ত্রী গঠন করেন।

(iii) Lagging তন্ত্রী বরাবর অভিমুখ চিহ্নিত করে অন্ততঃ দুটি ওকাজাকি খন্ডক তৈরী করুন।

4.4 প্লাজমিড (Plasmid) ঃ

ব্যাকটেরিয়া ও আর্কিয়া কোষে ক্রোমোজোম ছাড়াও 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। কোষে এদের উপস্থিতি সত্ত্বেও এরা যেমন কোষের একান্ত আবশ্যিক কোন ধর্মের জন্য দায়ী নয় তেমনই এদের অভাবে কোষ ধ্বংসপ্রাপ্ত হয় না। এই DNA কে প্লাজমিড্ বলে (চিত্র 4.9) । তবে প্লাজমিড কখনও কখনও কিছু জিন্ বহন করে যারা অনুপূরক (supplement) হিসাবে কাজ করে। এই অনুপূরক ধর্মই যখন কোষের বাঁচার জন্য একান্ত প্রয়োজন হয়ে পড়ে তখন প্লাজমিডের কার্যকারিতা জীবনদায়ী সাব্যস্ত হতেও পারে। যেমন জীবানুনাশক প্রতিরোধ (antibiotic resistance) বা ধাতু প্রতিরোধ (metal resistance)। উদাহরণ স্বরূপ - একটি ব্যাকটেরিয়া সাধারণভাবে বেঁচে থাকার সকল গুনাগুন আছে কিন্তু পেনিসিলিনের উপস্থিতিতে ধ্বংসপ্রাপ্ত হয়। এই রকম ব্যাকটেরিয়া যদি একটি পেনিসিলিন প্রতিরোধা প্লাজমিড সংগ্রহ করে নিতে পারে তা হলে পেনিসিলিনের উপস্থিতিতেও ব্যাকটেরিয়াটি জন্মাতে পারবে। এই পরিস্থিতিতে শুধু একটি গুণই বেঁচে থাকার জন্য একান্ত প্রয়োজন যা কিনা অনুপূরক হিসাবে প্লাজমিডের কাছ থেকে আসবে। বর্ত্তমানে নানান অ্যানটিবায়োটিকের বহুল ব্যবহারের জন্য বহু রোগজীবানুর মধ্যে জীবানুনাশক প্রতিরোধী প্লাজমিড দেখা যায়। প্রতিকূলতা কাটিয়ে ওঠার জন্য একটি ব্যাকটেরিয়া অন্য একটি ব্যাকটেরিয়ার থেকে প্লাজমিড সংগ্রহ করে নিতে পারে। প্লাজমিডের কাজ অনুযায়ী এদের ভাগ করা হয়। যেমন যে প্লাজমিড F - পিলি তৈরীতে অনুপূরক হিসাবে কাজ করে তাকে **F - প্লাজমিড** (fertility plasmid) বলে। অ্যানটিবায়োটিকের 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 জীবানুটি এনটেরোটকসিন্ (অধিবিষ) তৈরী করতে পারে তখন সংক্রামক হয়ে ওঠে। এই এনটেরোটকসিনের জন্যই রোগের উপসর্গ দেখায়। Agrobacterium (অ্যাগ্রোব্যাকটেরিয়াম) এ Ti প্লাজমিড থাকার জন্য সংক্রামিত গাছের ক্রাউন গল টিউমার (crown gall tumor) হয়ে থাকে।

প্লাজমিড DNA আকারে ছোট হওয়ার জন্য খুব সহজেই কোষ থেকে আলাদা করা যায়। এমনকি এর থেকে কিছু অংশ কেটে বাদ দিয়ে অন্য কোন জিনের DNA জোড়া লাগিয়ে আবার ব্যাকটেরিয়াতে প্রবেশ করিয়ে দিলে জোড়া লাগান জিনটি কোষের মধ্যে পূর্ণমাত্রায় কাজ করতে সক্ষম হয়। এইভাবে এক কোষ থেকে DNA কেটে অন্য কোষের DNA তে জোড়া দেওয়ার পদ্ধতিকে বলে জীন প্রযুক্তি (genetic engineering) এইভাবে সৃষ্ট পুনঃ সংযুক্ত DNA এর ব্যবহারিক তাৎপর্য অনেক। স্থানান্তরে সে আলোচনা করা যাবে।

4.5 রাইবোজোম (Ribosomes) ঃ

রাইবোজোম কোষের ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র অঙ্গানু যা একক পর্দাবৃত নয়। ব্যাকটেরিয়া, আর্কিয়া ও ইউক্যারিয়া সকল ধরনের কোষে রাইবোজোম থাকে। এদের সংখ্যা কমপক্ষে কোষ প্রতি দশ হাজার। ইউক্যারিয়া কোষে রাইবোজোমের সংখ্যা আরও বেশী। রাইবোজোম কোষের প্রোটিন তৈরীর আধারস্থল। সক্রিয় রাইবোজোম দুটি অধঃএককের (sub-unit) সমন্বয়ে তৈরী হয়। প্রতিটি অংশ প্রধানত RNA ও প্রোটিন দিয়ে গঠিত। রাইবোজোম 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 অধঃক্ষেপন (sedimentation) বলে।

ব্যাকটেরিয়া ও আর্কিয়ার রাইবোজোমের অধঃক্ষেপন তুল্যাঙ্ক হল 70s এবং এটি তৈরী হয় একটি 30S ও একটি 50S অধঃএককের সমন্বয়ে। অধঃএককের মিলিত অধঃক্ষেপন তুল্যাঙ্ক হ্রাস পাওয়ার ফলে তা হয় 70'S' (চিত্র -4.10)। 30S অধঃএককটি তৈরী হয় 21 টি প্রোটিন ও একটি 16S rRNA দিয়ে। 50S অধঃএককটি 34 টি 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 ইউক্যারিওটের অঙ্গাণু মাইটোকন্ড্রিয়া ও প্লাসটিডের উৎপত্তি হয়েছে ব্যাকটেরিয়া থেকে। বিজ্ঞানীরা তার নানান কারণ দেখিয়েছেন তার মধ্যে এটি গুরুত্বপূর্ণ যে - এই দুই অঙ্গানুতে যে রাইবোজোম থাকে তা ব্যাকটেরিয়ার মত 70S রাইবোজোম।

4.6 অন্তঃরেণু (Endospore) ঃ

অল্প কিছু সংখ্যক ব্যাকটেরিয়া বংশবৃদ্ধির জন্য অযৌন রেণু তৈরী করে থাকে যেমন অ্যাকটিনোমাইসেটস্ (Actinomycetes)। তবে অন্তঃরেণুর সঙ্গে জননের সম্পর্ক নেই। কিছু ব্যাকটেরিয়ায় অন্তঃরেণু গঠিত হয় প্রতিকূল পরিবেশে জীবনরক্ষার তাগিদ থেকে। যেমন ব্যাসিলাস *(Bacillus)* ও ক্লসট্রিডিয়াম *(clostridium)*। প্রতিকূল পরিবেশ বলতে বোঝায় জল ও খাদ্যের অভাব। পূর্ণতাপ্রাপ্ত অন্তঃরেণুতে দুইটিপ্রাচীর থাকে। প্রাচীর দ্বয়ের সাহায্যে অন্তঃরেণু অতিমাত্রায় তাপ ও রাসায়নিকের প্রভাব থেকে অন্তঃস্থ জীনোমটিকে বাঁচিয়ে রাখে। অন্তঃরেণু শুষ্ক অবস্থায় বহুদিন বাঁচতে পারে এমনকি হাজার হাজার বছর ধরে। আবার ফুটন্ত জলে একঘন্টা রাখার পরও ক্লষ্ট্রিডিয়ামের অন্তঃরেণু অপরিবর্ত্তিত থাকে।

অন্তঃরেণু তৈরী হওয়ার সময় কোষপর্দা কোষের ভেতরের দিকে বৃদ্ধি পেয়ে তৈরী করে প্রাক অন্তঃরেণু বা Forespore এর আগেই অবশ্য ব্যাকটেরিয়া জিনোমের একটি প্রতিলিপি (copy) ঐ অংশে প্রবেশ করে। পরে এই Forespore এর চারপাশে বহুস্তরে পেপটিডোগ্লাইকানের প্রাচীর তৈরী শুরু হয় (চিত্র 4.11) এবং জিনোমের চারপাশে ক্যালসিয়াম ডিপিকোলিনেট নামক একটি যৌগ জমা হয়। প্রারম্ভ রেণু তৈরী হওয়ার সময় ক্যালসিয়াম এর অভাব হলে ব্যাকটেরিয়া যে অন্তঃরেণু গঠন করে সেটি বেশি তাপমাত্রা সহ্য করতে পারে না কারণ যথেষ্ট পরিমানে ক্যালসিয়াম ডিপিকোলিনেট জমা হতে পারে না। অন্তঃরেণু তৈরী হওয়ার সময় আর একটি বিশেষ ঘটনা ঘটে। সেটি হল শুধু সিস্‌টিন্ (cystine) নামক অ্যামিনো অ্যাসিড দিয়ে তৈরী পলিপেপটাইড জমা হতে দেখা যায়। স্পোর তৈরী হওয়ার পর মাতৃকোষ থেকে বেরিয়ে আসতেও পারে বা নাও আসতে পারে। অধিকাংশ ক্ষেত্রেই মাতৃকোষের অংশবিশেষকে রেণুলগ্ন অবস্থায় পাওয়া যায়। অন্তঃরেণু কি জনন রেণু? এর উত্তর হল - কখনই নয়। কেন না জননে অপত্য জনুর বংশধর সৃষ্টি হয়। এক্ষেত্রে অন্তরেণু অঙ্কুরিত হয়ে পূর্বতন জনিতৃ জনুর ব্যাকটেরিয়া কোষেরই পুনরুৎপাদন ঘটায়। দ্বিতীয়তঃ বংশবৃদ্ধির মূল লক্ষ্য যা অর্থাৎ আপন প্রজাতির সংখ্যাবৃদ্ধি সেই উদ্দেশ্যও এখানে সাধিত হয় না। যেহেতু একটি অন্তঃরেণু অঙ্কুরিত হয়ে একটিই অঙ্গজ কোষ গঠিত হয়। অতএব অন্তঃরেণু হল একটি অঙ্গজ গঠন যা ব্যাকটেরিয়ার কোষে প্রতিকূলতা কাটিয়ে ওঠার উপায় রূপে সৃষ্টি হয়ে থাকে।

> প্রান্তলিপি : ফোটানো জল থেকেও যে আন্ত্রিক রোগ হতে পারে তার কারণ হয় অপরিবর্তিত অন্তঃরেণু, একাধিক সংক্রামক জীবাণু অন্তঃরেণু তৈরী করতে সক্ষম। ফুটন্ত জলে (100°C) এদের মধ্যে অধিকাংশই সক্ষমতা বজায় রাখে এই কারণে ফোটানো জল মানেই জীবাণুমুক্ত জল এমন মনে করার কারণ নেই। দেখা গেছে ফুটন্ত জলে টানা 10/10 মিনিট রাখলে অন্তঃরেণু সক্ষমতা হারায়। তাই ফুটন্ত অবস্থায় অন্ততঃ 10/15 মিঃ রেখেই জলকে জীবাণুমুক্ত করতে হয়। জীবাণু মাপক অর্থাৎ ক্লোরিন (cl) ইত্যাদি অন্তঃরেণুকে প্রভাবিত করতে পারে না। এই কারণে যথার্থভাবে জীবাণুমুক্ত পদার্থ পেতে গেলে সেটিকে উচ্চচাপে (15 p.s.i) বাষ্প দ্বারা 15 মিনিট রাখা হয়। যে যন্ত্রে এই ব্যবস্থা করা হয় তাকে বলে অটোক্লেভ। এভাবে বাষ্পের কার্যকরী তাপমাত্রা দাঁড়ায় 121°C এবং এই তাপমাত্রায় কোন জীবাণুর অন্তঃরেণুই বেঁচে থাকে না।

4.7 ব্যাকটেরিয়ার সঞ্চিত খাদ্য ও কোষমধ্যস্থ অজৈব পদার্থ (Storage and inclusion) :

ব্যাকটেরিয়া কখনও কখনও ভবিষ্যতে ব্যবহারের জন্য কিছু অজৈব যৌগ কোষের সাইটোপ্লাজমে জমা করে। এই সঞ্চিত বস্তু সাইটোপ্লাজমে দ্রবীভূত হয় না। কিছু ব্যাকটেরিয়া পলিফস্‌ফেট (polyphosphate) এর দানা সঞ্চয় করে রাখে (চিত্র : 4.12)। এই পলিফস্‌ফেট থেকে ফস্‌ফেট নিয়ে প্রয়োজনে তারা ATP তৈরী করে। এই পলিফস্‌ফেটকে ভলিউটিন দানা বা মেটাক্রোমাটিক দানা (Volutin বা metachromatic granules) বলে।

ব্যাকটেরিয়া নানান ধরনের কার্বন ঘটিত যৌগ সঞ্চিত করে রাখে তার মধ্যে বিশেষ উল্লেখ যোগ্য পলি -β- হাইড্রোক্সিবিউটাইরিক অ্যাসিড (Poly - β hydroxybutyric acid/PHB)। এই PHB ইউক্যারিয়ার কোষে কখনই সঞ্চিত হয় না। এর বৈশিষ্ট প্লাসটিক ধর্মী তাই জৈব প্লাসটিকরূপে এটি বিজ্ঞানীমহলে ঔৎসুক্যের সঞ্চার করেছে। অনেক ব্যাকটেরিয়াই কম বেশী PHB জমা রাখে অসময়ে খাদ্যরূপে কাজে লাগানোর জন্য। কোষের

মধ্যে PHB জমা দেখান হয়েছে নীচের চিত্রে (4.13) । কোন কোন ব্যাকটেরিয়ার মধ্যে সালফার মৌল জমতে দেখা যায় বিশেষতঃ কিছু সালোকসংশ্লেষকারী ব্যাকটেরিয়ার মধ্যে।

অনুশীলনী - 3

1. নীচে প্রদত্ত সারণিদ্বয়কে যথাযথভাবে মেলান ঃ

i)	Ca - ডিপিকেলিনেট	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 বৈশিষ্ট দেখিয়ে ব্যাকটেরিয়ার প্লাসমিড ও ক্রোমোজোমাল DNA এর মধ্যে পার্থক্য নির্ণয় করুন। ঃ

	ক্রোমোজোমাল DNA	প্লাসমিড DNA
1.		
2.		
3.		

4.8 সারাংশ ঃ

ব্যাকটেরিয়ার কোষীয় 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। কোষের দৈর্ঘ্যের তুলনায় DNA এর দৈর্ঘ্য কিন্তু অনেক বেশি - E.coli এর ক্ষেত্রে প্রায় 500 গুণ বেশি। DNA টি অতিমাত্রায় প্যাঁচালো বা Supercoiled অবস্থায় থাকে বলে সেটি কোষের মধ্যে সামান্য স্থান অধিকার করে থাকে। ইউক্যারিওটিক DNA এর ন্যায় এরও প্রতিলিপি তৈবী 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 ব্যাকটেরিয়ার একধরনের অতিরিক্ত DNA থাকে, যাকে বলে প্লাসমিড, প্লাসমিড যদিও জীবনধারনের জন্য আবশ্যিক নয় তবু অ্যান্টিবায়োটিক প্রতিরোধ, সংশ্লেষ বা Conjugation ইত্যাদি বৈশিষ্ট প্লাসমিড দ্বারাই নিয়ন্ত্রিত হয়। রাইবোজোম হল প্রোটিন সংশ্লেষের আধারস্থল। ব্যাকটেরিয়ার রাইবোজোম 70S প্রকৃতির যার অধঃএককদ্বয় যথাক্রমে 50S ও 30S প্রকৃতির হয়। প্রতিকূল দশা কাটানোর জন্য একাধিক ব্যাকটেরিয়া গঠন করে অন্তঃরেণু যা অতিমাত্রায় তাপসহকারী। এছাড়া কোষে থাকে সঞ্চিত খাদ্য যার মধ্যে পলিফসফেট দানা ও পলি β- হাইড্রোক্সিবিউটাইরেট দানা উল্লেখ্য।

4.9 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী ঃ

1. ব্যাকটেরিয়া নিউক্লিয়য়েড এর গঠন বর্ণনা করুন। অর্দ্ধরক্ষণশীল প্রতিলিপিকরণ বলতে কি বোঝায় তা একটি পরীক্ষার সাহায্যে বিবৃত করুন।
2. প্লাসমিড কি? ব্যাকটেরিয়ায় প্লাসমিডের উপস্থিতির গুরুত্ব কি?
3. টীকা লিখুন ঃ

   i) অন্তঃরেণু, ii) রাইবোজোম, iii) ব্যাকটেরিয়া ক্রোমোজোমের আকৃতি, iv) ব্যাকটেরিয়ার সঞ্চিত খাদ্য।

4.10 উত্তরমালা ঃ

অনুশীলনী - 1

1. (i) ভুল, (ii) ঠিক, (iii) ঠিক, (iv) ভুল, (v) ভুল

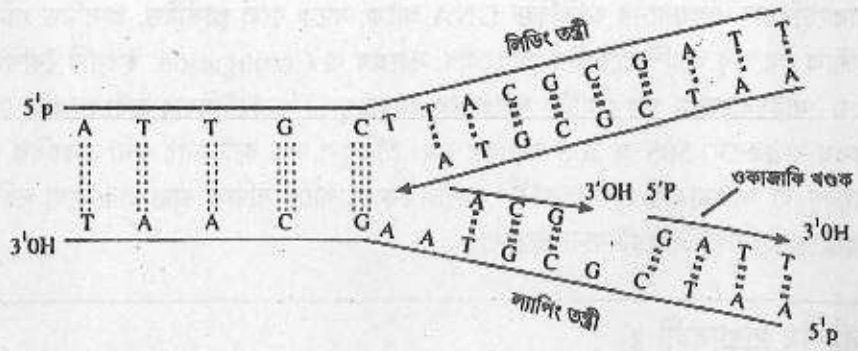
2.

A	T	T	G	C	A	A	T	C	G
T	A	A	C	G	T	T	A	G	C

অনুশীলনী - 2

1. (i) RNA প্রাইমার অণু গঠন করে।
   (ii) DNA কে একতন্ত্রী করতে সাহায্য করে।
   (iii) ওকাজাকি খণ্ডকগুলিকে জোড়া লাগায়।
   (iv) অপত্য DNA সংশ্লেষিত করে।
   (v) DNA এর একতন্ত্রী দশা বজায় রাখে।

2. (i)



অনুশীলনী - 3

1. (i)_____ (c)
   (ii)_____(e)
   (iii)_____(a)
   (iv)_____ (b)
   (v)_____(d)

2.

ক্রোমোজোমাল DNA	প্লাসমিড DNA
1. দীর্ঘ এবং কোষের আবশ্যিক কার্যগুলির জন্য জন্য দায়ী ।	1. ক্ষুদ্র এবং কোষের পক্ষে সাধারণরভাবে অত্যাবশ্যকীয় নয়।
2. বংশগতির ধারক ও বাহক	2. কয়েকটি বিশেষ বৈশিষ্ট যেমন অ্যান্টিবায়োটিক প্রতিরোধ, F-পিলিগঠন অধিবিষ তৈরী ইত্যাদির জন্য দায়ী।
3. সব ব্যাকটেরিয়ার উপাদান	3. সমস্ত ব্যাকটেরিয়ার উপাদান নয়।

অন্তিম প্রশ্নাবলী :

1. ব্যাকটেরিয়ার DNA এর ভৌত গঠন বলুন, অতি প্যাঁচালো বা Supercoiled হবার যৌক্তিকতা উল্লেখ করে *E. Coli* এর Supercoiled DNA চিত্রটি আঁকুন (চিত্র 4.3), তারপর DNA এর রাসায়নিক গঠন সংক্ষেপে বিবৃত করুন।

   দ্বিতীয় অংশের জন্য মেসেলসন -স্টাহ্‌লের পরীক্ষাটি চিত্রসহ বিবৃত করুন।

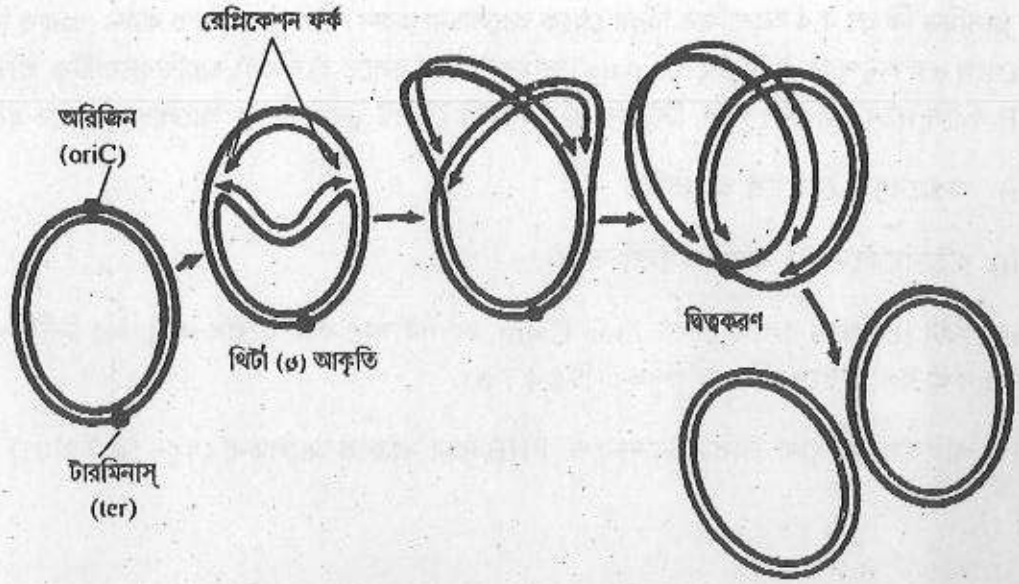
2. প্লাসমিড কি তা 4.4 অংশাঙ্কিত বিষয় থেকে আলোচনা করুন। চিত্র সংযোজিত করুন। গুরুত্ব লিখতে গেলে এর অনুপূরক (supplementary) ভূমিকার কথা বলতে হবে এবং অ্যান্টিবায়োটিক প্রতিরোধ, F- পিলি গঠন, অধিবিষ গঠন, টিউমার গঠন ইত্যাদি বৈশিষ্ট উদাহরণ সহ আলোচনা করতে হবে।

3. i) অন্তঃরেণু 4.6 অংশে আলোচিত

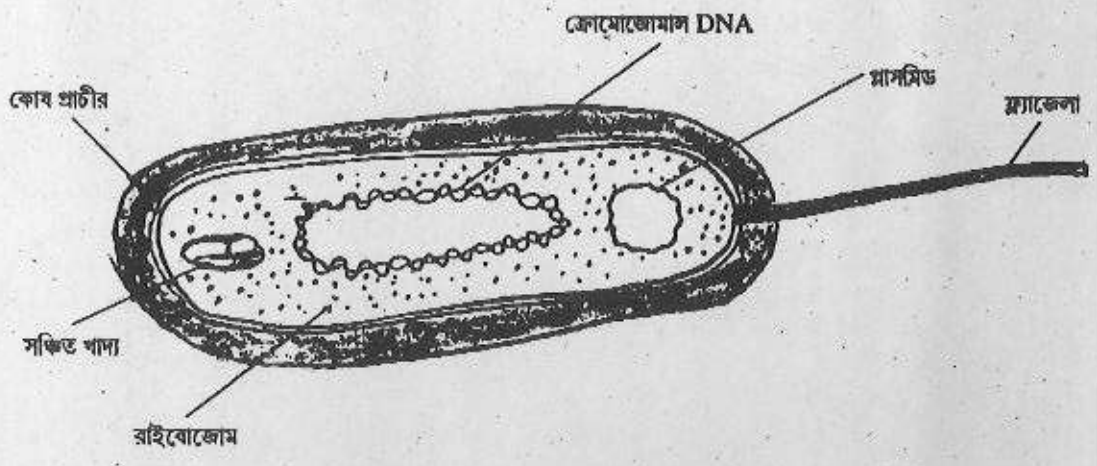
   ii) রাইবোজোম 4.5 অংশে আলোচিত

   iii) থিটা (θ) গঠন বলতে গেলে Jhon Cairn এর পরীক্ষার কথা উল্লেখ করে তাঁর নিরীক্ষাগুলির কথা বলতে হবে। চিত্র আবশ্যক। (চিত্র 4.7 b)

   iv) পলিফসফেট দানা, ভলিউটিন দানা ও PHB দানা সংক্রান্ত আলোচনা দেখুন (4.7 অংশ)



চিত্র নং 4.8 : DNA প্রতিলিপিকরণে সময় থিটা আকৃতি। OriC প্রতিলিপিকরণ শুরু হয় এবং দুই দিকেই ত্রগুতে থাকে সমান দ্রুততায় যতক্ষণ না শেষ হয় এবং দুটি নতুন DNA তৈরী হয়। উভমুখী প্রতিলিপিকরণ শলাকা OriC বিন্দু থেকে ter বিন্দুতে পৌঁছানোর সঙ্গে সঙ্গে নবগঠিত অপত্য DNA দ্বয় বিচ্ছিন্ন হয়ে যায়।



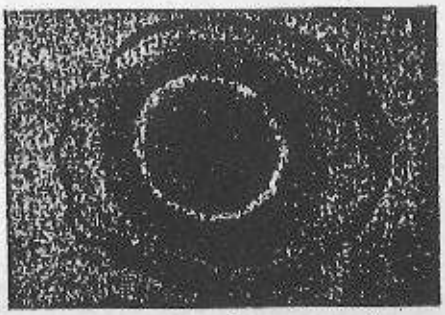
চিত্র নং 4.9 : প্লাজমিড : একটি আদর্শ ব্যাকটেরিয়া কোষে

রাইবোজোম
(70S)

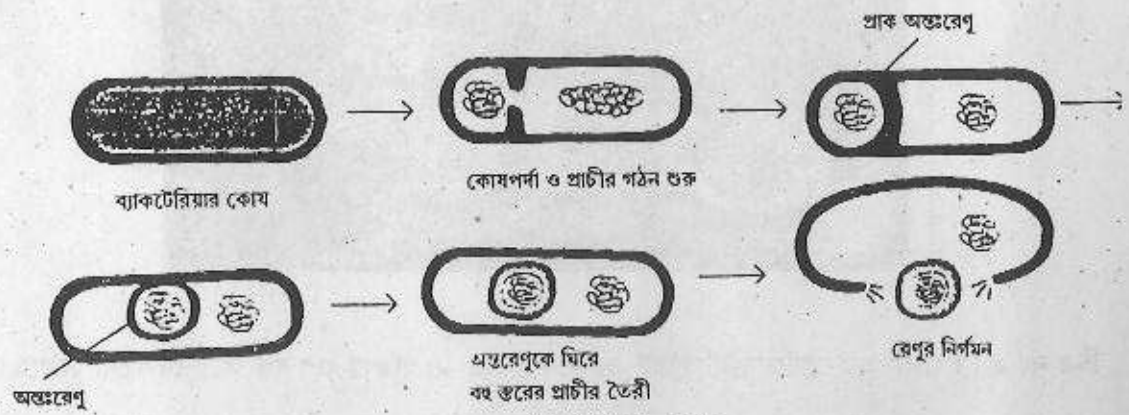
বৃহত্তর অধঃএকক (50S)
34 টি প্রোটিন
23s rRNA
5s r RNA

ক্ষুদ্রতর অধঃএকক
(30S)
21 টি প্রোটিন
16s rRNA

চিত্র নং 4.10 : ব্যাকটেরিয়ার রাইবোজোম

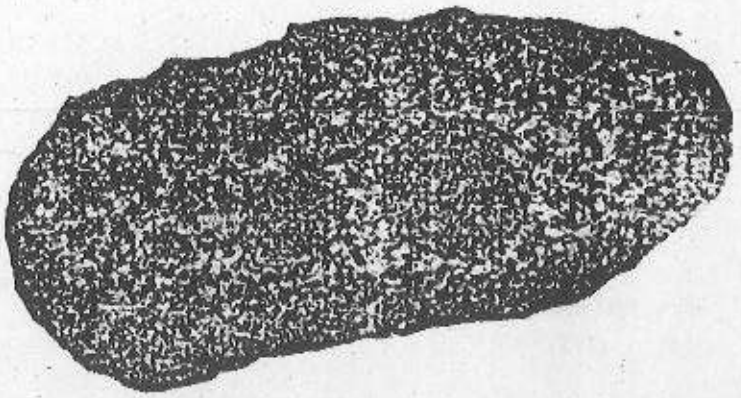


(a) *Bacillus Sp.* এর অন্তঃরেণু

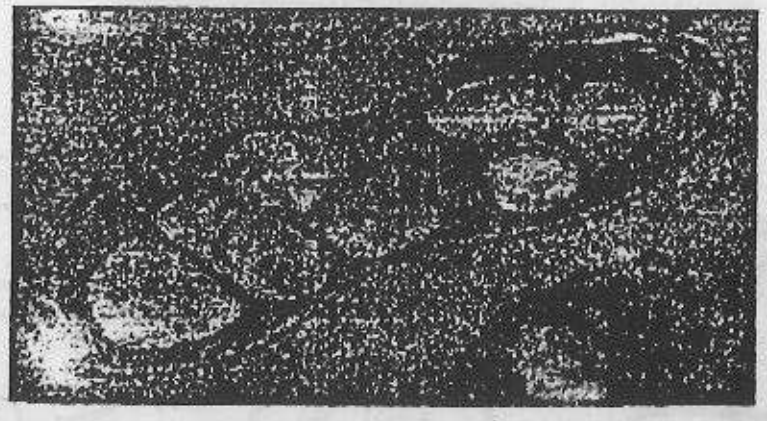


(b) অন্তঃরেণু তৈরীর বিভিন্ন পর্যায়

চিত্র নং 4.11 : (a) ব্যাকটেরিয়ার অন্তঃরেণু; (b) অন্তঃরেণু তৈরীর বিভিন্ন পর্যায়।



চিত্র নং 4.12 : ব্যাকটেরিয়া কোষের মধ্যে সঞ্চিত পলিফসফেটের দানা।



চিত্র নং 4.13 : পলিহাইড্রোক্সিবিউটাইরেট এর দানা। প্রায় 40 হাজার গুণ বড় করে দেখানো হয়েছে।

একক 5 □ ব্যাকটেরিয়ার শ্রেণীবিভাগ

গঠন

5.1 প্রস্তাবনা

উদ্দেশ্য

5.2 জীবজগৎ-এর শ্রেণীবিভাগ

5.3 অণুজীব সমূহের শ্রেণীবিভাগ

5.4 আধুনিক দৃষ্টিভঙ্গি

5.4.1 সংখ্যাভিত্তিক শ্রেণীবিভাগ

5.4.2 DNA ক্ষার অণুপাত

5.4.3 DNA সংকরায়ন

5.5 ব্যাকটেরিয়ার জাতিজনিগত শ্রেণীবিন্যাস

5.5.1 ব্যাকটেরিয়ার শ্রেণীবিভাগ

5.5.2 আর্কিয়ার শ্রেণীবিভাগ

5.6 সারাংশ

5.7 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

5.8 উত্তরমালা

5.1 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 খৃষ্টাব্দ নাগাদ জীববিজ্ঞানীরা বিশ্বাস করতে শুরু করেন যে এই গোষ্ঠীটি অত্যন্ত মিশ্র প্রকৃতির এবং ব্যাকটেরিয়া ও প্রোটোজোয়ার কোষীয় সংগঠনই ভিন্ন ভিন্ন রকমের। ফলে আদি ইনফিউসোরিয়া তিন ভাগে বিভক্ত হয়ে গেল ঃ

1) মেটাজোয়া ঃ বহুকোষী অমেরুদণ্ডী প্রাণী

2) প্রোটোজোয়া ঃ এককোষী প্রাণী

3) ব্যাকটেরিয়া ঃ কোষ প্রাচীর বিশিষ্ট এককোষী উদ্ভিদ।

কিন্তু অণুবীক্ষণ যন্ত্রের উন্নতি তথা জীবন বিজ্ঞানের উন্নতির সাথে সাথে দেখা গেল ব্যাকটেরিয়াকে উদ্ভিদের অন্তর্ভুক্ত করাটা একেবারেই অযৌক্তিক। বরং আণুবীক্ষনিক জীবদের নিয়ে তৃতীয় একটি জীবজগৎ এর কথা বললেন হিকেল (1886)। এই জগৎ এর নামকরন হল প্রোটিষ্টা এবং প্রোটোজোয়া, অলগি বা শৈবাল, ফানজাই বা ছত্রাক এবং ব্যাকটেরিয়াকে এই জগৎ এর অন্তর্ভুক্ত করা হল। এরও অনেক পরে 1969 খৃষ্টাব্দে R. H.

Whittaker প্রোটিস্টা থেকে ব্যাকটেরিয়া ও সায়ানোব্যাকটেরিয়াকে বিচ্ছিন্ন করে স্বতন্ত্র একটি রাজ্য মোনেরা প্রবর্ত্তিত করার কথা বলেন। বর্তমানকালের শ্রেণী বিন্যাস পদ্ধতি আরো অনেকটাই ভিন্ন।

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

5.2 জীবজগৎ এর শ্রেণীবিভাগ ঃ

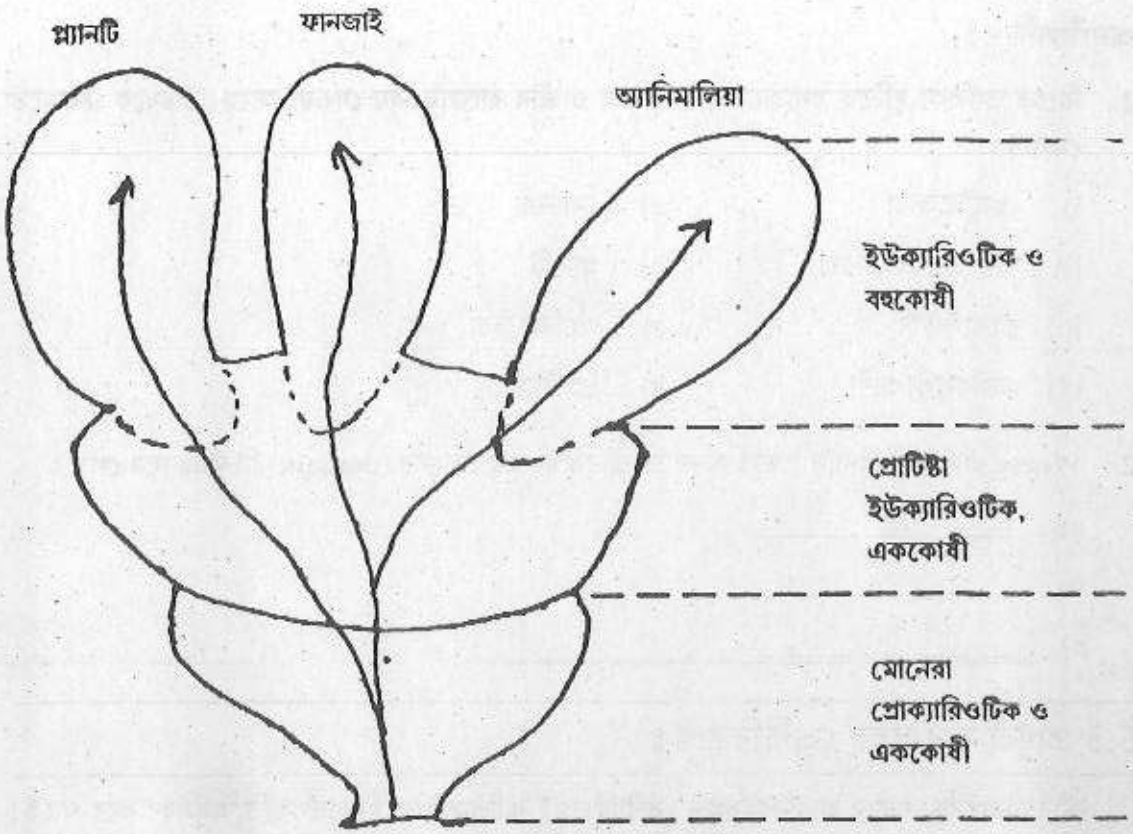
পূর্বেই বলা হয়েছে R. H. Whittaker (1969) জীবজগৎ এর একটি-শ্রেণীবিন্যাস করেন 5 টি রাজ্যে বিভক্ত।

1. **মোনেরা ঃ** প্রোক্যারিওটিক কোষবিশিষ্ট ব্যাকটেরিয়া ও সায়ানোব্যাকটেরিয়া এই রাজ্যের সদস্য।
2. **প্রোটিস্টা ঃ** ইউক্যারিওটিক কোষবিশিষ্ট আণুবীক্ষণিক জীব যথা শৈবাল, ছত্রাক এর অন্তর্গত। প্রোটোজোয়া জাতীয় প্রাণীও এই রাজ্যের সদস্য।
3. **ফানজাই ঃ** ইউক্যারিওটিক কোষবিশিষ্ট খালি চোখে দৃশ্যমান ছত্রাক।
4. **প্ল্যানটি ঃ** ব্রায়োফাইটা ও ট্রাকীওফাইটা এর অর্ন্তভুক্ত।
5. **অ্যানিমালিয়া ঃ** অমেরুদণ্ডী ও মেরুদণ্ডী প্রাণী।

এদের মধ্যে আর্ন্তসম্পর্ক চিত্র 5.1 'এ প্রদর্শিত হল (চিত্র 5.1)।

বর্ত্তমানে R. C. Woese (আর. সি. উস) এর মতবাদ অনুসারে জীবজগৎকে তিনভাগে ভাগ করা হয়েছে। 1)ব্যাকটেরিয়া; 2) আর্কিয়া; 3) ইউক্যারিয়া ।

এদের মধ্যে ব্যাকটেরিয়া ও আর্কিয়া উভয়েই প্রোক্যারিওটিক তবে কোষপ্রাচীর, কোষপর্দা ও রাইবোজোমের ভিন্নতা হেতু আর্কিয়াকে বিবর্তনের শাখায় ভিন্নভাবে উদ্ভুত একটি গোষ্ঠী হিসাবে কল্পনা করা হয়েছে। এই প্রতিটি ভাগকে বলা হয় এক একটি ডোমেন (domain) এবং ডোমেনগুলি আবার উপরিভাগে বিভক্ত। যেমন ব্যাকটেরিয়া ডোমেনটি 12 টি উপবিভাগে বিভক্ত। কিন্তু এগুলি সম্পর্কে জানার আগে প্রশ্ন জাগা স্বাভাবিক যে এই বিভাজ্যকরণের ভিত্তি কি? 5.5 অংশাঙ্কিত আলোচনা এ বিষয়ে আলোকপাত করা হয়েছে।



চিত্র নং 5.1 : হুইটেকার (1969) প্রবর্তিত জীবজগৎ এর শ্রেণীবিভাগ।

অনুশীলনী - 1

1. নীচের তালিকা দুটিতে যথাক্রমে জীবের নাম ও জীব রাজ্যের নাম দেওয়া আছে। উভয়কে ঠিকমতো মেলান ঃ

i)	প্রোটোজোয়া	a)	মোনেরা
ii)	সায়ানোব্যাকটেরিয়া	b)	প্ল্যানটি
iii)	ব্রায়োফাইটা	c)	অ্যানিমালিয়া
iv)	অমেরুদণ্ডী প্রাণী	d)	প্রোটিস্টা

2. Woese এর শ্রেণীবিন্যাস পদ্ধতি অনুসারে জীবজগৎ এর ডোমেন (domain) তিনটির নাম লেখ ঃ

a) _____

b) _____

c) _____

5.3 অণুজীব সমূহের শ্রেণীবিভাগ ঃ

জীব বিজ্ঞানের ধারায় আধুনিক সমস্ত শ্রেণীবিভাগই জাতিজনিগত বিন্যাসপদ্ধতি অনুসরণ করে থাকে। সেক্ষেত্রে বিভিন্ন শ্রেণীর বা Taxon এর মধ্যে পারস্পরিক সম্পর্ক এবং উদ্ভবসূত্র গুরুত্বপূর্ণ হয়ে দাঁড়ায়। অণুজীবদের শ্রেণীবদ্ধকরণে তাদের যে সমস্ত বৈশিষ্ট সম্পর্কে নিশ্চিত হতে হয় সেগুলি হল ঃ

a) বাহ্যিক অঙ্গসংস্থানিক বৈশিষ্ট্য ঃ যেমন কোষের আকার, আকৃতি, পরিমাপ, ফ্ল্যাজেলা ইত্যাদি।

b) কৃষ্টিগত বৈশিষ্ট্য ঃ কৃষ্টি মাধ্যমে বৃদ্ধির সময় তারা কি ধরনের বৈশিষ্ট প্রদর্শন করে যেমন তাপ, অলোক, অক্সিজেন ইত্যাদির চাহিদা।

c) জৈব-রাসায়নিক বৈশিষ্ট্য ঃ জৈব রাসায়নিক বিপাকীয় বৈশিষ্ট যেমন উৎপাদিত অ্যাসিড / গ্যাস, অ্যামাইনো অ্যাসিড এর চাহিদা, ভিটামিন এর চাহিদা ইত্যাদি।

d) অ্যান্টিজেনধর্মী বৈশিষ্ট্য ঃ বিশেষ ধরনের অ্যান্টিবডি'র উপস্থিতি সাপেক্ষে শ্রেণীবিভাগ।

e) আনবিক গঠন ঃ DNA এর ক্ষারের সজ্জাক্রম, G : C অণুপাত ইত্যাদি।

5.4 আধুনিক দৃষ্টিভঙ্গী

এ সমস্ত বৈশিষ্ট নির্ধারণ করতে গেলে যে পদ্ধতিগুলি অণুজীববিজ্ঞানীদের কাছে একান্ত জরুরী হাতিয়ার হয়ে দাঁড়ায় সেগুলি হল নিম্নরূপ।

5.4.1 সংখ্যাভিত্তিক শ্রেণীবিভাগ (Numerical Taxonomy) ঃ

মাইকেল অ্যাডানসন উনবিংশ শতাব্দীতে এই শ্রেণীবিন্যাস পদ্ধতি প্রবর্ত্তন করেন। যদিও উন্নততর জীবে এই পদ্ধতি সুপ্রযুক্ত নয় কিন্তু ব্যাকটেরিয়া তথা অণুজীবদের শ্রেণীবিভাগের জন্য এই পদ্ধতি গুরুত্বপূর্ণ। এই পদ্ধতিতে বহুসংখ্যক বৈশিষ্ট সমান গুরুত্ব দিয়ে পর্যবেক্ষণ করা হয় এবং দুটি জীবাণুর মধ্যে সম্পর্ক অর্থাৎ নিকটতা বা দূরবর্ত্তীতা নির্ধারণে এই বৈশিষ্টগুলির মধ্যে সংখ্যাগত মিল বা অমিলকে ভিত্তি বলে ধরা হয়।

5.4.2 DNA ক্ষার অনুপাত ঃ

দুটি ভিন্ন ভিন্ন জীবাণুর DNA-র মধ্যে সাদৃশ্য নির্ণয়ের আধারই হল তাদের ক্ষারগুলির (অর্থাৎ A, T, G এবং C) মধ্যে সাদৃশ্য। এর জন্য দুটি আলাদা জীবাণুর DNA সংগ্রহ করে তাপ প্রয়োগে তাদের একতন্ত্রী করে ফেলা হয়। এই তাপমাত্রাকে বলে গলনমাত্রা (meltingTemperature)। প্রথমতঃ দুটি সদৃশ ব্যাকটেরিয়ার গলনমাত্রা মোটামুটি একইরকম, দ্বিতীয়তঃ যেহেতু A ও T এর মধ্যে দুটি এবং G ও C এর মধ্যে দুটি H – bond বর্তমান তাই গলনমাত্রা (Tm) অবশ্যই G : C এর আনুপাতিক হারের প্রকাশ।

নীচের উদাহরণে লক্ষ্য করুন 5টি ভিন্ন ভিন্ন সূত্র থেকে প্রাপ্ত ব্যাকটেরিয়াকে G : C অণুপাতের উপর ভিত্তি করে কেমনভাবে একই গনের অর্ন্তভুক্ত করা হয়েছে।

সারণি -5.1 ঃ G : C অণুপাতের ভিত্তিতে Pseudomonas এর প্রজাতি।

গণ	প্রজাতি	পরীক্ষাকৃত নমুনার সংখ্যা	* G : C অণুপাত
Pseudomonas	*P. aeruginosa*	11	67.2 ± 1.1
	P. acidovorans	15	66.8 ± 1.0
	P. testosteroni	9	61.8± 1.0
	P. cepacia	12	67.6 ± 0.8
	P. putida	6	62.5 ± 0.9

* mole %

5.4.3 DNA সংকারয়ণ সংখ্যাভিত্তিক শ্রেণীবিভাগ (DNA hybridization) ঃ

দুটি ভিন্ন ভিন্ন সূত্রে প্রাপ্ত ব্যাকটেরিয়ার নমুনা থেকে DNA সংগ্রহ করে তাপ প্রয়োগে যদি সেগুলিকে খন্ডিত করে ফেলা যায় এবং তারপর মিশ্রিত করে স্বাভাবিক তাপমাত্রায় ফিরে আসতে দেওয়া যায় তাহলে সাযুজ্যের অণুপাতে DNA দ্বয়ের মধ্যে সংকরায়ণ ঘটবে। সাযুজ্য কম হলে সংকর DNA সৃষ্টির সম্ভাবনা কম। সাযুজ্য বেশি হলে সংকর DNA সৃষ্টির সম্ভাবনা বেশি।

অনুশীলনী - 2

1. শ্রেণীবিন্যাসের জন্য নিম্নলিখিত তথ্যগুলি কি ধরনের বৈশিষ্টের পরিচায়ক ?

   a) অক্সিজেন চাহিদা _____

   b) কোষের আকৃতি _____

   c) অ্যাসিড উৎপাদনের ক্ষমতা _____

   d) G : C অণুপাত _____

   e) অ্যান্টিবডির প্রকারভেদ _____

2. আধুনিক শ্রেণীবিন্যাসে অণুসৃত 3টি বৈশিষ্ট্য নির্ধারণকারী পদ্ধতির উল্লেখ করুন :

   a) _____

   b) _____

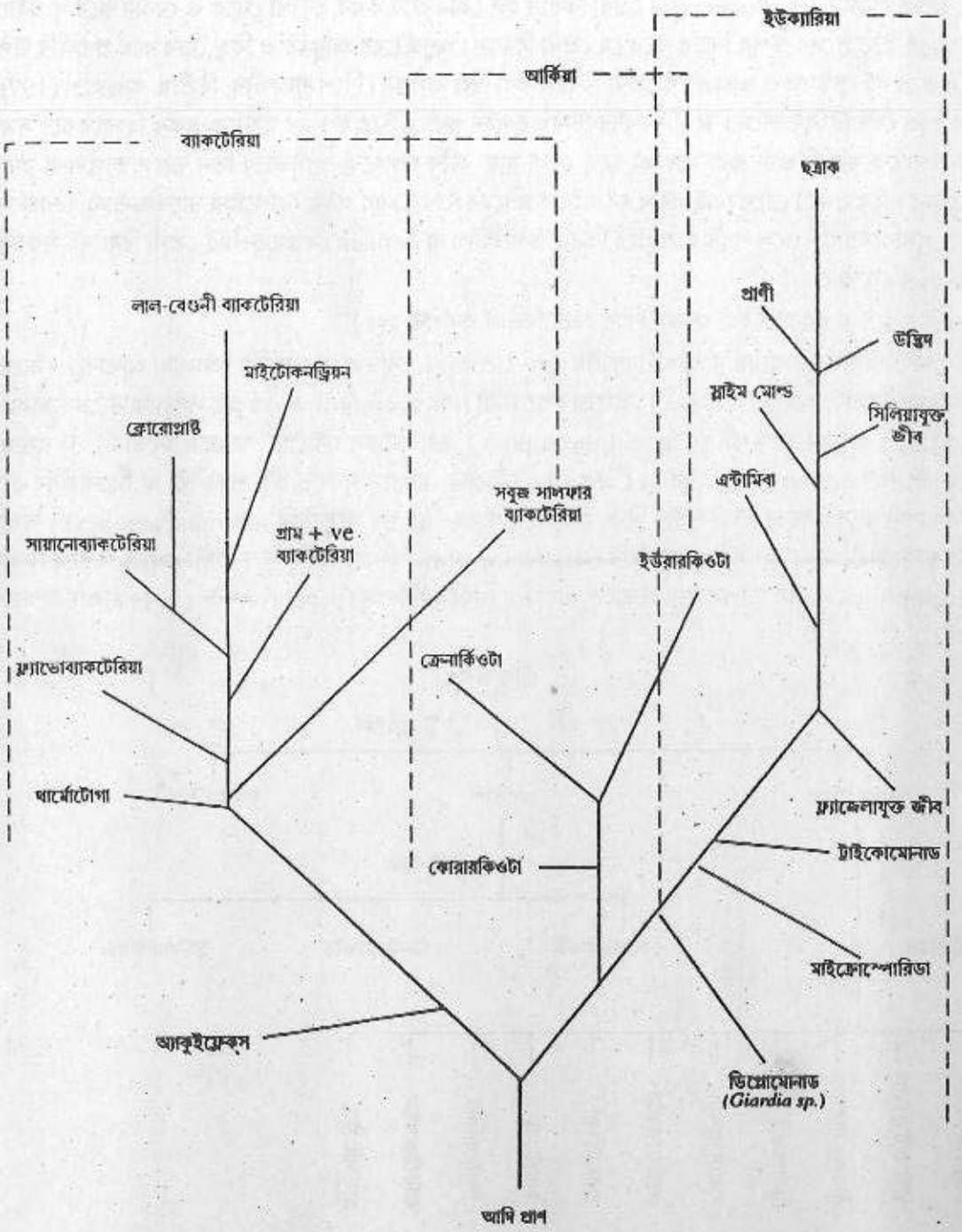
   c) _____

প্রান্তলিপি : ইউক্যারিওটিক কোষের মধ্যে মাইটোকনড্রিয়া ও ক্লোরোপ্লাস্ট নামক অঙ্গাণু দুটি উদ্ভব হয়েছে দুটি একান্তভাবে মিথোজীবি (endo symbiotic) প্রোক্যারিওটিক কোষ থেকে। নানান পরীক্ষালব্ধ জ্ঞান থেকে জানা গেছে যে স্বতন্ত্রজীববি মাইটোকনড্রিয়া লাল-বেগুনী ব্যাকটেরিয়ায় সর্বপ্রথম মিথোজীবিতা শুরু করে। স্বাভাবিকভাবে যা আর প্রোক্যারিওটিক থাকে না। এভাবে রূপান্তরিত কোষে মাইটোকনড্রিয়া স্বকীয়তা হারিয়ে অঙ্গাণু রূপে অস্তিত্ব বজায় রেখেছে এবং কোষটি পরিণত হয়েছে ইউক্যারিওটিক কোষে। উদ্ভিদের ক্লোরোপ্লাস্ট একই রকমভাবে কোন সায়ানো ব্যাকটেরিয়ার (বা নীল সবুজ শৈবাল) সদস্য থেকে উদ্ভুত। এখন কিছু বিজ্ঞানী ভাবছেন ইউক্যারিওটের যে নিউক্লিয়াস সেটাও হয়ত কোন মিথোজীবি জীব থেকে এসে থাকতে পারে - সে জীবটি কোন ব্যাকটেরিয়া অথবা অর্কিয়া অথবা কোন আদিম ইউক্যারিওটও হতে পারে।

5.5 ব্যাকটেরিয়ার জাতিজনিগত শ্রেণীবিন্যাস

বর্ত্তমানে ফাইলোজেনেটিক বা জাতিজনিগত শ্রেণী বিন্যাস পদ্ধতিতে জীব জগৎকে তিনটি প্রধান উপভাগে (domain) এ ভাগ করা হয়, যথাক্রমে 1) ব্যাকটেরিয়া, 2) আর্কিয়া (archaea) ও 3) ইউক্যারিয়া (eukarya)। এই তিনটি ভাগ শ্রেণী বিন্যাসের প্রথম স্তর। প্রতিটি ডোমেনকে আবার রাজ্যে (kingdom) ভাগ করা হয়। ব্যাকটেরিয়া উপভাগে 12টি রাজ্য আছে ও আর্কিয়া উপভাগে তিনটি রাজ্য আছে। প্রতিটি রাজ্যকে আবার বিভাগ (divisions) শ্রেণী (class), বর্গ, গোত্র, গন ও প্রজাতিতে ভাগ করা হয়।

চিত্র 5.2 তে জাতিজনিগত শ্রেণীবিন্যাস পদ্ধতি অনুসারে জীবজগতে বিবর্তন পদ্ধতি প্রদর্শিত হয়েছে।

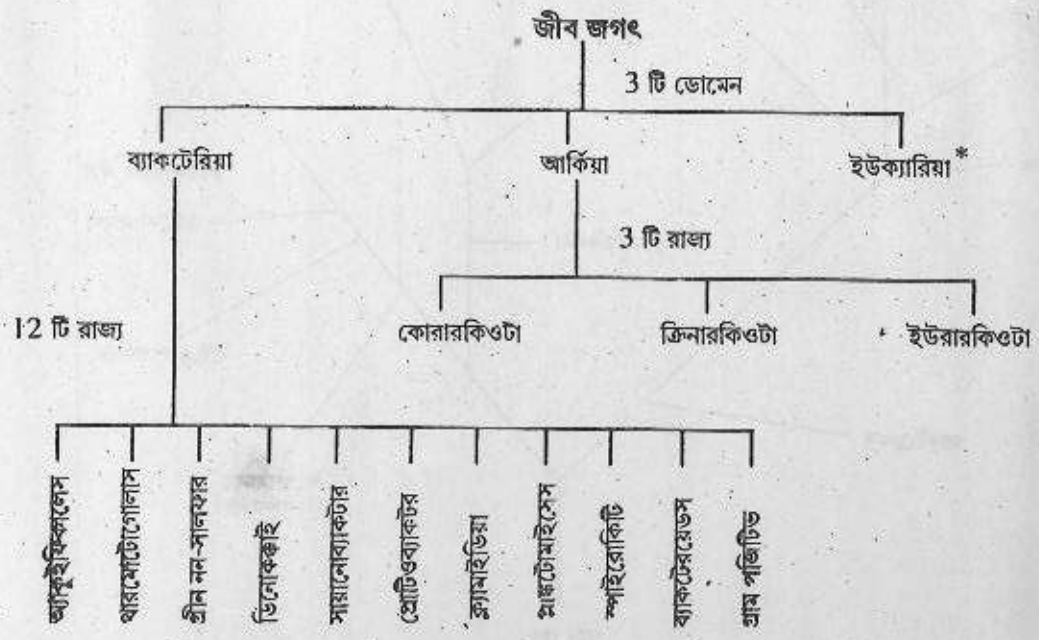


চিত্র নং 5.2 : জাতিজনিগত শ্রেণীবিন্যাস অনুযায়ী জীবজগতের ক্রমবিবর্তন একটি বৃক্ষের আকারে প্রদর্শিত হয়েছে।

জাতিজনিগত (phylogenetic) শ্রেণী বিন্যাস হল কোন জীব কখন, কোথা থেকে ও কেমন করে পৃথিবীতে এল তারই ইতিহাসের উপর নির্ভর করে যে শ্রেণী বিন্যাস। অণুজীবের আকৃতি ও কিছু জৈব কার্য প্রণালীর উপর নির্ভর করে বহু চেষ্টাতেও ভালভাবে শ্রেণী বিন্যাস করা ছিল অসম্ভব। বিংশ শতাব্দীর দ্বিতীয় অর্দ্ধাংশে (1970) দেখা গেল যে রাইবোজোমের RNA (ব্যাকটেরিয়ার গঠন পর্যায়ে উল্লেখ্য) এর গঠনকে একক হিসাবে ধরে সমস্ত জীব জগৎকে যদি বিভক্ত করা যায় তা হলে দেখা যায় জীব জগৎকে স্পষ্টভাবে তিন ভাগে ভাগ করা যাচ্ছে বিবর্তনের সাথে সমতা রেখে। এই rRNA (রাইবোজোমের RNA)এর গঠন বৈশিষ্ট্যের সাথে অন্যান্য গুণাগুনের গুরুত্ব পুনর্বিবেচনা করলে স্পষ্ট হয়ে ওঠে তিনটি উপবিভাগ বা domain। বর্ত্তমানে এই শ্রেণী বিন্যাসই সকলের কাছে গ্রহণ যোগ্য।

(চিত্র 5.3 এ ব্যাকটেরিয়া ও আর্কিয়ার শ্রেণীবিভাগ প্রদর্শিত হল)

ব্যাকটেরিয়ার সদস্যদের মধ্যে শরীরবৃত্তীয় (physicology) বিভিন্নতা লক্ষ্যণীয়। আলাদা আলাদা সদস্যদের জীবন ধারা আলাদা আলাদা। যেমন - 1) **আলোকস্বভোজী** (Photoautotrophs) : এরা সালোক সংশ্লেষ মাধ্যমে স্বভোজী; 2) **রসায়ন স্বভোজী** (Chemolithotrophs) : এরা অজৈব যৌগের মাধ্যমে স্বভোজী; 3) **রসায়ন পরভোজী** (Chemoorganotrophs) : এরা জৈব যৌগের মাধ্যমে মৃতভোজী, পরজীবী বা মিথোজীবি হয়ে জীবন যাপন করে। এতো হ'ল পুষ্টির দিক; অন্যদিকে আছে a) **পূর্ণ বায়ুজীবি** (obligate aerobes) - অর্থাৎ স্ববাত শ্বসনকারী অথবা b) পূর্ণ অবায়ুজীবি (strict anaerobes) অর্থাৎ অবাত শ্বসনকারী। আছে থারমোফিলস্ (thermophiles = উচ্চ তাপমাত্রায় জন্মাতে পারে) ও সাইক্রোফিলস্ (psychrophiles = খুব ঠাণ্ডায় জন্মাতে পারে)।



* ইউক্যারিয়ার শ্রেণীবিন্যাস এই পর্যায়ে আলোচ্য বিষয় না।

চিত্র 5.3 : ব্যাকটেরিয়া ও আর্কিয়ার শ্রেণীবিন্যাস।

একই উপবিভাগের (ডোমেন) সদস্যদের এত বৈচিত্র্য থাকা সত্ত্বেও দেখা যায় এক জায়গায় এদের মিল আছে। এদের প্রত্যেকের কোষ প্রাচীর পেপটাইডোগ্লাইকান (peptidoglycan) যৌগ দিয়ে তৈরী এবং এদের রাইবোজোমে প্রোটিন কম থাকে ইউক্যারিওটিক কোষের রাইবোজোমের তুলনায়।

রাইবোজোমের দুটি অংশ থাকে, একটি ছোট আকারের এটি 30S নামে পরিচিত প্রোক্যারিওটের ক্ষেত্রে এবং 40S নামে ইউক্যারিওটের ক্ষেত্রে। অপর অংশটি অপেক্ষাকৃত বড়, প্রোক্যারিওটে এটি 50S ও ইউক্যারিওটে 60S নামে পরিচিত। ব্যাকটেরিয়া রাইবোজোমের ছোট অংশে 39% এবং বড় অংশে 31% প্রোটিন থাকে। অন্যদিকে আর্কিয়ার 30S অংশে থাকে 54.5% ও 40S অংশে 45% প্রোটিন থাকে। ইউক্যারিয়ার রাইবোজোম এমনিতেই বড় কিন্তু প্রোটিনের শতকরা হার আর্কিয়ার মতই। রাইবোজোমে আছে নানা রকম RNA, তাদের মধ্যে 16s RNA নামে পরিচিত অণুর আনবিক বৈশিষ্ট্য অনুযায়ী ব্যাকটেরিয়াকে 12 টি রাজ্যে ভাগ করা হয়েছে। সারণি 3.1 তে এই শ্রেণীবিভাগটি দেখানো হয়েছে। এই 16S RNA এর নিউক্লীয়টাইড বিন্যাস নির্ণয় করলে দেখা যাবে যে একই রাজ্যের অন্তর্গত সব সদস্যের মধ্যে একটি বিন্যাস সংরক্ষিত। এই সংরক্ষিত বিন্যাসের উপর নির্ভর করে ব্যাকটেরিয়া ডোমেনকে 12 টি রাজ্যে ভাগ করা হয়েছে।

বিবর্তনের সাথে জীব জগতের যেমন যেমন জটিলতা বেড়েছে তেমনই rRNA অণুর নিউক্লিওটাইড এর বিন্যাস পরিবর্ত্তিত হয়েছে। এই অণুগুলির পরিবর্তন সাক্ষ্য বহন করে বিবর্তনের অর্থাৎ rRNA যেন আনবিক সময় ঘড়ি (molecular chronometer = অণুর পরিবর্তন দিয়ে সময়ের পরিমাপ) যা মাইল স্টোনের (mile stone) মত বলে দিতে পারে অণুর পরিবর্তন কখন হয়েছে এবং এই পরিবর্তনের জন্য কোন জীব কখন আবির্ভূত হয়েছে এই পৃথিবীতে।

5.5.1 ব্যাকটেরিয়ার শ্রেণীবিভাগ ঃ

নীচের সারণি (সারণি 5.2 তে) এই 12 টি রাজ্য এবং তাদের মূল বৈশিষ্ট দেখানো হল ঃ

সারণি 5.2 ঃ ব্যাকটেরিয়ার শ্রেণীবিভাগ ঃ

ক্রমিক সংখ্যা	রাজ্য	বিশেষ বৈশিষ্ট্য	উদাহরণ
1.	অ্যাকুইফিকালেস (Aquificales)	চূড়ান্তভাবে তাপসহ্যকারী	*Hydrogenobacter* (হাইড্রোজেনোব্যাকটর)
2.	থারমোটোগালেস (Thermotogales)	তাপসহ্যকারী কোষ আংশিক ভাবে আবরণী (sheath) দ্বারা ঢাকা	*Thermotoga* (থার্মোটোগা)
3.	সবুজ নন-সালফার (Green non-sulpher) ব্যাকটেরিয়া	সালোকসংশ্লেষকারী	*Chlorofexus* (ক্লোরোফ্লেক্সাস)
4.	ডিনোকক্কাই (Deinococci)	কোষপ্রাচীরে ডাই-অ্যামিনো পিমেলিক অ্যাসিডের স্থলে অরনিথিন (arnithine) থাকে।	*Deinococcus* (ডিনোকক্কাস)

ক্রমিক সংখ্যা	রাজ্য	বিশেষ বৈশিষ্ট্য	উদাহরণ
5.	প্রোটিওব্যাকটার (Proteobacter)	রসায়ন পরভোজী, কিছু সদস্য নাইট্রোজেন বন্ধনকারী।	*Spirillum bengal* (স্পাইরিলাম বেঙ্গল) *Escherichia coli* (এসেরিচিয়া কোলাই)
6.	গ্রাম পজিটিভ (gram +ve) ব্যাকটেরিয়া	অন্তঃ রেণু গঠনকারী; বায়ুজীবি ও অবায়ুজীবি কক্কাই; মাইকোপ্লাজমা এবং কিছু সালোক- সংশ্লেষকারী ব্যাকটেরিয়া।	*Bacillus sp.* (ব্যাসিলাস sp.) *Staphylococcus* (স্টাফাইলোকক্কাস)
7.	সায়ানোব্যাকটার (Cyanobacter)	সালোকসংশ্লেষের সময় O_2 ত্যাগ করে।	*Nostoc* (নসটক) *Anabaena* (অ্যানাবেনা)
8.	ক্ল্যামাইডি (Chlamydiae)	পূর্ণরূপে অন্তঃপরজীবি, কোষ প্রাচীরে পেপটাইডোগ্লাইকান অনুপস্থিত।	*Chamydia* (ক্ল্যামাইডিয়া)
9.	প্ল্যাঙ্কটোমাইসিটিস (Planktomycetes)	পেপটাইডোগ্লাইকান থাকে না, কোরোকদগম হয়, কিছু সদস্যের হোল্ডফাস্ট (holdfast) দেখা যায়।	*Pirella marina* (পিরেলা মারিনা)
10.	ব্যাকটেরয়েডস (Bacteroides)	গ্রাম —ve, অবাতজীবি, কিছু সদস্য গ্লাইডিং চলনে সক্ষম, কিছু সদস্য হলুদ বা সবুজ বর্ণ ধারণ করে।	*Bacteroides* *Flavobacterium* (ফ্ল্যাভোব্যাকটেরিয়াম)
11.	সবুজ সালফার (Green Sulfer) ব্যাকটেরিয়া	সালোকসংশ্লেষকারী, রঞ্জকপদার্থ ক্লোরোজোমে অবস্থান করে।	*Chlorobium* (ক্লোরোবিয়াম)
12.	স্পাইরোকিটি (Spirochaete)	স্ক্রু'র মত প্যাঁচানো কোষ যাতে স্ক্রু'র মত চলন দেখা যায়।	*Treponema* (ট্রেপোনিমা)

অনুশীলনী - 3

1. শূন্যস্থান পূর্ণ করুন :-

   i) জাতিজনিগত শ্রেণীবিভাগ অনুযায়ী জীবজগতকে যে তিনটি উপবিভাগে ভাগ করা হয়েছে তারা হল _____ , _____ এবং _____ ।

   ii) পুষ্টিগতদিক থেকে ব্যাকটেরিয়াকে প্রধান তিনভাগে ভাগ করা যায়। এগুলি হল _____ , _____ এবং _____ ।

   iii) উচ্চ তাপমাত্রায় জীবনধারণকারী ব্যাকটেরিয়াকে _____ এবং শীতল পরিবেশে জন্মাতে পারে এমন ব্যাকটেরিয়াকে _____ বলে।

   iv) আর্কিয়াকে তিনটি রাজ্যে ভাগ করা হয়েছে; এগুলি হল _____ , _____ এবং _____ ।

   v) _____ অণু বিবর্তনের সাক্ষ্য বহন করে এবং এর বৈশিষ্ট অনুযায়ী ব্যাকটেরিয়াকে _____ টি রাজ্যে ভাগ করা হয়েছে।

2. নীচে দুটি সারণিতে ব্যাকটেরিয়ার রাজ্য এবং উদাহরণ প্রদত্ত হল। সারি দুটিকে যথাযথভাবে মেলান :-

i)	প্রোটিওব্যাকটর	a)	*Treponema* sp.
ii)	অ্যাকুইফিকালেস	b)	*Bacillus* sp.
iii)	গ্রাম + ব্যাকটেরিয়া	c)	*Chlorobium* sp.
iv)	সবুজ সালফার ব্যাকটেরিয়া	d)	*Hydrogenobacter*
v)	স্পাইরোকিটি	e)	*Spirillum bengal*

5.5.2 আর্কিয়ার শ্রেণীবিভাগ :

আর্কিয়া ডোমেনকে তিনটি রাজ্যে ভাগ করা হয়েছে।

1) ক্রিনার্কিওটা (crenarchaeota) ; 2) ইউরার্কিওটা (Euryarchaeota) ; 3) কোরা[illegible] (Korarchaeota) । এই উপভাগটি কোন থারমোফিলিক আদি কোষ থেকে সৃষ্টি হয়েছে তাই এদের অধিকাংশ সদস্য তাপসহ্যকারী আবার কেউ কেউ চূড়ান্তভাবে তাপসহ্যকারী। আর্কিয়ার সাইটোপ্লাজমিক পর্দা ব্যাকটেরিয়া ও ইউক্যারিয়ার থেকে সম্পূর্ণ আলাদা। এদের কোষ প্রাচীর আছে কিন্তু প্রায় প্রতিটি গনের সদস্যদের মধ্যে আলাদা আলাদা যৌগ দিয়ে তৈরী, ব্যাকটেরিয়ার মত কেবলমাত্র পেপটাইডোগ্লাইকান দিয়ে নয়। আর্কিয়ার অধিকাংশ সদস্য চূড়ান্তজীবি অর্থাৎ দুরূহতম পরিবেশে বসবাসকারী, (Extremophiles:

extreme = চূড়ান্ত; philes = ভালবাসে) এবং এদের বিপাকীয় কার্যেও বৈচিত্র দেখা যায়। শ্বসনের E.M.P (Embden - Myerhof-pathway) পথ আর্কিয়াতে শুধু উপচিতি বিপাকের জন্য ব্যবহৃত হয় কখনই অপচিতির জন্য ব্যবহৃত হয় না। সারণি 5.3 এ ব্যাকটেরিয়া, আর্কিয়া এবং ইউক্যারিয়ার তুলনামূলক আলোচনা প্রদত্ত হল ঃ

সারণি 5.3 ঃ ব্যাকটেরিয়া, আর্কিয়া ও ইউক্যারিয়া কোষের তফাৎ -

	গঠন	গঠন সংক্রান্ত কার্য	ব্যাকটেরিয়া	আর্কিয়া	ইউকারিয়া
i)	কোষ প্রাকার	পেপটাইডোগ্লাইকান ধর্মী	+	+	সেলুলোজধর্মী
ii)	সাইটোপ্লাজমিক পর্দা	অর্ধভেদ্য পর্দা যা প্রোটিন ও লিপিড দ্বারা গঠিত	+	+	+
iii)	নিউক্লিয়াস	নিউক্লীয় পর্দা দিয়ে ঘেরা অঙ্গাণু যাতে DNA থাকে	—	—	+
iv)	নিউক্লিওলাস্	নিউক্লিয়াসের মধ্যে থাকে এবং রাইবোজোম তৈরী করতে সাহায্য করে	—	—	+
v)	আর্কিয়ার ক্রোমোজোম	আর্কিয়ার ক্রোমোজোম একটি চক্রাকার DNAঅণু, তাকে ঘিরে থাকে হিসটোন (histone) এর মত প্রোটিন যারা ক্রোমোজোমের আকার দেয় এবং জিনোমের কার্য প্রণালী নিয়ন্ত্রিত ভাবে চালনা করে।	—	+	—
vi)	ব্যাকটেরিয়ার ক্রোমোজোম	ব্যাকটেরিয়ার ক্রোমোজোম চক্রাকার বা রজ্জুকার DNA অণু। কোন হিসটোন প্রোটিন থাকে না অন্য ধরনের প্রোটিন জিনোমের কার্য প্রণালী নিয়ন্ত্রণ করে।	+	—	—

গঠন	গঠন সংক্রান্ত কার্য	ব্যাকটেরিয়া	আর্কিয়া	ইউক্যারিয়া
vii) ক্রোমোজোম	DNA জিনোম রজ্জু আকৃতি, সকল সময় হিসটোন প্রোটিন দিয়ে ঢাকা থাকে এবং বিশেষ আকৃতিদান করে। হিসটোন প্রোটিন গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে জিনোমের কার্য প্রণালী নিয়ন্ত্রণে। একেই বলে যথার্থ ক্রোমোজোম।	—	—	+
viii) রাইবোজোম	প্রোটিন তৈরীর জন্য রাইবো-জোম আধার হিসাবে ব্যবহার হয়।	+	+	+
	a) 70S প্রকৃতির	+	+	—
	b) 80S প্রকৃতির	—	—	+
ix) এনডোপ্লাজমিক জালিকা	কোষের বিভিন্ন অংশের মধ্যে সমন্বয় সাধন করে।	—	—	+
x) অন্তঃরেণু বা endospore	কিছু ব্যাকটেরিয়াতে থাকে, অসময়ে বেঁচে থাকার ব্যবস্থা হিসাবে।	+	—	—
xi) মাইটোকনড্রিয়া	শ্বসন পদ্ধতিতে ATP তৈরী করার স্থান।	—	—	+
xii) মাইটোসিস কোষ বিভাজন		—	—	+
xiii) অ্যামাইটোসিস কোষ বিভাজন		+	+	+

+ উপস্থিতি নির্দেশক

— উপস্থিত নয়।

5.6 সারাংশ

এই পর্যায়ে ব্যাকটেরিয়ার শ্রেণীবিভাগের পদ্ধতি ও রূপ নিয়ে আলোচনা করা হয়েছে। 1840 খৃষ্টাব্দে প্রথম ব্যাকটেরিয়া একটি স্বতন্ত্র শ্রেণীরূপে স্থান পায়। Whittaker এদের মোনেরা গোষ্ঠীভুক্ত করেন। R. C. Woese এর মতে জীবজগৎ 3 টি স্বতন্ত্র ডোমেনে বিভক্ত এবং তার একটি হল ব্যাকটেরিয়া। এই ডোমেনটি আবার 12 টি রাজ্যে বিভক্ত। অণুজীবসমূহের শ্রেণীবিভাগের জন্য যে সমস্ত পদ্ধতি অণুসৃত হয় সেগুলি হল সংখ্যাভিত্তিক শ্রেণীবিন্যাস, DNAএর ক্ষার সজ্জাক্রম এবং, DNA সংকরায়ন, জাতিজনি গত শ্রেণীবিন্যাসের ক্ষেত্রে রাজ্যগুলির মধ্যে আন্তসম্পর্ক নির্ণয় করা যায়।

5.7 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

1) ব্যাকটেরিয়ার শ্রেণীবিন্যাসের জন্য কি কি ধরনের বৈশিষ্টসমূহ নির্ধারণ করা দরকার? শ্রেণীবিন্যাসের জন্য অণুসৃত কয়েকটি আধুনিক পদ্ধতির কথা উল্লেখ করুন।

2) ব্যাকটেরিয়ার শ্রেণীবিন্যাসের Woese কর্তৃক প্রবর্তিত রূপটি রাজ্যগুলির বৈশিষ্ট্য উল্লেখ করে এবং উদাহরণ প্রয়োগ করে দেখান।

5.8 উত্তরমালা

অনুশীলনী - 1

1. i) (d)
   ii) (a)
   iii) (b)
   iv) (c)

2. a) ব্যাকটেরিয়া; b) আর্কিয়া; c) ইউক্যারিয়া।

অনুশীলনী - 2

1. a) কৃষ্টিগত বৈশিষ্ট
   b) অঙ্গসংস্থানিক বৈশিষ্ট
   c) জৈব রাসায়নিক বৈশিষ্ট
   d) আনবিক বৈশিষ্ট
   e) অ্যান্টিজেনধর্মীতা

2. a) সংখ্যাভিত্তিক শ্রেণীবিন্যাস

   b) G : C অণুপাত

   c) DNA সংকরায়ন পদ্ধতি

অনুশীলনী - 3

1. i) ব্যাকটেরিয়া, আর্কিয়া এবং ইউক্যারিয়া

   ii) আলোকস্বভোজী, রসায়নস্বভোজী, রসায়ন পরভোজী

   iii) থারমোফিলস, সাইক্রোফিলস

   iv) কোরারর্কিওটা, ক্রোনারার্কিওটা, ইউরারকিওটা

   v) 16S RNA, 12 টি

2. i) (e)

   ii) (d)

   iii) (b)

   iv) (c)

   v) (a)

সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

1. 5.3 ও 5.4 অংশাঙ্কিত বিষয়ের উপর আধার করে উত্তরটি লিখুন।
2. প্রথমে চিত্র 5.3 অনুসারে শ্রেণীবিভাগ দেখিয়ে সারণি 5.2 অনুসরণে বৈশিষ্টসমূহ ও উদাহরণ লিখুন।

একক 6 □ ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধি ও বংশবৃদ্ধি (Bacterial Growth and Reproduction)

গঠন

6.1 প্রস্তাবনা
উদ্দেশ্য
6.2 ব্যাকটেরিয়ার কোষীয় বৃদ্ধি
6.3 দ্বিবিভাজন
6.4 সমষ্টির বৃদ্ধি
6.4.1 জেনারেশন টাইম নির্ণয়
6.4.2 কোষের সংখ্যা নির্ণয়
● ক্রমাবর্ত তরলীকরণ পদ্ধতি
6.5 ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধির বিভিন্ন পর্যায়
6.5.1 হ্রাস পর্যায় / ল্যাগ পর্যায়
6.5.2 মুখ্য বৃদ্ধির পর্যায় / লগ পর্যায়
6.5.3 স্থির পর্যায়
6.5.4 মৃত্যু পর্যায়
6.6 অবিরাম বৃদ্ধি / কেমোস্ট্যাট
6.7 সিনক্রোনাস বৃদ্ধি
6.8 প্রকৃতিতে ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধি
6.9 বৃদ্ধির শর্ত
6.9.1 তাপমাত্রা
6.9.2 অক্সিজেন
6.9.3 জল
6.9.4 চাপ
6.9.5 অম্লতা
6.9.6 আলোক
6.10 সারাংশ
6.11 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী
6.12 উত্তরমালা

6.1 প্রস্তাবনা

ব্যাকটেরিয়ার জগৎ আমাদের সাদা চোখে ধরা না পড়লেও সেটি সর্বব্যাপী - বায়ুমন্ডলের 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 কোষীয় ধর্মেরই বহিঃপ্রকাশ। আমরা জানি জীব মাত্রেই পুষ্টি, বিপাক ইত্যাদির সাথে সাথে বৃদ্ধি এবং বংশবৃদ্ধি এ দুটি আবশ্যিক ধর্ম প্রদর্শন করে। ব্যাকটেরিয়া এককোষী জীব - এর বৃদ্ধি আর বংশবৃদ্ধি সমার্থক। সুতরাং ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধিকে একক কোষের বৃদ্ধি হিসাবে চিন্তা না করে সমষ্টির বৃদ্ধি হিসাবে যদি চিন্তা করি তাহলে ব্যাপারটা কিছুটা 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 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 মত ভ্রূন 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 ধারনা না থাকলেও আমরা কিছুটা অবচেতনভাবেও বুঝতে পারি জীবাণুর বৃদ্ধি বলতে তার ব্যাপক হারে অস্বাভাবিক দ্রুততার সাথে সংখ্যাবৃদ্ধিকেই বোঝায়।

উদ্দেশ্য

এই এককটি অধ্যয়ন করে আপনি নিম্নলিখিত বিষয়গুলি সম্পর্কে ধারণা করতে পারবেন ঃ

- ব্যাকটেরিয়ার সংখ্যাবৃদ্ধির পদ্ধতি কি?
- কিভাবে এই বৃদ্ধির হার মাপা যায়?
- বৃদ্ধির পর্যায়গুলি কি কি ?
- বৃদ্ধির শর্তগুলি কি কি ?

