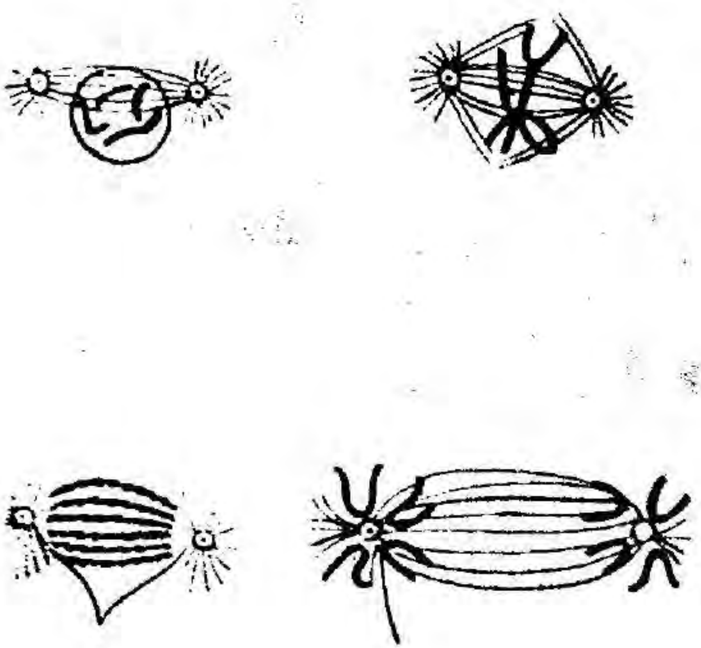
মৌলিক কৌলিবিজ্ঞা

শেখ জিনাত আলী



মৌলিক কৌলিবিজ্ঞান

(FUNDAMENTAL GENETICS)

Dhaka

শেখ জিনাত আলী

এম. এস-সি. (এ. এইচ) (ময়মন.), এল.এল-বি. (ঢাকা)

সহকারী অধ্যাপক (গবেষণা)

শস্য-প্রজনন ও কৌলিবিজ্ঞান বিভাগ

বাংলাদেশ কৃষি বিশ্ববিদ্যালয়

ময়মনসিংহ

বাংলা একাডেমী : ঢাকা

বাংলাদেশ কৃষি বিশ্ববিদ্যালয়সহ অন্যান্য বিশ্ববিদ্যালয়ে পশুপালন বিজ্ঞান, প্রাণি ও উদ্ভিদ বিজ্ঞান এবং চিকিৎসাবিজ্ঞানের স্নাতক, স্নাতকসম্মান ও স্নাতকোত্তর শ্রেণীর পাঠ্য।

প্রথম প্রকাশ
শ্রাবণ, ১৩৮৯
আগস্ট, ১৯৮২

[illegible]
মুদ্রণ সংখ্যা : [illegible]

পাণ্ডুলিপি
পাঠ্যপুস্তক বিভাগ

প্রকাশক
আল-কামাল আবদুল ওহাব
পরিচালক
প্রকাশন-বিক্রয় বিভাগ
বাংলা একাডেমী
ঢাকা

মুদ্রণ
বাংলা একাডেমী প্রেস
ঢাকা

মুদ্রণ তত্ত্বাবধায়ক
মোঃ আখতারুজ্জামান ভুঁইয়া

প্রচ্ছদ : গোপেশ মালাকার

মূল্য : ৪০·০০

MOULIK KOULIBIJNAN (*Fundamental Genetics* in Bengali) by Shaikh. Jinat Ali, published by Bangla Academy, Dacca, Bangladesh. First Edition, August, 1982. Price Tk. 40·00 U.S. dalar 2·00

মুখবন্ধ

কৌলিতত্ত্ব ও প্রজনন-বিদ্যার (genetics and breeding) কোন বই বাংলা ভাষায় নেই। এ ক্ষেত্রে আমি অনভিজ্ঞ, এ বিষয়ে আমার পড়াশুনাও বেশী নেই। আর 'শিখতে চাও তো শিখাও'—এ প্রবাদটির বাস্তবতা প্রমাণ করতেও এটি একটি সহজ উপকরণ হতে পারে, অন্ততঃ আমার পক্ষে। জীববিজ্ঞানের শিক্ষক, ছাত্র-ছাত্রী সবাই একবাক্যে স্বীকার করবেন বলেই আমার ধারণা যে, কৌলিতত্ত্ব অধ্যয়ন ও গবেষণা প্রকৃতগত-ভাবেই একটি কঠিন ও জটিল ব্যাপার। তদুপরি মাতৃভাষায় তা লিখবার চেষ্টা আরও কঠিন কাজ। তবে জেনেশুনে লেখার কাজ শুরু করি একমাত্র জাতীয় স্বার্থেই এবং এই বিদ্যা আত্মীকরণের জন্যই। কেননা বিদেশী ভাষায় আমরা যত বিদ্যাই অধ্যয়ন করিনা কেন, তা বুঝাতে হয় নিজস্ব ভাষাতে এবং আত্মীকরণও হয় নিজ ভাষাতে—এ বাস্তবতা আমাদের স্বীকার করতেই হবে। এই পুস্তকে মোটেই কোন পাণ্ডিত্যপূর্ণ নতুন তত্ত্ব নেই এবং পাণ্ডিত্যের দাবিদারও আমি নই; তবে দেশীয় প্রাণিকুলের ক্ষেত্রে তার প্রয়োগজনিত কথাবার্তা দু'একটা যে নেই তা নয়। বলাবাহুল্য, উন্নতিশীল বাংলাদেশে কৌলিতত্ত্বের প্রয়োগ ঘটিয়ে গৃহপালিত প্রাণীর উৎপাদন বৃদ্ধি তথা প্রাণীর গুণগত উন্নয়ন নিঃসন্দেহ একটি চমৎকার ও সুকঠিন বিষয়বস্তু।

