NETAJI SUBHAS OPEN UNIVERSITY

STUDY MATERIAL

ELECTIVE BOTANY HONOURS

EBT 09

Blocks 1 & 2

Genetics & Evolution

প্রাক্‌কথন

নেতাজি সুভাষ মুক্ত বিশ্ববিদ্যালয়ের স্নাতক শ্রেণির জন্য যে পাঠক্রম প্রবর্তিত হয়েছে, তার লক্ষণীয় বৈশিষ্ট্য হ'ল প্রতিটি শিক্ষার্থীকে তাঁর পছন্দমত কোনও বিষয়ে সাম্মানিক (honours) স্তরে শিক্ষাগ্রহণের 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 পাঠক্রমের ভিত্তিতে। কেন্দ্র ও রাজ্যের অগ্রগণ্য বিশ্ববিদ্যালয়সমূহের পাঠক্রম অনুসরণ করে তার আদর্শ উপকরণগুলির সমন্বয়ে রচিত হয়েছে এই পাঠক্রম। 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 দূরসঞ্চারী শিক্ষাদানের কার্যক্রমে অংশ নিচ্ছেন; যখনই কোনও শিক্ষার্থী এই পাঠ্যবস্তুনিচয়ের সাহায্য নেবেন, তখনই তিনি কার্যত একাধিক শিক্ষকমণ্ডলীর পরোক্ষ অধ্যাপনার তাবৎ সুবিধা পেয়ে যাচ্ছেন।

এইসব পাঠ-উপকরণের চর্চা ও অনুশীলনে যতটাই মনোনিবেশ করবেন কোনও 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। এরপর যেখানে যতটুকু অস্পষ্টতা দেখা দেবে, বিশ্ববিদ্যালয়ের বিভিন্ন পাঠকেন্দ্রে নিযুক্ত শিক্ষা-সহায়কগণের পরামর্শে তার নিরসন অবশ্যই হ'তে 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

প্রথম পুনর্মুদ্রণ ঃ ফেব্রুয়ারি, 2017

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

পরিচিতি

বিষয় : উদ্ভিদবিদ্যা সাম্মানিক স্তর

পাঠক্রম ঃ EBT 09 ঃ পর্যায় ঃ 01 এবং 02

	রচনা	সম্পাদনা
একক 1	ড. শ্যামল কুমার চক্রবর্তী	ড. অনাদি কুমার কুণ্ডু
একক 2	ড. শ্যামল কুমার চক্রবর্তী	ড. অনাদি কুমার কুণ্ডু
একক 3	ড. স্বপন কুমার ভট্টাচার্য	ড. শিবদাস ঘোষ
একক 4	ড. স্বপন কুমার ভট্টাচার্য	ড. শিবদাস ঘোষ
একক 5	ড. শ্যামল কুমার চক্রবর্তী	ড. অনাদি কুমার কুণ্ডু
একক 6	ড. রিতা কুণ্ডু	ড. অনাদি কুমার কুণ্ডু
একক 7	ড. রিতা কুণ্ডু	ড. অনাদি কুমার কুণ্ডু
একক 8	ড. রিতা কুণ্ডু	ড. অনাদি কুমার কুণ্ডু
একক 9	ড. রিতা কুণ্ডু	ড. অনাদি কুমার কুণ্ডু
একক 10	ড. স্বপন কুমার ভট্টাচার্য	ড. অনাদি কুমার কুণ্ডু
একক 11	ড. স্বপন কুমার ভট্টাচার্য	ড. অনাদি কুমার কুণ্ডু
একক 12	ড. স্বপন কুমার ভট্টাচার্য	ড. অনাদি কুমার কুণ্ডু
একক 13	তুলিকা লাহিড়ি (তালুকদার)	ড. রিতা কুণ্ডু
একক 14	ড. স্বপন কুমার ভট্টাচার্য	ড. অনাদি কুমার কুণ্ডু
একক 15	তুলিকা লাহিড়ি (তালুকদার)	ড. রিতা কুণ্ডু
একক 16	তুলিকা লাহিড়ি (তালুকদার)	ড. রিতা কুণ্ডু

পরিমার্জনা ঃ ড. বিদিশা মণ্ডল

প্রজ্ঞাপন

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

মোহন কুমার চট্টোপাধ্যায়
নিবন্ধক

নেতাজি সুভাষ মুক্ত বিশ্ববিদ্যালয়

EBT 09

(স্নাতক পাঠক্রম)

পর্যায়
1
বংশগতি

একক 1	❑ মেন্ডেলের তত্ত্ব বা মেন্ডেলবাদ	7 – 28
একক 2	❑ বংশধারার ক্রোমোজোমিয় মতবাদ	29 – 37
একক 3	❑ মেন্ডেলীয় অনুপাতের বিবর্ধন ও রূপভেদ	38 – 63
একক 4	❑ বহুঅ্যালীলতা	64 – 82
একক 5	❑ অণ্বয় পুনর্যোজন এবং অতিক্রমণ	83 – 107
একক 6	❑ লিংকেজ ম্যাপ গঠন	108 – 119
একক 7	❑ ক্রোমোজোম বিচ্যুতি	120 – 134
একক 8	❑ ক্রোমোজোমের সাংখ্যিক পরিবর্তন ঃ ইউপ্লয়েডী	135 – 148
একক 9	❑ ক্রোমোজোমের সাংখ্যিক পরিবর্তন ঃ অ্যানিউপ্লয়েডী	149 – 156

পর্যায়

2

বংশগতি ও অভিব্যক্তি

একক 10 ❑ জীনের গঠন সম্পর্কিত আধুনিক ধারণা 159 – 174

একক 11 ❑ জেনেটিক কোড 175 – 195

একক 12 ❑ জীন-নিয়ন্ত্রণ 196 – 217

একক 13 ❑ সাইটোপ্লাজমীয় বংশগতি 218 – 230

একক 14 ❑ লিঙ্গ নির্ধারণ ও লিঙ্গ আশ্রিত বংশগতি 231 – 256

একক 15 ❑ বিবর্তন বা অভিব্যক্তি 257 – 270

একক 16 ❑ অভিব্যক্তির মতবাদ 271 – 280

একক 1 ❑ মেন্ডেলের তত্ত্ব বা মেন্ডেলবাদ (Mendelism)

গঠন

1.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

1.2 বংশগতি সম্বন্ধে মেন্ডেলের পরীক্ষা পদ্ধতি

1.3 একক সংকরায়ণ ঃ প্রকটতা পৃথগীভবনের নীতি

1.3.1 আধুনিক কৌলিক সংজ্ঞাপ্রকরণ (genetic terminology)

1.3.2 পানেটের বর্গক্ষেত্র (punnett's squares)

1.3.3 পরখ সংকরায়ণ (test cross) ঃ একটি চরিত্রে

1.4 দ্বিসংকরায়ণ ঃ স্বাধীন বিন্যাসের নীতি

1.4.1 স্বাধীন বিন্যাসের নীতি

1.4.2 পরখ সংকরায়ণ ঃ দুটি চরিত্রে

1.5 সারাংশ

1.6 প্রশ্নাবলি

1.7 উত্তরমালা

1.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

প্রস্তাবনা ঃ

মেন্ডেলের তত্ত্ব, যা মেন্ডেলবাদ (Mendelism) নামে অভিহিত, তা নিয়ে শুরু করব আমরা একটি গুরুত্বপূর্ণ বিষয়, যার নাম জেনেটিকস (genetics) বা জিনতত্ত্ব। গ্রেগর জোহান মেন্ডেল (যার নামে মেন্ডেলবাদ শব্দটি চালু হয়েছে) এবং চার্লস ডারউইন, সমসাময়িক এই দুইজন বিজ্ঞানী জীববিজ্ঞানে এনেছেন বিপ্লব, ঘটিয়েছেন যুগান্তর। ফলে, দেড়শ বছরের মধ্যে জীবনবিজ্ঞানের সমগ্র আদল আমূলভাবে পালটে গেছে।

ধারাবাহিক পরীক্ষা আর গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মেন্ডেল প্রমাণ করেন যে জীবদেহে বংশানুক্রমিক চরিত্রের বাহ্যিক প্রকাশের (ফেনোটাইপ) নিয়ামক যে মৌলিক উপাদান বা প্রভাবক (factor), তাদের আচরণ বিমুক্ত কোনও কণার ন্যায়। অতএব এই প্রথম দেখানো গেল যে বংশগতি প্রমেয়, ভবিষ্যৎবাচ্য বা পুনর্বৃত্তিসাধ্য / এবং সেই কারণে, তা অনায়াসে বৈজ্ঞানিক পদ্ধতির অন্তর্গত

করা চলে। আর প্রয়োজন রইল না বলার, যে পিতা-মাতার রক্তের বা অপর কোনো দৈহিক তরল পদার্থের সংমিশ্রণে সৃষ্টি হয় সন্তানের চারিত্রিক গুণাবলী। যা এতদিন পর্যন্ত বংশানুসৃতির মিশ্রণ তত্ত্ব (blending theory of inheritance) এই নামে ছিল চালু মতবাদ। বর্ণনামূলক, ভাসা-ভাসা এই ধারণা শেষ পর্যন্ত প্রতিস্থাপিত হলো, যাকে বলা যায় বংশানুসৃতির কণিকা তত্ত্ব (particulate theory of inheritance)। জীববিজ্ঞানের ইতিহাসে এটি একটি মৌলিক পরিবর্তন এমন বৈপ্লবিক পরিবর্তনের সূচনা করেন গ্রেগর মেন্ডেল। তৎকালে তিনি ছিলেন অপরিচিত। এমনই, যে তাঁর প্রায় সমসাময়িক চার্লস ডারউইন, তাঁর গবেষণাপত্র পড়েছেন বলে এখন পর্যন্ত কোনো প্রত্যক্ষ প্রমাণ মেলেনি। যাই হোক, কোষ বিভাজনের বিশদ বিবরণ তখন প্রায় অজ্ঞাতই ছিল, এবং মেন্ডেলের যুগান্তকারী পরীক্ষার তাৎপর্য হয়তো সে কারণেই উপলব্ধ হয় নি। প্রায় 34 বছর পর তাঁর বিস্মৃত গবেষণাপত্র পুনরুদ্ধার করেন তিন বিজ্ঞানী। সে বিষয়ে আমরা পরে আলোচনা করব।

পদার্থের মৌলিক রূপ নির্ণয়ের ক্ষেত্রে ডালটনের পরমাণু তত্ত্ব যেমন ছিল একটি অত্যাবশ্যক প্রাথমিক পদক্ষেপ, অনুরূপভাবে বর্তমান দুনিয়ায় জেনেটিক্স-এর চোখ ধাঁধাঁনো সাফল্যের মূলে রয়েছে মেন্ডেল। প্রমিত এই তত্ত্ব—যে বংশগতির মূলে রয়েছে কতগুলি কণিকা।

উদ্দেশ্য ঃ

এই একক পড়ে আপনারা জানতে পারবেন—

- মেন্ডেলের মূল স্বীকার্যগুলি (postulates) ;
- মেন্ডেলের সূত্র ;
- সংকরায়ণ ও তার ভিত্তিতে কীভাবে কৌলিক প্রকল্প (genetic hypothesis) নির্মাণ ও পরীক্ষা করা হয় ;
- কৌলিক বিদ্যার মূল সংজ্ঞাপ্রকরণগুলি ;
- সরল কৌলিক বা জেনেটিক অনুপাত নির্ণয় করবার প্রমিত পদ্ধতিসমূহ, যেমন—পানেট বর্গক্ষেত্র, বিভক্ত রেখা ও সম্ভাব্যতা পদ্ধতি ;

1.2 বংশগতি সম্পর্কে মেন্ডেলের পরীক্ষা পদ্ধতি

মেন্ডেলের সাফল্যের অন্যতম কারণ, অনুসন্ধান চালানোর জন্য তাঁর মটর গাছ (Pisum sativum) নির্বাচন করা, যা খুবই সুবিবেচনার কাজ হয়েছিল। এই গাছটি খুব সহজেই পরীক্ষামূলক উদ্যান বা ছোট ছোট টবে গ্রিনহাউসে লাগানো যায় এবং একটি ঋতুর মধ্যেই পরিণত হয়ে বীজ সৃষ্টি করে। পাপড়ি, ফুলের মুখ বন্ধ করে রাখে বলে বাইরের পরাগ ভেতরে প্রবেশ করতে পারে না এবং নিজস্ব পরাগ বাইরে আসতে পারে না। অতএব, উদ্ভিদটিতে অটোগ্যামি (autogamy) প্রায় নিশ্চিত। এমন অন্তঃপ্রজননের ফলে উদ্ভিদটির এক থেকে অপর জনুর মধ্যে কৌলিক প্রভেদ বা পরিবৃত্তি (variation) ন্যূনতম হয়। অতএব মটর একটি শুদ্ধ প্রজননকারী (true breeding) উদ্ভিদ।

মটর গাছের এমন শুদ্ধ জাত তিনি জোগাড় করেন যেখানে প্রতিটি উদ্ভিদ কেবল একটি বিশেষ চরিত্রে ভিন্ন। যেমন একটি জাতের উচ্চতা ছয় থেকে সাত ফিট এবং অপর জাতটি উচ্চতায় নয় থেকে আঠারো ইঞ্চি। একটি জাতের বীজ সবুজ রঙের অপর জাতটির বীজের রঙ কেবল হলুদ। এই বিপরীতধর্মী চরিত্রগুলির বংশগতি এক একটি করে তিনি অনুসন্ধান চালাবেন বলে মনস্থির করেন। তাঁর এই সিদ্ধান্তটিই সর্বাপেক্ষা গুরুত্বপূর্ণ রূপে প্রতিপন্ন হলো। তাঁর পরীক্ষালব্ধ ফল থেকে তিনি কতগুলি সাধারণ সিদ্ধান্তে উপনীত হন যা আজও ট্রান্সমিশন জেনেটিকস-এর মূল স্তম্ভ রূপে বিবেচিত হয়। এক কথায়, তাঁর পরীক্ষা ও বিশ্লেষণ পদ্ধতি প্রকৃত অর্থে একটি মডেল।

মেন্ডেল তাঁর পরীক্ষা নিম্নলিখিত তিনটি ধাপে সম্পন্ন করেন।

(ক) প্রথম, একটি বিশেষ চরিত্র সম্পন্ন জাতের মটর গাছ নিয়ে কয়েক প্রজন্ম ধরে তিনি স্ব-নিষেক চলতে দেন। এইভাবে তিনি নিশ্চিত হন যে নির্বাচিত বৈশিষ্ট্যটি বিশুদ্ধ। অর্থাৎ জনু হতে জনুক্রমে অপরিবর্তিত থাকে। অর্থাৎ সাদা ফুলবিশিষ্ট মটর গাছ, নিজেদের মধ্যে নিষেক দ্বারা একের পর এক প্রজন্মের কেবল সাদা ফুলই তৈরি করবে।

(খ) বিপরীত চরিত্র ধর্মী মটর গাছের মধ্যে এবার তিনি পর-নিষেক ঘটান। যেমন—সাদা ফুলের পরাগ পরিণত হওয়ার পূর্বেই তিনি পরাগধানি সরিয়ে ফেলেন এবং বেগুনি ফুলের পরাগ এনে সাদা ফুলের গর্ভমুণ্ডে লেপন করেন। এই কৃত্রিম পরনিষেক হতে উদ্ভূত বীজ পরের মরশুমে তিনি রোপণ করেন এবং লক্ষ্য করেন যে উৎপন্ন সংকর উদ্ভিদগুলির প্রতিটির ফুলের রং বেগুনি। সাদা ফুলের পরাগ তিনি এবার বেগুনি ফুলের গর্ভমুণ্ডে লেপন করে পরনিষেক ঘটান। প্রক্রিয়াটিকে বলা হয় ব্যতিহারী সংকরায়ণ (reciprocal cross) এবারও, পরের মরশুমে সৃষ্ট সংকর উদ্ভিদটির ফুলের রং বেগুনি হয়। এক এক করে বিভিন্ন বিপরীত ধর্মী জাতের মটর নিয়ে তিনি এইভাবে পর-নিষেক ও তাদের আনুষঙ্গিক ব্যতিহারী সংকরায়ণ চালিয়ে যান।

(গ) অবশেষে, সংকর উদ্ভিদগুলিকে তিনি কয়েক প্রজন্ম ধরে তাদের স্বাভাবিক স্ব-নিষেক পদ্ধতির মারফৎ জনন সম্পন্ন করতে দেন। তাদের জাতক উদ্ভিদের মধ্যে বিপরীত চরিত্রের পুনঃপ্রকাশ ঘটে, যেমন বেগুনি ও সাদা ফুল উভয়ই পাওয়া যায়। অর্থাৎ দ্বিতীয় অপত্য জনুতে, মূল জনিতার (original parents) বৈশিষ্ট্যগুলি পুনরায় আত্মপ্রকাশ করে এবং তা পৃথকীকৃত করা যায়।

1.3 একক সংকরায়ণ ঃ প্রকটতা ও পৃথগীভবনের নীতি

এক একটি বিপরীতধর্মী জাতের মটর গাছ নিয়ে মেন্ডেল-কৃত সংকরায়ণ পরীক্ষার পদ্ধতি আমরা পূর্বেই আলোচনা করেছি। তিনি বেগুনি ও সাদা ফুলবিশিষ্ট জাতের মটরের পরিবর্তে দীর্ঘ ও খর্ব জাতের মটর নিয়ে পূর্বোক্ত পদ্ধতিতে পরীক্ষা চালান। প্রথম অপত্যসংকর বা F_1 হাইব্রিড (F = filins বা পুত্র এবং filia বা কন্যা) প্রতিটিই দীর্ঘাকার হয়, তা দীর্ঘ বা খর্ব, যে কোন জাতকেই তিনি বীজ জনিতা

(seed parent) রূপে ব্যবহার করে থাকুক না কেন। নিশ্চয়ই স্মরণ করতে পারছেন, যে এই প্রক্রিয়াটিকে ব্যতিহারী সংকরায়ণ বা রেসিপ্রোকাল ক্রস (reciprocal cross) বলে চিহ্নিত করেছিলাম।

বন্ধনী 1.1.1

জোহান গ্রেগর মেন্ডেল (1822-1884), অধুনা চেকসলোভাকিয়ার অন্তর্বর্তী মোরাভিয়ার হাইনজেনডরফ নামক একটি গ্রামে এক জার্মান কৃষক পরিবারে জুলাই 22, 1822 সালে জন্মান। পরিবারের একমাত্র পুত্র সন্তান, তিনি গ্রামের স্কুলে খুবই মেধাবী ছাত্র ছিলেন। অত্যন্ত দারিদ্র্যের মধ্যে তিনি স্কুলের পাঠ সম্পন্ন করে তাঁর কনিষ্ঠ বোনের আর্থিক সাহায্যে ওলমৎজ ফিলোসফিকাল ইনস্টিটিউট থেকে অত্যন্ত কৃতিত্বের সঙ্গে দুই বছরের পাঠক্রম শেষ করেন। আর্থিক অনটনের কারণে তিনি আর বিশ্ববিদ্যালয়ে ভর্তি হতে পারেননি। ওলমুৎজ ইনস্টিটিউটের তাঁর প্রাক্তন পদার্থবিদ্যা শিক্ষকের সুপারিশ ক্রমে তিনি ব্রুন (অধুনা ব্রোনো) শহরের (মোরভিয়ার রাজধানী) অগাস্টিনিয়ান অর্ডার ভুক্ত এক বিখ্যাত মনাস্ট্রিতে (Monastery) পাদ্রি রূপে যোগ দেন। এই কাজ তাঁর পছন্দ ছিল না। তাঁর প্রিয় বিষয় উদ্ভিদ বিদ্যা ও উদ্ভিদ প্রজনন তিনি চর্চা করে চলেন অপ্রতিহতভাবে। পুরোহিত চর্চায় তাঁর আগ্রহ নেই দেখে ওই অর্ডারের অ্যাবট একটি স্থানীয় স্কুলে তাঁকে আংশিক সময়ের শিক্ষকতার কাজে অনুমতি দেন। ওই উচ্চ বিদ্যালয়ের ছাত্রদের মধ্যে তিনি খুবই জনপ্রিয় হন। স্থায়ী চাকরীর জন্য তিনি শিক্ষকতার প্রবেশিকা পরীক্ষায় বসেন কিন্তু বুনিয়াদি উচ্চ শিক্ষার অভাব হেতু পরীক্ষায় অসফল হন। পরীক্ষকদের সুপারিশক্রমে এবং অ্যাবটের সহায়তায় এবার তিনি 1851-1853 এই দুই বছর, ভিয়েনা বিশ্ববিদ্যালয়ে উদ্ভিদবিদ্যা, প্রাণীবিদ্যা, পদার্থবিদ্যা, রসায়নবিদ্যা ও গণিতের পাঠ নেন। বিশ্ববিদ্যালয়ের অনেক নামী শিক্ষক ছিলেন, যাদের অন্যতম তাঁর পদার্থবিদ্যার শিক্ষক, খ্যাতনামা পদার্থবিদ ডস্লার। দ্বিতীয়বার শিক্ষকতার প্রবেশিকা পরীক্ষায় তিনি উত্তীর্ন হন, যদিও মৌলিক পরীক্ষায় বসেন নি। পাছে বংশগতি সম্পর্কে তৎকালীন ধর্মমত অস্বীকার করলে পরীক্ষকরা তাঁকে অসফল ঘোষণা করে, এই ভয়ে তিনি মৌখিক পরীক্ষা দেননি বলে মনে করেন তাঁর অর্ডারের অন্য সদস্যগণ।

এর অব্যবহিত পরে তিনি মনাসটেরির উদ্যানে, মটর (pisum sativum) গাছ নিয়ে প্রজনন পরীক্ষায় লিপ্ত হন। 1865 সালে তাঁর পরীক্ষার ফল তিনি ব্রুন সোসাইটি অফ্ ন্যাচারাল হিস্ট্রিতে উপস্থাপনা করেন। ওখানকার সদস্যগণ এই পরীক্ষার মর্ম বুঝতে না পারলেও ওই সোসাইটির পত্রিকায় পরের বছর ওই গবেষণা পত্রটি ছাপতে দেন যার শিরোনাম 'সংকর উদ্ভিদ সংক্রান্ত পরীক্ষাদি'। এই জার্নাল দেশ-বিদেশের 120 টি বিশ্ববিদ্যালয়ে প্রেরণ করা হত এবং বিদ্যুত সমাজ পত্রিকাটি রাখতেন। দুর্ভাগ্যবশত, এই পরীক্ষার তাৎপর্য সমকালীন কোনও বিজ্ঞানী উপলব্ধি করেছেন বলে জানা নেই। যদিও মেন্ডেল জানতেন একদিন তাঁর কাজ স্বীকৃতি পাবে। তিনি প্রায়শই বলতেন "একদিন আমার সময় নিশ্চিত আসবে।" ("Mein Zeit wird schon kommen!")। আরও 26টি উদ্ভিদ প্রজাতির ওপর তিনি পরীক্ষা চালিয়ে যান যার অনেকগুলি তাঁর মটরের ওপর পরীক্ষার ফল

সমর্থন করে। অবশেষে 6ই জানুয়ারী 1884 সালে তিনি দেহত্যাগ করেন জীববিজ্ঞানের এক বিপ্লব সূচনা করে।

কোন্ বৈশিষ্ট্য পুংজনিতা (male parent) আর কোন্‌টি স্ত্রী জনিতায় (female parent) আছে, তার ওপর জেনেটিক ক্রস (genetic cross)-এর ফল নির্ভর করে না। ব্যতিহারী সংকরায়ণের ফল একই হয়। প্রক্রিয়াটির কারণ জনিতৃ সমার্থকতা (parental equivalance)—যার অর্থ হলো পুং ও স্ত্রী গ্যামেট গঠন পর্বে অ্যালিল সমূহের পৃথগীভবন এক ও অভিন্ন।

F_1 জাতকদের মধ্যে খর্বাকার চরিত্র আপাতদৃষ্টিতে লুপ্ত হয়েছে তা মেন্ডেল লক্ষ্য করেন। দীর্ঘাকার F_1 জাতকগুলির কৌলিক গঠন। Genetic make up অনুসন্ধানকল্পে মেন্ডেল তাদের স্বাভাবিক স্ব-নিষেক করতে দেন এবং লব্ধ F_2 জাতক বা দ্বিতীয় অপত্য জনুর উদ্ভিদগুলির মধ্যে পৃথগীকৃত দীর্ঘ ও খর্বাকার জাতকের সংখ্যা নথিভুক্ত করেন। মোট 1064টি F_2 জাতকের মধ্যে তিনি 787টি দীর্ঘ ও 277টি খর্ব জাতের মটর গাছ লক্ষ্য করেন, যাদের অনুপাত যথাক্রমে প্রায় 3 : 1 হয়। অন্যান্য ছয় জোড়া বিপরীত বৈশিষ্ট্যের জাতকের অনুপাতও একই হয় (দ্রঃ সারণি 1.1)।

F_2 অপত্যের মধ্যে খর্বাকার চরিত্রের পুনরাবির্ভাব মেন্ডেলকে ভাবিয়ে তোলে। তিনি সিদ্ধান্তে আসেন যে দীর্ঘাকার F_2 জাতকের মধ্যে খর্বাকার চরিত্র নিশ্চিত সুপ্ত অবস্থায় ছিল, দীর্ঘাকার বৈশিষ্ট্যের কোনও কারক (factor) দ্বারা আবৃত অবস্থায়। তিনি বলেন যে সুপ্ত কারকগুলি প্রচ্ছন্ন (recessive) এবং প্রকাশিত কারকগুলি প্রকট (dominant)। তাঁর অপর সিদ্ধান্ত হলো যে প্রকট এবং প্রচ্ছন্ন কারকগুলি, প্রথম অপত্যের জননকালে, পরস্পরের থেকে বিচ্ছিন্ন হয়ে পড়ে। তাই দ্বিতীয় অপত্যের মধ্যে খর্বাকার চরিত্রের পুনরাগমন ঘটে।

সারণী 1.1 : মেন্ডেলকৃত একক সংকরায়ণ পরীক্ষার ফল ঃ

প্রজনক (Parents)	F_1	F_2 জনু	
		সংখ্যা	অনুপাত
দীর্ঘ উদ্ভিদ x খর্ব উদ্ভিদ	সকল দীর্ঘ	787 দীর্ঘ ঃ 277 খর্ব	2.84 : 1
হলুদ বীজ x সবুজ বীজ	সকল হলুদ	6022 হলুদ ঃ 2001 সবুজ	3.01 : 1
গোল বীজ x কুঞ্চিত বীজ	সকল গোলাকার	5474 গোল ঃ 1850 কুঞ্চিত	2.96 : 1
বেগুনি ফুল x সাদা ফুল	সকল বেগুনি	705 বেগুনি ঃ 224 সাদা	3.15 : 1
স্ফীত ফল x সংকুচিত ফল	সকল স্ফীত	882 স্ফীত ঃ 299 সংকুচিত	2.95 : 1
সবুজ ফল x হলুদ ফল	সকল সবুজ	428 সবুজ ঃ 152 হলুদ	2.82 : 1
কাক্ষিক ফুল x শীর্ষস্থ ফুল	সকল কাক্ষিক	651 কাক্ষিক ঃ 207 শীর্ষস্থ	3.14 : 1
		মোট ঃ 14949 প্রকট ঃ 5010 প্রচ্ছন্ন	2.98 : 1

দ্র ঃ মেন্ডেল আরও দুটি চরিত্র, অঙ্কুর কক্ষের রঙ (প্রকট বেগুনি ও প্রচ্ছন্ন সবুজ) এবং বীজ ত্বকের রঙ (প্রকট বেগুনি ধূসর ও প্রচ্ছন্ন সাদা) পরীক্ষা করেন। যেহেতু বেগুনি অঙ্কুর কক্ষ ও বীজ ত্বক সর্বদাই বেগুনি ফুলের অনুষঙ্গ, তাই এই দুটি চরিত্র নিয়েই তিনি পৃথক পরীক্ষা করেননি।

মেন্ডেলের এই সংকরায়ণ পরীক্ষাকে একক সংকরায়ণ (monohybrid cross) বলে কারণ এক একটি পৃথক পরীক্ষার মাধ্যমে কেবল একটি বিপরীতধর্মী চরিত্রের বংশগতি পরীক্ষা করা হয়।

1.3.1 আধুনিক কৌলিক সংজ্ঞা প্রকরণ (Modern genetic terminology)

মেন্ডেল তাঁর পরীক্ষার ফল ব্যক্ত করবার সময় অসুবিধায় পড়েন, কারণ তৎকালে কোনও সর্বস্বীকৃত, সুস্পষ্ট ও নির্দিষ্ট পারিভাষিক শব্দাবলী গড়ে ওঠেনি। এই শব্দাবলী গঠিত হয় মেন্ডেলের কাজ পুনরাবিষ্কারের পর। সংক্ষেপে, এমন কয়েকটি সংজ্ঞাপ্রকরণ আলোচনা করা যাক।

1. একটি কৌলিক বৈশিষ্ট্যের নির্ধারক কণিকা হলো জিন (gene)।
2. বিশেষ একটি জিনের বিভিন্ন রূপ ও অবস্থাকে বলা হয় অ্যালিল্‌স (alleles)। সারণি 1.1তে দেখবেন যে মটর ফুলের বর্ণের নিয়ন্ত্রক জিনের অ্যালিল A বেগুনি রঙের ফুল এবং a সাদা বর্ণের ফুল সৃষ্টি করে। A এবং a-কে অ্যালিল্‌স বলা হয় কারণ তারা ফুলের বর্ণের জিনের বিকল্প অবস্থা। বিকল্প অ্যালিলস'দের এক বা কখনও একাধিক, ছোট বা বড় অক্ষর দ্বারা চিহ্নিত করা হয় ; আবার কখনও বা নির্দিষ্ট উপরিলেখ (superscript) বা নিম্নলেখ (subscript) বা অন্য কোনও শনাক্তকারি চিহ্নের সাহায্যে বোঝানো হয়।
3. লোকাস (Locus) শব্দটির অর্থ ক্রোমোজোমে একটি জিনের নির্দিষ্ট অবস্থান।
4. জিনোটাইপ (genotype) বা জেনেটিক টাইপ, একটি জীব বা কোষের কৌলিক গঠন (genetic Constitution or endowment), তা সেটি হ্যাপ্লয়েড বা ডিপ্লয়েড, যাই হোক না কেন, মটরের বীজ আকৃতির অ্যালিল্‌স R ও r'র সম্ভাব্য জিনোটাইপগুলি হল RR, Rr ও rr। গ্যামেটে জিনের কেবল একটি অ্যালিল থাকে বলে R ও r হলো গ্যামেটের জিনোটাইপের উদাহরণ। জিনোটাইপ বাঁকা ছাঁদের হরফে (italics) লেখাই রেওয়াজ।
5. একটি জিনোটাইপের অ্যালিল দুটি যদি এক হয় (RR বা rr), সেই জীবটিকে সম ভ্রূণানুজাত বা হোমোজাইগাস (homozygous) বলে। আলাদা হলে বিষমভ্রূণানুজাত বা হেটেরোজাইগাস (heterozygous) বলে। যথা—Rr
6. একটি জীবের দৃশ্যমান বৈশিষ্ট্যকে ফেনোটাইপ (phenotype) বলে। AA এবং Aa ভিন্ন জিনোটাইপ কারণ তাদের কৌলিক গঠন আলাদা, কিন্তু উভয়ই অভিন্ন ফেনোটাইপ (বেগুনি ফুল) সৃষ্টি করে।

1.3.2 প্যানেটের বর্গক্ষেত্র (Punnett squares)

নিষেককালে পুং ও স্ত্রী গ্যামেটের পুনঃসংযোগে সৃষ্ট জিনোটাইপ-এ ফেনোটাইপ খুবই সহজে বের করা যায়, ব্রিটিশ জিনতাত্ত্বিক রেজিনাল্ড সি. পানেট (Reginald C. Punnett) দ্বারা নির্মিত, এক বর্গ গ্রিড ব্যবস্থার মাধ্যমে। তাঁর নামাঙ্কিত পানেট বর্গক্ষেত্র (punnett squares) নির্মাণের পর পুংজনিতার সম্ভাব্য সকল গ্যামেট গ্রিডের ছাড় বাঁ দিকে প্রথম স্তম্ভে লেখা হয়। ভিন্ন অ্যালিলিক গঠন যুক্ত সম্ভাব্য সকল গ্যামেট সংখ্যার ওপর নির্ভর করে এই স্কোয়ার গ্রিডটির একটি সারিতে কয়টি খোপ বা সেল থাকবে। পুং ও স্ত্রী গ্যামেটের সম্ভাব্য সকল পুনঃসংযোগ স্থানাঙ্কর নীতি অনুসারে এক এক করে গ্রিডের সেলগুলিতে জিনোটাইপরূপে লিপিবদ্ধ করা হয়। এইভাবে প্রতিটি অক্রম নিষেক ঘটনাবলি (random fertilisation events) সঠিকভাবে নথিভুক্ত করা যায়। প্রকট ও প্রচ্ছন্ন অ্যালিলের জ্ঞান থেকে আমরা ফেনোটাইপের সংখ্যা সরাসরি নথিভুক্ত করতে পারব।

জেনেটিকস শিক্ষার প্রথম স্তরে, পানেটের বর্গক্ষেত্র নির্মাণের মাধ্যমে অতি সহজেই নানান্ সম্পাদ্যের সমাধান করা যায়। চিত্র 1.1-এ মেন্ডেলকৃত একক সংকরায়ণ (monohybrid) পরীক্ষা দেখানো হলো এবং চিত্র 1.2-এর পানেটের বর্গক্ষেত্র নির্মাণ দ্বারা জিনোটাইপ ও ফেনোটাইপ অনুপাত নির্ণয় করা বোঝানো হলো। লক্ষ্য করে দেখুন যে এই পদ্ধতি অবলম্বন করে কত সহজেই 3 : 1 ফেনোটাইপ এবং 1 : 2 : 1 জিনোটাইপের অনুপাত নির্ণয় করা যাচ্ছে F_2 জাতকদের মধ্যে।

সারণি 1.2 এ সরল মেন্ডেলীয় বংশানুসৃতি (simple mendeltion inheritance) নির্ণয় পন্থার সংক্ষিপ্তসার ও তার সাংকেতিক ব্যাখ্যান দেওয়া হলো।

চিত্র **1.1** ঃ বেগুনি ও সাদা ফুলবিশিষ্ট মটর গাছের মধ্যে একক সংকরায়ণ। সংকেত চিহ্ন A এবং a যথাক্রমে বেগুনি ফুল ও সাদা ফুলের একক কারক বা ফ্যাকটর (factor) রূপে চিহ্নিত করা হলো প্রতিটি পরিণত উদ্ভিদের জিনোটাইপ ও গ্যামেট সমূহে। P_1 দ্বারা মূল জনিতা চিহ্নিত করা হলো। প্রতিটি আয়তক্ষেত্রে একটি উদ্ভিদ এবং বৃত্তে গ্যামেট সমূহ বোঝানো হচ্ছে।

F_2 জাতকের অনুপাত

চিত্র 1.2 ঃ পানেটের বর্গক্ষেত্র নির্মাণের মাধ্যমে F_2 জাতকের অনুপাত নির্ধারণ পদ্ধতি। বেগুনি ফুল বিশিষ্ট F_1 জাতকের স্ব-নিষেকের মাধ্যমে উক্ত F_2 জাতকের জিনোটাইপ ও ফিনোটাইপ পাওয়া যায়।

সারণি 1.2 সরল মেন্ডেলীয় বংশানুসৃতি নির্ণয় পন্থার সংক্ষিপ্তসার

পরীক্ষা পদ্ধতি ঃ 1. এক চরিত্রের পার্থক্য সম্বলিত দুটি বিশুদ্ধ লাইন নির্বাচন করুন (যেমন— বেগুনি বনাম সাদা ফুল)।

2. লাইন দুটির মধ্যে পরনিষেক ঘটান হোক।

3. এবার F_1 জাতকের মধ্যে স্ব-নিষেক করান।

ফল ঃ সকল F_1 জাতকে বেগুনি ফুল পাওয়া গেল, F_2 জাতকের মধ্যে 3/4 বেগুনি ও 1/4 সাদা ফুল বিশিষ্ট হবে।

সিদ্ধান্ত ঃ 1. ফুলের বর্ণ নিয়ন্তা একটি উল্লেখযোগ্য জিন, দায়ী বর্ণের এই প্রভেদের জন্য।

2. জিনটির প্রকট অ্যালিল বেগুনি আর প্রচ্ছন্ন অ্যালিল সাদা পাপড়ি সৃষ্টি করে।

সাংকেতিক ব্যাখ্যান ঃ

চরিত্র	ফেনোটাইপ	জিনোটাইপ	অ্যালিল	জিন
ফুলের বর্ণ	বেগুনি (প্রকট)	AA (হোমোজাইগাস, প্রকট)	A (প্রকট)	ফুলের
		Aa (হেটেরোজাইগাস)	a (প্রচ্ছন্ন)	বর্ণের
	সাদা (প্রচ্ছন্ন)	aa (হোমোজাইগাস, প্রচ্ছন্ন)		জিন

1.3.3 পরখ সংকরায়ণ (test cross) ঃ একটি চরিত্রে

একক সংকরায়ণ পরীক্ষালব্ধ F_2 জাতকের বেগুনি ফুলের জিনোটাইপ হয় AA কিংবা Aa। কোন্‌টির জিনোটাইপ কী তা জানবার কি কোনও উপায় আছে? মেন্ডেল খুব সহজ উপায়ে এই প্রশ্নের মীমাংসা করেন। এমন একটি উপায় আজও উদ্ভিদ ও প্রাণী প্রজননে ব্যবহৃত হচ্ছে—পদ্ধতিটির নাম পরখ সংকরায়ণ (test cross)। প্রকট চরিত্রের ফিনোটাইপ অথচ অজ্ঞাত জিনোটাইপ বিশিষ্ট জীবটিকে নিয়ে হোমোজাইগাস বা সমভ্রূণানুজাত প্রচ্ছন্ন (জিনোটাইপ) জনিতার সঙ্গে সংকরায়ণ করা হয়। বেগুনি F_2 জাতকের জিনোটাইপ AA হলে, সাদা aa জনিতার সঙ্গে সংকরায়ণের ফলে, উদ্ভূত সকল জাতকের ফিনোটাইপ হবে বেগুনি ফুল আর তাদের জিনোটাইপ হবে Aa (চিত্র 1.3a)।

কিন্তু বেগুনি ফুলের F_2 জাতকের জিনোটাইপ যদি Aa হয়, সাদা (aa) জনিতার সঙ্গে সংকরায়ণ করলে প্রাপ্ত জাতকগুলির অর্ধেক ফেনোটাইপ হবে বেগুনি (Aa) আর বাকি অর্ধেক হবে সাদা ফুল (aa) বিশিষ্ট (চিত্র 1.3b)। অতএব, একটি 1.1 বেগুনি / সাদা অনুপাত ইঙ্গিত করছে যে বেগুনি ফুলের F_2 জাতকের অজানা জিনোটাইপ বিষমভ্রূণানুজাত বা হেটেরোজাইগাস।

চিত্র 1.3 একটি চরিত্র নিয়ে পরখ সংকরায়ণ।

(a) বেগুনি ফুলের জনিতা হোমোজাইগাস ; (b) বেগুনি ফুলের জনিতা হেটেরোজাইগাস। বেগুনি-ফুলবিশিষ্ট জনিতার জিনোটাইপ কী ছিল তা পরীক্ষা করতে এক একটি বেগুনি ফুলের জাতকের সঙ্গে হোমোজাইগাস প্রচ্ছন্ন সাদা-ফুলের জনিতা উদ্ভিদের সংকরায়ণ করতে হয়।

একক সংকরায়ণের পরীক্ষার ভিত্তিতে মেন্ডেল স্বয়ং যে সিদ্ধান্তগুলিতে উপনীত হন তা একবার পর্যালোচনা করে দেখা যাক। (ক) জিনগত চরিত্রের প্রতিটি নিয়ন্ত্রিত হয় একজোড়া একক কারক (pair of unit factors) দ্বারা।

(খ) একটি বৈশিষ্ট্যের জন্য দায়ী একক কারকগুলি একটি জীবদেহে যদি ভিন্ন প্রকৃতির হয় তাহলে একটি প্রকট (dominant) এবং অপরটি প্রচ্ছন্ন (recessive) প্রচ্ছন্ন প্রকৃতির হবে।

(গ) গ্যামেট বা জননকোষ সৃষ্টিপর্বে জোড় কারকগুলি (paired factor) পরস্পরের থেকে পৃথগীকৃত হয় অক্রমরূপে (segregate randomly), এবং প্রতিটি জননকোষের পৃথগীকৃত যে কোনও একটি কারক গ্রহণ করবার সমান সম্ভাবনা থাকে।

মেন্ডেলের উক্ত তিনটি স্বীকার্য (postulates) বা সিদ্ধান্ত খুবই গুরুত্বপূর্ণ। শেষেরটি পৃথগীভবনের সূত্র (principle of segregation) নামে খ্যাত ; আবার কেউ এটিকে মেন্ডেলের প্রথম সূত্র (Mendel's first law) নামে অভিহিত করেন। একটি উদ্ভিদে যদি এক জোড়া অভিন্ন একক কারক থাকে (উঃ দুটিই বেগুনি ফুলের রং নির্দেশ করে), তাহলে প্রতিটি গ্যামেট একটি বেগুনি রঙের কারক গ্রহণ করবে। কোনও উদ্ভিদে যদি ভিন্ন এক জোড়া কারক থাকে (উঃ একটি বেগুনি ফুল, অপরটি সাদা ফুল), তাহলে প্রতিটি গ্যামেটের বেগুনি বা সাদা রঙের কারক গ্রহণ করবার শতকরা পঞ্চাশভাগ সম্ভাবনা থাকে। মেন্ডেলের এই সূত্রের একটি নিহিতার্থ হলো যে ভিন্নধর্মী কারক (অ্যালিল) জনিতা হতে অপত্যে একত্রিত হলেও তারা কখনও মিশ্রিত হয় না ; তাদের ভিন্নতা শুদ্ধরূপে বজায় থাকে এবং পরে, অপত্যের জননকোষ সৃষ্টির সময়, তারা পরস্পর হতে কেবল পৃথক হয়ে যায়—তাই এই নীতিটি জননকোষের শুদ্ধতার সূত্র (law of purity of gametes) নামেও অভিহিত। ভিন্নধর্মী অ্যালিল তাদের নিজস্বতা বজায় রাখতে অক্ষম হলে F_2 জাতকদের মধ্যে আপাতলুপ্ত সাদা রঙের ফুল (সুপ্ত বা প্রচ্ছন্ন) চরিত্রটির প্রত্যাবর্তন ঘটত না।

মেন্ডেলের নীতিগুলি 1900 সালে পুনরাবিষ্কৃত হওয়ার পর তার পৃথগীভবনের সূত্র বহুবার নানান বিজ্ঞানীর পরীক্ষায় পুনরায় সমর্থিত হয়েছে বিভিন্ন উদ্ভিদ ও প্রাণীর মধ্যে। যেমন—অনেক গবেষক মেন্ডেলকৃত হলুদ ও সবুজ বীজ বিশিষ্ট উদ্ভিদের মধ্যে পুনরায় সংকরায়ণ ঘটিয়ে প্রায় একই ফল পান (সারণি 1.3)

সারণি 1.3 মটর গাছের পুনঃসংকরায়ণ লব্ধ কয়েকটি ফলাফল ঃ

গবেষক	হলুদ বীজ	সবুজ বীজ	F_2 অনুপাত		
			প্রকট	:	প্রচ্ছন্ন
মেন্ডেল (1866)	6,022	2,001	3.01	:	1
করেন্স (1900)	1,394	453	3.08	:	1
শারম্যাক (1900)	3,580	1,190	3.01	:	1
বেটসন (1905)	11,902	3,903	3.05	:	1
ডারবিশায়ার (1909)	109,060	36,186	3.01	:	1
মোট	131,958	43,733	3.02	:	1

প্রাণী জগতে স্ব-নিষেক হয় না বলে, দুটি ভিন্ন সমজনিতৃ জাত বা সহোদরা (full siblings) F_1 জাতকের মধ্যে সংকরায়ণ করে তাদের জাতকদের পৃথগীভবনের অনুপাত নির্ণয় করতে হয়েছে। ইঁদুর, পায়রা, ড্রোসোফিলা, প্রভৃতি প্রাণীর সহোদরা F_1 জাতকদের মধ্যে সংকরায়ণের ফল মেন্ডেলের স্বীকার্য সমূহের (postulates) সর্বজনীতা নির্দেশ করে।

1.4 দ্বিসংকরায়ণ স্বাধীন বিন্যাসের নীতি

একক সংকরায়ণ পরীক্ষার পর, একই সঙ্গে দুটি চরিত্রের বংশগতি অনুসন্ধান করা মেন্ডেলের পক্ষে খুবই স্বাভাবিক ছিল। ঠিক এমন দুই জোড়া বিপরীতধর্মী চরিত্রের মধ্যে সংকরায়ণ পরীক্ষাকেই আমরা দ্বিসংকরায়ণ বা ডাইহাইব্রিড ক্রস (dihybrid cross) বলি। এটিকে দুই কারক বা টু ফ্যাকটর (two factor) ক্রস নামেও অভিহিত করা হয়। উদাহরণস্বরূপ বলা যায়—হলুদ বর্ণের মটর দানা এবং উপরন্তু যেগুলি গোলাকার এমন বীজ বিশিষ্ট মটর গাছকে সংকরায়ণ করা হলো মটর গাছের সঙ্গে যেগুলির বীজ কেবল সবুজ বর্ণের এবং একই সঙ্গে কুঞ্চিত আকারের। উদ্ভূত F_1 জাতকের ফেনোটাইপ প্রতিটি ক্ষেত্রে হলুদ গোলাকার বীজ (চিত্র 1.4)। অতএব, হলুদ বর্ণ এবং গোল আকৃতিকে প্রকট গুণ বলা যায়। F_1 জাতকদের মধ্যে স্ব-নিষেকের ফলে উদ্ভূত F_2 জাতকদের প্রায় 9/16 হলুদ গোল, 3/16 হলুদ কুঞ্চিত, 3/16 সবুজ গোল ও 1/16 সবুজ কুঞ্চিত বীজ ধারণ করতে দেখা যায়।

চিত্র **1.4** ঃ মেন্ডেলকৃত দ্বিসংকরায়ণ পরীক্ষায় হলুদ, গোলাকার বীজ এবং সবুজ, কুঞ্চিত বীজবিশিষ্ট মটর গাছের মধ্যে সংকরায়ণ লব্ধ F_1 ও তাদের F_2 জাতকের ফিনোটাইপের অনুপাত (দ্রঃ চিত্র 9.16) দুটি প্রকট চরিত্রের ফিনোটাইপ আর দুটি প্রচ্ছন্ন ফিনোটাইপ বিশিষ্ট জনিতার পরিবর্তে সামান্য রদবদল করে হলুদ, কুঞ্চিত বীজ (প্রকট ও প্রচ্ছন্ন) এবং সবুজ, গোলাকার বীজ (প্রকট ও প্রচ্ছন্ন)-বিশিষ্ট জনিতা উদ্ভিদ চয়ন করলে পুনরায় F_1 জাতকে কেবল হলুদ, গোলাকার বীজ মিলবে এবং F_2 জাতকের ফিনোটাইপও অভিন্ন হবে (চিত্র 1.4)। কেন, তা বলতে পারবেন? আমাদের আলোচনা আর একটু অগ্রসর হলে ব্যাপারটি পরিষ্কার হয়ে যাবে।

1.4.1 স্বাধীন বিন্যাসের নীতি

মেন্ডেলের পদ্ধতি অনুসারে তাঁর দুই কারক বা দ্বিসংকরায়ণ পরীক্ষা বিশ্লেষণ করে দেখা যাক। প্রচলিত রীতি অনুসারে প্রতিটি ফ্যাক্টর বা কারক একটি অক্ষর দ্বারা চিহ্নিত করা হোক, প্রচ্ছন্ন অ্যালিল ছোট হরফ এবং প্রকট অ্যালিলের ক্ষেত্রে বড় হরফ ব্যবহার করে। বীজ রঙের নিয়ন্ত্রক ফ্যাকটর বা কারক-এর অ্যালিল দুটি হলো i (সবুজ বর্ণ) বা I (হলুদ বর্ণ), বীজ আকৃতির r (কুঞ্চিত) এবং R (গোলাকার)। জনিতৃ মটর গাছের জাত দুটি বিশুদ্ধ প্রকৃতির ছিল ও নিশ্চিতরূপে দ্বিতীয় সমভূপানুজাত (double homozygous) ঃ হলুদ, গোলাকার বীজের জিনোটাইপ IIRR এবং সবুজ, কুঞ্চিত বীজের জিনোটাইপ iirr।

সারণি **1.1.4** মেন্ডেলকৃত দ্বিসংকরায়ণ পরীক্ষার ফলাফল ঃ

জনু	বীজ প্রকৃতি	সংখ্যা	F_2 জাতকের অনুপাত
জনিতা	হলুদ, গোল x সবুজ, কুঞ্চিত	—	—
F_1	হলুদ, গোল	—	—
F_2	হলুদ, গোল	315	9.84
	হলুদ, কুঞ্চিত	101	3.16
	সবুজ, গোল	108	3.38
	সবুজ, কুঞ্চিত	32	1.00
		556	

একটি ডিপ্লয়েড উদ্ভিদের জননকোষ হ্যাপ্লয়েড। ফলে তাতে এক জোড়া কারকের (জিন) কেবল একটি করে থাকবে। অতএব IIRR উদ্ভিদের গ্যামেটগুলিতে বীজ রঙের একটি জিন (I অ্যালিল) এবং বীজ আকৃতির একটি জিন (R অ্যালিল) থাকবে, এবং গ্যামেটগুলি IR রূপে চিহ্নিত হবে। একই যুক্তিতে iirr উদ্ভিদের গ্যামেটগুলি হবে i r। দ্বিসংকরায়ণ পরীক্ষায় মেন্ডেল অপর দুই জাতের জনিতা ব্যবহার করেন (চিত্র 1.4, 1.6)। যেগুলির জিনোটাইপ একই যুক্তি দ্বারা দেখানো যায় ঃ হলুদ, কুঞ্চিত বীজ (জিনোটাইপ IIrr) এবং সবুজ গোল বীজ (জিনোটাইপ iiRR), এই দুই জাতের সৃষ্ট গ্যামেটের জিনোটাইপ যথাক্রমে I r এবং i R হবে। উভয়প্রকার জনিতা ব্যবহার দ্বারা যে F_1 জাতক সৃষ্টি হবে তাদের জিনোটাইপ একই হবে—IiRr (হলুদ, গোলাকার বীজ সম্পন্ন মটর গাছ)। অতএব, এক ও অভিন্ন ফেনোটাইপ।

চিত্র **1.5** : হলদু, গোলাকার বীজ ও সবুজ, কুঞ্চিত বীজ যুক্ত মটর গাছের মধ্যে মেন্ডেলের দ্বিসংকরায়ণ পরীক্ষা।

F_2 জিনোটাইপের অনুপাত		F_2 ফিনোটাইপের অনুপাত
1/16	IIRR	9/16 হলুদ, গোল
2/16	IIRr	
2/16	IiRR	
4/16	IiRr	
1/16	IIrr	3/16 হলুদ, কুঞ্চিত
2/16	Iirr	
1/16	iiRR	3/16 সবুজ, গোল
2/16	iiRr	
1/16	iirr	1/16 সবুজ, কুঞ্চিত

চিত্র 1.6 : দ্বিসংকরায়ণ পরীক্ষার রেখাচিত্র (চিত্র 9.1.4-এ দেখানো সংকরায়ণের)। বিষমভূগানুজাত F_1 জাতকের মধ্যে স্ব-নিষেকের মাধ্যমে প্রাপ্ত F_2 জনু, পানেটের বর্গক্ষেত্র দ্বারা গণনা করা হয়েছে। F_2 জাতকের জিনোটাইপ ও ফেনোটাইপের অনুপাত দেখানো হলো।

F_2 ফেনোটাইপ	পর্যবেক্ষিত সংখ্যা	পর্যবেক্ষিত অনুপাত	প্রত্যাশিত সংখ্যা	প্রত্যাশিত অনুপাত
হলুদ, গোল	315	0.567	313	0.563
হলুদ, কুঞ্চিত	101	0.182	104	0.187
সবুজ, গোল	108	0.194	104	0.187
সবুজ, কুঞ্চিত	32	0.057	35	0.063
মোট	556	1.000	556	1.000

চিত্র 1.7 ঃ পর্যবেক্ষিত ও প্রত্যাশিত ফলাফলের তুলনা প্রাপ্ত F_2 জাতকদের মধ্যে। মটর বীজের রঙ ও আকৃতি সংক্রান্ত জিনের বংশগতি মেন্ডেলকৃত পরীক্ষায়।

পৃথগীভবনের নীতি অনুসারে F_1 জাতকের জননকোষের জিনোটাইপ চার প্রকার হবে ঃ (ক) I R, (খ) I r, (গ) i R ও (ঘ) i r এবং ওই নীতি অবলম্বনে এই চার প্রকার গ্যামেটের প্রতিটির সৃষ্টি হওয়ার সম্ভাবনা সমান ঃ সমগ্রের 25 শতাংশ। সুতরাং F_1 জাতকদের মধ্যে স্ব-নিষেক দ্বারা যে ভ্রূণানু বা জাইগোট (zygote) তৈরি হবে তাদের জিনোটাইপ 4 x 4 = 16 প্রকার, এবং তাদের সৃষ্টি হওয়ার সম্ভাবনাও সমান। পানেটের বর্গক্ষেত্র ব্যবহার করে কতো সহজে ভ্রূণানু বিন্যাস নির্মাণ করা যায় তা চিত্র 1.6-এ খুবই পরিষ্কার বোঝা যায়। I এবং R প্রকট অ্যালিল। চিত্র 1.6-এ F_2 জাতকের ফেনোটাইপ ও জিনোটাইপ উভয়ই দেখানো হয়েছে যা সরাসরি গোনা যায় পানেটের বর্গক্ষেত্রের ছোট সেলগুলি থেকে।

এই বিশ্লেষণের ভিত্তি আমাদের দুটি পূর্বস্বত্ব (যা মেন্ডেলের স্বীকার্য রূপে পরিচিত) ঃ (ক) প্রতিটি জিনের অ্যালিল পৃথগীকৃত হয় এবং (খ) এই পৃথগীকরণ একে অপরের থেকে স্বাধীন। দ্বিতীয় পূর্বস্বত্বটির অর্থ হলো—যে দুটো জিনের পৃথকীকরণ ঘটনা বিচ্ছিন্ন, স্বাধীন, স্বচ্ছন্দ। পরস্পরের ওপর কোনও প্রভাব ফেলে না। অর্থাৎ পৃথগীভবন দ্বারা যে জনন কোষ বীজ রঙের i অ্যালিল গ্রহণ করেছে, সেটি স্বচ্ছন্দে বীজ আকৃতির পৃথগীকৃত R অ্যালিল কিংবা r অ্যালিল, একই সম্ভাবনা সহকারে গ্রহণ করতে পারে।

আপনারা লক্ষ্য করলেন যে দ্বিসংকরায়ণ পরীক্ষার মাধ্যমে উদ্ভূত F_2 জাতকের ফিনোটাইপের আপেক্ষিক অনুপাত (যদি বহু F_2 জাতক সৃষ্টি হয়)—9/16 হলুদ, গোলাকার ঃ 3/16 হলুদ, কুঞ্চিত ঃ 3/16 সবুজ, গোলাকার ঃ 1/16 সবুজ, কুঞ্চিত বীজ, যা মেন্ডেলের 9 : 3 : 3 : 1 অনুপাত হিসাবে পরিচিত।

দ্বিসংকরায়ণ পরীক্ষায় অ্যালিল-এর স্বচ্ছন্দ বন্টন একটু ভিন্নরূপে অনুধাবন করা যায়। ধরা যাক যে দ্বিসংকরায়ণ প্রক্রিয়াটি দুটি পৃথক একক সংকরায়ণ পরীক্ষার (হলুদ ঃ সবুজ বর্ণের বীজ এবং গোল ঃ কুঞ্চিত আকৃতির বীজ) সম্মীলিত রূপ। অতএব, প্রাপ্ত F_2 জাতকের ফিনোটাইপের মধ্যে আমরা কেবল পৃথকভাবে হলুদ / সবুজ বর্ণের বীজ কিংবা গোলাকার / কুঞ্চিত বীজ খুঁজব। পূর্বেই লক্ষ্য করেছি যে সকল F_1 জাতকের বীজ হলুদ (কারণ হলুদ বর্ণ সবুজ বর্ণের অপেক্ষায় প্রকট) এবং আকৃতিগতভাবে গোলাকার (কারণ গোল বীজ কুঞ্চিত চরিত্রের অপেক্ষায় প্রকট)। স্বাভাবিক ভাবেই, মেন্ডেল দেখলেন যে দ্বিসংকরায়ণ পরীক্ষায় প্রাপ্ত সকল F_1 জাতকের বীজ হলুদ ও গোলাকার। বর্ণ ভিত্তিক F_2 জাতকের মধ্যে 3/4 হলুদ ও 1/4 সবুজ রঙের বীজ হবে। অনুরূপভাবে আকৃতির নিরিখে 3/4 গোলাকার ও 1/4 বীজ হবে। চিত্র 9.1.4—এ দেখেছি যে দ্বিসংকরায়ণ পরীক্ষায় F_2 জাতকের 12/16 ভাগ বীজ হলুদ বর্ণের এবং 4/16 সবুজ বর্ণের, যা প্রত্যাশিত 3 : 1 অনুপাত প্রদর্শন করছে। অনুরূপভাবে, F_2 জাতকের মধ্যে 12/16 গোল বীজ এবং 4/16 কুঞ্চিত বীজ দেখা যায়, যা পুনরায় প্রত্যাশিত 3 : 1 অনুপাত প্রদর্শন করছে। অতএব, দুই জোড়া বিপরীতধর্মী চরিত্রের বংশানুসৃতি পরস্পর হতে স্বাধীন।

মেন্ডেল একই ভাবে বিভিন্ন চরিত্রের সমন্বয়ে দ্বিসংকরায়ণ চালিয়ে যান, এবং প্রতিটি ক্ষেত্রেই জিনের স্বাধীন বিন্যাস লক্ষ্য করেন। এইভাবে, মেন্ডেল তার চতুর্থ নীতি বা স্বীকার্যটিতে উপনীত হন—যা স্বাধীন বিন্যাসের নীতি বা সূত্র (principle of independent assortment)। পক্ষান্তরে, মেন্ডেলের দ্বিতীয় সূত্র (Mendel's second law) হিসেবে আখ্যাত। এটি জিনগত সঞ্চালনের অন্যতম নীতি।

স্বাধীন বিন্যাসের নীতি ঃ গ্যামেট গঠন কালে একাধিক একজোড়া জিনের অ্যালিল সমূহ পরস্পরের থেকে পৃথক হয় স্বাধীনভাবে, অর্থাৎ তাদের পৃথগভবন অন্য কোনও জোড়ার ওপর নির্ভরশীল নয়। কোন কোন ক্ষেত্রে এই নীতি প্রযোজ্য নয়, তা আমরা পরে আলোচনা করব।

1.4.2. পরখ সংকরায়ণ ঃ দুটি চরিত্রে

দুটি প্রকট চরিত্র বিশিষ্ট জাতকের অজ্ঞাত জিনোটাইপ জানতে হলে একই উপায়ে পরখ সংকরায়ণ পরীক্ষা করা যায়। যথা—F_2 জনুতে হলুদ, গোলাকার বীজ প্রকৃতির জিনোটাইপ হতে পারে IIRR, IIRr, IiRR কিংবা IiRr। একটি হলুদ গোলাকার বীজ বিশিষ্ট F_2 মটর গাছ যদি সমভূগানুজাত, প্রচ্ছন্ন সবুজ, কুঞ্চিত বীজ বিশিষ্ট জনিতার (iirr) সঙ্গে সংকরায়ণ করা হয়, উক্ত উদ্ভূত জাতক পরীক্ষা করে সহজেই হলুদ, গোল বীজের প্রকৃত জিনোটাইপ নির্ধারণ করা যায়। উক্ত জিনোটাইপগুলি এক একটি বিশেষ প্রকারের জননকোষ উৎপন্ন করবে এবং ফলতঃ পরখ সংকরায়ণ পরীক্ষায়, ভিন্ন প্রকারের ফেনোটাইপ সমষ্টি উদ্ভব করবে। এই চার প্রকার জিনোটাইপ আলাদা ভাবে নিয়ে নিজেরাই দেখুন না পরখ সংকরায়ণ প্রাপ্ত ফেনোটাইপগুলি কী হয়।

1.5 সারাংশ

গ্রেগর জোহান মেন্ডেল আধুনিক কৌলিক বিদ্যার স্থপতি। বহু যুগ ধরে প্রচলিত বংশানুসৃতির মিশ্রণ তত্ত্ব তিনি নস্যাৎ করেন মটর গাছের ওপর ধারাবাহিক কতগুলি পরীক্ষার দ্বারা। তিনি দেখালেন যে কৌলিক চরিত্রের বংশগতি পরিমাপযোগ্য। সূচনা হলো বংশানুসৃতির কণিকা তত্ত্ব।

কৌলিক বিদ্যার তিনটি মূল শাখা আজ স্বীকৃত ঃ মেন্ডেলীয় জেনেটিকস্, মলিকুলার জেনেটিকস্ ও পপুলেশন জেনেটিকস্।

মটর গাছের ওপর তাঁর পরীক্ষার মাধ্যমে, মেন্ডেল সর্বপ্রথম জিন-এর অস্তিত্ব টের পান। জিনের বদলে তিনি ফ্যাক্টর শব্দটি ব্যবহার করেন)। একটি বিশুদ্ধ জাতের বেগুনি বর্ণের ফুল বিশিষ্ট মটর গাছের সঙ্গে বিশুদ্ধ জাতের সাদা বর্ণের ফুল বিশিষ্ট মটর গাছের সংকরায়ণ মারফৎ উদ্ভূত হয় কেবল বেগুনি রঙের F_1-জাতক। এই F_1 জাতকদের মধ্যে স্ব-নিষেক ঘটিয়ে তিনি পরবর্তী F_2 জাতকদের মধ্যে বেগুনি ও সাদা বর্ণের ফুল দেখেন যথাক্রমে 3 : 1 অনুপাতে। মটর গাছের এমন সাত জোড়া বিপরীতধর্মী চরিত্রের বংশগতি তিনি এক এক করে পরীক্ষা করেন। সকল ক্ষেত্রেই F_2 জনুর ফিনোটাইপগত (বাহ্যিক চরিত্র) অনুপাত 3 : 1 হয়। এবং সকল ক্ষেত্রেই 3 : 1 অনুপাতে অন্তর্নিহিত থাকে 1 : 2 : 1 জিনোটাইপগত অনুপাত। এমন সুস্পষ্ট গাণিতিক অনুপাত দেখে মেন্ডেল সিদ্ধান্তে পৌঁছান যে বংশগতি নিয়ন্ত্রণ করে এক প্রকার কণিকা, যাদের আজ আমরা জিন বলে থাকি। উচ্চতর উদ্ভিদ ও প্রাণী কোষে জিন জোড়ায় জোড়ায় অবস্থান করে। জিনের ভিন্ন অবস্থা অ্যালিল নামে পরিচিত। একটি অ্যালিল হয় প্রকট কিংবা প্রচ্ছন্ন অবস্থায় থাকে।

মেন্ডেল উদ্ভাবন করেন পরখ সংকরায়ণ পরীক্ষা, যার দ্বারা F_2 জনুর প্রকট বৈশিষ্ট্য সম্পন্ন জীবের ওই বৈশিষ্ট্যটি সম না বিষমভ্রূণানুজাত তা সহজেই নির্ধারণ করা যায়। উপরন্তু বিষমভ্রূণানুজাত জিনোটাইপের ক্ষেত্রে পরখ সংকরায়ণ লব্ধ প্রকট ও প্রচ্ছন্ন চরিত্রের 1 : 1 অনুপাত দেখে মেন্ডেল সিদ্ধান্ত নেন যে তার পৃথগীভবনের (প্রথম) সূত্রটি সঠিক। এই সূত্রটি হলো ঃ এক জোড়া জিনের এক একটি, জননকোষ সৃষ্টি কালে পরস্পর হতে পৃথগীকৃত হয় অক্রমরূপে, এবং কেবল একটি পৃথগীকৃত জিন নিয়ে সমসংখ্যক জননকোষ সৃষ্টি হয়। পৃথগীকৃত জিনের জননকোষ সংখ্যা সমান না হলে 1 : 1 পরখ সংকরায়ণ অনুপাত ব্যাখ্যা করা যায় না এবং বলা বাহুল্য, যে ভ্রূণানু বা জাইগোট সৃষ্টির সময় জননকোষগুলির মিলন অক্রমরূপে হয়।

মেন্ডেল উপরোক্ত সিদ্ধান্তে উপনীত হন তাঁর একক সংকরায়ণ পরীক্ষার দ্বারা। তিনি দ্বিসংকরায়ণ পরীক্ষা দ্বারা F_2 জনুতে 9 : 3 : 3 : 1 অনুপাত লক্ষ্য করেন ফেনোটাইপিক চরিত্রে। যা প্রকৃত অর্থে দুটি 3 : 1 অনুপাতের অক্রম সমন্বয়।

মেন্ডেল সিদ্ধান্ত নেন যে দ্বিসংকরায়ণ পরীক্ষায় দুটি জিনের নিজেদের অ্যালিল অপর জিনের অ্যালিল হতে স্বাধীন। এটিই তাঁর দ্বিতীয় সূত্র।

প্রান্তলিপি—1

ইস্ট নামক ছত্রাকের যৌন জীবনচক্র মেন্ডেলবাদের বিভিন্ন নীতি ও সিদ্ধান্তগুলিকে প্রমাণ করে। বিভিন্ন প্রকট ও প্রচ্ছন্ন জীনের বাহ্যিক প্রকাশ প্রত্যক্ষভাবে এই জীবের হ্যাপলয়েড ও ডিপ্লয়েড দশা তুলে ধরে। ইস্ট নামক ছত্রাকের দৃশ্যমান কলোনী গঠনের (বর্ণভেদে জীনগত তারতম্য প্রকাশিত হয়) দ্বারা স্তন্যপায়ী প্রাণী বা উন্নত জীবের উপর পরীক্ষা পদ্ধতি ব্যতীতই কৌলিক বিদ্যার বিভিন্ন প্রশ্নের সমাধান সম্ভবপর হয়ে ওঠে। মেন্ডেলের এক-সংকর পরীক্ষা একটি বৈশিষ্টের সঞ্চারণ সম্পর্কে তথ্য পরিবেশনা করে। দ্বি-সংকর ও ত্রি-সংকর জনন পরীক্ষা বহু অ্যালিলের সম্ভাব্য সঞ্চারণকে প্রকাশ করে। স্বাধীনবিন্যাস সূত্র প্রমাণ করে দেয় মিউটেশানের অনুপস্থিতিতেও জীনগত বিভিন্ন সম্ভাব্য পরিবর্তন সম্ভব।

1.6 প্রশ্নাবলি

(1) ডারউইনের লেখা 'Origin of Species' বইটির এক কপি ছিল মেন্ডেলের কাছে। বইটির প্রথম পৃষ্ঠায় মেন্ডেলের হস্তাক্ষরে লেখা আছে "Page 302", এবং 302 পৃষ্ঠায় নিম্নোক্ত অনুচ্ছেদটিকে দুটি লাইন দিয়ে চিহ্নিত করা আছে।

The slight degree of variablility in hybrids from the first cross or in the first generation, in contrast with their extreme variablility in the succeeding generations is a curious fact and deserving attention.

অর্থাৎ, প্রথম পরনিষেক বা প্রথম জনুতে উদ্ভূত সংকর উদ্ভিদে পরিলক্ষিত স্বল্পমাত্রার ভিন্নতার সঙ্গে পরবর্তী জনুর উদ্ভিদের চরম চারিত্রিক ভিন্নতা প্রদর্শন, বেশ কৌতুহলোদ্দীপক এবং মনোযোগ দাবী করে।

(a) আমরা আজ যাদের F_1 ও F_2 জনু বলে চিহ্নিত করি, তাদের উল্লেখ উক্ত অনুচ্ছেদে কোথায় আছে?

(b) অনুচ্ছেদের কোন্ উক্তির সঙ্গে মেন্ডেল সঙ্গত কারণেই সম্পূর্ণ একমত হবেন বলে আপনার মনে হয়?

(2) মেন্ডেল প্রণীত স্বাধীন-বিন্যাস সূত্র অনুসারে, দ্বি-সংকর F_1 জাতক (a) কোন অনুপাতে ভিন্ন জিনোটাইপ-বিশিষ্ট জননকোষ সৃষ্টি করে? (b) এই অনুপাতের যথার্থতা মেন্ডেল কীভাবে পরীক্ষা করেন? (c) অন্যান্য দ্বি-সংকর পরীক্ষায় কি মেন্ডেল একই ফল পান? (d) সংকরায়ণ পরীক্ষায় কাকে টেস্টার (tester) বা পরীক্ষক হিসেবে চিহ্নিত করা হয়?

(3) ড্রোসোফিলা (Drosophila melanogaster) মাছির চোখের স্বাভাবিক রঙ লাল। কিন্তু বিভিন্ন জাতে নানা প্রকার চোখের রঙ দেখা যায়। এই জাতগুলিতে চোখের রঙ নিয়ন্ত্রণকারী জিনগুলি সবভূপানুজাত। এমন একটি জাতের ড্রোসোফিলা যার চোখের রঙ গাঢ় রঙের এবং ফেনোটাইপ জানা আছে। তাদের অজ্ঞাত জিনোটাইপ অনুসন্ধানকল্পে কতগুলি সংকরায়ণ করা হয়। ফলাফল নীচে দেওয়া হলো ঃ

জনিতার ফেনোটাইপ	জাতকের সংখ্যা	
	গাঢ় চোখ	লাল চোখ
1. গাঢ় x লাল	10	0
2. লাল x লাল	0	11
3. লাল x গাঢ়	6	5
4. গাঢ় x গাঢ়	10	0
5. গাঢ় x গাঢ়	8	3

(a) গাঢ় রঙের চোখের অ্যালিল প্রকট না প্রচ্ছন্ন?

(b) প্রতিটি ক্রসের জনিতার জিনোটাইপগুলি সম্ভবত কী হতে পারে?

(4) পশ্চাৎ সংকরায়ণ বা ব্যাক ক্রস (back cross) কাকে বলে? পরখ সংকরায়ণ বা টেস্ট ক্রস (test cross) কি এক প্রকার ব্যাক ক্রস?

(5) 'অ্যালিল' কাদের বলে?

(6) ধরা যাক ড্রোসোফিলা মাছির (Drosophila melanogaster) একটি বাহ্যিক চরিত্র 'ক' প্রকট রূপের যা নিয়ন্ত্রিত হয় A-জিন দ্বারা। এবার বলুন—(i) মাছিটির ফেনোটাইপ কী? (ii) জিনোটাইপ কী কী হতে পারে? (iii) 'ক'—রূপী মাছি সমভূপানুজাত প্রকট না বিষমভূপানুজাত প্রকট তা কীভাবে পরীক্ষা করবেন?

(7) চিত্র 9.1.6.-এ দেওয়া পানেট-স্কোয়ারটি দেখুন। এবার বলুন—

(i) ষোলটি খোপে মোট কয় প্রকার জিনোটাইপ আছে?

(ii) ফেনোটাইপজাত 9 : 3 : 3 : 1 অনুপাতের অন্তর্নিহিত জিনোটাইপজাত অনুপাতটি কী?

1.7 উত্তরমালা

1. (a) 'hybrids from the first cross'—F_1

'succeeding generations....'—F_2

(b) 'প্রথম জনুতে পরিলক্ষিত স্বল্পমাত্রার ভিন্নতা এবং পরবর্তী জনুর চরম চারিত্রিক ভিন্নতা'—এই মন্তব্য নিশ্চিত মেন্ডেলের মনে ধরবে। কেননা মেন্ডেল তাঁর পরীক্ষাগুলিতে এই প্রক্রিয়াটিই লক্ষ্য করেন। এবং এটি যে প্রাণিধানযোগ্য তা বলা বাহুল্য।

2. (a) একটি দ্বি-সংকরণ-জাত F_1 জাতক। যেমন IiRr স্বাধীন বিন্যাস সূত্র অনুযায়ী সৃষ্টি করবে চার প্রকার জননকোষ (গ্যামেট)—যথা IR, Ir, iR ও ir। যাদের পারস্পরিক অনুপাত 1 : 1 : 1 : 1 হওয়ার কথা।

(b) এক সমভ্রূণানুজাত প্রচ্ছন্ন জনিতার (যেমন—iirr) কেবল প্রচ্ছন্ন অ্যালিল-যুক্ত জননকোষ (যেমন—ir) সৃষ্টি হয় ; ফলে এমন প্রচ্ছন্ন, সমভ্রূণানুজাত বিশুদ্ধ জনিতার সঙ্গে F_1 দ্বিসংকর জাতক, ক্রস করলে উদ্ভূত জাতকের ফেনোটাইপ প্রকৃত অর্থে F_1 দ্বিসংকরণ জাতক সৃষ্টিজনন কোষের প্রতিফলন হবে (অর্থাৎ ¼ IiRr : ¼ Iirr : ¼ iiRr : ¼ iirr)। প্রকৃতপক্ষে, মেন্ডেল এই অনুপাত দেখতে পান।

(c) এই দ্বিসংকর পরখ সংকরায়ণ (dihybrid test cross) মেন্ডেল নানান্ বৈশিষ্ট্য সমন্বিত মটর উদ্ভিদের ওপর প্রয়োগ করে একই ফল পান।

(b) টেস্টার (tester) বলা হয় সমভ্রূণানুজাত প্রচ্ছন্ন চরিত্রের পরখ সংকরায়ণের অন্যতম জনিতা। যার সঙ্গে অজানা জিনোটাইপ বিশিষ্ট জীবের সংকরায়ণ করা হয়।

3. সমাধান ঃ (a) প্রথম ক্রসের অপত্যগুলি দেখলে বোঝা যায় গাঢ় ও লাল রঙের অ্যালিল বিষমভ্রূণানুজাত অবস্থাতেও গাঢ় রঙের ফিনোটাইপ প্রদর্শন করছে (কারণ লাল রঙের চোখ ফিনোটাইপটি সম্পূর্ণ অনুপস্থিত। এই সিদ্ধান্তের অনুমান মেলে পাঁচ নং ক্রস থেকে। যা আদতে একটি মনোহাইব্রিড বা একক সংকরায়ণ।

গাঢ় অ্যালিলের সংকেতচিহ্ন ধরা যাক D। এবং লাল অ্যালিলের সংকেত চিহ্ন d। অতএব, জিনোটাইপগুলি হলো—

1. DD × dd

2. dd × dd

3. dd × Dd

4. DD × D–

5. Dd × Dd

কেবল ক্রস 4-এ, সঠিকভাবে বলা সম্ভব নয়, উভয় জনিতাই গাঢ় অ্যালিলের ক্ষেত্রে সমভূপানুজাত, না তাদের একজন বিষমভূপানুজাত। (সমভূপানুজাত, তা নিশ্চিত ভাবে বলবার উপায় না থাকলে, প্রথাগতভাবে একটি (–) চিহ্ন ব্যবহার করে থাকি)। এই 4নং ক্রসটিতে অবশ্য উভয় ক্ষেত্রেই লব্ধ ফল অভিন্ন হবে।

4. F_1 বা প্রথম অপত্য জাতককে পুনরায় তার কোনও এক জনিতার সঙ্গে সংকরায়ণ ঘটালে, পদ্ধতিটি পশ্চাৎ সংকরায়ণ বা ব্যাক ক্রস রূপে অভিহিত করা হয়।

   হ্যাঁ।পরখ সংকরায়ণ বা টেষ্ট-ক্রস একপ্রকার পশ্চাৎ সংকরায়ণ। কারণ, টেষ্ট-ক্রস পন্থায় F_1 জাতকটিকে সংকরায়ণ করানো হয় এমন একটি উদ্ভিদের/জীবের সঙ্গে যার জিনোটাইপ (সমভূপানুজাত, প্রচ্ছন্ন) আর F_1 জাতকটির এক জনিতার জিনোটাইপ অভিন্ন।

5. সমসংস্থ ক্রোমোজোমে একই বিন্দুতে অবস্থিত কোনও একটি জিনের বিকল্প বা বিপরীতধর্মী প্রতিরূপগুলিকে 'অ্যালিল' নামে চিহ্নিত করা হয়।

6. (i) ফিনোটাইপ 'ক' ; (ii) AA কিংবা Aa ; (iii) AA না Aa তা পরখ করতে প্রয়োজন হবে টেষ্ট-ক্রস বা পরখ সংকরায়ণের

7. (i) 9টি ; হলুদ, গোল (IIRR, IIRr, IiRR, IiRr), হলুদ, কুঞ্চিত (IIrr, Iirr), সবুজ, গোল (iiRR, iiRr) এবং সবুজ, কুঞ্চিত (iirr)।

   (ii) 1 : 2 : 2 : 4 : 1 : 2 : 1 : 2 : 1

একক 2 □ বংশধারার ক্রোমোজোমীয় মতবাদ (Chromosomal theory of inheritance)

গঠন

2.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

2.2 ভূমিকা

2.3 Sutton ও Boveri-র বংশধারার ক্রোমোজোমীয় মতবাদ

2.4 Sutton ও Boveri-র সূত্রের প্রমাণ

2.5 সারাংশ

2.6 প্রশ্নাবলি

2.7 উত্তরমালা

2.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

প্রস্তাবনা ঃ

মেন্ডেলের যুগান্তকারী আবিষ্কারের একটি অসামান্য তাৎপর্য হল যে তাঁর ফ্যাক্টর (জিন) এর আকার, অবস্থান, রাসায়নিক প্রকৃতি অজ্ঞাত রেখেও কেবল পৃথগভবন ও স্বাধীন বণ্টন সূত্র ধরেই, রাশি বিজ্ঞানের নিয়ম মেনে পরিচিত জনিতার অপত্যের জিনোটাইপ ও ফেনোটাইপ সম্বন্ধে ভবিষ্যওবাণী করা যায়। বস্তুতপক্ষে, কোষ বিভাজনের খুঁটিনাটি, ক্রোমোজোম, জিন সম্বন্ধীয় ধারণা তখনও অজ্ঞাত ছিল। কিন্তু তা সত্ত্বেও তাঁর তত্ত্ব উপস্থাপনায় কোনো অসুবিধা হয়নি।

মেন্ডেলবাদ পুনরাবিষ্কার হওয়ার পূর্বেই এক এক করে ক্রোমোজোম, মিয়োসিস প্রক্রিয়া, 'জিন' প্রভৃতি সম্বন্ধে ধারণা বিজ্ঞানী মহলে সুপরিচিত হয়ে ওঠে। পুরনো নথি দেখতে গিয়ে 1900 সালে দ্য ভ্রিস (H. devries), করেন্স (C. Correns) ও জেরম্যাক (E. Tschermak) একই বছরে, স্বাধীনভাবে মেন্ডেলের কাজকে বিস্মৃতি থেকে রক্ষা করেন।

প্রান্তলিপি—1

1873-এ স্নাইডার (A. Schneider) মাইটোসিস প্রক্রিয়া প্রথম বিবৃত করেন।

1875-ই স্ট্রাসবার্গার (E. Strasburger) প্রথম উদ্ভিদে কোষ বিভাজন বর্ণনা করেন।

1879-ফ্লেমিং (W. Flemming) দেখান যে নিউক্লিও বিভাজনকালে ক্রোমোজোম লম্বভাবে খন্ডিত হয়ে একএকটি অংশ সৃষ্ট অপত্য নিউক্লিয়াসে চলে যায়। 'ক্রোমাটিন' শব্দটি তিনি প্রথম ব্যবহার করেন। 'মাইটোসিস' শব্দটি প্রথম (1882) তাঁরই চয়ন করা।

1883-ভ্যান বেনেডেন (E. Van Beneden) প্রথম লক্ষ্য করেন এক প্রকার গোল কৃমির (Ascaris sp. 2n = 4) জননকোষে, দেহ কোষের অর্ধেক সংখ্যক ক্রোমোজোম থাকে এবং নিষেকের মাধ্যমে জাইগোট দ্বিগুণ হয়ে যায়।

1883-রুস (W. Roux) নিউক্লিয়াসের ভেতর কতকগুলিসূত্রাকার পদার্থের সন্ধান পান যা ক্ষার রঞ্জক দ্বারা রঞ্জিত করা যায়।

1888-ওয়ালডেয়ার (W. Waldeyer) রুস আবিষ্কৃত সূত্রাকার পদার্থগুলির নাম দেন 'ক্রোমোজোম'।

উদ্দেশ্য ঃ

বর্তমান এককটি পাঠ করলে, আপনি জানতে পারবেন যে—

- প্রতিটি প্রজাতির জীব কোষে রয়েছে নির্দিষ্ট সংখ্যক ক্রোমোজোম,
- সাটন ও বোভারী প্রণিত বংশগতির ক্রোমোজোমীয় তত্ত্ব,
- এই তত্ত্বের সমর্থনে পরীক্ষামূলক প্রমাণসমূহের উল্লেখ।

2.2 ভূমিকা

আঠারো শতকের শেষভাগে কোষ নিউক্লিয়াসের ভেতর ক্রোমোজোম দেখা গিয়েছিল ঠিকই কিন্তু মেন্ডেলের মতবাদের পুনরাবিষ্কার না হওয়া পর্যন্ত তার তাৎপর্য সঠিকভাবে অনুধাবন করা যায়নি। 1902 সালে, আমেরিকার ওয়াল্টার সাটন (Walter Sutton) ও জার্মানীর থিয়োডোর বোভারী (Theodore Boveri) তাঁদের মত প্রকাশ করেন যে 'জিন সম্ভবত অবস্থান করে ক্রোমোজোমের ওপর'। বংশগতিতে জিনের সঞ্চালনের সঙ্গে মিয়োসিস প্রক্রিয়াকালে ক্রোমোজোমের আচরণের সাথে তাঁরা সাদৃশ্য খুঁজে পান। বস্তুতপক্ষে আপনারা দেখবেন যে, মিয়োসিস কালের ক্রোমোজোমীয় আচরণ দ্বারা কিভাবে পৃথগীভবন ও স্বাধীনবন্টন সূত্র সুন্দরভাবে ব্যাখ্যা করা যায়। এটিই বংশগতির ক্রোমোজোমীয় তত্ত্বের সারাৎসার, যার একাধিক প্রত্যক্ষ প্রমাণ পরে পাওয়া যায়।

ক্রোমোজোমীয় তত্ত্বটি কেমনভাবে গড়ে ওঠে? জিনের কোষীয় অবস্থান নিরূপণ করতে বিজ্ঞানীদের নজর পড়ে জনন কোষের ওপর, কারণ এগুলিই দুটি প্রজন্মের মধ্যেকার যোগসূত্র। অপত্যের কৌলিক চরিত্রে, ডিম্বাণু ও শুক্রাণুর অবদান সমান, তা জানা ছিল, কিন্তু ডিম্বাণুর সাইটোপ্লাজম উল্লেখযোগ্য

পরিমাণে থাকলেও শুক্রাণুর সাইটোপ্লাজম প্রায় নেই বললেই চলে। অতএব, সাইটোপ্লাজম 'জিনের' আধার নয় বলেই তাঁদের মনে হয়। অতঃপর নজর পড়ে নিউক্লিয়াসের ওপর ; উভয়ের মধ্যেই তাদের আকার প্রায় সমান। তা, নিউক্লিয়াসের এমন কী বিশেষত্ব আছে, সদ্য আবিষ্কৃত ক্রোমোজোম কি সেই বিশেষ পদার্থ? যাদের সংখ্যা বংশপরম্পরায় ধ্রুবক থাকে। কী করেই বা ক্রোমোজোম সংখ্যা এক একটি প্রজাতির মধ্যে সমান থাকে? তার উত্তর খুঁজতে, অনুবীক্ষণ যন্ত্রের মাধ্যমে কোষ বিভাজন কালে, ক্রোমোজোমের আচরণ নথিভুক্ত হয় (দ্রঃ একক 13.10) জন্ম নেয়, বংশগতির ক্রোমোজোমীয় তত্ত্ব।

2.3 সাটন (Sutton) ও বোভারীর (Bovari) বংশধারার ক্রোমোজমীয় মতবাদ

কোষ অভ্যন্তরে ধারাবাহিকভাবে ক্রোমোজোমের আচরণ লক্ষ্যকরে 1902 সালে সাটন ও বোভারী স্বাধীনভাবে এই সিধ্ধান্তে উপনীত হন যে, মেন্ডেলের মটর গাছে, জননকোষ সৃষ্টিকালে ফ্যাক্টর (জিন) গুলির আচরণ আর মিয়োসিস প্রক্রিয়াকালে ক্রোমোজোমের আচরণ অভিন্ন।

- জিন জোড়ায় জোড়ায় থাকে, ক্রোমোজোমও তাই (সমসংস্থ ক্রোমোজোম)।
- একটি জিনের অ্যালিলদ্বয় পৃথগীকৃত হয়ে সমানভাবে জনন কোষে প্রবেশ করে ; সমসংস্থ ক্রোমোজোমগুলিও অনুরূপভাবে পৃথগীকৃত হয়ে সৃষ্ট জননকোষে প্রবেশ করে।
- নিষেককালে পৃথগীকৃত অ্যালিল সমূহের (একই চরিত্রের জন্য দায়ী) দুটি অ্যালিল পুনরায় জাইগোটে মিলিত হয়, দুটি হ্যাপ্লয়েড জননকোষের মিলনে ডিপ্লয়েড ক্রোমোজোম সংখ্যা সৃষ্ট জাইগোটে পুনঃস্থাপিত হয়।
- দুই ভিন্ন জিনের অ্যালিলগুলি স্বাধীনভাবে পূর্নবণ্টিত হয়, অর্থাৎ একটি জিনের অ্যালিলের পৃথককরণ অপর জিনের অ্যালিলের পৃথককরণ ক্রিয়াকে প্রভাবিত করে না। মিয়োসিস দশার মেটাফেজ-I দশায় দুই জোড়া সমসংস্থ ক্রোমোজোম পৃথকভাবে যে কোনও এক মেরুর দিকে ঘুরে থাকতে পারে, ফলে যে কোনও দুটি ভিন্ন ক্রোমোজোম অ্যানাফেজ দশায় একই মেরুর দিকে ধাবমান হবে অর্ধেক ক্ষেত্রে এবং বিপরীত মেরুর দিকে বাকি অর্ধেক ক্ষেত্রে। কোনো দুটি ক্রোমোজোম কোন মেরুতে যাবে তা সম্পূর্ণরূপে একটি অনির্দেশিত (random event) ঘটনা।

জিন ও ক্রোমোজোমের এই অভিন্ন বা সমান্তরাল আচরণ থেকে উভয় বিজ্ঞানীই স্বাধীনভাবে মন্তব্য করেন যে জিন সম্ভবত অবস্থান করে ক্রোমোজোমের ওপর। তাঁদের এই ব্যাখ্যা কোষতত্ত্ব (Cytology) ও জিনতত্ত্ব (Genetics)—যা ছিল তার শৈশব দশায়, তাদের মধ্যে সমন্বয়সাধন করে,সাইটোজেনেটিক্স (cytogenetics) নামে কৌলিক বিদ্যার এক নতুন শাখার গোড়াপত্তন করে।

আর একটি গুরুত্বপূর্ণ কথা। কোষ বিভাজনের ইন্টারফেজ দশায় কিন্তু ক্রোমোজোম দেখা যায় না। বোভারী অত্যন্ত নিষ্ঠার সঙ্গে অন্তর্দশার আগে ও পরে ক্রোমোজোমের অবস্থান খুঁটিয়ে পরীক্ষা করে দেখান যে ক্রোমোজোম না দেখা গেলেও, ইন্টারফেজ দশায় তাদের অখণ্ডতা বিদ্যমান থাকে। ক্রোমোজোম তত্ত্বের সমালোচকদের মুখ বন্ধ হয়।

আসুন এবার মেন্ডেলের সূত্র ও মিয়োসিস দশায় ক্রোমোজোমের আচরণ পুঙ্খানুপুঙ্খ মিলিয়ে দেখা যাক। সাটন ও বোভারী লক্ষ্য করেছিলেন যে মিয়োসিসের সময় ক্রোমোজোমের আচরণের সাথে বংশধারায় মেন্ডেলিয়ান জিনের আচরণের সামঞ্জস্য রয়েছে।

A. মেন্ডেলের পৃথগীকরণ সূত্র (law of segregation) এর সাথে মিয়োটিক ক্রোমোজোমের আচরণের সাদৃশ্য—

পৃথগীকরণ সূত্র অনুযায়ী একটি বৈশিষ্ট্যের জন্য যে জিনজোড়া দায়ী তারা মিয়োসিস বিভাজনের শেষে সৃষ্ট অপত্য কোষে বা gamete এ পৃথক হয়ে যায়, ফলে একটি জননকোষে দুটি জিনের যে কোনো একটি বর্তমান থাকে। আমরা জানি যে সমসংস্থ ক্রোমোজোম দ্বয়ের একই লোকাসে একটি বৈশিষ্ট্যের জন্য দায়ী যুগ্ম জিনদ্বয় উপস্থিত। প্রথম প্রফেজ দশায় সাইন্যাপসিসের ফলে বাইভ্যালেন্ট গঠন ও প্রথম অ্যানাফেজ দশায় উক্ত সমসংস্থ ক্রোমোজোম জোড়ার পৃথনীকরণ হয়ে দুটি ভিন্ন মেরুতে গমন মেন্ডেলের পৃথগীকরণ সূত্রকে প্রতিষ্ঠা করে। (চিত্র ঃ 2.1)

চিত্র 2.1. পৃথগীকরণ সূত্র অনুযায়ী মিয়োসিস প্রক্রিয়াকালে ক্রোমোজোমের আচরণের সাদৃশ্য।

B. স্বাধীন বিন্যাসের সূত্রের (law of independent assortment) সঙ্গে ক্রোমোজোমের আচরণ সাদৃশ্য—

স্বাধীন বিন্যাসের সূত্রানুযায়ী কোন একটি বিশেষ বৈশিষ্ট্যের জন্য দায়ী একজোড়া জিনের পৃথগীকরণের সঙ্গে অন্য বৈশিষ্ট্যের জন্য দায়ী অন্য জোড়া জিনের পৃথগীকরণের কোনো সম্বন্ধ নেই। অর্থাৎ বিভিন্ন জোড়া জিনের বণ্টন স্বাধীনভাবে হয়। মিয়োসিস বিভাজনের প্রথম মেটাফেজ দশায় বাইভ্যালেন্টের বিন্যাস যেভাবে খুশী সেভাবে হয়, অর্থাৎ random orientation ঘটে, আমরা জানি যে, একটি মাতৃ ও একটি পিতৃ ক্রোমোজোম নিয়ে একটি বাইভ্যালেন্ট গঠিত হয়। মিয়োসিসের সময় এরা যে কোনো মেরুর দিকে নিজেকে রেখে সমসংস্থ ক্রোমোজোম জোড়া

চিত্র 2.2 মিয়োসিস প্রক্রিয়াকালে ক্রোমোজোমের আচরণ ও স্বাধীনবণ্টন সূত্র অনুযায়ী জিনের আচরণের সাদৃশ্য

গঠন করতে পারে, অর্থাৎ যে কোনো বাইভ্যালেন্টে সমসংস্থ ক্রোমোজোম দ্বয়ের সজ্জা বা বিন্যাস অন্য বাইভ্যালেন্টে সমসংস্থ ক্রোমোজোমদ্বয়ের বিন্যাসের ওপর নির্ভরশীল নয়। যদি বাইভ্যালেন্টে ক্রোমোজোমের বিন্যাস অনির্দেশিত বা randomly oriented না হয়ে fixed বা নির্দিষ্ট হ'ত তাহলে বিভিন্ন জোড়ার বণ্টন স্বাধীনভাবে হ'ত না। (চিত্র ঃ 2.2) জননকোষ সংক্রান্ত পরীক্ষা নিরীক্ষা থেকে একথা স্পষ্ট হয়ে ওঠে ক্রোমোজোমের ব্যবহার এবং মেন্ডেলের ফ্যাক্টরের মধ্যে যথেষ্ট সাদৃশ্য রয়েছে। জননকোষে ক্রোমোজোম সংখ্যার বিভিন্নতা ক্রোমোজোম সংক্রান্ত গবেষণার দিকে বিজ্ঞানীদের আরও বেশী আগ্রহী করে তোলে। এরপর সাটন এবং বোভারী ও তৎকালীন বহু বিজ্ঞানীর নিরলস চেষ্টায় জননকোষের পর্যবেক্ষণে উন্মুক্ত হয় ক্রোমোজোম তত্ত্বের বিভিন্ন খুঁটিনাটি।

সাটন ও বোভারীর সূত্র বংশগতির ক্রোমোজমীয় তত্ত্ব জননকোষে ক্রোমোজোমের ব্যবহার সংক্রান্ত পর্যালোচনা ঃ

	মেন্ডেলের ফ্যাক্টর	ক্রোমোজোম
জোঁড়বাঁধা	A a	
বিচ্ছিন্নকরণ বা পৃথকীভবন	A a	
স্বাধীন বিন্যাস	A B a b or A b a B	

লিঙ্গ নির্ধারক ক্রোমোজোম

লিঙ্গনির্ধারক ক্রোমোজোম : অবর্তমান থাকে মশায়

XX in ♀♀ } স্তন্যপায়ী (মানুষ); ড্রসোফিলা
XY in ♂♂

XX in ♀♀ } প্রকৃত বাগ (–Hemiptera)
XO in ♂♂ } Caenorhabditis elegans (xx hermaphrodites)

ZW in ♀♀ } পাখী, উভচর (Xenopus); প্রজাপতি
ZZ in ♂♂

ZO in ♀♀ } কিছু উভচর, যেমন Hakbill Sea turtle
ZZ in ♂♂

2.4 সাটন (Sutton) ও বোভারীর (Bovari) সূত্রের প্রমাণ

সাটন ও বোভারীর মত অনুযায়ী কোন চারিত্রিক বৈশিষ্ট্যের জন্য দায়ী জিনগুলি ক্রোমোজোমে অবস্থিত ও মিয়োসিস পদ্ধতিতে কোষ বিভাজনের প্রথম অ্যানাফেজ দশায় যখন ক্রোমোজোমগুলি পৃথগীকৃত হয়ে বিপরীত মেরুতে যায় তখন একটি বৈশিষ্ট্যের জন্য দায়ী জিনগুলি আলাদা হয়ে যায়। তাঁদের মতে, একটি বাইভ্যালেন্টে উপস্থিত দুটি সমসংস্থ ক্রোমোজোমের বিন্যাস অন্য বাইভ্যালেন্ট যে দুটি সমসংস্থ জোড় নিয়ে গঠিত তার বিন্যাসের ওপর নির্ভরশীল না হওয়ার জন্য বংশধারায় বিভিন্ন জোড়া জিনের বণ্টন স্বাধীনভাবে হয়, এই মতগুলিকে বংশধারার ক্রোমোজোমীয় মতবাদ (Chromosomal theory of inheritence) নামে আখ্যা দেওয়া হয়েছে। বংশধারার বাহক হতে ক্রোমোজোমে স্বভাবতই নিম্নলিখিত বিশেষ বৈশিষ্ট্যগুলি থাকা দরকার—

(1) কোষ বিভাজনের সব অবস্থায় ক্রোমোজোমের উপস্থিতি।

(2) সমসংস্থ ক্রোমোজোমের জোড় বাঁধার ক্ষমতা।

(3) একজোড়া সমসংস্থ ক্রোমোজোমের বিন্যাস অন্য জোড়ার সঙ্গে নির্ভরশীল না হওয়া।

(4) বিভিন্ন সমসংস্থ ক্রোমোজোমের জোড়ার মধ্যে গুণগত পার্থক্য থাকার প্রয়োজনীয়তা।

বিভিন্ন বৈজ্ঞানিক নানা সময়ে উপরোক্ত বৈশিষ্ট্যগুলির কোষতাত্ত্বীয় প্রমাণ দিতে সক্ষম হয়েছেন।

(1) কোষ বিভাজনের সব অবস্থায় ক্রোমোজোমের উপস্থিতি—আমরা এখন সবাই জানি যে ক্রোমোজোম কোষ বিভাজনের সমস্ত দশাতেই উপস্থিত থাকে যদিও তথাকথিত স্থির দশায় (resting phase) তাদের অঙ্গাসংস্থানগত বৈশিষ্ট্য অনুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে নিরূপণ করা সম্ভব নয়। টি. বোভারী 1889 সালে 'Ascaris megalocephala'-র ওপর কাজ করে ক্রোমোজোমের সর্ব অবস্থায় উপস্থিতির সপক্ষে যুক্তি দেখান। ফেজ কনট্রাষ্ট (phase contrust) অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে Bajer (1857-58) Haemanthus Katherinae উদ্ভিদের সস্যের সজীব নিউক্লিয়াসে বিভাজনের সর্ব অবস্থায় ক্রোমোজোমের

উপস্থিতির প্রমাণ দেখতে সক্ষম হন।

(2) সমসংস্থ ক্রোমোজোমের জোড় বাঁধার ক্ষমতা-Hemiptera'র অন্তর্ভুক্ত পতঙ্গদের ক্রোমোজোম পর্যবেক্ষণ করার সময় মন্টগোমারী লক্ষ্য করেন যে ক্রোমোজোমগুলির মধ্যে আকৃতিগত সুস্পষ্ট পার্থক্য রয়েছে। তিনি দেখাতে সক্ষম হন যে মিয়োসিসের প্রথম প্রফেজ দশায় আকৃতিগত দিক দিয়ে বড় ক্রোমোজোমগুলি শুধুমাত্র বড় ক্রোমোজোমের সাথে ও ক্ষুদ্র ক্রোমোজোমগুলি ক্ষুদ্র ক্রোমোজোমের সাথে জোড় বাঁধে। কখনই আকৃতিগত দিক থেকে বড় ক্রোমোজোম কোন ক্ষুদ্র ক্রোমোজোমের সঙ্গে জোড় বাঁধে না। সুতরাং দুটি সমসংস্থ ক্রোমোজোমই যে জোড় বেঁধে বাইভ্যালেন্ট গঠন করে তা প্রমাণিত হয়।

চিত্র 2.3. Brachystola magna-র পুংজননকোষ মিয়োসিসের প্রথম অ্যানাফেজ দশা, অসম সমসংস্থ জোড়া ও X Chromosome কালো রঙ দ্বারা দেখানো হয়েছে,
(a) X-ক্রোমোজোম এবং অসম সমসংস্থ জোড়ার ছোট ক্রোমোজোমটি একটি মেরুতে ও অপর মেরুতে জোড়ার বড় ক্রোমোজোমটি উপস্থিত আছে।
(b) এই কোষটিতে X-ক্রোমোজোম এবং অসম জোড়ার বড় ক্রোমোজোমটি একসাথে একই মেরুতে ও অন্যমেরুতে জোড়ার ছোট ক্রোমোজোমটি উপস্থিত।

3) একজোড়া সমসংস্থ ক্রোমোজোমের বিন্যাস অন্য জোড়ার সঙ্গে নির্ভরশীল না হওয়া—সাটন ও বোভারী ধারণা করেছিলেন মিয়োসিসের সময় ক্রোমোজোমের সম্ভাব্য সকল রকমের বিন্যাস ঘটে এবং তার ফলে হ্যাপ্লয়েড জনন কোষগুলিতে স্ত্রী জনিতৃ এবং পুং জনিতৃ ক্রোমোজোমগুলির মধ্যে সম্ভাব্য সকল রকমের বিন্যাস পরিলক্ষিত হয়। বিভিন্ন জোড়া ক্রোমোজোমের স্বাধীন বিন্যাস সূত্রের সত্যতা ক্যারোথার্স (Carothers) 1913 খৃষ্টাব্দে প্রমাণ করেন। প্রতিজোড়া সমসংস্থ ক্রোমোজোম দুটিই গঠন ও আকারে একই রকম হওয়ার জন্য অনুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে এদের পার্থক্য নিরূপণ করা সম্ভবপর নয়। Carothers লক্ষ্য করলেন যে ঘাস ফরিঙের (grass hopper) একজোড়া সমসংস্থ ক্রোমোজোমের আকৃতিগত পার্থক্য রয়েছে (অর্থাৎ ঐ সমসংস্থ জোড়ার একটি ক্রোমোজোম অন্যটির অপেক্ষায় দৈর্ঘ্যে সামান্য বেশি)।

Brachystola magna ঘাস ফরিঙের স্ত্রী পতঙ্গে XX ও পুরুষ পতঙ্গে শুধুমাত্র একটি X ক্রোমোজোম থাকে। পুরুষ ফরিঙের মিয়োসিসের প্রথম অ্যানাফেজ দশার 300টি কোষ পর্যবেক্ষণ করলেন ক্যারোথার্স। এর মধ্যে 146টি কোষে যে মেরুতে X ক্রোমোজোম রয়েছে সেই মেরুতে অসম সমসংস্থ ক্রোমোজোমদ্বয়ের ছোট ক্রোমোজোমটি ও 154টি কোষে যে মেরুতে X chromosome রয়েছে তাতে অসম সমসংস্থ ক্রোমোজোম রয়েছে। এর থেকে প্রমাণ করা যায় যে ক্রোমোজোমের বিন্যাস স্বাধীনভাবে

হয়।

(4) বিভিন্ন সমসংস্থ জোড়ার মধ্যে গুণগত পার্থক্য থাকার প্রয়োজনীয়তা বোভারী সী-অর্চিনের (Sea urehin) ডিম্বাণু নিয়ে পরীক্ষার পর এই সিদ্ধান্তে উপনীত হন যে ক্রোমোজোমের মধ্যে গুণগত পার্থক্য রয়েছে অর্থাৎ প্রত্যেক ক্রোমোজোমে কয়েকটি নির্দিষ্ট বৈশিষ্ট্যের জন্য জিন বা ফ্যাকটর বিদ্যমান। অনুরূপভাবে সাটন ঘাসফড়িঙ *Brachystola magna* (n = 11)তে ক্রোমোজোম পর্যবেক্ষণ করার পর মন্তব্য করেন যে বংশগতিতে প্রতিটি ক্রোমোজোমের আলাদা আলাদা ভূমিকা রয়েছে অর্থাৎ কোন বিশেষ ক্রোমোজোম কতগুলি নির্দিষ্ট চরিত্র নিয়ন্ত্রণ করে।

মরগ্যান (Morgan) কর্তৃক লিঙ্গ সংযোজক জিনের আবিষ্কার বংশগতির ক্রোমোজোম তত্ত্বের আরও একটি প্রমাণ নির্দেশিত করে। ড্রসোফিলার চোখের সাদা বর্ণ যে X ক্রোমোজোম বা লিঙ্গ সংযোজক ক্রোমোজোমের মধ্যে বর্তমান তা পরীক্ষার দ্বারা মরগ্যান প্রমাণ করতে সক্ষম হন। ড্রসোফিলায় ব্রীজেস (Bridges) কর্তৃক যুক্ত X ক্রোমোজোমের আবিষ্কার থেকে বংশগতির ক্রোমোজোম তত্ত্বের আরও একটি প্রমাণ পাওয়া যায়। 1953 সালে Watson, Crick ও Wilkins কর্তৃক DNA অণুর গঠন বর্ণনা করার পর জিনের কার্যপদ্ধতির অনেকটাই আজ সুস্পষ্টভাবে বোঝা সম্ভব হয়েছে। জিন যে ক্রোমোজোমেই অবস্থিত এবং ক্রোমোজোমাল DNA এর খানিকটা অংশই যে জিন বা Cistron, এ সম্বন্ধে কোন দ্বিমত নেই।

2.5 সারাংশ

মেন্ডেল যখন তাঁর বংশগতির সূত্র ব্যাখ্যা করেন তখন কোষ বিভাজনের খুঁটিনাটি, ক্রোমোজোম, জিন, কোনও কিছুই বিজ্ঞানীরা জানতেন না। কেবল রাশিবিজ্ঞানের নিয়ম মেনে মেন্ডেল তার সংকরায়ণ পরীক্ষার ব্যাখ্যা করে যান। 1900 সালে মেন্ডেলের নীতি সমূহের পুনরাবিষ্কার থেকে বারংবার মেন্ডেলকৃত পরীক্ষার ফলাফল সমর্থিত হয়েছে, এবং তাঁর গণনা প্রায় অবিশ্বাস্য রকমের নির্ভুল বলে প্রমাণিত হয়েছে। 1902 সালে সাটন ও বোভারি স্বাধীনভাবে দেখান যে মায়োসিস কালে ক্রোমোজোমের আচরণ ও মেন্ডেলের ফ্যাক্টর (জিন)-এর সঞ্চারণ এক ও অভিন্ন। যেমন—প্রতিটি চরিত্রের জিন জোড়ায় জোড়ায় থাকে এবং সমসংস্থ ক্রোমোজোমও তাই ; একটি জিনের অ্যালিলদ্বয় পৃথগীকৃত হয়ে সমানভাবে জননকোষে প্রবেশ করে। ক্রোমোজোমও তাই করে ; দুটি ভিন্ন জিনের অ্যালিল স্বাধীনভাবে পুনর্বণ্টিত হয় এবং অসমসংস্থ ক্রোমোজোমের পুনর্বিন্যাসও সম্পূর্ণরূপে স্বাধীন। একে অপরের পৃথগীভবনকে কোনোভাবে প্রভাবিত করে না (এই পুনর্বন্টন একটি অনির্দেশিত ঘটনা)। জিন ও মায়োসিসকালে ক্রোমোজোমের সমান্তরাল আচরণের একটিই ব্যাখ্যা সম্ভব ছিল ঃ জিন অবস্থান করে ক্রোমোজোমে। এটিই বংশগতির ক্রোমোজোম তত্ত্বরূপে খ্যাত। তৎকালে জেনেটিকস্ বা কৌলিকবিদ্যা ছিল তার শৈশব অবস্থায়। তার সঙ্গে কোষবিদ্যা যুক্ত হয়ে সৃষ্টি করলো এক নতুন শাখা। যথা—সাইটোজেনেটিকস্।

এইভাবে, মেন্ডেলের পৃথগীভবন ও স্বাধীনবিন্যাস সূত্র দ্বারা প্রোথিত সংকরণ পরীক্ষার প্রতিটি ফলাফল ক্রোমোজোমের (মায়োসিস দশায়) আচরণ দ্বারা পরিষ্কারভাবে বোঝানো সম্ভব হলো। বস্তুতপক্ষে, মায়োসিস হয় এমন সকল জীবেই মেন্ডেলের বংশগতির সূত্র প্রযোজ্য।

সাটন এবং বোভারির তত্ত্ব ধীরে ধীরে বহু পরোক্ষ ওপরে প্রত্যক্ষ প্রমাণ দ্বারা সমর্থিত হতে থাকে।

2.6 প্রশ্নাবলি

প্রঃ (a) মেন্ডেলীয় সূত্রের সঙ্গে মিয়োসিস প্রক্রিয়াকালের ক্রোমোজোমের আচরণের সাদৃশ্য বর্ণনা করুন।

প্রঃ (b) সাটন ও বোভারীর বংশধারার ক্রোমোজোমীয় মতবাদের সূত্রের প্রমাণগুলি বিবৃত করুন।

প্রঃ (c) শূন্যস্থান পূরণ করুন—

(i) —প্রথম মাইটোসিস প্রক্রিয়া বিবৃত করেন।

(ii) 'ক্রোমোজোমের' নামকরণ করেন বিজ্ঞানী—

(iii) 'মাইটোসিস' শব্দটি প্রথম চয়ন করেন বিজ্ঞানী—

(iv) —— —— ও —— মেন্ডেলীয় তত্ত্বের পুনরাবিষ্কার করেন।

(v) মেন্ডেলের সূত্রের ফ্যাক্টরগুলির সাথে মিয়োসিসের অ্যানাফেজ দশার —— আচরণ সামঞ্জস্যপূর্ণ।

2.7 উত্তরমালা

প্রঃ (a) 2.3 দেখুন।

প্রঃ (b) 2.4 দেখুন।

প্রঃ (c) (i) এ. স্নাইডার

(ii) ওয়ালডেয়ার

(iii) ফ্লেমিং

(iv) দ্য ভ্রিস, করেন্স ও জেরম্যাক

(v) ক্রোমোজোমের

একক 3 ❑ মেন্ডেলীয় অনুপাতের বিবর্ধন ও রূপভেদ (Extensions and Modifications in Mendellian Ratios)

গঠন

3.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

3.2 প্রকটতা

3.2.1 সম্পূর্ণ প্রকটতা

3.2.2 অসম্পূর্ণ প্রকটতা

3.2.3 সহ প্রকটতা

3.3 জিন আন্তর্সম্পর্ক ও মেন্ডেলতত্ত্বের রূপভেদ

3.3.1 দুইটি জিনের কার্যকারিতায় সৃষ্ট নূতন ফিনোটাইপ

3.3.2 এপিস্ট্যাসিস

(a) প্রচ্ছন্ন এপিস্ট্যাসিস

(b) প্রকট এপিস্ট্যাসিস

3.3.3 দুটি প্রচ্ছন্ন অ্যালিলের মিলিত প্রতিক্রিয়া বা পরিপূরক উপাদান

3.3.4 দুটি প্রকট অ্যালিলের যৌথ প্রতিক্রিয়া

3.3.5 প্রতিরোধী উপাদান

3.4 মারণ অ্যালিল

3.5 সারাংশ

3.6 প্রশ্নাবলি

3.7 উত্তরমালা

3.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

প্রস্তাবনা ঃ

পূর্ববর্তী এককে আপনারা মেন্ডেলের বিচ্ছিন্নতার সূত্র এবং স্বাধীন সঞ্চরণবাদ সম্পর্কে অবহিত হয়েছেন। এই তত্ত্ব প্রতিষ্ঠালাভ করার পরে পরেই যথেষ্ট আলোড়ন তুলেছিল যদিও প্রতিষ্ঠালাভের ঘটনাটি ঘটেছিল তত্ত্বটি প্রবর্তনের দীর্ঘ সময়ের ব্যবধানে শুরুতে মনেকরা হত মেন্ডেলতত্ত্ব সমস্ত পরিস্থিতিতেই সমানভাবে প্রযোজ্য এবং সেই কারণে যে কোনো সংকরায়ণ পরীক্ষার ফলাফল পূর্বেই অনুমিত করা সম্ভব। মেন্ডেলের তত্ত্বটি আবিষ্কৃত হবার পরে বিভিন্ন পরীক্ষায় দেখা গেল যে, যে সমস্ত ক্ষেত্রে অ্যালিলগুলি স্বাতন্ত্র্য বজায় রেখে বিচ্ছিন্ন হতে পারে এবং স্বাধীনভাবে সঞ্চারিত হতেপারে সে সমস্ত ক্ষেত্রেই মেন্ডেলতত্ত্ব সত্যই ধ্রুবক। কিন্তু মেন্ডেল প্রবর্তিত সূত্রগুলির বহু সংখ্যক ব্যতিক্রম ক্রমে ক্রমে বিজ্ঞানীদের নজরে এলো যা মেন্ডেলবাদের বহির্প্রক্ষেপণরূপে গণ্য হতে পারে তবে এগুলির কোনটিই মেন্ডেলকে ভ্রান্ত বা অপ্রযোজ্য প্রমাণ করে না।

জিনবিদ্যার আলোচনায় এই পরিস্থিতিগুলিকে সম্যক উপলব্ধি করার প্রয়োজন আছে। তদনুযায়ী মেন্ডেলবাদের একটি বৃহত্তর এবং বিবর্তিতরূপ আমরা বংশগতির ব্যাখ্যায় প্রয়োগ করতে পারি। পরিস্থিতিগুলি নানা রকম হতে পারে যেমন অ্যালিলদ্বয় একে অন্যের ওপর সম্পূর্ণ প্রকট না হয়ে আংশিকভাবে বা সহযোগীরূপে প্রকট হতে পারে ; আবার বহুসংখ্যক জিন পারস্পরিক প্রতিক্রিয়ার ফলে এমন একটি আনুপাতিক ফলাফল প্রদর্শন করতে পারে যা মেন্ডেলের ফলাফলের ব্যতিক্রম। এই এককে আমরা মেন্ডেল তত্ত্বের বিবর্তন বা কিছু রূপভেদ সম্পর্কে আলোচনা করবো।

এই অধ্যায় পাঠ করার পর আপনি জানতে পারবেন ঃ

- সম্পূর্ণ, অসম্পূর্ণ ও সহযোগী প্রকটতার মধ্যে পার্থক্য কী?
- মেন্ডেলের অনুপাতগুলির পরিবর্তিত রূপগুলি কী কী?
- একাধিক জিন পারস্পরিক প্রতিক্রিয়ায় কী ধরনের পরিস্থিতির উদ্ভব ঘটাতে পারে?