6.2 ব্যাকটেরিয়ার কোষীয় বৃদ্ধি

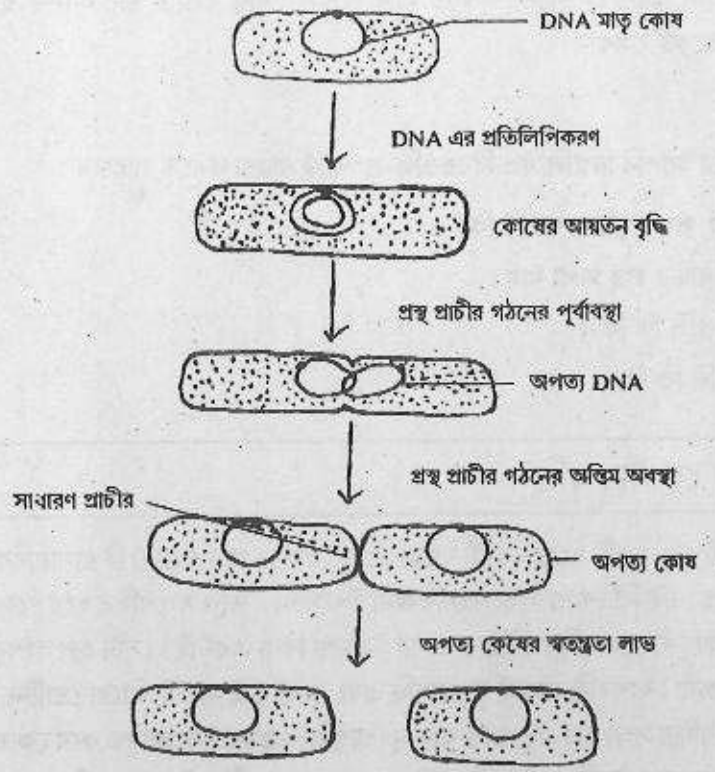
ব্যাকটেরিয়ার কোষটি হল একটি সংশ্লেষকারী যন্ত্রের মতো যেখানে প্রায় 2000 টি রাসায়নিক বিক্রিয়া একই সাথে সংঘটিত হয়ে চলেছে। এই বিক্রিয়াগুলি চালানোর জন্য উৎসেচক - তাও সংশ্লেষিত হয়ে চলেছে ব্যাকটেরিয়া কোষ এর অভ্যন্তরে। এই বহুমুখী রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলির উদ্দেশ্য কিন্তু একটাই। সেটা হল বংশবৃদ্ধি করার জন্য কোষকে উপযুক্ত করে তোলা। বংশবৃদ্ধি মানেই সংখ্যাবৃদ্ধি এবং সংখ্যাবৃদ্ধি মানেই আরো প্রোটিন, আরও DNA ইত্যাদির চাহিদা। কোষীয় বৃদ্ধির লক্ষ্য হল এই সমস্ত বৃহদাণু (প্রান্তলিপি দ্রষ্টব্য) সংশ্লেষিত করে কোষকে বিভাজনের উপযোগী করে তোলা। বৃহাদাণু তৈরী সম্পন্ন হলেই নতুন কোষ তৈরীর উপাদানগুলি পাওয়া গেল। এখন সেগুলি যথাযথ নিয়মে কোষ পর্দা, কোষ প্রাচীর, ফ্ল্যাজেলা, নিউক্লিয়য়েড, রাইবোজোম ইত্যাদি আকৃতি দান

করেই মাতৃকোষ অপত্য কোষ সৃষ্টি করে। সুতরাং বৃদ্ধি এক্ষেত্রে বহু উদ্দেশ্য সাধক নয়। জীবাণুর বৃদ্ধির একটিই লক্ষ্য - সেটি হল, অপত্যের উৎপাদন।

ব্যাকটেরিয়ার ক্ষেত্রে এই অপত্য সৃষ্টি কাজটি মূলতঃ দ্বিবিভাজন (Binary fission) পদ্ধতিতে হয়ে থাকে।

6.3 দ্বিবিভাজন (Binary Fission)

ব্যাকটেরিয়ার ও আর্কিয়ার বংশবৃদ্ধি তথা বিভাজনের জন্য প্রথমেই দরকার DNA এর দ্বিত্বকরণ (অর্থাৎ একটি DNA থেকে দুটি DNA হওয়া) যাতে বিভাজিত কোষ দুটির (daughter cell = অপত্য কোষ) প্রতিটির মধ্যে একটি করে ক্রোমোজোম থাকে। ব্যাকটেরিয়ার বিভাজনকে দ্বিবিভাজন (binary fission) বলে। এই প্রক্রিয়ায় কোষ ভাগ হওয়ার সময় সাইটোপ্লাজমিক পর্দার দুই বিপরীত প্রান্ত ভেতরের দিকে ভাঁজ হয়ে বাড়তে আরম্ভ করে DNA এর দ্বিত্বকরণ শেষ হওয়ার পর। সাইটোপ্লাজমিক পর্দা বাড়ার সাথে সাথে কোষ প্রাচীরও তৈরী হয়। এই ভাঁজ দুইদিক থেকে পরস্পর বিপরীত মুখে বাড়তে বাড়তে পরস্পর সংযুক্ত হয়ে যায়। এভাবে দুটি অপত্য কোষের অন্তর্বর্ত্তী প্রাচীর গঠিত হয়। এই প্রাচীর (চিত্র ঃ 6.1) দুটি ক্রোমোজোমকে সম্পূর্ণভাবে পরস্পর বিচ্ছিন্ন করে; ফলে দুটি পূর্ণাঙ্গ কোষ তৈরী হয়। DNA দ্বিত্বকরণ ও প্রস্থপ্রাচীর তৈরী হওয়া খুবই সামঞ্জস্যপূর্ণভাবে এগুতে থাকে। যতবার DNA প্রতিরূপ গঠন করবে ততবারই কোষের বিভাজন হবে।



চিত্র নং 6.1 ঃ ব্যাকটেরিয়ার দ্বিবিভাজন। দ্বিবিভাজনের বিভিন্ন ধাপ;

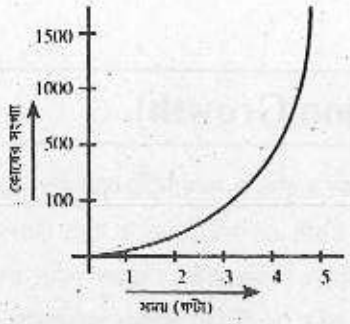
6.4 সমষ্টির বৃদ্ধি (Population Growth)

আগেই বলা হয়েছে ব্যাকটেরিয়ার ক্ষেত্রে বৃদ্ধি ও সংখ্যাবৃদ্ধি সমার্থক। একটি ব্যাকটেরিয়া 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 ব্যাকটেরিয়ার 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 1 টি ব্যাকটেরিয়া একটি নির্দিষ্ট সময়কালে কি সংখ্যা অর্জন করতে পারে তা আমরা নীচের সারণিতে দেখতে পাই।

সারণি 1

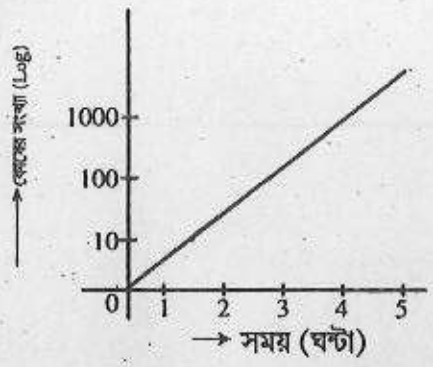
সময় (ঘন্টা)	কোষের সংখ্যা
0	1
0.5	2
1	4
1.5	8
2	16
2.5	32
3	64
3.5	128
4	256
4.5	512
5	1024
5.5	2048
6	4096
10	1,048,576

সারণিতে প্রদত্ত সংখ্যাবৃদ্ধির হার দেখলে দেখা যায় প্রতি একক সময়ের অন্তরে সংখ্যা দ্বিগুণ হয়ে যায়। (চিত্র 5.2) এইভাবে সমষ্টির বৃদ্ধিকে **exponential** বৃদ্ধি বা সক্রিয় বৃদ্ধি বলে অভিহিত করা হয়। এই বৃদ্ধির হারকে আমরা একটি লেখচিত্রের সাহায্যে প্রকাশ করতে চেষ্টা করি।



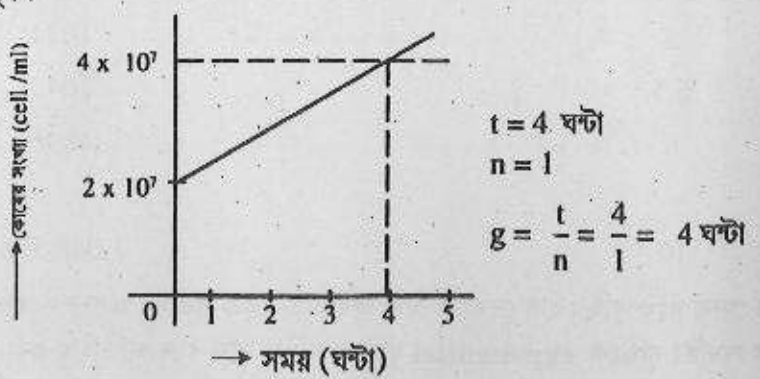
লেখচিত্র i) সময়ের সঙ্গে কোষের সংখ্যাবৃদ্ধির গাণিতিক মান

উপরের মান থেকে বৃদ্ধির সঠিক হার নির্ণয় করা সম্ভব নয় অথবা কষ্টসাধ্য কেননা লেখচিত্রটি তির্যক। সংখ্যাবৃদ্ধির মানকে যদি গুনোত্তর প্রগতি (Geometrical Progression) অনুযায়ী লগারিদম লেখচিত্রে সাজাই তাহলে লেখচিত্রটির প্রকৃতি হয় নিম্নরূপ ঃ



লেখচিত্র ii) সময়ের সঙ্গে কোষের সংখ্যাবৃদ্ধির log মান

লেখচিত্রের এই সরলরৈখিক প্রকৃতি থেকে আমরা সহজেই ধরতে পারছি বৃদ্ধির গুনোত্তর প্রগতি। এই লেখচিত্রের সুবিধে হল g এর মান (= generation time) সরাসরি এই লেখচিত্র থেকে নির্ণয় করা যায়। উদাহরণ স্বরূপ নিচের লেখচিত্রটি দেখুন ঃ



লেখচিত্র iii) বৃদ্ধির লেখচিত্র থেকে g নির্ণয়

এই লেখচিত্রে কোষের সংখ্যা দ্বিগুণ হতে সময় লাগছে 4 ঘন্টা। যেহেতু 1 বার বিভাজন হলেই কোষের সংখ্যা পূর্ববর্ত্তী 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 ঘন্টা

6.4.1 জেনারেশন টাইম নির্ণয়ের গাণিতিক পদ্ধতি

যে কোন কৃষ্টি মাধ্যমে জন্মানো ব্যাকটেরিয়ার প্রাথমিক কোষ সংখ্যা ও অন্তিম কোষ সংখ্যা জানা থাকলে গাণিতিক পদ্ধতিতে g এর মান নির্ণয় করা যায়।

আমরা জানি কোষের সংখ্যা দ্বিগুণ হয় গুনোত্তর প্রগতি মেনে। অর্থাৎ যদি 2 টি কোষ 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 কোষ সংখ্যা = No, এবং অন্তিম কোষ সংখ্যা =N

তাহলে গুনোত্তর 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 কি 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, $n = \dfrac{\log N - \log No}{\log 2}$

or, $n = \dfrac{\log N - \log No}{0.301}$ $(\log 2 = 0.301)$

উদাহরণঃ-

ধরা যাক, 5×10^7 সংখ্যক ব্যাকটেরিয়া 2 ঘন্টা সময়ে যায় 1×10^8 সংখ্যক ব্যাকটেরিয়ায় রূপান্তরিত হয়। সেক্ষেত্রে

$$n = \frac{\log 10^8 - \log (5 \times 10^7)}{0.301} = \frac{8 - 7.69}{0.301} = 1$$

আমরা জানি $g = {}^{t}/_{n}$

মান বসিয়ে পাই $= {}^{2}/_{1} = 2$ ঘন্টা

অনুশীলনী - 1

1. নিম্নলিখিত বিষয়গুলির সংজ্ঞা দিন ঃ

   i) দ্বিবিভাজন

   ii) বৃদ্ধির গুণোত্তর প্রগতি

   iii) জেনারেশন টাইম

   iv) ব্যাকটেরিয়ার কোষীয় বৃদ্ধি

2. 50 সংখ্যক ব্যাকটেরিয়া 4 ঘন্টা পরে 800 সংখ্যক ব্যাকটেরিয়ায় রূপান্তরিত হয়। উক্ত ব্যাকটেরিয়াটির জেনারেশন টাইম নির্ণয় করুন।

6.4.2 কোষের সংখ্যা নির্ণয়

উপরোক্ত আলোচনা থেকে বোঝা যাচ্ছে বৃদ্ধির হার পরিমাপ করার জন্য কোষের সংখ্যা নির্ণয় একান্ত জরুরী, ব্যাকটেরিয়া কেবল মাইক্রোস্কোপে দৃশ্যমান কোষ, কোন কৃষ্টিমাধ্যমে কৃত্রিমভাবে আমরা ব্যাকটেরিয়াকে উৎপাদিত করতে পারি। এর জন্য জরুরী শর্ত হল

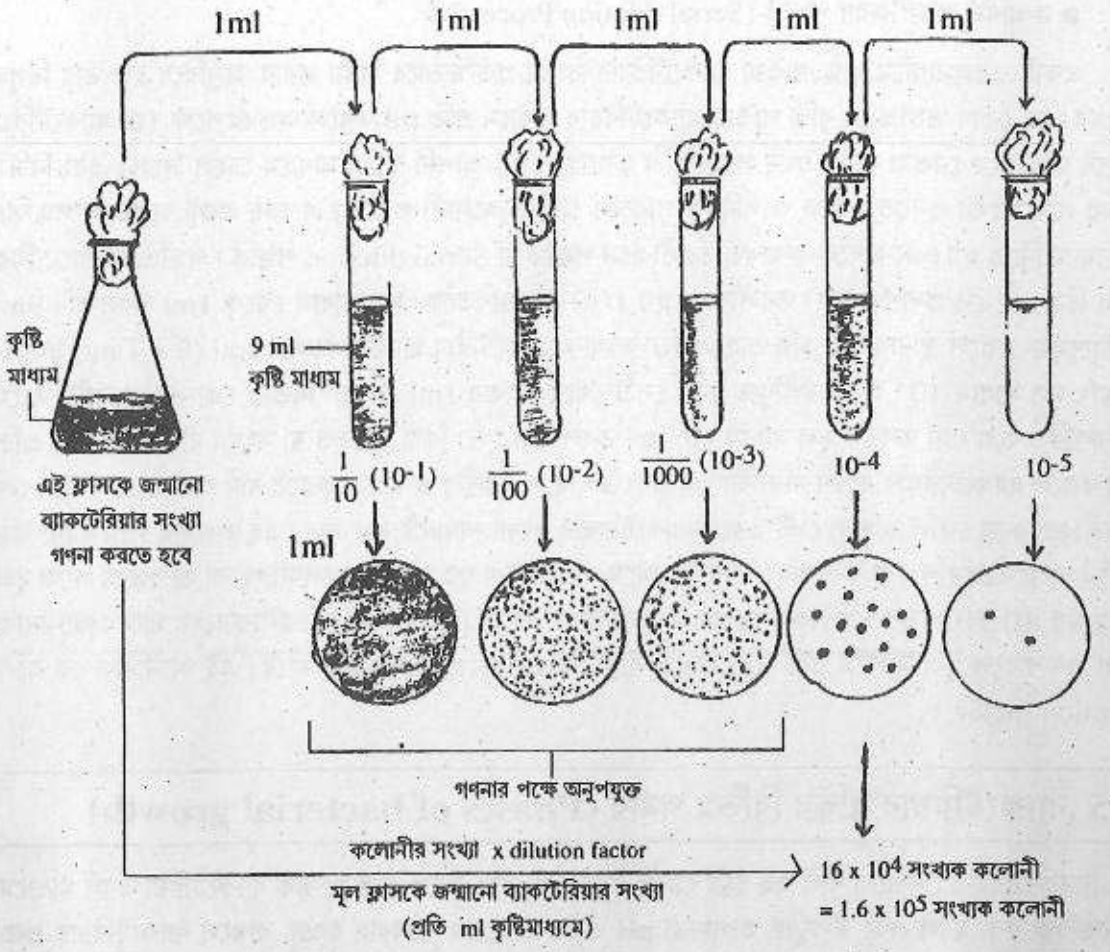
a) কৃষ্টিমাধ্যমটির উপাদানগুলি সেই ব্যাকটেরিয়ার উপযুক্ত হতে হবে।

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 আলোকে 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 কোষের সংখ্যা পাওয়া সম্ভব নয় কেন না তরল মাধ্যমে সমষ্টির একটি বহিঃপ্রকাশ থাকলেও একক কোষের উপস্থিতি নির্ণয়ের কোন উপায় সাধারণভাবে নেই। অপরপক্ষে, মাধ্যমটি যদি কঠিন হয় তাহলে একক কোষের 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 পরীক্ষনীয় ব্যাকটেরিয়াটির একটু নমুনা তরল মাধ্যম থেকে এখানে স্থানান্তরিত করতে হবে। এই তরল 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 তরল মাধ্যমে পরীক্ষণীয় ব্যাকটেরিয়ার সংখ্যা নির্ণয় করা সম্ভব।



চিত্র নং 6.2 ঃ ক্রমাবর্ত তরলীকরণ (serial dilution) পদ্ধতিতে কিভাবে ব্যাকটেরিয়ার সংখ্যা গণনা করা যায় তা দেখানো হল। মূল ফ্লাসকের কৃষ্টিমাধ্যমে ব্যাকটেরিয়ার সংখ্যা গণনা সম্ভব নয়। এই তরলের 1ml জীবাণুমুক্ত 9 ml কৃষ্টিমাধ্যমের সাথে মেশালে পাওয়া যায় ভাগ তরলী কৃত দ্রবন। এই দ্রবণের 1ml কঠিন কৃষ্টিমাধ্যমে জন্মাতে দেওয়া হলেও ব্যাকটেরিয়ার সংখ্যা মাত্রাতিরিক্ত। সুতরাং এভাবে ক্রমাবর্ত তরলীকরণ করে 10^{-4} ভাগ তরলীকৃত দ্রবণে গণনার উপযুক্ত 16 টি কলোনী পাওয়া গেল, মূল দ্রবণে ব্যাকটেরিয়ার সংখ্যা নির্ণয় করতে গেলে কলোনীর সংখ্যা x dilution factor করে বার করতে হবে। Dilution factor বস্তুতপক্ষ 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) ঃ-

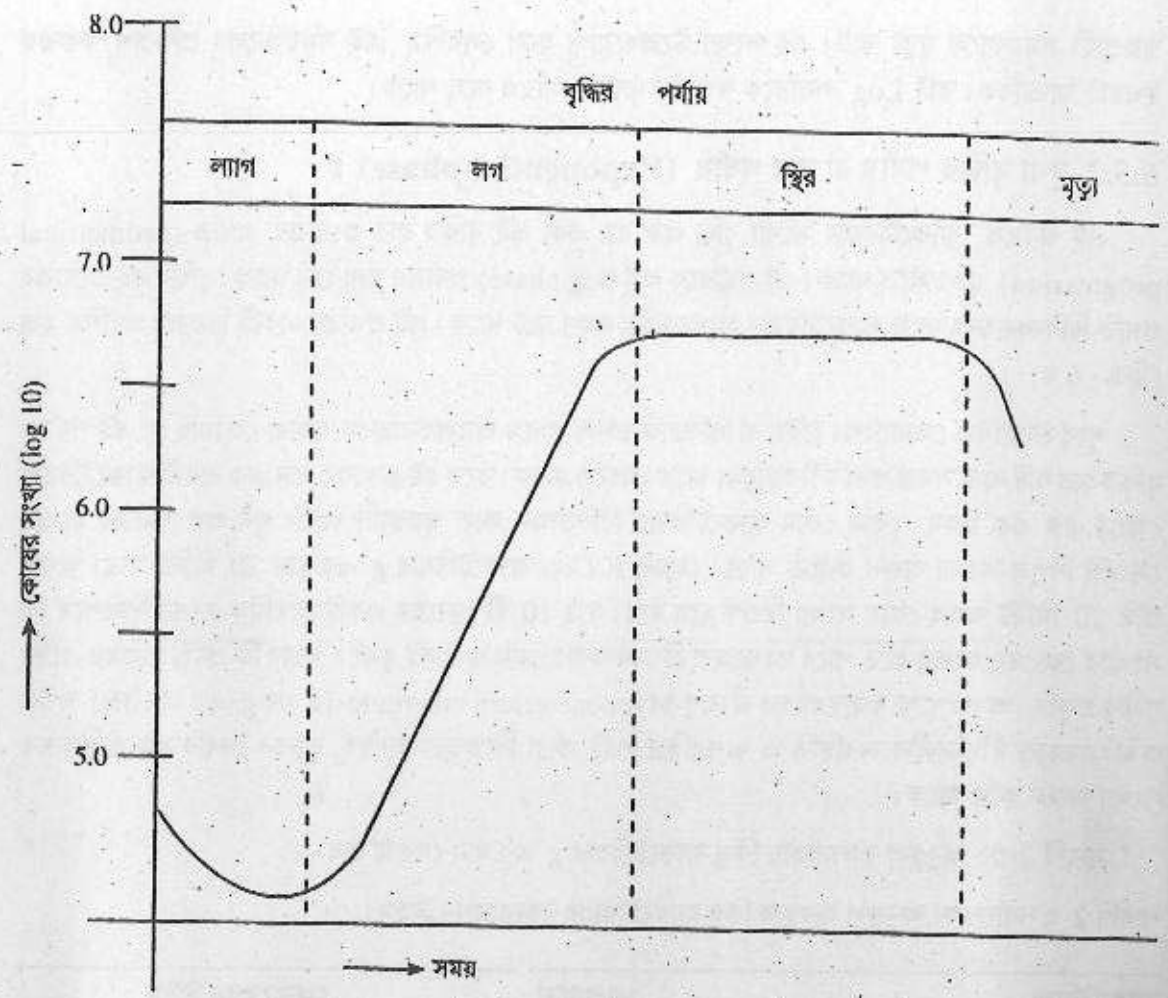
একটি তরলমাধ্যমে বৃদ্ধি পাওয়া ব্যাকটেরিয়ার সংখ্যা প্রত্যক্ষভাবে নির্ণয় করার অসুবিধে হল তার বিপুল সংখ্যা। যে কোন ভালভাবে বৃদ্ধি পাওয়া ব্যাকটেরিয়ার মাধ্যমে প্রতি ml তরলে অন্ততঃপক্ষে 10^8 ব্যাকটেরিয়া আছে বলে ধরে নেওয়া যায়। এখন সরাসরি ঐ তরলের 1ml আপনি কঠিন মাধ্যমে ঢেলে দিলেন এবং নির্দিষ্ট সময় পরে সংখ্যা গুনতে চাইলে আপনি কি পারবেন 10^8 টি কলোনী গুনতে? এ জন্য একটু অপ্রত্যক্ষ পদ্ধতির সহায়তা নিতে হয়। একে বলে ক্রমাবর্ত তরলীকরন পদ্ধতি বা Serial dilution পদ্ধতি। পদ্ধতিটির প্রায়োগিক রূপ চিত্র 5.2 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 + 1 ml) দ্রবণে। অর্থাৎ মূল মাধ্যম 10^{-1} গুণ তরলীকৃত হল। সেটি থেকে আবার 1ml 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 মাধ্যমে প্রতি ml তরলে ব্যাকটেরিয়ার সংখ্যা নির্ণয় করা যাবে। এই অনোন্যক কে বলে dilution factor।

6.5 ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধির বিভিন্ন পর্যায় (Phases of bacterial growth)

ব্যাকটেরিয়ার (পুরানো বৃদ্ধি বন্ধ হয়ে গেছে এমন) কালচার 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 6.3) সেগুলির নীচে বিস্তারিত ভাবে আলোচিত হল।

6.5.1 হ্রাস পর্যায় বা ল্যাগ ফেজ (Lag phase) ঃ

ল্যাগ পর্যায় হল আসলে বংশবৃদ্ধি শুরু হওয়ার আগেকার প্রস্তুতি পর্ব মাত্র। এই পর্যায়ে ব্যাকটেরিয়া সংখ্যায় বাড়ে না, কিন্তু কোষের প্রতিটি উপাদান অর্থাৎ DNA, RNA বা প্রোটিনের পরিমান দ্বিগুণ হয়ে যায়। প্রতিটি ব্যাকটেরিয়া তার কৃষ্টি মাধ্যম থেকে সমস্ত রকম প্রয়োজনীয় যৌগ আহরন করে তার পর জিনোমের প্রতিলিপি গঠন শুরু করে। এর সাথে সাথে তৈরী হয় কোষ বিভাজনের জন্য প্রয়োজনীয় উৎসেচকসমূহ। শুরু হয় কোষ প্রাচীরের বৃদ্ধি । গোলাকৃতি বা কক্কাস জাতীয় ব্যাকটেরিয়ার ক্ষেত্রে একটি নির্দিষ্ট অংশ থেকে কোষ প্রাচীর বাড়তে শুরু করে। দন্ডাকার (rod-shaped) ব্যাকটেরিয়ার ক্ষেত্রে একাধিক অংশ থেকে বিবর্ধিত হওয়া শুরু হতে পারে। অর্থাৎ এই পর্যায়ে শারীরবৃত্তীয় বৃদ্ধি শুরু হলেও কোন কোষ বিভাজন না হওয়ার দরুন সংখ্যা বৃদ্ধি পায় না। বরং একটি মাধ্যমে বিভিন্ন পর্যায়ের ব্যাকটেরিয়া উপস্থিত থাকে বলে কিছু সংখ্যক ব্যাকটেরিয়ার এই



চিত্র নং 6.3 ঃ বৃদ্ধির একটি আদর্শ লেখচিত্র।

স্বল্পস্থায়ী সময়কালে মৃত্যু ঘটে। এই সংখ্যা উল্লেখযোগ্য হলে লেখচিত্র এই সময়কালের প্রতিরূপ ঋণাত্মক হওয়াই স্বাভাবিক। তাই Log পর্যায়কে ঋণাত্মক বৃদ্ধির পর্যায়ও বলে থাকে।

6.5.2 মুখ্য বৃদ্ধির পর্যায় বা লগ পর্যায় (Exponential phase) ঃ

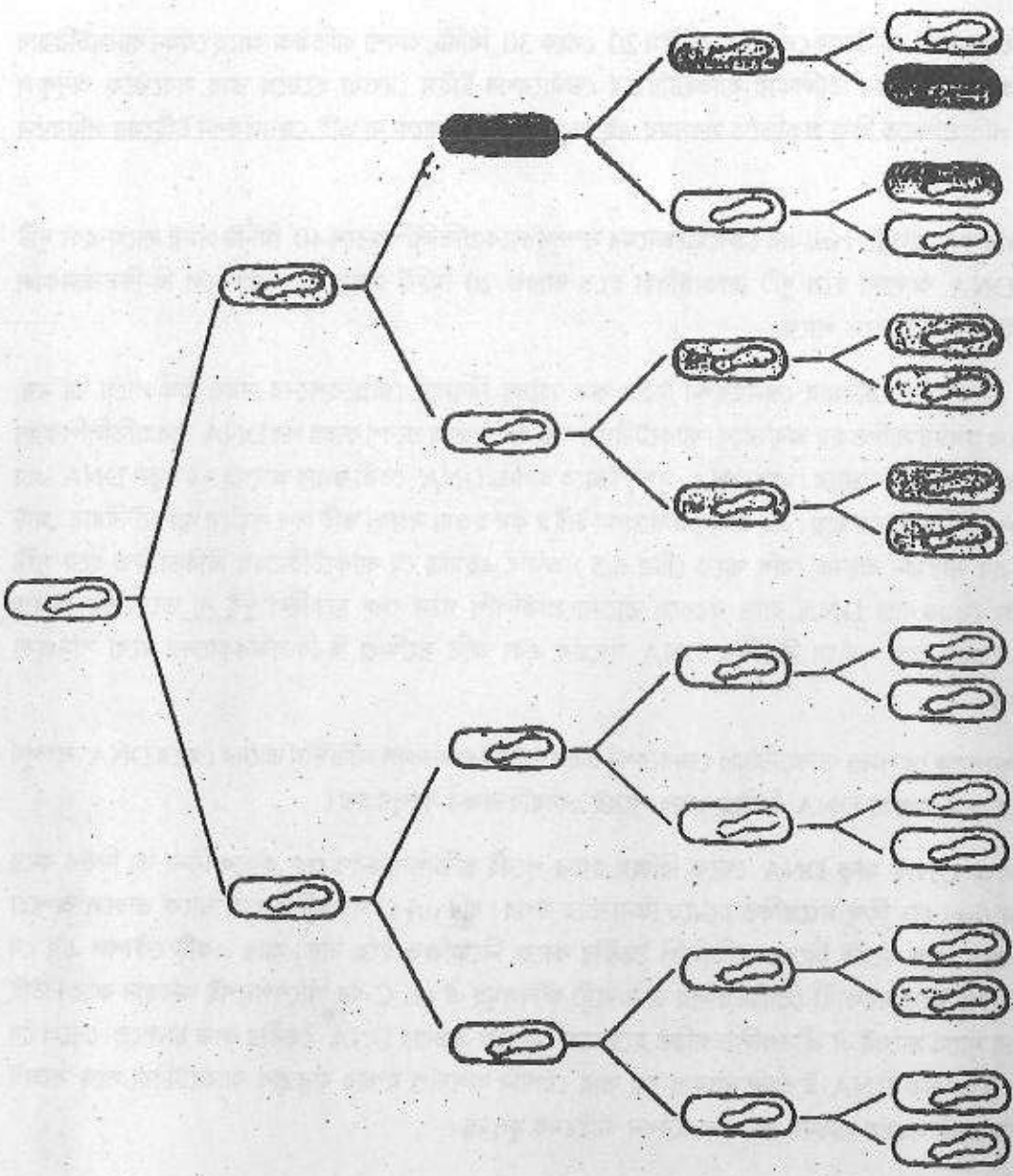
এই পর্যায়ে ব্যাকটেরিয়ার সংখ্যা বৃদ্ধি শুরু হয় এবং এই বৃদ্ধির হার গুনোত্তর প্রগতি (geometrical progression) তে চলতে থাকে। এই পর্যায়কে লগ্ (log phase) পর্যায়ও বলা হয়ে থাকে। বৃদ্ধির এই গুণোত্তর প্রগতি দ্বিবিভাজনের ফলে ব্যাকটেরিয়ার সংখ্যাবৃদ্ধির দরুণ ঘটে থাকে। এই প্রগতির একটি চিত্ররূপ প্রদর্শিত হল (চিত্র - 6.4) ।

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 কোষ সংখ্যা দ্বিগুণ হয়ে যায়। মাত্র 10 টি কোষের একটি প্রাথমিক সংখ্যা দিনশেষে কি সংখ্যার কোষের আধার হতে পারে তা আমরা হিসেব করার চেষ্টা করলেই বুঝতে পারব কি প্রচন্ড গতিময় এদের বৃদ্ধির প্রকৃতি। অপরপক্ষে যক্ষ্মারোগের জীবাণু Mycobacterium tuberculosis এর g এর মান 360 ঘন্টা। অর্থাৎ অত্যন্ত দীর্ঘকালীন অবস্থিতি ও বংশবৃদ্ধির পরই তারা নিজেদের অস্তিত্ব জানান দেবার মত হানিকারক সংখ্যা অর্জন করে থাকে।

সারণি 2-তে অনুকূল তাপমাত্রায় কিছু ব্যাকটেরিয়ার g এর মান দেওয়া হল।

সারণি 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 6.4 ঃ লগ পর্যায়ে ব্যাকটেরিয়ার দ্বিবিভাজন। একটি নির্দিষ্ট সময় অন্তর দ্বিগুণ সংখ্যায় বাড়ছে। এটিই জেনারেশন্ টাইম (generation time)।

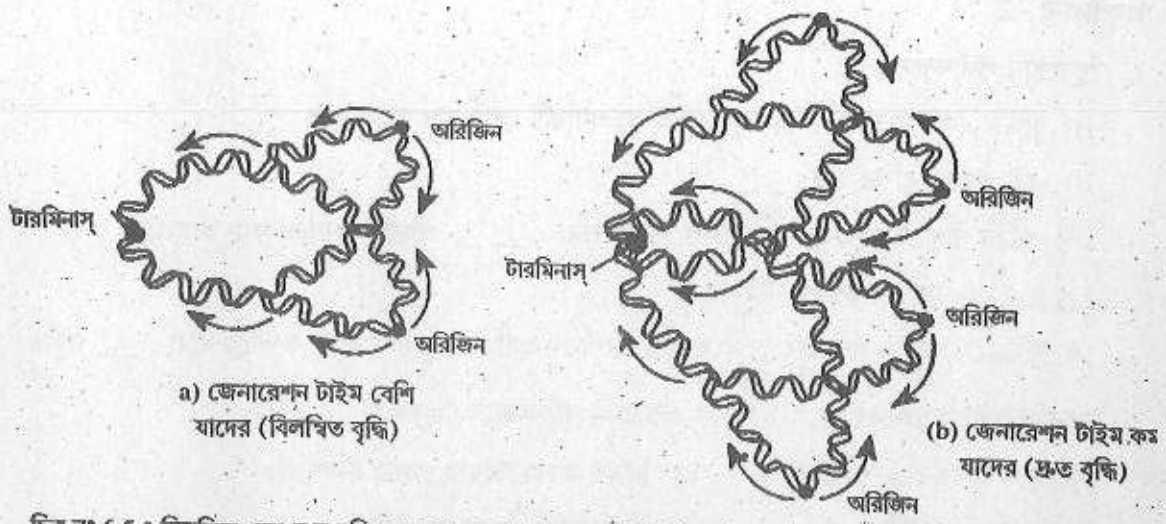
সাধারণভাবে আর্কিয়ার জেনারেশন টাইম 20 থেকে 30 মিনিট, অবশ্য ব্যতিক্রম আছে যেমন ব্যাকটেরিয়ার ক্ষেত্রে আছে। উপরের তালিকায় ব্যাকটেরিয়ার জেনারেশন টাইম দেওয়া হয়েছে তার সবথেকে অনুকূল অবস্থার পরিপ্রেক্ষিতে কিন্তু প্রকৃতিতে সবসময় এই অনুকূল অবস্থা থাকে না তাই জেনারেশন টাইমের পরিবর্তন হয়।

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 20 মিনিট কি করে হতে পারে!

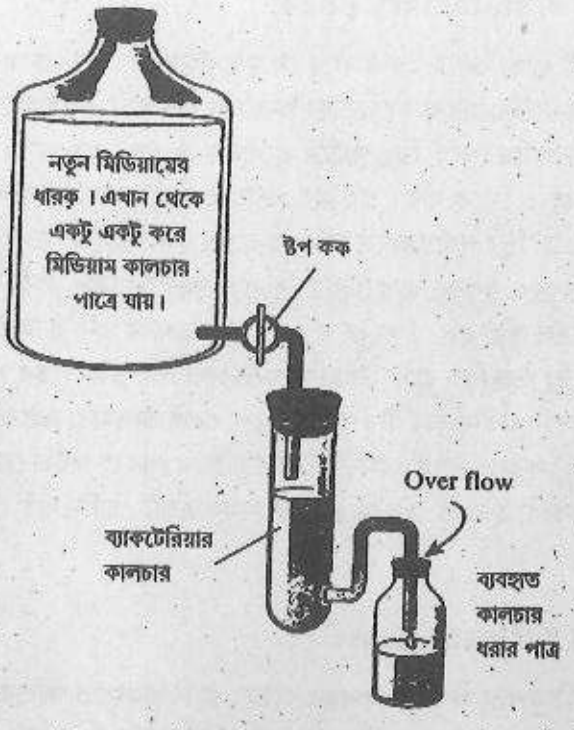
যে সকল ব্যাকটেরিয়ার জেনারেশন টাইম কম তাদের জিনোম রেপ্লিকেশনের সময় কম লাগে তা নয়, এই দুই এর সমন্বয় সাধিত হয় অন্যভাবে। ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধি লগ পর্যায়ে প্রবেশ করার পর DNA এর প্রতিলিপিকরণ চলতে থাকে বিরামহীন ভাবে। মাতৃDNA সম্পূর্ণভাবে অপত্য DNA তৈরী করার আগেই দুই নতুন DNA এর প্রতিলিপিকরণ শুরু হয়ে যায়। এই জন্য জেনারেশন টাইম কম হওয়া সম্ভব। তাই লগ পর্যায়ে ব্যাকটেরিয়ায় মোট DNA এর পরিমান অনেক বেশি থাকে (চিত্র 6.5) অর্থাৎ এইমাত্র যে ব্যাকটেরিয়াদ্বয় দ্বিবিভাজিত হয়ে সৃষ্টি হল তারা যে অপত্য DNA লাভ করেছে তাদের প্রতিলিপি গঠন শুরু হয়েছিল দুই বা ততোধিক প্রজন্ম পূর্বে। এইভাবে লগ পর্যায়ে বিলম্বিত DNA সংশ্লেষ এবং অতি সংক্ষিপ্ত দ্বি-বিভাজনকালের মধ্যে সামঞ্জস্য সাধিত হয়।

অপরপক্ষে যে সমস্ত ব্যাকটেরিয়ার জেনারেশন টাইম বা দ্বিবিভাজনকাল অতি দীর্ঘ তাদের ক্ষেত্রে DNA সম্পূর্ণ বিভাজিত হয়ে অপত্য DNA বিচ্ছিন্ন হবার পরেই কোষবিভাজন 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 ori C সংশ্লেষিত হয়ে থাকে তাহলে অপত্য DNA প্রায় সঙ্গে সঙ্গেই নিজের প্রতিলিপি তৈরীর কাজে নিয়োজিত হয়ে যায়। আর একটি কৌশল এই যে কোষের সবচাইতে দরকারী প্রোটিনগুলির জন্য দায়ী জীনসমূহ ঐ ori C এর আশেপাশেই অবস্থান করে। তাই oric এর সাথে সাথেই ঐ জীনগুলিও গঠিত হয়ে যায়। সুতরাং এতবার DNA তৈরীর কাজ চালাতে গেলে যে পরিমান উৎসেচক RNA ইত্যাদি দরকার হয় তার যোগান অপর্যাপ্ত রাখার ব্যবস্থাও ব্যাকটেরিয়া সঙ্গে সঙ্গেই করে নেয়। এই সমন্বয় সাধনই কম জেনারেশন টাইমের মূলমন্ত্র।



চিত্র নং 6.5 : 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 ব্যাকটেরিয়ায় যাবার জন্য।



চিত্র নং 6.6 : অবিরাম বৃদ্ধির নিমিত্ত কেমোস্টাট ব্যবস্থা। উপরের পাত্র থেকে নতুন মিডিয়াম ব্যাকটেরিয়ার কালচারে যুক্ত হয় এবং নিচের নল দিয়ে ব্যবহৃত মিডিয়াম বেরিয়ে আসে।

অনুশীলনী - 2

1. শূন্যস্থান পূর্ণ করুন ঃ

   i) বৃদ্ধির একটি আদর্শ লেখচিত্রে প্রথমেই যে পর্যায়টি দেখা যায় তাকে বলে _____ ।

   ii) এই পর্যায়ে বৃদ্ধির হার _____ ।

   iii) কঠিন মাধ্যমে কোষের 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 বামদিকে বাক্যগুলি সঠিকভাবে মেলান ঃ

i) হ্রাস পর্যায় (lag phase)	a) নির্দিষ্ট ব্যাকটেরিয়ার ক্ষেত্রে ধ্রুবক
ii) জেনারেশন টাইম	b) দীর্ঘকালীন জেনারেশন টাইম
iii) টি.বি. রোগের জীবাণু	c) DNA সংশ্লেষ
iv) লগ (log) পর্যায়	d) গুনোত্তর প্রগতিতে বৃদ্ধি

6.5.3 স্থির পর্যায় বা stationary phase

বৃদ্ধির লেখচিত্রটি লক্ষ্য করলে দেখা যাবে যে মুখ্যবৃদ্ধিমানের পর সময়ের পরিপ্রেক্ষিতে বৃদ্ধির হার একটি স্থিরতা অর্জন করে যখন বৃদ্ধির হার আপাতঃভাবে শুন্য বলে মনে হয়। এই পর্যায়কে স্থির পর্যায় বলে। ব্যাকটেরিয়ার 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 উপাদানের ঘাটতি। কখনও কখনও ব্যাকটেরিয়া বিশেষ কোন উপাদান তৈরী করে যা কি না তার নিজের বৃদ্ধির জন্য ক্ষতিকারক। আসল কথা হল উপযুক্ত পরিবেশের অভাবের জন্য ব্যাকটেরিয়া স্থির পর্যায়ে চলে যায়। এই পর্যায় কতক্ষণ চলবে তা ভিন্ন ভিন্ন ব্যাকটেরিয়ার ক্ষেত্রে ভিন্ন ভিন্ন রকম। স্থির পর্যায়ের ব্যাকটেরিয়ার কিছু বৈশিষ্ট দেখা যায় যেমন এদের বিপাকীয় কার্য ধীর গতিতে চলে, বেশি 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 গুনের অধিকারী হওয়ার পেছনে Kat F নামক একটি প্রোটিন দায়ী যেটি কি না এ সমস্ত জিনের কাজকে নিয়ন্ত্রণ করে।

6.5.4 মৃত্যু পর্যায় বা Death phase

কৃষ্টি 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 কোষ বিভাজন হয় না তো বটেই বরং ক্রমশঃ আরো বেশি 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।

6.6 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। আপনারা 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 সমপরিমান কোষপূর্ণ কৃষ্টিতরল অর্থাৎ সমপরিমান 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 ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধি সকল সময় লগ্‌ফেজে অবস্থান করে (চিত্র 5.6)।

6.7 কৃষ্টিগত বয়ঃসাম্য বা সিনক্রোনাস কালচার (Synchronous Culture)

যখন কোন কৃষ্টি মাধ্যমে উপস্থিত প্রতিটি ব্যাকটেরিয়া কোষ বৃদ্ধির হারের সমতা বজায় রাখে তখন তারা একই সাথে বিভাজিত হয়। সাধারণ মাধ্যমে এই অবস্থা পাওয়া অসম্ভব কেননা একটি মাধ্যমে যখন প্রথমাবস্থায় কিছু ব্যাকটেরিয়াপূর্ণ দ্রবণ মিশ্রণরূপে প্রয়োগ করা হয় তখন তাতে কোষগুলির বয়ক্রম ভিন্ন ভিন্ন। কোনটি লগ পর্যায়ে, কোনটি স্থির পর্যায়ে, কোনটি আবার মৃত কোষ স্বাভাবিকভাবেই নতুন মাধ্যমে বৃদ্ধির শুরুতে যে কোষটি যে পর্যায়ে ছিল সেখান থেকেই হবে। তবে সিনক্রোনাস কালচার হল এমন একটি পদ্ধতি যাতে সব কটি কোষকেই বৃদ্ধির একটি সুনির্দিষ্ট পর্যায়ে পাওয়া সম্ভব। এর ফলে কৃষ্টি মাধ্যমে তাদের বৃদ্ধির হারেও সাম্যবস্থা বজায় থাকে। ফলে সব কয়টি কোষ একই সাথে বিভাজিত হয়। এটি পাবার সব থেকে সহজ উপায় হলআকারের ভিত্তিতে সম আয়তন বিশিষ্ট কোষসমূহকে একটি মিশ্রিত কোষগোষ্ঠী 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 কোষগুলিই পরিস্রাবিত হয়। এই পরিস্রাবিত তরল যদি প্রাথমিক উৎস রূপে কোন কৃষ্টি মাধ্যমে ব্যবহৃত হয় তাহলে সেটির অন্তর্গত সমস্ত কোষই একই সাথে বিভাজিত হবে। এভাবে স্থিরপর্যায়ে পৌঁছানোর পূর্বেই যদি নতুন পরিপোষক সমৃদ্ধ কৃষ্টিমাধ্যম পুনরায় যোগ করা যায় তাহলে আবার সমস্ত কোষ একই সাথে বিভাজিত হতে থাকবে। এইভাবে পুনঃ পুনঃ পরিপোষক যোগ করে সমস্ত কোষকেই বিভাজনক্ষম রাখা সম্ভব। এই কৃষ্টিপদ্ধতি সিনক্রোনাস পদ্ধতি নামে পরিচিত।

6.8 প্রকৃতিতে ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধি

গবেষণাগারে আদর্শ কালচার মিডিয়ামে ব্যাকটেরিয়ার বংশবৃদ্ধি যেভাবে হয় প্রকৃতিতে সে ভাবে নাও হতে পারে। প্রাকৃতিক পরিবেশে ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধি নানা ভাবে বাধাপ্রাপ্ত হয়। খাদ্যের অভাব তো আছেই, তাছাড়া আছে একে অপরের সাথে প্রতিদ্বন্দ্বিতা। এইসব পরিস্থিতি সামাল দিতে ব্যাকটেরিয়ারা নানান উপায় অবলম্বন করে। এমনকি 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 অন্যকোন 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 কোষকে মিনিসেল (minicell) বলে। এদের বিপাকিয় 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 বেশি 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 জন্য উপযুক্ত পরিবেশের জন্য। যেমন Bacillus (চিত্র 6.7)। মিক্সোব্যাকটেরিয়ার (Myxobacteria) ক্ষেত্রে খাদ্য শেষ হওয়ার সময় লক্ষাধিক কোষ একসাথে জোড়ালেগে (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। মিক্সোস্পোর উপযুক্ত খাদ্য পেলে আবার জন্মাতে পারে (চিত্র 6.8) এভাবে তারা প্রতিকূলতা কাটিয়ে ওঠে।

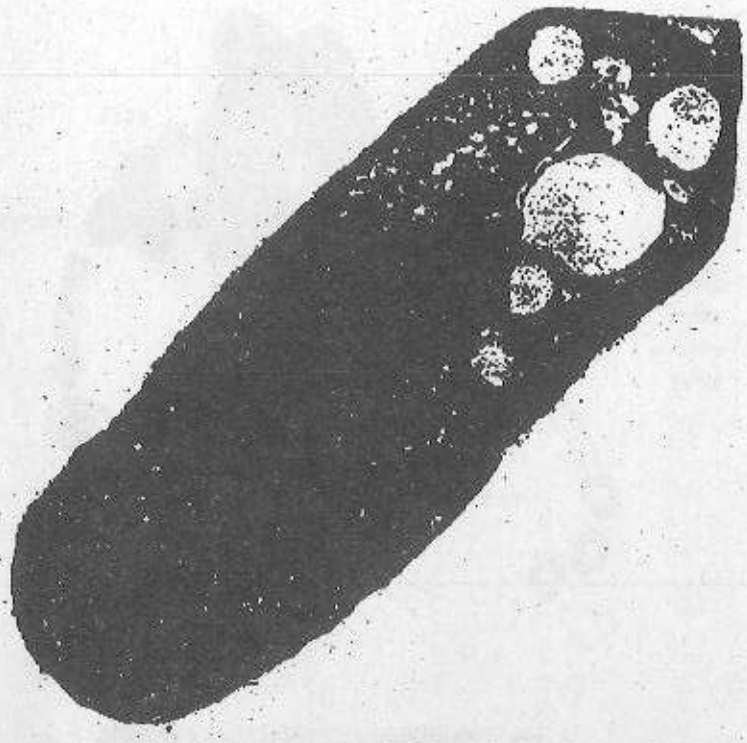
অনুশীলনী - 3

1. নীচের উক্তিগুলির সত্যতা নির্ধারণ করুন :

   i) স্থির পর্যায়ে ব্যাকটেরিয়ার বিভাজন একেবারে বন্ধ হয়ে যায় _____ হ্যাঁ / না

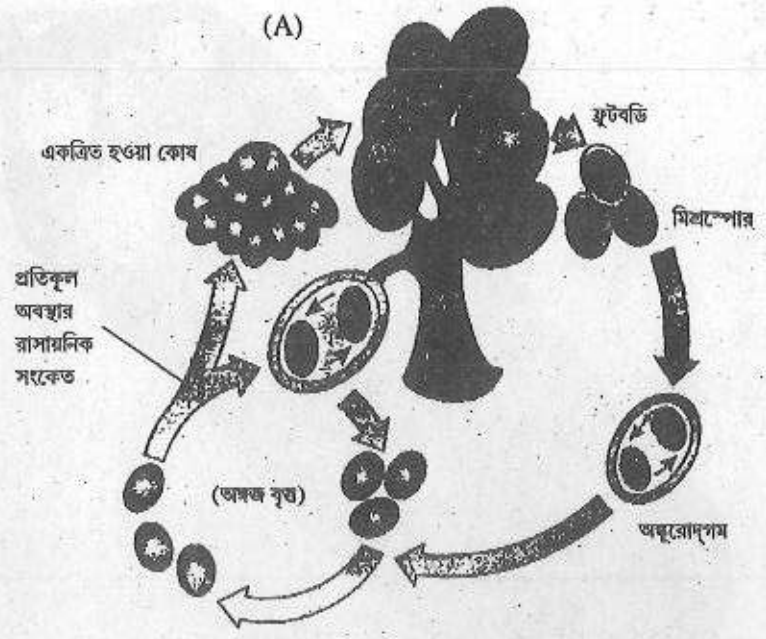
   ii) লগ পর্যায়ের মত মৃত্যু পর্যায়েও ব্যাকটেরিয়া কোষের মৃত্যু গুনোত্তর প্রগতি মেনে হয় _____ হ্যাঁ / না

   iii) কেমোস্ট্যাস্ট নামক ব্যবস্থায় ব্যাকটেরিয়াকে সর্বদা লগ পর্যায়েই পাওয়া যায় _____ হ্যাঁ / না



চিত্র নং 6.7 : প্রতিকূল অবস্থায় *Bacillus Sp.* স্পোর তৈরী করে। এটি প্রায় 32 হাজার গুণ বড় করে দেখান হয়েছে।

(A)



(B)

চিত্র নং 6.8 : প্রতিকূল অবস্থায় মিক্সোব্যাকটেরিয়ার স্পোর। (A) অনুকূল অবস্থায় মিক্সব্যাকটেরিয়া অঙ্গজ বৃদ্ধি চালায়, কিন্তু যখনই বুঝতে পারে প্রতিকূল অবস্থা আগত (রাসায়নিক সংকেত) তখনই মিক্সোস্পোর তৈরী করে। (B) মিক্সব্যাকটেরিয়ার একটি সদস্যের ফলদেহ কেমন তা দেখান হয়েছে।

iv) একটি মাধ্যমে সমস্ত ব্যাকটেরিয়া যখন একই সঙ্গে বিভাজিত হয় তখন তাকে বলে সিনক্রোনাস কালচার _____ হ্যাঁ / না।

v) মাধ্যমের মধ্যে ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধিকালীন অবস্থায় সেটি নিজেই কিছু অবাঞ্ছিত পদার্থ উৎপাদন করতে পারে _____ হ্যাঁ / না।

2. নীচের বিষয়গুলির মিল ডানদিকের সারণিতে আছে। সেগুলিকে 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

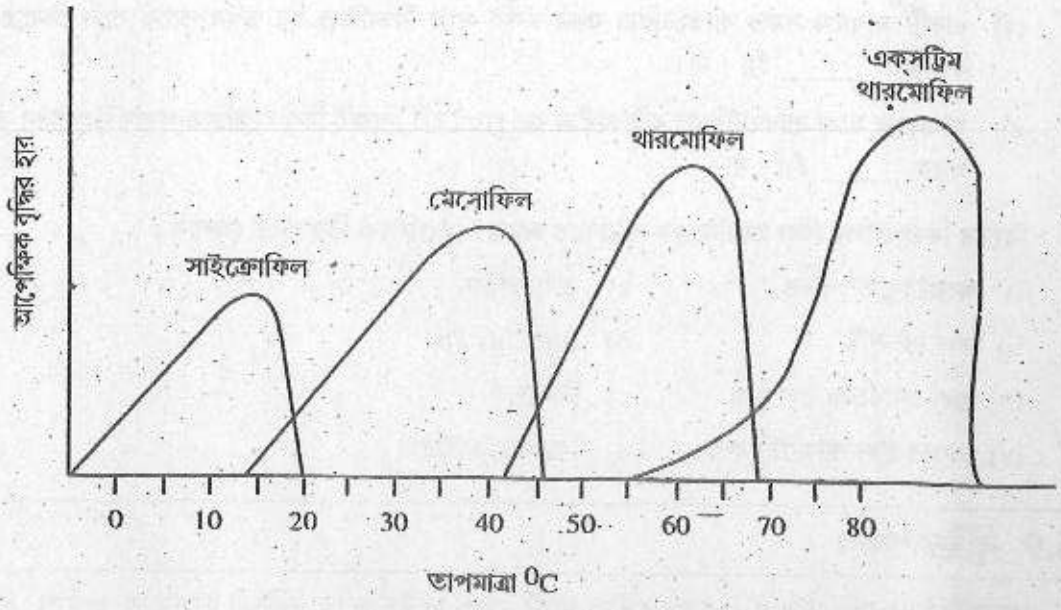
6.9 বৃদ্ধির শর্ত ঃ

ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধি তার পরিবেশের ভৌত ধর্মের সাথে নিবিড় ভাবে জড়িত। তাপমাত্রা, অম্লতা, দ্রবণের চাপ ও আলো ব্যাকটিরিয়ার বৃদ্ধিকে বিশেষভাবে প্রভাবিত করে।

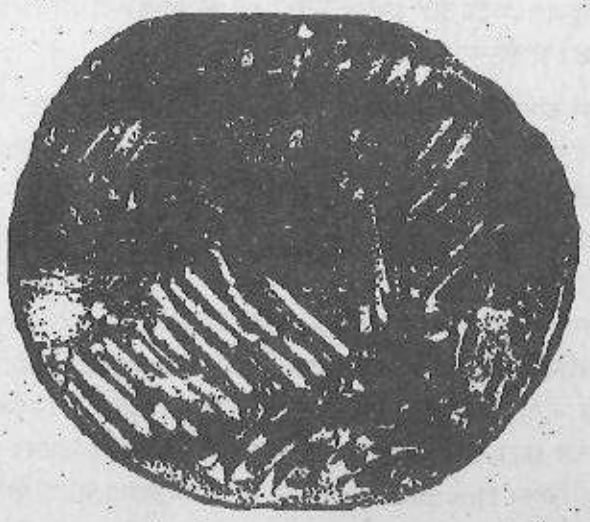
6.9.1 তাপমাত্রা ঃ

প্রতিটি ব্যাকটেরিয়া একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় সর্বাপেক্ষা বেশি বৃদ্ধির হার প্রদর্শন করে। এই তাপমাত্রাকে সর্বাপেক্ষা অণুকূল (optimum) তাপমাত্রা বলে। সাধারণতঃ অণুকূল তাপমাত্রা বলতে একটি তাপমাত্রা স্তরকে বোঝায়; যেমন, *E. Coli* এর ক্ষেত্রে 30° থেকে 37°C এই স্তরের কম বা বেশি তাপমাত্রায় বৃদ্ধির হার তাপমানের হেরফেরের সাথে সমতা রেখেই কমে যায়।

সাধারণত যে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে বৃদ্ধি পায়, প্রতি 10°C 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 20°C এর নিচে আদর্শ বৃদ্ধি হয় তাদের শৈত্যপ্রেমী সাইক্রোফিলিক ব্যাকটেরিয়া (psychrophiles) বলে, যেমন Flavobacterium। যে সকল ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধি 20°থেকে 40°C -এর মধ্যে ভাল হয় তাদের স্বাভাবিক উষ্ণতা প্রেমী বা মেসোফিলস (mesophiles) বলে, যেমন *E. Coli* এবং তার চেয়ে বেশি তাপমাত্রায় যাদের বৃদ্ধি ভাল হয় তাদের উষ্ণতাপ্রেমী বা থারমোফিলস (thermophiles) বলে, যেমন Thermococcus। যে সব ব্যাকটেরিয়া 80°C তাপমাত্রার চেয়েবেশি তাপমাত্রায় আদর্শ বৃদ্ধিহার বজায় রাখে তাদের বলা হয় অতি উষ্ণতাপ্রেমী বা এক্সটিম. থারমোফিলস্ (extreme thermophiles), যেমন *Pyrodictium*। আর্কিব্যাকটেরিয়ার অধিকাংশ সদস্য উষ্ণতাপ্রেমী এবং বেশকিছু অতি উষ্ণতাপ্রেমী প্রকৃতির।



চিত্র নং 6.9 : ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধির তাপমাত্রা অনুযায়ী শ্রেণীবিন্যাস।



চিত্র নং 6.10 : সালোকসংশ্লেষকারী ব্যাকটেরিয়ার গ্যাস ভ্যাকুওল। লম্বা লম্বা আকৃতির গঠন গুলি গ্যাস ভ্যাকুওল, প্রয়োজনে এদের আকৃতি ছোট বা বড় হতে পারে।

যে সকল ব্যাকটেরিয়া 50°C এর বেশি তাপমাত্রায় জন্মায় তাদের বিশেষ কতগুলি গুণ আছে যেমন, এদের উৎসেচক অনেক বেশি তাপমাত্রা সহ্য করতে পারে। Thermus aquaticas এর DNA পলিমারেজ উৎসেচক জীন প্রযুক্তিতে প্রচুর কাজে লাগে, কারণ উচ্চতাপমাত্রায় এই উৎসেচক ভালভাবে DNA প্রতিলিপিকরণ করতে পারে। Thermus aquaticas ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধির জন্য নূন্যতম তাপমাত্রা লাগে 70°C এবং 70° থেকে 105°C তাপমাত্রা পর্যন্ত এরা ভালভাবেই জন্মাতে পারে। আদর্শ তাপমানস্তরের হঠাৎ কোন পরিবর্ত্তন ঘটলে ব্যাকটেরিয়া যে সবসময় নষ্ট হয়ে যায় তা নয়। যেমন *E.Coli* কে 30°C তাপমাত্রায় বেশ কিছুক্ষণ বাড়তে দিয়ে হঠাৎ করে 42°C তাপমাত্রায় স্থানান্তরিত করা হলে কোষের শারীরবৃত্তীয় প্রক্রিয়ায় একটি অভিঘাত বা Shock লাগে। এই অভিঘাত জনিত ক্ষতি থেকে নিজেকে রক্ষা করার জন্য ব্যাকটেরিয়া অভিঘাতজাত (heat shock) প্রোটিন 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 কোষ 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।

6.9.2 অক্সিজেন

অনুজীবদের অক্সিজেনের প্রয়োজনীয়তার উপর ভিত্তি করে 4 ভাগে ভাগ করা যায়।

i) যে সকল অনুজীবের বৃদ্ধির জন্য অক্সিজেন একান্ত প্রয়োজন তাদেরকে বায়ুজীবী বা Aerobes বলে। উদাঃ *Bacillus Sp.*।

ii) কিছু অণুজীব আছে যাদের কম অক্সিজেনে (বায়ুতে আণুপাতিক 5% এরও কম O_2) ভাল বৃদ্ধি হয়। তাদেরকে অণুবায়ুজীবি বা (microaerophilics) বলে। অক্সিজেনের পরিমাণ বৃদ্ধি পেলে এদের বৃদ্ধি বাধাপ্রাপ্ত হয়। এর উল্টোদিকে আছে এমন কিছু অনুজীব যারা 5 থেকে 10% কার্বন-ডাই-অক্সাইডে ভালভাবে বৃদ্ধি পায়। তাদেরকে ক্যাপনোফিলস্ (Capnophiles) বলে। অনুবায়ুজীবির উদাহরণ হল *Spirillum Sp.*।

iii) আংশিকভাবে অবায়ুজীবি বা Facultative anaerobes বলতে বোঝায় সেইসমস্ত জীবাণুকে যারা অক্সিজেনের উপস্থিতেতে এবং অনুপস্থিতিতে জন্মাতে পারে। যেমন *Streptococcus*।

iv) অবায়ুজীবি বা Anaerobes হল সেই সব অণুজীব যারা অক্সিজেন ব্যতিরেকে জন্মায়। এরা আবার দুইরকম হয় (a) অক্সিজেন সহনকারী বা Aerotolerant অর্থাৎ বৃদ্ধি মাধ্যমে O_2 এর উপস্থিতি এদের মৃত্যুর কারণ হয় না। যেমন, *Streptococcus Sp.* এবং (b) কঠোরভাবে অবায়ুজীবি বা Strict Anaerobes যারা O_2 এর উপস্থিতি সহ্যই করতে পারে না এবং O_2 এদের পক্ষে বিনাশকারী। যেমন *Methanobacterium*।

6.9.3 জলের প্রভাব (Effect of Water)

যে কোন কোষের বেঁচে থাকার ও বৃদ্ধির জন্য জলের প্রয়োজন। কোষে প্রায় 80 থেকে 90 শতাংশ জল থাকে কারণ এটি একান্ত প্রয়োজনীয় দ্রাবক (solvent) যাতে কোষের 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। বিশুদ্ধ জলের Aw কে একক ধরে নেওয়া হয় (Aw = 1.0) । জলে অন্যকিছু দ্রবীভূত থাকলেই Aw কমে যায়। দ্রাবের পরিমান যত বেশি জলের Aw ততই কম হয়। সাধারণ লবনের 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 পারেনা। এদিক থেকে ছত্রাক গোষ্ঠী অনেক বেশি পারঙ্গম। বেশ কিছু ইষ্ট আছে যারা Aw 0.6 এও জন্মাতে পারে। চিনির সংপৃক্ত দ্রবনের Aw হল 0.6। তবে কিছু ব্যাকটেরিয়া আছে যারা অনেক ঘন দ্রবণে জন্মায়।

জলে যত বেশি দ্রাব মিশে থাকে ততই তার অভিস্রবণীয় চাপ (Osmotic pressure) বেশি। যে সব অণুজীব বেশি ঘন দ্রবণে জন্মাতে পারে তাদের অভিস্রবণ চাপ সহনকারী বা অসমোটলারেন্ট (Osmotolerant) বলে। নীচের তালিকায় এরকম কিছু ব্যাকটেরিয়ার নাম তাদের বৃদ্ধিমাধ্যমের Aw জানানো হল।

সারণি 3

জলসাম্যের (Aw) পরিপ্রেক্ষিতে ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধি

Aw	বৃদ্ধিমাধ্যম	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 লবনাক্ত জল	*Halobacterium*

অতিরিক্ত ঘন লবণ জলের অভিস্রবণীয় চাপ অত্যন্ত বেশি। সাধারণ ব্যাকটেরিয়া বা কোষ এই অতিসারক দ্রবণে তীব্র অভিঘাতে আক্রান্ত হয়। কিন্তু লবনাক্ত সমুদ্রজলে (3%) যে সমস্ত ব্যাকটেরিয়া জন্মায় তারা এই অভিঘাত সহ্য করতে পারে। এদের বলে Halophilic বা লবণপ্রেমী ব্যাকটেরিয়া। *Halobacterium* 25% এর বেশি লবনমাত্রা সহ্য করতে পারে এবং এদের বলে extreme halophiles।

6.9.4 চাপ

জল যত গভীর হয় ততই চাপ বাড়ে। প্রতি 10 মিটার গভীর জলের চাপ এক বায়ুমন্ডল চাপের সমান। যে সকল অনুজীব গভীরতম সমুদ্রে বাস করে তাদেরকে যে চাপ সহ্য করতে হয় তা প্রায় বায়ুমন্ডলের চাপের 200 গুণ। যে সকল অণুজীব এত চাপ সহ্য করতে পারে তাদেরকে ব্যারোটলারেন্ট (barotolerant) বলে। কিছু ব্যাকটেরিয়া যারা সমুদ্রের গভীরে জন্মায় (4000 গুণ বায়ুচাপ) তারা উপরিতলের হালকা চাপে জন্মাতেই অক্ষম। এদের স্বাভাবিকভাবে চাপপ্রেমী বা barophilic জীবাণু বলা হয়।

6.9.5 অম্লতা (effect of acid and pH)

pH বলতে বোঝায় কোন দ্রবণে H^+(hydrogenion = হাইড্রোজেন আয়ন) এর পরিমান। 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 যাঁরা অম্ল 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।

সারণি 6.4

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

6.9.6 আলো (effect of light)

সালোকসংশ্লেষকারী ব্যাকটেরিয়ার আলো একান্ত প্রয়োজন। আলোর একটি বিশেষ তরঙ্গ দৈর্ঘ্যে সালোক সংশ্লেষের আদর্শ হার বজায় থাকে। তাই সালোক সশ্লেষকারী 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 পরিবর্ত্তনের সাথে সাথে নিয়ন্ত্রিত হয়। সাধারণভাবে বর্ণালীর লাল অংশের আলো ব্যাকটেরিয়ার ক্লোরোফিলকে উত্তেজিত করতে পারে। ফলে এই তরঙ্গদৈর্ঘ্যের (670 - 700 mm) আলো সালোকসংশ্লেষের পক্ষে সহায়ক। তীব্র আলো বা অতি বেগুনী রশ্মি কোষের প্রোটিন ও DNA নষ্ট করতে পারে। এর থেকে রক্ষা পেতে ব্যাকটেরিয়া ক্যারোটিনয়েড রঞ্জক (carotenoid pgment) পদার্থ তৈরী করে। এই রঞ্জক পদার্থ ক্ষতিকারক আলোক তরঙ্গ শোষণ করে বা আলোর তীব্রতাকে নষ্ট করে যাতে কোষের কোন ক্ষতি না হয়।

অধিকাংশ আলোকসংবেদী ব্যাকটেবিয়া জলে থাকে এবং আলোর নির্দিষ্ট তীব্রতাকে কাজে লাগাবার উদ্দেশে এরা কোষে গ্যাস গহ্বর (gas vasicles) তৈরী করে। গ্যাস গহ্বরে সঞ্চিত গ্যাস কম বা বেশি করে এই সমস্ত ব্যাকটেরিয়া জলে উপরের দিকে বা নিচের দিকে চলে যেতে পারে। যখন আলোর তীব্রতা কমে আসে তখন গ্যাস গহ্বর বেশি গ্যাস জমা করে ভেসে উপরের দিকে উঠে আসে। আর যখন আলোর তীব্রতা বেশি তখন গ্যাস গহ্বর থেকে গ্যাস বার করে দেয় ফলে জলের তলায় চলে যায় যাতে অনুকূল তীব্রতায় থাকতে পারে (চিত্র 6.10)।

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) অনুবায়ুজীবি	c) 40°C 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) 20°C 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 অবায়ুজীবি _____।

iv) ক্যাপনোফিলিক ব্যাকটেরিয়া _____।

v) আংশিকভাবে অবায়ুজীবি _____।

6.10 সারাংশ

ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধি ও বংশবৃদ্ধি একইসাথে চলে তাই এই দুটিকে আলাদা করে ব্যাখ্যা করা যায় না। এদের বৃদ্ধি বলতে বোঝায় একটি কোষ থেকে দুটি কোষ হওয়ার জন্য যাবতীয় যৌগ জমা করা বা তৈরী করা এবং জমা হওয়ার সাথে সাথেই একটি কোষ থেকে দুটি কোষ 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 ব্যাকটেরিয়ার উৎপাদনকাল বা জেনারেশন্ টাইম বলে। বিভিন্ন ব্যাকটেরিয়ার ক্ষেত্রে এই সময়কাল বিভিন্ন। ব্যাকটেরিয়াকে কোন খাদ্য মাধ্যমে বৃদ্ধি করানো শুরু করলে দেখা যায় যে বৃদ্ধির প্রথম পর্যায়ে বৃদ্ধি ঋণাত্মক। তারপর একসময় দ্রুত বৃদ্ধি চলাতে 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 মৃত্যু পর্যায়। এই পর্যায়গুলির প্রতিটির বিশেষ বৈশিষ্ট আছে।

এমন ব্যবস্থা যদি করা যায় যে ব্যাকটেরিয়া বৃদ্ধির জন্য উপযুক্ত পরিবেশ সকল সময় বজায় থাকবে তাহলে ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধি তথা বিভাজন অবিরাম ভাবে চলতে থাকবে। এই পদ্ধতিতে ব্যাকটেরিয়া জন্মানো হয় বাণিজ্যিক প্রয়োজনে। যেমন ব্যাকটেরিয়া দ্বারা ভিনিগার তৈরীর কারখানায় সর্বদা লগ পর্যায়ে ব্যাকটেরিয়া প্রয়োজন বলে

এই ব্যবস্থা করা হয়। প্রকৃতির সাথে সামঞ্জস্য বজায় রেখে চলতে বিভিন্ন ব্যাকটেরিয়া বিভিন্ন উপায় অবলম্বন করে এগুলি হল বৃদ্ধির শর্ত। ব্যাকটেরিয়াদের মধ্যে যারা অকসিজেনের ব্যতিরেকে জন্মাতে পারে তারা হল অবায়ুজীবি আর এর বিপরীত ধর্ম হল বায়ুজীবিতা। উষ্ণতার প্রভাবও বৃদ্ধির উপর উল্লেখযোগ্য। কিছু ব্যাকটেরিয়া উষ্ণতাপ্রেমী আবার কিছু প্রচন্ডভাবে শৈত্যপ্রেমী। অনুপযুক্ত পরিবেশ থেকে নিজেদের রক্ষা করার জন্য বিভিন্ন ব্যাকটেরিয়া, নানান উপায় অবলম্বন করে। সুতরাং সংক্ষেপে বলা যায় যে ব্যাকটিরিয়ার যেমন বৈচিত্রময় তেমনই বিচিত্র এদের জীবনধারনের উপায়।

6.11 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

1. একটি আদর্শ ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধির লেখচিত্র অঙ্কন করে বৃদ্ধির বিভিন্ন পর্যায়গুলির বৈশিষ্ট সম্পর্কে যা জানেন লিখুন।
2. বৃদ্ধির শর্তগুলি কি কি? শর্তগুলি কিভাবে 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।

6.12 উত্তরমালা

অনুশীলনী - 1

1. i) যে পদ্ধতিতে একটি ব্যাকটেরিয়া মাতৃকোষ দ্বিবিভাজিত হয়ে দুটি অপত্য কোষের সৃষ্টি করে তাকে বলে দ্বি-বিভাজন।

   ii) বৃদ্ধির লগ পর্যায়ে ব্যাকটেরিয়ার সংখ্যা নির্দিষ্ট একক সময়ের অন্তরে দ্বিগুণ হয়ে যায়। একে বলে বৃদ্ধির গুনোত্তর প্রগতি।

   iii) একটি ব্যাকটেরিয়া দ্বি-বিভাজিত হয়ে দুটি অপত্য সৃষ্টির জন্য যে সময় দরকার তাকে বলে জেনারেশন টাইম।

   iv) ব্যাকটেরিয়ার কোষ বিভাজনের জন্য প্রস্তুতিকালীন দশায় DNA, RNA প্রোটিন ইত্যাদির মত বৃহদাণু সংশ্লেষিত করে। একে বলে ব্যাকটেরিয়ার কোষীয় বৃদ্ধি।

2. আমরা জানি, জেনারেশন টাইম $g = {}^{t}/_{n}$

   আবার, $n = \dfrac{\log N - \log N_0}{\log 2}$

মান বসিয়ে পাই,

$$n = \frac{\log 800 - \log 50}{0.301}$$

$$= \frac{2.90 - 1.69}{0.301} = \frac{1.21}{.301} = 4.01 \ (=4)$$

$t = 4$ ঘন্টা

$g = {}^{1}/_{n}$ অথবা মান বসিয়ে $g = {}^{1}/_{4} = 1$ ঘন্টা

অনুশীলনী - 2

1. i) ল্যাগ পর্যায় ii) ঋণাত্মক iii) ক্রমাবর্ত তরলীকরণ iv) 20 মিনিট v) লগ পর্যায়

2. i) _____ (c) (iii) _____ (b)
   ii) _____ (a) (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*

সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

1. বৃদ্ধির লেখচিত্র (চিত্র 5.3) এঁকে বিভিন্ন পর্যায়ে কি কি ঘটনা ঘটে তা লিখুন। উত্তর হবে সংক্ষিপ্ত ও বিষয়মুখী; যেমন,

   ল্যাগ পর্যায় ঃ কোন কৃষ্টিমাধ্যমে কোন ব্যাকটেরিয়ার মিশ্রণকে স্থানান্তরিত করলে প্রথমাবস্থায় কোন সদর্থক বৃদ্ধি দেখা যায় না। একে বলে লগ পর্যায়। এই পর্যায়ে বৃদ্ধির একটি ঋণাত্মক হার পরিলক্ষিত হয় কেন না কোষের সংখ্যাবৃদ্ধি না ঘটলেও কিছু কোষের মৃত্যু হয়। এই পর্যায়ে কোষ বিভাজন হয় না বটে কিন্তু কোষের DNA, RNA বা প্রোটিনের মত বৃহদাণু সংশ্লেষের হার দ্বিগুণ মাত্রায় বৃদ্ধি পায়।

   এইভাবে বাকী পর্যায়গুলি সম্পর্কেও লিখুন। বৃদ্ধির শর্তগুলি সম্পর্কে দীর্ঘ আলোচনা করা হয়েছে। উত্তর লেখার সময় এই আলোচনাকে সংক্ষিপ্তরূপে উপস্থাপিত করতে হবে। 5.9.2 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 5.3 অংশে আলোচিত, চিত্র 5.1 (ক) আবশ্যক।
   ii) কেবলমাত্র গাণিতিক পদ্ধতিতে নির্ণয়ের সমীকরণটি বুঝিয়ে দিতে হবে (5.4.1)। কোন উদাহরণ দরকার নেই।
   iii) 5.8 অংশে আলোচিত
   iv) 5.7 অংশে আলোচিত
   v) 5.6 অংশে আলোচিত (চিত্ররূপ আবশ্যক)

একক 7 ☐ ব্যাকটেরিয়ার জীনগত পুনঃসংযুক্তি (Genetic Recombination in Bacteria) ঃ

গঠন

7.1 প্রস্তাবনা
উদ্দেশ্য
7.2 ব্যাকটেরিয়ার জীনগত পুনঃ সংযুক্তি
7.3 কনজুগেশন
7.3.2 Hfr দাতা
7.3.3 প্লাসমিড স্থানান্তরন পদ্ধতি
7.3.4 সংশ্লেষে Hfr দাতার ভূমিকা
7.3.5 ট্রানসপোজেবল জেনেটিক এলিমেন্ট
7.4 সারাংশ
7.5 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী
7.6 উত্তরমালা

7.1 প্রস্তাবনা

ব্যাকটেরিয়ার মধ্যে কোনরূপ যৌন দ্বিরূপতা দেখা যায় না। গ্যামেট উৎপাদনের মধ্য দিয়ে সাধিত তথাকথিত যৌন জনন ব্যাকটেরিয়ায় অনুপস্থিত। যৌন জননের উদ্দেশ্য হল জীব জগতে প্রকরণের আনয়ন। গ্যামেট-উৎপাদনকালে ক্রসিংওভারের ফলে ক্রোমোজোমগুলির মধ্যে যে খণ্ড বিনিময় হয় তা অপত্য কোষকে এমন এক ধরনের বৈশিষ্ট্য দান করে যা হুবহু তার মাতৃ কোষের মত নয়। একইভাবে দুটি হ্যাপ্লয়েড (n) মাতৃ কোষের মিলনে যে ডিপ্লয়েড (2n) জাইগোট তৈরী হয় তার মধ্যে জীনগত পুনর্বিন্যাস ঘটে যাবার দরুন সেটি হুবহু মাতৃ বা পিতৃকোষের 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 অননুকরণীয় পদ্ধতি আছে। আমরা এই অধ্যায়ে এই পদ্ধতিগুলি সম্পর্কে আলোকপাত করব।

উদ্দেশ্য

এই এককটি পাঠ করে আপনি নিম্নলিখিত বিষয়গুলি সম্পর্কে ধারণা করতে পারবেন —

- ব্যাকটেরিয়ার জীনগত পুনঃসংযোগের পদ্ধতিগুলি কি কি ?