প্রাণিবিদ্যার ছাত্র-ছাত্রীদের জন্য পুস্তকটি সহায়ক হতে পারে এবং ঢাকা বিশ্ববিদ্যালয়ের প্রাণিবিদ্যার যে অংশটুকু কৌলিতত্ত্ব সম্পর্কিত তা এতে সংযোজিত হয়েছে মোটামুটিভাবে। অন্যদিকে বাংলাদেশ কৃষি বিশ্ববিদ্যালয়ের পশুপালন ও চিকিৎসাবিজ্ঞানের ছাত্র-ছাত্রীদের জন্য এটি উপকারে আসবে বলেই আমার অনুমান।

আমার জানামতে এ দেশে বাংলায় এ ধরণের বই এই প্রথম। আর প্রথম বই হিসেবে এটি যে কোনক্রমেই ত্রুটিমুক্ত নয় তা আমি নিশ্চিত জানি। তবে সবরকম দক্ষ সহকারে বিষয়বস্তু অত্যন্ত সহজ ও সরলভাবে উপস্থাপন করার চেষ্টা করা হয়েছে এবং বোধগম্য হওয়ার জন্য

পাশাপাশি ইংরেজী শব্দ রেখে একাধিক বাংলা শব্দ ব্যবহার করা হয়েছে। বইয়ে কোন কিছুরই বিস্তৃত ব্যাখ্যা নেই। তবে মৌল সূত্রগুলো সংক্ষিপ্ত ও সহজভাবেই লেখার চেষ্টা করা হয়েছে এবং সে কারণে এর বিকাশগত ধারাবাহিক ইতিহাস এখানে স্থান পায়নি। প্রথম প্রচেষ্টা হিসেবে এতে দু'ধরনের আক্ষরিক চিহ্ন অর্থাৎ বাংলা ও ইংরেজী ব্যবহৃত হয়েছে। মেণ্ডেলীয় বংশগতিতে শুধু বাংলা অক্ষরে প্রকট ও প্রচ্ছন্ন বোঝাবার জন্য একই অক্ষর বড় ও ছোট আকারে লেখা হয়েছে। কারণ, বাংলায় দু'ধরনের হস্তলেখা নেই। এতে কোন অসুবিধা না হবারই কথা। প্রতীক (legend) ব্যবহার কৌলিতত্ত্ব বোঝাবার একেবারে প্রাথমিক পদ্ধতি এবং এটি অবশ্যই রাখতে হবে। তবে সহজভাবে বাংলায় প্রতীক ব্যবহার এ পুস্তকের একটি নীতি হিসাবে পরিগণিত। কারণ, বাংলায় এ পাঠক্রমের বিষয়বস্তু আত্মস্থ করানোই পুস্তকের উদ্দেশ্য। ছাত্র সাধারণের মনে অহেতুক জটিলতা সৃষ্টির অপপ্রয়াস সর্বতোভাবে পরিহার করা হয়েছে।

বইয়ের প্রত্যেক অধ্যায়ের শেষে অনুশীলনী দেওয়া হয়েছে। এতে খুব অল্প সংখ্যক প্রশ্ন রয়েছে। অন্যান্য বিদেশী পণ্ডিতদের মত সমস্যা-অনুশীলন খুব একটা নেই। উদ্দেশ্য এবং মৌলসূত্র একবার ছাত্রকে অনুধাবন করাতে পারলে প্রজনন-পরীক্ষা থেকে প্রাপ্ত ফলাফলের মৌল সূত্রগত ব্যাখ্যা যেন ছাত্র নিজেই তৈরি করতে সক্ষম হয়। উদাহরণ-স্বরূপ মেণ্ডেলীয় বংশক্রমতার বিভিন্ন সূত্র ও বিভিন্ন এক জোড়া বা দুই বা ততোধিক জোড়া জিন জড়িত সমাগমের ফলাফলকে বিশ্লেষণ করার জন্য সঠিক অনুপাতে ফেলে করতে হয়। অথবা কোন প্রাপ্ত তথ্য (অনুপাত) কোন প্রতিষ্ঠিত অনুপাতে পড়ে কিনা তার জন্য আমরা তা কাই-বর্গের (chi-square) সাহায্যে পরীক্ষা করে থাকি। তেমনি প্রজনন-পরীক্ষা থেকে প্রাপ্ত কোন তথ্যে কি ধরনের জীন-এর ক্রিয়া থাকতে পারে বা সন্তান-সন্ততির বাহ্যিক নমুনা (phenotype) থেকে তার জাতিনমুনা (genotype) বের করা বা সন্তানের মাতা-পিতার জাতি-নমুনা নির্ণয় করা ইত্যাদি সংক্রান্ত যে গতানুগতিক সমস্যা-অনুশীলনী যা অন্যান্য বইয়ে থাকে, তা এতে নেই। উদ্দেশ্য, ছাত্র-ছাত্রীকে এগুলো ব্যাখ্যা করাতে সক্ষম করে তোলা এবং তার ভিত্তি হচ্ছে তাকে মূল

বিষয়বস্তু সম্পূর্ণ অনুধাবন করানো এবং তা হৃদয়ঙ্গম করানো। তবে কষে দেওয়া অংক শেখানোর মধ্য দিয়ে নয়। অবশ্য দু'একটি ক্ষেত্রে সংকেতসহ অনুশীলনী সংযোজন করা হয়েছে।