3.2 প্রকটতা (Dominance)

মটরগাছের সংকরায়ণ পরীক্ষার জন্য মেন্ডেল যে সাতজোড়া বিপরীতধর্মী বৈশিষ্ট্য নির্বাচন করেছিলেন তাদের প্রত্যেকের ক্ষেত্রেই একটি প্রকট (dominant) অপরটি প্রচ্ছন্ন (recessive)। যেমন গাছের দৈর্ঘ্য এই ধর্মটির জন্য বিপরীত বৈশিষ্ট্যদ্বয় হয় লম্বা নতুবা খর্বাকৃতি। এদের মধ্যে লম্বা গুণটি প্রকট ; খর্বাকৃতি গুণটি প্রচ্ছন্ন। একসংকর জনন পরীক্ষায় যখন তিনি F_2 জনুর উদ্ভিদগুলিকে পরীক্ষা

করলেন তখন দেখলেন প্রকট ও প্রচ্ছন্ন ফিনোটাইপের অনুপাত হল 3 : 1। মেন্ডেল অনুমান করলেন প্রকটতা হল একটি সর্বজনীন বৈশিষ্ট্য এবং বিচ্ছিন্নতা বা স্বাধীন সঞ্চারণের সূত্রের মত এটিকেও একটি সূত্রের গুরুত্ব দিয়েই দেখা যায়। 1900 খৃষ্টাব্দের গোড়ায় মেন্ডেলবাদ বিজ্ঞানী মহলের দৃষ্টি আকর্ষণ করে এবং প্রায় সেই সময়েই প্রকটতার এমন তিনটি ধরন সুপ্রজননবিদদের নজরে আসে যা মেন্ডেলবাদের ভিত্তিভূমিকে প্রসারিত করে।

3.2.1 সম্পূর্ণ প্রকটতা (Complete Dominance)

এটি মেন্ডেলের পরীক্ষার ফলাফল থেকেই প্রাপ্ত পর্যবেক্ষণ। আমরা ১ম একক থেকে প্রাপ্ত তথ্য অনুযায়ী জানি যে প্রকটতার একটি রূপই হওয়া সম্ভব—সেটি হল সম্পূর্ণ প্রকটতা। অ্যালিলদ্বয়ের মধ্যে যেটি প্রকট সেটি হোমোজাইগাস (TT) রূপে বা হেটেরোজাইগাস রূপে (Tt) অবস্থান করলেও প্রকাশিত হয়। যেটি প্রচ্ছন্ন সেটি কেবলমাত্র হোমোজাইগাসরূপে (tt) অবস্থান করলেই প্রকাশিত হয়। অর্থাৎ প্রকটতার দুটি সম্পূর্ণ বিপরীতধর্মী প্রকাশ আছে-হয় সম্পূর্ণ প্রকটতা নতুবা সম্পূর্ণ প্রচ্ছন্নতা।

গিনিপিগের লোমের (Coat) কালো রঙ প্রকট কেন?

কালো রঙ সৃষ্টি হয় মেলানিন নামক রঞ্জকের জন্য ঃ যা অ্যামাইনো অ্যাসিড tyrosine-এর উপর Tyrosinase উৎসেচকের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয়। Tyrosinase সাদা ও কালো উভয় গিনিপিগে বর্তমান ; কিন্তু পরিব্যক্তি জনিত (mutated) প্রচ্ছন্ন (recassive) জিনটি tyrosinase প্রস্তুতে অপারগ, ফলে হোমোজাইগাস প্রচ্ছন্ন জিনের জন্য লোম বা গায়ের রঙ সাদা হয়, অন্যদিকে একটি প্রকট জিন যথেষ্ট পরিমাণ tyrosinase তৈরি করে, ফলে প্রকট জিন হোমোজাইগাস বা হেটেরোজাইগাস উভয় ক্ষেত্রেই কালো লোম তৈরি করে।

3.2.2. অসম্পূর্ণ প্রকটতা (Incomplete Dominance)

অ্যালিলদ্বয়ের মধ্যে যখন একটি অপরটির ওপর আংশিকভাবে প্রকট (partially dominant) তখন তাকে অসম্পূর্ণ প্রকটতা বলে। কার্ল কোরেন্স (Carl Correns), যিনি মেন্ডেলের তত্ত্বগুলির অন্যতম প্রধান সন্ধানদাতা এই প্রকটতার কথা সর্বপ্রথম নজরে আনেন। অ্যান্টিরিনামে (Antirrhinum majus) গাছের লাল ফুল বিশিষ্ট প্রকরণের (variety) সঙ্গে সাদাফুল বিশিষ্ট প্রকরণের মিলন ঘটিয়ে তিনি দেখতে পেলেন যে, F_1 জনুর উদ্ভিদগুলি জনিতৃ উদ্ভিদের মত নয়, বরং এগুলির রঙ গোলাপী (Pink) যা লাল ও সাদার মিশ্রণ। যখন F_1 জনুর উদ্ভিদগুলির মধ্যে স্বনিষেক ঘটানো হল (পরীক্ষা 3.1) তখন F_2 জনুতে প্রাপ্ত উদ্ভিদগুলি হল লাল, গোলাপী এবং সাদা এবং এদের মধ্যে অনুপাত হল ঃ 1:2:1।

পরীক্ষা 3.1. অসম্পূর্ণ প্রকটতা

লাল ফুল ..... সাদা ফুল ..... জনিতৃ (ফিনোটাইপ)

(RR) ..... (rr) ..... জনিতৃ (জিনোটাইপ)

R ..... r ..... গ্যামেট

গোলাপী ——— F_1 (ফিনোটাইপ)

(Rr) ——— F_1 (জিনোটাইপ)

স্ব-নিষেক

পুং গ্যামেট

R স্ত্রী গ্যামেট

r

	R	r
R	RR	Rr
r	Rr	rr

এক্ষেত্রে দেখা যাচ্ছে প্রতিটি জিনোটাইপের জন্য ফিনোটাইপগুলি ভিন্ন ভিন্ন এবং হেটেরোজাইগাস দশার ফিনোটাইপ হোমোজাইগাস দশাগুলির অন্তর্বর্তী রূপ। সেইজন্য একে অসম্পূর্ণ প্রকটতা হিসাবে গণ্য করা হয়। এক্ষেত্রে একটি জিন যথেষ্ট পরিমাণ রঞ্জক তৈরি করতে অপারগ হওয়ায় হেটেরোজাইগাস দশায় মধ্যবর্তী রঙ প্রকাশ পায়।

3.2.3. সহপ্রকটতা (Co-dominance)

কোনো বিশেষ বৈশিষ্ট্যের জন্য দায়ী অ্যালিলদ্বয় হেটেরোজাইগাস দশায় উভয়েই সম্পূর্ণভাবে প্রকাশিত হলে তখন তাকে বলে সহ-প্রকটতা। এই ধরনের অ্যালিলদ্বয়কে বলে সহ প্রকট (Codominant) অ্যালিল। অসম্পূর্ণ প্রকটতায় আমরা দেখেছি হেটেরোজাইগাস দশায় যে ফিনোটাইপ পাওয়া যায় তা দুটি হোমোজাইগাস ফিনোটাইপের অন্তর্বর্তী কিন্তু এক্ষেত্রে আমরা দেখব হেটেরোজাইগাস দশায় যে ফিনোটাইপের উদ্ভব ঘটবে তা উভয় অ্যালিলের আংশিক প্রকাশের ফল নয় বরং উভয় অ্যালিলের সম্পূর্ণ প্রকাশের ফল।

রক্তের MN শ্রেণিবিভাগ ঃ মানবদেহে রক্তের ABO শ্রেণিবিভাগ সম্পর্কে আমরা সবাই কমবেশি অবহিত। এ ছাড়াও রক্তের অপর একটি অপেক্ষাকৃত স্বল্প পরিচিত শ্রেণিবিভাগ আছে। এটি MN শ্রেণিবিভাগ নামে চিহ্নিত। মানুষের রক্তে এই MN অ্যান্টিজেনের জন্য কোনো অ্যান্টিবডি নেই। সুতরাং রক্তে M বা N উপাদানের দরুণ মানবদেহে রক্ত জমাট বাঁধার (agglutination) কোনো প্রশ্ন নেই। কিন্তু মানব-রক্ত যদি খরগোশের শরীরে প্রয়োগ করা হয় তাহলে উপরোক্ত M বা N অ্যান্টিজেনের

জন্য খরগোশের রক্তরসে অ্যান্টিবডি তৈরি হয়। উদাহরণ স্বরূপ বলা যায়, যদি M ধরনের মানবরক্ত খরগোশের শরীরে প্রবেশ করানো হয়, তাহলে তা M এর বিপরীত অ্যান্টিবডি তৈরি করে, ঠিক উল্টোভাবে N ধরনের রক্ত খরগোশ দেহে N-অ্যান্টিবডি গঠন করে। কিন্তু MN রক্ত M ও N উভয় অ্যান্টিবডিই সৃষ্টি করে অর্থাৎ তারা সহ-প্রকট। এই পর্যবেক্ষণের ভিত্তিতে ল্যাণ্ডষ্টাইনর ও লিডাইন (1927) মানব গোষ্ঠীকে 3টি শ্রেণিতে ভাগ করেন, যথাক্রমে M, N ও MN এই বৈশিষ্ট্যগুলির জন্য দায়ী অ্যালিলগুলিকে হোমোজাইগাস এর ক্ষেত্রে L^ML^M, L^NL^N ও হেটেরোজাইগাস এর ক্ষেত্রে L^ML^N রূপে চিহ্নিত করা হয়। হেটেরোজাইগাস L^ML^N অ্যালিলদ্বয় MN শ্রেণির রক্ত উৎপাদন করে অর্থাৎ তারা সহ প্রকট বা (Co-dominant)।

প্রান্তলিপি—I

একজোড়া অ্যালিলের মধ্যে পারস্পরিক সম্পর্ক অপত্যর ফিনোটাইপ নির্ধারণ করে। নীচের মডেলগুলির সাহায্যে এই সম্পর্ক ব্যাখ্যা করা যায়। যদি সম্পূর্ণ প্রচ্ছন্ন ফিনোটাইপের মান হয় 0 এবং সম্পূর্ণ প্রকট ফিনোটাইপের মান হয় 2 তাহলে নীচের ফিনোটাইপ মানকটিকে আমরা কল্পনা করতে পারি—

0	2
হোমোজাইগাস	হোমোজাইগাস
প্রচ্ছন্ন	প্রকট

এবার প্রকট A এবং প্রচ্ছন্ন a অ্যালিলদ্বয়কে এই মানকের ওপর পারস্পরিক সম্পর্কের ভিত্তিতে নিচে দেখানো অবস্থানগুলিতে পেতে পারি—

1. সম্পূর্ণ প্রকটতা ঃ—যখন হেটেরোজাইগাস ফিনোটাইপের মান বিশুদ্ধ প্রকট হোমোজাইগাসের সমান ঃ

0	2 ..... ফিনোটাইপ মানক
aa	AA বা
	Aa ..... জিনোটাইপ

2. অসম্পূর্ণ প্রকটতা ঃ—যখন হেটেরোজাইগাস ফিনোটাইপের মান উভয়ের অন্তর্বর্তী ঃ

0	1	2 ..... ফিনোটাইপ মানক
aa	Aa	Aa ..... জিনোটাইপ

3. সহপ্রকটতা ঃ—উভয় অ্যালিল গুরুত্বপূর্ণ, অর্থাৎ হেটেরোজাইগাস দশার মান উভয় হোমোজাইগাসের সমান ঃ

0	2 ..... ফিনোটাইপ মানক
	AA, aa, Aa } জিনোটাইপ

অনুশীলনী ঃ 3.1

1. ভুট্টাগাছের লম্বা (LL) প্রকরণটি খর্ব (*ll*) প্রকরণের তুলনায় সম্পূর্ণভাবে প্রকট। উভয়ের মিলনে F_1 জনুতে প্রাপ্তব্য উদ্ভিদের জিনোটাইপ ও ফিনোটাইপ দেখান।
2. মুরগীর ক্ষেত্রে সাদা পালক বিশিষ্ট জনিতৃ এবং কালো পালক বিশিষ্ট জনিতৃর মিলনে নীল (আন্দালুসিয়ান) অপত্য পাওয়া গেল। F_1 অপত্যগুলির মধ্যে অন্তঃমিলনে সাদা, নীল এবং কালো অপত্য পাওয়া গেল। 1 : 2 : 1 অনুপাতে। এই সূত্র থেকে (i) অ্যালিলদ্বয়ের পারস্পরিক সম্পর্ক দেখান (ii) যে কোন চিহ্ন ব্যবহার করে প্রতিটি ফিনোটাইপের জন্য জিনোটাইপগুলি দেখান।
3. Snapdragon-এর বিশুদ্ধ লাল ফুল বিশিষ্ট জনিতৃ (RR) ও সাদা ফুল বিশিষ্ট জনিতৃ (rr)-এর মিলনে F_1 জনুতে সব গোলাপী (Rr) বর্ণের পুষ্প বিশিষ্ট অপত্য পাওয়া যায়। F_1 অপত্যকে যদি (i) লাল পুষ্পবিশিষ্ট জনিতৃ এবং (ii) সাদা পুষ্পবিশিষ্ট জনিতৃ দ্বারা সংকরায়িত করা যায় তবে প্রতিটি পরিস্থিতিতে ফিনোটাইপ ও জিনোটাইপের অনুপাত কী হবে?

3.3 জিন আর্ন্তসম্পর্ক (Gene Interaction) এবং মেন্ডেলতত্ত্বের রূপভেদ

দ্বিসংকর জনন সম্পর্কে আলোচনার (একক 2) আমরা দেখেছি দুই জোড়া জিনের সম্পূর্ণ স্বতন্ত্র স্বাধীন সঞ্চারণের ফলে সুনির্দিষ্ট ফিনোটাইপ অনুপাতের (অর্থাৎ 9 : 3 : 3 : 1) আবির্ভাব ঘটায়। মটর গাছের বীজের হলুদ এবং সবুজ অ্যালিলদ্বয় ও গোল এবং কুঞ্চিতে অ্যালিলদ্বয়ের প্রসঙ্গ স্মরণ করুন। এই পরীক্ষায় F_2 ফিনোটাইপগুলির মধ্যে যে অনুপাত পাওয়া যায় তা আদর্শ মেন্ডেলীয় অনুপাত। এই অনুপাতের (9 : 3 : 3 : 1) কোন ব্যতিক্রম দুই বা তাতোধিক জিনের পারস্পরিক আর্ন্তসম্পর্কের ফলে সৃষ্ট ফিনোটাইপের আবির্ভাবের দরুন করে না বরং মেন্ডেলীয় অনুসন্ধানের সীমাকে অনেক বিবর্ধিত করে। এগুলিকে পরিবর্তিত মেন্ডেলীয় অনুপাত (Modified Mendelian ratios) নামে চিহ্নিত করা হয়েছে।

3.3.1 দুইটি জীনের কার্যকারিতায় সৃষ্ট নূতন ফিনোটাইপ

মেন্ডেলের দ্বিসংকর জনন পরীক্ষায় দুই জোড়া অ্যালিল সম্পূর্ণ ভিন্ন ভিন্ন দুই জোড়া বৈশিষ্ট্য নির্ধারণ করে থাকে। যেমন বীজের হলুদ/সবুজ অ্যালিলদ্বয়ের কোন প্রভাবই গোল/কুঞ্চিত অ্যালিলদ্বয়ের ওপর নেই। কিন্তু মেন্ডেলবাদ স্বীকৃত হবার পর বহু বিজ্ঞানীর বিভিন্ন গবেষণার ফলাফলে এটা প্রমাণিত হয় যে এমন বহুসংখক বৈশিষ্ট্য (trait) আছে যা এক নয় একাধিক জিন দ্বারা প্রভাবিত। যদি দুইটি জিন একই বৈশিষ্ট্য (ফিনোটাইপ) নির্ধারণ করে, তাহলে তাদের মধ্যে বিভিন্ন প্রকার আন্তসম্পর্ক ঘটা

সম্ভব এবং তদনুযায়ী বিভিন্ন প্রকার ফিনোটাইপের বিভিন্ন অনুপাত সৃষ্ট হওয়া সম্ভব। নীচের কয়েকটি উদাহরণে প্রসঙ্গটি ব্যাখ্যা করা হল।

(a) মুরগীর ঝুঁটির বিভিন্ন আকৃতি ঃ মুরগীর চার প্রকার ঝুঁটি দেখতে পাওয়া যায়। এদের এক একটিকে এক একটি ফিনোটাইপ বলে ধরে নিলে আমরা পাই গোলাপ (rose), আখরোট (walnut), মটর (pea) এবং একক (single) এই চারটি ফিনোটাইপ। প্রতিটি ফিনোটাইপ দুটি সম্পূর্ণভাবে পৃথক অ্যালিলজোড়া দ্বারা নির্ধারিত। অ্যালিলদ্বয়কে R/r এবং P/p দ্বারা চিহ্নিত করলে আমরা অ্যালিলগুলির ভিন্ন ভিন্ন পারস্পরিক সহাবস্থানের ভিত্তিতে উপরোক্ত চারটি ফিনোটাইপ পেতে পারি। নীচের চিত্রে (চিত্র 3.1) চারটি ফিনোটাইপের দৃশ্যরূপ এবং প্রতিটির জন্য দায়ী জিনোটাইপ দেখানো হল।

গোলাপ	আখরোট	মটর	একক
(R-pp)	(R-P-)	(rr-P-)	(rrpp)

চিত্র 3.1 : মুরগীর ঝুঁটির ফিনোটাইপ ও জিনোটাইপের প্রকারভেদ

বিভিন্ন ফিনোটাইপের জনিতৃর মধ্যে সংকরায়ন ঘটানো হলে কয়েকটি অত্যন্ত কৌতূহলপ্রদ ফলাফল পাওয়া যেতে পারে। ফলাফলগুলি বুঝতে নীচের পরীক্ষা 3.3, পরীক্ষা 3.4, পরীক্ষা 3.5 লক্ষ্য করুন।

পরীক্ষা 3.3

জনিতৃ ..... গোলাপ × একক
RRpp ↓ rrpp

F_1 জনুর ..... গোলাপ × গোলাপ (স্ব-নিষেক)
ফিনোটাইপ Rrpp ↓ Rrpp

F_2 এ ..... গোলাপ ঃ একক
ফিনোটাইপ 3 : 1
জিনোটাইপ..... RRpp : Rrpp : rrpp
1 : 2 : 1

সিদ্ধান্ত ..... গোলাপ ঝুঁটি একক ঝুঁটির ওপর সম্পূর্ণ প্রকট
R ও জিনোটাইপ গোলাপ ঝুঁটির জন্য দায়ী

পরীক্ষা 3.4

জনিতৃ ..... মটর × একক

rrPP | rrpp

↓

F_1 জনুর ..... মটর × মটর (অন্তঃনিষেক)

ফিনোটাইপ rrPp | rrPp

↓

F_2 জনুর ..... মটর ঃ একক

ফিনোটাইপ

অনুপাত 3 : 1

rrPP : rrPP : rrpp

1 : 2 : 1

সিদ্ধান্ত ..... মটর ঝুঁটি একক ঝুঁটির উপর সম্পূর্ণ প্রকট

P-জিনোটাইপ গোলাপ ঝুঁটির জন্য দায়ী

পরীক্ষা 3.5

জনিতৃ ..... গোলাপ × একক

RRpp | rrpp

↓

F_1 জনুর ফিনোটাইপ ..... আখরোট × আখরোট (অন্তঃনিষেক)

↓

F_2 জনুর ফিনোটাইপ ..... আখরোট ঃ গোলাপ ঃ মটর ঃ একক

অনুপাত 9 : 3 : 3 : 1

সিদ্ধান্ত ..... F_1 এ প্রাপ্ত আখরোট আকৃতির ঝুটি গোলাপ ও মটরের আন্তঃসম্পর্কের প্রকাশ। F_1 জনুর অপত্যগুলির মধ্যে সংকরায়ণ ঘটানো হলে কেবল গোলাপ, মটর, আখরোট নয় একক ঝুঁটিরও আবির্ভাব ঘটে।

পরীক্ষা 3.5 এর জিনোটাইপগত অবস্থান নীচে প্রদর্শিত হল।

F_1 অপত্যর অন্তঃনিষেক ঃ আখরোট x আখরোট

♂ / 0_+	RP	Rp	rP	rp
RP	RRPP আখরোট	RRPp আখরোট	RrPP আখরোট	RrPp আখরোট
RP	RRPp আখরোট	RRpp গোলাপ	RrPp আখরোট	Rrpp গোলাপ
rP	RrPP আখরোট	RrPp আখরোট	rrPP মটর	rrPp মটর
rp	RrPp আখরোট	Rrpp গোলাপ	rrPp মটর	rrpp একক

ফিনোটাইপের অনুপাত ঃ আখরোট $\left(\frac{9}{16}\right)$ ঃ গোলাপ $\left(\frac{3}{16}\right)$ ঃ মটর $\left(\frac{3}{16}\right)$ ঃ একক $\left(\frac{1}{16}\right)$

উপরোক্ত পরীক্ষাগুলির ফলাফল বিশ্লেষণ করলে আমরা নিম্নলিখিত সিদ্ধান্তগুলিতে আসতে পারি ঃ

(ক) আখরোট ঝুঁটি—এই ফিনোটাইপটির জন্য দায়ী দুটি ভিন্ন ভিন্ন প্রকট অ্যালিল R এবং P। হোমো অথবা হেটেরোজাইগাস দশায় এই অ্যালিলদ্বয় যৌথভাবে একই ফিনোটাইপকে নির্ধারিত করে যদিও এরা স্বাধীনভাবে সঞ্চারণশীল (R–P–)।

(খ) R অ্যালিলটি হোমো বা হেটেরোজাইগাস দশায় (R–) গোলাপঝুঁটি সৃষ্টি করে, যদি P অ্যালিলটি হোমোজাইগাস দশায় সহাবস্থান করে (R–PP)।

(গ) P অ্যালিলটি হোমো অথবা হেটেরোজাইগাস দশায় (P–) মটরঝুঁটি সৃষ্টি করে, যদি r অ্যালিলটি হেমোজাইগাস দশায় সহাবস্থান করে (P-rr)।

(ঘ) সম্পূর্ণভাবে প্রচ্ছন্ন rrpp জিনোটাইপ একক ঝুঁটির জন্য দায়ী।

(b) স্কোয়াস ফলের আকৃতি (9 : 6 : 1 অনুপাত) ঃ—

স্কোয়াস ফলের দুটি প্রকরণ আছে ঃ গোলাকৃতি এবং লম্বা আকৃতি। লম্বা আকৃতির ফল যথার্থ স্বনিষেকী অর্থাৎ তাদের মধ্যে পরাগমিলনে কেবলমাত্র লম্বা আকৃতির ফলই পাওয়া যায়, কিন্তু গোলাকৃতি ফল বিশিষ্ট উদ্ভিদগুলির মধ্যে স্বনিষেক ঘটানো হলে কখনও কখনও চাকতি (disc) আকৃতির ফল পাওয়া যায়। এদের মধ্যে স্বনিষেক ঘটানো হলে F_2 জনুতে যে ফল পাওয়া যায় তা নিম্নরূপ ঃ

$\left(\frac{9}{16}\right)$টি চাকতি আকৃতির, $\left(\frac{6}{16}\right)$টি গোলাকৃতির এবং $\left(\frac{1}{16}\right)$ লম্বা আকৃতির ফলবাহী উদ্ভিদ। এই সংকরায়নের ব্যাখ্যাটি নিম্নরূপ ঃ এককভাবে প্রকট অ্যালিল A বা B হোমো-অথবা হেটেরোজাইগাস দশায় গোলাকৃতি ফল উৎপাদন করে (অর্থাৎ A-bb অথবা aaB-) কিন্তু এই দুটি সম্পূর্ণভাবে ভিন্ন, স্বাধীনভাবে সঞ্চারণশীল প্রকট অ্যালিল যদি সহাবস্থান করে (অর্থাৎ A-B-) তাহলে চাকতি আকৃতির ফল উৎপাদিত হয়। অ্যালিলদ্বয় সম্পূর্ণভাবে প্রচ্ছন্ন হোমোজাইগাস দশায় (অর্থাৎ aabb) লম্বা ফল উৎপাদন করে। যদি দুটি ভিন্ন প্রকরণের জিনোটাইপ পরস্পরের সঙ্গে মিলিত হয় তাহলে F_2 জনুতে A ও B অ্যালিলদ্বয় হেটেরোজাইগাস রূপে অবস্থান করে এবং ফলগুলি চাকতি আকৃতির হয়। এদের মধ্যে স্বনিষেক ঘটানো হলে কেবল জনিতৃ জনু নয়, লম্বা আকৃতির ফলেরও F_2 জনুতে আবির্ভাব ঘটে। দুটি ভিন্ন অ্যালিলের এককভাবে অথবা সহাবস্থানের এই বহুরূপতা, কখনও কখনও বহুরূপতা (polymerism) নামে পরিচিত। নীচের পরীক্ষা 3.6 অংশে সংকরায়ণ পরীক্ষাটি বিবৃত হল ঃ

পরীক্ষা 3.6

জনিতৃ ..... গোলাকৃতি ফল × গোলাকৃতি ফল

AAbb ↓ aaBB ↓

গ্যামেট ..... Ab aB

↓

F_1 জনুর ফিনোটাইপ ..... চাকতি সদৃশ ফল চাকতি সদৃশ ফল (স্বনিষেক)

AaBb × AaBb

F_1-এর গ্যামেট AB aB Ab ab

♂ / 0_+	AB	aB	Ab	ab
AB	AABB চাকতি	AaBB চাকতি	AABb চাকতি	AaBb চাকতি
aB	AaBB চাকতি	aaBB গোল	AaBb চাকতি	aaBb গোল
Ab	AABb চাকতি	AaBb চাকতি	AAbb গোল	Aabb গোল
ab	AaBb চাকতি	aaBb গোল	Aabb গোল	aabb লম্বা

ফিনোটাইপের অনুপাত ঃ চাকতি $\left(\frac{9}{16}\right)$ ঃ গোল $\left(\frac{6}{16}\right)$ ঃ লম্বা $\left(\frac{1}{16}\right)$

অনুশীলনী ঃ 3.2

1. একটি কাল্পনিক উদ্ভিদের সংকরায়ণ পরীক্ষা—A-bb সাদা বর্ণের জন্য, aaB- লাল বর্ণের জন্য দায়ী। A-B- জিনোটাইপের প্রভাবে কিন্তু বেগুনী বর্ণ সৃষ্ট হয় এবং সম্পূর্ণ প্রচ্ছন্ন aabb

বাদামী রংয়ের জন্য দায়ী। একটি সাদা AAbb জিনোটাইপ বিশিষ্ট উদ্ভিদের সঙ্গে একটি লাল aaBB জিনোটাইপ বিশিষ্ট উদ্ভিদের মিলনে ঃ

(a) F_1 জনুর জিনোটাইপ ও ফিনোটাইপ কী হবে?

(b) F_1 অপত্য দ্বারা উৎপাদিত গ্যামেটগুলি কী কী?

(c) F_1 উদ্ভিদের স্বনিষেকে F_2 জনুর ফিনোটাইপ কী কী হতে পারে এবং তাদের মধ্যে অনুপাত কী?

2. গমের দুটি অ্যালিল C_1 এবং C_2 একত্রে গাঢ় লাল দানার সৃষ্টি করে কিন্তু এদের যে কোন একটি অ্যালিলের উপস্থিতিতে দানার রং হালকা লাল। সম্পূর্ণ প্রচ্ছন্ন অবস্থায় অবশ্য অ্যালিলদ্বয় সাদা রঙের গমের দানা সৃষ্টি করে।

(a) একটি গাঢ় লাল হোমোজাইগাস উদ্ভিদের জিনোটাইপ কী হবে?

(b) একটি সাদা হোমোজাইগাস উদ্ভিদের ফিনোটাইপ কী হবে?

(c) এই দুটি উদ্ভিদের মিলনে উদ্ভূত F_1 অপত্য কি ধরণের জিনোটাইপ ও ফিনোটাইপ বিশিষ্ট?

(d) F_1 অপত্যগুলির দ্বারা উৎপাদিত গ্যামেট কী কী?

(e) F_1 অপত্যগুলির মধ্যে মিলনে F_2 জনুতে উৎপাদিত ফিনোটাইপের প্রকৃতি ও আনুপাতিক হার কী হওয়া উচিত?

(f) এটি কী ধরনের জিন আন্তর্সম্পর্ক নির্ধারক অনুপাত?

3.3.2. এপিষ্ট্যাসিস (Epistasis)

এপিষ্ট্যাসিস হল এমন একটি জিন আর্ন্তসম্পর্ক যেখানে দুটি ভিন্ন ভিন্ন অ্যালিল একে অন্যের প্রকাশকে চাপা দিতে চায় যে জিনের প্রকাশ চাপা পড়ল তাকে বলে হাইপোষ্ট্যাটিক (hypostatic) জিন। স্মরণ করুন, সম্পূর্ণ প্রকটতার (dominance) ক্ষেত্রেও ওই ঘটনাই ঘটে, তবে যেখানে অ্যালিলজোড়ার মধ্যে একটির প্রকাশ চাপা পড়ে অপরটি প্রকট হয়। এক্ষেত্রে একই ঘটনা ঘটে দুটি ভিন্ন অ্যালিলের মধ্যে আন্তর্সম্পর্কের জেরে।

এপিস্ট্যাসিস উভমুখী, অর্থাৎ প্রকট বা প্রচ্ছন্ন উভয়ের দরুনই হতে পারে। যেমন, হোমোজাইগাস aa প্রকট হোমো বা হেটেরোজাইগাস B-এর প্রকাশকে চাপা দিতে পারে (প্রচ্ছন্ন এপিষ্ট্যাসিস)। আবার প্রকট A উপস্থিতিতে প্রকট B-এর প্রকাশ ব্যাহত হতে পারে।

(a) প্রচ্ছন্ন এপিষ্ট্যাসিস (Ressive Epistasis) : [F_2 9 : 3 : 4 অনুপাত] যখন A/a এবং B/b অ্যালিল দ্বয়ের মধ্যে আন্তর্সম্পর্ক এইরূপ যে aaBb অথবা aabb একই প্রকার ফিনোটাইপ উৎপাদন করে তখন তা প্রচ্ছন্ন এপিষ্ট্যাসিস এর উদাহরণ বলে গণ্য হয়। উদাহরণ স্বরূপ জোয়ারের দানার খোশার রঙের বিভিন্নতা দেখা যেতে পারে। খোসার কালচে বেগুনি রঙ (Black Purple) এর জন্য দায়ী জিন P বাদামী খোসার (Brown) জন্য দায়ী জিন P এর উপর প্রকট। অপর একটি ক্রোমোজোমে উপস্থিত জিন B এর এককভাবে বা হোমোজাইগাস pp-এর উপস্থিতিতে কোনো প্রভাব নেই। কিন্তু P-এর

হোমো -বা হেটেরোজাইগাস (P-) দশায় B জিনটি লালচে-বেগুনি রঙের খোসা তৈরির জন্য দায়ী। এই তথ্য থেকে বিভিন্ন জিনোটাইপ ও তজ্জনিত ফিনোটাইপগুলির প্রকরণ আমরা কল্পনা করতে পারি

ফিনোটাইপ	জিনোটাইপ
কালচে বেগুনি	PPbb অথবা Ppbb
বাদামী	ppBB বা ppBb বা ppbb
লালচে বেগুনি	PPBB বা PpBB বা PpBb

এবার একটি বিশুদ্ধ কালচে বেগুনি খোসার (PPbb) উদ্ভিদের সঙ্গে বিশুদ্ধ বাদামী খোসার (ppBB) উদ্ভিদের মিলনের ফলাফলটি পর্যবেক্ষণ করুন।

জনিতৃ ..... কালচে বেগুনি × বাদামী

(PPbb) (ppBB)

গ্যামেট ..... Pb pB

F_1 জনুর ফিনোটাইপ .....লালচে বেগুনি × লালচে বেগুনি .... (স্বনিষেক)

(PpBb) (PpBb)

F_2 জনুর সম্ভাব্য ফলাফল ঃ

♂ / ♀	PB	Pb	pB	pb
PB	PPBB লালচে	PPBb লালচে	PpBB লালচে	PpBb লালচে
Pb	PPBb লালচে	PPbb কালচে	PpBb লালচে	Ppbb কালচে
pB	PPBB লালচে	PpBb লালচে	ppBB বাদামী	ppBb বাদামী
pb	PpBb লালচে	Ppbb কালচে	ppBb বাদামী	ppbb বাদামী

পরীক্ষা 3.7

ফিনোটাইপের অনুপাত — লালচে বেগুনি (9/16) : কালচে বেগুনি (3/16) : বাদামী (4/16)

এই পরীক্ষায় দেখা গেল প্রচ্ছন্ন হোমোজাইগাস pp অ্যালিলদ্বয় B— অ্যালিল B–দ্বয়ের প্রভাবকে প্রতিহত করে, তাই এটি একটি প্রচ্ছন্ন এপিস্ট্যাসিসের উদাহরণ।

(b) প্রকট এপিস্ট্যাসিস (dominant epistasis) [12 : 3 : 1 অনুপাত]

স্কোয়াস ফলের সাধারণতঃ তিনটি রঙ পাওয়া যায় ঃ সাদা, হলুদ এবং সবুজ। সাদা এবং হলুদ অথবা সাদা এবং সবুজের মিলনে সর্বদাই সাদা ফিনোটাইপ পাওয়া যায়। কিন্তু হলুদ বা সবুজের মিলনে হলুদ প্রকট। সুতরাং হলুদ বৈশিষ্ট্যটি সাদার পরিপ্রেক্ষিতে প্রচ্ছন্ন কিন্তু সবুজের পরিপ্রেক্ষিতে প্রকট। অন্যভাবে বলতে গেলে সাদার জন্য দায়ী অ্যালিলটি (W-) হলুদ (Y-) অথবা সবুজ (wwyy) এর ওপর এপিস্ট্যাসিস ধর্ম প্রদর্শন করে অর্থাৎ সেগুলির প্রকাশকে চাপা দেয়। সেই জন্য এটি প্রকট এপিস্ট্যাসিস হিসাবে গণ্য হয়।

একটি বিশুদ্ধ সাদা (WWyy) এবং বিশুদ্ধ হলুদ (wwYY) উদ্ভিদের মিলনে F_1 জনুতে উৎপাদিত উদ্ভিদগুলি সমস্ত সাদা ফল বিশিষ্ট হেটেরোজাইগাস (WwYy)। এদের মধ্যে স্বনিষেক ঘটানো হলে F_2 জনুতে সাদা ঃ হলুদ সবুজের অনুপাত হয় 12 : 3 : 1

জনিতৃ ..... বিশুদ্ধ সাদা × বিশুদ্ধ হলুদ

WWyy wwYY

গ্যামেট ..... Wy wY

স্ব-নিষেক..... হেটেরোজাইগাস সাদা

WwYy

WY wY Wy wy

ফিনোটাইপের অনুপাত ঃ সাদা (12/16) ঃ হলুদ (3/16) ঃ সবুজ (1/16)

♂ / ♀	WY	wY	Wy	wy
WY	WWYY সাদা	WwYY সাদা	WWYy সাদা	WwYy সাদা
wY	WwYY সাদা	wwYY হলুদ	WwYy সাদা	wwYy হলুদ
Wy	WWYy সাদা	WwYy সাদা	WWyy সাদা	Wwyy সাদা
wy	WwYy সাদা	wwYy হলুদ	Wwyy সাদা	wwyy সবুজ

অনুশীলনী ঃ 3.3

1. ইঁদুরের ক্ষেত্রে একই প্রকার জিনোটাইপ বিশিষ্ট (BbCc) বিশিষ্ট পুং এবং স্ত্রী জনিতৃর মধ্যে জননের ফলে $\frac{7}{80}$ টি কালো $\frac{19}{80}$ টি সাদা এবং $\frac{14}{80}$ টি ধূসর ইঁদুর পাওয়া গেল। এই সংকরায়ণ পরীক্ষা থেকে বলুন ঃ

(a) অপত্যগুলির আনুপাতিক হার কী?

(b) এই আনুপাতিক হার কী ধরণের জীন আন্তর্সম্পর্কের সূচক?

2. ওপরের বর্ণিত সংকরায়ণ পরীক্ষায় অ্যালিলদ্বয় B এর প্রকাশকে বাধা দেয় এবং সাদা রঙের আবির্ভাব ঘটায়। সেক্ষেত্রে নীচের জিনোটাইপগুলির ফিনোটাইপ কী হবে বলুন ঃ

(a) B–C–

(b) bbC –

(c) B – cc

(d) bbcc –

3. কুকুরের ক্ষেত্রে I অ্যালিলের উপস্থিতিতে লোমের রঙ হয় সাদা। কিন্তু ii হোমোজাইগাস এর উপস্থিতিতে B– কালো এবং bb বাদামী বর্ণের লোম সৃষ্টি করে।

(a) F_1 যদি হেটেরোজাইগাস সাদা হয় তাহলে সেটির জিনোটাইপ কী?

(b) এই F_1 অপত্যর মধ্যে অন্তঃমিলনে সৃষ্ট নিম্নলিখিত জিনোটাইপগুলির ফিনোটাইপ কী হবে বলুন—

I-B-, iiB-, I-bb, iibb

(c) F_2 অপত্যগুলির মধ্যে আনুপাতিক হার কী হওয়া উচিত?

(d) এটি কি ধরণের জিন আন্তর্সম্পর্কের পরিচায়ক?

3.3.3 দুটি প্রচ্ছন্ন অ্যালিলের মিলিত প্রতিক্রিয়া বা পরিপূরক উপাদান (complementary factors) (9 : 7 অনুপাত)

দুই জোড়া অ্যালিলের কথা কল্পনা করা যাক A/a এবং b/b যখন উভয় অ্যালিল হোমোজাইগাস দশায় একই ফিনোটাইপ উৎপন্ন করে তখন F_2 জনুতে প্রাপ্ত অপত্যগুলির মধ্যে আনুপাতিক হার হয় 9 : 7, এক্ষেত্রে aaB-, A-bb অথবা aabb হল তিনটি ভিন্ন ভিন্ন জিনোটাইপের সূচক যারা একই ফিনোটাইপ উৎপন্ন করে। অপরপক্ষে প্রকট অ্যালিলদ্বয় যখন সহ-অবস্থান করে তখন একে ওপরের প্রভাবের পরিপূরকরূপে কাজ করে বলে এই প্রকটদ্বয়কে পরিপূরক উপাদান বলেও চিহ্নিত করা হয়। পরিপূরক রূপে প্রকটদ্বয় ভিন্নতর ফিনোটাইপ সৃষ্টি করে।

পরীক্ষা 3.8 খেসারীর (lathyrus orodatus) শ্বেতপুষ্পবাহী দুটি ভিন্ন ভিন্ন জিনোটাইপের উদ্ভিদের মধ্যে সংকরায়ণ ঘটানো হলে F_1 জনুতে সমস্ত উদ্ভিদ কালচে-বেগুনি (purple) পুষ্পবাহী হয়। F_1 অপত্যগুলির মধ্যে সংকরায়ণ ঘটানো হলে F_2 জনুতে $\left(\frac{9}{16}\right)$ টি লালচে - বেগুনি এবং $\left(\frac{7}{16}\right)$ টি শ্বেত পুষ্প পাওয়া যায়।

জনিতৃ ..... শ্বেত পুষ্প × শ্বেত পুষ্প

CCpp ccPP

গ্যামেট ..... Cp cP

F_1 জনুর জিনোটাইপ..... CcPp

ঐ - ফিনোটাইপ লালচে-বেগুনি

F_1 জনুর অপত্যগুলির মধ্যে নিষেক ঃ

লালচে - বেগুনি লালচে - বেগুনি

CcPp × CcPp

F_1 জনুর অনুপাত ঃ

♂ / ♀	CP	cP	Cp	cp
CP	CCPP বেগুনি	CcPP বেগুনি	CCPp বেগুনি	CcPp বেগুনি
cP	CcPP বেগুনি	ccPP সাদা	CcPp বেগুনি	ccPp সাদা
Cp	CCPp বেগুনি	CcPp বেগুনি	CCpp সাদা	Ccpp সাদা
cp	CcPp বেগুনি	ccPp সাদা	Ccpp সাদা	ccpp সাদা

লালচে - বেগুনি $\left(\frac{9}{16}\right)$: সাদা $\left(\frac{7}{16}\right)$

লক্ষ্যণীয় এই যে cc বা pp প্রচ্ছন্ন হোমোজাইগাস বা দ্বিপ্রচ্ছন্ন হোমোজাইগাস (ccpp) দশায় একই ফিনোটাইপ সৃষ্টি করে এবং প্রকট অ্যালিলের প্রভাবকে চাপা দেয়। ফলে এই অনুপাতকে এক ধরনের দ্বিত্ব-প্রচ্ছন্ন এপিস্ট্যাসিস (duplicate recessive epistasis) বলেও চিহ্নিত করা হয়ে থাকে।

3.3.4 দুটি প্রকট অ্যালিলের যৌথ প্রতিক্রিয়া (Duplicate Dominantgenes) [15 : 1 অনুপাত]

যখন দুটি প্রকট অ্যালিল এককভাবে বা যৌথভাবে একই ফিনোটাইপ উৎপাদন করে তখন F_2 জনুতে কেবলমাত্র পূর্ণ প্রচ্ছন্ন অপত্যটি ভিন্ন ফিনোটাইপ বিশিষ্ট হতে পারে। সেক্ষেত্রে ফিনোটাইপের অনুপাত হয় 15 : 1

পরীক্ষা 3.9

Capsella নামক উদ্ভিদের ফলের আকৃতি দুটি ভিন্ন ভিন্ন ক্রোমোজোমে উপস্থিত দুইজোড়া অ্যালিল A/a এবং B/b দ্বারা নিয়ন্ত্রিত। এককভাবে A– এবং B – অথবা যৌথভাবে A–B– ত্রিকোণাকৃতি ফল (Capsule) গঠন করে কিন্তু aabb অর্থাৎ দ্বি-প্রচ্ছন্ন হোমোজাইগাস দশায় ফলের গঠন হয় গোলাকার। একটি শুদ্ধ ত্রিকোণাকৃতি ফল বিশিষ্ট (AABB) উদ্ভিদের সঙ্গে একটি শুদ্ধ গোলাকৃতি ফলবিশিষ্ট (aabb) উদ্ভিদের মিলনের ফলাফল কী হতে পারে দেখা যাক ঃ

ত্রিকোণাকৃতি × গোলাকৃতি .....জনিতৃ

(AABB) (aabb)

AB ab

ত্রিকোণাকৃতি × ত্রিকোণাকৃতি (স্বনিষেক)..... F_1

(AaBb) (AaBb)

F জনুর অনুপাত ঃ

♂ / 0_+	AB	aB	Ab	ab
AB	AABB ত্রিকোণ	AaBB ত্রিকোণ	AABb ত্রিকোণ	AaBb ত্রিকোণ
aB	AaBB ত্রিকোণ	aaBB ত্রিকোণ	AaBb ত্রিকোণ	aaBb ত্রিকোণ
Ab	AABb ত্রিকোণ	AaBb ত্রিকোণ	AAbb ত্রিকোণ	Aabb ত্রিকোণ
ab	AaBb ত্রিকোণ	aaBb ত্রিকোণ	AaBb ত্রিকোণ	aabb গোল

ফিনোটাইপের অনুপাত ত্রিকোণ (15/16) : গোলাকৃতি (1/16)

3.4 অনুশীলনী ঃ

1. একটি কাল্পনিক সংকরায়ণ পরীক্ষায় দুটি সাদা ফুল বিশিষ্ট মটর গাছের মিলনে F_1 জনুতে গোলাপী ফুল বিশিষ্ট উদ্ভিদ পাওয়া গেল। F_1 গুলির মধ্যে মিলনে 96 টি অপত্য পাওয়া গেল যাদের মধ্যে 53 গোলাপী এবং 43 সাদা ফুল বিশিষ্ট।

   (a) F_2 জনুর উদ্ভিদগুলির মধ্যে অনুপাত কী?

   (b) এটি কী ধরনের জিন আন্তর্সম্পর্কের প্রকাশ?

   (c) নিজস্ব চিহ্ন ব্যবহার করে জনিতৃ ও F_1 জনুর জিনোটাইপ দেখান।

2. ভূট্টার সস্য (endosperm) অংশের রঙ $C_1 - C_2$ – জিনোটাইপের ফলে হলুদ হয় কিন্তু $C_1C_1C_2C_2$ জিনোটাইপের ক্ষেত্রে সাদা হয়—

   (a) একটি হলুদ হোমোজাইগাস জনিতৃর জিনোটাইপ দেখান।

   (b) একটি সাদা জনিতৃর সঙ্গে উপোরোক্ত হলুদ জনিতৃর মিলনে F_1 জনুতে উৎপাদিত উদ্ভিদের ফিনোটাইপ ও জিনোটাইপ দেখান।

   (c) F_1 অপত্যগুলির মধ্যে মিলনে F_2 জনুতে সম্ভাব্য ফিনোটাইপগুলির মধ্যে অনুপাত কি হওয়া সম্ভব?

   (d) এই অনুপাত কি ধরনের জিন আন্তর্সম্পর্কের প্রকাশ?

3.3.5 প্রতিরোধী উপাদান (Intibitory factor) [13 : 3 অনুপাত]

যখন একটি প্রকট উপাদান অপর একটি প্রকট উপাদানের প্রভাবকে ঢেকে দেয় তখন তাকে বলে প্রতিরোধী উপাদান। সাধারণভাবে এই প্রতিরোধী উপাদানটির কোন দৃশ্যমান ফিনোটাইপ নেই।

উদাহরণ ঃ

ধানের পাতায় বেগুনি বর্ণ দেখা যায় প্রকট অ্যালিল P এর প্রভাবে এবং প্রচ্ছন্ন অ্যালিল P সবুজ বর্ণের পাতার জন্য দায়ী। অপর একটি প্রকট অ্যালিল I এর নিজস্ব কোন প্রতিক্রিয়া নেই কিন্তু এটি প্রকট প্রভাবকে প্রতিরোধ করে। প্রচ্ছন্ন i এর এ ধরনের প্রতিরোধী প্রভাব নেই। সুতরাং P-I অথবা ppii একই ধরনের সবুজ পাতা উৎপাদনের জন্য দায়ী এবং P-ii বেগুনি বর্ণের পাতার জন্য দায়ী।

একটি লালচে - বেগুনি (purple) পত্রবিশিষ্ট শুদ্ধ জনিতৃ এবং সবুজ পত্র বিশিষ্ট শুদ্ধ জনিতৃর মিলনের ফলাফল দেখা যাক ঃ

পরীক্ষা 3.10

জনিতৃ ..... লালচে-বেগুনি × সবুজ

(PPii) (ppII)

F_1 জনুর অপত্য..... সবুজ × সুবজ (স্বনিষেক)

(PpIi) ↓ (PpIi)

F_2 জনুর অনুপাত ঃ

♂ / 0_+	PI	Pi	pI	pi
PI	PPII সবুজ	PPIi সবুজ	PpII সবুজ	PpIi সবুজ
Pi	PPIi সবুজ	PPii বেগুনি	PpIi সবুজ	Ppii বেগুনি
pI	PpII সবুজ	PpIi সবুজ	ppII সবুজ	ppIi সবুজ
pi	PpIi সবুজ	Ppii বেগুনি	ppIi সবুজ	ppii সবুজ

F_2 জনুর ফিনোটাইপ এর অনুপাত — সবুজ (13/16) : বেগুনি (3/16)

লক্ষ্যণীয় এই যে প্রকট অ্যালিল I এর অবদমনকারী প্রতিক্রিয়া কেবল প্রকট P-এর ওপর। pp এর ওপর এটির কোন প্রতিক্রিয়া নেই। সুতরাং এটিও এক ধরনের এপিষ্ট্যাসিস যা প্রকট - প্রচ্ছন্ন প্রতিক্রিয়া (Dominant Recessive Instruction) নামেও পরিচিত।

প্রান্ত লিপি - 2

ভিন্ন ভিন্ন প্রকার জিন আন্তর্সম্পর্কের তুলনামূলক আলোচনা করলে দেখা যায় প্রতিটি আন্তর্সম্পর্ক একটি সুনির্দিষ্ট জিনোটাইপগত ছক মেনে চলে। ছকগুলির সংক্ষিপ্তসার নীচে বিবৃত হল—

জিনোটাইপ	A-B-	A-bb-	aaB-	aabb
মেন্ডেলীয় অনুপাত	9	3	3	1
প্রকট এপিস্ট্যাসিস	12		3	1
প্রচ্ছন্ন এপিস্ট্যাসিস	9	3		4
বহুরূপতা	9	6		1
দুটি প্রকট জিনের যৌথ প্রতিক্রিয়া	15			1
দুটি প্রচ্ছন্ন অ্যালিলের প্রতিক্রিয়া	9	7		
প্রতিরোধী উপাদান	13*		3	*

*একই ফিনোটাইপ প্রদর্শনকারী

3.4 মারণ অ্যালিল (Lethal Alleles)

কিছু কিছু অ্যালিলের প্রতিক্রিয়া এইরূপ যে এই অ্যালিলবাহী জীব পরিপূর্ণতা অর্জনের আগেই মারা যায়। এই ধরণের অ্যালিল মারণ অ্যালিল নামে পরিচিত। অ্যালিলটি যদি সম্পূর্ণরূপে প্রকট হয় (Complete dominance) তবে হোমো- অথবা হেটেরোজাইগাস দশায় সেটি মৃত্যু ডেকে আনবে। সাধারণতঃ পরিব্যক্তির ফলে এ জাতীয় অ্যালিলের উদ্ভব ঘটে এবং মৃত্যুর মাধ্যমে সামগ্রিক জীবগোষ্ঠীর মধ্যে এই জিন সঞ্চারিত হবার সম্ভাবনা সমূলে বিনাশ করতে প্রকৃতিই এই জীবটিকে যৌন সক্ষমতা প্রাপ্তির পূর্বেই সরিয়ে দেয়।

হোমোজাইগাসরূপে মারক অ্যালিলের দুটি প্রকারভেদ আছে

(i) হেটেরোজাইগাসরূপে যেটির কোন দৃশ্য প্রতিক্রিয়া নেই।

(ii) হেটেরোজাইগাস যেটি সম্পূর্ণ স্বতন্ত্র ফিনোটাইপ প্রদর্শন করে।

উদাহরণ 1 :

গরুর পায়ের জন্মগত কর্তিত দশা একটি পূর্ণ প্রচ্ছন্ন হেমোজাইগাস অ্যালিলের কারণে হয়ে থাকে। এই অ্যালিল' এর জোড় প্রকটটি অর্থাৎ L স্বাভাবিক পদের জন্য দায়ী। দুটি হেটোরোজাইগাস স্বাভাবিক জনিতৃর মিলনের ফলাফল নিম্নরূপ ঃ

সুতরাং এটি প্রথম ধরনের মারণ অ্যালিলের উদাহরণ যা কেবল হোমোজাইগাস দশায় ভিন্ন ফিনোটাইপ প্রদর্শন করে।

উদাহরণ 2 :

স্ন্যাপড্রাগন গাছের (Antirrhum majus) পাতার ক্লোরোফিলের পরিমাণ একজোড়া অ্যালিল C^1 ও C^2 এর ওপর নির্ভরশীল। C^2 হেমোজাইগাস দশায় মারক কিন্তু হেটোরোজাইগাসরূপে ভিন্নতর ফিনোটাইপ উৎপাদনকারী—যা হল হালকা সবুজ রঙের পাতা।

দুটি হালকা সবুজ পাতাবিশিষ্ট জনিতৃর মিলনে উৎপাদিত F_1 হয় হালকা সবুজ। F_1 অপত্যগুলির মধ্যে পরাগমিলনের ফলে কৌতূহলপ্রদ ফলাফল পাওয়া যায় ঃ

দেখা যাচ্ছে হেটেরোজাইগাস দশায় অ্যালিল হালকা সবুজ এবং হেমোজাইগাস দশায় সাদা ফিনোটাইপ সৃষ্টি করে। এটি দ্বিতীয় প্রকার মারক জিনের উদাহর ।

অপর একটি বিষয়ও লক্ষ্যণীয়। পাতার রঙের পরিপ্রেক্ষিতে অ্যালিলদ্বয়ের পারস্পরিক সম্পর্ক অসম্পূর্ণ প্রকটতার (Incomplete dominance)। কিন্তু জীবিতাবস্থার পরিপ্রেক্ষিতে ভিন্নতর। তাই দুটি ভিন্ন ভিন্ন অবস্থার পরিপ্রেক্ষিতে দুটি ভিন্ন ভিন্ন ফিনোটাইপ অনুপাত দেখতে পাওয়া যাচ্ছে। এই ঘটনাকে প্লিওট্রপিজম (Pleiotropism) নামেও অভিহিত করা হয়।

অনুশীলনী 3.5

1. ড্রসোফিলা মাছির প্রকট জিন S তারকাকৃতি চক্ষুর জন্য দায়ী। এটির প্রচ্ছন্ন জোড় S^+ স্বাভাবিক চক্ষু গঠন করে। অপর একটি জিন D প্রকটরূপে S এর প্রভাবকে ঢাকা দেয় কিন্তু S^+ এর উপর ওটির কোন প্রতিক্রিয়া নেই।

(a) একটি s^+s^+ DD জিনোটাইপ বিশিষ্ট মাছির চক্ষু কীরূপ হবে?

(b) একটি SS dd জিনোটাইপ বিশিষ্ট মাছির ফিনোটাইপ কী হবে?

(c) একটি s^+s^+ dd জিনোটাইপ বিশিষ্ট মাছির ফিনোটাইপ কী হবে?

(d) SSDD × s^+s^+ dd সংকরায়ণে উদ্ভূত F_1 অপত্যের জিনোটাইপ ও ফিনোটাইপ নির্ধারণ করুন।

(e) এটি কী ধরনের জিন আন্তর্সম্পর্কের পরিচায়ক?

(f) F_1 জনুর অপত্যর মিলনের ফলে F_2 তে সম্ভাব্য ফিনোটাইপগুলির অনুপাত কী?

2. মানুষের কাস্তে কোষ রক্তশূন্যতার জন্য দায়ী জিন Hb^s হোমোজাইগাস দশায় এই রোগ সৃষ্টি করে। Hb^A হল স্বাভাবিক রক্তের জিন এবং এটি Hb^s এর উপর প্রকট।

(a) একটি হেটেরোজাইগাস মানুষের জিনোটাইপ কী হবে?

(b) এই দশায় মানুষটি কী সুস্থ না রুগ্ন?

(c) এটি কোন ধরনের জিন আন্তর্সম্পর্কের প্রকাশ?

3.5 সারাংশ

চিরাচরিত মেন্ডেলীয় আনুপাতিক হারে একাধিক ব্যতিক্রম জীবজগৎ-এ দেখতে পাওয়া যায়। এগুলি মেন্ডেলতত্ত্বকে অপ্রমাণ করে না। বরং মেন্ডেলতত্ত্বকে বা মেন্ডেলের পর্যবেক্ষণগুলিকে এই ব্যতিক্রমী অনুপাতগুলি বিবর্ধিত করে। আমরা জানতে পেরেছি প্রকটতার একাধিক রূপ আছে। যেমন, সম্পূর্ণ প্রকটতা যা মেন্ডেল দেখেছিলেন বা অসম্পূর্ণ প্রকটতা যেখানে হেটেরোজাইগাস দশা দুটি হোমেজাইগাসের অন্তর্বর্তী অথবা সহপ্রকটতা যেখানে দুটি অ্যালিলই হেটেরোজাইগাস দশায় পূর্ণ প্রকাশিত হয়।

বহু জীবের ক্ষেত্রে সম্পূর্ণ ভিন্ন ক্রোমোজোমে অবস্থিত দুটি অ্যালিল একই ফিনোটাইপকে নির্ধারণ করতে দেখা যায়। কোন কোন ক্ষেত্রে এইরূপ দুটি অ্যালিলের পারস্পরিক প্রতিক্রিয়ায় সম্পূর্ণ নতুন ফিনোটাইপ দেখা যায়। এপিষ্ট্যাসিসের ক্ষেত্রে একটি অ্যালিল অপর অ্যালিলের প্রভাবকে চাপা দেবার দরুণ মেন্ডেলীয় অনুপাতের একাধিক পরিবর্তন দেখতে পাওয়া যায়। এইরূপ প্রভাব যেমন প্রকট অ্যালিলের থাকতে পারে তেমনি প্রচ্ছন্ন অ্যালিলের থাকতে পারে। কোন কোন অ্যালিলের প্রভাবে অপত্য'র মৃত্যু ঘটতে পারে, তাকে বলে মারণ অ্যালিল। এছাড়া প্লিওট্রপিক অ্যালিলদ্বয় একাধিক ফিনোটাইপকে সৃষ্টি করতে দেখা যায়।

3.6 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

1. প্রকটতা বলতে কী বোঝায়। প্রকটতা কয় প্রকার ও কী কী? উদাহরণসহ বিভিন্ন প্রকার প্রকটতার ব্যাখ্যা দিন।
2. এপিষ্ট্যাসিস কাকে বলে? উপযুক্ত পরীক্ষার সাহায্যে প্রকট ও প্রচ্ছন্ন এপিষ্ট্যাসিসের ব্যাখ্যা দিন।
3. পরিপূরক উপাদান ও প্রতিরোধী উপাদান কীভাবে মেন্ডেলীয় আনুপাতিক হারে পরিবর্তন আনতে পারে তা উপযুক্ত পরীক্ষার সাহায্যে বুঝিয়ে দিন।
4. মারণ অ্যালিল কী? উদ্ভিদ ও প্রাণীর ক্ষেত্রে দুটি ভিন্ন ভিন্ন পরীক্ষার মাধ্যমে মারণ অ্যালিলের উপস্থিতিজনিত প্রভাব ব্যাখ্যা করুন। প্লিওট্রপিজম কী?

5. নীচে সাতটি ভিন্ন ভিন্ন দ্বিসংকর জননের অনুপাত প্রদত্ত হল।

(a) 9 : 6 : 1 (b) 9 : 3 : 4 (c) 9 : 7 (d) 15 : 1 (e) 12 : 3 : 1 (f) 9 : 3 : 3 : 1 (g) 13 : 3 মনে করুন উপরোক্ত প্রতিটি ক্ষেত্রে F_1 হেটেরোজাইগাস জনিতৃকে স্বনিষেকের পরিবর্তে টেষ্ট ক্রস (Test Cross) করানো হল। প্রতিটি টেষ্ট ক্রসের অনুপাত কী হবে বলুন।

6. লাল বর্ণ বিশিষ্ট গরুর জন্য দায়ী জিন R, শ্বেত বর্ণ বিশিষ্ট গরুর জন্য দায়ী R' এর ওপর সম্পূর্ণ প্রকট নয়। R, R' হেটেরোজাইগাসের বর্ণ হয় ছিটে সাদা (Roan)। নীচের প্রজননগুলির ফিনোটাইপের অনুপাত কী হবে বলুন।

(a) লাল × লাল (b) লাল × সাদা (c) লাল × ছিটে সাদা

(d) ছিটে সাদা × সাদা (e) ছিটে সাদা × ছিটে সাদা (f) সাদা × সাদা

7. মূলার আকৃতি ও রঙ দুই জোড়া স্বাধীন ও স্বতন্ত্র অ্যালিলের ওপর নির্ভরশীল যাদের মধ্যে কোন প্রকট-প্রচ্ছন্ন সম্পর্ক নেই। অ্যালিল জোড়ার পারস্পরিক অবস্থানের উপর নির্ভর করে মূলার বর্ণ লাল (RR), লাল-বেগুনি (RR′) এবং সাদা (R′R′)। একইভাবে আকৃতি নির্ধারক অ্যালিল জোড়ার প্রকারভেদ হতে পারে লম্বা (LL), ডিম্বাকৃতি (LL′) এবং গোল (L′L′)। লালবর্ণ বিশিষ্ট লম্বা মূলা উৎপাদনকারী জনিতৃর সঙ্গে সাদা বর্ণ বিশিষ্ট গোল মূলা উৎপাদনকারী উদ্ভিদের সংকরায়ণের ফলাফল F_2 জনুর ফিনোটাইপের অনুপাত বিশ্লেষণ করুন।

8. ভুট্টার 3য় ক্রোমোজোমে অবস্থিত এবং 9ম ক্রোমোজোমে অবস্থিত A_1, A_2 অ্যালিলদ্বয় একত্রে অবস্থান কালে সস্য অংশের রঙীন বর্ণ সৃষ্টি করে। অন্য সমস্ত রকম অনুপাত বর্ণহীন সস্য উৎপাদিত হয়। দুটি বর্ণহীন সস্য জনিতৃ-র মিলনে F_1 জনুতে সব কয়টি ভুট্টার দানা রঙিন হয়।

(a) জনিতৃ জনু এবং F_1 অপত্যের জিনোটাইপ বলুন।

(b) F_2 জনুতে প্রাপ্তব্য ফিনোটাইপের অনুপাত বলুন।

(c) সাদা বর্ণবিশিষ্ট F_2 অপত্যগুলির জিনোটাইপ অনুপাত কী?

3.7 উত্তরমালা

অনুশীলনী 3.1

1. লম্বা (*Ll*)
2. (i) সহপ্রকটতা (ii) $F^S F^S$ = সাদা ঃ $F^S F^B$ = নীল ঃ $F^B F^B$ কালো
3. (i) লাল ঃ গোলাপী = 1 : 1

   RR : Rr = 1 : 1

   (ii) গোলাপী ঃ সাদা = 1 : 1

   Rr : rr = 1 : 1

অনুশীলনী 3.2

1. (a) AaBb — বেগুনি
   (b) AB, aB, Ab এবং ab
   (c) বেগুনি ঃ লাল ঃ সাদা ঃ বাদামী
   9 : 3 : 3 : 1
2. (a) $C_1C_1C_2C_2$
   (b) $c_1c_1c_2c_2$
   (c) গাঢ়লাল (C_1c_1 C_1c_2)
   (d) C_1C_2, C_1c_2, c_1C_2, c_1c_2
   (e) গাঢ় লাল (9/16) : হালকা লাল (6/16) : সাদা (1/16)
   (f) বহুরূপতা

অনুশীলনী 3.3

1. (a) 9 : 3 : 4
   (b) প্রচ্ছন্ন এপিষ্ট্যাসিস
2. (a) কালো (b) ধূসর (c) সাদা (d) সাদা
3. (a) IiBb
   (b) I-B- = সাদা, iiB = কালো, I-bb = সাদা, iibb = বাদামী
   (c) 12 : 3 : 1
   (d) প্রকট এপিষ্ট্যাসিস

অনুশীলনী 3.4

1. (a) 9 : 7
   (b) পরিপূরক উপাদান
   (c) 9 : 7 অনুপাত দুইজোড়া প্রচ্ছন্ন অ্যালিলের একক অথবা যৌথ অবস্থিতির ফলে হতে পারে। প্রচ্ছন্ন অ্যালিল দ্বয়কে aa এবং bb ধরা হল। যদি aa এবং bb উভয়ের উপস্থিতিতেই সাদা ফুল তৈরী হয় তাহলে কেবল A - B- জিনোটাইপ গোলাপী ফুল পাওয়া যাবে। এমতাবস্থায় F_1 জনুতে সমস্ত গোলাপী ফুল উৎপাদন করতে গেলে (অর্থাৎ A - B) জিনোটাইপ সৃষ্টি করতে গেলে জনিতৃ জনুর জিনোটাইপ হবে aaBB × AAbb

   F_1 জনুর জিনোটাইপ হল AaBb.
2. (a) $C_1C_1C_2C_2$
   (b) $C_1c_1C_2c_2$

(c) হলুদ (15/16) : সাদা (1/16)

(d) দুটি প্রকট অ্যালিলের যৌথ প্রতিক্রিয়া

অনুশীলনী 3.5

1. (a) স্বাভাবিক (b) তারকা (c) স্বাভাবিক (d) Ss^+ Dd (স্বাভাবিক) (e) প্রতিরোধী অ্যালিল (f) 13·3
2. (a) Hb^AHb^S (b) সুস্থ কিন্তু বাহক (c) মারক জিন

সর্বশেষ প্রশ্নমালা ঃ

1. 3.2 অংশাঙ্কিত অংশ এবং সেটির অন্তর্গত 3.2.1 থেকে 3.2.4 পর্যন্ত অংশ দ্রষ্টব্য প্রতি প্রকার প্রকটতার সপক্ষে একটি করে সংকরায়ণ পরীক্ষা উল্লেখ করে ব্যাখ্যা দিন।
2. 3.3.2 অংশ দ্রষ্টব্য। একটি করে সংকরায়ণ পরীক্ষার উল্লেখ করে প্রকট ও প্রচ্ছন্ন এপিস্ট্যাসিসের ব্যাখ্যা করুন।
3. 3.3.4 অংশ ও 3.3.6 অংশ দ্রষ্টব্য
4. 3.4 অংশ দ্রষ্টব্য
5. (a) 1 : 2 : 1 (b) 1 : 1 : 2 (c) 1 : 3 (d) 3 : 1 (e) 2 : 1 : 1 (f) 1 : 1 : 1 :1 (g) 3 : 1
6. (a) সব লাল (b) সব ছিটে সাদা (c) লাল (1) : ছিটে সাদা (1) (d) ছিটে সাদা (1) : (1) : সাদা (1) (e) লাল (1) : ছিটে সাদা (2) : সাদা (1) (f) সব সাদা
7. লাল লম্বা (1/16) : বেগুনি লম্বা (2/16) : লাল ডিম্বাকৃতি (2/16) : বেগুনি ডিম্বাকৃতি) 4/16) : সাদা লম্বা (1/16) : সাদা ডিম্বাকৃতি (2/16) : লাল গোল (2/16) : বেগুনি গোল (2/16) : সাদা গোল (1/16)
8. (a) জনিতৃ ঃ $A_1A_1a_2a_2 \times a_1a_1\ A_2A_2$

   F_1 : $A_1a_1A_2a_2$

   (b) রঙীন (9/16) : বর্ণহীন (7/16)

   (c) $A_1A_1a_2a_2$ (1/17) : $A_1a_1a_2a_2$ (2/7) : $a_1a_1A_2A_2$ (1/7) : $a_1a_1A_2a_2$ (2/7) : $a_1a_1a_2a_2$ (1/7)

একক 4 ❑ বহুঅ্যালিলতা (Multiple Allelism)

গঠন

4.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

4.2 বহুঅ্যালিল বলতে কি বোঝায়?

4.3 বহুঅ্যালিলের বৈশিষ্ট্য

4.4 বহুঅ্যালিলের উদাহরণ

4.4.1 খরগোসের C জিনের বহুঅ্যালিল

4.4.2 মানুষের রক্তের ABO শ্রেণিবিভাগ

4.4.3 মানুষের রক্তের Rh উপাদান

4.4.4 ড্রসোফিলার চক্ষুবর্ণ

4.4.5 উদ্ভিদের স্ব-বন্ধ্যাত্ব নির্ধারক অ্যালিল

4.5 সারাংশ

4.6 প্রশ্নমালা

4.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

প্রস্তাবনা ঃ

পূর্ববর্তী অধ্যায়ে আমরা জেনেছি যে বংশগতির ধারা সর্বদা মেন্ডেল প্রবর্তিত সূত্র মেনে চলে না। একাধিক এক ও দ্বি-সংকর জনন পরীক্ষার ফলাফল বিশ্লেষণ করে আমরা দেখেছি যে মেন্ডেলের ফলাফলগুলিকে বহুতরভাবে বিবর্ধিত করা যায় এবং ফলাফলগুলির অনেক রূপভেদ আছে। কিন্তু সমস্ত আলোচনারই ভিত্তি ছিল একক বৈশিষ্ট্যের জন্য একজোড়া অ্যালিলের উপস্থিতি। অ্যালিল জোড়ার মধ্যে পারস্পরিক সম্পর্ক এবং দুই জোড়া অ্যালিলের মধ্যে আন্তর্সম্পর্ক এই ফলাফলগুলিকে নির্ধারিত করে। বর্তমান এককে আমরা কিন্তু এই ভিত্তিভূমি থেকে সরে আসব। আমরা আলোচনা করব সেই সমস্ত বৈশিষ্ট্য বা জিনকে নিয়ে যাদের ক্ষেত্রে দুইয়ের বেশি অ্যালিলের উপস্থিতি প্রমাণ করা যায়। এ কথা সত্য যে, যে কোন ডিপ্লয়েড কোষে একত্রে একজোড়া অ্যালিলই সহবস্থান করতে পারে কিন্তু অ্যালিলের সংখ্যা যদি দুইয়ের অধিক হয় তাহলে অ্যালিলজোড়ার মধ্যে বহুরকম মেলবন্ধন ঘটা সম্ভব। একটা কাল্পনিক উদাহরণের কথা ভাবা যাক ; ধরি, মটর গাছে মেন্ডেল প্রাপ্ত T/t অ্যালিল জোড়ার বদলে কেবলমাত্র উচ্চতা এই বৈশিষ্ট্যের জন্য T_1, T_2, T_3, T_4 ইত্যাদি অ্যালিলগুলি বর্তমান। প্রতিটির সুনির্দিষ্ট বহিঃপ্রকাশ আছে

ধরে নিলে T_1T_4 = লম্বা, T_2T_3 = মাঝারি T_3T_2 = খর্ব T_4T_1 = অতি খর্ব ইত্যাদি ফিনোটাইপ-এর উপস্থিতি অনুমিত হতে পারে। সেক্ষেত্রে, ভেবে দেখুন, কেবলমাত্র উচ্চতা এই বৈশিষ্ট্যের জিনোটাইপ কত রকম হতে পারে T_1T_2 বা T_1T_3 বা T_2T_4 ইত্যাদি সব সম্ভাব্য মেলবন্ধন। প্রতি ক্ষেত্রে ফিনোটাইপও ভিন্ন ভিন্ন হওয়াটাই স্বাভাবিক। এই উদাহরণটি কাল্পনিক হলেও জীবজগতে এমন বহু বৈশিষ্ট্যের সন্ধান পাওয়া গেছে যাদের জন্য দায়ী জিনগুলির রকমফের একজোড়া অ্যালিল নয় বরং বহু অ্যালিল।

উদ্দেশ্য ঃ

এই এককটি পাঠ করে আমরা জানতে পারব ঃ

- বহু অ্যালিল কী এবং এর বৈশিষ্ট্য কী?
- খরগোশের চামড়ার রঙের ওপর বহু অ্যালিলের প্রভাব কীরূপ?
- মানুষের রক্তের ABO শ্রেণিবিভাগের ওপর বহু অ্যালিলের প্রভাব কীরূপ?
- মানুষের রক্তের Rh উপাদান কিরূপে বহুঅ্যালিল দ্বারা প্রভাবিত হয়?
- উদ্ভিদের ক্ষেত্রে স্ব-বন্ধ্যাত্ব কীরূপে নিয়ন্ত্রিত হয়?

4.2 বহুঅ্যালিল বলতে কী বোঝায়?

আমরা পূর্ববর্তী অধ্যায়গুলির আলোচনায় জেনেছি যে জীবের প্রতিটি বৈশিষ্ট্য একজোড়া বিপরীতধর্মী অ্যালিল দ্বারা নিয়ন্ত্রিত। ডিপ্লয়েড দশায় সমসংস্থ ক্রোমোজোমদ্বয়ের সুনির্দিষ্ট স্থানে (Locus) এই অ্যালিল জোড়ার অবস্থান। অ্যালিলদ্বয়ের মধ্যে একটি প্রকট এবং অপরটি প্রচ্ছন্ন। দুটি অ্যালিল সহবস্থানকালে প্রকটটি প্রকাশিত হয়। কেবলমাত্র হোমোজাইগাসরূপে প্রচ্ছন্নটির প্রকাশ ঘটে থাকে। কিন্তু কোন কোন ক্ষেত্রে অ্যালিলের সংখ্যা কেবলমাত্র বিপরীতধর্মী একজোড়া না হয়ে বহু হতে পারে। যেহেতু ক্রোমোজোমের ওপর অ্যালিলের অবস্থান সুনির্দিষ্ট সেহেতু এইরূপ অবস্থায় ক্রোমোজোমের ওপর একটি নির্দিষ্ট স্থান বহু অ্যালিলের আধার বলে বিবেচিত হতে পারে যদিও কোন একটি নির্দিষ্ট ডিপ্লয়েড কোষে কেবলমাত্র দুটি অ্যালিলই উপস্থিত থাকতে পারে। উদাহরণ স্বরূপ A/a অ্যালিল দ্বয়ের বদলে আমরা যদি A^1, A^2, A^3, A^4 অ্যালিলগুলির কথা চিন্তা করি তাহলে যে কোন ডিপ্লয়েড কোষে দুইটি মাত্র অ্যালিল উপস্থিত, এই শর্তানুযায়ী অ্যালিলগুলির মধ্যে সম্ভাব্য প্রকারভেদ (Combination) কতরকম হতে পারে চিন্তা করুন।

A^1A^2, A^1A^3, A^1A^4, A^2A^3, A^2A^4, A^3A^4 ইত্যাদি হেটেরোজাইগাস এবং A^1A^1, A^2A^2, A^3A^3, এবং A^4A^4 ইত্যাদি হোমোজাইগাস। প্রতিটি জিনোটাইপ যদি ভিন্ন ভিন্ন ফিনোটাইপের জন্য দায়ী হয় তাহলে বহু অ্যালিল থাকার দরুন একই ধর্মের প্রথাগত দুটি বিপরীতধর্মী প্রকাশ না ঘটে বহুতর প্রকাশ ঘটা সম্ভব। এইখানেই বহু অ্যালিলের বৈশিষ্ট্য। মেন্ডেলীয় মতবাদ অনুযায়ী জোড়া অ্যালিলের উপস্থিতি মেনে নিয়েই বহু অ্যালিলতা (multiple allelism) মেন্ডেলীয় মতবাদ বা ধারণার একটি রূপভেদ।

4.3 বহু অ্যালিলের বৈশিষ্ট্য

ওপরের আলোচনাটির ভিত্তিতে এবং প্রাপ্ত তথ্যের ভিত্তিতে বহু অ্যালিলের নিম্নলিখিত বৈশিষ্ট্যগুলি আমরা লক্ষ্য করতে পারি ঃ

(ক) একই গুণের জন্য দায়ী তিন বা ততোধিক অ্যালিল ক্রোমোজোমের ওপর একই স্থানে অবস্থান করে।

(খ) যেহেতু ক্রোমোজোমের ওপর বহুঅ্যালিলতা প্রদর্শনকারী জীব/কোষের সব কয়টি অ্যালিল একই বিন্দুতে অবস্থান করে সেহেতু তাদের মধ্যে খণ্ডক বিনিময় (Crossing over) হয় না।

(গ) একই গুণের জন্য দায়ী বহু অ্যালিল একই ফিনোটাইপকে প্রভাবিত করে।

(ঘ) একটি আদি (Wild type) জিন পরিব্যক্তির ফলে পরিব্যক্ত অ্যালিলের (Mutated alleles) সৃষ্টি করতে পারে। এই ধরনের পরিব্যক্তির প্রকারভেদ বহুরকম হওয়া সম্ভব। স্বাভাবিকভাবেই পরিব্যক্ত অ্যালিলও বহুসংখ্যক হতে পারে। একটি আদি জিন ও তার পরিব্যক্ত সব কয়টি রূপভেদ একই বহু অ্যালিল ক্রমের (Series) অন্তর্গত। প্রায় সর্বদাই আদি অ্যালিলটি (Wild type allele) প্রকট এবং পরিব্যক্ত অ্যালিলগুলি প্রকট ও প্রচ্ছন্নের মধ্যবর্তী ফিনোটাইপ প্রকাশ করে।

(ঙ) যখন দুটি পরিব্যক্ত প্রকরণের মধ্যে সংকরায়ণ ঘটে তখন কেবলমাত্র পরিব্যক্ত বা অন্তর্বর্তী প্রকরণের সৃষ্টি হয়, আদি অ্যালিলের প্রকাশ দেখা যায় না।

4.3.1 বহু অ্যালিলতার জিনগত ব্যাখ্যা

একটি প্রজাতির ক্ষেত্রে জিনগত পরিবর্তন দুই ধরনের হয় জিনগত প্রভাব এবং পরিবেশগত প্রভাব নিয়ন্ত্রিত পরিবর্তন। জিনের বিভিন্ন ধরন দেখা যায় অর্থাৎ form বা allele প্রকরণ বা mutation এই allelic variation বা পরিবর্তন ঘটায় যা বংশগত পরিবর্তনের ভিত্তি হিসাবে কাজ করে। ফুলের রঙের জন্য একটি জিন দায়ী কিন্তু এই জিনের allele-এর সংখ্যা একাধিক।

এই পরিবর্তন বা Variation কিন্তু বিচ্ছিন্ন (discontinuous) বা অবিচ্ছিন্ন (continuous) হতে পারে। অবিচ্ছিন্ন প্রকরণের বাহ্যিক প্রকাশ একটি ধারাবাহিক ক্রমবিন্যাস প্রদর্শন করে। যেমন, উচ্চতা, ওজন এবং রঙের তীব্রতা (colour intensity) এগুলি অবিচ্ছিন্ন প্রকরণ (continuous variation) এর উল্লেখযোগ্য উদাহরণ। প্রান্তিক ফিনোটাইপ (internal phenotype) অপেক্ষা অন্তবর্তী ফিনোটাইপের প্রকাশ এক্ষেত্রে বেশী দেখা যায় এবং রেখচিত্র ঘণ্টাকৃতি হয় (bell-shaped phenotypic distribution)। উদ্ভিদ এবং প্রাণী প্রজননে অবিচ্ছিন্ন প্রকরণের (continous variation) কৌলিক জ্ঞান (genetic barin) থাকা আবশ্যক।

যদিও বিচ্ছিন্ন প্রকরণের (discontinuous) বংশগতি অপেক্ষাকৃত সরল তবুও কিছু ক্ষেত্রে এই প্রকরণ জটিল হতেও পারে। মানুষের ক্ষেত্রে হার্টের অসুখ, ডায়াবেটিস, পাইলোরিক স্ট্যানোসিস

(পাকস্থলীর অসুখ) প্রভৃতি জিনগত পরিবর্তন এই ধরনের বিচ্ছিন্ন প্রকরণ প্রকাশ করে যার জটিলতা একসঙ্গে বহু জিন (multiple allele), পরিবেশ তথা শারীরবৃত্তীয় কিছু শর্ত দ্বারা নির্ধারিত হয়। কিন্তু এই চরিত্র্যগুলির বাহ্যিক প্রকাশ মেন্ডেলের ফ্যাক্টর বা জিনের মতো হয়।

4.4 বহু অ্যালিলের উদাহরণ

অতঃপর কয়েকটি উদাহরণের সাহায্যে আমরা বহু-অ্যালিলতার বিষয়টি বোঝবার চেষ্টা করব। এই প্রসঙ্গে জানা উচিৎ যে পূর্ববর্তী এককগুলির আলোচনার মত আমরা অ্যালিলগুলিকে ইংরাজী বড় হাতের প্রকট নির্দেশক এবং ছোট হাতের প্রচ্ছন্ন নির্দেশক (অর্থাৎ Tt অথবা Yy) রূপে দেখাতে পারবো না, কেন না অ্যালিলের সংখ্যা তো আর কেবলমাত্র একজোড়া নেই। তাই বহু অ্যালিলতা আলোচনা প্রসঙ্গে ইংরাজী বড় হাতের চিহ্ন দ্বারা সেই অ্যালিলটিকেই চিহ্নিত করা হবে যেটি অন্য সব অ্যালিলের উপর প্রকট (যথা A, এটি অবশ্য + হিসাবেও ব্যক্ত করা চলে, + চিহ্ন দ্বারা Wild Type বা আদি জিন বোঝানো হয়।) সম্পূর্ণ প্রচ্ছন্ন অ্যালিলটিকে চিহ্নিত করা হবে উক্ত অক্ষরের ছোট হাতের চিহ্ন দ্বারা (যথা, a)। অন্য সমস্ত অ্যালিলগুলিকে প্রকটতার ক্রম অনুসারে ছোট হাতের অক্ষরের পাশে কোন চিহ্ন বসিয়ে (যথা, a^1, a^2, a^3, a^4) ইত্যাদি প্রকাশ করা হয়।

4.4.1 খরগোশের লোমের রঙ-এর জন্য দায়ী C জিনের বহু অ্যালিল

খরগোশের চামড়ার লোমের রঙ নির্ধারিত হয় *C* জিন দ্বারা। এই জিনের আদিরূপ *C* (c^+) এবং এর জন্য প্রকাশিত ফিনোটাইপ হল খরগোশের লোমে রঙের উপস্থিতি। *C* জিনের তিন বা ততোধিক অ্যালিল আছে, এদের মধ্যে একটি হল অবশ্যই সম্পূর্ণ প্রচ্ছন্ন *c*, যার বহিঃপ্রকাশ শ্বেত খরগোশ (albino)।

C জিনের বহু-অ্যালিল ক্রমটি নিম্নরূপ ঃ

(i) আগুটি **(Agouti) :** এই প্রকরণটি হল আদি অপরিব্যক্ত রূপ। তাই জিনোটাইপটি *C* দ্বারা চিহ্নিত। C জিনের প্রভাবে দেহ লোমের গোড়া থেকে শীর্ষভাগ পর্যন্ত যথাক্রমে ধূসর, হলুদ এবং কালো বা বাদামী রেখা (band) দেখতে পাওয়া যায়।

(ii) চিনচিলা **(Chinchilla) :** এটি একটি পরিব্যক্ত অ্যালিল। জিনোটাইপটি C^{ch} দ্বারা চিহ্নিত। C^{ch} জিনের প্রভাবে লোমের হলুদ বর্ণ দেখা যায় না, খরগোসটিকে ধূসর এবং কালোর উপস্থিতিতে রূপালী ধূসর (Silvery grey) দেখায়।

(iii) হিমালয়ান **(Himalayan) :** পরিব্যক্ত অ্যালিল। জিনোটাইপটি C^h দ্বারা চিহ্নিত। এর প্রভাবে লোম সম্পূর্ণ সাদা হয় এবং কেবলমাত্র নাক, পা ও কানের উপরিভাগ কালো হয়। এদের চোখের বর্ণ স্বাভাবিক অর্থাৎ আদিরূপের মত।

(iv) অ্যালবিনো **(Albino) :** সম্পূর্ণভাবে বর্ণহীন হওয়ার দরুন খরগোসের দেহ শ্বেত। চোখের

স্বাভাবিক রঙ দেখা যায় না ফলে চোখটি লালরূপে প্রতিভাত হয়। এই প্রকরণের জন্য দায়ী জিনোটাইপ c দ্বারা চিহ্নিত। চিত্র 4.1 'এ' প্রকরণগুলির চিত্ররূপ দেখানো হল।

চিত্র 4.1 খরগোশের লোমের বিভিন্ন রঙ

(ক) আগুটি (খ) চিনচিলা (গ) হিমালয়ান (ঘ) অ্যালবিনো

একটি হোমোজাইগাস আগুটি (CC) এর সঙ্গে একটি হোমোজাইগাস অ্যালবিনো (cc) খরগোশের মিলনে সৃষ্ট সমস্ত F_1 জনুর অপত্যই আগুটি হবে (Cc)। F_1 অপত্যগুলির মধ্যে সংকরায়ণ ঘটানো হলে F_2 জনুতে আগুটি ও অ্যালবিনোর অনুপাত হবে 3 : 1।

পরীক্ষা 4.1 :

আগুটি	অ্যালবিনো	..... জনিতৃ ফিনোটাইপ
CC	cc	..... জনিতৃ জিনোটাইপ
↓	↓	
C	c	..... জনিতৃর গ্যামেট

আগুটি ..... F_1 অপত্যর ফিনোটাইপ

Cc ..... F_1 অপত্যর জিনোটাইপ

F_1 অপত্যের অন্তঃজনন ঃ

$♂$ / $♀$	C	c
C	CC আগুটি	Cc আগুটি
c	Cc আগুটি	cc অ্যালবিনো

আগুটি $\left(\frac{3}{4}\right)$: অ্যালবিনো $\left(\frac{1}{4}\right)$ ..... F_1 অপত্যের অনুপাত

এই পরীক্ষা থেকে বোঝা যায় যে আগুটি (C), অ্যালবিনো (c) অ্যালিলটির উপর সম্পূর্ণ প্রকট এবং মেন্ডেলীয় মতবাদ অনুসরণ করেই এখানে F_2 অপত্যর মধ্যে $\frac{2}{3}$ অংশ আগুটি হেটেরোজাইগাস। একই ফলাফল দেখা যায় আগুটি x চিনচিলা এবং আগুটি x হিমালয়ান সংকরায়ণ পরীক্ষায়। এতে প্রমাণিত হয় আগুটি (C) আলিলটি চিনচিলা (c^{ch}) এবং হিমালয়ান (c^h) অ্যালিলগুলির ওপরও প্রকট।

কিন্তু পরিব্যক্ত প্রকরণগুলির মধ্যে সংকরায়ণ ঘটালে কৌতুহলপ্রদ ফলাফল পাওয়া যায়। চিনচিলা ও হিমালয়ান প্রকরণদ্বয়ের মধ্যে সংকরায়ণে দেখা যায় চিনচিলা (c^{ch}) অ্যালিলটি হিমালয়ান (c^{ch}) অ্যালিলের উপর অসম্পূর্ণরূপে প্রকট।

পরীক্ষা 4.2 :

চিনচিলা × হিমালয়ান ..... জনিতৃ

$c^{ch}c^{ch}$ c^hc^h ..... জিনোটাইপ

↓ ↓

c^{ch} c^h ..... গ্যামেট

↓

হালকা ধূসর ..... F_1 অপত্য

$c^{ch}c^h$ ..... F_1 জিনোটাইপ

F_1 জনুর অপত্যর অন্তঃনিষেক ঃ

♂ / ♀	c^{ch}	c^{h}
c^{ch}	$c^{ch}c^{ch}$ চিনচিলা	$c^{ch}c^{h}$ হালকা ধূসর
c^{h}	$c^{ch}c^{h}$ হালকা ধূসর	$c^{h}c^{h}$ হিমালয়ান

চিনচিলা $\left(\frac{1}{4}\right)$: হালকা ধূসর $\left(\frac{2}{4}\right)$: হিমালয়ান $\left(\frac{1}{4}\right)$ ..... F_2 জনুর ফিনোটাইপ

অসম্পূর্ণ প্রকটতার সূত্র মেনে এখানে F_2 প্রজন্মে হেটোরাজাইগাস অপত্যগুলি জনিতৃ'র অনুরূপ নয় বরং অন্তর্বর্তী বৈশিষ্ট্যের ধারক। অতঃপর চিনচিলা ও অ্যালবিনোর মধ্যে সংকরায়ণ ঘটানো হলেও দেখা যায় যে c^{ch} অ্যালিলটি c এর পরিপ্রেক্ষিতেও অসম্পূর্ণরূপে প্রকট।

পরীক্ষা 4.3

চিনচিলা — অ্যালবিনো ——— জনিতৃ

$c^{ch}c^{ch}$ — cc ——— ঐ জিনোটাইপ

↓ — ↓

c^{ch} — c ——— ঐ গ্যামেট

হালকা ধূসর ——————— F_1 ফিনোটাইপ

$c^{ch}c$ ——————— F_1 জিনোটাইপ

F_1 অপত্যর অন্তঃনিষেক ঃ

♂ / 0+	c^{ch}	c
c^{ch}	$c^{ch}c^{ch}$ চিনচিলা	$c^{ch}c$ হালকা ধূসর
c	$c^{ch}c$ অ্যালবিনো	cc হালকা ধূসর

চিনচিলা $\frac{1}{4}$: হালকা ধূসর $\frac{2}{4}$: অ্যালবিনো $\frac{1}{4}$ ..... F_2 অনুপাত

দেখা যাচ্ছে চিনচিলা x অ্যালবিনো এক সঙ্কর জননে c^{ch} এবং c এর মধ্যে আন্তর্সম্পর্ক অসম্পূর্ণ প্রকটতার সূত্র মেনে চলে। এক্ষেত্রে F_2 প্রজন্মের হেটেরোজাইগাস অপত্যগুলি অন্তর্বর্তী ফিনোটাইপ সৃষ্টি করে। এবং F_2 অপত্যগুলির মধ্যে অনুপাত হয় 1 : 2 : 1।

হিমালয়ান x অ্যালবিনো মিলনে ফলাফল দেখা যায় F_1 প্রজন্মের সমস্ত অপত্যই হিমালয়ান যদিও তারা হেটেরোজাইগাস। এই অপত্যগুলির মধ্যে মিলন ঘটানো হলে F_2 জনুর অপত্যগুলির মধ্যে অনুপাত হয় হিমালয়ান $\left(\frac{3}{4}\right)$: অ্যালবিনো $\left(\frac{1}{4}\right)$। অর্থাৎ হিমালয়ান হল (c^h) অ্যালবিনোর (c) ওপর সম্পূর্ণভাবে প্রকট।

পরীক্ষা 4.4 :

হিমালয়ান × অ্যালবিনো ..... জনিতৃ

↓ ↓

c^hc^h cc ..... ঐ জিনোটাইপ

c^h ↓ c^h ..... ঐ গ্যামেট

হিমালয়ান ———— F_1 অপত্য

c^hc ———— F_1 ঐ জিনোটাইপ

F_1 জনুর অপত্যর অন্তঃনিষেক ঃ

♂ / ♀	c^h	c
c^h	c^hc^h হিমালয়ান	c^hc হিমালয়ান
c	$c^{ch}c$ হিমালয়ান	cc অ্যালবিনো

হিমালয়ান $\left(\frac{3}{4}\right)$: অ্যালবিনো $\left(\frac{1}{4}\right)$ ..... F_2 অপত্যের অনুপাত

সুতরাং দেখা যাচ্ছে c, c^{ch}, c^h এবং c এই বহু অ্যালিল ক্রমটির আন্তঃসম্পর্ক এইরূপ ঃ

C অপর সবকয়টি অ্যালিলের উপর সম্পূর্ণভাবে প্রকট। c^{ch} অ্যালিলটি c^h এর ওপর প্রকট কিন্তু c এর পরিপ্রেক্ষিতের প্রচ্ছন্ন। c^h অ্যালিলটি c এর পরিপ্রেক্ষিতে প্রকট কিন্তু c^{ch} এর তুলনায় প্রচ্ছন্ন। সুতরাং প্রকটতার ক্রমমানতার ভিত্তিতে (hierarchy) বহু অ্যালিলগুলির আন্তঃসম্পর্ক নিম্নরূপ ঃ

$C > c^{ch} > c^h > c$

এই ক্রম মেনে নিলে খরগোশের রঙের চারটি ফিনোটাইপের জন্য কী কী জিনোটাইপ থাকা সম্ভব তা নীচের সারণিতে (সারণি 4 : 1) দেখানো হল ঃ

সারণি 4 : 1 ঃ খরগোশের লোমের রঙে বহু-অ্যালিলতার দরুন বিভিন্নতা

ফিনোটাইপ	জিনোটাইপ
আগুটি	CC, Cc^{ch}, Cc^h, Cc
চিনচিলা	$c^{ch}c^{ch}$
হালকা ধূসর	$c^{ch}c^h, c^{ch}c$
হিমালয়ান	c^hc^h, c^hc
অ্যালবিনো	cc

দেখা গেল চারটি অ্যালিলের একটি বহু অ্যালিলক্রম দশ প্রকার জিনোটাইপ সৃষ্টি করতে পারে। একইভাবে অ্যালিলের সংখ্যা যদি আরো বাড়ে জিনোটাইপের সংখ্যাও বাড়বে। নিম্নলিখিত সমীকরণের সাহায্যে তা নির্ণয় করা যায়।

$g = \frac{n}{2}(n+1)$ যেখানে g = জিনোটাইপের সংখ্যা

n = অ্যালিলের সংখ্যা

অ্যালিলের সংখ্যা 5 হলে ;

$g = \frac{5}{2}(5+1)$

or, 2.5×6

or, 15

অর্থাৎ অ্যালিলের সংখ্যা 5 হলে জিনোটাইপের 15টি প্রকার ভেদ হওয়া সম্ভব।

অনুশীলনী 4.1

1. একটি কাল্পনিক বহু অ্যালিল ক্রমে অ্যালিলের সংখ্যা 20টি হলে জিনোটাইপের সংখ্যা কত হবে?
2. দু'টি আগুটি খরগোশের মিলনে চিনচিলা ও হিমালয়ান অথবা অ্যালবিনো প্রকরণের জন্ম হবার

সম্ভাবনা আছে কি?