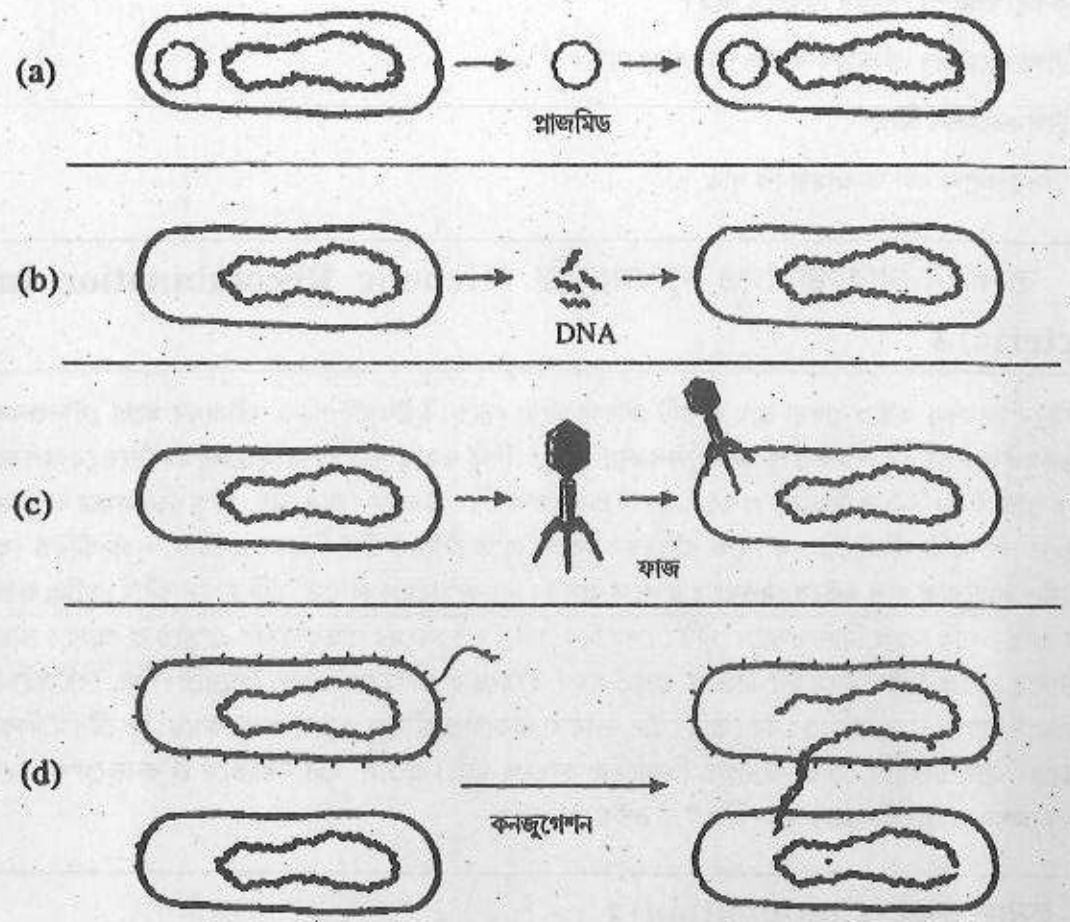
- কনজুগেশন বা সংশ্লেষ কিভাবে ঘটে ?
- ট্রান্সপোজেবল এলিমেন্ট বলতে কি বোঝা যায় ?
- ট্রান্সফরমেশন কি ?
- ট্রান্সডাকশান বলতে আমরা কি বুঝি ?

7.2 ব্যাকটেরিয়ার জীনগত পুনঃসংযুক্তি (Genetic Recombination in Bacteria) :

জিনে 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 মধ্য দিয়ে যে অপত্য সৃষ্ট হয় তার জীবন বিন্যাস উভয়ের গুনাগুন এর মিশ্রন। প্রোক্যারিওটে জনন কোষ নেই। কিন্তু কেবলমাত্র অযৌন পদ্ধতিতে বংশবৃদ্ধি জীববৈচিত্রের পক্ষে প্রতিবন্ধকস্বরূপ। এতে জীনের জীন বিন্যাস এতটাই পূর্বনির্ধারিত যে পরিবর্ত্তিত পরিবেশে খাপ খাইয়ে নেওয়া তার পক্ষে অসম্ভব। ব্যাকটেরিয়ার জগতে বৈচিত্র 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, বৈচিত্রহীন জীনবিন্যাস দ্বারা এটা হওয়া সম্ভব নয়। তাই যৌন জনন না থাকলেও জীনের আদান প্রদান আছে। তিনটি মৌলিক পদ্ধতিতে ব্যাকটেরিয়ার কোষে জীনগত বিন্যাসের রদবদল ঘটে। এগুলি হল যথাক্রমে i) কনজুগেশন, ii) ট্রান্সফরমেশন ও iii) ট্রান্সডাকশান (চিত্র 7.1 দ্রষ্টব্য)।

7.3 কনজুগেশন্ (Conjugation) :

এই পদ্ধতিতে একটি ব্যাকটেরিয়া থেকে DNA অন্য ব্যাকটেরিয়াতে স্থানান্তরিত হতে দুটি কোষের মধ্যে সংযোগ স্থাপন প্রয়োজন। এই মিলন ও DNA এর স্থানান্তর ঘটাতে সাহায্য করে এক ধরনের প্লাজমিড, তাদেরকে কনজুগেটিভ প্লাজমিড বলে। *E. Coli* এর F প্লাজমিড এই ধরনের একটি কনজুগেটিভ প্লাজমিড। যে *E. Coli* কোষে F -প্লাজমিড থাকে তাদের দেহপ্রাকার থেকে F পিলি (একবচনে Pilus) নামক একধরনের বর্হিবৃদ্ধি গঠন করে। F- পিলি দুটি ব্যাকটেরিয়া কোষের মধ্যে সংশ্লেষনালী গঠন করে। এই সংশ্লেষনালীর মধ্য দিয়ে F প্লাসমিড এক কোষ থেকে অন্য কোষে স্থানান্তরিত হয়। স্থানান্তরন একমুখী। যে ব্যাকটেরিয়ার F প্লাজমিড আছে তাকে বলে দাতা (Donor) এবং প্লাজমিডবিহীন যে কোষে 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^- কোষ F^+ কোষে পরিণত হয়। অর্থাৎ কোষটি তখন দাতা হিসাবে কাজ করতে সক্ষম। প্রতিবার F- প্লাজমিড স্থানান্তরিত হবার পূর্বে প্রতিলিপি তৈরী করে নেয় বলে F^+ কোষ তার দাতা বৈশিষ্ট বজায় রাখে (চিত্র 7.3)।



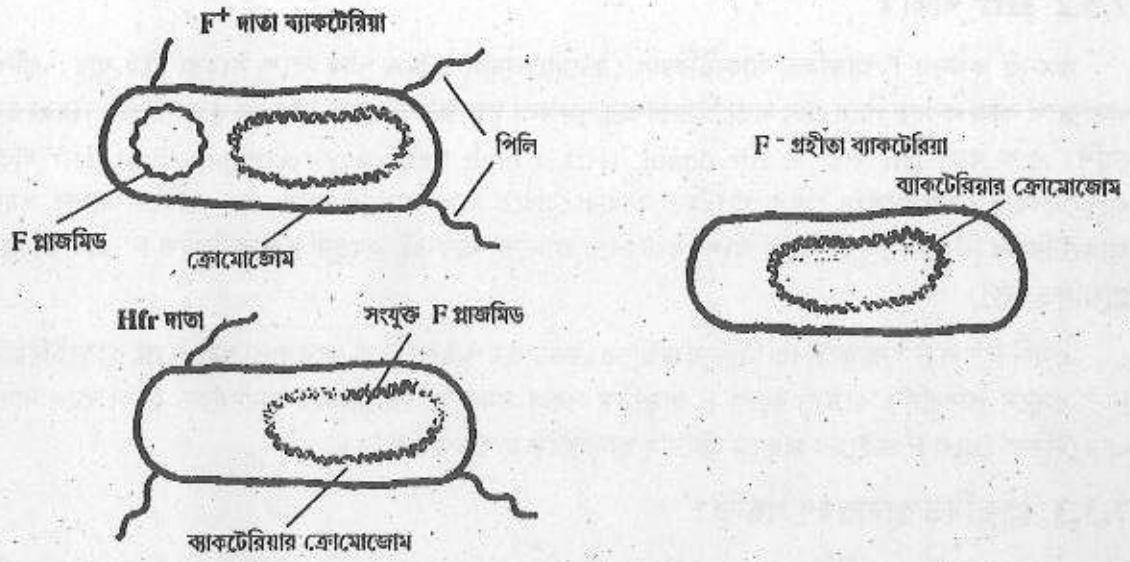
চিত্র নং 7.1 : প্রোক্যারিওটদের মধ্যে প্রাকৃতিকভাবে জীনগত পুনঃসংযুক্তি অর্জনের বিভিন্ন পদ্ধতি।

a) একটি ব্যাকটেরিয়া থেকে প্লাজমিড DNA অন্যটিতে অনুপ্রবিষ্ট হয়ে জিন বিন্যাসের রদবদল ঘটাতে পারে;

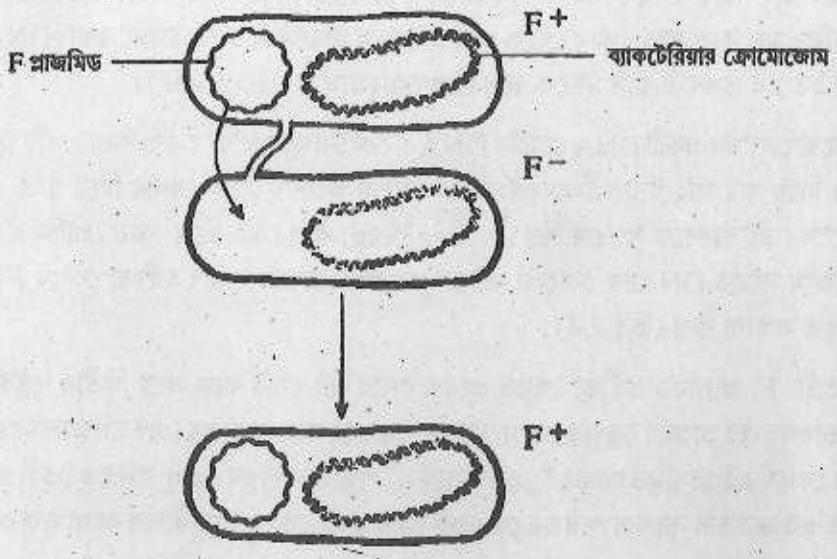
b) এক ব্যাকটেরিয়া থেকে অন্য ব্যাকটেরিয়াতে মুক্ত প্রবেশ করে জিনোমের পরিবর্তন ঘটাতে পারে। একে ট্রান্সফরমেশন বলে।

c) টেমপারেট ব্যাকটেরিওফাজ এক ব্যাকটেরিয়া থেকে অন্য ব্যাকটেরিয়াতে DNA বা জিন বহন করে নিয়ে যেতে পারে তাকে ট্রান্সডাকশন বলে।

d) দুটি ব্যাকটেরিয়ার কোষের মধ্যে সংশ্লেষ পদ্ধতিতে মিলনের দ্বারা DNA একটি থেকে অন্যটিতে স্থানান্তরিত হতে পারে। একে বলে কনজুগেশন।



চিত্র নং 7.2 : F^+ ও Hfr দাতা কোষে প্লাজমিডের অবস্থান দেখান হয়েছে এবং তুলনা করা হয়েছে F^- গ্রহীতার সাথে।



চিত্র নং 7.3 : F^+ ও F^- একসাথে জন্মালে সকল F^- ব্যাকটেরিয়া F^+ এ রূপান্তরিত হয়।

7.3.2 Hfr দাতা ঃ

কখনও কখনও F-প্লাজমিড ব্যাকটেরিয়ার ক্রোমোজোমাল DNA -এর সাথে সংযুক্ত হয়ে যায়। এটিও দাতারূপে কাজ করতে পারে এবং দাতা হিসাবে এর সক্ষমতা মুক্ত প্লাজমিডযুক্ত কোষের তুলনায় প্রায় 1000 গুন বেশি। একে বলে Hfr দাতা বা Hfr donor, (Hfr = high frequency recombination). Hfr দাতা ব্যাকটেরিয়ার ক্রোমোজোম থেকে প্লাজমিড আবার বেরিয়ে চলে আসতে পারে এবং বেরিয়ে আসার সময় ব্যাকটেরিয়ার জিনোম থেকে কিছুটা অংশ কেটে নিয়ে আসতে পারে এই অবস্থায় F প্লাজমিডকে F' (এফ প্রাইম) প্লাজমিড বলে।

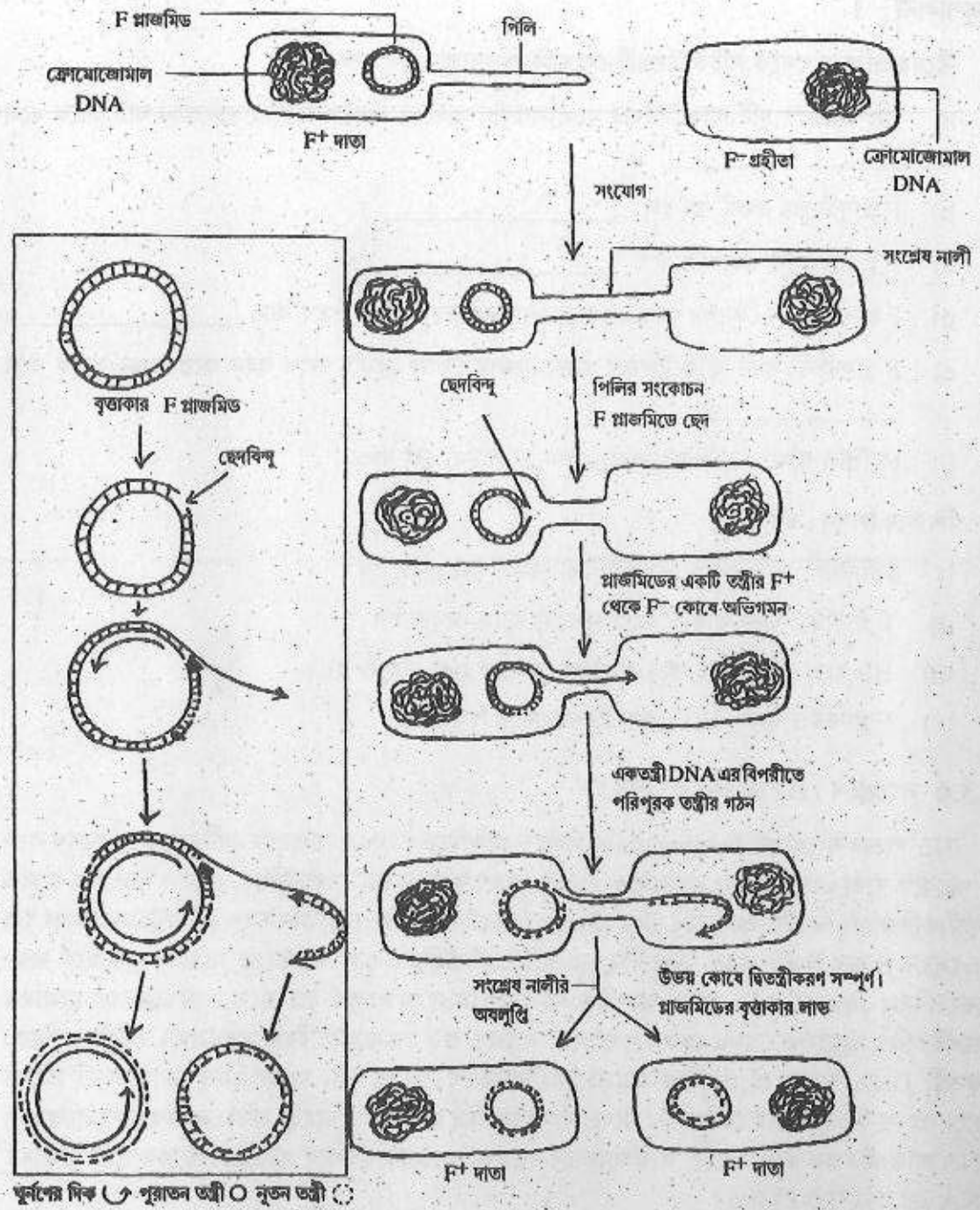
এ যদি F^- ও F^+ ব্যাকটেরিয়া মিশিয়ে জন্মাতে দেওয়া হয় তাহলে দেখা যাবে দাতা গ্রহীতা সব ব্যাকটেরিয়াই F^+ স্ট্রেনে পরিবর্ত্তিত হয়েছে কারণ F-প্লাজমিড সকল সমস্ত গ্রহীতা কোষে স্থানান্তরিত হবে। তবে দাতা ব্যাকটেরিয়া থেকে F প্রাইমের মাধ্যমে জীনোম স্থানান্তরিত হবে নগন্য হারে।

7.3.3 প্লাজমিড স্থানান্তরণ পদ্ধতি ঃ

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 মত। পরিপূরক DNA এই ছাঁচ অণুসরণ করে আর একটি তন্ত্রী তৈরী করে ফেলে। এর ফলে রজ্জুকার তন্ত্রীটি মূল থেকে বিচ্ছিন্ন হয়ে যায়। স্থানান্তরন ঘটে এই একতন্ত্রী খণ্ডকের। স্থানান্তরনের অভিমুখ নির্ধারিত হয় প্লাজমিডের যে বিন্দু থেকে তাকে বলে *Ori. T* বিন্দু। এটিও একটি জীন, স্থানান্তরনের জন্য এই অংশে অনেকগুলি প্রোটিন থাকে যে প্রোটিন গুলির মূল কাজ দাতা কোষ থেকে গ্রহীতা কোষে প্লাজমিডকে কে চালনা করা। DNAও ঐ প্রোটিন গুলি যখন একত্রিত হয় তখন ঐ প্লাসমিডকে বলে রিলাক্সোজোম (relaxosome)।

রিলাক্সোজোমের একটি DNA প্রোটিন DNA এ কেটে রজ্জুকার করে এবং অন্য একটি প্রোটিন কাটা তন্ত্রটিকে বহন করে নিয়ে যায় সাইটোপ্লাজমিক পর্দার এক বিশেষ অংশের দিকে যেখান দিয়ে দাতা কোষ থেকে DNA বেরিয়ে যাবে। এই অংশকে সংশ্লেষ ছিদ্র (mating pore) বলে। এই ছিদ্রে অন্য প্রোটিনও থাকে যার কাজ হল রিলাক্সোজোম সমেত DNAকে কোষের বাইরে বার করে দেওয়া অর্থাৎ গ্রহীতা কোষে F- প্লাসমিডকে প্রবেশ করিয়ে দিতে সাহায্য করা (চিত্র 7.4)।

একতন্ত্রী F- প্লাসমিড গ্রহীতা কোষে প্রবেশ করার পর সেটি কাজ করে দ্বিতীয় তন্ত্রীটি গঠনের জন্য ছাঁচ হিসাবে। তারপর এর প্রান্তদ্বয় জোড়া লেগে DNA বৃত্তাকার গঠন প্রাপ্ত হয়। এভাবে প্লাসমিডের স্থানান্তরণ সম্পূর্ণ হয়। নতুন কোষে এই প্লাসমিড আবার "রোলিং সার্কল" পদ্ধতিতে নতুন copy বানাতে তৈরী হয়ে যায়। কপি করার এই পদ্ধতি এত দ্রুততার সাথে সম্পন্ন হয় যে একই সময় একই কোষে প্লাসমিডের বহুসংখ্যক কপি উপস্থিত থাকতে পারে।



চিত্র নং 7.4 : সংশ্লেষ পদ্ধতিতে F^+ দাতা থেকে F^- গ্রহীতায় প্লাসমিড স্থানান্তরনের চিত্ররূপ। বামদিকে প্রদর্শিত হয়েছে "রোলিং সার্কল" পদ্ধতিতে প্লাজমিডের প্রতিলিপিকরণ ও স্থানান্তরনের প্রতিটি ধাপ। DNA এর 360° কোণে ঘূর্ণনের সাথে সমতা রেখে কিভাবে নতুন তন্ত্রী তৈরী হয় তা লক্ষ্যণীয়।

অনুশীলনী - 1

1. নীচের তালিকা থেকে সঠিক উত্তরটি বেছে নিয়ে শূন্যস্থান পূর্ণ করুন ঃ

   a) যে পদ্ধতিতে দুটি ব্যাকটেরিয়ার মধ্যে সংযোগ সাধনের মাধ্যমে জীনের স্থানান্তরন ঘটে তাকে বলে _____ ।

   b) F প্লাসমিডের একটি ধর্ম হল _____ ।

   c) F প্লাসমিডযুক্ত কোষকে বলে _____ ।

   d) F প্লাসমিড যে কোষের 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. কি হবে লিখুন ; যখন

   i) F প্লাসমিড দাতা কোষ থেকে গ্রহীতা কোষে স্থানান্তরিত হয়

   ii) F প্লাসমিড যখন ব্যাকটেরিয়ার ক্রোমোজোমে সংযুক্ত হয়

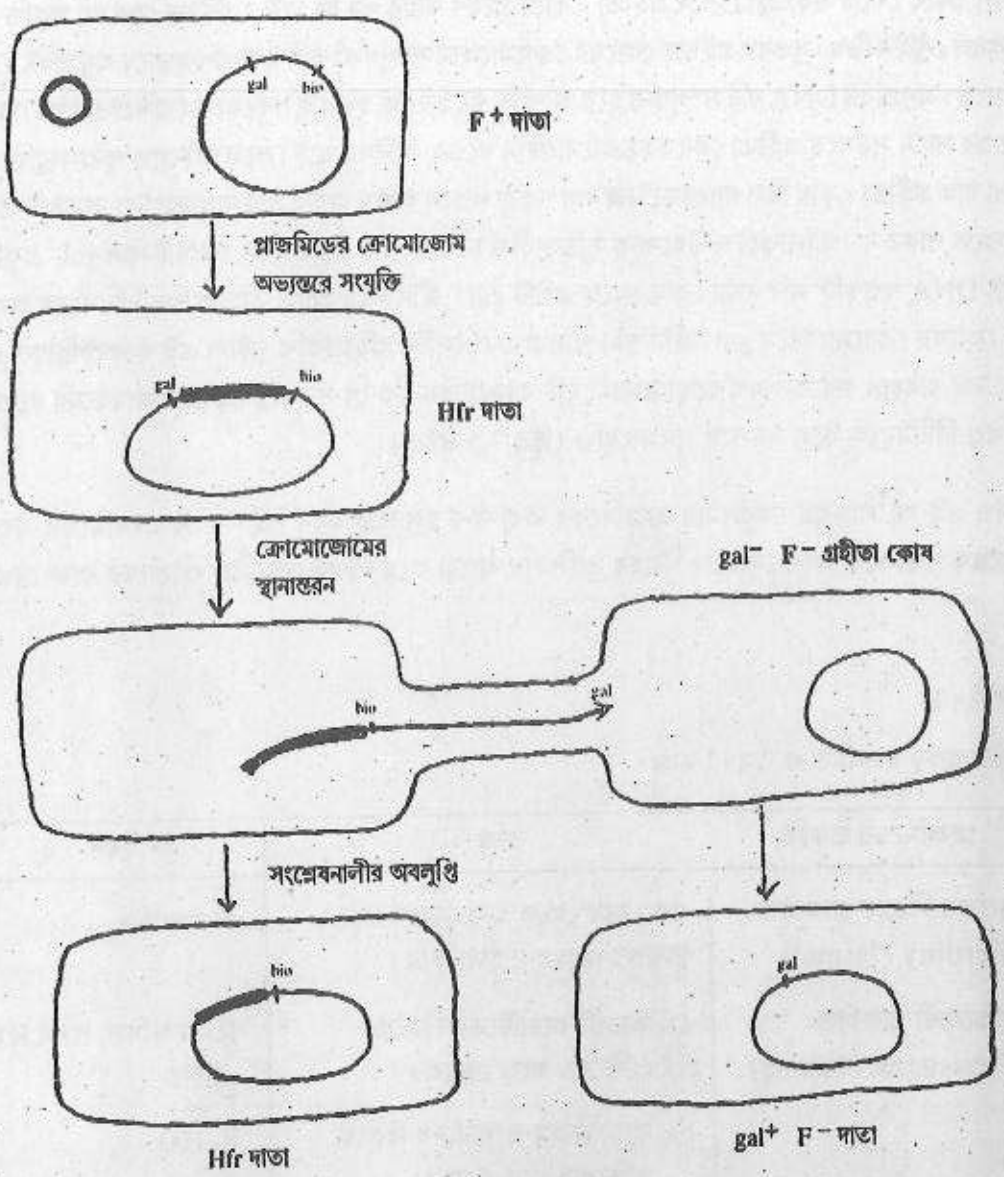
   iii) Hfr দাতা যখন F গ্রহীতার সাথে স্বল্প সময়ের জন্য সংযুক্ত হয়।

   iv) F প্লাসমিড যখন Hfr ক্রোমোজোম থেকে বিযুক্ত হয়

7.3.4 সংশ্লেষে Hfr দাতার ভূমিকা ঃ

Hfr দাতার সংশ্লেষের (conjugation) সময় F প্লাজমিডের DNA সাধারণত গ্রহীতা কোষে প্রবেশ করে না পরিবর্তে দাতা কোষের ক্রোমোজোমাল DNA প্রবেশ করে। একই ব্যাকটেরিয়ার এইরূপ ভিন্ন ভিন্ন প্রকৃতি অণুজীব বিজ্ঞানের ভাষায় ভিন্ন ভিন্ন স্ট্রেইন (Strain) দ্বারা চিহ্নিত। Hfrস্ট্রেইনের সাথে F+ স্ট্রেইনের তফাৎ হল Hfrস্ট্রেনে F প্লাজমিডটি স্বতন্ত্র বা স্বাধীন না হয়ে ব্যাকটেরিয়ার ক্রোমোজোমের মধ্যে সংযুক্ত হয়ে যায়। ব্যাকটেরিয়ার ক্রোমোজোম ও সংযুক্ত প্লাসমিড এই দুইয়ে মিলে যে সম্পূর্ণ বৃত্ত তাতে প্রথম ছেদন হয় প্লাজমিড অংশেই। কিন্তু তাহলেও রোলিং সার্কল পদ্ধতিতে সংশ্লেষ শুরু হয় ব্যাকটেরিয়ার মূল DNA তন্ত্রীটিকে ঘিরে। একতন্ত্রী DNA সংশ্লেষ ছিদ্রের দিকে অগ্রসর হয়। অধিকাংশ ক্ষেত্রেই Hfr দাতার সমস্ত ক্রোমজোমটি গ্রহীতা কোষে প্রবেশ করার আগেই কোষ দুটির মধ্যে যোগাযোগ ছিন্ন হয়ে যায়। যেহেতু দাতা কোষের ক্রোমোজোমাল DNA অভিগমন শুরু করে সেহেতু অবিচ্ছিন্নভাবে সংশ্লেষরত কোষে সবশেষে স্থানান্তরন ঘটার কথা F- প্লাজমিড DNA এর (চিত্র 7.5 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 কোষ F- প্লাসমিড লাভ করে না। ফলতঃ সেগুলি গ্রহীতাই থেকে যায়।



চিত্র নং 7.5 : Hfr দাতা কিভাবে জীনগত পুনঃসংযুক্তি ঘটায় তা দেখানো হয়েছে। F^+ দাতা কোষের F প্লাজমিড ক্রোমোজোমের gal ও bio জীনদ্বয়ের মাঝখানে সংযুক্ত হয়ে দাতা কোষকে Hfr চরিত্র দান করে। Hfr দাতা যখন F^- কোষের সাথে সংশ্লেষনালী গঠন করে তখন Hfr থেকে ক্রোমোজোমের স্থানান্তরন ঘটে F-কোষে। স্থানান্তরণ এমনভাবে হয় যে সবচাইতে শেষে অণুপ্রবিষ্ট হবার সুযোগ থাকে সংযুক্ত F-প্লাসমিডের। স্বাভাবিকভাবেই gal জীন সর্বপ্রথম স্থানান্তরিত হবার অবকাশ পায়। F^- গ্রহীতা সংশ্লেষের পূর্বে gal জীন না থাকার দরুণ (অর্থাৎ gal^- হবার দরুন) গ্যালকটেজ উৎসেচক তৈরী করতে পারত না। এখন gal জীন পাবার ফলে সেটি gal^+ 'এ রূপান্তরিত হয়। তবে প্লাজমিড স্থানান্তরনের পূর্বেই সংশ্লেষ নালী ছিন্ন হবার দরুন গ্রহীতা কোষ F^- রূপেই থেকে যায়।

Hfr কোষ থেকে একতন্ত্রী DNA গ্রহীতা কোষে প্রবেশ করার পর কি ঘটে ? গ্রহীতা কোষের প্রকৃতি একই রকম কেবল স্ট্রেইন ভিন্ন। সুতরাং গ্রহীতা কোষের ক্রোমোজোম সম্পূর্ণতঃ অথবা আংশিকভাবে অণুপ্রবিষ্ট DNA এর সমসংস্থ। অণুপ্রবিষ্ট DNA যদি সম্পূর্ণ না হয়ে অংশ বিশেষ হয় (যা হওয়াই সব থেকে বেশি প্রত্যাশিত) তাহলে সেই খণ্ডের সাথে সমসংস্থ গ্রহীতা কোষের ক্রোমোজোম খণ্ডের বিনিময় ঘটে। ফলে জীনগত পুনঃসংযুক্তি ঘটে যায়। ধরা যাক গ্রহীতা কোষ ছিল গ্যালাকটোজ নাম শর্করা পাচনে অক্ষম অর্থাৎ এটি গ্যালাকটেজ নামক উৎসেচক তৈরী করতে পারত না। গ্যালাকটেজ উৎসেচক সৃষ্টিকারী জীন যদি gal^+ হয় তাহলে কোষটি ছিল gal^- প্রকৃতির। অণুপ্রবিষ্ট DNA খণ্ডকটি যদি দাতা কোষ থেকে একটি gal^+ জীন নিয়ে আসে তাহলে খণ্ড বিনিময়ের অর্থ হল গ্রহীতা কোষের ক্রোমোজোমে gal^+ জীন স্থান পাওয়া এবং সেটির বহিঃপ্রকাশ ঘটলে এই ব্যাকটেরিয়াও এবার গ্যালাকটোজ ব্যবহার করতে সমর্থ হবে। সমধর্মী দুটি ব্যাকটেরিয়া কোষে সমসংস্থ ক্রোমোজোমদ্বয়ের মধ্যে এই ধরনের খণ্ড বিনিময়কে বলে সমসংস্থ পুনঃসংযুক্তি (চিত্র 7.5 দ্রষ্টব্য)।

যদিও এই আলোচনায় কেবলমাত্র প্লাজমিডের কথা বলা হল তার মানে এই নয় যে প্লাজমিডের একমাত্র কাজ সংশ্লেষ পদ্ধতিতে অংশ নেওয়া। নীচের তালিকায় আরো কয়েকরকম প্লাজমিড ও তাদের কাজ দেখানো হল।

সারণি - 1

বিভিন্ন রকম প্লাজমিড ও তাদের কাজ।

প্লাজমিডের প্রকৃতি	কাজ	উদাহরণ
1. সংশ্লেষ নিয়ন্ত্রক প্লাজমিড (Fertility Plasmid)	এক কোষ থেকে অন্য কোষে DNA স্থানান্তর করতে সাহায্য করে।	F প্লাজমিড
2. প্রতিরোধী প্লাজমিড (Resistance Plasmid)	a) অ্যানটিবায়োটিকের বিরুদ্ধে প্রতিরোধ গড়ে তোলে।	R- প্লাজমিড, RP4,R1, pSH6
	b) ক্যাডমিয়াম ও পারদের বিরুদ্ধে প্রতিরোধ গড়ে তোলে।	R-100
	c) অতিবেগুনী আলোর বিরুদ্ধে প্রতিরোধ গড়ে তোলে।	Col E1
3. Col প্লাজমিড	ব্যাকটেরিওসিন্ নামক নিধনকারী প্রোটিন তৈরী করে।	Col E1, Col E2

প্লাজমিডের প্রকৃতি	কাজ	উদাহরণ
4. রোগ সৃষ্টিকারী প্লাজমিড (Virulence Factor)	a) এনটেরোটক্সিন নামক অধিবিষ তৈরী করা। (অসংক্রামক কে সংক্রামক জীবাণুতে পরিণত করতে সাহায্য করে।)	LT- প্লাজমিড, *(E. Coli)*
	b) পিলি তৈরী করে।	K88 প্লাজমিড্
	c) অ্যানটিবায়োটিক তৈরী করে।	মিথাইলিন মাইসিন প্লাজমিড্ SCP1
5. বিপাকীয় প্লাসমিড (Metabolic Plasmid)	a) কর্পূরকে ভাঙ্গতে পারে	CAM- প্লাজমিড
	b) টলুইনকে ভাঙ্গতে পারে	TOL - প্লাজমিড
	c) স্ট্রেপটোমাইসেটস্-এ রেণু তৈরী করতে সাহায্য করে	SCP1- প্লাজমিড
6. পরিবর্ত্তনসাধক প্লাজমিড (Transformation Plasmid)	গাছের ক্রাউন গল টিউমার করে	T i : প্লাজমিড

7.3.5 ট্রান্সপোজেবল জেনেটিক এলিমেন্ট (Transposable Genetic Eelement) :

এ হল এক বিশেষ ধরনের DNA যা ক্রোমোজোমের এক অংশ থেকে অন্য অংশে চলে যেতে পারে। তাই একে "জাম্পিং জীন" (jumping gene) নামেও অভিহিত করা হয়। এই জীনের বৈশিষ্ট হল এ ধরনের প্রতিটি জীনের দুই প্রান্তে অনেকগুলি নিউক্লিওটাইড এর পরস্পরের বিপরীত মুখী পুনরাবৃত্তি থাকে। নীচের ছবিটি দেখলে বিষয়টি পরিষ্কার হতে পারে।

এ ধরনের নিউক্লিওটাইড বিন্যাসকে বলে ইনভারটেড রিপিট (inverted repeat)। এ রকম নিউক্লিউটাইড বিন্যাস থাকার দরুন খুব সহজেই এই জীন স্থানান্তরিত হতে পারে। ব্যাকটেরিয়ায় দু'রকমের ট্রান্সপোজেবল এলিমেন্ট দেখা যায়।

a) ইনসারশন সিকোয়েন্স (insertion sequence) বা IS element : খুব ছোট ট্রান্সপোজেবল এলিমেন্ট যা ক্রোমোজোমের এক জায়গা থেকে অপর জায়গায় চলে যেতে পারে। চলে যাওয়া মানে অবশ্যই DNA -এর মধ্যে অন্য কোন স্থানে যুক্ত হওয়া। এই যুক্ত হবার স্থানটিকে বলে Target. ফলতঃ Target -এর যদি কোন ধর্ম

ইতিপূর্বে থেকে থাকে তাহলে IS যুক্ত হবার ফলে তা অবশ্যই বদলে যাবে। সাধারণতঃ IS নিজে কোন জীন বহন করে না কিন্তু যে জীনের সাথে যুক্ত হবে তার অভিব্যক্তির পরিবর্ত্তন ঘটাতে পারবে। নীচের ছবিতে টারগেট জীনের পরিবর্ত্তন চিত্রিত হল।

IS এলিমেন্ট

টারগেট জীন

সংযুক্ত IS

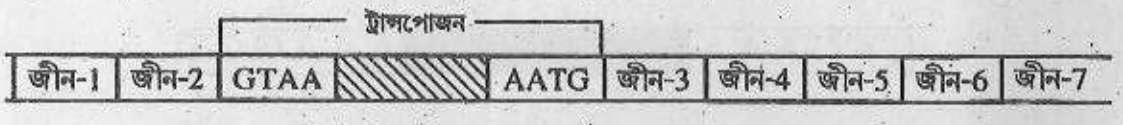
b) ট্রান্সপোজন (Transposon) : IS এলিমেন্টের মতই কিন্তু আকারে অনেক বড় এবং যথার্থ জীন বহন করে। বিশেষতঃ অ্যান্টিবায়োটিকের বিরুদ্ধে। প্রতিরোধক্ষমতা ট্রান্সপোজনের উল্লেখযোগ্য ধর্ম। উদাহরণ স্বরূপ :

i) **Tn 1** (ট্রান্সপোজন -1) 5000 bp দীর্ঘ অ্যাম্পিসিলিন প্রতিরোধী

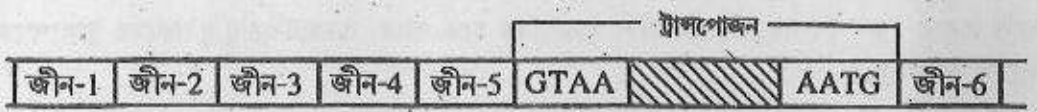
ii) **Tn 5** (ট্রান্সপোজন -5) 5700 bp দীর্ঘ ক্যানামাইসিন প্রতিরোধী।

[bp = base pair, DNA এর দৈর্ঘ্য বোঝাতে এই এককই ব্যবহৃত হয়]

ট্রান্সপোজন স্থানান্তরণের ফলে দু ধরনের পরিবর্ত্তন আসা সম্ভব। যে অংশ থেকে Transposon চলে গেছে সেই অংশের অখণ্ডতা নষ্ট হয়ে সেটির ধর্ম পরিবর্ত্তন ঘটেছে। আবার যে অংশে ট্রান্সপোজোন যুক্ত হয়েছে সেই অংশেরও গুণগত পরিবর্ত্তন সাধিত হয়। নীচের ছবিটিতে ব্যাপারটি বোঝান হল :



ট্রান্সপোজনের পূর্বেকার অবস্থান



ট্রান্সপোজনের স্থানান্তর পরবর্তী অবস্থান

দেখা যাচ্ছে যে স্থানান্তরনের ফলে জীনগুলির ক্রমবিন্যাস উৎপত্তিস্থল এবং সংযোগস্থল উভয় ক্ষেত্রেই বদলে যায়।

অনুশীলনী - 2

1. নীচে কয়েকটি প্লাজমিডের উদাহরণ দেওয়া হল। এগুলির প্রকৃতি ও কাজ পাশে লিখুন।

উদাহরণ	প্রকৃতি	কাজ
a) LT প্লাজমিড		
b) R100		
c) F প্লাজমিড		
d) Col El		
e) Ti প্লাজমিড		

2. নিম্নে প্রদর্শিত নিউক্লিওটাইড বিন্যাসগুলি ইনভারটেড রিপিট বিন্যাসগুলি দেখান ঃ

   i) TTGCAT _____

   ii) CGCGAT _____

3. দুটি ট্রান্সপোজনের উদাহরণ দিন এবং তাদের বৈশিষ্ট লিখুন।

   i) _____

   ii) _____

7.4 সারাংশ

ব্যাকটেরিয়ার ক্ষেত্রে জীনগত পুনঃসংযুক্তি ঘটে তিনটি উপায়ে যথা কনজুগেশন, ট্রান্সফরমেশন ও ট্রান্সডাকশান। কনজুগেশন পদ্ধতিতে দুটি কোষের মধ্যে সংযোগ সাধিত হয় যাদের একটিকে বলে দাতা ও অন্যটিকে বলে গ্রহীতা। দাতা কোষে থাকে একটি প্লাজমিড থাকে বলে F প্লাজমিড। এটির স্থানান্তরণে গ্রহীতা কোষ দাতার ন্যায় বৈশিষ্ট লাভ করে। কখনও কখনও F প্লাসমিড ব্যাকটেরিয়ার ক্রোমোজোমে সংযুক্ত হয়ে যায়। তখন দাতাকে বলে Hfr দাতা। এছাড়া ব্যাকটেরিয়ায় আরো বেশ কয়েকরকম প্লাজমিড দেখা যায়। ট্রান্সপোজন ও ইনসারশন সিকোয়েন্স নামক দুইপ্রকার DNA খণ্ডকের প্রভাবেও ব্যাকটেরিয়া জীন পুর্নবিন্যাস ঘটে।

7.5 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

1) জীনগত পুনঃ সংযুক্তি বলতে কি বোঝায় ? ব্যাকটেরিয়ার জীনগত পুনঃসংযুক্তি সাধনের পদ্ধতিগুলি কি কি ? চিত্রসহযোগে সংশ্লেষ পদ্ধতির বর্ণনা দিন।

2) ট্রান্সপোজেবল জেনেটিক এলিমেন্ট বলতে কি বোঝায় ? ব্যাকটেরিয়ার এই ধরনের এলিমেন্টের প্রভাবে কি প্রকার জীনগত পরিবর্ত্তন সাধিত হয় তা দেখান।

7.6 উত্তরমালা

অনুশীলনী - 1

1. a) কনজুগেশন
   b) F পিলি গঠন
   c) F^+ দাতা
   d) Hfr দাতা
   e) F^1 প্রাইম

2. i) গ্রহীতা কোষ F^+ লাভ করার ফলে দাতারূপে কাজ করতে পারবে।
   ii) F^+ কোষের ক্রোমোজোমে F প্লাজমিড সংযুক্ত হবার ফলে কোষটি Hfr দাতায় রূপান্তরিত হবে।
   iii) F^- দাতার ক্রোমোজোমের কোন অংশ লাভ করবে কিন্তু F প্লাজমিড না পাবার ফলে গ্রহীতা বা F^- থেকে যাবে।
   iv) Hfr তখন পুণরায় F^+ কোষে রূপান্তরিত হয়।

অনুশীলনী - 2

1. উত্তরটি সারণি 7.1 অনুসরণে লিখুন।
2. i) TACGTT
   ii) TAGCGC
3. i) Tn 1 — 5000 bp দীর্ঘ Amp^+
   ii) Tn 5 — 5700 bp দীর্ঘ Kan^+

সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

1. 7.2 অংশে ব্যাকটেরিয়ার জীনগত পুনঃসংযুক্তির ব্যাখ্যা ও পদ্ধতিগুলির সংক্ষিপ্ত পরিচয় আছে। কনজুগেশন পদ্ধতির বর্ণনা 7.2.1 অংশে আছে। F^+ দাতা ও F^- গ্রহীতা বলতে কি বোঝায় লিখুন। F প্লাজমিড স্থানান্তরনের ফলে কি ঘটে তা চিত্র 7.4 এর সাহায্য নিয়ে লিখুন। F^+ কিভাবে Hfr-এ রূপান্তরিত হয় তা চিত্র 7.7 -এর সাহায্য নিয়ে লিখুন। Hrf ও F^- এর সংযুক্তির ফলে কিভাবে জীন পুর্নবিন্যাস ঘটে তা দেখিয়ে দিন।
2. 7.2.5 অংশাঙ্কিত বিষয় অণুসরণ করে লিখুন।

একক 8 □ ব্যাকটেরিয়ার জীনগত পুনঃ সংযুক্তি II
(Genetic Recombination in Bacteria - II)

গঠন

8.1 প্রস্তাবনা
উদ্দেশ্য
8.2 ট্রান্সফরমেশন ঃ পরীক্ষালব্ধ পর্যবেক্ষণ
8.3 ট্রান্সফরমেশন ঃ সংজ্ঞা
8.4 কমপিটেন্স
8.5 DNA গ্রহণ
8.6 DNA সংযুক্তি
8.7 কৃত্রিমভাবে আরোপিত কমপিটেন্স
8.8 ট্রান্সডাকশান
8.8.1 জেনারালাইজড ট্রান্সডাকশান
8.8.2 স্পেশালাইজড ট্রান্সডাকশান
8.9 সারাংশ
8.10 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী
8.11 উত্তরমালা

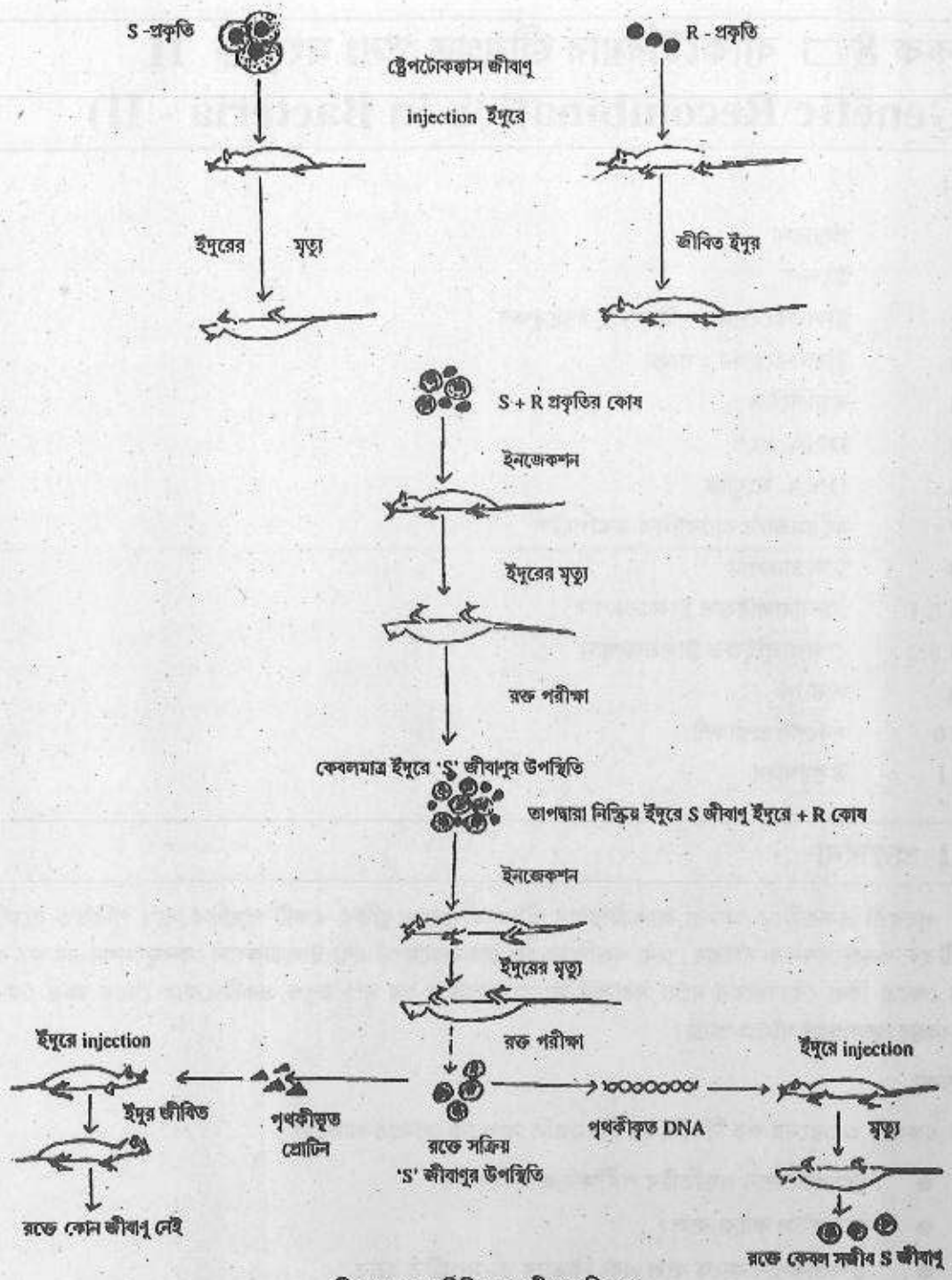
8.1 প্রস্তাবনা

পূর্ববর্ত্তী 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 কোষদ্বয়ের মধ্যে সরাসরি সংযোগ সাধিত হয় না। তবুও একটি কোষ থেকে অন্য কোষে জীনবস্তুর স্থানান্তরণ ঘটতে পারে।

উদ্দেশ্য

এই এককটি অধ্যয়নের পর নিম্নলিখিত বিষয়গুলি সম্পর্কে জানতে পারবেন

- ট্রান্সফরমেশন পদ্ধতিটির পরীক্ষালব্ধ পর্যবেক্ষণ
- কমপিটেন্স কাকে বলে?
- ট্রান্সডাকশান কাকে বলে এবং কিভাবে তা সংঘটিত হয়?
- ব্যাকটেরিয়ায় জীন পুনঃ সংযুক্তির গুরুত্ব কি?



চিত্র নং 8.1 : গ্রিফিথের পরীক্ষার চিত্ররূপ

8.2 ট্রান্সফরমেশন ঃ পরীক্ষালব্ধ পর্যবেক্ষণ

এফ গ্রিফিথ (F. Griffith) 1928 খৃষ্টাব্দে 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 কোষে স্থানান্তরিত হয় যা R-Strain এর মধ্যে একটি মৌলিক পরিবর্ত্তন আনে এবং সেটি ক্যাপসুল তৈরী করতে পারে। এবার গ্রিফিথ S প্রকৃতির ব্যাকটেরিয়াকে তাপ প্রয়োগে অকার্যকরী করে দিয়ে জীবন্ত R প্রকৃতির কোষের সাথে মিশ্রিত করলেন এবং মিশ্রনটি দ্বারা ইঁদুরকে সংক্রামিত করলেন। দেখা গেল - ইঁদুর তো মারা যায় বটেই এবং সেটির রক্তেও কেবল S জীবাণুই উপস্থিত, R নেই, 1944 খৃষ্টাব্দে এই পরীক্ষাকে এগিয়ে নিয়ে যান আভেরী, ম্যাকলিয়য়েড ও ম্যাককার্টি (O.T. Avery; C. M. Mcleod and M. McCarty), তাঁরা দেখালেন যে বস্তুতঃ পক্ষে S প্রকৃতির কোষ থেকে R প্রকৃতির কোষে স্থানান্তরিত হয় DNA, এরজন্য তাঁরা S প্রকৃতির কোষের DNA ও প্রোটিনকে আলাদা করে ফেললেন। এরপর প্রতিটি অংশের সাথে স্বতন্ত্রভাবে R কোষের মিশ্রণ তৈরী করলেন এবং আলাদা আলাদাভাবে দুটি মিশ্রণই ইঁদুরে ইনজেকশন করলেন। দেখা গেল যে DNA যুক্ত মিশ্রণে সব R কোষই S কোষে রূপান্তরিত এবং এই মিশ্রণ দ্বারা সংক্রামিত ইঁদুর মৃত। অপরপক্ষে প্রোটিন মিশ্রিত R কোষে কোন পরিবর্ত্তন সাধিত হয় নি এবং ইঁদুর জীবিত। এই যুগান্তকারী পরীক্ষা দ্বারা নির্দ্বিধায় প্রমাণ করা গেল যে DNA হল জীনবস্তু, প্রোটিন নয়। এটাও প্রমাণ হল যে ব্যাকটেরিয়ার কোষ থেকে কোষান্তরে DNA এর স্থানান্তরণের জন্য সর্বদা কোষগুলির মধ্যে সংযোগসাধনের প্রয়োজন হয় না (চিত্র 8.1)।

8.3 ট্রান্সফরমেশন ঃ সংজ্ঞা

যে পদ্ধতিতে ব্যাকটেরিয়া অন্য কোন ব্যাকটেরিয়া থেকে বা অন্য কোন সূত্র থেকে বিমুক্ত (free) DNA গঠন করে এবং সেই DNA কে জীনোমের অঙ্গীভূত করে নেয় তাকে বলে ট্রান্সফরমেশন। এক্ষেত্রে দাতা ব্যাকটেরিয়া ও গ্রহীতা ব্যাকটেরিয়ার মধ্যে সংযোগস্থাপন জরুরী নয়। দাতা থেকে DNA খন্ডক দাতা কোষকে বিদীর্ণ না করেই বেরিয়ে আসে এবং গ্রহীতা কোষ দ্বারা গৃহীত হয়। গ্রাম পজিটিভ ও গ্রাম নেগেটিভ - দু'ধরনের ব্যাকটেরিয়াতেই ট্রান্সফরমেশন হয়।

8.4 কমপিটেন্স (Competence)

যে কোষ কোন বহিরাগত DNA নিজ কোষের অঙ্গীভূত করতে পারে এবং পরিবর্তিত বা transformed হতে পারে তাকে বলে কমপিটেন্ট (competent) কোষ। ব্যাকটেরিয়ার মধ্যে কেবলমাত্র অল্প কয়েকটি স্ট্রেইন এই ধর্ম প্রদর্শন করে। ধর্মটি জীনগত অর্থাৎ বংশানুক্রমিক, কোষের মধ্যে একটি বিশেষ ধরনের প্রোটিন এই ধর্ম নিয়ন্ত্রণ করে। এই প্রোটিন, যা কমপিটেন্স প্রদান করে, তা সম্ভবতঃ কোষ পর্দার সঙ্গে সংশ্লিষ্ট DNA বন্ধনকারী প্রোটিন বা কোষ প্রাচীর ভঙ্গক অটোলাইসিন বা বিভিন্ন নিউক্লিয়েজ যা DNA কে খন্ডীভূত 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% কোষ কমপিটেন্ট অবস্থায় যেতে সক্ষম এবং এই অবস্থায় কোষগুলি বেশ কয়েক ঘন্টা থাকতে পারে। অপরপক্ষে *Streptococcus* এর কৃষ্টিমাধ্যমে সমস্ত কোষ (100%) কমপিটেন্ট হয়ে উঠতে পারে কিন্তু এই অবস্থা মাত্র কয়েকমিনিট স্থায়ী হয়।

8.5 DNA গ্রহণ

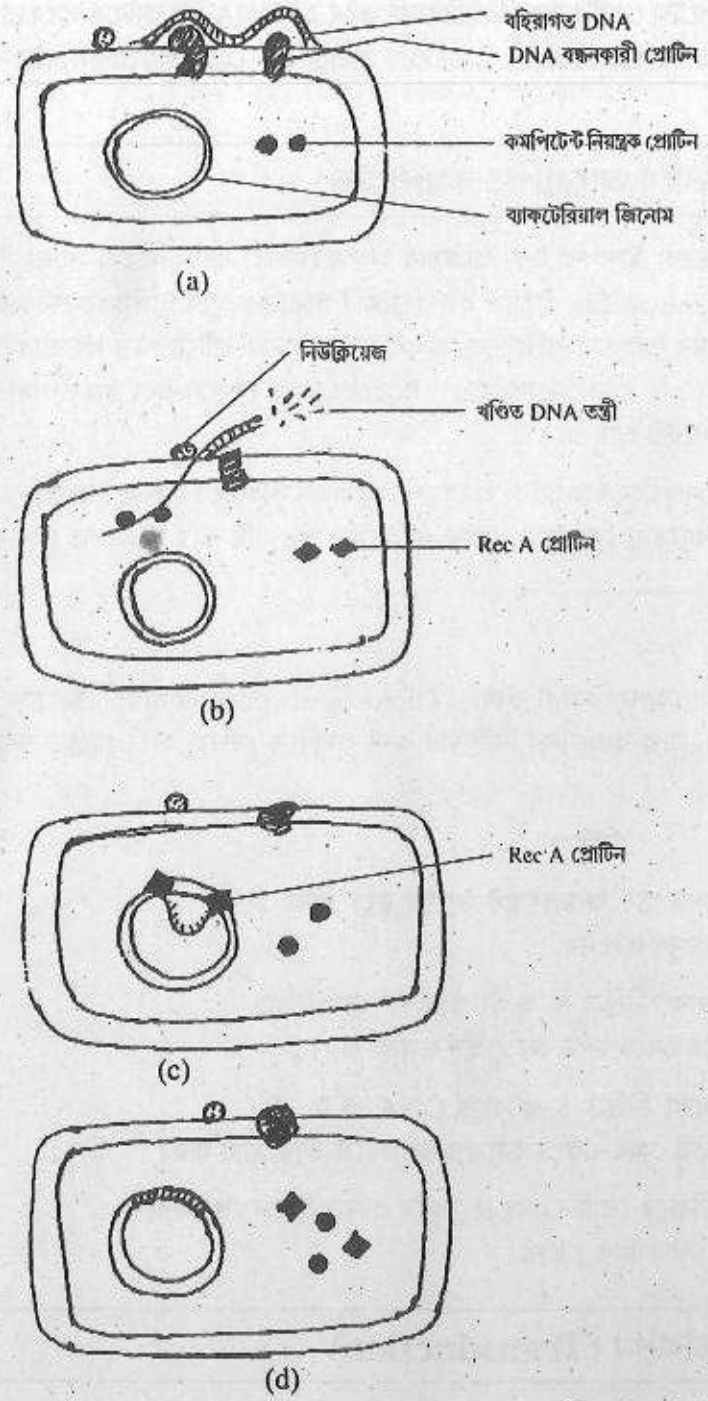
কমপিটেন্ট কোষ বহিরাগত DNA নিজ কোষে গ্রহণ করলেই ট্রান্সফরমেশন হয়। এই DNA গ্রহণ পদ্ধতি ব্যাকটেরিয়া বিশেষে ভিন্ন ভিন্ন। *Haemophilus* (হিমোফিলাস) নামক গ্রাম নেগেটিভ ব্যাকটেরিয়া দ্বিতন্ত্রী DNA গ্রহণ করতে পারে, যদিও জীনগত সংযুক্তির জন্য একতন্ত্রী DNA খন্ডক প্রয়োজনীয়। অপর পক্ষে গ্রাম পজিটিভ Streptococcus (ষ্ট্রেপটোকক্কাস) ও *Bacillus* (ব্যাসিলাস) এ কেবলমাত্র একতন্ত্রী DNA খন্ডকই গৃহীত হয়। স্বাভাবিক অবস্থায় DNA দ্বিতন্ত্রী। সুতরাং গ্রহণের পূর্বে এই DNA 'এর পরিপূরক তন্ত্রীটি বিনষ্ট হয়। অপরপক্ষে Haemophilus 'এ দ্বিতন্ত্রী DNA এর একটি তন্ত্র গ্রহীতা জিনোমে পুনঃসংযুক্ত হয় এবং পরিপূরক তন্ত্রীটি গ্রহণের পরে বিনষ্ট হয়।

লক্ষণীয় 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। উদাহরণ স্বরূপঃ *Streptococcus pneumoniae* এর কমপিটেন্ট কোষ বহিরাগত 10 টি 15-20 kb দীর্ঘ দ্বি-তন্ত্রী খণ্ডককে গ্রহণে সক্ষম। কিন্তু গ্রহণের পূর্বে প্রতিটি খণ্ডক 8 kb দীর্ঘ একতন্ত্রী খণ্ডকে রূপান্তরিত হয়।

এখন প্রশ্ন হল পরীক্ষাগারে প্রাপ্ত ট্রান্সফরমেশন 'এর প্রমাণ প্রকৃতিতে এই পদ্ধতির উপস্থিতি আদৌ প্রমাণ করে কি? পরীক্ষাগারে দেখা গেছে যে *Haemophilus influenzae* (হিমোফিলাস ইনফ্লুয়েনজি) নামক ব্যাকটেরিয়ার জীনোমে একটি বিশেষ ধরনের ক্ষার বিন্যাসক্রম থাকলেই সেটি কমপিটেন্ট হয়ে ওঠে। এই বিন্যাসক্রম যদি কৃত্রিমভাবে বিনষ্ট করে দেওয়া যায় তাহলে কমপিটেন্সও অবলুপ্ত হয়। প্রকৃতিতে প্রাপ্ত ***Haemophilus influenzae*** এর বিভিন্ন strain এ এই ক্ষার বিন্যাসক্রম বহুল পরিমানে পাওয়া যায়। এর থেকে প্রমাণিত হয় যে ট্রান্সফরমেশন কেবলমাত্র পরীক্ষাগারের পরিবেশে কৃত্রিমভাবে ঘটানো ঘটনা নয়।

8.6 DNA -এর সংযুক্তি

অনুপ্রবিষ্ট DNA গ্রহীতা জীনোমে সংযুক্তির ফলে ট্রান্সফরমেশন সম্পূর্ণ হয়। পূর্বেই বলা হয়েছে গৃহীত DNA এক বা দ্বিতন্ত্রী হতে পারে কিন্তু সংযুক্ত DNA সর্বদাই একতন্ত্রী, দ্বিতন্ত্রী DNA কে একতন্ত্রী করার কাজটি করে গ্রহীতা কোষের নিউক্লিয়েজ নামক উৎসেচক। তাহলে প্রশ্ন আসে একতন্ত্রী DNA নিউক্লিয়েজ আক্রমণের হাত থেকে বাঁচে কি করে? বস্তুতঃপক্ষে একতন্ত্রী সংযুক্ত হবার জন্য তৈরী DNA খন্ডকটির সঙ্গে



চিত্র নং 8.2 : (a) মুক্ত DNA কমপিটেন্ট কোষে বন্ধন (b) নিউক্লিয়েজ এর প্রভাবে একতন্ত্রী DNA প্রবেশ, (c) Rec A প্রোটিনের প্রভাবে হেটেরোডুপ্লেক্স গঠন (d) ট্রান্সফরমেশনের পর গ্রহীতা কোষ।

জুড়ে যায় কমপিটেন্স প্রোটিন ফলে নিউক্লিয়েজ তখন এই DNA কে কাটতে পারে না। বহিরাগত DNA গ্রহীতা জীনোমের কাছে পৌঁছালে **Rec A** প্রোটিনের প্রভাবে এটি হেটেরোডুপ্লেক্স গঠন করে সংযুক্ত হয় (চিত্র 8.2 দ্রষ্টব্য)।

8.7 কৃত্রিমভাবে আরোপিত কমপিটেন্স

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 কোষকে বাড়তে দিলে কোষগুলি কমপিটেন্ট হয়ে ওঠে।

বর্তমানকালে কৃত্রিম কমপিটেন্স আরোপের প্রয়োজন ফুরিয়েছে ইলেকট্রোপোরেশন পদ্ধতি আবিষ্কারের ফলে। এই পদ্ধতিতে বিদ্যুতরঙ্গের প্রভাবে কোষ পর্দায় ক্ষুদ্র ছিদ্র সৃষ্টি করে বহিরাগত DNA প্রবেশের পথ সৃষ্টি করে দেওয়া যায়।

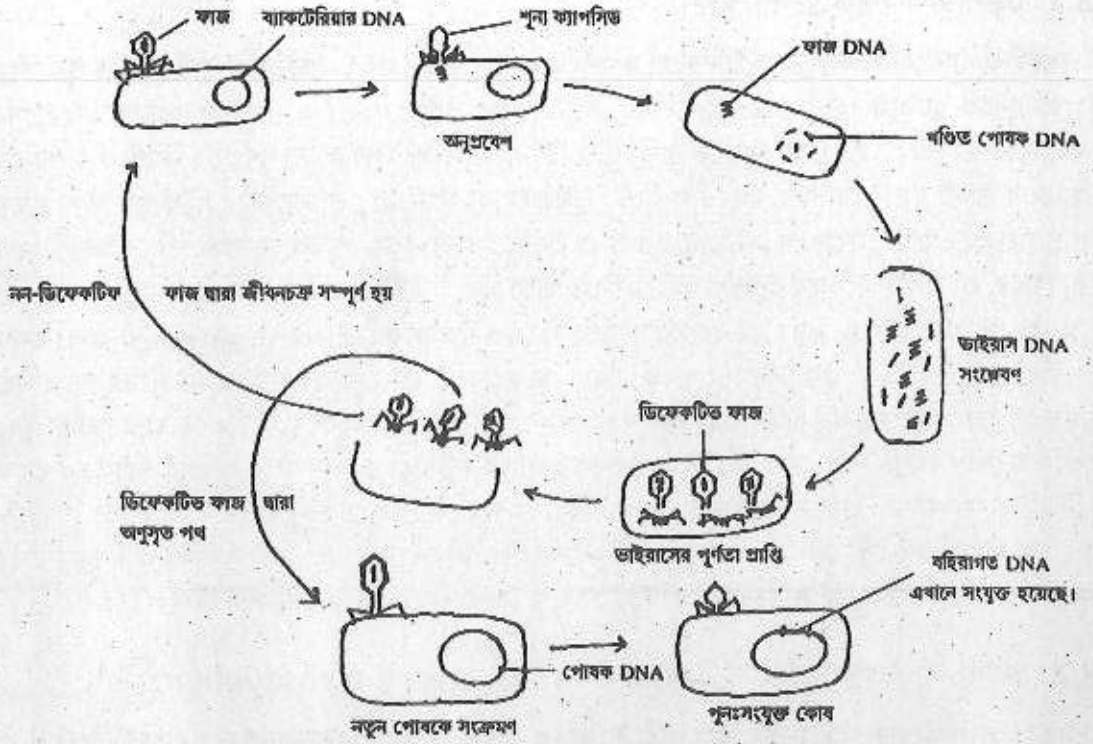
অনুশীলনী - 1

1. নিউমোনিয়া রোগসৃষ্টিকারী জীবাণু Diplococcus pneumoniae (ডিপ্লোকক্কাস নিউমোনি) দ্বারা সংঘটিত পরীক্ষায় প্রাপ্ত কতগুলির নিরীক্ষার কথা বামদিকে দেওয়া হল। পাশের শূন্যস্থানে আপনি সিদ্ধান্তগুলি লিখুনঃ

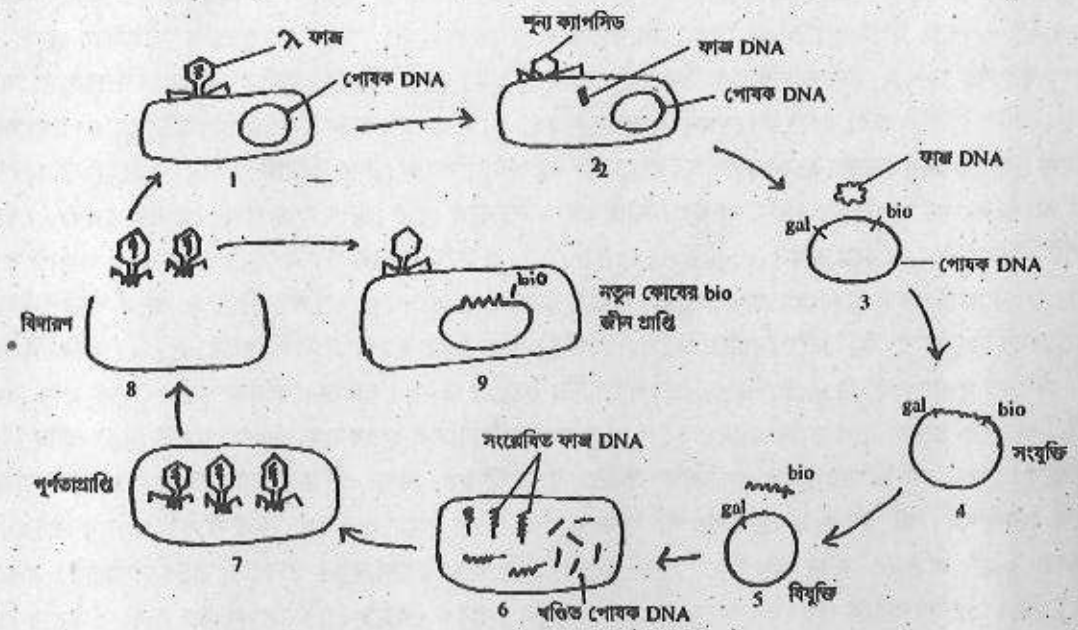
নিরীক্ষা	সিদ্ধান্ত
i) জীবাণুর 'S' বা মসৃণরূপ ইঁদুরের মৃত্যু ঘটায় R বা অমসৃণ রূপ নয়	_____
ii) তাপদ্বারা নিষ্ক্রিয় S ও R প্রকৃতির ব্যাকটেরিয়া একত্রে ইনজেকশন করলে ইঁদুর মারা যায়।	_____
iii) তাপদ্বারা নিষ্ক্রিয় S জীবাণুর DNA ও R প্রকৃতির কোষ একত্রে ইনজেকশন করলে ইঁদুর মারা যায়।	_____
iv) S জীবাণুর প্রোটিন এবং R কোষ একত্রে ইনজেকশন করলে ইঁদুর সংক্রামিত হয় না।	_____

8.8 ট্রান্সডাকশন (Transduction)

ব্যাকটেরিওফাজ্ কখনও কখনও ব্যাকটেরিয়ার জিন বহন করে নিয়ে যায় এক ব্যাকটেরিয়া থেকে অন্য ব্যাকটেরিয়াতে। এই পদ্ধতিকে ট্রান্সডাকশন বলে। ট্রান্সডাকশন দুই রকম হয় (i) সাধারণ বা জেনারালাইজড (generalized) ট্রান্সডাকশন ও (2) বিশেষ বা স্পেসালাইজড্ (specialized) ট্রান্সডাকশন।



চিত্র নং 8.3 : *সাধারণ বা generalized ট্রান্সডাকশন*



চিত্র নং 8.4 : *বিশেষ বা specialized ট্রান্সডাকশন*

8.8.1 জেনারালাইজড্ ট্রান্সডাকশন্

লাইটিক ব্যাকটেরিওফাজ্ ব্যাকটেরিয়াকে সংক্রমিত করলে ফাজ DNA প্রতিলিপি তৈরী করতে শুরু করে এবং অন্যদিকে ব্যাকটেরিয়ার ক্রোমোজোমকে কেটে টুকরো করে ফেলে। এ সম্পর্কে আমরা ভাইরাসের সংখ্যাবৃদ্ধির পদ্ধতিটি (2.2.3) স্মরণ করতে পারি। ফাজ জিনোমের প্রতিলিপিকরণ সম্পূর্ণ হলে নিউক্লিও ক্যাপসিড বা ভিরিওন তৈরী হয়। এই সময় কখনও কখনও ভুলক্রমে ব্যাকটেরিয়া ক্রোমোজোমের টুকরো ক্যাপসিডের মধ্যে প্রবেশ করে যায়। ফলে যে নিউক্লিও ক্যাপসিড তৈরী হয় তা নতুন পোষক কোষের শরীরে আবদ্ধ হতে পারে, DNA কে পোষক কোষে প্রবেশও করিয়ে দিতে পারে কিন্তু লাইটিক চক্র সম্পূর্ণ করতে পারে না কারণ ঐ DNA আদৌ ফাজ DNA নয়। এই ধরনের ফাজকে ডিফেকটিভ ফাজ (defective phage) ও বলে। এখন ব্যাকটেরিয়াতে ঐ DNA এর টুকরো পোষক কোষে প্রবেশ করে যদি পোষকের ক্রোমোজোমের সাথে খন্ড বিনিময় হয় এবং সেই খন্ড যদি এমন কোন জিন বহন করে যা গ্রহীতায় ছিল না তবে গ্রহীতা কোষকে আমরা পুনঃ সংযোজিত কোষ বলতে পারি। তবে ঐ DNA পোষক কোষের নিউক্লিয়েজ দিয়ে ধ্বংস হওয়ার সম্ভাবনাও থাকে না। নিউক্লিও ক্যাপসিড তৈরী হওয়ার সময় ব্যাকটেরিয়া ক্রোমোজোমের যে কোনো অংশ ক্যাপসিড কেন্দ্রকে ঢুকে যেতে পারে। তাই যে কোন জিন ও নতুন পোষক কোষে প্রবেশ করতে পারে। কোন সুনির্দিষ্ট জীন স্থানান্তরের সম্ভাবনা থাকে না বলেই একে সম্ভাব্যতার অর্থে সাধারণ বা জেনারেলাইজড্ ট্রান্সডাকশন বলে। (চিত্র 8.3)।

8.8.2 বিশেষ বা স্পেশালাইজড্ ট্রান্সডাকশন্ (Specialized transduction)

যখন ব্যাকটেরিয়ার কোন নির্দিষ্ট জিন লাইসোজেনিক ব্যাকটেরিওফাজ এর মাধ্যমে এক ব্যাকটেরিয়া থেকে অন্য ব্যাকটেরিয়াতে স্থানান্তরিত হয় তখন তাকে বিশেষ ট্রান্সডাকশন বলে। লাইসোজেনিক বা টেমপারেট ব্যাকটেরিওফাজই স্পেশালাইজড ট্রান্সডাকশন্ ঘটায়। লাইসোজেনিক ফাজ সংক্রামিত ব্যাকটেরিয়াকে ধ্বংস করে না, পরিবর্তে ফাজের DNA ব্যাকটেরিয়ার জিনোমে জোড়া লেগে যায় অসমসংস্থ খন্ড বিনিময় দ্বারা। এই অবস্থায় ফাজ DNA এর স্বাতন্ত্র্য সাময়িকভাবে অবলুপ্ত হয়। ব্যাকটিরিয়ার ক্রোমোজোমের বিভাজনের সাথে সাথে এটিও বিভাজিত হতে থাকে। যেমন ল্যাম্বডা ফাজ (λ)। কিন্তু প্রয়োজনে λ ফাজ ব্যাকটেরিয়ার ক্রোমোজোম থেকে বেরিয়ে চলে আসে। λ ফাজ জোড়া লাগার নির্দিষ্ট জায়গা আছে ব্যাকটেরিয়ার জিনোমের মধ্যে। জীনোমের এই অংশ *int* নামে পরিচিত। λ ফাজ যখন বিচ্ছিন্ন হয়ে লাইটিক চক্রে প্রবেশ করে তখন পোষক DNA থেকে সেটি নিখুঁত ভাবে বেরিয়ে আসে (precise excision) এবং লাইটিক বর্ত্ত শুরু করে। তবে কখনও কখনও ফাজ DNA ব্যাকটেরিয়ার ক্রোমোজোম থেকে বেরিয়ে আসার সময় সঠিক ভাবে বেরিয়ে না এসে ব্যাকটেরিয়ার জিনোমের কিছু অংশ কেটে নিয়ে বেরিয়ে আসে। একটি উদাহরণ দিলে ব্যাপারটা পরিষ্কার হয়। ***E.coli*** ব্যাকটেরিয়ার *int* জীনের দুপাশে আসে *gal*$^+$ ও *bio*$^+$ (বায়োটিন তৈরীর জীন)। লাইসোজেনিক পর্যায় থেকে ফাজ যখন লাইটিক চক্রে প্রবেশ করে তখন এমনও হতে পারে যে সেটি বিচ্ছিন্ন হবার সময় *gal*$^+$ অথবা *bio*$^+$ জীন নিয়ে বেরিয়ে এলো। এটা বিচ্ছিন্ন হবার পদ্ধতিতে ত্রুটির কারণেই হয়। কিন্তু, এই ত্রুটি 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 কোন নতুন ব্যাকটেরিয়াকে সংক্রামিত করলে ঐ DNA প্রবেশ করবে পোষক কোষে। এইভাবে নতুন পোষক কোষে হয় গ্যালাকটোজ ব্যবহার করার জিন অথবা বায়োটিন তৈরী করার জিন এক ব্যাকটেরিয়া থেকে অন্য ব্যাকটেরিয়াতে চলে যায়। (চিত্র 8.4)

অনুশীলনী - 2

1. নিম্নের বিষয়গুলি সম্পর্কে সংক্ষেপে লিখুন ঃ

a) ডিফেকটিভ ফাজ

উঃ _____

_____

b) লাইসোজেনিক ভাইরাস

উঃ _____

_____

c) সাধারণ বা জেনারেলাইজড ট্রান্সডাকশন

উঃ _____

_____

d) বিশেষ বা স্পেশালাইজড ট্রান্সডাকশন

উঃ _____

_____

8.9 সারাংশ

ব্যাকটেরিয়া কখনও কখনও বিমুক্ত 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 কোষের মধ্যে প্রবেশ করতে পারে। কমপিটেন্স এর গুরুত্ব এই যে, অন্য অবস্থায় কোনভাবে DNA কোষের মধ্যে করে তাহলে সেই DNA কে নিউক্লিয়েজ উৎসেচক্ কেটে ফেলে ধ্বংস্ করে দেয়। এফ্ গ্রিফিথ 1928 সালে প্রথম দেখান যে বিশেষ ক্ষেত্রে মৃত ব্যাকটেরিয়ার ধর্ম্ম জীবিত ব্যাকটেরিয়াতে চলে যেতে পারে। 1944 খৃষ্টাব্দে প্রমাণিত হয় যে ঐ পরিবর্তনের কারণ DNA অণু।