আর একটি বিশেষত্ব হচ্ছে যে, এই বইয়ের সমস্ত আলোচনা ও উদাহরণ প্রাণিজগৎকে তথা প্রাণীদের পরীক্ষা-নিরীক্ষা দিয়েই দেওয়া হয়েছে। বিদেশী পণ্ডিত ব্যক্তিদের মত উদ্ভিদও প্রাণীর উদাহরণ একই সঙ্গে ব্যবহার করা হয়নি। অবশ্য প্রাণীদের বেলায় কৌলিতত্ত্বের প্রয়োগ খুবই সীমাবদ্ধ, কেননা প্রাণিজগতে বিশেষ করে উচ্চতর প্রাণীতে তথা অর্থকরী প্রাণীতে অযৌন বংশবিস্তার বলতে কিছু নেই। তবে এ কথার অর্থ এ নয় যে, প্রাণীতে কৌলিতত্ত্বের প্রয়োগ যৎসামান্য। বরং বলা চলে সবদিক থেকেই পশু-পক্ষীতে কৌলিবিজ্ঞানের প্রয়োগ অপেক্ষাকৃত জটিল ও কঠিন।

যাহোক বইটি যেসব পুস্তক অবলম্বনে লেখা হয়েছে তা হচ্ছে 'Snyder and David' (১৯৫৭)-এর 'The Principles of Heredity' ও 'Sinnott Dunn and Dobzanksky' (১৯৫৯)-এর 'Principles of Genetics'। তবে কোন কিছুরই হুবহু বা অবিকল অনুবাদ এটি নয়। অন্যদিকে 'দৈনিক সংবাদে' প্রকাশিত 'কিরিল-গিনবার্গের' (১৯৭৬)-এর 'বংশগত রোগের বিরুদ্ধে সংগ্রাম' শীর্ষক প্রবন্ধটি পুরোপুরি এখানে শেষ অধ্যায়ে সংযোজিত করা হয়েছে। এঁদের সবার কাছে আমি ঋণী।

এ ছাড়া অন্যান্য যে সব পুস্তক ও লেখকের বরাত দিয়ে অনেক কথা লিখেছি তাঁদের কাছেও আমি ঋণী। পশু-প্রজনন ও কৌলিবিজ্ঞান বিভাগের প্রধান শ্রদ্ধেয় শিক্ষক ডঃ এম. এ. হাসনাত সাহেবের ব্যক্তিগত অনুপ্রেরণা আমাকে অনেক সাহস যুগিয়েছে তা কৃতজ্ঞতাভরে স্বীকার করছি। সঙ্গে সঙ্গে কৃষি বিশ্ববিদ্যালয়ের মাননীয় উপাচার্য এবং আমার শ্রদ্ধেয় শিক্ষক প্রফেসর মোসলেহউদ্দিন আহমদ চৌধুরী সাহেবের সহায়তা, উপদেশ ও বস্তুনিষ্ঠ পরামর্শ আমার এ কাজে অনেক শক্তি যুগিয়েছে তা উল্লেখ না করে উপায় নেই। এ ছাড়া অন্যান্যের পরামর্শ ও অনুপ্রেরণা প্রদানের কথা কৃতজ্ঞতা সহকারে স্বীকার করছি।

সবশেষে আমার যে সকল প্রিয় ছাত্র-ছাত্রী ও শ্রদ্ধেয় সহকর্মীর জন্য এই পুস্তকটি রচিত হলো তাদের সামান্যতম উপকার হলে আমার চেষ্টা সফল হয়েছে বলে মনে করব। আগামীতে পুস্তকটিকে আরও সুন্দর ও সঠিকভাবে উপস্থাপিত করার জন্য সংশ্লিষ্ট সকলের সমালোচনা ও গঠনমূলক উপদেশ সাদরে গৃহীত হবে।

১২ই আগষ্ট, ১৯৮২ — শেখ জিনাত আলী

সূচীপত্র

বিষয়	পৃষ্ঠা
[illegible] পর্ব	১
[illegible] সংকরায়ন	১১
[illegible] সংকরায়ন	২৭
মেণ্ডেলীয় বংশক্রমে কোষতাত্ত্বিক পটভূমি	৩৭
দু'য়ের [illegible] জিন-জড়িত প্রজনন	৪২
[illegible] অনুপাত	৭৪
যৌন-জড়িত জিন	৮৭
যৌন-প্রভাবিত ও যৌন-সীমিত চরিত্র	১০৬
কৌল সংযোজন	১১৩
আড়াআড়ি উত্তরণ প্রক্রিয়ার কোষতাত্ত্বিক ভিত্তি ও ক্রোমোজোম চিত্র	১২৯
বহুগুণিত এলিল	১৪৭
বহুগুণিত মিশ্র উপসর্গ বংশক্রমতা	১৬২
ক্রোমোজোমের বিপথ গমন	১৮৩
কৌল পরিব্যক্তি	১৯৯
লিঙ্গ নিরূপণ	২০৭
কৌল ক্রিয়া ও কৌল প্রকৃতি	২২১
সম্ভাবনা সূত্রঃ দ্বিপদ উপপাদ্য	২৩৮
জনসংখ্যা কৌলিবিজ্ঞান	২৫০
সুজন্ম-বিদ্যা	২৫৭
গ্রন্থপঞ্জী	২৬৯
পরিভাষা	২৭৩

BANSDOC LI[illegible]
Accession No.