3. নীচে দুটি ভিন্ন ভিন্ন বহু অ্যালিলক্রম প্রদর্শিত হল। ক্রমদ্বয়ের সবকয়টি সম্ভাব্য ফিনোটাইপ ও জিনোটাইপ দেখান ঃ

   (i) A (সাদা বর্ণ) > a^y (হলুদ বর্ণ) > a (লাল বর্ণ)

   (ii) S (বাদামীচক্ষু) > s^h (মধু-বর্ণ-চক্ষু) > s^c (কাঁচ বর্ণ চক্ষু) > s (লাল চক্ষু)

   (ধরে নিন এই ক্রম যথার্থ সম্পূর্ণ প্রকটতার ক্রম অর্থাৎ কোন অন্তর্বর্তী বৈশিষ্ট্য সৃষ্ট হয় না)

4.4.2 মানুষের রক্তের ABO শ্রেণিবিভাগ

ল্যান্ডস্টাইনার (Landsteiner) 1902 খৃষ্টাব্দে সর্বপ্রথম এই তথ্য বিজ্ঞানজগতের নজরে আনেন যে, লোহিত রক্তকণিকাগুলির সুনির্দিষ্ট অ্যান্টিজেন ধর্মীতা (antigenic property) আছে। এই অ্যান্টিজেন প্রধানতঃ দুইরকম A এবং B। রক্তকোষের এই অ্যান্টিজেন দ্বয়ের একক উপস্থিতি, যৌথ উপস্থিতি এবং অনুপস্থিতির ভিত্তিতে রক্তের চারটি প্রকারভেদ পাওয়া যায় ঃ A, B, O এবং AB। আপনারা সকলেই জানেন চিকিৎসাবিজ্ঞানে এই শ্রেণিবিভাগের গুরুত্ব অপরিসীম। কোন রক্তগ্রহীতার দেহে বাইরে থেকে বা অন্য কোন মানবদেহ থেকে সংগৃহীত রক্ত প্রবেশ করাতে হলে এই শ্রেণিবদ্ধকরণ জরুরী হয়ে পড়ে, কেননা ভিন্ন শ্রেণির রক্ত বিপরীত প্রতিক্রিয়া সৃষ্টি করে। কিরূপে এই শ্রেণিবদ্ধকরণ করা হয়?

রক্তকোষে যেমন আছে অ্যান্টিজেনধর্মী প্রোটিন, রক্ত-রসে তেমনই আছে অ্যান্টিবডিধর্মী প্রোটিন। অ্যান্টিবডি হল অ্যান্টিজেনের প্রতিবস্তু। রক্তকোষস্থিত দুই প্রকার অ্যান্টিজেনের মত রক্তরসস্থিত অ্যান্টিবডিও দুই প্রকার α বা a এবং β বা b একক, যৌথ বা অনুপস্থিতির ভিত্তিতে অ্যান্টিবডির পরিপ্রেক্ষিতেও রক্তকে চারভাগে ভাগ করা যায় α, β, o এবং $\alpha\beta$। সুনির্দিষ্ট শ্রেণির রক্তে সুনির্দিষ্ট অ্যান্টিজেন ও অ্যান্টিবডি থাকে। নীচের সারণিতে (সারণি 4.2) তা উল্লেখিত হল ঃ

সারণি 4.2 রক্তের শ্রেণিবিভাগ

শ্রেণি	লোহিত রক্তকণিকাস্থিত অ্যান্টিজেন	রক্তরসস্থিত অ্যান্টিবডি
A	A	β বা b
B	B	α বা a
AB	AB	নাই
O	নাই	$\alpha\beta$ বা ab

জানা দরকার, α অ্যান্টিবডি হল A অ্যান্টিজেনের প্রতিবস্তু এবং β অ্যান্টিবডি হল B অ্যান্টিজেনের প্রতিবস্তু। লোহিত রক্তকণিকাগুলি সুনির্দিষ্ট প্রতিবস্তুর প্রভাবে জমাট বেঁধে যায়। এই ঘটনাকে বলে পিন্ডভবন বা অ্যাগ্লুটিনেসন (agglutination)। রক্তের শ্রেণিবন্ধকরণের প্রক্রিয়ায় একটি স্লাইডে A শ্রেণিভুক্ত রক্তের রক্তরস (অর্থাৎ β অ্যান্টিবডিবিশিষ্ট রক্তরস) ও আর একটি স্লাইডে B শ্রেণিভুক্ত রক্তরস (অর্থাৎ a অ্যান্টিবডিবিশিষ্ট রক্তরস) নিয়ে অজানা সূত্রের রক্ত নমুনা উভয় স্লাইডে দেওয়া হয়। এর প্রতিক্রিয়া কি কি হতে পারে?

যদি, নমুনা রক্ত প্রথম স্লাইডে জমাট বাঁধে এবং দ্বিতীয়টিতে তরল থাকে তাহলে রক্ত B শ্রেণির [B অ্যান্টিজেন + β অ্যান্টিবডির প্রতিক্রিয়া]

যদি, নমুনা রক্ত প্রথমটিতে তরল থাকে এবং দ্বিতীয়টিতে জমাট বাঁধে তাহলে রক্ত A শ্রেণির। [A অ্যান্টিজেন + α অ্যান্টিবডির প্রতিক্রিয়া]

যদি, রক্ত উভয় স্লাইডেই জমাট বাঁধে তাহলে রক্ত AB শ্রেণির [AB + α অ্যান্টিবডি অথবা AB + β অ্যান্টিবডির প্রতিক্রিয়া]

যদি, রক্ত কোন স্লাইডেই জমাট না বাঁধে তাহলে রক্ত O শ্রেণিভুক্ত [রক্তে কোন অ্যান্টিজেন নেই, ফলে α বা β অ্যান্টিবডি প্রতিবস্তু হিসাবে কাজ করতে সক্ষম নয়]

চিত্র 4.2 তে এই প্রক্রিয়াগুলির চিত্ররূপ দেখানো হল।

চিত্র 4.2 A, B, AB ও O শ্রেণির রক্তের পিণ্ডভবন পরীক্ষা।
O শ্রেণির রক্ত উভয় স্লাইডেই তরল।

A শ্রেণির রক্ত A রক্তরসের সংস্পর্শে তরল কিন্তু B তে জমাট।

B শ্রেণির রক্ত A রক্তরসে জমাট কিন্তু B তে তরল।

AB শ্রেণির রক্ত উভয় স্লাইডেই জমাট বাঁধা।

লক্ষ্যণীয় এই যে রক্তের চারটি শ্রেণি নির্ধারিত হয় তিনটি অ্যালিলবিশিষ্ট একটি বহুঅ্যালিল ক্রম দ্বারা। অ্যালিলত্রয় I^A, I^B এবং i দ্বারা চিহ্নিত। হ্যাপ্লয়েড জননকোষে একটি মাত্র অ্যালিল উপস্থিত ধরে নিলে সম্ভাব্য সর্বপ্রকার পুং এবং স্ত্রী জননকোষের মিলনে উৎপাদিত ফিনোটাইপ ও জিনোটাইপগুলি নীচে প্রদর্শিত হল ঃ

স্ত্রী - গ্যামেট — O_+				
পুং-গ্যামেট — $♂$		I^A	I^B	i
	I^A	I^AI^A	I^AI^B	I^Ai
	I^B	I^AI^B	I^BI^B	I^Bi
	i	I^Ai	I^Bi	ii

উৎপাদিত জিনোটাইপ ও ফিনোটাইপগুলি হল ঃ

জিনোটাইপ	ফিনোটাইপ
I^AI^A	A শ্রেণিভুক্ত রক্ত
I^AI^B	AB শ্রেণিভুক্ত রক্ত
I^Ai	A শ্রেণিভুক্ত রক্ত
I^BI^B	B শ্রেণিভুক্ত রক্ত
I^Bi	B শ্রেণিভুক্ত রক্ত
ii	O শ্রেণিভুক্ত রক্ত

এই ফলাফলের বিশ্লেষণ করলে সিদ্ধান্তে আসা যায় ;

- I^AI^B অ্যালিলদ্বয় সহ প্রকট (co dominant)।
- i অ্যালিলটি অন্য দুটি অ্যালিলের পরিপ্রেক্ষিতে সম্পূর্ণ প্রচ্ছন্ন।

- *ii* হোমোজাইগাসটির রক্তকণিকায় কোন অ্যান্টিজেন নেই।
- *i* এর সঙ্গে হেটেরোজাইগাসরূপে I^A অথবা I^B সম্পূর্ণভাবে প্রকট।

এক্ষেত্রে প্রকটতার ক্রমকে এভাবে প্রকাশ করা যেতে পারে

$(I^A = I^B) > i$ (অনেকে *i* কে I^0 হিসাবেও চিহ্নিত করেন)

প্রান্তলিপি - 4.1

রক্তের শ্রেণি বলতে আমরা সাধারণতঃ লোহিত কণিকায় উপস্থিত অ্যান্টিজেনকে বোঝাই। অ্যান্টিজেনটি যেহেতু পিতা ও মাতা উভয়ের জনন কোষ দ্বারা নির্ধারিত, সেহেতু রক্তের শ্রেণি বিশ্লেষণ করে পিতৃত্ব বা মাতৃত্ব নির্ধারণ করে অপেক্ষাকৃত সহজ। শ্রেণি নির্ধারণের সর্বাপেক্ষা স্বাভাবিক প্রয়োগ হয় রক্তদান কালে। দাতা ও গ্রহীতার মধ্যে রক্তের সাপেক্ষে গ্রাহ্যতা (Compatibility) এক্ষেত্রে একান্তভাবেই জরুরী। অ্যান্টিজেন ধর্মীতা I^A, I^B ও i অ্যালিল দ্বারা নির্ধারিত জানার পর, আমরা স্বচ্ছন্দে একথা বলতে পারি যে, গ্রাহ্যতা অর্থাৎ দাতা-গ্রহীতার সম্পর্ক আসলে পিতা ও মাতার থেকে প্রাপ্ত অ্যালিলদ্বয় দ্বারা নির্ধারিত। নীচের ছকটি দেখলেই বিষয়টি পরিষ্কার হবে ঃ

দাতা	বা গ্রহীতা
জিনোটাইপ	ফিনোটাইপ
I^AI^A, I^Ai	A
I^BI^B, I^Bi	B
I^AI^B	AB
ii	O

দাতা ও গ্রহীতার মধ্যে গ্রাহ্যতা ঃ

গ্রহীতার শ্রেণি

	A	B	AB	O
A	✓	×	✓	×
B	×	✓	✓	×
AB	×	×	✓	×
O	✓	✓	✓	✓

✓= গ্রাহ্য

× = গ্রাহ্য নয়

এর থেকে বোঝা গেল, কেন O শ্রেণি রক্তবাহী (অর্থাৎ ii হোমোজাইগাস) ব্যক্তি সার্বজনীন দাতা এবং AB রক্তবাহী ব্যক্তি সার্বজনীন গ্রহীতা বলে গণ্য হয়। একইসঙ্গে এটাও বোঝা উচিৎ কেন O শ্রেণিবিশিষ্ট গ্রহীতা সমশ্রেণি ছাড়া অন্য কোন শ্রেণির রক্ত নিতে পারে না, আর দাতা হিসাবে AB শ্রেণিবিশিষ্ট মানুষ কেবল সমশ্রেণির গ্রহীতাকেই রক্ত দিতে পারে, আর কাউকে নয়।

4.4.3 মানুষের রক্তের Rh উপাদান

ল্যান্ডস্টাইনার এবং উইনার (Landsteiner & Wiener) 1940 খৃষ্টাব্দে জানান যে রক্তের A, B, O শ্রেণিবিভাগ ছাড়াও অপর একটি শ্রেণিবিভাগও করা সম্ভব যা অফ্রিকার রিসাস (Rhesus) বাঁদরের নামের অনুসরণে Rh উপাদান নামে চিহ্নিত।

তাঁরা দেখেছিলেন যে যখন রিসাস বাঁদরের (Macaca rhesus) লোহিত রক্তকণিকা খরগোশের দেহে প্রবেশ করানো হয় তখন খরগোশের রক্তরসে এর প্রতিবস্তু (antibody) তৈরী হয়। যখন বাঁদরের রক্ত এই রক্তরসের সংস্পর্শে আনা হয় তখন রক্ত জমাট বেঁধে যায়। এই একই রক্তরস (যা বাঁদরের লোহিতকণিকার প্রতিবস্তু সমন্বিত) মানুষের রক্তের সঙ্গে মিশ্রিত করা হলে 85% ক্ষেত্রে মানুষের রক্তও জমাট বেঁধে যায়। এই জমাট বাঁধার কারণ যে ঐ বিশেষ অ্যান্টিবডি বা প্রতিবস্তু তা নিশ্চিত করতে ল্যান্ডস্টাইনের খরগোশের রক্তরস থেকে অন্য সর্বপ্রকার অ্যান্টিবডি অপসারিত করে নিয়েছিলেন। তা সত্ত্বেও জমাট বাঁধার ঘটনা অব্যাহত থাকায় তাঁরা সিদ্ধান্তে এলেন যে খরগোশের রক্তে এমন একটি অ্যান্টিবডি উপস্থিত যা বাঁদর বা মানুষের রক্তে উপস্থিত একটি সাধারণ অ্যান্টিজেনের বিপরীতে 85% ক্ষেত্রে প্রতিক্রিয়া সৃষ্টি করে এবং বাকী 15% ক্ষেত্রে করে না। যে সমস্ত মানব রক্ত খরগোশের রক্তরসের সঙ্গে প্রতিক্রিয়ায় জমাট বাঁধে তাদের রক্তকে Rh- পজিটিভ (Rh Positive) এবং যাদের রক্ত জমাট বাঁধে না তাদের রক্তকে Rh - নেগেটিভ (Rh-Negative) রূপে চিহ্নিত করা হয়। এই দুই ধরনের মানুষই স্বাভাবিক এবং এদের কারও রক্তেই Rh-অ্যান্টিবডি জন্মগতভাবে থাকে না। কিন্তু একজন Rh শ্রেণিবিশিষ্ট মানুষের দেহে যদি Rh^+ শ্রেণিবিশিষ্ট রক্ত প্রয়োগ করা হয় তাহলে তার রক্তে পূর্বে উল্লিখিত বিশেষ প্রতিবস্তু বা অ্যান্টিবডিটি তৈরি হতে পারে। প্রথমবার এই ধরনের দাতা-গ্রহীতা সম্পর্ক কেবল অ্যান্টিবডি তৈরিতে সীমাবদ্ধ থাকলেও দ্বিতীয়বার ঐ একই গ্রহীতার দেহে আবার Rh^+ রক্ত প্রবেশ করানো হলে মারাত্মক। কেননা প্রথমবার তৈরি হওয়া অ্যান্টিবডি এবার Rh^+ রক্তকে জমাট বাঁধিয়ে দেবে। এই প্রতিক্রিয়া মৃত্যু পর্যন্ত ডেকে আনতে পারে।

অনুশীলনী 4.2

1. একজন স্ত্রীলোকের পিতা ছিলেন AB শ্রেণিভুক্ত রক্তসম্পন্ন ও মাতা ছিলেন A শ্রেণিভুক্ত রক্তসম্পন্ন। স্ত্রীলোকটি B শ্রেণির রক্তসম্পন্ন একজন পুরুষকে বিবাহ করেন। এঁদের সন্তানদ্বয় যথাক্রমে O ও A শ্রেণি রক্তবিশিষ্ট।

(ক) স্ত্রীলোকটির জিনোটাইপ বলুন।

(খ) তাঁর স্বামীর জিনোটাইপ বলুন।

(গ) তাঁর মাতার জিনোটাইপ বলুন।

2. নিম্নলিখিত মিলনগুলির ক্ষেত্রে উদ্ভূত জিনোটাইপসমূহ ও তার অনুপাত বলুন।

(ক) $I^A i \times ii$

(খ) $I^A I^B \times I^A i$

(গ) $I^B I^B \times I^A i$

(ঘ) $I^A I^B \times I^A I^B$

3. A রক্তবিশিষ্ট স্ত্রীলোকের একজন O রক্তবিশিষ্ট পুরুষকে বিবাহ করেন। এঁদের তিনটি সন্তানের রক্ত যথাক্রমে O, A ও AB। সন্তানত্রয়ের মধ্যে কোনটি দত্তকরূপে নেওয়া?

প্রান্তলিপি - 4.2

Rh^+ এবং Rh– রক্তের পারস্পরিক অগ্রাহ্যতার (incompatibility) ফলে জন্মের পূর্বে বা ঠিক পরে শিশুর মৃত্যুও হতে পারে। যদি একজন Rh^- স্ত্রীলোক একজন Rh^+ পুরুষকে বিবাহ করেন তাহলে স্বাভাবিক ক্ষেত্রে সন্তান Rh^+ হওয়া উচিৎ. কেননা Rh^+ অ্যালিল Rh^- অ্যালিল অপেক্ষা প্রকট। মাতৃগর্ভে স্থিত সন্তানের রক্তে Rh^+ অ্যান্টিজেন উপস্থিত কিন্তু মাতার রক্তে তা নেই। এই দুই প্রকার রক্তের যদি মিশ্রণ না ঘটে তাহলে তেমন কোন দুর্ঘটনা ঘটে না। কিন্তু অধিকাংশ ক্ষেত্রেই অমরার কোন না কোন ত্রুটির দরুন সন্তানের কিছু লোহিত কণিকা রক্ত প্রবাহে মিশে যায়। এর ফলে মাতার রক্তে Rh^- অ্যান্টিবডি তৈরী হতে থাকে। যদি এই মাতা ইতিপূর্বে কোনদিন Rh^+ রক্ত না নিয়ে থাকেন তাহলে অবশ্য প্রথম সন্তানের তেমন কোন ক্ষতি না হওয়ারই কথা। কিন্তু এই মাতা যদি দ্বিতীয়বার সন্তান ধারণ করেন, তাহলে রক্তে তৈরী হওয়া অ্যান্টিবডি সন্তানের Rh^- রক্তকে জমাট বাঁধিয়ে দেয়। এর ফলে সন্তানের রক্তশূন্যতা এবং জন্ডিস দেখা যায় যা এরিথ্রোব্লাস্টোসিস ফিটালিস (erythroblastosis fetalis) নামে পরিচিত। মাতার অ্যান্টিবডি ঘনত্ব (antibody titer) এর ওপর সন্তানের বাঁচা মরা নির্ভর করে। এই পরিমাণ অধিক হলে সন্তানের মৃত্যু পর্যন্ত ঘটে।

4.4.4 ড্রসোফিলার চক্ষুবর্ণ (Eye colour Drosophilia)

ড্রসোফিলার মাছির চোখের রঙ স্বাভাবিকভাবে লাল যা X ক্রোমোজোমবাহী একটি আদি জিন (wild gene) দ্বারা নির্ধারিত হয়। ধরা যাক এই জিনটি হল W। এটির পরিপ্রেক্ষিতে সম্পূর্ণ প্রচ্ছন্ন অ্যালিল হল w যা সাদা চক্ষুর জন্য দায়ী। পরবর্তীকালে প্রায় ডজনখানেক ভিন্ন ভিন্ন অ্যালিলের অস্তিত্ব সম্পর্কে অবহিত হওয়া গেছে যা চোখের রঙের জন্য দায়ী ঐ বিশেষ জিনটির একটি বহু অ্যালিলক্রমের উপস্থিতি সম্পর্কে

প্রমাণরূপে গণ্য হতে পারে। এই বহু অ্যালিলক্রমটি নিম্নরূপ ঃ

W (লাল) > w^{co} (প্রবাল) > w^{bl} (রক্তবর্ণ) > w^{e} (ইয়োসিন / eosin বর্ণ) > w^{ch} (চেরিফল বর্ণ) w^{a} (অ্যাপ্রিকট বর্ণ) > w^{h} (মধু বর্ণ) > w^{bf} (বাফ বর্ণ) > w^{t} (ছিটছিট বর্ণ) > w^{p} (মুক্তা বর্ণ) > w^{i} (আইভরি বা হাতির দাঁত বর্ণ) > w (সাদা)

প্রকটতার এই ক্রমে w হল সম্পূর্ণভাবে সব কয়টি অ্যালিলের ওপর প্রকট। কিন্তু যে কোন দুইটি প্রচ্ছন্ন অ্যালিলের মিলনে মিশ্র রঙ উৎপাদিত হয়। প্রচ্ছন্ন হোমোজাইগাসগুলির মধ্যে অন্তর্মিলনে যে ধরনের জিনোটাইপ পাওয়া যায় তা বন্ধনীর মধ্যে উল্লিখিত।

4.4.5 উদ্ভিদের স্ব-বন্ধ্যাত্ব নির্ধারক অ্যালিল Incompatibility Alleles in Plants)

একটি উদ্ভিদ যা উভলিঙ্গ এবং পুং ও স্ত্রী উভয়প্রকার জননকোষ উৎপাদন করে তা বহুক্ষেত্রেই স্ব-বন্ধ্যা (Self-incompatible)। উদ্ভিদটি কিন্তু অপর কোন উদ্ভিদে সৃষ্ট পরাগরেণু দ্বারা নিষিক্ত হতে পারে। আবার অপর উদ্ভিদকে নিজের পরাগরেণু দ্বারা নিষিক্ত করতে পারে। মেন্ডেল যে সমস্ত মটরগাছ নিয়ে তাঁর সংকরায়ণ পরীক্ষাগুলি চালিয়েছিলেন সেগুলি স্ব-বন্ধ্যা ছিল না, কেন না, তিনি যে সব ফলাফল F_2 জনুতে পেয়েছিলেন তা স্বনিষেকের ফলে প্রাপ্ত। কিন্তু যেখানে তা সম্ভব হয় না সেখানে বন্ধ্যাত্ব নির্ধারণকারী উপাদানটি কি? দেখা গেছে স্ব-বন্ধ্যাত্ব জিনগত বৈশিষ্ট্য এবং প্রজাতিবিশেষে তা বিশেষভাবেই কার্যকরী কিন্তু প্রায় প্রতিক্ষেত্রেই এই বৈশিষ্ট্য বহু অ্যালিলতার প্রকৃষ্ট উদাহরণ রূপে গণ্য হতে পারে। তামাক (Nicotiana tabacum) গাছে এই বিষয়টি কিভাবে নিয়ন্ত্রিত হয় তা দেখা যেতে পারে ঃ

তামাকগাছে স্ব-বন্ধ্যাত্ব নিয়ন্ত্রক জিনটি S^1, S^2, S^3 ..... S^n ইত্যাদি একটি বহু-অ্যালিলক্রমে অবস্থান করে। যে কোন একটি গাছে এগুলির মধ্যে যে কোন দুটি অ্যালিল থাকতে পারে। একটি উদ্ভিদের গর্ভকেশরে পতিত পরাগরেণু এবং উদ্ভিদটির বন্ধ্যাত্ব নির্বাচক অ্যালিলদ্বয় যদি একই রকম হয় তাহলে নিষেক ঘটা সম্ভব নয়। যেমন, S_1, S_2 জিনোটাইপ বিশিষ্ট একটি উদ্ভিদ হয় S_1 অথবা S_2 অ্যালিলবিশিষ্ট পরাগরেণু এবং ডিম্বাণু তৈরি করে এবং সেইক্ষেত্রে পরাগনালিকা গঠিত হয় না অর্থাৎ উদ্ভিদ স্ব-বন্ধ্যা হয়। এই একই উদ্ভিদ যদি S_2 S_3 জিনোটাইপ বিশিষ্ট একটি উদ্ভিদের পরাগরেণুর সংস্পর্শে আসে তাহলে 50% পরাগরেণু হবে S_2 অ্যালিল যুক্ত এবং মিলনে অক্ষম কিন্তু 50% পরাগরেণু হবে S_3 অ্যালিল যুক্ত এবং সেগুলি S_1 বা S_2 উভয় ডিম্বাণুকেই নিষিক্ত করতে পারে। যদি পরাগরেণু উৎপাদনকারী উদ্ভিদটি S_3 S_4 জিনোটাইপবিশিষ্ট হয় তাহলে 100% পরাগরেণুই পূর্বতন উদ্ভিদটিকে নিষিক্ত করতে পারবে। নীচের চিত্রে (চিত্র 4.3) স্ব-বন্ধ্যাত্ব জিনের চারটি অ্যালিলের মধ্যে পারস্পরিক সম্পর্ক দেখানো হল ঃ

(চিত্র 4.3) স্ব-বন্ধ্যাত্ব নির্ধারণকারী বহু অ্যালিল

(ক) ঃ পরাগরেণু ও ডিম্বাণুর জিনোটাইপ একই, ফলে বন্ধ্যাত্ব

(খ) ঃ পরাগরেণু ও ডিম্বাণুর মধ্যে 50% মিলন প্রবণতা।

(গ) ঃ পরাগরেণু ও ডিম্বাণুর মধ্যে 100% মিলন প্রবণতা।

ওপরের আলোচনায় আমরা পুং উদ্ভিদের জিনোটাইপ পেয়েছি S_1 S_2, S_2 S_3 এবং S_3 S_4 যা কেবল S_1 S_2 জিনোটাইপবিশিষ্ট গর্ভকেশরের পরিপ্রেক্ষিতে যথাক্রমে বন্ধ্যা, অর্ধমিলনক্ষম ও পূর্ণমিলনক্ষম। নীচের সারণিতে দেখানো হল যদি গর্ভকেশরধারী উদ্ভিদের ফিনোটাইপও ঐ তিনপ্রকারই হয় তাহলে ফলাফল কি হতে পারে। উৎপন্ন বীজের জিনোটাইপ চেকারবোর্ডের মধ্যে প্রদর্শিত হল।

সারণি ঃ তামাকগাছে মিলন বা বন্ধ্যাত্ব নিয়ন্ত্রক প্রতিক্রিয়া

	পরাগরেণু		
	S_1S_2	S_2S_3	S_3S_4
S_1S_2	বন্ধ্যা	S_2S_3 S_1S_3	S_1S_3, S_2S_3 S_1S_4, S_2S_4
S_2S_3	S_1S_2 S_1S_3	বন্ধ্যা	S_2S_4 S_3S_4
S_3S_4	S_1S_3 S_1S_4 S_2S_4 S_2S_4	 S_2S_3 S_2S_4	বন্ধ্যা

অনুশীলনী **4.3**

1. নীচের তালিকায় চার প্রকার সংকরায়ণের কথা বলা হল যা অ্যালিলের চারটি রূপভেদের প্রকাশ। প্রতিক্ষেত্রে উৎপন্ন বীজের জিনোটাইপ বলুন ঃ

	পরাগরেণুদানকারী উদ্ভিদ	বীজউৎপাদনকারী উদ্ভিদ
(a)	S_3S_4	S_1S_4
(b)	S_2S_4	S_1S_3
(c)	S_1S_2	S_2S_1
(d)	S_2S_3	S_3S_4

4.5 সারাংশ

পূর্ববর্তী অধ্যায়গুলিতে আমরা জেনেছিলাম যে জীবের প্রতিটি বৈশিষ্ট্য নির্ধারণকারী একজোড়া পরস্পরের বিপরীতধর্মী অ্যালিল আছে। এই অধ্যায় পাঠ করে আমরা জানলাম যে একই জিনের একাধিক অ্যালিল থাকা সম্ভব, যদিও কোন একটি ডিপ্লয়েড কোষে একত্রে দুটি মাত্র অ্যালিলের উপস্থিতিই লক্ষ্য

করা যায়। একই জিনের জন্য এইরূপ বহু অ্যালিলের উপস্থিতিকে বহুঅ্যালিলতা বলে চিহ্নিত করা হয়। সাধারণতঃ একটি আদি জিনের পরিব্যক্তির ফলে সৃষ্ট পরিব্যক্ত অ্যালিলগুলির সব কয়টিই একই বহু অ্যালিলক্রমের অন্তর্ভুক্ত হয়। দুইটি অ্যালিলের ক্ষেত্রে আমরা দেখেছি একটি সম্পূর্ণ প্রকট এবং অপরটি সম্পূর্ণ প্রচ্ছন্ন। একটি বহু অ্যালিলক্রমে এই দুইয়ের অন্তর্বর্তী ফিনোটাইপ প্রদর্শিত হয়ে থাকে। খরগোশের লোমের রঙ এইরূপ একটি বহু অ্যালিলক্রম C, c^{ch}, c^{h} এবং c দ্বারা নির্ধারিত হয় যাদের ভিতর আন্তঃসম্পর্ক পারস্পরিক সংকরায়ণ পরীক্ষার দ্বারা নির্ধারণ করা যায়। সম্পর্কটিকে যদি প্রকটতার ক্রমে সাজাই তাহলে তা হল ঃ $C > c^{ch} > c^{h} > c$

মানুষের রক্তের ABO শ্রেণিবিভাগও এরূপ একটি বহুঅ্যালিলক্রম I^A, I^B এবং i দ্বারা নির্ধারিত, এদের মধ্যে I^A এবং I^B অ্যালিলদ্বয় সহপ্রকট এবং উভয়েই i এর ওপর প্রকট। অ্যালিলটি হোমোজাইগাস দশায় অ্যান্টিজেনবিহীন রক্তকণিকা সৃষ্টি করে। রক্তে আরও এক প্রকার অ্যান্টিজেন আছে যা লোহিতকণিকার Rh অ্যান্টিজেন নামে পরিচিত। R জিনবাহী মানুষের রক্তে যে Rh অ্যান্টিজেন থাকে, সে রক্ত Rh^+ এবং r অ্যালিলবাহী রক্তে তা থাকে না তাই সে রক্ত Rh^-। দেখা যায় যে আটটি অ্যালিলের একটি বহু অ্যালিলক্রম এই R জিনের পরিপ্রেক্ষিতে উপস্থিত। তাদের আন্তঃসম্পর্কই নির্ধারণ করে এই অ্যান্টিজেনের উপস্থিতি বা অনুপস্থিতি। উদ্ভিদের ক্ষেত্রে স্বনিষেক বিরোধিতা বা স্ব-বন্ধ্যাত্ব নিয়ন্ত্রিত হয় S জিনের একটি বহু অ্যালিল ক্রম দ্বারা। ক্রমটি $S_1S_2S_3S_4$ ..... S_n রূপে উপস্থিত যদিও একটি উদ্ভিদের মধ্যে একজোড়া অ্যালিলই দেখা যায়।

একই অ্যালিলদ্বয় উভয়ের মধ্যে উপস্থিত এইরূপ দুটি উদ্ভিদের মধ্যে নিষেক ঘটা অসম্ভব এবং একই কারণে একই গাছে উৎপাদিত পরাগরেণু সেই গাছেরই গর্ভকেশরে পতিত হলেও নিষেক অসম্ভব, যদি না উদ্ভিদটি স্ব-নিষেকী হয়।

4.6 প্রশ্নমালা

1. বহু অ্যালিলতা বলতে কী বোঝায়?
   খরগোশের দেহে লোমের বর্ণে আগুটি (C), চিনচিলা (c^{ch}), হিমালয়ান (c^{h}), এবং সাদা (c) এই চারটি প্রকারভেদ পাওয়া যায়। উপযুক্ত পরীক্ষার সাহায্যে প্রমাণ করুন যে নীচের প্রকটতার ক্রমটি যথার্থ ঃ
   $C > c^{ch} > c^{h} > c$
2. মানুষের রক্তের ABO শ্রেণিবিভাগ নির্ধারণে বহুঅ্যালিলতার ভূমিকাটি ব্যাখ্যা করুন।
   A রক্তবিশিষ্ট পিতা এবং B রক্তবিশিষ্ট মাতার মিলনে সন্তানদের রক্তের শ্রেণি কী কী হতে পারে? উত্তরটি ব্যাখ্যা করুন।
3. AB শ্রেণির রক্তবিশিষ্ট মানুষকে সর্বজনীন গ্রহীতা এবং O শ্রেণির রক্তবিশিষ্ট মানুষকে সর্বজনীন দাতা বলে গণ্য করা হয় কেন? যুক্তি সহ উত্তর দিন।
4. একটি বিপরীত পরাগযোগী উদ্ভিদের স্ব-বন্ধ্যাত্ব নিয়ন্ত্রণের জিনগত ব্যাখ্যা দিন।

একক 5 ❑ অন্বয় পুনর্যোজন এবং অতিক্রমণ (Linkage, recombination and crossing-over)

গঠন

5.1 প্রস্তাবনা

5.2 উদ্দেশ্য

5.3 ভূমিকা

5.4 মেন্ডেলীয় স্বাধীন পুনর্বিন্যাস নীতির ব্যতিক্রম

5.4.1 একটি ভৌত ব্যাখ্যা

5.5. X-ক্রোমোজোমে জিন সমূহের অন্বয়

5.6 ভিন্ন প্রকারের অন্বয় ঃ পর্যালোচনা

5.6.1 অন্বয় সনাক্তকরণ

5.6.2 অনুশীলনী

5.7 অতিক্রমণ

5.8 অতিক্রমণের কোষ সংস্থানগত প্রমাণ

5.9 সারাংশ

5.10 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

5.11 উত্তরমালা

5.1 প্রস্তাবনা

আমরা একক 9.1 -এ দেখেছি যে একটি দ্বিসংকরণজাত F_1 জাতকের স্বনিষেক ঘটিয়ে যে F_2 পাই তাদের অনুপাত 9 : 3 : 3 : 1 ; অর্থাৎ

	প্রথম জিন	দ্বিতীয় জিন
$\frac{9}{16}$	প্রকট	প্রকট
$\frac{3}{16}$	প্রকট	প্রচ্ছন্ন
$\frac{3}{16}$	প্রচ্ছন্ন	প্রকট
$\frac{1}{16}$	প্রচ্ছন্ন	প্রচ্ছন্ন

দুটি ভিন্ন (সমসংস্থ) ক্রোমোজোমে অবস্থান করলে যে এমন অনুপাত সৃষ্টি হয় তাও আপনারা একক 9.2 তে দেখেছেন। জেনেছেন, যে দ্বিসংকরণজাত F_2 জাতকের 9 : 3 : 3 : 1 ফিনোটাইপগত অনুপাত এবং দ্বিবসংকরণজাত টেস্ট-ক্রস অনুপাত। 1 : 1 : 1 : 1 :, (দুই জোড়া অ্যালিলদের) স্বাধীন পুনর্বন্টনের স্পষ্ট ইঙ্গিত। হয়তো খেয়াল করেছেন যে চার শ্রেণির দ্বিসংকরণজাত F_2 ফিনোটাইপের মধ্যে অর্ধেক, অর্থাৎ দুটি, জনিতার সদৃশ এবং বাকি দুটি নতুন চরিত্রের সমন্বয়। সুতরাং, স্বাধীনভাবে পুনর্বন্টিত দুটি চরিত্রের অ্যালিলদ্বয়ের আবশ্যিক পরিণতি হলো সৃষ্ট ফিনোটাইপ শ্রেণির 50 শতাংশে (বা অর্ধেক) নতুন চরিত্রের সমন্বয় বা পুনর্যোজিত রূপ (rceombinants)।

একক 9.2 তে দেখেছি যে জিন অবস্থান করে ক্রোমোজোমের ওপর। সাটন ও বোভারীর এই তত্ত্বের স্ব-পক্ষে অনেক যুক্তি ও পরীক্ষার কথাও উল্লেখ করা হয়েছে জেনে এবং আপনারা দেখেছেন যে জননকোষ সৃষ্টির সময়, মায়োসিসকালে, জিনের স্বাধীনভাবে পুনর্বিন্যস্ত হওয়াটি নির্ভর করে তাদের পৃথক অসমসংস্থ ক্রোমোজোমে অবস্থান করার ওপর।

মেন্ডেলবাদ পুনরাবিষ্কারের পর থেকে এক এক করে বহু (mutant) মিউটেন্ট চরিত্র, অর্থাৎ ব্যতিক্রমী ফিনোটাইপিক বৈশিষ্ট্য, বিজ্ঞানীদের নজরে পড়তে থাকে। একই সঙ্গে বিভিন্ন জিনের ক্রোমোজোম সংখ্যা নিরূপিত হতে থাকে। অণুবীক্ষণ যন্ত্র এবং কোষ-রাসায়নিক পদ্ধতি সে সময়ে খুব উন্নত না হওয়া সত্ত্বেও একটি ব্যপার খুব পরিষ্কার হয়ে যায় ঃ জিনের সংখ্যা, কোনও জীবে তার ক্রোমোজোম সংখ্যার থেকে অনেকগুণ বেশি।

যার অর্থ একই ক্রোমোজোমে অবস্থান করে একাধিক জিন। এবং এই জিনগুলির মধ্যে অক্রম পৃথগীভবনও (random segregation) সম্ভব নয়। 1903 সালে, ক্রোমোজোম তত্ত্বের অন্যতম প্রবক্তা ওয়াল্টার সাটন (Walter Sutton) স্বয়ং উল্লেখ করেন যে প্রায় সমস্ত জীবে নিশ্চয় ক্রোমোজোম সংখ্যার থেকে 'একক ফ্যাক্টর' (unit factors) অনেকগুণ বেশি আছে।

ট্রান্সমিশন জেনেটিকস (tansmission genetics) -এর একক জিন নয়, ক্রোমোজোম। ফলে যা হওয়ার তাই হলো। দেখা গেল একই ক্রোমোজোমে অবস্থানকারী জিন সঞ্চারিত হয় এক সঙ্গে। এমন জিনগুলিকে বলা হলো অন্বিত বা লিঙ্কড (linked) এবং প্রক্রিয়াটি নামাঙ্কিত হলো অন্বয় বা লিঙ্কেজ (linkage) রূপে। অতএব অন্বিত জিনগুলির স্বাধীন পুনির্বন্যাসের আর ক্ষমতা থাকল না আপাতদৃষ্টিতে। কিন্তু সকল সময়ে তা হয় না। বর্তমান এককে তার আলোচনা করা হবে।

আরেকটি পরিভাষা উল্লেখ করা দরকার। একই ক্রোমোজোমে অবস্থানরত জিনসমূহকে আমরা সিনটেনিক জিন (syntenic genes) বলি। আদতে সিনটেনিক জিনের মধ্যে দূরত্ব খুব বেশি হলে তাদের স্বাধীনভাবে বিন্যস্ত হওয়ার সম্ভাবনা বেশি আর খুব কাছে থাকলে অর্থাৎ অন্বিত (linked) হলে, তা পারে না। অতএব, সকল অন্বিত জিনই সিনটেনিক কিন্তু সকল সিনটেনিক জিন অন্বিত নাও হতে পারে (চিত্র 9.5.1)।

চিত্র 5.1 একটি ক্রোমোজোমে অবস্থানরত অন্বিত ও সিনটেনিক জিন। জিন a ও b এতো কাছে যে সাধারণত এরা পুনর্বিন্যস্ত হয় না (অন্বিত কিন্তু জিন a ও c এর দূরত্বের জন্য তারা পুনর্বিন্যস্ত হতে পারে (সিনটেনিক)

5.2 উদ্দেশ্য

বর্তমান এককে আপনারা যে সংজ্ঞা প্রকরণের সঙ্গে পরিচিত হবেন, তাদের মধ্যে গুরুত্বপূর্ণ কয়েকটি হলো—

- অন্বয় বা লিঙ্কেজ প্রক্রিয়া ঃ যা সম্পূর্ণ কিংবা অসম্পূর্ণ হতে পারে।
- একই ক্রোমোজোমে দূরে অবস্থিত দুটি জিনের মধ্যে পুনর্বিন্যাস সম্ভব; খুব কাছে থাকলে সম্ভব নয়।
- পুনর্যোজন (recombination) নির্ভর করবে সিনটেনিক (একই ক্রোমোজোমে অবস্থানরত) জিনের নিজেদের মধ্যেকার দূরত্বের ওপর।
- সংযোজন ক্রিয়া বা কাপলিং ফেজ (compling phase) এবং বির্কষণ ক্রিয়া (repulsion phase)
- অতিক্রমণ বা ক্রসিং ওভার (Crossing Over) হলো একজোড়া সমসংস্থ ক্রোমোজোমের মধ্যে ক্রোমোজোম অংশবিশেষের বিনিময়।
- অতিক্রমণ প্রক্রিয়ার কোষতত্ত্বীয় পরীক্ষামূলক প্রমাণ।
- পুনর্যোজন ঘটে স্বাধীন বিন্যাস কিংবা অতিক্রমণ দ্বারা।
- অন্বয়ের সংকেতচিহ্নের কিছু খুঁটিনাটি।

5.3 ভূমিকা

অন্বয় প্রক্রিয়াটি বিজ্ঞানীদের নজরে প্রথম আনেন 1900 সালে মেন্ডেলবাদের অন্যতম পুনঃআবিষ্কারক কার্ল করেনস। একটি বাগিচা উদ্ভিদের দুটি জাত (একটির বেগুনী ফুল ও সাদা রোমযুক্ত পাতা এবং

অপরটির সাদা ফুল ও মসৃণ পাতা) নিয়ে সংকরায়ণ করে সকল F_1 জাতকের বেগুনী ফুল ও সাদা রোমযুক্ত পাতা লক্ষ্য করেন। স্বাভাবিক কারণেই এই দুটি বৈশিষ্ট্য প্রকট বলে চিহ্নিত করেন। এটির F_2 জাতকদের সবকটি হয় বেগুনি রঙের ফুল এবং রোমযুক্ত পাতা কিংবা সাদা ফুল ও মসৃণ পাতা বিশিষ্ট, পুরোপুরি মূল জনিতার মতো। F_2 অনুপাত 3 : 1 হয়। তবে কি একই জিন ফুলের বর্ণ ও পাতার গঠন নিয়ন্ত্রণ করে (যা 'প্লিওট্রপি' নামক প্রক্রিয়ার বৈশিষ্ট্য)?

কিন্তু করেনস্ বেগুনী ফুল মসৃণ পাতা এবং সাদা ফুল ও রোমযুক্ত পাতা বিশিষ্ট জাত আছে বলে জানতেন। সুতরাং তিনি অনুমান করেন যে ফুলের বর্ণ ও পাতার গঠন পৃথক জিন দ্বারা নিয়ন্ত্রিত। যারা কোনও কারণে স্বাধীনভাবে পৃথগীকৃত হচ্ছে না।

কয়েকবছরের মধ্যে বেটসন, সনডার্স ও প্যানেট মিষ্টি মটর (Sweet Pea) নামক এক বাগিচা উদ্ভিদে প্রথম (অসম্পূর্ণ) অন্বয় প্রক্রিয়া দেখান। এখানে দ্বিসংকরণজাত F_2 ফিনোটাইপের অনুপাত (9:3:3:1) থেকে উল্লেখযোগ্য বিচ্যুতি দেখা যায়। পরে, মর্গ্যান দেখাতে সক্ষম হন যে স্বাধীনভাবে জিনসমূহ পুনর্বিন্যস্ত না হওয়ার কারণ অন্বয় বা লিঙ্কেজ (linkage)। অন্যান্য বিজ্ঞানী ইতিমধ্যে মায়েসিসের প্রোফেজ দশায় ক্রোমোজোমের কায়াসমাটা (Chiasmata) লক্ষ্য করেন। ড্য ভ্রিস মন্তব্য করেন যে সমসংস্থ ক্রোমোজোম নিজেদের মধ্যে অনায়াসে জিন বিনিময় করতে সক্ষম বলেই একই ক্রোমোজোমে অবস্থিত জিনের মধ্যেও অবাধ পুনর্যোজন হয়। মরগ্যান বলেন যে এটি ক্রস ওভার (Cross over) প্রক্রিয়া যার মাধ্যমে সমসংস্থ ক্রোমোজোমের অংশবিশেষের মধ্যে যে বিনিময় হয়, তার ফলে সিনটেনিক জিনের পুনর্যোজন সংঘটিত হয়।

স্টারটিভ্যান্ট নামে মর্গানের এক ছাত্র পরীক্ষালব্ধ ফলের ভিত্তিতে ড্রসোফিলার X-ক্রোমোজোমে পাঁচটি জিনের আপেক্ষিক অবস্থান নির্দিষ্ট করে দেন। পরে, তিনি ব্রিজেস নামে আরেক বিজ্ঞানীর সহযোগে ড্রসোফিলার অটোসোমে পর্যন্ত জিন-অন্বয় দেখান। ধীরে ধীরে প্রতিষ্ঠিত হলো যে একই ক্রোমোজোমে দুটি জিনের মধ্যেকার দূরত্ব হলো তাদের মধ্যেকার পুনর্যোজন হারে'র নিয়ামক। এবং পুনর্যোজন হার 50% -এর কম হলে একই ক্রোমোজোমের দুটি জিন অন্বিত (linked)।

জিনগত পুনর্যোজন যে, ক্রোমোজোম অংশবিশেষের বিনিময় জাতীয় এক ভৌত ক্রিয়ার অনুষঙ্গ, তার পরীক্ষামূলক প্রমাণ মেলে প্রায় দুই দশক বাদে। ক্রেইটন ও ম্যাক্লিন্টক 1931 সালে ভুট্টা গাছে তাঁদের পরীক্ষার ফল প্রকাশ করেন। একই বছর স্টার্ন ড্রসোফিলায় অনুরূপ ফল পান, এবং একই সিদ্ধান্তে উপনীত হন।

5.4 মেন্ডেলীয় স্বাধীন পুনর্বিন্যাস নীতির ব্যতিক্রম

1905 সালে বেটসন (W. Bateson), সনডার্স (E. Sanders) এবং পানেট (R. C. Punnett) ক্রমান্বয়ে অনেকগুলি দ্বিসংকরায়ণ পরীক্ষা করেন অনেকটা মেন্ডেলের আদলে, কিন্তু ভিন্ন এক উদ্ভিদে,

যাকে বলে মিষ্টি মটর (sweet pea. *Lathyrus odoratus*)। তাঁরা বেগুনি বর্ণের ফুল ও লম্বা রেণু বিশিষ্ট (P/P. L/L) উদ্ভিদের সঙ্গে সংকরায়ণ করান লাল বর্ণের ফুল ও গোল রেণু বিশিষ্ট (*p/p.l/l*) উদ্ভিদের। সকল F_1 জাতক প্রত্যাশা মতো, একই ফিনোটাইপের হয়। যথা—বেগুনি ফুল ও লম্বা রেণু যুক্ত। অতএব, এই দুটি বৈশিষ্ট্য প্রকট। জাতকগুলির মধ্যে স্ব-নিষেক ঘটিয়ে তাঁরা মোট 6950 টি F_2 জাতক সৃষ্টি করেন। মেন্ডেলের স্বাধীন বিন্যাস (দ্বিতীয়) সূত্র আপনারা প্রয়োগ করে দেখুন, চারটি ফিনোটাইপের অনুপাত কী হয়। এবার প্রাপ্ত ফলের সঙ্গে মিলিয়ে দেখুন (চিত্র 9.5.2 b ও d) উল্লেখযোগ্য পার্থক্য। সিদ্ধান্তে আসতে পারি যে জিন দুটি স্বাধীনভাবে পুনর্বিন্যস্ত হচ্ছে না, অতএব তারা সম্ভবত পৃথক ক্রোমোজোমে নেই। তবে কি একই ক্রোমোজোমে আছে? একই ক্রোমোজোমে থাকলে একটি 3:1 একসংকরণজাত অনুপাত পাওয়ার কথা (চিত্র 9.5.2, C)। যেখানে কেবল জনিতার দুটি ফিনোটাইপই থাকবে। চরিত্রের নতুন সমন্বয় (বেগুনি, গোল ও লাল, লম্বা) অনুপস্থিত থাকবে। আমাদের দুটি প্রত্যাশার কোনোটিই মিলছে না; 9:3:3:1 বা 3:1 কোনোটিই নয় (চিত্র 9.5.2,d)। জনিতৃ শ্রেণির ফিনোটাইপের, অবশ্য অল্প কিছু নতুন, সমন্বিত বৈশিষ্ট্যও রয়েছে। যদিও তা 9:3:3:1 অনুপাত মেটানোর পক্ষে অপর্যাপ্ত। এটি যেন মাঝামাঝি অবস্থা।

(a) <u>জনিতৃ সংকরণ</u>

জনিতা ঃ বেগুনী ফুল, লম্বা রেণু × লাল ফুল, গোল রেণু

↓

F_1 জনু ঃ বেগুনী ফুল, লম্বা রেণু

↓

F_2 জনু ঃ

(b) জিনগুলি পৃথক ক্রোমোজোমে অবস্থান করলে (9:3:3:1 অনুপাত)	(c) অন্বিত জিনসমূহ একই ক্রোমোজোমে অবস্থান করলে (3:1 অনুপাত)	(d) প্রাপ্ত সংখ্যা
3909 বেগুনি, লম্বা		4831 বেগুনি লম্বা
1303 বেগুনি, গোল		390 বেগুনি গোল
1303 লাল, লম্বা	5212 বেগুনি লম্বা	391 লাল লম্বা
434 লাল, গোল	1738 বেগুনি গোল	1338 লাল, গোল

চিত্র 5.2 বেটসন, সনর্ডাস ও পানেটের সংকরণ। মোট 6950 F_2 জাতকের প্রত্যাশিত ফল দেওয়া হল (b) পৃথক ক্রোমোজোমে জিনগুলি অবস্থান করলে স্বাধীনভাবে পুনর্বিন্যস্ত হবে (c) একই ক্রোমোজোমে অবস্থান করলে জিনগুলি সম্পূর্ণ অন্বয় প্রদর্শন করবে। (d) বাস্তবক্ষেত্রে, পরীক্ষায় লব্ধ ফল। (a) ঃ জনিতা ঃ মিষ্টি মটর (Sweet Pea)।

অথএব,

- লিঙ্কেজ বা অন্বয় কি আংশিক?
- F_2 জাতকদের অনুপাত কি 9:3:3:1 -এর কোনও ঈষৎ পরিবর্তিত রূপ। যা আপনারা একক 9.3 তে পড়েছেন? আরও নির্দিষ্ট করে বলতে গেলে, এই বিচ্যুতি কি এপিষ্টাসিস (epistasis) বা পরপ্রকটতার নিদর্শন? আলোচ্য জিন দুটি যে বৈশিষ্ট্য নির্ধারণ করছে বর্তমান পরীক্ষাটিতে, তারা এতোটাই ভিন্ন ধরনের যে পরপ্রকটতা দ্বারা বোধ হয় ব্যাখ্যা করা চলে না। অতএব...?

(বেটসন, সনডার্স ও পানেট নিজেরা প্রাপ্ত F_2 জাতকদের 7:1:1:7 অনুপাতে ফেলবার চেষ্টা করেন)

তাদের ব্যাখ্যা ঃ জনিতৃ অ্যালিল (এক জনিতায় প্রকট অ্যালিল এবং অপর জনিতায় প্রচ্ছন্ন অ্যালিল) এর মধ্যে এক প্রকার ভৌত সংযোগ আছে। যার ফলে F_2 জাতকদের মধ্যে জনিতৃ ফিনোটাইপের সংখ্যাধিক্য দেখা যাচ্ছে। অর্থাৎ কিনা, F_2 জাতক গঠনপূর্বে সৃষ্ট জননকোষের মধ্যে জনিতৃ জিনোটাইপ অনেক বেশি পরিমাণে তৈরি হচ্ছে।

এই প্রক্রিয়াটির তাঁরা নাম দেন গ্যামেটিক কাপলিং (gamatic coupling) বা জননকোষী সংযোজন ক্রিয়া বা জিনের পুনর্বিন্যাসে বাধা দিচ্ছে। উপরন্তু, প্রকট ও প্রচ্ছন্ন অ্যালিলের মধ্যে কোনও আভ্যন্তরীণ ঋণাত্মক প্রভাব বা বিকর্ষণ জনিত কারণে পুনর্যোজক জননকোষ অনেক কম পরিমাণে তৈরি হচ্ছে। যার ফলে, F_2 জাতকদের মধ্যে পুনর্যোজক ফিনোটাইপ (recombinant phenotypes) -এর সংখ্যা এতো কম। এই বিপরীত প্রক্রিয়ার তাঁরা নাম রাখেন জননকোষী বিকর্ষণক্রিয়া বা গ্যামেটিক রিপালশন (gametic repulsion)।

ত্রিসংকর জনন পরীক্ষা : মেন্ডেল ত্রিসংকর জনন পরীক্ষায় তিনটি পৃথক বৈশিষ্ট্য নিয়ে দেখেছিলেন যে এক্ষেত্রে ফিনোটাইপিক অনুপাত পাওয়া যায় 27 : 9 : 9 : 3 : 3 : 1 এক্ষেত্রে পানেটের বর্গক্ষেত্রের মাধ্যমে যদি বিশ্লেষণ করা হয় তাহলে আমরা জিনোটাইপিক অনুপাতও বিশদে জানতে পারবো।

কৌলিকবিদ্যার বিশ্লেষণে অনুকৌলিক বিদ্যা (molecular genetics) : বর্তমানে অনুকৌলিক বিদ্যার আলোকে যদি মেন্ডেলের মতবাদকে দেখা যায় তাহলে প্রথমেই DNA সম্পর্কে জ্ঞান অর্জন করতে হবে। অ্যালিলের সঙ্গে ডিঅক্সিরাইবো নিউক্লিক অ্যাসিডের সম্পর্ক যদি পরিষ্কার থাকে তাহলে বংশগতির বিভিন্ন ব্যাখ্যা সহজেই পাওয়া যায়। যদিও ক্রোমোজোমে DNA এবং বিভিন্ন ধরনের প্রোটিন উপস্থিত থাকে তবুও বর্তমানে আমাদের জানা আছে যে এই DNA ই আমাদের বংশগতির ধারক ও বাহক। ক্রোমোজোমে স্থিত জিনের (gene) ক্রম আমাদের বংশগতি নিয়ন্ত্রণ করে। মেন্ডেল তত্ত্ব আলোচনায় কিন্তু পারিপার্শিক বা Environment-এর প্রভাব সম্পর্কে সেভাবে কিছু বলা হয়নি। পরিবেশ বা Environment কিন্তু জীবের বিভিন্ন বৈশিষ্ট্য নির্ধারণে একটি গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা নেয়। একটি দুটি জিনের দ্বারা নির্ধারিত বৈশিষ্ট্য পরিবেশের প্রভাবমুক্ত হয় কিন্তু বহু জিন দ্বারা নির্ধারিত চরিত্রের ক্ষেত্রে (multiple allelism) পরিবেশ চরিত্রটির (character) বাহ্যিক প্রকাশে একটি মুখ্য ভূমিকা নেয়।

5.4.1 একটি ভৌত ব্যাখ্যা

ওপরে বর্ণিত পরীক্ষায় জনিতৃ জিন সমন্বয়ের সংখ্যাধিক্যের যথাযথ ভৌত ব্যাখ্যার জন্য কয়েকটি

বছর অপেক্ষা করতে হয়। ইতিমধ্যে একটি ক্ষুদ্র মাছি ড্রোসোফিলা (Drosophila) নিয়ে ব্যাপক পরীক্ষা চলতে থাকে। পরিব্যক্তি (mutation) ঘটিয়ে এর নিত্য নতুন বৈশিষ্ট্য উদঘাটিত হতে থাকে। এই কাজে নেতৃত্ব দেন আমেরিকার এক বিজ্ঞানী মরগ্যান (T.H Morgan)।

Drosophila'র দুটি অটোসোমের জিন নিয়ে সংকরায়ণ মারফৎ বংশগতি পরীক্ষা করতে গিয়ে তিনি মেন্ডেলের দ্বিতীয় সূত্রের থেকে অনুরূপ বিচ্যুতি লক্ষ্য করেন। এক্ষেত্রে দুটি জিনের একটি মাছির চোখের বর্ণ প্রভাবিত করে (pr, purple বা বেগুনি পরিব্যক্ত জিন, ও pr^+ লাল বন্য প্রকৃতির বা wild type জিন) ; অপরটি মাছির ডানার দৈর্ঘ্য প্রভাবিত করে (vg, vestigial লুপ্তপ্রায় পরিব্যক্ত জিন ও vg^+, স্বাভাবিক দৈর্ঘ্যের ডানা যা বন্য চরিত্রের)। উভয় জিনের বন্য-প্রকৃতির অ্যালিল প্রকট চরিত্রের। মরগ্যান $pr/pr \bullet vg/vg$ মাছিদের সংকরায়ণ করান $pr/pr \bullet vg/vg^+$ মাছিদের সঙ্গে। উদ্ভূত F_1 দ্বিতীয়-বিষমভ্রূণানুজাত (doubly heterozygous) স্ত্রী মাছিগুলি নিয়ে তিনি পুরুষ মাছিদের সঙ্গে এবার পরখ সংকরায়ণ করান ঃ $pr^+ / pr \cdot vg^+ / vg$ + $^{xpr/pr \cdot vg/vg}O$ আপনারা পূর্বেই জেনেছেন (দ্রঃ একক 9.1) যে দ্বিসংকরায়ণ (Test Cross) টেস্ট ক্রসে 1:1:1:1 ফিনোটাইপের অনুপাত অ্যালিলের স্বাধীন বিন্যাস ইঙ্গিত করে। মরগ্যান তাঁর পরখ সংকরায়ণ পরীক্ষায় নিম্নলিখিত ফল লক্ষ্য করেন ঃ

$pr^+ \bullet vg^+$	1339
$pr \bullet vg$	1195
$pr^+ \bullet vg$	151
$pr \bullet vg^+$	154
	2839

বলা বাহুল্য, উদ্ভূত অনুপাত প্রত্যাশিত 1:1:1:1 অনুপাত একেবারেই নয়, বরং এটি জিনের সংযোজন (coupling) নির্দেশ করে। দুটি বৃহত্তম ফিনোনাটাইপের শ্রেণি হলো $pr^+ \bullet vg$ এবং $pr \bullet vg$ যা মূল সমভ্রূণানুজাত জনিতার অনুরূপ। এই সংকরায়ণ পরীক্ষা থেকে একটি বিশেষ লিঙ্গের F_1 জনিতার জননকোষের সমন্বয় সঙ্গে সঙ্গে ধরা পড়ে যা স্পষ্টভাবে জিন সংযোজন ইঙ্গিত করে। একই সঙ্গে আরেকটি নতুন তথ্য উদঘাটিত হলো। কেবল জনিতৃর প্রকারের মধ্যেই 1:1 অনুপাত সীমাবদ্ধ নয়; দুটি পুনর্যোজক শ্রেণি প্রকারের মধ্যেও 1:1 অনুপাত বিদ্যমান। অন্য এটি বিকর্ষণ (repulation) ক্রিয়া নির্দেশ করছে।

দ্বিতীয় পরীক্ষায় মরগ্যান কেবল প্রথম জনিতার জিনোটাইপে সামান্য পরিবর্তন করেন। এখানে, জনিতার উভয়েরই একটি করে বন্য প্রতীকী জিনে এবং একটি করে প্রচ্ছন্ন জিনে অ্যালিলের সমতা (homozygosity) রয়েছে। $(pr / vg \bullet vg / vg \times pr / pr \bullet vg / vg)$ । উদ্ভূত F_1 স্ত্রীমাছিগুলিকে পুনরায় টেস্টার (tester) পুরুষ মাছির সঙ্গে পরখ সংকররায়ণ করানো হয়।

P $(pr / pr \bullet vg / vg \times pr / pr \bullet vg / vg)$

F_1 $pr / pr \bullet vg / vg$

পরখ সংকরায়ণ ঃ $pr / pr \bullet vg / vg + \times pr / pr \bullet vg / vg^{0}$

উদ্ভূত F_2 জাতক	$pr \bullet vg$	157
	$pr \bullet vg$	146
	$pr \bullet vg$	965
	$pr \bullet vg$	1067
		2335

এবারও প্রাপ্ত অনুপাত, মেন্ডেলীয় 1:1:1:1 ধারার সঙ্গে কোনও সাযুজ্য রইল না। কিন্তু এক্ষেত্রে বৃহত্তম ফিনোটাইপগত শ্রেণি হলো যেগুলির কেবল একটি প্রকট অ্যালিল আছে। যে সমন্বয়ে দুটি অ্যালিলই প্রকট বা প্রচ্ছন্ন মিলিয়ে দেখুন যে বর্তমান পরীক্ষাটিতে প্রথম জনিতার জননকোষগুলিও বিকর্ষণ অবস্থায় আছে।

অতএব দেখছি যে মর্গ্যানকৃত দুটি সংকরায়ণ পরীক্ষাতেই

- পরখ সংকরায়ণের 1:1:1:1 অনুপাত অনুপস্থিত। সুতরাং বলতে পারি জিনদুটির অ্যালিল পৃথক অসমসংস্থ ক্রোমোজোমে অবস্থান করে না।
- একই ক্রোমোজোমে থাকলে পুনর্যোজক (recombinant) ফিনোটাইপ থাকবার কথা নয়। কিন্তু তারা রয়েছে। প্রথম পরীক্ষায় তারা বিকর্ষণ এবং দ্বিতীয় পরীক্ষায় সংযোজন রূপে।
- সংখ্যায় আপেক্ষিকভাবে অনেক কম হলেও সংযোজিত রূপ কী ভাবে এলো?

মর্গ্যান ব্যাখ্যা করেন যে সংযোজন ক্রিয়ার প্রকৃত কারণ, মাছির চোখের বর্ণ ও ডানার দৈর্ঘ্য নির্ধারণকারী জিন একই ক্রোমোজোমে রয়েছে। কিন্তু স্ত্রী F_1 জাতকে জননকোষ সৃষ্টির সময়, মায়োসিস দশায় যখন সমসংস্থ ক্রোমোজোম জোড়বদ্ধ হয়, তখন কখনও কখনও তাদের মধ্যে ক্রোমোজোম অংশবিশেষের বিনিময় হয়। এই প্রক্রিয়াটি হলো ক্রসিং ওভার (Crossing over) বা অতিক্রমণ। এই প্রক্রিয়ার মাধ্যমে সৃষ্ট নতুন অ্যালিল সমন্বয়কে ক্রস ওভার প্রোডাক্ট (cross over product) বলা হয়। এইভাবে জনিতার প্রাথমিক অটুট ক্রোমোজোম (parental chromosomal types) থেকে প্রায়শই সৃষ্টি হয় পরিবর্তিত অজনিতৃ ক্রোমোজোম (non parentul chromosomal types)। প্রথম পরীক্ষায় অটুট জনিতৃ ক্রোমোজোম সংযোজন রূপে ছিল, কিন্তু F_1 জাতকে, জননকোষ সৃষ্টিকালে অতিক্রমণ ক্রিয়ার ফলে অল্প পরিমাণ বিকর্ষণ রূপধারী অজনিতৃ ক্রোমোজোম তৈরি করে। কিন্তু দ্বিতীয় পরীক্ষাতে প্রথমাবস্থায় জনিতৃ ক্রোমোজোম বিকর্ষণ অবস্থায় ছিল, যা F_1 জাতকে জননকোষ সৃষ্টির সময়, অতিক্রমণ ক্রিয়ার ফলে অল্প পরিমাণ সংযোজন রূপধারী অজনিতৃ ক্রোমোজোম সৃষ্টি করে। অতএব, সংযোজন ও বিকর্ষণ প্রকারান্তরে একই মুদ্রার এপিঠ-ওপিঠ; উভয়ই অন্বয় প্রক্রিয়ার দুটি রূপ (দ্রঃ চিত্র 9.5.3 ও 9.5.4)।

মরগ্যান তাঁর কৌলিক ফলাফলের একটি ভৌত ব্যাখ্যা খুঁজছিলেন, যা অন্য বিজ্ঞানীদের সন্তুষ্ট করবে। মায়োসিস দশায় দৃশ্যমান কায়াসমাটা (Chaiasmata) তাঁর কাছে মনে হয় অতিক্রমণ ক্রিয়ার ভৌত রূপ। আজ এটি প্রমাণিত সত্য। প্রজনন পরীক্ষার ফলের সঙ্গে কোষ তত্ত্বীয় প্রক্রিয়ার তিনি মেলবন্ধন রচনা করলেন। ক্রোমোজোম তত্ত্ব মৌলিক গবেষণার একটি শক্তিশালী স্তম্ভরূপে প্রতিষ্ঠিত হলো।

চিত্র 5.3 : পরখ সংকরায়ণে জননকোষ ও জাতকের ক্রোমোজোমবিন্যাস, রেখাচিত্রের সাহায্যে দেখানো হলো। এখানে জনিতা সংযোজন অবস্থায় আছে (মরগ্যানের প্রথম পরীক্ষা)।

অপরদিকে একটি ক্রোমোজোমে যে একাধিক জিন থাকতে বাধ্য তা আপনারা অনেক আগেই জেনেছেন। এমন জিনসমূহকে বলা হয় লিঙ্কড বা অন্বিত। দুই বা ততোধিক জিন অ্যালিলদের একই সমন্বয়ে এক জনু থেকে পরের অপত্য জনুতে প্রেরিত হওয়ার প্রবণতাকে লিঙ্কেজ (linkage) বলা হয়। অবশ্যই জিন অ্যালিলরা ভৌতরূপে যুক্ত থাকে তাদের মধ্যবর্তী ক্রোমোজোম অংশ দ্বারা, জিন

হিউমান জিনোম প্রজেক্টের কল্যাণে আমরা জেনেছি। যে মানুষের ২৩ জোড়া ক্রোমোজোম 35,000-40,000 জিন আছে।

অ্যালিলগুলির স্থান একটি ক্রোমোজোমে নির্দিষ্ট থাকে, যাদের বলা হয় ওই জিনের লোকাস (locus বহুবচন loci)। অতএব দুটি জিন, যাদের লোকাসগুলি একই ক্রোমোজোমে তাদের বলব সিনটেনিক জিন (Syntenic gene)। তারা নিকটে থাকলে অন্বিত হবে আর দূরে থাকলে স্বাধীন বিন্যাস প্রদর্শন করতে পারে।

চিত্র **5.4 :** মায়োসিস দশায় অতিক্রমণ প্রক্রিয়া। একটি সংকর জাতক তার উভয় জনিতার থেকে একটি করে সমসংস্থ ক্রোমোজোম প্রাপ্ত হয়। অতিক্রমণ দ্বারা ক্রোমোজোম অংশের বিনিময় এমন জননকোষী ক্রোমোজোম তৈরি করতে পারে যার অ্যালিল সমন্বয় অনেক সময় জনিতৃ সমন্বয় থেকে পৃথক হয়ে পড়ে।

(মেন্ডেলকৃত পরীক্ষায় সাতটি চরিত্রের তিনটির লোকাস অবস্থিত মটর গাছের ক্রোমোজোম 4-এ এবং দুটির ক্রোমোজোম 1-এ, তা আপনারা অবহিত আছেন (দ্রঃ একক 9.2)। এবং মটর গাছে এ সকল জিন (একটি বিশেষ সমন্বয় ব্যতিরেকে) অবাধে স্বাধীন পুনর্বিন্যাস প্রদর্শন করে।

একটি ক্রোমোজোম অন্বিত অ্যালিলদ্বয়কে আমরা সংযোজন পর্যায়ে Coupling phase) কিংবা cis পর্যায়ে আছে বলি যখন তাদের উভয়ই প্রকট $pr^+ \bullet vg^+$ কিংবা প্রচ্ছন্ন $pr \bullet vg$। এদের Cis দ্বিসংকরও dihybrid) বলা হয় (চিত্র 5.5)। অন্বিত অ্যালিলদ্বয়কে বলি বিকর্ষণ পর্যায়ে (repulsion phase) কিংবা trans-পর্যায়ে আছে। তাদের একটি প্রকট অপরটি প্রচ্ছন্ন $pr^+ vg$, কিংবা $pr\ vg^+$ হয়। এদের Trans দ্বি-সংকর (Transdihybrid) ও বলা হয় (চিত্র 5.5)।

খেয়াল করে দেখুন, মরগ্যানের দুটি পরীক্ষাতেই F_1 মাছিটি দ্বিতীয়-অসমপ্রকরণজাত (doubly heterozygous) : *pr/pr • vg/vg* এবং ফিনোটাইপ অভিন্ন বন্য প্রকট চরিত্রের, অর্থাৎ লাল চোখ এবং স্বাভাবিক দৈর্ঘ্যের ডানা। তাদের অ্যালিলগুলি সংযোজন না বিকর্ষণ অবস্থায় আছে, তা কী করে বুঝবেন?

চিত্র **5.5 :** সমসংস্থ ক্রোমোজোমে দুটি জিনের অ্যালিল সম্ভাব্য দুটি অবস্থায় থাকতে পারে : সংযোজন অন্বয় (Cis-দ্বিসংকর) কিংবা বিকর্ষণ অন্বয় (Trans-দ্বিসংকর) দশা।

এই প্রশ্নের উত্তর পেতে হলে হয় জনিতার জিনোটাইপ জানতে হবে। নতুবা F_1 জাতকটির পরখ সংকরায়ণ করতে হবে। জনিতা যদি *pr vg/pr vg* এবং *pr vg/pr vg* হয় তাহলে উদ্ভূত F_1 জাতক *pr vg/ pr vg* হবে। যা সংযোজন দশায় রয়েছে। জনিতা *pr vg/pr vg* এবং *pr vg/pr vg* হলে উদ্ভূত F_1 জাতক *pr vg/pr vg* হবে, যা বিকর্ষণ দশায় রয়েছে। পরখ সংকরায়ণ পরীক্ষা তো মরগ্যানের পরীক্ষায় বিস্তারিতভাবে দেখানো হয়েছে।

5.5 X-ক্রোমোজোমে জিন সমূহের অন্বয়

মরগ্যানের যে পরীক্ষা ব্যাখ্যা করা হলো সেখানকার জিনগুলি এমন ক্রোমোজোমের যা লিঙ্গ নির্ধারণ করে না। এমন ক্রোমোজোমকে অটোসোম (autosome) বলা হয়। কিন্তু পুরুষ জাতকের X-ক্রোমোজোমের জিনকে বলা হয় হেমিজাইগাস (hemizygous)। অর্থাৎ স্ত্রী জনিতা কর্তৃক প্রদত্ত জননকোষের জিনোটাইপই হলো তার পুরুষ জাতকের ফিনোটাইপের একমাত্র নির্ধারক। বলা বাহুল্য যে X-ক্রোমোজোম এবং Y-ক্রোমোজোম যৌন বা সেক্স (sex) ক্রোমোজোম রূপে পরিচিত। এখন মরগ্যানের পরীক্ষায় অটোসোমের জিন বিন্যাস আমরা পুনর্যোজিত হতে দেখেছি অতিক্রমণ প্রক্রিয়ার দ্বারা। কিন্তু দুটি X ক্রোমোজোমের মধ্যে অতিক্রমণ কীভাবে দুটি জিনের বিন্যাস পরিবর্তন করবে এবং তার ফলে কৌলিক বৈশিষ্ট্যের বংশগতি কীভাবে প্রভাবিত হবে?

পুনরায় ড্রোসোফিলা মাছির মধ্যে সংকরণজাত F_1 জাতকগুলি প্রথমে পরীক্ষা করে দেখা যাক; তারপর তাদের আন্তঃসংকরণজাত F_2 জাতকগুলি বিচার করব। ব্যবহৃত সংকেতচিহ্নগুলি হোলো ঃ y ও y+ অ্যালিলগুলি নির্দেশ করছে যথাক্রমে, হলুদ ও বাদামি দেহের রঙ; w ও w^+ অ্যালিলগুলি যথাক্রমে সাদা ও লাল বর্ণের চোখ এবং y হলো y-ক্রোমোজোম।

জনিতা $yw\ /\ yw\ \underset{+}{0}\ X\ y\ w\ /\ Y\mathcal{O}^{\circ}$

F_1 $yw\ /\ y\ w\ \underset{+}{0}\ X\ y\ w\ /\ Y\mathcal{O}^{\circ}$

F_1 জাতকদের মধ্যে বিভিন্ন ফিনোটাইপগত শ্রেণির অন্তর্গত পুংমাছি ঃ

yw	43	পুনর্যোজক
yw	2146	জনিতৃ
yw	2302	জনিতৃ
yw	22	পুর্যোজক
	মোট 4513	

এখন, F_2 পুংমাছি কেবল Y ক্রোমোজোম গ্রহণ করে F_1 পুংমাছি থেকে।

ফলে প্রদত্ত শ্রেণি, F_1 স্ত্রীমাছির মধ্যে মায়োসিস সৃষ্ট জিনোটাইপের প্রতিফলন। আর পরখ সংকরায়ণের কোনোও প্রয়োজনই নেই। আমরা অনায়সেই কেবল একটি জনিতার মায়োসিস পরীক্ষা করে দেখতে পারি, ঠিক পরখ-সংকরায়ণের মতো। উক্ত উদাহরণে দেখবেন যে পুনর্যোজকের মোট হার (43+22) ÷4513 = 1.4%।

পরে দেখবেন যে পুনর্যোজকের হার (frequency of recombinants), দুটি জিন অন্বিত না স্বাধীনভাবে পুনর্বিন্যাসে সক্ষম তা বলতে সাহায্য করে। এবং তা লিঙ্কেজ ম্যাপ (linkage map- দ্র ঃ একক 9.6) নির্মাণে অপরিহার্য।

প্রান্তলিপি 5.1 : অন্বয়ের সংকেতচিহ্ন (linkage symbolsim) নিয়ে দু-চার কথা।
পূর্বে আলোচিত ড্রোসোফিলা'র সংকরায়ণটিতে মাছির দুটি ক্রোমোজোমের কৌলিক গঠন হলো ঃ

$$\begin{matrix} pr & vg \\ \hline\hline pr^{+} & vg^{+} \end{matrix}$$

এখানে, লাইন দুটি এক একটি ক্রোমোজোম নির্দিষ্ট করছে। উপরের অ্যালিল দুটি একটি ক্রোমোজোমে এবং নিচের দুটি তার সমসংস্থ ক্রোমোজোমে অবস্থিত। ক্রোমোজোম দুটির মধ্যে অতিক্রমণ বোঝানো হয় এইভাবে (চিত্র 5.4) ঃ

দুটি লাইন না দেখিয়ে আরেকটু সরল করা যায় শুধু একটি লাইন টেনে ঃ লাইনের একই দিকের দুটি অ্যালিল একটি ক্রোমোজোমে, অন্য দিকের দুটি তার সমসংস্থ ক্রোমোজোমে অবস্থিত।

$$\begin{matrix} pr & vg \\ \hline pr^{+} & vg^{+} \end{matrix}$$

অর্থাৎ এই অবস্থায় লেখা অসুবিধাজনক। তাই লাইনটি একটি স্ল্যাশ (/) চিহ্ন দিয়ে বোঝানো হয়। যথা $pr\ vg\ /\ pr^{+}\ {}^{vg}+$ । এবারও, বাঁ দিকের দুটি অ্যালিল একই ক্রোমোজোমে , ডান দিকের দুটি তার সমসংস্থ ক্রোমোজোমে অবস্থিত। অ্যালিল দুটির পর্যায়ক্রম একই রাখতে হয় ঃ সকল সময় *a b /a b*, কখনই a b / b a নয়। একই অ্যালিলক্রম বজায় রাখার সুবিধে হলো যে বন্য অ্যালিলের ক্ষেত্রে অ্যালিল চিহ্ন বাহুল্য বিচারে তা পরিত্যাগ করা যায়। অতএব, $pr\ vg\ /\ pr^{+}\ vg^{+}$ না লিখে শুধু *pr vg / + +* লিখলেই চলে।

তাহলে, পৃথক ক্রোমোজোমে অবস্থিত জিন দেখাতে হবে একটি সেমি-কোলন দ্বারা পৃথক করে। *A/a; B/b*। এখন জিন যার অন্বয় বৃত্তান্ত জানা নেই। পৃথক করি একটি ডট (.) চিহ্ন দ্বারা। যথা—*A/a. B/b*

5.6 ভিন্ন প্রকারের অন্বয় ঃ পর্যালোচনা

দুটি অন্বিত, ভিন্ন জিনের মধ্যে কোনওরকম অতিক্রমণ না হলে, উদ্ভূত সকল জননকোষ,

জনিতৃপ্রকারের (Parental type) হয়। ফলত সৃষ্ট অপত্যে কেবল জনিতৃর ন্যায় জিনোটাইপ ও ফিনোটাইপ সৃষ্টি হবে। একই ক্রোমোজোমে দুটি ভিন্ন জিন খুবই কাছাকাছি অবস্থান করলে এমন হয়। এই প্রক্রিয়াটি সম্পূর্ণ লিঙ্কেজ (Complete Linkage) বা সম্পূর্ণ অন্বয় নামে পরিচিত।

অন্বিত দুটি পৃথক জিনের মধ্যে অতিক্রমণ ঘটলে অবশ্য উদ্ভূত জননকোষে জনিতৃ ও পুনর্যোজক জিনোটাইপ উভয়ই থাকবে। অতিক্রমণের হার কম হলে অধিকাংশ জননকোষই জনিতৃ প্রকারের এবং অল্প সংখ্যক কিছু পুনর্যোজক প্রকৃতির হবে। এমন অন্বয় প্রক্রিয়া অসম্পূর্ণ বা আংশিক লিঙ্কেজ (incomplete or partial linkage) নামে চিহ্নিত।

একই ক্রোমোজোমে খুব দূরে অবস্থিত, ভিন্ন দুটি জিনের মধ্যে মুক্ত ভাবে অতিক্রমণ প্রক্রিয়া সম্পন্ন হলে সমপরিমাণে জনিতৃ ও পুনর্যোজিত জিনোটাইপ সম্বলিত জননকোষ সৃষ্টি হবে। একই ফল হবে জিন দুটি ভিন্ন ক্রোমোজোমে অবস্থান করলে তা অবশ্য আর বলার অপেক্ষা রাখে না এক্ষেত্রে অন্বয় অনুপস্থিত। এবার আসুন, আমরা সংক্ষেপে অন্বয় শনাক্তকরণের জন্য ব্যবহৃত সংকরায়ণ পরীক্ষাগুলি পর্যালোচনা করি।

5.6.1 অন্বয় শনাক্তকরণ

ক্রোমোজোম অন্বিত জিনের উপস্থিতি শনাক্ত করবার দুটি সনাতন পদ্ধতি হলো F_1 পরখ-সংকরায়ণ এবং **F_1 x F_1 সংকরায়ণ** যা সেলফিং নামে আখ্যাত স্ব-নিষেক পদ্ধতি। প্রাপ্ত ফল নিয়ে কোনও স্থির সিদ্ধান্তে আসতে গেলে কাইবর্গ (Chi-square) বিশ্লেষণ করা জরুরি হয়ে পড়ে।

দুটি জিন অন্বিত কিনা জানতে, একটি হেটেরোজাইগোট বা অসমাপ্তকরণ উৎপন্ন করতে হয়। এবং মায়োসিস প্রক্রিয়ায় অ্যালিলের পৃথগীভবন প্যাটার্ন নির্ণয় করতে হয়। অন্বয় থাকলে পুর্নযোজকের তুলনায় জনিতৃ গ্যামেট বা জননকোষ বেশি হয়। জননকোষে কোন্ অ্যালিলসমূহ রয়েছে তা প্রায়শই সরাসরি বোঝা যায় না। অধিকাংশ উদ্ভিদ ও প্রাণীদের ক্ষেত্রে হেটেরোজাইগাস অপত্যটিকে সংকরায়ণ করাতে হয়; সৃষ্ট জাতকের ফিনোটাইপ এবার নির্ধারণ করে F_1 জননকোষের জিনোটাইপ কী ছিল তা বোঝা যায়।

- **F_1 পরখ সংকরায়ণ (F_1 test cross) দ্বারা ঃ** দুটি জিন অন্বিত কিনা তা জানবার জন্য পরখ সংকররায়ণ পরীক্ষা অধিকতর শ্রেয় বলে বিবেচিত। এখানে একটি জনিতা প্রচ্ছন্ন অ্যালিলের জন্য হোমোজাইগাস বলে তা কেবল প্রচ্ছন্ন অ্যালিল সমন্বিত জননকোষ তৈরি করে। ফলে, অপত্যের ফিনোটাইপটি নির্ধারিত হয় হেটেরোজাইগাস জনিতা গ্যামেটের জিনোটাইপ দ্বারা। এটিতে প্রকট অ্যালিল থাকলে জাতকের ফিনোটাইপ প্রকট চরিত্রের হবে, প্রচ্ছন্ন অ্যালিল থাকলে জাতকের ফিনোটাইপ অবশ্যই প্রচ্ছন্ন চরিত্রের হবে। উদ্ভূত জাতকের ফিনোটাইপ, তথাপি তার জিনোটাইপের সঙ্গে heterozygour জনিতার গ্যামেটের জিনোটাইপের প্রত্যক্ষ সম্পর্ক, এই পরখ-সংকরায়ণ পদ্ধতির প্রকৃত উৎকর্ষ। একটি রেখাচিত্রের সাহায্যে (চিত্র 5.6) অন্বয় প্রক্রিয়ার শনাক্তকরণ বোঝানো হল।

AB/ab × ab/ab

সম্পূর্ণ অন্বয়		আংশিক অন্বয়		অন্বয় অনুপস্থিত	
জিনোটাইপ	ফিনোটাইপ	জিনোটাইপ	ফিনোটাইপ	জিনোটাইপ	ফিনোটাইপ
1/2 AB/ab	AB	> 1/4 AB/ab	AB	1/4 AB/ab	AB
1/2 ab/ab	ab	> 1/4 ab/ab	ab	1/4 ab/ab	ab
		> 1/4 aB/ab	aB	1/4 aB/ab	aB
		> 1/4 Ab/ab	Ab	1/4 Ab/ab	Ab
দুটি জিন সম্পূর্ণভাবে অন্বিত থাকলে সৃষ্ট জাতকে জনিতৃ জিনোটাইপ ও ফিনোটাইপ থাকবে।		দুটি জিন আংশিকভাবে অন্বিত থাকলে জাতকে জনিতৃ জিনোটাইপ ও ফিনোটাইপ পুনর্যোজিত প্রকারের তুলনায় বেশি থাকবে		জিনগুলি অন্বিত না হলে উদ্ভূত জাতকে জনিতৃ ও পুনর্যোজিত জিনোটাইপ ও ফিনোটাইপের সংখ্যা সমান	

চিত্র 5.6 : পরখ-সংকরায়ণের মাধ্যমে অন্বয় শনাক্তকরণ। পরখ-সংকরায়ণজাত এক একটি অপত্যের সংখ্যা গণনা করে অন্বয় শনাক্তকরণ করা হয়। সম্পূর্ণ, আংশিক ও অন্বয়-বিহীন জিনোটাইপ অনুপাতের পার্থক্য লক্ষ্য করুন।

- **$F_1 \times F_1$ পরখ সংকরায়ণ দ্বারা ঃ** $F_1 \times F_1$ সংকরায়ণের মাধ্যমে আমরা কখনও কখনও অন্বয় শনাক্ত করতে পারি। আপনারা জানেন যে দুটি জিন স্বাধীনভাবে বিন্যস্ত হলে, $F_1 \times F_1$ দ্বিসংকরায়ণে উভয় জনিতা চার ভিন্ন প্রকার জননকোষ সৃষ্টি করে, সমপরিমাণে। তাদের মধ্যে অক্রম সমন্বয় 16 প্রকার জিনোটাইপ তৈরি করে, যা 9 : 3 : 3 : 1 মেন্ডেলীয় দ্বিসংকরজাত ফিনোটাইপগত অনুপাত রূপে খ্যাত।

পূর্বেই জেনেছেন যে জিন দুটি অন্বিত থাকলে পুনর্যোজিত জিনোটাইপ সম্বলিত জননকোষের তুলনায় জনিতৃ জিনোটাইপ সম্বলিত জননকোষ অধিকতর পরিমাণে তৈরি হবে। স্বাধীন বিন্যাসরত 9:3:3:1 অনুপাত থেকে জনিতৃ-ফিনোটাইপের সংখ্যাধিক্য রাশিবিজ্ঞানের মাপকাঠিতে তাৎপর্যপূর্ণ কিনা তা জানবার জন্য কাই-বর্গ পরীক্ষা প্রয়োগ করতে হবে।

5.6.2 অনুশীলনী

প্রশ্ন (a) 'সত্য' না 'মিথ্যা' বলুন ঃ

(i) একই ক্রোমোজোমে অবস্থিত জিনসমূহ মাত্রই লিঙ্কড (linked) বা অন্বিত।

(ii) একটি ক্রোমোজোমে দুটি জিন পরস্পরের খুব কাছে অবস্থান করলে তারা স্বাধীন বিন্যাস প্রদর্শন করে না।

(iii) অতিক্রমণ (crossing over) প্রক্রিয়ার দৃশ্যমান বহিঃপ্রকাশ হলো কায়সমাটা (chiasmata)।

(iv) পুনর্যোজকের হার (recombinant frequency) 50% থেকে উল্লেখযোগ্য ভাবে কম হলে বুঝতে হবে যে আলোচ্য জিনগুলি অন্বিত। পুনর্যোজকের 50% হার হলে সাধারণত বোঝায় যে জিনগুলি অন্বিত হয়।

(v) অতিক্রমণ প্রক্রিয়া দ্বারা অসমসংস্থ ক্রোমোজোমের অংশবিশেষ বিনিময় হয়।

প্রশ্ন (b) ড্রোসোফিলা'র অটোসোমের দুটি প্রচ্ছন্ন পরিব্যক্তি হলো কুঞ্চিত ডানা (curled wings, cu) ও কালো রঙের দেহ, (ebony, body, e) । নিচের সংকরায়ণ দুটি পরীক্ষা করে উত্তর দিন?

(I) জনিতা ♀$cu^+/cu+ \bullet e^+/e^+$ X $cu/cu\bullet e/e$ ♂

F_1 $cu/cu\bullet e/e$

পরখ সংকরায়ণ ♂$cu^+/cu+ \bullet e^+/e^+$ X $cu/cu\bullet e/e$ (♂ টেস্টার)

পরখ সংকরায়ণজাত অপত্য ঃ

1/2 $cu \bullet c^+$ (সোজা ডানা, ধূসর দেহ)

1/2 $cu \bullet e$ (কুঞ্চিত ডানা, কালো দেহ)

(i) স্ত্রী ও পুরুষ ড্রোসোফিলা জনিতার ফেনোটাইপগুলি কী?

(ii) F_1 জাতকের ফেনোটাইপ কী?

(iii) পরখ-সংকরায়ণজাত অপত্যের ফেনোটাইপগত অনুপাত, কী ইঙ্গিত করে?

(II) ♀জনিতা $cu^+/cu+ \bullet e^+/e^+$ X $cu/cu\bullet e/e$ ♂

$cu^+/cu\bullet e^+/e$

পরখ সংকরায়ণ $_{\cap}cu^+/cu+ \bullet e^+/e^+$ X $cu/cu\bullet e/e$ ♂ (টেস্টার)

পরখ সংকরায়ণজাত অপত্য ঃ

$cu^+ \bullet e^+$ (সোজা ডানা, ধূসর দেহ)—42%

$cu \bullet e$ (সোজা ডানা, কালো দেহ)—8%

$cu \bullet e^+$ (কুঞ্চিত ডানা, ধূসর দেহ)— 12%

$cu \bullet e$ (কুঞ্চিত ডানা, কালো দেহ)— 38%

পূর্বেকার পরীক্ষায় (I) একটি পুরুষ মাছি নির্বাচন করা হয়েছিল হেটেরোজাইগ্রাস F_1 জনিতা রূপে। এখানে (II) F_1 পরখসংকরায়ণে দেখবেন একটি স্ত্রী মাছি হেটেরোজাইগাস F_1 জনিতা রূপে ব্যবহার করা হচ্ছে। এবার লিখুন—

(iv) কয়প্রকার পরখ-সংকরায়ণজাত অপত্য এখানে পাচ্ছি?

(v) জনিতা ও পুনর্যোজক প্রকারের শতকরা হিসেব কত? এই প্রকার পরখ সংকরায়ণগত অপত্য কী ইঙ্গিত করে?

(vi) প্রথম (I) ও দ্বিতীয় (II) পরীক্ষায় পরখ-সংকরায়ণজাত ফিনোটাইপজাত শ্রেণির মধ্যে তারতম্য-র কারণ কী হতে পারে?

উত্তর ঃ (a) (i) ———; (ii) ———; (iii) ———; (iv) ——— ; (v) ———।

(b) (i) ———————————; (ii) ———————————;

(iii) ———————————————————————————

———————————————————————————

———————————————————————————

———————————————————————————

———————————————————————————

———————————————————————————;

(iv) ——————; (v) ———————————————

———————————————————————————

———————————————————————————

———————————————————————————

(vi) ———————————————————————————

———————————————————————————

———————————————————————————

———————————————————————————

5.7 অতিক্রমণ (Crossing Over)

আপনারা পূর্বেই জেনেছেন (দ্রঃ 5.4.1) যে পুনর্যোজিত গ্যামেট তৈরি হয় দুটি সমসংস্থ ক্রোমোজোমের মধ্যে অতিক্রমণ (Crossing over) নামে এক ভৌত প্রক্রিয়ার মাধ্যমে। প্রথম মায়োসিসের প্রফেজ দশায় যখন দুটি দ্বি-ক্রোমোটিডযুক্ত ক্রোমোজোম জোড় বাঁধে তখন দুটি (সাধারণত নন-সিস্টার) ক্রোমাটিডের অংশবিশেষের মধ্যে ভৌত বিনিময় সম্পন্ন হয়। মায়োসিস প্রক্রিয়া একক 13.10-এ বিস্তারিতভাবে আলোচিত হয়েছে।

দুটি সমসংস্থ ক্রোমোজোম একত্রিত হওয়ার অর্থ মোট চারটি ক্রোমাটিডের একত্রে ঘনসন্নিবেশ এবং এমন অবস্থায় তারা নিজেদের বাহু প্রসারিত করে আলিঙ্গনাবদ্ধ হয়ে থাকে। যা প্রথম মায়োটিক প্রোফেজের ডিপ্লটিন (diplotene) ও ডায়াকাইনেসিস (diakinesis) উপদশায় কায়াসমা (Chiasma) নামে এক বিশেষ গঠন সৃষ্টি করে । উল্লেখযোগ্য যে, চারটি ক্রোমাটিডের (tetrad বা চুতষ্টয়) মধ্যে কেবল দুটি, যে কোনও এক বিন্দুতে অতিক্রমণ ক্রিয়ায় লিপ্ত হয়। যার ফলে এই স্থানে চারটি ক্রোমাটিডের দুটি পুনর্যোজিত আর দুটি পূর্বাপর (অপুনর্যোজিত) রূপে রয়ে যায়। অর্থাৎ এক একটি অতিক্রমণ ক্রিয়া (চারটির মধ্যে) দুটি করে পুর্নযোজিত ক্রোমাটিড সৃষ্টি করে।

মায়োসিস-সৃষ্ট চারটি রেণুর পোষণে উৎপন্ন জীবের চরিত্র বিশ্লেষণ রেণুর অন্তস্থ কৌলিক চরিত্র নির্ধারণে বিশেষ সাহায্য করে। এটি অবশ্য কেবল হ্যাপ্লয়েড জীবেই সম্ভব। ঈষ্ট (yeast যথা-Saccharomyces cerevisiae) এমন এক হ্যাপ্লয়েড, এককোষী ছত্রাক। যার দুটি বিপরীত সঙ্গম প্রকার (mating type) "a" এবং "α" (আলফা) মিলিত হলে, সৃষ্ট ডিপ্লয়েড নিউক্লিয়াস অনতিবিলম্বে মায়োসিস দ্বারা চারটি-অ্যাসকোরেণু (ascospore) তৈরি করে। একটি অ্যাসকাস থেকে এক একটি অ্যাসকোরেণু (ascospore) কালচার পাত্রে পৃথক ভাবে লালন করলে উৎপন্ন ইষ্টের ফেনোটাইপ দেখব চার রকম, দুটি জনিতৃ সঙ্গাম প্রকার ও দুটি পুনর্যোজিত প্রকার। এমন ফল তখনই সম্ভব যদি একই বিন্দুতে কেবল দুটি ক্রোমাটিড অতিক্রমণে লিপ্ত হয়। চারটির মধ্যে দুটি পূনর্যোজিত ক্রোমাটিডের উপস্থিতি আরও প্রমাণ করে যে অতিক্রমণ হল ক্রোমোজোমের দ্বিতন (duplication) পরবর্ত্তী এক ঘটনা। অতিক্রমণ পূর্বে ঘটলে, দ্বিতন মাধ্যমে চারটিই পুনর্যোজিত ক্রোমাটিড তৈরি হতো। কিন্তু তা হয় না।

একটি বিন্দুতে কেবল দুটি ক্রোমাটিডের মধ্যে অতিক্রমণ হয় ঠিকই, কিন্তু অপর দুটি ক্রোমাটিডের মধ্যে অন্যত্র অতিক্রমণ হওয়ায় কোনও বাধা নেই। তাই কখনও দুটি, তিনটি, এমনকি চারটি অতিক্রমণ ক্রিয়া, একই চতুষ্টয়ের মধ্যে সম্পন্ন হতে পারে। তাদের বলি— দ্বয়ী (double), ত্রয়ী (triple), চতুর্মাত্রিক (quadruple) অতিক্রমণ। কিন্তু মনে রাখবেন যে, একই ক্রোমোজোমের (সিস্টার) ক্রোমাটিডের মধ্যে অতিক্রমণ মারফৎ জীন বিনিময় হলে কোনও মৌলিক পুনর্যোজন ঘটে না; কারণ সিস্টার ক্রোমাটিড দুটির কৌলিক বিন্যাস সম্পূর্ণ অভিন্ন হয়। (চিত্র 9.5.7)

চিত্র 5.7 : ক্রোমোজোম অংশের মধ্যে একাধিক বিনিময় ক্রিয়া, (a) থেকে (b), যা মায়োসিসের প্রোফেস-I দশায় সম্পন্ন হয়।

5.8 ক্রসিং ওভারের কোষসংস্থানগত প্রমাণের পরীক্ষা

সমসংস্থ ক্রোমোজোমদ্বয় দৈর্ঘ্যে সমান ও উভয়েরই সেন্ট্রোমিয়ারের অবস্থান একই স্থানে - এর ফলে অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে পরীক্ষা করলে এদের তফাৎ করা সম্ভব হয় না। অতএব ক্রসিং ওভার যে সমসংস্থ ক্রোমোজোমের অংশ বিনিময়ের মাধ্যমেই সম্পন্ন হয় তার কোষসংস্থানগত (cytological) প্রমাণ পেশ করা শক্ত হয়ে পড়ে। সুতরাং ক্রসিংওভারের কোষসংস্থানগত (cytological) প্রমাণ দেওয়ার জন্য সমসংস্থ ক্রোমোজোম জোড়ার যে কোন একটির দুটি প্রান্তকেই চিহ্নিত বা marked করতে হবে। ক্রেইটন ও ম্যাক্লিন্টক্ (Creighton and McClintock) কোষসংস্থানগত প্রমাণের জন্য

ভুট্টার ওপর পরীক্ষা নিরীক্ষা করেন। এঁরা ভুট্টার একটি জাতের সন্ধান পান যার নয় নং ক্রোমোজোমের (Chromosome No.9) এক প্রান্তে একটি গোলাকার হেটেরোক্রোমাটিনযুক্ত নব্ ও অন্যপ্রান্তে আট নং ক্রোমোজোমের (Chromosome No. 8) একটি স্থানান্তরিত অংশ বর্তমান।

নয় নং ক্রোমোজোমে অ্যালিউরোণ দানার বর্ণ ও শস্যের প্রকৃতি নির্ধারণকারী জিনদ্বয় অন্বিত বা linked থাকে (C= রঙীন, c= বর্ণহীন; Wx = স্টার্চি শস্য ও wx = মোমতুল্য বা waxy শস্য। ক্রেইটন বা ম্যাক্লিন্টক্ ভুট্টার একটি স্বাভাবিক জাতের সঙ্গে (যার নয় নং ক্রোমোজোম দুটি নব্‌বিহীন ও স্থানান্তরিত অংশবিহীন (knobless normal) অন্য একটি মিউট্যান্ট প্রজাতির (যার নয় নং ক্রোমোজোমটিতে হেটেরোক্রোমাটিন নব্ ও স্থানান্তরিত অংশ বর্তমান, (knobbed interchanged) সংকরায়ণ ঘটান। তার F_1 অপত্য জনুর ভুট্টা গাছের নয় নং সমসংস্থ ক্রোমোজোম দুটির মধ্যে একটির একপ্রান্তে নব্ ও অপর প্রান্তে স্থানান্তরিত অংশ বর্তমান কিন্তু এর জোড় ক্রোমোজোমটিতে এরূপ কোন মার্কার নেই। অস্বাভাবিক নয় নং ক্রোমোজোমটিতে Cwx জিন দুটি বর্তমান (C জিন নব্‌প্রান্তে ও wx জিন স্থানান্তরিত অংশের দিকে) স্বাভাবিক নং ক্রোমোজোমটিতে cWx জিন অবস্থিত। এ রূপ একটি ভুট্টা গাছের সঙ্গে (যার নয় নং ক্রোমোজোম দুটি গঠনগত বৈশিষ্ট্যের পরস্পর পরস্পরের থেকে পৃথক),

অপর একটি ভুট্টাগাছের সংকরায়ণ ঘটানো হয় যার নয় নং ক্রোমোজোম দুটি গঠনগত বৈশিষ্ট্যে একই ধরনের এবং যার একটি নয় নং ক্রোমোজোমে cWx অন্যটিতে cwx জিন সেট বিদ্যমান। যে নয় নং ক্রোমোজোমে c.wx জিন বিদ্যমান যদি শুধুমাত্র সেই ক্রোমোজোমটিকে বিবেচনা করা হয় তাহলে উপরিউক্ত সংকরায়ণটিকে পরখ সংকরায়ণ বা (test cross) বলা যেতে পারে (কারণ উক্ত নয় নং ক্রোমোজোমে দুটি জিনই প্রচ্ছন্ন) F_1 প্রজন্মের উদ্ভিদটির c ও wx লোকাসের মধ্যে ক্রসিংওভার ঘটে থাকলে উপরিউক্ত টেষ্ট ক্রসের মাধ্যমে নিম্নলিখিত জনিতৃ সদৃশ (parental type) ও পুনর্বিন্যস্ত শ্রেণির (recombinant type) উদ্ভিদ পাওয়া উচিৎ।

	ফিনোটাইপ	ক্রোমোজোম
জনিতৃ সদৃশ	বর্ণহীন, স্টার্চি	নব্‌বিহীন, স্বাভাবিক
(parental type)	রঙীন মোমতুল্য	নব্‌যুক্ত স্থানান্তরিত অংশযুক্ত
পুনর্বিন্যস্ত শ্রেণি	বর্ণহীন, মোমতুল্য	নব্‌বিহীন, স্থানান্তরিত অংশযুক্ত
(recombinant type)	রঙীন স্টার্চি	নব্‌যুক্ত স্বাভাবিক

টেস্ট ক্রসের মাধ্যমে উপরোক্ত চার ধরনের উদ্ভিদই পেতে সক্ষম হন ক্রেইটন ও ম্যাক্লিন্টক। যদি F_1 প্রজন্মের উদ্ভিদের গঠনগত বৈশিষ্ট্য আলাদা আলাদা নয় নং সমসংস্থ ক্রোমোজোমের (হেটেরোমরফিক বাইভ্যালেন্ট) (Heteromorphic bivalent) হেটেরোক্রোমাটিন নবযুক্ত প্রান্ত ও স্থানান্তরিত অংশযুক্ত প্রান্তদ্বয়ের মাঝখানে ভাঙন (break) ও অংশবিনিময়ের মাধ্যমে পুনর্বিন্যাসের দ্বারা ক্রসিং ওভার ঘটে থাকে তাহলে, পুনর্বিন্যস্ত শ্রেণি বা recombinant type বর্ণহীন, মোমতুল্য ফিনোটাইপ যুক্ত উদ্ভিদে একটি নয় নং ক্রোমোজোম নব্‌বিহীন ও স্থানান্তরিত অংশযুক্ত ও পুনর্বিন্যস্ত শ্রেণি রঙীন, স্টার্চিতে একটি নয় নং ক্রোমোজোম নবযুক্ত, স্বাভাবিক পাওয়া উচিৎ।

অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে পরীক্ষার পর পুনর্বিন্যস্ত শ্রেণিদ্বয়ের উপরিউক্ত দুধরনের নয় নং ক্রোমোজোমের অস্তিত্ব দৃশ্যমান হয়। কাজেই কোষসংস্থানগত পরীক্ষাদ্বারা প্রমাণ করা সম্ভব হল যে দুই বা ততোধিক লিঙ্কড বা অন্বিত জিনের পুনর্বিন্যাস তখনই ঘটে, যখন দুটি সমসংস্থ ক্রোমোজোমের অংশ বিশেষের বিনিময় ঘটে।

5.9 সারাংশ

যে কোনো জীবে ক্রোমোজোম সংখ্যার থেকে জিনের সংখ্যা অনেকগুণ বেশি। ফলে একই ক্রোমোজোমে একাধিক জিন থাকে। একই ক্রোমোজোমে অবস্থানরত জিনসমূহকে আমরা সিনটেনিক জিন (syntenic genes) বলি। খুব দূরে, একই ক্রোমোজোমে, থাকলে দুটি জিনের মধ্যে স্বাধীন পুনর্বিন্যাস হতে কোনো বাধা নেই ; মনে হবে তারা পৃথক ক্রোমোজোমে অবস্থান করছে। আবার কাছাকাছি থাকলে স্বাধীনভাবে তারা পুনর্বিন্যস্ত হতে পারে না; তখন বলি জিনগুলি অন্বিত বা লিঙ্কড (linked)। অতএব, অন্বিত জিন মাত্রই সিনটেনিক, কিন্তু সকল সিনটেনিক জিন অন্বিত নয়।

দ্বি-সংকরায়ণ টেস্ট-ক্রস অপত্যের ফিনোটাইপগত অনুপাত 1:1:1:1 থেকে বিচ্যুত হয়ে জনিতৃ সদৃশ ফিনোটাইপ শ্রেণির আপেক্ষিক বৃদ্ধি জিন অন্বয় ইঙ্গিত করে। দুই বা ততোধিক জিন অ্যালিলদের একই সমন্বয়ে এক জনু থেকে পরের অপত্য জনুতে প্রেরিত হওয়ার প্রবণতাকে লিঙ্কেজ (linkage) বা অন্বয় বলা হয়। পরখ সংকরায়ণে পুনর্যোজক ফিনোটাইপগত শ্রেণি না থাকলে অন্বয় পুরোমাত্রার বা সম্পূর্ণ (complete linkage), পঞ্চাশ শতাংশের কম হলে অন্বয় অসম্পূর্ণ (incomplete/partial linkage) এবং পঞ্চাশ শতাংশ হলে অন্বয় অনুপস্থিত (no linkage) সাধারণত জিন পুনর্যোজিত হয় মায়োসিস দশায় যখন সমসংস্থ ক্রোমোজোমের মধ্যে অতিক্রমণ (crossing over) হয় যা কায়াসমাটা (chiasmata) নামক ক্রশ আকারের গঠনরূপে ডিপ্লনেমা ও ডায়াকাইনেসিস উপদশায় দেখা যায়। চারটি ক্রোমাটিডের (tetrad বা চতুষ্টয়) যে কোনো দুটি, একটি বিন্দুতে অতিক্রমণ ক্রিয়ায় লিপ্ত হয়।

জননমাতৃকোষে সমসংস্থ ক্রোমোজোমে দুটি জিনের অ্যালিল সম্ভাব্য-দুটি অবস্থায় থাকতে পারে। একটি সমসংস্থা জোড়ে দুই বা তার অধিক অ্যালিল কেবল প্রকট বা প্রচ্ছন্ন রূপে থাকলে এটি সংযোজন দশা (coupling phase) বা অবস্থা বলে। একই সমসংস্থে একটি প্রকট ও একটি প্রচ্ছন্ন অ্যালিল অবস্থান করলে তাকে বিকর্ষণ দশা (repulsion phase) বা trans অবস্থা বলে।

ক্রোমোজোমে অন্বিত জিনের উপস্থিতি শনাক্ত করবার অন্যতম দুটি সনাতন পদ্ধতি হলো F_1 পরখ সংকরায়ণ (F_1 test cross) এবং $F_1 \times F_1$ সংকরায়ণ।

অতিক্রমণ দ্বারা যে সমসংস্থ ক্রোমোজোমের অংশের ভৌত বিনিময় সম্পন্ন হয় তার পরীক্ষামূলক

প্রমান হাজির করেন 1931 সালে প্রথমে ক্রেইটন ও ম্যাক্লিন্টক (ভুট্টা গাছে), পরে স্টার্ন (ড্রোসোফিলায়)। আজ এটি প্রতিষ্ঠিত সত্য।

5.10 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

(a) নিম্নোক্ত দুটি জীবের জিনোটাইপ দেখে তাদের বিন্যাস ক্রোমোজোমের ওপর দেখান (পর্যায়ক্রম অপরিবর্তিত রেখে)

(i) ড্রোসোফিলা : yw/os; $p^{p/bx}$pbx

(ii) ভুট্টা : A D rg/a d Rg; y sh C/y Sh c

(b) শুধু প্রজননকারী কালো দেহ বিশিষ্ট drosophila যার চোখ সিনাবার (Cinnabar) প্রকৃতির (cn) ক্রস করা হলো বন্য প্রকৃতি (wild type) মাছির সঙ্গে (ধূসর দেহ, লাল চোখ) এবং উৎপন্ন F_1 স্ত্রী মাছি নিয়ে পরখ সংকরায়ণ করানো হলো b cn/b cn মাছির সঙ্গে। অপত্যের ফিনোটাইপ দেখে কি মনে হয় জিনগুলি অন্বিত? কেন?