ভাইরাস দ্বারাও অনেক জিন এক ব্যাকটেরিয়া থেকে অন্য ব্যাকটেরিয়াতে স্থানান্তরিত হয়। এই পদ্ধতি ট্রান্সডাকশন্ বলে পরিচিত। ট্রান্সডাকশন দুই প্রকার হয় (1) জেনারালাইজড্ ট্রান্সডাকশন হল যখন ব্যাকটেরিয়ার যে কোন DNA অংশ এক ব্যাকটেরিয়া থেকে অন্য ব্যাকটেরিয়াতে চলে যায় (2) স্পেসালাইজড্ ট্রান্সডাকশন্ হল - যখন ব্যাকটেরিওফাজ প্রোফাজ অবস্থা থেকে বেরিয়ে আসে লাইটিক চক্রে যাবার জন্য তখন যদি কোন ভাবে ব্যাকটেরিয়া ক্রোমোজোমের জিন ভুলক্রমে তুলে নিয়ে আসে এবং তা নুতন ব্যাকটেরিয়ার ক্রোমোজোমে স্থানান্তরিত হয়। এই ধরনের ঘটনা প্রায়ই ব্যাকটেরিয়ার মধ্যে দেখা যায়। ইউক্যারিওটিক জীবদের মধ্যেও এই সকল ঘটনা দেখা যায় তবে এর হার বেশ কম।

8.10 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

1. ট্রান্সফরমেশন বলতে কি বোঝায়? একটি পরীক্ষার সাহায্যে ব্যাকটেরিয়ার ট্রান্সফরমেশন পদ্ধতির প্রামাণ্য ব্যাখ্য দিন।
2. ট্রান্সডাকশন কয় প্রকার ও কি কি? চিত্র সহকারে বিভিন্ন রকম ট্রান্সডাকশন পদ্ধতির ব্যাখ্যা প্রদান করুন।

8.11 উত্তরমালা

অনুশীলনী - 1

1. a) সারণি 6.1 দ্রষ্টব্য
   b) 6.2.4 (b) অংশ দ্রষ্টব্য
   c) 6.2.4 (a) অংশ দ্রষ্টব্য
2. i) S বা মসৃণ কোষ বিশিষ্ট জীবাণু হল সংক্রামক স্ট্রেইন, R কোষ হল অসংক্রামক স্ট্রেইন।
   ii) তাপদ্বারা নিস্ক্রিয় S থেকে সংক্রমণের জন্য প্রয়োজনীয় ধর্মটি R কোষে স্থানান্তরিত হয়। ফলে অসংক্রামক R কোষ সংক্রামক S জীবাণুতে রূপান্তরিত হয়।
   iii) প্রয়োজনীয় ধর্মটি DNA তে অবস্থান করে তাই R কোষ S-DNA এর উপস্থিতিতে সংক্রামক ধর্ম লাভ করে। সুতরাং DNA হল জীন বস্তু।
   iv) প্রোটিন জীন বস্তু নয়। তাই R কোষ 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 খন্ডবিশেষ ঢুকিয়ে নেয় - তখন তাকে বলে ডিফেকটিভ ফাজ।

b) যে ভাইরাস (ব্যাকটেরিওফাজ) পোষক ব্যাকটেরিয়ার সাইটোপ্লাজমে অনুপ্রবিষ্ট হবার পর তার DNA টিকে ব্যাকটেরিয়ার DNA এর মধ্যে সংযুক্ত করে ফেলে নিজস্ব স্বাতন্ত্র্যর সাময়িকভাবে অবলুপ্তি ঘটায় তখন তাকে বলে লাইসোজেনিক ভাইরাস।

c) ডিফেকটিভ ফাজ দ্বারা সংঘটিত ট্রান্সডাকশন।

d) লাইসোজেনিক ফাজ দ্বারা সংঘটিত ট্রান্সডাকশন।

সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

1. চিত্র 6.8 এর সাহায্য নিয়ে ট্রান্সফরমেশন পদ্ধতিটির পরীক্ষাগারে প্রাপ্ত ব্যাখ্যা সহজ ভাষায় লিখুন।
2. ট্রান্সডাকশন পদ্ধতি 6.4 অংশে আলোচিত। জেনারেলাইজড এবং স্পেশালাইজড ট্রান্সডাকশন কিভাবে হয় তা চিত্র 6.9 ও 6.10 এর সাহায্য নিয়ে লিখুন।

একক 9 □ অণুজৈবিক বাস্তুসংস্থান (Microbial Ecology) ঃ

গঠন

9.1 প্রস্তাবনা
উদ্দেশ্য
9.2 প্রকৃতিতে জীবাণুর অবস্থান
9.2.1 অনুজীব ও অনুপরিবেশ
9.3 জলজ পরিবেশে জীবাণু
9.3.1 জৈব অক্সিজেন চাহিদা (BOD)
9.3.2 গভীর সমুদ্রের জীবাণু বৈচিত্র
9.3.3 উষ্ণ প্রস্রবনের জীবাণু
9.3.4 মিথেন উৎপাদনকারী জলাধার
9.4 তৃণভোজীর রোমন্থক থলির জীবাণু
9.4.1 রোমন্থক থলির ব্যাকটেরিয়া
9.5 ভূজৈব রাসায়নিক চক্র ও অণুজীব
9.5.1 নাইট্রোজেন চক্র
9.5.2 সালফার চক্র
9.6 উদ্ভিদকোষ ও জীবাণুর আন্তসম্পর্ক
9.6.1 গুটি সৃষ্টিকারী ব্যাকটেরিয়া
9.6.2 মূলে অর্বুদ সৃষ্টি
9.7 মনুষ্যশরীরের স্বাভাবিক জীবাণু
9.8 মানবদেহে জীবাণুঘটিত সংক্রমণ
9.8.1 সংক্রমনপথ ও সংক্রামক জীবাণু
9.9 সারাংশ
9.10 অন্তিম প্রশ্নাবলী
9.11 উত্তরমালা

9.1 প্রস্তাবনা

অণুজীববিদ্যার পূর্ববর্ত্তী 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 বৈচিত্র অতি সহজেই প্রণিধানযোগ্য। এই বাস্তু বৈচিত্র 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।

উদ্দেশ্য

আলোচ্য এককে আপনারা এই বিষয়গুলি সম্পর্কে জানতে পারবেন —

- জীবাণুর অনু পরিবেশ কি ?
- জলের জীবাণু বৈচিত্র কেমন ?
- রোমন্থক প্রাণীতে সেলুলোজ পাচন কিভাবে হয়?
- উদ্ভিদদেহের সাথে জীবাণুর বিশেষ সম্পর্ক কি ?
- মানব শরীরের স্বাভাবিক জীবাণু বাস্তুসংস্থান কিরকম ?
- সংক্রমন কি ? সংক্রামক জীবাণুগুলির মধ্যে মুখ্য কয়েকটির উদাহরণ।

9.2 প্রকৃতিতে জীবাণুর অবস্থান ঃ

প্রকৃতিতে জীবাণু বা মাইক্রোবদের অবস্থান বৈচিত্রে ভরা, উচ্চতর জীবকে বসবাসে সাহায্য করে এরকম যে কোন প্রাকৃতিক পরিবেশ জীবাণুর বসবাসের পক্ষেও উপযুক্ত। কিন্তু চরম প্রাকৃতিক অবস্থা যেমন, চরম ঠাণ্ডা বা চরম উষ্ণতা যা প্রানীজগৎ সাধারণতঃ সহ্য করতে পারে না তা মাইক্রোবদের পক্ষে প্রতিকূল নাও হতে পারে। এছাড়া উচ্চতর প্রাণীদেহের বা উদ্ভিদদেহের গাত্রে এবং অর্ন্তভাগেও এরা বসবাস করতে পারে। সেক্ষেত্রে এরা পারস্পরিক সাহচর্যে অথবা পরজীবি রূপে আশ্রয়দাতার ক্ষতিসাধন করে বসবাস করতে পারে। প্রকৃতিতে জীবাণুদের বসবাসের এই বৈচিত্র আমরা বাস্তুসংস্তানগত দৃষ্টিভঙ্গি থেকে আলোচনা করতে পারি।

9.2.1 অণুজীব ও অণুপরিবেশ (Microbes and micro environment) ঃ

জীবাণুর জগৎ সম্পর্কে সঠিক ধারণা পেতে গেলে উৎসাহী বিজ্ঞানী বা পাঠককে অতি ক্ষুদ্রস্তরে কল্পনা করতে সমর্থ হতে হবে। ভাবুন তো একটি সাধারণ দণ্ডাকৃতি ব্যাকটেরিয়া যার আয়তন 3μm , তারপক্ষে 3mm দূরত্ব কি বিপুল বৈচিত্রময় পরিবেশের আধার হতে পারে। একজন মানুষের তুলনায় এই দূরত্ব 2 km দূরত্বের সমার্থক। 2km দূরত্বের মধ্যে একজন মানুষ বেশ কয়েকরকম পরিবেশগত বৈচিত্রের সন্ধান পেতে পারে তেমনভাবে একটি দণ্ডাকৃতি ব্যাকটেরিয়ার পক্ষে মাত্র 3mm দূরত্বের ফারাকে পরিবেশের বিপুল তারতম্য ঘটতে পারে। তাই অণুজীব বা মাইক্রোবের পরিবেশকে "অনুপরিবেশ" বা micro environment বলে অভিহিত করাই উচিত।

উদাহরণস্বরূপ, একটি 3mm ব্যাসযুক্ত মাটির কণিকার মধ্যে একাধিক অনুপরিবেশে হদিশ পাওয়া সম্ভব। যেমন মাটির কনার বহিঃস্তরে O_2 এর ঘনত্ব প্রাকৃতিক O_2 ঘনত্ব (অর্থাৎ 21%) এর সমান। কিন্তু যত কেন্দ্রের দিকে যাওয়া যাবে তত O_2 ঘনত্ব হ্রাস পেতে থাকবে এবং কেন্দ্রে সম্পূর্ণভাবে O_2 বিহীন বা অবায়বীয় পরিবেশ সৃষ্টি

হবে। এর পরিপ্রেক্ষিতে চিন্তা করলে প্রতিটি স্তরের O_2 ঘনত্ব এক একটি বিশেষ ধরনের অণুজীবকে বসবাসে সাহায্য করতে পারবে। ফলে কেবলমাত্র 3mmব্যাস যুক্ত এটি মাত্র মাটির কনায় বর্হিভাগে বায়ুজীবি, মধ্যভাগে ক্ষীন-বায়ুজীবি (microaerophilic) এবং অর্ন্তভাগে অবায়ুজীবি (anaerobic) জীবাণু বসবাস করতে পারে। এভাবে যে কোন পরিবেশে, যে কোন আধারে জীবাণুর বাস্তুসংস্থান অনেকটাই নিয়ন্ত্রিত হয় তার অনুপরিবেশ দ্বারা।

9.3 জলজ পরিবেশে জীবাণু (Aquatic Habitats) ঃ

সবথেকে সাধারণ জলজ পরিবেশগুলির মধ্যে আছে সমুদ্র, খাড়ি, লবণ-হ্রদ, হ্রদ, পুস্করিণী, নদী এবং জলাধারগুলি, প্রতিটি জলাশয়ের ভৌতিক ও রাসায়নিক বিভিন্নতার সঙ্গে সঙ্গতি রেখে জীবাণুর বিস্তারও বিভিন্ন রকম। প্রতিটি জলাশয়ে উৎপাদকের ভূমিকায় মুখ্যতঃ অণুজীবগুলিকেই দেখতে পাওয়া যায়। অক্সিজেন যুক্ত পরিবেশে সালোকসংশ্লেষকারী সায়ানোব্যাকটেরিয়া (Cyano bacteria) এবং অক্সিজেনবিহীন পরিবেশে অবাতজীবি সালোকসংশ্লেষকারী ব্যাকটেরিয়া যেমন, সবুজ সালফার ব্যাকটেরিয়া, এই কাজটি করে থাকে। সমুদ্রের উপরিতলে এই ধরনের জীবাণুর ঘনত্ব অবশ্য খুবই কম কেননা বেঁচে থাকার অন্যান্য উপাদান সমুদ্রপৃষ্ঠে নামমাত্র পাওয়া যায়। অন্যদিকে খাড়ি অঞ্চলে বা তীরবর্ত্তী অঞ্চলে নদী বাহিত জৈব পদার্থের ঘনত্ব বেশি হবার দরুণ সেখানে প্রাথমিক উৎপাদকরূপে ক্রিয়াশীল জীবাণুর ঘনত্বও বেশি।

নদীর জলে অক্সিজেন ঘনত্ব নদীতে বসবাসকারী জীবাণুর পরিমান ও প্রকৃতি অনেকটাই নিয়ন্ত্রণ করে। সাধারণভাবে, নদীর জলে অক্সিজেনের পরিমান স্বাভাবিক। কিন্তু নদীতে যত বেশি জৈব পদার্থ এসে মেশে তত এই অক্সিজেনের পরিমানে টান পড়ে। এর ফলে একদিকে যেমন নদীতে বসবাসকারী প্রাণী ও উদ্ভিদের অক্সিজেন ঘাটতি দেখা দেয় অপরদিকে এই জলে অবাতজীবি জীবাণুর ঘনত্ব জ্যামিতিক মাত্রায় বেড়ে চলে। এই সমস্ত জীবাণুর উপজাত পদার্থ যেমন H_2S , ফ্যাটি অ্যাসিড, অ্যামাইন ইত্যাদি জলে যেমন দুর্গন্ধ সৃষ্টি করে তেমনই জলজপ্রাণীর পক্ষে বিষক্রিয়ারও সঞ্চার করে।

9.3.1 জৈব অক্সিজেন চাহিদা বা Biological Oxygen Demand (BOD) ঃ

জলে মিশ্রিত জৈব পদার্থ জীবাণুদ্বারা জারিত হয়ে সরলীকৃত হয়। জারণ প্রক্রিয়া যেহেতু অক্সিজেন দ্বারা সধিত হয় সেহেতু কোন সুনির্দিষ্ট জলের উৎসে উপস্থিত জৈব যৌগের পরিমান সেই জলে উপস্থিত জীবাণুদ্বারা জারন প্রক্রিয়ার জন্য প্রয়োজনীয় অক্সিজেন চাহিদার দ্বারা নির্ণয় করা যায়। এই অক্সিজেন চাহিদাকে Biological Oxygen Demand বা BOD নামে অভিহিত করা হয়। অর্থাৎ কোন জলের নমুনায় উপস্থিত জৈব যৌগের পরিমান সেই জলের BOD এর সমানুপাতিক। জলদূষনের মুখ্য কারণই হল জৈব যৌগ। তাই নদী বা কোন জলাধারের BOD যতবেশি সেই জল তত দূষিত এবং সেই জলে জীবাণুঘনত্ব তত বেশি।

9.3.2 গভীর সমুদ্রের জীবাণু বৈচিত্র (Deep Sea Microbiology) ঃ

গভীর সমুদ্র বলতে কি বুঝি ? সমুদ্রের 300m গভীরতার নীচে আলো পৌঁছায় না। এই O -300m পর্যন্ত সমুদ্র তলকে বলে আলোকিত অঞ্চল (Photic Zone), কিন্তু এই স্তরের তলায় প্রায় 1000m গভীরতা পর্যন্ত বিভিন্ন প্রাণী বা রসায়ন জৈবভোজী ব্যাকটেরিয়া যথেষ্ট সক্রিয়। 1000m থেকে 6000m গভীরতা পর্যন্ত স্তর কিন্তু

সেই তুলনায় নিষ্ক্রিয়। অথচ পৃথিবীতে সমুদ্রের 75% জল এই গভীরতাতেই স্থিত। এই স্তরকেই আমরা 'গভীর সমুদ্র' বলতে চাইছি। এই স্তরে পরিবেশ চরমভাবাপন্ন।

- এই অঞ্চলে জলের উষ্ণতা কখনই 2 – 3°C এর বেশি নয় ফলে জীবাণুগুলি শৈত্যপ্রেমী বা Psychrophilic।
- সমুদ্রে প্রতি 10m গভীরতায় 1 atm করে চাপ বাড়ে। তাই 5000m গভীরতায় বায়ুচাপ 500 atm। সাধারণ প্রাণী বা জীবাণুর পক্ষে এই চাপ সহ্য করা সম্ভব নয়। তাই এই অঞ্চলের অণুজীবগুলি চাপ প্রেমী বা barophilic। এই চরম চাপ সহ্য করার জন্য যে অভিযোজন এই সমস্ত ব্যাকটেরিয়ায় দেখা যায় তার মধ্যে উল্লেখ্য হল কোষপ্রাচীর। এদের কোষ প্রাচীরে একটি বিশেষ প্রোটিন OmpH এর উপস্থিতি (Outer Membrane Protein H) লক্ষ্যণীয়।

9.3.3 উষ্ণ প্রস্রবণের জীবাণু (Microbes of Hydrothermal Vents) :

সমুদ্রের তল থেকে উত্থিত ব্যাসাল্ট ও ম্যাগমা সমুদ্রের জলে কোথাও কোথাও উষ্ণ প্রস্রবণের সৃষ্টি করেছে। স্বাভাবিক ভাবেই এই সমস্ত প্রস্রবনগুলির উষ্ণতা সমুদ্রের স্বাভাবিক উষ্ণতার চেয়ে বেশি। দু ধরনের প্রস্রবণ দেখা যায়। উষ্ণ প্রস্রবণ বা warm vent যেখানে জল 6°C – 23°C উষ্ণ আর উত্তপ্ত প্রস্রবণ যেখানে জল 270°—380°C উত্তপ্ত। এই সমস্ত প্রস্রবনে H_2S, Mn^{2+}, $S_2O_3^-$ ইত্যাদির ঘনত্ব অধিক। এই প্রস্রবনগুলির জীবাণু বৈচিত্র লক্ষ্যণীয়। বাকী সমুদ্রতলের থেকে তা সম্পূর্ণ অন্যরকম। এই অংশে সালফার জারনকারী ব্যাকটেরিয়া যথা *Thiobacillus* (থায়োব্যাসিলাস); *Thiothrix* (থায়োথ্রিক্স), *Beggiatoa* (বেজিয়াটোয়া) ইত্যাদি জীবাণুর উচ্চ ঘনত্ব দেখতে পাওয়া যায়।

9.3.4 মিথেন উৎপাদনকারী জলাধার (Methanogenic habitat) :

আর্কিয়ার অন্তর্গত একটি গোষ্ঠীর অণুজীব CO_2 ও H_2 এর উপস্থিতিতে মিথেন (CH_4) গ্যাস তৈরী করতে পারে। এই প্রক্রিয়া *মিথেনোজেনেসিস* (methanogenesis) নামে পরিচিত।

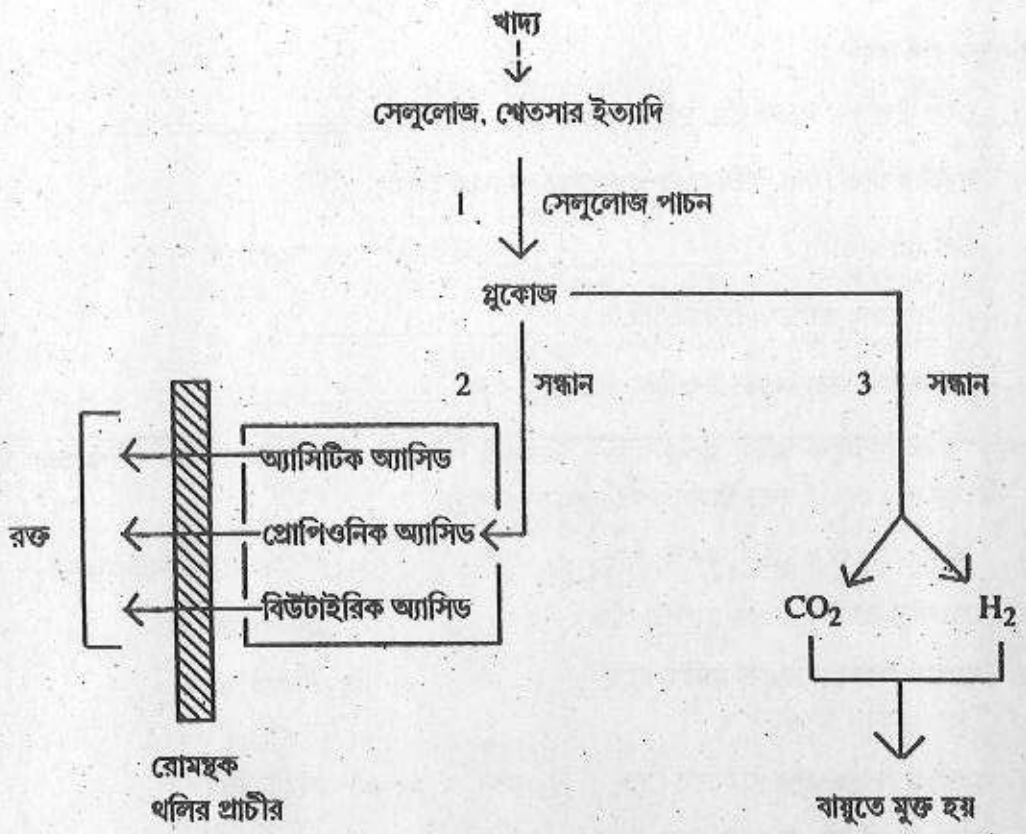
$$4H_2 + CO_2 \text{ ----------} > CH_4 + 2H_2O$$

সম্পূর্ণ অবায়বীয় পরিবেশে মিথেন উৎপাদিত হয়, তবুও পচা ডোবা, বিল ইত্যাদিতে মিথেন উৎপাদিত হতে দেখা যায়। কখনও কখনও আপাতঃভাবে অক্সিজেন পূর্ণ জংলা পরিবেশ বা বনের ঘাসজমিতে মিথেন উৎপাদিত হতে দেখা যায়। সেক্ষেত্রে পূর্বকথিত অনুপরিবেশটি অবায়বীয় হতে বাধ্য।

9.4 তৃণভোজী প্রাণীর রোমন্থক থলির পরিবেশে জীবাণু (Bacteria in rumen of herbivores) :

তৃণভোজী স্তন্যপায়ী প্রাণীগুলির মধ্যে যাদের রোমন্থক বা ruminent বলা হয় তাদের রোমন্থক থলি বা rumen এর ভিতর বিশেষ ধরনের জীবাণুর উপস্থিতিতে খাদ্যবস্তু পাচিত হয়। এই খাদ্যবস্তুগুলির মধ্যে সবেচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ হল সেলুলোজ কেননা সেলুলোজ উদ্ভিদকোষের কাঠামো গঠন করে। রোমন্থক থলিতে খাদ্য জমা থাকে 9 থেকে 12 ঘন্টা। এই সময়ের মধ্যে বহুশর্করা সেলুলোজ সরলীকৃত হয়ে গ্লুকোজে পরিণত হয়। শুধু তাই নয়,

গ্লুকোজ সন্ধান বা fermentation পদ্ধতিতে আংশিকভাবে জারিত হয়ে অ্যাসিটিক অ্যাসিড, প্রোপিওনিক অ্যাসিড ও বিউটারিক অ্যাসিড গঠন করে এবং গ্যাসরূপে CO_2 ও মিথেন উৎপাদন করে। অ্যাসিডগুলি রোমন্থক থলির প্রাচীর অতিক্রম করে প্রাণীটির রক্ত প্রবাহে মেশে এবং সেটির কোষে কোষে এই অ্যাসিডগুলিই মুখ্যতঃ শক্তির উৎসরূপে কাজ করে। নীচের ছকে পদ্ধতিটির একটি সরলীকৃত রূপ দেখানো হল :



চিত্র 9.1 : রোমন্থক থলিতে উদ্ভিজ খাদ্যের সরলীকরণ। এই পদ্ধতির 1, 2 এবং 3 চিহ্নিত পর্যায়গুলি একান্তভাবে জীবাণু নির্ভর।

9.4.1 রোমন্থক থলির ব্যাকটেরিয়া :

বহুসংখ্যক ব্যাকটেরিয়াই রোমন্থক প্রাণীর খাদ্যপাচনে সহায়তা করে কিন্তু তাদের মধ্যে বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য হল *Fibrobacter* (ফাইব্রোব্যাকটার) ও *Ruminococcus* (রুমিনোকক্কাস) নামক ব্যাকটেরিয়াদ্বয়। এরা *সেলুলেজ* নামক উৎসেচক নিঃসৃত করে সেলুলোজকে সরল গ্লুকোজে পরিণত করে। শ্বেতসারকে সরলীকৃত করে *Ruminobacter* (রুমিনোব্যাকটার) ও *Streptococcus bovis* (স্ট্রেপটোকক্কাস বোভিস), গ্লুকোজকে সন্ধান প্রক্রিয়ায় সরল অ্যাসিডে পরিণত করে *Succinomonas* (সাকসিনোমোনাস) নামক ব্যাকটেরিয়া আর CO_2 এবং H_2 উৎপাদনকারী ব্যাকটেরিয়া হল *Methanobrevibacter* (মিথেনো ব্রেভিব্যাকটার)। এছাড়াও রোমন্থক থলিতে বসবাস করে বহুসংখ্যক আদ্যপ্রাণী (protozoa) যাদের মধ্যে কিছু আবার সম্পূর্ণ অবায়ুজীবি

(উদাঃ মনোসিষ্টিস)। এই বৈশিষ্ট প্রানীজগতে অতিবিরল। এরা সরাসরি হয়তো সেলুলোজ পাচনে ভূমিকা নেয় না কিন্তু যেহেতু এদের খাদ্য ব্যাকটেরিয়া তাই রোমন্থক থলিতে ব্যাকটেরিয়ার সংখ্যার ভারসাম্য বজায় রাখতে এদের ভূমিকা আছে।

অনুশীলনী - 1

1. শূন্যস্থান পূর্ণ করুন ঃ

a) জলে উপস্থিত জারনযোগ্য জৈব পদার্থের মোট পরিমাপ হল _____।

b) সমুদ্রের প্রতি 10m গভীরতায় চাপ বৃদ্ধির পরিমাপ হল _____।

c) উষ্ণ প্রস্রবনগুলিতে _____ ইত্যাদির ঘনত্ব অনেক বেশি।

d) দুটি সালফার জারনকারী ব্যাকটেরিয়া হল _____।

e) ব্যাকটেরিয়া দ্বারা মিথেন উৎপাদন প্রক্রিয়াকে বলে _____।

2. নীচের ছকে রোমন্থক থলির মধ্যে সাধিত কয়েকটি বিক্রিয়ার কথা। সেই বিক্রিয়াগুলির জন্য দায়ী অনুজীবের নাম দেওয়া হল। উভয়কে সঠিকভাবে মেলান।

a) সেলুলোজ থেকে গ্লুকোজের উৎপাদন	i) *Methanobrevibacter*
b) শ্বেতসার সরলীকৃত হয়ে গ্লুকোজ গঠন	ii) *Succinomonas*
c) গ্লুকোজ সন্ধান প্রক্রিয়ায় জারিত হয়ে জৈব অ্যাসিড উৎপাদন	iii) *Fibrobacter*
d) গ্লুকোজ অবাত শ্বসন প্রক্রিয়ায় CO_2 ও H_2 গঠন	iv) প্রোটোজোয়া
e) রোমন্থক থলিতে ব্যাকটেরিয়াকে খাদ্যরূপে ব্যবহার	v) *Ruminobacter*

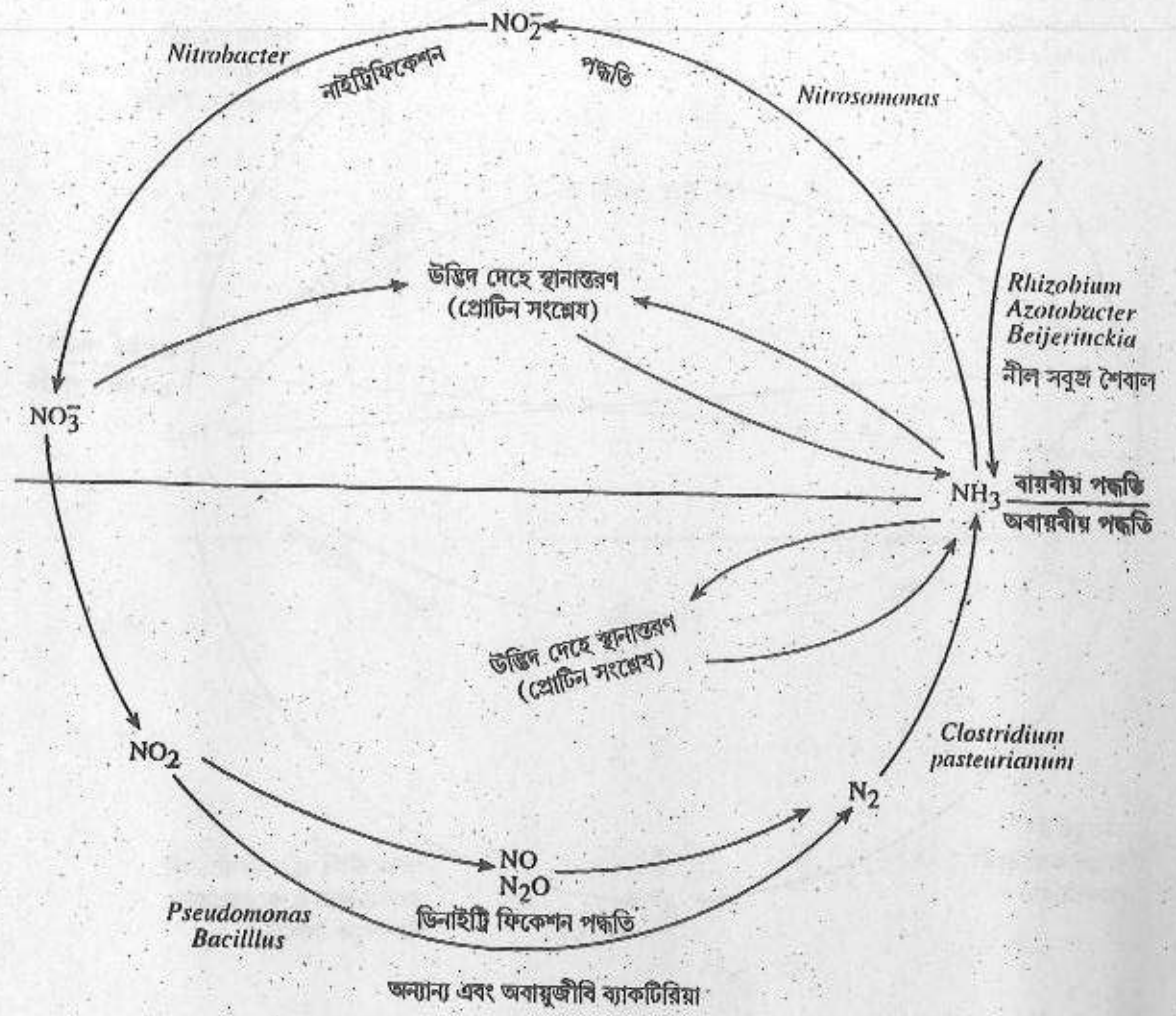
9.5 ভূজৈব রাসায়নিক চক্র ও অণুজীব (Biogeochemical Cycles and microbes) ঃ

ভূজৈব রাসায়নিক চক্রে ব্যাকটেরিয়া অতি গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। বাস্তুতন্ত্রে ব্যাকটেরিয়ার অবস্থান মুখ্যতঃ বিয়োজকের। জৈব বা অজৈব রাসায়নিক যৌগকে তাদের মৌলিক উপাদানে বিশ্লিষ্ট করা বাস্তুতন্ত্র রক্ষায় সবচেয়ে জরুরী। নতুবা বায়ুর উপাদানগুলির পারস্পরিক অনুপাত বজায় থাকতে পারে না।

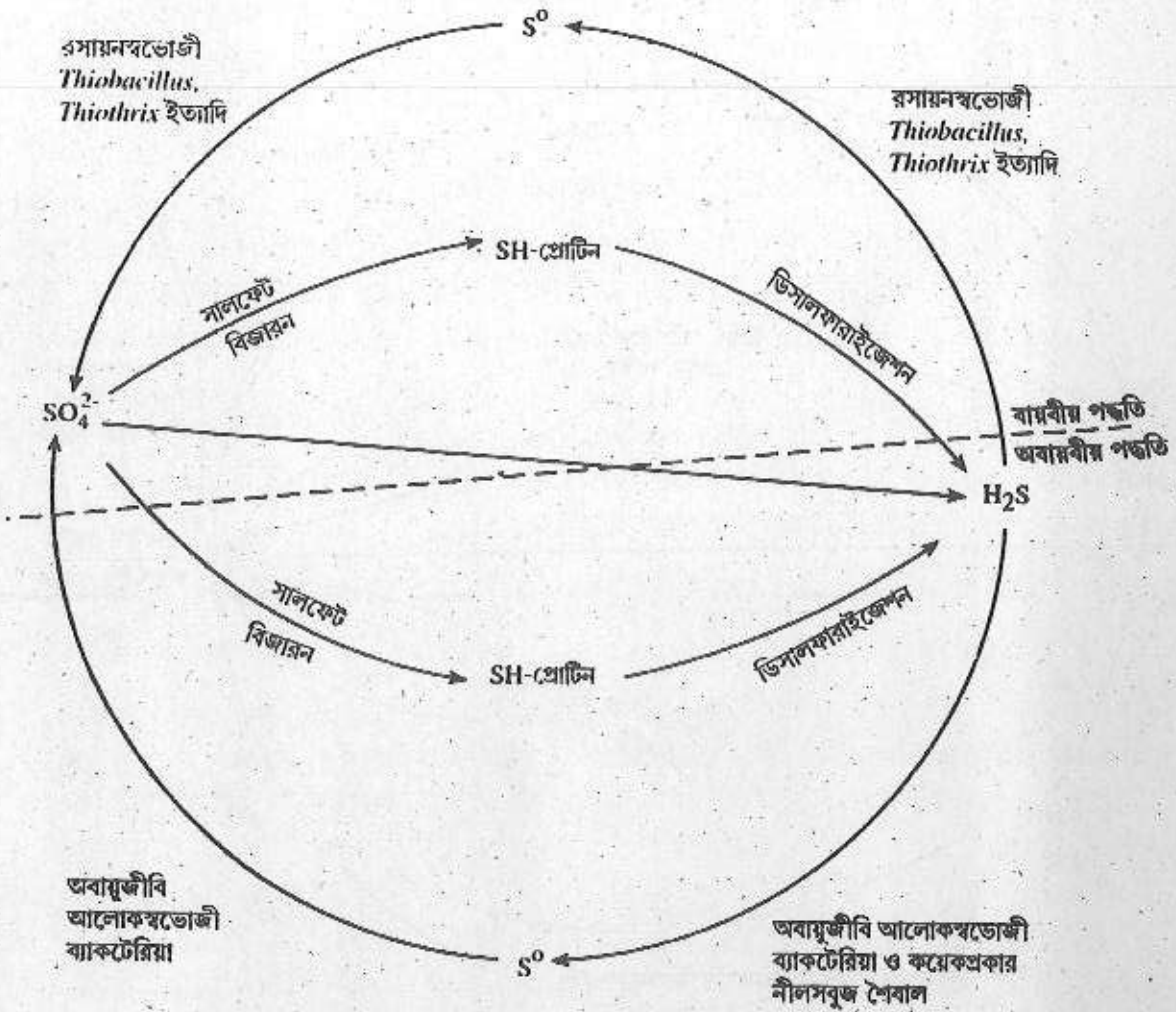
9.5.1 নাইট্রোজেন চক্র (Nitrogen Cycle) ঃ

নাইট্রোজেন চক্রের অনেকগুলি ধাপে অণুজীবদের ভূমিকা অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ।

- নাইট্রোজেন বন্ধন (Nitrogen fixation) ঃ কয়েক প্রকার ব্যাকটেরিয়া এবং নীল-সবুজ শৈবাল বাতাস



চিত্র নং 9.2 : নাইট্রোজেন চক্র বা ব্যাকটেরিয়ার ভূমিকা



চিত্র নং 9.3 : সালফার চক্র :

থেকে N_2 সংবন্ধনে সক্ষম। এদের মধ্যে সবচাইতে উল্লেখযোগ্য হল *Rhizobium leguminosarum* (রাইজোবিয়াম লেগুমিনোসেরাম) নামক ব্যাকটেরিয়া যা শিম্ব জাতীয় গাছ ব Legume এর মূলে অর্বুদ গঠন করে বাতাস থেকে নাইট্রোজেন বন্ধন করে। এছাড়া *Azotobacter* (অ্যাজেটোব্যাকটার) *Beijerinckia* (বেইজিরিঙ্কিয়া) ও নীল সবুজ শৈবালগুলির মধ্যে *Nostoc* (নসটক), *Anabaena* (অ্যানাবেনা) ইত্যাদি স্বাধীনজীবি 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। জীবাণুগলির 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 যা অ্যামোনিয়াকে (NH_3) নাইট্রাইটে (NO_2) পরিণত করে। নাইট্রাইট আবার *Nitrobacter* (নাইট্রোব্যাকটার) নামক ব্যাকটেরিয়া দ্বারা নাইট্রেটে (NO_3) পরিণত হয়।

এই পর্যায়গুলির ভিত্তিতে N_2 চক্রের রূপরেখাটি চিত্র 9.2 তে প্রদর্শিত হ'ল।

9.5.2 সালফার চক্র :

সালফার চক্র নাইট্রোজেন চক্র অপেক্ষা জটিলতর। বায়বীয় পদ্ধতিতে একাধিক রসায়ন স্বভোজী (Chemolithotrophs) ব্যাকটেরিয়া যেমন (*Thiobacillus, Thiothrix* ইত্যাদি H_2S, মৌলিক গন্ধক (S^0) 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 পুণরায় H_2S রূপে প্রকৃতিতে ফিরে আসে (চিত্র 9.3)।

9.6 উদ্ভিদকোষ ও জীবাণুর আর্ন্তসম্পর্ক :

প্রাণীর তুলনায় উদ্ভিদ জীবাণুর আশ্রয়রূপে অনেক কম পছন্দের। এর কারণ প্রাণীদেহের উষ্ণতা সর্বদাই সুস্থির ফলে এইদেহে অণুকুল 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 বেশি। উদ্ভিদদেহের দুটি অংশে ব্যাকটেরিয়ার ঘনত্ব সর্বাধিক। এগুলি হল Rhizosphere (রাইজোস্ফিয়ার) বা মূল সংলগ্ন অঞ্চল ও Phyllosphere (ফাইলোস্ফিয়ার) বা পাতার তল। এই দুই অংশই উদ্ভিদের দেহনিসৃত 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।

9.6.1 উদ্ভিদদেহে গুটি বা gall সৃষ্টিকারী ব্যাকটেরিয়া ঃ

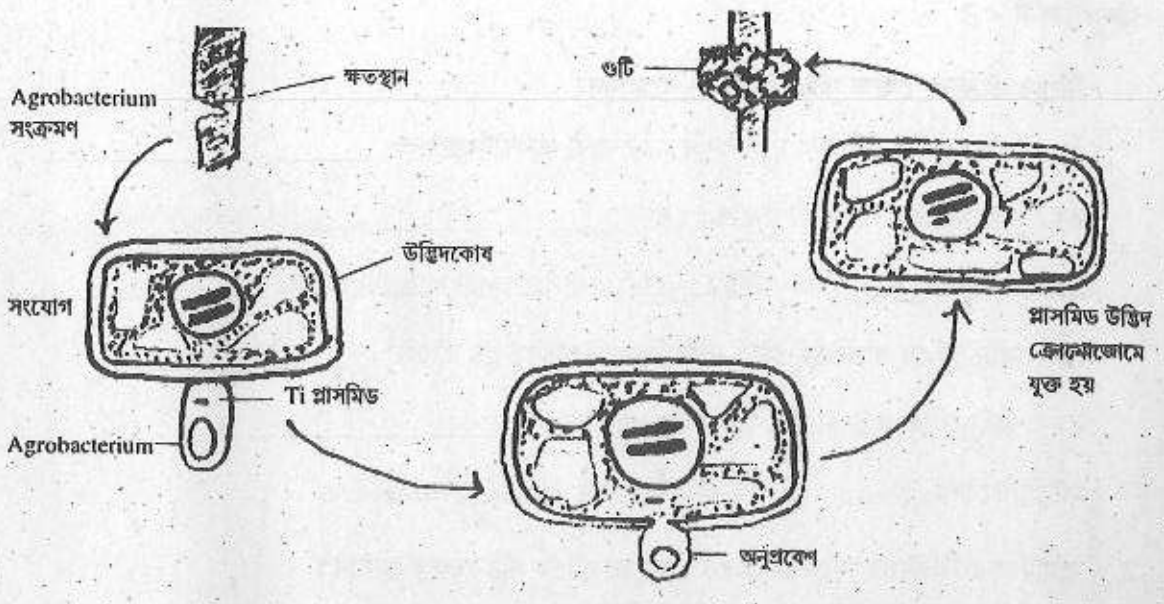
Agrobacterium tumefaciens নামক ব্যাকটেরিয়া উদ্ভিদদেহে গুটি সৃষ্টি করে। উদ্ভিদের ক্ষতপ্রাপ্ত অংশে এই ধরনের টিউমারজাতীয় অনিয়ত বৃদ্ধি অতি স্বাভাবিক ঘটনা। দেখা গেছে যে *Agrabacterium* এর যে সমস্ত স্ট্রেইন Ti -প্লাসমিড নামক একটি প্লাসমিড DNA ধারন করে তারাই কেবলমাত্র টিউমার বা গুটি সৃষ্টিতে সক্ষম। ক্ষতস্থানের মধ্য দিয়ে এই ব্যাকটেরিয়া যখন উদ্ভিদকোষের সংস্পর্শে আসে তখন Ti প্লাসমিড পোষক কোষের অভ্যন্তরে উদ্ভিদ ক্রোমোজোমের সাথে সংযুক্ত হয়ে যায়। এই অবস্থায় উদ্ভিদ কোষ এমন কয়েকরকম অ্যামাইনো অ্যাসিড তৈরী করে যারা ঠিক স্বাভাবিক নয়। এদের বলে Opines (ওপাইন)। Opines এর প্রভাবে কোষের অনবরত বৃদ্ধি হতে থাকে ফলে টিউমার বা গুটি দেখা যায় (চিত্র 9.4)।

9.6.2 শিম্বজাতীয় উদ্ভিদের মূলে অর্বুদ সৃষ্টি ঃ

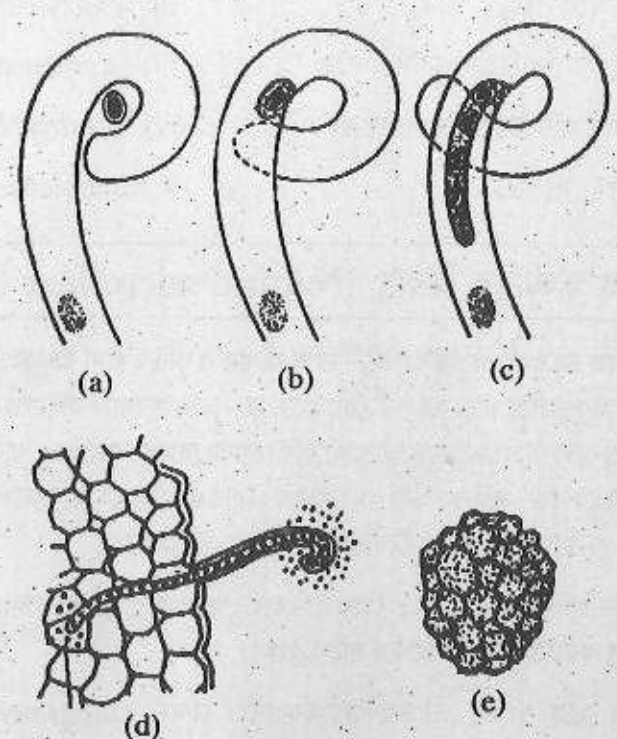
Rhizobium leguminosarum নামক ব্যাকটেরিয়ার প্রভাবে শিম্বজাতীয় উদ্ভিদের মূলে (যেমন, মটর, বরবটি, সয়াবীন ইত্যাদি) অর্বুদ গঠিত হয়। এই ব্যাকটেরিয়ার আশ্রয়দানকারী উদ্ভিদের সাথে সম্পর্ক হল মিথোজীবিতার। কৃষিক্ষেত্রে মাটির উর্বরতা প্রদানকারী এই সম্পর্কের গুরুত্ব অপরিসীম।

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 কোষগুলির বিভাজন ঘটিয়ে অর্বুদ সৃষ্টি করে। অর্বুদ সৃষ্টির পর্যায়গুলি নিম্নরূপ (চিত্র 9.5) ঃ

1. উদ্ভিদ ও ব্যাকটেরিয়ার মধ্যে পারস্পরিক পরিচিতি স্থাপক বিক্রিয়া। পরিচিতি একান্ত আবশ্যক, কেন না একটি বিশেষ প্রকরনের রাইজোবিয়াম একটি বিশেষ উদ্ভিদে প্রবেশ করতে পারে। তাই মটর গাছের অর্বুদ সৃষ্টিকারী জীবাণুর পক্ষে সয়াবীনে অণুপ্রবেশ সম্ভব নয়।
2. উদ্ভিদের মূলরোমের সাথে জীবাণু কোষের সংযোগস্থাপন।
3. জীবাণু সংক্রমণ-সূত্র গঠন করে মূলরোমের মাধ্যমে পোষক দেহে অনুপ্রবিষ্ট হয়।
4. সংক্রমন-সূত্র মূলের কর্টেক্সে এসে পৌঁছানোর পর স্বাভাবিক অবস্থার দণ্ডাকৃতি ব্যাকটেরিয়াগুলি Y, L বা 'J' আকৃতিবিশিষ্ট ব্যাকটেরয়েডে পরিণত হয়।
5. ব্যাকটেরয়েড পুনঃপুনঃ বিভাজিত হয়। একই সঙ্গে উদ্ভিদ কোষেরও 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 9.4 : উদ্ভিদদেহে টিউমার সৃষ্টির পদ্ধতি।



চিত্র নং 9.5 : (a) মূলরোমে *Rhizobium* সংক্রমণ (b) মূলরোমের গুটিয়ে যাওয়া, (c) সংক্রমণ নালী গঠন, (d) কর্টেক্সে ব্যাকটেরিয়ার বিভাজন, (e) একটি পূর্ণাঙ্গ অর্বুদ।

অনুশীলনী - 2

1. নীচের তালিকা থেকে সঠিক উত্তরটি বেছে নিন।

a) শিম্ব জাতীয় উদ্ভিদের মূলে অর্বুদ গঠন কারী ব্যাকটেরিয়া হল _____।

b) অ্যামোনিয়ার নাইট্রেটে রূপান্তর হল _____।

c) নাইট্রাইট (NO_2) কে নাইট্রেট (NO_3) এ রূপান্তরকারী ব্যাকটেরিয়া হল _____।

d) নাইট্রেট যে পদ্ধতিতে মৌল নাইট্রোজেনে পরিণত হয় তাহল _____।

e) স্বাধীনজীবী নাইট্রোজেন বন্ধনকারী অণুজীব হল _____।

নাইট্রিফিকেশন, *Rhizobium*, ডিনাইট্রিফিকেশন, *Nostoc*, *Nitrobacter*

2. বামদিকের বিক্রিয়ার সাথে ডানদিকের অণুজীবটিকে সঠিকভাবে মেলান ঃ

a) H_2S থেকে S^0 গঠন	i) *Rhizobium*
b) S^0 জারিত হয়ে SO_4^{2-} গঠন	ii) *Thiobacillus*
c) Opine জাতীয় অ্যামিনো অ্যাসিড গঠন	iii) *Agrobacterium tumefacicus*
d) ব্যাকটেরিয়ার ব্যাকটেরয়েডে রূপান্তরন	iv) *Clostridium*
e) অবায়বীয় N_2 সংবন্ধন	v) *Sulfolobus*

9.7 মনুষ্যশরীরের স্বাভাবিক জীবাণু (Natural microflora of human body) ঃ

আগেই বলা হয়েছে যে প্রাণী শরীর ব্যাকটেরিয়ার জীবন ও বৃদ্ধির জন্য অনুকূল পরিবেশের আধার। মানুষও তার ব্যাতিক্রম নয়। সাধারণভাবে মানুষের শরীরের যে সমস্ত অংশ সরাসরি বাইরের আবহাওয়ার সাথে সংযোগে আসে সেই সমস্ত অংশে ব্যাকটেরিয়ার ঘনত্ব অত্যন্ত বেশি। যেমন চামড়া, মুখবিবর, শ্বাসনালী, খাদ্যনালী এবং রেচন - জনন তন্ত্র। সাধারণভাবে রক্ত, লসিকা এবং দেহগহ্বরের বিভিন্ন অংশ (যথা, হৃদপিণ্ড) ব্যাকটেরিয়ামুক্ত থাকে। এবং এই সমস্ত অংশে অতিরিক্ত জীবাণুর উপস্থিতি সংক্রমন সূচিত করে।

● ত্বক ঃ - একজন পূর্ণবয়স্ক মানুষের দেহের চামড়ার ক্ষেত্রফল $2m^2$ বা তার বেশি। এই আয়তন জীবাণুর পরিপ্রেক্ষিতে বিপুল। দু ধরনের জীবাণু ত্বকের সাথে যুক্ত।

i) স্থায়ী ঃ যারা ত্বকের স্বাভাবিক অধিবাসী। যেমন, *Staphylococcus* (স্ট্যাফাইলোকক্কাস), *Propionibacterium acnes* (প্রোপিওনিব্যাকটেরিয়াম অ্যাকনে) ইত্যাদি যারা ত্বকে ব্রণ বা মেচেতা তৈরীর জন্য দায়ী।

ii) অস্থায়ী (transient) ঃ সারা ত্বকের স্বাভাবিক অধিবাসী নয় কিন্তু কখনও কখনও ত্বককে বাসস্থান রূপে বেছে নিতে পারে। যেমন, *E. coli, Acinetobacter* ইত্যাদি।

● মুখবিবর ঃ মুখবিবরে লালাগ্রন্থি দ্বারা নিঃসৃত তরল যদিও ব্যাকটেরিয়ানাশক, তথাপি মুখে থেকে যাওয়া খাদ্যের অবশিষ্টাংশ এবং আবরণী কলা ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধির পক্ষে অনুকূল বলে বিবেচিত হয়। *Streptococcus* (স্ট্রেপটোকক্কাস) নামক ব্যাকটেরিয়ার কয়েকটি প্রজাতি যেমন, *S. sanguis, S. sobrinus, S. mutans* ইত্যাদি মুখবিবরের স্বাভাবিক জীবাণুগুলির মধ্যে প্রধান। এই ব্যাকটেরিয়াগুলি দাঁতের caries বা গহ্বর সৃষ্টির জন্য দায়ী। মজার কথা হল এই যে, মুখবিবরে প্রচুর অক্সিজেন থাকা সত্ত্বেও এদের শ্বসন প্রক্রিয়া অবাত অর্থাৎ O_2 এর অনুপস্থিতিতে সম্পন্ন হয়। দাঁতের উপর আস্তরন সৃষ্টিকারী এই জীবাণুর স্তর অবাত শ্বসন পদ্ধতিতে ল্যাকটিক অ্যাসিড সৃষ্টি করে যার প্রতিক্রিয়ায় দন্তক্ষয় ও দাঁতের গহ্বর সৃষ্টি হয়ে থাকে।

● আন্ত্রিক নালী (Gastrointestinal Tract) ঃ আন্ত্রিক নালীর বিভিন্ন অংশের গঠনগত এবং অম্লতাগত বিভিন্নতার কারণে ব্যাকটেরিয়ার ধরনও ভিন্ন ভিন্ন।

পাকস্থলীতে পাকরসের p^H 2.0 বা তারও কম হবার ফলেএই অংশ ব্যাকটেরিয়া বসবাসের উপযোগী বলে বিবেচ্য নয় বরং পাকরসের প্রভাবে খাদ্যবাহিত বিভিন্ন জীবাণুর প্রতিরোধ হয়। তথাপি পাকস্থলীর দেওয়ালে বাসা বাঁধতে পারে অম্লতা সহ্যকারী *Lactobacillus* (ল্যাকটোব্যাসিলাস) ও *Streptococcus* (স্টেপটোকক্কাস)।

ক্ষুদ্রান্ত্রের p^H 3 অম্ল তবে ডিওডিনামের তুলনায় ইলিয়াম ক্ষারীয় হবার দরুণ এখানে খাদ্যবস্তুর সাথে মিশ্রিত অবস্থায় ব্যাকটেরিয়ার ঘনত্ব বাড়ে। এই অংশ এবং বৃহদান্ত্রে একই ধরনের ব্যাকটেরিয়া দেখা যায়।

বৃহদান্ত্রে ব্যাকটেরিয়ার পরিমাণ সবচাইতে বেশি। গ্রাম প্রতি 10^{11} থেকে 10^{15} সংখ্যক ব্যাকটেরিয়া কোষ বৃহদান্ত্রে পাওয়া যায়। এই ব্যাকটেরিয়াগোষ্ঠী *Enterobacteria* (এন্টেরোব্যাকটেরিয়া) নামে পরিচিত। এরা হয় আংশিক বা পূর্ণ অবাতজীবী। আংশিক অবাতজীবি *E. coli* বৃহদান্ত্রের সবচাইতে উল্লেখযোগ্য সদস্য, এরা বৃহদান্ত্রের অক্সিজেনটুকু ব্যবহার করে পরিবেশটিকে অবায়ুজীবি ব্যাকটেরিয়ার অনুকূল করে তোলে। অবাতজীবিদের মধ্যে *Clostridium* (ক্লসট্রিডিয়াম), *Bifidobacterium* (বাইফিডোব্যাকটেরিয়াম), *Bacteroides* (ব্যাকটেরয়েডস) ইত্যাদি হল অন্ত্রের স্বাভাবিক বাসিন্দা। এদের উপস্থিতি কিন্তু একান্ত দরকারী। পিত্তকে সরল করা, ভিটামিন সংশ্লেষ ইত্যাদি নানা বিপাক ক্রিয়ার এই সমস্ত ব্যাকটেরিয়া অংশ নেয়। জীবাণুনাশক ওষুধ প্রয়োগ করে কোন চিকিৎসার আনুসঙ্গিক হিসাবে চিকিৎসকরা ভিটামিন দিয়ে থাকেন কারন ঐ জীবাণুনাশক প্যাথোজেন বিনাশের সাথে সাথে অন্ত্রের উপকারী জীবাণুও ধ্বংস করে ফেলে।

● শ্বাসনালী ঃ শ্বাসকার্যের সময় আমাদের শরীরে প্রতিনিয়ত অগণিত ব্যাকটেরিয়া প্রবেশ করে। তবে এদের অধিকাংশই নাসাগহ্বরের আবরণীকলায় আবদ্ধ হয় এবং নাসাতরলের মাধ্যমে শরীর থেকে নিষ্কাশিত হয়। *Staphylococcus aureus* (ষ্ট্যাফাইলোকক্কাস অরিয়াস), *Streptococcus pneumoniae* (ষ্ট্রেপটোকক্কাস নিউমোনি) *Corynebacterium diptheriae* (করিনেব্যাকটেরিয়াম ডিপথেরি) ইত্যাদি ব্যাকটেরিয়া অধিকাংশ মানুষের নাসাগহ্বরের স্বাভাবিক অধিবাসী হিসাবে পাওয়া যেতে পারে। কিন্তু সমস্ত ক্ষেত্রেই যে রোগের প্রকাশ হয় না (যেমন, নিউমোনিয়া, ডিপথেরিয়া ইত্যাদি) তার কারণ শরীরের নিজস্ব প্রতিরোধক্ষমতা এবং অন্যান্য জীবাণুর প্রতিক্রিয়া এই ব্যাকটেরিয়াগুলির পক্ষে প্রতিকূল হয়ে দাঁড়ায়।

● রেচন -জননতন্ত্র ঃ মূত্রনালীর প্রাচীরে বসবাসকারী *E. coli* এবং *Proteus mirabilis* (প্রোটিয়াস মিরাবিলিস) হল এই অংশের স্বাভাবিক জীবাণু। তবে দেহের অভ্যন্তরে পরিবেশ কোন কারণে বদলে গেলে এরা বিপুল সংখ্যায় বংশবৃদ্ধি করে এবং প্যাথোজেন ধর্মী প্রতিক্রিয়া লক্ষ্য করা যায়। তাই এই ব্যাকটেরিয়াগুলি *সুযোগসন্ধানী প্যাথোজেন (opprotunistic pathogen)* নামে পরিচিত। মানুষের বিশেষতঃ স্ত্রীলোকের তথাকথিত *বিকোলাই* সংক্রমণ এই জাতীয় প্রতিক্রিয়ারই ফলাফল।

স্ত্রীজননাঙ্গ বা যোনি হল বিপুল সংখ্যক ব্যাকটেরিয়ার আবাসস্থল। গ্লাইকোজেন নামক শর্করার উপস্থিতির দরুন এই অংশে *Lactobaccillus acidophilus* (ল্যাকটোব্যাসিলাস অ্যাসিডোফিলাস) বৃদ্ধির অণুকূল পরিবেশ পায় এবং শর্করাকে জারিত করে ল্যাকটিক অ্যাসিড গঠন করে। এছাড়া বিভিন্ন ঈষ্ট যেমন *Candida* (ক্যান্ডিডা) *Torulopsis* (টরুলপসিস) ইত্যাদি, *E. coli, Staphyloccus, Streptococcus* ইত্যাদি ব্যাকটেরিয়া হল যোনি প্রাচীরের স্বাভাবিক অধিবাসী। জন্মের পর থেকে ঋতুসঞ্চারের পূর্ববর্তী কাল পর্যন্ত সময়ে জননাঙ্গে গ্লাইকোজেন সঞ্চিত হয় না ফলে এই সময় স্ত্রীজননাঙ্গ ব্যাকটেরিয়া মুক্ত থাকে। আবার ঋতু নিবৃত্তি *(menopause)* এর পর পুণরায় স্ত্রী জননাঙ্গ মোটামুটিভাবে জীবাণুমুক্ত হয়ে যায়।

9.8 মানবদেহে জীবাণুঘটিত সংক্রমণ (Microbial Infections in Man) ঃ

আমরা এতক্ষণ মানবশরীরের স্বাভাবিকভাবে বসবাসকারী জীবাণুগুলির কথা আলোচনা করলাম। এমন নয় যে এই সমস্ত জীবাণুই উপকারী বা ক্ষতিসাধনে সক্ষম নয়। প্রায় সবকটিই মাত্রাধিক সংখ্যায় বা অস্বাভাবিক দেহাংশে উপনীত হয়ে রোগ সৃষ্টি করতে পারে। তবে মানবশরীরে কয়েকটি স্বাভাবিক প্রবেশপথ আছে যার মাধ্যমে ক্ষতিকারক জীবাণু দেহকে আক্রমণ করতে পারে। এই গুলি সম্পর্কে সংক্ষিপ্ত পরিচিতির পূর্বে আমাদের সংক্রমণ সম্পর্কে অবহিত হওয়া দরকার।

● সংক্রমণ ঃ যখন রোগসৃষ্টিকারী জীবাণু প্রাণী বা মানব শরীরের বর্হিভাগে বা অর্ন্তভাগে প্রবেশ, বৃদ্ধি ও বিস্তারের মাধ্যমে প্রতিকূল বিক্রিয়ার সঞ্চার ঘটায় তখন তাকে বলে সংক্রমণ। সংক্রমণ কয়েকপ্রকার হতে পারে।

বিপরীত সংক্রমণ (Cross Infection) ঃ যখন দুটি ভিন্ন ভিন্ন বাহকের মধ্যে যখন সংক্রামক জীবাণু স্থানান্তরিত হয়।

স্বসংক্রমণ (Auto Infection) ঃ একই পোষক দেহের দুটি স্থানের মধ্যে জীবাণুর স্থানান্তরন।

পুনঃসংক্রমণ (Reinfection) ঃ একই জীবাণু যখন একই পোষক দেহকে পুর্নবার আক্রমণ করে।

প্রাথমিক সংক্রমণ (Primary Infection) ঃ একটি জীবাণু দ্বারা একটি পোষকদেহকে প্রথমবার সংক্রামিত করার পদ্ধতি।

গৌণ সংক্রমণ (Secondary Infection) ঃ একটি জীবাণু দ্বারা সংক্রামিত পোষকদেহে অপর কোন জীবাণু দ্বারা সংঘটিত দ্বিতীয় কোন সংক্রমন।

তীব্র সংক্রমণ (Acute Infection) ঃ অতি কম সময় স্থায়ী কিন্তু তীব্রতা সম্পন্ন সংক্রমণ। যেমন -হাম।

ক্রণিক সংক্রমণ (Chronic Infection) ঃ দীর্ঘ সময় ধরে স্থায়ী সংক্রমণ যা কয়েকমাস থেকে বহুবছর স্থায়ী হতে পারে। যেমন, যক্ষ্মা।

সংক্রমণ পদ্ধতি (Mechanisms of Infection) ঃ মূলতঃ তিনটি পদ্ধতিতে সংক্রমণ সাধিত হয়।

● যান্ত্রিক ক্ষয় (Mechanical injury) ঃ সংক্রমনকারী জীবাণু পোষকদেহে সরাসরি বা অপ্রত্যক্ষভাবে ক্ষয়সাধন করে নিজেকে প্রতিষ্ঠিত করে। যেমন, সিফিলিস রোগের জীবাণু ধমনীর প্রাচীরে ক্ষয় সৃষ্টি করে সেটিকে দুর্বল করে দেয়।

● রাসায়নিক ক্ষয় (Chemical injury) ঃ জীবাণু পোষকদেহে অণুপ্রবেশ করে অধিবিষ (toxin) উৎপাদন করে পোষকের ক্ষতিসাধন করে ও নিজেকে প্রতিষ্ঠিত করে। যেমন, টিটেনাস ব্যাকটেরিয়া নিঃসৃত অধিবিষ নার্ভ কোষকে অকেজো করে দেয়।

● পৌষ্টিক ক্ষয় (Nutritional injury) ঃ পোষক দেহ থেকে পুষ্টি পদার্থ সংগ্রহ করে সংক্রমনকারী জীবাণু পোষককে দুর্বল করে নিজেকে প্রতিষ্ঠিত করে। যেমন *Tenia solium* (টিনিয়া সোলিয়াম) অন্ত্র থেকে পাচিত খাদ্য শোষন করে নেয়।

9.8.1 সংক্রমণ পথ ও সংক্রামক জীবাণু ঃ

নীচের সারণিতে 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* (প্রোটোজোয়া)	ম্যালেরিয়া

অনুশীলনী - 3

1. মানবশরীরের এমন পাঁচটি অংশের নাম লিখুন যেখানে ব্যাকটেরিয়ার ঘনত্ব সবেচেয়ে বেশি। 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 ক্রনিক সংক্রমণ
   d) স্ব-সংক্রমণ ও বিপরীত সংক্রমন

3. নিম্নলিখিত রোগগুলির জন্য দায়ী ব্যাকটেরিয়ার নাম লিখুন ঃ
   a) কলেরা _____
   b) টাইফয়েড _____
   c) সিফিলিস _____
   d) প্লেগ _____
   e) খাদ্যে বিষক্রিয়া বা Botutism _____

9.9 সারাংশ

প্রকৃতিতে জীবাণুদের অবস্থানবৈচিত্র প্রনিধানযোগ্য। 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 পরিমানকে Biological Oxygen Demand বা জৈব অক্সিজেন চাহিদা দ্বারা নির্ণয় করা হয়। সমুদ্রের উপরিতল বা আলোকিত অঞ্চলের তুলনায় গভীর সমুদ্রের জীবাণু ভিন্নতর। উষ্ণ প্রস্রবনে বিশেষতঃ গন্ধক জারণকারী ব্যাকটেরিয়ার উপস্থিতি দেখা যায়। জলাভূমিতে সম্পূর্ণ অবাত পরিবেশে মিথেন গ্যাস উৎপাদনকারী ব্যাকটেরিয়া দেখা যায়। তৃণভোজী প্রাণীর রোমন্থক থলিতে যে বিশেষ পরিবেশ দেখা যায় তা সেলুলোজ পাচনকারী ব্যাকটেরিয়ার পক্ষে অণুকূল। অণুজীবগুলি ভূজৈব রাসায়নিক চক্রে বিয়োজকের ভূমিকা পালন করে। নাইট্রোজেন চক্রে নাইট্রোজেন বন্ধন, ডিনাইট্রিফিকেশন, নাইট্রিফিকেশন ইত্যাদি স্তরে বিশেষ বিশেষ ব্যাকটেরিয়ার ভূমিকা উল্লেখযোগ্য। সালফার চক্রে *Thiobacillus, Thiothrix* ইত্যাদি ব্যাকটেরিয়া অজৈব সালফার বা সালফার যৌগ জারন করে। উদ্ভিদকোষের সঙ্গে জীবাণুর সম্পর্ক আলোচনা প্রসঙ্গে শিম্বজাতীয় উদ্ভিদের মূলে অর্বুদসৃষ্টি ও *Agrobacterium tumefaciens* নামক ব্যাকটেরিয়া দ্বারা গুটি সৃষ্টির প্রক্রিয়া বিশেষ করে প্রণিধানযোগ্য। মানব দেহ 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 সংক্রমনের কারণ হতে পারে। সংক্রমণ কয়েকরকম হতে পারে। বিশেষ বিশেষ ব্যাকটেরিয়া দ্বারা সংক্রমণের ফলে বিশেষ বিশেষ রোগ লক্ষণ পরিলক্ষিত হয়।

9.10 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

1) রোমন্থক প্রাণীর অন্ত্রে সেলুলোজ পাচনের প্রক্রিয়াটি ব্যাখ্যা করুন।

2) ভূজৈব-রাসায়নিক চক্র বলতে কি বোঝায় ? নাইট্রোজেন চক্রের রেখাচিত্র অঙ্কন করে এতে ব্যাকটেরিয়ার ভূমিকাটি আলোচনা করুন।

3) উদ্ভিদদেহে গল ও অর্বুদ সৃষ্টির প্রক্রিয়া দুটি সম্পর্কে সংক্ষেপে লিখুন।

4) মানবশরীরের কোন কোন অংশে ব্যাকটেরিয়ার ঘনত্ব বেশি হয়? ত্বক, অন্ত্র ও রেচন-জননতন্ত্রের স্বাভাবিক অনুজীব গুলির কথা আলোচনা করুন।

9.11 উত্তরমালা

অনুশীলনী 1

1. (a) Biological Oxygen Demand
   (b) 1 atm.
   (c) সালফার, হাইড্রোজেন সালফাইড
   (d) *Thiobacillus, Thiothrix.*
   (e) মিথেনোজেনেসিস
2. (a) (iii)
   (b) (v)
   (c) (ii)
   (d) (i)
   (e) (iv)

অনুশীলনী 2

1. (a) *Rhizobium*
   (b) নাইট্রিফিকেশন
   (c) *Nitrobacter*
   (d) ডিনাইট্রিফিকেশন
   (e) *Nostoc*
2. (a) (ii)
   (b) (v)
   (c) (iii)
   (d) (i)
   (e) (iv)

অনুশীলনী 3

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 দেখুন।
3. (a) *Vibrio cholerae*
   (b) *Salmonella typhi*
   (c) *Treponema pallidum*
   (d) *Yersinia pestis*
   (e) *Clostridium botulinum*

ই. বি. টি. — ১

মাইক্রোবায়োলজি ও অ্যাল্‌গি

পর্যায়-2

অ্যাল্‌গি (শৈবাল)

একক 10 □ সূচনা

গঠন

10.1 প্রস্তাবনা

10.2 উদ্দেশ্য

10.3 সংক্ষিপ্ত ইতিহাস

অনুশীলনী - 1

10.4 শৈবালের বিভিন্ন দিক সম্পর্কে সংক্ষিপ্ত ধারণা

10.4.1 প্রকৃতি ও বসতি

10.4.2 সাধারণ বৈশিষ্ট্য

10.4.3 বিশেষ বৈশিষ্ট্য

10.4.4 শৈবাল ও ছত্রাকের সাদৃশ্য ও পার্থক্য

10.4.5 শৈবাল ও ব্রায়োফাইটার সাদৃশ্য ও পার্থক্য

অনুশীলনী - 2

10.5 সারাংশ

10.6 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

10.7 উত্তরমালা

10.1 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। ফাইকোলজি শব্দটি - গ্রীকশব্দ **ফাইকস (Phykos)** অর্থাৎ সমুদ্র-আগাছা (sea weeds) এবং **লোগস (logos)** অর্থাৎ জ্ঞান, থেকে উদ্ভূত। শৈবাল সম্পর্কে বিশেষজ্ঞদের **অ্যালগোলজিস্ট (Algologist)** বা **ফাইকোলজিস্ট (Phycologist)** বলা হয়।

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 যাহা 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 ক্লোরোফিল যুক্ত (কিছু কিছু ক্ষেত্রে ক্লোরোফিল বিহীন তবে গঠনগতভাবে সদৃশ) উদ্ভিদ"। কিছু কিছু শৈবাল পরজীবি তাই এরা ক্লোরোফিল বিহীন।

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

10.2 উদ্দেশ্য

এই এককটি পাঠ করে আপনি

- শৈবাল সম্পর্কিত গবেষণার দীর্ঘ ইতিহাস সংক্ষেপে পর্য্যালোচনা 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 নিরূপন করতে সক্ষম হবেন।
- সামগ্রিকভাবে শৈবাল, ছত্রাক ও ব্রায়োফাইটার মধ্যে সাদৃশ্য ও বৈচিত্র সম্পর্কে বিশদ ব্যাখ্যা করতে পারবেন।

10.3 সংক্ষিপ্ত ইতিহাস

রোমান, চাইনীজ ও গ্রীক সাহিত্যে শৈবালের উল্লেখ আছে। গ্রীকরা শৈবালকে ফাইকস্(**Phykos**), রোমানরা ফিউকাস (**Fucus**) এবং চীনারা সাও (*Tsao*) বলতেন। প্রাচীনকালে হাওয়াই দ্বীপের বাসিন্দারা শৈবালকে খাদ্যরূপে ব্যবহার করত, কিন্তু 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। 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। এই সময় ইউরোপের জীববিজ্ঞানীরা শৈবালের গবেষণায় বেশ আগ্রহ প্রকাশ করেন। রথ (Roth) 1797-1805 সালের মধ্যে *Batrachospermum (ব্যাট্রাকোস্পারমাম), Hydrodictyon (হাইড্রোডিকটিওন), Rivularia (রিভিউলারিয়া)* ইত্যাদির আবিষ্কার ও বর্ণনা করেন। এইচ. ই. লিংক (H. E. Link) 1820-33 সালের মধ্যে জার্মানীর বিভিন্ন শৈবাল নিয়ে গবেষণা করেন এবং *Tetraspora (টেট্রাস্পোরা), Oedogonium (ইডোগোনিয়াম), Spirogyra (স্পাইরোগাইরা)* ইত্যাদি গণের বর্ণনা দেন। প্রফেসর সি. এ. এ্যাগার্ডথ (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 (Hassall, 1842-45) , ব্রন (Braun, 1835-55) , থুরেট (Thuret, 1843-55) , সিনকাবস্কি (Cienkowski) , প্রিঙ্গেম (Pringsheim, 1855-66) , ডি. ব্যারি (De barry, 1858) , স্ট্রাসবারগার (Strasburger, 1895-98), উইলিয়াম (Williams, 1897 -98), ও বর্জ (O. Borge, 1894-1936) প্রমুখ বিজ্ঞানী।

বিংশ শতাব্দীর শুরু থেকেই ওলটম্যান (Oltman, 1905) শৈবালের উপর কাজ শুরু করেন। জি. এস. ওয়েস্ট (G. S. West) ও ডব্লিউ. ওয়েষ্ট নামে দুজন ব্রিটিশ বিজ্ঞানী বিভিন্ন স্থানের মিঠাজলের শৈবাল নিয়ে কাজ করেন এবং তাদের বর্ণনা দেন। জি. এস. ওয়েষ্ট তাঁর লিখিত '*অ্যালাগি*' 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 ইত্যাদি প্রকাশ পেতে থাকে। এই সময়কাল থেকে বর্তমান কাল অবধি যে সকল বিজ্ঞানী শৈবাল গবেষণার ক্ষেত্রে বিশেষ অবদান রেখেছেন তারা হলেন - স্মিথ (Smith), ফ্রিশ্চ (Fritsch), রিচ (Rich) , প্রেসকট (Prescott), ফগ (Fogg), চ্যাপম্যান (Chapman), রাউন্ড (Round), বোল্ড (Bold), ওয়াইনি (Wynne). মরিস (Morris), সিং (Singh) প্রমুখ বিজ্ঞানী।

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 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 ঘোষ (Ghosh, 1919-32)। তাকে ভারতীয় ফাইকোলজিস্টদের পথপ্রদর্শক বলা যায়। 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 (Subrahmaniam)। 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।

আর. এন. সিং (R. N. Singh, 1938-68) মূলত নীলাভ সবুজ শৈবাল নিয়ে ব্যাপক গবেষণা করেন। 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। জিগনিমাসির (Zygnemaceae) উপর প্রকাশিত মনোগ্রাফ তাঁর উল্লেখযোগ্য কীর্তি।

দেশিকাচারি (Desikacharya, 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. সুব্রাহ্মানিয়াম (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. ভেংকেটরমন (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। পি. চ্যাটার্জি শৈবালের ক্রোমোজোম সংক্রান্ত গবেষণায় অনেক অবদান রেখেছেন। 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।

10.4 শৈবালের বিভিন্নদিক সম্পর্কে সংক্ষিপ্ত ধারণা

10.4.1 প্রকৃতি ও বসতি (Habit & Habitat) :

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

ক্লোরোফিলযুক্ত হওয়ায় এরা স্বভোজী। তবে কয়েকটি পরজীবী শৈবাল আছে, যারা পোষক উদ্ভিদের ক্ষতি সাধন করে। তাছাড়া মিথোজীবী ও পরাশ্রয়ী শৈবালও দেখা যায়।

● বসতি - শৈবাল প্রধানত জলে জন্মায়। তবে শৈবালের বাসস্থান অত্যন্ত বৈচিত্রময়। 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 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), Lemanea (লেমানিয়া)* প্রভৃতি এবং খুব শীতল জলের খরস্রোতে *Prasiola (প্রাসিওলা), Hydrurus (হাইড্রুরাস)* ইত্যাদি লোহিত শৈবাল জন্মায়।
- মন্থরগতি সম্পন্ন প্রবহমান মিঠা জলাশয়ের শৈবাল - এই প্রকার জলাশয়ে *Ulothrix (ইউলোথ্রিক্স), Stegioclonium (স্টিজিওক্লোনিয়াম), Cladophora (ক্ল্যাডোফোরা)*, প্রভৃতি জন্মায়।

(b) অল্প লবণাক্ত জলাশয়ের শৈবাল (Brackish water) - মিঠা জল থেকে বেশী লবণাক্ত কিন্তু সমুদ্রের জলের মত এতটা লবণাক্ত নয় এ রকম জলাশয় এই পর্যায়ভুক্ত। এখানে বিভিন্ন নীলাভ সবুজ শৈবাল, যেমন- *Oscillatoria (অসিলেটোরিয়া), Anabaena (অ্যানাবিনা)* এবং *Chlamydomonas (ক্ল্যামাইডোমনাস)* ইত্যাদি জন্মায়।

(c) সামুদ্রিক জলাশয়ের শৈবাল - যেখানে সমুদ্রের জলে লবণের পরিমান প্রতি হাজার ভাগে 30 - 44 ভাগের বেশী নয়, সেই স্থান সামুদ্রিক শৈবাল জন্মাবার উপযুক্ত স্থান। ডায়াটম (**Diatoms**), ডাইনোফ্লাজিলেটস্ (**Dinoflgellates**), জাতীয় ফাইটোপ্ল্যাংটন এই স্থানে প্রচুর পরিমাণে জন্মায়। তাছাড়া বেশীর ভাগ লোহিত ও বাদামী শৈবাল সমুদ্রে জন্মায়। যেমন - *Ectocarpus (এক্টোকারপাস), Laminaria (ল্যামিনারিয়া), Macrocystis (ম্যাক্রোসিসটিস্), Sargassum (সারগ্যাসাম), Fucus (ফিউকাস)* ইত্যাদি বাদামী শৈবাল এবং *Polysiphonia (পলিসাইফোনিয়া), Porphyra (পরফাইরা)* ইত্যাদি লোহিত শৈবাল।

2. **স্থলজ শৈবাল (Terrestrial Algae) ঃ** বিভিন্ন প্রকার নীলাভ সবুজ শৈবাল প্রচুর পরিমানে 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 কোন 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. **প্রস্তর জীবী বা লিথোফাইটিক শৈবাল :** বিভিন্ন, নীলাভ-সবুজ শৈবাল এবং *Batrachospermum (ব্যাট্রাকোস্পার্মাম)* স্যাঁতস্যাতে পাথরের গায়ে জন্মায়।

5. **উষ্ণাঞ্চলের শৈবাল :** উষ্ণ প্রস্রবনের যথেষ্ট উষ্ণজলে (প্রায় 85°C) 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 লাল রঞ্জক ধারণ করে বলে বরফকে লাল দেখায়। এই অবস্থাকে "রেড স্নো" বলে।