প্রথম অধ্যায়

বংশগতি পাঠ

(STUDY OF HEREDITY)

প্রাণীর পুরুষানুক্রমিক বৈশিষ্ট্য সৃষ্টির মৌলিক সূত্র বিংশ শতাব্দীর একটি বিশেষ আকর্ষণীয় দিক। মানুষসহ সকল প্রাণীর সকল প্রজন্ম (generation) দু'টি অব্যাহত ধারায় পরস্পর সম্পর্কিত। এ ধারা প্রবহমান যারা বহু পূর্বে মৃত, যারা জীবিত এবং যারা জন্মায়নি তাদের মধ্যে। দু'টি ধারার একটি হচ্ছে স্বয়ং পুনরুৎপাদনক্ষম জৈবিক ধারা (organic) এবং অপরটি হচ্ছে প্রাণী-সংস্কৃতির আত্মিক ধারা (spiritual)। জৈবিক ধারার বাহক হচ্ছে জিন (gene) যা ক্রমোজোমে (chromosome) সংগঠিত বংশগতির প্রাথমিক মাত্রা বা একক। এ জিন্ অনু দিয়ে গড়া। প্রাণীর আণবিক বংশগতিগত বিন্যাস রূপায়িত হয়েছে জিনের রাসায়নিক গঠনের অবিরাম পরিবর্তনের ফলে, সংখ্যাতীত পরীক্ষা-নিরীক্ষা ও ভুল-ভ্রান্তির ফলে—এক কথায় প্রাকৃতিক নির্বাচনের মাধ্যমে বিবর্তনের ফলে।

এই বংশগতিগত বিন্যাসের ধর্ম কি এবং কিভাবে তা কাজ করে ও পরিবর্তিত হয়? কিভাবেই বা জন্মান্তরে সঞ্চারিত হয়ে চলে? এ প্রশ্নগুলোর জবাব আমাদের দিতেই হবে। নইলে আমরা প্রকৃতির ক্রীড়নক হয়ে থাকব। মানুষ আবহমান কাল থেকে এ প্রশ্নগুলো এক কথায় বৈসাদৃশ্যের রূপান্তরশীলতার (variability) কারণগুলো জানবার চেষ্টা করে আসছে। তবে, অতি সাম্প্রতিককালে মানুষ এ সম্পর্কীয় সূত্রগুলির বাস্তব ব্যাখ্যায় পৌঁছেছে। বলাবাহুল্য এ সম্বন্ধীয় সকল বিষয়ের নিখুঁত ব্যাখ্যা আমরা পাই কৌলিতত্ত্ব ও প্রজনন-বিদ্যা বিষয় থেকে।

যে কোন বিজ্ঞান শিক্ষার প্রাথমিক কাজ হচ্ছে নিখুঁত পর্যবেক্ষণ। আর এ পর্যবেক্ষণই আমাদেরকে চিন্তার পথ দেখায়। উদাহরণ স্বরূপ বলা

যায়, কুকুর কুকুরের বাচ্চাই উৎপাদন করে, কখনও বিড়ালের বাচ্চা নয়। একটি শিশু এরূপ একসঙ্গে প্রসূত বাচ্চাগুলোর দিকে তাকিয়ে অথবা তাদের চেঁচানি শুনে অথবা স্পর্শ করে একটিকে অন্যটি থেকে পৃথক করে নিতে পারে। মোট কথা হচ্ছে কোন দুটো প্রাণী এক রকম নয়। আর জীবন্ত প্রাণীর বৈসাদৃশ্যের রূপান্তরশীলতা আসলে একটি মৌলিক চরিত্র। যদিও কোন দুটি প্রাণী সূক্ষ্ম অর্থে এক রকম নয়, তথাপি আমরা প্রাণিকুলের মধ্যে অনেক সাদৃশ্য (resemblances) অবশ্যই লক্ষ্য করি এবং অনুধাবন করি যে, এই সাদৃশ্যের অনেকটাই প্রাণীর জৈবিক সম্পর্কের ঘনিষ্ঠতার সহিত পরস্পর সম্পর্কিত। অন্যদিকে বৈসাদৃশ্যগুলিও (variations) একইভাবে সম্পর্কযুক্ত। বৈসাদৃশ্যগুলো আবার দু'রকম যথা: (১) পরিবেশগত বৈসাদৃশ্য-তথা খাদ্য, তাপমাত্রা ও অন্যান্য নৈসর্গিক কারণে যেগুলো ঘটে থাকে; (২) বংশগতিক বৈসাদৃশ্য যা জন্মান্তরে জনক-জননী থেকে সন্তানদের মধ্যে পর্যবসিত হয়। আর কৌলিতত্ত্ব এ বংশগতির কারণে সংঘটিত সাদৃশ্য ও বৈসাদৃশ্যের উৎস ও তাদের বিকাশকেই বিশ্লেষণ করে মাত্র।

যাহোক, জৈবিক সম্পর্ক প্রাণীদের মধ্যেকার সাদৃশ্য ও বৈসাদৃশ্যের (resemblance and variation) কারণের অংশবিশেষ মাত্র। আসলে নিজস্বতা হচ্ছে প্রাণীদের বংশগত ও পরিবেশগত প্রভাবের আন্তঃক্রিয়ার ফল। এ প্রভাবের প্রত্যেকটির অবদান গুণগত ও পরিস্থিতিগতভাবে পার্থক্য ঘটায়। সুতরাং বংশগতি-বিজ্ঞান তথা কৌলি-বিজ্ঞান প্রাণীর জৈবিক গঠন ও পরিবেশ এবং জৈবিক প্রভাবের পটভূমিতে কার্যরত সূত্র ও নিয়মের (Law) বিশ্লেষণকেই বুঝায়।

তবে আলোচনার বিষয়বস্তু হিসেবে কৌলিতত্ত্ব আমাদের মাঝে খুবই আগ্রহের উদ্রেক করে; কেননা আমরা নিজেরাই এ পৃথিবীর প্রভাবাধীন উন্নয়নগামী ও আন্তঃক্রিয় অসংখ্য বংশীয় গুণের উৎপাদক মাত্র। বিজ্ঞান হিসেবে এটা গতিশীল এবং প্রকৃতির নিয়মসাপেক্ষ। এ পুরোপুরি পদার্থ ও রসায়ন শাস্ত্রের সাথে তুল্য এবং অন্যান্য বিজ্ঞানের মত এর একটি ইতিহাসও রয়েছে।