F_2 ফিনোটাইপ	সংখ্যা
কালো, সিনাবার	455
কালো, লাল	45
ধূসর, সিনাবার	45
ধূসর, লাল	455
মোট	1000

(c) W লোকাস এবং Z লোকাস দুটি এতো দৃঢ়ভাবে অন্বিত, যে তাদের মধ্যে কোনও পুনর্যোজন দেখা যায় না। যদি Wz/Wz এবং wZ/wZ সংকরায়ণজাত F_1 জাতক নিয়ে তাদের নিজেদের মধ্যে আন্তর্সংকরায়ণ করানো হয়, তাহলে F_2 জনুতে কোন্ ফিনোটাইপ দেখব এবং কী অনুপাতে?

(d) এক জাতের R.S জিনোটাইপবিশিষ্ট Neurospora নিয়ে ক্রস করানো হলো r.s জিনোটাইপ বিশিষ্ট অপর এক জাতের সঙ্গে, অর্ধেক অপত্য দেখা গেল R.S এবং বাকি r,s অর্ধেক। এমন ফল কী করে সম্ভব, তা বুঝিয়ে বলুন।

5.11 উত্তরমালা

অনুশীলনী 5.6.2

উত্তর (a) (i) মিথ্যা; (ii) সত্য; (iii) সত্য; (iv) সত্য; (v) মিথ্যা

(b) (i) স্ত্রী ঃ সোজা ডানা, ধূসর দেহ; পুরুষ ঃ কুঞ্চিত ডানা, কালো (এবোনি) দেহ।

(ii) সোজা ডানা, ধূসর দেহ।

(iii) চার প্রকার ফিনোটাইপগত শ্রেণির অনুপস্থিতি ইঙ্গিত করে যে জিনদুটির অ্যালিলের মধ্যে স্বাধীন পুনর্বন্টন হচ্ছে না। বরং, জনিতার প্রকট এবং প্রচ্ছন্ন অ্যালিলগুলি অবিচ্ছিন্ন বা অন্বিত (লিঙ্কড) অবস্থায় F_1 পুরুষ জাতকে (জননকোষে) পৃথকীকৃত হচ্ছে। অর্থাৎ ডানার প্রকৃতি ও দেহ-বর্ণের জিন মাছির একই ক্রোমোজোমে অবস্থিত। এমন অবস্থাতেই কেবল জনিতৃ সমন্বয় সমপরিমাণে দেখা যায় পরখ-সংকরায়ণগত অপত্যের মধ্যে।

(iv) চারপ্রকার

(v) জনিতৃ প্রকার ৪০%; পুনর্যোজিত প্রকার ২০%। চার প্রকার ফিনোটাইপগত শ্রেণি, অতএব সম্পূর্ণ অন্বয় হতে পারে না। চারটি শ্রেণির পরিমাণ এক নয়, ফলে জিন দুটির মধ্যে স্বাধীন বিন্যাস হচ্ছে না। জনিতৃ প্রকার, পুনর্যোজিত প্রকারের চাইতে অনেকগুণ বেশি, যা স্বাভাবিক কারণেই অসম্পূর্ণ বা আংশিক অন্বয় ইঙ্গিত করে।

(vi) প্রথম (I) পরীক্ষায় হেটেরোজাইগাস F_1 জাতকটি ছিল পুরুষ এবং দ্বিতীয় (II) পরীক্ষায় স্ত্রী ড্রোসোফিলা। পুরুষ ড্রোসোফিলায় ক্রোমোজোমের অংশের অতিক্রমণ হয় না। তাই পিতৃক ও মাতৃক সমসংস্থ অপরিবর্তিতরূপে জননকোষে প্রবেশ করে, অন্বিত-অ্যালিল সমেত। ফলে, কেবল দুই ধরনের মাছি দেখতে পাই অপত্যের মধ্যে।

দ্বিতীয় (II) পরীক্ষায় হেটেরোজাইগাস F_1 জাতকটি স্ত্রীমাছি। এটির ক্রোমোজোমের মধ্যে জিন বিনিময় সম্পন্ন হয় অতিক্রমণ দ্বারা। ফলে চার রকম পরখ সংকরায়ণগত অপত্য দেখতে পাই। মায়োসিসকালে গঠিত দ্বিযোজী এর (bivalent) মধ্যে যে কোনও স্থানে অতিক্রমণ ঘটতে পারে। তাই কয়েকটি কোষে জিন দুটির মধ্যে অতিক্রমণ হয়, কয়েকটি কোষে হয় না। যার ফলে পরখ-সংকরায়ণগত অপত্যে, পুনর্যোজিত শ্রেণি অর্ধেকের কম হয় (এখানে কেবল, ২০শতাংশ।)

উত্তর (a) (i) $\underline{v\ w\ +}$ $\underline{P^p\ +\ +}$

$\underline{+\ +\ os}$ $\underline{+\ bx\ Pbx}$

(ii) AD rg v sh C

a d Rg Y Sh c

(b) হ্যাঁ। জিনগুলি অন্বিত। কারণ, জনিতৃপ্রকার (কালো, সিনাবার এবং ধূসর, লাল) ফিলোটাইপগুলি পুনর্যোজক প্রকারের তুলনায় সংখ্যায় অনেক বেশি।

(c) P : Wz/Wz x wZ/wZ

F_1 : Wz/wZ

F_2 : 1 Wz/Wz

2 wZ/wZ

1 wZ/wZ

(d) উদ্ভূত অপত্যের মধ্যে কেবল জনিতৃ প্রকার (parental type) দেখা যাচ্ছে। এমন ফল তখনই হয় যদি জিন দুটি পরস্পরের খুবই নিকটে অবস্থান করে। যার দরুন পুনর্যোজন খুবই বিরল ঘটনা হয়ে দাঁড়ায়।

একক 6 ❑ লিংকেজ ম্যাপ (Linkage Map) গঠন

6.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

6.2 ক্রম অনুযায়ী ক্রোমোজোমে অন্বিত জিনের অবস্থান নির্ণয়

6.3 ব্যতিচার ও সমাপতন (Interference and Coincidence)

6.4 লিঙ্কেজ ম্যাপ নির্ণয়ের আরও একটি উদাহরণ

6.5 লিঙ্কেজ গ্রুপ (Linkage Group)

6.6 প্রশ্নাবলি

6.7 উত্তরমালা

6.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

প্রস্তাবনা ঃ

লিংকেজ পরীক্ষা থেকে প্রাপ্ত recombination বা ক্রসিংওভারের হার থেকে কোন একটি নির্দিষ্ট ক্রোমোজোমে জিনের অবস্থান ও অন্বিত বা লিংকড জিনগুলির মধ্যে দুরত্ব নির্ণয় করা সম্ভব। এইভাবে লিংকড জিনগুলির মধ্যে ক্রসিংওভারের হারের ওপর ভিত্তি করে কোন নির্দিষ্ট ক্রোমোজোমে জিনের স্থান নির্ণয় করার পদ্ধতিকে লিংকেজ ম্যাপ বা ক্রোমোজোমের জিন সংক্রান্ত মানচিত্র (Genetic map of chromosome) বলে। মরগ্যান প্রমাণ করেন একজোড়া জিনের মধ্যে ক্রসিংওভার বা পুনর্বিন্যাসের পরিমাণ দুটি সংলগ্ন লিংকড জিনের মধ্যে দুরত্বকে নির্দেশিত করে। উনি আরও বলেন যে দুটি জিনের মধ্যে দূরত্ব যত বেশী হবে, তাদের মধ্যে ক্রসিংওভারের মাত্রাও তত বৃদ্ধি পাবে। অর্থাৎ জিনগুলি যে ক্রোমোজোমে অন্বিত বা লিংকড রয়েছে তাতে যত কাছাকাছি অবস্থান করবে, তাদের মধ্যে লিঙ্কেজের মাত্রা তত দৃঢ় হবে। 1% ক্রসিংওভারের হারকে ক্রোমোজোম মানচিত্র গঠনের সময় এক ম্যাপ একক (one map unit) ধরা হয়ে থাকে-অর্থাৎ A ও B দুটি লিংকড জিনের মধ্যে 3% ক্রসিংওভার সংঘটিত হয়ে থাকলে A ও B জিনদুটি ক্রোমোজোমে 3 একক দূরত্বে অবস্থান করবে। Morgan এর নামানুসারে ম্যাপ এককটিকে সেন্টিমর্গান (Centimogran, CM) বলে। ধরা যাক, একটি ক্রোমোজোমে তিনটি

লিংকড জিন আছে, A, B ও C। A ও C জিনের মধ্যে যদি 8% (আট শতাংশ) ক্রসিংওভার সংঘটিত হয়ে থাকে এবং B ও C জিনের মধ্যে 14% (চোদ্দ শতাংশ) ক্রসিংওভার ঘটে, তাহলে B ও C জিনের মধ্যে দূরত্ব হবে 14 ম্যাপ একক। সেক্ষেত্রে ক্রোমোজোমটির B ও C'র মধ্যে A জিনটি অবস্থিত হবে।

কিন্তু যদি B ও C এর মধ্যে ক্রসিংওভারের হার হয় 3% (তিনশতাংশ) এবং A ও C এর মধ্যে ক্রসিংওভারের হার 8% হলে, A ও C এর মধ্যে B অবস্থান করবে।

জ্যামিতিতে তিনটি বিন্দু A,B ও C যদি একই সরলরেখায় থাকে, তাহলে A ও B এর মধ্যেকার দূরত্ব যদি হয় AB এবং B ও C এর দূরত্ব হয় BC, তাহলে AB ও BC যোগ করে যদি A ও C এর পারস্পরিক দূরত্ব নির্ধারণ করা যায়. তাহলে বলা যায় যে A,B ও C পর পর অবস্থান করবে., কিন্তু যদি AB -র দূরত্ব থেকে BC'র দূরত্বকে বিয়োগ করে AC-র দূরত্ব পাই তাহলে ঐ সরলরেখায় A, C ও B এইভাবে অবস্থান করবে।

$$AB + BC = AC \ [ABC]$$

$$AB - BC = AC \ [ACB]$$

উদ্দেশ্য ঃ

এই অধ্যায়টি পাঠ করার পর আপনি—

- পুনর্যোজন হার (recombination frequency) গণনার মাধ্যমে কিভাবে অন্বয় মানচিত্র বা লিংকেজ ম্যাপ নির্ণয় করা যায়, তা ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- তিন জিন বিন্দু বিশিষ্ট টেষ্ট ক্রসের (three point test cross) ফলাফল বিশ্লেষণ করার জন্য যে পদ্ধতি গুলি অনুসরণ করা প্রয়োজন তা বুঝতে পারবেন।
- ব্যতিচার (interference) ও সমাপতন (Coincidence) কি তা ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- লিংকেজ গ্রুপ (Linkage group) কি তা ব্যাখ্যা করতে সক্ষম হবেন।

6.2 ক্রম অনুযায়ী ক্রোমোজোমে অন্বিত জিনের অবস্থান নির্ণয়

রিকম্বিনেশন বা পুনর্যোজনার হার, অন্বিত জিনগুলির মধ্যে দূরত্বের সঙ্গে সমানুপাতিক (directly Porportional) হওয়ায় পুনর্যোজনের হার বিশ্লেষণ করে লিংকেজ ম্যাপ বা জেনেটিক ম্যাপ তৈরি করা সম্ভব। তিন জিনবিন্দু পরখ সংকরায়ণে (three point test cross) প্রাপ্ত উপাত্তগুলিকে বিশ্লেষণের মাধ্যমে আমরা ঐ তিনটি অন্বিত জিনের মধ্যে তার আপেক্ষিক দূরত্ব ও সজ্জা নির্ধারণ করতে পারি।

নিম্নে প্রদত্ত একটি উদাহরণের সাহায্যে জেনেটিক মানচিত্র নির্ণয়ের পদ্ধতিটি বিস্তারিত ভাবে আলোচনা করা হল—

Zea mays বা ভুট্টার Y জিনের জন্য সবুজ উদ্ভিদ এবং y জিনের জন্য হলুদ বর্ণ উদ্ভিদ পাওয়া যায়। অনুরূপভাবে পরিপূর্ণ সস্যের জন্য দায়ী Sh জিন কুঞ্চিত (sh) জিনের উপর প্রভাব বিস্তার করে অর্থাৎ ডমিন্যান্ট এবং বর্ণযুক্ত বীজ (C বর্ণহীন, বীজের উপর (c) ডমিন্যান্ট। একটি হেটেরোজাইগাস $\frac{YCsh}{ycsh}$ ভুট্টার সঙ্গে একটি রিসেসিভ $\frac{ycsh}{ycsh}$ ভুট্টাগাছের সংকরায়ণ ঘটানো হল (এটি একটি পরখ সংকরায়ণ বা test cross)। যদি এই তিনটি জিন একই ক্রোমোজোমে অবস্থান না করে বা লিংকড না থাকে তাহলে মেন্ডেলের স্বাধীন বিন্যাসের সূত্র অনুযায়ী মোট আট ($2^3 = 8$) ধরনের টেষ্ট ক্রস জনুর উদ্ভিদ (অপত্য) একই অনুপাতে পাওয়া উচিত। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে এই সংকরায়ণের ফলে প্রাপ্ত টেষ্ট ক্রস জনুতে অপত্য উদ্ভিদের প্রকৃতি নিম্নপ্রকার,

1. সবুজ উদ্ভিদ, বর্ণযুক্ত বীজ ও পরিপূর্ণ সস্য (Y C Sh)	—	365	750
2. হলুদ উদ্ভিদ, বর্ণহীন বীজ ও কুঞ্চিত সস্য (y c sh)	—	385	
3. সবুজ উদ্ভিদ, বর্ণযুক্ত বীজ ও কুঞ্চিত সস্য (Y C sh)	—	98	195
4. হলুদ উদ্ভিদ, বর্ণহীন বীজ ও পরিপূর্ণ সস্য (yc Sh)	—	97	
5. হলুদ উদ্ভিদ, বর্ণযুক্ত বীজ ও পরিপূর্ণ সস্য (y C Sh)	—	24	49
6. সবুজ উদ্ভিদ, বর্ণহীন বীজ ও কুঞ্চিত সস্য (Y c sh)	—	25	
7. সবুজ উদ্ভিদ, বর্ণহীন বীজ ও পরিপূর্ণ সস্য (Y c Sh)	—	4	
8. হলুদ উদ্ভিদ, বর্ণযুক্ত বীজ ও কুঞ্চিত সস্য (y C sh)	—	2	
		1000	

প্রথম ও দ্বিতীয় শ্রেণিভুক্ত উদ্ভিদগুলি মাতা বা পিতার অনুরূপ, সুতরাং এগুলি হল ক্রসওভারবিহীন শ্রেণির বা parental type

এখন আমরা তিনটি জিনের মধ্যে পুনর্যোজন বা recombination এর হার নির্ণয় করব। হলুদ ও বর্ণহীন জিনদুটি (y ও c) ও তাদের প্রকট (dominant) অ্যালিলদ্বয় (Y ও C যথাক্রমে সবুজ ও বর্ণযুক্ত হওয়ার জন্য দায়ী জিনদ্বয়) পরখ সংকরায়ণের সময় ভিন্ন জনিতৃ (Parent) থেকে এসেছে এবং টেষ্ট ক্রস অপত্য জনুতে ভিন্ন ভাবে আছে এরকম উদ্ভিদের মোট সংখ্যা হল—365 + 385 + 98 + 97 = 945, সুতরাং মোট প্রাপ্ত একহাজারটি উদ্ভিদের মধ্যে 945 টি উদ্ভিদ হল Y ও C জিনের

জন্য জনিতৃ সদৃশ বা parental type। কিন্তু 24টি অপত্য জনুতে y ও C জিন এবং 25টি অপত্য জনুতে Y ও c জিন একসাথে রয়েছে সুতরাং, 24 + 25 = 49টি উদ্ভিদ Y ও C জিনদ্বয়ের মধ্যে ক্রসিংওভারের ফলে সৃষ্টি হয়েছে, অর্থাৎ এই 49টি উদ্ভিদে parental combination পাওয়া যায় না। Y ও C জিনদ্বয়ের মধ্যে পুনর্যোজন হার, $\frac{49}{1000} \times 100 = 4 \cdot 9\%$

অনুরূপভাবে C ও Sh জিনদুটি ও তাদের প্রচ্ছন্ন অ্যালিলদ্বয় (c ও sh) দুটি ভিন্ন জনিতৃ থেকে এসেছে ও ভিন্ন অপত্য জনুতে রয়েছে এমন উদ্ভিদের সংখ্যা হল, 365+385+24+25=799টি উদ্ভিদ, অর্থাৎ ঐ 799টি উদ্ভিদে C ও Sh এর জনিতৃ সদৃশ বা parental combination দেখা যায়। কিন্তু 98 টি উদ্ভিদে C ও sh এবং 97টি উদ্ভিদে c ও Sh জিনদ্বয় একসাথে রয়েছে। অতএব, 98+97 = 195টি উদ্ভিদ C ও Sh জিনের মধ্যে ক্রসিংওভারের ফলে সৃষ্টি হয়েছে এবং উক্ত জিনদ্বয়ের মধ্যে পুনর্যোজন হার $\frac{195}{1000} \times 100 = 19 \cdot 5\%$

অনুরূপভাবে Y ও Sh জিনদ্বয় ভিন্ন জনিতৃ থেকে এসেছে এবং একই ভাবে বিদ্যমান রয়েছে এমন উদ্ভিদের সংখ্যা হল 365+385+4+2 = 756টি উদ্ভিদে কিন্তু 98+97+24+25 = 244টি অপত্য উদ্ভিদে Y ও Sh একই সঙ্গে বিদ্যমান নেই (অর্থাৎ Y থাকলে sh বা y থাকলে Sh রয়েছে)। সুতরাং Y ও Sh জিনদুটির মধ্যে পুনর্যোজনার হার $\frac{244}{1000} \times 100 = 24 \cdot 4\%$

সুতরাং Y,C এবং Sh এই তিনটি জিনের মধ্যে পুনর্যোজনের হার হ'ল—

Y–C = 4.9%

C–Sh = 19.5%

Y–Sh = 24.4%

মরগ্যানের মতে একজোড়া লিংকড জিনের মধ্যে ক্রসিংওভার সংঘটিত হয়ে পুনর্যোজনের হার দুটি জিনের মধ্যবর্তী দূরত্বকে নির্দেশ করে। উপরোক্ত পুনর্যোজনের সারণী থেকে আমরা দেখতে পাচ্ছি যে Y-Sh এর মধ্যে দূরত্ব (24.4), Y-C (4.9) ও C-Sh (19.5) এর মধ্যের দূরত্বের যোগফলের সমান) 4.9 + 19.5 = 24.4), সুতরাং ক্রোমোজোমের যে অংশে এই তিনটি জিন বিদ্যমান তার জেনেটিক ম্যাপ আমরা গঠন করতে সক্ষম এবং সেটি হল—

যেহেতু এক্ষেত্রে, Y-C এর দূরত্ব ও C-Sh এর দূরত্ব যোগ করে Y-Sh এর মধ্যের দূরত্ব পাওয়া যাচ্ছে, সেহেতু Y ও Sh এর মধ্যে C এর অবস্থান সূচিত হয়।

আবার সপ্তম ও অষ্টম শ্রেণিভুক্ত টেস্ট ক্রসঅপত্য জনুর উদ্ভিদগুলি পর্যালোচনা করলে আমরা বুঝতে পারি যে, ঐ উদ্ভিদগুলি ডাবল ক্রসিংওভারের ফলে সৃষ্টি হয়েছে। এই রকম উদ্ভিদের সংখ্যা হল 6 অর্থাৎ $\frac{6}{1000} \times 100 = 0 \cdot 6\%$ । সেইজন্য জেনেটিক ম্যাপে জিনগুলির মধ্যে দূরত্বের হিসাবের সময় জিনগুলির মধ্যে ক্রসিংওভারের হারের সঙ্গে ডাবল ক্রসিংওভারের হার যোগ করলে তবেই জিনগুলির মধ্যে প্রকৃত দূরত্ব পাওয়া সম্ভব; Y ও C জিনের মধ্যে প্রকৃত দূরত্ব 4.9+0.6 = 5.5 ও C ও Sh এর মধ্যে প্রকৃত দূরত্ব 19.5 + 0.6 = 20.1 এবং Y ও Sh এর মধ্যেকার প্রকৃত দূরত্ব হবে 5.5+20.1+2(0.6) = 26.8।

6.3 ব্যতিচার (Interference) ও সমাপতন (Coincidence)

পরিলক্ষিত ডাবল ক্রসিংওভারের দ্বারা সৃষ্ট উদ্ভিদের সংখ্যা প্রায় সবসময়ই কাঙ্খিত বা প্রত্যাশিত সংখ্যার থেকে কম হয়, কেননা ক্রোমোজোমের কোন একটি অংশের ক্রসিংওভার তার সংলগ্ন অংশের ক্রসিংওভার হওয়াকে বাধা দেয়। এই বাধা দেওয়ার ঘটনাকে ব্যতিচার বা Interference বলে। ব্যতিচারের মান ক্রোমোজোমের বিভিন্ন অংশে বিভিন্ন রকমের হয়ে থাকে। যদি একটিও ডাবল ক্রসওভার জনুর উদ্ভিদ না পাওয়া যায় তাহলে ব্যতিচারের মাত্রা হবে 100% আর যদি প্রত্যাশিত ও প্রকৃতপক্ষে প্রাপ্ত ডাবল ক্রসওভার উদ্ভিদের সংখ্যা একই হয় তাহলে ব্যতিচারর মান হবে 0%।

জেনেটিক ম্যাপ নির্ণয় করার জন্য আমরা যে উদাহরণটিকে নিয়ে আলোচনা করেছি, সেখানে Y ও C জিনের মধ্যে একক ক্রসিংওভারের মাত্রা 4.9% ও C ও Sh এর মধ্যে মাত্রা 19.5%। Probabilityর multiplication theorem অনুযায়ী যদি ক্রোমোজোমের Y ও C অংশের মধ্যে ক্রসিংওভার ও ঐক্রোমোজোমেরই C ও Sh অংশের মধ্যে ক্রসিংওভার স্বাধীনভাবে ঘটে থাকে (অর্থাৎ একে অপরকে প্রভাবিত না করে) তাহলে ডাবল ক্রসিংওভারের প্রত্যাশিত হার হবে ঐ দুটি অংশের একক ক্রসিংওভারের হারের গুণফল,

$P_{DC} = P_A \times P_B$ [A = Y ও C'র মধ্যে একক ক্রসিংওভারের হার,

B = C ও Sh'র মধ্যে একক ক্রসিংওভারের হার]

অর্থাৎ স্বতন্ত্রতার ভিত্তিতে ডাবল ক্রসিংওভারের মাত্রা হবে, (4.9%) এর (19.5%) অর্থাৎ, $\frac{4.9}{100} x \frac{19.5}{100} = 0096$

কিন্তু পর্যবেক্ষিত ডাবল ক্রসিংওভারের হার হল $\frac{6}{100}$ =.006। পর্যবেক্ষিত ও প্রত্যাশিত হারের এই

পার্থক্য ব্যতিচারের জন্যই হয়। ব্যতিচারের মাত্রা (degree of interference) সমাপতন (coincidence) দ্বারা নির্ণয় করা হয়ে থাকে। পরিলক্ষিত ডাবল ক্রসিংওভারের হার এবং প্রত্যাশিত ডাবল ক্রসিংওভারের হারের অনুপাতের

$$\text{সমাপতনাঙ্ক} = \frac{\text{পরিলক্ষিত ক্রসিংওভারের হার}}{\text{প্রত্যাশিত ক্রসিংওভারের হার}}$$

$$= \frac{.006}{.0096} = 0.625$$

এক থেকে সমাপতনাঙ্কের মান বাদ দিলে ব্যতিচারের মান পাওয়া যাবে, এক্ষেত্রে ব্যতিচারের মান, (1-0.625) = 0.375, অর্থাৎ ব্যতিচারের পরিমাপ হল 37.5%

যদি সমাপতানাঙ্কের মান বাদ দিলে ব্যতিচারের মান হল (1-0) = 1। অর্থাৎ 100% ব্যতিচার উপস্থিত, এবং যদি সমাপতনাঙ্কের মান হয় 1, সেক্ষেত্রে ব্যতিচারের মান হবে (1-1) = 0 অর্থাৎ ব্যতিচার নেই।

6.4 লিঙ্কেজ ম্যাপ নির্ণয়ের আরও একটি উদাহরণ

আরও একটি উদাহরণের সাহয্যে তিনবিন্দু টেষ্ট ক্রস প্রাপ্ত টেষ্ট ক্রস জনুর উদ্ভিদের সংখ্যা পর্যালোচনা করে লিংকেজ ম্যাপ নির্ণয় পদ্ধতি আলোচনা করা যাক।

একটি উদ্ভিদের তিনটি লিঙ্কড-জিন লোসাই (loci) হলো ফলের বেগুনি রং (purple coloured fruit, p) কিংবা হলুদ রঙের ফল (Yellow coloured fruit, p^+) ; গোলাকৃতি ফল (round shaped ruit, r) কিংবা লম্বাকৃতি ফল (elongated fruit, r^+) এবং রসালো ফল (juicy fruit, j) কিংবা শুষ্ক ফল (dry fruit, j^+)।

এই তিনটি জিনের জন্যই হেটেরোজাইগাস অর্থাৎ triple heterozygote ($p^+r^+j^+/prj$) এরূপ একটি উদ্ভিদের সঙ্গে একটি ট্রিপল হোমোজাইগাস রিসেসিভ উদ্ভিদের (prj/prj) সংকরায়ণ ঘটানো হল।

উপরোক্ত সংকরায়াণের ফলে উদ্ভূত টেষ্ট এবং জনুর উদ্ভিদসমূহের শ্রেণি, ফিনোটাইপ, সংখ্যা ও জিনোটাইপ হ'ল নিম্নরূপ ঃ—

শ্রেণি ফিনোটাইপ	জিনোটাইপ		সংখ্যা	
1. হলুদ, লম্বাকৃতি, শুষ্ক	$p^+ r^+ j^+$	—	179	Parental type
2. বেগুনি, গোলাকার, রসালো	p r j	—	173	
3. হলুদ, গোলাকার রসালো	$p^+ r j$	—	46	Recombinant type
4. বেগুনি, লম্বাকৃতি শুষ্ক	$p r^+ j^+$	—	52	
5. হলুদ, গোলাকার শুষ্ক	$p^+ r j^+$	—	22	
6. বেগুনি, লম্বাকৃতি, রসালো	$p r^+ j$	—	22	
7. হলুদ, লম্বাকৃতি, রসালো	$p^+ r^+ j$	—	4	
8. বেগুনি, গোলাকার শুষ্ক	$p r j^+$	—	2	
		মোট	500	

প্রথম শ্রেণিভুক্ত উদ্ভিদগুলি $p^+r^+j^+$ জননকোষের সঙ্গে ট্রিপল হোমোজাইগাস রিসেসিভ জনিতৃর p r j জননকোষের মিলনের ফলে সৃষ্টি হয়েছে এবং দ্বিতীয় শ্রেণিভুক্ত উদ্ভিদগুলি হেটেরোজাইগাস জনিতৃর p r j জননকোষের সঙ্গে ট্রিপল হোমোজাইগাস রিসেসিভ জনিতৃর p r j জননকোষের সঙ্গে মিলনের ফলে সৃষ্টি হয়েছে। সুতরাং 1 ও 2 নং শ্রেণিভুক্ত উদ্ভিদগুলি হল জনিতৃসদৃশ বা parental type বা noncrossover type.

ট্রিপল হেটেরোজাইগোট জনিতৃর $\left(\frac{p^+ \quad r^+ \quad j^+}{p \quad r \quad j}\right)$ p, r ও j এই তিনটি জিনের মধ্যে ক্রসিংওভারের ফলে সৃষ্টি হয়েছে 3নং থেকে 8 নং শ্রেণিভুক্ত উদ্ভিদগুলির। এ প্রসঙ্গে বলে রাখা ভালো যে কয়টি টেষ্ট ক্রস জনুর উদ্ভিদের প্রাপ্ত সংখ্যা সবচেয়ে কম (অর্থাৎ এক্ষেত্রে 7 নং ও 8 নং শ্রেণিভুক্ত উদ্ভিদ যাদের প্রাপ্ত সংখ্যা যথাক্রমে 4 এবং 2) তারা p, r, ও j এর মধ্যে ডাবল 'ক্রসিংওভারের ফলে $\begin{matrix} p^+ & r^+ & j^+ \\ \times & \times & \\ p & r & j \end{matrix}$ সৃষ্টি হয়েছে।

এখন পুনর্যোজন হার বা recombination frequency বার করে জিনগুলির মধ্যে দূরত্ব নির্ণয় করা যাক।

p-j র মধ্যে দূরত্ব বার করতে গেলে p থেকে j র মধ্যে অর্থাৎ region I -এর যতগুলি ক্রসিংওভার হয়েছে তার সবগুলির হিসাবই রাখতে হবে। 3 নং ও 4 নং শ্রেণিভুক্ত উইদ্ভদগুলি p ও j-র মধ্যে একক ক্রসিংওভারের ফলে সৃষ্টি হয়েছে। দ্বিক্রসিংওভার (double crossing over) জাত 7 ও 8 নং শ্রেণিভুক্ত

উদ্ভিদগুলিতেও p ও j র মধ্যে ক্রসিংওভার হয়েছে। সুতরাং মোট 500টি উদ্ভিদের মধ্যে region I এ (অর্থাৎ p ও j র মধ্যে) ক্রসিংওভার হয়ে সৃষ্টি হয়েছে 3, 4, 7 ও 8 নং শ্রেণিভুক্ত উদ্ভিদগুলি, সুতরাং

$$\text{p ও j র মধ্যে ক্রসিং ওভারের হার} = \frac{\text{p-j র মধ্যে একক ক্রসিং ওভার (*sco in region-I)} + \text{ডাবল ক্রসিং ওভার (*dco)}}{\text{মোট প্রাপ্ত উদ্ভিদ}} \times 100\%$$

$$= \frac{(52+46)+(4+2)}{500} \times 100\%$$

$$= \frac{104}{500} \times 100\% = 20{\cdot}8\%$$

*[sco = single crossing over, dco = double crossing over]

একইভাবে j ও r র মধ্যে অর্থাৎ region II তে ক্রসিং ওভারের হার =

$$\frac{\text{j-r র মধ্যে একক ক্রসিং ওভার (*sco in region-II)} + \text{ডাবল ক্রসিং ওভার (*dco)}}{\text{মোট প্রাপ্ত উদ্ভিদ}} \times 100\%$$

$$= \frac{(22+22)+(4+2)}{500} \times 100\%$$

$$= \frac{50}{5000} \times 100\% = 10\%$$

অনুরূপভাবে p ও r র মধ্যে ক্রসিংওভারের হার

$$\frac{\text{(Region I এ sco)} + \text{(dco)} + \text{(Region II sco)} + \text{(dco)}}{\text{মোট প্রাপ্ত উদ্ভিদ}} \times 100\%$$

$$\frac{\text{(sec in region I)} + \text{(sco in region II)} + (2\times\text{dco})}{\text{মোট প্রাপ্ত উদ্ভিদ}} \times 100\%$$

$$= \frac{(52+46)+(22+22)+2(4+2)}{500} \times 100\%$$

$$= \frac{98+44+2(6)}{500} \times 100\%$$

$$= 30{\cdot}8\%$$

সুতরাং, ক্রোমোজোমের যে অংশে p, r ও j এই তিনটি জিন রয়েছে এই অংশটুকুর মানচিত্র নিম্নরূপ ঃ—

এখন region I-এ ক্রসিংওভার (p-jর মধ্যে) region-II তে ক্রসিংওভার (অর্থাৎ j ও rএর মধ্যে) ঘটতে বাধা দিয়েছে কিনা অর্থাৎ Interference বা ব্যতিচার হয়েছে কিনা এবং Interference হয়ে থাকলে কতটা হয়েছে তার পরিমাপ করা যাক—

প্রত্যাশিত ডাবল ক্রসিং = $\frac{\text{region I এর পুনর্যোজনের হার}}{100} \times \frac{\text{region II এর পুনর্যোজনের হার}}{100}$

$= \frac{20 \cdot 8}{100} \times \frac{10}{100}$

$= 0{\cdot}208 \times 0{\cdot}100$

$= 0{\cdot}0208$ অর্থাৎ $2{\cdot}08\%$

কিন্তু পরিলক্ষিত ডাবল ক্রসিংওভারের হার হল $= \frac{6}{500} 0.012$ অর্থাৎ 1:2%

সমাপতনাঙ্ক বা Co-efficient of coincidence = $\frac{\text{পরিলক্ষিত ডাবল ক্রসিংওভারের হার}}{\text{প্রত্যাশিত ডাবল ক্রসিংওভারের হার}}$

$= \frac{0 \cdot 012}{0 \cdot 0208}$

$= 0{\cdot}577$

সুতরাং Interference (I) হল

I = 1 – co-efficient of coincidence

= 1 – 0.577

= 0.423

এর অর্থ হল যতগুলি দ্বিক্রসিংওভার জাত উদ্ভিদ পাওয়া উচিৎ তার 57.7% উদ্ভিদ পাওয়া সম্ভব হয়েছে এবং 42.3% উদ্ভিদ Interference বা ব্যতিচারের জন্য পাওয়া সম্ভব হয় নি।

6.5 লিংকেজ গ্রুপ (Linkage Group)

একই ক্রোমোজোমে বিদ্যমান সব জিনকে একত্রিতভাবে লিঙ্কেজ গ্রুপ বলে। এইসব জিনগুলি পরস্পরের সাথে গোষ্ঠীবদ্ধ ভাবে থাকে, অর্থাৎ বংশধারায় তারা একসঙ্গে যেতে চায়, এইজন্য একই ক্রোমোজোমে উপস্থিত জিনগুলি মেন্ডেলীয় সূত্র মেনে স্বাধীন ভাবে বিন্যস্ত হয় না। কোন জীবে লিংকেজ গোষ্ঠী বা গ্রুপ এর সংখ্যা সেই জীবের হ্যাপ্লয়েড ক্রোমোজোম সংখ্যার সমান হয়। যেমন, ড্রসোফিলার (Drosophila) হ্যাপ্লয়েড ক্রোমোজোম সংখ্যা হল $x = 4$ অর্থাৎ এদের লিংকেজ গ্রুপের সংখ্যাও চার। অনুরূপভাবে ভুট্টায় 10টি হ্যাপ্লয়েড ক্রোমোজোম থাকায় ভুট্টার লিংকেজ গোষ্ঠীর সংখ্যাও 10।

6.6 প্রশ্নাবলি

1. a ও c জিনের মধ্যে পুনর্যোজনের হার 0.1, a ও b জিনের মধ্যে 0.27 এবং b ও c এর মধ্যে 0.2; a, b ও c জিনের সজ্জা নিরূপণ করুন।

2. সেন্টিমরগ্যান (centimorgan, CM) কী?

3. টোম্যাটোর তিনটি লিঙ্কড লোসাই (loci) হলো পাতায় ছোপ ছোপ দাগ বা কর্বুরিত (mottled, m) কিংবা স্বাভাবিক (M); বহিঃস্তক মসৃণ (P) কিংবা রোমশ (p) এবং কাণ্ড বেগুনি (Aw) কিংবা সবুজ (aw)। তিনটি লোকাস এর ক্ষেত্রে হেটেরোজাইগাস, এমন উদ্ভিদ নিয়ে টেস্ট ক্রস করানো হয় এবং নিম্নরূপ ফল পাওয়া যায়।

অপত্য জনুর-ফেনোটাইপ	সংখ্যা
স্বাভাবিক, মসৃণ, বেগুনি	18
কর্বুরিত, রোমশ, সবুজ	15
স্বাভাবিক, মসৃণ, সবুজ	180
কর্বুরিত, রোমশ, বেগুনি	187
স্বাভাবিক, রোমশ, বেগুনি	1880
কর্বুরিত, মসৃণ, সবুজ	1903
কর্বুরিত, মসৃণ, বেগুনি	400
স্বাভাবিক, রোমশ, সবুজ	417

i) প্রাথমিক জনিতার জিনোটাইপ কী ছিল?

ii) ক্রোমোজোমে জিনের বিন্যাস নির্ণয় করুন।

iii) একটি অন্বয় মানচিত্র নির্ণয় করে তিনটি জিন লোকাসের অন্তবর্তী দূরত্ব নির্ণয় করুন।

4. বেগুনি পাতা (pl), চক্‌চকে বা glossy চারাগাছ (gl) ও বেঁটে (t) জিনের জন্য হেটেরোজাইগোট উদ্ভিদের সঙ্গে pl, gl, ও t এই তিনটি জিনের জন্য হোমোজাইগাস রিসেসিভ উদ্ভিদের সংকরায়ণজাত উদ্ভিদগুলি নিম্নরূপ

ওয়াইল্ড টাইপ	$pl^+ gl^+ t^+$	475
	pl gl t	469
	$pl\ gl^+ t^+$	8
	$pl^+ gl\ t$	7
	$pl\ gl^+ t$	18
	$pl^+ gl\ t^+$	23
	$pl^+ gl^+ t$	0
	$pl\ gl\ t^+$	0

pl, gl. ও t ও এই তিনটি সঞ্চিত জিনের লিংকেজ ম্যাপ নির্ণয় করুন। সমাপতনাঙ্কের মান নির্ধারণ করে ব্যতিচার কতটা হয়েছে তার মান নির্ধারণ করুন।

5. ব্যতিচার বা Interference কাকে বলে?

6. সমাপতনাঙ্ক কাকে বলে? ব্যতিচারের মান নির্ণয়ে সমাপতনাঙ্কের ভূমিকা কী?

7. Linkage group কাকে বলে? মানুষের লিংকেজ গোষ্ঠীর সংখ্যা কত?

6.7 উত্তরমালা

1. a – c – b

2. Linkage map এক একককে centimorgan cM বলে।

1% ক্রসিংওভারের হারকে এক centimorgan বলে।

3. i) mPaw/mPaw x MpAw/M p Aw

ii) m p aw

iii) m p aw

4.

ডাবল ক্রসিং ওভারজাত কোন উদ্ভিদ না পাওয়া যাওয়ায় সমাপতনাঙ্ক হলো O অর্থাৎ ব্যতিচার বা Interference (I) হ'ল 1-0=1

5. 6.3 দেখুন

6. 6.3 দেখুন

7. 6.5 দেখুন

একক 7 ❑ ক্রোমোজোম বিচ্যুতি (Chromosomal Aberration)

গঠন

7.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

7.2 প্রকৃতি

7.3 ঘাটতি (Deletion)

7.4 পুনরাবৃত্তি (Duplication)

7.5 উৎক্রম (Inversion)

7.6 স্থানান্তকরণ বা ট্রান্সলোকেশন (Translocation)

7.7 অনুশীলনী

7.8 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

7.9 উত্তরমালা

7.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

প্রস্তাবনা ঃ

ক্রোমোজোম সংখ্যার পরিবর্তনের ফলে যে কোন প্রজাতির বৈশিষ্ট্যেরও পরিবর্তন ঘটে তা আমরা পূর্ববর্তী একক থেকে জানতে পেরেছি। আমরা জানি যে, ক্রোমোজোমের মধ্যে জিন সরলরেখায় নিহিত থাকে। সুতরাং ক্রোমোজোমের গঠনগত পরিবর্তনের ফলে যে কোন জীবের চারিত্রিক বৈশিষ্ট্যের পরিবর্তন ঘটবে তা সহজেই অনুমেয়। ক্রোমোজোমের গঠনগত পরিবর্তনকে ক্রোমোজোমাল বিচ্যুতি (Chromosomal aberration) বা ক্রোমোজোমাল প্রকরণ (chromosomal mutation) বলা হয়। ক্রোমোজোমের গঠনগত বিচ্যুতি স্বতঃস্ফূর্তভাবে অথবা কৃত্রিম উপায়ে পরীক্ষাগারে সৃষ্টি করা যেতে পারে। ক্রোমোজোম ভাঙ্গনের ফলেই নানাধরনের ক্রোমোজোম বিচ্যুতির সৃষ্টি হয়ে বলে মনে করা হয়। আমরা জানি যে একটি ক্রোমোজোমে সেন্ট্রোমিয়ারের দুপাশে দুটি বাহু থাকে। একটি ক্রোমোজোম ভেঙ্গে দুটি অংশ তৈরি হলে সেন্ট্রোমিয়ারবিহীন অংশটি স্বাভাবিক কারণেই নষ্ট হয়ে যায়। আবার ক্রোমোজোমের ভাঙ্গা অংশটি একই ক্রোমোজোমের মধ্যে যদি ভিন্নভাবে যুক্ত হয় অথবা দুটি ক্রোমোজোমে গঠিত হয়। এর ফলে ক্রোমোজোমের গঠনগত পরিবর্তন নতুন প্রজাতি সৃষ্টিতে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা গ্রহণ করেছে। বর্তমান এককে আপনারা এই সম্পর্কে বিশেষভাবে জানতে পারবেন।

উদ্দেশ্য ঃ

এই এককটি পাঠ করার পর আপনি

- ক্রোমোজোমের ভাঙ্গন সংখ্যা, ভাঙ্গন স্থান ও ভাঙ্গন স্থানের সংযুক্তির প্রকার অনুযায়ী ক্রোমোজোমাল বিচ্যুতির প্রকৃতি নির্ধারণ করতে সক্ষম হবেন।
- গঠনগত পরিবর্তনের ফলে সৃষ্ট ক্রোমোজোমটি উক্ত জীবের মিয়োসিস বিভাজনের সময় কি ধরনের ব্যবহার করবে তা জানতে পারবেন।
- নতুন প্রজাতি সৃষ্টিতে এর প্রভাব সম্পর্কে অবহিত হবেন।

7.2 প্রকৃতি

গঠনগত বিচ্যুতির প্রকৃতি অনুযায়ী একে চার ভাগে ভাগ করা যায় (i) ঘাটতি (deletion/ Deficiency)। এতে ক্রোমোজোমের কিছু অংশ (জিন) অনুপস্থিত থাকে (ii) পুনরাবৃত্তি duplication এতে ক্রোমোজোমের কিছু অংশের পুনরাবৃত্তি দেখা যায় (iii) উৎক্রম (inversion)-এতে ক্রোমোজোমের কিছু অংশ উল্টানো অবস্থায় থাকে এবং (iv) ট্রান্সলোকেশান (translocation)-এতে অসমসংস্থ ক্রোমোজোমের মধ্যে অংশের আদান প্রদান ঘটে থাকে।

7.3 ঘাটতি (Deletion)

যদি ক্রোমোজোমের কোন বাহুর কোন অংশ না থাকে তাকে ঘাটতি বলে, এর ফলে সমগ্র ক্রোমোজোমস্থিত জিনসমষ্টি থেকে কয়েকটির অভাব ঘটে। কিভাবে ক্রোমোজোমে এটি ঘটে থাকে তা চিত্রের (চিত্র 7.1) সাহায্যে দেখানো হল। যদি ক্রোমোজোমের মধ্যস্থ অংশ না থাকে তখন তাকে বলে অন্তঃস্থ ঘাটতি বা নিবেশিত ঘাটতি (interstetial deletion) এবং যদি ক্রোমোজোমটির প্রান্তীয় অংশ না থাকে তবে তাকে বলে প্রান্তীয় ঘাটতি (terminal deletion ; চিত্র: 7.2)।

ডিলিশনের ফলে যদি অল্প সংখ্যক বা অপ্রধান জিন অনুপস্থিত থাকে তাবে জীবের বৈশিষ্ট্য খুব বেশি প্রভাবিত হয় না। সমসংস্থ ক্রোমোজোমদ্বয়ের দুটি ক্রোমোজোমের একই অংশের ঘাটতি হলে তা অনেকক্ষেত্রে প্রাণঘাতী (lethal) হতে পারে। বিশেষ কিছু প্রয়োজনীয় জিনের অভাব ঘটায়। যদি কোন অপ্রধান জিন সংলগ্ন অংশ বাদ পড়ে যায় তবে তার প্রভাব অবশ্য তেমনভাবে পরিলক্ষিত হয় না। কিন্তু সমসংস্থ ক্রোমোজোমের একটিতেও বিশেষ জিনের ঘাটতি থাকলে তা অপত্যজণুতে অস্বাভাবিক প্রভাব ফেলতে পারে এবং প্রাণঘাতী হতে পারে। যেমন ক্রাই-ডু-চ্যাট (cri-du-chat) রোগের আক্রান্ত মানবশিশুর ক্ষেত্রে পাঁচ (5) নং ক্রোমোজোমের খর্ববাহুর অর্ধাংশ থাকে না, এর ফলে আক্রান্ত

শিশুটির কতগুলি উপসর্গ দেখা যায়, শিশু বেড়ালের মতো তীক্ষ্ণ স্বরে কাঁদে, মস্তিষ্ক ক্ষুদ্র হয়, প্রবল মানসিক জড়তা দেখা যায়। সাধারণত এইসব শিশু শৈশবে বা খুব অল্প বয়সেই মারা যায়।

সমসংস্থ ক্রোমোজোমের একটিতে ঘাটতি থাকলে মিয়োসিস বিভাজনে বাইভ্যালেন্ট তৈরির সময় কিছু অস্বাভাবিকত্ব লক্ষ্য করা যায়। যেহেতু সমসংস্থ ক্রোমোজোম জোড়ার একটি স্বাভাবিক ও অপরটি ঘাটতিযুক্ত সেহেতু স্বাভাবিক ক্রোমোজোমটি একটি ফাঁস (loop) গঠন করে। একে ডিলিশান লুপ (চিত্র 7.3) বলে। ড্রসোফিলার পলিটিন ক্রোমোজোমে এটি দেখতে পাওয়া যায়।

(a) দুটি সমসংস্থ ক্রোমোজোমের সমাপতন

(b) দুটি ভিন্ন বিন্দুতে ক্রোমোজোমের ভাঙ্গান ও পুনরায় সংযুক্তি (.... চিহ্নিত)

(c) ঘাটতি যুক্ত ও পুনরাবৃত্ত ক্রোমোজোমের উৎপত্তি

চিত্র ঃ 7.1

(a) নিবেশিত ঘাটতি (b) প্রান্তীয় ঘাটতি

চিত্র ঃ 7.2

একটি স্বাভাবিক একটি ঘাটতিযুক্ত ক্রোমোজোমের মিয়োসিস বিভাজনে বাইভ্যালেন্ট গঠন (এক্ষেত্রে স্বাভাবিক ক্রোমোজোমটি লুপ বা ফাঁস গঠন করে)

খুব সহজেই এই ধরনের গঠনবিচ্যুতি শনাক্ত করা যায়, প্রথমত অন্যান্য প্রকার-পরিব্যক্তির মত এই ধরনের গঠনবিচ্যুতি আপনাআপনি ত্রুটিমুক্ত হতে পারে না বা স্বাভাবিক আকার গঠন করতে পারে না। দ্বিতীয়ত এতে প্রচ্ছন্ন গুণ সম্পন্ন অ্যালিল প্রকাশ পেতে পারে যদি প্রকটগুণসম্পন্ন অ্যালিলটি সমসংস্থ ক্রোমোজোমের অনুপস্থিত অংশের মধ্যে থাকে। এক্ষেত্রে প্রচ্ছন্ন অ্যালিলটির বৈশিষ্ট্য প্রকাশ পাওয়ার ঘটনাকে ছদ্ম প্রকটতা (pseudodominance) বলে।

7.4 পুনরাবৃত্তি (Duplication)

কোন কারণে ক্রোমোজোমের কিছু অংশ দুবার বা তিনবার করে উপস্থিত থাকে, তাকে পুনরাবৃত্তি বলে। পুনরাবৃত্ত অংশের অবস্থান এবং সজ্জাক্রমের ওপর ভিত্তি করে পুনরাবৃত্তিকে কয়েকটি ভাগে ভাগ করা যায়।

(i) পুনরাবৃত্ত অংশটি প্রথম প্রতিলিপিটির সঙ্গে সংযুক্ত অবস্থায় থাকতে পারে এবং যদি পুনরাবৃত্ত অংশটির সজ্জাক্রম প্রাথমিক (মৌলিক) প্রতিলিপিটির সজ্জাক্রমের অনুরূপ হয় তবে একে ট্যানডেম পুনরাবৃত্তি বলে (tandam duplication)। পুনরাবৃত্ত অংশটির সজ্জাক্রম যদি প্রাথমিক প্রতিলিপির উল্টো হয় তবে একে বলে বিপরীত পুনরাবৃত্তি (reverse duplication)। (ii) এক্ষেত্রে পুনরাবৃত্ত অংশটি প্রাথমিক প্রতিলিপি থেকে দূরে অবস্থিত হতে পারে বা অন্য কোনো ক্রোমোজোমেও অবস্থান করতে পারে। একে স্থানান্তরিত পুনরাবৃত্তি (displaced duplication) বলে। (চিত্র 7.4)

(a) স্বাভাবিক ক্রোমোজোম, (b) সংযুক্ত ও ট্যানডেম পুনরাবৃত্তি যুক্ত ক্রোমোজোম, (c) সংযুক্ত ও বিপরীত পুনরাবৃত্তি যুক্ত ক্রোমোজোম, (d) স্থানান্তরিত পুনরাবৃত্তি।

চিত্র 7.4

দুটি সমসংস্থ ক্রোমোজোম, যার একটি স্বাভাবিক এবং অপরটিকে পুনরাবৃত্ত অংশ বর্তমান, মিয়োসিস বিভাজনে বাইভ্যালেন্ট গঠন করার সময় পুনরাবৃত্ত ফাঁস (duplication loop) গঠন করে (চিত্র 7.5)

একটি স্বাভাবিক ও একটি পুনরাবৃত্ত ক্রোমোজোমের বাইভ্যালেন্ট গঠন
(এক্ষেত্রে পুনরাবৃত্ত ক্রোমোজোমটি লুপ বা ফাঁস গঠন করে)
চিত্র ঃ 7.5

পুনরাবৃত্তির ফলে জীবদেহে কিছু কিছু পরিবর্তন লক্ষ্য করা যা। যেমন, ড্রসোফিলার 'বার' চক্ষু। স্বাভাবিক চোখ অপেক্ষা ক্ষুদ্র (narrow) চোখকে 'বার' (bar) বলা হয়। দেখা গেছে যে X ক্রোমোজোমের 16A অংশের পুনরাবৃত্তির ফলে 'বার চোখ' (ber cye)এই বহিরাকৃতির প্রকাশ ঘটে (চিত্র 7.6)।

(a) (b) (c)

ড্রসোফিলার পলিটিন ক্রোমোজোমের অংশবিশেষ যেখানে 16A অংশটি অবস্থিত।।
(a) স্বাভাবিক (b) 'বার' চক্ষু (c) 'অতিবার' চক্ষু

চিত্র : 7.6

প্রান্তসীমা

1919 খ্রিস্টাব্দে ব্রিজেস (Bridges) পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণ করেন যে 'বার' চোখ মূলত ক্রোমোজোমের অংশের পুনরাবৃত্তির ফলেই ঘটে থাকে। ড্রসোফিলার অন্য কয়েকটি বৈশিষ্ট্য যেমন, চক্ষুহীনতা (ক্রোমোজোমের বিপরীত পুনরাবৃত্তের দরুন ঘটে), লোমশ ডানা ইত্যাদি ক্রোমোজোম অংশের পুনরাবৃত্তির ফল।

7.5 উৎক্রম (inversion)

সমসংস্থ দুটি ক্রোমোজোমে জিনের সজ্জাক্রম সাধারণত একরকম হয়ে থাকে, কিন্তু কোনা কোনো ক্ষেত্রে দেখা যায় যে জিনের সজ্জাক্রম দুটি ক্রোমোজোমে ভিন্ন। সমসংস্থ ক্রোমোজোম জোড়ার একটিতে যে ক্রমানুযায়ী জিন সজ্জিত থাকে, জোড়ার অপরটিতে কোন একটি অংশের জিনক্রম যদি তার বিপরীতমুখী হয় তবে তাকে বলে উৎক্রম (inversion)।

কোন ক্রোমোজোমের একটি অংশ ভেঙ্গে যদি সেটি বিপরীত ভাবে বিন্যস্ত (180° ঘুরে) হয়, তবে এই ধরনের ঘটনা দেখা যায়। এর ফলে ক্রোমোজোমে জিনের ঘাটতি বা সংযুক্তি ঘটে না, কেবলমাত্র জিনের সজ্জাক্রমের বিন্যাস পরিবর্তিত হয়। (চিত্র ঃ 7.7)।

(c) ভগ্নঅংশটি 180° ঘূর্ণিত হয়ে বিন্যস্ত হয়েছে।

(a) ক্রোমোজোমে দুটি বিন্দুতে ভাঙ্গান, (b) ভগ্নঅংশের 180° ঘূর্ণন
(c) ভগ্ন অংশের পুনর্বিন্যাস

চিত্র ঃ 7.7

উৎক্রম দুধরনের হতে পারে। যদি পুনর্বিন্যস্ত অংশের মধ্যে সেন্ট্রোমিয়ার না থাকে তাহলে তাকে বলা হয় প্যারাসেন্ট্রিক (paracentric) উৎক্রম, এ ধরনের উৎক্রমে ক্রোমোজোমের আকৃতির কোন পরিবর্তন হয় না। যদি পুনর্বিন্যস্ত অংশের মধ্যে সেন্ট্রোমিয়ার থাকে তাকে পেরিসেন্ট্রিক উৎক্রম বলে। এক্ষেত্রে উৎক্রমের পরে ক্রোমোজোম আকৃতির পরিবর্তন হতে পারে (চিত্র ঃ 7.8)।

(a) প্যারাসেন্ট্রিক উৎক্রম (b) পেরিসেন্ট্রিক উৎক্রম

চিত্র ঃ 7.8

সমসংস্থ ক্রোমোজোম জোড়ার একটিতে উৎক্রম থাকলে মিয়োসিস বিভাজনের প্যাকিটিন দশায় তারা বাইভ্যালেন্ট বা জোড় বাঁধার সময় ফাঁস (loop) তৈরী করে। এক্ষেত্রে উৎক্রমিত ক্রোমোজোমটি স্বাভাবিক ক্রোমোজোমের ফাঁসের মধ্যে ঘূর্ণিত হয়ে ফাঁস সৃষ্টি করে। এই দুটি ক্রোমোজোমের মধ্যে ক্রসিংওভার (crossing over) ঘটলে অস্বাভাবিক জনিতৃ সৃষ্টি হয়। প্যারাসেন্ট্রিক উৎক্রমের ক্ষেত্রে ক্রসিংওভার ঘটলে অ্যানাফেজ দশায় একটি সেন্ট্রোমিয়ার বিহীন ও একটি দ্বি-সেন্টোমিয়ার যুক্ত ক্রোমাটিড উৎপন্ন হয়। সেন্ট্রোমিয়ার বিহীন অংশটি অচিরেই বিনষ্ট হয় এবং দুটি সেন্ট্রোমিয়ার বিহীন অংশটি অচিরেই বিনষ্ট হয় এবং দুটি সেন্ট্রোমিয়ার যুক্ত ক্রোমোটিডটি সেতু (bridge) গঠন করে (দুটি সেন্ট্রোমিয়ার দুটি মেরুতে বিন্যস্ত হয় এবং মধ্যস্থলে ক্রোমাটিড অংশটি সেতুর মতো বিন্যস্ত হয়)। অ্যানাফেজ দশায় যখন দুটি মেরু পরস্পর থেকে দূরে সরে যায় তখন এই দ্বিসেন্ট্রোমিয়ার বিশিষ্ট ক্রোমাটিডটি অসমান অংশ খন্ডিত হয়ে দুটি মেরুতে গমন করে। এর ফলে যে জননকোষ তৈরী হয়

তারা স্বাভাবিক ভাবেই অনুর্বর হয় (সেন্ট্রোমিয়ার যুক্ত ক্রোমাটিডের অসম বন্টনের ফলেও কোন কোন জিনের অভাব ঘটে।)

(ক) পেরিসেন্ট্রিক ইনভারসন হেটেরোজাইগোটে ক্রসিংওভার।

(খ) প্যারাসেন্ট্রিক ইনভারসন হেটোরোজাইগোটে ক্রসিংওভার ইনভারসন হেটোরোজাইগোটের মিয়োসিস বিভাজনের সময় ক্রোমোজোমের আচরণ।

(ক) পেরিসেন্ট্রিক ইনভারসন, এক্ষেত্রে সেন্ট্রোমিয়ার ইনভারসন অংশের মধ্যে অবস্থান করে এবং প্রথম মায়োসিস কোষ বিভাজনের ফলে অপত্য ক্রোমোজোগুলির গঠন অপরিবর্তিত থাকে (যদি ক্রসিংওভার না হয়)। ক্রসিংওভার হলে অপত্য ক্রোমোজোমে ডুপ্লিকেশন এবং ডিলিশন ঘটে।

(খ) প্যারাসেন্ট্রিক ইনভারসন, এক্ষেত্রে সেন্ট্রোমিয়ার ইনভারসন অংশের বাইরে থাকে। এর ফলে ক্রসিংওভার হলে দুটি সেন্ট্রোমিয়ার বিশিষ্ট ডাইসেন্ট্রিক ক্রোমোজোম যা দুই মেরুর মধ্যে ব্রিজ গঠন করে এইরূপ ক্রোমোজোম এবং সেন্ট্রোমিয়ার বিহিন অ্যাসোন্ট্রিক ক্রোমোজোম গঠন করে। যেহেতু এই ধরনের ক্রোমোজোমগুলি স্থিতিশীল নয় সেই কারণে এদের কোনও প্রকাশ পরবর্তী অপত্য বংশে হয় না। এই ধরনের ইনভারসন ক্রসিংওভার সাপ্রেসর বলে। চিত্র ঃ 7.9

জ্যাকবসেন (Jacobsen)-Syndsome এর ক্ষেত্রে এগারো নম্বর ক্রোমোজোমের প্রান্তীয় ঘাটতি দেখা যায়। এটি একটি বিরল ঘটনা। এদের সাধারণ বুদ্ধিমত্তা অল্প মানসিক অসঙ্গতি দেখা যায়।

Charcot-Marie-Tooth disease type 1A PMP22 নামক একটি জিনের পুনরাবৃত্তি ঘটায়।

উৎক্রম- glycine soja তে একটি প্যারাসেন্ট্রিক উৎক্রম দেখতে পাওয়া যায়। সাইটোলজিকাল বিশ্লেষণের মাধ্যমে ডাইসেন্ট্রিক ব্রিজ এবং ক্রোমোজোম খণ্ড দেখতে পাওয়া যায়। ভুট্টায় 28.2% বন্ধ্যা (Sterile) পরাগের সৃষ্টি হয় প্যারাসেন্ট্রিক উৎক্রমের দরুন।

পেরিসেন্ট্রিক উৎক্রম ভুট্টা, পেয়াজ গোত্রীয় কিছু গাছ এবং Scilla Scilloides প্রভৃতি জীবে দেখতে পাওয়া যায়।

স্থানান্তরণ এই ধরনের ক্রোমোজোমীয় বিচ্যুতির ফলে সব থেকে উল্লেখযোগ্য যে ঘটনাটি ঘটে তা হোলো সিনটেটিক জীনের অবস্থানের পরিবর্তন। ধুতরা, সন্ধ্যামালতী প্রভৃতি উদ্ভিদ এবং শামুক, ঘাসফড়িং প্রভৃতি জীবে স্থানান্তরণ দেখা যায়।

Rhoeo discolor উদ্ভিদে যে বলয় দেখতে পাওয়া যায় তা বারোটি (12) ক্রোমোজোম দ্বারা গঠিত এছাড়া একটি বাইভ্যালেন্ট থাকে। এই বলয়টি বিভিন্নভাবে ভেঙে নতুন বাইভ্যালেন্ট বা নতুন ধরনের বলয় গঠন করতে পারে। Neurospora crassa তে এই একাধিক স্থানান্তরণকে (multiple translocation) কাজে লাগিয়ে ছত্রাকের ক্রোমোজোম রেখাচিত্র অঙ্কনের কাজ চালানো সম্ভব হচ্ছে।

7.6 স্থানান্তরণ বা ট্রান্সলোকেশান (translocation)

যখন কোনো ক্রোমোজোমের থেকে কিছু অংশ ভেঙ্গে গিয়ে অপর কোন অসমসংস্থ ক্রোমোজোমে গিয়ে সংযুক্ত হয় সেই ঘটনাকে বলে স্থানান্তরণ। এটি দুধরনের হতে পারে। (i) নিবেশিত (ii) বিনিময়যোগ্য (চিত্র 7.10)।

(i) নিবেশিত স্থানান্তরণের ক্ষেত্রে একটি ক্রোমোজোমের কিছু অংশ ভেঙ্গে গিয়ে অপর কোনো অসমসংস্থ ক্রোমোজোম যুক্ত হয়।

(ii) বিনিময়যোগ্য স্থানান্তরণের ক্ষেত্রে একজোড়া অসমসংস্থ ক্রোমোজোমের মধ্যে অংশ বিনিময় হয়ে থাকে।

স্থানান্তরণের ফলে সামগ্রিকভাবে ক্রোমোজোমে জিনের সংযুক্তি বা ঘাটতি দেখা যায় না। কিন্তু যদি বিনিময়যোগ্য স্থানান্তরণের (receprocal translocation) ফলে একটি অত্যন্ত ক্ষুদ্র ক্রোমোজোমের উদ্ভব হয় সেক্ষেত্রে সেই ক্ষুদ্র ক্রোমোজোমটি বিনষ্ট হওয়ার সম্ভাবনা থাকে। এর ফলে ক্রোমোজোম সংখ্যার পরিবর্তনও হতে পারে। স্থানান্তরণের দ্বারা ক্রোমোজোমের আকৃতি ও সেন্ট্রোমিয়ারের অবস্থান এই দুয়েরই পরিবর্তন হতে পারে। এই সবকিছুই জৈব বিবর্তনের জন্য দায়ী।

বিনিময়যোগ্য স্থানান্তকরণের ফলে মিয়োসিস কোষ বিভাজনের সময় স্থানান্তরিত ক্রোমোজোমগুলি স্বাভাবিক ভাবে বাইভ্যালেন্ট গঠন করে না। এক্ষেত্রে যে দুটি সমসংস্থ জোড়ার মধ্যে অংশের বিনিময় হয়েছে, তারা মেটাফেজ দশায় ক্রুশের (cross shaped) আকৃতি গঠন করে এবং অ্যানাফেজ দশায় এধরনের স্থানান্তরিত অসমসংস্থ ক্রোমোজোমগুলির মধ্যে দুধরনের চলন লক্ষ্য করা যায়। অ্যানাফেজ দশার প্রথম পর্যায়ে এই ক্রোমোজোমগুলি বৃত্তাকারে বা ইংরাজী আটের (8) মতো আকৃতি গঠন করে। এক্ষেত্রে সন্নিহিত (adjacent) ক্রোমোজোমগুলি একই মেরুতে গমন করতে পারে অথবা একান্তর (alternate) ক্রোমোজোমগুলি করতে পারে (চিত্র 7.11)। একান্তর ক্রোমোজোমগুলি যদি একই মেরুতে যায় সেক্ষেত্রে সৃষ্ট কোষটি স্বাভাবিক হবে এবং যদি সন্নিহিত ক্রোমোজোমগুলি একমেরুতে যায় সেক্ষেত্রে সৃষ্ট জননকোষটি বন্ধ্যা বা অনুর্বর হয়ে (কিছু জিনের ঘাটতি ও কিছু জিনের পুনরাবৃত্তির কারণে)।

সন্ধ্যামণি, রিও প্রভৃতি উদ্ভিদে দেখা যায় সবকটি ক্রোমোজোমই বিনিময়যোগ্য স্থানান্তরিত। এর ফলে এইসব উদ্ভিদের মিয়োসিস বিভাজনে কখনও বাইভ্যালেন্ট দেখা যায় না। পরিবর্তে সবকটি ক্রোমোজোম দ্বারা গঠিত বলয় দেখা যায়, একে স্থানান্তরণ বলয় (translocation ring) বলা হয়।

a) নিবেশিত স্থানান্তরণ b) বিনিময়যোগ্য স্থানান্তরণ

চিত্র : 7.10

একটি Translocation heterozygote এর মিয়োসিস বিভাজনের সময় ক্রোমোজোমের আচরণ।

চিত্র : 7.11

Down syndrome রোগে স্থানান্তকরণ বা translocation এর ভূমিকা

চিত্র ঃ 7.12

প্রান্তসীমা

স্থানান্তরণ মানুষের কিছু কিছু রোগের জন্য দায়ী। যেমন—ডাউন-সিনড্রোম (Down's Syndrome)। পিতামাতার মধ্যে কোনো একজন যদি স্থানান্তরিত ক্রোমোজোমের বাহক হয় তবে তাদের সন্তানদের ডাউনসিনড্রোম দেখা যেতে পারে। শতকরা পাঁচ ভাগ আক্রান্ত রোগীর ক্ষেত্রেই দেখা গেছে যে তাদের বাবা বা মা কেউ একজন স্থানান্তরিত ক্রোমোজোম বহন করছে। সেক্ষেত্রে দেখা যায় যে 14 নং ক্রোমোজোম স্থানান্তরিত হয়েছে 21 নং ক্রোমোজোমে। এই ধরনের স্থানান্তরিত ক্রোমোজোম যুক্ত কোষ জননকোষ গঠনের সময় দুধরনের কোষ তৈরি করতে পারে—(i) সুষম-জননকোষটি একটি 14 নং ও একটি 21 নং ক্রোমোজোম পেতে পারে অথবা একটি স্থানান্তরিত 14 নং ক্রোমোজোম পেতে পারে যাতে 21 নং ক্রোমোজোম পেতে পারে যাতে 21 ক্রোমোজোমটি সংযুক্ত হয়েছে। (ii) বিষম-এক্ষেত্রে জননকোষটি একটি 14 নং বা 21 নং এবং আরেকটি স্থানান্তরিত 14 নং/21 নং ক্রোমোজোমে উপস্থিত জিনের পুনরাবৃত্তি ঘটে। স্বাভাবিক জননকোশ দ্বারা নিষিক্ত হয়ে সুষম জননকোশটি স্বাভাবিক অপত্য গঠন করবে কিন্তু বিষম জনন কোষটি গঠন করবে অস্বাভাবিক ভ্রূণ (চিত্র 7.12)। এক্ষেত্রে যে জননকোষটি একটি 21নং এবং একটি স্থানান্তরিত 14 নং ক্রোমোজোম বহন করছে, নিষেকের ফলে সেটিতে অপর আরেকটি 21 নং ক্রোমোজোমের উপস্থিতি (trisomy of Chromosome 21) ডাউনসিনড্রোম রোগটি ঘটিয়ে থাকে।

7.7 অনুশীলনী

অনুশীলনী ঃ 1 সংক্ষেপে উত্তর দিন ঃ

(ক) ক্রোমোজোমের গঠনগত বিচ্যুতি বলতে কী বোঝায়?

(খ) গঠনগত বিচ্যুতি কয় প্রকার ও কী কী?

অনুশীলনী ঃ 2A

(ক) ঘাটতি বলতে কী বোঝায়?

(খ) ঘাটতি কয় প্রকার হতে পারে?

(গ) প্রান্তীয় ঘাটতি বলতে কী বোঝায়?

(ঘ) ঘাটতির ফলে অপত্যকোষে কী ধরনের প্রভাব দেখা যায়?

(ঙ) ছদ্ম প্রকটতা কী?

(চ) সমসংস্থ ক্রোমোজোম জোড়ার একটি ঘাটতি যুক্ত ও একটি স্বাভাবিক হলে মিয়োসিস বিভাজনে তারা কিভাবে জোড় বাঁধবে চিত্র দ্বারা দেখান।

অনুশীলনী ঃ 2B

সঠিক কি না বলুন (হ্যাঁ/না দ্বারা চিহ্নিত করুন)

(ক) ঘাটতির ফলে অপত্যজনুতে সাধারণত কোনো প্রভাব পড়ে না।

(খ) ক্রোমোজোমের মধ্যস্থ কোনো অংশ যদি অনুপস্থিত থাকে তবে তাকে বলে নিবেশিত ঘাটতি।

(গ) ড্রসোফিলার পলিটিন ক্রোমোজোমে সৃষ্ট ডিলিশান লুপের কারণ ক্রোমোজোম ঘাটতি না থাকা।

(ঘ) ক্রাই-ডু-চ্যাট নামক রোগের কারণ 5 নং ক্রোমোজোম অর্ধাংশের অনুপস্থিতি।

অনুশীলনী ঃ -3

(i) (ক) রিভার্স ডুপ্লিকেশন বা বিপরীত পুনরাবৃত্তি বলতে কী বোঝায়?

(খ) ড্রসোফিলার 'বার' বৈশিষ্ট্যসম্পন্ন চক্ষুর কারণ কী?

(গ) উৎক্রম কী?

(ঘ) প্যারাসেন্ট্রিক ও পেরিসেন্ট্রিক উৎক্রমের মধ্যে মূল পার্থক্যগুলি কী?

(ঙ) একটি স্বাভাবিক ও একটি প্যারাসেন্ট্রিক ভাবে উৎক্রমিত ক্রোমোজোম যুগলের মধ্যে মিয়োসিসে বাইভ্যালেন্ট গঠিত হলে তাদের মধ্যে ক্রসিংওভারের ফলে যে ধরনের অপত্যকোষ সৃষ্টি হতে পারে চিত্র সহযোগে ব্যাখ্যা করুন।

(ii) শূন্যস্থান পূরণ করুন ঃ

(ক) ড্রসোফিলার X ক্রোমোজোমের ——— অংশের পুনরাবৃত্তির জন্য 'বার' চোখ এই বহিরাকৃতির প্রকাশ ঘটে।

(খ) উৎক্রম এমন একটি গঠনগত বিচ্যুতি যার ফলে ক্রোমোজোমে জিনের —— পরিবর্তন হয়।

(গ) অনেক সময় উৎক্রমকে ——— বলা হয়।

(ঘ) প্যারাসেন্ট্রিক উৎক্রমের ফলে ক্রোমোজোমের ——— কোন পরিবর্তন পরিলক্ষিত হয় না।

7.8 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

1. (ক) স্থানান্তরণ কয় প্রকার ও কী কী?

(খ) স্থানান্তরণের জন্য ক্রোমোজোম সংখ্যার কোন পরিবর্তন হওয়া সম্ভব কি না জানান।

(গ) স্থায়ী বিনিময়যোগ্য স্থানান্তরণ দেখা যায় এমন দুটি উদ্ভিদের নাম কী?

(ঘ) 'ডাউন সিনড্রোম' রোগটির কারণ কী?

2. জৈব বিবর্তনে ক্রোমোজোমের গঠনগত বিচ্যুতির ভূমিকা কী তা আলোচনা করুন।

3. 'ক' চিহ্নিত স্তম্ভের সাথে 'খ' চিহ্নিত স্তম্ভের মিল করুন।

ক	খ
(i) ক্রোমোজোমের জিনের পুনরাবৃত্তি	ক্রোমাটিড সেতু
(ii) ক্রাই-ডু-চ্যাট রোগ	বিনিময়যোগ্য স্থানান্তরণ
(iii) ডাউন সিনড্রোম	ক্রোমোজোম ঘাটতি
(iv) উৎক্রমিত ও স্বাভাবিক ক্রোমোজোম জোড়ের ক্রসিংওভার	ক্রোমোজোম নং -5 ড্রসোফিলার 'বার' চক্ষু
(v) ঘাটতি ফাঁস	ক্রোমোজোম নং 21 এর
(vi) স্থানান্তরণ বলয়	ট্রাইজোমি/স্থানান্তরণ

7.9 উত্তরমালা

অনুশীলনী 1 (ক) 7.1 দেখুন (খ) 7.2 দেখুন

অনুশীলনী 2A (ক) 7.3 দেখুন (খ) 7.3 দেখুন (গ) 7.3 দেখুন (ঘ) 7.3 দেখুন (ঙ) 7.3 দেখুন

অনুশীলনী 2B (ক) হ্যাঁ (খ) হ্যাঁ (গ) না (ঘ) হ্যাঁ

অনুশীলনী 3 (i) (ক) 7.4 দেখুন (খ) 7.4 দেখুন (গ) 7.5 দেখুন (ঘ) 7.5 দেখুন (ঙ) 7.5 দেখুন

(ii) (ক) 16A (খ) সজ্জার (গ) ক্রসওভার সাপ্রেসর (ঘ) অঙ্গ সংস্থানগত

সর্বশেষ প্রশ্নাবলি ঃ

1 (ক) 7.6 দেখুন (খ) 7.6 (গ) 7.6 (ঘ) 7.6

একক 8 ❑ ক্রোমোজোমের সাংখ্যিক পরিবর্তন ঃ ইউপ্লয়েডী

গঠন

8.1 প্রস্তাবনা উদ্দেশ্য

8.2 ইউপ্লয়েডীর শ্রেণিবিভাগ

8.2.1 মনোপ্লয়েডী ও হ্যাপ্লয়েডী

8.2.2 পলিপ্লয়েডী

8.3 অটোপলিপ্লয়েডী

8.3.1 অটোপলিপ্লয়েডীর উৎপত্তি

8.3.2 অটোট্রিপ্লয়েড

8.3.3 অটোটেট্রাপ্লয়েডী

8.4 অ্যালোপলিপ্লয়েডী

8.4.1 প্রকৃত অ্যালোপলিপ্লয়েড বা অ্যাম্ফিপলিপ্লয়েড

8.4.2 সেগমেন্টাল অ্যালোপলিপ্লয়েডী

8.5 পলিপ্লয়েডীর উৎপত্তি

8.6 কৃত্রিম উপায়ে পলিপ্লয়েড উদ্ভিদ সৃষ্টির পদ্ধতি সমূহ

8.7 বিবর্তনে পলিপ্লয়েডীর ভূমিকা

8.8. সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

8.9 উত্তরমালা

8.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

প্রস্তাবনা ঃ

প্রায় সব ধরনের প্রাণী ও উচ্চ শ্রেণির উদ্ভিদের দেহকোষ ডিপ্লয়েড (2n) সংখ্যক ক্রোমোজোম নিয়ে গঠিত। যেমন, মানব দেহের দেহকোষে ক্রোমোজোম সংখ্যা $2n = 46$ এবং পিঁয়াজের দেহকোষে ক্রোমোজোম সংখ্যা $2n = 16$। এদের জননকোষে হ্যাপ্লয়েড সংখ্যক (n) ক্রোমোজোম উপস্থিত। যে কোনো জীবের জননকোষে উপস্থিত হ্যাপ্লয়েড সংখ্যক ক্রোমোজোম সমষ্টিকে উক্ত জীবের জিনোম

বলা হয় অর্থাৎ আমাদের একটি জিনোম 23টি ক্রোমোজোম ও পিঁয়াজের একটি জিনোম ৪টি ক্রোমোজোম নিয়ে গঠিত।

স্বাভাবিক অবস্থায় অধিকাংশ জীবদেহের যেকোনো দেহকোষ হবে ডিপ্লয়েড এবং মিয়োসিস প্রক্রিয়ার ফলে সৃষ্ট জননকোষ হবে হ্যাপ্লয়েড। দুটি ভিন্ন ধরনের জননকোষের মিলনে সৃষ্ট ভ্রূণে পুনরায় ডিপ্লয়েড অবস্থার সৃষ্টি হয়। প্রতিটি জীবদেহে এই ডিপ্লয়েড সংখ্যা ধ্রুবক এবং তা পরবর্তী জনুতে অপরিবর্তিত অবস্থায় প্রবাহিত হয়। কিন্তু কখনো কখনো এর ব্যতিক্রমও লক্ষ্য করা যায়। এই ব্যতিক্রমের ফলে উদ্ভূত জীবদেহে ক্রোমোজোম সংখ্যার পরিবর্তন হয় এবং দীর্ঘস্থায়ী পরিবর্তনের ফলে অনেক সময় নতুন জীব সৃষ্টি হয়। বর্তমান এককটিতে আমরা ক্রোমোজোমের সাংখ্যিক বিচ্যুতির (numerical variation) নানা দিক নিয়ে আলোচনা করব। ক্রোমোজোমের সাংখ্যিক বিচ্যুতিকে আমরা দুটি মূল ভাগে বিভাজিত করতে পারি।

(a) **ইউপ্লয়েডী (euploidy)** ঃ কোনো উদ্ভিদ বা প্রাণীদেহে এক বা একাধিক জিনোম উপস্থিত থাকলে আমরা তাদের ইউপ্লয়েড বলি। কোন জীবের ক্রোমোজোম সংখ্যা উক্ত জীবের জিনোমে উপস্থিত ক্রোমোজোম সংখ্যার সরল গুণিতকে বৃদ্ধি পেয়ে একটি ইউপ্লয়েড শ্রেণি যথা n (মনোপ্লয়েড), 2n (ডিপ্লয়েড), 3n (ট্রাইপ্লয়েড), 4n (টেট্রাপ্লয়েড), ... গঠন করে (যেখানে n = genome)।

(b) **অ্যানিউপ্লয়েডী (aneuploidy)** ঃ যখন কোন জীবের ক্রোমোজোম সংখ্যা উক্ত জীবের হ্যাপ্লয়েড ক্রোমোজোম সংখ্যার সরল গুণিতকে বৃদ্ধি পায় না, পরিবর্তে ডিপ্লয়েড ক্রোমোজোম সংখ্যার থেকে একটি বা দুটি ক্রোমোজোম বৃদ্ধি বা হ্রাস পায় তাকে অ্যানিউপ্লয়েডী বলে। যেমন—2n – 1, 2n + 2, 2n – 2 ইত্যাদি।

উদ্দেশ্য ঃ

- এই এককটি পাঠ করলে আপনি
- ইউপ্লয়েডীর প্রকারভেদ ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- কৃত্রিম উপায়ে কিভাবে পলিপ্লয়েড উদ্ভিদ সৃষ্টি করা যায় তা জানাতে সক্ষম হবেন।
- অটোপলিপ্লয়েড ও অ্যালোপলিপ্লয়েড উদ্ভিদের মধ্যে পার্থক্য নির্দেশ করতে পারবেন।
- বিবর্তনে ইউপ্লয়েডির ভূমিকা নিয়ে আলোচনা করতে পারবেন।

8.2 ইউপ্লয়েডীর শ্রেণিবিভাগ

ইউপ্লয়েডীকে আমরা দুটি ভাগে ভাগ করতে পারি ঃ (a) মনোপ্লয়েডী ও হ্যাপ্লয়েডী, (b) পলিপ্লয়েডী।

(a) **মনোপ্লয়েডী ও হ্যাপ্লয়েডী ঃ** জিনোমের একটিমাত্র Copy বা সংস্করণ উপস্থিত থাকলে তাকে মনোপ্লয়েডী বলা হয়। অপরপক্ষে কোন ডিপ্লয়েড বা পলিপ্লয়েড উদ্ভিদের জননকোষের ক্রোমোজোম সংখ্যাকে হ্যাপ্লয়েডী বলা হয়।

হ্যাপ্লয়েড উদ্ভিদ নানাভাবে তৈরি হতে পারে

(i) কিছু কিছু উদ্ভিদে অনিষিক্ত ডিম্বাণু পার্থেনোজেনেসিস পদ্ধতিতে সরাসরি হ্যাপ্লয়েড উদ্ভিদ সৃষ্টি করে। উদাহরণ—ভুট্টা।

(ii) পরীক্ষাগারে কলাপোষক মাধ্যমে (tissue culture medium) পরাগরেণু কালচার করে হ্যাপ্লয়েড উদ্ভিদ তৈরি করা সম্ভব।

(iii) উষ্ণতা, আঘাত এবং রঞ্জন রশ্মি (x-ray) প্রয়োগ করে হ্যাপ্লয়েড উদ্ভিদ তৈরি করার সংখ্যা বাড়ানো সম্ভবপর।

হ্যাপ্লয়েড উদ্ভিদের কোষস্থান ঃ এই ধরনের উদ্ভিদে প্রতিটি ক্রোমোজোম এককভাবে উপস্থিত থাকে বলে মায়োসিস কোষ বিভাজনের সময় ক্রোমোজোমগুলি বাইভ্যালেন্ট গঠন করতে সক্ষম হয় না। এর ফলে মেটাফেজ দশায় ক্রোমোজোমগুলি এককভাবে উপস্থিত থাকে। প্রথম অ্যানাফেজ দশায় প্রতিটি ক্রোমোজোম স্বাধীনভাবে দুটি মেরুতে যেতে পারে—এর ফলে অধিকাংশ জননকোষ n সংখ্যক ক্রোমোজোম না পাওয়ার জন্য বন্ধ্যা হয়।

হ্যাপ্লয়েড উদ্ভিদের বৈশিষ্ট্য ও ব্যবহার ঃ অপ্রতুল বৃদ্ধির জন্য ডিপ্লয়েড অপেক্ষা হ্যাপ্লয়েড উদ্ভিদ আকৃতিগতভাবে অপেক্ষাকৃত দুর্বল ও ক্ষুদ্রাকৃতির হয়। অধিকাংশ জনন কোষ বন্ধ্যা হওয়ায় কার্যকরী বীজ উৎপন্ন করতে সক্ষম হয় না। কিন্তু সুপ্রজননগত বিভিন্ন পরীক্ষা-নিরীক্ষায় এই ধরনের উদ্ভিদের ব্যবহার অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ।

(b) **পলিপ্লয়েডী ঃ** তিন বা তিনের অধিক সংখ্যক জিনোমযুক্ত জীবকে পলিপ্লয়েড বলে। পলিপ্লয়েড উদ্ভিদের কোষের ক্রোমোজোম সংখ্যা উক্ত উদ্ভিদের হ্যাপ্লয়েড ক্রোমোজোম সংখ্যার সরল গুণিতকে উপস্থিত থাকে যেমন ট্রিপ্লয়েড (triploid, 3n) টেট্রাপ্লয়েড (tetraploid, 4n) ইত্যাদি। ডিপ্লয়েড প্রাণীর বিশেষ কিছু দেহকোষে পলিপ্লয়েডী দেখা যায়, যেমন মানুষের কিডনি ও লিভার কোষ। পলিপ্লয়েড উদ্ভিদ ও প্রাণী ইউপ্লয়েড বা প্রকৃত পলিপ্লয়েড নামে অধিক পরিচিত।

ইউপ্লয়েডীকে সাধারণত দুটি ভাগে ভাগ করা যায় ঃ অটোপলিপ্লয়েডী ও অ্যালোপলিপ্লয়েডী।

যখন কোনো প্রজাতিতে একই ধরনের জিনোমের গুণিতকরূপে সংখ্যাধিক্য ঘটে তখন তাকে অটোপলিপ্লয়েড বলে। কিন্তু যখন কোনো প্রজাতিতে দুই বা ততোধিক ভিন্ন ধরনের জিনোমের সমাবেশ ঘটে তখন তাকে অ্যালোপলিপ্লয়েড বলে।

8.3 অটোপলিপ্লয়েডী

আমরা আগেই বলেছি একই জাতীয় জিনোম গুনিতকরূপে বর্তমান থাকলে তকে অটোপলিপ্লয়েডী বলে। কোন প্রজাতির হ্যাপ্লয়েড সংখ্যক ক্রোমোজোম বা জিনোমকে 'A' হিসাবে চিহ্নিত করা হলে উক্ত প্রজাতির ডিপ্লয়েডের জীনোম সংকেত হবে AA, অটোট্রাইপ্লয়েডের জিনোম সংকেত হবে AAA ও অটোটেট্রাপ্লয়েডের জীনোম সংকেত হবে AAAA।

8.3.1 অটোপ্লয়েডীর উৎপত্তি

কোনো ডিপ্লয়েড প্রজাতির জননমাতৃ কোনো কোষের মিয়োসিস বিভাজনের সময় কোনো কারণে যদি সমস্ত ক্রোমোজোমগুলি শুধুমাত্র একটি মেরুতে যায় তবে যে জননকোষ তৈরি হবে তা হবে ডিপ্লয়েড বা 2n। এছাড়া কোনো টেট্রাপ্লয়েড উদ্ভিদের জননকোষে ডিপ্লয়েড বা 2n সংখ্যক ক্রোমোজোম উপস্থিত থাকে, এই ধরনের ডিপ্লয়েড (2n) জননকোষ একটি হ্যাপ্লয়েড (n) জননকোষের সঙ্গে মিলিত হয়ে অটোট্রিপ্লয়েড প্রজাতির উদ্ভব ঘটায় ($2n \times n = 3n$)। দুটি ডিপ্লয়েড জননকোষের মিলনে সৃষ্টি হয় অটোটেট্রাপ্লয়েড প্রজাতির ($2n \times 2n = 4n$)।

8.3.2 অটোট্রিপ্লয়েড (AAA, 3n)

একটি হ্যাপ্লয়েড (n) জননকোষ ও একটি ডিপ্লয়েড জননকোষের মিলনের ফলে অটোট্রিপ্লয়েড উদ্ভিদের সৃষ্টি হয়। এ ধরনের উদ্ভিদে প্রতিটি ক্রোমোজোম তিনবার উপস্থিত থাকায় মিয়োসিস কোষ বিভাজনের প্রথম প্রফেজ দশায় এরা ট্রাইভ্যালেন্ট গঠন করে। প্রত্যেক ট্রাইভ্যালেন্টের তিনটি ক্রোমোজোম প্রথম অ্যানাফেজ দশায় নানারকমভাবে দুই মেরুতে গমন করে (যেমন দুটি ক্রোমোজোম এক মেরুতে ও অন্য ক্রোমোজোমটি বিপরীত মেরুতে আবার কোনো কোনো সময় তিনটি ক্রোমোজোমই একই মেরুতে গমন করে)। এর ফলে অধিকাংশ জনন কোষ অনুর্বর হয়। এজন্য বেশিরভাগ অটোট্রিপ্লয়েড উদ্ভিদ অঙ্গজ জনন পদ্ধতিতে বংশবিস্তার করে। কলা, আঙুর ইত্যাদি উদ্ভিদ হল অটোট্রিপ্লয়েড, কিন্তু কয়েকটি ট্রাইপ্লয়েড উদ্ভিদ উর্বর বা fertile জননকোষ তৈরি করতে সক্ষম, যেমন—পালং।

8.3.3 অটোটেট্রাপ্লয়েডি (AAAA, 4n)

কোনো ডিপ্লয়েড উদ্ভিদের ক্রোমোজোম দ্বিগুণিত হয়ে অথবা দুটি ডিপ্লয়েড জননকোষের মিলনের ফলে অটোটেট্রাপ্লয়েড উদ্ভিদের সৃষ্টি হয়। এ ধরনের উদ্ভিদে প্রতিটি ক্রোমোজোম চারবার করে থাকে বলে মিয়োনিসের প্রথম প্রফেজ দশায় এরা টেট্রাভ্যালেন্ট গঠন করে। সাধারণত প্রতি টেট্রাভ্যালেন্টের দুটি ক্রোমোজোম একটি মেরুতে এবং অন্য দুটি বিপরীত মেরুতে গমন করে বলে অধিকাংশ জননকোষ উর্বর হয়। উদাহরণ—আলু, কফি ইত্যাদি। (চিত্র 8.1)

প্রজাতি 'ক'

AA

ডিপ্লয়েড

↓ ক্রোমোজোম দ্বিত্বকরণ

AAAA

(অটোটেট্রাপ্লয়েড)

চিত্র 8.1: অটোটেট্রাপ্লয়েড উৎপত্তির শব্দ ছক

8.4 অ্যালোপলিপ্লয়েডী

দুটি ভিন্ন প্রজাতির সংকরায়ণে সৃষ্টি F_1। সংকর উদ্ভিদের ক্রোমোজোমের দ্বিত্বকরণের ফলে সৃষ্টি হয় অ্যালোপলিপ্লয়েড উদ্ভিদের। প্রজাতি ক ও খ-এর জিনোম যথাক্রমে A ও B হ'লে উহাদের মধ্যে সংকরায়ণের ফলে উৎপন্ন F_1 উদ্ভিদের জিনোম সংকেত হবে AB। F_1সংকর উদ্ভিদের জিনোম বিপরীতধর্মী হওয়ায় মিয়োসিসের সময় বাইভ্যালেন্ট গঠন করতে অপারগ (A জিনোমের ক্রোমোজোম B জিনোমে ক্রোমোজোমের সঙ্গে সমসংস্থ নয়)। এই F_1 উদ্ভিদের (AB) ক্রোমোজোম দ্বিগুনিত করলে সৃষ্ট উদ্ভিদের জিনোমিক সংকেত হবে AABB। AABB উদ্ভিদটি অ্যালোটেট্রাপ্লয়েড এবং এই উদ্ভিদের মিয়োসিসের সময় 'A' জিনোমের ক্রোমোজোম 'A'-র সাথে এবং 'B' জিনোমের ক্রোমোজোম 'B'-এর সাথে সমসংস্থ হওয়ায় বাইভ্যালেন্ট গঠন করতে সক্ষম হবে। এর ফলে এই ধরনের উদ্ভিদের অধিকাংশ জননকোষই হবে উর্বর। অ্যালোপলিপ্লয়েডকে আমরা কয়েকটি ভাগে বিভক্ত করতে পারি। এগুলি হল— (a) প্রকৃত অ্যালোপলিপ্লয়েড এবং (b) সেগমেন্টাল অ্যালোপলিপ্লয়েডী।

8.4.1 প্রকৃত অ্যালোপলিপ্লয়েড বা অ্যাম্ফিপলিপ্লয়েড

যখন একটি প্রজাতির জিনোম অন্তর্গত কোনও ক্রোমোজোম অন্য প্রজাতির জিনোম অন্তর্গত ক্রোমোজোমের সঙ্গে সমসংস্থ বা সদৃশ নয় তখন উক্ত দুটি প্রজাতির মিলনে সৃষ্ট F_1 উদ্ভিদের মিয়োসিসের সময় একটিও বাইভ্যালেন্ট গঠন হবে না। এর ফলে উক্ত F_1 উদ্ভিদটিকে আমরা সম্পূর্ণভাবে বন্ধ্যা বলতে পারি। এই ধরনের F_1 উদ্ভিদের ক্রোমোজোমের দ্বিত্বকরণের ফলে জাত অ্যালোটেট্রাপ্লয়েড উদ্ভিদটি মিয়োসিসের সময় শুধুমাত্র বাইভ্যালেন্ট গঠন করবে। এই ধরনের অ্যালোপলিপ্লয়েডকে আমরা প্রকৃত অ্যালোপলিপ্লয়েড বলে অভিহিত করি। এই ধরনের উদ্ভিদ মিয়োসিসের সময় ডিপ্লয়েড উদ্ভিদের

ন্যায় আচরণ করে থাকে বলে এদেরকে অ্যাম্ফিডিপ্লয়েডও বলা হয়। একই জিনোমভুক্ত ক্রোমোজোমের জোড় বাঁধার ফলে বাইভ্যালেন্ট গঠিত হওয়ার পদ্ধতিকে অটোসিন্ডেসিস বলা হয়। যে কোনো প্রকৃত অ্যালোপলিপ্লয়েড বা অ্যাম্ফিডিপ্লয়েড উদ্ভিদে শুধুমাত্র অটোসিন্ডেসিস পরিলক্ষিত হওয়ার জন্য আমরা কেবলমাত্র বাইভ্যালেন্ট গঠন হতে দেখি—

(i) A জিনোমের কোনও ক্রোমোজোম B জিনোমের ক্রোমোজোমের সঙ্গে সমসংস্থ না হওয়ায় মিয়োসিসের সময় শুধুমাত্র ইউনিভ্যালেন্ট পরিলক্ষিত হয়।

(ii) A জিনোমের ক্রোমোজোম A জিনোমের সঙ্গে B জিনোমের ক্রোমোজোম B জিনোমের সঙ্গে সমসংস্থ হওয়ায় অটোসিন্ডে মিস পদ্ধতিতে জোড় বাঁধায়। মিয়োসিসের সময় শুধুমাত্র বাইভ্যালেন্ট গঠন করবে।

চিত্র 8.2 প্রকৃত অ্যালোটেট্রাপ্লয়েড উৎপত্তির শব্দ ছক

8.4.2 সেগমেন্টাল অ্যালোপলিপ্লয়েডী

সাধারণতঃ একই জিনোমভুক্ত ক্রোমোজোমের মধ্যে সাদৃশ্য বা homology থাকার জন্য তারা মিয়োসিস কোষ বিভাজনের প্রথম প্রফেজ দশায় জোড় বাঁধে ও বাইভ্যালেন্ট গঠন করে। এই জোড়