7. **পরজীবী শৈবাল (Parasitic algae)) :** কিছুকিছু শৈবাল পরজীবীরূপে উদ্ভিদ ও প্রাণীতে বাস করে। যেমন - চা পাতায় ক্লোরোফাইসীর *Cephaleuros virescens (সেফালিউরোস্ ভাইরেসসেনস)* 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 (রড়োসাইট্রিয়াম)* ইত্যাদি প্রজাতি পরজীবি রূপে বাস করে।

8. **মিথোজীবী শৈবাল (Symbiotic algae) :** লাইকেন হল এক প্রকার উদ্ভিদ যাহা শৈবাল ও ছত্রাকের সমন্বয়ে গঠিত হয়েছে এবং উভয়েই পরস্পরের উপর নির্ভরশীল। *নষ্টক, টেস্টিকোলিয়া, 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 (ক্লোরেল্লা)* গণের শৈবাল বাস করে। *Azolla (অ্যাজোলা)* নামক ফার্ণজাতীয় জলজ উদ্ভিদের পাতায় *Anabaena azollae (অ্যানাবিনা অ্যাজোলি)* নামক নীলাভ সবুজ শৈবাল বাস করে। *সাইকাস (Cycas)* এর মূলে *Anabaena cycadearum (অ্যানাবিনা সাইকাডিয়ারাম)* নামক শৈবাল বাস করে।

10.4.2 সাধারণ বৈশিষ্ট :

(a) প্রকৃতি -

- শৈবাল এমন একপ্রকার স্বভোজী জীব যা সংবহন কলাবিহীন সমাঙ্গদেহী 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, পামেলয়েড (Palmelloid), কলোনী প্রকৃতির সচল ও নিশ্চল, সূত্রাকার, হেটেরোট্রিকাস, নলাকার প্যারেনকাইমেটাস প্রভৃতি প্রকারের। (শৈবালের গঠনগত প্রকারভেদ সম্পর্কে 11.4 অংশে বিস্তারিত আলোচনা করা হয়েছে।)

(b) আকৃতি - বেশীর ভাগ শৈবাল আণুবীক্ষণিক এমনকি বেশ কিছু প্রজাতি এককোষী *(ক্ল্যামাইডোমনাস)* যাদের ব্যাস 0.5 মাইক্রোন-এর মত। কিছু কিছু এককোষী শৈবালের ব্যাস (*ক্লোরেল্লা*) 5-8 মাইক্রোন-এর মত। অপরদিকে বৃহৎ আকৃতির সামুদ্রিক শৈবালের আকৃতি 30 মিটার থেকে 100 মিটার বা তারও বেশী 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। 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 বাকী 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।

(d) রঞ্জক পদার্থ - 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 - ক্লোরোফিল গোষ্ঠীভুক্ত রঞ্জক, ক্যারোটিনয়েড গোষ্ঠীভুক্ত রঞ্জক এবং ফাইকোবিলিপ্রোটিন গোষ্ঠীভুক্ত রঞ্জক।

- 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 দেখা যায়। ক্লোরোফিল-ই শুধুমাত্র জ্যান্থোফাইটাতে দেখা যায় (*ভাউচেরিয়ার* জুস্পোরে দেখা যায়)।

- 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, –∞, ϵ এবং লাইকোপেন (lycopene)। এদের মধ্যে β ক্যারোটিন প্রায় সকল শৈবালেই দেখা যায়। α–ক্যারোটিন, ক্লোরোফাইটা পর্বের কলোরপ্যালীস (Caulerpales) বর্গে পাওয়া যায়, তাছাড়া ক্রিপটোফাইটা পর্ব ও রোডোফাইটার কোন কোন প্রজাতিতে দেখা যায়। ক্যারোফাইটা পর্বে β–ক্যারোটিন পাওয়া যায় না পরিবর্তে ϑ-ক্যারোটিন ও লাইকোপেন পাওয়া যায়। ব্যাসিলারিওফাইটা পর্বে β–ক্যারোটিন এবং e–ক্যারোটিন পাওয়া যায়। ক্যারোটিন জলে অদ্রবণীয় কিন্তু ইথাইল অ্যালকোহল, ক্লোরোফরম ইত্যাদি দ্রবণে দ্রবণীয়।

- জ্যান্থোফিল - ইহা হলুদ বা বাদামী বর্ণের এবং রাসায়নিক সংকেত $C_{40}H_{56}O_2$। 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 (Myxosanthophyll), ফ্লাভাসিন (Flavacin), অসিলোজ্যান্থিন (Oscilloxanthin), ট্যারাজ্যান্থিন (Taraxanthin), অ্যান্থোরোজ্যান্থিন (Antheroxanthin) ইত্যাদি উল্লেখযোগ্য রঞ্জক। জ্যান্থোফিল জলে অদ্রবণীয় কিন্তু ক্লোরোফরম-এ দ্রবণীয়।

- 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) প্লাস্টিড (Plastid) - 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 ক্রোমাটোফোর বলে।

প্লাস্টিড হল দ্বি-একক পর্দাবৃত অঙ্গাণু, যার মধ্যে সালোকসংশ্লেষীয় রঞ্জকগুলি অবস্থান করে। তবে সায়ানোফাইসীর ক্ষেত্রে ফাইকোবিলিপ্রোটিন রঞ্জকগুলি থাইলাকয়েডের বর্হিগাত্র সংলগ্ন ফাইকোবিলিজোম নামক অংশে অবস্থান করে এবং থাইলাকয়েডের মধ্যে অন্যান্য রঞ্জকগুলি অবস্থান করে। নীলাভ সবুজ শৈবালে কোন সংগঠিত প্লাস্টিড থাকে না। থাইলাকয়েডগুলি সাইটোপ্লাজমে উন্মুক্ত থাকে।

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

(f) ফ্লাজেলা (Flagella) - শৈবালের সচল প্রজাতি (যেমন *ক্ল্যামাইডোমনাস*), জুস্পোর এবং অনেক শৈবালের গ্যামেট ফ্লাজেলা ধারণ করে যার সাহায্যে এরা সচল থাকে। ফ্লাজেলা এক্ষেত্রে '9+2' তন্তু (চিত্র 10.1) সমন্বয়ে গঠিত। কেন্দ্রস্থলে দুটি তন্তু এবং এদেরকে ঘিরে নয়টি তন্তু থাকে। মোট 11 টি তন্তুর সমন্বয়ে একটি ফ্লাজেলাম গঠিত (ব্যতিক্রম- কোন কোন ডায়াটমের যেমন - সেন্টালিস- এর অন্তর্গত *Cyclotella (সাইক্লোটেল্লা)*-র স্পার্মের ফ্লাজেলা '9 + 0' তন্তু সমন্বয়ে গঠিত)। ফ্লাজেলা সমদৈর্ঘ্যের বা অসম দৈর্ঘ্যের হতে পারে (চিত্র 10.2); অগ্রস্থ অথবা পার্শ্বস্থ হতে পারে (চিত্র 10.2); ফ্লাজেলার সংখ্যা একটি (চিত্র 10.2), দুটি, (চিত্র 10.2), চারটি (11.1, b) বা বহু (চিত্র 10.2) হতে পারে।

ফ্লাজেলা প্রধানত দু' প্রকার, হুইপল্যাস (whiplash) ও টিনসেল (tinsel) প্রকৃতির। হুইপল্যাস ফ্লাজেলার গাত্র মসৃন, এদেরকে এ্যাক্রোনিমাটিক (acronematic) ফ্লাজেলাও বলা হয় (চিত্র 10.1)। টিনসেল ফ্লাজেলার গাত্রে গোড়া থেকে অগ্রভাগ অবধি ফ্লিমার রোম (flimmer hair) থাকে; এইরূপ ফ্লাজেলাকে প্যান্টোনিমাটিক (Pantonematic) বা ফ্লিমার (flimmer) ফ্লাজেলা বলে (চিত্র 10.2)।

(g) 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 গ্লাইকোসাইড (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।
- ফ্রুকটোসান্স (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 ডাইনোফাইসীতে অ্যামাইলোজ স্টার্চ পাওয়া যায়।
- ফ্লোরিডিয়ান স্টার্চ (floridean starch) : ইহা রোডোফাইটাতে পাওয়া যায়। ইহা অ্যামাইলোপেকটিনের মত।
- সায়ানোফাইসিয়ান স্টার্চ (Cyanophycean starch) বা মিক্সোফাইসিয়ান স্টার্চ (Myxophycean starch) : সায়ানোফাইটা পর্বে এই প্রকার স্টার্চ দেখা যায়, যা দেখতে গ্লাইকোজেন এর মত।
- সায়ানোফাইসিন (Cyanophycin): ইহা প্রোটিন জাতীয় যৌগ যাহা সায়ানোফাইটাতে পাওয়া যায়।

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

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

অঙ্গজ জনন বিভিন্নভাবে সংঘটিত হয়, যেমন- খণ্ডিভবন (fragmentation), দ্বি-বিভাজন (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, হিপনোস্পোর, 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 জনুক্রমে বিভিন্ন প্রকার জীবন চক্র দেখা যায়, যথা- হ্যাপ্লনটিক (Haplontic), ডিপ্লনটিক (Diplontic), ডিপ্লোহ্যাপ্লনটিক (Diplohaplontic) ইত্যাদি প্রকৃতির।

শৈবালের যৌন জননের ক্ষেত্রে উল্লেখযোগ্য বিষয় হল, এর জনন অঙ্গ সাধারণত এককোষী, তবে যদি বহুকোষী হয় সেক্ষেত্রে সকল কোষই উর্বর হয়, কোন বন্ধ্যা আবরণী দ্বারা আবৃত থাকে না (চিত্র 10.3)। রেণুস্থলীও সাধারণত এককোষী, অথবা, যদি বহুকোষী হয় তবে সকল কোষই উর্বর হয়। তাছাড়া যৌন জননে উৎপন্ন জাইগোট কখনও স্ত্রী জনন অঙ্গের অভ্যন্তরে ভ্রূণে রূপান্তরিত হয় না। জাইগোট সৃষ্টির পর ইহা স্ত্রী-জনন অঙ্গের বাইরে বেরিয়ে আসে এবং তারপর জাইগোটের বিভাজন শুরু হয়।

10.4.3 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।

d) এদের জনন অঙ্গ সাধারণত এককোষী, যদি কখনও বহুকোষী হয় তবে ইহা 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।

10.4.4 শৈবাল ও ছত্রাকের সাদৃশ্য ও পার্থক্য ঃ

সাদৃশ্য ঃ শৈবাল ও ছত্রাকের মধ্যে নীচের 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 কোন 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 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 মত 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।	h) ছত্রাকের ক্ষেত্রে ক্রমহ্রাসমান যৌনতা (gradual degeneration of sex) দেখা যায়।

10.4.5 শৈবাল ও ব্রায়োফাইটার সাদৃশ্য ও পার্থক্য ঃ

সাদৃশ্য ঃ শৈবাল ও ব্রায়োফাইটার মধ্যে নিম্নলিখিত বৈশিষ্টগুলির 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 (মারকেন্সিয়া)* ইত্যাদি।

b) উভয়ই স্বভোজী।

c) উভয়ক্ষেত্রেই সংবহনকলা অনুপস্থিত।

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 কোন 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) বেশীর 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, কোন বন্ধ্যা আবরণী দ্বারা আবৃত থাকে না (চিত্র 10.3) রেণুস্থলী সাধারণত এককোষী, যদি বহুকোষী হয় তবে সকল কোষগুলিই উর্বর।	vi) জনন অঙ্গ এবং রেণুস্থলী সর্বদাই বহুকোষী এবং সর্বদাই বন্ধ্যা আবরণী দ্বারা আবৃত (চিত্র 10.3)।
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 অর্ন্তভুক্ত করা হয়েছে।
viii) শৈবালের স্ত্রী জনন অঙ্গকে বেশীর ভাগ ক্ষেত্রেই উগোনিয়াম বলা হয়।	viii) ব্রায়োফাইটার স্ত্রী জনন অঙ্গকে সর্বদাই আর্চিগো-নিয়াম (Archegonium) বলা হয়।

অনুশীলনী - 2

সংক্ষিপ্ত উত্তর ভিত্তিক প্রশ্নের নমুনা ঃ

1) জলে শৈবালকে সন্তরণশীল অবস্থা ছাড়াও আর কি কি অবস্থায় দেখা যায় ?
2) শৈবালের প্রধান বসতি কোথায় ?
3) খরস্রোতা মিঠা জলের দুটি শৈবালের নাম করুন।
4) মন্থর গতিসম্পন্ন প্রবহমান মিঠা জলাশয়ের তিনটি শৈবালের নাম করুন।
5) চারটি সামুদ্রিক শৈবালের নাম করুন।
6) *স্পাইরোগাইরা* ও *জিগনিমা* কিরূপ জলাশয়ে জন্মায় ?
7) *ভাউচেরিয়া* ও *ফ্রিশ্চিয়েল্লা* কিরূপ স্থানে জন্মায় ?
8) চারটি পরাশ্রয়ী শৈবালের নাম করুন।
9) একটি লিথোফাইটিক শৈবালের নাম করুন।
10) "রেড স্নো" কি ?
11) দুটি পরজীবী শৈবালের নাম ও তাদের দ্বারা সৃষ্ট রোগের নাম উল্লেখ করুন।
12) *অ্যাজোলা* উদ্ভিদে কোন শৈবাল মিথোজীবী রূপে বাস করে ?
13) শৈবালকে থ্যালাস প্রকৃতির উদ্ভিদ বলা হয় কেন ?
14) সর্বাপেক্ষা বৃহদাকৃতির শৈবালের নাম করুন।
15) আদিকোষীয় শৈবালের সাথে আদর্শকোষীয় শৈবালের চারটি মূল পার্থক্য উল্লেখ করুন।
16) রং এর উপর ভিত্তি করে ছয়টি শ্রেণী শৈবালের নাম করুন।
17) শৈবালে প্রধানতঃ কটি গোষ্ঠীভুক্ত রঞ্জক দেখা যায় ?
18) ক্লোরোফিল গোষ্ঠীভুক্ত রঞ্জকগুলির নাম করুন।
19) ক্যারোটিনয়েড গোষ্ঠীভুক্ত রঞ্জকগুলির মধ্যে চারটি জ্যান্থোফিলের নাম করুন।
20) ফিউকোজ্যান্থিন কোন শ্রেণীর শৈবালে দেখা যায় ?
21) শৈবালে অবস্থিত চার প্রকার ক্যারোটিন -এর নাম করুন।
22) ফাইকোবিলিপ্রোটিন কোন কোন শ্রেণীর শৈবালে দেখা যায় ?
23) ফাইকোবিলিপ্রোটিন রঞ্জক কোন কোন রঞ্জক নিয়ে গঠিত ?
24) নীলাভ সবুজ শৈবাল ও লোহিত শৈবালে কোন ফাইকোবিলিপ্রোটিন রঞ্জকটি প্রধান ?
25) ক্লোরোপ্লাস্ট ও ক্রোমাটোফোরের মধ্যে পার্থক্য কি ?
26) পাইরিনয়েড কি ? ইহার কাজ কি ?
27) পাইরিনয়েড কোথায় অবস্থান করে ?

28) হুইপল্যাস ও টিনসেল ফ্লাজেলা কি ?

29) বিভিন্ন শৈবালে ফ্লাজেলার অবস্থান কিরূপ হতে পারে ?

30) ক্লোরোফাইসীর সঞ্চিত খাদ্য কিরূপ ?

31) ম্যানিটল কোথায় পাওয়া যায় ?

32) উল্লিখিত সঞ্চিত খাদ্যগুলি কোথায় পাওয়া যায় : গ্লাইকোসাইড, ক্রাইসোল্যামিনারিন, প্যারামাইলন, ফুকটোসান্স, ফ্লোরিডিয়ান স্টার্চ।

33) শৈবালে কি কি প্রকার জীবনচক্র দেখা যায় ?

34) শৈবালের দুটি সনাক্তকারী বৈশিষ্ট্যের নাম উল্লেখ করুন।

35) শৈবালের রেণুস্থলীর বৈশিষ্ট্য কি ?

36) শৈবাল ও ছত্রাকের দুটি সাদৃশ্য উল্লেখ করুন।

37) শৈবাল ও ছত্রাকের চারটি প্রধান পার্থক্য উল্লেখ করুন।

38) শৈবাল ও ছত্রাকের অঙ্গসংস্থানিকগত পার্থক্য উল্লেখ করুন।

39) শৈবাল ও ছত্রাকের সঞ্চিত খাদ্যের প্রকৃতি কিরূপ।

40) শৈবাল ও ব্রায়োফাইটার দেহের গঠন গত সাদৃশ্য উল্লেখ করুন।

41) শৈবাল ও ব্রায়োফাইটার শারীরস্থানিক (anatomical) সাদৃশ্য উল্লেখ করুন।

42) শৈবাল ও ব্রায়োফাইটার জনন অঙ্গগত মূল পার্থক্য উল্লেখ করুন। (পার্থক্য অংশে VI, VII, VIII নং অংশ)।

43) শৈবাল ও ব্রায়োফাইটার অঙ্গজসংস্থানিকগত দুটি পার্থক্য উল্লেখ করুন।

10.5 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 বৈচিত্রপূর্ণ প্রকারভেদ দেখা যায়।

10.6 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 প্রশ্নবলী ঃ

1) 10.3 অংশ দেখুন।
2) 10.4.1 অংশ দেখুন।
3) 10.4.2 এর 'ঘ' অংশ দেখুন।
4) 10.4.2 এর 'চ' অংশ দেখুন।
5) 10.4.2 এর 'ছ' অংশ দেখুন।
6) 10.4.4 অংশ দেখুন।
7) 10.4.5 অংশ দেখুন।

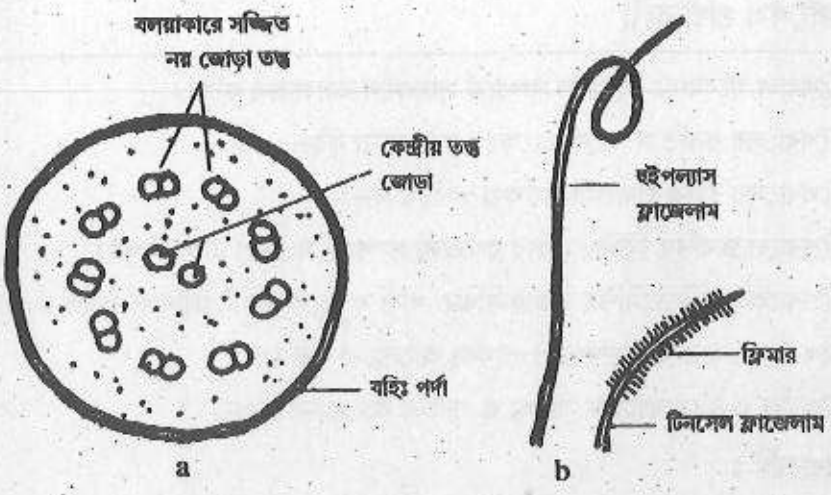
10.7 উত্তর সংকেত

অনুশীলনী - 1

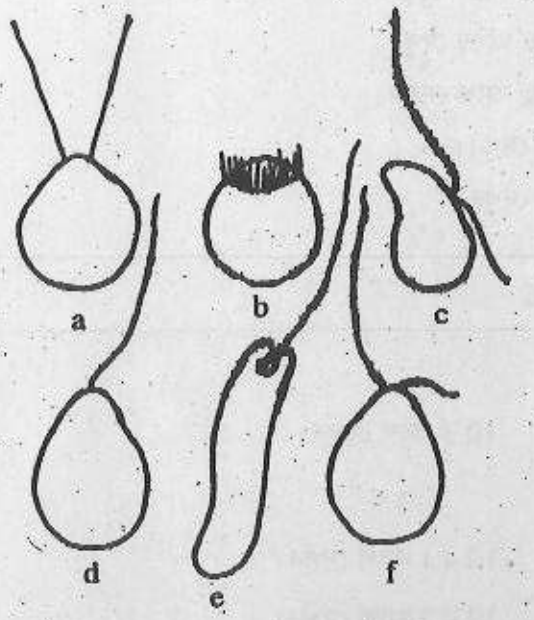
1 – 10 : 10.3 অংশ দেখুন।

অনুশীলনী - 2

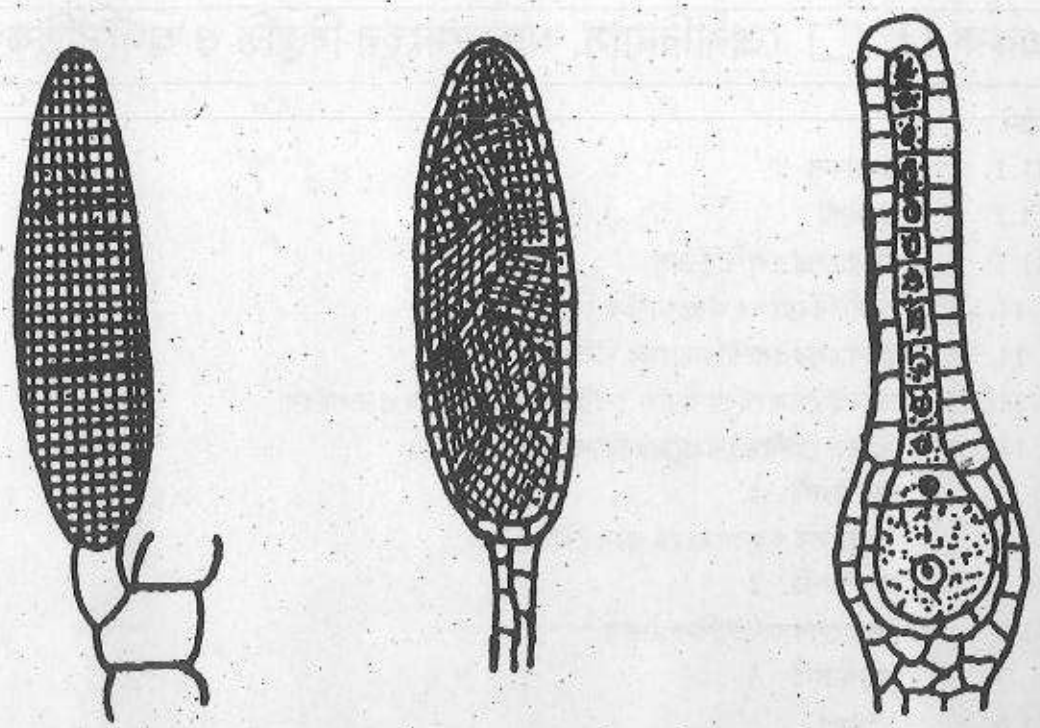
1 – 12 : 10.4.1 অংশ দেখুন।
13 – 33: 10.4.2 অংশ দেখুন।
34 – 35: 10.4.3 অংশ দেখুন।
36 – 39: 10.4.4 অংশ দেখুন।
40 – 43: 10.4.5 অংশ দেখুন।



চিত্র নং 10.1 : a-b, ফ্লাজেলার গঠন। a - ফ্লাজেলার প্রস্থচ্ছেদ, 9 + 2 তন্তুর বিন্যাস, b- হুইপল্যাস এবং টিনসেল ফ্লাজেলা।



চিত্র নং 10.2 : বিভিন্ন প্রকার ফ্লাজেলা। a) *ক্ল্যামাইডোমনাস* -এর দুটি সমদৈর্ঘ্য অগ্রস্থ হুইপল্যাস ফ্লাজেলা; b) *ইডোগোনিয়াম* -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; f) একফ্লাজেলা বিশিষ্ট ইউগ্লিনা; g) *ট্রাইকোনেমার* অসমান দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট অগ্রস্থ ফ্লাজেলা।



চিত্র নং 10.3 : a–b, শৈবালের বহুকোষী জনন অঙ্গের সাথে ব্রায়োফাইটার জনন অঙ্গের পার্থক্য। a) *এক্টোকারপাস* নামক বাদামী শৈবালের বহু প্রকোষ্ঠযুক্ত কিন্তু বন্ধ্যা আবরণী বিহীন গ্যামেটাঞ্জিয়াম; b) ব্রায়োফাইটার বন্ধ্যা আবরণী (Jacket layer) সমন্বিত বহুপ্রকোষ্ঠযুক্ত অ্যানথেরিডিয়াম; c) ব্রায়োফাইটার বন্ধ্যা আবরণী সমন্বিত বহুপ্রকোষ্ঠযুক্ত আরচিগোনিয়াম।

একক 11 ☐ শ্রেণীবিন্যাস, অঙ্গজদেহের বিস্তৃতি ও অর্থনৈতিকগুরুত্ব

গঠন

11.1 প্রস্তাবনা

11.2 উদ্দেশ্য

11.3 শৈবালের শ্রেণীবিন্যাস

11.3.1 শ্রেণীবিন্যাসের আন্তর্জাতিক নিয়ম

11.3.2 শৈবালের শ্রেণীবিন্যাসের ভিত্তি

11.3.3 বিভিন্ন শৈবালবিদ কর্তৃক শ্রেণীবিন্যাসের সংক্ষিপ্ত রূপরেখা

11.3.4 বিভিন্ন শ্রেণীর শৈবালের বিশেষ বৈশিষ্ট্য সমূহ

অনুশীলনী - 1

11.4 শৈবালের অঙ্গজদেহের গঠন বৈচিত্র

অনুশীলনী - 2

11.5 শৈবালের অর্থনৈতিক গুরুত্ব

অনুশীলনী - 3

11.6 সারাংশ

11.7 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

11.8 উত্তরসংকেত

11.1 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 কোন একটি গোষ্ঠীর একটি প্রতিনিধিকে জানলে ঐ গোষ্ঠীর সকল শৈবাল সম্পর্কে আপনার মনে একটি সাধারণ ধারণা জন্মাবে।

যেহেতু সপুষ্পক উদ্ভিদের মত শৈবালের পাতা, ফুল, ফল ও বীজ নেই অর্থাৎ এদের অঙ্গসংস্থানিক বৈশিষ্ট্যগুলি ততটা প্রকট নয় সেহতু রঞ্জক পদার্থ, ক্লোরোপ্লাস্ট, সঞ্চিতখাদ্য, 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 বৈচিত্র আলোচনার মাধ্যমে শৈবালের ব্যাপকতা সম্পর্কে আপনার ধারণা জন্মাবে যা বিবর্তনকে বুঝতে আরও সাহায্য করবে।

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

11.2 উদ্দেশ্য

এই এককটি পাঠ করে আপনি

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

11.3 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 কোন সাধারণ পূর্বপুরুষথেকে পৃথক পৃথক ভাবে সমান্তরাল পথে বিবর্তন ঘটেছে।

11.3.1 শৈবালের শ্রেণীবিন্যাসের আন্তর্জাতিক নিয়ম ঃ

আন্তর্জাতিক 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 (phycidae)
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 (Chlorophycae)

বর্গ ঃ ভলভোকেলীস্ (Volvocales)

গোত্র ঃ ক্ল্যামাইডোমোনাডেসী (Chlamydomonadaceae)

গণ ঃ *Chlamydomonas (ক্ল্যামাইডোমোনাস্)*

প্রজাতি ঃ *nivalis (নিভালিস)*

11.3.2 শৈবালের শ্রেণীবিন্যাসের ভিত্তি ঃ

নিম্নলিখিত বৈশিষ্ট্যগুলির উপর ভিত্তি করে শৈবালের শ্রেণীবিন্যাস করা হয় ঃ

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

b) **প্লাস্টিড (Plastid)** - ক্লোরোপ্লাস্টের আকৃতি যেমন - কাপ সদৃশ, তারকাকৃতি, সর্পিলাকার, জালিকাকার, বেষ্টনাকার ইত্যাদি।

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

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

e) **কোষ প্রাকার (Cell wall)** - ভৌত রাসায়নিক প্রকৃতি।

f) **বহিঃঅঙ্গসংস্থান (External morphology)** - আকৃতি, আকার, ইত্যাদি।

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

11.3.3 বিভিন্ন শৈবালবিদ কর্ত্তৃক 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।

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

I. শ্রেণী ক্লোরোফাইসী (Chlorophyceae)

II. শ্রেণী জ্যান্থোফাইসী (Xanthophyceae)

III. শ্রেণী ক্রাইসোফাইসী (Chrysophyceae)

IV. শ্রেণী ব্যাসিলারিওফাইসী (Bacillariophyceae)

V. শ্রেণী ক্রিপ্টোফাইসী (Cryptophyceae)

VI. শ্রেণী ডাইনোফাইসী (Dinophyceae)

VII. শ্রেণী ক্লোরোমোনাডিনী (Chloromonadineae)

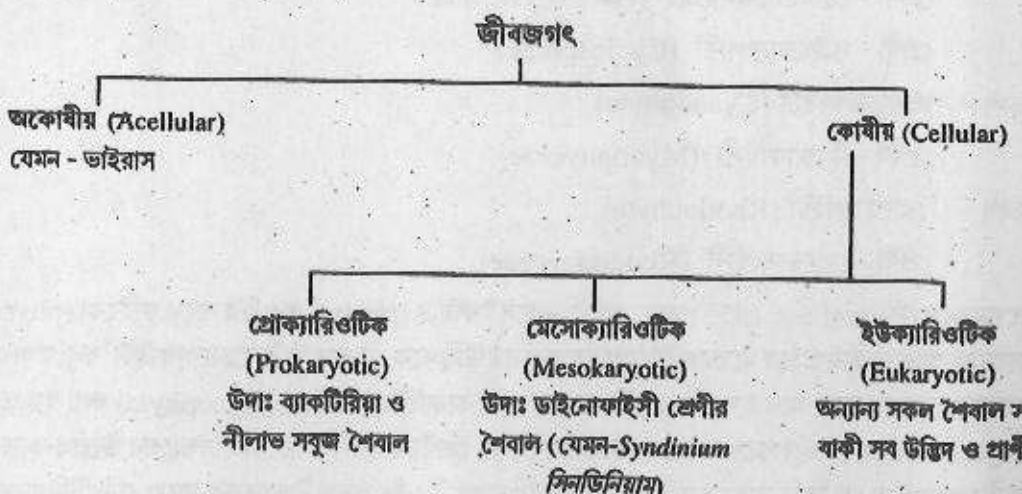
VIII. শ্রেণী ইউগ্লিনিনী (Euglenineae)

IX. শ্রেণী ফিওফাইসী (Phaeophyceae)

X. শ্রেণী রোডোফাইসী (Rhodophyceae)

XI. শ্রেণী মিক্সোফাইসী (Myxophyceae)

বর্তমান ধারণা অনুযায়ী শৈবালের বিভিন্ন শ্রেণীর মধ্যে কোন ঘনিষ্ঠ সম্পর্ক নেই। এরা প্রত্যেকেই প্রত্যেকের কাছ থেকে পৃথক এবং কোন পূর্বপুরুষ থেকে সম্পূর্ণ স্বতন্ত্র ভাবে সমান্তরাল পথে প্রতিটি গোষ্ঠীর বিবর্তন ঘটেছে। এই চিন্তাধারা থেকে বর্তমানে বিজ্ঞানীরা ফ্রিশ্চ কর্তৃক প্রতিষ্ঠিত শ্রেণীগুলিকে বিভাগের (Division) পর্যায়ে উন্নীত করেন। ফলে সমগ্র উদ্ভিদ জগতের শ্রেণীবিন্যাসের আমূল পরিবর্তন ঘটে। বর্তমানে কোষবিদ্যার জ্ঞানের উপর ভিত্তি ক'রে সমগ্র জীব জগৎকে নিম্নলিখিত ভাগে ভাগ করা হয় ঃ



নূতন নূতন অর্জিত তথ্যের ভিত্তিতে বিভিন্ন শৈবালবিদগণ শৈবালের শ্রেণীবিন্যাসের বিভিন্ন রকম পরিবর্তন ঘটিয়েছেন। নিম্নে উদাহরণস্বরূপ স্মিথ্ কর্তৃক প্রদত্ত শ্রেণীবিন্যাস উল্লেখ করা হল - তিনি শৈবালকে মোট 7টি পর্বে ভাগ করেন।

স্মিথ (Smith, 1933, 1950, 1955) কর্তৃক শৈবালের শ্রেণীবিন্যা

I বিভাগ - **ক্লোরোফাইটা** (Chlorophyta)
শ্রেণী - ক্লোরোফাইসী (Chlorophyceae)
শ্রেণী - ক্যারোফাইসী (Charophyceae)

II বিভাগ - **ইউগ্লিনোফাইটা** (Euglenophyta)
শ্রেণী - ইউগ্লিনোফাইসী (Euglenophyceae)

III বিভাগ - **পাইরোফাইটা** (Pyrrophyta or Pyrrhophyta)
শ্রেণী - ডেস্মোফাইসী (Desmophyceae)
শ্রেণী - ডাইনোফাইসী (Dinophyceae)

IV বিভাগ - **ক্রাইসোফাইটা** (Chrysophyta)
শ্রেণী - ক্রাইসোফাইসী (Chrysophyceae)
শ্রেণী - জ্যান্থোফাইসী (Xanthophyceae)
শ্রেণী -ব্যাসিল্যারিওফাইসী (Bacillariophyceae)

V বিভাগ - **ফিওফাইটা** (Phaeophyta)
শ্রেণী - আইসোজেনারেটি (Isogeneratae)
শ্রেণী - হেটারোজেনারেটি (Heterogeneratae)
শ্রেণী - সাইক্লোস্পোরী (Cyclosporae)

VI বিভাগ - **সায়ানোফাইটা** (Cyanophyta)
শ্রেণী - মিক্সোফাইসী (Myxophyceae)

VII বিভাগ - **রোডোফাইটা** (Rhodophyta)
শ্রেণী - রোডোফাইসী (Rhodophyceae)

প্যাপেনফাস (Papenfuss, 1955) তার শ্রেণীবিন্যাসে "ফাইটা (phyta)" শব্দটির সাথে ফাইকো (phyco) শব্দটিও সংযুক্ত করেন। কারণ তাঁর মতে ফাইটা বলতে শুধুমাত্র উদ্ভিদকে বোঝায় তাই 'ক্লোরোফাইটা' বলতে সকল সবুজ উদ্ভিদকে বোঝায় বলে মনে হয়। কিন্তু যদি ক্লোরোফাইকোফাইটা (Chlorophycophyta) বলা হয় তবে শুধুমাত্র সবুজ শৈবালকে নির্দেশ করে। প্যাপেনফাস শৈবালের শ্রেণীবিন্যাসে মোট ৪টি বিভাগের উল্লেখ করেন। এ প্রসঙ্গে উল্লেখযোগ্য যে তিনি সাইজোফাইকোফাইটা বিভাগে নীলাভ সবুজ শৈবালের সাথে ব্যাকটিরিয়াকেও অন্তর্ভুক্ত করেন।

প্যাপেনফাস (1955) কর্তৃক শৈবালের শ্রেণীবিন্যাস ঃ

I বিভাগ - **ক্লোরোফাইকোফাইটা** (Chlorophycophyta)
শ্রেণী - ক্লোরোফাইসী

II বিভাগ - **ক্যারোফাইকোফাইটা** (Charophycophyta)
শ্রেণী - ক্যারোফাইসী

III বিভাগ - **ইউগ্লিনোফাইকোফাইটা** (Euglenophycophyta)
শ্রেণী - ইউগ্লিনোফাইসী

IV বিভাগ - ক্রাইসোফাইকোফাইটা (Chrysophycophyta)
শ্রেণী - ক্রাইসোফাইসী
শ্রেণী - জ্যান্থোফাইসী
শ্রেণী - ব্যাসিল্যারিওফাইসী

V বিভাগ - পাইরোফাইকোফাইটা (Pyrrhophycophyta)
শ্রেণী - ক্রিপ্টোফাইসী
শ্রেণী - ক্লোরোমোনাডোফাইসী (Chloromonadophyceae)
শ্রেণী - ডাইনোফাইসী

VI বিভাগ - **ফিওফাইকোফাইটা** (Phaeophycophyta)
শ্রেণী - ফিওফাইসী

VII বিভাগ - **রোডোফাইকোফাইটা** (Rhodophycophyta)
শ্রেণী - রোডোফাইসী

VII বিভাগ - সাইজোফাইকোফাইটা (Schizophycophyta)
শ্রেণী - সাইজোফাইসী (Schizophyceae)

প্যাপেনফাস কর্তৃক শৈবালের শ্রেণীবিন্যাসের ক্ষেত্রে **'ফাইকো'** শব্দটি সংযোজনের ব্যাপারে বোল্ড ও ওয়াইনি (Bold & Wynne) প্রথম দিকে সমর্থন করেছিলেন এবং তাদের পুস্তকের (Introduction to the Algae - Structure and reproduction - 1st ed. 1978) প্রথম সংস্করণে 'ফাইকো' শব্দটি যুক্ত করে শ্রেণীবিভাগ প্রকাশও করেছিলেন। কিন্তু দ্বিতীয় সংস্করণে (1985) মত পাল্টে 'ফাইকো' শব্দটি বাদ দেন। তাদের যুক্তি হল এই সমস্যা শুধুমাত্র ক্লোরোফাইটার ক্ষেত্রে। অন্যান্য ক্ষেত্রে যেমন নীলাভ সবুজ শৈবাল, বাদামী শৈবাল, লোহিত শৈবাল ইত্যাদিতে এই সংযোজন নিষ্প্রয়োজন। কেননা উন্নত শ্রেণীতে শুধুমাত্র সবুজ উদ্ভিদই থাকে, নীল, বাদামী বা লাল ইত্যাদি উদ্ভিদ রূপে ডাকা হয় না। কাজেই শুধুমাত্র একটি ক্ষেত্রের জন্য এই সংযোজন না ঘটিয়ে ব্রায়োফাইটা, টেরিডোফাইটা ইত্যাদির সাথে মিল রেখে সায়ানোফাইটা, প্রোক্লোরোফাইটা, ক্লোরোফাইটা এইভাবে প্রকাশ করাই যুক্তি সংগত বলে তাঁরা মনে করেন।

বোল্ড ও ওয়াইনি (1985) কর্তৃক শৈবালের শ্রেণীবিন্যাস

I বিভাগ - **সায়ানোফাইটা** (Cyanophyta)
শ্রেণী - সায়ানোফাইসী

II বিভাগ - **প্রোক্লোরোফাইটা** (Prochlorophyta)
শ্রেণী - প্রোক্লোরোফাইসী (Prochlorophyceae)

III বিভাগ - **ক্লোরোফাইটা**
শ্রেণী - ক্লোরোফাইসী

IV বিভাগ - **ক্যারোফাইটা**
শ্রেণী - ক্যারোফাইসী

V বিভাগ - **ইউগ্লিনোফাইটা**
শ্রেণী - ইউগ্লিনোফাইসী

VI বিভাগ - **ফিয়োফাইটা**
শ্রেণী - ফিয়োফাইসী

VII বিভাগ - **ক্রাইসোফাইটা**
শ্রেণী - ক্রাইসোফাইসী
শ্রেণী - প্রিমনিসিওফাইসী (Prymnesiophyceae)
শ্রেণী - জ্যান্থোফাইসী
শ্রেণী - ইউস্টিগ্‌মাটোফাইসী (Eustigmatophyceae)
শ্রেণী - র‍্যাপিডোফাইসী (Raphidophyceae)
শ্রেণী - ব্যাসিল্যারিওফাইসী

VII বিভাগ - **পাইরোফাইটা** (Pyrrhophyta)
শ্রেণী - এব্রিওফাইসী (Ebriophyceae)
শ্রেণী - এল্লোবায়োফাইসী (Ellobiophyceae)
শ্রেণী - সিনডাইনিওফাইসী (Syndiniophyceae)
শ্রেণী - ডাইনোফাইসী (Dinophyceae)

IX বিভাগ - **ক্রিপটোফাইটা**
শ্রেণী - ক্রিপটোফাইসী

X বিভাগ - **রোডোফাইটা**
শ্রেণী - রোডোফাইসী

ক্রিস্টেনসেন (Christensen, 1962) সর্বপ্রথম শৈবালকে "প্রোক্যারিওটা (Prokaryota)" এবং "ইউক্যারিওটা (Eukaryota)" রূপে ভাগ করেন। বিভাগ - সায়ানোফাইটাকে - প্রোক্যারিওটার অন্তর্ভুক্ত করেন এবং বাকী সব বিভাগগুলিকে ইউক্যারিওটার অন্তর্ভুক্ত করেন।

রাউন্ড (Round, 1977) প্রোক্যারিওটা ও ইউক্যরিওটা ভিত্তিক শ্রেণীবিন্যাস করেন। অনেক পুস্তকে এই শ্রেণীবিন্যাস অনুসৃত হয়।

রাউন্ড কর্তৃক শৈবালের শ্রেণীবিন্যাস

গ্রুপ - প্রোক্যারিওটা

বিভাগ - সায়ানোফাইটা

শ্রেণী - সায়ানোফাইসী

গ্রুপ - ইউক্যারিওটা

বিভাগ - ক্লোরোফাইটা

বিভাগ - ক্যারোফাইটা

বিভাগ - প্রসিনোফাইটা (Prasinophyta)

বিভাগ - ইউগ্লিনোফাইটা

বিভাগ - জ্যান্থোফাইটা

বিভাগ - ক্রাইসোফাইটা

বিভাগ - হ্যাপ্টোফাইটা

বিভাগ - ব্যাসিল্যারিওফাইটা

বিভাগ - ডাইনোফাইটা

বিভাগ - ফিয়োফাইটা

বিভাগ - রোডোফাইটা

বিভাগ - ক্রিপ্টোফাইটা

কুমার ও সিং (Kumar & Singh, 1982) কোষবিদ্যার আধুনিক চিন্তাধারা (Stanier) এবং ফ্রিশ্চ - এর শ্রেণীবিন্যাসের মধ্যে সমন্বয় ঘটিয়ে নতুনভাবে শ্রেণীবিন্যাস করেন।

কুমার ও সিং (1982) কর্তৃক শৈবালের শ্রেণীবিন্যাস

রাজ্য - অকোষীয় জীব (Acellular Organism) - ভাইরাস (Virus)

রাজ্য - কোষীয় জীব (Cellular Organism)

উপরাজ্য - প্রোক্যারিওটা

বিভাগ - সাইজোমাইকোফাইটা (Schizomycophyta) - ব্যাকটিরিয়া

বিভাগ - সায়ানোফাইটা

উপরাজ্য - ইউক্যারিওটা

বিভাগ - ক্লোরোফাইটা -	শ্রেণী ক্লোরোফাইসী
	শ্রেণী ক্যারোফাইসী
বিভাগ - জ্যান্থোফাইটা -	শ্রেণী জ্যান্থোফাইসী
বিভাগ - ক্রাইসোফাইটা -	শ্রেণী হ্যাপ্টোফাইসী
	শ্রেণী ইউক্রাইসোফাইসী
বিভাগ - ব্যাসিল্যারিওফাইটা	শ্রেণী ব্যাসিল্যারিওফাইসী
বিভাগ - পাইরোফাইটা	শ্রেণী পাইরোফাইসী
বিভাগ - ক্রিপ্টোফাইটা	শ্রেণী ক্রিপ্টোফাইসী
বিভাগ - ইউগ্লিনোফাইটা	শ্রেণী ইউগ্লিনোফাইসী
বিভাগ - ফিওফাইটা	শ্রেণী ফিওফাইসী
বিভাগ - রোডোফাইটা	শ্রেণী রোডোফাইসী

পরিশেষে এইটুকু বলা যায়, শৈবালবিদ্‌গণ এখনও নতুন নতুন তথ্য উদঘাটনের মাধ্যমে এই শ্রেণীবিন্যাসের পরিবর্তন ঘটিয়ে চলেছেন। এর কোথায় শেষ তা বলা অসম্ভব। তাই যেহেতু ফ্রিশ্চ - এর শ্রেণী বিন্যাস সহজবোধ্য, ব্যাপকভাবে প্রকাশিত এবং অনেক পুস্তক ও শিক্ষক এই পদ্ধতি অনুসরণ করেন সেহেতু ফ্রিশ্চ-এর শ্রেণীবিন্যাস এই পুস্তকে আমরা অনুসরণ করব। তবে আধুনিক সর্বজন স্বীকৃত কোষীয় বিদ্যার তথ্যকে যেহেতু উপেক্ষা করা যায় না সেহেতু ফ্রিশ্চ-এর শ্রেণীগুলিকে প্রোক্যারিওটা ও ইউক্যারিওটার অন্তর্ভুক্ত ক'রে আলোচনা করা হবে এবং মিক্সোফাইসীকে সর্বাগ্রে উল্লেখ করা হল।

11.3.4 বিভিন্ন শ্রেণীর শৈবালের বিশেষ বৈশিষ্ট্যসমূহ ঃ

মিক্সোফাইসী (নীলাভ সবুজ)

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

রঞ্জক - ক্লোরোফিল - a; c - ফাইকোসায়ানিন (নীল), c - ফাইকোএরিথ্রিন (লাল), এবং অ্যালোফাইকোসায়ানিন নামক ফাইকোবিলিন; β - ক্যারোটিন, জিয়াক্সান্থিন (zeaxanthin), একাইনিনন্ (echinenone), ক্যান্থাক্সান্থিন (canthaxanthin), অ্যানথেরাক্সান্থিন (antheraxanthin), মিক্সোজ্যান্থোফিল, অসিল্যাক্সান্থিন (oscillaxanthin) ইত্যাদি ক্যারোটিনয়েড রঞ্জক দেখা যায়।

কোষপ্রাকার ও কোষীয় গঠন - ইহা প্রোক্যারিওটিক শৈবাল। কোষপ্রাকার - পেপ্‌টিডো গ্লাইক্যান ও মিউরিন জাতীয় পদার্থদ্বারা গঠিত।

সঞ্চিত খাদ্য - সায়ানোফাইসিয়ান স্টার্চ, সায়ানোফাইসিন দানা (প্রোটিন)।

ফ্লাজেলা - সম্পূর্ণ অনুপস্থিত।

জনন - অঙ্গজ ও অযৌন জনন দেখা যায়। যৌন জনন অনুপস্থিত।

● ক্লোরোফাইসী (ঘাসসম সবুজ) ঃ

অবস্থান - প্রধানত মিঠা জলে পাওয়া যায়। তবে কিছু কিছু সামুদ্রিক। কিছু প্রজাতি স্থলজ যাদের স্যাঁতস্যাতে 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 মত সবুজ বর্ণের।

সঞ্চিত খাদ্য - স্টার্চ (প্রধানত অ্যামাইলেজ ও অ্যামাইলোপেক্টিন জাতীয়)।

কোষপ্রাকার - প্রধানত সেলুলোজ ও হেমিসেলুলোজ জাতীয়।

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

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

জ্যান্থোফাইসী (হল্‌দে সবুজ)

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

রঞ্জক - ক্রোমাটোফোর 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 ক্রাইসোল্যামিনারিন (chrysolaminarin) পাওয়া যায়।

কোষপ্রাকার - পেক্টিন জাতীয় পদার্থের প্রাধান্য। কোন কোন ক্ষেত্রে সিলিকাযুক্ত কোষপ্রাচীর দেখা যায় এবং প্রায়শই কোষপ্রাকার দুটি সম বা অসম খন্ডে বিভক্ত যাদের একটির কিনারা অপরটি দ্বারা ঢাকা (overlapping) থাকে।

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

জনন - যৌন জনন সাধারনত 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 - ক্রোমাটোফোর বাদামী বা কমলা রং-এর। ক্লোরোফিল-এ, -সি উপস্থিত। তবে কিছুক্ষেত্রে ক্লোরোফিল - সি অনুপস্থিত। ক্যারোটিন প্রধানতঃ 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 পরিমানে পাওয়া যায়।

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

কোষপ্রাকার - ডায়াটম কোষের কোষপ্রাচীর দুটি খন্ডে এরূপ ভাবে বিভক্ত যে ঠিক পেট্রিডিশের মত 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 প্রকৃতির। আইসোগ্যামাস, অ্যানাইসোগ্যামাস ও উগ্যামাস প্রকৃতির যৌন জনন দেখা যায়। যৌন জননে বৈশিষ্ট্যপূর্ণ অক্সোস্পোর (auxospore) দেখা যায়।

- ক্রিপটোফাইসী

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।

● **ডাইনোফাইসী** - (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 - ক্রোমাটোফোর 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 নানাধরণের 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।

● **ক্লোরোমোনাডিনি** - (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 সমান দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট।

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

● **ইউগ্লিনিনী** - (বিশুদ্ধ সবুজ)

অবস্থান - শুধুমাত্র মিঠাজলের শৈবাল।

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

কোষপ্রাকার - কোষপ্রাকার নেই পরিবর্তে পেলিকল্ (pellicle) বা পেরিপ্লাষ্ট (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।

- 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, অ্যালগিনিক অ্যাসিড (alginic acid) এবং ফিউকোসিনিক অ্যাসিড ইত্যাদি দ্বারা গঠিত।

সঞ্চিত খাদ্য - ল্যামিনারিন (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 প্রকতির যৌন জনন দেখা যায়। জীবনচক্রে বিভিন্ন প্রকার জনুক্রম দেখা যায়।

- রোডোফাইসী - (লোহিত শৈবাল)

অবস্থান - কয়েকটি প্রজাতি মিঠা জলে থাকে। তাছাড়া সব

রঞ্জক - ক্রোমাটোফোর লোহিত নীল রঞ্জক 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 এষ্টার নামক উপাদান দ্বারা গঠিত।

সঞ্চিত খাদ্য - ফ্লোরিডিয়ান স্টার্চ (অ্যামাইলোপেক্টিন জাতীয়)

ফ্লাজেলা - জীবনচক্রের কোন দশাতেই ফ্লাজেলা নেই।

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

অনুশীলনী - 1

1) শৈবালের শ্রেণী বিন্যাসের জন্য শারীরবৃত্তীয়, জৈব রাসায়নিক এবং কোষীয় অঙ্গানুর বৈশিষ্ট্যের উপর বেশী 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 মুল 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) কুমার ও সিং শৈবালকে কটি বিভাগে ভাগ করেন?
14) মিক্সোফাইসী বা সায়ানোফাইসীতে প্রাপ্ত বিশেষ রঞ্জকগুলি কি কি?
15) মিক্সোফাইসীতে প্রাপ্ত জ্যান্থোফিল রঞ্জকগুলির নাম উল্লেখ করুন?
16) নীলাভ সবুজ শৈবালের কোষপ্রাকার কিরূপ?
17) সায়ানোফাইসিন দানা কি? এটি কোথায় দেখা যায়?
18) এমন একটি প্রোক্যারিওটিক শৈবালের নাম করুন যে ক্ষেত্রে ফ্লাজেলা সম্পূর্ণ অনুপস্থিত।
19) ক্লোরোফিল - বি কোন কোন শ্রেণীর শৈবালে দেখা যায়?
20) ক্লোরোফাইসীর ফ্লাজেলার বৈশিষ্ট্য কি?
21) জ্যান্থোফাইসীতে কি প্রকার সঞ্চিত খাদ্য দেখা যায়?
22) ক্লোরোফিল-ই কোথায় দেখা যায়?
23) ফ্ল্যাভোজ্যান্থিন কোন শ্রেণীর শৈবালে দেখা যায়?
24) ক্লোরোফিল-সি কোন শ্রেণীর শৈবালে দেখা যায়?
25) ক্রাইসোফাইসীর ফ্লাজেলার বৈশিষ্ট্য কি?
26) ডায়াটম কোন শ্রেণীর শৈবাল?

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

28) পেরিপ্লাষ্টীয় আবরণী কোন শ্রেণীর শৈবালে দেখা যায়?

29) ক্রিপ্টোফাইসী শ্রেণীর শৈবালের ফ্লাজেলার বৈশিষ্ট্য কি?

30) ডাইনোফ্লামেলোট কাদের বলা হয়?

31) ডাইনেফাইসী শ্রেণীর শৈবালের কোষের বৈশিষ্ট্য কি?

32) মেসোক্যারিটিক শৈবাল কাদের এবং কেন বলে?

33) ডাইনোফাইসী শ্রেণীর শৈবালের কোষপ্রাকারের বৈশিষ্ট্য কি?

34) ডাইনোফাইসীর ফ্লাজেলার বৈশিষ্ট্য উল্লেখ করুন?

35) প্যারমাইলাম স্টার্চ কোন শ্রেণীর শৈবালে দেখা যায়?

36) একটি ফ্লাজেলা বিশিষ্ট শৈবাল কোন শ্রেণীতে দেখা যায়?

37) ফিউকোজ্যান্থিন কোন শ্রেণীর শৈবালের রঞ্জক?

38) ফিওফাইসী শ্রেণীভুক্ত শৈবালের কোষপ্রাকারের রাসায়নিক প্রকৃতি কি?

39) ল্যামিনারিন ও ম্যানিটল কোন শ্রেণীর শৈবালে পাওয়া যায়?

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

41) ফ্লোরিডিয়ান স্টার্চ কোন শ্রেণীতে দেখা যায়?

42) ইউক্যারিওটিক প্রকৃতির কোন শ্রেণীর শৈবালের জীবন চক্রের কোন দশাতেই ফ্লাজেলা দেখা যায় না?

43) ক্লোরোফিল -ডি কোন শ্রেণীর শৈবালে দেখা যায়?

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

11.4 শৈবালের অঙ্গজদেহের গঠন বৈচিত্রের 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 ১ টি (কিছু ক্রাইসোফাইসীতে এবং ইউগ্লেনোফাইসীতে), 2,4 বা অসংখ্য (ক্লোরোফাইসীতে) হয়ে থাকে (চিত্র - 11.1 e.f, a, b, c)। ফ্লাজেলা 2 টি হলে এরা সমদৈর্ঘ্য বিশিষ্ট *(ক্ল্যামাইডোমনাস)* (চিত্র -11.1a) বা অসম দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট (ডাইনোফাইসী) হ'তে পারে (চিত্র 11.1d)।

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 11.1 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 নির্দ্দিষ্ট সংখ্যক কোষ একটি নির্দিষ্ট নিয়মে বিন্যস্ত থাকে যাদের নিজেদের মধ্যে আংশিক কার্যকরী সমন্বয় বর্তমান (যেমন *ভলভক্স* - এর চলনের ক্ষেত্রে), এধরনের কলোনীকে সিনোবিয়াম (coenobium) বলে। সচল কলোনীতে সিনোবিয়ামের প্রতিটি কোষ ফ্লাজেলা বিশিষ্ট *ক্ল্যামাইডোমনাসের* মত দেখতে হয়। তবে এই প্রকার কলোনীর প্রজাতি বিশেষে সংখ্যাগত ক্রমান্বয় বৃদ্ধি দেখা যায়। যেমন - *Gonium (গোনিয়াম)* 4-6 টি কোষ সমন্বয়ে গঠিত (চিত্র-11.1, h), *Pandorina (প্যান্ডোরিনা)* 16-32 টি কোষদ্বারা গঠিত (চিত্র-11.1, i), *Eudorina(ইউডোরিনা)* 32-64 টি কোষ দ্বারা গঠিত (চিত্র-11.1, j), *Pleodorina (প্লিওডোরিনা)* 32-128 টি কোষ সমন্বয়ে গঠিত এবং *ভলভক্স (Volvox)* হল সর্বাপেক্ষা উন্নত কলোনী যাহা 500-60,000 কোষ সমন্বয়ে গঠিত (চিত্র-11.1, 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-11.2, a), *পেডিয়েস্ট্রাম (Pediastrum)*-এর ক্ষেত্রে 16-32 টি কোষ (চিত্র-11.2,b) এবং *হাইড্রোডিক্‌টিওন (Hydrodictyon)* অসংখ্য কোষ দ্বারা গঠিত (চিত্র-11.2,c)।

iii) পামেলয়েড (Palmelloid) প্রকৃতির - এক্ষেত্রে সচল এককোষী শৈবাল ফ্লাজেলা পরিত্যাগ করে বিভাজিত হয়ে অনেকগুলি ফ্লাজেলাবিহীন নিশ্চল কোষের সৃষ্টি করে, যেগুলি মাতৃকোষের প্রাকার দ্বারা সৃষ্ট সাধারণ মিউসিলেজ আবরণীর মধ্যে আবদ্ধ থাকে। উক্ত প্রতিটি কোষ মাতৃকোষের মত বিভাজিত হয়ে মিউসিলেজ আবরণীদ্বারা আবৃত হয়। এইভাবে অসংখ্য নিশ্চল কোষযুক্ত একটি অনিয়তাকার কলোনী সৃষ্টি হয়। এই প্রকার কলোনীকে পামেলয়েড কলোনী বলে। এই প্রকার কলোনীতে সকল কোষগুলি সম্পূর্ণ স্বাধীন এবং কোষের সংখ্যাও নির্দ্দিষ্ট নয়। *ক্ল্যামাইডোমোনাসে* এই প্রকার কলোনী প্রতিকূল পরিবেশে অস্থায়ী অবস্থায় সৃষ্টি হয় যাহা দেখতে *Palmella (পাম্‌েলা)* প্রজাতির ন্যায় (চিত্র-11.2,d), *Tetraspora (টেট্রাস্পোরা), Microcystis (মাইক্রোসিস্টিস)* ইত্যাদি প্রজাতিতে পামেলয়েড অবস্থা স্থায়ী প্রকৃতির।

c) ডেনড্রয়েড (Dendroid) প্রকৃতির কলোনী - এই প্রকার কলোনী দেখতে আনুবীক্ষনিক বৃক্ষের ন্যায় দেখায়। কোষগুলি যে মিউসিলেজের মধ্যে আবদ্ধ থাকে সেই মিউসিলেজের বৈশিষ্টপূর্ণ বিন্যাসের জন্যই এরূপ দেখায়। উদাহরণ - *Prasinocladus (প্রসিনোক্ল্যাডাস)* (চিত্র-11.2,e)।

d) 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 কোন বিভেদকরণ দেখা যায় না। সকল অঙ্গজকোষগুলিই জনন অঙ্গরূপে কাজ করে (চিত্র - 11.2,f)।

Ulothrix (ইউলোথ্রিক্সের) 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 - 11.2,g)।

Oedogonium (ইডোগোনিয়াম)-এ অঙ্গজকোষ ছাড়াও উন্নত ধরনের হোল্ডফাস্ট, স্ত্রীধানী (oogonium), পুংধানী (antheridium) ইত্যাদি কোষ দেখা যায়। কাজেই এক্ষেত্রে কোষের বিভেদকরণের মাধ্যমে শ্রম বিভাজন আরও স্পষ্ট (চিত্র - 11.2,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 - 11.3,b)।

iii) শাখাযুক্ত সূত্রাকার শৈবাল - এরা শাখাবিহীন সূত্রাকার শৈবাল অপেক্ষা উন্নত। অসংখ্য শৈবাল এই শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত। উদাহরণ - *Cladophora (ক্ল্যাডোফোরা)* (চিত্র - 11.3,a), *Bulbochaete (বাল্বোকিটি)* ইত্যাদি।

e) 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 - 11.3,c) ইত্যাদি সবুজ শৈবাল।

f) সাইফোনেসিয়াস (Siphonaceous) প্রকৃতির শৈবাল - এরা সিনোসাইটিক প্রকৃতির প্রস্থ প্রাকার বিহীন শৈবাল। এদের দেহ দেখতে নলাকার এবং অসংখ্য নিউক্লিয়াস যুক্ত। উদাহরণ - *Vaucheria (ভাউচেরিয়া)* (চিত্র - 11.3,d), *Caulerpa (কলারপা)* (চিত্র - 11.3,e)।

g) ফলিয়েসিয়াস (Foliaceous) প্রকৃতির শৈবাল - এদের দেহ চ্যাপ্টা পাতার মত প্যারেনকাইমা কলা যুক্ত। উদাহরণ - *Ulva (আলভা)* (চিত্র - 11.3,h)।

h) 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 - 11.3,f,g)।

i) বহুঅক্ষীয় (Multiaxial) দেহবিশিষ্ট শৈবাল - অনেক শৈবালের দেহ একাধিক অক্ষ দ্বারা গঠিত। উদাহরণ - *Polysiphonia (পলিসাইফোনিয়া)* (চিত্র - 11.3,i)।

j) পর্ব ও পর্বমধ্যযুক্ত শৈবাল (Differentiated into node & internodes) - কিছু শৈবালের দেহ পর্ব ও পর্বমধ্যে বিভক্ত। পর্ব থেকে শাখা উৎপন্ন হয়, যেমন - *Chara (কারা)* (চিত্র - 11.3,j)।

k) জটিল প্রকৃতির শৈবাল (Complex type) - এরা জটিল গঠনযুক্ত। বাহ্যিকভাবে এদের দেহ মূল, কান্ড ও পাতার মত অংশে বিভক্ত। এদের আভ্যন্তরীন গঠনও জটিল। কান্ডের মত অংশের প্রস্থচ্ছেদে মেডুলা ও কর্টেক্স দেখা যায়। উদাহরণ - *Fucus (ফিউকাস), Sargassum (সারগ্যাসাম)* (চিত্র - 11.3,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 *ইডোগোনিয়ামের* মধ্যে কোন্‌টির 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।

11.5 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 পরিমানে অক্সিজেন উৎপন্ন করে। ভূ-মন্ডলে সবুজ উদ্ভিদ দ্বারা যে পরিমান অক্সিজেন উৎপন্ন হয়, তার বেশীর ভাগটাই জলজ 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 493 টি প্রজাতি (প্রধানত ফিওফাইসী ও রোডোফাইসীর অন্তর্গত) খাদ্য হিসেবে ব্যবহৃত হয় (বোল্ড ও 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। রোডেফাইসী 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 ল্যাকটুকা),* স্কটল্যান্ডেও অন্যান্য স্থানে সালাড (salad), ও সুপ *(soup)* তেরীতে ব্যবহার করা হয়। *Caulerpa rocemosa (কলারপা রোসেমোসা)* 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 হিসাবে গ্রহণ করা হইয়া থাকে।

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

f) সাররূপে শৈবাল : রোডোফাইসী ও ফিওফাইসী শ্রেণীর বিভিন্ন সামুদ্রিক শৈবালে যেহেতু প্রচুর পরিমানে 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 তৈরী করে তা থেকে বিভিন্ন খনিজ পদার্থ - আয়োডিন, পটাসিয়াম, ব্রোমিন ইত্যাদি নিষ্কাশন করা হত। যে সকল শৈবাল থেকে ভস্ম তৈরী করা হত সেগুলিকে কেল্প (kelp) বলা হয়। নানা প্রকার খনিজ পদার্থের আকর আবিষ্কারের পর কেল্প থেকে খনিজপদার্থ নিষ্কাশন কমে গেছে। তবে সাবান তৈরী, কাঁচের জিনিষ তৈরী, অ্যালাম (alum) তৈরীতে কেল্প ব্যবহার করা হয়। *ফিউকাস্, ল্যামিনারিয়া, আস্কোফাইলাম, সারগ্যাসাম, মাক্রোসিস্টিস, নেরিওসিস্টিস্, পেলাগোফাইকাস* প্রভৃতি কেল্প জাতীয় শৈবাল।

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

অ্যালগিনেট 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, ছত্রাক, 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), Hypnea (হিপ্নিয়া), Phyllophora (ফাইলোফোরা), Pterocladia (টেরোক্ল্যাডিয়া)* প্রভৃতি গণের বিভিন্ন প্রজাতি থেকে অ্যাগার-অ্যাগার সংগ্রহ করা হয়।

iv) ক্যারাগিনিন্ (Carageenin) - এটি অ্যাগার-অ্যাগারের সমপর্যায়ের বস্তু। রোডোফাইসীর অন্তর্গত *Chondrus crispus (কোন্ড্রাস ক্রিস্পাস), Gigartina (জাইগারটিনা)* ইত্যাদি শৈবালের কোষপ্রাকার থেকে নিষ্কাশন করা হয়।

দাঁতের মাজন, প্রসাধন সামগ্রী, রং, চর্ম শিল্পে, বয়নশিল্পে, ঔষধ প্রস্তুতিতে এটি ব্যাপকভাবে ব্যবহার করা হয়।

v) ডায়াটোমাইট (Diatomite) -ডায়াটম্ (Diatoms) জাতীয় ফাইটোপ্ল্যাংটনের কোষপ্রাকার সিলিকা ঘটিত বস্তু বিশিষ্ট ব'লে অবিকৃত থাকে। মৃত্যুর পর এদের দেহ সমুদ্রের নীচে 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 তৈরীর কারখানায় চিনি বা মদের ময়লা-নিষ্কাশন প্রক্রিয়ায় একে ব্যবহার করা হয়।

5) বিশেষ ক্ষেত্রে ব্যবহারের জন্য হালকা ইঁট তৈরীতে 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।

B. **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। এই 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 aeriginosa, (মাইক্রোসিস্টিস অ্যারিজিনোসা), Anabaena flosaquae (অ্যানাবিনা ফ্লসঅ্যাকুয়ী), Gloetrichia (গ্লিয়োট্রিকিয়া), Aphanozimenon (অ্যাফানোজিমেনন), Lyngbya (লিংবিয়া) ইত্যাদি প্রজাতি থেকে বিষাক্ত পদার্থ নির্গত হয়। ফলে ঐ জল খেলে পাখী, গবাদি পশুর 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 পরিমান অক্সিজেন জল থেকে গ্রহণ করে। তাছাড়া শৈবালের নিজেদের শ্বসনের জন্য অক্সিজেনের প্রয়োজন হয়। ফলে জলে অক্সিজেনের পরিমান 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 (red rust) রোগ সৃষ্টি করে এবং চা গাছের ব্যাপক ক্ষতি সাধন করে। এটি গোল মরিচ গাছেও এই রোগ সৃষ্টি করে। *Cephaleuros coffeae (সেফালিউরস কফিয়া)* 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।

অনুশীলনী - 3

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, কড্রাস, 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) অ্যালগিনেট 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।

11.6 সারাংশ

নূতন নূতন 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 ফ্রিশ্চ-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 বৈচিত্র লক্ষণীয়। এককোষী সচল ও নিশ্চল, কলোনী প্রকৃতির সচল ও নিশ্চল, সূত্রাকার শাখাবিহীন ও শাখাযুক্ত, নলাকার, হেটেরোট্রিকাস, জটিল প্রকৃতির আরও অনেক শৈবাল দেখা যায়।

শৈবালের অর্থনৈতিক 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।

11.7 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।

11.8 উত্তর সংকেত

অনুশীলনী - 1

1 – 3 : 11.3, 11.3.1 এবং 11.3.2 অংশ দেখুন।

4 – 13 : 11.3.3 অংশ দেখুন।

14 – 44: 11.3.4 অংশ দেখুন।

অনুশীলনী - 2

1 – 14 : 11.4 অংশ দেখুন।

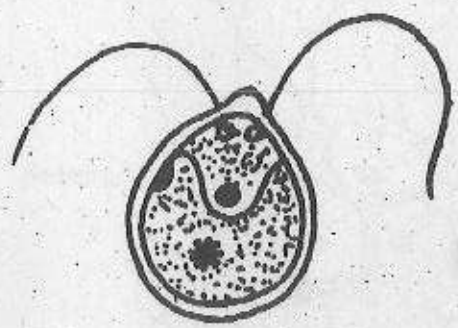
অনুশীলনী - 3

1. 11.5 এর a -অংশ দেখুন।
2. 11.5 এর b -অংশ দেখুন।
3. 11.5 এর c -অংশ দেখুন।
4. 11.5 এর d -অংশ দেখুন।
5. 11.5 এর d -অংশ দেখুন।
6. 11.5 এর e -অংশ দেখুন।
7. 11.5 এর f -অংশ দেখুন।
8. 11.5 এর f -অংশ দেখুন।

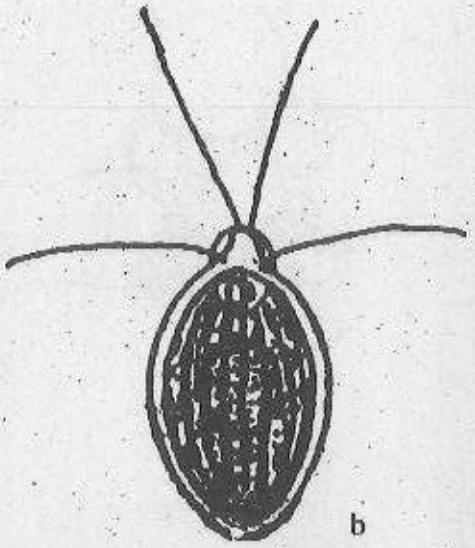
9. 11.5 এর g - (i) অংশ দেখুন।
10. 11.5 এর g - (i) অংশ দেখুন।
11. 11.5 এর g - (ii) অংশ দেখুন।
12. 11.5 এর g - (ii) অংশ দেখুন।
13. 11.5 এর g - (iii) অংশ দেখুন।
14. 11.5 এর g - (iii) অংশ দেখুন।
15. 11.5 এর g - (iii) অংশ দেখুন।
16. 11.5 এর g - (iv) অংশ দেখুন।
17. 11.5 এর g - (iv) অংশ দেখুন।
18. 11.5 এর g - (v) অংশ দেখুন।
19. 11.5 এর g - (v) অংশ দেখুন।
20. 11.5 এর h - অংশ দেখুন।
21. 11.5 এর h এবং i অংশ দেখুন।
22. 11.5 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 11.3.2 অংশ দেখুন।
প্রশ্ন- 2 11.3.3 অংশ দেখুন।
প্রশ্ন- 3 11.3.3 অংশে ফ্রিশ্চ -এর শ্রেণীবিন্যাস বিভিন্ন বৈশিষ্ট্যসহ আলোচনা করতে হবে।
প্রশ্ন- 4 11.3.3 অংশে রাউন্ড অথবা কুমার ও সিং-এর শ্রেণীবিন্যাসের রূপরেখা লিখতে হবে।
প্রশ্ন- 5 11.3.4 অংশে ফ্রিশ্চ -এর শ্রেণীবিন্যাস অনুযায়ী লিখিত বৈশিষ্টগুলি দেখুন।
প্রশ্ন- 6 11.3.4 অংশে ফ্রিশ্চ-এর শ্রেণীবিন্যাস অনুযায়ী লিখিত বৈশিষ্ট্যগুলি দেখুন।
প্রশ্ন- 7 11.4 অংশ দেখুন।
প্রশ্ন- 8 11.5 অংশ দেখুন।

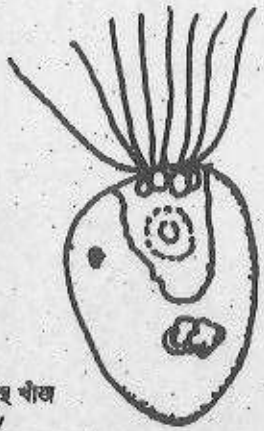


a



b

Carteria crucifera
(কার্টেরিয়া ক্রুসিফেরা)



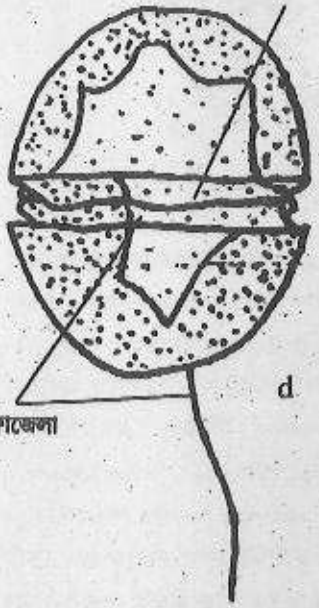
c

Polyblepharides fragariiformis
(পলিব্লেফারাইডস ফ্রাগারিফরমিস)

e

Phacus (ফ্যাকাস)

অণুপ্রস্থ খাঁজ



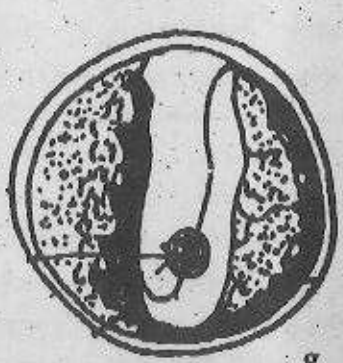
ফ্লাজেলা

d

Glenodinium uliginosum
(গ্লিনোডিনিয়াম ইউলিজিনোসাম)

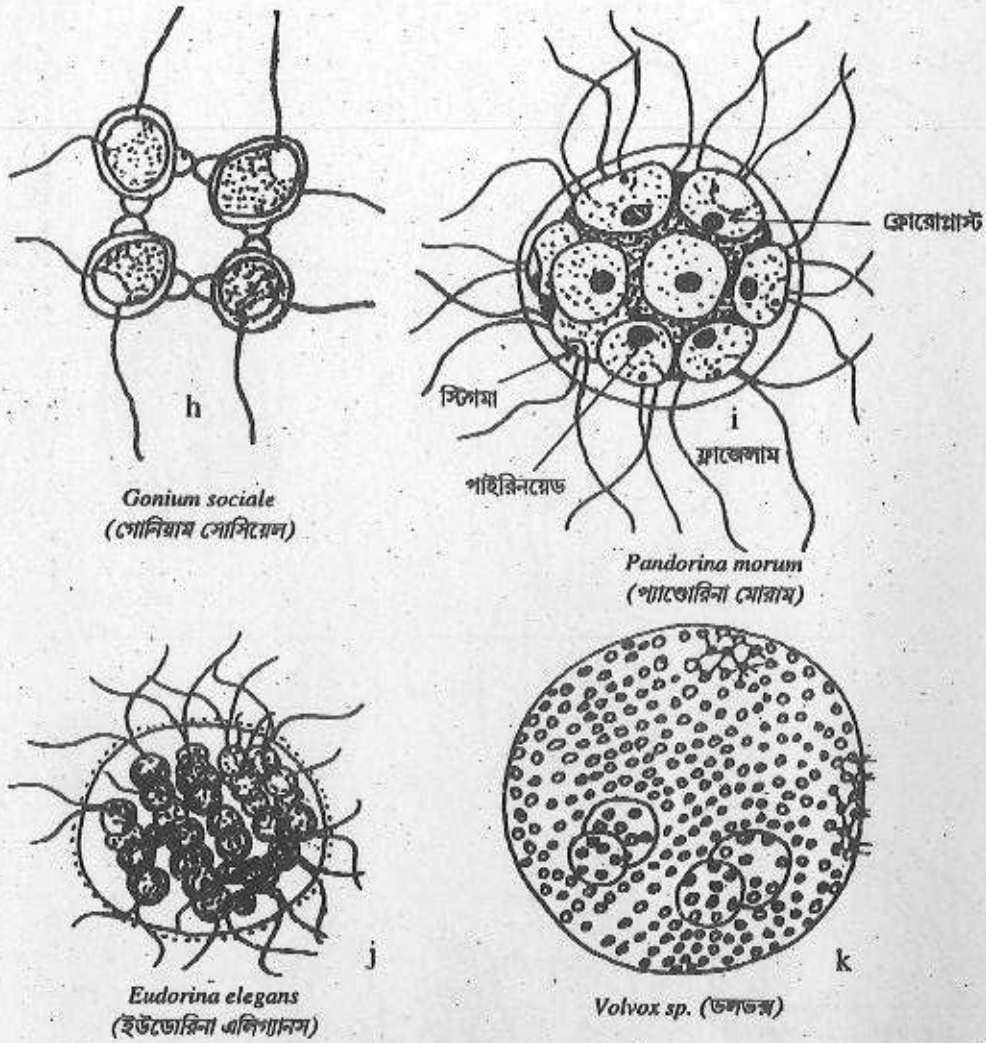
f

Euglena (ইউগ্লিনা)

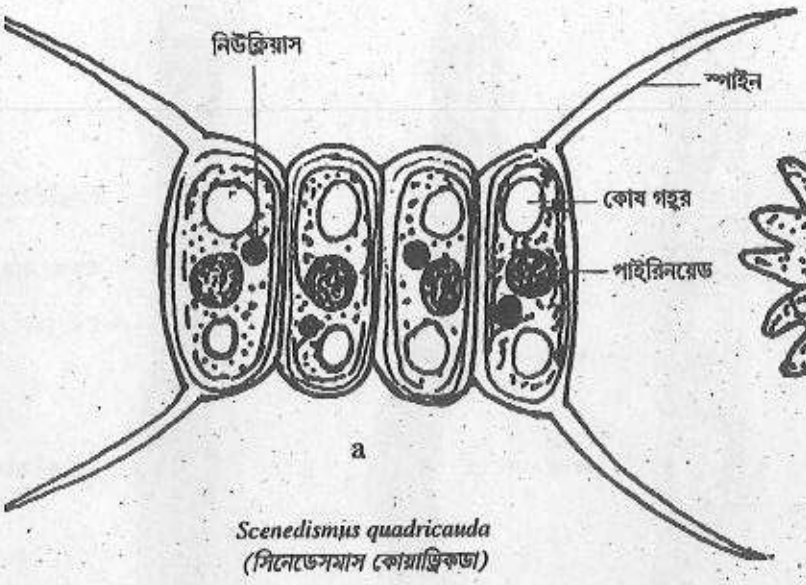


g

Chlorella (ক্লোরেল্লা)