প্রাথমিক পর্যায়ে উদ্ভিদ ও ক্ষুদ্র প্রাণীর প্রজননমূলক গবেষণা হতেই ১৮৬৫ সালের দিকে কৌলিতত্ত্বের উদ্ভব হয়েছিল। এ ব্যাপারে

অস্ট্রিয়ার সেন্ট থোমাস মেণ্ডেলই প্রথম দার্শনিক যিনি বিখ্যাত উদ্ভিদ-সঙ্করায়ন দ্বারা (Plant hybridization) বংশগতির ধারার উপর মূলসূত্র আবিষ্কার করেন। পরবর্তীকালে করেন্স (১৯০০); ডি-ভ্রীজ (১৯০০); জারম্যাক (১৯০০); হার্স্ট (১৯০৪); বেট্‌সন্ (১৯০৫); লক (১৯০৫) ও ডাবিশায়ার (১৯০৯) পৃথক পৃথকভাবে মটর কলাইর বীজ রং-এর বংশক্রমতার উপর ব্যাপক পরীক্ষা-নিরীক্ষা চালিয়ে একই বক্তব্য উপস্থাপন করেন এবং মেণ্ডেলের উত্তরসূরী হিসেবে চিহ্নিত হন। এরপর টি.এইচ. মরগ্যান, কাস্‌ল্ ও অন্যরা পূর্ববর্তী বিজ্ঞানীদের বিস্ময়কর আবিষ্কারে উৎসাহী হয়ে ফল মাছির (Drosophila) বংশগতিক বৈশিষ্ট্যের উপর কাজ করেন। এভাবে কৌলি-বিজ্ঞানের ব্যাপকতা ঘটতে থাকে। কিন্তু সবচেয়ে গুরুত্ববহ ঘটনা হচ্ছে যে, কৌলিতত্ত্বের সূত্রায়ন উদ্ভিদ-সঙ্করায়নের মাধ্যমে উদ্ভাবন করা সম্ভব হলেও উহা প্রাণিকুলের বেলায়ও সমান প্রযোজ্য।

অন্যদিকে মানুষের বংশগতিগত বিন্যাসের যে অগ্রগতি অতি সাম্প্রতিক-কালে সাধিত হয়েছে তার কিছুটা আভাস আমরা পাই কিরিল গিন-বার্গের (১৯৭৬) একটি প্রবন্ধ থেকে। কিরিল গিনবার্গ 'বংশগত রোগের বিরুদ্ধে লড়াই' শীর্ষক প্রবন্ধটিতে মানুষের বংশগতি বিন্যাসকে তুলনা করেছেন চৌম্বক ফিতের সঙ্গে, যার উপর লিপিবদ্ধ থাকে সকল কোষের প্রতি নির্দেশ। প্রসঙ্গতঃ উল্লেখ্য যে, উক্ত প্রবন্ধটির বক্তব্য পুস্তকের শেষ অধ্যায়ে আলোচনা করা হয়েছে।

সুতরাং পরিষ্কার বুঝা যাচ্ছে কৌলি-বিজ্ঞান অধ্যয়নে মানুষকে কিয়ৎপরিমাণে আলোচনার বিষয়বস্তু হিসেবে ব্যবহার করা চলে।

কৌলিতত্ত্বের সূত্র ব্যাখ্যা করতে গিয়ে প্রায়ই বিজ্ঞানীরা গবেষণাগারে সহজ ও দ্রুত উদ্ভাবনযোগ্য উদ্ভিদ ও প্রাণীর উদাহরণ দ্বারা ঘটনা বুঝাবার চেষ্টা করেন এবং কোন কোন সময় তা প্রয়োজনীয়ও বটে। আবার কোন কোন ক্ষেত্রে কৌলি-বিজ্ঞানের ছাত্রকে সরাসরি গৃহপালিত পশু-পক্ষী এবং অর্থকরী উদ্ভিদের উন্নতির ব্যাপারে ব্যস্ত থাকতে হয়। আজকের দিনে বিজ্ঞানীদের কাছে একটি নতুন ধরনের উদ্ভিদ উদ্ভাবন মোটেই অসাধারণ কাজ নয়। প্রাণীর বেলায় যদিও এ পদ্ধতি ধীর ও

কষ্টকর তথাপি ইতিমধ্যে উন্নতমানের পশু-পক্ষী উদ্ভাবন মানুষের বর্ধিষ্ণু বংশগতিগত জ্ঞানের পরিপক্কতার পরিচয় বহন করে।

মানুষের বংশগতির বেলায় আমরা শুধু সুবিধাজনক বৈশিষ্ট্যগুলো অনুধাবন করেই অগ্রসর হই। কেননা মানুষের মধ্যে প্রাণীদের মত অবাধ ও পরীক্ষামূলক সমাগম সম্ভব নয়। আর এভাবে প্রতিদিন নতুন নতুন ঘটনার উদ্ভব হচ্ছে মানুষের বংশগতি সম্পর্কে এবং তা থেকে নতুন গবেষণার বস্তু সংগ্রহ সম্ভব হচ্ছে। কৌলি-বিজ্ঞান একটি গতিশীল বিজ্ঞান (dynamic science) এবং এর সূত্র এ ব্যাপারে প্রয়োগ হচ্ছে। মানব বংশগতির ধারা আজ অনেক সহজ হয়েছে এবং বংশগতি সম্পর্কে অনেক কুসংস্কার ও ভ্রান্ত ধারণা দূর হয়েছে। এখন মানব-দেহকে বিশ্লেষণ করার মধ্য দিয়ে বংশগত গঠনকে বংশগতির ধারা ও সূত্রের সহিত গ্রথিত করা সহজ হয়েছে। অবশ্য এ'টি খুব ধীর পদ্ধতি, কিন্তু দিন দিন অনেক বিস্ময়কর ঘটনাকে কেন্দ্র করে বহু পরীক্ষা-নিরীক্ষা হচ্ছে।