বাঁধার ঘটনাকে যে অটোসিন্ডেসিস বলা হয় তা আমরা আগেই আলোচনা করেছি। অনেক সময় দুটি প্রজাতির ভিন্ন জিনোমভুক্ত ক্রোমোজোমের মধ্যে আংশিক সাদৃশ্য বা partial homology দেখা যায়। সেক্ষেত্রে যে যে ক্রোমোজোমের মধ্যে আংশিক সাদৃশ্য আছে তারা মিয়োসিস বিভাজনের সময় জোড় বেঁধে বাইভ্যালেন্ট গঠন করে। যে দুটি ক্রোমোজোমের মধ্যে আংশিক সাদৃশ্য পরিলক্ষিত হয় তাদের হোমিওলগাস (homeologus) ক্রোমোজোম বলে ও এই দুটি ক্রোমোজোমের জোড় বাঁধার ঘটনাকে অ্যালোসিন্ডেসিস বলে। দুটি ভিন্ন প্রজাতির ক্রোমোজোমের মধ্যে আংশিক সাদৃশ্য থাকলে তাদের সংকরায়ণজাত F_1 উদ্ভিদ সম্পূর্ণভাবে বন্ধ্যা হওয়ার পরিবর্তে আংশিক বন্ধ্যা হবে কেননা এই F_1 উদ্ভিদের মিয়োসিসের সময় কিছু বাইভ্যালেন্ট (যে সমস্ত ক্রোমোজোমের মধ্যে আংশিক সাদৃশ্য আছে তারা বাইভ্যালেন্ট গঠন করবে) ও কিছু ইউনিভ্যালেন্ট গঠন করবে। উক্ত F_1 উদ্ভিদের ক্রোমোজোম দ্বিত্বকরণের ফলে সৃষ্ট অ্যালোটেট্রাপ্লয়েড উদ্ভিদটি মিয়োসিসের সময় কিছু টেট্রাভ্যালেন্ট ও কিছু বাইভ্যালেন্ট গঠন করবে। এই ধরনের অ্যালোটেট্রাপ্লয়েড উদ্ভিদ যার দুটি জিনোমভুক্ত ক্রোমোজোমের মধ্যে আংশিক সাদৃশ্য থাকার জন্য বাইভ্যালেন্ট ও টেট্রাভ্যালেন্ট উভয়ই গঠন করে তাকে সেগমেন্টাল অ্যালোটেট্রাপ্লয়েড বলে। অটোসিন্ডেসিস ও অ্যালোসিন্ডেসিস—এই দুটি ঘটনা একসঙ্গে সেগমেন্টাল অ্যালোপ্লয়েডীতে পরিলক্ষিত হয়। প্রকৃতিতে যে সমস্ত অ্যালোপলিপ্লয়েড উদ্ভিদ দেখা যায় তাদের বেশীরভাগ সেগমেন্টাল অ্যালোপলিপ্লয়েড।

চিত্র 8.3 : সেগমেন্টাল অ্যালোটেট্রাপ্লয়েড উৎপত্তির শব্দ ছক

অনুশীলনী 1

1. শূন্যস্থান পূরণ করুন ঃ

(a) কোনো জীবের ক্রোমোজোম সংখ্যা উক্ত জীবের জিনোমে উপস্থিত ক্রোমোজোম সংখ্যার —— বৃদ্ধি পেয়ে একটি ইউপ্লয়েড শ্রেণি গঠন করে।

(b) কোনো ডিপ্লয়েড বা পলিপ্লয়েড উদ্ভিদের জননকোষের ক্রোমোজোম সংখ্যাকে —— বলে।

(c) একই ধরনের —— গুণিতকরূপে বর্তমান থাকলে তাকে —— বলে।

(d) অটোটেট্রাপ্লয়েড উদ্ভিদের প্রথম মেটাফেজ দশায় —— দেখা যাবে।

2. ডানদিকের অংশের সঙ্গে বামদিকের অংশ সঠিকভাবে মেলান ঃ

(a) ট্রাইভ্যালেন্ট	(f) হ্যাপ্লয়েড
(b) বাইভ্যালেন্ট ও টেট্রাভ্যালেন্ট	(g) সমসংস্থ ক্রোমোজোমদ্বয়ের জোড় বাঁধা
(c) ইউনিভ্যালেন্ট	(h) আংশিক সাদৃশ্যযুক্ত ক্রোমোজোমদ্বয়।
(d) অটোসিন্ডেসিস্	(i) অটোট্রাইপ্লয়েড
(e) হেমিওলগাস ক্রোমোজোম	(j) সেগমেন্টাল অ্যালোটেট্রাপ্লয়েড।

উত্তরমালা ঃ

1. (a) সরল গুণিতকে (b) n বা হ্যাপ্লয়েড (c) জিনোম, অটোটেট্রাপ্লয়েড (d) টেট্রাভ্যালেন্ট

2. a, i, b, j ; c, f ; d, g ; e,h ;

8.5. পলিপ্লয়েডের উৎপত্তি

প্রধানত দুটি মূল পদ্ধতি অনুসরণ করে প্রকৃতিতে পলিপ্লয়েড উদ্ভিদের সৃষ্টি হয়।

(a) দেহকোষে ক্রোমোজোম সংখ্যা বৃদ্ধি ঃ

উদ্ভিদের ভাজক কলার কোষগুলি মাইটোসিস পদ্ধতিতে বিভাজিত হয়। কোন কোন কোষে মাইটোসিস বিভাজনে অস্বাভাবিকতা দেখা যায়। অ্যানাফেজদশার প্রারম্ভে সিস্টারক্রোমাটেডগুলি সঠিক সময়ে বিভাজিত হয় কিন্তু বেমতন্তু গঠন না হওয়ার জন্য মেরুতে গমন করতে না পারায় উক্ত দেহকোষের ক্রোমোজোম সংখ্যার দ্বিত্বকরণ ঘটে। এর ফলে দুটি অপত্য কোষ সৃষ্টি না হয়ে এমন কোষের সৃষ্টি হয় যার ক্রোমোজোম সংখ্যা মাতৃকোষের ক্রোমোজোম সংখ্যার দ্বিগুণ অর্থাৎ 4n হয়। উক্ত টেট্রাপ্লয়েড

কোষটি মাইটোসিস পদ্ধতিতে বারবার বিভাজিত হয়ে যে মুকুল বা bud তৈরি করবে তার থেকে অঙ্গজ জনন পদ্ধতিতে সৃষ্ট উদ্ভিদটি হবে টেট্রাপ্লয়েড। এইভাবে মাইটোসিস পদ্ধতি চলার সময় অস্বাভাবিকতার কারণে পলিপ্লয়েডের উদ্ভিদের সৃষ্টি হতে পারে।

(b) জননকোষে ক্রোমোজোম সংখ্যা বৃদ্ধি ঃ

জননকোষ গঠনের প্রাক্কালে জননমাতৃকোষের মিয়োসিস বিভাজনের প্রথম অ্যানাফেজ দশায় কোনো কারণে প্রতিটি বাইভ্যালেন্টই যদি একই মেরুতে গমন করে (ঘটনাটিকে নন্ ডিসজাংশন বলে) তবে যে জননকোষ তৈরি হবে তার ক্রোমোজোম সংখ্যা হবে ডিপ্লয়েড (2n)। এই ডিপ্লয়েড জননকোষ অন্য কোন স্বাভাবিক হ্যাপ্লয়েড (n) বা অস্বাভাবিক ডিপ্লয়েড (2n) জনন কোষের সাথে মিলিত হয়ে পলিপ্লয়েড উদ্ভিদের উৎপত্তি ঘটায়।

8.5.1 Paleopolyploidy : জিনোমে উদ্ভূত প্রাচীন পুনরাবৃত্তিই নতুন প্রজাতি বা জীবের বিকাশের জন্য দায়ী। আমরা জানি ঘাটতি যদি দুটি ক্রোমোজোমে একটি জীনের জন্য ঘটে তাহলে জীবটির মৃত্যু হয়। পুনরাবৃত্তি যেহেতু একটি জীনের পুনরাবৃত্তি ঘটায় তাই এক্ষেত্রে মারক প্রভাব (lethal effect) কম থাকে এবং সময়ের সাথে এই নতুন জীনটির মধ্যে কোন পরিবর্তনই নতুন প্রজাতির সৃষ্টিতে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। পলিপ্লয়ডির (Paleapolyploidy) ভিত্তি diploidization। কিছু অপ্রত্যাশিত উদাহরণ হল Sacchasomyces cerevisiae, Arabidopsis thaliana, Oryza sativa প্রভৃতি।

Paralogous : পূর্বতন কোন DNA থেকে উদ্ভূত পুনরাবৃত্ত জীন বা ক্রোমোজোমের অংশের মধ্যে সম্পর্ককে প্যারালগস্ (Paralogous) বলে। এই Paralogous ক্রোমোজোমের উৎপত্তি সাধারণত Replication-এর সময় কোন ত্রুটি, ট্রান্সপোসো বা সম্পূর্ণ জিনোমের পুনরাবৃত্তির মাধ্যমে ঘটে।

Homoeologous : আন্তঃপ্রজাতি সংকরায়ণ বা Allopolyploidization-এর ফলে দুটি ক্রোমোজোম বা ক্রোমোজোম খণ্ডের মধ্যে যে জোঁড় গঠন দেখা যায় তাকে homoeologous জোঁড় গঠন বলে। এবং Aegilops Speltoides এর ক্রোমোজোমের মধ্যে homoeologous জোড় দেখা যায়।

8.6 কৃত্রিম উপায়ে পলিপ্লয়েড উদ্ভিদ সৃষ্টির পদ্ধতি সমূহ

নানাবিধ পদ্ধতি অবলম্বন করে পলিপ্লয়েড উদ্ভিদ তৈরি করা সম্ভব হয়েছে। প্রচলিত পদ্ধতিগুলি নিম্নরূপ

(1) উষ্ণতা, আঘাত বা যান্ত্রিক উপায়ে ক্ষত সৃষ্টি করে পলিপ্লয়েড উদ্ভিদ তৈরি করা সম্ভব। কম সময়ে অধিক উষ্ণতা প্রয়োগ করে ভুট্টা গাছের পলিপ্লয়েড প্রজাতি সৃষ্টি করা সম্ভব

হয়েছে।

(2) নানাধরনের রাসায়নিক বস্তু যেমন অ্যাসিন্যপাথিন, 8-হাইড্রোক্লিকুইনোলিন, নাইট্রাস অক্সাইড প্রয়োগ করে পলিপ্লয়েড উদ্ভিদ তৈরি করা হয়েছে।

(3) যে রাসায়নিক বস্তুটি বর্তমানে ব্যাপকভাবে পলিপ্লয়েড উদ্ভিদ তৈরি করতে ব্যবহার করা হয় সেটি হল Colchicum autumnale (কলচিকাম অটামলেন) উদ্ভিদ থেকে প্রাপ্ত একধরনের অ্যালকেলয়েড যার নাম হ'ল কলচিসিন (Colchicine)। কলচিসিন কোষ বিভাজনের সময় বেমতন্তু গঠনে (spindle fiber) বাধা দেয় ফলে মাইটোসিস বিভাজনের অ্যানাফেজ দশায় অপত্য ক্রোমোজোমগুলি মেরুতে পৌঁছাতে পারে না। এর ফলে কোষগুলির ক্রোমোজোম সংখ্যা দ্বিগুণ হয়ে যায়। সাধারণত কলচিসিনের 0.2% জলীয় দ্রবণ ব্যবহার করা হয়। ছোট চারাগাছের শাখার শীর্ষে এর দ্রবণ প্রয়োগ করা যেতে পারে।

8.7. বিবর্তনে পলিপ্লয়েডীর ভূমিকা

নতুন প্রজাতির সৃষ্টি ও বিবর্তনে পলিপ্লয়েডীর উল্লেখযোগ্য ভূমিকা রয়েছে। প্রাকৃতিক পরিবর্তনের সঙ্গে খাপ খাইয়ে উদ্ভিদে বিবর্তন দেখা যায় এবং অবশেষে নতুন প্রজাতির সৃষ্টি হয়। কিন্তু এভাবে নতুন প্রজাতির সৃষ্টি হওয়া অত্যন্ত সময় সাপেক্ষ ব্যাপার। কিন্তু পলিপ্লয়েডীর জন্য যে পরিবর্তন হয় এবং এভাবে যে নতুন প্রজাতির সৃষ্টি হয় তা অত্যন্ত কম সময়ে ঘটে থাকে।

অটোপলিপ্লয়েডীর ক্ষেত্রে একই জিনোম গুণিতকরূপে বৃদ্ধি পাওয়ায় নতুন প্রজাতি সৃষ্টিতে এর কোন উল্লেখযোগ্য ভূমিকা নেই। কিন্তু অ্যালোপলিপ্লয়েডীর ক্ষেত্রে যেহেতু দুটি ভিন্ন প্রকৃতির জিনোমের সমাবেশ ঘটে সেজন্য নতুন প্রজাতি উদ্ভবে এর ভূমিকা অপরিসীম। কৃষিক্ষেত্রে ব্যবহৃত অধিকাংশ গুরুত্বপূর্ণ উদ্ভিজ্জ যথা গম, তুলা, তামাক ইত্যাদির সৃষ্টি হয়েছে অ্যালোপলিপ্লয়েডীর মাধ্যমে। কয়েকটি উদাহরণের সাহায্যে অ্যালোপলিপ্লয়েডী কিভাবে নতুন প্রজাতি সৃষ্টিতে ভূমিকা পালন করেছে তা নিম্নে আলোচনা করা হল।

(i) র‍্যাফানোব্রাসিকা (Reaphanobrassica) ঃ রাশিয়ান বিজ্ঞানী কারপেচেন্‌কো 1927 সালে মূলা (Raphanusatives) ও বাঁধাকপির (Brassica oleracea) সংকরায়ণ ঘটিয়ে র‍্যাফানোব্রসিকা নামে একটি নতুন ধরনের উদ্ভিদ সৃষ্টি করতে সক্ষম হন।

Raphanus sativus X Brassica oleracca

RR BB

গ্যামেট R B

RB

F_1 অপত্য জনু ↓ ক্রোমোজোম দ্বিত্বকরণ

RRBB

(Raphanobrassica)

(ii) গম (Triticum aestivum) ঃ ক্রোমোজোম দ্বিত্বকরণ

প্রচলিত গম হ'লো অ্যালোহেক্সাপ্লয়েড ($2n = 6x = 42$)। গমের জিনোম সংকেত হচ্ছে AABBDD। অ্যালোপলিপ্লয়েডীর মাধ্যমে কিভাবে গমের উৎপত্তি ঘটেছে তা শব্দছকের সাহায্যে নীচে দেখানো হ'ল। সুতরাং সাধারণ গম হল অ্যালোহেক্সাপ্লয়েড। এর ক্রোমোজোম সংখ্যাকে আমরা সাধারণত এইভাবে উপস্থাপিত করি।

Triticum monococcum X Aegilops speltoides

ট্রিটিকাম মনোকক্কাম এজিলপস্ স্পেলটয়ডিস

$2n = 14$ $2n = 14$

(AA) (BB)

↓

F_1 AB সংকর উদ্ভিদ (বন্ধ্যা)

$2n = 14$

↓ কোনোকারণে স্বতঃস্ফূর্তভাবে ক্রোমোজোম সংখ্যার দ্বিত্বকরণ

AABB টেট্রাপ্লয়েড ইমার গম X এজিলপস স্কোয়ারাসা

($2n = 4x = 28$) Aegilops squarrosa

AB $2n = 14$

(DD)

↓

F_1 সংকর উদ্ভিদ বন্ধ্যা

(ABD)

↓

AABBDD

$2n = 6x = 42$

এ প্রসঙ্গে n সংখ্যা বা হ্যাপ্লয়েড সংখ্যার সঙ্গে X সংখ্যা বা বেসিক নাম্বার এর তফাৎ কি ঘটে জানা উচিৎ। কোনো প্রজাতির জননকোষের ক্রোমোজোম সংখ্যাকে উক্ত প্রজাতির n সংখ্যা বা হ্যাপ্লয়েড সংখ্যা বলা হয়। এই কারণে গমের n বা হ্যাপ্লয়েড সংখ্যক ক্রোমোজোম হ'ল n= 21। একটি পলিপ্লয়েড শ্রেণীর উদ্ভব যে ডিপ্লয়েড প্রজাতি থেকে শুরু হয় সেই ডিপ্লয়েড প্রজাতির হ্যাপ্লয়েজ সংখ্যাকে বেসিক সংখ্যা বা X বলা হয়। গমের উৎপত্তি আলোচনা করতে গিয়ে আমরা দেখলাম এই অ্যালাহেক্সা প্লয়েডটি উৎপত্তির শুরুতে রয়েছে ট্রিটিফাস মনোফক্সাম (2n=14) ও এ্যাজিলেপন স্পেলটয়ডিস (2n =14)। সুতরাং সাধারণ গমের X সংখ্যা হ'ল 7। আমরা সাধারণ গমের মিয়োসিস বিভাজনের প্রথম মেটাফেজ দশা পর্যবেক্ষণ করলে 21 টি বাইভ্যালেন্ট দেখতে পাবো। সুতরাং শুধুমাত্র মিয়োসিস পর্যবেক্ষণ সাহায্যে X সংখ্যা বা বেসিক সংখ্যা নিরুপণ করা সম্ভব নয়। বেসিক সংখ্যা নিরূপণের জন্য কোন প্রজাতির সমগোত্রীয় প্রজাতির সঙ্গে তুলনামূলক সম্পর্ক নির্ণয় করাও একান্ত জরুরী।

(iii) তুলা **(Gossypium hirsutum ; 2n = 52)**

গসিপিয়াম হিরসুটাম বা তুলা গাছ হ'ল একটি অ্যালটেট্রাপ্লয়েড। এর জননকোষে উপস্থিত 26টি ক্রোমোজোমের মধ্যে 13টি বড় ও 13টি ছোট। গসিপিয়াম হারবেসিয়াম (Gosspium herbaceum n=13টিক্ষুদ্র ক্রোমোজোম) ও গসিপিয়াম (n = 13টি বড় ক্রোমোজোম) এর সংকরায়ণে সৃষ্ট বন্ধ্যা F_1 সংকর উদ্ভিদের ক্রোমোজোমে দ্বিগুণিত হয়ে প্রকৃতিতে তুলাগাছের উদ্ভব হয়েছে বলে উদ্ভিদ বিজ্ঞানীরা মনে করেন।

Gossypium herbaceum (AA) (2n=26) গ্যামেট A (n=13টি ক্ষুদ্র ক্রোমোজোম) X Gossypium (DD) 2n=26 D (n=13টি বড় ক্রোমোজোম)

↓

F_1 সংকর উদ্ভিদ (AD=26) বন্ধ্যা

ক্রোমোজোম দ্বিত্বকরণ

↓

AADD

(2n=4X=52)

Gossypium hirsutum

(iv) ট্রিটিকেল (Triticale) ঃ

Triticale হল কৃত্রিম উপায়ে তৈরি একটি অ্যালোপলিপ্লয়েড যা রাই (Scale cereale) ও বিভিন্ন

জাতের গমের (Triticum Sp.) মধ্যে সংকরায়ণ ঘটিয়ে সৃষ্টি করা হয়েছে। রাই ও ডুরাম জাতের গমের মধ্যে (Triticum durum) সংকরায়ণ ঘটিয়ে তৈরি হয়েছে হেক্সাপ্লয়েড ট্রিটিকোল। ট্রিটিকোলে গমের বেকিং গুণ (Baking Quality) ও রাই গাছের সহনশীলতার সমন্বয় ঘটানো সম্ভব হয়েছে।

8.8 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

1. ক্রোমোজোমের সাংখ্যিক বিচ্যুতি (numerical variation) প্রধানত কয় ধরনের? ইউপলিপ্লয়েডী কাকে বলে?
2. মনোপ্লয়েডী ও হ্যাপ্লয়েডীর মধ্যে পার্থক্য কী? কীভাবে হ্যাপ্লয়েড উদ্ভিদ তৈরি করা যায়?
3. অটোপলিপ্লয়েডী ও অ্যালোপলিপ্লয়েডীর মধ্যে পার্থক্য নিরূপণ করুন।
4. একটি টেট্রাপ্লয়েড উদ্ভিদের ক্রোমোজোম সংখ্যা হল $2n = 4X = 20$। ঐ উদ্ভিদের মিয়োসিস কোষ বিভাজনের প্রথম মেটাফেজ দশায় 6টি বাইভ্যালেন্ট ও 2টি টেট্রাভ্যালেন্ট পরিলক্ষিত হয়। উক্ত উদ্ভিদটি কী ধরনের টেট্রাপ্লয়েড উদ্ভিজ্জ কারণসহ বিবৃত করুন।
5. অ্যালোপলিপ্লয়েডী কত-ধরনের হয়? উদাহরণ সহ আলোচনা করুন।
6. পার্থক্য নির্ণয় করুন ঃ (a) অটোসিন্ডেসিস ও অ্যালোসিন্ডেসিস, (b) হোমোলগাস ও হোমিওলগাস ক্রোমোজোম, (c) বেসিক নাম্বার, (d) হ্যাপ্লয়েড নাম্বার।
7. নন্-ডিসজাংশন কাকে বলে? পলিপ্লয়েডে উদ্ভিদ সৃষ্টিতে এর গুরুত্ব কী?
8. কৃত্রিম উপায়ে পলিপ্লয়েড উদ্ভিদ সৃষ্টি সম্পর্কে সংক্ষিপ্ত বিবরণ দিন
9. নতুন প্রজাতি সৃষ্টিতে কোন ধরনের পলিপ্লয়েডি সক্রিয় ভূমিকা পালন করে? উদাহরণ সহ বিস্তৃত আলোচনা করুন।
10. ট্রিটিকোল কি?

8.9 উত্তরমালা

অনুশীলনী—1

1 (a) সরল গুণিতকে (b) n বা হ্যাপ্লয়েড (c) জিনোম, অটোটেট্রাপ্লয়েড (d) টেট্রাভ্যালেন্ট

2. (a) (iv); (b) (v); (c) (i); (d) (ii); (e) (iii)

অনুশীলনী—2

1. দু ধরনের - ইউপ্লয়েডী ও অ্যানিউপ্লয়েডী; 8.1 দেখুন
2. 8.2 দেখুন
3. 8.3 ও 8.4 দেখুন
4. সেগমেন্টাল অ্যালোটেট্রাপ্লয়েড; 8.4.2 দেখুন।
5. 8.4.1 ও 8.4.2 দেখুন
6. (a) 8.4.1 ও 8.4.2 দেখুন (b) 8.4.2 দেখুন (c) 8.7 দেখুন
7. 8.5 দেখুন
8. 8.6 দেখুন
9. অ্যালোপলিপ্লয়েডী; 8.7 দেখুন
10. 8.7 দেখুন

একক 9 ❑ ক্রোমোজোমের সাংখ্যিক পরিবর্তন ঃ অ্যানিউপ্লয়েডী

গঠন

9.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

9.2 সংজ্ঞা ও প্রকারভেদ

9.2.1 মনোজোমিক ও ডাবল মনোজেমিক

9.2.2 নালিজোমিক

9.2.3 ট্রাইজোমিক

9.2.4 ডাবল ট্রাইজোমিক

9.2.5 টেট্রাজোমিক

9.3 অ্যানিউপ্লয়েডীর গুরুত্ব

9.4 প্রশ্নাবলি

9.5 উত্তরমালা

9.1 প্রস্তাবনা

প্রস্তাবনা ঃ

আমরা পূর্ববর্তী এককে ইউপ্লয়েডী নিয়ে আলোচনা করেছি। বর্তমান এককটিতে আমাদের আলোচ্য বিষয় হ'ল অ্যানিউপ্লয়েডী। অ্যানিউপ্লয়েড উদ্ভিদ বা প্রাণীদেহে ক্রোমোজোম সংখ্যা উক্ত উদ্ভিদ বা প্রাণীদেহের হ্যাপ্লয়েড সংখ্যক ক্রোমোজোমের সরল গণিতকে থাকে না—পরিবর্তে ডিপ্লয়েড ক্রোমোজোম সংখ্যার থেকে একটি বা দুটি ক্রোমোজোম বৃদ্ধি বা হ্রাস পায়। যেমন 2n–1,2n+1, 2n–2 ইত্যাদি।

এই ধরনের সাংখ্যিক পরিবর্তন প্রকৃতিতে স্বাভাবিকভাবে অথবা কৃত্রিমভাবে ঘটানো যেতে পারে।

উদ্দেশ্য ঃ

এই এককটি পাঠ করলে আপনি—

- অ্যানিউপ্লয়েডীর প্রকারভেদ আলোচনা করতে সক্ষম হবেন।
- কিভাবে এধরনের উদ্ভিদ সৃষ্টি হয় তা ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- অ্যানিউপ্লয়েডীর গুরুত্ব অনুধাবন করতে পারবেন।

9.2 সংজ্ঞা ও প্রকারভেদ

ডিপ্লয়েড ক্রোমোজোম সংখ্যার থেকে একটি বা দুটি ক্রোমোজোম বৃদ্ধি বা হ্রাস পেলে তাকে অ্যানিউপ্লয়েডী বলে। একটি বা দুটি ক্রোমোজোম সংখ্যা বৃদ্ধি পেলে তাকে হাইপারপ্লয়েডী (hyper-ploidy) ও একটি বা দুটি ক্রোমোজোম সংখ্যা হ্রাস পেলে তাকে হাইপোপ্লয়েডী (hypoploidy) বলে।

সারণি 1 : বিভিন্ন ধরনের অ্যানিউপ্লয়েডী

অ্যানিউপ্লয়েডী (aneuploidy)

- হাইপোপ্লয়েডী (hypoloidy)
  - মনোজোমিক (monosomic) (2n – 1)
  - ডাবল মনোজোমিক (double monosomic (2n-1-1)
  - নালিজোমিক (nulisomic) (2n-2)
- হাইপারপ্লয়েডী (hyperploidy)
  - ট্রাইজোমিক (Trisomic) (2n+1)
  - ডাবল ট্রাইজোমিক (double Trisomic) (2n+1+1)
  - টেট্রাজোমিক (tetratosomic) (2n+2)

মিয়োসিসের প্রথম অ্যানাফেজ দশায় সমসংস্থ ক্রোমোজোমদ্বয় এবং মিয়োসিসের দ্বিতীয় অ্যানাফেজ ও মাইটোসিসের অ্যানাফেজ দশায় সিস্টার ক্রোমাটিডদ্বয় বিপরীত মেরুতে গমন করে। এই ঘটনাকে ডিস্‌জাংশন (disjunction) বলে। যদি কোনো কারণে সমসংস্থ ক্রোমোজোম অথবা সিস্টার ক্রোমাটিড দুটি বিপরীত মেরুতে গমন না করে একসঙ্গে একই মেরুর দিকে ধাবিত হয় তাকে নন্‌ ডিসজাংশন (non-disjunction) বলে। অস্বাভাবিক বন্টনের ফলে যে জনন কোষের সৃষ্টি হয় তাতে ক্রোমোজোম সংখ্যা বেশি (n+1) বা কম (n–1) থাকতে পারে। এই ধরনের একটি অস্বাভাবিক জনন কোষের সঙ্গে স্বাভাবিক জনন কোশের মিলনের ফলে বা দুটি অস্বাভাবিক জননকোষের মিলনের ফলে নানাপ্রকার অ্যানিউপ্লয়েডীর উদ্ভব হয়।

একটি সহজ উদাহরণের সাহায্যে ব্যাপারটা বোঝার চেষ্টা করা যেতে পারে। ধরা যাক, কোনো উদ্ভিদের 2n সংখ্যক ক্রোমোজোম হ'ল 2n = 12। মিয়োসিসের প্রথম অ্যানাফেজ দশায় 6টি বাইভ্যালেন্ট সঠিকভাবে দুই বিপরীত মেরুতে বণ্টিত হ'লে দুটি মেরুতে 6টি করে ক্রোমোজোম গমন করবে। এরফলে যে জননকোষগুলি সৃষ্টি হবে তারা প্রত্যেক n সংখ্যক (এক্ষেত্রে 6টি) ক্রোমোজোম পাওয়ার ফলে তারা

প্রত্যেকই স্বাভাবিক হবে। কিন্তু কোন কারণে 6টি বাইভ্যালেন্ট বা সমসংস্থ জোড়ার মধ্যে কোন একটি জোড়া যদি একই মেরুর দিকে ধাবিত হয় তবে একটি মেরুতে ক্রোমোজোম সংখ্যা হবে 7 (একটি বেশি) অর্থাৎ n + 1ও একটি মেরুতে ঐ সংখ্যা হবে 5 (একটি কম) অর্থাৎ n – 1। আর্থাৎ একটি জননকোষের ক্রোমোজোম সংখ্যা হবে n + 1, অন্যটির হবে n – 1। এখন এই n + 1 সংখ্যাক ক্রোমোজোম, সহ জননকোষটি স্বাভাবিক জননকোষের সঙ্গে (n) মিলিত হ'লে সৃষ্টি হবে 2n + 1 বা ট্রাইজোমিকের, n – 1 সংখ্যক ক্রোমোজোমসহ জননকোষটি স্বাভাবিক জননকোষের (n) সঙ্গে মিলিত হ'লে সৃষ্টি হবে মনোজোমিক (2n – 1) এর সুতরাং নন ডিস্‌জাংশন (non-disjunction) ঘটনাটি যে অ্যানিউপ্লয়েডীর সৃষ্টির জন্য দায়ী সে সম্বন্ধে দ্বিমত থাকার কোনো কথা নেই।

9.2.1 মনোজোমিক (2n –1) ও ডাবল মনোজোমিক (2n – 1 –1)

কোনো জীবের দেহকোষে একটি ক্রোমোজোম অনুপস্থিত থাকলে তাকে মনোজোমিক (2n–1) বলে। যদি কোনো জীবের দেহকোষে দুটি ভিন্ন সমসংস্থ জোড়ার প্রতিটির একটি করে ক্রোমোজোম অনুপস্থিত থাকে (2n – 1–1) তাহলে তাকে দ্বিমনোজোমিক বা ডাবল্ মনোজোমিক বলে। নন্ ডিসজাংশনের ফলে সৃষ্ট একটি (n–1) ক্রোমোজোম সম্পন্ন গ্যামেটের সঙ্গে একটি n সংখ্যক ক্রোমোজোম সম্পন্ন গ্যামেটের মিলনের ফলে সৃষ্টি হয় মনোজোমিকের অর্থাৎ (n) x (n–1) = (2n–1)। কোনো মনোজোমিক জীব মিয়োসিসের প্রথম মেটাফেজ দশায় (n–1) সংখ্যক বাইভ্যালেন্ট ও একটি মনোভ্যালেন্ট গঠন করে থাকে। অর্থাৎ কোনো ডিপ্লয়েড উদ্ভিদের ক্রোমোজোম সংখ্যা 2n = 12 হলে উক্ত ডিপ্লয়েড উদ্ভিদের মনোজোমিকের মোট ক্রোমোজোম সংখ্যা হবে 11(2n – 1 = 12 – 1 = 11)। উক্ত মনোজোমিকের বাইভ্যালেন্টের সংখ্যা হবে n–1 অর্থাৎ 6–1=5টি এবং একটি ক্রোমোজোম একা পড়ে থাকবে। বেশির ভাগ ক্ষেত্রেই মনোভ্যালেন্ট ক্রোমোজোমটি যে কোনো একটি মেরুতে গমন করে। তার ফলে মনোজোমিক উদ্ভিদের দু ধরনের গ্যামেট দেখতে পাওয়া যায় —স্বাভাবিক গ্যামেট (n সংখ্যক ক্রোমোজোম সহ) ও অস্বাভাবিক গ্যামেট (n – 1 সংখ্যক ক্রোমোজোম সহ)।

9.2.2 নালিজোমিক (2n – 2)

একটি সমসংস্থ ক্রোমোজোম জোড়া (bivalent) যদি কোনো উদ্ভিদে অনুপস্থিত থাকে (2n–2) তাহলে তাকে নালিজোমিক বলে। মনোজোমিক উদ্ভিদের স্বপরাগযোগ ঘটিয়ে নালিজোমিকের সৃষ্টি করা হয়। আমরা আগেই আলোচনা করেছি যে মনোজোমিক উদ্ভিদ দু ধরনের অর্থাৎ n ও (n – 1) গ্যামেট তৈরি করে। দুটি (n – 1) সংখ্যক ক্রোমোজোম সম্পন্ন গ্যামেট (যার দুটিতে একই ক্রোমোজোম জোড়ার কোনো একটি অনুপস্থিত) মিলনের ফলে তৈরি হয় নালিজোমিক।

একটি সমসংস্থ ক্রোমোজোম জোড়া (bivalent) অনুপস্থিত থাকায় নালিজোমিক উদ্ভিদ মিয়োসিস বিভাজনের প্রথম মেটাফেজ দশায় (n–1) সংখ্যক বাইভ্যালেন্ট গঠন করবে ও প্রতিটি জননকোষ বা

গ্যামেটের ক্রোমোজোম সংখ্যা হবে n–1 সংখ্যক। নালিজোমিক উদ্ভিদ সাধারণত পূর্ণাঙ্গ অবস্থা প্রাপ্ত হওয়ার আগেই মারা যায়। কিন্তু যদি কোনো কারণে বেঁচে থাকে তাহলে তা উদ্ভিদ বিজ্ঞানীর কাছে খুবই গুরুত্বপূর্ণ। কোনো ক্রোমোজোমে কোন বৈশিষ্ট্যের জন্য জিন (gene) আছে নালিজোমিক উদ্ভিদের পর্যবেক্ষণের মাধ্যমে আমরা তা বুঝতে পারি।

9.2.3 ট্রাইজোমিক (Trisomic 2n+1)

কোন ডিপ্লয়েড উদ্ভিদ বা প্রাণীদেহে স্বাভাবিক ক্রোমোজোম সংখ্যার (অর্থাৎ উক্ত জীবদেহের 2n সংখ্যক ক্রোমোজোম) অতিরিক্ত একটি ক্রোমোজোম বর্তমান থাকলে তাকে ট্রাইজোমিক (2n+1) বলে। নন্-ডিসজাংশন (non-disjunction) এর ফলে সৃষ্ট (n+1) সংখ্যক ক্রোমোজোম সম্পন্ন জননকোষের সঙ্গে কোনো স্বাভাবিক জননকোষের (n) মিলনের ফলে সৃষ্টি হয় ট্রাইজোমিক অর্থাৎ (n+1) x (n) = (2n+1)।

ট্রাইজোমিক উদ্ভিদে উপস্থিত অতিরিক্ত ক্রোমোজোমটির প্রকৃতি বা স্বরূপ অনুযায়ী আমরা ট্রাইজোমিককে তিনভাগে ভাগ করতে পারি—

(1) প্রাথমিক ট্রাইজোমিক বা Primary Trisomic : যে দুটি ক্রোমোজোম নিয়ে একটি সমসংস্থ ক্রোমোজোমদ্বয় বা homologus chromosome গঠিত অতিরিক্ত ক্রোমোজোমটি তার যে কোনো একটির সদৃশ্য হল তাকে আমরা প্রাথমিক ট্রাইজোমিক বলি। এর ফলে প্রাথমিক ট্রাইজোমিকের মিয়োসিস বিভাজনের প্রথম মেটাফেজ দশায় অতিরিক্ত ক্রোমোজোমটির সঙ্গে যে সমসংস্থ ক্রোমোজোম জোড়ার সাদৃশ্য আছে তার পাশে এসে অবস্থান করে একটি ট্রাইভ্যালেন্ট (trivalent) গঠন করে। অর্থাৎ প্রাথমিক ট্রাইজোমিকের প্রথম মেটোফেজ দশায় আমরা (n–1) সংখ্যক বাইভ্যালেন্ট ও একটি ট্রাইভ্যালেন্ট দেখতে পাব। এরা সাধারণত দু-ধরনের (n) ও (n+1) সংখ্যক ক্রোমোজোম সম্পন্ন জননকোষ তৈরি করে।

(2) গৌণ ট্রাইজোমিক (Secondary Trisomic) ঃ কোনো সমসংস্থ ক্রোমোজোমদ্বয়ের যেকোনো একটি ক্রোমোজোমের সেন্ট্রোমিয়ারের সঠিক বিভাজন না হওয়ার ফলে (misdivision of Centromere) সৃষ্টি হয় একটি আইসোক্রোমোজোম (isochromisome) এর যার দুটি বাহুই জিনগত দিক দিয়ে অনুরূপ বা indentical। গৌণ ট্রাইজোমিকের অতিরিক্ত ক্রোমোজোমটি হ'ল এরূপ একটি আইসোক্রোমোজোম।

(3) টারশিয়ারি ট্রাইজোমিক (tertiary trisomic) ঃ দুটি নন-হোমোলোগাস বা অসমসংস্থ ক্রোমোজোমের মধ্যে পারস্পরিক বা reciprocal ট্রান্সলোকেশন এর মাধ্যমে সৃষ্ট ক্রোমোজোমটি যদি কোনো ট্রাইজোমিকের অতিরিক্ত ক্রোমোজোম হয় তবে তাকে টারশিয়ারি ট্রাইজোমিক বলে।

বেশ কয়েকটি উদ্ভিদে ট্রাইজোমিক পরিলক্ষিত হয়, আলফ্রেড ব্লেক্স্লী (Alfred Blakeslee, 1920) ধুতরা গাছের (Datura stramonium) মোট বারো প্রকার বিভিন্ন ট্রাইজোমিকের অস্তিত্বের প্রমাণ দেখিয়েছেন। এই বারো ট্রাইজোমিকের প্রত্যেকটি একটি বিশেষ ফিনোটাইপিক বৈশিষ্ট্যের সঙ্গে

অঙ্গাঙ্গীভাবে সম্পর্কযুক্ত। ব্লেকস্লী দেখিয়েছেন যে ধুতুরাতে বিভিন্ন সমসংস্থ জোড়ার ক্রোমোজোমের ট্রাইজোমিকের জন্য ধুতুরাফুলের ত্বক ও আকৃতি বিভিন্ন হয় (চিত্র 9.1)।

চিত্র 9.1 : ধুতুরার *(Datura stramonium)* স্বাভাবিক ফল ও 12টি ভিন্ন ট্রাইজোমিকে প্রাপ্ত ফলের চিত্র। প্রতিটি ফল অন্য ফলের থেকে অঙ্গ সংস্থানগত দিক থেকে পৃথক।

প্রাণীদেহে ট্রাইজোমিক অবস্থা সাধারণত খুব একটা বেশি দেখা যায় না কারণ একটি ক্রোমোজোম বেশি থাকার ফলে ভ্রূণ অবস্থাতেই বেশিরভাগ প্রাণীর বিনাশ ঘটে। মানবদেহে অবশ্য ক্রোমোজোম 21 এর ট্রাইজোমিক অবস্থা আমরা দেখতে পাই। যে সমস্ত হতভাগ্য মানবশিশু ক্রোমোজোম 21 এর

ট্রাইজোমি নিয়ে জন্মগ্রহণ করে তারা মানসিক জড়বুদ্ধি সম্পন্ন হয় এবং একে Down's syndrome (ডাউনস্ সিন্ড্রোম) বলে। সাধারণত এরা বেশি দিন বাঁচে না।

9.2.4 দ্বিট্রাইজোমিক বা ডাবল্ ট্রাইজোমিক (2n+1+1)

যদি কোনো জীবদেহের দেহকোষে দুটি ভিন্ন সমসংস্থ জোড়ার প্রতিটির একটি করে ক্রোমোজোম বেশি থাকে তখন তাকে দ্বিট্রাইজোমিক বা double ট্রাইজোমিক (2n+1+1) বলে।

9.2.5 টেট্রাইজোমিক (2n+2)

কোনো ডিপ্লয়েড উদ্ভিদে যদি একটি সমসংস্থ ক্রোমোজোম জোড়া অতিরিক্ত থাকে তখন তাকে টেট্রাজোমিক (2n+1) বলে। আমরা এর আগেই আলোচনা করেছি যে ট্রাইজোমিক উদ্ভিদ দু ধরনের জননকোষ তৈরি করে (n) ও (n+1)। দুটি (n+1) সংখ্যক ক্রোমোজোম সম্পন্ন জননকোষের মিলনের ফলে সৃষ্টি হয় ডাবল ট্রাইজোমিক (2n+1+1) অথবা টেট্রাজোমিক (2n+2)।

যে দুটি (n+1) সংখ্যক ক্রোমোজোম সম্পন্ন জননকোষ মিলিত হয় তার অতিরিক্ত ক্রোমোজোমগুলি একই সমসংস্থ জোড়ার একটি হয় তবে তাদের মিলনের ফলে তৈরি হয় টেট্রাজোমিকের আর যদি তারা ভিন্ন সমসংস্থ জোড়ার একটি করে হয় তবে তাদের মিলনের ফলে সৃষ্টি হয় ডাবল ট্রাইজোমিকের।

একটি টেট্রাজোমিক উদ্ভিদের মিয়োসিসের প্রথম মেটাফেজ দশায় (n–1) সংখ্যক বাইভ্যালেন্ট ও একটি টেট্রাভ্যালেন্ট (কারণ অতিরিক্ত ক্রোমোজোমদ্বয়ের যে সমসংস্থ জোড়ার সঙ্গে সাদৃশ্য আছে তার পাশে গিয়ে জোড় বাঁধবে) গঠন করে। এর ফলে অধিকাংশ জননকোষই অনুর্বর হয়।

9.3 অ্যানিউপ্লয়েডীর গুরুত্ব

1. বিভিন্ন ধরনের অ্যানিউপ্লয়েড লিংকেজ গ্রুপ (Linkage group) ও কোনো বিশেষ বৈশিষ্ট্যের জন্য জিন্ (gene) কোন ক্রোমোজোমে আছে তা নির্ধারণ করতে ব্যবহার করা হয়। তামাক, গম, প্রভৃতি উদ্ভিদের লিংকেজ গ্রুপ নির্ধারণ করার জন্য উদ্ভিদদ্বয়ের নালিজোমিক, মনোজোমিক ও ট্রাইজোমিকের সাহায্য নেওয়া হয়েছে।

   উদ্ভিদ সুপ্রজননবিদ সিয়ারস (sears) গম গাছের চাইনিজ স্প্রিং (Chinese spring) নামের জাতটিতে 21টি বিভিন্ন ধরনের (n=21) নালিজোনিক তৈরি করতে সক্ষম হ'ন।— এই নালিজোমিক উদ্ভিদগুলির বিশ্লেষণের সাহায্যে সিয়ারস্ কয়েকটি ক্রোমোজোম কয়েকটি জিনের অবস্থান নিরূপণ করতে সক্ষম হ'ন। উক্ত জাতের 16তম নালিজোমিকের জাতটির দানা সাদা হয় কিন্তু ডিপ্লয়েড উদ্ভিদে 16তম সমসংস্থ ক্রোমোজোম জোড়ার উপস্থিতিতে

দানার রং হয় লাল। এইভাবে উনি প্রমাণ করেন উক্ত জাতের দানার লাল রং নির্ধারণকারী জিন 16তম ক্রোমোজোমে বর্তমান।

2. অ্যানিউপ্লয়েড সাধারণত ডিপ্লয়েড উদ্ভিদ অপেক্ষা দুর্বল হয়, ডিপ্লয়েড প্রজাতিতে অ্যানিউপ্লয়েড সৃষ্টি হলে অধিকাংশ ক্ষেত্রে বেঁচে থাকতে সক্ষম না হলেও পলিপ্লয়েড প্রজাতিতে এঁদের বেঁচে থাকার ক্ষমতা থাকে। গম গাছে 21 ধরনের নালিজোমিক পাওয়া গেলেও তামাকে নালিজোমিক ট্রাইজোমিক পাওয়া সম্ভব হয়েছে। এই সমস্ত ট্রাইজোমিকের অংগসংস্থানগত বিভিন্ন বৈশিষ্ট্যে পার্থক্য পরিলক্ষিত হয়। একটি ক্রোমোজোমের ঘাটতি হ'লে বা যুক্তিকরণ ঘটলে উক্ত উদ্ভিদের অংগসংস্থানগত বৈশিষ্ট্যের পরিবর্তন ঘটবে, তা জানা সম্ভব।

3. **নতুন প্রজাতির উদ্ভব বা speciation :** আমরা পূর্ববর্তী এককে অ্যালোপলিপ্লয়েডীর নতুন প্রজাতির উদ্ভবের ভূমিকা নিয়ে আলোচনা করেছি। অ্যানিউপ্লয়েডীর কিছুটা হলেও নতুন প্রজাতির উদ্ভবে গুরুত্ব আছে। যে সমস্ত গাছ অঙ্গজ জনন পদ্ধতিতে বংশবিস্তার করে তাদের কয়েকটিতে যেমন Crepis ও Carex-এ নতুন প্রজাতি সৃষ্টিতে অ্যানিউপ্লয়েডীর গুরুত্ব স্বীকৃত।

4. **উদ্ভিদ প্রজনন বিদ্যা (Plant Breeding) :** উদ্ভিদ প্রজননবিদ্যায় অ্যানিউপ্লয়েডী ব্যবহার করা হয়ে থাকে। কোনো একটি উদ্ভিদের একটি ক্রোমোজোম প্রতিস্থাপন করার জন্য অ্যানিউপ্লয়েড ব্যবহার করা হয়। এই ক্রোমোজোম প্রতিস্থাপনের ফলে কয়েকটি উদ্ভিদের ফলন ও রোগ দমনকারী শক্তি বৃদ্ধি করা সম্ভব হয়েছে। এক বা একাধিক ক্রোমোজোম বা সমসংস্থ ক্রোমোজোমকে একটি জাত থেকে অন্য জাতে স্থানান্তরিত করার পদ্ধতিটাকে ক্রোমোজোম প্রতিস্থাপন বলে। নালিজোমিক ও মনোজোমিক এর সাহায্য নিয়ে ক্রোমোজোম প্রতিস্থাপন করা হলেও ক্রোমোজোম প্রতিস্থাপনের জন্য মনোজোমিকের ব্যবহারই শ্রেয়।

5. **গমের (Triticum aestivum) :** A, B, ও D জিনোমের অন্তর্গত ক্রোমোজোম সমূহের সাদৃশ্য বা হোমিওলজি নির্ণয় করার জন্য অ্যান্টিপ্লয়েডের সাহায্য নেওয়া হয়েছে। B অথবা D জিনোমের অন্তর্গত কোনো একটি ক্রোমোজোমের ঘাটতি হলে A জিনোমের সেই ক্রোমোজোমটি ঘাটতি পূর্ণ করতে সক্ষম হয়। যেমন B জিনোমের অন্তর্গত 2 নং ক্রোমোজোমের টেট্রাজোমিক অবস্থা A অথবা D জিনোমের 2 নং ক্রোমোজোমের নালিজোমিক অবস্থার জন্য যে অসুবিধা ঘটে থাকে তাকে সামাল দিতে সাহায্য করে।

9.4 প্রশ্নাবলি

(1) ইউপ্লয়েডী ও অ্যানিউপ্লয়েডীর পার্থক্য কী?

(2) ননডিস্‌জাংশন কাকে বলে? অ্যানিউপ্লয়েড উদ্ভিদ সৃষ্টিতে এর ভূমিকা আলোচনা করুন।

(3) পার্থক্য নির্দেশ করুণ ঃ (a) মনোজোমিক ও ডাবল মনোজোমিক, (b) ট্রাইজোমিক ও ডাবল ট্রাইজোমিক (c) নালিজোমিক ও টেট্রাজোমিক

(4) অতিরিক্ত ক্রোমোজোমের প্রকৃতি অনুযায়ী ট্রাইজোমিককে কয়ভাগে ভাগ করা যায়? বিস্তারিত আলোচনা করুন।

(5) Down's syndroms (ডাউনস্ সিনড্রোম) এর কারণ ব্যাখ্যা করুন।

(6) মনোজোমিক, নালিজোমিক, ট্রাইজোমিক ও টেট্রাজোমিক উদ্ভিদের মিয়োসিস বিভাজনের প্রথম মেটাফেজ দশার ক্রোমোজোম বিন্যাস সম্পর্কে কারণ সহ বর্ণনা দিন।

(7) অ্যানিউপ্লয়েডীর গুরুত্ব নিয়ে সংক্ষেপে আলোচনা করুন।

9.5 উত্তরমালা

1. 9.1 দেখুন
2. 9.2 দেখুন
3. (a) 9.2.1 দেখুন

   (b) 9.2.3 দেখুন ও 9.2.4 দেখুন

   (c) 9.2.2দেখুন ও 9.2.5 দেখুন
4. 9.2.3 দেখুন
5. 9.2.3 দেখুন
6. 9.2.1, 9.2.2, 9.2.3 ও 9.2.5 দেখুন
7. 9.7 দেখুন

EBT-09

BLOCK–02

একক 10 □ জিনের গঠন সম্পর্কিত আধুনিক ধারণা (Modern Concept of Gene)

গঠন

10.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

10.2 এক জিন — এক উৎসেচক প্রকল্প

10.2.1 নিউরোস্পোরায় মিউটেশন সংক্রান্ত গবেষণা

10.3 এক জিন—এক পলিপেপটাইড প্রকল্প

10.3.1 Salmonella-এর ট্রিপটোফ্যান সংশ্লেষ

10.4 জিনের সূক্ষ্ম গঠন বিশ্লেষণ

10.4.1 ব্যাকটেরিওফাজ T_4-এর জিনতন্ত্র

10.4.2 rII মিউট্যান্ট ফাজের পুনর্সংযোগ পরীক্ষা

10.4.3 T_4 ফাজের r^+ জিনের মানচিত্র

10.4.4 ম্যাপ একক ও নিউক্লিওটাইডের মধ্যে সম্পর্ক

10.5 জিনের এককসমূহ

10.5.1 সিসট্রন

10.5.2 রেকন

10.5.3 মিউটন

10.6 সারাংশ

10.7 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

10.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

প্রস্তাবনা

বিগত এক শতাব্দী ধরে জীব বিজ্ঞানের জগতে যে পরিবর্তন বা অগ্রগতি সাধিত হয়েছে তা অনেকাংশে আমাদের জিন সম্পর্কিত ধারণার পরিবর্তনের সঙ্গে সমানুপাতিক। মেন্ডেলের গবেষণা থেকে আমরা জেনেছি যে কোষের অভ্যন্তরে স্থিত স্বাধীন, স্বতন্ত্র ও সুনির্দিষ্ট কিছু "উপাদান" সুনির্দিষ্ট কিছু

বৈশিষ্ট্যের জন্য দায়ী। উপাদানগুলিকে "জিন" নামে অভিহিত করার সঙ্গে সঙ্গে এও আমরা জানতে পারি যে জিনের ভৌত আধার হল ক্রোমোজোম। মরগ্যান ও তাঁর সহযোগীরা দেখাতে সক্ষম হন যে ক্রোমোজোমের সুনির্দিষ্ট অংশেই সুনির্দিষ্ট একটি জিনের অবস্থান এবং বংশানুক্রমিকভাবে একটি বিশেষ জিনের ঠিকানা নির্দিষ্ট। গ্রিফিথ, আভেরি, হার্শে ও চেজ ইত্যাদি জীববিজ্ঞানীদের গবেষণা আমাদের জানিয়েছে যে জিনের আধার হল ডি-অক্সি-রাইবোনিউক্লিক অ্যাসিড বা DNA। ওয়াটসন এবং ক্রিক DNA-এর ভৌত ও রাসায়নিক গঠন সম্পর্কিত যাবতীয় ধাঁধার জবাব দিয়েছেন এবং হদিস দিয়েছেন কীভাবে এই অণু বংশান্তরে সংবাদ পরিবহন করে নিয়ে যায়।

যদিও জীববিজ্ঞানের অগ্রগতিতে এই অবদানসমূহ মাইলফলকরূপে চিহ্নিত হবার দাবি রাখে কিন্তু এই ফলাফল লব্ধ তত্ত্বগুলির মধ্যে কোনটিই জিন কীভাবে কাজ করে তার হদিশ দিতে পারে না। বর্তমান পরিচ্ছেদে আমরা এই বিষয়ে আলোকপাত করতে চেষ্টা করব।

উদ্দেশ

এই অধ্যায়টি পাঠ করে আপনি জানতে পারবেন—

- এক জিন—এক উৎসেচক প্রকল্প কী?
- এক জিন—এক পলিপেপটাইড প্রকল্প কী?
- বেনজের (Benzer) প্রকল্পিত জিন সংক্রান্ত আধুনিক তত্ত্ব এবং জিন-গবেষণায় উপরিউক্ত প্রকল্পগুলির গুরুত্ব কী?

10.2 এক জিন-এক উৎসেচক প্রকল্প (One Gene one Enzyme hypothesis)

জিনের কাজ করার ধরন সম্পর্কে প্রথমবার গুরুত্ব দিয়ে ভাবার মতো কথা বলেছিলেন স্কটল্যান্ডবাসী চিকিৎসক আর্চিবল্ড গ্যারড (Archibold Garrod)। 1908 খ্রিস্টাব্দে তিনি দেখান যে অ্যালকাপটোনিউরিয়া (Alcaptonuria) নামক রোগে ভোগা ব্যক্তিদের মূত্র কালো হয় কেন না মূত্র বাতাসের সংস্পর্শে এলেই জারিত হয়ে যায়। এর কারণ হল মূত্র সৃষ্টির সময় দুটি অ্যামাইনো অ্যাসিড, যথাক্রমে ফিনাইলঅ্যালানিন (phenylalanine) ও টাইরোসিন (tyrosine) সরলীকরণের কোনো একটি ধাপে হোমোজেন্টিসিক অ্যাসিড (homogentisic acid) উৎপাদিত হয়। স্বাভাবিক মানুষের দেহে এই পদার্থটির অপচিতি বিপাকের ফলে অ্যাসিটোঅ্যাসিটিক অ্যাসিড (acetoacetic acid) উৎপাদিত হয়। কিন্তু অ্যালকাপটোনিউরিয়া রোগির ক্ষেত্রে এই অপচিতি বিপাকের জন্য দায়ী উৎসেচকটি অনুপস্থিত। গ্যারড রোগির রক্তে ওই সুনির্দিষ্ট উৎসেচকের অনুপস্থিতি দেখিয়ে প্রমাণ করতে চাইলেন যে একটি জিনগত ত্রুটি একটি উৎসেচকের অনুপস্থিতির সঙ্গে সম্পর্কিত। যেহেতু অ্যালকাপটোনিউরিয়া একটি জন্মগত রোগ সেহেতু গ্যারড এটিকে অভিহিত করলেন "জন্মগত বিপাকজনিত ত্রুটি (in born error of metaboliosm)" রূপে। গ্যারডের এই পর্যবেক্ষণ পরবর্তী প্রায় তিনদশক তেমন গুরুত্ব পায় নি। 1904-এর দশকে জর্জ

বিডল এবং এডওয়ার্ড ট্যাটাম (George Beadle and Edward Tatum) ক্যালিফোর্নিয়া ইনসটিটিউট অফ টেকনোলজির গবেষণাগারে গ্যারডের কাজকে দৃঢ় বৈজ্ঞানিক ভিত্তির উপর দাঁড় করাতে সক্ষম হন।

10.2.1 Neurospora sp.-এর মিউটেশন সংক্রান্ত গবেষণা

বিডল ও ট্যাটামের গবেষণার উপাদান ছিল Neurospora (নিউরোস্পোরা) নামক অ্যাসকোমাইসিটিস শ্রেণিভুক্ত ছত্রাক। স্বাভাবিক অবস্থায় নিউরোস্পোরাকে গবেষণাগারে অত্যন্ত সাধারণ কৃষ্টি মাধ্যমে (culture medium) একটি শর্করা, অজৈব কিছু লবণ এবং বায়োটিক নামক ভিটামিনের উপস্থিতিতে বৃদ্ধি ঘটানো যায়। এতে প্রমাণ হয় ছত্রাকটির বিপাকক্রিয়ার জন্য প্রয়োজনীয় উপাদানগুলির প্রায় সবগুলিই ছত্রাকদেহেই সংশ্লেষিত হয়। বিডল ও ট্যাটামের যুক্তি ছিল এই যে, কোনো একটি উৎসেচকের অভাবই Neurospora-এর সরল কৃষ্টি মাধ্যমে জন্মানোর ঘটনাটিকে প্রভাবিত করতে পারে। তাঁদের পরীক্ষার একটি সরলীকৃত রূপ চিত্র 10.1-এ প্রদর্শিত হল।

চিত্র 10.1 ঃ বিডল ও ট্যাটামের পরীক্ষার চিত্ররূপ

পরীক্ষার ক্রমটি নিম্নরূপ—

1. নিউরোস্পোরার কনিডিয়াগুলি X-ray দ্বারা বিকিরিত করা হল।
2. বিকিরিত কনিডিয়াগুলির মধ্যে কেবল সংযোজিত মাধ্যমে যেগুলি জন্মাতে পারে সেগুলি বাছা হল।
3. এদের অ্যাসকোরেণু সংগৃহীত হল এবং তাদের মধ্যে যেগুলি সংযোজিত মাধ্যমে জন্মায় সেগুলি বাছা হল।
4. মাধ্যমের মধ্যে কোন বস্তুটি প্রয়োজনীয় তা দেখা হল। এক্ষেত্রে দেখা যাচ্ছে ভিটামিনের অভাবে ছত্রাকটি জন্মাতে পারে না।
5. কোন ভিটামিন দরকারি তা দেখার জন্য আলাদা আলাদা ভিটামিন দিয়ে সংযোজিত মাধ্যম তৈরি করা হল। দেখা যাচ্ছে প্যান্টোথেনিক অ্যাসিডের অভাবে ছত্রাকটি জন্মাতে পারছিল না।

(a) Neurospora sp.-এর wild type ন্যূনতম কৃষ্টি মাধ্যমে (Minimal medium) জন্মাতে পারে। এই ছত্রাকটি কনিডিয়া উৎপাদন করে অযৌন উপায়ে বংশবৃদ্ধি করে।

(b) কনিডিয়া X-ray দ্বারা বিকিরিত করলে যে মিউটেশণ পাওয়া যায় সেটি কিন্তু ন্যূনতম মাধ্যমে জন্মাতে অক্ষম কিন্তু সংযোজিত (Supplemented) মাধ্যমে জন্মাতে পারে। সংযোজিত মাধ্যমে ন্যূনতম উপাদানগুলি ছাড়া অন্য কিছু যুক্ত করতে হয় তা ভিটামিন বা অ্যামাইনো অ্যাসিড বা শর্করা বা এর সবগুলিই হতে পারে।

(c) এই মিউট্যান্ট বা পরিব্যক্ত ছত্রাকদেহে যখন অ্যাসকোস্পোর (ascospore) সৃষ্ট হয় তখন মিয়োসিস এবং মাইটোসিসের ফলে অ্যাসকাস প্রতি আটটি অ্যাসকোস্পোর পাওয়া যায়, যার মধ্যে এক বা একাধিক অ্যাসকোস্পোর অবশ্যই মিউটেশনটির বাহক। সেটি বা সেগুলিকে শনাক্ত করার জন্য অ্যাসকোস্পোরগুলিকে ন্যূনতম কৃষ্টি মাধ্যমে এবং সংযোজিত কৃষ্টি মাধ্যমে বাড়তে দেওয়া হয়।

(d) পূর্বেই অনুমিত হয়েছিল যে মিউট্যান্ট বা পরিব্যক্ত স্পোরগুলি কেবলমাত্র সংযোজিত মাধ্যমেই জন্মাতে পারে—ন্যূনতম মাধ্যমে নয়। এই সংযোজিত মাধ্যমে, ধরা যাক, অ্যামাইনো অ্যাসিডগুলি এবং Vitamin B Complex-এর উপাদানগুলি সংযোজিত আছে। তাহলে বোঝা যাচ্ছে যে বিকিরণের ফলে ছত্রাকটির হয় অ্যামাইনো অ্যাসিড সংশ্লেষের ক্ষমতা নয়তো B Complex সংশ্লেষের ক্ষমতা নষ্ট হয়ে গেছে।

(e) উপাদানটি সঠিকভাবে জানার জন্য ওই ছত্রাকটিকে সংযোজিত মাধ্যম থেকে যথাক্রমে (i) ভিটামিন সংযোজিত ন্যূনতম মাধ্যম এবং (ii) অ্যামাইনো অ্যাসিড সংযোজিত মাধ্যমে স্থানান্তরিত করা হল। দেখা গেল ছত্রাকটি কেবল ভিটামিন সংযোজিত মাধ্যমে জন্মাতে পারে। অর্থাৎ ওই বিশেষ অ্যাসকোরেনুতে ভিটামিন সংশ্লেষী জিনের মিউটেশন ঘটেছিল।

(f) Vitamin B Complex-এর ঠিক কোনটির জন্য এই মিউটেশন তা জানার উপায় হল ওই

বিশেষ ছত্রাককে এমন কৃষ্টি মাধ্যমে স্থানান্তরিত করা যাতে Vitamin B Complex-এর উপাদানসমূহ এককভাবে অনুপস্থিত। অর্থাৎ বোঝা যায় যে এই বিশেষ মিউট্যান্ট বা পরিব্যক্ত প্রকরণটির ক্ষেত্রে প্যান্টোথেনিক অ্যাসিড সৃষ্টির জন্য দায়ি উৎসেচকটির ক্রিয়া বাধাপ্রাপ্ত হয়েছে।

বিডল ও ট্যাটাম তাঁদের প্রথম পরীক্ষায় দুটি ভিন্ন ভিন্ন মিউট্যান্ট-এর সন্ধান পেয়েছিলেন—একটির জন্য pyridoxine (ভিটামিন B_6) ও অপরটির জন্য thiamine (ভিটামিন B_1) দরকার ছিল। পরবর্তীকালে প্রায় 10,000 অ্যাসকোস্পোর পরীক্ষা করে বহুসংখ্যক মিউট্যান্ট পাওয়া যায় যাদের প্রতিটিই কোনো না কোনো উৎসেচক সৃষ্টিতে অক্ষম।

উপরোক্ত পরীক্ষা প্রমাণ করে যে একটি উৎসেচক সৃষ্টির জন্য প্রয়োজনীয় "সংবাদ" একটি জিন দ্বারা বাহিত হয় এবং পরিব্যক্তি বা মিউটেশনের ফলে এই জিনের পরিবর্তন ঘটলে উৎসেচকটির ক্রিয়াও বাধাপ্রাপ্ত হয়। বিডল এবং ট্যাটম এর সিদ্ধান্ত এক জিন—এক উৎসেচক প্রকল্প রূপে পরিচিত। এই অবদানের জন্য তাঁরা 1958 খ্রিস্টাব্দে নোবেল পুরস্কারে ভূষিত হন।

অনুশীলনী 1

1. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির সংক্ষিপ্ত উত্তর দিন ঃ

(a) কোনো ছত্রাক যদি ন্যূনতম মাধ্যমে জন্মাতে পারে তাহলে সেটি ছত্রাকের কোন ধর্মের পরিচায়ক?

(b) কোনো ছত্রাক যদি ন্যূনতম মাধ্যমে জন্মাতে অক্ষম হয় কিন্তু অ্যালনিন সংযোজিত মাধ্যমে জন্মায় তাহলে কী প্রমাণ হয়?

(c) ধরা যাক বিকিরণের প্রভাবে কোনো ছত্রাকে নিয়াসিন নামক ভিটামিন সৃষ্টির ক্ষমতা নষ্ট হয়েছে। ছত্রাকটিকে শনাক্ত করার জন্য কোন ধরনের মাধ্যম দরকার?

(d) অ্যালক্যাপটোনিউরিয়া রোগকে কোন বিশেষ উৎসেচকের অভাবরূপে চিহ্নিত করা যায়?

(e) বিডল ও ট্যাটামের তত্ত্বটিকে এক জিন — এক উৎসেচক তত্ত্ব বলা হয় কেন?

10.3 এক জিন—এক পলিপেপটাইড প্রকল্প (One Gene—One Polypeptide Hypothesis)

বিডল ও ট্যাটামের এক জিন—এক উৎসেচক তত্ত্ব এই সত্যর উপর দাঁড়িয়ে আছে যে, একটি মিউটেশন বা পরিব্যক্তি একটি জিনের পরিবর্তন ঘটাতে পারে এবং যেহেতু একটি মিউটেশন একটি উৎসেচকের ক্রিয়ায় বাধা দান করে সেহেতু একটি জিন হল একটি উৎসেচক সংশ্লেষকারী একক। কিন্তু একটি উৎসেচক একটি মাত্র জিন দ্বারা নির্ধারিত এমন তো নাও হতে পারে। যদি একটি উৎসেচক দুই বা ততোধিক একক দ্বারা গঠিত হয় তাহলে প্রকল্পটিকে ততটা সরলভাবে ব্যাখ্যা করা সম্ভব কি? এই প্রশ্নের উত্তর খোঁজার জন্য আমরা একবার ছত্রাক থেকে ব্যাকটেরিয়ার দিকে দৃষ্টি ফেরাই।

10.3.1 Salmonella-এর ট্রিপটোফ্যান সংশ্লেষ (Tryptophan Synthesis in Salmonella)

চিত্র 10.2-তে Salmonella নামক ব্যাকটেরিয়ায় tryptophan নামক অ্যামাইনো অ্যাসিড সংশ্লেষের জৈব-রাসায়নিক পথটি দেখানো হয়েছে। দেখা যাচ্ছে যে এই পথের অন্তিমে ট্রিপটোফ্যান সিনথেটেজ (Tryptophan Synthetase) নামক উৎসেচকটি ক্রিয়াশীল। এই উৎসেচকটির দুটি উপ-একক আছে। একটিকে বলতে পারি TrpA যা trpA জিন দ্বারা বার্তাবাহিত, অপরটি TrpB যা trpB জিন দ্বারা বার্তাবাহিত। দেখা যায় যে trpA মিউট্যান্টগুলির কৃষ্টি মাধ্যমে ইন্ডোল ও ট্রিপটোফ্যান, উভয় যৌগের উপস্থিতি আবশ্যক। trpB মিউট্যান্টগুলি ইন্ডোল বিহীন মাধ্যমেও জন্মাতে পারে কিন্তু ট্রিপটোফ্যানবর্জিত মাধ্যমে এদের বৃদ্ধি সম্ভব নয়। অথচ মজার কথা হল মিউটেশন trpA অথবা trpB-যে জিনস্তরেই হয়ে থাকুক না কেন, ট্রিপটোফ্যান সিনথেটেজ নামক উৎসেচক উৎপাদন কিন্তু বন্ধ হচ্ছে না। সেটা সম্ভব কেবলমাত্র একই সঙ্গে trpA ও trpB-এর কার্য ব্যহত হলে।

চিত্র 10.2 ঃ ট্রিপটোফ্যান সংশ্লেষের জৈব-রাসায়নিক পথ

সুতরাং দেখা যাচ্ছে একই উৎসেচকের কার্যাবলী প্রকৃতিতে একাধিক জিন দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হওয়া সম্ভব। অর্থাৎ একটি উৎসেচক একাধিক পলিপেপটাইড দ্বারা গঠিত হতে পারে। যেমন এই বিশেষ উৎসেচকটি TrpA ও TrpB নামক দুটি পলিপেপটাইড দ্বারা গঠিত। সুতরাং বিডল ও ট্যাটাম প্রকল্পিত এক জিন—এক উৎসেচক তত্ত্বটিকে "এক জিন—এক পলিপেপটাইড তত্ত্ব" নামে অভিহিত করাই যুক্তিযুক্ত।

অনুশীলনী 2

1. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর দিন ঃ

   (a) Salmonella-এর trpA প্রকরণকে কৃত্রিম মাধ্যমে শনাক্ত করার জন্য কোন ধরনের মাধ্যম ব্যবহার করবেন?

(b) একটি trpA মিউট্যান্ট এবং একটি trpB মিউট্যান্টকে একসঙ্গে বৃদ্ধি পেতে দেওয়া হল। এরপর দুটিকে আলাদা ভাবে শনাক্ত করবেন কীভাবে?

(c) চিত্র 10.2 দেখুন। ধরা যাক IGP সিনথেটেজ সৃষ্ট হয় trpC জিন থেকে। একটি ব্যাকটেরিয়ার জীনোটাইপ হল $trpA^+$ trpB trpC। এই ব্যকটেরিয়াকে শনাক্ত করার জন্য কোন ধরনের মাধ্যম ব্যবহার করবেন?

(d) ট্রিপটোফ্যান সিনথেটেজ নাম উৎসেচকটির উৎপাদন অব্যাহত থাকলেও ব্যাকটেরিয়ায় ট্রিপটোফ্যান সংশ্লেষ নাও হতে পারে। এমন ঘটার কারণ কী?

(e) এক জিন—এক পলিপেপটাইড তত্ত্ব বলতে কী বোঝায়?

10.4 জিনের সূক্ষ্ম গঠন বিশ্লেষণ (Fine Structure Analysis of Gene)

সাধারণভাবে একটি জিনকে একটি পলিপেপটাইড গঠনকারী DNA বলে চিহ্নিত করা গেলেও অনুমান করা যাচ্ছিল যে এখানেই শেষ নয়, জিনকে সূক্ষ্মতর এককরূপে অনুমান করবার অবকাশ আছে। যেমন ধরা যাক UV বিকিরণের কথা। UV বিকিরণের প্রভাবে DNA-এর একক নিউক্লিওটাইড স্তরে পরিবর্তন আসে—আবার UV-এর প্রভাবে মিউটেশন সাধিত হয়। তাহলে একক নিউক্লিওটাইডকেই কি জিনরূপে চিন্তা করা সম্ভব? এই সমস্ত প্রশ্নের উত্তর খোঁজার চেষ্টায় সেইমুর বেনজের (Seymour Benzer) 1950-এর দশকে ব্যাকটোরিওফাজের উপর কতগুলি পরীক্ষা চালান।

10.4.1 ব্যাকটেরিওফাজ T_4 -এর জিনতন্ত্র (Genetic System of Bacteriophage T_4)

T_4 ব্যাকটেরিওফাজ হল একটি লাইটিক ফাজ অর্থাৎ ব্যাকটেরিয়ার কোষাভ্যন্তরে এই ভাইরাসের সংখ্যা বৃদ্ধি ঘটে এবং অন্তিমে কোষের প্রাচীর বিদীর্ণ করে নতুন প্রজন্মের ফাজ নির্গত হয়। সেগুলি আবার সামনের ব্যাকটেরিয়া কোষগুলিকে আক্রমণ করে। এইরূপ বৃদ্ধির ফলে একটি কৃষ্টি মাধ্যমে গঠিত ব্যাকটেরিয়ার লনের (lawn) উপর ফাজ সংক্রমণ জনিত ফাঁকা জায়গা গঠিত হতে দেখা যায় (চিত্র 10.3)। এই ফাঁকা জায়গাগুলিকে বলে প্লাক (Plaque)।

বেনজের দেখলেন যে T_4 -ফাজের কতগুলি সুনির্দিষ্ট মিউট্যান্টকে প্লাক গঠনের বিভিন্নতার উপর ভিত্তি করে সহজেই শনাক্ত করা যায়।

(i) অপরিব্যক্ত T_4 ফাজকে r^+ (wild type) রূপে চিহ্নিত করা যায়। এটি ব্যাকটেরিয়ার লনে ক্ষুদ্রতর এবং ঘোলাটে (fuzzy) প্লাক গঠনে সক্ষম। ব্যাকটেরিয়াটি এক্ষেত্রে হল *E. coli* যার দুটি ভিন্ন ভিন্ন প্রকরণ পরীক্ষায় ব্যবহৃত হয়েছিল। *E. coli B* হল লাইটিক পোষক এবং *E. coli* K_{12} হল লাইসোজেনিক

পোষক [এ প্রসঙ্গে EBT 1 এর মাইক্রোবায়োলজি অংশের ভাইরাস পরিচ্ছেদ দ্রষ্টব্য]। r^+ জিনযুক্ত T_4 ফাজ উভয় পোষকেই ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র প্লাক গঠন করে।

(ii) অপরপক্ষে পরিব্যক্ত T_4 ফাজ *r11* লাইটিক পোষকে বড় এবং মসৃণ প্রান্ত বিশিষ্ট প্লাক তৈরি করে কিন্তু লাইসোজেনিক পোষক K_{12} কোষে কোনো প্লাক তৈরি করে না। অর্থাৎ *r11* মিউট্যান্টকে বলা যায় শর্তাধীন মিউট্যান্ট যেহেতু তারা কেবল একধরনের পোষকেই জন্মায় (conditional mutant)।

10.4.2. *r11* মিউট্যান্ট ফাজের পুনর্সংযোগ পরীক্ষা (Recombinations in r11 mutant)

বেনজের অনুমান করতে পেরেছিলেন যে *r11* প্রকরণের K_{12} কোষকে পোষকরূপে ব্যবহারের অক্ষমতাকে বহু সংখ্যক *r11*-এর মধ্যে নেহাত সামান্য সংখ্যক r^+ কে খুঁজে বার করার কাজে লাগানো যেতে পারে। জিনবিদ্যায় এই প্রায়োগিক পদ্ধতির ব্যাপক চল আছে এবং একে বলে প্রতিচিহ্নিতকরণ (Counter-selection)। এই পদ্ধতি প্রয়োগ করে বেনজের T_4 ফাজের *r11* জিনের সূক্ষ্ম গঠন নির্ধারণে ব্যপৃত হলেন। প্রায় 60টি স্বতন্ত্রভাবে সংগৃহীত *r11* মিউট্যান্টকে সব রকম সম্ভাব্য উপায়ে পরস্পরের সঙ্গে মিশ্রিত করা হল এবং সহ-সংক্রামণরূপে (double infection) বৃদ্ধির জন্য *E. coli B* কোষের লন ব্যবহার করা হল। এভাবে সংগৃহীত প্রতিটি মিশ্রণজাত অপত্যগুলিকে দুটি দৃষ্টিকোণ থেকে পরীক্ষা করা হল —

(a) প্রতি মিলিমিটারে ফাজের মোট সংখ্যা।

(b) *r11* মিউট্যান্টের মিশ্রণে কোনো r^+ উৎপাদিত হয়েছে কিনা।

প্রথম ফলাফল (অর্থাৎ মোট সংখ্যা) পাওয়ার জন্য *E. coli B* কোষের লনই যথেষ্ট কিন্তু দ্বিতীয় ফলাফল পাওয়ার জন্য ব্যবহার করা হল K_{12} কোষ। এভাবে *r11* মিশ্রণের মধ্যে আবির্ভূত অতি বিরল r^+ wild type-র চিহ্নিতকরণ এবং আবির্ভাবের শতকরা হার নির্ণয় সম্ভব হল। পরীক্ষাটির একটি সরলীকৃত রূপ চিত্র 10.3-এ প্রদত্ত হল।

(1)

চিত্র 10.3 ঃ বেনজের-এর পরীক্ষার চিত্ররূপ

(1) *E. coli* ব্যাকটেরিয়ার লনে T_4 ফাজ দ্বারা সৃষ্ট প্লাক।

(2) *E. coli* ব্যাকটেরিয়ার কোষে দুটি মিউট্যান্ট ফাজ (যথাক্রমে *r11* A ও *r11* B) দ্বারা সহ-সংক্রামণ।

(3) দুটি মিউট্যান্টের DNA-এর মধ্যে ক্রসিংওভারের ফলাফল।

10.4.3 T_4 ফাজের r^+ জিনের মানচিত্র (Gene map of r^+ Gene of T_4 Phage)

আদি বা wild প্রকৃতির T_4 ফাজ, আমরা আগেই বলেছি r^+ জিন বহন করছে। r11 হল তার একটি মিউট্যান্ট প্রকরণ। *r11* A এবং *r11* B ইত্যাদি হল rr-জীনে সংঘটিত দুটি ভিন্ন রকমের প্রকারভেদ। এই দুটি প্রকরণের মধ্যে ক্রসিংওভার ঘটলে যদি r^+ প্রকরণ আবির্ভূত হতে পারে তাহলে r^+-কে *r11* A এবং *r11* B-এর সমাহার বলে ভাবা যেতে পারে। অন্যভাবে বলতে পারি *r11* A এবং *r11* B হল একই r^+ জিনের দুটি ভিন্ন ভিন্ন অংশ। এই অংশ দুটির মধ্যে দূরত্ব কতখানি? জিন মানচিত্র গঠনের সাধারণ সূত্র অনুযায়ী —

$$\text{দুটি জিনের মধ্যেকার দূরত্ব} = \frac{\text{পুনর্সংযুক্ত অপত্যর সংখ্যা}}{\text{মোট অপত্যর সংখ্যা}} = 100$$

চিত্র ঃ 10.4 বিভিন্ন প্রকার ফাজ দ্বারা সৃষ্ট প্লাকের ধরন (a) rII A (b) rII B (c) rII AB (d) r^+

এই বিশেষ পরীক্ষাটিতে একটি ক্রসিংওভার থেকে দুটি পুনর্সংযুক্ত প্রকরণ পাওয়া যাচ্ছে, যথাক্রমে *rII AB* এবং r^+। সুতরাং ধরে নেওয়া যায় r^+ এবং *rII AB*-এর আবির্ভাবের হার সমান। *rII AB*-কে তো K_{12} ব্যাকটেরিয়ার লনে বাছা যায় না কিন্তু r^+-কে যায় তাই r^+ অপত্যর সংখ্যাকে 2 দ্বারা গুণ করলে পুনর্সংযুক্তের মোট সংখ্যা পাওয়া যায় ঃ

$$\text{জিন দূরত্ব} = \frac{2 \times r^+ \text{ অপত্যর সংখ্যা}}{\text{অপত্যর মোট সংখ্যা}} \times 100$$

বেনজের-এর পরিসংখ্যানে এই ম্যাপ দূরত্ব দাঁড়াল 0.02%। ম্যাপ দূরত্বকে ম্যাপ-একক (map unit) দ্বারা প্রকাশ করা হয়। সুতরাং দেখা যাচ্ছে *rII* A ও *rII* B এর মধ্যেকার দূরত্ব হল 0.02 ম্যাপ একক অথবা এদের মধ্যেকার দূরত্ব মাত্র দুটি নিউক্লিওটাইড জোড়।

10.4.4. ম্যাপ একক ও নিউক্লিওটাইডের মধ্যে সম্পর্ক (Relationship between map units and nucleotides)

ম্যাপ একককে নিউক্লিওটাইডের সংখ্যা রূপে প্রকাশ করতে গেলে জানা দরকার একটি ক্রোমোজোম বা DNA-তে এই প্রকার ম্যাপ এককের সংখ্যা মোট কত? T_4 হল একটি DNA ভাইরাস। এটির DNA বৃত্তাকার এবং এটিকে মোট 1500 ম্যাপ এককে ভাগ করা যায়। আমাদের বোঝার সুবিধার জন্য যদি একটি ম্যাপ একক = একটি জিন বলে ধরে নিই তাহলে T_4 জিনোমে r^+ জিনের মতো 1500 জিন আছে। এদের মধ্যে যে কোনো একটির দৈর্ঘ্যকে যদি নিউক্লিওটাইড সংখ্যার সাহায্যে প্রকাশ করা যায় তাহলে যে মান পাব *rII A* এবং *rII B*-এর অন্তর্বর্তী দূরত্ব তার 0.02%।

T_4 জিনোমের মোট দৈর্ঘ্যের পরিপ্রেক্ষিতে 0.02% ম্যাপ এককের মান দাঁড়ায় মাত্র দুই জোড়া নাইট্রোজেন ঘটিত ক্ষার বা নিউক্লিওটাইড। এই ফলাফল প্রমাণ করে যে মাত্র দুই জোড়া নিউক্লিওটাইডের মধ্যে পুনর্সংযুক্তি (recombination) ঘটা সম্ভব। অথচ আমরা জানি একটি জিন শত শত নিউক্লিওটাইড দিয়ে গঠিত। বেনজের-এর প্রাপ্ত তথ্যাবলীর ভিত্তিতে আমরা পরিষ্কার অনুধাবন করতে পারি যে— একটি জিনের মধ্যেই পুনর্সংযুক্তি ঘটা সম্ভব অথবা একটি জিন বস্তুতপক্ষে একাধিক এককের সমাহার যারা স্বতন্ত্রভাবে পুনর্সংযুক্ত হতে পারে। এই একককে unit of recombination বা রেকন (recon) নামে অভিহিত করা যায়।

অনুশীলনী 3

1. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির সংক্ষিপ্ত উত্তর দিন

(a) জিন দূরত্ব প্রজ্ঞাপক সমীকরণটি কী?

(b) r^+ ও *r11*-এর মধ্যে ফিনোটাইপগত পার্থক্য কী?

(c) *r11 A* এবং *r11 B*-এর মধ্যে খণ্ড বিনিময়ের ফলাফল কী হতে পারে?

(d) উপরোক্ত সংকরায়ণ থেকে মোট পুনর্সংযুক্ত অপত্যের সংখ্যা নির্ণয়ের উপায় কী?

(e) ব্যাকটেরিয়ার ড্রাগ প্রতিরোধী জিন amp^+ হল amp α ও amp β-এর সমন্বয়ে গঠিত দুটি অ্যালিলের সমাহার। এই খণ্ডকদুটির মধ্যে একটি ক্রসিংওভার ঘটলে প্রাপ্ত জনিতৃ ও পুনর্সংযুক্ত অপত্যগুলির জিনোটাইপ লিখুন।

10.5 জিনের এককসমূহ (Units of Gene)

বেনজের-এর পরীক্ষার থেকে জিনকে যেমন অনেকগুলি পুনর্সংযোগে সক্ষম একক বা রেকনের সমাহাররূপে বুঝতে পারা যায়। ঠিক তেমনভাবেই জিনকে স্বতন্ত্রভাবে আলাদা আলাদা কার্যের একক (সিসট্রন) ও মিউটেশনের একক (মিউটন)-রূপে শনাক্ত করা সম্ভব হয়েছে।

10.5.1 সিসট্রন (Cistron)

সিসট্রন হল জিনের কার্যগত একক (functional unit) যার মধ্যেকার উপএককগুলি সিস-ট্রান্স (Cis-trans) প্রতিক্রিয়া প্রদর্শনে সক্ষম। সিস-ট্রান্স প্রতিক্রিয়া বলতে আমরা একই জিনের বিভিন্ন অ্যালিলের মধ্যে wild ও recombinant দশাকে বোঝাই। যেমন আমাদের আলোচিত r^+ জিন যদি A ও B—এই দুটি আদি বা wild অ্যালিলের সমাহার হয় তাহলে এর পরিপূরক প্রচ্ছন্ন অ্যালিল হবে a ও b। এই বিশেষ ক্ষেত্রে সিস (Cis) ট্রান্স (trans) দশার রূপ এইরকম —

সিস-দশা ট্রান্স দশা

একথা সত্য যে জিন এই পরিভাষাটির বদলি নাম সিসট্রন (Cistron) হওয়া কখনই সম্ভব নয় এবং তা উচিতও নয়। জিন পরিভাষাটিতে জীবের ভৌত, রাসায়নিক এবং ধর্মগত যে সমস্ত বৈশিষ্ট্য অঙ্গাঙ্গীভাবে জড়িয়ে আছে তার সবকটিকে সিসট্রন পরিভাষায় প্রকাশ করা যায় না, কেননা সিসট্রন জিনের কেবলমাত্র একটি ধর্মের উপর আলোকপাত করে। সুনির্দিষ্ট আন্তঃজিন (intragenic) পরীক্ষা ছাড়া এই ধর্ম অনুধাবন করাও সম্ভব নয়।

10.5.2 রেকন (Recon)

বেনজের-এর আন্তঃজিন পরীক্ষার ফলাফল প্রমাণ করে যে একক জিনকে বস্তুতপক্ষে একাধিক পুনর্সংযোগে সক্ষম এককরূপে শনাক্ত করতে পারা সম্ভব। এই এককগুলিকে রেকন (Recon) নামে অভিহিত করা যায়। ধরা যাক, একটি বিশেষ জিন A B C D E F—এই ছয়টি রেকনে বিভক্ত। স্বাভাবিকভাবেই, এগুলির পরিপূরক মিউট্যান্ট এবং প্রচ্ছন্ন দশাকে যদি A′ B′ C′ D′ E′ F′ রূপে চিহ্নিত করা যায় তাহলে আমরা একটি জোড়বাঁধা বাইভ্যালেন্টকে এভাবে লিখতে পারি :

এক্ষেত্রে খণ্ডক বিনিময় বা ক্রসিং ওভারের ফলে একই জিনের মধ্যে রেকন বিন্যাসের পুনর্সংযোগ ঘটা সম্ভব। এভাবে যে, পুনর্সংযুক্ত জিন পাওয়া গেল তা যদিও মিউট্যান্ট তবে এই মিউটেশনের ধরন মিশ্র—ফলে এটি জনিতৃ মিউট্যান্টের মতো আচরণ নাও করতে পারে।

আগেই বলা হয়েছে, বেনজের কেবলমাত্র r^+ জিনের জন্যই 60 রকম মিউট্যান্ট পেয়েছিলেন যাদের ফেনোটাইপ আচরণ ভিন্ন ভিন্ন। রেকনগুলির মধ্যে বিভিন্ন রকমভাবে পুনর্সংযোগ জিনের ধর্মকে স্থায়ীভাবে প্রভাবিত করতে পারে বলেই জিনের সূক্ষ্মতর গঠন বিশ্লেষণে এই ধারণার দৃঢ় ভিত্তি আছে।

10.5.3 মিউটন (Muton)

জিনের যে একক মিউটেশন উদ্দীপনে সক্ষম তাকে বলে মিউটন (Muton)। আমরা জানি জিন বস্তুতপক্ষে নিউক্লিওটাইডের বিন্যাসকে প্রোটিনের ভাষায় প্রকাশের একক। একটি জিনের নিউক্লিওটাইড বিন্যাস যদি নিম্নলিখিত হয়—

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

তাহলে, ট্রিপলেট কোডের শর্ত মেনে এটি থেকে নিম্নলিখিত চারটি অ্যামাইনো অ্যাসিড তৈরি হতে পারে ঃ

এদের মধ্যে একটি নিউক্লিওটাইড কী প্রতিক্রিয়া সৃষ্টি করে দেখা যাক ঃ

এক্ষেত্রে প্রথম কোডন ATT-র তৃতীয় ক্ষার thymine (T)-এর পরিবর্তে বেস সাবস্টিটিউশন মিউটেশনের দ্বারা Cytosine (C) বেসটি যুক্ত করলে পরিবর্তিত কোডনটি হবে ATC। উক্ত পরিবর্তিত কোডনটি অন্য কোনও একটি অ্যামাইনো অ্যাসিড সূচিত করার জন্য প্রোটিন অণুতেও পরিবর্তন সূচিত করে। এর দ্বারা আমরা বুঝতে পারলাম যে কোন একটি ক্ষার হল মিউটেশন বা পরিব্যক্তির একক। সুতরাং একটি সিস্ট্রন (Cistron)-এ উপস্থিত যে কোন ক্ষারকে মিউটন (muton) বলা হয়।

10.6 সারাংশ (Summary)

1908 খ্রিস্টাব্দে আর্চিবল্ড গ্যারড সর্বপ্রথম জিন ও প্রোটিনের মধ্যে সম্পর্ক খুঁজে পাবার চেষ্টা করেন। 1940-এর দশকে জর্জ বিডল ও এডওয়ার্ড ট্যাটাম *Neurospora* নামক ছত্রাকে গবেষণা চালিয়ে

দেখান যে একটি জিন একটি উৎসেচক সৃষ্টির জন্য দায়ী। পরবর্তীকালে দেখা যায় যে একটি জিন যেহেতু একাধিক উপ এককের সমষ্টি সেহেতু তত্ত্বটিকে এক জিন—এক পলিপেপটাইড প্রকল্পরূপে ভাবাই সঙ্গত। 1950-60-এর দশকে সেইমুর বেনজের T_4 ফাজ নামক ভাইরাসের উপর পরীক্ষা চালিয়ে দেখান যে একটি জিন একাধিক পুনর্সংযুক্তিতে সক্ষম এককের সমাহার। তাঁর প্রকল্প অনুযায়ী আধুনিক দৃষ্টিভঙ্গিতে জিনের সূক্ষ্ম গঠনে কার্যগত একক (সিসট্রন), পুনঃসংযুক্তির একক (রেকন) এবং মিউটেশনের এককের (মিউটন) অস্তিত্ব প্রমাণিত হয়েছে।

10.7 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

1. একটি পরীক্ষার ভিত্তিতে বিডল ও ট্যাটামের এক জিন—উৎসেচক তত্ত্বটি ব্যাখ্যা করুন।
2. এক জিন—এক পলিপেপটাইড তত্ত্বটি একটি পরীক্ষার সাহায্যে ব্যাখ্যা করুন।
3. জিনের সূক্ষ্ম গঠন বলতে কী বোঝায়? প্রমাণ করুন যে "একটি জিন বস্তুতপক্ষে একাধিক পুনর্সংযোগকারী উপএককের সমন্বয়।"
4. টীকা লিখুন ঃ

(a) ম্যাপ একক

(b) সিসট্রন

(c) মিউটন

(d) প্রতিচিহ্নিতকরণ

(e) শর্তাধীন মিউট্যান্ট

উত্তরমালা

অনুশীলনী 1

1. (a) ছত্রাকটি বিপাকের জন্য দরকারি সমস্ত উপাদান নিজের দেহেই সংশ্লেষিত করতে পারে।

   (b) ছত্রাকটি অ্যালানিন সংশ্লেষের জন্য প্রয়োজনীয় উৎসেচকটি মিউটেশনের জন্য রুধ (blocked)।

   (c) ন্যূনতম মাধ্যমে নিয়াসিন সংযোজিত করলে এটি শনাক্ত করা যাবে।

   (d) হোমোজেন্টিসিক অ্যাসিড থেকে অ্যাসিটোঅ্যাসিটিক অ্যাসিড উৎপাদন সৃষ্টির জন্য দায়ী উৎসেচকটির অভাব।

(e) নিউরোস্পোরায় বিকিরণের প্রভাবে এমন মিউট্যান্ট প্রকরণ পাওয়া যায় যেগুলিকে বলা যায় জৈব-রাসায়নিক (biochemical) মিউট্যান্ট। বিপাকের কোনো একটি ধাপকে একটি মিউটেশন রুদ্ধ করে দেয়। এর ফলে ওই ধাপের জন্য জরুরি উৎসেচক সৃষ্টি বাধাপ্রাপ্ত হয়। এই জন্য একে বলে একজিন—এক উৎসেচক তত্ত্ব।

অনুশীলনী 2

(a) ইন্ডোল ও ট্রিপটোফ্যান সংযুক্ত ন্যূনতম মাধ্যম।

(b) ইন্ডোল ও ট্রিপটোফ্যান সংযুক্ত ন্যূনতম মাধ্যমে trp A মিউট্যান্ট এবং ট্রিপটোফ্যান সংযুক্ত মাধ্যম trp B মিউট্যান্ট শনাক্ত করা যাবে।

(c) IGP এবং ট্রিপটোফ্যান সংযুক্ত মাধ্যমে এবং ইন্ডোলের অনুপস্থিতিতে এই ব্যাকটেরিয়া শনাক্ত করা যাবে।

(d) এই উৎসেচক বস্তুতপক্ষে দুটি পলিপেপটাইডের সমন্বয়ে গঠিত Trp A এবং Trp B। ট্রিপটোফ্যান সংশ্লেষের জন্য উভয় উপাদানই দরকার।

(e) একটি জিন একটি প্রোটিন তৈরির জন্য প্রয়োজনীয় সংবাদ বহন করে।

অনুশীলনী 3

1. (a) জিন দূরত্ব = $\frac{\text{পুনর্সংযুক্ত অপত্যের সংখ্যা}}{\text{মোট অপত্যের সংখ্যা}} \times 100$

(b) r^+ ফাজ E-coli B ও K_{12} উভয় ব্যাকটেরিয়ার লনে প্লাক তৈরি করে। r11 ফাজ কেবল B কোষের লনে প্লাক তৈরি করে। K_{12} কোষে নয়।

(c) দুটি অপত্য পাওয়া যেতে পারে—(i) *r11* এবং (ii) r^+।

(d) $2 \times r^+$-এর সংখ্যা হল একটি ক্রসিং ওভার থেকে সৃষ্ট পুনঃসংযুক্তের মোট সংখ্যা কেননা $r^+ = rAB$।

(e) (i) amp^+, (ii) amp $\alpha\beta$ } পুনর্সংযুক্ত

(iii) amp α, (iv) amp β } জনিতৃ

সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

1. 10.2.1 অংশাঙ্কিত বিষয় দ্রষ্টব্য।
2. 10.3 অংশটি দ্রষ্টব্য।
3. 10.4.2 অংশে বেনজের কৃত পরীক্ষাটি বর্ণনা করুন। পরীক্ষার ফলাফলের ভিত্তিতে *r11 A* ও *B* এর মধ্যে দূরত্ব ম্যাপ এককের মাধ্যমে প্রকাশ করা এবং তা থেকে নির্ণীত পুনর্সংযোগী একক দ্বয়ের মধ্যে দূরত্ব নিউক্লিওটাইডের সংখ্যার সাহায্যে প্রকাশ করা—এই দুটি বিষয়ের জন্য 10.4.3 ও 10.4.4 অংশাঙ্কিত বিষয়গুলি দেখুন।
4. (a) জিন দূরত্ব নির্ণয়ের সমীকরণটি লিখুন এবং সেটিকে ম্যাপ এককরূপে প্রকাশ করা হয় এই তথ্য দিন।

   (b) 10.5.1 অংশ দ্রষ্টব্য।

   (c) 10.5.3 অংশ দ্রষ্টব্য।

   (d) 10.4.2 অংশ দেখুন।

একক 11 ❑ জেনেটিক কোড

গঠন

11.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

11.2 কেন্দ্রীয় প্রত্যয়

11.3. ক্লিক বর্ণিত অভিযোজী যৌগ

11.4 পরীক্ষাগারে প্রোটিন সৃষ্টি

11.5 জেনেটিক কোড কী?

11.6 কোডের পাঠোদ্ধার

11.6.1 পলি U পরীক্ষা

11.6.2 সহ-পলিমার দ্বারা পরীক্ষা

11.6.3 ক্ষার-বিন্যাস শনাক্তকরণের পরীক্ষা

11.6.4 পৌণপুণিক ও সহ-পলিমার দ্বারা পরীক্ষা

11.6.5 শৃঙ্খল সূচনাকারী ও অন্ত্যকারী কোডন

11.6.6 কোডের সমার্থবোধকতা

11.7 জেনেটিক কোডের ধর্মাবলী

11.7.1 জেনেটিক কোড ত্রয়ী

11.7.2 কোড সমার্থবোধক

11.7.3 কোড অনধিক্রম্য

11.7.4 কোড যতিবিহীন

11.7.5 কোড দ্ব্যর্থবোধকতাহীন

11.7.6 কোড সার্বজনীন

11.8 সারাংশ

11.9 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

11.10 উত্তরমালা

11.1. প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

প্রস্তাবনা

জীববিদ্যায় কেন্দ্রীয় রক্ষণশীলতা বা কেন্দ্রীয় প্রত্যয় হল এই যে, মাত্র চারটি বর্ণবিশিষ্ট নিউক্লিওটাইডের অভিধান যে পলিনিউক্লিওটাইড শৃঙ্খল তৈরি করে তা থেকে "সংবাদ" পরিবাহিত হয় এবং অনুবাদিত হয় 20টি ভিন্ন ধরনের অ্যামাইনো অ্যাসিড বিশিষ্ট প্রোটিনের ভাষায়। এই দুই ধরনের অভিধান, যার একটির বর্ণসংখ্যা মাত্রই 4 এবং অপরটি, যার বর্ণসংখ্যা নিদেনপক্ষে 20, তাদের মধ্যে সংবাদের প্রবাহ যদি সরলরৈখিক হয়, তাহলে ওই 4টি ক্ষারক দ্বারা অন্তত 20টি অ্যামাইনো অ্যাসিড তৈরির কৌশল জানতে হবে কোষকে তথা জীবনকে। যদি একটি ক্ষার একটি অ্যামাইনো অ্যাসিড গঠন করার সংবাদ বয়, তাহলে মাত্র 4টি অ্যামাইনো অ্যাসিড সৃষ্ট হতে পারে, তার বেশি নয়। যদি 2টি ক্ষার দ্বারা একটি অ্যামাইনো অ্যাসিড গঠিত হয়, তাহলে $4^2 = 16$টি বিভিন্ন অ্যামাইনো অ্যাসিড তৈরির কৌশল জানা যেতে পারে, কিন্তু যদি 3টি ক্ষার দ্বারা একটি অ্যামাইনো অ্যাসিডের সংবাদ পরিবাহিত হয় তাহলে $4 \times 4 \times 4 \times 4 = 64$ রকমের বিভিন্নতার সন্ধান পাওয়া যায়। অন্তত 20টি অ্যামাইনো অ্যাসিড তৈরির জন্য নিউক্লিওটাইড (ক্ষার) গুলিকে নিদেনপক্ষে ত্রয়ী বা triplet বিন্যাসে সজ্জিত হতে হবে। এই অধ্যায়ে আমাদের আলোচনা জেনেটিক কোডের প্রকৃতি ও ধর্মের স্বরূপ সন্ধানে ব্যাপৃত হবে।

উদ্দেশ্য

এই আলোচনা থেকে আমরা নিম্নলিখিত বিষয়গুলি সম্পর্কে জানতে পারব ঃ

- জেনেটিক কোডের প্রকৃতি;
- কোড-অভিধানের সব-কয়টি উপাদানের গুরুত্ব;
- জেনেটিক কোডের ধর্ম;
- কোড অভিধানের অর্থ নির্ণয়ের জন্য সাধিত বৈজ্ঞানিক পরীক্ষাগুলির কথা।

AAA	GAA	CAA	TAA
AAG	GAG	CAG	TAG
AAC	GAC	CAC	TAC
AAT	GAT	CAT	TAT
AGA	GGA	CGA	TGA
AGG	GGG	CGG	TGG
AGC	GGC	CGC	TGC
AGT	GGT	CGT	TGT
ACA	GCA	CCA	TCA
ACG	GCG	CCG	TCG
ACC	GCC	CCC	TCC
ACT	GCT	CCT	TCT
ATA	GTA	CTA	TTA
ATG	GTG	CTG	TTG
ATC	GTC	CTC	TTC
ATT	GTT	CTT	TTT

A
G
C
T

(A)

AA	AG	AC	AT
GA	GG	GC	GT
CA	CG	CC	CT
TA	TG	TC	TT

(B)

(C)

চিত্র 11.1 ঃ সম্ভাব্য তিন রকম কোড (A) একক (B) কোড দ্বয়ী কোড (C) ত্রয়ী কোড

11.2 কেন্দ্রীয় প্রত্যয় (Central Dogma)

ওয়াটসন ও ক্রিক 1953 খ্রিস্টাব্দে DNA -অণুর গঠন-কাঠামো প্রকাশ করার পর পরই এই সত্য অনুধাবন করা গেল যে, DNA অণু দুটি জৈবিক ক্রিয়া সম্পাদনের জন্য প্রতিরূপ (template) হিসাবে কাজ করে। (i) প্রতিলিপি গঠনের জন্য (replication) এবং (ii) RNA সংশ্লেষের জন্য। 1956 খ্রিস্টাব্দে ফ্রাঁসিস ক্রিক জানালেন যে DNA থেকে সংবাদের প্রবাহ সরলরৈখিক এবং তা প্রথমে "ভাষান্তরিত"

হয় RNA-এর ভাষায় এবং তৎপরে অনুদিত হয় প্রোটিনের ভাষায়। বংশগতির সংবাদের এই একমুখী প্রবাহকেই ক্রিক কেন্দ্রীয় প্রত্যয় বা Central dogma নামে অভিহিত করেছিলেন।

যদিও আজ আমরা জানি সংবাদের বিপরীতমুখী প্রবাহ অর্থাৎ RNA থেকে DNA সৃষ্টি একেবারে অসম্ভব নয়, কিন্তু তা এত বিরল যে কেন্দ্রীয় প্রত্যয় আজও সমানভাবেই গ্রহণযোগ্য।

11.3 ক্রিক বর্ণিত অভিযোজী যৌগ (Adaptor Hypothesis of Crick)

শুরুতে মনে করা হয়েছিল যে, ভাষান্তরের ফলে সৃষ্ট RNA অণু বহুসংখ্যক ভাঁজ বা fold-এর সমন্বয়। একটি নির্দিষ্ট ভাঁজ, একটি নির্দিষ্ট অ্যামাইনো অ্যাসিডকে জায়গা দেয়। 1955 খ্রিস্টাব্দের প্রথমার্ধেই অবশ্য ক্রিক ধারণাটিকে বাতিল করে দেন কারণ, গ্লাইসিন ও অ্যালানিন অথবা ভ্যালিন ও আইসোলিউসিন—এই রকম অত্যন্ত সমগঠন সম্পন্ন অ্যামাইনো অ্যাসিড জোড়ের মধ্যেও (এদের মধ্যে পার্থক্য কেবল একটি CH_3 গ্রুপের) RNA অণু কেবলমাত্র ভাঁজ দিয়ে সঠিকটি চিনে নেবে, এ কথা ক্রিক মানতে পারেন নি। বরং নিজেদের মধ্যে সংযোগ স্থাপনের আগে অ্যামাইনো অ্যাসিড যদি কোন অভিযোজী অণুর (adaptor molecule) সঙ্গে জোড় বাঁধে, তাহলে সমস্যাটির সমাধান সহজতর হয়। ক্রিকের মতে অভিযোজী অণুর সঙ্গে RNA অণুর ক্ষারগুলির সংযোগ স্থাপন অনেক সহজ ও যুক্তিগ্রাহ্য।

11.4 পরীক্ষাগারে প্রোটিন সৃষ্টি (In-Vitro Synthesis of Protein)

1953 খ্রিস্টাব্দে পল জামেচনিক (Paul Zamechhnik) কোষরসের উপস্থিতিতে টেস্ট টিউবে প্রোটিন তৈরি করতে সমর্থ হয়েছিলেন। পরবর্তীকালে তিনি মাহ্লন হোগল্যান্ডের (Mahlon Hoagland) সহায়তায় দেখালেন যে, ক্রিকের অনুমান মতোই অ্যামাইনো অ্যাসিড প্রোটিনের উপাদানে পরিণত হওয়ার পূর্বে এমন একটি অভিযোজী অণুর সঙ্গে যুক্ত হয় যা বস্তুতপক্ষে আর এক রকম RNA—এটিকে আমরা এখন ট্রান্সফার RNA (tRNA) রূপে জানি এবং এও জানি যে কোষরসে মোট RNA-এর 10% হল এই tRNA। সুতরাং জামেচনিক ও হোগল্যান্ডের আবিষ্কারের একটি অভিযোজী যৌগের সন্ধান দিল যার সঙ্গে ভাষান্তরিত RNA অণুর সম্পর্ক অত্যন্ত সুনির্দিষ্ট (Specific)। কিন্তু এই ভাষান্তরিত

RNA (বা DNA থেকে ট্রান্সক্রিপশনের ফলে সৃষ্ট) যে m-RNA তা প্রথমে বোঝা যায় নি। কোষরসে 85% RNA হল রাইবোজোমাল RNA (tRNA) । তাই প্রথমে স্বাভাবিকভাবেই ভাবা হয়েছিল যে DNA-এর ক্ষার বৈচিত্র্য ভাষান্তরিত হয়ে RNA-এর ভাষায় প্রকাশিত হলে তৈরি হয় এই rRNA। কিন্তু অত্যন্ত নিম্নস্তরের জীব থেকে শুরু করে উন্নততম জীব পর্যন্ত, সবার ক্ষেত্রেই rRNA-এর ক্ষারবিন্যাস এত বৈচিত্র্যহীন যে জীবজগতের বৈচিত্র্য এই অণু থেকে প্রোটিনের ভাষায় অনুবাদিত হয়েছে—এ কথা মানা শক্ত। পরবর্তীকালে দেখা যায় যে, rRNA-এর কোনো নির্দিষ্ট পছন্দ নেই। T_4 ফাজের সংক্রামণ-পরবর্তীকালে যখন ব্যাকটেরিয়া কোষের মধ্যে প্রোটিন সংশ্লেষ ঘটে, তখন T_4-DNA থেকে সংবাদ বাহিত হয়ে প্রোটিন সংশ্লেষ হয় ঠিকই, কিন্তু তার জন্য ব্যাকটেরিয়ার রাইবোজোমাল RNA যথেষ্ট, T_4 ভাইরাসের RNA বলে কোনো বস্তুই নেই। Specificity বা সুনির্দিষ্টতা না থাকার কারণে rRNA বাতিল হল ঠিকই, কিন্তু একই সঙ্গে সন্ধান পাওয়া গেল এমন একটি RNA-এর যা সংবাদবাহী বা mRNA (massenger RNA) নামে পরিচিত। কোষের মাত্র 4% হল mRNA, কিন্তু mRNA-এর নিউক্লিওটাইড বৈচিত্র্য DNA-এর ক্ষার বৈচিত্র্যের সঙ্গে তুলনীয়। পরীক্ষাগারে, mRNA এবং তার সঙ্গে অভিযোজিত tRNA-এর সম্পর্ক প্রমাণিত হওয়ার পর সন্ধান চলল সেই সত্য জানার, যা বলে দেবে কীভাবে mRNA-এর চারটি মাত্র নিউক্লিওটাইড অন্ততপক্ষে 20টি অ্যামাইনো অ্যাসিড সৃষ্টির উপকরণ হিসাবে কাজে লাগাতে পারে।

অনুশীলনী 1

1. কেন্দ্রীয় প্রত্যয় বলতে কী বোঝায়?
2. ক্রিক বর্ণিত অভিযোজী অণু কী?
3. m-RNA এর সঙ্গে t-RNA-এর সম্পর্ক কী?
4. জেনেটিক কোড একক বা দ্বয়ী হতে পারে কী?
5. ত্রয়ী কোড বলতে কী বোঝায়?