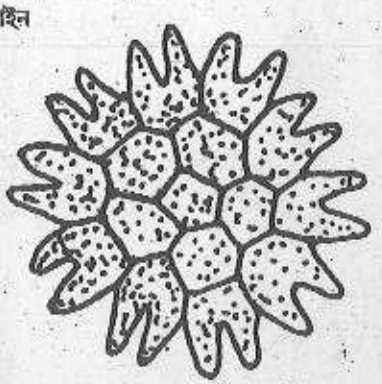


চিত্র নং 11.1 : a – k, শৈবালের থ্যালাসের বিভিন্ন প্রকার গঠন বিন্যাস। (a) *Chamydomonas (ক্ল্যামাইডোমোনাস)* - দ্বি-ফ্লাজেল বিশিষ্ট এককোষী সচল শৈবাল; (b) *Carteria crucifera (কারটেরিয়া ক্রুসিফেরা)* - চার ফ্লাজেলা বিশিষ্ট এক কোষী সচল শৈবাল; (c) *Polyblepharides fragariiformis (পলিব্লেফারাইডস ফ্র্যাগারিফরমিস)* 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)* - 16 টি কোষবিশিষ্ট ফ্লাজেলাযুক্ত সচল কলোনী (সিনোবিয়াম); (j) *Eudorina elegans (ইউডোরিনা এলিগ্যানস)* - 32 টি 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)



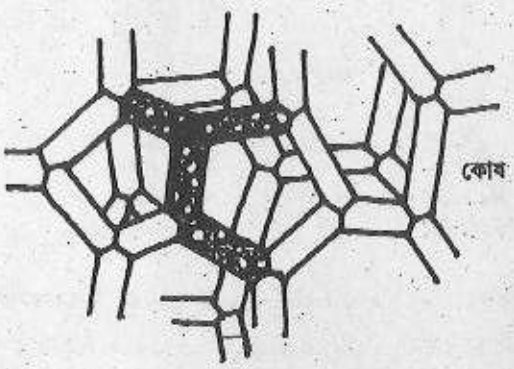
a

Scenedismus quadricauda
(সিনেডেসমাস কোয়াড্রিকডা)



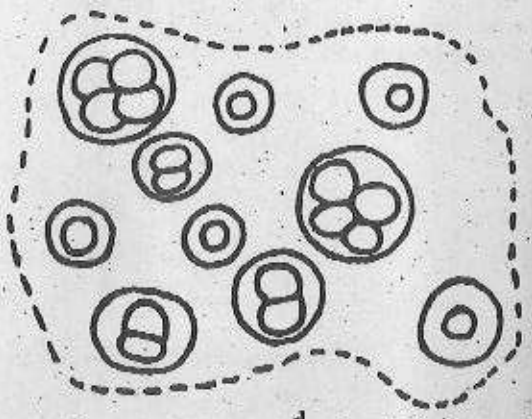
b

Pediastrum boryanum
(পেডিয়েস্ট্রাম বোরিয়ানাম)



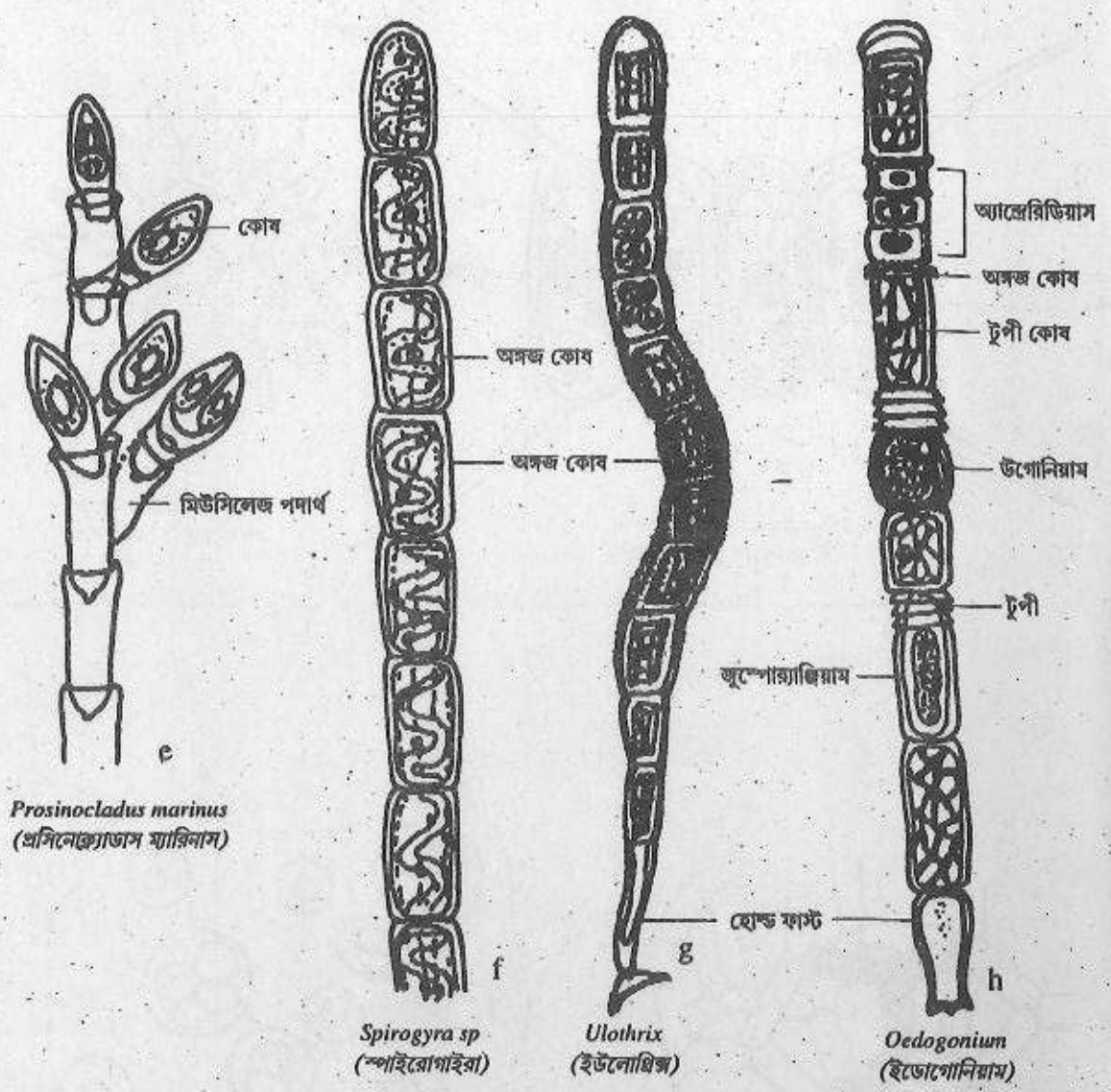
c

Hydrodictyon sp.
(হাইড্রোডিকটিওন)

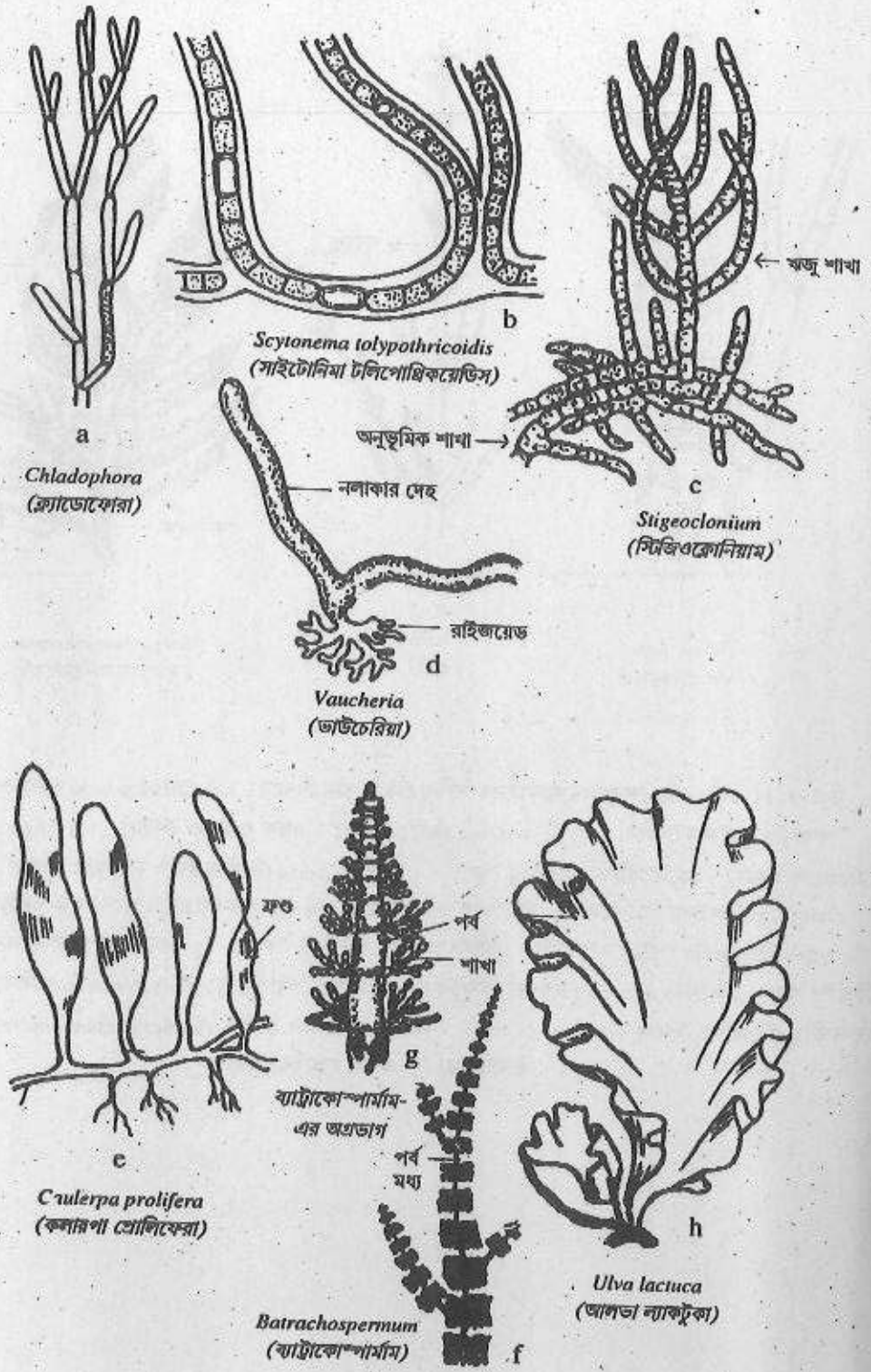


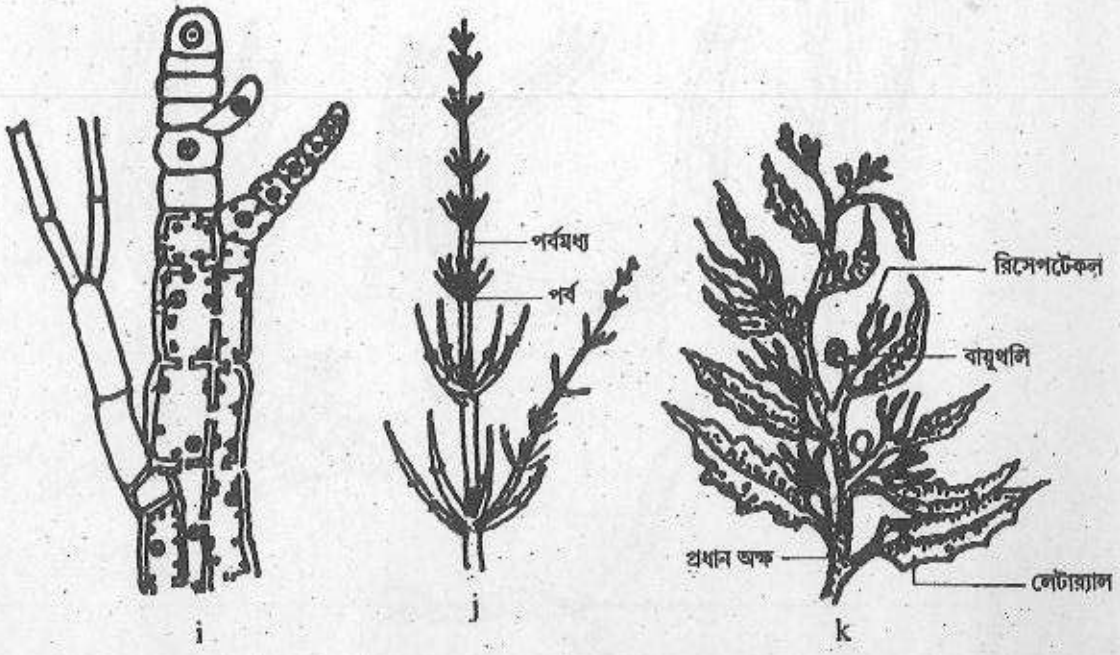
d

পামেলা প্রজাতির কলোনী
(Palmella sp.)



চিত্র নং 11.2 : 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 (সিনোরিয়াম); (d) *Palmella (পামেলা)* -পামেলা প্রজাতির কলোনী; (e) *Prosinocladus marinus (প্রসিনোক্লোডাস ম্যারিনাস)* - ড্রেনড্রয়েড 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
(ক্লাডোফোরা)
b
Scytonema tolypothricoidis
(সাইটোনিমা টলিপোথ্রিকয়েডিস)
← ঋজু শাখা
অনুভূমিক শাখা →
নলাকার দেহ
রাইজয়েড
d
Vaucheria
(ভাউচেরিয়া)
c
Stigeoclonium
(স্টিজিওক্লোনিয়াম)
c
Caulerpa prolifera
(কলারপা প্রোলিফেরা)
পর্ব
শাখা
g
ব্যাট্রাকোস্পার্মাম-
এর অগ্রভাগ
পর্ব
মধ্য
f
Batrachospermum
(ব্যাট্রাকোস্পার্মাম)
h
Ulva lactuca
(আলভা ল্যাকটুকা)



Polysiphonia (পলিসাইফোনিয়া) | *Chara* (কারা) | *Sargassum cinereum* (সারগাসাম সিনেরিয়াম)

চিত্র নং 11.3 : a – k, শৈবালের থ্যালাসের বিভিন্ন প্রকার গঠন বিন্যাস। (a) *Chladophora (ক্লাডোফোরা)* - শাখাযুক্ত সূত্রাকার শৈবাল; (b) *Scytonema (সাইটোনেমা)* - নবজ 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 (সারগাসাম সিনেরিয়াম)* - জটিল প্রকৃতির শৈবাল।

একক 12 □ জনন

গঠন

12.1 প্রস্তাবনা

12.2 উদ্দেশ্য

12.3 অঙ্গজ ও অযৌন জনন

12.3.1 অঙ্গজ জনন

12.3.2 অযৌন জনন

অনুশীলনী - 1

12.4 যৌন জনন

12.4.1 যৌন জননের প্রকারভেদ

12.4.2 জীবন চক্রের প্রকারভেদ

অনুশীলনী - 2

12.5 সারাংশ

12.6 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

12.7 উত্তরসংকেত

12.1 প্রস্তাবনা

জনন জীবের একটি অন্যতম বৈশিষ্ট্য। জননের সাহায্যে যে কোন জীব তার বংশরক্ষা করে অর্থাৎ বংশবিস্তারের মাধ্যমে তার প্রজাতি কুলের ধারা অব্যাহত রাখে। জীব যখন পূর্ণতা প্রাপ্ত হয়, তখন জননসক্ষম হয়। শৈবালের ক্ষেত্রেও তার ব্যতিক্রম হয় না। যে পদ্ধতিতে জীব নিজ দেহাংশ থেকে একই রকম অপত্য জীব সৃষ্টি করে, তাকে জনন বলে। শৈবালে তিন প্রকার জনন দেখা যায় যথা - অঙ্গজ, অযৌন ও যৌন জনন। তবে সব শ্রেণীর শৈবালে এই তিন প্রকার জনন নাও হতে পারে। শৈবালের ক্ষেত্রে অঙ্গজ ও অযৌন জনন সাধারনত অনুকূল পরিবেশে সম্পন্ন হয় এবং যৌন জনন প্রতিকূল পরিবেশে সম্পন্ন হয়।

12.2 উদ্দেশ্য

এই এককটি পাঠ করে আপনি —

- বিভিন্ন পরিবেশে শৈবালের মধ্যে অঙ্গজ, অযৌন ও যৌন জননের প্রক্রিয়া ও তার তারতম্য চিহ্নিত করতে ও বুঝিয়ে দিতে পারবেন।
- এই প্রক্রিয়া সম্পর্কে সম্যক ধারণা করতে পারবেন।
- বিভিন্ন শৈবালে অঙ্গজ ও অযৌন জননের মধ্যে যে ভিন্নতা দেখা যায় তা নির্দেশ করতে পারবেন।

- যৌন জননের ক্ষেত্রেও যে বিভিন্নতা লক্ষ্য করা যায় তা নির্দেশ করতে পারবেন।
- শৈবালের ক্ষেত্রে উপরোক্ত সূত্র ধরে যে বিভিন্ন প্রকার জীবনচক্র বা জনুক্রম দেখা যায় তার বিবরণ দিতে পারবেন।
- জনুক্রমের ক্রমান্বয় জটিলতা অনুসরন করে উদ্ভিদরাজ্যের পরবর্তী বিভাগগুলির (যেমন ব্রায়োফাইটা, টেরিডোফাইটা ইত্যাদি) জীবনচক্র সহজে অনুধাবন করতে সক্ষম হবেন।

12.3 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 ।

12.3.1 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 (ক্রুককাস)* (চিত্র - 12.1 a) *Synechococcus (সিনেকোককাস), Gloeocapsa (গ্লিওক্যাপসা),* জাতীয় নীলাভ সবুজ শৈবাল এবং *প্রোটোককাস (Protococcus)* 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 খন্ডে পরিণত হয়।

প্রতিটি খন্ডকে হরমোগোনিয়াম বলে। এই হরমোগোনিয়াম মাতৃদেহ থেকে বিচ্ছিন্ন হয়ে বিভাজনের মাধ্যমে পূর্ণাঙ্গ ট্রাইকম গঠন করে (চিত্র 12.1 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।

12.3.2 অযৌন জনন ঃ

● উদ্ভিদে অযৌন রেণু (asexual spores) 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 *(ক্ল্যামাইডোমোনাস, 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 - 12.2, a) বা বহুকোষী (*এক্টোকারপাস*, চিত্র - 12.2, b) হয়ে থাকে।

● স্পোর‍্যাঞ্জিয়ামে উৎপন্ন রেণুর সংখ্যা এক (*ইডোগোনিয়াম, ভাউচেরিয়া*, চিত্র - 12.2,a) বা একাধিক (*ক্ল্যাডোফোরা, এক্টোকারপাস*, চিত্র - 12.2,b) হতে পারে।

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

শৈবালের ক্ষেত্রে নিম্নলিখিত প্রকারের অযৌন রেণু দেখা যায় ঃ

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

● **দ্বি-ফ্লাজেলাযুক্ত** - ফ্লাজেল সমদৈর্ঘ্য বিশিষ্ট ও অগ্রভাগে যুক্ত (*ইউলোথ্রিক্স*, চিত্র - 12.2, d) বা অসম দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট ও পার্শ্বদেশে যুক্ত (*এক্টোকারপাস*, চিত্র - 12.2 c) হয়ে থাকে।

● **চার ফ্লাজেলাযুক্ত** - (*ইউলোথ্রিক্স জোনেটা*, চিত্র - 12.2 e,f)।

● **বহু ফ্লাজেলাযুক্ত** - এক্ষেত্রে ফ্লাজেলা অগ্রভাগকে ঘিরে বৃত্তের ন্যায় বিন্যস্ত থাকে (*ইডোগোনিয়াম* চিত্র - 12.2 g) বা সমগ্র দেহ ঘিরে থাকতে পারে (*ভাউচেরিয়া*, চিত্র - 12.2 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 - 12.2 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 - 12.2 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 - 12.2 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 -12.2.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 - 12.2 l)।

vii) হরমোস্পোর (**Hormospore**) - 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 - 12.2 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 ন্যানোসাইট বলে। উদা- *Aphanothece (অ্যাফানোথিকি)* (চিত্র - 12.2 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 যায়না। 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 - 12.2 o), *Nostoc (নষ্টক)* ইত্যাদি।

তছাড়া *ক্ল্যামাইডোমোনাস* - এর পামেলা দশা সৃষ্টিও একপ্রকার অযৌন - জনন প্রক্রিয়া (11.4 অংশ দ্রষ্টব্য)।

অনুশীলনী - 1

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 *ভাউচেরিয়ার* 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) আকিনিট কি?

12.4 যৌন জনন

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 eugametos = C. moewusii (ক্ল্যামাইডোমোনাস ইউগ্যামিটস্)* - এর ক্ষেত্রে এরূপ দেখা যায়। এক্ষেত্রে গ্যামেট্যাঞ্জিয়াম ও গ্যামেট একই।
- *স্পাইরোগাইরা* 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। *স্পাইরোগাইরার* 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।

12.4.1 যৌন জননের প্রকারভেদ - শৈবালে তিন প্রকার যৌন জনন দেখা যায়, যথা - i) আইসোগ্যামী (Isogamy), 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 (ফ্লাজেলা বিহীন) উভয় প্রকৃতির হতে পারে। আইসোগ্যামেটদ্বয়ের মিলনের ফলে জাইগোট উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রে ডাইগোটকে জাইগোস্পোর বলে। উদাহরণ - *ক্ল্যামাইডোমোনাস ইউগ্যামেটস* (চিত্র - 12.3 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 - Chlamydomonus braunii *(ক্ল্যামাইডোমোনাস ব্রাউনি)* (চিত্র - 12.3 b)।

iii) উগ্যামী - একটি ক্ষুদ্রাকৃতির সচল ও অপরটি বৃহদাকৃতির নিশ্চল গ্যামেটদ্বয়ের মিলনের ফলে সংঘটিত যৌনজননকে উগ্যামী বলে (চিত্র - 12.3 c)। অপেক্ষাকৃত ক্ষুদ্র গ্যামেটকে পুংগ্যামেট বা অ্যান্থেরোজয়েড বা শুক্রাণু বলে এবং নিশ্চল বৃহদাকৃতির গ্যামেটকে স্ত্রীগ্যামেট বা ডিম্বাণু বা ওভাম (ovum) বা উস্ফেয়ার (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। জীবন চক্র বলতে এক্ষেত্রে যৌনজনন চক্রকেই বোঝায়।

জনুক্রম - শৈবালের জীবনচক্রে দুটি দশা দেখা যায়, যথা - হ্যাপ্লয়েড গ্যামেটোফাইটিক বা লিঙ্গধর দশা এবং ডিপ্লয়েড স্পোরেফাইটিক বা রেণুধর 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 ক'রে জীবনচক্র সম্পন্ন করে। একে জনুক্রম বলে।

12.4.2 জীবনচক্রের প্রকারভেদ - শৈবালের জীবনচক্রে জটীলতার 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 গ্যামেট্যানজিয়াম 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 জীবন চক্র প্রজাতি বিশেষে হেটারোথ্যালিক ও হোমোথ্যালিক উভয় প্রকার হতে পারে। (চিত্র নং - 12.4)।

B) ডিপ্লন্টিক (Diplontic) - এক্ষেত্রে প্রধান উদ্ভিদটি ডিপ্লয়েড প্রকৃতির। কিন্তু ডিপ্লয়েড বলেই তাকে স্পোরোফাইটিক উদ্ভিদ বলা যাবে না, কেননা এই ডিপ্লয়েড উদ্ভিদে গ্যামেট্যাঞ্জিয়াম উৎপন্ন হয়। গ্যামেট্যাঞ্জিয়ামে অবস্থিত জনন মাতৃকোষে মায়োসিস প্রক্রিয়ায় হ্যাপ্লয়েড গ্যামেট উৎপন্ন হয়, রেণু উৎপন্ন হয় না। অর্থাৎ এক্ষেত্রে গ্যামেটিক মিয়োসিস সম্পন্ন হয়+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 (সারগ্যাসাম)* ইত্যাদিতে এইপ্রকার জীবনচক্র দেখা যায়। (চিত্র নং - 12.5)।

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 যায়ঃ

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 - 12.6)।

ii) হেটারোমরফিক ডিপ্লোহ্যাপ্লন্টিক (Heteromorphic diplohaplontic) ঃ স্পোরোফাইটিক ও গ্যামেটোফাইটিক উদ্ভিদ, অঙ্গ সংস্থানিকভাবে পৃথকহলে, তাকে হেটারোমরফিক প্রকৃতির বলে। (চিত্র নং - 12.7) এটি দু'প্রকার ঃ

a) ডিপ্লোফেজ এর প্রাধান্য (Diplophase dominant) ঃ ইহা আবার দু'ধরনের দেখা যায়। *Laminaria (ল্যামিনারিয়া)* -র ক্ষেত্রে স্পোরোফাইটিক (ডিপ্লয়েড) উদ্ভিদটি প্রধান এবং দীর্ঘস্থায়ী ও বৃহদাকৃতির; অপর পক্ষে 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) হ্যাপ্লোহ্যাপ্লন্টিক (Haplohaplontic) - *Batrachospermum (ব্যাট্রাকোস্পার্মাম)* শৈবালের প্রধান উদ্ভিদটি গ্যামেটোফাইটিক। এরা স্পার্মাসিয়াম ও ডিম্বাণু গঠন করে যেগুলি মিলিত হয়ে ডিপ্লয়েড জাইগোট গঠন করে। জাইগোট মিয়োসিস প্রক্রিয়ায় বিভাজিত হয়ে অবশেষে হ্যাপ্লয়েড কার্পোস্পোরোফাইট গঠন করে। ইহা গ্যামেটোফাইটি এর উপর নির্ভরশীল। কার্পোস্পোরোফাইট থেকে উৎপন্ন হ্যাপ্লয়েড কার্পোস্পোর অঙ্কুরিত হয়ে স্বাধীন চ্যান্ট্রান্সিয়া (Chantransia) নামক আনুভূমিক হ্যাপ্লয়েড উদ্ভিদ গঠন করে। এই উদ্ভিদের ঋজু শাখা থেকে পুনারায় গ্যামেটোফাইটিক উদ্ভিদ উৎপন্ন হয়। কাজেই অনেকের মতে চ্যান্ট্রান্সিয়া পর্যায়টি প্রকৃতপক্ষে গ্যামেটোফাইট উদ্ভিদেরই প্রোটোনেমা সদৃশ অংশ। কাজেই এ ক্ষেত্রে দুটি হ্যাপ্লয়েড জনু দেখা যায়। ডিপ্লয়েড অবস্থা শুধুমাত্র জাইগোটি দ্বারা চিহ্নিত। এইপ্রকার জীবনচক্রকে হ্যাপ্লোহ্যাপ্লোন্টিক জীবন চক্র বলে। (চিত্র নং - 12.8)।

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 - 12.9)।

অনুশীলনী - 2

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 গ্যামেট্যাঞ্জিয়াম 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) ফ্লাজেলাবিহীন 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 গ্যামেটো ফাইট-এর প্রাধান্য বেশী?

34) বাইফেজিক জীবনচক্র কি? একটি উদাহরণ দিন।

35) ট্রাইফেজিক জীবনচক্র কাকে বলে? একটি উদাহরণ দিন।

12.5 সারাংশ

জনন জীবের অন্যতম বৈশিষ্ট্য। জননের মাধ্যমে যে কোন জীব বংশবিস্তার করে। শৈবালে তিন প্রকার জননই দেখা যায় - যথা অঙ্গজ, অযৌন ও যৌন জনন।

শৈবালে কোষবিভাজন (দ্বি-বিভাজন), খন্ডিভবন, হরমোগোনিয়া ইত্যাদির মাধ্যমে অঙ্গজ জনন সম্পন্ন হয়।

অযৌন জননের একক হল মাইটোস্পোর, যাকে অযৌন রেণুও বলা হয়। সচল ফ্লাজেলাযুক্ত মাইটোস্পোরকে জুস্পোর বলাহয়। তাছাড়া বিভিন্ন প্রকার নিশ্চল রেণুও শৈবালে দেখা যায়।

প্রধানত তিন প্রকার যৌন জনন দেখা যায়, যথা - আইসোগ্যামাস, অ্যানাইসোগ্যামাস ও উগ্যামাস। শৈবালের ক্ষেত্রে জীবনচক্রের বিভিন্নতা দেখা যায়, যথা - হ্যাপ্লোন্টিক, ডিপ্লোন্টিক, ডিপ্লোহ্যাপ্লোন্টিক আইসোমরফিক, ডিপ্লোহ্যাপ্লোন্টিক হেটারোমরফিক, বাইফেজিক বা হ্যাপ্লোহ্যাপ্লোন্টিক এবং ট্রাইফেজিক বা ডিপ্লোডিপ্লোহ্যাপ্লন্টিক।

12.6 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

1) জননের সংজ্ঞা দিন। শৈবালের অঙ্গজজননের সংক্ষিপ্ত পরিচয় দিন।

2) অযৌন জনন কাকে বলে? শৈবালের অযৌন জননের ক্ষেত্রে বিভিন্ন প্রকার রেণুর সংক্ষিপ্ত পরিচয় দিন।

3) যৌন জনন কাকে বলে? বিভিন্ন প্রকার যৌন জননের সংক্ষিপ্ত পরিচয় দিন।

4) জনুক্রম কাকে বলে? শৈবালে অবস্থিত প্রধান প্রধান জীবন চক্রের প্রকার সম্বন্ধে আলোচনা করুন।

12.7 উত্তর সংকেত

অনুশীলনী - 1

1 – 5 : 12.3.1 অংশ দেখুন।

6 – 22 : 12.3.2 অংশ দেখুন।

অনুশীলনী - 2

1 – 35 : 12.4 অংশ দেখুন।

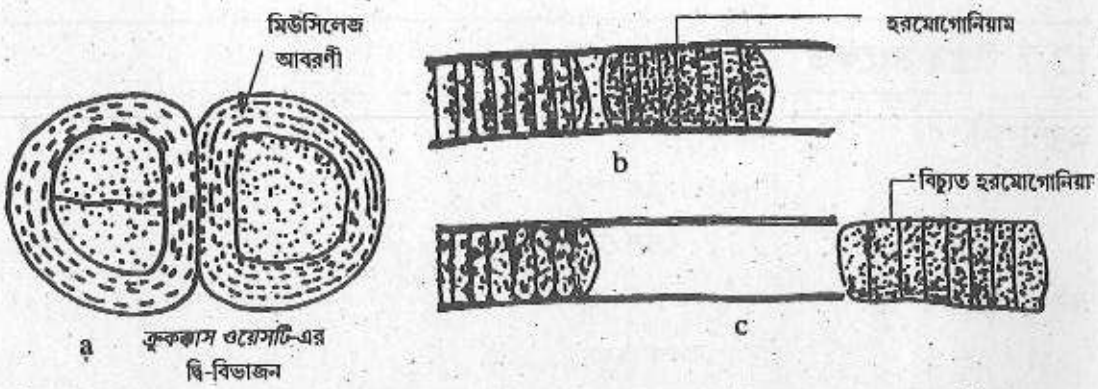
সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

প্রশ্ন- 1 12.3.1 অংশ দেখুন।

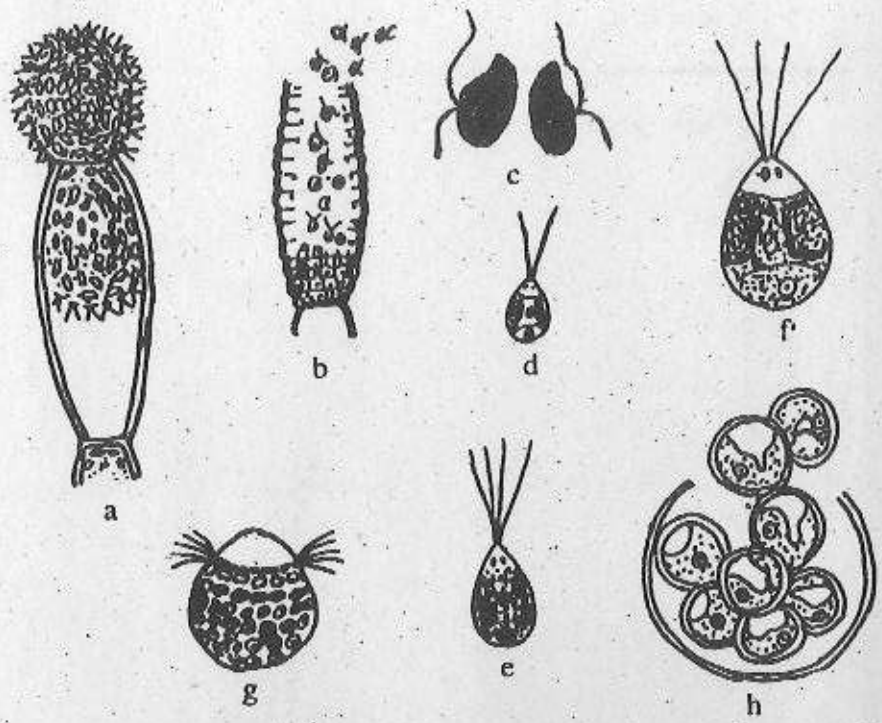
প্রশ্ন- 2 12.3.2 অংশ দেখুন।

প্রশ্ন- 3 12.4.1 অংশ দেখুন।

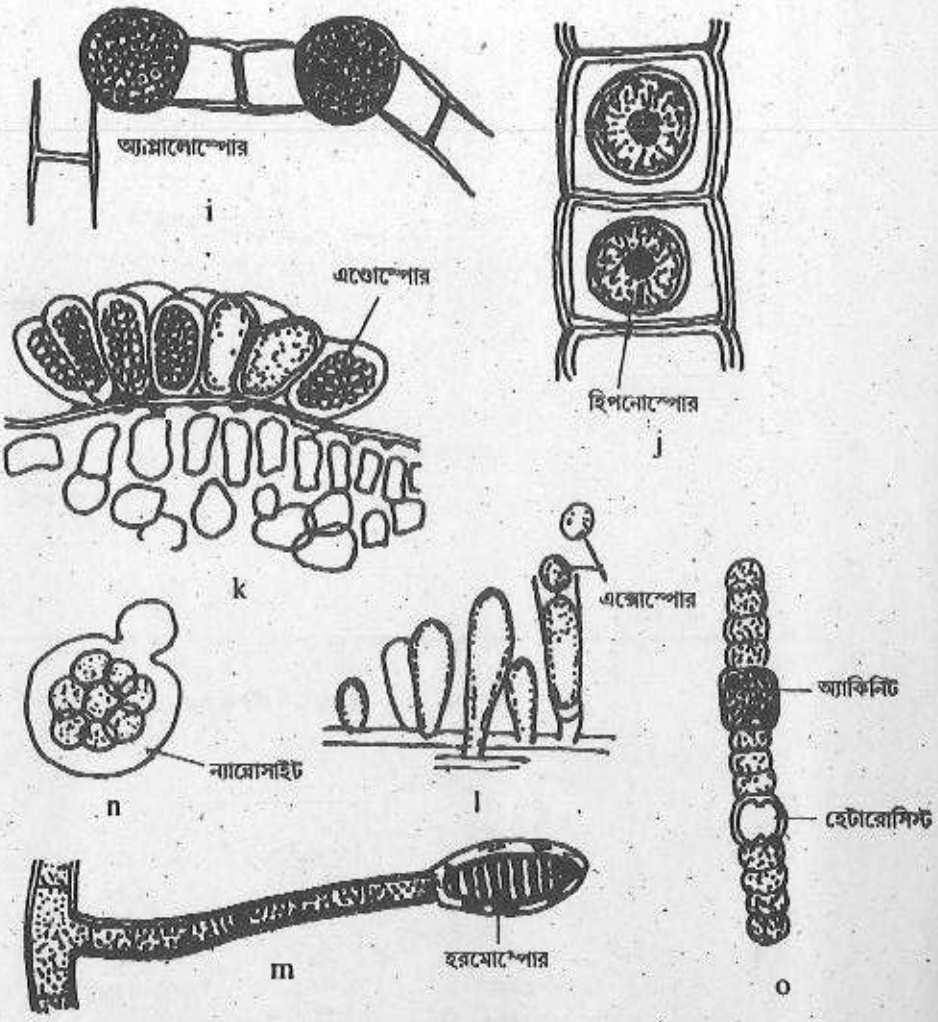
প্রশ্ন- 4 12.4.2 অংশ দেখুন।



চিত্র নং 12.1 : 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।

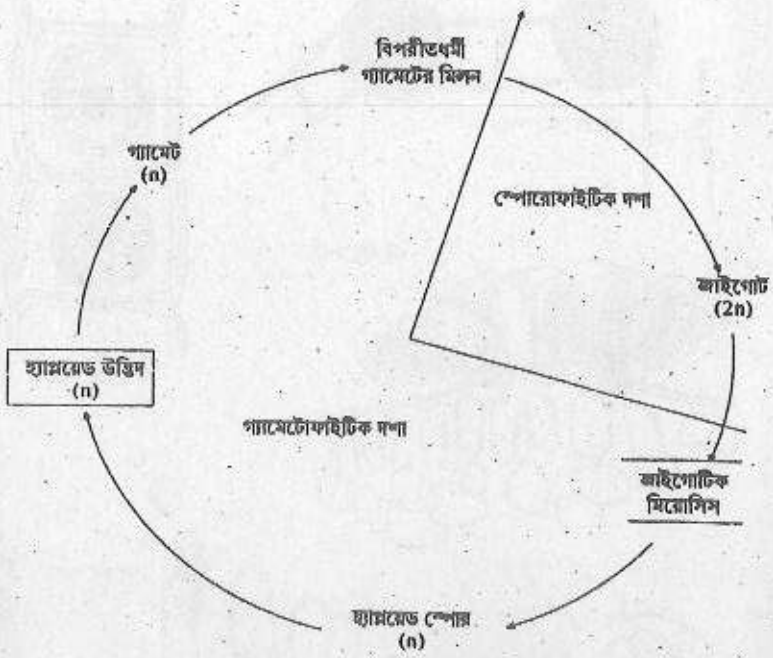


চিত্র নং 12.2 : a –h, অযৌন জনন, বিভিন্ন প্রকার মাইটোস্পোর বা অযৌনরেণু। (a) *ভাউচেরিয়ার* এক কোষী স্পোর‍্যাঞ্জিয়াম এবং একটিমাত্র বহুফ্লাজেলাযুক্ত সিনজুস্পোর-এর নির্গমন; (b) *এক্টোকারপাস*– এর বহুকোষী স্পোর‍্যাঞ্জিয়াম এবং একাধিক জুস্পোরের নির্গমন; (c) *এক্টোকারপাস* - এর অসম দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট দ্বি-ফ্লাজেলাযুক্ত মাইক্রোজুস্পোর; (d) *ইউলোথ্রিক্স* -এর দ্বি-ফ্লাজেলা বিশিষ্ট মাইক্রোজুস্পোর; (e) *ইউলোথ্রিক্স* - এর চার ফ্লাজেলা বিশিষ্ট মাইক্রোজুস্পোর; (f) *ইউলোথ্রিক্স* - এর চার ফ্লাজেলাবিশিষ্ট ম্যাক্রোজুস্পোর; (g) *ইডোগোনিয়াম* -এর বহু ফ্লাজেলাযুক্ত জুস্পোর; (h) *ক্লোরেল্লার* - স্পোরোঞ্জিয়াম রূপী কোষ দেহ থেকে অটোস্পোর-এর নির্গমন;

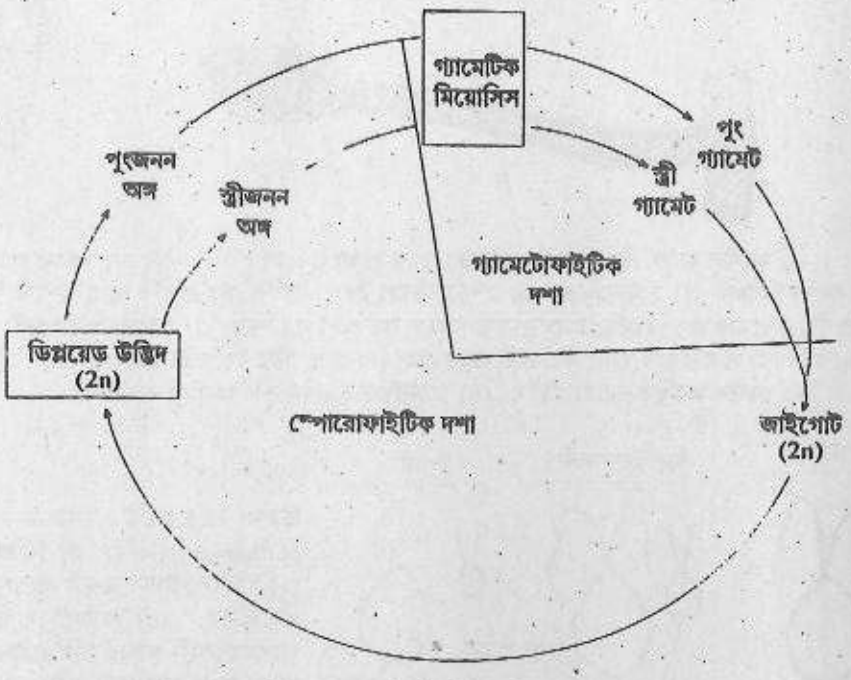


চিত্র নং 12.2 : i – o, অযৌন জনন, বিভিন্ন প্রকার মাইটোস্পোর বা অযৌনরেণু। (i) *মাইক্রোস্পোরিয়া অ্যাপ্লানোস্পোরা*-এর মাতৃদেহ থেকে নির্গমন; (j) *ইউলোট্রিক্স* - এর স্পোর‍্যাঞ্জিয়াম রূপে ফার্যগত দেহকোষের মধ্যে হিপনোস্পোর; (k) স্পোর‍্যাঞ্জিয়ামরূপী *ডারমোকার্পা-র* দেহ কোষের মধ্যে অবস্থান রত অসংখ্য স্পোর; (l) স্পোর‍্যাঞ্জিয়ামরূপী *কেমিসাইফন*-এর দেহ কোষ থেকে নির্গত এক্সোস্পোর; (m) *উয়েসটিয়েল্লার* দেহকোষ দ্বারা গঠিত বহুকোষী হরমোস্পোর; (n) *অ্যাফানোথিকি* কোষে অবস্থিত ন্যানোসাইটস্; (o) *অ্যানাবিনা অ্যাকিনিস্*-এ অবস্থিত অ্যাকিনিট্।

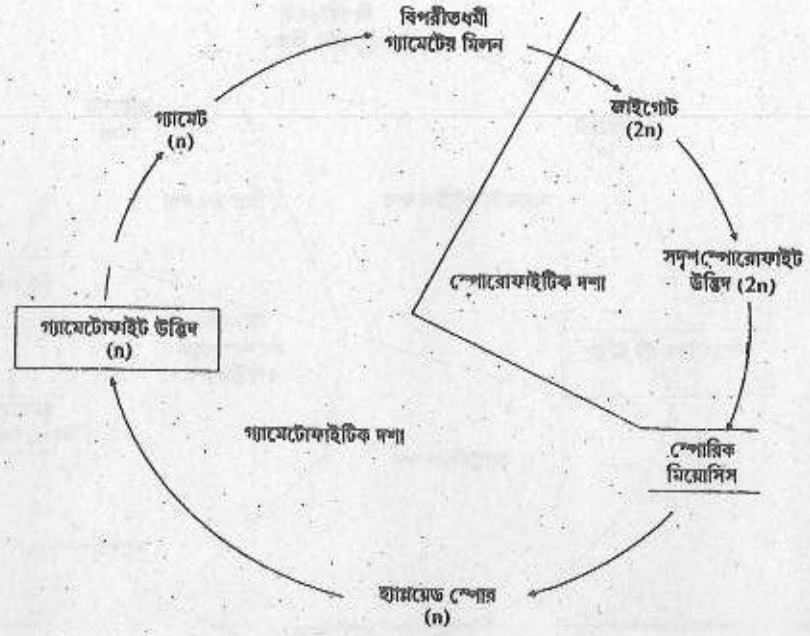
চিত্র নং 12.3 : a – c, যৌন জনন *ক্ল্যামাইডোমনাস (Chlamydomonas)* -এর বিভিন্ন প্রকার গ্যামেট। (a) আইসোগ্যামাস জননে অংশগ্রহণকারী আইসোগ্যামেটদ্বয়; (b) অ্যানাইসোগ্যামেটমাস জননে অংশগ্রহণকারী অ্যানাইসোগ্যামেটদ্বয়; (c) উগ্যামাস জননে অংশ গ্রহণকারী সচল পুংগ্যামেট ও নিশ্চল বৃহদাকৃতির স্ত্রী গ্যামেট।



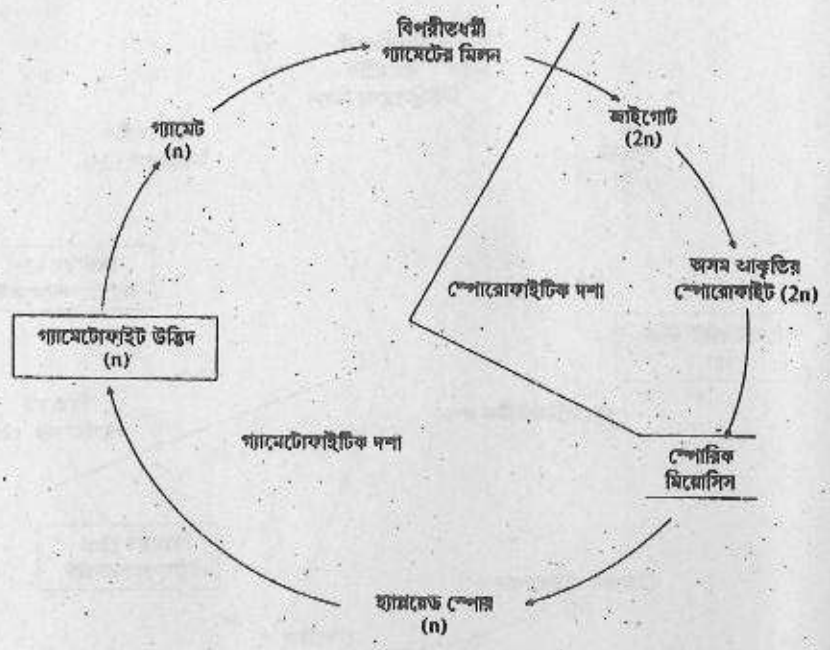
চিত্র নং 12.4 : হ্যাপ্লন্টিক জীবন চক্র।



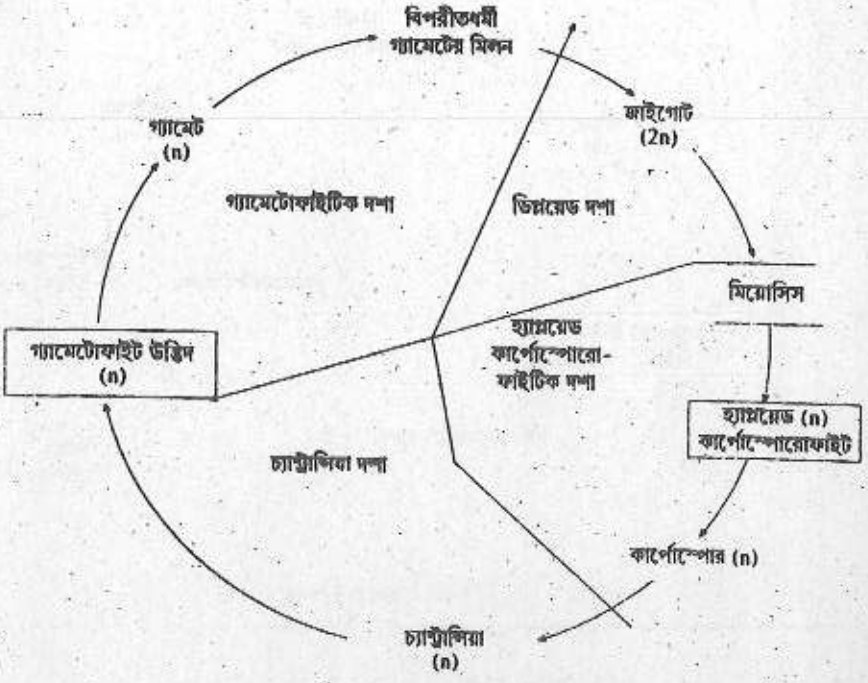
চিত্র নং 12.5 : ডিপ্লন্টিক জীবন চক্র।



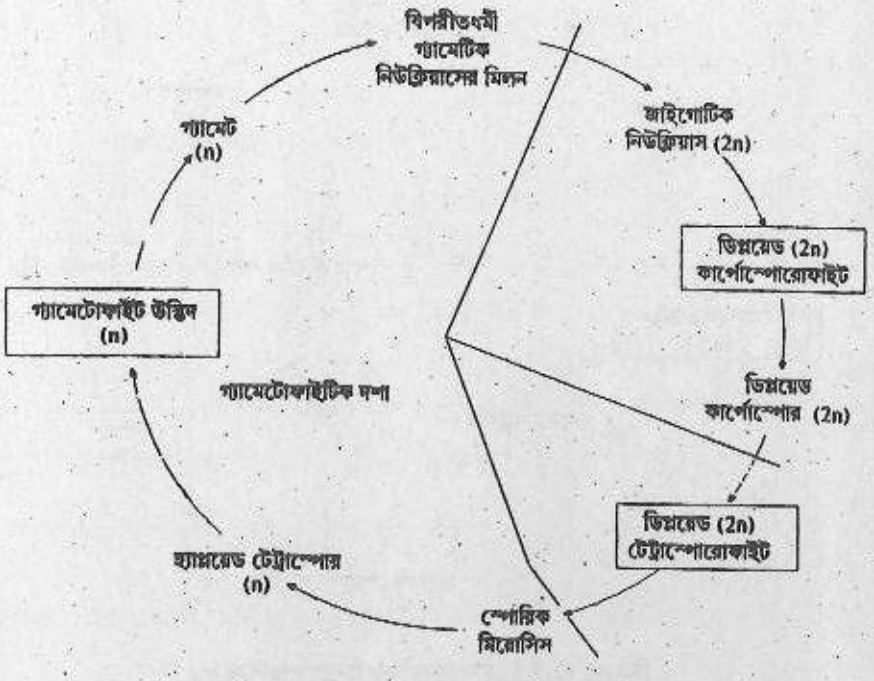
চিত্র নং 12.6 : আইসোমরফিক ডিপ্লোহ্যাপ্লন্টিক



চিত্র নং 12.7 : হেটারোমরফিক ডিপ্লোহ্যাপ্লন্টিক চক্র।



চিত্র নং 12.8 : হ্যাপ্লোহ্যাপ্লেন্টিক জীবন চক্র।



চিত্র নং 12.9 : ট্রাইফেজিক (ডিপ্লোডিপ্লোহ্যাপ্লেন্টিক) জীবন চক্র।

একক 13 □ সায়ানোফাইসী

আলোচিত বিষয়

13.1 প্রস্তাবনা

13.2 উদ্দেশ্য

13.3 সায়ানোফাইসীর সাধারণ বিবরণ

13.3.1 বসতি

13.3.2 থ্যালাসের গঠন

13.3.3 সায়ানোফাইসী কোষের গঠন

অনুশীলনী- 1

13.4 জনন

13.5 হেটারোসিস্ট ও তার ভূমিকা

13.6 নীলাভ সবুজ শৈবালকে সায়ানোব্যাকটিরিয়া বলার কারণ।

অনুশীলনী- 2

13.7 সারাংশ

13.8 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

13.9 উত্তরসংকেত

13.1 প্রস্তাবনা

পূর্বেই 11.3.3 অংশে উল্লেখ করেছি যে আমরা ফ্রিশ্চ (Fritsch)-এর শ্রেণীবিন্যাস অনুযায়ী আলোচনা করব। কিন্তু ফ্রিশ্চ সায়ানোফাইসী বা মিক্সোফাইসী শ্রেণীকে 11 নং শ্রেণীতে স্থাপন করেন। কিন্তু বর্তমানে আমরা জানি সায়ানোফাইসী প্রোক্যারিওটিক প্রকৃতির শৈবাল অর্থাৎ সর্বাপেক্ষা আদি ধরনের শৈবাল। তাই সায়ানোফাইসী শ্রেণীকে সর্বাপেক্ষা প্রথমে আলোচনা করা হল। ব্যাকটিরিয়ার সাথে চরিত্রগত বিভিন্ন সাদৃশ্য থাকার জন্য একে বর্তমানে সায়ানোব্যাকটিরিয়াও বলা হয়। কিন্তু শৈবালবিদ্‌দের মতে ক্লোরোফিল-এ যুক্ত থ্যালাস জাতীয় উদ্ভিদ (যাহা মূল, কান্ড ও পাতায় বিভেদিত নয়) শৈবালের অন্তর্ভুক্ত (লী, Lee 1980)। কাজেই সায়ানোফাইসীর অন্তর্ভুক্ত উদ্ভিদও শৈবালের অন্তর্ভুক্ত।

13.2 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 বর্ণণা করতে পারবেন।

13.3 সায়ানোফাইসীর সাধারণ বিবরণ

(মুখ্য বৈশিষ্ট্যগুলি শ্রেণীবিন্যাস অধ্যায়ে 11.3.4 অংশে আলোচনা করা হয়েছে।)

13.3.1 বসতি ঃ মিক্সোফাইসী অর্থাৎ সায়ানোফাইসীর অন্তর্ভুক্ত শৈবাল অত্যন্ত প্রতিকূল 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 যেকোন 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° - 100° C পর্যন্ত উষ্ণ প্রস্রবনে পাওয়া যায়, যেমন - *Chrococcus (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 majusculá (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 *অ্যাজোসেরস*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 (মাইক্রোসিস্টিস), 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।

13.3.2 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। *Aniacystis (অ্যানাসিস্টিস্), Chroococcus (ক্রুকক্কাস), Gloeocapsa (গ্লিওক্যাপ্সা)* ইত্যাদি এককোষী প্রকৃতির। কলোনী প্রকৃতির শৈবাল হল - *Microcystis (মাইক্রোসিস্টিস), Aphanocapsa (আফানোক্যাপ্সা), Aphanothece (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 হেটারোট্রিকাস প্রকৃতির, যেমন - *নষ্টোকপ্সিস্(Nostocopsis)*। *নষ্টক, অ্যানাবিনা, Cylindrospermum (সিলিনড্রোস্পার্মাম)* ইত্যাদি ফিলামেন্ট জাতীয় শৈবাল মিউসিলেজ পদার্থের মধ্যে কলোনীর ন্যায় অবস্থান করে। নীলাভ সবুজ শৈবালে বৈশিষ্ট্যপূর্ণ অ্যাকাইনিট ও হেটারোসিস্ট দেখা যায়। 13.1 চিত্রে বিভিন্ন প্রকার নীল সবুজ শৈবাল দেখান হল।

13.3.3 সায়ানোফাইসী কোষের গঠন (চিত্র 13.2 a,b,c)

সায়ানোফাইসী-কোষ প্রধানতঃ দুটি অংশ নিয়ে গঠিত, যথা

i) সীদ্ ও কোষপ্রাকার (Sheath and Cell wall)

ii) প্রোটোপ্লাস্ট

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

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

কোষপ্রাকার - কোষপ্রাকার সাধারণত চারটি স্তর দ্বারা গঠিত। এগুলি ভিতর থেকে বাইরের দিকে যথাক্রমে L_I, L_{II}, L_{III} এবং L_{IV} এইভাবে নামকরণ করা হয়েছে। L_I স্তরটি **লিপোপলিস্যাকারাইড** দ্বারা গঠিত যা গ্রাম-নিগেটিভ ব্যাকটিরিয়ার প্রাকারে দেখা যায়। ভেতরের স্তরগুলি প্রধানত **পেপ্টিডোগ্লাইক্যান (Peptidoglycan)** দ্বারা গঠিত যার সাথে ব্যাকটিরিয়ার প্রাকারের যথেষ্ট মিল আছে। L_I এবং L_{III} স্তরদ্বয় অনেকটা স্বচ্ছ প্রকৃতির এবং L_{II} ও L_{IV} অস্বচ্ছ প্রকৃতির। তবে L_{II} স্তরটিই সবচেয়ে দৃঢ় এবং কোষপ্রাকারের সামগ্রিক কাঠামোকে ধরে রাখে।

কোষপ্রাকারের পার্শ্বীয় ও অনুপ্রস্থ উভয় দিকই ছিদ্রযুক্ত (13mμ - 20mμ ব্যাসযুক্ত), এগুলি **প্লাস্মোডেস্মাটার** সমগোত্রীয়।

প্রোটোপ্লাস্ট :

a) কোষপর্দা - কোষপর্দা লিপ্রোটিন দ্বারা গঠিত সজীব পর্দা।

b) প্রোটোপ্লাজম - প্রধানতঃ দুটি অংশে বিভক্ত, যথা -

i) সেন্ট্রোপ্লাজম- (Centroplaşm)

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 পর্দা বিহীন 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 কিছুপ্রজাতিতে 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 অ্যালো-ফাইকোসায়ানিন 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।

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 x 65nm) অবস্থান করে, যাদেরকে আলোক অণুবীক্ষণ যন্ত্রে দেখা যায় না।

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

iii) পলিহেড্রাল বডিস্ বা কার্বক্সিজোম (Polyhedral bodies or Carboxysomes) 200 - 300 মিলিমাইক্রন ব্যাস যুক্ত দানা। এগুলি রাইবুলোজ - 1,5 বিস্ফস্ফেট - কার্বোক্সিলেজ - অক্সিজেনাস (Ribulose - 1,5 bisphosphate - Carboxylase - Oxygenus = RubisCO) উৎসেচকের সমষ্টি যাহা সালোক-সংশ্লেষকালে কার্বনডাই-অক্সাইড স্থীতিকরণে (Fixation) সাহায্য করে।

iv) পলিফস্ফেট দানা বা ভলিউটিন দানা **(Polyphosphate granules or Volutin granules)** - এগুলি গোলাকৃতির এবং ফস্ফেট ধারণ করে। একে মেটাক্রোমাটিক বডিও **(metachromatic body)** বলে। 13.2 চিত্রে সায়ানোফাইসিয়ান কোষের আলট্রা গঠনের বিবরণ দেওয়া হল।

অনুশীলনী - 1

1) *নস্টক কমিউন* প্রজাতিটির একটি বিশেষ ক্ষমতা কি?
2) উষ্ণ প্রস্রবনে পাওয়া যায় এরূপ দুটি নীলাভ সবুজ শৈবালের নাম করুন।
3) *ফরমিডিয়াম* 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) *অ্যানাবিনা*-র কোন প্রজাতিটি অ্যাজোলা নামক উদ্ভিদে বাস করে?
8) ওয়াটার ব্লুম সৃষ্টিকারী দুটি নীলাভ-সবুজ শৈবালের নাম করুন। গাইডুকড 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 মধ্যে 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।

13.4 জনন

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

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

অযৌন জনন - বিভিন্ন প্রকার অযৌন রেণু অর্থাৎ মাইটোস্পোর (mitospore) সৃষ্টির মাধ্যমে এই প্রকার জনন সম্পন্ন হয়। বিভিন্ন প্রকার অযৌন রেণুগুলি হল - এন্ডোস্পোর, এক্সোস্পোর, ন্যানোসাইটস, 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 রিকম্বিনেশন (genetic recombination) হয় বলে মনে করা হচ্ছে।

13.5 হেটারোসিস্টস্ (চিত্র - 13.3 a,b) ও তার ভূমিকা (Heterocysts 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 গ্যাস 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। তবে হেটারোসিস্টের অভ্যন্তরে যে সামান্য পরিমান অক্সিজেন প্রবেশ করে তা হেটারোসিস্ট কোষের নিজস্ব শ্বসনে ব্যবহৃত হয়। হেটারোসিস্টসহ 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।

13.6 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।

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।

13.7 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।

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।

13.8 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) হিটারোসিস্ট-এর গঠন এবং এর ভূমিকা আলোচনা করুন।

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

13.9 উত্তর সংকেত

অনুশীলনী - 1

1 – 9 : 13.3.1 অংশ দেখুন।

10 – 17: 13.3.2 অংশ দেখুন।

18 – 25: 13.3.3 অংশ দেখুন।

অনুশীলনী - 2

1 – 3 : 13.4 অংশ দেখুন।

4 – 9 : 13.5 এবং 13.6 অংশ দেখুন।

সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

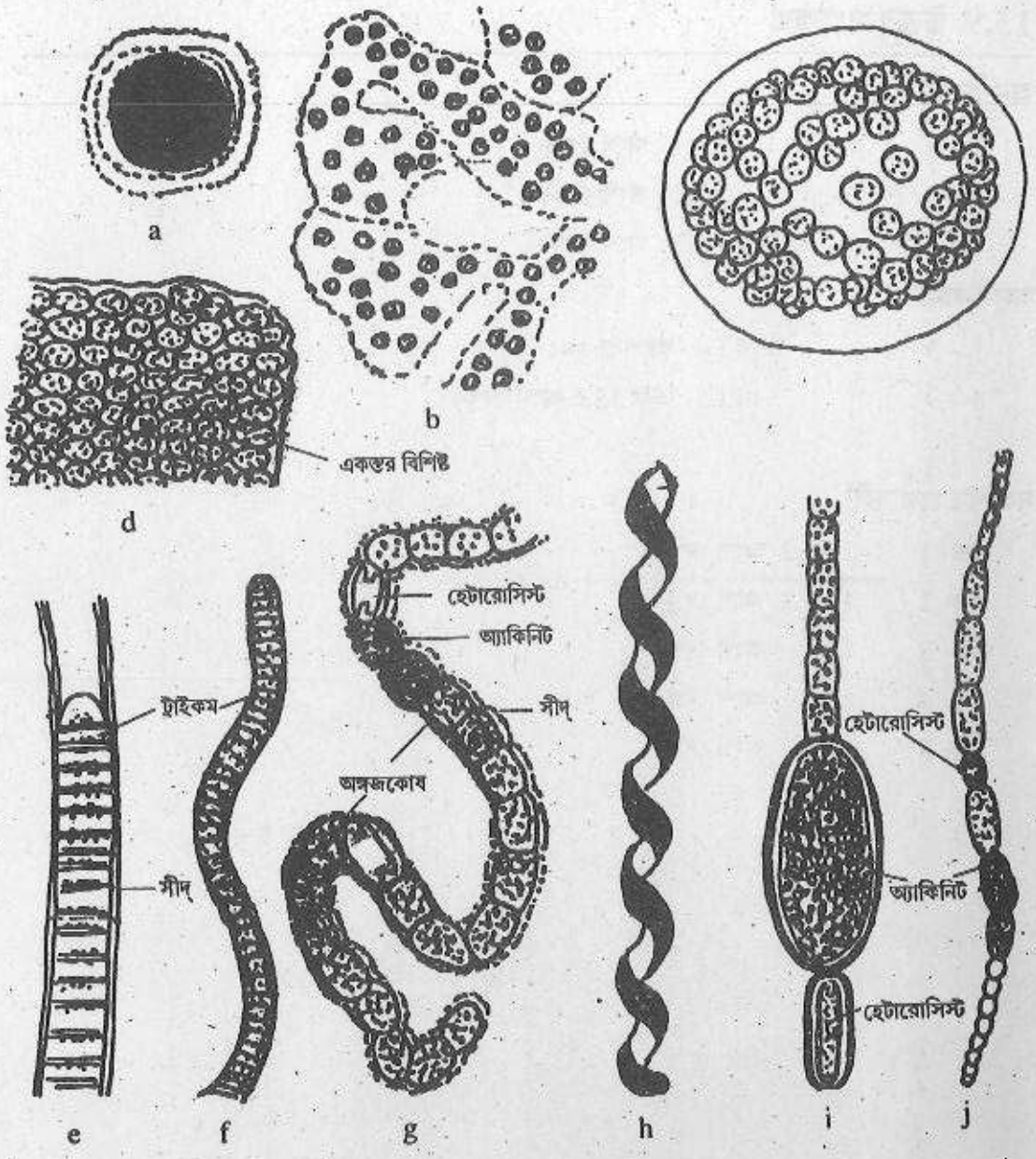
প্রশ্ন- 1 13.3.2 অংশ দেখুন।

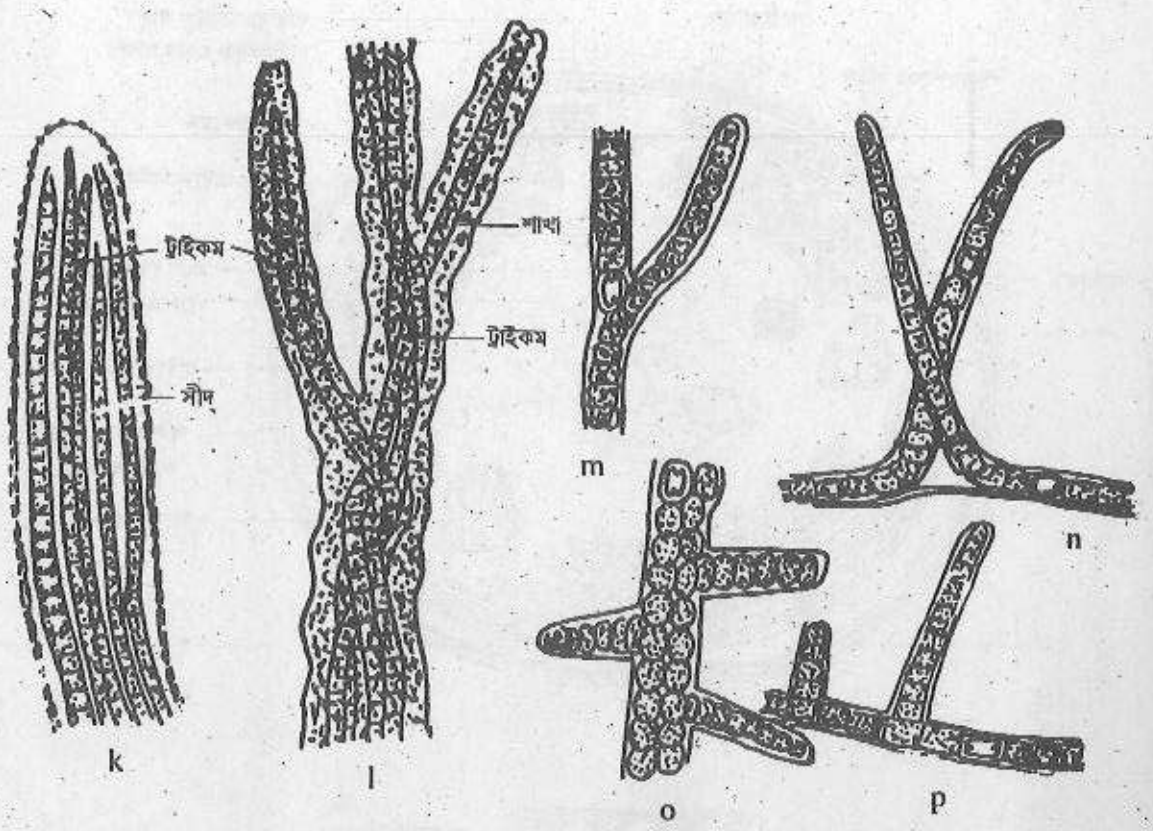
প্রশ্ন- 2 13.3.3 অংশ দেখুন।

প্রশ্ন- 3 13.4 অংশ দেখুন।

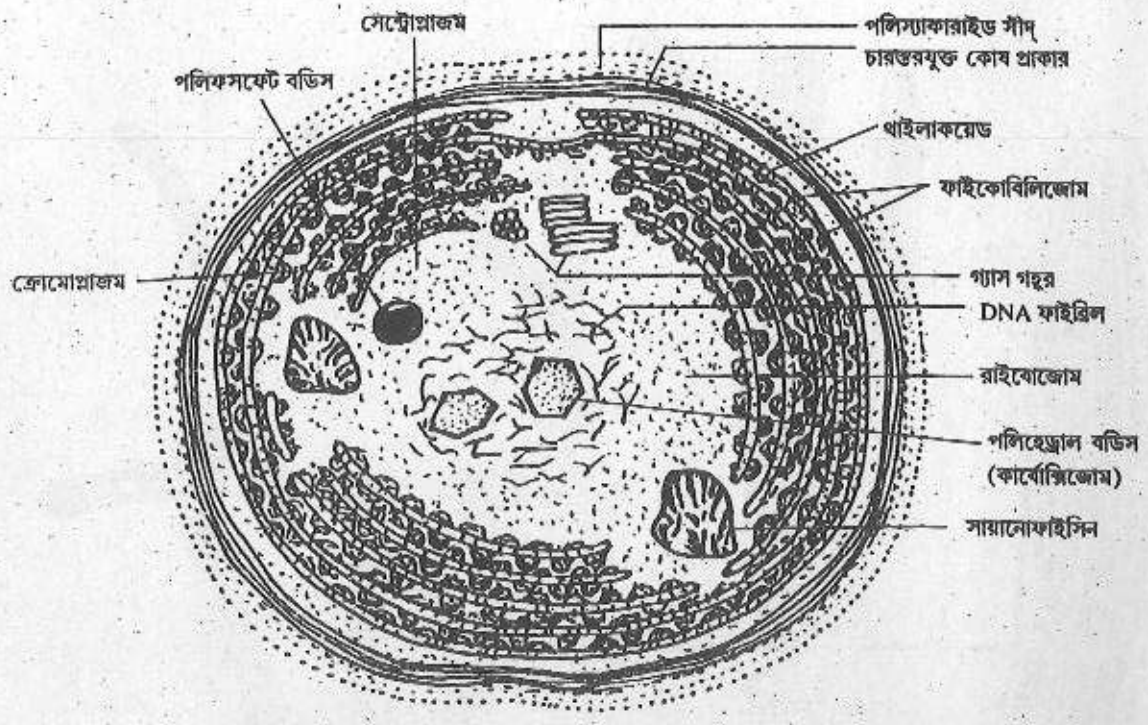
প্রশ্ন- 4 13.5 অংশ দেখুন।

প্রশ্ন- 5 13.6 অংশ দেখুন।

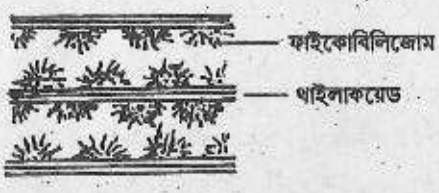

a
b
একস্তর বিশিষ্ট
d
ট্রাইকম
সীদ্
e
f
হেটারোসিস্ট
অ্যাকিনিট
সীদ্
অঙ্কুরকোষ
g
h
হেটারোসিস্ট
অ্যাকিনিট
হেটারোসিস্ট
i
j



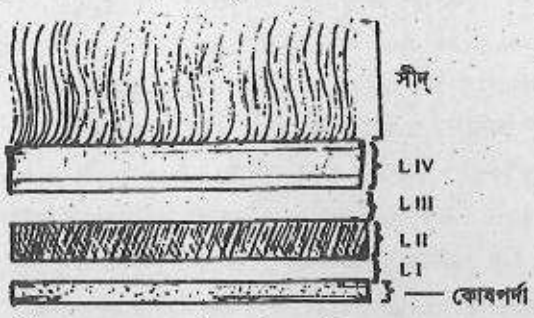
চিত্র নং 13.1 : a –p, সায়ানোফাইসী শ্রেণীর অন্তর্গত কিছু শৈবালের থ্যালাসের বিভিন্ন প্রকার গঠন বিন্যাস। (a) *Chroococcus turgidus (ক্রুকাস টারজিডাস)* - এককোষী শৈবাল; (b) *Microcystis aeruginosa (মাইক্রোসিস্টিস এরোজিনোসা)* - অনিয়মিত (irregular) কলোনী; (c) *Coelosphaerium dubium (সিলোস্ফেরিয়াম ডুবিয়াম)* - গোলাকৃতি (spherical) কলোনী ; (d) *Merismopedia elegans (মেরিসমোপেডিয়া এলিগান্স)* - 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 (মাইক্রোকোলিয়াস 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)* - বৈশিষ্টপূর্ণ দুটি ছদ্ম শাখা; (o) *Stigonema (স্টিগোনিমা)* - প্রকৃত শাখাযুক্ত এবং প্রধান অক্ষ বহুঅক্ষীয় (pluriseriate) ; (p) *Hapalosiphon (হ্যাপালোসাইফন)* - এক অক্ষীয় দেহ (uniseriate body) এবং প্রকৃত শাখাযুক্ত নীলাভ সবুজ শৈবাল।



a

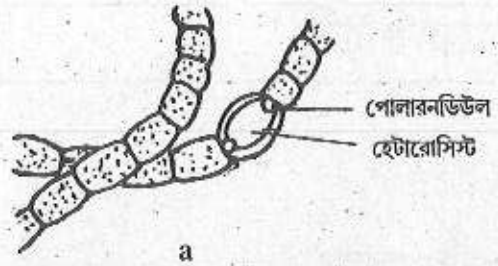


b

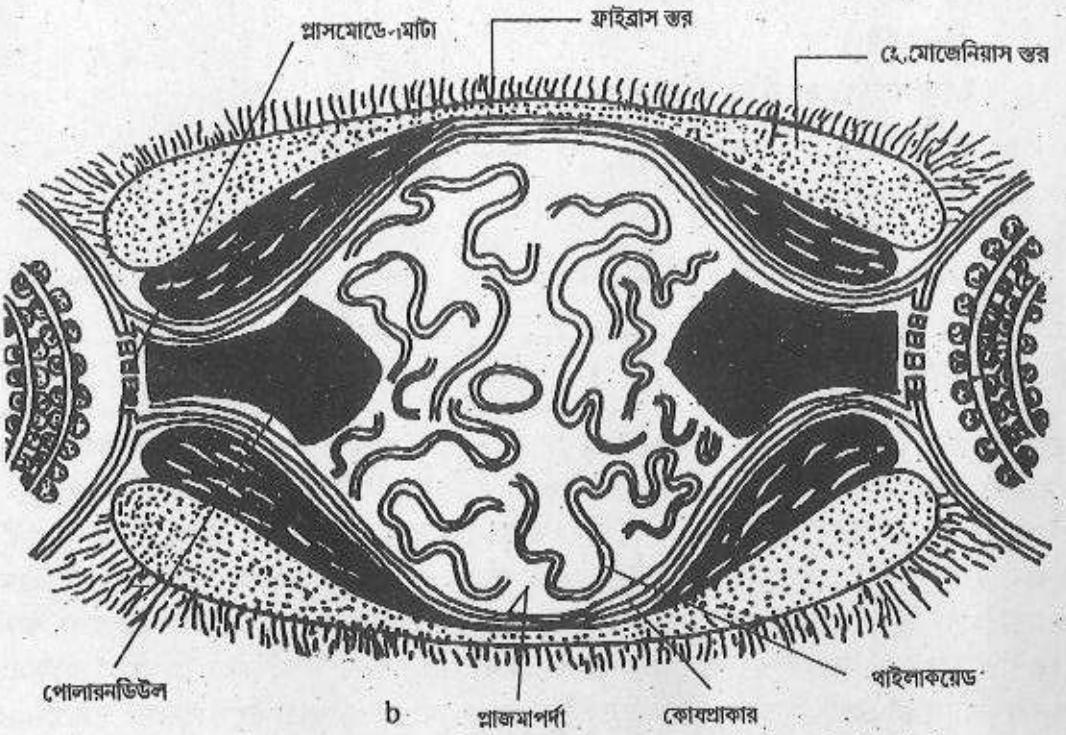


চিত্র - কোষপ্রাকার c

চিত্র নং 13.2 : (a) সায়ানোফাইসিয়ান কোষের আলট্রা গঠন (*Synechocystis cell, সিনিকোসিস্টিস কোষ*); (b) থাইলাকয়েডের সাথে যুক্ত ফাইকো-বিলিজোম -এর বিবর্ধিত রূপ; (c) কোষপ্রাকারের বিভিন্ন স্তর।



a



চিত্র নং 13.3 : (a) আলোক অণুবীক্ষণ যন্ত্রে দৃষ্ট হেটারোসিস্ট;
(b) হেটারোসিস্ট-এর লম্বচ্ছেদের আলট্রাগঠনের চিত্ররূপ।

একক 14 □ ক্লোরোফাইসী

আলোচিত বিষয়

14.1 প্রস্তাবনা
14.2 উদ্দেশ্য
14.3 ক্লোরোফাইসীর সংক্ষিপ্ত পরিচয়
14.3.1 মুখ্য বৈশিষ্ট্যসমূহ
14.3.2 ক্লোরোফাইসীর সাধারণ বিবরণ
অনুশীলনী-1
14.4 ইডোগোনিয়ামের জীবন ইতিহাস
অনুশীলনী-2
14.5 সারাংশ
14.6 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী
14.7 উত্তরসংকেত

14.1 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 তেরী; 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 এইশ্রেণীর শৈবালের উন্নত যৌন জনন পদ্ধতির একটি নমুনা তুলে ধরা হয়েছে।

14.2 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 বিষয়ে 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।

14.3 ক্লোরোফাইসী-র সংক্ষিপ্ত পরিচয়

14.3.1 মুখ্য বৈশিষ্ট্য সমূহ ঃ (শৈবালের শ্রেণীবিন্যাস অধ্যায়ে 11.3.4 অংশে আলোচনা করা হয়েছে)

14.3.2 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 (10.4 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 (11.4 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। সর্বাপেক্ষা ভেতরের স্তরটি সেলুলোজ এবং এর বাইরের স্তরটি পেক্টোজ বা মিউসিলেজ জাতীয় পদার্থ দ্বারা গঠিত। কোন কোন ক্ষেত্রে *(ক্ল্যাডোফোরা, ইডোগোনিয়াম)* পেক্টোজ স্তরের বাইরে কাইটিন নির্মিত একটি স্তর থাকতে পারে।

● **ফ্লাজেলা** - সচল অঙ্গজ কোষে, জুস্পোরে এবং বেশীর ভাগ ক্ষেত্রে গ্যামেটে একটি, দুটি, চারটি বা অনেক ফ্লাজেলা সাধারণত অগ্রভাগে যুক্ত থাকে। ফ্লাজেলা হুইপ ল্যাস (whiplash) এবং সমান দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট।

● **নিউক্লিয়াস** - ইউক্যারিওটিক এবং হ্যাপ্লয়েড প্রকৃতির। অধিকাংশ প্রজাতির কোষ একটি নিউক্লিয়াস বিশিষ্ট, তবে কিছু কিছু ক্ষেত্রে *(ক্ল্যাডোফোরা, হাইড্রোডিক্টিয়ন)* কোষ বহুনিউক্লিয়াসবিশিষ্ট 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 ক্লোরোফিল-এ, -বি, β–ক্যারোটিন ও α–ক্যারোটিন *(কারা)* পাওয়া যায়। জ্যান্থোফিল রঞ্জকের মধ্যে লিউটিন, এ্যাস্টাজ্যান্থিন, নিয়োজ্যান্থিন ও ভায়োলোজ্যান্থিন ইত্যাদি পাওয়া যায়। ফাইকোবিলিপ্রোটিন জাতীয় রঞ্জক থাকে না। 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 পাইরিনয়েডকে সঞ্চিত খাদ্যের ভাণ্ডার বলা হয়।

● **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 স্টিগমা (stigma) বা চক্ষুবিন্দু বলে। এটি ফটোট্যাক্‌টিক চলনে সাহায্য 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, খণ্ডীভবন 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, হিপনোস্পোর, অ্যাকিনিট, অটোস্পোর, পামেলাদশা** ইতাদি (12.3.2 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 (12.4 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।

14.4 ইডোগোনিয়াম এর জীবন ইতিহাস

14.4.1 শ্রেণীগত অবস্থান : (Systematic position)

ফ্রিশ্চ্ (1935) :

শ্রেণী	-	ক্লোরোফাইসী (Chlorophyceae)
বর্গ	-	ইডোগোনিয়ালিস্ (Oedogoniales)
গোত্র	-	ইডোগোনিয়েসী (Oedogoniaceae)
গণ	-	Oedogonium *(ইডোগোনিয়াম)*
প্রজাতি	-	Armigerum *(আরমিজেরাম)*

বোল্ড এবং ওয়াইনি (1985) :

বিভাগ	-	ক্লোরোফাইটা
শ্রেণী	-	ক্লোরোফাইসী
বর্গ	-	ইডোগোনিয়ালিস্
গোত্র	-	ইডোগোনিয়েসী
গণ	-	*ইডোগোনিয়াম*
প্রজাতি	-	*আরমিজেরাম*

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

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

14.4.3 অঙ্গজ গঠন (চিত্র - 14.1 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 ফার্স্টে 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, মধ্যেরটি পেকটিন্ ও বাইরের স্তরটি কাইটিন্ 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।

14.4.4 কোষ বিভাজন ও টুপী গঠন (cell division and cap formation) (চিত্র - 14.2) : হোল্ড ফাস্ট ব্যতীত দেহের যে কোন অঙ্গজ কোষ প্রস্থে বিভাজিত হয়ে সূত্রাকার দেহের দৈর্ঘ্যে বৃদ্ধি ঘটাতে পারে। প্রাথমিক অবস্থায় যখন জাইগোট অঙ্কুরিত 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 বলয়াকার 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।

14.4.5 জনন (reproduction) - *ইডোগোনিয়ামে* তিন প্রকার জনন দেখা যায়, যথা - অঙ্গজ, অযৌন ও যৌন 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 - 14.3) 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 গঠন করে। জুস্পোর গঠন কালে জুস্পোর‍্যাঞ্জিয়ামের প্লোটোপ্লাস্ট 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। এর পরই 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 বেষ্টিত 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) ন্যানান্ড্রাস প্রজাতি (Nannandrous species) এক্ষেত্রে স্ত্রীধানী সাধারণ অঙ্গজ দেহে কিন্তু পুং-ধানী খর্বাকৃতি পুং-সূত্র বা ন্যানান্ড্রিয়ামে উৎপন্ন হয়।

i) ম্যাক্র্যানড্রাস প্রজাতি - এই প্রকার প্রজাতি সহবাসী (উদা - *O.nodulosum, ইডোগোনিয়াম নোডোলোসাম)* অথবা ভিন্নবাসী (উদা - *O.crassum, ইডোগোনিয়াম ক্রাসাম)* উভয় প্রকার হতে পারে। সহবাসীর ক্ষেত্রে পুংধানী ও স্ত্রী-ধানী এক উদ্ভিদে উৎপন্ন হয় (চিত্র - 14.4) এবং ভিন্নবাসীর ক্ষেত্রে পৃথক উদ্ভিদে উৎপন্ন হয় (চিত্র - 14.5) ।

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 প্রোটোপ্ল্যাজম 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 উগোলিয়াল 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 প্রোটোপ্লাস্ট 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 - 14.6) 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) **গাইন্যান্ড্রোস্পোরাস (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 ম্যাক্র্যান্ড্রাস 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 ন্যানানড্রাস 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 4 টি জুমিয়োস্পোর (zoomeiospores) সৃষ্টি করে। এগুলি দেখতে জুস্পোরের ন্যায় বহুফ্লাজেলাবিশিষ্ট। 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।

অনুশীলনী - 2

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) *ইডোগোনিয়ামের* প্রতিটি কোষ থেকে কয়টি জুস্পোর উৎপন্ন হয়?
11) *ইডোগোনিয়ামের* 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 ?