বংশগতির জ্ঞানকে আয়ত্ত করতে হলে আমাদেরকে বৈশিষ্ট্যের বংশানুক্রমিক ব্যতিক্রমকে (variation) বুঝতে হবে। এজন্য একই জাতীয় প্রাণীর মধ্যে আকর্ষণীয় পার্থক্যগুলো কৌলি-বিজ্ঞানের দৃষ্টিকোণ থেকে আমাদের কাছে অনেক মূল্যবান। উদাহরণ স্বরূপ, যদি প্রত্যেকের বাদামী রং-এর চক্ষু থাকে তা' হলে মানুষের মধ্যে চক্ষু রং-এর বংশগতির প্রকৃতি সম্পর্কে আমরা কিছুই জানতে পারি না এবং তা আমাদের মনে কোন আগ্রহেরও সৃষ্টি করে না। কিন্তু যখনই বাদামী চক্ষু-জন সংখ্যায় আমরা কোন নীল চক্ষুর সাক্ষাৎ পাই, তখনই আমরা চক্ষু রং-এর বংশগতির উপর ব্যাপক তথ্য সংগ্রহ করা শুরু করি। এভাবে আকর্ষণীয় বৈসাদৃশ্যগুলো তখন কৌলি-বিজ্ঞানের একটা সুবিধাজনক ভূমিকা তৈরী করে ফেলে।

বাঙ্গালী সমাজেও আমরা বৈবাহিক সম্পর্ক স্থাপন করার ক্ষেত্রে একটা বিষয় লক্ষ্য করে থাকি, তা হচ্ছে আমরা বিয়ে-সাদিতে কুলীন বা কুল খুঁজে থাকি অথবা কুলীন পরিবারের মেয়ে খোঁজ করি। অর্থাৎ এ থেকে এই প্রমাণিত হয় যে, কৌলিন্য-প্রথা এ সমাজে পূর্বেও ছিল এবং এখনও আছে তবে সামাজিকভাবে অন্যান্য উপকরণ-উপসর্গের বিবর্তন ঘটায়

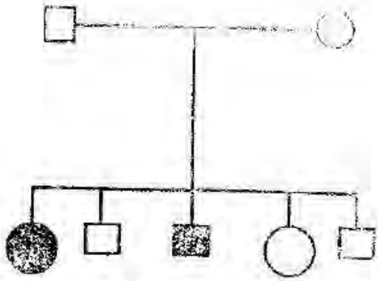
কুলীন অর্থেরও পার্থক্য ইতিমধ্যে হয়ে গেছে। সম্ভবতঃ আমাদের সমাজে 'কুল' কথাটিও একার্থক। অর্থাৎ ইহা দ্বারা বিশেষ গুণসম্পন্ন ব্যক্তি তথা তার বংশানুক্রমিকভাবে প্রাপ্ত 'জিন্'কেই বুঝানো হয়।

যাহোক, আমাদের পরিবারগুলোর মধ্যেই পর্যবেক্ষণের জন্য প্রাপ্তব্য বৈসাদৃশ্যের উৎস পেতে পারি। আমাদের বন্ধু-বান্ধব, আত্মীয়-স্বজন এবং জনগণের দিকে লক্ষ্য করলে আমরা আমরা কতকগুলো সাদৃশ্য-বৈসাদৃশ্য বা মিল ও গরমিল লিপিবদ্ধ করতে পারি এবং তা থেকে আমরা এভাবে নিজেরাই কতকগুলো মৌল সূত্র বংশগতির অধিকতর কারিগরি ও সূক্ষ্ম বিশ্লেষণের জন্য গড়ে তুলতে পারি।

চক্ষু-রং পশ্চাত্যের একটি সহজপ্রাপ্য বৈশিষ্ট্য এবং এ ব্যাপারে সুবিধাজনক ভূমিকা তৈয়ার করতে পারে। পরিবারের তথ্য-সংগ্রহ থেকে বাদামী ও নীল চক্ষুর পৃথক চিহ্ন ব্যবহার করে আমরা একটা চার্ট উদ্ভাবন করতে পারি (চিত্র ১.১ দ্রষ্টব্য)। ঠিক এমনিভাবে শরীরের রং-তথা এলবায়নো (albino) বা অতিশ্বেতকায় মানুষদের থেকেও বংশ-চার্ট (family chart) করে দেখান যেতে পারে। তাছাড়া একটি অতিরিক্ত অঙ্গুলিসম্পন্ন হাতের ও টেকো মাথার উপরও অনুরূপ একটি চার্ট তৈরী করা যায়। তবে উপরোক্ত চক্ষু-রং, শরীরের রং অথবা অতিরিক্ত অঙ্গুলি সম্পন্ন (polydactilism) পরিবারের চেয়ে টেকোভাব (baldness) বংশগতি একটু ভিন্ন ধরনের এবং এ ক্ষেত্রে আমরা একটি নতুন ঘটনারও সম্মুখীন হই। টেকোভাব বেলায় দেখা যায় যে, টেকোতা শুধু পুরুষদের মধ্যে সীমাবদ্ধ এবং পিতা থেকে তা শুধু পুত্রই পায়। আবার এর ব্যতিক্রমও ঘটে যখন রক্ত-ঝরা (hemophilia) কোন পরিবারের বিশ্লেষণ করি। রক্ত-ঝরা কিন্তু আপাতত: পুরুষদের বেলায়ই ঘটে; তবে পিতা থেকে পুত্র তা সরাসরি পায় না এবং তা একটি বাহক পিতা (afflicted father) থেকে তার মেয়েদের মাধ্যমে কোন কোন নাতিনদের মধ্যে চলে যায়; ইহা তখন আরও একটি নতুন ঘটনার জন্ম দেয়।