11.5 জেনেটিক কোড কী? (What is Genetic Code?)

সংখ্যাগত ধ্রুবকতা নির্ধারণের জন্য জেনেটিক কোডে নিউক্লিওটাইডের সংখ্যা নীতিগতভাবে অন্তত তিনটি হওয়া দরকার। যেহেতু নিউক্লিওটাইডের সংখ্যা মোট চারটি, সেহেতু কোড যদি একক (singlet) হয় তাহলে কেবল চারটি অ্যামাইনো অ্যাসিডের হদিস পাওয়া যায়। কোড যদি দ্বয়ী (doublet) হয় তাহলে $4 \times 4 = 16$টি অ্যামাইনো অ্যাসিডের হদিস পাওয়া যায়। সুতরাং নীতিগতভাবেই একক বা দ্বয়ী কোডের সম্ভাবনা বাতিল করে দেওয়া যায়। কোড যদি ত্রয়ী হয় তাহলে মোট কতগুলি ভিন্ন ভিন্ন

সম্ভাবনা সৃষ্টি হয়? $4 \times 4 \times 4 = 64$টি বিভিন্ন রকম কোড আমরা 4টি নিউক্লিওটাইডের পারমুটেশনের মাধ্যমে পেতে পারি। আবশ্যিক 20টি অ্যামাইনো অ্যাসিডের থেকে সংখ্যাটি অনেক বেশি কিন্তু একাধিক কোডের সমার্থবোধকতা থেকে এই সমস্যার নীতিগত সমাধান করা যায়।

11.6 কোডের পাঠোদ্ধার (Cracking of Code)

যদিও ত্রয়ী কোডের অস্তিত্ব 1950-এর দশকেই যুক্তির দিক থেকে প্রমাণিত হয়েছিল, তবুও প্রমাণিত সত্য হিসাবে এটিকে ততক্ষণ মেনে নেওয়া শক্ত ছিল যতক্ষণ না প্রতিটি কোডের সুনির্দিষ্ট কাজ শনাক্ত করা যায়।

11.6.1 পলি-U পরীক্ষা (Poly-U experiment)

1961 খ্রিস্টাব্দে মার্শাল এবং নিরেনবার্গ ও ম্যাথাই (Marshal, Nirenberg and Matthaei, 1961) কেবলমাত্র ইউরাসিলকে একমাত্র নিউক্লিওটাইড হিসাবে ব্যবহার করে টেস্ট-টিউবে একটি সমধর্মী বৃহদাণু (homopolymer) তৈরি করতে সক্ষম হন। পলি-ইউরিডিলিক অ্যাসিড (Poly-uridylic acid) দ্বারা গঠিত এই RNA-কে *E.coli* ব্যাকটেরিয়ার কোষরসের সঙ্গে মিশ্রিত করলে এবং প্রোটিন তৈরির জন্য সমস্ত উপাদান সংযোজিত করলে টেস্ট-টিউবে যে প্রোটিন পাওয়া যায় তা কেবলমাত্র একটি অ্যামাইনো অ্যাসিড দ্বারা গঠিত। সেটি হল ফিনাইলঅ্যালানিন (Phenylalanine)। অর্থাৎ poly-U RNA থেকে যে পলিপেপটাইড গঠিত হল তা হল পলিফিনাইলঅ্যালানিন। যদি কোড এর প্রকৃতি ত্রয়ী বলে মেনে নেওয়া যায় তাহলে UUU এই ত্রয়ী কোডন হল একটি অ্যামাইনো অ্যাসিডের সংশ্লেষের জন্য প্রয়োজনীয় সংবাদসূত্র। এইভাবে কোডের চরিত্র নির্ধারণ শুরু হল ফিনাইল-অ্যালানিন কোডন আবিষ্কারের সূত্রে। সারা পৃথিবীর সংবাদপত্রগুলিতে সমস্ত খবরকে ছাপিয়ে এই খবরই প্রধান জায়গা করে নিয়েছিল যে, "The code has been cracked."

পরবর্তীকালে, পলি-অ্যাডেনাইলিক অ্যাসিড (poly A) ব্যবহার করে পলি-লাইসিন (poly-lysine) এবং poly C ব্যবহার করে পলি-প্রোলিন (poly-proline) সংশ্লেষ করা সম্ভব হল। বোঝা গেল AAA কোড লাইসিন নামক অ্যামাইনো অ্যাসিড এবং CCC কোড প্রোলিন নামক অ্যামাইনো অ্যাসিডের জন্য সংবাদবাহী। অবশ্য GGG কোড দ্বারা এই পলিপেপটাইড তৈরির চেষ্টা সেই সময় সফল হয় নি, কেননা poly–G mRNA রাইবোজোমের সঙ্গে সংযোগ স্থাপনে ব্যর্থ হয়।

11.6.2 সহ-পলিমার দ্বারা পরীক্ষা (Experiments with Co-polymers)

সম-পলিমার (যথা poly–U, ploy–C ইত্যাদি) দিয়ে পরীক্ষার সাফল্য নিরেনবার্গ ও তাঁর

সহযোগীদের উৎসাহিত করল সহ-পলিমার নিয়ে পরীক্ষা করতে। যেমন যদি A ও C এই দুটি ক্ষার যদি এককভাবে অথবা যৌথভাবে উপস্থিত থাকে তাহলে তৃতীয় ক্ষারটির বৈচিত্র্য অনুধাবন করে আমরা আট রকম কোডন পেতে পারি, যথাক্রমে AAA, AAC, ACA, CAA, CCA, CAC, ACC এবং CCC। যদি A ও C-কে জানা অনুপাতে ব্যবহার করা যায় তাহলে প্রতিটি সম্ভাব্য কোডের আনুপাতিক হার গাণিতিক ভাবে নির্ণয় করা যায়। যেমন যদি A : C-এর অনুপাত হয় 5 : 1 $\left(\frac{5}{6}\right.$ ভাগ A ও $\left.\frac{1}{6}\right.$ ভাগ C$\left.\right)$ তাহলে কোডগুলির অনুপাত হওয়া উচিত নিম্নরূপ ঃ

সারণি 11.1 ঃ A : C -এর 5 : 1 অনুপাতে মিশ্রণজাত বিভিন্ন কোড ও তাদের অনুপাত

ক্ষার প্রকৃতি	কোডের ক্রমিক সংখ্যা	কোড	সম্ভাব্য অনুপাত
1. 3A	1.	AAA	$\frac{5}{6}\times\frac{5}{6}\times\frac{5}{6}=\frac{125}{216}$
2. 2 AIC	2.	AAC	$\frac{5}{6}\times\frac{5}{6}\times\frac{1}{6}=\frac{25}{216}$
	3.	ACA	$\frac{5}{6}\times\frac{1}{6}\times\frac{5}{6}=\frac{25}{216}$
	4.	CAA	$\frac{1}{6}\times\frac{5}{6}\times\frac{5}{6}=\frac{25}{216}$
3. 1A2C	5.	CCA	$\frac{1}{6}\times\frac{1}{6}\times\frac{5}{6}=\frac{5}{216}$
	6.	CAC	$\frac{1}{6}\times\frac{5}{6}\times\frac{1}{6}=\frac{5}{216}$
	7.	ACC	$\frac{5}{6}\times\frac{1}{6}\times\frac{1}{6}=\frac{5}{216}$
4. 3C	8.	CCC	$\frac{1}{6}\times\frac{1}{6}\times\frac{1}{6}=\frac{1}{216}$

টেস্ট-টিউবে প্রোটিন তৈরির উপাদানগুলির উপস্থিতিতে যে পলিপেপটাইডগুলি তৈরি হল, তাদের মধ্যে অ্যামাইনো অ্যাসিডের ক্রমহ্রাসমান প্রাধান্যের সূত্রে, নিরেনবার্গ হদিস দিলেন —

1. 3A = লাইসিন
2. 2AIC = অ্যাসপারাজিন, গ্লুটামিন, থ্রিওনিন

3. IA2C = হিস্টিডিন, প্রোলিন, থ্রিওনিন

4. 3C = প্রোলিন

সুতরাং, ক্ষারের সংখ্যার ভিত্তিতে কোড-অভিধান কিছুটা রচিত হলেও ক্ষারের ক্রম না জানলে বোঝা যাবে কী করে 2AIC মানে AAC, নাকি ACA, নাকি CCA? এই তিনটির অর্থ অ্যামাইনো অ্যাসিডের ভাষায় যে এক নয় তা কিন্তু উপরের তালিকায় চোখ বোলালেই বোঝা যায়।

11.6.3 ক্ষার-বিন্যাস শনাক্তকরণের পরীক্ষা (Experiment to identify sequence of nucleotides) ঃ

ক্ষার বিন্যাস বা ক্ষারের ক্রম শনাক্ত করার জন্য 1944 খ্রিস্টাব্দে নিরেনবার্গ ও লেডার (Nirenberg and Leder, 1964) কৃত্রিমভাবে সৃষ্ট কোডের সহায়তা নিলেন। সাধারণভাবে এ কথা মেনে নেবার মতো যথেষ্ট যুক্তি তখন হাতের কাছেই ছিল যে, কোষরসে উপস্থিত বিশেষ tRNA, বিশেষ অ্যামাইনো অ্যাসিডের জন্য অভিযোজী অণু (adaptor molecule) হিসাবে কাজ করে। নিরেনবার্গ ও লেডার এই সূত্র ধরে পরীক্ষাটির যে নকশা পরিকল্পনা করেন তা এইরকম—

(a) কৃত্রিমভাবে তৈরি কোড (ট্রাই-নিউক্লিওটাইড)-কে mRNA -এর বিকল্প হিসাবে ব্যবহার করা হল। এভাবে সম্পূর্ণ 64টি ট্রাই-নিউক্লিওটাইড পরীক্ষাগারে তৈরি করা হল।

(b) টেস্ট-টিউবে 20টি সম্ভাব্য অ্যামাইনো অ্যাসিডের মিশ্রণ এবং একটিমাত্র কোডকে একত্রে রাখা হলে কোডটি সুনির্দিষ্ট একটি অ্যামাইনো অ্যাসিডের সঙ্গে tRNA-এর মাধ্যমে জোড় বাঁধবে। শুধু তাই নয়, কোষরসে উপস্থিত রাইবোজোম অণু এবং জোড় বাঁধা অ্যামাইনো অ্যাসিড—tRNA (অ্যামাইনো অ্যাসিল – tRNA) উক্ত কোডটির সঙ্গে সংযুক্ত হয়ে একটি বৃহৎ যৌগ গঠন করবে। বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ

কোডন (5′ -ট্রাইনিউক্লিওটাইড –3′) + রাইবোজোম + অ্যামাইনো অ্যাসিড + tRNA — রাইবোজোম – কোডন – অ্যামাইনো অ্যাসিল tRNA যৌগ

সমীকরণের বামদিকের উপাদানগুলি সবই স্বতন্ত্রভাবে একটি নাইট্রোসেলুলোজ ফিল্টারের মধ্য দিয়ে পার হয়ে যায়। কিন্তু ডানদিকের বৃহৎ যৌগটি পারে না।

(c) 20টি টেস্ট-টিউব নেওয়া হল। প্রতিটি টেস্ট টিউবে 20টি অ্যামাইনো অ্যাসিডের একটি মিশ্রণ রাখা হল। এই মিশ্রণের মধ্যে মাত্র একটি অ্যামাইনো অ্যাসিডকে রেডিও-অ্যাকটিভ বা বিকিরক মৌল দ্বারা চিহ্নিত করা হল। ধরা যাক 1 নং টেস্ট টিউবে মিথিওনাইনকে তেজস্ক্রিয় করা হবে না। অর্থাৎ প্রতিটি টেস্ট টিউব শুধুমাত্র একটি অ্যামাইনো অ্যাসিডকে তেজস্ক্রিয় করে রাখা হবে এবং কোন টেস্ট টিউবে কোন অ্যামাইনো অ্যাসিডকে তেজস্ক্রিয় করে রাখা হচ্ছে, তার একটি নির্দেশিকা তৈরি করে রাখা হল। এবার 20টি টেস্ট টিউবের প্রত্যেকটিতে একই ট্রাই-নিউক্লিওটাইডকে কোডন হিসাবে ব্যবহার করা হল। কোষরসে উপস্থিত রাইবোজোম ও t-RNA (মিশ্রণ-যৌগের অপর দুটি প্রধান উপাদান) যাতে

উপযুক্ত পরিমাণে থাকে, তা সুনিশ্চিত করা হল। এ ছাড়া যৌগটি তৈরির জন্য সমস্ত উৎসেচক টেস্ট টিউবে যুক্ত করা হল।

(d) যদি একটি সুনির্দিষ্ট অ্যামাইনো অ্যাসিডের জন্য একটিই সুনির্দিষ্ট কোডন থেকে থাকে, তাহলে 20টি টেস্ট-টিউবেই বিকিরক অ্যামাইনো অ্যাসিডটি কোন না কোন কোডনের সঙ্গে সংযোগ সাধন করবে। এবার প্রত্যেক টেস্টটিউব থেকে ট্রাইনিউক্লিওটাইড mRNA, অ্যামাইনো অ্যাসিড, রাইবোসোম ও tRNA যৌগটি পৃথক করে তেজস্ক্রিয়তা পরীক্ষার জন্য প্রস্তুত করা হল। অর্থাৎ কোন টেস্ট টিউব থেকে পৃথকীকৃত যৌগটি তেজস্ক্রিয়তা (radioactive) প্রদর্শন করছে তা নির্ধারণ করা হল। ধরা যাক 7 নম্বর টেস্ট টিউব থেকে পৃথকীকৃত যৌগটি তেজস্ক্রিয়তা প্রদর্শন করছে তাহলে দেখতে হবে যে 7 নম্বর টেস্টটিউবে 20টি অ্যামাইনো অ্যাসিডের মধ্যে কোন অ্যামাইনো অ্যাসিডটি তেজস্ক্রিয় করে চিহ্নিত করা ছিল। যদি সেটি লাইসিন হয় তবে প্রদত্ত কোডনটির অর্থ হবে লাইসিন। অনুরূপভাবে যদি দেখা যায় 15 নম্বর টেস্ট টিউব থেকে পৃথকীকৃত যৌগটি তেজস্ক্রিয়তা প্রদর্শন করছে এবং উক্ত টেস্টটিউবে আগে থাকতে গ্লাইসিনকে তেজস্ক্রিয় করে রাখা ছিল তাহলে প্রদত্ত ট্রাইনিউক্লিয়টাইডটির অর্থ হবে গ্লাইসিন। নিরেনবার্গ ও তাঁর সহযোগী বিজ্ঞানীরা 64টির মধ্যে 45টি কোডনের চরিত্র এইভাবে নির্ধারণ করতে সমর্থ হয়েছিলেন।

এই পরীক্ষা থেকে এটিও সুনিশ্চিত হয় যে কোড অবশ্যই ত্রয়ী।

11.6.4 পৌণঃপুনিক সহপলিমার দ্বারা পরীক্ষা (Experiment with Repeatitive Copolymers) ঃ

কোড অভিধানকে সম্পূর্ণ করার কাজে ভারতীয় বংশোদ্ভূত জৈব-রসায়নবিদ ডঃ হরগোবিন্দ খোরানার এই পরীক্ষা বিশেষভাবে গুরুত্বপূর্ণ। তিনি প্রোটিন-সংশ্লেষকারী কোষরসে ব্যবহার করলেন এমন এক mRNA যা পুনপুন একইরকমের ক্ষারবিন্যাস দ্বারা গঠিত। অর্থাৎ যদি বিন্যাসটি হয় CU, তাহলে ডঃ খোরানার সৃষ্ট mRNAটি হল ঃ CUCUCUCUCUCU অথবা $(CU)_n$ যদি পৌণপুনিক বিন্যাসটি হয় ACU তাহলে mRNAটি হল ACUACUACUACUACU অথবা $(ACU)_n$ এই বিন্যাসগুলি থেকে কোন কোন কোডোন পাওয়া যেতে পারে তা সহজেই অনুমান করা যায়। যেমন (CU)n mRNA-তে মাত্র দুই ধরনের কোডোন থাকতে পারে CUC এবং UCU এবং এদের থাকতেই হবে পরস্পর পরস্পরের অন্তরে। CUC/UCU/CUC/UCU..... এই রকম। টেস্ট টিউবে এই ধরনের একটি mRNA থেকে পাওয়াও গেল দুইটি অ্যামাইনো অ্যাসিড, যথাক্রমে লিউসিন ও সেরিন (leucine and serine) এবং একইভাবে পরস্পরের অন্তরে (alternatively)। যখন তিনটি ক্ষার দিয়ে তৈরি পৌনপুনিক বিন্যাস ব্যবহার করা হল তখন তিন রকমের সম-পলিমার (homopolymer) পাওয়া সম্ভব। যেমন যদি $(ACG)_n$ পলিনিউক্লিওটাইড ব্যবহার করা হয় তখন সম্ভাব্য কোডোন বিন্যাস হতে পারে নিম্নরূপ ঃ

$(ACG/ACG/ACG/ACG/ACG\ ....)_n$ ফলাফল $(থ্রিওনিন)_n$

$(A/CGA/CGA/CGA/CGA/CGA\ ....)_n$ ফলাফল $(আর্জিনিন)_n$

$(AC/GAC/GAC/GAC/GAC/GAC\ ....)n$ ফলাফল $(অ্যাসপারটিক\ অ্যাসিড)_n$

এই পদ্ধতিতে জানা যাচ্ছে ACG কোডন থ্রিওনিন (threonin), CGA কোডন আর্জিনিন (arginine) এবং GAC কোডন অ্যাসপারটিক অ্যাসিড (aspertic acid) নামক অ্যামাইনো অ্যাসিডের জন্য সংবাদবাহী।

এই নিয়মে সম্পূর্ণ কোড-অভিধানটির অর্থোদ্ধার করা সম্ভব হল। 1968 খ্রিস্টাব্দের নোবেল পুরস্কারে ভূষিত হলেন নিরেনবার্গ ও ডঃ খোরানা। নীচের চিত্র 11.2-তে সম্পূর্ণ কোড অভিধানটি দেখানো হল।

		Second letter									
		U		C		A		G			
First letter	U	UUU UUC	Phe (F)	UCU UCC UCA UCG	Ser (S)	UAU UAC	Tyr (T)	USG USC	Cys (C)	U	Third letter
		UUA UUG	Leu (L)			UAA UAG	Stop Stop	UGA UGG	SeCys Trp (W)	C A G	
	C	CUU CUC CUA CUG	Leu (L)	CCU CCC CCA CCG	Pro (P)	CAU CAC	His (H)	CGU CGC CGA CGG	Arg (R)	U C A G	
						CAA CAG	Gln (Q)				
	A	AUU AUC AUA	Ile (I)	ACU ACC ACA ACG	Thr (T)	AAU AAC	Asn (N)	AGU AGC	Ser (S)	U C A G	
		AUG*	Met (M)			AAA AAG	Lys (K)	AGA AGG	Arg (R)		
	G	GUU GUC GUA GUG*	Val (V)	GCU GCC GCA GCG	Ala (A)	GAU GAC	Asp (D)	GGU GGC GGA GGG	Gly (G)	U C A G	
						GAA GAG	Glu (E)				

চিত্র 11.2 ঃ কোড অভিধান

অনুশীলনী 2

1. কেবলমাত্র ইউরিডিলিক অ্যাসিড দ্বারা গঠিত একটি পলিনিউক্লিওটাইড থেকে কত রকমের অ্যামাইনো অ্যাসিড পাওয়া যেতে পারে ও কেন?
2. A ও C-কে ধ্রুবক রেখে কেবলমাত্র তৃতীয় ক্ষারের পরিবর্তন সাধন করে সম্ভাব্য কত রকম কোডন পাওয়া যায় ও কী কী?
3. G ও C-কে ধ্রুবক রেখে 3:1 অনুপাতে মিশিয়ে কেবলমাত্র তৃতীয় ক্ষারের পরিবর্তন সাধন করলে সম্ভাব্য কোডনগুলির অনুপাত কী হতে পারে?
4. কেবলমাত্র AU দ্বারা সৃষ্ট পৌণপুনিক বিন্যাস থেকে কোন কোন কোডন পাওয়া যায়?
5. CUG দ্বারা সৃষ্ট পৌণপুনিক বিন্যাস থেকে কোন কোন কোডন পাওয়া যেতে পারে?

11.6.5 শৃঙ্খল সূচনাকারী এবং অন্ত্যকারী কোডোন (Chain Initiation and Chain Termination Codon) ঃ

যখন কোষে প্রোটিন সংশ্লেষ শুরু হয় তখন প্রায় সমস্ত ক্ষেত্রেই প্রথম অ্যামাইনো অ্যাসিডটি হয় মিথিওনিন (Methoinine)। mRNA-তে এর পরিপূরক কোডন সাধারণত AUG, তবে কোন কোন বিরল ক্ষেত্রে GUG। যখন GUG-কে কোষ প্রারম্ভিক কোডনরূপে ব্যবহার করে, তখন GUG-এর স্বাভাবিক ধর্ম আর ভ্যালিন (Valine) তৈরি থাকে না। প্রারম্ভিক মিথিওনিন ছাড়া প্রোটিনে অন্য মিথিওনিনও থাকে তবে শুরুরটির সঙ্গে যুক্ত থাকে ফরমাইল (formyl) গ্রুপ, তাই একে বলে ফরমাইল-মিথিওনিন। একটি প্রোটিন অন্য কোন মিথিওনিন ফরমাইল যুক্ত নয়।

কোড অভিধানটি (চিত্র 11.2) লক্ষ করলে দেখবেন তিনটি কোডন, যথাক্রমে UNA, UAG এবং UGA কাজ করে প্রোটিন শৃঙ্খলের অন্তিম কোডন হিসাবে। mRNA-তে যেখানেই এই কোডন তিনটির মধ্যে একটি থাকবে সেখানেই প্রোটিন সংশ্লেষে যতি পড়বে। মনে রাখার সুবিধের জন্য জীব বিজ্ঞানীরা এগুলির কথ্য নামকরণ করলেন যথাক্রমে Ochre, Amber এবং Opal। এই তিনটি কোডের গুরুত্ব জানা গেছে অপেক্ষাকৃত সাম্প্রতিক কালে। বস্তুতপক্ষে ডঃ খোরানা এগুলিকে অর্থহীন কোডন (non-sense codon) বলে চিহ্নিত করেছিলেন। কিন্তু আজ আমরা জানি প্রোটিনের গঠন ও ধর্ম বজায় রাখতে পলিপেপটাইড শৃঙ্খলের যতি বা termination অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ।

11.6.1 কোডের সমার্থবোধকতা (Codon synonyms)

চিত্র 11.2-তে প্রদত্ত কোড অভিধানটি লক্ষ করলে দেখবেন একাই অ্যামাইনো অ্যাসিডের জন্য একাধিক কোডন আছে। কোড অভিধানে একই অ্যামাইনো অ্যাসিডের জন্য কোডগুলিকে একই গুচ্ছে

রাখা হয়েছে। দেখবেন এদের মধ্যে তফাৎ কেবল তৃতীয় ক্ষারটির। একে বলে তৃতীয় ক্ষারের সমার্থতার সূত্র বা Law of third base degeneracy।

সারণি ঃ অ্যামাইনো অ্যাসিডগুলির জন্য সমার্থবোধক কোডগুলির সংখ্যার সারণি

কোডের সংখ্যা	অ্যামাইনো অ্যাসিডের সংখ্যা ও প্রকৃতি
একটি	দুইটি (f-Met, Trp)
দুটি	নয়টি (Phe, Tyr, His, GluN, AspNN, Lys, Asp, Glu, Cys)
তিনটি	একটি (Ileu)
চার	পাঁচটি (Val, Pro, Thr, Ala ও Gly)
ছয়	তিনটি (Ser, Arg ও Leu)

অ্যামাইনো অ্যাসিডগুলির-সংকেত সূত্র ঃ

f-Met ঃ ফরমাইল মিথিওনিন	Asp ঃ অ্যাসপারটিক অ্যাসিড
Trp ঃ ট্রিপসিন	Glu ঃ গ্লুটামিক অ্যাসিড
Phe ঃ ফিনাইল অ্যালানিন	Cys ঃ সিসটিন
Tyr ঃ টাইরোসিন	Ileu ঃ ইলিউসিন
His ঃ হিস্টিডিন	Val ঃ ভ্যালিন
GluN ঃ গ্লুটামিন	Pro ঃ প্রোলিন
AspN ঃ অ্যাসপারাজিন	Thr ঃ থ্রিওনিন
Lys ঃ লাইসিন	Ala ঃ অ্যালানিন
Gly ঃ গ্লাইসিন	Ser ঃ সেরিন
Arg ঃ আরজিনিন	Leu ঃ লিউসিন

11.7 জেনেটিক কোডের ধর্মাবলী (Properties of Genetic Code)

জেনেটিক কোডের উপস্থিতি সম্পর্কিত ধারণার পরীক্ষাভিত্তিক সমর্থন এটির কয়েকটি বৈশিষ্ট্যকে আমাদের সামনে প্রতীয়মান করে। এই বৈশিষ্ট্যগুলি হল (a) কোডের ত্রয়ী গঠন, (b) একাধিক কোডের সম-অর্থবাহিতা, (c) কোডের অনধিক্রম্যতা, (d) কোডের যতিচিহ্নবিহীনতা, (e) কোডের দ্ব্যর্থহীনতা এবং (f) কোডের সার্বজনীনতা।

11.7.1 জেনেটিক কোড ত্রয়ী (Genetic Code is Triplet)

আগেই বলা হয়েছে কোড যদি একক বা দ্বয়ী হয় তাহলে 20টি অ্যামাইনো অ্যাসিডকে সংকেত প্রদান করা তার পক্ষে অসম্ভব হত। অন্ততপক্ষে ত্রয়ী কোড ছাড়া এ কাজ সম্ভব নয়। ত্রয়ী কোড সংখ্যায় $4 \times 4 \times 4 = 64$ টি। এতে করে যে বাড়তি 44টি কোডনের সন্ধান পাওয়া যায় তা থেকে অনুমান করা যায় যে, একই অ্যামাইনো অ্যাসিড একাধিক কোড দ্বারা সংকেতাবদ্ধ। তবে এও ঠিক যে, যদি চারটি ক্ষার দ্বারা একটি কোড তৈরি হত তাহলে $4 \times 4 \times 4 \times 4 = 256$টি সংকেত পাওয়া সম্ভব হত কিন্তু এই বিপুলসংখ্যক বাড়তি কোডের কোন জৈবিক গুরুত্ব থাকা নীতিগতভাবে সম্ভব নয়। দ্বিতীয়ত অ্যামাইনো-অ্যাসিল tRNA যে সংযোগী সংকেতের সাহায্যে mRNA-এর সঙ্গে যুক্ত হয় তার নিউক্লিওটাইডের সংখ্যাও তিন। এটিকে যদি অ্যান্টিকোডন (Anticodon) বলে মেনে নিই তাহলে কোডের বর্ণসংখ্যা তিন হওয়াই যুক্তিযুক্ত।

11.7.2 কোড সমার্থবোধক (Degeneracy of Code)

একটি বিশেষ অ্যামাইনো অ্যাসিডের জন্য একাধিক সংকেত থাকা সম্ভব। কোডন ও অ্যামাইনো অ্যাসিডের সম্পর্ক যদি "একের জন্য কেবল একটি" হত তাহলে 20 টির বেশি কোডন পাওয়া সম্ভব ছিল না। ত্রয়ী কোডে বাড়তি 44টি তাহলে নেহাৎ অর্থহীন বা Non-Sense বলে গণ্য হত। কার্যত দেখা গেল কোনও কোডনই অর্থহীন নয়। যাদের অর্থহীন বলে আপাত দৃষ্টিতে মনে হয় তাদের শৃঙ্খলযতিতে ভূমিকা আছে।

একটি অ্যামাইনো অ্যাসিডের জন্য একাধিক কোডন থাকার ধর্মকে বলা হয় কোডের সমার্থবোধকতা। শুধুমাত্র AUG (যা মিথিওনাইন কোড করে) ও UGG (যা ট্রিপটোফ্যান-এর জন্য নির্দিষ্ট) ছাড়া বাকি সবকটি অ্যামাইনো অ্যাসিডের জন্যই একাধিক কোডন আছে।

কোর্ড সমার্থবোধক (Degeneracy of Code) : বিভিন্ন ধরনের পরিব্যক্তি যেমন ট্রান্সমিশন বা ট্রান্সভারশন genetic code-এএমন ধরনের অব্যক্ত পরিব্যক্তি বা Silent Mutation ঘটায় যা উৎপন্ন প্রোটিনের জলাকর্ষী (Hydrophilic) বা জলবিকর্ষী (Hydrophobic) ধর্মের পরিবর্তন ঘটায় না। যেমন, কোডন NUN (N=যেকোন নিউক্লিওটাইড) সাধারণত জলবিকর্ষী অ্যামাইনো অ্যাসিড

সংশ্লেষ করে। সেখানে NAN কিন্তু জলাকর্ষী অ্যামাইনো অ্যাসিড তৈরী করে। বিন্দু পরিব্যক্তি (Point Mutation) কোন কোন সময় অকার্যকর প্রোটিন তৈরী করে। পরিব্যক্ত হিমোগ্লোবিনে জলাকর্ষী glutamate জলবিকর্ষী valine দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় যেখানে GAA বা GAG পরিবর্তিত হয়ে GUA বা GUG উৎপন্ন করে। (1)

ওবল প্রকল্প (Wobble hypothesis) ঃ

আপনারা চিত্র 11.2 কোড অভিধানটি পর্যালোচনা করলে দেখতে পাবেন যে, যে সমস্ত অ্যামাইনো অ্যাসিডের জন্য একাধিক কোডন বর্তমান তাদের কোডনের প্রথম দুটি ক্ষার সবসময়ই একই, শুধুমাত্র তৃতীয় ক্ষারটি অন্য ধরনের। যেমন UUU ও UUC দুটিই ফিনাইল-অ্যালানাইনকে কোড করে। এখন প্রশ্ন হল ফিনাইল অ্যালানাইনের জন্য নির্দিষ্ট tRNA-এর অ্যান্টিকোডনটি কী হবে? দেখা গেছে যে ফিনাইল অ্যালালাইনের জন্য শুধুমাত্র AAA অ্যান্টিকোডনসহ tRNA সব ধরনের কোষে বর্তমান এবং উক্ত tRNA টি ফিনাইল অ্যালাসাইনের জন্য নির্দিষ্ট দুটি কোডন UUU ও UUC -র সঙ্গে যুক্ত হতে পারে। এ সম্পর্কে ক্রিক 1966 সালে ওবল্ মতবাদ (Wobble hypothesis) প্রবর্তন করেন। তার মতে অ্যান্টিকোডনের 5' প্রান্তে অবস্থিত ক্ষারটি কোডনের 3' প্রান্তে উপস্থিত যে কোন ক্ষারের সঙ্গে জোড় গঠন করতে পারে (যদিও ওয়াটসন ক্রিকের নীতি হল A-র সঙ্গে U ও G-র সঙ্গে C)। অর্থাৎ অ্যান্টি কোডনের 5' প্রান্তে অবস্থিত বেসটি অতটা গোঁড়া নয়—ওয়াটসন ক্রিকের ক্ষার যুক্ত হওয়ার নীতিকে লঙ্ঘন করেও তারা হাইড্রোজেন বন্ধনী গঠন করতে পারে। এর ফলে কোষে একটি অ্যামাইনো অ্যাসিডের জন্য মাত্র একটি tRNA বর্তমান থাকলেও উক্ত tRNA একটি অ্যামাইনো অ্যাসিডের জন্য নির্দিষ্ট একাধিক কোডনকে চিনতে পারে।

11.7.3 কোড অনধিক্রম্য (Code is Non-overlapping)

যদিও জেনেটিক কোড ত্রয়ী এ বিষয়ে সন্দেহ নেই তবুও Ø x 174 DNA নিয়ে পরীক্ষা চলাকালীন একটি সমস্যা ধরা পড়ে। এই এক তন্ত্রী ফাজ DNA 5386 নিউক্লিওটাইড দ্বারা গঠিত কিন্তু এটি এগারোটি বিভিন্ন ধরনের প্রোটিন তৈরী করে যার দৈর্ঘ্য 2327 অ্যাম্যাইনো অ্যাসিড, 2327, 2327 অ্যামাইনো অ্যাসিড তৈরীর জন্যে 2327x3=6971, প্রায় 7000 নিউক্লিউটাইড প্রয়োজন, পরবর্তীকালে Sanger ও তাঁহার সহকর্মীরা পরীক্ষার মাধ্যমে প্রমাণ করেন যে কোড ত্রয়ী হলেও একটি জিনের নিউক্লিওটাইড সজ্জা অন্য একটি জিন উৎপাদনে ব্যবহার করে ক্ষুদ্র একটি জিনোমের প্রয়োজনীয় জিন গঠন অব্যাহত রাখা হয়েছে। এই ধরনের উদাহরণ পরে প্রাণী, ভাইরাস, মাইট্রোকনড্রিয়া, ব্যাকটিরিয়ার ক্রোমোজোম প্রভৃতিতেও চোখে পড়ে।

Figure 11.3

(a) Ø x 174 এর জেনেটিক মানচিত্রে এগারোটি জিনের নিউক্লিওটাইড সজ্জাক্রমের বিবরণ, A থেকে D জিন অবধি 2253 নিউক্লিওটাইডের মধ্যে সুস্পষ্ট অধিক্রমণ লক্ষ্যনীয়।

(b) A এবং A* জিনের মধ্যে নিউক্লিওটাইড বন্টন। চিত্র থেকে স্পষ্টতই বোঝা যায় A* জিনটি A অপেক্ষা ছোট এবং A জিনের কিছু অংশ দ্বারা গঠিত।

(c) এখানে A, D এবং K তিনটি জিনের একটি Reading frame ব্যবহারের চিত্র প্রদর্শন করে, এখানে প্রত্যেকের আলাদা Reading frame থাকলেও অত্যন্ত জটিল নিউক্লিওটাইড বন্টন ব্যবস্থা এখানে পরিলক্ষিত।

কোডের অনধিক্রম্যতা বলতে বোঝায় যে কোন একটি নির্দিষ্ট নিউক্লিউটাইড একাধিক কোডনের

অংশবিশেষ হওয়া অসম্ভব। নীচের নিউক্লিওটাইড বিন্যাসটি লক্ষ করুন ঃ

5' – GAAUUC – 3'

কোড যদি অধিক্রমণীয় হয় তাহলে এই বিন্যাস থেকে আমরা নিম্নলিখিত ত্রয়ী কোডগুলি পেতে পারি—

GAA AAU AUU UUC

অর্থাৎ এরকম একটি 6 ক্ষারবিশিষ্ট বিন্যাস সর্বাপেক্ষা চারটি বিভিন্ন অ্যামাইনো অ্যাসিড সংশ্লেষের সংবাদ বহন করতে পারে। কার্যত কিন্তু তা হয় না। কার্যত এই 6 ক্ষারবিশিষ্ট বিন্যাসটি কেবলমাত্র দুইটি অর্থাৎ GAA এবং UUC এই দুটি কোডন দ্বারা আধারিত এবং কেবলমাত্র দুটি অ্যামাইনো অ্যাসিড, যথাক্রমে গ্লুটামিক অ্যাসিড এবং ফিনাইলঅ্যালানিন তৈরির সংবাদ বহন করেছে। আরও একটি সহজ উদাহরণের সাহায্যে আপনারা এটা বুঝতে পারবেন। ধরুন 1 থেকে মোট 9টি ক্ষার কোন mRNA-তে নিম্নলিখিত ভাবে আছে।

1 2 3 4 5 6 7 8 9

এখন উপরোক্ত mRNA বাক্যটি আপনি দু'ভাগে পড়তে পারেন। একভাবে 123, 234, 345, 456 567, 678, 789। আর অন্যভাবে হল 123, 456 ও 789। এখন কোড যে non-overlapping অর্থাৎ 123 456 ও 789 এভাবে পড়া হয়.কীভাবে বুঝবেন? ধরুন 3 নং বেস বা ক্ষারটি মিউটেশন পরীক্ষার দ্বারা পরিবর্তন করা হল। যদি কোড overlapping হত তাহলে 3 নং বেসকে ধরে যেহেতু তিনটি কোডন রচিত হত (অর্থাৎ 123,234,345) তাহলে, উক্ত মিউটেশনের জন্য পরপর মোট তিনটি অ্যামাইনো অ্যাসিড পরিবর্তিত হত। কিন্তু মিউটেশন পরীক্ষার সাহায্যে দেখা গেছে যে একটি বেসের মিউটেশনের দ্বারা পরিবর্তনের ফলে মাত্র একটি কোডন অর্থাৎ একটি অ্যামাইনো অ্যাসিডের পরিবর্তন হয়, এটা কোড non-operlapping বলেই সম্ভব।

11.7.4 কোড যতিবিহীন (Code is commaless)

যতি বিহীন কোড বলতে বোঝায় এমন নিউক্লিওটাইড বিন্যাস যার একটি ত্রয়ী কোডনের সঙ্গে তার পার্শ্ববর্তী ত্রয়ী কোডনের অন্তবর্তী স্থান কোন যতিচিহ্নমূলক কোডন বর্হিভূত ক্ষার দ্বারা অধিকৃত নয়। নীচের বিন্যাসটি দেখুন—

$$5-\underset{AA_1}{\underline{GAA}}\,C\,\underset{AA_2}{\underline{AGU}}\,UC-3$$

এক্ষেত্রে প্রথম ও দ্বিতীয় কোডনের মধ্যবর্তী 'C' অক্ষরটি যতিচিহ্নমূলক এবং এই দুটি কোডের কোনটিরই অংশভুক্ত নয়। বাস্তবে কিন্তু তা হয় না, বরং উপরের বিন্যাস থেকে আমরা পাই —

$$5-\frac{GAA}{AA_1}\frac{CAG}{AA_2}\frac{UUC}{AA_3}-3$$

তিনটি অন্তবর্তী-ব্যবধান বিহীন পরস্পর সংলগ্ন কোডন। এই কারণে m-RNA-তে কোনও নিউক্লিউটাইডই কমা বা অন্য কোন যতিচিহ্ন করার জন্য ব্যবহৃত হয় না।

11.7.5 কোড দ্ব্যর্থবোধকতাহীন (Code is non-ambiguous)

কোন একটি নির্দিষ্ট কোডন যদি একাধিক অ্যামাইনো অ্যাসিড সংশ্লেষের সংবাদবাহী হয় তাহলে বলা যায় কোড দ্ব্যর্থবোধক। সাধারণভাবে এমন কোনো কোডন কোড-অভিধানে নেই যার কাজ হল একাধিক অ্যামাইনো অ্যাসিডের সংকেত বহন করা। তাই কোড হল দ্ব্যর্থবোধকতাহীন।

প্রান্তলিপি

যদিও কোড দ্ব্যর্থবোধকতাহীন তবু ক্রোমোজোম দ্বারা বাহিত DNA-এর বাইরে গিয়ে দেখলে এর কিছু ব্যতিক্রম পাওয়া যায়। ইউক্যারিওটিক জীবের মাইটোকনড্রিয়ায় যে DNA থাকে তার কিছু কিছু ক্ষেত্রে একই কোডনের স্বাভাবিক সংবাদের ব্যতিক্রম দেখতে পাওয়া যায়। যেমন CUA কোডটির স্বাভাবিক অর্থ হল লিউসিন (leucine) অথচ ঈস্ট মাইটোকনড্রিয়ায় এই কোড থ্রিওনিন (threorine) অর্থবাহী। AGA কোডন আর্জিনিন সংশ্লেষ করার সংবাদবাহী অথচ ড্রসোফিলা মাইটোকনড্রিয়াতে এই একই কোডন সেরিন (Serine) তৈরি করে। 1986 খ্রিস্টাব্দে আদ্যপ্রাণী মাইকোপ্লাজমা Mycoplasma capricolum) তে সম্পূর্ণ অন্যরকম কোড অভিধান আবিষ্কৃত হয়েছে। এখানে UAA ও UAG কোডনদ্বয় যতি (Stop) কোডন নয় বরং গ্লুটামিন সংশ্লেষী। তাই কোড অভিধান যে আগামী দিনে একেবারেই বদলাবে না তার কোনো নিশ্চয়তা নেই।

11.7.6 কোড হল সার্বজনীন (Code in universal)

কোড সার্বজনীন (**Universality of Genetic Code**) কোডের সার্বজনীনতার কিছু পার্থক্য 1979 সালের মধ্যে দৃষ্টিগোচর হয়। প্রথম পরিবর্তিত জেনেটিক কোডটি মানুষের মাইটোকোনড্রিয়াতে পরিলক্ষিত হয়। মাইকোপ্লাজমাতে (Mycoplasma) UGA ট্রিপটোফ্যান কোড করে আবার

Condida -এর প্রজাতিগুলিতে CUG, লিউসিনের পরিবর্তে সেরিনকে কোড করে। Messenger RNA দ্বারা গৃহীত সংকেতের উপর নির্ভর করে অন্ত্যকারী (stop) কোডনগুলি অনেক সময় বিশেষ কিছু অ্যামাইনো অ্যাসিড (Non-Standard amino acid) কোড করে। UGA সাধারণত Selenocysteine এবং UAG Pyrolysine কোড করে। (2, 3, 4)

যদিও জেনেটিক কোড বা সংকেতের পাঠোদ্ধার হয়েছে পরীক্ষাগারে, মূলত অনুজীবগুলির উপর পরীক্ষা চালিয়ে, তবু, কোডগুলি জীবের প্রকৃতিভেদে একই ধরনের অর্থবাহী। তাই কোডের সার্বজনীনতা নীতিগতভাবে স্বীকৃত। যদিও বিবর্তনের স্তরভেদে কিছু পার্থক্য পরিলক্ষিত হয়েছে, তথাপি সাধারণভাবে কোডের এটি অন্যতম প্রধান বৈশিষ্ট্যরূপে মেনে নেওয়া হয়েছে।

অনুশীলনী 3

1. কোড অভিধানে 64টি কোড থাকার যৌক্তিকতা কী?
2. 5'– CUGCAG – 3' বিন্যাস থেকে অধিক্রম্য ও অনধিক্রম্য অবস্থায় প্রাপ্ত কোডগুলি কী কী?
3. 5'– GAA CAG – 3' বিন্যাসটিতে যতি থাকলে কয়টি কোড থাকতে পারে এবং যতিবিহীন কয়টি কোড থাকতে পারে?
4. GUG কোডনকে ব্যতিক্রমী বলা হয় কেন?
5. সমার্থবোধক কোড বলতে কী বোঝায়?

11.8 সারাংশ

প্রোটিন সংশ্লেষের কেন্দ্রীয় প্রত্যয় হল এই যে, DNA দ্বারা বাহিত সংবাদ প্রথমে mRNA-এর ভাষায় ভাষান্তরিত হয় এবং তারপর অ্যামাইনো অ্যাসিডের ভাষায় অনূদিত হয়। DNA-এর ক্ষার সংখ্যা মাত্র চারটি আর প্রোটিনে অ্যামাইনো অ্যাসিডের সংখ্যা অন্ততপক্ষে 20টি। তিনটি ক্ষারের একটি বিন্যাসকে একটি অ্যামাইনো অ্যাসিড তৈরির জন্য সংকেত বলে ধরে নিলে মোট কোডের সংখ্যা হয় $4 \times 4 \times 4 = 64$টি। নিরেনবার্গ, ম্যাথাই এবং হরগোবিন্দ খোরানার সম—,সহ—এবং পৌণপুনিক পলিমার দ্বারা পরীক্ষা এই 64টি সংকেতে অর্থ উদ্ধারে যুগান্তকারী অবদান রেখেছে। প্রমাণিত হয়েছে যে জেনেটিক কোডের কয়েকটি সুনির্দিষ্ট বৈশিষ্ট্য আছে। সেগুলি হল যথাক্রমে (a) কোডের ত্রয়ী গঠন, (b) কোডের সমার্থবোধকতা, (c) কোডের অনধিক্রম্যতা, (d) কোডের যতিচিহ্নবিহীনতা, (e) কোডের দ্ব্যর্থবোধহীনতা ও (f) কোডের সার্বজনীনতা।

11.9 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

1. DNA, mRNA ও t-RNA অণুর মধ্যে সম্পর্কটি ব্যাখ্যা করুন।
2. কোড শনাক্তকরণের জন্য বিকিরক ট্রাই-নিউক্লিওটাইড দ্বারা সাধিত পরীক্ষাটি বর্ণনা করুন। এর ফলাফল ব্যাখ্যা করুন।
3. কোড শনাক্তকরণের সম-পরিমার ও সহ-পলিমার দ্বারা পরীক্ষাদ্বয় ব্যাখ্যা করুন।
4. জেনেটিক কোডের ধর্মগুলি উদাহরণসহ ব্যাখ্যা করুন।
5. টীকা লিখুন—

   (ক) সূচনাকারী কোডন

   (খ) অন্ত্যকারী কোডন

   (গ) কোডের সমার্থবোধকতা

   (ঘ) ত্রয়ী কোডন

   (ঙ) অনধিক্রম্য কোডন

   (চ) ওবল্ প্রকল্প
6. জেনেটিক কোড অনধিক্রম্য (non-overlaping) ও সমার্থবোধক — প্রমান করুন।

11.2 উত্তরমালা

অনুশীলনী 1

1. 11.2 অংশ দ্রষ্টব্য
2. t-RNA
3. mRNA কোডনবাহী পলিনিউক্লিওটাইড আর t-RNA প্রতিকোডন বা অ্যান্টিকোডন (anticodon) বাহী পলিনিউক্লিওটাইড। t-RNA - কে অভিযোজী অণু (adaptor molecule) বলা হয়।
4. প্রস্তাবনা অংশে ব্যাখ্যা আছে।
5. 3টি নিউক্লিওটাইড দ্বারা গঠিত যে কোন বিন্যাস বা একটি অ্যামাইনো অ্যাসিড সংশ্লেষের জন্য সংকেত বহন করে তাকে বলে ত্রয়ী কোড। যেমন CCC এই কোডটি প্রোলিন (proline) সংশ্লেষের জন্য ত্রয়ী কোড।

অনুশীলনী 2

1. এক রকম, কারণ কেবল UUU কোড পাওয়া যায়।
2. আট রকম, 11.6.2 অংশটি দেখুন।

3.

ক্ষার প্রকৃতি		ক্রমিক সংখ্যা	কোড	অনুপাত
1.	3G	1.	GGG	$\frac{3}{4}\times\frac{3}{4}\times\frac{3}{4}=\frac{27}{64}$
2.	2 GIC	2.	GGC	$\frac{3}{4}\times\frac{3}{4}\times\frac{1}{4}=\frac{9}{64}$
		3.	GCG	$\frac{3}{4}\times\frac{1}{4}\times\frac{3}{4}=\frac{9}{64}$
		4.	CGG	$\frac{1}{4}\times\frac{1}{4}\times\frac{3}{4}=\frac{3}{64}$
3.	1G2C	5.	GCC	$\frac{3}{4}\times\frac{1}{4}\times\frac{3}{4}=\frac{9}{64}$
		6.	CGC	$\frac{1}{4}\times\frac{3}{4}\times\frac{1}{4}=\frac{3}{64}$
		7.	CCG	$\frac{1}{4}\times\frac{1}{4}\times\frac{3}{4}=\frac{3}{64}$
4.	3C	8.	CCC	$\frac{1}{4}\times\frac{1}{4}\times\frac{1}{4}=\frac{1}{64}$

5. C/UG C/UG C/UG = (UGC)n
   CU/G CU/G CU/G = (GCU)n
   CUG/CUG/CUG = (CuG)n
   অর্থাৎ কোড তিনটি হল UGC, GCU এবং CUG

অনুশীলনী 3

1. ত্রয়ী কোড এবং 20 টি অ্যামাইনো অ্যাসিডের মধ্যে সম্পর্ক উল্লেখ করে কোডের সমার্থবোধকতা, প্রারম্ভিক কোড এবং অন্ত্যকোডের কথা বলুন এবং বাকী 44টি কোডের প্রয়োজনীয়তা নির্দেশ করুন।
2. অধিক্রম্য অবস্থায় ঃ CUG, UGC, GCA ও CAG
   অনধিক্রম্য অবস্থায় ঃ CUG ও CAG

3. যতি থাকলে কেবলমাত্র একটিমাত্র কোড থাকা উচিৎ। যতিবিহীন অবস্থায় এক্ষেত্রে কোড দুটি।
4. GUG এর অংশত দ্ব্যর্থবোধকতা আছে। এটি সাধারণভাবে ভ্যালিন কিন্তু প্রথমে থাকলে f-met-এর সংকেতবাহী।

5.11.7 অংশাঙ্কিত (খ) পর্যায় দেখুন।

সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

1. DNA অণু mRNA সংশ্লেষের জন্য প্রতিরূপ হিসাবে কাজ করে। mRNA-এর নিউক্লিওটাইড বিন্যাস প্রোটিনের ভাষায় অনূদিত হয়। এদের মধ্যে এই যে সরলরৈখিক সম্পর্ক তা সাধিত হয় অপর একটি সংযোজী RNA-এর সাহায্যে। একে বলে tRNA। tRNA অণুর অ্যান্টিকোডন mRNA অণুর কোড-এর পরিপূরক হওয়ার জন্য, একটি mRNA-এর ক্ষারবিন্যাস, একটি সুনির্দিষ্ট প্রোটিন সংশ্লেষের জন্য দায়ী।
2. 11.6.3 অংশাঙ্কিত নিরেনবার্গ ও লেডার-এর পরীক্ষাটি বলুন।
3. 11.6.1 অংশের Poly-U পরীক্ষা হল সমপলিমার প্রয়োগে পরীক্ষা এবং 11.6.2 অংশের পরীক্ষা হল সহপলিমার প্রয়োগে পরীক্ষা। এগুলি ব্যক্ত করে ফলাফলটির গুরুত্ব বলুন।
4. 11.7 অংশের আলোচনাটি দেখুন।
5. (a) ও (b) — 11.6.5 অংশ দেখুন।

   (c) 11.6.6 অংশ দেখুন।

   (d) প্রস্তাবনা অংশ ও 11.7 (a) অংশ দেখুন

   (e) 11.7. গ অংশ দেখুন।

   (f) 11.7.2 অংশ দেখুন।
6. 11.7.3 ও 11.7.2 দেখুন।

একক 12 □ জিন-নিয়ন্ত্রণ (Regulation of Gene)

গঠন

12.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

12.2 জিন নিয়ন্ত্রণের নীতি

12.2.1 জিন নিয়ন্ত্রণের মুখ্য কৌশলসমূহ

12.3 ট্রান্সক্রিপশনগত নিয়ন্ত্রণের নীতিসমূহ

12.3.1 জিনের প্রকাশ প্রোটিন দ্বারা নিয়ন্ত্রিত

12.3.2 সঞ্চালক দ্বারা নিয়ন্ত্রিত ট্রান্সক্রিপশন

12.3.3 অ্যালোস্টেরিক পদ্ধতিতে নিয়ন্ত্রিত ট্রান্সক্রিপশন

12.3.4 সহায়ক প্রোটিনের দ্বারা প্রভাবিত ট্রান্সক্রিপশন

12.3.5 একাধিক নিয়ন্ত্রকের সহ-সংযোগ দ্বারা নিয়ন্ত্রিত ট্রান্সক্রিপশন

12.4 E.coli ব্যাকটেরিয়ার ল্যাকটোজ বিপাক

12.5 ল্যাকটোজ অপেরন

12.5.1 ল্যাকটোজ অপেরনের গঠন

12.5.2 ল্যাকটোজ অবদমক

12.5.3 অ্যালোল্যাকটোজ দ্বারা প্রণোদিত ট্রান্সক্রিপশন

12.5.4 গ্লুকোজ দ্বারা অবদমিত ট্রান্সক্রিপশন

12.6 ট্রিপটোফ্যান অপেরন ঃ একটি দমনীয় অপেরন

12.6.1 অ্যাটেনিউয়েশন

12.7 সারাংশ

12.8 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

12.9 উত্তরমালা

12.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

প্রস্তাবনা

প্রতিটি কোষ হল অসংখ্য জিন বাহিত সংবাদের আধার, কিন্তু এই সব সংবাদ একই সময়ে কোষ

কাজে লাগায় না। কোন বিশেষ কোষের জিনগত সংবাদ প্রকাশের বা expression-এর স্তর বা ব্যাপকতা নির্ভর করে সেই কোষটির প্রকৃতি এবং কোষটি কোষচক্রের কোন পর্যায়ে আছে তার উপর। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় হিমোগ্লোবিন সংশ্লেষ করার জন্য দায়ী জিন সব মানুষের সব কোষেই আছে, তবু কেবলমাত্র লোহিত রক্ত কণিকাই লাল কেন? এর কারণ এই বিশেষ জিনটির প্রকাশ ঘটে ওই লোহিত রক্ত কণিকাতে—আর কোথাও নয়। সুতরাং কোন একটি বিশেষ প্রাণীর বা উদ্ভিদের দেহে সমস্ত কোষই একই জিনসমষ্টির আধার হওয়া সত্ত্বেও জিনগত প্রকাশের ভিত্তিতেই আমরা কোষগুলি ভিন্ন ভিন্ন প্রকৃতির বলে শনাক্ত করতে পারি। যে জটিল প্রক্রিয়ার দ্বারা কোষের মধ্যে জিনের প্রকাশটি নিয়ন্ত্রিত হয় তাকে বলে জিন-নিয়ন্ত্রণ (Gene Regulation)।

এই পর্যায়ে আমরা মূলত প্রোক্যারিওটিক জীবে জিন নিয়ন্ত্রক পদ্ধতিগুলি সম্পর্কে আলোচনা করব। তবে এই আলোচনায় প্রবেশ করার আগে আপনারা যদি প্রোটিন সংশ্লেষ পদ্ধতিতে পুনর্বার চোখ বুলিয়ে নেন তাহলে অবশ্যই সুবিধা হবে।

উদ্দেশ্য

এই পর্যায় থেকে আমরা জানতে পারব—

- জিনের প্রকাশ নিয়ন্ত্রণের মুখ্য পদ্ধতি কী কী?
- উৎসেচকের প্রণোদন ও দমন বলতে কী বোঝায়?
- প্রণোদিত অপেরন যথা lac-অপেরন-এর গঠনগত ও পদ্ধতিগত নিয়ন্ত্রণ।
- (ধনাত্মক ও ঋণাত্মক) ইতিবাচক (positive) ও নেতিবাচক (negative) নিয়ন্ত্রণ সম্পর্কে ধারণা।
- ট্রিপটোফ্যান অপেরনের অ্যাটেনিউয়েশন পদ্ধতিতে নিয়ন্ত্রণ সম্পর্কে প্রাথমিক ধারণা।

12.2 জিন নিয়ন্ত্রণের নীতি (Principles of Gene Regulation)

কোষের অভ্যন্তরে সংঘটিত প্রধান বিপাকক্রিয়াগুলি সংঘটিত হয় একটি অথবা একাধিক ক্রমাবর্তী বিক্রিয়া দ্বারা। নীচের বিক্রিয়াক্রমটি দেখুন। এখানে A যৌগটি উৎসেচক E_1 এর উপস্থিতিতে B যৌগ গঠন করে। B যৌগ আবার E_2-এর উপস্থিতিতে C যৌগ গঠন করে। এইভাবে চারটি ক্রমাবর্তী বিক্রিয়ার ফল হিসাবে আমরা পাচ্ছি product বা উৎপাদিত যৌগ।

$$A \xrightarrow{E_1} B \xrightarrow{E_2} C \xrightarrow{E_3} D \xrightarrow{E_4} \text{Product}$$

ব্যাকটেরিয়ায় যখন এই ক্রমাবর্তী বিক্রিয়া ঘটে তখন হয় সবগুলি উৎসেচক সংশ্লেষিত হয়, নতুবা একটিও হয় না। চারটি উৎসেচকের জন্য জিনগুলি একই ক্রমে DNA তে বিন্যস্ত এবং একটি মাত্র

m-RNA এই সব কয়টি জিনের ভাষান্তরণে সমর্থ। এমন mRNA প্রোক্যারিওটিক কোষেই থাকে এবং একে বলে পলিসিসট্রনিক mRNA (polycistronic mRNA)।

চিত্র 12.1 ঃ পলিসিসট্রনিক mRNA

জিন নিয়ন্ত্রণের এই নীতিকে বলে সহ নিয়ন্ত্রণ (Co-ordinate control)। এর ফল কী? হয় সব কয়টি জিনের ট্রান্সক্রিপশন হবে অথবা একটিও হবে না। (বস্তুতপক্ষে ট্রান্সক্রিপশনের একটি কি দুটি চক্র সব সময়েই সম্পূর্ণ হয়, ফলে একটি বন্ধ থাকা জিনসমষ্টির উৎপাদন, কোষে সব সময়েই অতি অল্প পরিমাণে থাকে)। ট্রান্সক্রিপশন নিয়ন্ত্রণের নীতিগুলি মূলত নির্ভর করে উৎসেচকগুলি কোন ধরনের বিপাকক্রিয়াকে ত্বরান্বিত করে—উপচিতি (synthetic) অথবা অপচিতি (degradative)। তার উপর এর সঙ্গে তাল মিলিয়ে নিয়ন্ত্রণ পদ্ধতি হয় নেতিবাচক (ঋণাত্মক) অথবা ইতিবাচক (ধনাত্মক)।

ঋণাত্মক নিয়ন্ত্রণ পদ্ধতিতে একটি রিপ্রেসর অথবা অবদমক ট্রান্সক্রিপশনকে অবদমিত রাখে। একটি ইনডিউসার (inducer) অথবা প্রণোদক রিপ্রেসর কে অকেজো করে ফেলে এবং জিন এর প্রকাশে (expression) সহায়তা করে।

চিত্র 12.2 ঃ ঋণাত্মক ও ধনাত্মক জিন নিয়ন্ত্রণ

ধনাত্মক নিয়ন্ত্রণের ক্ষেত্রে একটি ইফেকটর (effector) বা কারক DNA-এর সঙ্গে সদর্থকভাবে যুক্ত হয়ে ট্রান্সক্রিপশনকে বা জিন প্রকাশে সহায়তা করে।

12.2.1 জিন নিয়ন্ত্রণের মুখ্য কৌশলসমূহ (Strategies of Gene Expression)

জিন নিয়ন্ত্রণ হল একটি অত্যন্ত জটিল জৈব রাসায়নিক পদ্ধতি যার জন্য কোষ বিভিন্ন কৌশলগত পথ অনুসরণ করে থাকে।

(a) DNA-এর পুনর্বিন্যাস (Rearrangement of DNA) ঃ DNA-এর পুনর্বিন্যাসের ফলে জিনের অবস্থানগত পরিবর্তন ঘটিয়ে জিনের কাজ নিয়ন্ত্রিত হতে পারে।

(b) ট্রান্সক্রিপশনগত নিয়ন্ত্রণ (Transcriptional Regulation) ঃ RNA সংশ্লেষের হার কমিয়ে-বাড়িয়ে কোষ জিনের কাজকে নিয়ন্ত্রিত করতে সক্ষম। যদি m RNA সংশ্লেষের হার কমে যায় তাহলে স্বাভাবিকভাবেই সেটির সঙ্গে সংশ্লিষ্ট জিন থেকে প্রোটিন পাওয়ার হারও কমে যেতে বাধ্য।

(c) m RNA এর প্রক্রিয়াকরণ (m RNA Processing) ঃ m RNA সংশ্লেষের পর সেটির প্রক্রিয়াকরণের বিভিন্ন পর্যায়ে যথা, ক্যাপিং, স্প্লাইসিং ইত্যাদি পর্যায়ে বিক্রিয়ার গতি কমিয়ে বা বাড়িয়ে জিনের কোষগত প্রকাশ নিয়ন্ত্রিত হয়।

(d) m RNA এর পুনরাবর্তন (m RNA turnover) ঃ m RNA যখন ভাষান্তর বা translation এর পূর্বেই ভেঙে যায়, তখন তাকে বলে m RNA turnover. এক্ষেত্রে জিনের প্রকাশ নিয়ন্ত্রিত হবে।

(e) ট্রানস্লেশনগত নিয়ন্ত্রণ (Translational Control) : m RNA প্রতি রাইবোজোমের সংখ্যার হ্রাস-বৃদ্ধি ঘটিয়ে অথবা, একক রাইবোজোমের বিক্রিয়ার সময় নিয়ন্ত্রণ করে জিনের কাজ নিয়ন্ত্রণ করা যায়।

(f) ট্রানস্লেশন পরবর্তী নিয়ন্ত্রণ (Post-Translational Control) ঃ বহু রকমের জৈব বিক্রিয়া যথা উৎসেচকের অবদমন (Enzyme inhibition), প্রণোদন (activation), স্থায়িত্ব ইত্যাদি নানা রকম কৌশলে কোষ প্রোটিন সংশ্লেষ হবার পরেও জিনের কাজ নিয়ন্ত্রণে রাখে।

যদিও জিন নিয়ন্ত্রণের কৌশল হিসাবে কোষ এর মধ্যে যে কোন একটিকে বা সব কটিকেই কাজে লাগাতে পারে, তবু পরীক্ষালব্ধ তথ্যাদি থেকে প্রমাণিত হয়েছে ট্রান্সক্রিপশন পদ্ধতির নিয়ন্ত্রণই হল কোষের সর্বাপেক্ষা অনুসৃত, সবচেয়ে সাধারণ কৌশলগত পদ্ধতি। আদি নিউক্লিয়াস বিশিষ্ট জিনে একথা আরও যথার্থ।

অনুশীলনী 1

1. সংক্ষিপ্ত উত্তর দিন।

   (a) সহ-নিয়ন্ত্রক বলতে কী বোঝায়?

   (b) একটি বন্ধ থাকা জিনসমষ্টির উৎপাদন সামান্য পরিমাণে হলেও কোষ থাকে, কেন?

(c) রিপ্রেসর ও ইফেকটারের ভূমিকা পরস্পর বিরোধী কেন?

(d) জিন নিয়ন্ত্রণের কৌশলগুলির মধ্যে মুখ্য কোনটি?

(e) ট্রানশ্লেসনগত নিয়ন্ত্রণ বলতে কী বোঝায়?

(f) mRNA turnover বলতে কী বোঝায়?

12.3 ট্রান্সক্রিপশনগত নিয়ন্ত্রণের নীতিসমূহ (Principles of Transcriptional Control)

ট্রান্সক্রিপশনগত জিন নিয়ন্ত্রণ নিম্নলিখিত নীতিগুলি অনুসরণ করে চলে।

12.3.1. জিনের প্রকাশ নিয়ন্ত্রক প্রোটিন দ্বারা নিয়ন্ত্রিত (Gene Expression Controlled by Regulatory Proteins)

প্রোক্যারিওটিক জীবে জিনগুলির কার্যক্ষমতার প্রকাশ কখনও কখনও কোষবহিস্থ সংকেত (signal) দ্বারা নিয়ন্ত্রিত। যেমন বৃদ্ধিমাধ্যমে কোন বিশেষ উপাদানের উপস্থিতি ইত্যাদি। এই সংকেতগুলি সুনির্দিষ্ট নিয়ন্ত্রক প্রোটিন (Regulatory Protein) দ্বারা জিনগুলির কাছে পরিবাহিত হয়। নিয়ন্ত্রক দুই রকম। ধনাত্মক নিয়ন্ত্রক (Positive Regulator) ও ঋণাত্মক নিয়ন্ত্রক (Negative Regulator)। প্রথমটিকে আমরা প্রণোদক (activator) এবং দ্বিতীয়টিকে অবদমক (repressor) বলে অভিহিত করতে পারি (চিত্র 12.3)। সাধারণত এগুলি হল সুনির্দিষ্ট DNA-বন্ধনকারী প্রোটিন যারা জিনগুলির সমীপবর্তী অত্যন্ত নির্দিষ্ট কোন ক্ষারবিন্যাস (base sequence)-কে চিনে নিয়ে সেটির সঙ্গে আবদ্ধ হতে পারে। প্রণোদক, আবদ্ধ অবস্থায়, ট্রান্সক্রিপশনের হার বাড়িয়ে দেয় এবং অবদমক তা কমিয়ে দেয়।

12.3.2 সঞ্চালক দ্বারা নিয়ন্ত্রিত ট্রান্সক্রিপশন (Transcription regulated by an opertator)

ট্রান্সক্রিপশনের শুরুতে RNA পলিমারেজ নামক উৎসেচকটি জিনগুলির ঠিক আগে (upstream) অবস্থানকারী একটি সুনির্দিষ্ট ক্ষার বিন্যাসের সঙ্গে যুক্ত হয়। এই অংশটিকে বলে প্রমোটার (Promoter)। অর্থাৎ কোন জিনের অবস্থানকে যদি 0 থেকে 100 সংখ্যাগুলিরদ্বারা চিহ্নিত করা যায় তাহলে প্রমোটারের অবস্থান –45 থেকে –1 পর্যন্ত হতে পারে।

ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধি মাধ্যমে যখন পরিস্থিতি কোনো জিন বা জিনসমষ্টির প্রকাশের পক্ষে অনুকূল নয় তখন অবদমক DNA-র একটি ক্ষুদ্র অংশকে আবদ্ধ করে ফেলে। এই অংশটিতে এই বন্ধন RNA পলিমারেজের পক্ষে প্রমোটারকে শনাক্তকরণে বাধা হয়ে দাঁড়ায়। সুতরাং ট্রান্সক্রিপশনও বন্ধ হয়ে যায়। প্রণোদকের কাজ ঠিক উল্টো। এটি প্রথমত সঞ্চালকের সঙ্গে কোনো অচ্ছেদ্য বন্ধনী দ্বারা আবদ্ধ হয় না।

দ্বিতীয়ত এটি প্রমোটার বহির্ভূত কোনো অংশে আবদ্ধ হয়ে RNA পরিমারেজকে প্রমোটারের সঙ্গে যুক্ত হতে সাহায্য করে। এই ঘটনাকে বলে নিয়োগ বা Recruitment। এই ঘটনা জিনগুলিকে প্রকাশে উদ্দীপিত করে তোলে।

চিত্র 12.3 ঃ বিভিন্ন প্রকার ট্রান্সক্রিপশনগত নিয়ন্ত্রণ

যখন কোষে প্রণোদক বা অবদমক কিছুই নেই তখন RNA পরিমারেজের প্রণোদনাবিহীন ট্রান্সক্রিপশন হার অত্যন্ত কম। একে বলে ন্যূনতম মাত্রার (basal level) ট্রান্সক্রিপশন (চিত্র 12.3)।

(a) যখন কোষে উদ্দীপক বা অবদমক কিছুই নেই তখন ন্যূনতম মাত্রার ট্রান্সক্রিপশন হার বজায় থাকে।

(b) যখন কোষে অবদমক বা রিপ্রেসর উপস্থিত তখন সঞ্চালক বা অপারেটর আটকে থাকার ফলে ট্রান্সক্রিপশন বন্ধ থাকে।

(c) যখন কোষে উদ্দীপক বা অ্যাক্টিভেটর উপস্থিত তখন সেটি RNA পলিমারেজের সঙ্গে সহ-সঞ্চালন পদ্ধতিতে যুক্ত হয়। এই ঘটনাকে বলে 'নিয়োগ'। এর ফলে ট্রান্সক্রিপশন হার বাড়ে।

12.3.3 অ্যালোস্টেরিক পদ্ধতিতে নিয়ন্ত্রিত ট্রান্সক্রিপশন (Allosteric Control of Transcription)

RNA পলিমারেজ উৎসেচকটির উপর প্রণোদকের প্রভাব যে সব সময় নিয়োগকর্তার মতো তা কিন্তু নয়। কোন কোন প্রণোদক DNA-এর সঙ্গে আবদ্ধ হয়ে DNA-এর মধ্যে বা RNA পলিমারেজ উৎসেচকের মধ্যে গঠনগত পরিবর্তন আনে। যার ফলে DNA + RNA পলিমারেজ দ্বারা গঠিত তথাকথিত ট্রান্সক্রিপটোজোমটি একটি মুক্ত দ্বিতন্ত্রী (open double helix) তে পরিণত হয়। আমরা জানি বদ্ধ দ্বিতন্ত্রী ট্রান্সক্রিপশনে অক্ষম। প্রণোদিত এই গঠনগত পরিবর্তন অ্যালোষ্টেরি (Allostery) নামে পরিচিত (চিত্র 12.4)।

চিত্র 12.4 : অ্যালোষ্টেরিক পদ্ধতিতে নিয়ন্ত্রণ : (a) প্রণোদকের অনুপস্থিতিতে দ্বিতন্ত্রী বদ্ধ (closed) (b) প্রণোদকের উপস্থিতিতে মুক্ত দ্বিতন্ত্রী (open helix) গঠন

12.3.4 সহায়ক প্রোটিনের দ্বারা প্রভাবিত ট্রান্সক্রিপশন (Trancription Aided by Co-operator Protein)

কখনও কখনও কোন জীবের জন্য উদ্দীপনা প্রদানকারী প্রণোদক এবং জিনটির মধ্যে অবস্থানগত দূরত্ব এতটাই যে প্রণোদক যদি RNA পলিমারেজ নিয়োগ (recruit) করেও বা তাহলেও রৈখিক DNA তে সেটির অবস্থান জিন থেকে বহুদূর—সুতরাং সরলরৈখিক অবস্থায় ট্রান্সক্রিপশন ঘটা সম্ভব নয়।

চিত্র 12.5 ঃ সহায়ক প্রোটিন দ্বারা প্রভাবিত ট্রান্সক্রিপশন

চিত্র 12.5 দেখুন। এখানে অপর একটি সহায়ক প্রোটিনের (DNA তির্যককারী প্রোটিন) উপস্থিতিতে DNA-টি একটি তির্যকাপন্ন লুপ (loop) গঠন করে প্রণোদক ও জিনকে পরস্পরের অনেক কাছে নিয়ে আসে। RNA পলিমারেজের যথাযথ "নিয়োগ" হয় এবং ট্রান্সক্রিপটোজোমটি একটি মুক্ত দ্বিতন্ত্রীতে পরিণত হয়।

12.3.5 একাধিক নিয়ন্ত্রকের সহ-সংযোগ দ্বারা নিয়ন্ত্রিত ট্রান্সক্রিপশন (Transcription Regulated by co-operative binding of many regulators)

একটি জিনের জন্য একটি নিয়ন্ত্রক অত্যন্ত সুবিদিত ঘটনা। একাধিক জিন দ্বারা গঠিত একটি জিনসমষ্টি (Gene cluster) একই নিয়ন্ত্রক দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়, এমন উদাহরণ আমরা অচিরেই আলোচনা করব। কিন্তু দুই বা ততোধিক প্রণোদক বা অবদমকের প্রভাবে জিনের কাজ চালু হওয়া বা বন্ধ হওয়ার ঘটনা বিরল নয়। এক্ষেত্রে জিন বা জিনসমষ্টির নিয়ন্ত্রণে বহু-সংকেত (multiple signal) জরুরি। এর উল্লেখযোগ্য উদাহরণ হল ব্যাকটেরিওফাজ λ দ্বারা সংঘটিত লাইসোজেনি।

অনুশীলনী 2

---

1. সংক্ষিপ্ত উত্তর দিন।

   (a) নিয়ন্ত্রক প্রোটিন কয় প্রকার ও কী কী?

(b) অপারেটর কী? এটির অবস্থান কোথায়?

(c) নিয়োগ বা recruitment বলতে কী বোঝায়?

(d) অ্যালোস্টেরি কী?

(e) সহায়ক প্রোটিনের কাজ কী?

(f) লাইসোজেনি কি ধরনের জিন নিয়ন্ত্রণের উদাহরণ ?

12.4 E. Coli ব্যাকটেরিয়ার ল্যাকটোজ বিপাক (Lactose Metabolism in E. Coli)

Escherichia coli নামক ব্যাকটেরিয়াটি হল গ্রাম-নেগেটিভ, দণ্ডাকৃতি, মেসোফিলিক (mesophilic) ব্যাকটেরিয়া অর্থাৎ এটির বৃদ্ধির গড় তাপমাত্রা 30°C। শ্বসনবস্তু হিসাবে এটি গ্লুকোজ, সুক্রোজ বা গ্যালাকটোজের মতো বিভিন্ন শর্করাকে ব্যবহার করতে পারে। তবে প্রথম পছন্দ অবশ্যই গ্লুকোজ। গ্লুকোজের অনুপস্থিতিতে অবশ্য E. Coli অন্য শর্করাগুলি ব্যবহারে প্রণোদিত হয়।

ধরা যাক দুগ্ধ শর্করা ল্যাকটোজের কথা। ল্যাকটোজ যখন বৃদ্ধি মাধ্যমে কার্বনের একমাত্র উৎস, তখন E. Coli কোষ দুটি ভিন্ন ভিন্ন উৎসেচকের তৈরি করা শুরু করে। এগুলি হল যথাক্রমে β গ্যালাকটোসাইডেজ এবং পারমিয়েজ (চিত্র 12.6)। ট্রান্সঅ্যাসিটাইলেজ হল এই কাজে ব্যবহৃত তৃতীয় উপাদান।

চিত্র 12.6 ঃ E. Coli কোষে ল্যাকটোজ শর্করার বিপাক

এদের মধ্যে β গ্যালাকটোসাইডেজ উৎসেচকটি দ্বিশর্করা ল্যাকটোজকে ভেঙে দুইটি এক-শর্করা গ্লুকোজ ও গ্যালাকটোজে পরিণত করে। এই একই উৎসেচকের আবার গ্লুকোজকে অ্যালোল্যাকটোজে পরিণত করে। এটি হল lac-অপেরনের প্রণোদক। পারমিয়েজ ল্যাকটোজকে বৃদ্ধি মাধ্যম থেকে E. Coli কোষে প্রবেশে সাহায্য করে (চিত্র 12.6) ট্রান্সঅ্যাসিটাইলেজ এর ভূমিকা ল্যাকটোজ বিপাকে গৌণ। উৎসেচকগুলির সংশ্লেষে E. Coli যথেষ্ট পরিমাণে কোষীয় শক্তি ATP ও GTP রূপে ব্যয় করে। এই কারণেই ল্যাকটোজের উপস্থিতিতে ও গ্লুকোজের অনুপস্থিতিতে এই উৎসেচকগুলির সৃষ্টি হয়, কেন না কেবলমাত্র তখনই এগুলির জন্য দায়ী জিনগুলি চালু (turn on) হয়। এই প্রণোদনাকে সহ-প্রণোদনা বলাই ভালো (co-induction) কেননা, তিনটি উৎসেচকই একই সঙ্গে চালু হয় এবং একই হারে সংশ্লেষিত হয়। সাধারণভাবে ল্যাকটোজের অনুপস্থিতিতে তিনটি উৎসেচকই কোষ প্রতি সংখ্যায় পাঁচ অণুর বেশি নয়। কিন্তু প্রণোদিত কোষে তাদের সংখ্যা কোষপ্রতি 5000 বা তার বেশি। সহ-প্রণোদনার এই ঘটনা থেকে E. Coli এর DNA তে জিনগুলির বিন্যাস ও ক্রম সম্পর্কে যে ধারণা পাওয়া যায় তা কাজে লাগিয়ে 1961 খ্রিস্টাব্দে ফ্রাঁসোয়া জ্যাকব ও জাক মোনড (Francois Jacob and Jacques Monod) তাঁদের অপেরন (operon) প্রকল্পটি রচনা করেন এবং এই অসাধারণ প্রকল্পটির জন্য 1965 খ্রিস্টাব্দে নোবেল পুরস্কারে ভূষিত হন।

পারমিয়েজ উৎসেচক ল্যাকটোজকে পরিবহণের মাধ্যমে কোষাভ্যন্তরে পৌঁছে দেয়। β -গ্যালাকটো-সাইডেজ উৎসেচক ল্যাকটোজকে ভেঙে গ্লুকোজ ও গ্যালাকটোজে পরিণত করে। এই একই উৎসেচক ল্যাকটোজকে অ্যালোল্যাকটোজে পরিণত করে। এই একই উৎসেচক ল্যাকটোজকে অ্যালোল্যাকটোজে পরিণত করে। এটি alc-অপেরনের প্রণোদকরূপে কাজ করে।

12.5 ল্যাকটোজ অপেরন (Lactose Operon)

E. Coli ব্যাকটেরিয়ার বিভিন্ন মিউট্যান্ট নিয়ে পরীক্ষা চালানোর পর জানা গেছে যে, ল্যাকটোজের উপস্থিতিতে যে তিনটি উৎসেচকের জন্য দায়ী জিনগুলির সক্রিয়তা বহুলাংশে বৃদ্ধি পায় তারা E. Coli এর DNA তে অত্যন্ত ঘনসংবদ্ধ অবস্থায় (cluster) অবস্থান করে। এদের বলে ল্যাকটোজ বিপাকের

চিত্র 12.7 ঃ lac-অপেরণের গঠন।

জন্য দায়ী গঠনগত জিনসমষ্টি (structural genes)। এই তিনটি জিন আবার একটি সঞ্চালক বা

operator দ্বারা নিয়ন্ত্রিত। আগেই আমরা দেখেছি যে সঞ্চালক বা operator এর অবস্থান প্রমোটারের সমীপবর্তী। একটি জিনসমষ্টির কার্যক্ষমতার প্রকাশ যখন নিয়ন্ত্রক প্রোটিন ও সঞ্চালকের পারস্পরিক সংযোগ দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয় তখন সেই জিনসমষ্টিকে বলে একটি অপেরন।

E. Coli ব্যাকটেরিয়ার ল্যাকটোজ অপেরন বা lac-অপেরন উল্লিখিত তিনটি গঠনগত জিনসমষ্টি এবং তৎসংলগ্ন অপারেটর বা সঞ্চালক ও প্রমোটারকে নিয়ে গঠিত।

12.5.1 ল্যাকটোজ অপেরনের গঠন (Organisation of lac-operon)

E. coli ব্যাকটেরিয়ায় ল্যাকটোজ বিপাককারী জিন তিনটি হল যথাক্রমে lac Z (β - গ্যালাকটোসাইডেজ), lac-Y (পারমিয়েজ) এবং lac-A (ট্রান্সঅ্যাসিটাইলেজ)। জিনগুলির বিন্যাস এমনই যে, একটি জিনের এদের মধ্যে কোন একটি জিনের শেষাংশেরও পার্শ্ববর্তী জিনটির প্রথমাংশের মধ্যে দূরত্ব নামমাত্র (চিত্র 12.7)। এই ঘনসংবদ্ধ অবস্থানের জন্যই এদের জিনসমষ্টি (culster) বলে অভিহিত করা হয়। সব কটি জিন একত্রে একটিমাত্র m RNA দ্বারা ভাষান্তরিত (transcribed) হয়। একটি মাত্র প্রমোটার, যা lac Z জিনের পূর্ববর্তী অংশে অবস্থান করে, তা এই সব কয়টি জিনকেই সক্রিয়তা প্রদানে সক্ষম। জিনসমষ্টির যদি বা terminator অংশটি lac A জিনের পরবর্তী অংশে অবস্থান করে এবং এককভাবে এই সব কয়টি জিনেরই ট্রান্সক্রিপশন পদ্ধতিতে যবনিকা নির্দেশ করে। এছাড়া প্রমোটার অংশের আগে আছে একটি উদ্দীপক বন্ধনকারী অঞ্চল যা CAP-site নামে পরিচিত।

এই গঠনগত জিনসমষ্টি ছাড়াও lac-অপেরনের অপর উল্লেখযোগ্য অংশ হল নিয়ন্ত্রক জিনগুলি (Regulatory genes)। গঠনগত জিনসমষ্টির ঠিক আগে (upstream) আর একটি জিন আছে যেটি lac 1 নামে চিহ্নিত। এটি অবশ্য lac-অপেরনের অংশভুক্ত নয় কেন না lac 1 এর নিজস্ব, স্বতন্ত্র প্রমোটার ও টারমিনেটার আছে। lac 1 জিন থেকে প্রাপ্ত উপাদান সরাসরি ল্যাকটোজ বিপাকে কাজে লাগে না তবে এটি lac অপেরনের অন্তর্গত জিন তিনটির প্রকাশের জন্য আবশ্যক। দেখা গেছে যদি পরিব্যক্তির প্রভাবে lac 1 জিনের কাজ করার ক্ষমতা নষ্ট হয়ে যায় তাহলে lac-অপেরন লাগাতার চালু থাকে সে ল্যাকটোজের যোগান থাকুক বা না থাকুক, যাই হোক না কেন। তাই lac 1 জিনটিকে বলা হয় নিয়ন্ত্রক জিন (Regulatory gene) নীচের তালিকার ল্যাকটোজ বিপাকের জন্য দায়ী জিনগুলি এবং তাদের প্রকাশসঞ্জাত প্রোটিনগুলির নাম দেওয়া হল।

সারণি 12.1 ঃ ল্যাকটোজ বিপাকের জন্য দায়ী জিনসমূহ ঃ

জিনের প্রকৃতি	জিনের নাম	প্রকাশসঞ্জাত প্রোটিন
গঠনগত জিনসমষ্টি	(i) lac Z	β-গ্যালাকটোসাইদেজ
	(ii) lac Y	পারমিয়েজ
	(iii) lac A	ট্রান্সঅ্যাসিটাইলেজ
নিয়ন্ত্রক জিন	lac I	নিয়ন্ত্রক প্রোটিন

12.5.2 ল্যাকটোজ অবদমক (Lactose Repressor)

lac I জিনের প্রকাশসঞ্জাত প্রোটিনটিকে জ্যাকব ও মোনড অভিহিত করেছিলেন অবদমক অথবা রিপ্রেসর রূপে। এই প্রোটিনটি lac-অপেরনের প্রমোটার এবং lac Z জিনের অন্তর্বর্তী অংশে DNA এর সঙ্গে যুক্ত হয়। এই যুক্ত হওয়ার স্থানটি সুনির্দিষ্ট। সুনির্দিষ্ট বলতে যতটা না অবস্থাগত বৈশিষ্ট্য বোঝায় তার থেকেও বেশি বোঝায় একটি সুনির্দিষ্ট ক্ষার বিন্যাস (sequence) কে যা সঞ্চালক বা অপারেটর (operator) নামে পরিচিত। অপারেটর অংশটি প্রমোটারকে অধিক্রমণ (overlap) করে থাকে। তাই যখন রিপ্রেসর অপারেটর অংশকে আবদ্ধ করে ফেলে তখন RNA পলিমারেজ প্রমোটার অংশের সঙ্গে সংযোজিত হতে পারে না এবং lac-অপেরনের ট্রান্সক্রিপশন হয় না। তাহলে অবদমক বা রিপ্রেসরের কাজ হল প্রমোটারের সঙ্গে RNA পরিমারেজের সংযোগ সাধনটিকে অবদমিত রাখা। এই ঘটনা ঘটে যখন E. coli এর বৃদ্ধি মাধ্যমে ল্যাকটোজ অনুপস্থিত। এই ধরনের জিন নিয়ন্ত্রণ পদ্ধতিতে বলে ঋণাত্মক নিয়ন্ত্রণ (Negative Control)। চিত্র 12.8 তে ঋণাত্মক নিয়ন্ত্রক এবং রিপ্রেসরের ভূমিকাটি দেখানো হল।

চিত্র 12.8 ঃ lac -অপেরণের ঋণাত্মক নিয়ন্ত্রণ

ল্যাকটোজবিহীন মাধ্যমে lac I জিন দ্বারা সৃষ্ট রিপ্রেসর প্রোটিন lac-অপারেটরকে (lac O+) আবদ্ধ করে ফেলে, এর ফলে প্রমোটার এবং RNA পলিমারেজের সংযোগ ঘটে না। সুতরাং lac-অপেরন কার্যকরী থাকে না।

12.5.3 অ্যালোল্যাকটোজ দ্বারা প্রণোদিত ট্রান্সক্রিপশন (Allolactose Induced Transcription)

বৃদ্ধি মাধ্যমে যখন একমাত্র কার্বন অণুর উৎস হিসাবে ল্যাকটোজ শর্করা উপস্থিত তখন E. coli ব্যাকটেরিয়া ল্যাকটোজকে কোষাভ্যন্তরে গ্রহণ করে। এই কাজে ল্যাকটোজ পারমিয়েজ উৎসেচক অণুঘটকের ভূমিকা পালন করে। প্রশ্ন হচ্ছে অপেরন চালু হবার আগেই এই উৎসেচক কীভাবে পাওয়া গেল আর ল্যাকটোজই বা কীভাবে কোষাভ্যন্তরে ঢুকল? 12.4 অংশে ল্যাকটোজ বিপাক আলোচনা প্রসঙ্গে আমরা দেখেছি ল্যাকটোজের অনুপস্থিতিতে সামান্য হলেও উৎসেচকগুলি কোষে থাকে। কোষ প্রতি এদের সংখ্যা তখন পাঁচ অণুর বেশি নয়। এই প্রান্তিক এবং নামমাত্র উৎসেচকের প্রভাবে যখন ল্যাকটোজ শর্করা কোষে ঢোকে তখন কোষ সেটিকে গ্লুকোজ ও গ্যালকটোজ নামক দুটি একশর্করায় ভেঙে দেয়। তবে এই আর্দ্র-বিশ্লেষণের অব্যবহিত পূর্বে ল্যাকটোজ নামক দ্বিশর্করাটি অ্যালোল্যাকটোজ নামক একটি সমধর্মী অণুতে (isomer) পরিণত হয়।

অ্যালোল্যাকটোজের কাজ হল রিপ্রেসরকে রাসায়নিকভাবে আবদ্ধ করে অকেজো করে ফেলা। এতে করে রিপ্রেসর প্রোটিনের এমন গঠনগত পরিবর্তন হয় যে সেটি অপারেটর অংশের সঙ্গে আবদ্ধ হওয়ার

চিত্র 12.9 : lac-অপেরেনের প্রণোদিত (inducer) ট্রান্সক্রিপশন

ক্ষমতা হারায় এবং অবিলম্বে DNA অণু থেকে বিচ্ছিন্ন হয়ে পড়ে। এর ফলে RNA পলিমারেজ প্রমোটার অংশকে একটি মুক্ত দ্বিতন্ত্রীতে (open helix) পরিণত করে এবং ট্রান্সক্রিপশন চালু হয়ে যায়। একবার lac-অপেরনের উপাদানগুলি সংশ্লেষিত হওয়া শুরু হয়ে গেলে আরো বেশি বেশি lac Y প্রোটিন অর্থাৎ পরিমায়েজ পাওয়া যায়, ফলে কোষের ল্যাকটোজ গ্রহণের হার বহুগুণে বেড়ে যায় এবং একই কারণে lac-অপেরনের ট্রান্সক্রিপশনের হারও বেড়ে যায়। সুতরাং ল্যাকটোজ যখন উপস্থিত তখন তা E. coli ব্যাকটেরিয়ায় প্রণোদক বা inducer রূপে কাজ করে (চিত্র 12.9)।

E.coli যখন ল্যাকটোজকে একমাত্র কার্বন উৎসরূপে ব্যবহার করে তখন অ্যালোল্যাকটোজ রিপ্রেসর প্রোটিনকে অকেজো করে ফেলে। ফলে RNA পলিমারেজ কার্যক্ষম হয় এবং lac-অপেরনের তিনটি জিন সঞ্জাত পদার্থ কোষে জমা হয়।

অনুশীলনী 3

1. সংক্ষিপ্ত উত্তর দিন।

(a) ল্যাক-অপেরনের উপাদানগুলির একটি তালিকা দিন।

(b) lac-অপেরনের গঠনগত উপাদানগুলি কয়টি ও কী কী?

(c) এই জিনগুলির সজ্জাক্রম অঙ্কন করে দেখান।

(d) সহ-প্রণোদনা বলতে কী বোঝায়?

(e) অপেরন কাকে বলে?

(f) lac-অপেরনের উপাদানগুলির কাজ কী?

(g) অপারেটর কী? এটির অবস্থান কোথায়?

12.5.4 গ্লুকোজ দ্বারা অবদমিত ট্রান্সক্রিপশন (Transcription Repressed by Glucose)

ল্যাকটোজের উপস্থিতি বা অনুপস্থিতিই একমাত্র কারণ নয় যা ল্যাকটোজ অপেরনকে চালু বা বন্ধ রাখে। যদি কোষে গ্লুকোজের যোগান যথেষ্ট পরিমাণে থাকে, তাহলে ল্যাকটোজ পাওয়া গেলেও E.coli ব্যাকটেরিয়া তা গ্রহণ করবে না। এই ঘটনাকে বলে বিপাকীয় পদার্থজনিত অবদমন (Catabolite Repression)। এই ঘটনা ব্যাখ্যা করার জন্য আমাদের দ্বিতীয় একটি নিয়ন্ত্রক প্রোটিনের ভূমিকা জানা দরকার। এটিকে বলে ক্যাটাবোলাইট অ্যাকটিভেটর প্রোটিন (Catabolite Activator Protein) অথবা CAP। DNA-এর যে অংশের সঙ্গে এই CAP-এর সংযোগ গঠিত হয় তা CAP-অঞ্চল (CAP-site) নামে পরিচিত। CAP অঞ্চলের অবস্থান lac I এর টারমিনেটার এবং lac Z প্রমোটারের মধ্যবর্তী অংশে। DNA অণুর CAP যুক্ত হওয়ার অঞ্চলে (CAP binding site) CAP প্রোটিন একা যুক্ত হতে অপারগ। কোষে উপস্থিত Cyclic-AMP-র সঙ্গে যুক্ত CAP প্রোটিন যে যৌগটি তৈরি করে সেটিই CAP

binding site-এ নিজেকে যুক্ত করতে পারে। C-AMP হল ATP এবং অ্যাডেনাইলেট সাইক্লেজ নামক উৎসেচকের বিক্রিয়াসঞ্জাত

চিত্র 12.10 ঃ ক্যাটাবোলাইট রিপ্রেসন-এর চিত্ররূপ

A. যখন গ্লুকোজ নেই তখন CAPC-AMP যৌগ গঠন করে CAP অঞ্চলে আবদ্ধ হয় এবং ট্রান্সক্রিপশন চালু থাকে।

B. যখন গ্লুকোজ উপস্থিত তখন CAP এর সঙ্গে C-AMP এর সংযোগ ঘটে না। CAP অঞ্চল মুক্ত থাকে। ট্রান্সক্রিপশন হয় না।

উৎপাদন। গ্লুকোজের কাজ হল অ্যাডেনাইলেট সাইক্লেজকে অকেজো করে রাখা। সুতরাং যখন গ্লুকোজের পরিমাণ কোষে যথেষ্ট, তখন C-AMP এর পরিমাণ কম এবং অন্যভাবে যখন গ্লুকোজ স্বল্প পরিমাণে উপস্থিত তখন C-AMP এর পরিমাণ বেশি। lac-অপেরনের উপর গ্লুকোজের প্রভাব হল পরোক্ষ। পরোক্ষভাবে CAP-CAMP সংযোগকে নিয়ন্ত্রণ করে। গ্লুকোজ এই কাজটি করে থাকে। যখন CAP-CAMP যৌগ CAP অঞ্চলে আবদ্ধ তখন RNA পলিমারেজ এর সঙ্গে প্রমোটারের যোগাযোগ সদর্থক অর্থাৎ মুক্ত দ্বিতন্ত্রী তখন ট্রান্সক্রিপশন শুরু করতে সক্ষম। যখন CAP অঞ্চল খালি থাকে তখন ল্যাকটোজ-

এর যোগান অব্যাহত থাকলেও lac-অপেরনের ট্রান্সক্রিপশনের হার প্রান্তীয় সীমা (basal level) অতিক্রম করতে পারে না।

ট্রান্সক্রিপশনের উপর গ্লুকোজ-এর প্রভাব নীচের শব্দছকের মাধ্যমে দেখানো যায়।

1. গ্লুকোজ উপস্থিত ⟶ অ্যাডেনাইলেট সাইক্লেজ অবদমিত ⟶ C-AMP এর পরিমাণ ন্যূনতম ⟶ CAP-অঞ্চল মুক্ত ⟶ lac-অপেরন-এর ট্রান্সক্রিপশন হার ন্যূনতম।

2. গ্লুকোজ অনুপস্থিত ⟶ অ্যাডেনাইলেট সাইক্লেজ সক্রিয় ⟶ C-AMP-এর পরিমাণ অধিকতম ⟶ C-AMP-CAP যৌগ গঠিত ⟶ CAP অঞ্চল আবদ্ধ ⟶ lac-অপেরন এর ট্রান্সক্রিপশন হার সর্বোচ্চ।

সুতরাং CAP পরিচালিত উদ্দীপকের প্রভাবকে lac-অপেরনের উপর ধনাত্মক প্রভাব (Positive Control) রূপে অভিহিত করা যায়।

অনুশীলনী 4

1. সংক্ষিপ্ত উত্তর দিন।

(ক) CAP বলতে কী বোঝায়?

(খ) Cyclic-AMP কী?

(গ) কোষে গ্লুকোজের পরিমাণ কম হলে C-AMP এর পরিমাণ বেশি না কম?

(ঘ) lac-অপেরনের উপর গ্লুকোজের প্রভাব প্রত্যক্ষ না পরোক্ষ?

(ঙ) 'ধনাত্মক নিয়ন্ত্রণে CAP এর ভূমিকা উদ্দীপকের।' এ কথা কী সত্য?