14.5 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 বিভাজন ও খন্ডিভবনের সাহায্যে সম্পন্ন হয়। প্রধানত জুস্পোর এবং অন্যান্য সাইটোস্পোরের সাহায্যে অযৌন জনন সম্পন্ন হয়।

যৌন জনন আইসোগ্যামাস, অ্যানাইসোগ্যামাস ও উগ্যামাস প্রকৃতির।

জীবনচক্র হ্যাপ্লোন্টিক, ডিপ্লোন্টিক, ডিপ্লোহ্যাপ্লন্টিক প্রকৃতির হয়।

14.6 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

1) ক্লোরোফাইসী শ্রেণীর সংক্ষিপ্ত পরিচয় দিন।

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

3) *ইডোগোনিয়ামের* চিত্রসহ অঙ্গজ দেহের গঠন বর্ণনা করুন। এই প্রজাতিতে কোষবিভাজনের মাধ্যমে কি ভাবে টুপী গঠিত হয় বর্ণনা করুন।

4) *ইডোগোনিয়ামের* অযৌন জনন সম্পর্কে আলোচনা করুন।

5) *ইডোগোনিয়ামের* যৌন জনন সম্পর্কে আলোচনা করুন।

6) *ইডোগোনিয়ামের* ন্যানান্ড্রাস প্রজাতির যৌন জনন সম্বন্ধে যা জানেন লিখুন।

7) *ইডোগোনিয়ামের* মাক্র্যানড্রাস প্রজাতির যৌন জনন বর্ণনা করুন।

14.7 উত্তর সংকেত

অনুশীলনী - 1

1 – 9 : 14.3.1 এবং 14.3.2 অংশ দেখুন।

অনুশীলনী - 2

1 – 16 : 14.4 অংশ দেখুন।

সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

প্রশ্ন- 1 14.3.2 অংশ দেখুন।

প্রশ্ন- 2 14.3.1 এবং 14.3.2 অংশ দেখুন।

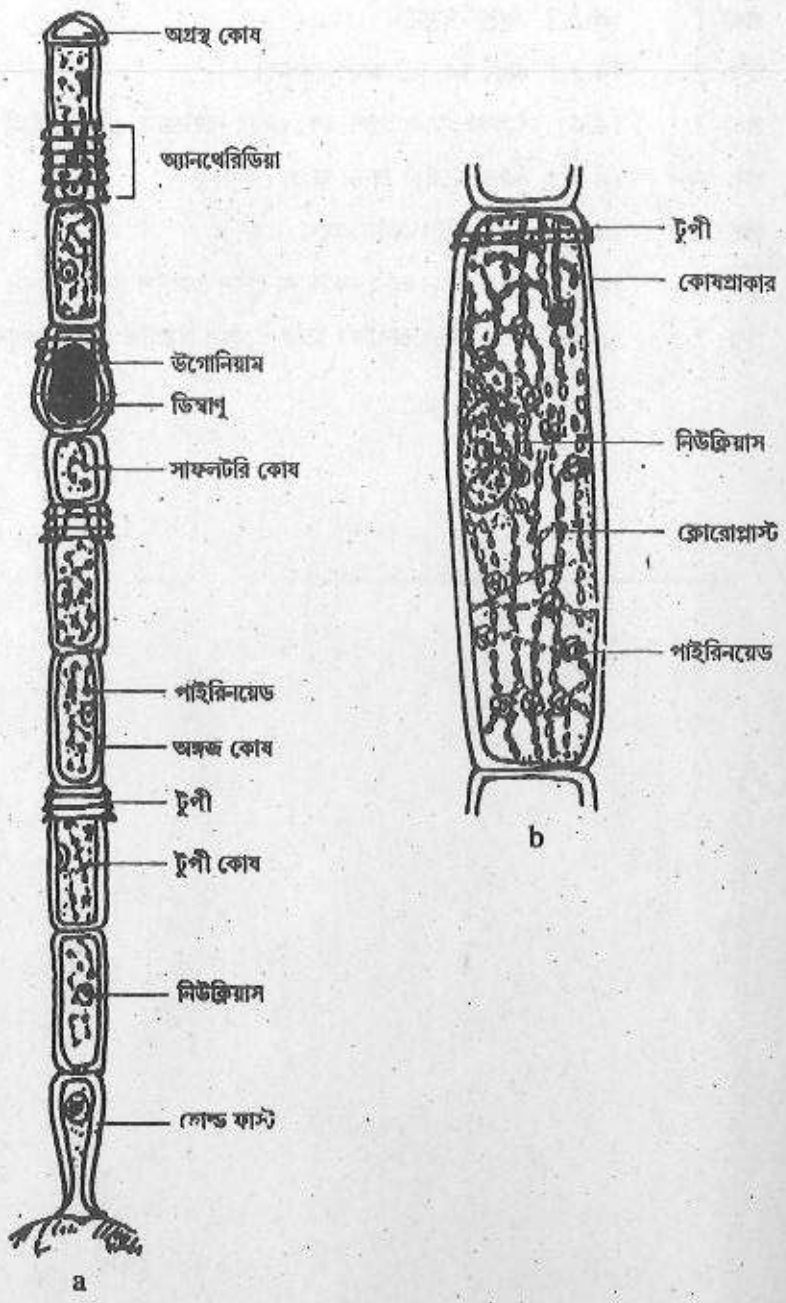
প্রশ্ন- 3 14.4 অঙ্গজ গঠন অংশ এবং কোষ বিভাজন ও টুপী গঠন অংশ দেখুন।

প্রশ্ন- 4 14.4 -এর অযৌন জনন অংশ দেখুন।

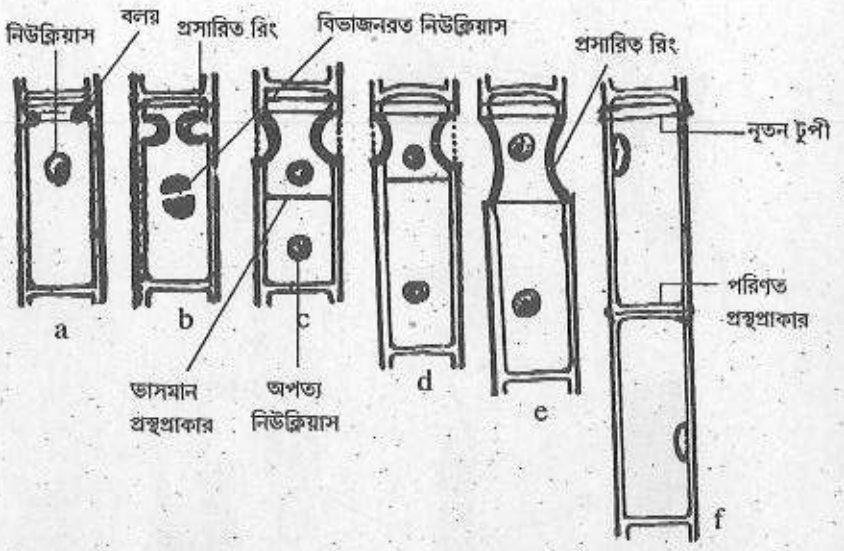
প্রশ্ন- 5 14.4 -এর যৌন জনন অংশ দেখুন।

প্রশ্ন- 6 14.4 -এর যৌন জননের ন্যানানড্রাস প্রজাতি অংশ দেখুন।

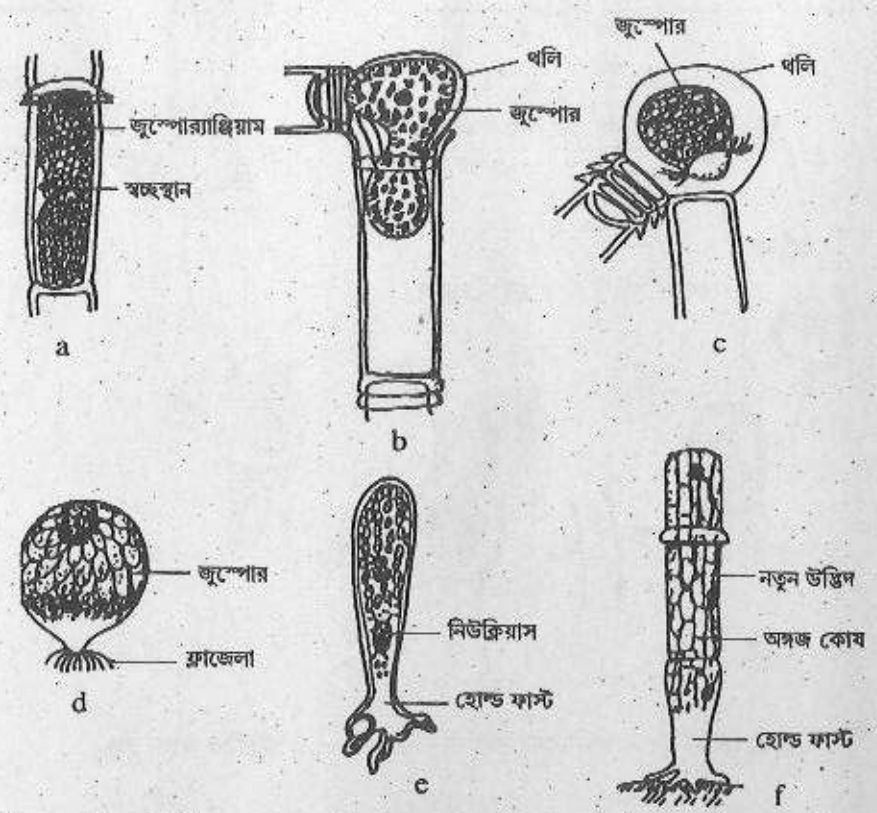
প্রশ্ন- 7 14.4 -এর যৌন জননের ম্যাকর‍্যান্ড্রাস প্রজাতি অংশ দেখুন।



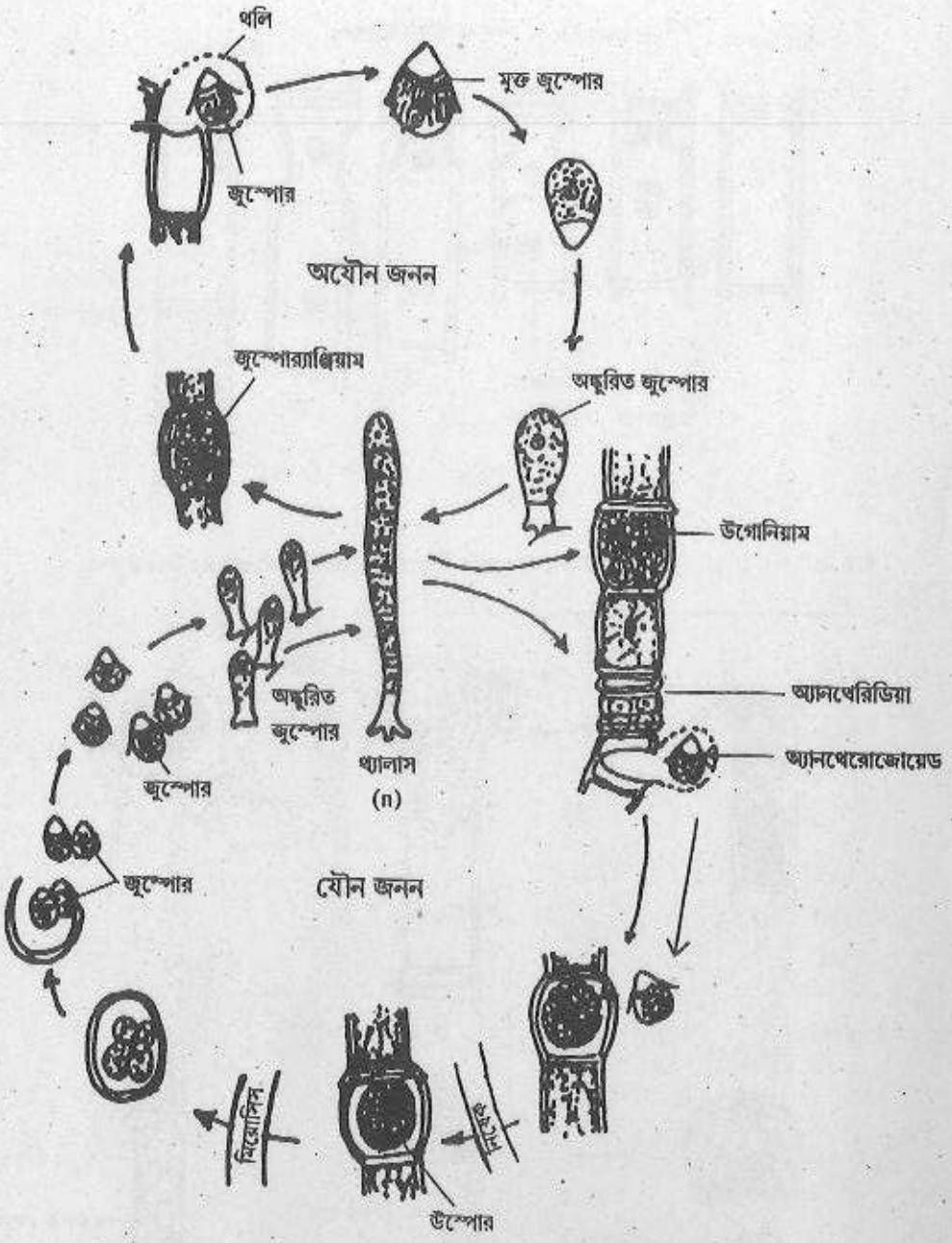
চিত্র নং 14.1 : (a) *ইডোগোনিয়ামের* একটি সহবাসী ফিলামেন্ট; (b) *ইডোগোনিয়ামের* একটি কোষের গঠন।



চিত্র নং 14.2 : (a - f) *ইডোগোনিয়ামের* কোষ বিভাজন ও অগ্রস্থ টুপী গঠনের বিভিন্ন দশা।

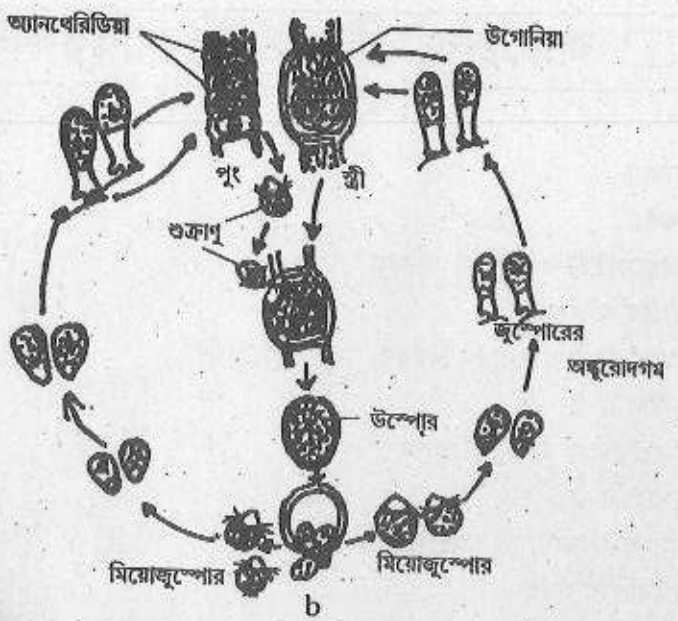


ত্র নং 14.3 : ইডোগোনিয়ামের অযৌন জনন। (a) জুস্পোরাঞ্জিয়াম; (b), (c) - জুস্পোরের নির্গমণ; (d)-(f) জুস্পোরের অঙ্কুরোদগমের মাধ্যমে নূতন উদ্ভিদের সৃষ্টি।

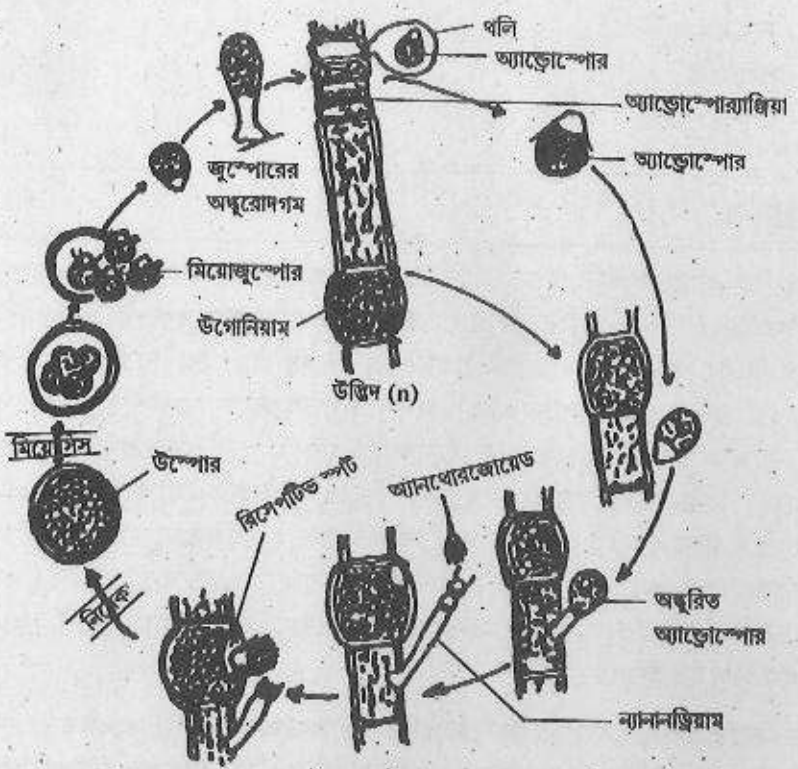


a

চিত্র নং 14.4 : *ইডোগোনিয়ামের* সহবাসী (monoecious) প্রজাতির জীবন চক্র।



চিত্র নং 14.5 : *ইডোগোনিয়ামের* ভিন্নবাসী (dioecious) প্রজাতির জীবন চক্র।



চিত্র নং 14.6 : *ইডোগোনিয়ামের* ন্যানানড্রাস প্রজাতির জীবন চক্র (যৌন জনন চক্র)।

একক 15 ☐ জ্যান্থোফাইসী ও ব্যাসিলারিওফাইসী

আলোচিত বিষয়

15.1 প্রস্তাবনা
15.2 উদ্দেশ্য
15.3 জ্যান্থোফাইসী-র সংক্ষিপ্ত পরিচয়
15.3.1 মুখ্য বৈশিষ্ট্যসমূহ
15.3.2 জ্যান্থোফাইসীর সাধারণ বিবরণ
অনুশীলনী- 1
15.4 ভাউচেরিয়া-র জীবন ইতিহাস
অনুশীলনী- 2
15.5 ব্যাসিলারিওফাইসীর সংক্ষিপ্ত পরিচয়
15.5.1 মুখ্যবৈশিষ্ট্য সমূহ
15.5.2 ব্যাসিলারিওফাইসীর সাধারণ বিবরণ
অনুশীলনী- 3
15.6 সারাংশ
15.7 প্রশ্নাবলী
15.8 উত্তরসংকেত

15.1 প্রস্তাবনা

জি. এম. স্মিথ জ্যান্থোফাইসী ও ব্যাসিলারিওফাইসী শ্রেণী দুটিকে কতকগুলি সাধারণ বৈশিষ্ট্যের উপর ভিত্তি করে ক্রাইসোফাইটা (Chrysophyta) 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। খ) কোষপ্রাকারে সিলিকার আস্তরণ। গ) সঞ্চিত খাদ্য লিউকোসিন (ক্রাইসোল্যামিনারিন)। পূর্বে এই শ্রেণীর শৈবালদের ক্লোরোফাইসীর অন্তর্ভুক্ত করা হত। কিন্তু পরবর্তী কালে 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।

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।

15.2 উদ্দেশ্য

এই এককটি পাঠ করে আপনি —

- জ্যান্থোফাইসী ও ব্যাসিলারিওফাইসীর অন্তর্ভুক্ত শৈবালদের সম্পর্কে একটি স্পষ্ট ধারণা করতে পারবেন এবং এই দুটি 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।

15.3 জ্যান্থোফাইসী-র সংক্ষিপ্ত পরিচয়

15.3.1 মুখ্যবৈশিষ্ট্য সমূহ ঃ (শৈবালের শ্রেণীবিন্যাস অধ্যায়ে 11.3.4 অংশে আলোচনা করা হয়েছে)।

15.3.2 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।

কোষীয় গঠন ঃ

কোষ প্রাকার - কোষ প্রাকার প্রধানতঃ পেক্টোজ বা পেক্টিক্ অ্যাসিড দ্বারা গঠিত। তবে *Tribonema acquale (ট্রাইবোনেমা অ্যাকুয়ালি)* এবং *Vaucheria* (ভাউচেরিয়) 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।

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

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।

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

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

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 অঙ্গজজনন 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 প্যাস্টোনিমাটিক 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।

15.4 ভাউচেরিয়া -র জীবন ইতিহাস

15.4.1 শ্রেণীগত অবস্থান : (Systematic Position)

ফ্রিশ্‌চ্ (Fritsch, 1935) :

শ্রেণী	-	ক্লোরোফাইসী (Chlorophyceae)
বর্গ	-	সাইফোনালিস (Siphonales)
গোত্র	-	ভাউচেরিয়াসি (Vaucheriaceae)
গণ	-	*Vaucheria (ভাউচেরিয়া)*
প্রজাতি	-	*sessilis (সেসাইলিস্)*

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।

15.4.2. 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 *ভাউচেরিয়াকে* ক্লোরোফাইসী শ্রেণীতে রাখা উচিত।

a) থ্যালাস সাইফন প্রকৃতির সিনোসাইসিক দেহ নিয়ে গঠিত।

b) যৌন জনন উগ্যামাস যা জ্যাম্বোফাইসীর 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 (Iyengar, 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 ভাবেই জ্যাম্বোফাইসী 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 জ্যাম্বোফাইসীর অন্যান্য প্রজাতির বৈশিষ্ট্য।

c) পাইরিনয়েডবিহীন ডিশের ন্যায় ক্লোরোপ্লাস্ট, যা জ্যাম্বোফাইসীয়ান্ ক্যারোটিনয়েড রঞ্জক (ক্যারোটিন ও জ্যাম্বোফিল) ধারণ করে। এক্ষেত্রে সাইফোনেসিয়াস ক্লোরোফাইসীর ন্যায় সাইফোনোজ্যান্থিন (siphonoxanthin) ধারণ করে না।

d) সঞ্চিত খাদ্য তৈল বিন্দু যা জ্যাম্বোফাইসীর বৈশিষ্ট্য।

e) পুংগ্যামেটে দুটি পার্শ্বীয়, অসমান দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট ফ্লাজেলা বর্তমান যাদের একটি টিনসেল ও অপরটি হুইপল্যাস প্রকৃতির। জ্যাম্বোফাইসীর 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)।

15.4.3 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 *(Vaucheria piloboloides, ভাউচেরিয়া পাইলোবোলোয়েডিস্)*। তাছাড়া *V. jonesii (ভাউচেরিয়া জোনেসি)* নামক প্রজাতিটি বরফে জন্মায়। *V. geminata (ভাউচেরিয়া জেমিনেটা)* প্রজাতিটি শুধু স্থলে জন্মায়।

15.4.4 অঙ্গজ গঠন (15.4 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 পেক্টোজদ্বারা 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 চাকতির ন্যায় অসংখ্য ক্লোরোপ্লাস্ট (ক্লোরোফিল-বি না থাকায় অনেকে একে ক্রোমাটোফোর 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 (15.3.2 অংশে আলোচনা করা হয়েছে) থাকে।

15.4.5 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 (চিত্র 15.1) ঃ 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 (coenozoospore)** বা **সিন্‌জুস্পোর (synzoospore)** বলে, কেননা মনে করা হয় অনেকগুলি দ্বিফ্লাজেলা 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।

b) অ্যাপ্লানোস্পোর (Aplanospore) দ্বারা (চিত্র 15.2 c) ঃ *ভাউচেরিয়ার* 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।

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 মারিতে বিন্যস্ত হয়ে একাধিক সিস্ট গঠন করে। *ভাউচেরিয়ার* এই প্রকার

অবস্থাকে *গাংগ্রোসিরা (Gongrosira)* নামক অন্য একটি শৈবালের মতো দেখতে হয় বলে একে গাংগ্রোসিরা দশা বলা হয় (চিত্র 15.2)। অনুকূল পরিবেশে প্রতিটি সিস্ট প্রাকার ভেঙে নগ্ন প্রোটোপ্লাস্ট বাইরে উন্মুক্ত হয় এবং অ্যামিবার ন্যায় দেখায়। এটি প্রাকার দেহ নালির ন্যায় উপবৃদ্ধি ও কোষ প্রাকার সৃষ্টির মাধ্যমে নূতন শৈবাল দেহ গঠন করে।

যৌন জনন (চিত্র 15.4) ঃ যৌন জনন উগ্যামাস প্রকৃতির। প্রায় সকল প্রজাতিই সহবাসী (monoecious) যেমন - *ভাউচেরিয়া সেসাইলিস, ভাউচেরিয়া জেমিনাটা* ইত্যাদি। কয়েকটি প্রজাতি যেমন - *Vaucher 1 dichotoma (ভাউচেরিয়া ডাইকটমা), V. litoria (ভাউচেরিয়া লিটোরিয়া)* প্রভৃতি ভিন্নবাসী (dioecious)।

জনন অঙ্গকে পুংধানী (antheridia) এবং স্ত্রীধানী (oogonia) বলা হয়। পুংধানী ও স্ত্রীধানী একই শাখায় সাধারনত 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 15.3)।

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 এক 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 ওয়াভারপ্লাজম 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) *ভাউচেরিয়ার* শ্রেণীগত অবস্থান উল্লেখ করুন।

2) *ভাউচেরিয়ার* দুটি ভারতীয় প্রজাতির নাম করুন।

3) *ভাউচেরিয়ার* একটি সামুদ্রিক প্রজাতির নাম করুন।

4) বরফে জন্মায় এরূপ একটি *ভাউচেরিয়া* প্রজাতির নাম করুন।

5) সিনোসাইটিক প্রকৃতির একটি শৈবালের নাম করুন।

6) *ভাউচেরিয়া* জুস্পোরের প্রকৃতি উল্লেখ করুন।

7) *ভাউচেরিয়ার* প্রতিটি জুস্পোর্যাঞ্জিয়াম থেকে কয়টি জুস্পোর উৎপন্ন হয় ?

8) 'গাংগ্রোসিরা দশা' কি ?

9) *ভাউচেরিয়ার* পুংধানী ও স্ত্রীধানী দেখতে কেমন ?

10) *ভাউচেরিয়ায়* কি প্রকার যৌন জনন দেখা যায় ?

11) *ভাউচেরিয়ার* শুক্রাণুর প্রকৃতি উল্লেখ করুন।

15.5 ব্যাসিলারিওফাইসীর সংক্ষিপ্ত পরিচয়

15.5.1 ব্যাসিলারিওফাইসীর মুখ্য বৈশিষ্ট্য সমূহ- (শৈবালের শ্রেণীবিন্যাস অধ্যায়ে ।। ২.৪ অংশে আলোচনা করা হয়েছে)।

15.5.2 ব্যাসিলারিওফাইসীর সাধারণ বিবরণ-

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

মাটিতে বসবাসকারী ডায়াটম এর নাম - *Navicula (ন্যাভিকুলা), Pinnularia (পিন্নুলারিয়া), 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 15.5) ঃ

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 প্লান্ট 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) , Surirella (সুরিরেল্লা) , Synedra(সিনেড্রা) , Eunotia (ইউনোসিয়া), Pinnularia (পিন্নুলারিয়া)* ইত্যাদি।

কোষের গঠন (চিত্র 15.6) ঃ কোষ প্রধানতঃ দুটি অংশে বিভক্ত যথা ঃ a) কোষ প্রাকার ও b) প্রোটোপ্লাস্ট।

a) **কোষ প্রাকার ঃ** ডায়াটম-এর সিলিকা যুক্ত কোষ প্রাকারকে *ফ্রাসটিউল (Frustule)* বলে (লী, Lee, 1080; হক, ম্যান ও জন, Hoek, Mann, John 1998) [অনেকে সমগ্র কোষটিকে ফ্রাসটিউল বলে থাকেন]। তবে সিলিকাযুক্ত কোষপ্রাকারের ভিতরে পেকটিন নির্মিত একটি স্তর আছে, যা প্রোটোপ্লাস্টকে আবৃত করে রাখে। ফ্রাসটিউল দুটি ভালভ (Valve) দ্বারা গঠিত। একটি ভাল্‌ভ বড় এবং অপরটি ছোট। বড় ভাল্‌ভটি ছোট ভালভটিকে পেন্ট্রিডিস (Petridishes) এর ন্যায় ঢেকে থাকে। বাইরের ভাল্‌ভটিকে এপিথেকা (Epitheca) এবং ভিতরেরটিকে হাইপোথেকা (Hypotheca) বলে। দুটি ভাল্‌ভ-এর অর্থাৎ এপিথেকা ও হাইপোথেকার সংযোগ দিক বা পার্শ্ব দিকের নাম সিঙ্গুলাম (cingulum) বা সংযোগ পট্টি (Connecting band)। দুটি সংযোগ পট্টির ওভারল্যাপিং (overlapping) স্থানকে গার্ডল (Girdle) বলে। ডায়াটম কোষকে উপরের দিক থেকে অর্থাৎ ভালভ -এর দিক থেকে দেখলে ভালভ ভিউ (valve view) এবং পাশ থেকে অর্থাৎ গার্ডলের দিক থেকে দেখলে গার্ডল ভিউ (Girdle view) বলে। ডায়াটম কোষ প্রাকারের বহিঃপৃষ্ঠে সিলিকা পুরু ও হাল্কা ভাবে সঞ্চিত হয়ে বিভিন্ন অলঙ্করণের সৃষ্টি করে যা খাঁজ বিশিষ্ট খোদাই কার্যের ন্যায় দেখায়। এইরূপ খোদাই কার্য স্ট্রিয়ি (Striae) নামে পরিচিত। খোদাই কার্যের খাঁজকে পাংকটা (puncta) এবং উঁচু স্থানগুলিকে অ্যারিওলি (Areole) বলে। সেন্ট্রিক ডায়াটম-এর ক্ষেত্রে স্ট্রিয়ি গুলি ভাল্‌ভ-এর কেন্দ্রীয় অঞ্চলকে ঘিরে অরীয় ভাবে বিন্যস্ত থাকে। কিন্তু পিনেট ডায়াটম-এর ক্ষেত্রে ভাল্‌ভ-এর লম্ব অক্ষের সাথে সামঞ্জস্য রেখে উভয় পার্শ্বে দ্বিসম-পার্শ্বীয় ভাবে সজ্জিত। অনেক পিনেট ডায়াটম-এর ক্ষেত্রে ফ্রাস্‌টিউল অর্থাৎ এপিথেকা ও হাইপোথেকা উভয়েরই মধ্যভাগ বরাবর লম্বালম্বিভাবে অবস্থিত একটি সূক্ষ্ম খাঁজ দেখা যায়। এই খাঁজকে রাফি (raphe) বলে। রাফির দুই মেরু প্রান্তে এবং

মধ্য ভাগে গোলাকার স্ফীত অংশ দেখা যায়, প্রান্তের গুলিকে পোলার নডিউল (Polar nodule) এবং মধ্যস্থলেরটিকে সেন্ট্রাল নডিউল (Central nodule) বলে।

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 (চিত্র 15.7) 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) ।

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 (চিত্র - 15.8) : 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 (কোকোনিস প্লাসেনটুলা)*।

b) দুটি কোষ - কনজুগেশনের মাধ্যমে দুটি অক্সোস্পোর সৃষ্টি করে (চিত্র - 15.9) : দুটি কোষ একত্রে এসে মিউসিলেজের 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।

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 (চিত্র - 15.10) : 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।

● **সেন্ট্রিক ডায়াটমে অক্সোস্পোর গঠন :**

a) অটোগ্যামী প্রক্রিয়ায় অক্সোস্পোর গঠন : এর মূল প্রক্রিয়াটি পিন্নেট ডায়াটমের ক্ষেত্রে সংঘটিত অটোগ্যামীর ন্যায়।

b) উগ্যামী প্রক্রিয়ায় অক্সোস্পোরের গঠন (চিত্র - 15.11) : 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।

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 11.5 অংশে আলোচনা করা হয়েছে)

অনুশীলনী - 3

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?

15.6 সারাংশ

● জ্যাম্বোফাইসী 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। জ্যাম্বোফিলের প্রাধান্যের জন্য এই শ্রেণীর শৈবালের রং হল্‌দে-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 বৈশিষ্টপূর্ণ পুংধানী ও স্ত্রীধানী উৎপন্ন হয়।

● ব্যাসিলারিওফাইসীর অন্তর্গত শৈবালদের ডায়াটম বলা হয়। এদের প্রায় সকল পরিবেশে দেখা যায়। কোষপ্রাকার পেট্রিডিসের ন্যায় এপিথেকা ও হাইপোথেকা নামক দুটি অংশে বিভক্ত। এদেরকোষপ্রাকার সিলিকাযুক্ত এবং বৈশিষ্টপূর্ণ 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।

15.7 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

1) জ্যাম্বোফাইসীর মুখ্য বৈশিষ্ট্যগুলি উল্লেখ করুন।

2) জ্যাম্বোফাইসীর সাধারণ বিবরণ দিন।

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

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

5) *ভাউচেরিয়ার* অযৌন জনন প্রক্রিয়ায় বিভিন্ন প্রকার রেণু সম্পর্কে আলোচনা করুন।

6) *ভাউচেরিয়ার* যৌন জনন কি প্রকৃতির? চিত্র সহ এর যৌন জনন পদ্ধতিটি আলোচনা করুন।

7) ব্যাসিলারিওফাইসীর সাধারণ বিবরণ দিন।

8) ডায়াটম কোষের গঠন সম্বন্ধে চিত্রসহ আলোচনা করুন।

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

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

11) ডায়াটম-এর অর্থনৈতিক গুরুত্ব সম্পর্কে আলোচনা করুন।

15.8 উত্তর সংকেত

অনুশীলনী - 1

1 – 10 : 15.3.1 এবং 15.3.2 অংশ দেখুন।

অনুশীলনী - 2

1 – 11 : 15.4 অংশ দেখুন।

অনুশীলনী - 3

1 – 15 : 15.5.2 - এর বসতি, থ্যালাসের গঠন ও কোষের গঠন অংশ দেখুন।

16 –19 : 15.5.2 - এর জনন অংশ দেখুন

সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

প্রশ্ন- 1 15.3.1 অংশ দেখুন।

প্রশ্ন- 2 15.3.2 অংশ দেখুন।

প্রশ্ন- 3 15.4.2 অংশ দেখুন।

প্রশ্ন- 4 15.4.3 ও 15.4.4 অংশ দেখুন।

প্রশ্ন- 5 15.4.5 -এর অযৌন জনন অংশ।

প্রশ্ন- 6 15.4.5 -এর যৌন জনন অংশ।

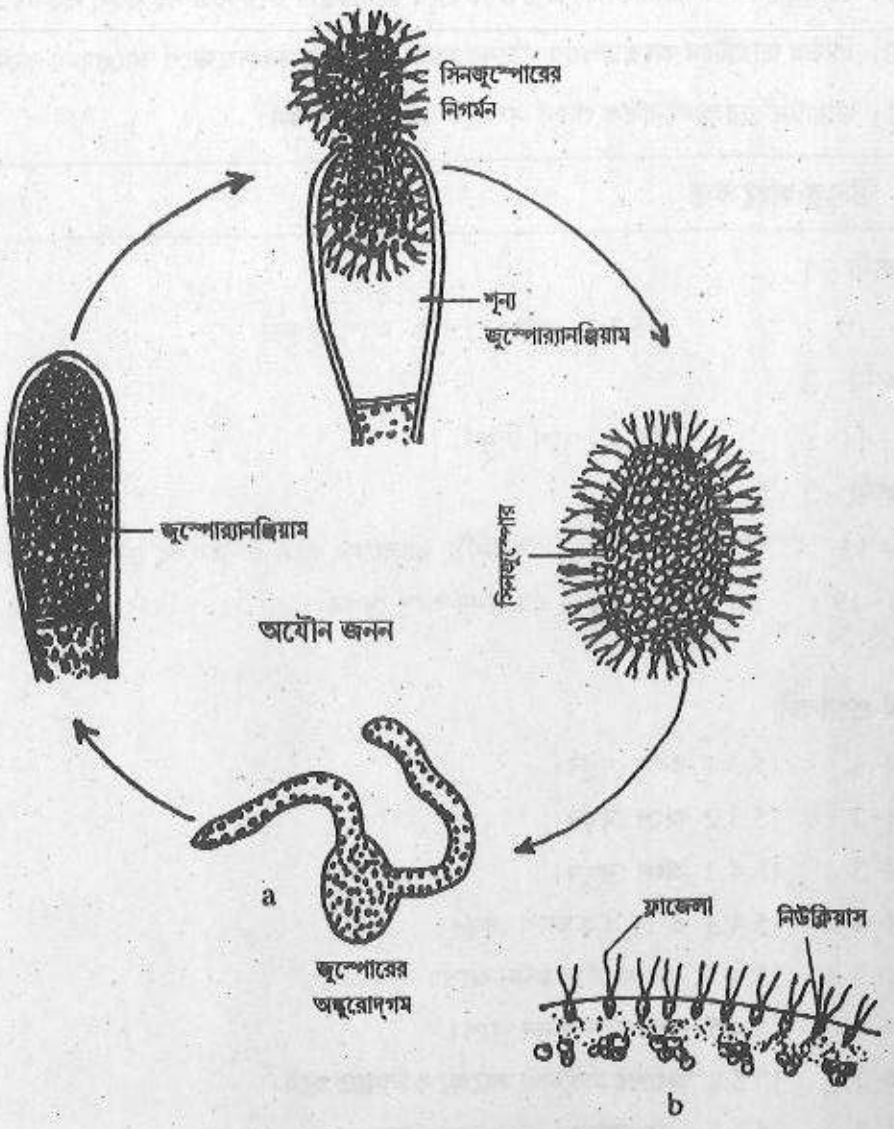
প্রশ্ন- 7 15.5.2 অংশের সবটুকুই সংক্ষেপে লিখতে হবে।

প্রশ্ন- 8 15.5.2 -এর কোষের গঠন অংশ দেখুন।

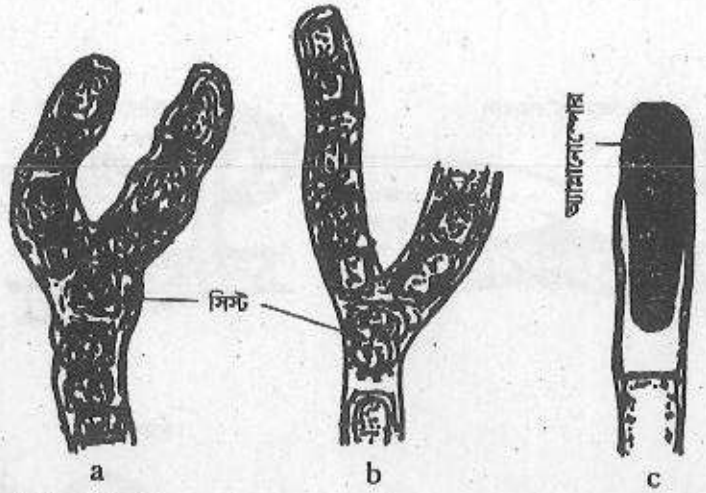
প্রশ্ন- 9 15.5.2 -এর জনন অংশের কোষ বিভাজন অংশ দেখুন।

প্রশ্ন- 10 15.5.2 -এর যৌন জনন অংশটুকু দেখুন।

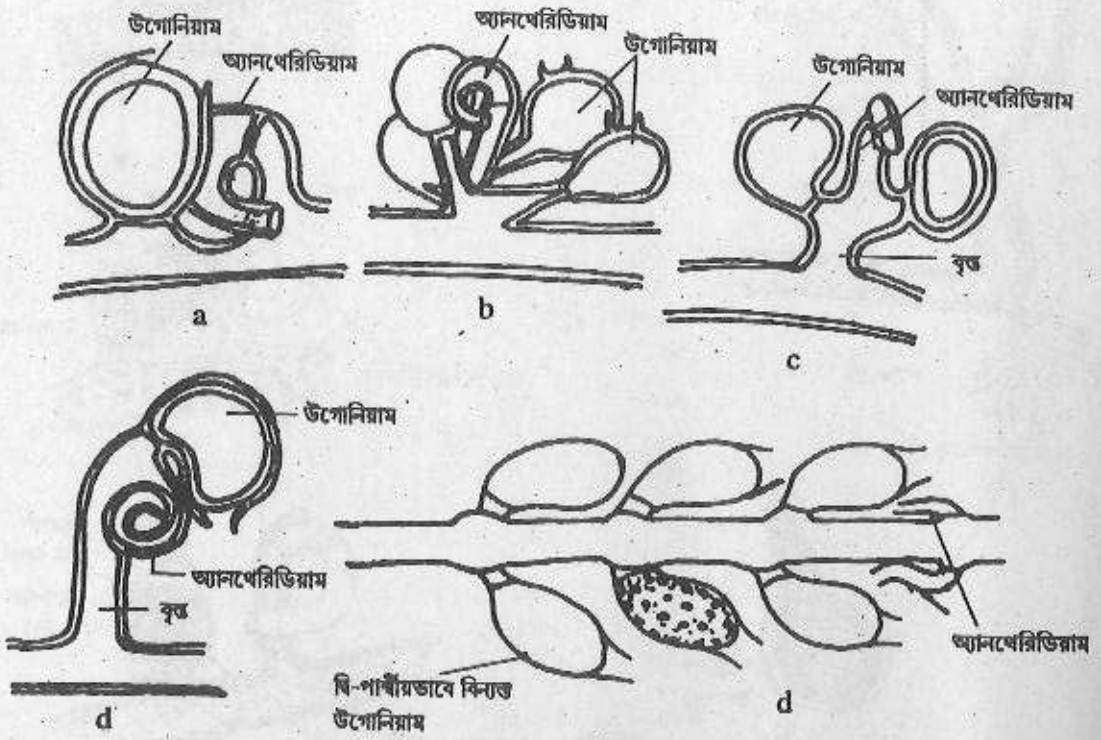
প্রশ্ন- 11 15.5.2 -এর অর্থনৈতিক গুরুত্ব অংশ দেখুন।



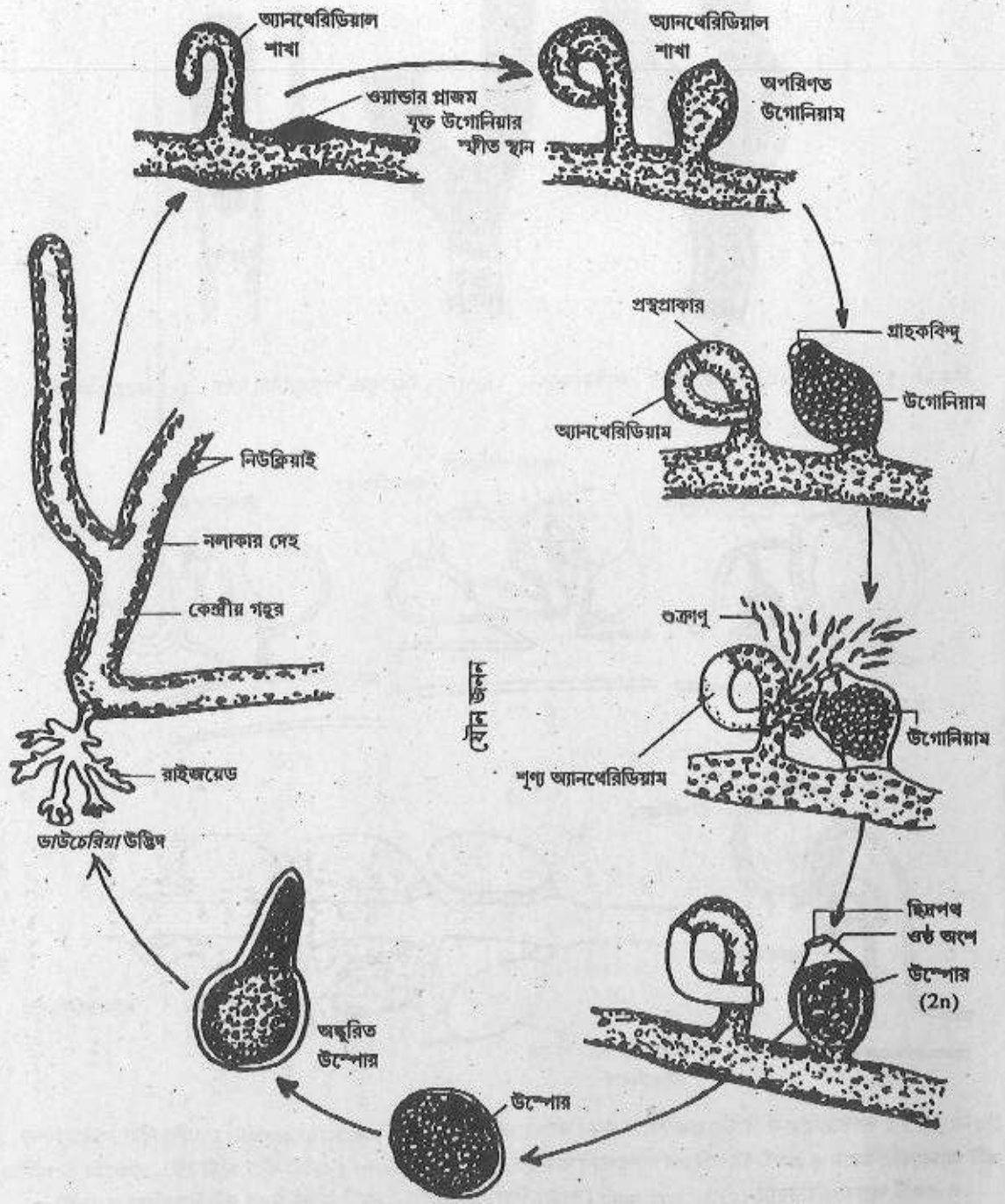
চিত্র নং 15.1 : a - b, *ভাউচেরিয়া* / (a) অযৌন জনন ; (b) সিনজুস্পোরের বিবর্ধিত একাংশ।



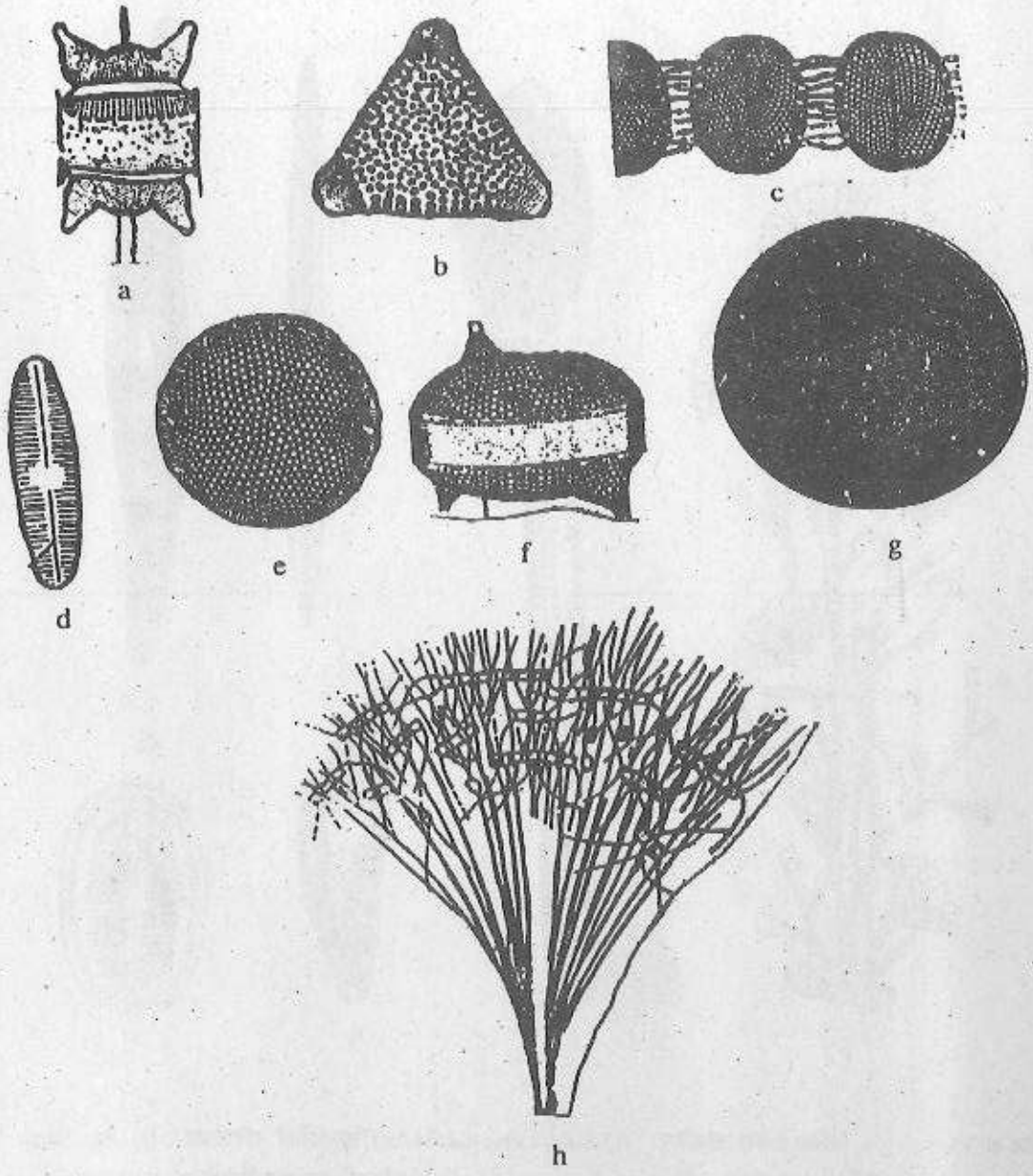
চিত্র নং 15.2 : (a) - (c), *ভাউচেরিয়া* - অযৌন জনন। (a), (b) - সিস্টযুক্ত গাংগ্রোসিরা দশা ; (c) অ্যাপ্লানোস্পোর।



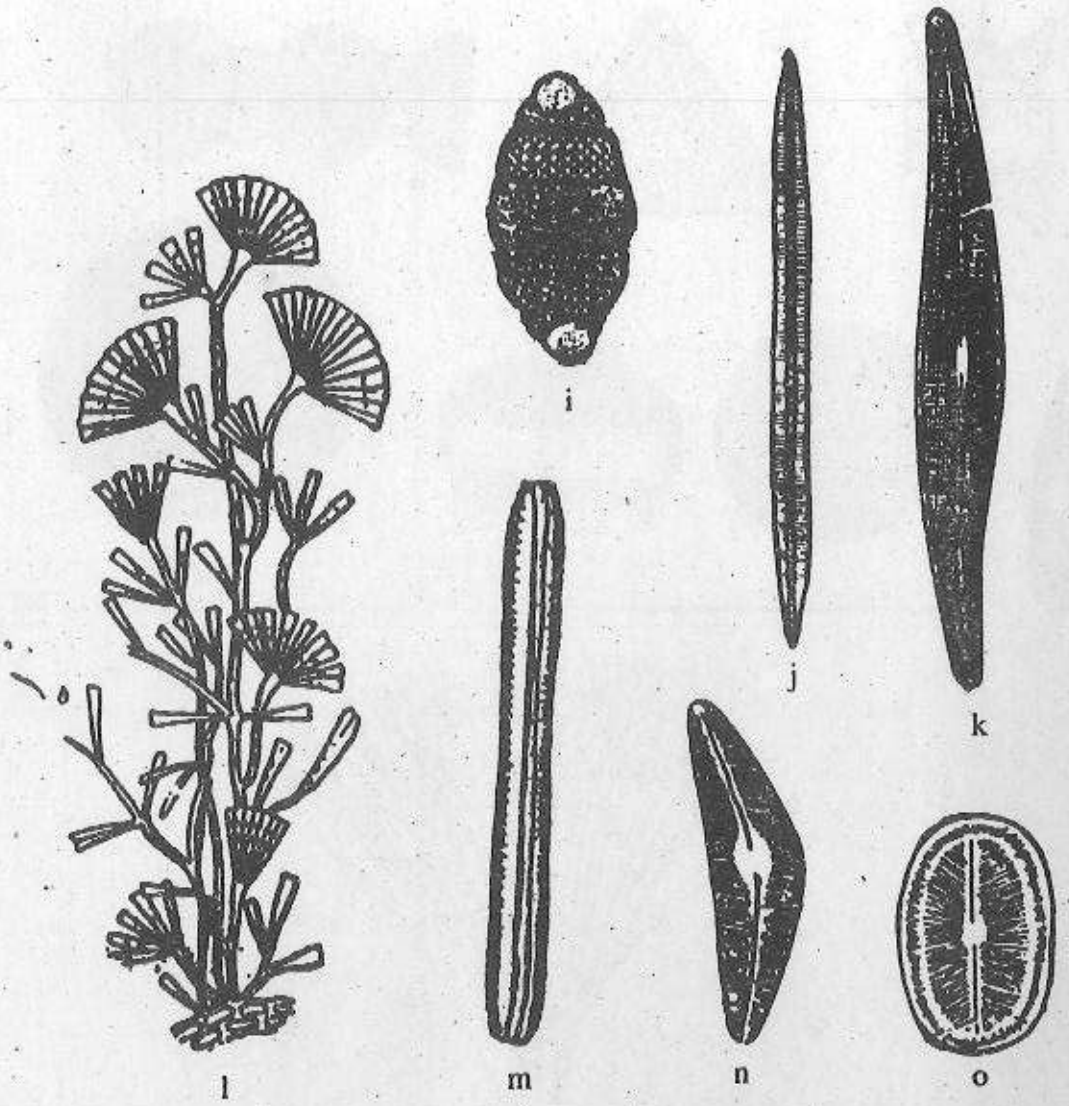
চিত্র নং 15.3 : ভাউচেরিয়া-র বিভিন্ন প্রজাতিতে জনন অঙ্গের অবস্থান। (a) *Vaucheria sessilis (ভাইচেরিয়া সেসাইলিস)*; একটি অ্যানথেরিডিয়াম ও একটি উগোনিয়াম পাশাপাশি অবস্থিত; (b) *V. gardneri (ভাইচেরিয়া গার্ডনেরি)*; একগুচ্ছ উগোনিয়া ও একটি অ্যানথেরিডিয়াম; (c) *V. geminata (ভাইচেরিয়া জেমিনাটা)*; একটি বৃন্তের উপর দুটি উগোনিয়া ও একটি অ্যানথেরিডিয়াম; (d) *V. terrestris (ভাইচেরিয়া টেরেসট্রিস)*; একটি বৃন্তের উপর একটি উগোনিয়াম ও একটি অ্যানথেরিডিয়াম; (e) *V. jonesii (ভাইচেরিয়া জোনেসি)* ; দ্বি-পার্শ্বীয়ভাবে বিন্যস্ত উগোনিয়া ও অ্যানথেরিডিয়া;



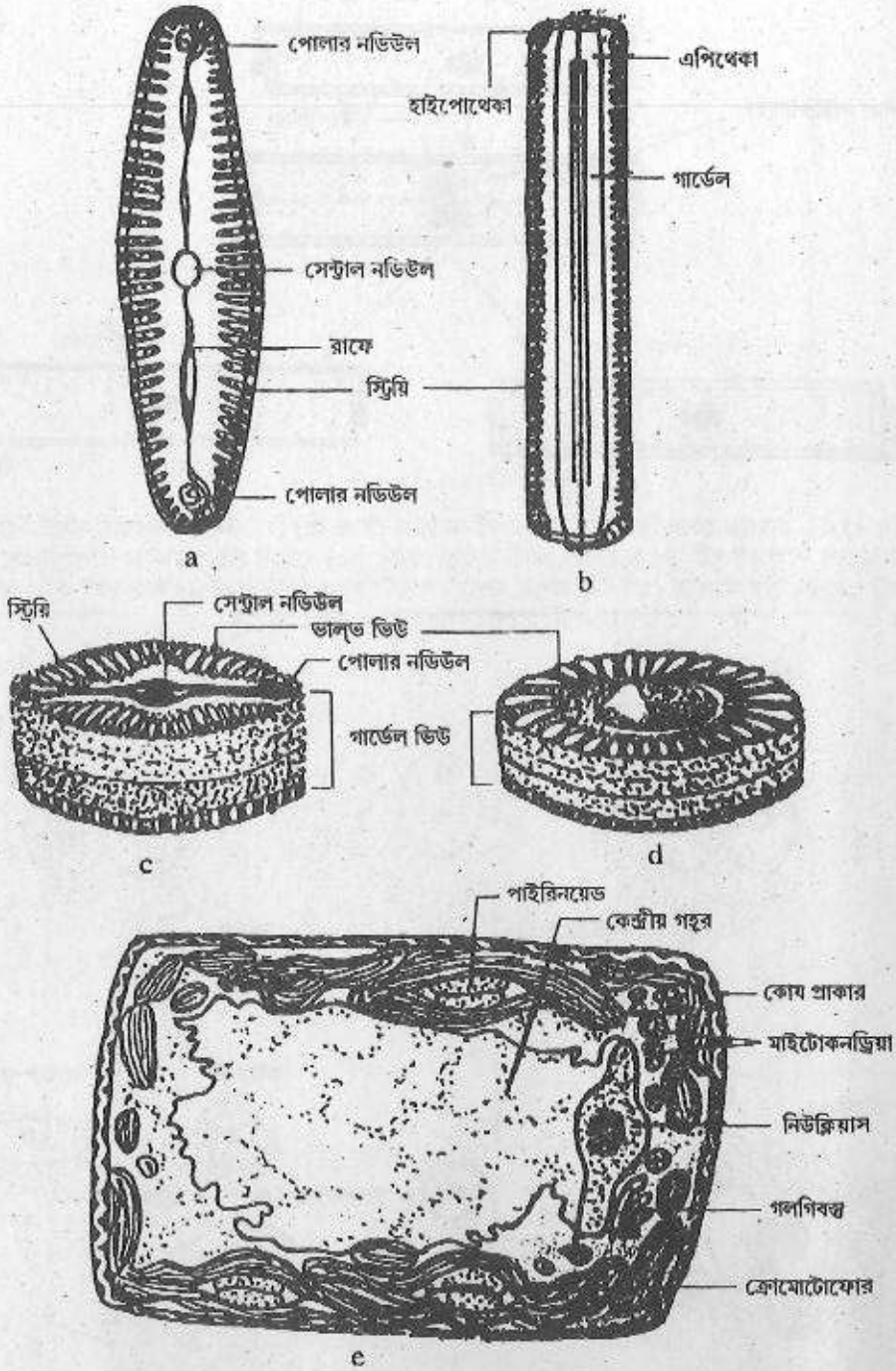
চিত্র নং 15.4 : *ভাউচেরিয়া* - যৌন জনন চক্র



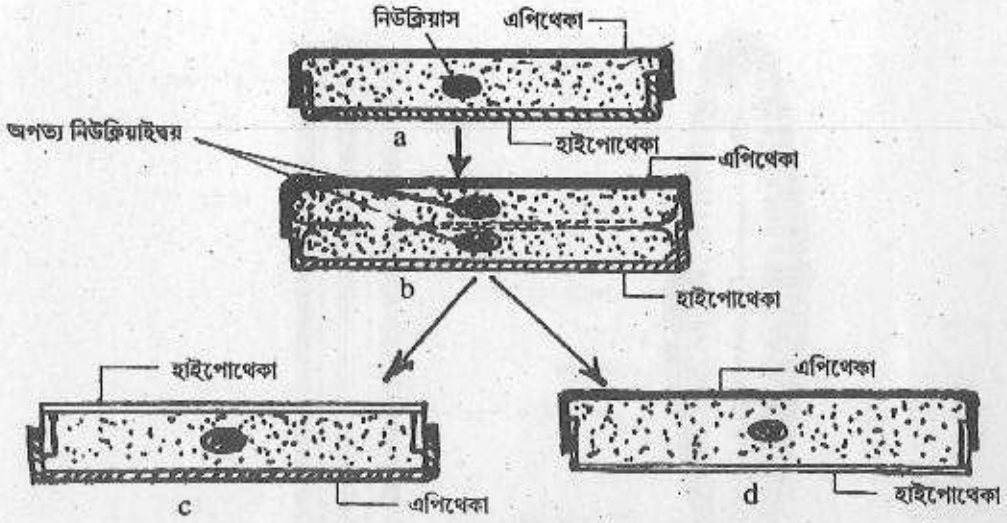
চিত্র নং 15.5 : a –h, বিভিন্ন প্রকার ডায়াটম। (a) *Odontella aurita (অডোনটেলা অরিটা);* (b) *Triceratium reticulatum (ট্রাইসিরাটিয়াম রেটিকুলেটাম);* (c) *Stephanopyxis turris (স্টিফানোপিক্সিস টারিস)* ; (d) *Achnanthes linearis (অ্যাকন্যানথেস লিনিয়ারিস্);* (e) - (f) *সিরাটিলাস রেডিয়েটাস্,* ভালভ্ ভিউ এবং গার্ডেল ভিউ (f) *(Cerataulus radiatus,* Valve view & Girdle view); (g) *Coscinodiscus perforatus (কস্সিনোডিস্কাস পারফোরাটাস্)* ; (h) *Chaetoceros socialis (কিটোসেরস্ সোসিয়েলিস্);*



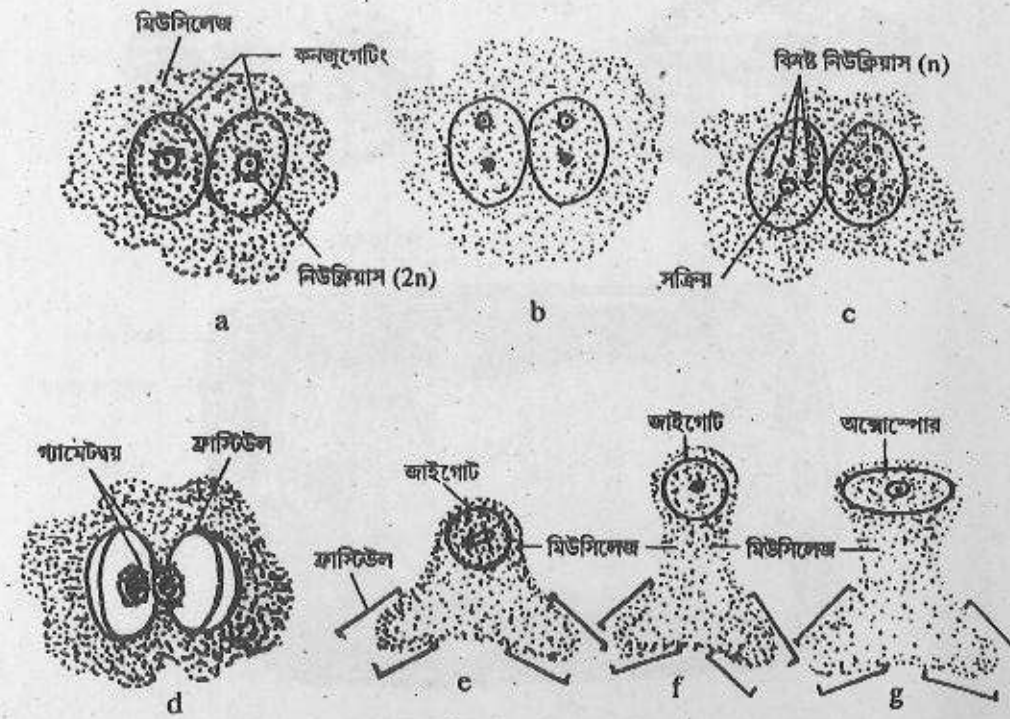
চিত্র নং 15.5 : i – o, বিভিন্ন প্রকার ডায়াটম। (i) *Biddulphia pulchella (বিডুলফিয়া পালচেল্লা)*; (j) *Bacillaria paradoxa (ব্যাসিলারিয়া প্যারাডোক্সা)*; (k) *Gyrosigma altenuatum (গাইরোসিগমা অলটিনুয়াটাম)*; (l) *Licmophora flabellata (লিকমোফোরা ফ্লাবিল্লাটা)*; (m) *Nitzschia linearis (নিটসচিয়া লিনিয়ারিস)*; (n) *Cymbella cistula (সিমবেলা সিস্টোলা)*; (o) *Cocconeis placentula (কোকোনিস্ প্লাসেন্টুলা)*।



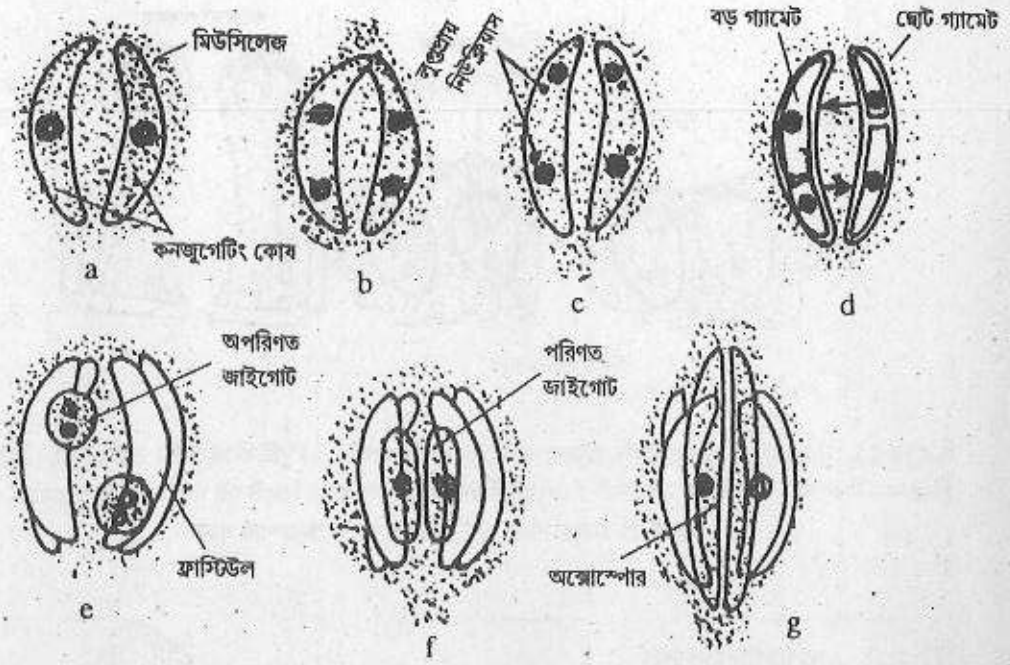
চিত্র নং 15.6 : a –c, ডায়াটম কোষের গঠন। (a) *Pinnularia sp. (পিনুলেরিয়া)* ; প্রজাতির ভাল্‌ভ ভিউ; (b) একই প্রজাতির গার্ডল ভিউ ; (c) একই প্রজাতির ত্রি-মাত্রিক দৃশ্য; (d) *Cyclotella sp. (সাইক্লোটেল্লা)* , প্রজাতির ত্রি-মাত্রিক দৃশ্য; (e) একটি ডায়াটম কোষের আলট্রা গঠন।



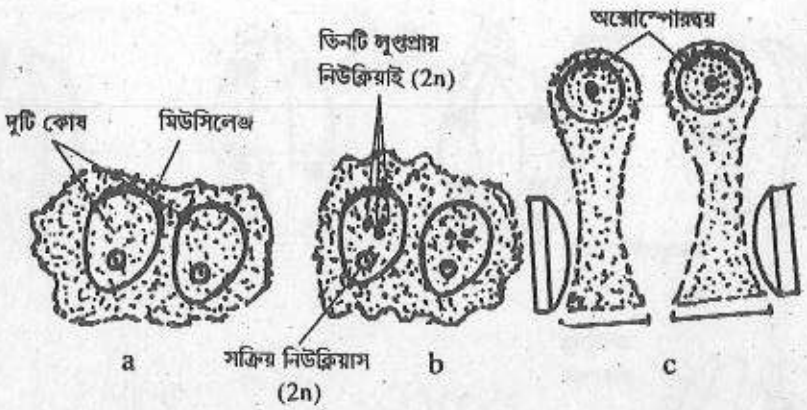
চিত্র নং 15.7 : ডায়াটম কোষ বিভাজন (a) একটি ডায়াটম কোষ; (b) বিভাজন রত অবস্থায় ডায়াটম কোষ; (c), (d) - *বিভাজনের ফলে সৃষ্ট দুটি অপত্য কোষ, একটি অপত্য কোষে (c) পুরনো হাইপোথেকার এপিথেকারূপে অবস্থান ফলে এই কোষটি পুরনো কোষ অপেক্ষা ছোট এবং অপর অপত্য কোষটিতে (d) পুরনো এপিথেকার একই রূপে অবস্থান ফলে এই কোষটি পুরনো কোষের সমান আকৃতিবিশিষ্ট।*



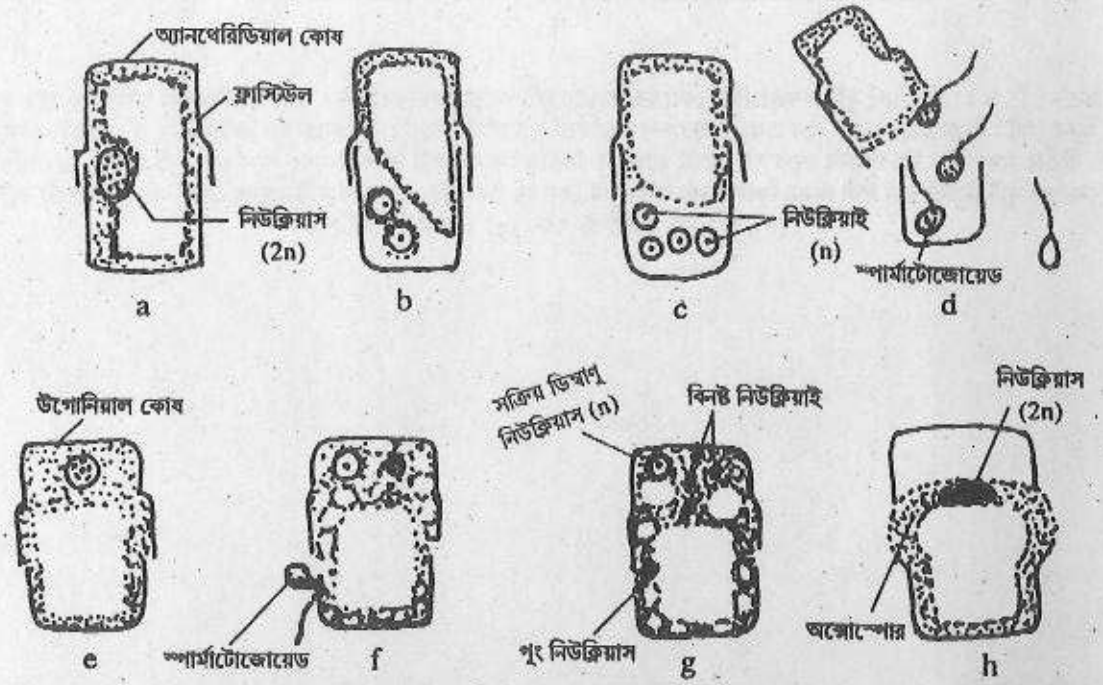
চিত্র নং 15.8 : (a) - (g) দুটি কনজুগেটিং কোষের এর সমন্বয়ে একটি অক্সোস্পোরের সৃষ্টি। (a) মিউসিলেজ আবরণীর মধ্যে মিলনে অংশগ্রহণকারী দুটি ডিপ্লয়েড কোষ ; (b) প্রথম মিয়োসিস বিভাজন দ্বারা সৃষ্ট প্রতিটি কোষে দুটি হ্যাপ্লয়েড নিউক্লিয়াস; (c) প্রতিটি কনজুগেটিং কোষে দ্বিতীয় মায়োসিস বিভাজনের ফলে সৃষ্ট চারটি 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।



চিত্র নং 15.9 : (a) - (g) দুটি কনজুগেটিং কোষের সমন্বয়ে দুটি অক্সোস্পোরের সৃষ্টি। (a) মিউসিলেজ আবরণীর মধ্যে দুটি কনজুগেটিং ডিপ্লয়েড কোষ ; (b) প্রথম মিয়োসিস বিভাজনে 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 15.10 : (a) - (c) অপুংজনি প্রক্রিয়ায় অক্সোস্পোর 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 অক্সোস্পোর গঠন।



চিত্র নং 15.11 : (a) - (h) সেক্সিক ডায়াটমে উগ্যামী প্রক্রিয়ায় অক্সোস্পোর গঠন। (a) অ্যানথেরিডিয়াম কোষ; (b)-(c) মিয়োসিস বিভাজন দ্বারা চারটি হ্যাপ্লয়েড নিউক্লিয়াস-এর সৃষ্টি; (d) চারটি হ্যাপ্লয়েড নিউক্লিয়াস দ্বারা চারটি স্পার্মাটোজোয়েড-এর সৃষ্টি; (e) উগোনিয়াম 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 অক্সোস্পোর গঠন।

একক 16 ☐ ফিওফাইসী ও রোডোফাইসী

আলোচিত বিষয়

16.1 প্রস্তাবনা
16.2 উদ্দেশ্য
16.3 ফিওফাইসীর সংক্ষিপ্ত পরিচয়
16.3.1 ফিওফাইসীর মুখ্য বৈশিষ্ট্যসমূহ
16.3.2 ফিওফাইসীর সাধারণ বিবরণ
অনুশীলনী- 1
16.4 এক্টোকারপাস-এর জীবন ইতিহাস
অনুশীলনী- 2
16.5 রোডোফাইসীর সংক্ষিপ্ত পরিচয়
16.5.1 রোডোফাইসীর মুখ্যবৈশিষ্ট্য সমূহ
16.5.2 রোডোফাইসীর সাধারণ বিবরণ
অনুশীলনী- 3
16.6 পলিসাইফনিয়ার জীবন ইতিহাস
16.7 সায়ানোফাইসী ও রোডোফাইসীর সাদৃশ্য ও পার্থক্য
অনুশীলনী- 4
16.8 সারাংশ
16.9 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী
16.10 উত্তর সংকেত
16.11 গ্রন্থপঞ্জী

16.1 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 বা বিভিন্নতা ক্লোরোফাইসীর মত নেই। অর্থনৈতিক দিক দিয়ে 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।

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 হওয়া 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 বৈশিষ্টগুলি সম্পর্কে পরিচিত হবো। *পলিসাইফনিয়ায়* জটিল প্রকৃতির জনন দেখা যায়, যা ট্রাইফেজিক প্রকৃতির।

16.2 উদ্দেশ্য

এই এককটি পাঠ করে আপনি —

- ফিওফাইসী ও রোডোফাইসী শ্রেণীর শৈবালদের সম্পর্কে একটি ধারণা করতে পারবেন।
- এই দুই শ্রেণীর কয়েকটি প্রজাতির জীবনচক্রের জটিলতাগুলি নির্দেশ করতে সক্ষম হবেন এবং 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। অপরদিকে রোডোফাইসীর সর্বাপেক্ষা জটিল প্রকৃতির শৈবালের জীবন ইতিহাস কিরূপ হতে পারে তা *পলিসাইফনিয়া*-র জীবন ইতিহাস আলোচনার মাধ্যমে উপস্থাপন করতে পারবেন।

16.3 ফিওফাইসী-র সংক্ষিপ্ত পরিচয়

16.3.1 ফিওফাইসীর মুখ্যবৈশিষ্ট্য সমূহ ঃ (শৈবালের শ্রেণীবিন্যাস অধ্যায়ে 11.3.4 অংশে আলোচনা করা হয়েছে)।

16.3.2 ফিওফাইসীর সাধারণ বিবরণ ঃ

বসতি - চারটি গণ ছাড়া সকল প্রজাতিই সামুদ্রিক। এই চারটি গণ হল - ***Lithoderma (লিথোডারমা), Heribaudiella (হেরিবাউডিয়েলা), Sphacelaria (স্ফেসিলারিয়া), Pseudobodanella (সিউডোবেডানেলা)***

[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 - মূলের 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 (ফিউকা), Ectocarpus (এক্টোকারপাস), Laminaria (ল্যামিনারিয়া), Macrocystis (ম্যাক্রোসিস্টিস্), Nereocystis (নিরিওসিস্টিস্), Sargassum (সারগাসাম), Dictyota (ডিক্‌টিওটা), Alaria (অ্যালারিয়া), Cutleria (কাটলেরিয়া)* ইত্যাদি উল্লেখযোগ্য বাদামী শৈবাল (চিত্র 16.1)

কোষের অংশ সমূহ ও রাসায়নিক প্রকৃতি ঃ

কোষপ্রাকার - কোষপ্রাকার প্রধানত দুটি স্তর নিয়ে গঠিত। বাইরের স্তরটি মিউসিলেজ বা জিলাটিন জাতীয় আঠালো পদার্থ দিয়ে তেরী। 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 (ফিউক্যালীস, ডিক্‌টিওট্যালীস, 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** প্রকৃতিব এবং বড়টি সামনের দিকে প্রসারিত, **প্যাল্টোনেমাটিক বা টিনসেল্** প্রকৃতির। তবে ফিউক্যালীস (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।

ক্রোমাটোফোর ও রঞ্জক ঃ ক্রোমাটোফোর একটি কোষে, এক বা একাধিক পরিমানে থাকে। এগুলি দেখতে ডিশের মত (discoid) আকৃতির। অনেক ক্ষেত্রে লম্বাটে ধরনের। 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) এবং ডায়াটোজ্যান্থিন (diatoxanthin) দেখা যায়। এগুলি বিভিন্ন অনুপাতে বিভিন্ন প্রজাতিতে থাকে। কিন্তু সকল রঞ্জকগুলিই ক্রোমাটোফোরে অবস্থান করে।

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 - 16.3)।

জনন - অঙ্গজ, অযৌন যৌন এই 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 (Ectocrpales) 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 128 টি 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 এটিপ্রকৃত 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 স্পোর্যাঞ্জিয়মকে নিউট্রাল স্পোর্যাঞ্জিয়াম বলে (16.4 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 বহুপ্রকোষ্ঠী গ্যামেট্যাঞ্জিয়াম ধারণ করে যা দেখতে বহুপ্রকোষ্ঠী স্পোর্যাঞ্জিয়ামের ন্যায় এবং গ্যামেটগুলিও দেখতে জুস্পোরের ন্যায়। এক্টোকারপালিস এবং স্ফেসিলারিয়ালিস্ 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 অস্বাভারিক 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 ফিওফাইসী 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 গ্যামেটে 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?