এমনি আরও পরিবারের কথা ধরা যায় যেখানে কয়েক পুরুষ ধরে তারা ছিল পাথর-কর্তনী (stone cutter)। সে পরিবারের পেশাই পরিবারের লোকদেরকে পাথর কণার সংস্পর্শে এনেছে এবং তাদেরকে কিয়ৎ পরিমাণে

বাধ্য হয়েই পাথর-কণা শুঁকতে হয়েছে। এ লোকদের মধ্যে প্রায়ই শেষ জীবনে ফুসফুসের রোগের লক্ষণ ধরা পড়েছে। প্রথমতঃ মনে করা



চিত্র ১.১ : চক্ষু-রং-এর বংশীয় চার্ট। বর্গক্ষেত্র পুং লিঙ্গ এবং বৃত্তগুলো স্ত্রীলিঙ্গ বোঝায়। বেগুনী চক্ষু খোলা চিহ্ন নীল চক্ষু ঘন চিহ্ন।

হয়েছিল সর্বদা পাথর-কণা শুঁকার দরুন ফুস্‌ফুসের রোগ গড়ে উঠে। কিন্তু পরবর্তী শেষ দু'পুরুষে সে পরিবারের কেউ পাথর-কর্তন পেশায় নিয়োজিত ছিল না, তথাপি তাদের মধ্যে ফুস্‌ফুসের রোগ দেখা দেয় এবং একইভাবে একজন স্ত্রীলোকের মধ্যেও শেষ পুরুষে তা দেখা দেয়। একজনের মধ্যে হয়ত সে রোগ আবার দেখাই দেয়নি।

এভাবে পরিবারের বংশগতি থেকে শুরু করে জাতীয় জীবনের বংশগতি সম্পর্কে অনুসন্ধান করতে গিয়ে বহু চাঞ্চল্যকর সম্ভাবনার প্রস্তাব করা যায়। অনেক গুণাগুণ দ্রুত লক্ষণীয় যেমন অন্ধতা, বধিরতা, সঙ্গীত-দক্ষতা, রোগাক্রান্ততা, বিকাশ (stature), আয়ু, মেজাজ, বাম-হাতী (left handedness) এবং আরও অনেক কিছু আমাদের অধ্যয়নের জন্য মানব-সমাজে ও প্রকৃতিতে রয়েছে। আমাদের পাঠের পূর্বেই আমরা যদি এরূপ পরিবারের বংশীয় চার্ট পরীক্ষা করে দেখি তা হলে তাদের থেকে আপাততঃ কিছু সাধারণ সূত্র গ্রহণ করা যেতে পারে এবং এসব পেডিগ্রি (pedigree) বা বংশীয় চার্টই তখন বংশগতির নিয়ম বুঝার জন্য যথেষ্ট উপকরণ হয়ে যাবে—যা পরবর্তী বিশ্লেষণের জন্য কৌলিবিজ্ঞান অধ্যয়নকে সত্যি সত্যি একটা সজীব ও গতিশীল বিষয়বস্তু করে উপস্থাপিত করতে পারে।

ইতিমধ্যে যখন আমরা প্রাণীর ও উদ্ভিদের মাতা-পিতা ও সন্তানদের পর্যবেক্ষণ হ'তে বংশীয় উপসর্গের আচার-ব্যবহার সম্পর্কে কিছু আলোকপাত করেছি তখন আমরা এ উপসর্গগুলির প্রকৃত অবস্থান, বস্তুগত পটভূমি এবং গুণাগুণ সৃষ্টিতে কাজের গতিধারা সম্পর্কে প্রশ্ন উঠাতে পারি।

অধ্যায়ের শুরুতে আমরা এ কথা বলবার চেষ্টা করেছি যে, বংশগতির উপসর্গগুলি হচ্ছে যৌগিক এবং জটিল আমিষ-কণা, যাকে আমাদের ভাষায় জিন্ (gene) বলে আখ্যায়িত করি। আমরা পূর্বেই উল্লেখ করেছি যে, এটি বিজ্ঞান হিসেবে রসায়ন ও পদার্থবিদ্যার সাথে তুল্য। অতএব জিনের গঠন, আকৃতি ও আচরণ বুঝতে হলে এ বিষয়ে জ্ঞান অবশ্যই থাকতে হবে। যা হোক, এ জিনগুলো ডি-অক্সিরাইবোনিউক্লিক এসিড (Deoxyribonucleic acid) বা সংক্ষেপে ডি-এন-এ (DNA) দ্বারা গঠিত। এ এসিডকে আমরা "অনাম্লজানী-পঞ্চ-চিনি-অঙ্গার-কেন্দ্রিক অম্ল" বলব। এ এসিডগুলো কোষের কেন্দ্রস্থলে (nucleus) অবস্থিত পরমাণু-বীক্ষণীয় দণ্ডাকৃতি বস্তুর নির্দিষ্ট বিন্দুতে বা দাগে (loci) অবস্থান করে। এ দণ্ডাকৃতিক বস্তুগুলোকে আমরা ক্রমোজোম্ (Chromosome) বলি এবং এ ক্রমোজোম্ বহু জিন্ দ্বারা গঠিত। আজকাল ক্রমোজোমের রাসায়নিক গঠন ও ক্রিয়া দ্রুত জানা যাচ্ছে। অবশ্য যদিও এক জাতীয় বংশগতিগত পার্থক্যের অধিকাংশই জিনের বা উপসর্গের পার্থক্যের জন্যই হয়ে থাকে, তথাপি কোষ-কেন্দ্র বহির্ভূত কোষ-তরল ও (cytoplasm) এ ব্যাপারে কিছু ভূমিকা পালন করে থাকে। আমরা সেগুলি পরবর্তী সংশ্লিষ্ট এক অধ্যায়ে বিস্তারিতভাবে সংযোজন করব।