12.6 ট্রিপটোফ্যান অপেরন ঃ একটি দমনীয় অপেরন (Tryptophan Operon ঃ A Repressible Operon)

lac-অপেরনকে আমরা প্রণোদনাসঞ্জাত (inducible) অপেরন বলে জানি। এটির ট্রান্সক্রিপশন নির্ভর করে সুনির্দিষ্ট উদ্দীপক এর ধনাত্মক নিয়ন্ত্রণের উপর। অপর পক্ষে E.coli ব্যাকটেরিয়ার trp অপেরনের নিয়ন্ত্রণকে দমনীয় (repressible) বলে চিহ্নিত করা যায়।

সংক্ষেপে trp-অপেরনের কার্যপদ্ধতি নিম্নরূপ ঃ

trp-অপেরনের গঠনগত জিনসমষ্টি পাঁচটি জিন দ্বারা গঠিত। এগুলির প্রকাশ ব্যাকটেরিয়াটিতে ট্রিপটোফ্যান (Tryptophan) নামক অ্যামাইনো অ্যাসিড সংশ্লেষের জন্য দায়ী। এই জিনসমষ্টির প্রকাশ নিয়ন্ত্রণ করে একটি রিপ্রেসর যার নাম trp-রিপ্রেসর। এই রিপ্রেসর অপেরনটির অপারেটর অংশের সঙ্গে যুক্ত হয়ে ট্রান্সক্রিপশন বন্ধ করে দেয়। বলা ভালো যে, trp রিপ্রেসর lac-রিপ্রেসর এর মতো একা কাজ করতে পারে না। কেবলমাত্র ট্রিপটোফ্যান এর সঙ্গে যুক্ত অবস্থায় এটি অবদমক-এর ভূমিকা পালনে সক্ষম।

অর্থাৎ যখন কোষে ট্রিপটোফ্যান নেই তখন কোষে trp-অপেরনের ট্রান্সক্রিপশন, কোষটির বেঁচে থাকার জন্যই জরুরি। তাই রিপ্রেসর দ্বারা অবদমিত trp-অপেরন তখন অবাঞ্ছিত। অপরপক্ষে যখন কোষে অ্যামাইনো অ্যাসিডটি উপস্থিত তখন দরকার নেই বলেই এই জিনগুলির প্রকাশ বন্ধ থাকা দরকার। এই কারণে ট্রিপটোফ্যানকে এই অপেরনের সহ-রিপ্রেসর (co-repressor) বলা হয়ে থাকে (চিত্র 12.11)।

চিত্র 12.11 ঃ trp-অপেরণের নিয়ন্ত্রণ

A. যখন ট্রিপটোফ্যান ও রিপ্রেসর সংযোগ সাধিত হয় না তখন রিপ্রেসর অকেজো—ট্রান্সক্রিপশন চালু।

B. যখন কোষে ট্রিপটোফ্যান উপস্থিত তখন রিপ্রেসরকে তা কার্যক্ষম করে তোলে এবং ট্রান্সক্রিপশন বন্ধ হয়ে যায়।

12.6.1 অ্যাটেনিউয়েশন (Attenuation)

আমরা 12.2 অংশে দেখেছি যে DNA-এর পুনর্বিন্যাস হল জিন-নিয়ন্ত্রণের একটি অন্যতম পদ্ধতি। trp-অপেরন পূর্বে উল্লিখিত দমনীয় নিয়ন্ত্রণ ছাড়াও দ্বিতীয় একটি পদ্ধতিতে জিনসমষ্টিকে নিয়ন্ত্রিত করতে পারে। এই কৌশলটি DNA পুনর্বিন্যাসের নীতির উপর আধারিত। একে বলে অ্যাটেনিউয়েশন।

trp-অপেরনের প্রথম জিন হল trp E। এই জিন ও অপেরনটির প্রমোটার এর মধ্যবর্তী অংশকে "লিডার" (leader) বলে চিহ্নিত করা যাক। এখন এই trp অপেরনের ট্রান্সক্রিপশন শুরু হওয়ার সময় প্রমোটার থেকে এবং লিডার অঞ্চল অতিক্রম করে তবেই trp জিনের ট্রান্সক্রিপশন হওয়া সম্ভব। কিন্তু এই লিডার অঞ্চলে আছে 28টি এমন ক্ষার যারা নিজেদের মধ্যে হাইড্রোজেন বন্ধনী গঠন করে তথাকথিত "স্টেম লুপ" (stem loop) সৃষ্টি করে (চিত্র 12.12)। ট্রান্সক্রিপশন শুরু হওয়ার পর যদি বৃদ্ধি মাধ্যমে বা কোষে যথেষ্ট ট্রিপটোফ্যান উপস্থিত থাকে তাহলে mRNA এর এই স্টেম লুপ গঠন অবশ্যম্ভাবী—আর স্টেম লুপ গঠনের

পর ট্রান্সক্রিপশন চালু থাকা অসম্ভব। ফল হল এই যে trp E জিনের ট্রান্সক্রিপশন শুরুই হয় না। জিন নিয়ন্ত্রণে নিউক্লিওটাইড বিন্যাসের এই যে বিশেষ ব্যবহার একেই বলে অ্যাটেনিউয়েশন।

কোষে যখন সামান্য পরিমাণে ট্রিপটোফ্যান উপস্থিত তখনও এই লিডার অঞ্চলে স্টেম লুপ গঠিত হয় এবং সেটি আরও বড়। মজার কথা হল বড় স্টেম লুপ কিন্তু ট্রান্সক্রিপশনে যতি টেনে দেয় না। এটি একটি পরস্পর বিরোধী ঘটনা বলে আপাতদৃষ্টিতে মনে হতে পারে। বড় স্টেম লুপের প্রভাব ধনাত্মক অথচ ক্ষুদ্রতর স্টেম লুপ ঋণাত্মকভাবে জিনটিকে নিয়ন্ত্রণ করে। আসলে এই স্ব-বিরোধিতার উৎস হল m RNA এর সঙ্গে রাইবোজোমের সংযোগ। ট্রিপটোফ্যানের উপস্থিতিতে সংযোগটি এমন যে বড় স্টেম লুপ ভেঙে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র টারমিনেটর স্টেম লুপ তৈরি হয়ে যায়। ট্রিপটোফ্যান না থাকলে বড় স্টেম লুপ ভাঙবে না। বড় স্টেম লুপ আর যাই হোক টারমিনেটার নয় ফলে অপেরনটির ভাষান্তরণে অসুবিধা হয় না।

চিত্র 12.12 ঃ অ্যাটেনিউয়েশন পদ্ধতিতে জীন নিয়ন্ত্রণ

A. trp অপেরন সমন্বিত m RNA এর গঠন। এখানে 1 ও 2 চিহ্নিত অঞ্চল এবং 3 ও 4 চিহ্নিত অঞ্চল পরস্পরের সঙ্গে সমসংস্থ বলে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র দুটি লুপ গঠন করতে পারে।

B. যখন কোষে অধিক পরিমাণে ট্রিপটোফ্যান আছে যখন রাইবোজোম 2 চিহ্নিত অঞ্চলে পৌঁছানোর সঙ্গে সঙ্গে 3 ও 4 চিহ্নিত অঞ্চলে স্টেম লুপ গঠিত হয়। ফলে ট্রান্সক্রিপশন বন্ধ হয়ে যায়।

C. যখন কোষে ট্রিপটোফ্যান নেই বা সামান্য তখন রাইবোজোম 1 অঞ্চলে পৌঁছালে 2 ও 3 অঞ্চল পরস্পর জোড় বেঁধে অপেক্ষাকৃত বৃহত্তর একটি স্টেম লুপ গঠন করে। কিন্তু RNA পলিমারেজ 4 চিহ্নিত অঞ্চলে ট্রান্সক্রিপশন চালাতে পারে।

12.7 সারাংশ (Summary)

প্রোক্যারিওটিক কোষের একটি বিপাকীয় পথের সমস্ত জিনগুলি সহ-নিয়ন্ত্রণ পদ্ধতিতে কাজ করে বলে

হয় সব কটি জিনই একই সঙ্গে প্রকাশিত হয় অথবা একটিও হয় না। নিয়ন্ত্রণ যখন ঋণাত্মক তখন একটি অবদমক ট্রান্সক্রিপশন বন্ধ করে দেয়, আর নিয়ন্ত্রণ যখন ধনাত্মক তখন একটি কারক পদ্ধতিটিকে প্রণোদিত করে। জিন নিয়ন্ত্রণের মুখ্য কৌশলগুলি হল DNA পুনর্বিন্যাস, ট্রান্সক্রিপশনগত নিয়ন্ত্রণ, mRNA প্রক্রিয়াকরণ, mRNA পুনরাবর্ত্তন, ট্রান্সলেশনগত নিয়ন্ত্রণ এবং ট্রান্সলেশন পরবর্তী নিয়ন্ত্রণ। ট্রান্সক্রিপশনগত নিয়ন্ত্রণের নীতিসমূহ হল নিয়ন্ত্রক প্রোটিনের দ্বারা নিয়ন্ত্রণ, সঞ্চালক দ্বারা নিয়ন্ত্রিত ট্রান্সক্রিপশন, অ্যালোস্টেরিক পদ্ধতিতে ট্রান্সক্রিপশন, সহায়ক প্রোটিন দ্বারা প্রভাবিত ট্রান্সক্রিপশন ইত্যাদি। E.coli ব্যাকটেরিয়ার ল্যাকটোজ বিপাক সাধিত হয় তিনটি জিন দ্বারা গঠিত একটি জিনসমষ্টি দ্বারা যাদের একত্রে বলা হয় অপেরন। এছাড়া একটি নিয়ন্ত্রক জিন এবং একটি সঞ্চালক ক্ষারবিন্যাস এই অপেরনের অন্তর্গত। বৃদ্ধি মাধ্যমে গ্লুকোজ থাকলে তা অবদমক হিসাবে কাজ করে এবং ল্যাকটোজ অপেরন নিয়ন্ত্রিত হয়ে থাকে। এই পদ্ধতিকে বলে ক্যাটাবোলাইট রিপ্রেসন। ট্রিপটোফ্যান অপেরন হল একটি দমনীয় অপেরনের উদাহরণ। এক্ষেত্রে অ্যাটেনিউয়েশন পদ্ধতিতে নিয়ন্ত্রণ সাধিত হয়।

12.8 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

1. নিম্নলিখিত পদগুলির সংজ্ঞা দিন।
   (a) গঠনগত জিনবিন্যাস
   (b) সঞ্চালক (operator)
   (c) নিয়ন্ত্রক (regulator)
   (d) ক্যাটাবোলাইট রিপ্রেসন
   (e) অ্যাটেনিউয়েশন
   (f) প্রণোদক (inducer)
   (g) অবদমক (repressor)

2. পার্থক্য নির্দেশ করুন।
   (a) প্রমোটার ও অপারেটর
   (b) রিপ্রেসর ও টারমিনেটার
   (c) ধনাত্মক ও ঋণাত্মক নিয়ন্ত্রণ
   (d) ইনডিউসার ও ইফেকটার (inducer & effector)

3. lac-অপেরন বলতে কী বোঝায়? এটিকে প্রণোদনা সঞ্জাত অথবা inducible অপেরন বলা হয় কেন? এই অপেরন-এর গঠন ও ঋণাত্মক নিয়ন্ত্রণ পদ্ধতি ব্যাখ্যা করুন।

4. E. coli এর ট্রান্সক্রিপশনগত নিয়ন্ত্রণে c-AMP এর ভূমিকা ব্যাখ্যা করুন।

5. অ্যাটেনিউয়েশন কী? trp অপেরনের ভিত্তিতে এটি ব্যাখ্যা করুন।

12.9 উত্তরমালা

অনুশীলনী 1

(a) একটি জিনসমষ্টির অন্তর্গত সব কয়টি জিনের একই সঙ্গে ট্রান্সক্রিপশন হলে সব কয়টি জিনের প্রকাশসঞ্জাত পদার্থ সংশ্লেষিত হবে। অন্যভাবে ট্রান্সক্রিপশন বন্ধ থাকলে জিনগুলির মধ্যে কোনটির প্রকাশসঞ্জাত পদার্থ আলাদা করে পাওয়া যাবে না। একে বলে সহ-নিয়ন্ত্রণ।

(b) এমন কি বন্ধ থাকা জিন সমষ্টিরও একটি অথবা দুটি চক্র ট্রান্সক্রিপশন হয়ে থাকে ফলে খুব সামান্য পরিমাণে হলেও প্রকাশসঞ্জাত পদার্থগুলি কোষে পাওয়া যায়।

(c) রিপ্রেসর ট্রান্সক্রিপশনকে অবদমিত রাখে। ইফেকটর অন্যভাবে ট্রান্সক্রিপশনে সহায়তা করে।

(d) ট্রান্সক্রিপশনগত নিয়ন্ত্রণ

(e) 12.2.1 এর (e) অংশ দেখুন।

অনুশীলনী 2

(a) নিয়ন্ত্রক প্রোটিন দুই রকম—ধনাত্মক নিয়ন্ত্রক প্রোটিন অথবা ইনডিউসার এবং ঋণাত্মক নিয়ন্ত্রক প্রোটিন অথবা রিপ্রেসর।

(b) অপারেটর হল DNA তে অবস্থিত একটি সুনির্দিষ্ট ক্ষারবিন্যাস বা রিপ্রেসর দ্বারা আবদ্ধ হয়ে ট্রান্সক্রিপশনে সহায়তা করে।

(c) ইনডিউসার RNA পলিমারেজ নামক উৎসেচককে ট্রান্সক্রিপশনের কাজে উদ্দীপিত করে। যে পদ্ধতিতে ইনডিউসার প্রমোটার বহির্ভূত কোন অংশে আবদ্ধ হয়ে RNA পলিমারেজকে ট্রান্সক্রিপশনে নিযুক্ত করে তাকে বলে নিয়োগ।

(d) 12.3.3 অংশ দ্রষ্টব্য।

(e) 12.3.4 অংশ দ্রষ্টব্য।

(f) একাধিক নিয়ন্ত্রকের প্রভাবে নিয়ন্ত্রিত হওয়া একটি জীবের যে উপায়ে ট্রান্সক্রিপশন নিয়ন্ত্রিত হয় তাকে বলে সহ-সংযোগ দ্বারা নিয়ন্ত্রিত ট্রান্সক্রিপশন। লাইসোজেনী এর উদাহরণ।

অনুশীলনী 3

(a) সারণি 12.1 দেখুন। এখানে কেবল জিনগুলির কথা উল্লেখিত। এছাড়া lac-অপেরনের উপাদানে আছে একটি প্রমোটার এবং একটি অপারেটর।

(b) গঠনগত উপাদান হল তিনটি জিন যথাক্রমে lac Z, lac Y এবং lac A।

(c) চিত্র 12.7 দেখুন।

(d) lac-অপেরনের অন্তর্গত সব কয়টি জিনের একই সঙ্গে চালু হওয়া অথবা একই সঙ্গে বন্ধ হওয়ার ঘটনাকে বলে সহ-প্রণোদনা।

(e) 12.5 অংশে উল্লেখিত অপেরনের সংজ্ঞা দিন।

(f) একটি সারণি আকারে lac Z, lac Y, lac A, lac I জিন, অপারেটর ও প্রমোটারের কাজ উল্লেখ করুন।

(g) অপারেটর হল একটি সুনির্দিষ্ট ক্ষারবিন্যাস যা রিপ্রেসর প্রোটিনের সঙ্গে ল্যাকটোজ শর্করার অনুপস্থিতিতে আবদ্ধ হয়। এটির অবস্থান lac Z জিনের ঠিক পূর্ববর্তী অংশে প্রমোটারকে অধিক্রমণ করে।

অনুশীলনী 4

(a) ক্যাটাবোলাইট অ্যাকটিভেটর প্রোটিন। এটি একটি নিয়ন্ত্রক প্রোটিন।

(b) Cycilc অ্যাডেনোসাইন মনো-ফসফেট, এটি হল ATP ও অ্যাডেনাইলেট সাইক্লেজ উৎসেচকের বিক্রিয়া সঞ্জাত পদার্থ।

(c) বেশি।

(d) পরোক্ষ।

(e) CAP প্রোটিন যেহেতু c-AMP এর ফলে যৌথভাবে RNA পলিমারেজ নিয়োগে সাহায্য করে সেহেতু এটির ভূমিকা উদ্দীপকের।

সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

1. (a) একটি অপেরনের অন্তর্গত জিনগুলির যখন একটিমাত্র প্রমোটার থাকে, যখন তারা একই সঙ্গে ভাষান্তরিত হয় এবং একই টারমিনেটার দ্বারা তাদের শৃঙ্খলযতি চিহ্নিত হয়।

(b) অপেরনের অন্তর্গত জিনগুলির প্রমোটার অঞ্চলকে অধিক্রম করা একটি সুনির্দিষ্ট ক্ষারবিন্যাস যা রিপ্রেসরের সঙ্গে আবদ্ধ হতে সক্ষম।

(c) একটি প্রোটিন যা সদর্থক বা নঞর্থকভাবে একটি অপেরনের নিয়ন্ত্রণে সহায়তা করে।

(d) অপেরনের ক্রিয়া যখন অপেরনের জিনগুলির প্রকাশসঞ্জাত পদার্থ দ্বারা পরোক্ষভাবে নিয়ন্ত্রিত হয়।

(e) জিন নিয়ন্ত্রণে DNA এর বিশেষ ধরনের গঠন বৈশিষ্ট্য ধারণ করার ঘটনাকে বলে অ্যাটেনিউয়েশন যার ফলে ট্রান্সক্রিপশন বাধাপ্রাপ্ত হয় অথবা ত্বরান্বিত হয়।

(f) নিয়ন্ত্রক প্রোটিন যা জিন নিয়ন্ত্রণে সদর্থক বা ধনাত্মক ভূমিকা পালন করে।

(g) নিয়ন্ত্রক প্রোটিন বা ঋণাত্মকভাবে অপেরনের কার্য-পদ্ধতিকে নিয়ন্ত্রণ করে।

2. (a) প্রমোটার হল ক্ষারবিন্যাস যা একটি জিনের ট্রান্সক্রিপশন শুরু হবার পূর্ববর্ত্তী পর্যায়ে RNA পলিমারেজ উৎসেচকের সঙ্গে আবদ্ধ হয়ে থাকে। অপারেটরও একটি ক্ষারবিন্যাস তবে এটি কেবলমাত্র রিপ্রেসর প্রোটিনের সঙ্গে আবদ্ধ হয়ে ট্রান্সক্রিপশনে বাধা দেয়।

lac-অপেরণের উদাহরণ দিয়ে ব্যাখ্যা করুন।

(b) রিপ্রেসর হল একটি প্রোটিন যা ট্রান্সক্রিপশনকে অবদমিত করে রাখে।

টারমিনেটর হল একটি ক্ষারবিন্যাস যা প্রোটিন সংশ্লেষের যতিমূলক উপাদান।

(c) 12.2 অংশের থেকে চিত্রসহ ব্যাখ্যা করুন।

(d) 12.2 অংশে দেখুন।

12.5 অংশে দেখুন।

3. ল্যাকটোজ নামক শর্করার উপস্থিতিতে এই অপেরনের চালু হবার বিষয়টি ধনাত্মক নিয়ন্ত্রণের পরিপ্রেক্ষিতে ব্যাখ্যা করে বলুন এটিকে inducible অপেরন বলার যুক্তি কী? ঋণাত্মক নিয়ন্ত্রণ পদ্ধতি রিপ্রেসরের ভূমিকা ব্যাখ্যা করে বলুন।

4. ক্যাটাবোলাইট রিপ্রেসনের বিষয়টি ব্যাখ্যা করুন। (12.5.4 অংশ)

5. 12.6.1 অংশ দেখুন।

একক 13 ❑ সাইটোপ্লাজমীয় বংশগতি

গঠন

13.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

13.2 সাইটোপ্লাজমীয় বংশগতির সংজ্ঞা

13.3 সাইটোপ্লাজমীয় বংশগতির গুরুত্বপূর্ণ বৈশিষ্ট্য

13.4 উদ্ভিদ জগতে সাইটোপ্লাজমীয় বংশগতি

13.4.1 প্লাসটিডিয়াল বংশগতি

13.4.2 মাইটোকনড্রিয়াল বংশগতি

13.4.3 সাইটোপ্লাজমীয় পুংবন্ধ্যাত্ব

13.5 প্রাণীজগতে সাইটোপ্লাজমীয় বংশগতি

13.6 স্ত্রী জনিতৃ প্রভাব

13.7 নিউক্লিয়াস ডি. এন. এ. ও সাইটোপ্লাজমীয় ডি. এন. এ-র পার্থক্য

13.8 সারাংশ

13.9 প্রশ্নাবলি

13.10 উত্তরমালা

13.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

প্রস্তাবনা

আপনারা নিশ্চয়ই অবগত আছেন যে, উন্নতপ্রাণী ও উদ্ভিদকোষের প্রাণকেন্দ্র হল সুগঠিত নিউক্লিয়াস। এই নিউক্লিয়াসের মধ্যে অবস্থিত ক্রোমোজোমস্থিত জিনই বংশগতির সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ ধারক ও বাহক এবং সর্বসম্মত জেনেটিক পদার্থ হিসেবে পরিগণিত। সুপ্রজননবিদ্যার জনক মেণ্ডেলের যুগান্তকারী মটরগাছের সংকরায়ণ পরীক্ষা, তার তত্ত্ব এবং বিশ্লেষণ নিউক্লিয়াসস্থিত এই জিনকে কেন্দ্র করেই, যা নিউক্লিয় বংশগতি বা মেন্ডেলীয় বংশগতি (Mendelian Inheritance) নামেই অধিক পরিচিত। বংশগতিবিদ্যার ক্রমোন্নতি এবং আধুনিক অণুজীববিদ্যা (Molecular Biology) নিশ্চিতভাবে দেখিয়েছে যে উন্নত কোষে এই জিন DNA ছাড়া কিছুই নয় এবং সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ হল এই DNA শুধুমাত্র নিউক্লিয়াসে সীমাবদ্ধ নয়। নিউক্লিয়াসের বাইরে সাইটোপ্লাজমের মধ্যেও জেনেটিক পদার্থের প্রমাণ পাওয়া গেছে যা

উন্নত উদ্ভিদ ও প্রাণীকোষে বেশকিছু গুরুত্বপূর্ণ বৈশিষ্ট্য এক জনু থেকে অন্য জনুতে সঞ্চারিত করছে। বংশগতিবিদ্যার ইতিহাসে সাইটোপ্লাজম দ্বারা নিয়ন্ত্রিত এই বংশগতি একটি গুরুত্বপূর্ণ অধ্যায় এবং এই সম্পর্কে সম্যক ধারণা থাকা প্রয়োজন।

উদ্দেশ্য

এই একটি পাঠ করে আপনি—

- সাইটোপ্লাজমীয় বংশগতি কী তা ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- সাইটোপ্লাজমীয় বংশগতির বৈশিষ্ট্য সম্পর্কে আলোচনা করতে পারবেন।
- মেন্ডেলীয় বংশগতির সঙ্গে এর পার্থক্য নিরূপণ করতে সক্ষম হবেন।
- নিউক্লিয় DNA এবং সাইটোপ্লাজমীয় DNA-র মধ্যে পার্থক্য নির্ণয় করতে পারবেন।

13.2 সাইটোপ্লাজমীয় বংশগতির সংজ্ঞা

কোষের সাইটোপ্লাজম দ্বারা নিয়ন্ত্রিত বংশগতিকে সাইটোপ্লাজমীয় বংশগতি বলা হয়। এই বংশগতিতে এক জনু থেকে অপর জনুতে বৈশিষ্ট্যের সঞ্চারণ মেন্ডেলীয় তত্ত্ব অনুসারে হয় না বলে একে অমেন্ডেলীয় বংশগতি (Non Mendelian Inheritance) বলেও অভিহিত করা হয়। এই বংশগতি প্রধানত সাইটোপ্লাজমে অবস্থিত দুটি কোষ অঙ্গাণু—প্লাস্টিড এবং মাইটোকনড্রিয়ার মধ্যে অবস্থিত DNA দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়ে থাকে।

13.3 গুরুত্বপূর্ণ বৈশিষ্ট্য

1. মেন্ডেলীয় তত্ত্ব অনুসারে বিপ্রতীম জননে (Reciprocal Cross) ফলাফল একই থাকে কিন্তু সাইটোপ্লাজমীয় বংশগতিতে বিপ্রতীম জননে প্রথমে অপত্য জনুতেই (F_1) পৃথক ফলাফল লক্ষ করা যায়।

মেন্ডেলীয় বংশগতি

(i) দীর্ঘ (♀) × খর্ব (♂) ↓ F_1 — দীর্ঘ

(ii) খর্ব (♀) × দীর্ঘ (♂) ↓ F_1 — দীর্ঘ বিপ্রতীম জননে একই ফলাফল

সাইটোপ্লাজমীয় বংশগতি

(i) দীর্ঘ (♀) × খর্ব (♂) ↓ F_1 — দীর্ঘ

(ii) খর্ব (♀) × দীর্ঘ (♂) ↓ F_1 — খর্ব বিপ্রতীম জননে একই ফলাফল

2. সাইটোপ্লাজমীয় বংশগতি অনুসরণকারী বৈশিষ্ট্যগুলি সাধারণভাবে দ্বিতীয় অপত্য জনু (F_2) এবং পরবর্তী জনুক্রমগুলিতে মেন্ডেলীয় পৃথকীভবন রীতি মেনে চলে না। এর কারণ হল, প্রথম অপত্য জনু (F_1) শুধুমাত্র মাতৃজনিতৃ থেকেই সাইটোপ্লাজমীয় বংশগতি নিয়ন্ত্রক জিন বা প্লাজমা জিনগুলি পেয়ে থাকে। সেইজন্য এই বংশগতিকে একজনিতৃবিশিষ্ট (Uniparental) অথবা মাতৃজনিতৃ প্রভাবিত (Maternal) বংশগতিও বলা হয়।

3. প্লাজমা জিনগুলি উন্নতকোষে ক্লোরোপ্লাস্ট DNA অথবা মাইটোকনড্রিয়া DNA -র অংশ হিসেবে থাকে এবং তাদের অবস্থানও অন্যান্য জিনের সাথে নির্ণীত (Mapped) হয়েছে। উদাহরণ স্বরূপ— Chlamy domonas sp (ক্ল্যামাইডোমোনাস) নামক শৈবালের স্ট্রেপটোমাইসিন প্রতিরোধী (Resistant) জিন ক্লোরোপ্লাস্ট DNA-র, ভুট্টা জোয়ার প্রভৃতি গাছে পুং-বন্ধ্যাত্বের (male sterility) জন্য দায়ী জিন মাইট্রোকনড্রিয়া DNA-এর অংশ। এই জিনগত বৈশিষ্ট্যগুলি নিউক্লিয় জিনের বংশগতি ধারার নিরপেক্ষ।

4. নিউক্লিয়াস (Nucleus transplanatation) পরীক্ষায় দেখা গেছে কোনো কোষ থেকে নিউক্লিয়াস বাদ দিলে বা অন্য কোনো নিউক্লিয়াস প্রতিস্থাপন করলেও সেই কোষের সাইটোপ্লাজম দ্বারা নিয়ন্ত্রিত বৈশিষ্ট্যগুলির এক জনু থেকে অন্য জনুতে যেতে কোন অসুবিধা হয় না। এই ঘটনা সাইটোপ্লাজমীয় বংশগতির ধারণাকেই সমর্থন করছে।

5. আধুনিক অণুজীববিদ্যার সাহায্যে দেখা গেছে সাইটোপ্লাজমের মধ্যে অবস্থিত ক্লোরোপ্লাস্ট এবং মাইটোকনড্রিয়ার DNA গঠনগত ভাবে বহুক্ষেত্রে নিউক্লিয় DNA-এর থেকে আলাদা এবং কোষের বিভিন্ন কাজে সম্পূর্ণভাবে নিউক্লিয় DNA-এর উপরে আদৌ নির্ভরশীল নয়।

13.4 উদ্ভিদজগতে সাইটোপ্লাজমীয় বংশগতি

13.4.1 প্লাস্টিডিয়াল বংশগতি

কোষ অঙ্গাণু প্লাস্টিডের মধ্যে অবস্থিত DNA দ্বারা প্লাস্টিডের বৈশিষ্ট্যের বংশপরম্পরায় সঞ্চারণকে প্লাস্টিডিয়াল বংশগতি বলে। 1908 সালে বিজ্ঞানী কার্ল কোরেন্স ও বাউর মিরাবিলিস জালাপা (Mirabillis jalapa) ও পেলারগোনিয়াম জোনেল (Pelargonium zonale) উদ্ভিদে প্রথম সাইটোপ্লাজমীয় বংশগতির প্রমাণ দেন।

Mirabills Jalapa উদ্ভিদের পাতা সাধারণত তিনটি রঙের হয়ে থাকে যথা—সবুজ, সাদা ও মিশ্রিত (variegated) এবং উদ্ভিদের কোন কোন শাখা শুধুমাত্র সবুজ, শুধুমাত্র সাদা বা শুধুমাত্র মিশ্রিত পাতাযুক্ত হতে পারে। রঙের এই তারতম্য সাইটোপ্লাজমস্থিত প্লাস্টিড প্রধানত ক্লোরোপ্লাস্টিডের জন্য হয়ে থাকে, যা সবুজ রঞ্জক পদার্থ ক্লোরোফিল বহন করে। সবুজ পাতায় স্বাভাবিক ক্লোরোপ্লাস্ট ও সাদা বা বর্ণহীন পাতায় ত্রুটিযুক্ত ক্লোরোপ্লাস্ট থাকে। বিজ্ঞানী কোরেনস, এই তিন রকমের শাখার ফুলের মধ্যে সম্ভাব্য সমস্ত প্রকার সংকরায়ণ জনন ঘটান। (টেবিল-1)

টেবিল-1. **Mirabillis Jalapa**-র (সন্ধ্যা মালতী) বিভিন্ন রকম সংকরায়ণের সংক্ষিপ্ত ফলাফল—

স্ত্রী জনিতৃ হিসেবে ব্যবহৃত শাখার পত্র বৈশিষ্ট্য	পুং জনিতৃ হিসেবে ব্যবহৃত শাখার পত্র বৈশিষ্ট্য	প্রথম অপত্য জনুর (F_1) পত্র বৈশিষ্ট্য
সবুজ	1. সবুজ 2. সাদা 3. মিশ্রিত	1. সুবজ 2. সবুজ 3. সবুজ
সাদা	1. সবুজ 2. সাদা 3. মিশ্রিত	1. সাদা 2. সাদা 3. সাদা
মিশ্রিত	1. সবুজ 2. সাদা 3. মিশ্রিত	1. সবুজ, সাদা ও মিশ্রিত 2. সুবজ, সাদা ও মিশ্রিত 3. সুবজ, সাদা ও মিশ্রিত

ব্যাখ্যা—ফলাফল থেকে এটা স্পষ্ট যে, স্ত্রী জনিতৃর বৈশিষ্ট্যই শুধুমাত্র অপত্য জনুতে সংবাহিত হচ্ছে, সেক্ষেত্রে পুং-জনিতৃর বৈশিষ্ট্য যাই হোক না কেন। যেমন ধরুন, স্ত্রী জনিতৃ যখন সবুজ শাখাযুক্ত হবে, তখন পুং-জনিতৃর ফেনোটাইপ যাই হোক না কেন (সবুজ, সাদা ও মিশ্রিত) অপত্য জনু সবসময় সবুজ শাখাযুক্ত হবে। একইভাবে, সাদা শাখাযুক্ত স্ত্রী জনিতৃর অপত্য জনু সব সময় সাদা শাখাযুক্ত হবে। কিন্তু মিশ্রিত শাখাযুক্ত স্ত্রী জনিতৃর অপত্য জনুতে সাদা, সবুজ ও মিশ্রিত শাখাযুক্ত উদ্ভিদ বিভিন্ন অনুপাতে পাওয়া যাবে।

এই বিষয়ে আপনাদের জেনে রাখা দরকার যে উন্নত উদ্ভিদ প্রাণীদেহে ডিপ্লয়েড (2n) জাইগোট গঠিত হয় হ্যাপ্লয়েড (n) পুং ও স্ত্রী গ্যামেটের মিলনের মাধ্যমে মিলনের সময় পুং গ্যামেটের শুধুমাত্র নিউক্লিয়াসটি স্ত্রী গ্যামেটের মধ্যে প্রবেশ করে কিন্তু-এর সাইটোপ্লাজম (পুং গ্যামেটে সাইটোপ্লাজম খুব কম পরিমাণে থাকে এবং সাইটোপ্লাজম সাধারণত মাইটোকনড্রিয়া, প্লাস্টিড প্রভৃতি কোষ অঙ্গানুবিহীন হয়ে থাকে। স্ত্রী গ্যামেটের বাইরেই থেকে যায়। ফলে জাইগোটের সাইটোপ্লাজম আসে সম্পূর্ণভাবে স্ত্রী গ্যামেটের সাইটোপ্লাজম থেকে। সুতরাং কোষ অঙ্গাণু স্থিত সাইটোপ্লাজমীয় জিনও আসে শুধুমাত্র স্ত্রী-জনিতৃ থেকে। স্ত্রী জনিতৃ যখন সবুজ শাখাযুক্ত তখন স্ত্রী-গ্যামেটে স্বাভাবিক প্লাস্টিড থাকছে, অন্যদিকে সবুজ, সাদা ও মিশ্রিত শাখাযুক্ত পুং-জনিতৃ থেকে উৎপন্ন পুং-গ্যামেটে কোন প্লাস্টিড থাকছে না। সুতরাং উপরিউক্ত তিনটি সংকরায়ণ জননে (প্রতিক্ষেত্রে সবুজ শাখাযুক্ত উদ্ভিদ যখনস্ত্রী-জনিতৃ) উৎপন্ন অপত্যগুলিতে শুধুমাত্র স্বাভাবিক প্লাস্টিডই থাকে ও তারা সবুজ শাখাযুক্ত হবে। একইভাবে সাদা শাখাযুক্ত স্ত্রী জনিতৃর সঙ্গে তিনটি

পৃথক সংকরায়ণ জননে (পুং-জনিতৃ যখন সাদা, সবুজ ও মিশ্রিত) উৎপন্ন অপত্যগুলি সাদা শাখাযুক্ত হবে, যেহেতু উপরিউক্ত জনন থেকে জাইগোট তিনটিতে স্ত্রী-গ্যামেটের মাধ্যমে শুধুমাত্র ত্রুটিযুক্ত ক্লোরোপ্লাস্টিড এসেছে। অন্যদিকে মিশ্রিত পাতাযুক্ত শাখা যখন স্ত্রী-জনিতৃ হিসেবে ব্যবহৃত হচ্ছে, তখন তিন ধরনের স্ত্রী-গ্যামেট তৈরি হবে—

1. সবুজ অংশ থেকে তৈরি স্বাভাবিক প্লাস্টিডযুক্ত স্ত্রী-গ্যামেট,
2. সাদা অংশ থেকে তৈরি ত্রুটিপূর্ণ প্লাস্টিডযুক্ত স্ত্রী-গ্যামেট এবং
3. মিশ্রিত অংশ থেকে তৈরি স্বাভাবিক ও ত্রুটিপূর্ণ উভয় প্লাস্টিডযুক্ত স্ত্রী-গ্যামেট।

এই তিন রকমের স্ত্রী-গ্যামেট থেকে প্রাপ্ত জাইগোট তিনটি যথাক্রমে সবুজ, সাদা ও মিশ্রিত শাখাযুক্ত উদ্ভিদ তৈরি করবে।

এইরূপ স্ত্রী-জনিতৃ প্রভাবিত সাইটোপ্লাজমীয় বংশগতি Primula sinensis (প্রাইমুলা সাইনেনসিস—প্রিমরোজ) গাছেও দেখা যায়।

1954 সালে বিজ্ঞানী রুথ স্যাগার এককোষী শৈবাল Chlamydomonas rienhardtii (ক্লামাইডোমোনাস রেইনারডসি)-এর মধ্যে ব্যাকটেরিয়া নাশক (Antibiotic) পদার্থ স্ট্রেপটোমাইসিনকে প্রতিরোধ করার ধর্ম লক্ষ্য করেন যা স্ত্রী জনিতৃ প্রভাবিত সাইটোপ্লাজমীয় বংশগতি দ্বারা নিয়ন্ত্রিত। এছাড়াও এরিথ্রোমাইসিন প্রতিরোধক্ষম জিন, অ্যাসিটেট নির্ভরশীল জিন প্রভৃতিও ক্লোরোপ্লাস্ট DNA-র (CPDNA) মধ্যে থাকে এবং এক জনু থেকে অপর জনুতে সাইটোপ্লাজমীয় বংশগতি অনুসারে সংবাহিত হয়।

13.4.2 মাইটোকনড্রিয়াল বংশগতি

সাইটোপ্লাজমে অবস্থিত মাইটোকনড্রিয়া কোষের একটি গুরুত্বপূর্ণ অঙ্গাণু। প্রাপ্ত তথ্য অনুসারে জানা গেছে যে, মাইটোকনড্রিয়া কেবলমাত্র মাতৃ-জনিতৃ থেকে অপত্য জনুতে সঞ্চারিত হয়, সেইজন্য মাইটোকনড্রিয়াল DNA (mtDNA)-তে অবস্থিত জিন সাইটোপ্লাজমীয় বংশগতি অনুসারে সংবাহিত হয়। উদাহরণ স্বরূপ, কয়েকপ্রকারের সাইটোপ্লাজমীয় জিন (প্লাজমা জিন), যেমন ঈস্টের পিটাইট (Petite) জিন mtDNA-র উপর অবস্থিত।

13.4.3 সাইটোপ্লাজমীয় পুং-বন্ধ্যাত্ব (Cytoplasmic male sterility)

1933 সালে এম. এস. রোডস্ ভুট্টাগাছে প্রথম সাইটোপ্লাজমীয় পুং-বন্ধ্যাত্ব আবিষ্কার করেন। তিনি লক্ষ্য করেন কিছু ভুট্টাগাছের পরাগধানীতে অবস্থিত পুং রেণু নিষ্ক্রিয়, যা পুং-বন্ধ্যাত্বের জন্য দায়ী। এই সমস্ত গাছে স্ত্রী জনন অঙ্গ সম্পূর্ণ স্বাভাবিক এবং তাঁর মতে এই ধরনের পুং-বন্ধ্যাত্ব নিউক্লিও জিনের পরিবর্তে স্ত্রী গ্যামেটের সাইটোপ্লাজমের মাধ্যমে বংশপরম্পরায় সংবাহিত হয়। ভুট্টাগাছের এই পুং-বন্ধ্যাত্ব বংশপরম্পরায় ধরে রাখতে, পুং-বন্ধ্যা (Male sterile) গাছগুলিকে স্ত্রী-জনিতৃ হিসেবে ব্যবহার করা হয় এবং এদের স্বাভাবিক ভুট্টাগাছের পরাগরেণু দ্বারা নিষিক্ত করা হয়। সমস্ত অপত্য গাছগুলিতে (F_1) পুং

বন্ধ্যাত্ব লক্ষ করা যায়। পুং-বন্ধ্যাত্বযুক্ত এই অপত্যকে ক্রমাগত সক্রিয় পুং রেণুযুক্ত উদ্ভিদের সঙ্গে ব্যাক ক্রস (Back Cross) করা হয় এবং পরবর্তী প্রতিটি জনুতে পুং-বন্ধ্যাত্ব প্রকাশ পায়, যা নিশ্চিতভাবে প্রমাণ করে যে ক্রোমোজমীয় জিন নয়, সাইটোপ্লাজমীয় জিন দ্বারাই পুং-বন্ধ্যাত্ব নিয়ন্ত্রিত হয়। (চিত্র 13.1)

চিত্র 13.1 ঃ ভুট্টাগাছে সাইটোপ্লাজমীয় পুং-বন্ধ্যাত্বের বংশপরম্পরায় সংবহন।

সাইটোপ্লাজমীয় পুং-বন্ধ্যাত্ব ভুট্টা ছাড়াও শশা, পেঁয়াজ, জোয়ার, খেসারী, সরঘাম প্রভৃতি গাছে সংকর বীজ ও সংকর তেজ (Hybrid vigour) তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

13.5 প্রাণীজগতে সাইটোপ্লাজমীয় বংশগতি

1943 সালে রুথ স্যাগার একটি এককোষী প্রোটোজোয়া প্যারামেসিয়াম 'কাপ্পা' (Kappa) নামক একপ্রকার দানাদার পদার্থ আবিষ্কার করেন যা সাইটোপ্লাজমীয় বংশগতি অনুসারে বংশপরম্পরায় সঞ্চারিত হয়। প্যারামেসিয়ামের কিছু স্ট্রেনের (strain) সাইটোপ্লাজমে 'কাপ্পা' নামক পদার্থ মিথোজীবীরূপে বসবাস

করে যৌগিক অণুবীক্ষণযন্ত্রে (Compound microscope) দৃশ্যমান এই পদার্থটি দুপ্রকারের হয়ে থাকে— উজ্জ্বল (bright) ও অনুজ্জ্বল। উজ্জ্বল 'কাপ্পা' পদার্থ 'প্যারামেসিন' নামক একপ্রকার টক্সিন তৈরি করে যা স্পর্শকাতর (Sensitive) প্যারামেসিয়ামের (যারা 'কাপ্পা' বহন করে না) ক্ষতি সাধন করে কিন্তু যে সমস্ত প্যারামেসিয়াম 'কাপ্পা' পদার্থ বহন করে তারা 'প্যারামেসিন' টক্সিনকে প্রতিরোধ করতে পারে। এইরূপ 'কাপ্পা' পদার্থকে অন্য কোন প্রাণীকোষে প্রবেশ করিয়ে কিলার (Killer) কোষে পরিণত করা যায়। 'কাপ্পা'

চিত্র 13.3 ঃ একটি কিলার ও একটি স্পর্শকাতর প্যারামেসিয়ামের মধ্যে সংশ্লেষ প্রক্রিয়া। এখানে সাইটোপ্লাজমীয় আদানপ্রদান হচ্ছে না। (বিজ্ঞানী সোনেবর্ণ-এর তত্ত্ব অনুসারে)

চিত্র 13.2 ঃ একটি কিলার ও একটি স্পর্শকাতর প্যারামেসিয়ামের মধ্যে সংশ্লেষ প্রক্রিয়া। এখানে সাইটোপ্লাজমের আদানপ্রদান না হলেও জীনের আদান প্রদান হচ্ছে। (বিজ্ঞানী সোনেবর্ণ-এর তত্ত্ব অনুসারে)

পদার্থটি ব্যাকটেরিয়ার মতোই বিভাজন (Fission) প্রক্রিয়ায় বংশবৃদ্ধি করতে সক্ষম। কিন্তু সাইটোপ্লাজমে তাদের বিভাজন একটি নিউক্লিয় প্রকট অ্যালিল K-এর উপস্থিতির উপর নির্ভরশীল। যে সমস্ত প্রাণীকোষে KK বা Kk জেনোটাইপ থাকে সেখানে 'কাপ্পা' পদার্থ বিভাজিত হতে পারে, কিন্তু kk জেনোটাইপযুক্ত প্রাণীকোষে 'কাপ্পা' পদার্থ বিভাজনে অক্ষম।

সাধারণত প্যারামেসিয়ামে সংশ্লেষ (Conjugation) প্রক্রিয়ায় যৌন জননের সময় সাইটোপ্লাজমের কোনও আদানপ্রদান হয় না। যখন একটি কিলার ও একটি স্পর্শকাতর স্ট্রেনের মধ্যে সংশ্লেষ প্রক্রিয়া ঘটে, তখন স্পর্শকাতর স্ট্রেনটি কিলার স্ট্রেন থেকে কোন 'কাপ্পা' পদার্থ পায় না, কিন্তু কখনো কখনো সংশ্লেষ প্রক্রিয়ার সময় সাইটোপ্লাজমের আদান প্রদান ঘটে। সেক্ষেত্রে, সাইটোপ্লাজমীয় আদান প্রদান যদি একটি কিলার ও একটি স্পর্শকাতর স্ট্রেনের মধ্যে ঘটে এবং উভয় স্ট্রেনই যদি KK নিউক্লিয়ার জেনেটাইপযুক্ত হয়, তবে সংশ্লেষ পরবর্তী অপত্য কোষদুটিই 'কাপ্পা' পদার্থ অর্জন করবে এবং উভয়ই কিলার স্ট্রেন হবে। একইভাবে সংশ্লেষেরও কিলার স্ট্রেনটি KK জেনোটাইপযুক্ত ও স্পর্শকাতর স্ট্রেনটি kk kk জেনোটাইপযুক্ত হলে, সংশ্লেষ পরবর্তী অপত্য কোষদুটির জেনোটাইপ Kk হবে ও তারাও কিলার স্ট্রেন হবে। এই অপত্যদের মধ্যে অটোগ্যামির ফলে দুপ্রকার জনু পাওয়া যাবে যথা—KK ও kk জেনোটাইপযুক্ত জনু (চিত্র 13.2 ও 13.3)।

এছাড়াও Culex (কিউলেক্স) মশার পুং-বন্ধ্যাত্ব, প্যারামেসিয়ামের স্ট্রেপটোমাইসিন প্রতিরোধ ক্ষমতা (Resistance) মাইটোকনড্রিয়াল DNA দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়।

অনুশীলনী 1

1. বন্ধনীর অন্তর্ভুক্ত শব্দগুলি থেকে বেছে নিয়ে সঠিক উত্তর লিখুন ঃ

(a) সাইটোপ্লাজমীয় বংশগতির প্রথম প্রমাণ দেন বিজ্ঞানী (কোরেনস/মেন্ডেল/রোডস্)।

(b) সাইটোপ্লাজমের পরিমাণ বেশি থাকে (স্ত্রী-গ্যামেটে/পুং-গ্যামেটে/নিষ্ক্রীয় জননকোষ)।

(c) মিরাবিলিস জালাপা (Mirabilis Jalapa) উদ্ভিদে প্রথম অপত্য জনুতে পাতার ফেনোটাইপ (মেন্ডেলীয় বংশগতি/সাইটোপ্লাজমীয় বংশগতি/পরিব্যক্তি) দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়।

(d) মাইটোকনড্রিয়া একটি (কোষ/কোষ অঙ্গাণু/কোষীয় বর্জ্য পদার্থ)।

(e) 'প্যারামেসিন' একটি (অ্যান্টি বায়োটিক/টক্সিন/উৎসেচক)

(f) 'সাইটোপ্লাজমীয় পুং-বন্ধ্যাত্ব' ব্যবহৃত হয় (কৃত্রিম বীজ /সংকর বীজ/মিত্র বীজ) তৈরি করতে।

13.6 স্ত্রী-জনিতৃ প্রভাব (Maternal effect)

কোন কোন জীবের কিছু বৈশিষ্ট্য তার মাতৃ-জনিতৃর জেনোটাইপ দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়, একে স্ত্রী-জনিতৃ প্রভাব (Maternal effect) বলে। স্ত্রী জনিতৃ প্রভাবের একটি সুন্দর উদাহরণ হল Limnaea peregra (লিমনিয়া পেরিগ্রা) শামুকের বহিরাবরণের পেঁচানো কৌশল। শামুকের কিছু স্ট্রেন দক্ষিণাবর্তী (Dextral)

বহিরাবরণযুক্ত (ডানদিকে পেঁচানো বহিরাবরণ), ও বাকি স্ট্রেন বামাবর্তী (Sinistral) বহিরাবরণযুক্ত (বামদিকে পেঁচানো বহিরাবরণ) হয়ে থাকে। বহিরাবরণের এই বৈশিষ্ট্যটি শামুকের নিজস্ব জিন দ্বারা নয়, স্ত্রী জনিতৃর জেনেটাইপ দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয় দক্ষিণাবর্তী প্যাঁচ নির্ধারিত হয় প্রকট অ্যালিন S^+ দ্বারা ও বামাবর্তী প্যাঁচ নির্ধারিত হয় প্রচ্ছন্ন অ্যালিন s দ্বারা। দক্ষিণাবর্তী স্ত্রী-জনিতৃর সাথে বামাবর্তী পুং-জনিতৃর সংকরায়ণ জনন ঘটালে, প্রথম অপত্য জনুতে (F_1) সকলেই দক্ষিণাবর্তী বহিরাবরণযুক্ত হয়ে থাকে। কিন্তু দ্বিতীয় অপত্য জনুতে (F_2) স্বাভাবিক মেন্ডেলীয় অনুপাত (3 : 1) পাওয়া যায় না, কারণ ss-এর ফেনোটাইপ বামাবর্তী হওয়া উচিত হলেও মাতৃ জনিতৃর জেনোটাইপ S^+s এরাও দক্ষিণাবর্তী হয়। অর্থাৎ F_2 জনুর সবকটি শামুকই হবে দক্ষিণাবর্তী বা dextral। F_2 জেনোটাইপের প্রত্যেকটির স্বনিষেক ঘটালে, S^+S^+ ও S^+s অনুসারে জেনোটাইপের F_3 অপত্য জনুর (তৃতীয় অপত্য জনু) শামুকগুলির প্রত্যেকেই দক্ষিণাবর্তী বা extral। কিন্তু F_2 জনুর ss জেনোটাইপের স্বনিষেকজাত F_3 অপত্যজনুর শামুকগুলি বামাবর্তী হয় কারণ এদের মাতৃ-জনিতৃর জেনোটাইপ ছিল বামাবর্তী। বিপ্রতীম সংকরায়ণ জননের (বামাবর্তী স্ত্রী-জনিতৃর সঙ্গে দক্ষিণাবর্তী পুং-জনিতৃর জনন) ফলে উৎপন্ন প্রথম অপত্য জনুতে (F_1) সকলেই বামাবর্তী বহিরাবরণযুক্ত হয় ও দ্বিতীয় অপত্য জনুতে (F_2) সকলেই দক্ষিণাবর্তী বহিরাবরণযুক্ত হয়। কিন্তু দ্বিতীয় অপত্য জনুর প্রত্যেকের যখন স্বনিষেক ঘটানো হয়, তখন ss-জেনোটাইপযুক্ত শামুকের অপত্য জনুর শুধুমাত্র বামাবর্তী বহিরাবরণযুক্ত হয়ে থাকে। (চিত্র 13.4, 13.5)

1.	♀ S^+S^+	×	ss ♂	
	জনিতৃ-1 (দক্ষিণাবর্তী)		(বামাবর্তী) জনিতৃ-2	
		↓		
		S^+s	প্রথম অপত্য জনু	
		(দক্ষিণাবর্তী)		
		↓		
	S^+s ♀	×	S^+s ♂	
	(দক্ষিণাবর্তী)		(দক্ষিণাবর্তী)	
		↓		
দ্বিতীয় অপত্য জনু—	S^+S^+,	S^+s,	S^+s,	ss
	(দক্ষিণাবর্তী)	(দক্ষিণাবর্তী)	(দক্ষিণাবর্তী)	(দক্ষিণাবর্তী)
	↓	↓	↓	↓
তৃতীয় অপত্য জনু—	দক্ষিণাবর্তী	দক্ষিণাবর্তী	দক্ষিণাবর্তী	বামাবর্তী

চিত্র 13.4 ঃ একটি দক্ষিণাবর্তী বহিরাবরণযুক্ত (S^+S^+) শামুকের (♀) সঙ্গে বামাবর্তী বহিরাবরণযুক্ত (ss) শামুকের (♂) সংকরায়ণ জননের ফলাফল।

2 ♀ ss × S^+S^+ ♂

জনিতৃ-1 (বামাবর্তী) (দক্ষিণাবর্তী) জনিতৃ-2

↓

S^+s প্রথম অপত্য জনু

(বামাবর্তী)

↓

♀ S^+s × S^+s ♂

(বামাবর্তী) (বামাবর্তী)

↓

দ্বিতীয় অপত্য জনু—	S^+S^+, (দক্ষিণাবর্তী)	S^+s, (দক্ষিণাবর্তী)	S^+s, (দক্ষিণাবর্তী)	ss (দক্ষিণাবর্তী)
	↓	↓	↓	↓
তৃতীয় অপত্য জনু—	দক্ষিণাবর্তী	দক্ষিণাবর্তী	দক্ষিণাবর্তী	বামাবর্তী

চিত্র 13.5 ঃ একটি বামাবর্তী বহিরাবরণযুক্ত (ss) শামুকের (♀) সঙ্গে দক্ষিণাবর্তী বহিরাবরণযুক্ত (S^+S^+) শামুকের (♂) সংকরায়ণ জননের ফলাফল।

13.7 নিউক্লিয়ার-DNA ও সাইটোপ্লাজমীয় DNA-এর পার্থক্য

বৈশিষ্ট্য	নিউক্লিয় DNA	সাইটোপ্লাজমীয় DNA (Cp-DNA/mt-DNA)
1. DNA- পরিমাণ	প্রচুর পরিমাণে	অল্প পরিমাণে [eg-মটর গাছে 110 kb mt DNA]
2. জেনেটিক ম্যাপ	রৈখিক	বৃত্তীয়
3. DNA প্রতিলিপি গঠন	নিজস্ব	স্বনিয়ন্ত্রিত
4. প্রোটিন সংশ্লেষের উপকরণ—		
(a) rRNA—	নিজস্ব DNA থেকে তৈরি	নিজস্ব r-DNA থেকে তৈরি
(b) rRNA-র মান—	অনেক বড়	অনেক ছোট
(c) রাইবোজোম—	60 Å ও 40 Å	50 Å ও 30 Å

(d) t-RNA—	নিজস্ব আছে এবং সাইটোপ্লাজমিক DNA-কেও সাহায্য করে	কিছুটা অবদান আছে
5. ঘনত্ব (Density)	1·699 গ্রাম/সেমি^{3} (ঈস্ট)	1·683 গ্রাম/সেমি^{3} (ঈস্ট)
6. G.C.-এর পরিমাণ	40%,	21%
7. পরিব্যক্তি প্রভাবকের প্রতি স্পর্শকাতরতা (উদা—ইথিডিয়াম ব্রোমাইড)	স্পর্শকাতরতা নেই	প্রচণ্ড স্পর্শকাতর
8. ব্যাকটেরিয়া নাশক		
(a) ক্লোরাম ফেনিকল	স্পর্শকারতরা নেই	প্রচণ্ড স্পর্শকাতর
(b) সাইক্লোহিক্সমাইড	রাইবোজোম স্পর্শকাতর	রাইবোজোমের স্পর্শকাতরতা নেই।

r = রাইবোজোমাল

t = ট্রান্সফার

Å = সেডবার্গ একক (Svedberg Unit)

G = গুয়ানিন (Guanine)-DNA-এর একটি বেস (Base)

C = সাইটোসিন (Cytosine) DNA-এর একটি বেস (Base)

রাইবোজোম—কোষের সাইটোপ্লাজমে অবস্থিত একটি কোষ অঙ্গাণু যা প্রোটিন সংশ্লেষে সাহায্য করে।

অনুশীলনী 2

1. নিচের তালিকা থেকে শব্দ বা শব্দগুচ্ছ বেছে নিয়ে শূন্যস্থান পূরণ করুন।

(a) GC বেশি থাকে ——— DNA-তে।

(b) রুথ স্যাগার (1954) সাইটোপ্লাজমীয় বংশগতি আবিষ্কার করেন ——— ——— নামক শৈবালে।

(c) ঈস্টের ——— জিন মাইটোকনড্রিয়াল বংশগতি অনুসারে সংবাহিত হয়।

(d) mt-DNA-এর 'জেনেটিক ম্যাপ' ———।

(e) স্ত্রী-জনিতৃর প্রভাবের ক্ষেত্রে অপত্যের ফেনোটাইপ নির্ধারিত হয় ——— -এর জেনোটাইপ দ্বারা।

(ক্ল্যামাইডোমোনাস, স্ত্রী-জনিতৃ, নিউক্লিয়, পিটাইট, বৃত্তীয়)

13.8 সারাংশ

এই এককটি পড়ে আপনারা জেনেছেন—

- সাইটোপ্লাজমীয় বংশগতি মেণ্ডেলীয় তত্ত্ব অনুসারে চলে না।
- সাইটোপ্লাজমীয় বংশগতি মাতৃ জনিতৃ দ্বারা প্রভাবিত।
- দুটি জনিতৃর (স্ত্রী ও পুং) মধ্যে বিপ্রতীম সংকরায়ণে প্রথম অপত্য জনু যদি দুক্ষেত্রে দুরকম হয় তবে সাইটোপ্লাজমীয় বংশগতি জড়িত আছে এটা ধরে নিতে হবে।
- সাইটোপ্লাজমীয় বংশগতি নিম্নশ্রেণির শৈবাল এবং প্রোটোজোয়ায় যেমন দেখা যায়, সেরকম উন্নত শ্রেণির উদ্ভিদ ও প্রাণী কোষেও এটি বর্তমান।
- উন্নত উদ্ভিদ ও প্রাণীকোষে নিউক্লিয়াসের বাইরে সাইটোপ্লাজমীয় ধাত্রে অবস্থিত দুটি গুরুত্বপূর্ণ কোষ অঙ্গাণু ক্লোরোপ্লাস্ট এবং মাইটোকনড্রিয়াল DNA (প্লাজমা জিন) এই মাতৃ-জনিতৃ প্রভাবিত বংশগতি নিয়ন্ত্রণ করে, এজন্য একে অঙ্গাণু নিয়ন্ত্রিত বংশগতিও বলা হয়।
- অঙ্গাণু DNA গুলি একই কোষে অবস্থিত নিউক্লিয় DNA-এর থেকে অনেক ক্ষেত্রেই গঠনগত ও কার্যগত দিক থেকে স্বাধীন, কিছু ক্ষেত্রে অবশ্যই নিউক্লিয় DNA সাহায্য করে।
- নিউক্লিয় বংশগতির পাশাপাশি সাইটোপ্লাজমীয় বংশগতিও বহু গুরুত্বপূর্ণ বৈশিষ্ট্য যেমন ব্যাকটেরিয়ানাশক প্রতিরোধী ক্ষমতা, বিপাকীয় ঘটনা, বন্ধ্যাত্ব এবং আরও অনেক ফেনোটাইপ বংশপরম্পরায় নিয়ন্ত্রণ করে। আধুনিক বংশগতিবিদ্যা, অনুজীববিদ্যা ও জীবরসায়ণবিদ্যায় এর গুরুত্ব অপরিসীম।

13.9 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর দিন।

1. সাইটোপ্লাজমীয় বংশগতির সংজ্ঞা দিন। মেন্ডেলীয় বংশগতির সাথে এর পার্থক্য আলোচনা করুন।
2. প্লাস্টিডিয়াল বংশগতি অনুসারে জিনের সঞ্চারণ উদাহরণ সহকারে আলোচনা করুন।
3. উদ্ভিদের পুং-বন্ধ্যাত্ব সাইটোপ্লাজমীয় বংশগতি দ্বারা কীভাবে নিয়ন্ত্রিত হয়?
4. শামুকের বহিরাবরণের পেঁচানো কৌশল স্ত্রী জনিতৃ দ্বারা কীভাবে প্রভাবিত হয় তা ব্যাখ্যা করুন।
5. নিউক্লিয় DNA এবং প্লাজমা DNA-এর মধ্যে পার্থক্য নিরূপণ করুন।

13.10 উত্তরমালা

অনুশীলনী 1

1. (a) কোরেন্স
   (b) স্ত্রী-গ্যামেট
   (c) সাইটোপ্লাজমীয় বংশগতি
   (d) কোষ অঙ্গাণু
   (e) টক্সিন
   (f) সংকর বীজ

অনুশীলনী 2

1. (a) নিউক্লিয়
   (b) ক্ল্যামাইডোমোনাস
   (c) পিটাইট
   (d) বৃত্তীয়
   (e) স্ত্রী-জনিতৃ

সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

1. অনুচ্ছেদ 13.2 ও 13.3 দেখুন।
2. অনুচ্ছেদ 13.4.1 দেখুন।
3. অনুচ্ছেদ 13.4.3 দেখুন।
4. অনুচ্ছেদ 13.6 দেখুন।
5. অনুচ্ছেদ 13.7 দেখুন।

একক 14 □ লিঙ্গ নির্ধারণ ও লিঙ্গ-আশ্রিত বংশগতি (Sex Determination and Sex Linked Inheritence)

গঠন

14.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

14.2 লিঙ্গ নির্ধারণের নীতিসমূহ

14.2.1 জিনগত লিঙ্গ নির্ধারণ

14.2.2 ক্রোমোজোমগত লিঙ্গ নির্ধারণ

14.3 ক্রোমোজোমগত লিঙ্গ নির্ধারণ পদ্ধতি

14.3.1 XX—XY পদ্ধতি

14.3.2 ZZ—ZW পদ্ধতি

14.3.3 XX—XO পদ্ধতি

14.3.4 প্লয়ডি-স্তর দ্বারা লিঙ্গ নির্ধারণ

14.4 ড্রসোফিলার লিঙ্গ-দ্বিরূপতা নির্ধারণ

14.5 উদ্ভিদে লিঙ্গ নির্ধারক XX—YY তত্ত্ব

14.6 যৌন-ক্রোমোজোম বাহিত বংশগতি

14.6.1 মানুষের X ক্রোমোজোম বাহিত বংশগতি

- লাল সবুজ বর্ণান্ধতা
- হিমোফিলিয়া

14.6.2 Y ক্রোমোজোম বাহিত বংশগতি

- হাইপারট্রাইকোসিস

14.7 আংশিকভাবে প্রকাশিত লিঙ্গ বৈশিষ্ট্য

14.8 লিঙ্গ নিয়ন্ত্রিত বৈশিষ্ট্য

14.9 জিনের মাত্রা-সমন্বয়

14.9.1 মানুষের জিনমাত্রা-সমন্বয়

14.9.2 মাত্রা-সমন্বয় একটি উভমুখী প্রক্রিয়া

14.10 সারাংশ

14.11 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

14.12 উত্তরমালা

14.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

প্রস্তাবনা ঃ

আমরা সবাই জানি যে বংশবৃদ্ধি হল জীবের প্রধান প্রধান ধর্মগুলির মধ্যে একটি। প্রধানত দু'ভাবে জীব বংশবৃদ্ধি করে থাকে। অযৌন জনন ও যৌন জনন। যৌন জনন জটিলতর প্রক্রিয়া যেখানে দুটি ভিন্ন ভিন্ন লিঙ্গের জননকোষ বা গ্যামেট পরস্পরের সঙ্গে মিলিত হয়। অযৌন জনন অত্যন্ত রক্ষণশীল প্রক্রিয়া যা কেবলমাত্র মাইটোসিস কোষ-বিভাজনের উপর নির্ভর করে। যৌন জনন, অপরপক্ষে, মায়োসিস কোষ বিভাজনের উপর নির্ভরশীল বলেই রক্ষণশীল নয়। তাই অপত্যর মধ্যে প্রকরণ (variation) পরিলক্ষিত হয়। যৌন জনন অবধারিতভাবে দুটি ভিন্ন ভিন্ন যৌনতার অপত্য সৃষ্টি করে থাকে—পুংলিঙ্গ অপত্য ও স্ত্রীলিঙ্গ অপত্য। যৌনতা নির্ধারণের মূল চাবিকাঠি আছে যৌন ক্রোমোজোমের হাতে।

এই পর্যায়ে আমরা জিনঘটিত লিঙ্গ নির্ধারণের পদ্ধতিগুলির উপর গুরুত্ব সহকারে আলোচনা করব। এর পাশাপাশি আমরা দেখব কীভাবে লিঙ্গ নির্ধারক ক্রোমোজোম কিছু বৈশিষ্ট্য বংশ থেকে বংশান্তরে নিয়ে যায়।

উদ্দেশ্য ঃ

এই পর্যায়টি পড়বার পর আপনারা জানতে পারবেন—

- লিঙ্গ নির্ধারণের ক্রোমোজোমগত তথা জিনগত ভিত্তি কী?
- বিভিন্ন প্রাণী এবং উদ্ভিদে ক্রোমোজোমগত যৌনতা নির্ধারণের পদ্ধতিগুলি কী কী?
- যৌনতা-বাহী উত্তরাধিকার বলতে কী বোঝায়?
- X এবং Y ক্রোমোজোম বাহিত উত্তরাধিকারগুলি কী কী?
- X ও Y ক্রোমোজোমের সংখ্যাগত তারতম্য যৌনতা নির্ধারণে কিরূপ প্রভাব রাখে?

14.2 লিঙ্গ নির্ধারণের নীতিসমূহ (Principles of Sex Determination)

লিঙ্গ নির্ধারণের ক্ষেত্রে উচ্চতর সমস্ত প্রাণী ও উদ্ভিদে পরিবেশগত প্রভাব যথেষ্ট ক্রিয়াশীল হলেও মুখ্যত তা জিনগতভাবেই নিয়ন্ত্রিত হয়ে থাকে। এই সমস্ত উচ্চতর জীবের কোষে এমন কতগুলি সুনির্দিষ্ট জিন অথবা ক্রোমোজোম আছে যেগুলি লিঙ্গ নির্ধারণ করে দেয়। সামগ্রিকভাবে লিঙ্গ নির্ধারণের এই পদ্ধতি দুটি নীতি মেনে চলে।

14.2.1 জিনগত লিঙ্গ নির্ধারণ (Genic Type Sex Determination)

কিছু জীবে বিভিন্ন ক্রোমোজোমে আধারিত সুনির্দিষ্ট কিছু স্বতন্ত্র জিন লিঙ্গ নির্ধারণের জন্য দায়ী। মাছের অধিকাংশ প্রজাতিতে এই পদ্ধতিতে লিঙ্গ নির্ধারিত হয়। নীচের চিত্রটি (চিত্র 14.1) দেখুন। এখানে লিঙ্গ নির্ধারণকারী জিনগুলির হেটেরোজাইগাস দশা AA' পুংলিঙ্গ নির্দেশক এবং হোমোজাইগাস দশা AA স্ত্রী লিঙ্গ নির্দেশক।

চিত্র 14.1 ঃ জিনগত লিঙ্গ নির্ধারণ

এই নীতি অনুযায়ী A' জিনটি A জিনের উপর প্রকট (dominant)। পুংলিঙ্গ নির্ধারিত হয় A' জিনের উপস্থিতি দ্বারা এবং দ্বি-প্রচ্ছন্ন দশা (AA) সর্বদাই স্ত্রীলিঙ্গ নির্ধারক।

একটি পরভোজী আর্থ্রোপোড গোষ্ঠীভুক্ত প্রাণী হ্যাব্রোব্র্যাকন (Habrobracon)-এ যৌনতা নির্ধারণের একটু অন্যতর জিনগত ভিত্তি দেখা যায়। এক্ষেত্রে লিঙ্গ নির্ধারণকারী জিন (ধরা যাক X)

এর বহু অ্যালিল দেখতে পাওয়া যায় যেমন, X^a, X^b, X^c, X^d ইত্যাদি। নিষেক এর পর জাইগোটে সম্ভাব্য যে কোন রকম হেটেরোজাইগাস দশা দেখা যেতে পারে, যেমন—$X^a X^b$; $X^a X^c$; X^b, X^c ইত্যাদি। এই সমস্ত হেটেরোজাইগাস স্ত্রীলিঙ্গের প্রাণীতে পরিণত হবে এবং সমস্ত হোমোজাইগোটগুলি (যথা—$X^a X^a$; $X^b X^b$ ইত্যাদি) পুংলিঙ্গে পরিণত হবে। উল্লেখ্য এই যে অনিষিক্ত হেমিজাইগোট (X^a, X^b, X^c ইত্যাদি) পার্থেনোজেনির ফলে পুংলিঙ্গে পরিণত হয়।

14.2.2 ক্রোমোজোমগত লিঙ্গ নির্ধারণ (Chromosomal Type Sex Determination)

এক্ষেত্রে লিঙ্গ নির্ধারণকারী জিনগুলি সুনির্দিষ্ট ক্রোমোজোমে আধারিত, যাকে বলে যৌন-ক্রোমোজোম (Sex-Chromosome)। এই পদ্ধতি পূর্ব-বর্ণিত জিনগত পদ্ধতির তুলনায় উন্নততর (evolved)। এই ক্রোমোজোমগুলি যারা সাধারণভাবে X ও Y ক্রোমোজোম নামে পরিচিত, তারাও পরস্পরের থেকে গঠনগতভাবে পৃথক। X ও Y ক্রোমোজোম যদিও মিওসিসের সময় জোড় বাঁধে কিন্তু এদের মধ্যে ক্রসিংওভারের হার নগণ্য। এতে করে সুনির্দিষ্ট যৌনতার জন্য দরকারি সুনির্দিষ্ট জিনগত বিন্যাস ক্রোমোজোদ্বয় রক্ষা করে চলেছে। এর ফল হয়েছে এই যে, Y ক্রোমোজোমে পুং-যৌনতা নির্ধারণ ছাড়া অন্য সব জিনই প্রায় অকেজো হয়ে গেছে। কোন কোন প্রজাতিতে এই অকেজো অংশগুলি সম্পূর্ণ অবলুপ্ত, অন্য কিছু প্রজাতিতে অবলুপ্তির পথে। এই দ্বিরূপবিশিষ্ট যৌন ক্রোমোজোমের লিঙ্গ নির্ধারণের সাধারণ পদ্ধতিটি নীচে (চিত্র 14.2) দেখানো হল ঃ

চিত্র 14.2 ঃ XX—YY পদ্ধতিতে যৌনতা নির্ধারণ

14.3 ক্রোমোজোমঘটিত লিঙ্গ নির্ধারণের পদ্ধতি (Mechanisms of Chromosomal Sex Determination)

অধিকাংশ উন্নততর জীবে লিঙ্গ দ্বিরূপতা নির্ধারণের জন্য ক্রোমোজোমঘটিত পদ্ধতিটি অনুসৃত হয়। এই পদ্ধতিকে প্রধানত পাঁচভাগে ভাগ করা যায়। এগুলি হল যথাক্রমে, XX—YY পদ্ধতি, ZZ—ZW পদ্ধতি, XX—XO পদ্ধতি, প্লয়ডিগত স্তর বিন্যাস পদ্ধতি এবং বহু ক্রোমোজোম পদ্ধতি।

14.3.1 XX—XY পদ্ধতি (XX—XY System)

মানুষের ক্ষেত্রে এই পদ্ধতিতে লিঙ্গ নির্ধারিত হয়। এছাড়া কিছু গুপ্তবীজী উদ্ভিদ যথা Lychnis dioica (পূর্বতন নাম Melandrium sp.) এই পদ্ধতি অনুসরণ করে থাকে।

মানুষের ক্ষেত্রে স্ত্রী ও পুংলিঙ্গ উভয় প্রকার সদস্যই কোষ প্রতি 46টি ক্রোমোজোম বহন করে, এদের মধ্যে 44টি অটোজোম এবং 2টি যৌন ক্রোমোজোম। মানবী দেহের যৌন ক্রোমোজোমদ্বয় একই প্রকার অর্থাৎ XX। অর্থাৎ মানবী হোমোগ্যামেটিক যৌনতাবিশিষ্ট প্রাণী। অপরপক্ষে মানব হেটেরোগ্যামেটিক যৌনতাবিশিষ্ট প্রাণী কেননা তার যৌন ক্রোমোজোমদ্বয় হল XY প্রকৃতির। যেহেতু Y ক্রোমোজোমের উপস্থিতি পুং-যৌনতা নির্ধারক এবং অনুপস্থিতি স্ত্রী যৌনতা নির্ধারক, সেহেতু Y ক্রোমোজোমকে XX—XY পদ্ধতিতে সর্বাপেক্ষা গুরুত্বপূর্ণ উপাদান বলে ধরা হয়ে থাকে। (চিত্র 14.3)।

চিত্র 14.3 ঃ মানুষের XX : YY লিঙ্গ নির্ধারণ তত্ত্ব

মানুষের যৌন ক্রোমোজোমসংক্রান্ত ত্রুটির বিভিন্ন উদাহরণ ব্যাখ্যা করে দেখা গেছে যে, X ক্রোমোজোমের সংখ্যা জাইগোটে যাই হোক না কেন একক Y ক্রোমোজোমের উপস্থিতি জাইগোটে পুংলিঙ্গারূপে প্রকাশিত হতে চায়। Y ক্রোমোজোমের জিনগুলি ভ্রূণের গোনাডকে অণ্ডকোষে (testis) পরিণত হতে সাহায্য করে। এই জিনগুলিই অণ্ডকোষ থেকে নিসৃত হরমোনের প্রভাবে পুংদেহ গঠনে লিঙ্গ নির্ধারক বৈশিষ্ট্যগুলি নিয়ে আসে। Y ক্রোমোজোমের জিনগুলি শুক্রাণু উৎপাদনের প্রক্রিয়া (spermatogenesis) নিয়ন্ত্রণ করে। Y ক্রোমোজোমের অভাবই স্ত্রী দেহগঠন সুনিশ্চিত করে।

চিত্র 14.3A ঃ পুরুষ ও নারী থেকে পুত্র ও কন্যায় যৌন ক্রোমোজোমগুলির সঞ্চারণ

14.3.2 ZZ—ZW পদ্ধতি (ZZ—ZW System)

এই পদ্ধতিতে পুংলিঙ্গ বিশিষ্ট সদস্যটি হোমোগ্যামেটিক এবং স্ত্রী লিঙ্গ হেটেরোগ্যামেটিক। এই সম্পূর্ণ বিপরীত প্রকৃতির পদ্ধতিটিকে যাতে আমরা XX—XY এর সঙ্গে গুলিয়ে না ফেলি সেই জন্য ZZ—ZW নামকরণ। এটির যৌনতা নির্ধারণের কৌশল একই রকম। স্ত্রী প্রাণী যেহেতু ভিন্ন ভিন্ন প্রকৃতির গ্যামেট উৎপাদন করে সেহেতু শুক্রাণুতে কোন বৈচিত্র্য না থাকলেও এক্ষেত্রে লিঙ্গের প্রকারভেদ পরিলক্ষিত হয়। (চিত্র 14.4)।

চিত্র 14.4 ঃ ZZ : ZW পদ্ধতিতে লিঙ্গ নির্ধারণ

এই পদ্ধতিতে লিঙ্গ নির্ধারিত হয় পাখিদের মধ্যে মুরগিতে, প্রজাপতিতে, মথে, কিছু মাছ, সরীসৃপ এবং উভচর প্রাণীদের মধ্যে। উদ্ভিদের মধ্যে এই পদ্ধতি দেখা যায় Frageria orientalis নামক গুপ্তবীজীতে।

14.3.3 XX—XO পদ্ধতি (XX—XO System) :

কোন কোন প্রজাতিতে পুং ও স্ত্রী দেহকোষ ভিন্ন ভিন্ন সংখ্যার ক্রোমোজোম বহন করে। স্ত্রী কোষে দুটি যৌন ক্রোমোজোম থাকে XX, কিন্তু পুং কোষে যৌন ক্রোমোজোম মাত্র একটি। এটি XO-রূপে চিহ্নিত। স্বাভাবিকভাবেই এই ধরণের প্রাণীতে স্ত্রী দেহে জোড় সংখ্যার এবং পুং দেহে বিজোড় সংখ্যার ক্রোমোজোম থাকে। লিঙ্গ নির্ধারিত হয় পুংগ্যামেটের ক্রোমোজোম সংখ্যা দ্বারা। জোড় সংখ্যা বিশিষ্ট পুংগ্যামেট দ্বারা নিষিক্ত ডিম্বাণু থেকে পুং-অপত্যর জাইগোট পাওয়া যায় এবং বিজোড় সংখ্যাবিশিষ্ট গ্যামেট দ্বারা নিষিক্ত ডিম্বাণু থেকে স্ত্রী-অপত্যর জাইগোট পাওয়া যায়। (চিত্র 14.5)

চিত্র 14.5 ঃ XX : XO পদ্ধতিতে লিঙ্গ নির্ধারণ

ঘাসফড়িং, ঝিঁ ঝিঁ পোকা, গুবরে পোকা ইত্যাদিতে এই জাতীয় লিঙ্গ নির্ধারণ পদ্ধতি দেখতে পাওয়া যায়।

14.3.4 প্লয়ডি-স্তর দ্বারা লিঙ্গ নির্ধারণ (Sex Determination by Ploidy Level)

হাইমেনপটেরা গোষ্ঠীভুক্ত বহু প্রাণীতে (যথা—মৌমাছি) লিঙ্গ নির্ধারিত হয় ক্রোমোজোম সংখ্যার

প্লয়ডি স্তর দ্বারা। এক্ষেত্রে স্ত্রী মৌমাছিরা হল ডিপ্লয়েড। মিওসিসের ফলে এরা হ্যাপ্লয়েড গ্যামেট উৎপাদন করে।

চিত্র 14.6 ঃ প্লয়ডি স্তর দ্বারা লিঙ্গ নির্ধারণ

পুং-মৌমাছিরা হল হ্যাপ্লয়েড। এদের গ্যামেট উৎপাদিত হয় মাইটোসিস পদ্ধতিতে। সুতরাং হ্যাপ্লয়েড শুক্রাণু দ্বারা নিষিক্ত হবার সম্ভাবনা থাকে সব কয়টি হ্যাপ্লয়েড ডিম্বাণুর, এই নিষেকের ফলে যে ডিপ্লয়েড জাইগোট পাওয়া যায় তা স্বাভাবিক ভাবেই স্ত্রী মৌমাছি হওয়ার কথা। কিছু ডিম্বাণু অবশ্য নিষিক্ত হয় না। এই অনিষিক্ত ডিম্বাণু পার্থেনোজেনেসিস পদ্ধতিতে পুং-মৌমাছিতে পরিণত হয়। সুতরাং এই পদ্ধতিতে কেবলমাত্র স্ত্রী সদস্যদের মধ্যেই দ্বি-জনিতৃ উত্তরাধিকার (biparental inheritence) দেখতে পাওয়া যায়।

14.4 ড্রসোফিলার যৌন-দ্বিরূপতা (Sex Determination in Drosophila)

Drosophila নামক মাছিতে XX-XY পদ্ধতিতে যৌনতা নির্ধারিত হয়ে থাকে। অনুমান করা যায় যে, Y ক্রোমোজোমের উপস্থিতিই এক্ষেত্রে পুংলিঙ্গ সৃষ্টির জন্য একমাত্র জরুরি উপাদান। কিন্তু

ক্যালভিন ব্রিজেস (Calvin Bridges) 1916 খ্রিস্টাব্দে পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণ করেন যে, এই মাছিতে স্ত্রীলিঙ্গ নির্ধারণকারী উপাদানগুলি আছে X ক্রোমোজোমে এবং পুংলিঙ্গ নির্ধারণকারী উপাদানগুলি আছে অটোজোমে। অর্থাৎ ***Drosophila*** মাছির পুং প্রাণী যদিও হেটেরোগ্যামেটিক, তথাপি Y ক্রোমোজোমের লিঙ্গ নির্ধারণে কোনো ভূমিকাই নেই।

চিত্র 14.7 : Drosophila melanogaster-এর লিঙ্গভেদ A. পুং মাছির দেহ ও পদ, B. স্ত্রী মাছির দেহ।

Drosophila melanogaster মাছির কোষে অটোজোমের সংখ্যা 6টি এবং পুং মাছিতে XY ও স্ত্রী মাছিতে XX ক্রোমোজোম জোড়া যৌন ক্রোমোজোমরূপে উপস্থিত (চিত্র 14.7)।

ব্রিজেস গবেষণাগারে X ক্রোমোজোম ও অটোজোম সেটের বিভিন্ন অনুপাত সৃষ্টি করে দেখেছিলেন স্বাভাবিক পুংপ্রাণীতে X ক্রোমোজোম : অটোজোম সেটের অনুপাত থাকে 0.5, অপরপক্ষে একটি স্বাভাবিক স্ত্রী-মাছিতে X ক্রোমোজোম : অটোজোম সেটের অনুপাত হল 1.0 ; এই 0.5 এবং 1.0-

এর মধ্যবর্তী যে কোনো অনুপাত অনির্ধারিত যৌনতা (intersex) নিরূপক। অপরপক্ষে 0.5-এর থেকে কম অনুপাতে পাওয়া যায় অতি-পুরুষ (Super male) প্রাণী।

সারণি 14.1 ঃ Drosophila melanogaster-এর লিঙ্গ নির্ধারণে 'X' ক্রোমোজোম ও অটোজোম সেটের অনুপাত (A = একটি অটোজোম সেট যা মোট তিনটি অটোজোম নিয়ে গঠিত)।

X ক্রোমোজোম ও অটোজোম সংখ্যা	X : A অনুপাত	যৌনতা
1X 2A	0.5	পুং
2X 2A	1.0	স্ত্রী
3X 2A	1.5	সুপার ফিমেল
4X 3A	1.33	সুপার ফিমেল
4X 4A	1.0	স্ত্রীলিঙ্গ
3X 3A	1.0	স্ত্রীলিঙ্গ
3X 4A	0.75	ইন্টারসেক্স
2X 3A	0.67	ইন্টারসেক্স
2X 4A	0.5	পুংলিঙ্গ
1X 3A	0.33	সুপার মেল

14.5 উদ্ভিদে লিঙ্গ নির্ধারক XX-XY তত্ত্ব (Sex Determination byXX : XY System in Plants)

পূর্বেই বলা হয়েছে Lychnis dioca (পূর্বনাম melandrium sp. Family : Caryophyllaceae). নামক উদ্ভিদে XX-XY পদ্ধতিতে লিঙ্গ নির্ধারণের ঘটনা দেখা যায়। সাধারণত উদ্ভিদটিতে 4 জোড়া অটোজোম এবং একজোড়া যৌন ক্রোমোজোম বর্তমান। পুং উদ্ভিদে এগুলি XY প্রকৃতির এবং স্ত্রী উদ্ভিদে এগুলি XX প্রকৃতির। ড্রসোফিলার মতো এদের ক্ষেত্রেও X ক্রোমোজোম এবং অটোজোম সেটের বিভিন্ন অনুপাত নিয়ে গবেষণা চালিয়ে দেখা গেছে যে, অনুপাত যাই হোক না কেন পুংলিঙ্গ নির্ধারণের ক্ষেত্রে Y ক্রোমোজোমের উপস্থিতি একান্তই আবশ্যক।

সারণি 14.2 ঃ *Lychnis dioica* উদ্ভিদে অটোজোম সেট ও যৌন ক্রোমোজোমের বিভিন্ন অনুপাত (A = একটি অটোজোম সেট বা মোট 4টি অটোজোম নিয়ে গঠিত)।

অটোজোম	যৌন ক্রোমোজোম	যৌনতা
2A	XX	স্ত্রীলিঙ্গ
2A	XY	পুংলিঙ্গ
2A	XXX	স্ত্রীলিঙ্গ
2A	XXY	পুংলিঙ্গ
3A	XX	স্ত্রীলিঙ্গ
3A	XY	পুংলিঙ্গ
4A	XXXX	স্ত্রীলিঙ্গ
4A	XXXY	পুংলিঙ্গ

অনুশীলনী 1

সংক্ষিপ্ত উত্তর দিন ঃ

1. বহু অ্যালিলভিত্তিক লিঙ্গ নির্ধারণের একটি উদাহরণ দিন।
2. XX-XY পদ্ধতিতে লিঙ্গ নির্ধারিত হয় এরূপ একটি উদ্ভিদের উদাহরণ দিন।
3. এমন একটি প্রাণী এবং একটি উদ্ভিদের উদাহরণ দিন যেখানে স্ত্রী লিঙ্গটি হেটেরোগ্যামেটিক।
4. এমন একটি লিঙ্গ নির্ধারণ পদ্ধতির উদাহরণ দিন যেখানে স্ত্রী দেহে জোড় সংখ্যা ও পুং দেহে বিজোড় সংখ্যার ক্রোমোজোম থাকে।
5. কোন প্রাণীতে কেবলমাত্র স্ত্রীলিঙ্গেই পিতৃ ও মাতৃ জনিতার বংশগতি দেখা যায়?
6. Y ক্রোমোজোম থাকা সত্ত্বেও পুংলিঙ্গ নির্ধারণে তার কোন ভূমিকা নেই—এমন একটি উদাহরণ দিন।
7. অতিপুরুষ ও অতিস্ত্রীলিঙ্গ ড্রসোফিলার X : A অনুপাত কী রকম।
8. অনির্ধারিত যৌনতার (intersex) ড্রসোফিলায় X : A অনুপাত কী?

14.6 যৌন ক্রোমোজোম বাহিত বংশগতি (Sex Linked Inheritence)

যৌন ক্রোমোজোমে অবস্থিত জিনগুলির বংশগতির ধরণটি অটোজোমবাহিত জিনগুলির বংশগতি অপেক্ষা ভিন্নতর। টি. এইচ. মরগ্যান (1910) ড্রসোফিলা মাছির চোখের বর্ণ সংক্রান্ত বংশগতি অনুধাবন করে জানান যে, যৌন ক্রোমোজোমে অবস্থিত জিনগুলিকে বলা উচিত যৌনতা আধারিত বা Sex

linked জিন। এই জিনগুলির মধ্যে কিছু X ক্রোমোজোমের অংশীভূত, তেমনই Y ক্রোমোজোমের অংশীভূত কিছু জিনও দেখা যায়। স্ত্রী ও পুরুষ ভিন্ন ধরনের লিঙ্গ নির্ধারণকারী ক্রোমোজোম সম্পন্ন হলে যৌন ক্রোমোজোমে অবস্থিত জিনগুলির বংশগতি জনিতৃ বা parent-এর ওপর নির্ভর করবে। যে সমস্ত বৈশিষ্ট্যর জন্য জিন অটোজোমে বিদ্যমান, তাদের ক্ষেত্রে বিপ্রতীপ জনন (reciprocal cross) একই ফলাফল সূচিত করবে। আমরা জানি মটর গাছে উচ্চতা নির্ধারণকারী জিন অটোজোমে অবস্থিত সুতরাং একটি বিশুদ্ধ লম্বা (TT) ও বেঁটে (tt) গাছের সংকরায়ণে সৃষ্ট প্রথম অপত্য জনুর সকল

লাল চোখযুক্ত স্ত্রী ড্রসোফিলার সহিত সাদা চোখযুক্ত পুরুষ ড্রসোফিলার ক্রস করিলে F_2 জনুতে অর্ধেক পুরুষ ড্রসোফিলা সাদা চোখযুক্ত হয়।

সাদা চোখযুক্ত স্ত্রী ড্রসোফিলার সাথে লাল চোখযুক্ত পুরুষ ড্রসোফিলার ক্রস করিলে F_2 জনুতে অর্ধেক স্ত্রী ও অর্ধেক পুরুষ ড্রসোফিলা সাদা চোখযুক্ত হয়।

চিত্র ঃ 14.7a

উদ্ভিদগুলিই হবে লম্বা (Tt)। এক্ষেত্রে বিশুদ্ধ লম্বা গাছকে আমরা স্ত্রী বা পুরুষ যে কোনো একটি জনিতৃ হিসাবে ব্যবহার করলে ফলাফল হবে একই। কিন্তু যৌন ক্রোমোজোমে অবস্থিত বৈশিষ্ট্য নির্ধারণকারী জিনগুলি বিপ্রতীপ জননে আলাদা ফলাফল সূচিত করবে। একটি উদাহরণের সাহায্যে এটা বুঝাতে সুবিধা হবে। Drosophila মাছির চোখের রং নির্ধারণের জন্য দায়ী জিনগুলি রয়েছে X-

Chromosome-এ। W^+ জিন লাল ও w জিন সাদা রঙের জন্য দায়ী। একটি হোমোজাইগাস সাদা চোখ যুক্ত (ww) স্ত্রী মাছির সঙ্গে লাল রঙের (WW) চোখ যুক্ত পুরুষ মাছির সংকরায়ণের ফলে উদ্ভূত অপত্য জনুর স্ত্রী মাছিগুলি হবে লাল রঙের চোখ যুক্ত ও পুরুষ মাছিগুলি হবে সাদা রঙের চোখযুক্ত। কিন্তু বিপ্রতীপ জননে অর্থাৎ হোমোজাইগাস লাল চোখ যুক্ত (W^+W^+) স্ত্রী মাছির সঙ্গে সাদা রঙের (ww) চোখযুক্ত পুরুষ মাছির সংকরায়ণে প্রাপ্ত পুরুষ ও স্ত্রী সকল মাছিই হবে লাল চোখ যুক্ত। চোখের রং নির্ধারণকারী জিন অটোজোমে অবস্থিত হলে বিপ্রতীপ জননে এ ধরনের ভিন্ন ফলাফল কখনই হত না। পুরুষ তার একমাত্র X ক্রোমোজোমটি কেবলমাত্র স্ত্রী জনুতে সঞ্চারিত করে কিন্তু স্ত্রী তার দুটি X-ক্রোমোজোমের একটি স্ত্রী ও অন্যটি পুরুষ অপত্য জনুতে সঞ্চারিত বা transmit করে—এর জন্যই X-ক্রোমোজোমে অন্বিত জিনগুলি বিপ্রতীপ জননে ভিন্ন ফলাফল দেয়।

14.6.1 মানুষের 'X' ক্রোমোজোম বাহিত বংশগতি (X-linked Traits in Humans) ঃ

মানুষের X ক্রোমোজোম বাহিত জিনগুলির মধ্যে যেগুলি প্রকট সেগুলি উপস্থিত থাকলেই পুং বা স্ত্রী উভয় লিঙ্গের মধ্যেই সমানভাবে প্রকাশিত হয়। হোমোজাইগাস স্ত্রী বা হেমিজাইগাস পুং, উভয়ক্ষেত্রেই একমাত্র X-ক্রোমোজোমে কোন প্রকট জিনের উপস্থিতি অবশ্যম্ভাবীভাবে প্রকাশিত হবে। অপরপক্ষে X-ক্রোমোজোমবাহিত প্রচ্ছন্ন জিনগুলি হেমিজাইগাস (XY) পুংদেহে প্রকাশিত হলেও স্ত্রীদেহে প্রকাশ নির্ভর করে ওই বিশেষ অ্যালীলের হোমোজাইগাস দশার উপর। সুতরাং X-ক্রোমোজোম বাহিত প্রচ্ছন্ন জিনগুলির প্রকাশের হার পুরুষ অপেক্ষা নারীতে সর্বদাই কম।

● **উদাহরণ 1 মানুষের লাল-সবুজ বর্ণান্ধতা** (Red Green Colour Blindness in Man) ঃ মানুষের মধ্যে কিছু উদাহরণ এমন আছে যাদের রং অনুধাবন তথা চিনবার ক্ষেত্রে স্বাভাবিক মানুষের তুলনায় ব্যতিক্রম দেখতে পাওয়া যায়। এর মধ্যে সবচেয়ে বেশি দেখা যায় লাল ও সবুজ রঙকে আলাদা করে চিনে নেবার অক্ষমতা। রং চেনবার ক্ষমতা চোখের রেটিনায় অবস্থিত কোণ (cone) আকৃতি কোষের বৈশিষ্ট্য। রেটিনায় তিনরকম কোণ-কোষ দেখা যায়। এদের মধ্যে প্রতিটি স্বতন্ত্র তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলোতে সংবেদনশীল। এরা যথাক্রমে লাল বর্ণ-সংবেদী, সবুজ বর্ণ-সংবেদী এবং নীল বর্ণ-সংবেদী কোণ-কোষ নামে পরিচিত। বর্ণ-সংবেদনা কোষগুলিতে অবস্থিত বিশেষ প্রোটিনের উপর নির্ভরশীল। 1986 খ্রিস্টাব্দে তিনরকম আলোক সংবেদী প্রোটিনেরই অ্যামাইনো-অ্যাসিড বিন্যাস সম্পূর্ণভাবে জানা গিয়েছে। এদের মধ্যে পার্থক্য অতি সামান্য। এদের মধ্যে লাল ও সবুজ রঙে সংবেদনা সৃষ্টিকারী প্রোটিনদুটি যে জিনগুলি দ্বারা সৃষ্ট, তাদের অবস্থান X ক্রোমোজোমে। অপরপক্ষে নীল বর্ণ-সংবেদী প্রোটিনের জন্য দায়ী জিনটির অবস্থান ক্রোমোজোম-7'এ। এবার নীচের (চিত্র 14.8) চিত্রে প্রদর্শিত মিলনের ফলাফলটি দেখুন। লক্ষ্যণীয় এই যে, বর্ণান্ধতা হল X ক্রোমোজোমবাহী একটি প্রচ্ছন্ন জিন 'g'=এর বহিঃপ্রকাশের ফল। অপরপক্ষে প্রকট অ্যালিল 'G' সুস্থ এবং স্বাভাবিক বর্ণ সংবেদনার পরিচায়ক।

চিত্র 14.8 ঃ বর্ণান্ধতা জিনের বংশগতি

এক্ষেত্রে 'g' প্রচ্ছন্ন হোমোজাইসাসরূপে স্ত্রীতে প্রকাশিত। পুংদেহের X ক্রোমোজোমটি একটি প্রচ্ছন্ন 'g' বহন করছে বটে, কিন্তু যেহেতু Y ক্রোমোজোম অ্যালিলবিহীন সেহেতু পুরুষদেহেও এটি প্রকাশিত এবং পুরুষটি বর্ণান্ধ হতে বাধ্য।

● **স্বাভাবিক স্ত্রী ও বর্ণান্ধ পুরুষের মিলনের ফলাফল ঃ** স্বাভাবিক স্ত্রীলোক হোমোজাইগাস (GG) অথবা হেটেরোজাইগাস (Gg) উভয় প্রকৃতির হতে পারে। হেটেরোজাইগাস (Gg) মাতা বর্ণান্ধতার বাহক তো বটেই। উভয় ক্ষেত্রেই বর্ণান্ধ পুরুষের সঙ্গে মিলনের ফলাফল চিত্র 14.9-এ প্রদর্শিত হল।

স্বাভাবিক (বাহক) কন্যা (A) স্বাভাবিক পুত্র

চিত্র 14.9A ঃ বর্ণান্ধ পুরুষের বংশগতি

চিত্র 14.9B ঃ বাহক মাতার বংশগতি ঃ বাহক মাতা ও বর্ণান্ধ পিতা

উপরের চিত্রে 14.9A অংশে প্রদর্শিত হোমোজাইগাস (GG) মাতা ও বর্ণান্ধ পিতার সন্তানাদি স্বাভাবিক হলেও হেটোরোজাইগাস কন্যা (Gg) বর্ণান্ধতা জিনটির বাহক। 14.9B চিত্রের B অংশে এই বাহক কন্যার বংশগতি প্রদর্শিত হয়েছে। এই বাহক অথচ স্বাভাবিক বর্ণ সংবেদনাসম্পন্ন মাতা (Gg) ও বর্ণান্ধ পুরুষের মিলনে পুত্রদের মধ্যে 50% বর্ণান্ধ হবার সম্ভাবনা। কন্যা সন্তানদের মধ্যে 50% কন্যা সন্তান অবশ্যই বর্ণান্ধতা জিনের বাহক হবার সম্ভাবনা এবং 50% বাকি সম্পূর্ণ বর্ণান্ধ হবার সম্ভাবনা।

চিত্র 14.10 ঃ বর্ণান্ধতার বংশগতি ঃ বাহক মাতা ও স্বাভাবিক পিতা

• বাহক মাতা ও স্বাভাবিক পুরুষের মিলনের ফলাফল ঃ বাহক মাতা, পূর্বেই বলা হয়েছে, স্বাভাবিক দৃষ্টিসম্পন্ন, কিন্তু হেটেরোজাইগাস (Gg)। স্বাভাবিক দৃষ্টিশক্তি সম্পন্ন পুরুষের সঙ্গে মিলনের ফলে এই ক্ষেত্রে যে ফলাফল পাওয়া যেতে পারে তা পূর্বের চিত্র 14.10-এ প্রদর্শিত হল ঃ

এক্ষেত্রে পুত্রদের মধ্যে 50% বর্ণান্ধ হওয়ার সম্ভাবনা। কন্যা সন্তানরা স্বাভাবিক বর্ণ সংবেদনা সম্পন্ন হলেও তাদের মধ্যে 50% বাহক হওয়ার সম্ভাবনা।

• **উদাহরণ 2 ঃ হিমোফিলিয়া (Haemophilia) ঃ** X ক্রোমোজোম বাহিত বংশগতির দ্বিতীয় উদাহরণ হল **হিমোফিলিয়া**। এটি একটি জন্মগত রোগ যার অন্যতম প্রধান উপসর্গ হল রক্ত তঞ্চিত না হওয়া। রক্ত তঞ্চনের জৈব রাসায়নিক পদ্ধতিটি একাধিক ধাপে সম্পন্ন হয়। ধাপগুলি নিম্নরূপ ঃ

এই পদ্ধতির চতুর্থ ধাপে যে কো-ফ্যাক্টর লাগে তাকে বলে factor VIII হিমোফিলিয়া A রোগীর ক্ষেত্রে এই factor VIII তৈরি না হবার দরুন রক্ততঞ্চনের জৈব-রাসায়নিক পথটি অসম্পূর্ণ থেকে যায়। ফলে রক্ত তঞ্চিত হয় না। অপরপক্ষে হিমোফিলিয়া B রোগীর ক্ষেত্রে factor IXটি অনুপস্থিত। এই দুইপ্রকার হিমোফিলিয়াই X ক্রোমোজোম বাহিত জিন দ্বারা নিয়ন্ত্রিত।

• **বাহক স্ত্রী ও স্বাভাবিক পুরুষের মিলনের ফলাফল ঃ** হিমোফিলিয়া রোগের জন্য দায়ী জিনটি

হল প্রচ্ছন্ন জিন (h) এবং এটি 'X' ক্রোমোজোমে অবস্থানকারী। কেবলমাত্র হোমোজাইগাস দশায় (hh) স্ত্রীলোকের মধ্যে এবং এককভাবে পুরুষে (h) জিনটির প্রকাশ ঘটা সম্ভব। স্ত্রীলোকের মধ্যে হেটেরোজাইগাস দশায় (Hh) যদিও হিমোফিলিয়া প্রকাশিত হতে পারে না, কিন্তু এইরকম জিনবিন্যাস বহনকারী স্ত্রীলোক বাহকরূপে চিহ্নিত হতে পারে। এই বাহক মাতার ও স্বাভাবিক পিতার সন্তানাদির হিমোফিলিয়া আক্রান্ত হবার সম্ভাবনা কতখানি? চিত্র 14.11 দেখুন।

চিত্র 14.11 ঃ X ক্রোমোজোম বাহিত হিমোফিলিয়া জিনের বংশগতি

এক্ষেত্রে দেখা যাচ্ছে যে সন্তানদের মধ্যে 50% স্বাভাবিক হওয়ার সম্ভাবনা। কন্যা সন্তান জন্মালে সেটির বাহক হওয়ার সম্ভাবনা 25%। আর পুত্র সন্তান জন্মালে সেটির সম্পূর্ণভাবে হিমোফিলিয়া আক্রান্ত হওয়ার সম্ভাবনা 25%।

● **স্বাভাবিক মাতা ও হিমোফিলিয়াক পিতার সন্তানাদি ঃ** একজন স্বাভাবিক মাতা প্রকট H জিনের পরিপ্রেক্ষিতে হোমোজাইগাস (HH), অপরপক্ষে একজন হিমোফিলিয়াক পিতার কোষে উপস্থিত একমাত্র 'X' ক্রোমোজোমটি প্রচ্ছন্ন h জিন বহন করছে। এদের সন্তানাদির হিমোফিলিয়া আক্রান্ত হবার সম্ভাবনা নীচের চিত্র 14.12-তে প্রদর্শিত হয়েছে ঃ

চিত্র 14.12 ঃ হিমোফিলিয়া জিনের পিতা থেকে বংশানুসরণের প্রকৃতি

হিমোফিলিয়াক পিতার ও স্বাভাবিক মাত্রা সন্তানাদি কেউই, দেখা যাচ্ছে, সম্পূর্ণভাবে হিমোফিলিয়াক হয় না। এদের কন্যা সন্তানটি অবশ্যম্ভাবীভাবে বাহক হবে এবং পুত্র সন্তানটি অবশ্যই স্বাভাবিক হবে কেননা এর একমাত্র X ক্রোমোজোমটি মাতা কর্তৃক বংশান্তরিত।

অনুশীলনী 2

সংক্ষিপ্ত উত্তর দিন ঃ

1. পুংদেহের কোষকে হেমিজাইগাস বলা হয় কেন?
2. X ক্রোমোজোম আধারিত প্রচ্ছন্ন বৈশিষ্ট্যগুলি কোন লিঙ্গে প্রকাশিত হয় ও কেন?
3. X ক্রোমোজোমের দ্বারা বাহিত 'g' জিন বর্ণান্ধতার জন্য দায়ী। একজন বর্ণান্ধ পুরুষ ও বর্ণান্ধ স্ত্রীর জিনোটাইপ বলুন।
4. বর্ণান্ধতার বাহক মাতা কাকে বলে?
5. বর্ণান্ধতার বাহক মাতার ও স্বাভাবিক পিতার কোন একটি সন্তান বর্ণান্ধ হতে পারে। সেটি কোন লিঙ্গের সন্তান?
6. বর্ণান্ধ পিতার ও স্বাভাবিক মাতার মিলনে সমস্ত সন্তানই বর্ণান্ধ হবে—ঠিক না ভুল? ব্যাখ্যা করুন।
7. হিমোফিলিয়া রোগের জন্য দায়ী জিনটি প্রকট না প্রচ্ছন্ন?
8. এই রোগের বাহক মাতা ও হিমোফিলিয়াক পিতার সন্তানাদি কীরকম হতে পারে? ছকের সাহায্যে দেখান।

14.6.2 মানুষের Y ক্রোমোজোমবাহিত বংশগতি (Y-linked Traits in Human) ঃ

Y ক্রোমোজোম বাহিত যে কোন জিনকে বলে হলাণ্ড্রিক (Holandric) কেননা সেটি কখনই স্ত্রীদেহে প্রকাশিত হয় না। এই বংশগতি কেবলমাত্র পিতা থেকে পুত্রে সঞ্চারিত। এই প্রকার বংশগতির উদাহরণ খুব বেশি নয়। এইরকম একটি জিন হল TDF (Testis Determining Factor) জিন, যা পুরুষের পুরুষত্ব নির্ধারণে মুখ্য ভূমিকা নিয়ে থাকে।

Y ক্রোমোজোম বাহিত বংশগতির সবচেয়ে সুপরিচিত উদাহরণটি হল বহিকর্ণের রোম। এই অবস্থাটিকে বলা হয় হাইপারট্রাইকোসিস (hypertrichosis) অস্ট্রেলিয়া, শ্রীলঙ্কা, ইসরায়েল এবং ভারতের অধিবাসীদের মধ্যে এই লক্ষণটি প্রচুর চোখে পড়ে। এই জিনবাহী পিতার পুত্র সন্তান অবশ্যই সমলক্ষণ সম্পন্ন হবে (চিত্র 14.16)।

চিত্র 14.13 ঃ হাইপারট্রাইকোসিস জিনের বংশানুসরণ

14.7 আংশিকভাবে প্রকাশিত লিঙ্গ বৈশিষ্ট্য (Sex Limited Traits)

যে সমস্ত বৈশিষ্ট্যগুলির জন্য দায়ী জিন পুং ও স্ত্রী উভয় প্রাণীতেই উপস্থিত থাকে কিন্তু কেবলমাত্র একটি লিঙ্গে প্রকাশিত হয়, তাকে বলে আংশিকভাবে প্রকাশিত যৌন বৈশিষ্ট্য বা Sex Limited traits। এই বৈশিষ্ট্যগুলি অটোজোম বাহিত।

গৃহপালিত মুরগির ক্ষেত্রে এর উদাহরণ পাওয়া যায়। লেগহর্ন (Leghorn) প্রকরণের মুরগির ক্ষেত্রে পুংলিঙ্গ প্রাণীর পালকের দৈর্ঘ্য ও ঔজ্জ্বল্য দুইই স্ত্রী প্রাণী অপেক্ষা বেশি। অপরপক্ষে সেব্রাইট

(Sebright) প্রকরণের পুং ও স্ত্রী উভয় প্রাণীরই পুচ্ছ পাখনা ছোট। দেখা যায় যে লেগহর্ন মু পুচ্ছ পাখনার জন্য দায়ী জিনবিন্যাস দ্বিপ্রচ্ছন্ন, হোমোজাইগাস (hh)। আর সেব্রাইট মুরগির ক্ষেত্রে এই জিনোটাইপ হল HH। অপর দুইটি প্রকরণ হামবুর্গ এবং উইয়ানডোটে (Hamburg and Wyandotte)-এর ক্ষেত্রে মোরগটির ক্ষেত্রে দুই রকম পুচ্ছ পাখনাই দেখা যায় এবং এদের জিনোটাইপ হল হেটোরোজাইগাস (Hh)।

সারণি 14.2 ঃ গৃহপালিত মুরগির পুচ্ছ পাখনার গঠন ঃ

জিনোটাইপ	প্রকৃতির নাম	পুং	স্ত্রী
HH	সেব্রাইট	ছোট	ছোট
Hh	হামবুর্গ	ছোট অথবা বড়	ছোট
hh	লেগহর্ন	বড়	ছোট

অর্থাৎ দেখা যাচ্ছে জিনোটাইপ যাই হোক না কেন, বড় পুচ্ছ পাখনা, কেবলমাত্র পুং প্রাণীতেই প্রকাশিত, স্ত্রী প্রাণীতে নয়।

চিত্র 14.14 ঃ গৃহপালিত মোরগের (a) হ্রস্ব পুচ্ছ পাখনা, (b) দীর্ঘ পুচ্ছ পাখনা।

14.8 লিঙ্গ-নিয়ন্ত্রিত বৈশিষ্ট্য (Sex-Controled Traits)

এই জাতীয় বৈশিষ্ট্যগুলি উভয় লিঙ্গেই প্রকাশিত হয়, কিন্তু কোন একটি লিঙ্গে প্রকাশের হার অপর লিঙ্গ অপেক্ষা অধিক। অর্থাৎ একটি লিঙ্গে যদি বৈশিষ্ট্যটি প্রকট, তাহলে অপর লিঙ্গে প্রচ্ছন্ন। এই বৈশিষ্ট্যগুলি কেবলমাত্র অটোজোমের দ্বারা বাহিত।

প্রাণীদের মধ্যে ভেড়ার শিং-এর সহজবোধ্য উদাহরণ। পুং-ভেড়ার শিং থাকার জন্য দায়ী জিনটি অটোজোমবাহিত এবং প্রকট। একই জিন স্ত্রী-ভেড়ায় প্রচ্ছন্ন, ফলে তাদের বড় শিং দেখা যায় না।

মানুষের মধ্যে টাক পড়ার উদাহরণ সহজেই অনুধাবন যোগ্য। পুরুষমানুষের মাথার মধ্যখানে টাক পড়ার জন্য দায়ী জিন হল B। এই প্রকট জিনটির হোমোজাইগাস (B_1B_1) দশা পুরুষমানুষের যৌবনেই টাক পড়ার জন্য দায়ী। এই বিশেষ টাক পড়ার একটা ধরন আছে। মাথার মাঝখানে কেশবিরলতা এবং তার চারপাশে কেশের উপস্থিতি জনিত এই অবস্থাকে বলে **প্যাটার্ন বল্ডনেস** (Pattern Baldness)। B_1 জিনের স্বাভাবিক চুলের জন্য দায়ী অ্যালিল হল B_2।

চিত্র 14.15 ঃ প্যাটার্ন কেশবিরলতা

যখন পুরুষ মানুষের জিনোটাইপ হয় B_1B_2 তখন টাক পড়ার ঘটনা দেখা যায়। অর্থাৎ B_1 হয় প্রকট। অথচ স্ত্রীলোকের ক্ষেত্রে B_2 প্রকট এবং B_1 প্রচ্ছন্ন। তাই B_1B_2 হেটেরোজাইগাস দশায় স্ত্রীলোকের চুল পাতলা হয় মাত্র কিছু টাক পড়ে না।

14.9 জিনের মাত্রা-সমন্বয় (Dosage Compensation)

XX—XY তন্ত্র দ্বারা যৌনতা নির্ধারণের বিষয়টি মনে করার চেষ্টা করুন। দেখবেন যে X ক্রোমোজোমে উপস্থিত জিনগুলি স্ত্রীলোকে দ্বিগুণ মাত্রায় উপস্থিত। কিন্তু তাহলে হোমোজাইগাস (XX) অথবা হেমিজাইগাস (XY) প্রাণীতে সম্পূর্ণ ভিন্ন ভিন্ন পরিমাণে X ক্রোমোজোম-আশ্রিত জিনগুলির উৎপাদন পাওয়া উচিত। কার্যত এটা হয় না। যে পদ্ধতিতে কোষগুলির মধ্যে জিন-মাত্রার সমন্বয় সাধিত হয়, তাকে বলে **ডোসেজ কমপেনসেশন** বা **মাত্রা-সমন্বয়**।

14.9.1 মানুষের জিনমাত্রা-সমন্বয়

মানুষ ও অন্যান্য স্তন্যপায়ী প্রাণীতে এই সমন্বয় সাধিত হয় একটি ছাড়া অন্য সমস্ত X ক্রোমোজোমকে অকেজো রেখে। স্ত্রী কোষের নিউক্লিয়াসে এই অকেজো দ্বিতীয় X ক্রোমোজোমটি হেটেরোক্রোমাটিন রূপে অত্যন্ত প্যাঁচানো অবস্থায় থাকে। এই অংশটিকে আবিষ্কর্তা M.L. Barr এর নাম অনুসারে নাম দেওয়া হয়েছে বার বডি (Barr body)। স্বাভাবিক দেহগঠনের জন্য একটিমাত্র

বার বডি	46XY	47, XXX	46, XX	48, XXXX
A	45, XO	48, XXXY	47, XXY	49, XXXXY

চিত্র 14.16 ঃ (A) বার বডিকে মাইক্রোস্কোপের তলায় যেমন দেখায়।
(B—E) ঃ ক্রোমোজোম সংখ্যা ও বার বডির সম্পর্ক

কার্যক্ষম X ক্রোমোজোম থাকা দরকার। অন্য অতিরিক্ত X ক্রোমোজোম তার সংখ্যা দুই বা তার বেশি যাই হোক না কেন, বার বডি রূপে নিউক্লিয়াসে প্রতীয়মান হয়ে থাকে।

কিন্তু যখনই X ক্রোমোজোমের সংখ্যাগত একটি অস্বাভাবিকতার দরুণ কোষের স্বাভাবিক 46টি ক্রোমোজোমের বদলে বিজোড়সংখ্যার ক্রোমোজোম দেখা যায়, তখন জন্মগত অস্বাভাবিকতা পরিলক্ষিত হয়। এই বিজোড় ক্রোমোজোম সংখ্যাকে বলে অ্যানউপ্লয়ডি। নীচের সারণিতে মোট ক্রোমোজোম সংখ্যা এবং তজ্জনিত বার বডির সংখ্যা উল্লেখিত হল।

সারণি

মোট ক্রোমোজোম সংখ্যা	লিঙ্গ	যৌন ক্রোমোজোম সংখ্যা ও ধরন	বার বডির সংখ্যা	অস্বাভাবিকতা
45	স্ত্রী	XO	0	টার্নার সিনড্রোম
46	স্ত্রী	XX	1	স্বাভাবিক
46	পুং	XY	0	স্বাভাবিক
47	পুং	XXY	1	ক্লাইনফেল্টার সিনড্রোম
47	পুং	XXX	2	সুপার ফিমেল
48	স্ত্রী	XXXX	3	ওই
49	পুং	XXXXY	3	অস্বাভাবিক পুরুষ

এই বার বডিগুলি যে বস্তুত অতিরিক্ত ক্রোমোজোমগুলিকে অকেজো করে জিনমাত্রার সমন্বয় সাধনের প্রমাণ, তা প্রথমবার আমাদের জানান Mary F. Lyon (1991) এবং তা লিয়ন প্রকল্প (Lyon Hypothesis) নামে পরিচিত।

14.9.2 মাত্রা-সমন্বয় একটি উভমুখী প্রক্রিয়া

দেহকোষে, যেহেতু একটিমাত্র X ক্রোমোজোম কার্যক্ষম সেহেতু সমস্যা এটাই যে, গ্যামেট তৈরির সময় অকার্যকুরী X ক্রোমোজোমটি কী করে বংশগতির বাহক হবে? অথচ আমরা দেখেছি যে স্বাভাবিক স্ত্রীলোকের গ্যামেটগুলির মধ্যে 100% স্বাভাবিক X ক্রোমোজোম বহন করে। সুতরাং গ্যামেট তৈরির সময় অকেজো হেটোরোক্রোমাটিনরূপী বার বডিটি পুনরায় কার্যক্ষম হয়ে ওঠে। উজেনেসিসের (oogenesis) এর সময় ডিম্বাশয়ের গঠন ও জনন কোষের বিকাশের জন্য দুটি সমক্ষ X ক্রোমোজোম অবশ্যই দরকার। X ক্রোমোজোম-এর এই পুনর্বার কার্যক্ষম হবার পদ্ধতি কখনও কখনও ত্রুটিপূর্ণ হবার দরুন সন্তান মানসিক প্রতিবন্ধকতা নিয়ে জন্মায়।

অনুশীলনী 3

1. সংক্ষিপ্ত উত্তর দিন ঃ

(a) একটি মাত্র লিঙ্গে প্রকাশিত অটোজোমবাহিত বৈশিষ্ট্যকে কী বলে?