16.4 এক্টোকারপাস-এর জীবন ইতিহাস

16.4.1 শ্রেণীগত অবস্থান : (Systematic position)

ফ্রিশ্চ্-এর অনুসারে :

শ্রেণী	-	ফিওফাইসী (Phaeophyceae)
বর্গ	-	এক্টোকারপালিস (Ectocarpales)
গোত্র	-	এক্টোকারপাসী (Ectocarpaceae)
গণ	-	*Ectocarpus (এক্টোকারপাস)*
প্রজাতি	-	*arabicus(অ্যারাবিকাস)*

বোল্ড এবং ওয়াইনি 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)।*

16.4.2. বসতি : ইহা সামুদ্রিক বাদামী শৈবাল। এদেরকে অন্য কোন উদ্ভিদের উপর পরাশ্রয়ী অথবা লিথোফাইট রূপে প্রস্তর খন্ডের উপর জন্মাতে দেখা যায়।

16.4.3. অঙ্গজ গঠন (চিত্র 16.4) : 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। শাখগুলি 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 জ নন অঙ্গ বহনকারী অংশ (চিত্র 16.4a)।

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 16.4, b) কিছু প্রজাতিতে (*E. siliculosus, এক্টোকারপাস সিলিকিউলোসাস*) ক্রোমাটোফোরের সাথে উপবৃদ্ধির ন্যায় যুক্ত একটি পাইরিনয়েড বর্তমান। ক্রোমাটোফোরে ক্লোরোফিল - এ, ক্লোরোফিল - সি, β- ক্যারোটিন এবং ফিউকোজ্যান্থিন সহ অন্যান্য ক্যারোটিনয়েড রঞ্জক থাকে।

16.4.4. 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 16.5) 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 (চিত্র 16.7) ঃ 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 সিলিকিউলোসাস)* ।

কিছুপ্রজাতিতে 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 gamentangia) 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।

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 আকৃতিগত ভাবে এক কিন্তু যৌন আচরণের (sexual behaviour) ক্ষেত্রে ভিন্ন। স্ত্রীগ্যামেটরূপে অংশগ্রহণকারী গ্যামেটটি অপেক্ষাকৃত কম গতিসম্পন্ন এবং খুব তাড়াতাড়ি কোন বস্তুর সাথে আবদ্ধ হয়ে নিশ্চল অবস্থা 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 16.6, 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 16.6, 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।

16.4.5 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।

অনুশীলনী - 2

1) *এক্টোকারপাসের* শ্রেণীগত অবস্থান উল্লেখ করুন।
2) *এক্টোকারপাসের* দুটি ভারতীয় প্রজাতির নাম করুন।
3) *এক্টোকারপাস* কিরূপ স্থানে জন্মায়?
4) *এক্টোকারপাসের* ফিলামেন্টের প্রকৃতি উল্লেখ করুন।
5) *এক্টোকারপাসের* ক্রোমাটোফোর দেখতে কেমন?
6) *এক্টোকারপাসে* এক প্রকোষ্ঠ বিশিষ্ট স্পোর্যাঞ্জিয়াম থেকে কিপ্রকার রেণু উৎপন্ন হয়?
7) *এক্টোকারপাসের* কোন্ প্রকার স্পোর্যাঞ্জিয়াম থেকে মাইটোস্পোর উৎপন্ন হয়? একে নিউট্রাল স্পোর বলা হয় কেন?
8) শারীরবৃত্তীয় অ্যানাইসোগ্যামী ও প্রকৃত অ্যানাইসোগ্যামী *এক্টোকারপাসের* কোন্ কোন্ প্রজাতিতে দেখা যায়?
9) ক্লাম্প গঠন কি?

16.5 রোডোফাইসীর সংক্ষিপ্ত পরিচয়

16.5.1 রোডোফাইসীর মুখ্য বৈশিষ্ট্য সমূহ (শৈবালের শ্রেণীবিন্যাস অধ্যায়ে 11.3.4 অংশে আলোচনা করা হয়েছে।

16.5.2 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 ক্রোমাটোফোর 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 (পেট্রোভেনেল্লা), Comsopogon (কমসোপোগণ), Batrachospermum (ব্যাট্রাকোস্পার্মাম), Thorea (থোরিয়া), Lemanea (লেমানিয়া),* ইত্যাদি।

Porphyridium (পরফাইরিডিয়াম), নামক এককোষী 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 *Plocamium (প্লোক্যামিয়াম)* প্রকৃতপক্ষেই প্রকৃতির 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, অ্যাস্টারোসিস্টিস*) 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 *(Multi-axial)*** - এক্ষেত্রে একাধিক-অক্ষ-সূত্র দ্বারা দেহ গঠিত। প্রতিটি অক্ষ-সূত্রের অগ্রভাগে ভাজক কোষ থাকে এবং প্রতিটি অক্ষ-সূত্র থেকে পার্শ্বীয় শাখা নির্গত হয়ে ছদ্মপ্যারেনকাইমাযুক্ত দেহ গঠন করে। উদাহরণ - *Helminthocladia (হেল্‌মিন্থোক্ল্যাডিয়া), Polysiphonia (পলিসাইফনিয়া), Chondrus (কন্ড্রাস)* ইত্যাদি।

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 - *ব্যাট্রাকোস্পার্মম; 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 ফাইকোবিলিপ্রোটিন জাতীয় রঞ্জক দেখা যায়। তবে এক্ষেত্রে r- ফাইকোএরিথ্রিনের আধিক্যের জন্য এইপ্রকার শৈবালের রং লাল দেখায়।

তাছাড়া α - ক্যারোটিন, β - ক্যারেটিন, 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 16.8A)। 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 **স্পার্মাটাঞ্জিয়াম** 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 *ব্যাঙ্গিয়া (Bangia)* গনে **ডিপ্লোহ্যাপ্লন্টিক** বা **বাইফেজিক (biphasic)** জীবনচক্র দেখা যায়।

Porphyra tenera (পরফাইরা টেনেরা) (চিত্র - 16.8B) উদ্ভিদটি গ্যামেটোফাইটিক (হ্যাপ্লয়েড) প্রকৃতির। থ্যালাসটি সহবাসী। একই উদ্ভিদে স্পার্মাটিয়াঞ্জিয়াম ও কার্পোগোনিয়াম উৎপন্ন হয়। স্পার্মাটিয়াঞ্জিয়ামে 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। চ্যান্ট্রান্সিয়া 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 ট্রাইফাজিক 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 - 3

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 লোহিতশৈবালের 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 রোডোফাসীর 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) ক্লোরিডিওফাইসিডি উপশ্রেণীতে কতপ্রকার জনুক্রম দেখা যায়?
22) হ্যাপ্লয়েড কার্পোস্পোরোফাইট কোন্ শৈবালে দেখা যায়?
23) ট্রাইফেজিক জীবনচক্র কাকে বলে?

16.6 পলিসাইফনিয়া-র জীবন ইতিহাস

16.6.1 শ্রেণীগত অবস্থান (Systematic position) :

ফ্রিশ্চ্ (Fritsch)--এর অনুসারে :

শ্রেণী	-	রোডোফাইসী (Rhodophyceae)
উপ-শ্রেণী	-	ফ্লোরিডি (Florideae)
বর্গ	-	সিরামিয়ালিস (Ceramiales)
গোত্র	-	রোডোমিলাসি (Rhodomelaceae)
গণ	-	*Polysiphonia (পলিসাইফনিয়া)*
প্রজাতি	-	*platycarpa (প্ল্যাটিকারপা)*

বোল্ড এবং ওয়াইনি (Bold & Wynne) অনুসারে :

বিভাগ	-	রোডোফাইটা (Rhodophyta)
শ্রেণী	-	রোডোফাইসী (Rhodophyceae)
উপ-শ্রেণী	-	ফ্লোরিডিওফাইসী (Florideophyceae)
বর্গ	-	সিরামিয়ালিস (Ceramiales)
গোত্র	-	রোডোমিলাসি (Rhodomelaceae)
গণ	-	*Polysiphonia (পলিসাইফনিয়া)*
প্রজাতি	-	*platycarpa (প্ল্যাটিকারপা)*

ভারতীয় প্রজাতি - *পলিসাইফনিয়া প্লাটিকারপা (Polysiphonia platycarpa), পলিসাইফনিয়া ভ্যারিগেটা (P. variegata)*

16.6.2 বসতি : *পলিসাইফনিয়ার* সকল প্রজাতিই সামুদ্রিক। এদের অনেক প্রজাতি পরাশ্রয়ীরূপে বাদামী শৈবালের উপর বাস করে।

16.6.3 উদ্ভিদ দেহের অঙ্গজ গঠন (চিত্র - 16.9) :

- 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 দ'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।

16.6.4 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 - 16.10) : 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 স্পার্মাট্যাঞ্জিয়া উৎপন্ন হয়। প্রতিটি স্পার্মাট্যাঞ্জিয়ামের প্রোটোপ্লাস্ট রূপান্তরিত হয়ে একটি মাত্র ফ্লাজেলাবিহীন নিশ্চল স্পার্মাসিয়াম উৎপন্ন করে। পরিণত স্পার্মাসিয়াম স্পার্মাট্যাঞ্জিয়ামের প্রাচীর বিদীর্ণ করে জলে মুক্ত হয় এবং ভাসতে থাকে।

কার্পোগোনিয়াম (Carpogonium) (চিত্র - 16.11) : কার্পোগোনিয়াম স্ত্রী-জনন অঙ্গ। উর্বর স্ত্রী ট্রাইকোব্লাস্টে কার্পোগোনিয়াম উৎপন্ন হয়। প্রথমে ট্রাইকোব্লাস্ট একসারি সাইফন যুক্ত থাকে। পরে ইহা বহুসারি সাইফন যুক্ত হয়। পৃষ্টদেশীয় কোন পেরিসেন্ট্রাল কোষ ধারক কোষ (Supporting cell) রূপে কাজ করে যা পুনঃ পুনঃ বিভাজিত হয়ে 4-5 কোষ বিশিষ্ট বক্রাকার কার্পাগোনিয়াল ফিলামেন্ট 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 - 16.12) : 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 (চিত্র নং 16.12a-e) :

- প্রথমে সাপোর্টিং কোষের মাথায় একটি অক্সিলিয়ারী কোষ উৎপন্ন হয় যার মধ্যে একটি হ্যাপ্লয়েড নিউক্লিয়াস অবস্থান করে। এর পাশাপাশি সাপোর্টিং 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 সাংযোগনালীর মধ্য দিয়ে অক্সিলিয়ারী কোষে প্রবেশ করে।
- এই পর্যায়ে যুগপৎ নিম্নলিখিত পরিবর্তন গুলি দেখা যায় :
  - 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** (চিত্র - 16.12 f-i) :

ডিপ্লয়েড কার্পোস্পোর 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 - 16.13)। 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।

16.6.5 জনুক্রম (চিত্র নং - 16.14) :

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 স্পার্মাটিয়াঞ্জিয়ামে স্পার্মাসিয়াম (পুং

গ্যামেট) উৎপন্ন হয়। স্ত্রী গ্যামেটোফাইটে কার্পোগোনিয়ামে ডিম্বাণু নিউক্লিয়াস থাকে। স্পার্মাসিয়ামের 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 মাতৃকোষে মিয়োসিস হয় এবং হ্যাপ্লয়েড টেট্রাস্পোর উৎপন্ন করে। টেট্রাস্পোর অঙ্কুরিত হয়ে পুনরায় গ্যামোটোফাইট উদ্ভিদ উৎপন্ন করে এবং জীবনচক্র সম্পন্ন হয়। যেহেতু জীবনচক্রে তিনটি জনু দেখা যায় সেহেতু একে ট্রাইফেজিক জীবন চক্র **(Triphasic life cycle)** বলে।

16.7 সায়ানোফাইসী ও রোডোফাইসীর সাদৃশ্য ও পার্থক্য

16.7.1 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।

16.7.2 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 - 4

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 সাদৃশ্য গুলি উল্লেখ করুন।
14) সায়ানোফাইসী ও রোডোফাইসীর পার্থক্যগুলি উল্লেখ করুন।

16.8 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 দীর্ঘাকৃতির শৈবাল এই শ্রেণীতেই দেখা যায়।

ফিওফাইসীর কোষ-প্রাকারে অবস্থিত মিউসিলেজ পদার্থের মধ্যে অ্যালগিন ও ফিউকয়ডিন্ নামক পদার্থ থাকে। অঙ্গজকোষ ফ্লাজেলা বিহীন 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।

এক্টোকারপাস সূত্রাকার ও হেটারোট্রিকাস প্রকৃতির। সকল শাখাই এক সারি কোষ দ্বারা গঠিত। এক্টোকারপাসে আইসোমরফিক ডিপ্লোহ্যাপ্লোন্টিক প্রকৃতির জনুক্রম দেখা যায়। *এক্টোকারপাসের* 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 যাহা 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।

● 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। কোষপ্রাচীরে 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 বৈশিষ্টপূর্ণ মাইটোস্পোর -মনোস্পোর ও নিউট্রাল স্পোর দেখা যায়।

যৌন জনন উগ্যামাস প্রকৃতির। লোহিত শৈবালে বৈশিষ্টপূর্ণ পুংজনন অঙ্গকে স্পার্মাট্যাঞ্জিয়াম ও স্ত্রী জনন অঙ্গকে কার্পোগোনিয়াম বলে। স্পার্মাটাঞ্জিয়াম থেকে নিশ্চল স্পার্মাসিয়াম উৎপন্ন হয়। কার্পোগোনিয়ামে অবস্থিত ডিম্বাণু নিউক্লিয়াস স্পার্মাসিয়ামের নিউক্লিয়াসের সাথে নিষিক্ত হয়ে জাইগোটের পরিবর্তে জাইগেটিক নিউক্লিয়াস গঠন করে।

জাইগোটিক নিউক্লিয়াসের পরবর্তী বিভাজন প্রজাতি বিশেষে মাইটোসিস অথবা মিয়োসিস হতে পারে এবং তার উপর নির্ভর করে বিভিন্ন প্রকার জীবন চক্র দেখা যায়।

16.9 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) রোডোফাইসীর কোষের গঠন আলোচনা সহ অঙ্গজ গঠনের সংক্ষিপ্ত পরিচয় দিন।

10) রোডোফাইসীর বিভিন্ন প্রকার যৌনজনন সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা করুন।

11) রোডোফাইসীর বিভিন্ন প্রকার জনুক্রম আলোচনা করুন।

12) *পলিসাইফনিয়া*-র অঙ্গজ গঠন সম্পর্কে আলোচনা করুন।

13) *পলিসাইফনিয়ার* নিষেক অবধি যৌন জনন সম্বন্ধে লিখুন।

14) *পলিসাইফনিয়ার* নিষেকোত্তর যৌন জনন সম্পর্কে যা জানা আছে লিখুন।

16.10 উত্তর সংকেত

অনুশীলনী - 1

1 – 14 : 16.3.2 অংশ দেখুন।

অনুশীলনী - 2

1 – 9 : 16.4 অংশ দেখুন।

অনুশীলনী - 3

1 – 23 : 16.5.2 অংশ দেখুন।

অনুশীলনী - 4

1 – 12 : 16.6 অংশ দেখুন।

13 : 16.7.1 অংশ দেখুন।

14 : 16.7.2 অংশ দেখুন।

সর্বশেষ প্রশ্নাবলী :

1) 16.3.2 এর বসতি ও অঙ্গজ গঠন অংশ দেখুন।
2) 16.3.2 এর কোষের অংশ সমূহ ও রাসায়নিক প্রকৃতি অংশ দেখুন।
3) 16.3.2 এর অযৌন জনন অংশ দেখুন।
4) 16.3.2 এর যৌন জনন অংশ দেখুন।
5) 16.4.1 এবং 16.4.3 অংশ দেখুন।
6) 16.4.4 অংশের অযৌন জনন অংশ দেখুন।
7) 16.4.4 এর যৌন জনন অংশ দেখুন।
8) 16.4.5 অংশ দেখুন।
9) 16.5.2 অংশের অঙ্গজ গঠন ও কোষের গঠন অংশ দেখুন।
10) 16.5.2 এর যৌন জনন অংশ দেখুন।
11) 16.5.2 এর যৌন জনন অংশ দেখুন।
12) 16.6.3 অংশ দেখুন।
13) 16.6.4 অংশ দেখুন। (নিষেক অংশ পর্যন্ত)
14) 16.6.4 অংশ দেখুন। (নিষেকের পরবর্তী অংশ থেকে)

16.11 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.

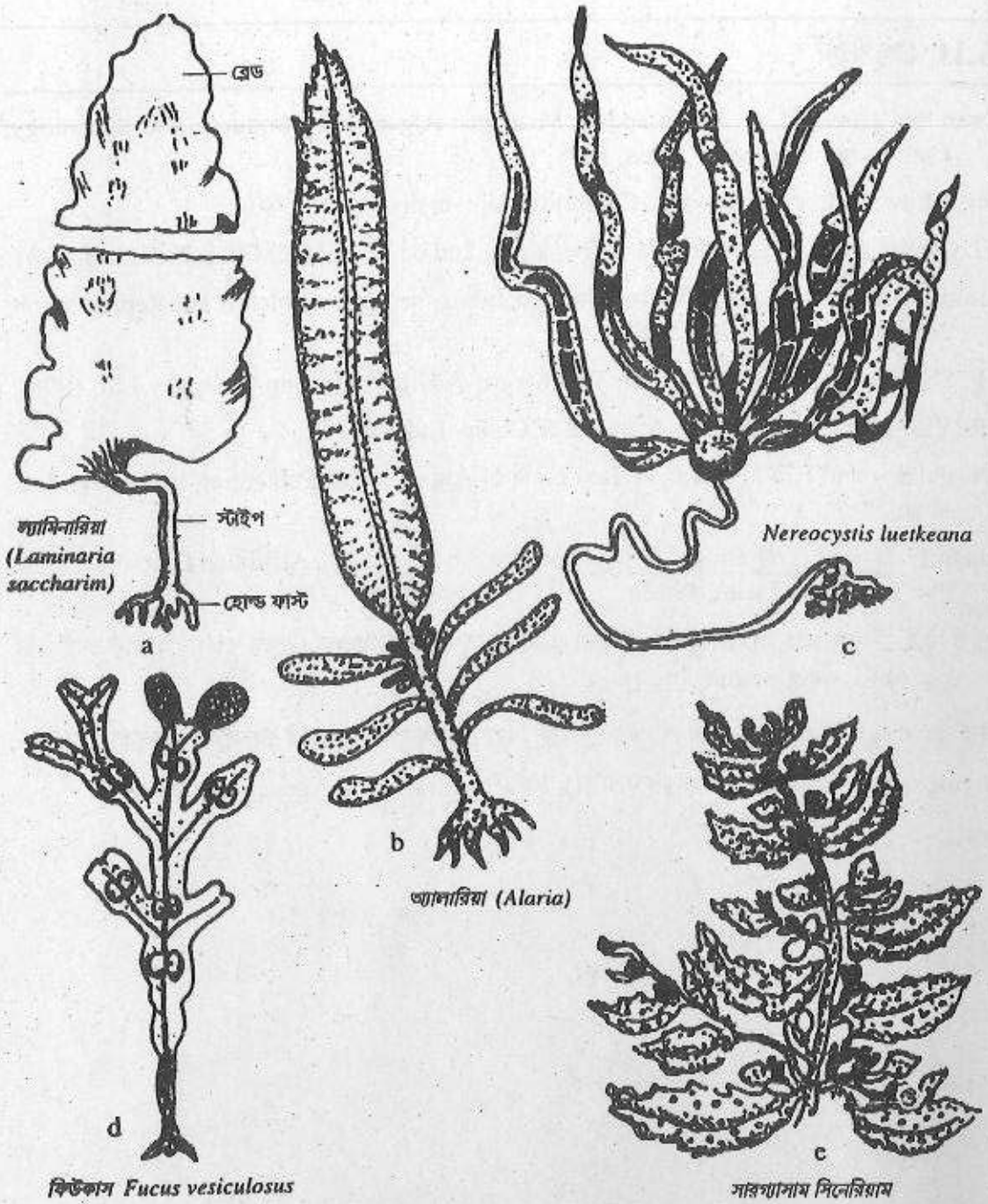
S. N. Pandey and P. S. Trivedi; A Text book of Algae, Vikas Publishing House Pvt. Ltd. 1996.

Kumar, H. D. and H. N. Singh; A Text book on Algae, 3rd ed., Affiliated East-West Press Pvt. Ltd., New Delhi, 1982.

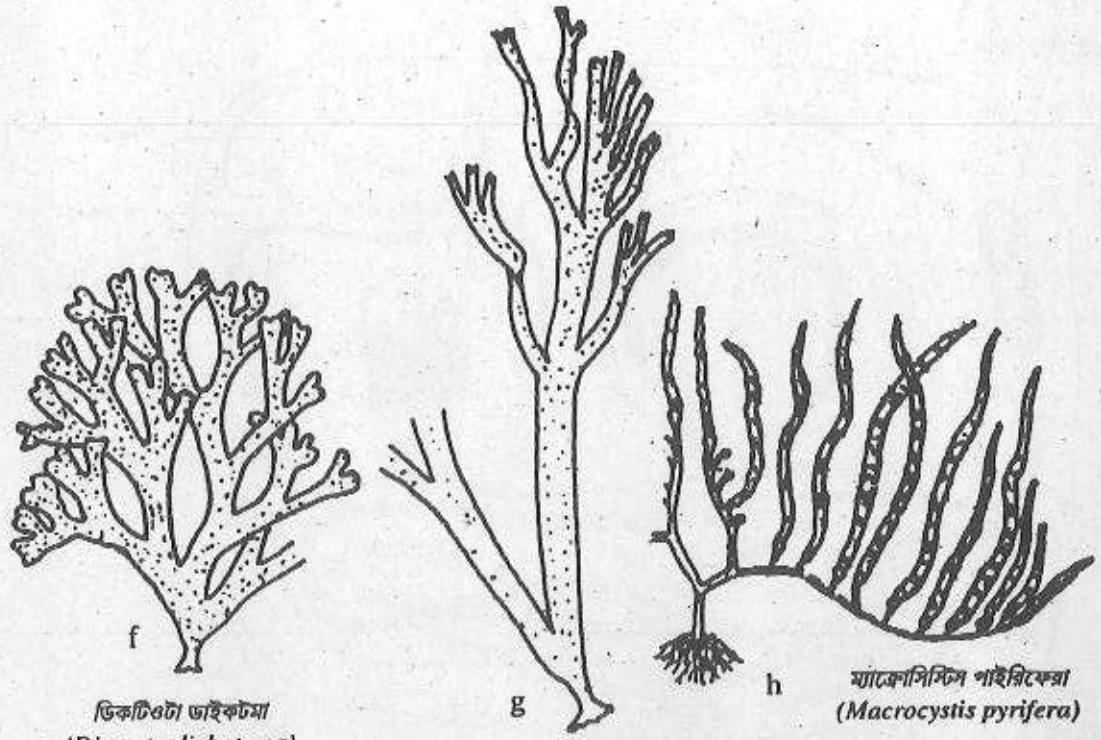
দেবব্রত মিত্র, জীবেশ গুহ, সলিল কুমার চৌধুরী ও নরেন দত্ত; উদ্ভিদ বিজ্ঞান (প্রথম খণ্ড), মৌলিক লাইব্রেরী, কোলকাতা, পঞ্চম সংস্করণ, 1999.

অজিত কুমার গঙ্গোপাধ্যায় ও নির্মলচন্দ্র কুমার; উদ্ভিদ বিদ্যা (প্রথম খণ্ড), ভারতী বুক স্টল, কোলকাতা, 1986.

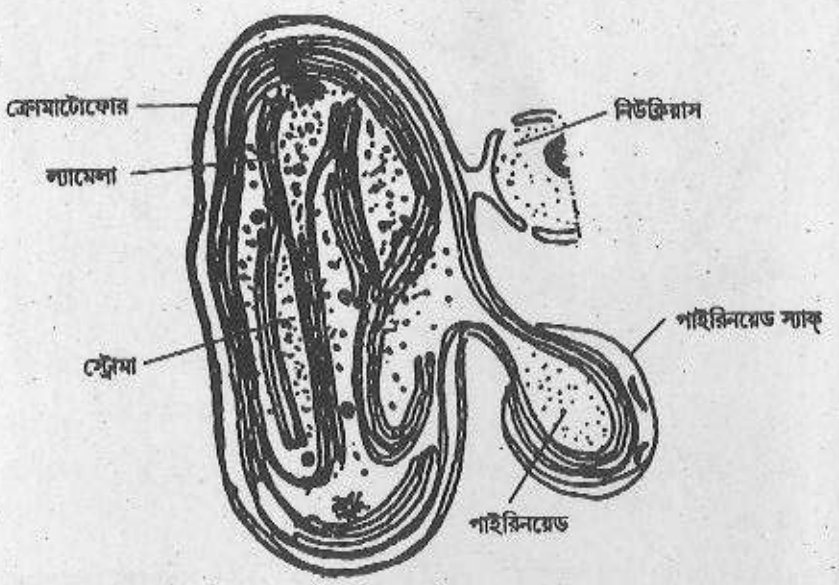
Gangulee.et.al; College Botany (Vol-II), New Central Book Agency, Kolkata.



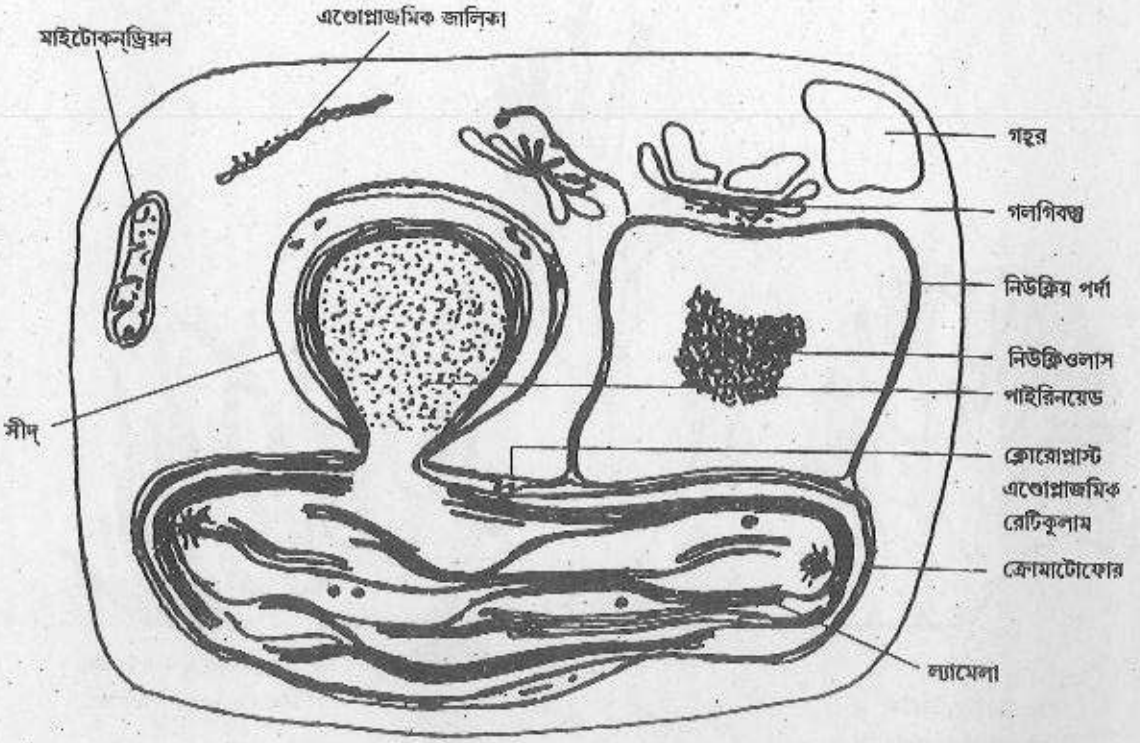
চিত্র নং 16.1 : a –e, বিভিন্ন প্রকার বাদামী শৈবাল। (a) *ল্যামিনারিয়া স্যাকারিম (Laminaria saccharim)*; (b) *অ্যালারিয়া (Alaria)*; (c) *নিরিওসিস্টিস্ লুটকিয়ানা (Nereocystis luetkeana)*; (d) *ফিউকাস ভেসিকুলোসাস (Fucus vesiculosus)*; (e) *সারগ্যাসাম সিনেরিয়াম (Sagassum cinereum)*;



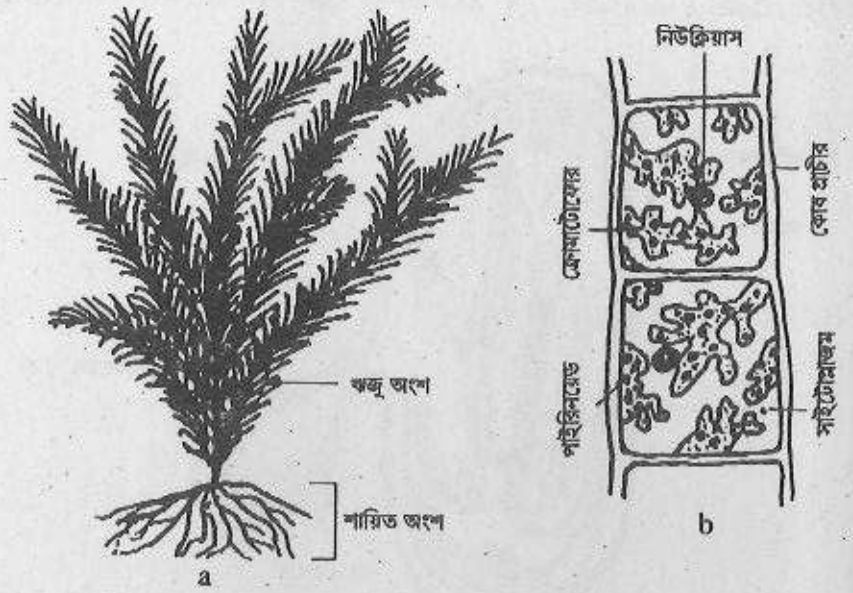
চিত্র নং 16.1 : f –h, বিভিন্ন প্রকার বাদামী শৈবাল। (f) *ডিকটিওটা ডাইকটমা (Dictyota dichotoma)*; (g) *কাটলেরিয়া মাল্টিফিডিয়া (Cutleria multifidia)*; (h) *ম্যাক্রোসিস্টিস পাইরিফেরা (Macrocystis pyrifera)*;



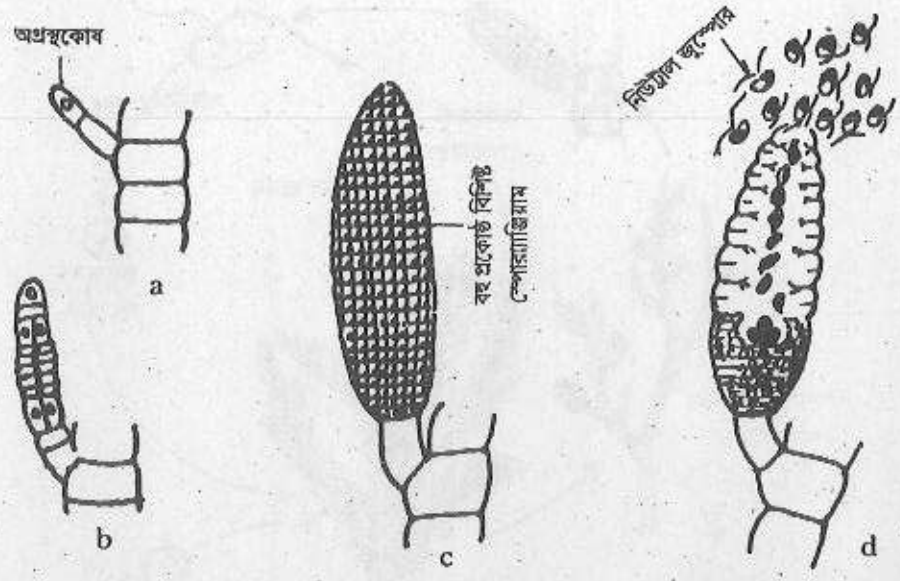
চিত্র নং 16.2 : বাদামী শৈবালের ক্রোমাটোফোরের অতি আণুবিক্ষণিক গঠন।



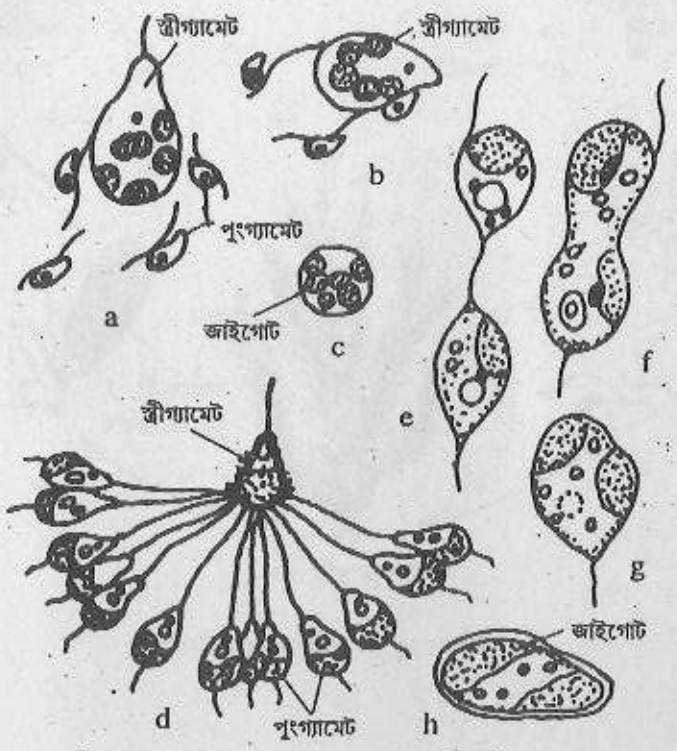
চিত্র নং 16.3 ঃ বাদামী শৈবাল কোষের অতি আণুবিক্ষণিক গঠনের রেখচিত্র।



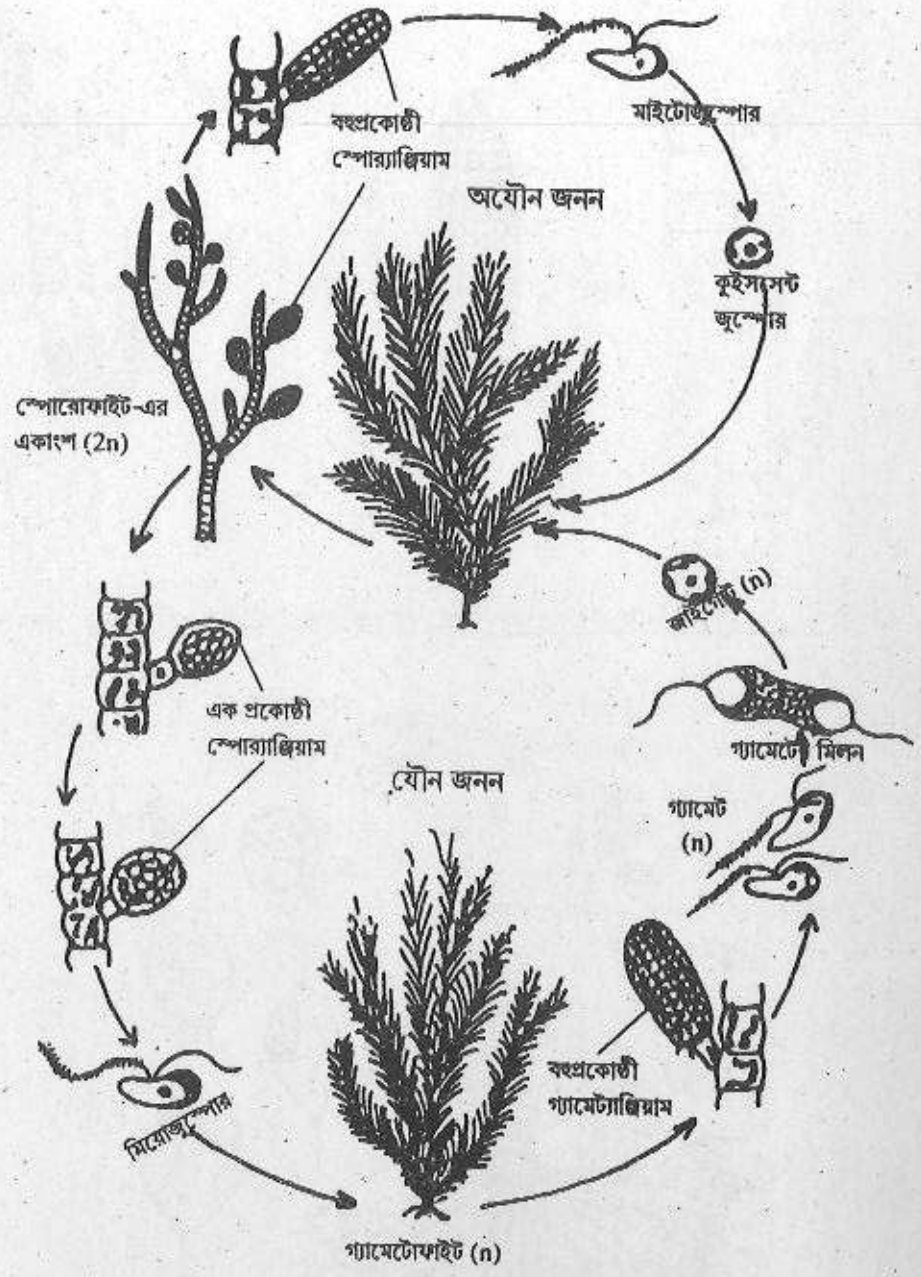
চিত্র নং 16.4 ঃ (a), (b) এক্টোকারপাস। (a) উদ্ভিদ দেহের গঠন বিন্যাস; (b) দেহ কোষের গঠন।



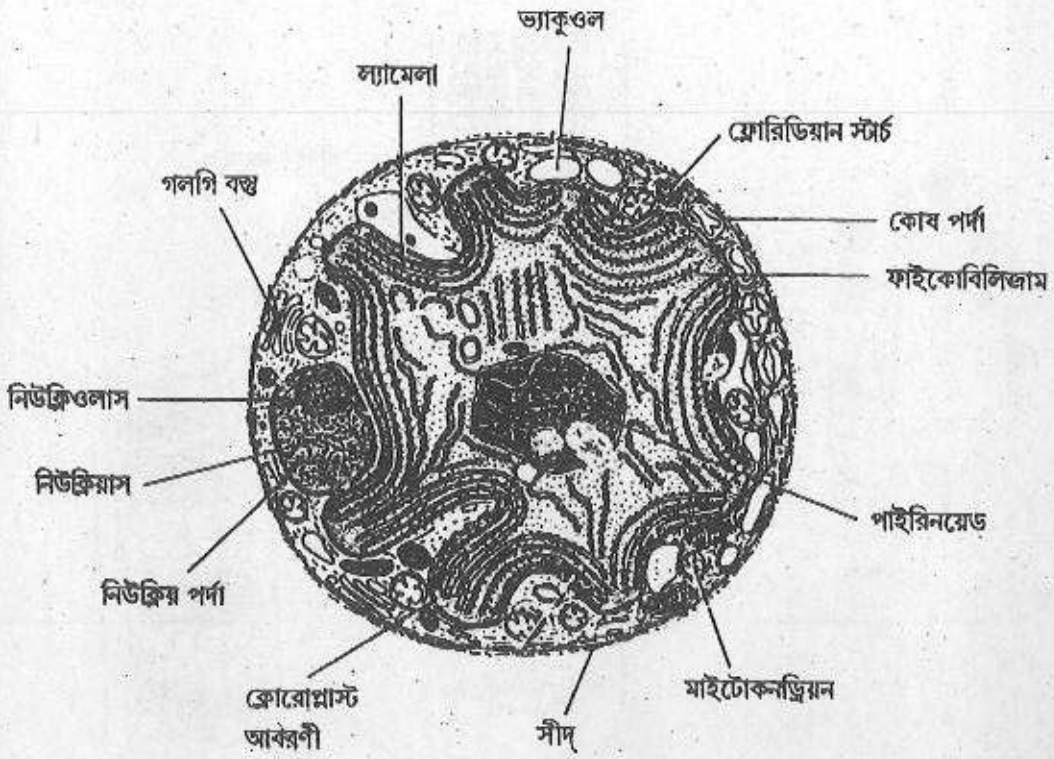
চিত্র নং 16.5 : (a), (b) এক্টোকারপাস -এর বহু প্রকোষ্ঠযুক্ত স্পোরাঞ্জিয়ামের পরিস্ফুটনের বিভিন্ন পর্যায়।



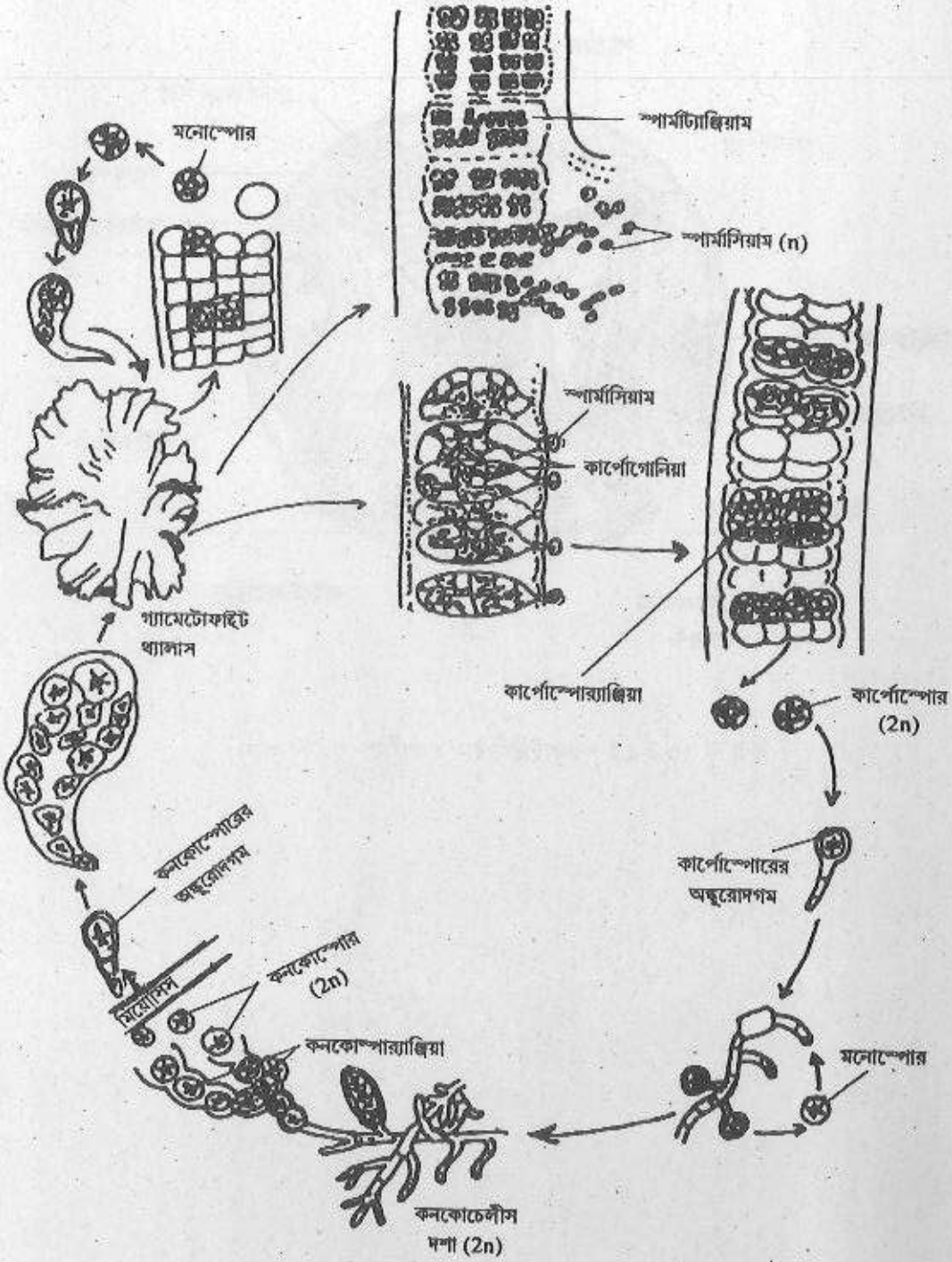
চিত্র নং 16.6 : (a- c) *এক্টোকারপাস সিকানডাস* প্রজাতিতে প্রকৃত অ্যানাইসোগ্যামীর বিভিন্ন দশা; (d - h) *এক্টোকারপাস সিলিকিউলোসাস* প্রজাতিতে শারীরবৃত্তীয় অ্যানাইসোগ্যামীয় বিভিন্ন দশা।



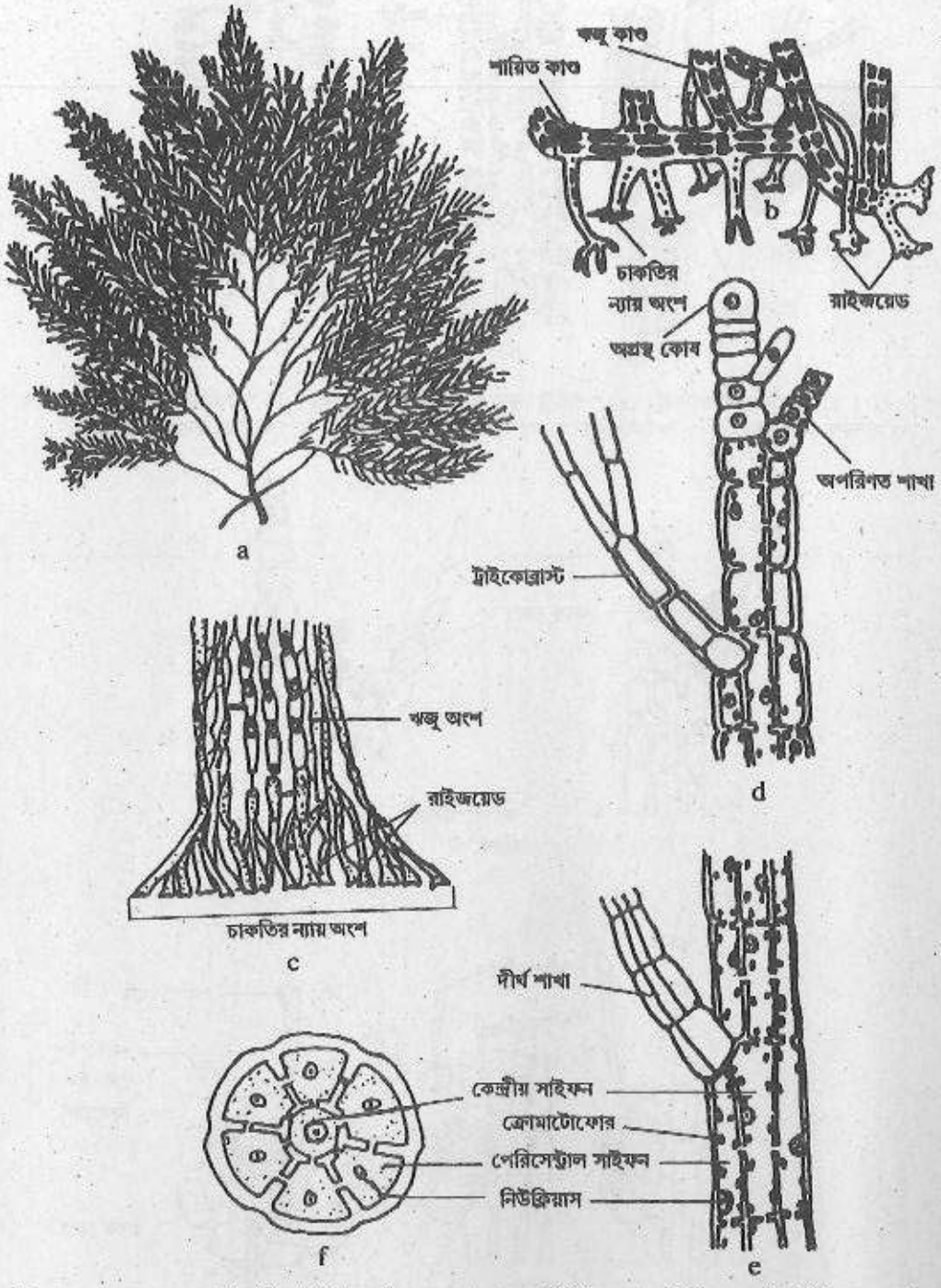
চিত্র নং 16.7 : *এক্টোকারপাস* জীবন চক্র।



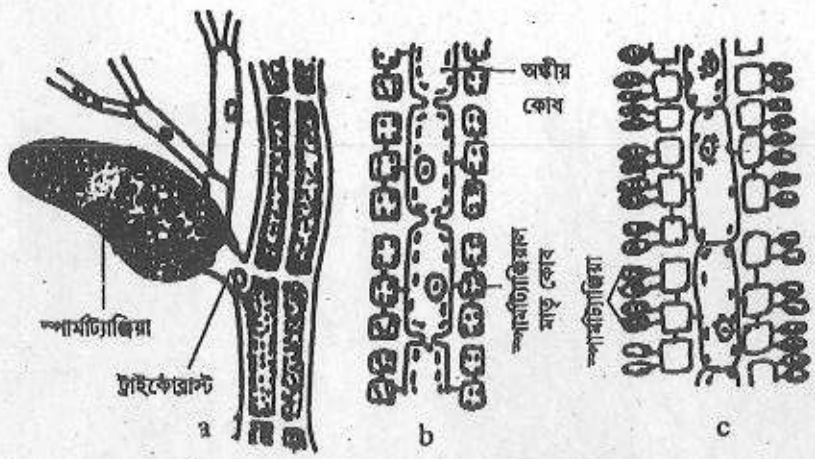
চিত্র নং 16.8 a : *পরফাইরিডিয়াম প্রজাতির* কোষের গঠন।



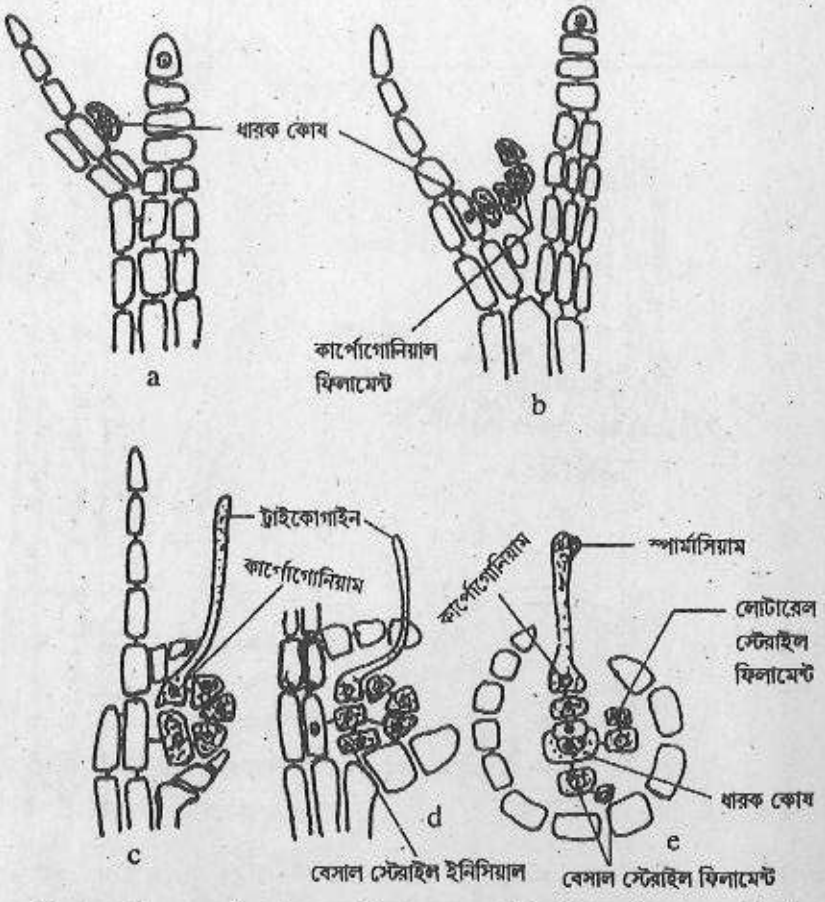
চিত্র নং 16.8 b : *পরফাইরা টেনেরার* জীবন চক্র।



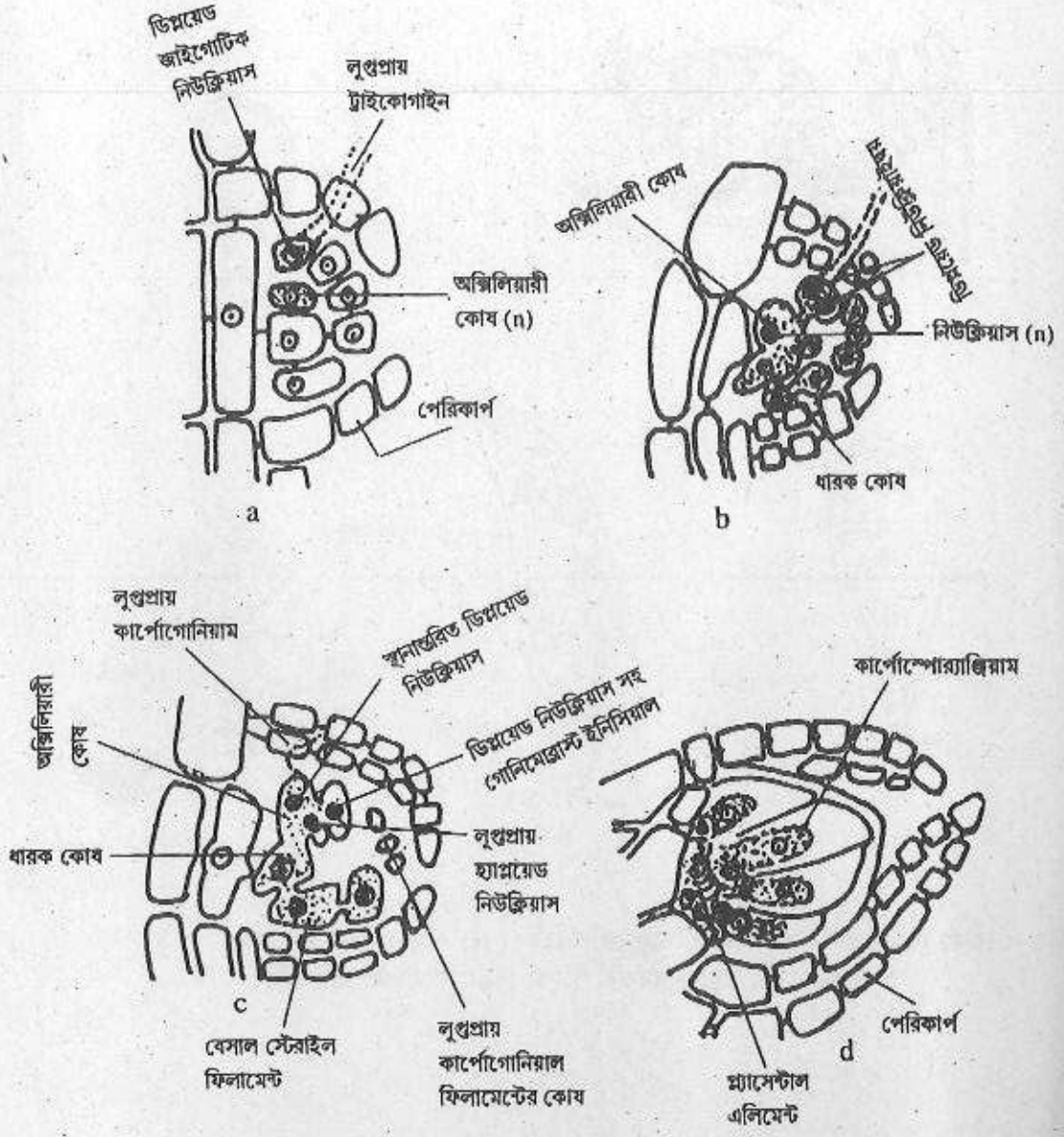
চিত্র নং 16.9 ঃ a –c, *পলিসাইফোনিয়া।* (a) ক্ষুদ্র ঝোপের ন্যায় উদ্ভিদ; (b) উদ্ভিদের হেটেরোট্রিকাস অংশ; (c) রাইজয়েড ও রাইজয়েডের চাকতির ন্যায় অংশ সহ উদ্ভিদের নিম্নাংশ; (d) থ্যালাসের অগ্রভাগ; (e) থ্যালাসের পরিণত অংশ; (f) থ্যালাসের প্রস্থচ্ছেদ।



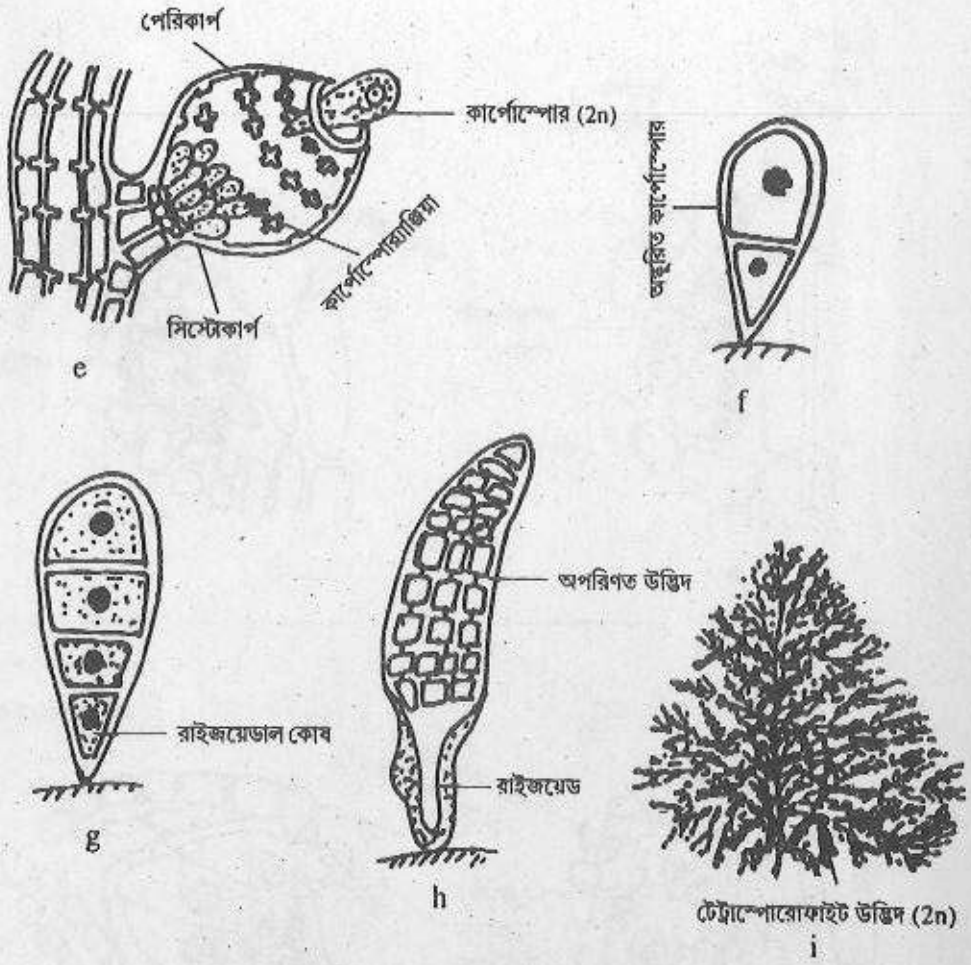
চিত্র নং 16.10 : a –c, *পলিসাইফোনিয়া।* (a) স্পার্মাটিয়াজিয়া সহ উর্বর ট্রাইকোব্লাস্ট, (b) স্পার্মাটিয়াজিয়াল মাতৃকোষ সহ কেন্দ্রীয় অক্ষ (লম্বচ্ছেদ); (c) স্পার্মাটিয়াজিয়া শাখার লম্বচ্ছেদ, স্পার্মাটিয়াজিয়া সহ স্পার্মাটিয়াজিয়াল মাতৃকোষ।



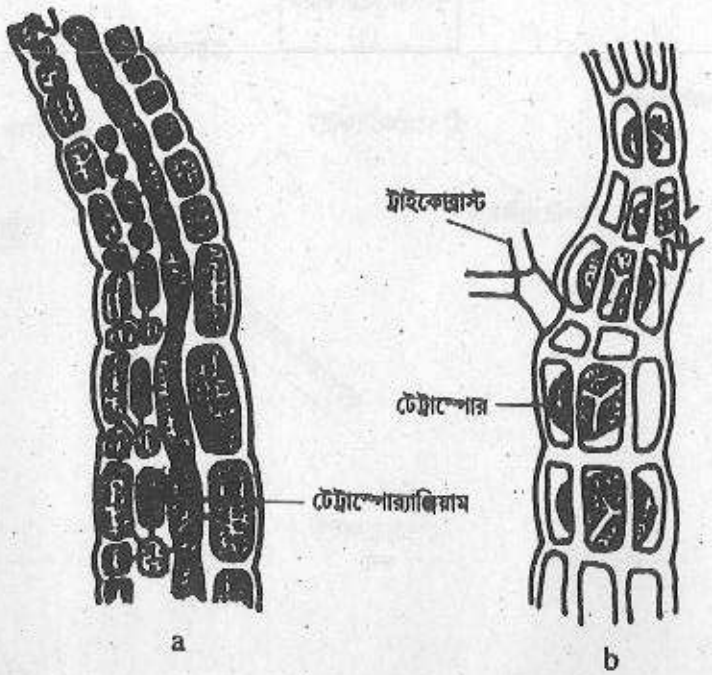
চিত্র নং 16.11 : a –e, *পলিসাইফোনিয়া।* কার্পোগোনিয়ামের পরিস্ফুটনের ধারাবাহিক বিভিন্ন পর্যায়; (e) স্পার্মাটাইজেসন।



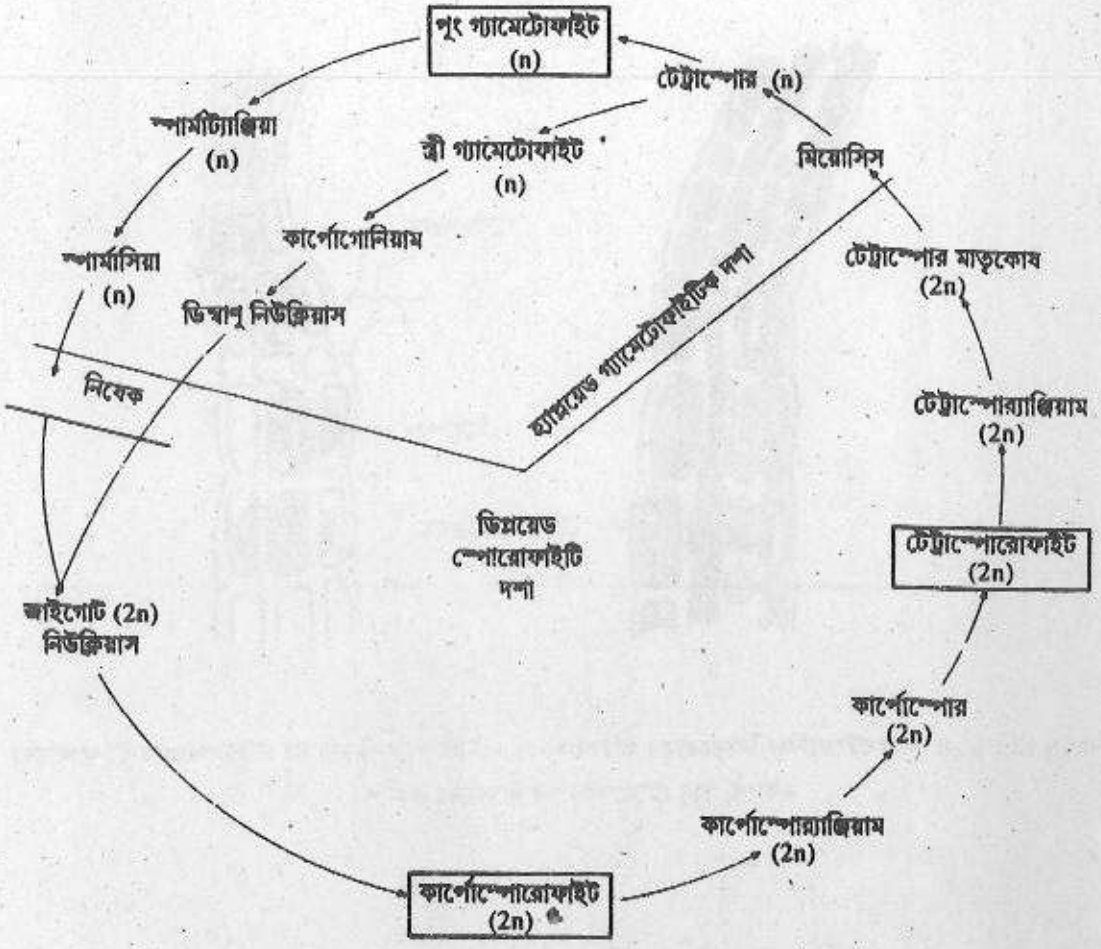
চিত্র নং 16.12 ঃ a –d, *পলিসাইফোনিয়া*, নিষেকোত্তর পরিবর্তন। (a) ডিপ্লয়েড জাইগোটিক নিউক্লিয়াস সহ নিষিক্ত কার্পোগোনিয়াম এবং ধারক কোষ থেকে অক্সিলিয়ারী কোষের সৃষ্টি; (b) জাইগোটিক নিউক্লিয়াসের বিভাজন এবং কার্পোগোনিয়ামের সাথে অক্সিলিয়ারী কোষের সংযোগ; (c) কার্পোগোনিয়ামের বিলুপ্তি এবং অক্সিলিয়ারী কোষের মধ্যে কার্পোগোনিয়াম হতে একটি ডিপ্লয়েড নিউক্লিয়াসের স্থানান্তর, স্থানান্তরিত নিউক্লিয়াসের পুণরায় বিভাজন এবং একটি নিউক্লিয়াসের অক্সিলিয়ারী কোষ থেকে উৎপন্ন গোনিমোব্লাস্ট কোষে স্থানান্তর; (d) অপরিণত সিস্টোকার্প;



চিত্র নং 16.12 : e –i, *পলিসাইফোনিয়া*, নিষেকোত্তর পরিবর্তন। (e) পরিণত সিস্টোকার্প (কার্পোস্পোরোফাইট) ; (f)-(i) কার্স্পোস্পোরের অঙ্কুরোদগম এবং পরিণত টেট্রাস্পোরোফাইট উদ্ভিদের (2n) সৃষ্টি।



চিত্র নং 16.13 : a –b, *পলিসাইফোনিয়া*- নিষেকোত্তর পরিবর্তন। (a) টেট্রাস্পোর্যাঞ্জিয়াম সহ টেট্রাস্পোরোফাইট থ্যালাসের একাংশ; (b) টেট্রাস্পোর সহ থ্যালাসের একাংশ।



চিত্র 16.14 *পলিসাইফনিয়া*-র জীবনচক্র

Notes

Notes

মানুষের জ্ঞান ও ভাবকে বইয়ের মধ্যে সঞ্চিত করিবার যে একটা প্রচুর সুবিধা আছে, সে কথা কেহই অস্বীকার করিতে পারে না। কিন্তু সেই সুবিধার দ্বারা মনের স্বাভাবিক শক্তিকে একেবারে আচ্ছন্ন করিয়া ফেলিলে বুদ্ধিকে বাবু করিয়া তোলা হয়।

— রবীন্দ্রনাথ ঠাকুর

ভারতের একটা mission আছে, একটা গৌরবময় ভবিষ্যৎ আছে, সেই ভবিষ্যৎ ভারতের উত্তরাধিকারী আমরাই। নূতন ভারতের মুক্তির ইতিহাস আমরাই রচনা করছি এবং করব। এই বিশ্বাস আছে বলেই আমরা সব দুঃখ কষ্ট সহ্য করতে পারি, অন্ধকারময় বর্তমানকে অগ্রাহ্য করতে পারি, বাস্তবের নিষ্ঠুর সত্যগুলি আদর্শের কঠিন আঘাতে ধূলিসাৎ করতে পারি।

— সুভাষচন্দ্র বসু

Any system of education which ignores Indian conditions, requirements, history and sociology is too unscientific to commend itself to any rational support.

— Subhas Chandra Bose

Price : ₹ 150.00

(NSOU-র ছাত্রছাত্রীদের কাছে বিক্রয়ের জন্য নয়)

Published by : Netaji Subhas Open University, DD-26, Sector-I, Salt Lake, Kolkata-700 064 &
Printed at : The Saraswati Printing Works, 2, Guru Prosad Chowdhury Lane, Kolkata 700 006