(b) বার বডি কাকে বলে?

(c) 47টি ক্রোমোজোম বিশিষ্ট স্ত্রীলোকের কোষের X ক্রোমোজোম কয়টি?

(d) এইরূপ কোষে বার বডির সংখ্যা কত?

(e) মাত্রা-সমন্বয়কে উভমুখী প্রক্রিয়া বলা হয় কেন?

14.10 সারাংশ (Summary)

লিঙ্গ নির্ধারণের পদ্ধতি হয় জিনগত অথবা ক্রোমোজোমগত। ক্রোমোজোমগত লিঙ্গ নির্ধারণের পদ্ধতি XX—YY তন্ত্র মেনে হয়ে থাকে মানুষের ক্ষেত্রে এবং উদ্ভিদের মধ্যে Lychnis dioica তে। ফড়িং জাতীয় প্রাণীতে XX—YY পদ্ধতিতে লিঙ্গ নির্ধারিত হয়। এছাড়া প্রয়ডি স্তর দ্বারা লিঙ্গ নির্ধারিত হয় মৌমাছি জাতীয় প্রাণীতে। ড্রসোফিলার লিঙ্গ নির্ধারিত হয় Y ক্রোমোজোমের উপস্থিতি দ্বারা।

Y ক্রোমোজোম মাত্রেই পুংলিঙ্গ মাছি সৃষ্টির জন্য দায়ী। Lychnis নামক উদ্ভিদেও এইভাবে পুরুষত্ব নির্ধারিত হয়। যৌন ক্রোমোজোমবাহিত বংশগতি প্রায় সম্পূর্ণভাবেই X ক্রোমোজোমবাহিত। মানুষের লাল-সবুজ বর্ণান্ধতা, হিমোফিলিয়া রোগ, X ক্রোমোজোমবাহিত বংশগতির উদাহরণ। অপরপক্ষে বহিঃকর্ণে রোম Y ক্রোমোজোম বাহিত যৌনতার উদাহরণ। কিছু বৈশিষ্ট্য অটোজোমবাহিত হলেও কেবলমাত্র পুরুষে প্রকাশিত হয়, যেমন, মোরগের পুচ্ছ পাখনা। তেমনভাবে কিছু বৈশিষ্ট্য দুটি লিঙ্গে ভিন্ন ভিন্নভাবে প্রকটতা ও প্রচ্ছন্নতা দেখিয়ে থাকে। XX—YY তন্ত্রের দ্বারা নির্ধারিত লিঙ্গের ক্ষেত্রে, একের অতিরিক্ত অন্য X ক্রোমোজোমকে অকেজো রেখে, দেহ জিনমাত্রার সমন্বয় সাধন করে। অতিরিক্ত X ক্রোমোজোম বার বডিরূপে কোষের নিউক্লিয়াসে দেখা যায়। তবে, এটি উভমুখী প্রক্রিয়া।

14.11 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি (Terminal Questions)

1. জিনগত লিঙ্গ নির্ধারণের দুইটি উদাহরণ দিন এবং পদ্ধতিটি ব্যাখ্যা করুন।
2. ক্রোমোজোমগত লিঙ্গ নির্ধারণ পদ্ধতি কয়প্রকার ও কী কী? উদাহরণসহ প্রতিটি লিঙ্গ নির্ধারণ পদ্ধতির ব্যাখ্যা করুন।
3. "XX—XY পদ্ধতিতে লিঙ্গ নির্ধারণে Y ক্রোমোজোমের কোন ভূমিকা নেই"। একটি প্রাণীর ক্ষেত্রে উদাহরণসহ উপরের উক্তিটির সত্যতা নিরূপণ করুন।
4. একটি উদ্ভিদে লিঙ্গ নির্ধারণ পদ্ধতি X : A অনুপাতের ভিত্তিতে ব্যাখ্যা করুন।
5. মানুষের বর্ণান্ধতা X ক্রোমোজোমবাহিত 'g' প্রচ্ছন্ন জিনটির উপর নির্ভরশীল। নিম্নলিখিত ক্রসগুলির ফলাফলস্বরূপ অপত্যর বর্ণান্ধ হবার সম্ভাবনা কতখানি তা দেখান ঃ
   (a) একজন বর্ণান্ধ মহিলা x একজন স্বাভাবিক পুরুষ
   (b) একজন বাহক মহিলা x একজন স্বাভাবিক পুরুষ
   (c) একজন স্বাভাবিক মহিলা x একজন বর্ণান্ধ পুরুষ।
6. হিমোফিলিয়া মানুষের একটি X ক্রোমোজোমবাহিত প্রচ্ছন্ন জিন 'h'-এর কারণে হয়ে থাকে। (ক) একজন হিমোফিলিয়াক মাতা ও স্বাভাবিক পিতা এবং (খ) একজন বাহক মাতা ও হিমোফিলিয়াক পিতার সন্তানাদিরএই রোগগ্রস্ত হবার সম্ভাবনা কতখানি?

7. X ক্রোমোজোমে অন্বিত জিনগুলি বিপ্রতীপ জননে (reciprocal cross) ভিন্ন ভিন্ন ফলাফল দেয়—একটি উদাহরণের সাহায্যে আলোচনা করুন।

8. আংশিকভাবে প্রকাশিত লিঙ্গ বৈশিষ্ট্য এবং লিঙ্গ নিয়ন্ত্রিত বৈশিষ্ট্যের মধ্যে পার্থক্য উভয়ক্ষেত্রে উদাহরণসহ নিরূপণ করুন।

9. জিনের মাত্রা-সমন্বয় বলতে কী বোঝায়? মানুষের কোষে জিন মাত্রা-সমন্বয়ের বিষয়টি উদাহরণসহ ব্যাখ্যা করুন। এই পদ্ধতিকে উভমুখী বলার কারণ কী?

14.12 উত্তরমালা

অনুশীলনী—1

(a) *Habrobracon sp.*

(b) *Lychnis dioica (= Melandrium sp.)*

(c) মুরগি, *Frageria orientalis*

(d) ঘাসফড়িং এর XX : XO পদ্ধতি

(e) মৌমাছি

(f) *Drosophila melanogaster*

(g) যথাক্রমে 0.33 ও 1.5

(h) 0.5 থেকে বেশি কিন্তু 1.0 থেকে কম।

অনুশীলনী—2

(a) XY ক্রোমোজোমদ্বয় এককভাবে কোষে থাকে, কিন্তু পরস্পরের মধ্যে মায়োসিসের সময় জোড় বাঁধে।

(b) পুংলিঙ্গো, কেন না, সেক্ষেত্রে কেবল একটি X থাকে।

(c) পুরুষ : gO স্ত্রী : gg

(d) Gg হেটেরোজাইগাস মাতা হল বাহক।

(e) পুং সন্তানটির বর্ণান্ধ হবার সম্ভাবনা।

(f) ভুল। বর্ণান্ধ পিতার Y ক্রোমোজোম বাহী গ্যামেট স্বাভাবিক মাতার G জিনবাহী গ্যামেটকে নিষিক্ত করলে সন্তানটি পুত্র এবং স্বাভাবিক হবে।

(g) প্রচ্ছন্ন

বাহক মাতা — রোগাক্রান্ত পিতা

H || h × h |

H || h	h || h	H ||	h ||
বাহক কন্যা	হিমোফিলিয়াক কন্যা	স্বাভাবিক পুত্র	হিমোফিলিক পুত্র

অনুশীলনী—3

(a) আংশিকভাবে প্রকাশিত লিঙ্গ বৈশিষ্ট্য

(b) স্ত্রী কোষের নিউক্লিয়াসে একটি X ক্রোমোজোম অত্যন্ত সংকুচিত ঘনসংবদ্ধ অবস্থায় থাকে। তাকে বলে বার বডি।

(c) 3টি

(d) 2টি

(e) মিওসিসের সময় বার বডিতে পরিণত ক্রোমোজোমটি পুনরায় কার্যক্ষম হয়ে ওঠে।

সর্বশেষ প্রশ্নাবলি ঃ

1. 14.2.1 অংশাঙ্কিত বিষয়টি দেখুন।
2. 14.2.2 অংশাঙ্কিত বিষয় দেখুন।
3. Drosophila এর লিঙ্গ নির্ধারণ সংক্রান্ত 14.4 অংশটি দেখুন। X : A এর অনুপাত কীভাবে বিভিন্ন যৌনতার সৃষ্টি করছে তা দেখান।
4. Lychnis dioica এর লিঙ্গ নির্ধারণ পদ্ধতি 14.5 অংশে আলোচিত হয়েছে।
5. ক্রসগুলি নিজে করে দেখান। G কে প্রকট এবং g কে প্রচ্ছন্ন জিন হিসাবে চিহ্নিত করে ফেনোটাইপের প্রকৃতি ও অনুপাত নির্ধারণ করুন।
6. ক্রসগুলি নিজে করুন। ফলাফলগুলি মিলিয়ে নিন।
7. 14.6 এ বর্ণিত Drosophila-র পরীক্ষায় বর্ণনার মাধ্যমে আলোচনা করুন।
8. সেক্স লিমিটেড গুণগুলি কেবলমাত্র একটি লিঙ্গে প্রকাশিত হয় কিন্তু সেক্স কনট্রোলড্ গুণগুলি উভয় লিঙ্গে অসমহারে প্রকাশিত হয়। 14.7 ও 14.8 অংশে থেকে উদাহরণ দিন।
9. 14.9.1 অংশ দেখুন।

একক 15 □ বিবর্তন বা অভিব্যক্তি

গঠন

15.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

15.2 বিবর্তনের সংজ্ঞা

15.3 জৈব বিবর্তনের প্রমাণসমূহ

15.3.1 তুলনামূলক অঙ্গসংস্থাপনজনিত ও শারীরস্থানিক প্রমাণ

15.3.1a তুলনামূলক শারীরস্থান

15.3.1b সমসংস্থ ও সমবৃত্তীয় অঙ্গ

15.3.1c নিষ্ক্রিয় অঙ্গ

15.3.1d সংযোগরক্ষাকারী প্রাণী

15.3.2 ভ্রূণতত্ত্বজনিত প্রমাণ

15.3.3 জীবাশ্মঘটিত বা প্রত্নজীববিদ্যা সংক্রান্ত প্রমাণ

15.3.4 ভৌগোলিক বিস্তারজনিত প্রমাণ

15.3.5 গৃহপালিতকরণ

15.3.6 তুলনামূলক শারীরবৃত্তীয় ও জীবরসায়নঘটিত প্রমাণ

15.3.7 তুলনামূলক সিরামবিদ্যাজনিত প্রমাণ

15.3.8 শ্রেণিবদ্ধতা জনিত প্রমাণ

15.3.9 বংশগতিবিদ্যা ও বিবর্তন

15.4 সারাংশ

15.5 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

15.6 উত্তরমালা

15.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

প্রস্তাবনা

বহু শতাব্দী ধরে মানুষের মনে এক অনন্ত জিজ্ঞাসা ঃ কীভাবে এই পৃথিবীর জন্ম হয়েছে। কখন

এবং কোথায় এই পৃথিবীতে জীবনের প্রথম আবির্ভাব হয়েছিল? কোন পদ্ধতিতে এই বিশাল জীবকূল বৈচিত্র্য লাভ করেছিল? বর্তমান পৃথিবীতে যে বিভিন্ন ধরনের উদ্ভিদ ও প্রাণীর সমাবেশ দেখা যায়, তারা কী একইভাবে সৃষ্ট না কী বিভিন্নভাবে পরিবর্তিত হয়ে আজকের এই অবস্থায় এসেছে। এ সমস্ত প্রশ্নের উত্তর আদিম মানুষ ঈশ্বরের উপর ন্যাস্ত করে নিশ্চিন্ত হয়েছিল। কিন্তু খ্রিস্টপূর্ব চতুর্থ শতাব্দী থেকে গ্রিক দার্শনিকরা এ সম্পর্কে বিজ্ঞানভিত্তিক কারণ খুঁজতে থাকেন। তাদের মতে পৃথিবীতে প্রাণের আবির্ভাব এবং তার ক্রমবিকাশ একদিনে হয়নি। অভিব্যক্তি বা বিবর্তনের মাধ্যমে ক্রমাগত পরিবর্তিত ও রূপান্তরিত হয়ে বর্তমান রূপ ধারণ করেছে। এই বিবর্তন প্রক্রিয়া কিন্তু এখনও চলেছে এবং নতুন নতুন প্রমাণের মাধ্যমে আধুনিক জীবের বয়স এবং তার ক্রমবিকাশের ধারা নির্ণয় করার চেষ্টা বিজ্ঞানীরা চালিয়ে যাচ্ছেন। সুতরাং আপনারা বিবর্তন বা অভিব্যক্তির গুরুত্ব এবং এ সম্পর্কে সম্যক জ্ঞানলাভের প্রয়োজনীয়তা নিশ্চয়ই বুঝতে পারছেন।

উদ্দেশ্য

এই এককটি পাঠ করে আপনি

- বিবর্তনের সংজ্ঞা জানতে পারবেন।
- জৈব বিবর্তনের পক্ষে বিভিন্ন সাক্ষ্য প্রমাণ সম্পর্কে আলোচনা করতে পারবেন।
- উদ্ভিদ ও প্রাণীদের বিবর্তনগুলি সম্পর্কে বিভিন্ন তথ্য ব্যাখ্যা করতে পারবেন।

15.2 বিবর্তনের সংজ্ঞা

ল্যাটিন শব্দ "evolvere" থেকে "Evolution" কথাটির জন্ম। ইংরেজ দার্শনিক হার্বার্ট স্পেনসারের মতে, যে মন্থর ও গতিশীল প্রক্রিয়ায় পূর্বপুরুষ অর্থাৎ উদবংশীয় জীব থেকে নতুন ধরনের জীবের উদ্ভব ঘটে, তাকে অভিব্যক্তি বা জৈব অভিব্যক্তি বা জীববিবর্তন বলে।

চার্লস ডারউইন (1859) অভিব্যক্তিকে "পরিবর্তনসহ বংশক্রম" (descent with modification) বলে ব্যাখ্যা করেছেন। জীববিদ্যার বিভিন্ন শাখার উন্নতির সঙ্গে সঙ্গে বিবর্তনের সংজ্ঞাও কিছুটা পরিবর্তিত হয়েছে। ডবজেনস্কির মতে বিবর্তন পরিব্যক্তির (mutation) ফল এবং প্রাকৃতিক নির্বাচন দ্বারা প্রভাবিত দ্বি-জনিতৃর জননের মাধ্যমে বাহিত জিনগুলির পুনর্সংযোজন (Recombination) প্রক্রিয়া দ্বারা নিয়ন্ত্রিত একটি সময়সাপেক্ষ পদ্ধতি।

15.3 জৈব বিবর্তনের প্রমাণসমূহ

15.3.1 তুলনামূলক অঙ্গসংস্থানজনিত ও শারীরস্থানিক প্রমাণ

15.3.1a তুলনামূলক শারীরস্থান

A. প্রাণীজগৎ ঃ মেরুদণ্ডী প্রাণীর অঙ্গসংস্থানের জ্ঞান থেকে জানা যায় যে, এদের বিভিন্ন অঙ্গের গঠনের মধ্যে একটা মৌলিক সাদৃশ্য আছে। শারীরস্থানিক (Anatomical) বৈশিষ্ট্যগুলি লক্ষ করলে দেখা যায় যে নিম্নস্তরের প্রাণী থেকে উচ্চস্তরের প্রাণীর মধ্যে পরিবেশের সঙ্গে অভিযোজনের ফলে শারীরস্থানিক জটিলতা বৃদ্ধি পেয়েছে। যেমন—

শিরদাঁড়া — মাছের মধ্যে কশেরুকার উৎপত্তি যেভাবে ঘটেছে সেভাবেই উভচর, সরীসৃপ, পক্ষী ও স্তন্যপায়ী প্রাণীদের মধ্যে এর উৎপত্তি হয়েছে। উপরন্তু প্রতিটি প্রাণীর কশেরুকার বৈশিষ্ট্য (সেনট্রাম, নিউরাল আর্চ, নিউরাল স্পাইন, ট্রান্সভার্স প্রসেস এবং অগ্র ও পশ্চাতে জাইগ্যাপোফাইসিস) সকল মেরুদণ্ডী প্রাণীর ক্ষেত্রে একইরকম।

মস্তিষ্ক — বিভিন্ন মেরুদণ্ডী প্রাণীর মস্তিষ্কের তুলনা করলে দেখা যায় এর গঠন পদ্ধতি একইপ্রকার কিন্তু অভিব্যক্তির ফলে জটিলতা ক্রমশ বৃদ্ধি পেয়েছে। যেমন—গুরুমস্তিষ্ক ও সেরিবেলাম অংশ বিবেকবুদ্ধির জন্য দায়ী। সুতরাং এই অংশটির বৃদ্ধি এবং জটিলতা স্তন্যপায়ী প্রাণীদের মধ্যে সবচেয়ে বেশি। মাছ থেকে উভচর, উভচর থেকে সরীসৃপ এবং সরীসৃপ থেকে পক্ষী ও স্তন্যপায়ী প্রাণীদের ক্ষেত্রে গুরুমস্তিষ্কের এই ক্রমবিকাশ নীচে চিত্রের মাধ্যমে দেখানো হল—

চিত্র 15.1 মেরুদণ্ডী প্রাণীর মস্তিষ্কের ক্রমবিকাশ

হৃৎপিণ্ড—হৃৎপিণ্ড প্রধানত দুটি প্রকোষ্ঠ দ্বারা গঠিত অলিন্দ ও নিলয়। মাছের হৃৎপিণ্ডে এই দুটি প্রকোষ্ঠ দেখা যায়। উভচর প্রাণীর মধ্যে জল থেকে স্থলে অভিযোজিত হওয়ার প্রবণতা দেখা যায়, যার ফলে অলিন্দটি দ্বিধাবিভক্ত হয়েছে, যা অভিযোজনের প্রয়োজন যথেষ্ট নয়। ফলে নিলয়ের

দ্বিধাবিভাজনের প্রয়োজন হয়েছে এবং এই প্রবণতা প্রথম ব্যাঙে পরিলক্ষিত হয়। সরীসৃপ পূর্ণ স্থল অভিযোজিত প্রাণী, তাই তার বিপাকীয় কার্যের সঙ্গে সমতা রক্ষা করে দুটি অলিন্দ ও একটি অসম্পূর্ণ দ্বিধাবিভক্ত নিলয় গঠিত হয়েছে। পাখি ও স্তন্যপায়ীর মধ্যে অক্সিজেনযুক্ত ও অক্সিজেন বিযুক্ত রক্ত পৃথক করার জন্য হৃৎপিণ্ডের চারটি প্রকোষ্ঠ—দুটি অলিন্দ ও দুটি নিলয়ের সৃষ্টি হয়েছে। ধাপে ধাপে ক্রমিক পর্যায়ে সরল গঠনযুক্ত মাছের হৃৎপিণ্ড থেকে স্তন্যপায়ীদের হৃৎপিণ্ডের এই জটিলতা বিবর্তনের উল্লেখযোগ্য সাক্ষ্য প্রমাণ (চিত্র-15.2)।

চিত্র 15.2 ঃ বিভিন্ন প্রাণীর হৃদপিণ্ডের গঠন। A—মাছে, B—ব্যাঙে, C—সরীসৃপে, D—পাখিতে এবং স্তন্যপায়ী প্রাণীতে

B. উদ্ভিদজগৎ ঃ উদ্ভিদের ক্ষেত্রে ব্রায়োফাইটা ও টেরিডোফাইটার প্রধান দেহ মূল, কাণ্ড এবং পাতায় বিভক্ত। ব্যক্তজীবী ও গুপ্তবীজী উদ্ভিদে এই তিনটি অঙ্গের কার্যসম্বন্ধীয় গঠনে আরো অনেক উন্নতি

দেখা যায়। নিম্নশ্রেণীর উদ্ভিদ (শৈবাল) থেকে সপুষ্পক উদ্ভিদে ক্রমে ক্রমে রেণুধর অংশের প্রাধান্য ও লিঙ্গধর অংশের সরলীকরণ বিবর্তনের সুনির্দিষ্ট পথে ঘটেছে। উন্নত শ্রেণির যৌন অঙ্গসমূহের জটিলকরণ ও শ্রমবিভাজনও ক্রমপর্যায়ে ঘটেছে।

শারীরস্থানিক বৈশিষ্ট্যগুলির মধ্যে শৈবাল এবং মস্‌জাতীয় উদ্ভিদে কোনওপ্রকার সংবহন করা না পাওয়া গেলেও ফার্ণ (টেরিডোফাইটা) থেকে শুরু করে গুপ্তবীজী উদ্ভিদের দেহে জাইলেম এবং ফ্লোয়েম এই দুটি সংবহন কলার উৎপত্তি এবং ক্রমবিকাশ লক্ষ করা যায়। উদ্ভিদের নির্দিষ্ট প্রয়োজন এবং শ্রমবিভাজনের ভিত্তিকেই এই ক্রমবিকাশ ঘটেছে। একে স্টিলার বিবর্তন (Stelar evolution) বলে।

15.3.1b সমসংস্থ ও সমবৃত্তি অঙ্গ (Homologous and Analogous organ) ঃ

উৎপত্তি ও গঠনগতভাবে একইরকম কিন্তু কার্যগতভাবে আলাদা রকমের অঙ্গকে সমসংস্থ অঙ্গ বলে। বিভিন্ন মেরুদণ্ডী প্রাণীর উরুশ্চক্র, শ্রোণীচক্র, অগ্রপদ ও পশ্চাদপদের অস্থিগুলির মৌলিক গঠন একই রকম। যেটুকু পার্থক্য দেখা যায়, তা প্রাকৃতিক পরিবেশের সঙ্গে অভিযোজনের জন্য ঘটেছে। উদাহরণস্বরূপ, পাখির ডানা, বাদুরের ডানা, ঘোড়ার অগ্রপদ, মানুষের হাত, তিমির পাখনা, কুকুরের পায়ের থাবা ইত্যাদি সমসংস্থ অঙ্গ (চিত্র-15.3)। উদ্ভিদের ক্ষেত্রে দুরন্তর শাখাকণ্টক, ঝুমকোলতার কাণ্ড, আকর্ষ, ফণিমণসার পর্ণকাণ্ড, আদার গ্রন্থিকন্দ, আলুর স্ফীতকন্দ সবকটি সমসংস্থ অঙ্গ। খেজুর ও ফণিমনসা গাছের পত্রকণ্টক, জবা এবং গোলাপের সবুজ পল্লবপত্র (folinge leaf), পেঁয়াজের শল্কপত্র সমসংস্থ অঙ্গের উদাহরণ।

চিত্র 15.3 ঃ বিভিন্ন মেরুদণ্ডী প্রাণীর অগ্রপদের গঠন

যে সব অঙ্গের উৎপত্তি ও গঠন আলাদা কিন্তু একই ধরনের কাজ করে, তাদের সমবৃত্তি অঙ্গ বলে। উদাহরণ—পতঙ্গ, বাদুর, চামচিকার ডানা উড়বার জন্য ব্যবহৃত হলেও এদের উৎপত্তি ও গঠন সম্পূর্ণ আলাদা। এরা সমবৃত্তি অঙ্গ (চিত্র-4)। উদ্ভিদজগতে মটরগাছের আকর্ষ (tendril) এবং ঝুমকোলতার কাণ্ডের আকর্ষ এরকমই সমবৃত্তি অঙ্গ।

চিত্র 15.4 ঃ প্রাণীর সমবৃত্তি অঙ্গ

15.3.1c. নিষ্ক্রিয় অঙ্গ ঃ

প্রাণী এবং উদ্ভিদজগতে দেখা যায় কোনো নির্দিষ্ট প্রাণী বা উদ্ভিদের একটি বিশেষ অঙ্গ সক্রিয় কিন্তু অন্য প্রাণী বা উদ্ভিদের ক্ষেত্রে সেই অঙ্গটির কোনো কাজ নেই ফলে নিষ্ক্রিয় বা লুপ্তপ্রায় হয়ে এসেছে। উদাহরণস্বরূপ—মানুষের অ্যাপেনডিক্স, উদ্ভিদের ক্ষেত্রে ভূনিম্নস্থ কাণ্ডের শল্কপত্র; আম,

কাজুবাদাম এবং কালকাসুন্দার বন্ধ্যা পুংকেশর বা স্ট্যামিনোড; শতমূলী উদ্ভিদের বন্ধ্যা গর্ভকেশর বা পিস্টিলোড ইত্যাদি।

15.3.1d. সংযোগরক্ষাকারী প্রাণী (Missing link) ঃ

কিছু কিছু অন্তবর্তী প্রাণী, যেমন—আর্কিওপটেরিস—সরীসৃপ ও পক্ষীর মধ্যে পেরিপেটাস—অঙ্গুরীমাল ও সন্ধিপদ প্রাণীদের মধ্যে এবং কিছু কিছু উদ্ভিদ, যেমন—রাইনিয়া (Rhynia) উদ্ভিদ ও ব্রায়োফাইটা ও টেরিডোফাইটার মধ্যে, নিটাম (Gnetum) গুপ্তবীজী ও ব্যক্তবীজীর মধ্যে যোগসূত্র রচনা করছে।

15.3.2 ভ্রূণতত্ত্বজনিত প্রমাণ (Embryological Evidence) ঃ

A. প্রাণীজগত ঃ বিভিন্ন রকমের মেরুদণ্ডী প্রাণীর ভ্রূণের ক্রমপরিণতি লক্ষ করলে দেখা যায় সমস্ত প্রাণীর ভ্রূণ প্রাথমিক অবস্থায় একই রকম থাকে। প্রথমদিকে প্রতিটি মেরুদণ্ডী প্রাণীর ভ্রূণে গলবিলীয় ফুলকাছিদ্র এবং লেজ দেখা যায়। কোনো কোনো ক্ষেত্রে উচ্চস্তরের প্রাণীর ভ্রূণ নিম্নস্তরের বয়স্ক প্রাণীর অনুরূপ হয়। যেমন—ব্যাঙাচি ও মাছ। ব্যাঙাচির শ্বসনঅঙ্গ ফুলকা এবং দেহ মাকুর মতো। এরা জলে বাস করে এবং মাছের মতো লেজের সাহায্যে জলে সাঁতার কাটে। ব্যাঙাচির সাথে পূর্ণাঙ্গ মাছের এইসব সাদৃশ্য থেকে প্রমাণিত হয় মাছ বা মাছের নিকট সম্পর্কযুক্ত পূর্বপুরুষ কোনো প্রাণী থেকে ব্যাঙের উৎপত্তি ঘটেছে। আবার মাছের হৃৎপিণ্ড দু'প্রকোষ্ঠযুক্ত যা ব্যাঙ, সরীসৃপ, পক্ষী এবং স্তন্যপায়ী প্রাণীর হৃৎপিণ্ডে ভ্রূণাবস্থায় লক্ষ করা যায়।

B. উদ্ভিদজগত—উদ্ভিদজগতে জাইগোট (2n) থেকে ভ্রূণ এবং অপত্য রেণুধর উদ্ভিদের জন্ম পর্যন্ত প্রচুর সাদৃশ্য লক্ষ করা যায়। যেমন—আকালমণি গাছের ফাইলোড, ক্যাকটাস গাছের স্পাইন সবই প্রাথমিক অবস্থায় পাতার রূপান্তর। আবার, মস্ জাতীয় উদ্ভিদের রেণু এবং ফার্ণের (টেরিডাফাইটা) রেণুর অঙ্কুরোদগমের ফলে দুই ক্ষেত্রেই সূত্রবৎ শৈবালের মতো গঠন তৈরি হয়।

জীবকূলে ভ্রূণের এই সাদৃশ্য লক্ষ করে বিজ্ঞানী হেকেল (Haeckel, 1874) "জীব জনি" সূত্রের (Biogenetic law) প্রবর্তন করেন। তাঁর মতে প্রতিটি জীব তার ভ্রূণের ক্রমপরিণতিকালে অতি অল্পসময়ের জন্য হলেও উদ্‌বংশীয় জীব তথা পূর্বপুরুষের অভিব্যক্তির ইতিহাসের পুনরাবৃত্তি ঘটায়—অর্থাৎ ব্যক্তিজনি জীবজনির পুনরাবৃত্তি করে ("অনটোজেনি রিপিটস্ ফাইলোজেনি)।

15.3.3 জীবাশ্মঘটিত বা প্রত্নজীববিদ্যা সংক্রান্ত প্রমাণ (Palacontological Evidences)

বিবর্তন সম্পর্কে যে সব প্রমাণ আছে তার মধ্যে জীবাশ্মঘটিত প্রমাণ সব থেকে বলিষ্ঠ। খ্রীষ্টপূর্ব পঞ্চম শতাব্দীতে জেনোফেন (Xeuophene) নামে এক বিজ্ঞানী প্রথম জীবাশ্ম আবিষ্কার করেন এবং

বিবর্তনের ব্যাখ্যা খোঁজেন। ভূগর্ভে সুদীর্ঘকাল যাবৎ সংরক্ষিত অধুনালুপ্ত জীবদেহের সামগ্রিক বা আংশিক প্রস্তরিভূত অবস্থা অথবা জীবদেহের সামগ্রিক বা আংশিক ছাপ অথবা প্রাকৃতিক উপায়ে সংরক্ষিত আংশিক বা সামগ্রিক দেহকে জীবাশ্ম বলে।

A. প্রাণীজগৎ—আধুনিক ঘোড়া ইকুয়াস তার ইওসিন যুগের পূর্বপুরুষ ইওহিপ্পাস থেকে সৃষ্টি হয়েছে। ডিপ্লোভার্টিব্রন নামক জীবাশ্মের মধ্যে মাছ ও উভচর প্রাণীর বৈশিষ্ট্য থাকায় মাছ থেকে উভচর শ্রেণির প্রাণী উৎপত্তি হয়েছে বলে ধরে নেওয়া হয়। সেম্যুরিয়া নামক জীবাশ্মের মধ্যে উভচর এবং সরীসৃপের বৈশিষ্ট্য পরিলক্ষিত হওয়ায় মনে করা হয় উভচর থেকে সরীসৃপ প্রাণীদের উদ্ভব হয়েছে।

B. উদ্ভিদজগৎ—উদ্ভিদের ক্ষেত্রে টেরিডোস্পার্ম বা বীজ ফার্ণ নামক উদ্ভিদে টেরিডোফাইটা এবং জিমনোস্পার্ম উভয় উদ্ভিদের বৈশিষ্ট্য পাওয়া যায়। এই করণে ফার্ণ জাতীয় উদ্ভিদের থেকে সাইকাস *(Cycas)* জাতীয় ব্যক্তবীজী উদ্ভিদের জন্ম হয়েছে বলে মনে করা হয়। আবার ক্যালামাইটিস *(Calamites)*, কার্বোনিফেরাস যুগের একটি জীবাশ্ম টেরিডাফাইটা, যার সঙ্গে বর্তমানকালের জীবন্ত ইকুইজিটামের অনেক গঠনগত সাদৃশ্য লক্ষ করা যায়। একইরকমভাবে জীবন্ত জীবাশ্মগুলিও (যেমন—সিলাকান্থ নামক মাছ, লিমুলাস নামক সন্ধিপদ প্রাণী, স্ফেনোডন নামক সরীসৃপ প্রাণী, প্লাটিপাস নামক স্তন্যপায়ী, গিংগো বাইলোবা (***Ginkgo biloba*** নামক উদ্ভিদ ইত্যাদি) বিবর্তনের অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ প্রমাণ।

15.3.4 ভৌগোলিক বিস্তারজনিত প্রমাণ ঃ

ভূপৃষ্ঠে উদ্ভিদ ও প্রাণী সমভাবে বিস্তারলাভ করে নি। পৃথিবীর ইতিহাসে অতীতের ভূতাত্ত্বিক পরিবর্তন কিছু কিছু প্রাণীর বিস্তার বিশেষভাবে সীমিত করেছে। যেমন—অস্ট্রেলিয়া, ভারত, আফ্রিকা, আন্টার্টিকা, দক্ষিণ আমেরিকা বহুকাল আগে একসাথে যুক্ত ছিল যা গন্ডোয়ানাল্যান্ড নামে পরিচিত। সেইসময় বহু প্রাণী ও উদ্ভিদ ভারত থেকে অস্ট্রেলিয়ায় পরিযান (migration) করেছে। পরবর্তীকালে অস্ট্রেলিয়া এই মূল ভূখণ্ড থেকে বিচ্ছিন্ন হয়ে যায়। বিচ্ছিন্ন হওয়ার পর যে সব উদ্ভিদ ও প্রাণীর আবির্ভাব হয়েছে অনেককেই ভারত বা আফ্রিকায় পাওয়া যায় না, উদাহরণস্বরূপ—ক্যাঙারু। এভাবেই এন্ডেমিক উদ্ভিদ বা প্রাণীর জন্ম হয়েছে। চারদিকে উচ্চ পর্বত, মরুভূমি এবং সমুদ্র থাকলে প্রাণী বা উদ্ভিদ সেই স্থানে আবদ্ধ হয়ে পড়ে। এভাবে হিমালয় অঞ্চলে, শ্রীলঙ্কায়, ফিজি দ্বীপপুঞ্জে, সকোট্রা দ্বীপে, হাওয়াই দ্বীপে প্রচুর এন্ডেমিক উদ্ভিদ বা প্রাণী পাওয়া যায়। এই বিস্তারধারা জৈব বিবর্তনের অন্যতম প্রমাণ।

15.3.5 গৃহপালিতকরণ ঃ

অতি প্রাচীনকাল থেকে মানুষ বিভিন্ন পশুপাখি এবং উদ্ভিদের পালন করে আসছে। অতীতের এই ধারা বর্তমান মানুষও অনুসরণ করছে যা বিবর্তনের অন্যতম প্রমাণ।

উদাহরণস্বরূপ—বর্তমানের গোলাপ, সরষে, তুলো, গম, ভুট্টা সবই সেই আদিম উৎস থেকেই বিবর্তনের মাধ্যমে আজকের এই অবস্থায় এসেছে। এই পরিবর্তন শুধু মানুষের দ্বারা হয়েছে তাই নয়, প্রকৃতির নিজস্ব নিয়মেই তা সাধিত হয়েছে।

15.3.6 তুলনামূলক শারীরবৃত্তীয় ও জীব-রসায়নঘটিত প্রমাণ ঃ

জীবের শারীরবৃত্তিয় ও জীবরাসায়নিক পদার্থের তুলনা করলে উহাদের মধ্যে বিশেষ মৌলিক সাদৃশ্য লক্ষ করা যায়। যেমন—প্রোটোপ্লাজমের গঠন মোটামুটি এক। সকল জীবের প্রারম্ভ C, H, N ও O এবং এরা বিভিন্নভাবে যুক্ত হয়ে কার্বোহাইড্রেট, প্রোটিন ও ফ্যাট তৈরি করে যা নানা ভাবে যুক্ত হয়ে প্রোটোপ্লাজম তৈরি করে। নিউক্লিয়াস (আদি বা আদর্শ) ও প্রোটোপ্লাজম একসঙ্গে কোষ তৈরি করে যা জীবের গঠনগত একক। এই সাদৃশ্য বিভিন্ন জীবের বিবর্তনের একটি উল্লেখযোগ্য প্রমাণ।

জীবের পাচনতন্ত্রে উৎসেচকগুলির মধ্যে সাদৃশ্য আছে। যেমন—ট্রিপসিন নামক প্রোটিনভঙ্গাকারী উৎসেচকটি আদ্যপ্রাণী থেকে শুরু করে স্তন্যপায়ী পর্যন্ত প্রত্যেকের পাচনক্রিয়ায় অংশ নেয়। তেমনি অ্যামাইলেজ নামক শর্করাভঙ্গাকারী উৎসেচকটি ছিদ্রাল প্রাণী থেকে শুরু করে স্তন্যপায়ীদের মধ্যে থাকে। একই প্রকার উৎসেচকের কার্য ও উপস্থিতির একমাত্র ব্যাখ্যা এই যে, তারা একই পূর্বপুরুষ থেকে উৎপত্তি লাভ করেছে। বিভিন্ন জীবের শ্বসনে অংশগ্রহণকারী ইলেকট্রন বহনকারী এককগুলির মধ্যের সাদৃশ্য এই ব্যাখ্যাকে আরও শক্তিশালী করেছে।

বিভিন্ন প্রকার হরমোনের বা উদ্বোধকের বিভিন্ন জীবে একইরকম ব্যবহার এইভাবেই ব্যাখ্যা করা যায়। যেমন—প্রতিটি মেরুদণ্ডী প্রাণীর থাইরয়েডের কাজ ও গঠন একই প্রকার। ব্যাঙ, গরু ও মানুষের রূপান্তরের জন্য থাইরয়েড গ্রন্থির ক্ষরণের প্রয়োজন এবং একটি জীবের সেই গ্রন্থির অভাব অন্যটির দ্বারা মেটানো সম্ভব। সুতরাং এই গ্রন্থি মেরুদণ্ডী প্রাণীর পূর্বপুরুষ থেকে বিবর্তনের মাধ্যমেই এসেছে।

অনুশীলনী 1

1. নীচের তালিকা থেকে শব্দ বা শব্দগুচ্ছ বেছে নিয়ে শূন্যস্থান পূরণ করুন।

(গিংগো বাইলোবা, ডিপ্লোভার্টিব্রন, ইকুয়াস, ক্যালামাইটিস, সেমুরিয়া, ইওহিপ্পাস)

(a) আধুনিক ঘোড়া — তার পূর্বপুরুষ — থেকে সৃষ্টি হয়েছে।

(b) মাছ ও উভচর, উভয় প্রাণীর বৈশিষ্ট্য পাওয়া যায় — নামক জীবাশ্মের মধ্যে।

(c) — নামক জীবাশ্মের মধ্যে উভচর ও সরীসৃপ প্রাণীর বৈশিষ্ট্য পাওয়া যায়।

(d) — হল একটি জীবাশ্ম টেরিডোফাইটা।

(e) — হল একটি জীবন্ত জীবাশ্ম উদ্ভিদ।

15.3.7 তুলনামূলক সিরামবিদ্যা (Comparative Serology)

দেহস্থ কলারস এবং তরল যোগকলা, রক্ত বিভিন্ন জীবের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপনে উল্লেখযোগ্য ভূমিকা পালন করে। জর্জ নটিয়ালের (George Notial) প্রেসিপিটেশন পদ্ধতি এ ব্যাপারে এক বিশেষ আবিষ্কার। রক্তের অ্যান্টিবডি এবং অ্যান্টিজেন পরীক্ষা পদ্ধতির দ্বারা দেখানো হয়েছে—

(a) লিমুলাস ও কাকড়াবিছা অন্যান্য সন্ধিপদ প্রাণী অপেক্ষা অনেক ঘনিষ্ঠ।

(b) শীল ও সিন্ধুঘোটক অন্যান্য স্তন্যপায়ীর চেয়ে অনেক নিকট।

(c) বনমানুষ ও মানুষের সম্পর্ক অনেক কাছাকাছি ইত্যাদি।

উদ্ভিদের ক্ষেত্রেও এটা সামান্য প্রযোজ্য। ঘনিষ্ঠ সম্পর্কিত উদ্ভিদের দেহস্থিত উপক্ষার (অন্যান্য বিপাকীয় উপক্ষার) ও অন্যান্য বিপাকীয় উপজাত জৈব বস্তুর মধ্যে সাদৃশ্য রয়েছে।

15.3.8 শ্রেণিবদ্ধতা-জনিত প্রমাণ

বিজ্ঞানী লিনিয়াস (Linnaeus) সাদৃশ্যযুক্ত প্রাণী বা উদ্ভিদকে কতগুলি মৌলিক বৈশিষ্ট্যের ভিত্তিতে একত্র করেছিলেন এবং যেখানে এই বৈশিষ্ট্যগুলির পার্থক্য রয়েছে তাদের পৃথকভাবে শ্রেণিবিভাগ করেছিলেন। এভাবেই বহু প্রজাতি, উপজাতির সৃষ্টি হয়েছে এবং জীবকে গণ, গোত্র, বর্ণ, শ্রেণি, পর্ব প্রভৃতিতে সুশৃঙ্খলভাবে বিন্যাস করা হয়েছে। এই শ্রেণিবদ্ধতা থেকে এদের পারস্পরিক সম্পর্ক নির্ণয় করা যায়, যেমন—জবা ফুলের গোত্র ম্যালভেসি এবং গোলাপের গোত্র রোজেসি একই উৎস থেকে এসেছে এবং পরে বিবর্তন লাভ করেছে। বর্তমানে অনুজীববিদ্যা, জীব তথ্যবিদ্যার প্রভূত উন্নতি এ সম্পর্কে আরো আলোকপাত করেছে।

15.3.9 বংশগতিবিদ্যা ও বিবর্তন

জেনেটিক্স (Genetics) বা বংশগতিবিদ্যার জন্ম বিবর্তনের প্রমাণের সারিতে নব সংযোজন। বংশগতির গুণাবলীর ধারক ও বাহক হল জিন। একটি জীবের মৌলিক বৈশিষ্ট্য বহনকারী জিনগুলি মোটামুটি একই থাকলেও পরিবেশের সঙ্গে জীবের মানিয়ে নেওয়ার জন্য জিনগুলিতে পরিব্যক্তি ঘটে যা নতুন নতুন প্রজাতির জন্ম দেয় এবং প্রকরণ তৈরি করে। এই প্রকরণ, বিবর্তনের অন্যতম প্রধান ভিত্তি। বর্তমানে এই জিনগুলিকে সিকোয়েন্সিং করা সম্ভব হচ্ছে এবং প্রাচীন কালে বিলুপ্ত উদ্ভিদ ও প্রাণী, জীবন্ত জীবাশ্ম, সংযোগরক্ষাকারী জীব এবং বর্তমানের জীবন্ত জীবকুলের মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয়ে এক অভূতপূর্ব বিপ্লব ঘটেছে। যেমন—

(a) বাঁদর নয়, শিম্পাঞ্জির DNA-এর সঙ্গেই মানুষের DNA-এর বেশি (94%) মিল হয়েছে। সুতরাং শিম্পাঞ্জি ও মানুষ অনেক কাছাকাছি।

(b) হিউম্যান জিনোম প্রজেক্টের মাধ্যমে মনুষ্যজাতির মধ্যেই বিভিন্ন রেস (Race) গুলির উৎপত্তি এবং বিবর্তনজনিত কী সম্পর্ক রয়েছে তা নির্ণয় করা হচ্ছে। এ সম্পর্কিত কাজ এখনও চলছে।

(c) বিভিন্ন জীবের মধ্যে কিছু জিন আদিমকাল থেকে এক রকমভাবে সংরক্ষিত (conserved sequence) রয়েছে। এই সিকোয়েন্সগুলি থেকে সেই জীবগুলির পূর্বপুরুষদের সম্পর্কে এবং তাদের বিবর্তন সম্পর্কে ধারণা পাওয়া যায়।

15.3.9.1 অভিব্যক্তি ও প্রজাতির উদ্ভব

পুরাতন গ্রীক ও রোমান দার্শনিকদের মধ্যে অভিব্যক্তি সম্পর্কে একটা ধারণা থাকলেও সেই ধারণা অনেকটাই ধর্মীয় ভাবনার বশবর্তী ছিল। Linnaeus-এর সময় প্রজাতির বিষয়ে বিশদে ধারণা লাভ তথা প্রজাতিভিত্তিক শ্রেণীবিভাগের সুস্পষ্ট উল্লেখ পাওয়া যায়। Charles Darwin,1859 সালে অভিব্যক্তির স্বপক্ষে কিছু প্রমাণ দেন যা প্রাকৃতিক নির্বাচনবাদের ওপর জেড়ালো নজর দেয়। এই সত্যটিও প্রমাণিত হয় যে যোগ্যতমের উদবর্তন বিশেষ উল্লেখযোগ্য এবং দুর্বল ও সবলের মিশ্র সহাবস্থানে সবলের জয় হয়।

এই প্রসঙ্গে 'Industrial Melanism' বা 'বাণিজ্যিক মেলানীকরণ' অত্যন্ত উল্লেখযোগ্য এবং গুরুত্বপূর্ণ ঘটনা। ইংলন্ড ও পশ্চিম ইউরোপে বাণিজ্য বিপ্লব যখন তুঙ্গে সেই সময় কিছু মথ এবং প্রজাপতির বাহ্যিক অঙ্গসংস্থানে পরিবর্তন দেখা যায়। এই প্রজাপতিরা ক্রমশ গাঢ়বর্ণের দিকে পরিবর্তিত হতে থাকে। মেলানিন উৎপাদন একটি প্রকট জীন দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয় যার প্রকাশ কতকগুলি Modifier gene দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়। Kettlewell ও তাঁহার সহকর্মীরা ব্রিটিশ মথ Biston betularia কে নিয়ে পরীক্ষার সময় দেখেন যে হাল্কা এবং গাঢ় বর্ণের মথ একই অনুপাতে Birmingham-এ ছেড়ে দিয়ে দেখেন যে পরে গাঢ়বর্ণের মথ বেশী পরিমাণে পাওয়া যাচ্ছে।

উদ্ভিদের ক্ষেত্রে ক্যালিফোর্ণিয়া অঞ্চলে প্রাপ্ত Achillea উদ্ভিদগোষ্ঠীর মধ্যে দুটি পৃথক দল দেখা যায়। একটি গোষ্ঠী উপকূল অঞ্চলে ভাল জন্মায় অপরগোষ্ঠী উচ্চার সঙ্গে বেশী অভিযোজিত, জীন সমষ্টির এই পরিবর্তন সাধারণত স্থানভিত্তিক পৃথকীকরণের মাধ্যমে ঘটে।

Drosophila Pseudoobscura তে Dobzhansky এবং তাঁহার সহকর্মীরা দেখান তৃতীয় ক্রোমোজোমে জীনের সজ্জারীতির পার্থক্য পৃথক স্থান ও পৃথক সময় তথ ঋতু পরিবর্তনের সঙ্গে প্রজাপতির জীনগত বহিঃপ্রকাশকে অনেকাংশে নিয়ন্ত্রণ করে।

প্রোটিনের অভিব্যক্তি বিবর্তনের ইতিহাসে প্রোটিন কিন্তু একটি রাসায়নিক ছাঁচ (Chemical finger prints) হিসাবে কাজ করে। প্রোটিনের এই পরিবর্তন অত্যন্ত স্পষ্টভাবে ধরা পড়ে হিমোগ্লোবিনের ক্ষেত্রে। Zucker Landl প্রথম পলি পেপটাইড শৃঙ্খলের এই পরিবর্তন রাশিগতভাবে নির্ণয় করেন। তিনি দেখান α এবং β শৃঙ্খল মিলিয়ে অশ্ব, বরাহ তথা গবাদি পশুর সঙ্গে মানুষের

২২টি অ্যামাইনো অ্যাসিডের পার্থক্য প্রকাশিত হয়। প্রত্নতত্ত্ববিদ্যা থেকে প্রমাণিত হয় এই প্রাণী গুলি সাধারণ জন্মদাতা প্রায় ৪০ বছর আগে পৃথিবীতে অবস্থান করতেন। এক একটি হিমোগ্লোবিন শৃঙ্খলে 11 টি অ্যামাইনো অ্যাসিডের পরিবর্তনে বর্তমান মনুষ্য প্রজাতির হিমোগ্লোবিন সৃষ্টি হয়েছে। এখন প্রকৃতি এই একটি অ্যামাইনো অ্যাসিড পরিবর্তনে ৭০ লক্ষ বছর করে সময় দিয়েছে। এই থেকে প্রমাণ হয় যে প্রকৃতি এমন একজন বৈজ্ঞানিক যে যে কোন পরিবর্তনকে সহ্য করতে কত বেশী সময় ধার্য্য করেন।

নিউক্লিওটাইডের অভিব্যক্তি- প্রকৃতির এই ধীর অথচ নিরলস পরীক্ষা নিরীক্ষার প্রমাণ দেয় বংশগত বস্তুতে অবস্থানকারী নিউক্লিওটাইড সজ্জাক্রমে। তাই বংশগতির অভিব্যক্তি প্রসঙ্গে অনেক সময়ই প্রত্যক্ষভাবে জীনের খুঁটিনাটি পরীক্ষা করা হয় জীনদ্বারা সৃষ্ট পরীক্ষাকে বাদ রেখে। Invitro hybridization বা অকোষীয় মাধ্যমে পরীক্ষাগারে দুটি পৃথক জীবের নিউক্লিও বস্তুর সংকরায়ন ঘটিয়েও এই পর্যবেক্ষণ চালানো হয়। এই পরীক্ষায় X এবং Y ধরা যাক, দুটি পৃথক জীবের নিউক্লিও বস্তু পৃথক করে গবেষণাগারে দ্বিতন্ত্রী এই DNA কে একতন্ত্রী অবস্থায় এনে সংকরায়ণের সুযোগ দেওয়া হল এবং একটি যোগ্য তাপমাত্রায় (optimum temperature) এদের সংকর নিউক্লিও বস্তুকে পৃথক করে এই সংকরের ধর্মাবলী বিশদে পরীক্ষা করা হল, একটি DNA-এর দুটি তন্ত্রীর মধ্যে সমন্বয় এড়ানোর জন্য একটি DNAকে Radio labelling করে নেওয়া যুক্তিযুক্ত। McCarthy এর গবেষনাগারের এই পরীক্ষায় প্রমাণিত হয় যে প্রতি 1 শতাংশ নিউক্লিওটাইড বৈশাদৃশ্য x এবং y এর মধ্যে উষ্ণতার সহ্যসীমা (Thermal Stability) সংকল নিউক্লিও বস্তুতে 1.6^0c হ্রাস করে।

গরু, ভেড়া এবং শূকরের DNA নিয়ে এই পরীক্ষার মাধ্যমে উষ্ণতার সহনসীমা (Thermal Staility) নির্ণয় করা হয়। এখানে প্রমাণিত হয় গরু ও ভেড়ার মধ্যে এই পার্থক্য 6^0c (3.7% বৈশাদৃশ্য) এবং গরু ও শূকরের মধ্যে 12^0C (7.5% বৈশাদৃশ্য)। এই পরীক্ষা থেকে বোঝা যায় গরু ও ভেড়ার মধ্যে পার্থক্য অনেক কম গরু ও শূকর অপেক্ষা। ফাইব্রিনোপেপটাইডকে (fibrino peptide) বাদ দিলে প্রোটিনের এই পরিবর্তন নিউক্লিওটাইডের পরিবর্তন অপেক্ষা অনেক কম। নিউক্লিওটাইডের পরিবর্তনের এই হার বুঝিয়ে দেয় যে এই পরিবর্তন অনেকটাই অত্যাবশ্যকীয় প্রোটিন সজ্জার পরিবর্তন ঘটায় না এবং Selfish DNA বা Junk DNA তে এই পরিবর্তনগুলি বেশী মাত্রায় একত্রিত হয় যা জীবের প্রাত্যহিক জীবনযাপনে খুব বেশী প্রভাব ফেলে না।

সংকরায়ণ পরীক্ষা অপেক্ষা জীবের কোন নির্দিষ্ট জীনের নিউক্লিওটাইড সজ্জা ক্রম অবলম্বন করে যদি বৈচিত্র্য পরীক্ষা করা হয় তা আরো বেশী গ্রহণযোগ্য হবে। এই উদ্দেশ্য নিয়ে Recombinant DNA Technique অবলম্বন করে মানুষের β-globin জীনের উপর একটি পরীক্ষা করা হয়। β জীনটি মানুষে 11 নম্বর ক্রোমোজোমে 60 কিলোবেস জায়গা জুড়ে সাতটি পরস্পর সম্পর্কিত loci

(ক্ষুদ্র জীন অন্তর্গত অঞ্চল) দ্বারা গঠিত। এই জীনগুলি পুনরাবৃত্তির মাধ্যমে সৃষ্ট এবং দুটি কার্যক্ষমতা হীন 'pseudogene' গেরিলা, শিম্পাঞ্জী ও পুরোনো পৃথিবীর বানরদের মধ্যে পাঁচটি কার্যক্ষম জীন থাকে। নতুন পৃথিবীর বানরের ক্ষেত্রে একটি কার্যক্ষম জীনের বিলুপ্তি এদের প্রত্যন্ত Primates তথা স্তন্যপায়ীদের β-globin সজ্জাক্রমের সমতুল্য করে তোলে। β-globin সংক্রান্ত এই তুলনা মূলত মেরুদণ্ডীদের মধ্যেই সীমাবদ্ধ কিন্তু জীবসম্প্রদায়ের সামগ্রিক বর্তমানে 55 RNA-এর অবদান এই তুলনাকে এক অন্য মাত্রা দিয়েছে। 55 RNA-এর নিউক্লিওটাইড সজ্জাক্রম মোটামুটি সমস্ত জীবের ক্ষেত্রেই আবিষ্কৃত হয়েছে, রাইবোজোমের বৃহৎ এককের একটি অংশ যা বিভিন্ন t-RNA কে যুক্ত হতে সাহায্য করে এই অংশটির কার্যসমস্ত জীবের বেঁচে থাকার জন্যে অত্যন্ত অত্যাবশ্যক হওয়ায় এই অঞ্চলটি মোটামুটি ভাবে সংরক্ষিত থাকে, এই অঞ্চলের নিউক্লিওটাইড সজ্জাক্রমের খুব ক্ষুদ্র পার্থক্য প্রজাতির পার্থক্য তথা বিভাগীয় পৃথকীকরণের বার্তা দেয়। এই পার্থক্য অনুসন্ধান করে বোঝা যায় ছত্রাক এবং ইউক্যারিওটিক উদ্ভিদ ও প্রাণীর পৃথকীকরণ ঘটে 120 কোটি বছর আগে আবার প্রোক্যারিওট ও ইউক্যারিওটের বিভাজন ঘটে 180 কোটি বছর আগে।

সহজ একটি উদাহরণ এই বিষয়টিকে আপনাদের কাছে আরো স্পষ্ট করে তুলবে। Wilson ও তাঁহার সহকর্মীরা ব্যাঙ এবং অমরাযুক্ত স্তন্যপায়ী প্রাণীদের তুলনামূলক অভিযোজনে দেখান যে উভচর গোত্রের ব্যাঙ প্রায় 2000 লক্ষ বৎসর পূর্বে পৃথিবীতে আসে অথচ স্তন্যপায়ীরা ক্রিটেশিয়াস যুগে মাত্র 900 লক্ষ বৎসর পূর্বে পৃথিবীতে এসে অনেক বেশী অভিযোজনগত বিকিরণ প্রদর্শন করে। ব্যাঙের 2600 প্রজাতির সবকটাই একই ধরনের এবং একটি বর্গের অন্তর্ভুক্ত (Anura) কিন্তু 3800 প্রজাতির আমরাযুক্ত স্তন্যপায়ীদের (1700 ইঁদুর প্রজাতি) মধ্যে পার্থক্য সুস্পষ্ট এবং এদের 16 টি বর্গের মধ্যে আনতে হয়েছে।

15.4 সারাংশ

এই এককটি পাঠ করে আপনি জেনেছেন—

- বিবর্তন বা অভিব্যক্তি একদিনে হয়নি। এটি একটি মন্থর কিন্তু অত্যন্ত দৃঢ় এবং গতিশীল প্রক্রিয়া।
- বিবর্তনের প্রমাণ পাওয়া যাচ্ছে বিভিন্নভাবে।
- বংশগতিবিদ্যার ক্রমোন্নতি বিভিন্ন জীবের বিবর্তন সম্পর্কে অনেক নতুন ধারণার সৃষ্টি করেছে।

15.5 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর দিন—

1. বিবর্তন বা অভিব্যক্তির সংজ্ঞা দিন।

2. জৈব বিবর্তনের প্রমাণসমূহ সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা করুন।
3. তুলনামূলক অঙ্গসংস্থানজনিত ও শারীরস্থানীয় প্রমাণগুলি বিস্তারিতভাবে আলোচনা করুন।
4. ভ্রূণতত্ত্বজনিত ও জীবাশ্মজনিত সাক্ষ্যপ্রমাণগুলি আলোচনার মাধ্যমে বুঝিয়ে দিন।
5. তুলনামূলক শারীরবৃত্তীয় ও জীবরসায়নঘটিত প্রমাণগুলি আলোচনা করুন।

15.6 উত্তরমালা

অনুশীলনী 1

1. ইকুয়াস, ইওহিপ্পাস।
2. ডিপ্লোভার্টিব্রন।
3. সেম্যুরিয়া।
4. ক্যালামাইটিস।
5. গিংগো বাইলোবা।

সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

1. অনুচ্ছেদ 15.2 দেখুন।
2. অনুচ্ছেদ 15.3 দেখুন।
3. অনুচ্ছেদ 15.3.1 দেখুন।
4. অনুচ্ছেদ 15.3.2 দেখুন এবং 15.3.3 দেখুন।
4. অনুচ্ছেদ 15.3.6 দেখুন।

একক 16 □ অভিব্যক্তির মতবাদ (Theories of Evolution)

গঠন

16.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

16.2 ল্যামার্কের মতবাদ

16.3 নয়াল্যামার্কবাদ

16.4 ডারউইন তত্ত্ব

16.5 নিও-ডারউইনিজম এবং সংশ্লেষণবাদ (Synthetic theory)

16.6 সারাংশ

16.7 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

16.8 উত্তরমালা

16.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

প্রস্তাবনা

জৈব বিবর্তনের সংজ্ঞা এবং এর স্বপক্ষে বিভিন্ন সাক্ষ্য প্রমাণ সম্বন্ধে আপনারা ইতিমধ্যেই অবগত হয়েছেন। এখন এই বিবর্তন কোন পদ্ধতিতে কীভাবে ঘটেছে, তা ব্যাখ্যা করার জন্য ল্যামার্ক, ডারউইন, হুগো ডি ভিস সব বিভিন্ন জীববিজ্ঞানীরা বিভিন্ন মতবাদের উল্লেখ করেছেন। প্রতিটি মতবাদের স্বপক্ষে প্রচুর প্রমাণ রয়েছে, কিন্তু জীববিজ্ঞানের উন্নতির সাথে সাথে প্রতিটি মতবাদই কিছু কিছু অংশে নতুনভাবে মূল্যায়িত হয়েছে। এই মূল্যায়নের ফলে নয়াল্যামার্কবাদ, নয়া ডারউইনবাদ এবং আধুনিক সংশ্লেষণ মতবাদের জন্ম হয়েছে। বিবর্তনের পদ্ধতি সম্বন্ধে সার্বিক জ্ঞান অর্জনের জন্য প্রতিটি মতবাদ এবং তাদের সংশোধনগুলি পুঙ্খানুপুঙ্খভাবে আপনাদের জানা দরকার। এই এককে এ সম্বন্ধে আলোচনা করা হয়েছে।

উদ্দেশ্য

বর্তমান এককটি পাঠ করে আপনি—

- ল্যামার্কের মতবাদ এবং নয়া ল্যামার্কবাদ কী তা জানতে পারবেন।
- বিবর্তনের পদ্ধতি সম্পর্কে চার্লস ডারউইনের "প্রাকৃতিক নির্বাচন তত্ত্ব"-এর ব্যাখ্যা করতে পারবেন।

- বিবর্তনের পটভূমিকায় নয়া ডারউইনবাদ এবং পরিব্যক্তিবাদের ভূমিকা আলোচনা করতে পারবেন।
- আধুনিক জিনতত্ত্বের আলোকে নয়া সংশ্লেষণবাদ কীভাবে বিবর্তনের পদ্ধতিকে ব্যাখ্যা করেছে তা জানতে পারবেন।

16.2 ল্যামার্কের মতবাদ (ল্যামার্কবাদ বা ল্যামার্কিজম)

জ্যাঁ ব্যাপ্তিস্তে দ্য ম্যঁয়ে ল্যামার্ক (Jean Beptiste de Monet Lamarck; 1744-1829) বাজন্টিনে (Bazantin) জন্মগ্রহণ করেন। তাঁর প্রথম জীব-বিজ্ঞানের নিবন্ধ ছিল ফ্রান্সের উদ্ভিদ-গোষ্ঠীর উপর (Flora Francaise–1778)। তিনিই 'বায়োলজি' শব্দটির প্রতিষ্ঠাতা। প্রাণীদের শ্রেণিবিভাগে ল্যামার্কের অবদান তাঁর প্রতিভারই পরিচায়ক। তিনিই সর্বপ্রথম অভিব্যক্তির উপর বিশ্লেষণী তত্ত্ব প্রতিষ্ঠিত করেন এবং 1809 খ্রিস্টাব্দে 'ফিলজফিক জুলজিক' পুস্তকে তিনি বিবর্তন মতবাদ প্রকাশ করেন। ল্যামার্কের প্রবর্তিত মূল মতবাদ হল 'অর্জিত বৈশিষ্ট্যের বংশগতি' (Inheritance of Acquired characters) এবং এই মতবাদ দুইটি অংশে বিভক্ত। যেমন—

প্রথম অংশ ঃ ক্রমাগত ব্যবহারের ফলে জীবের অঙ্গ বিশেষভাবে বিশেষভাবে সুগঠিত হয় যা ওই ব্যবহারের সমানুপাতিক এবং কোন অঙ্গের অব্যবহার ওই অঙ্গকে ক্ষুদ্র, দুর্বল ও অক্ষম করে তোলে এবং ওই অঙ্গের সম্পূর্ণ বিলুপ্তি ঘটাতেও পারে।

দ্বিতীয় অংশ ঃ এই আহরিত পরিবেশজনিত পরিবর্তন বংশগতিতে বাহিত হয়, ফলে নূতন নূতন প্রাণীর সৃষ্টি হয় (Acquired characters are inherited)।

প্রথম অংশের উদাহরণ ও ব্যাখ্যা ঃ ল্যামার্ক মনে করতেন, পরিবেশের প্রভাবে জীবের বিভিন্ন অঙ্গ বিভিন্নভাবে পরিবর্তিত হয়। উদাহরণস্বরূপ—

(a) আজকের দিনে যে লম্বা গলাযুক্ত জিরাফ আমরা দেখি বর্তমানে জিরাফের পূর্বপুরুষদের এই রকম গলা ছিল না। বিবর্তনের ক্রমপর্যায়ে জিরাফের খাদ্য আহরণের স্বভাব বদলায় এবং উচ্চবৃক্ষের পত্রসকল খাদ্য হিসাবে গ্রহণ করতে থাকে। ফলে কয়েক পুরুষ ধরে জিরাফের গলা ক্রমেই লম্বা হতে থাকে। তা থেকে ক্রমাগত ব্যবহারের ফলে সমানুপাতিক হারে গলার বৃদ্ধি ঘটে আজকের জিরাফে পরিণত হয়েছে।

(b) জলজ পক্ষীর লিপ্তপদ সৃষ্টির পিছনে যুক্তি হচ্ছে যে, জলে সাঁতার কাটবার জন্য আঙ্গুলের গোড়ার পেশীতে টান পড়তে থাকে এবং পেশীগুলি বিস্তৃত হতে থাকে। পরবর্তী বংশধরদের মধ্যেই বিস্তৃত অঙ্গুলীমূল দেখা যায়। এইভাবে কয়েক পুরুষ ধরে ক্রমাগত চেষ্টা করবার ফলে তাদের পদগুলি লিপ্তপদে পরিণত হয়

(c) বর্তমানে সাপের হস্তপদ বিলুপ্তির কারণের ব্যাখ্যা হচ্ছে যে, স্বল্প পরিসর স্থানের মধ্য দিয়ে গমনাগমন করতে হয় বলে সাপের পূর্বপুরুষদের হস্তপদের ব্যবহার ক্রমশ কমতে থাকে। কয়েক পুরুষ ধরে হস্তপদের অব্যবহারের ফলে এটি ক্ষীণ, দুর্বল ও ক্ষুদ্রাকার হতে থাকে এবং অবশেষে এটির বিলুপ্তি ঘটে। তেমনি যারা গুহায় বাস করে তাদের দেহ ত্বকে কোনও রঙীন কণা থাকে না, গাঢ় অন্ধকারে বাস করে বলে চোখের ব্যবহার হয় না, ফলে তারা অন্ধ হয়েছে। উদ্ভিদ জগতেও বহু গাছে আত্মরক্ষার অস্ত্র হিসাবে বিভিন্ন রকমের কাঁটা জাতীয় ও লোমশ অঙ্গের উৎপত্তি হয়েছে। এইরকম বহু দৃষ্টান্তের সাহায্যে ল্যামার্ক তাঁর মতবাদের 'ব্যবহার এবং অব্যবহার জনিত ফলাফল' অংশ প্রমাণ করেন।

দ্বিতীয় অংশের উদাহরণ ও ব্যাখ্যা ঃ ল্যামার্ক বিশ্বাস করতেন যে পরিবেশের প্রভাবে জীবের যে অভিযোজন হয় অভিব্যক্তির জন্য তা খুব তাৎপর্যপূর্ণ। অভিযোজনের ফলে অর্জিত বৈশিষ্ট্যটি বংশগতিতে জনুপরম্পরায় বাহিত হয়। ফলে অর্জিত বৈশিষ্ট্যসহ নতুন প্রাণীর সৃষ্টি হয়। এই যুক্তির পক্ষে তিনি আবার জিরাফের গলা লম্বা হওয়ার কারণ ব্যক্ত করেন। অর্জিত বৈশিষ্ট্য এইভাবে বংশপরম্পরায় বাহিত হয়ে নতুন প্রজাতির সৃষ্টি করেছে যা অভিব্যক্তির পক্ষে ভিত্তিস্বরূপ।

ল্যামার্কের মতবাদের স্বপক্ষে যুক্তি ঃ ম্যাকডুগাল, কামার, লাইসেনকো, বাফন (Buffon) প্রভৃতি বিজ্ঞানীরা ল্যামার্কের মতবাদের স্বপক্ষে যুক্তি দিয়েছিলেন।

ম্যাকডুগাল (Mc. Dougall) কতকগুলি ইঁদুরকে একটা কক্ষে রেখেছিলেন যার দুটো নির্গমণ পথ ছিল। একটা নির্গমণ পথ আলোকিত ও অন্যটা অন্ধকার ছিল। যখন ইঁদুরগুলি আলোকিত পথ দিয়ে বেরিয়ে আসত তখন ওরা মৃদুভাবে বিদ্যুৎপৃষ্ঠ হত। কিন্তু অন্ধকার পথ দিয়ে বাইরে আসার সময় এরা বিদ্যুৎপৃষ্ঠ হত না। কিছুদিন পর দেখা গেল যে ইঁদুরগুলি বাইরে বের হওয়ার জন্য কেবল অন্ধকার পথটাই ব্যবহার করছে। ম্যাকডুগালের মতে এই চরিত্রটা এইসব ইঁদুরের সন্তানদের মধ্যে উত্তরাধিকার সূত্রে সঞ্চারিত হয়েছিল।

কামার বিভিন্ন রঙের বাক্সে স্যালাম্যাণ্ডার রেখেছিলেন। তাঁর মতে বাক্সের রঙ অনুসারে স্যালাম্যাণ্ডারের দেহের রং পরিবর্তিত হয় এবং এই চরিত্র বংশগত। যেমন, হলুদ বাক্সে যেসব স্যালাম্যাণ্ডার রাখা হয়েছিল তাদের রং হলদে হয়েছিল।

রাশিয়ার বিজ্ঞানী লাইসেনকো পারিপার্শ্বিক অবস্থার পরিবর্তন করে বিভিন্ন গাছে চারিত্রিক বৈশিষ্ট্যের পরিবর্তন ঘটিয়ে দেখিয়েছিলেন যে পরিবেশের পরিবর্তন গাছগুলির বৈশিষ্ট্য পরিবর্তন করেছে তা বংশগতি লাভ করেছে। এই মতবাদ লাইসেনকোইজম্ নামে পরিচিত।

ল্যামার্কের মতবাদের বিপক্ষে সমালোচনা ঃ ল্যামার্কবাদ নিম্নলিখিত ঘটনাগুলি ব্যাখ্যা করতে অক্ষম—

1. জার্মপ্লাজম মতবাদ ঃ ভাইসম্যানের মতে বংশপরম্পরায় বাহিত বৈশিষ্ট্যগুলি জীবের জার্মপ্লাজমে (জনন কোষে) অবস্থিত থাকে যা দেহকোষে অবস্থিত বৈশিষ্ট্যগুলির উপর নির্ভরশীল নয়। সুতরাং,

দেহকোষ দ্বারা অর্জিত কোন বৈশিষ্ট্য বংশানুক্রমিক নয়। ভাইসম্যান জননক্ষম ইঁদুরের লেজ কেটে তাদের প্রজনন করান। এইভাবে বাইশটি জনু পর্যন্ত লেজ কেটে ইঁদুরের প্রজনন করিয়ে একটিও লেজহীন ইঁদুর দেখতে পাননি। এই পরীক্ষা থেকেই তিনি উপরিউক্ত ধারণায় উপনিত হন।

2. মেণ্ডেলীয় বংশগতি থেকে প্রমাণ ঃ দেহকোষ দ্বারা বংশগতির বৈশিষ্ট্য যে প্রভাবিত হয় না তা আপনারা বুঝতে পারবেন যখন একটি হেটেরোজাইগাম সংকর (hybrid) উদ্ভিদকে প্রচ্ছন্ন জনিতৃর সঙ্গে সংকরায়ন করানো হয়। এতে অর্ধেক সংখ্যক অপত্য প্রকট বৈশিষ্ট্য সম্পন্ন হবে এবং বাকি অর্ধেক প্রচ্ছন্নবৈশিষ্ট্য সম্পন্ন হবে। প্রকট বৈশিষ্ট্যযুক্ত সংকর উদ্ভিদটির দেহকোষ যদি জননকোষের উপর প্রভাব বিস্তার করত তাহলে এই সংকরায়নের ফল অন্যরকম হতো।

3. পরিব্যক্তিবাদ ঃ বংশগতির বৈশিষ্ট্য বহনকারী জিনগুলি অর্জিত বৈশিষ্ট্য দ্বারা নয়, পরিব্যক্তি দ্বারা পরিবর্তিত হয়। এই পরিবর্তন বংশানুক্রমিক।

16.3 নয়া-ল্যামার্কবাদ

স্পেনসার, হেকেল, স্মিথ প্রভৃতি বিজ্ঞানীরা ল্যামার্কবাদকে কিছুটা পরিবর্তিত করে তাকে গ্রহণযোগ্য করার চেষ্টা করেছেন। তাদের প্রবর্তিত মতবাদকে নয়াল্যামার্কবাদ বলে। এই মত অনুসারে অভিযোজন একটি সার্বিক পদ্ধতি। পরিবেশের প্রভাবে কিছু প্রকরণ বা ভ্যারিয়েশনের সৃষ্টি হতে পারে। বিভিন্ন রকমের জাঙ্গাল উদ্ভিদ (Xeromorphic) যেমন, ক্যাকটাস, ইউফরবিয়েসী গোত্রের কোন কোন উদ্ভিদ, অ্যাগেভ (Agave) ইত্যাদির মধ্যে যথেষ্ট সামঞ্জস্য সম্ভবত বহু বছর ধরে একই ধরনের পরিবেশে এদের জীবন যাপনের ফলে হয়েছে। বংশধারার বাহক DNA-এর গঠনেও কখনও কখনও পরিবর্তন দেখা দিতে পারে। যেমন, এক্স-রশ্মির প্রভাবে ক্রোমোজোমে পরিবর্তন দেখা দিতে পারে। সুতরাং কোন কোন পরিবেশগত কারণ যা এক্স-রশ্মির মতো জোরালো নয় কিন্তু বহুবছর ধরে কার্যকারী তার প্রভাবে জনন কোষের জীনেও পরিবর্তন দেখা দিতে পারে। এই রকম বংশগত পরিবর্তনের ফলে নতুন ধরনের জীবের সৃষ্টি হতে পারে। ফলে জীবের বিবর্তন সম্ভবপর হয়। এই নয়া ল্যামার্কবাদও অর্জিত বৈশিষ্ট্যের বংশগতি নির্ভর, ফলে বিজ্ঞানী মহলে এই মতবাদও সমালোচিত হয়েছে।

16.4 ডারউইন-তত্ত্ব বা ডারউইনিজম

চার্লস রবার্ট ডারউইন (1809–1882) বিবর্তনের মতবাদের ক্ষেত্রে একটা গুরুত্বপূর্ণ নাম। তিনি 1809 খ্রিস্টাব্দে ইংলণ্ডের Shrewsbury-তে এক স্বচ্ছল পরিবারে জন্মগ্রহণ করেন। 1831 খ্রিস্টাব্দে ডারউইন দক্ষিণ আমেরিকাগামী H.M.S. Beagle জাহাজে প্রকৃতিবিদ্ হিসাবে যোগ দেন। এই

পরিভ্রমণের সময় তিনি বিভিন্ন প্রজাতির বিস্তার ও পারস্পরিক সম্পর্কের বিষয় গভীরভাবে চিন্তা করেন। তিনি সজীব উদ্ভিদ ও প্রাণীর সাথে জীবাশ্মের সম্পর্ক লক্ষ করেন। এইসময় তিনি নানা জায়গা থেকে জীবাশ্ম ও সজীব উদ্ভিদ ও প্রাণীর সাথে জীবাশ্মের সম্পর্ক লক্ষ করেন। এইসময় তিনি নানা জায়গা থেকে জীবাশ্ম ও সজীব উদ্ভিদ ও প্রাণী সংগ্রহ করেন। তিনি দক্ষিণ আমেরিকার পশ্চিম উপকূলের নিকটবর্তী গ্যালাপাগোস দ্বীপপুঞ্জের প্রাণীকুলের সাথে কেপ ভার্দে দ্বীপপুঞ্জের প্রাণীকূলের তুলনা করে দেখেন যে এই দুই অঞ্চলের পরিবেশ মোটামুটি এক হলেও এদের প্রাণীকূলের মধ্যে যথেষ্ট পার্থক্য রয়েছে। আবার আফ্রিকার নিকটবর্তী কেপ ভার্দে দ্বীপপুঞ্জের প্রাণীদের সাথে আফ্রিকার প্রাণীদের মিল দেখা যায়। ডারউইন লক্ষ করেন যে বিভিন্ন প্রজাতির মধ্যে স্থানের ব্যবধান যত কম হয় ততই এদের মধ্যে বেশি সামঞ্জস্য থাকে। ডারউইন 1836 খ্রিস্টাব্দে ইংল্যাণ্ডে ফিরে আসেন। এইসময় তিনি জৈব বিবর্তন যে হয়েছে সে বিষয়ে নিঃসন্দেহ হন। 1842 খ্রিস্টাব্দে তিনি প্রজাতির উৎপত্তি সম্বন্ধে প্রথম খসড়া তৈরি করেন। ডারউইন 1859 খ্রিস্টাব্দে তার বিখ্যাত "Origin of species by means of natural selection" বইতে প্রাকৃতিক নির্বাচন তত্ত্ব (Theory of Natural Selection) প্রকাশ করেন। ডারউইনের মতবাদ যেসব ধারণার উপর ভিত্তি করে গঠিত হয়েছে সেগুলি হল—

1. প্রজননের অপব্যয় ঃ প্রজাতির বিভিন্ন উদ্ভিদ ও প্রাণীর প্রকরণ ও সন্তান উৎপাদন ক্ষমতা পর্যবেক্ষণ করে ডারউইন বিবর্তনবাদের পদ্ধতি ব্যাখ্যা করেন। তিনি লক্ষ্য করেন জ্যামিতিক হারে প্রাণীর বংশবৃদ্ধি হয় কিন্তু যে পরিমাণে জন্ম হয় সেই পরিমাণে বেঁচে থাকে না, যার উদাহরণস্বরূপ, ব্রাসিকেসী গোত্রের অন্তর্ভুক্ত উদ্ভিদ *Capsella bursa-pastoris* (ক্যাপসেলা-বারসা-পাস্‌তোরিস) বছরে 50 হাজারের বেশি বীজ তৈরি করে, সোলানেসী গোত্রভুক্ত বনতামাক বছরে 3,60,000 বীজ তৈরি করে, যদিও দুক্ষেত্রেই সমস্ত বীজ পরিপক্ক হয় না এবং পরিপক্ক হলেও নানা কারণে অঙ্কুরোদগম হয় না। তা সত্ত্বেও প্রজাতি বজায় রাখার জন্য যথেষ্ট সংখ্যক গাছ প্রতিবছর জন্মায়।

প্রাণীর ক্ষেত্রেও এরকম অত্যধিক জন্মহার দেখা গেছে। একটা স্যালমন মাছ প্রজননের ঋতুতে 280 লক্ষ ডিম পাড়তে পারে। শামুক জাতীয় কিছু প্রাণী এক প্রজনন ঋতুতে এগার কোটির চেয়ে বেশি ডিম পাড়তে পারে। আমরা জানি, প্রাণীজগতের ক্ষেত্রে হাতির সন্তানজন্মের হার সবচেয়ে কম। কিন্তু হাতির সব সন্তান যদি স্বাভাবিকভাবে বেঁচে থাকত এবং নতুন সন্তানের জন্ম দিত তাহলে পৃথিবীতে স্থানাভাব এবং খাদ্যাভাব দেখা দিত। কিন্তু পরিবেশের সংগ্রামের ফলে (বন্য অবস্থায়) এই সংখ্যা ধ্রুবক থাকে।

2. অস্তিত্ব রক্ষার জন্য সংগ্রাম ঃ অতিরিক্ত জন্মহারের ফলে খাদ্য, স্থান, আলো, জল এবং অন্যান্য পরিবেশের উপাদানের জন্য ক্রমাগত লড়াই চলতে থাকে। ডারউইনের মতে বেঁচে থাকার জন্য এই সংগ্রাম তিন রকম হয়ে থাকে—

(a) **অন্তপ্রজাতী (Intraspecific) ঃ** একই প্রজাতির অন্তর্ভুক্ত বিভিন্ন জীবের মধ্যে যে সংগ্রাম।

(b) **আন্তরপ্রজাতী (Interspecific) ঃ** বিভিন্ন প্রজাতীর মধ্যে খাদ্য ও আশ্রয়ের জন্য যে সংগ্রাম।

(c) **পরিবেশীয় সংগ্রাম (Environmental) ঃ** পরিবেশের ভৌতিক বৈশিষ্ট্য এবং প্রতিকূল অবস্থার বিরুদ্ধে যে সংগ্রাম।

জীবজগতে প্রতিনিয়ত এই তিনপ্রকার সংগ্রাম চলছে। যে সমস্ত জীব বিরূপ প্রকৃতির সঙ্গে মানিয়ে নেওয়ার জন্য প্রকরণ বিশিষ্ট হয় তারা অবশেষে এই সংগ্রামে জয়ী হয়।

3. প্রকরণ (Variation) ঃ যে কোনোও দুটি উদ্ভিদ ও প্রাণীর অপত্য একইরকম হয় না। সামান্য পার্থক্য তাদের মধ্যে বর্তমান থাকবেই (যে কোনও দিক থেকেই হোক না কেন) ডারউইন বলেছেন এই প্রকরণগুলি (খারাপ এবং ভালো দুইই) জীবে সংরক্ষিত থাকে এবং বংশ পরম্পরায় সঞ্চারিত হয়।

4. প্রাকৃতিক নির্বাচন বা যোগ্যতমের বাঁচার অধিকার ঃ বিবর্তনের পরিবর্তনশীলতার এটিই প্রধান চাবিকাঠি। বেঁচে থাকার লড়াইয়ে যদি কোন উদ্ভিদ বা প্রাণীর প্রকরণ তাদের সমসাময়িক প্রতিদ্বন্দ্বী জীবকূলের তুলনায় অনুকূল হয় তাহলে প্রজাতির ঐ প্রাণী বা উদ্ভিদ প্রাকৃতিক নির্বাচন অনুসারে উপযুক্ত এবং বেঁচে থাকার অধিকারী।

5. নতুন প্রজাতির উৎপত্তি (Origin of Species) ঃ অস্তিত্ব রক্ষার সংগ্রাম জয়ী সেই উদ্ভিদ বা প্রাণীটির মৌল বৈশিষ্ট্যগুলি পরবর্তী প্রজন্মে বাহিত হয়। সুতরাং দেখা যাচ্ছে, যে উপকারী প্রকরণের ফলে জীবটি বেঁচে ছিল তা মৌলিক বৈশিষ্ট্যগুলির অন্যতম অংশ। ডারউইনের মতে দীর্ঘকাল ধরে এক জনু থেকে অপর জনুতে এই প্রকরণগুলি সঞ্চিত হতে থাকে এবং অবশেষে পরিবর্তিত গঠনযুক্ত একটি নতুন প্রজাতির উৎপত্তি হয়।

সমালোচনা

বিবর্তনের পদ্ধতির ব্যাখ্যায় ডারউইনের মতবাদ যদিও খুব গুরুত্বপূর্ণ, তা সত্ত্বেও এই মতবাদের কিছু কিছু সীমাবদ্ধতা আছে—

1. ডারউইন যোগ্যতমের জয়ের কথা বলেছেন কিন্তু কীভাবে সুবিধাজনক প্রকরণের উদ্ভব হয় সে সম্বন্ধে তিনি কিছু বলেন নি।

2. প্রাকৃতিক নির্বাচন সবসময় সুবিধাজনক হয় না। অনেক সময় অত্যধিক বৈশিষ্ট্যের জন্য কোন কোন জীব অবলুপ্ত হয়ে যায়। যেমন, দীর্ঘ দাঁতওয়ালা বাঘ অত্যধিক বৈশিষ্ট্যের জন্য পৃথিবী থেকে নিশ্চিহ্ন হয়ে গেছে।

3. প্রাকৃতিক নির্বাচনের সাহায্যে যেসব অঙ্গ জীবের বেঁচে থাকার পক্ষে মোটেই উপযোগী নয় যেসব অঙ্গের উপস্থিতি ব্যাখ্যা করা যায় না।

4. ডারউইন বংশগত এবং বংশগত নয় এই দুরকম ভ্যারিয়েশন বা প্রকরণের পার্থক্য বুঝতে পারেন নি। তাঁর মতে প্রায় সব রকম ভ্যারিয়েশন বংশগত। এখন আমরা জানি যে যেসব ভ্যারিয়েশন জনন কোষে হয় তাই কেবল বংশগত হতে পারে।

5. ডারউইন ল্যামার্কের ব্যবহার ও অব্যবহারের মতকে সমর্থন করেছেন। কিন্তু এখন জানা গেছে যে এই ধারণা সঠিক নয়।

6. ডারউইন "Theory of Pangenesis"-এর মাধ্যমে অপ্রত্যক্ষভাবে অর্জিত চরিত্রের উত্তরাধিকার মেনে নিয়েছেন। কিন্তু এই ধারণা এখন সমর্থিত হয় না।

7. ডারউইনের মতে অভিব্যক্তি ক্রমিক এবং অবিচ্ছিন্ন পদ্ধতি কিন্তু নেদারল্যান্ডের বিজ্ঞানী হুগো ডি ভ্রিস তাঁর বিখ্যাত পরিব্যক্তি মতবাদের (Mutation theory) মাধ্যমে মত প্রকাশ করেন যে শতসহস্র বছরের প্রাকৃতিক নির্বাচন পদ্ধতিতে প্রজাতির উৎপত্তি হয় না, বংশগত বৈশিষ্ট্যের হঠাৎ জিন পরিব্যক্তির (Genemutation) ফলে নতুন প্রজাতির উৎপত্তি হতে পারে। তিনি সান্ধ্য প্রিমরোজ (*Oenothera lamarkiana*) নামে উদ্ভিদের একটি প্রজাতির উপরে প্রজননের পরীক্ষা করে এই সিদ্ধান্তে উপনীত হয়েছিলেন।

অনুশীলনী 1

নীচের তালিকা থেকে শব্দ বা শব্দগুচ্ছ বেছে নিয়ে শূন্যস্থান পূরণ করুন—।

(ভাইসম্যান, ডারউইন, ফিলজফিক জুলজিক, ল্যামার্কের)

1. 'অর্জিত বৈশিষ্ট্যের বংশগতি' এই মতবাদের প্রবক্তা হলেন —।
2. বিজ্ঞানী লাইসেনকো — মতবাদের স্বপক্ষে যুক্তি দিয়েছিলেন।
3. 'জার্মপ্লাজম নির্বাচন তত্ত্ব' এই মতবাদের প্রবক্তা হলেন —।
4. 'প্রাকৃতিক নির্বাচন তত্ত্ব' এই মতবাদের প্রবক্তা হলেন —।
5. ল্যামার্কের প্রবর্তিত বিবর্তনের মতবাদ প্রকাশিত হয় — নামক পুস্তকে।

16.5 নিওডারউইনিজম এবং সংশ্লেষণবাদ (Synthetic Theory)

ডারউইনের প্রাকৃতিক নির্বাচনের মতবাদের সাথে ভ্যারিয়েশনের উৎপত্তি সম্বন্ধীয় আধুনিক ধারণার

সমন্বয়কে নিও-ডারউইনিজম বা নব-ডারউইনবাদ বলা হয়ে থাকে। আধুনিক ধারণা অনুসারে বিবর্তনে সান্তর প্রকরণ, প্রাকৃতিক নির্বাচন ও যোগ্যতমের জয়ের গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রয়েছে।

বিজ্ঞানের সব শাখার থেকে প্রাপ্ত তথ্যের ভিত্তিতে আধুনিককালের বিবর্তন সম্বন্ধীয় মতবাদ গড়ে উঠেছে। বিবর্তনের আধুনিক সংশ্লেষণ ধারণা (modern synthetic theory of evolution) অনুসারে জিন মিউটেশন, ক্রোমোসোমীয় মিউটেশন, জেনেটিক রিকমবিনেশন, প্রাকৃতিক নির্বাচন ও জননের ক্ষেত্রে অন্তরণ (reproductive isolution) হল প্রজাতি সৃষ্টির ক্ষেত্রে গুরুত্বপূর্ণ। বিজ্ঞানী স্টেবিনস্ "প্রসেস অব্ অরগানিক ইভোলিউসন" (Process of organic Evolution) বইতে বলেছেন এই পাঁচটি ফ্যাক্টরের মধ্যে জিন মিউটেশন, ক্রোমোসোমীয় মিউটেশন এবং রিকমবিনেশনের ফলে ভ্যারিয়েশন বা প্রকরণ বাড়ে। এরপর প্রাকৃতিক নির্বাচনযোগ্য ভ্যারিয়েশনকে মনোনীত করে। জননের ক্ষেত্রে অন্তরণ বা আইসোলেশনের মাধ্যমে প্রজাতি স্থায়ী হতে পারে। স্টেবিনস্-এর মতে পরের ফ্যাক্টর দুটি বিবর্তন পদ্ধতির দিক নির্দেশ করছে।

স্টেবিনস্ সংশ্লেষণ মতবাদকে জনপ্রিয়ভাবে ব্যাখ্যা করেছেন। তিনি জিন পরিব্যাক্তিকে গাড়ির ইঞ্জিন, প্রাকৃতিক নির্বাচনকে গাড়ির চালক, ক্রোমোজের পরিবর্তনকে গাড়ির অ্যাক্সিলারেটর, প্রজননগত বিচ্ছিন্নতাকে রাস্তার দিক ও গতি নির্দেশকের সাথে তুলনা করেছেন।

এই মতবাদ অনুসারে—

1. বিবর্তনের মৌলিক একক হল জনসংখ্যা এবং বিবর্তন ক্রিয়া এই জনসংখ্যা পরিবর্তন করতে সক্ষম।

2. উদ্ভিদ ও প্রাণীর ভৌগোলিক বিস্তারজনিত গঠনের ভূমিকা এবং জনসংখ্যার জিনগত বৈশিষ্ট্যের পরিবর্তনের প্রাথমিক পর্যায় এই সংশ্লেষণ মতবাদ অনুসারে ব্যাখ্যা করা হয়েছে।

3. এই তত্ত্ব সুদৃঢ়ভাবে প্রমাণিত জিনের গঠনগত ও কার্যগত প্রভাব দ্বারা বিবর্তনকে ব্যাখ্যা করা হয়েছে।

4. আধুনিক জিনতত্ত্বের উপর ভিত্তি করে সংশোধিত ডারউইনবাদই আধুনিক সংশ্লেষণতত্ত্বের পটভূমিকা। ডবজ্যানস্কির মতে এই সংশোধিত ডারউইনবাদ এবং আধুনিক সংশ্লেষণবাদ প্রকৃতপক্ষে বিবর্তনের জৈবিক মতবাদ, কারণ জিনতত্ত্ব, কোষ তত্ত্ব, শ্রেণিবিদ্যা (Systematics), ইকোলজি, অঙ্গসংস্থানবিদ্যা, শারীরস্থানবিদ্যা ইত্যাদি বিষয়ের সংমিশ্রণ ঘটেছে।

5. এই সংশ্লেষণ মতবাদ অনুসারে পরিব্যক্তি ও প্রকরণেই বিবর্তনের কাঁচামাল সরবরাহ করে এবং যৌনজননে সক্ষম প্রজাতির মধ্যে একই সঙ্গে অভিযোজিত জিনপুলকে প্রজননগত বিচ্ছিন্নতা প্রণালী (Reproductive isolation) দ্বারা বিচ্ছিন্ন হতে বাধা দেয়।

16.6 সারাংশ

● ল্যামার্কের মতবাদ—(1) কোন অঙ্গের ক্রমাগত ব্যবহার বা অব্যবহার ঐ অঙ্গের উন্নতি বা অবনতি ঘটায় এবং এর হার ব্যবহার বা অব্যবহারের সমানুপাতিক, (2) অর্জিত বৈশিষ্ট্য বংশগতি লাভ করে।

● ভাইসম্যান তাঁর জার্মপ্লাজম মতবাদ দ্বারা ল্যামার্কবাদের সমালোচনা করেন।

● প্রতিনিয়ত জীবনসংগ্রামে জীবের সহায়ক প্রকরণ প্রাকৃতিক নির্বাচন লাভ করে এবং তা বংশগতিতে বাহিত হয়—ইহাই ডারউইন প্রাকৃতিক নির্বাচন তত্ত্বের মূল কথা।

● প্রাকৃতিক নির্বাচন পদ্ধতিতে প্রজাতির উৎপত্তি হয় না। কিন্তু বংশগত বৈশিষ্ট্যের হঠাৎ বড় রকমের পরিবর্তন নতুন প্রজাতির জন্ম দেয়—ডি ভ্রিসের পরিব্যক্তিবাদ এইভাবেই ডারউইনবাদকে মূল্যায়ণ করেছে।

● বিবর্তনের আধুনিকতম মতবাদের নাম সংশ্লেষণবাদ। মেন্ডেলের বংশগতির নিয়মাবলী, জিনতত্ত্ব এবং জিন পরিব্যক্তি বা বিন্দু পরিব্যক্তি আবিষ্কৃত হবার পর এই সংশ্লেষণ মতবাদের জন্ম হয়েছে।

● সংশ্লেষণবাদের মূল বক্তব্য হল—বিভিন্ন জিন সম্বলিত জীব অপেক্ষা একই ধরনের জিন সম্বলিত জীবের অধিক সংখ্যায় অপত্য জন্মায়।

16.7 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর দিন—

1. ল্যামার্কের মতবাদ সম্পর্কে বিস্তারিত আলোচনা করুন।
2. নয়া ল্যামার্কবাদ সম্পর্কে সংক্ষিপ্ত আলোচনা করুন।
3. ল্যামার্কবাদ স্বপক্ষে ও বিপক্ষে যুক্তিগুলি আলোচনা করে বুঝিয়ে দিন।
4. ডারউইনতত্ত্বে আলোচনা করে এটির ত্রুটিগুলি উপর আলোকপাত করুন।
5. আধুনিক সংশ্লেষণ মতবাদের সাহায্যে নিওডারউইনিজম ব্যাখ্যা করুন।

16.8 উত্তরমালা

অনুশীলনী 1

1. ল্যামার্ক
2. ল্যামার্কের
3. ভাইসম্যান

4. ডারউইন
5. জিলজফিক জুলজিক

সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

1. অনুচ্ছেদ 16.2 দেখুন।
2. অনুচ্ছেদ 16.3 দেখুন।
3. অনুচ্ছেদ 16.2 দেখুন।
4. অনুচ্ছেদ 16.4 দেখুন।
5. অনুচ্ছেদ 16.5 দেখুন।

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 : Rs. 225.00

(NSOU-র ছাত্রছাত্রীদের কাছে বিক্রয়ের জন্য নয়)

Published by : Netaji Subhas Open University, DD-26, Sector-I, Salt Lake, Kolkata-700 064
and Printed at : SEVA MUDRAN, 43, Kailash Bose Street, Kolkata-700 006