কোষের যতদিন আয়ুষ্কাল থাকে ততদিন উপসর্গ বা জিনগুলো নিজেরাই ঠিক ঠিক পুনঃ স্ব-সৃজনশীল হয়ে থাকে। তাদের রাসায়নিক গঠন অনেক সময় বা মাঝে মাঝে পরিবর্তনযোগ্য এবং যার ফলে একটা ভিন্ন ধরনের আকৃতিক পরিবর্তন (structural change) ও বাহ্যিক ক্রিয়া প্রাণিকুলে দেখা দেয়। এজন্যই বিশেষ অবস্থায় প্রাণীদের মধ্যে নতুন গুণাগুণ বা বৈশিষ্ট্যের জন্ম হয়। আমরা এ পরিবর্তনগুলো বাহ্যিকভাবে অবলোকন করি। এরূপ পরিবর্তন স্থায়ী হয় এবং একে জেনিক

পরিব্যক্তি (gene mutation) বলা হয়। পরিবর্তিত অবস্থায় এ উপসর্গগুলো আবার নিজেরাই বিশ্বস্ততার সহিত (বংশানুক্রমিকভাবে) পুনঃ সৃষ্ট হয়।

আমরা কৌলি-বিজ্ঞান অধ্যয়নক্রমে লক্ষ্য করি যে, জিনগুলো নিজস্ব পরিবেশের উপ-কাঠামোতে ক্রিয়ারত এবং ব্যক্তি বা প্রাণীবিশেষের গুণা-গুণগুলো জৈনিক ক্রিয়ার কারণেই প্রতিফলিত হয়। পরমাণুবীক্ষণ যন্ত্রে আমরা এ আমিষ-কণা তথা জিনগুলোর কাঠামো (structure) দেখতে পাই এবং এ কণাগুলোর ব্যাস (diameter) ৪ থেকে ১০ মিলিমাইক্রন। প্রাণীর জন্মান্তরে কোন বৈশিষ্ট্যের পরিবর্তন সূচিত হয় সংশ্লিষ্ট জিনগুলোর কাঠামোর পরিবর্তন দ্বারা এবং এ সম্পর্কে আমরা পরবর্তী অধ্যায়ে বিশদভাবে আলোচনা করব। যারা জৈব রসায়ন বা প্রাণ-রসায়ন বিদ্যার ছাত্র-ছাত্রী তারা অবশ্যই অনুঘটক (enzyme) সম্পর্কে অবগত। দেখা গেছে, জিনগুলো জৈব ক্যাটালিস্ট বা জৈব অনুঘটক সৃষ্টি করে এবং পরে এ অনুঘটকগুলো অনুসোচক হিসেবে জিন-ক্রিয়ায় সহায়তা করে। সুতরাং জিন কর্তৃক অনুঘটক সৃষ্টি এবং বিপাকে (metabolism) নিজ নিয়ন্ত্রণাধীন রাখার যে মহা-প্রক্রিয়া জিন-শারীরবৃত্তে আমরা লক্ষ্য করি তা আজকাল কৌলিতত্ত্বের একটি অন্যতম উল্লেখযোগ্য ঘটনা। অন্যদিকে জৈনিক-কাঠামোতে ক্রিয়ারত প্রত্যেকটি অণু-পরমাণুসহ খোদ জৈনিক কাঠামোকে আণবিক কাঠামোর সাথে তুলনা করা চলে। কৌলি-বিজ্ঞানের গতিশীল বিকাশ ও অবদানের প্রসঙ্গে এ কথা দৃঢ়ভাবে ব্যক্ত করা যায়।

কৌলিতত্ত্ব অধ্যয়নের একটি বাস্তবসম্মত দৃষ্টিকোণ রয়েছে। এ বিজ্ঞানের অবদানের প্রসঙ্গ উঠলে সে দৃষ্টিকোণ তার লক্ষ্য ও উদ্দেশ্য সম্পর্কে আলোচনা করতে হয়। বর্তমান বিশ্বের সবচেয়ে কঠিন ও জটিল যে সমস্যা তা হচ্ছে খাদ্য সমস্যা তথা কৃষি উৎপাদন বৃদ্ধির সমস্যা এবং তার সাথে স্বাস্থ্য সংরক্ষণ সংক্রান্ত সমস্যা। আর কৌলিতত্ত্বের সৃজনশীল প্রয়োগ ঘটিয়ে অর্থকরী উদ্ভিদের ফলন বৃদ্ধি এবং গৃহপালিত পশুর উৎপাদন বৃদ্ধি করা সম্ভব। উচ্চ ফলনশীল বীজ ও উন্নতমানের গবাদি-পশু উৎপাদনের যে বিবর্তন আজকের বিশ্বে সূচিত হয়েছে, তা কৌলি-তত্ত্বের সরাসরি অবদান। তাছাড়াও দুরারোগ্য ব্যাধি থেকে পরিত্রাণ পাওয়ার উপায় অবলম্বনের ক্ষেত্রে ইহার প্রয়োগ পদ্ধতি একটি অত্যন্ত

গুরুত্বপূর্ণ ঘটনা। অন্যদিকে জৈব বিবর্তন তথা প্রাণীর বিবর্তন ধারা ব্যাখ্যা করার জন্য এ একটি অতি উত্তম বৈজ্ঞানিক পন্থা।

উদ্ভিদ সঙ্করায়নের মাধ্যমে অর্জিত তথ্যের ভিত্তিতে আবিষ্কৃত অস্ট্রিয়ার বৈজ্ঞানিক গ্রেগর মেণ্ডেলের সূত্রগুলো (principles) গোড়ার দিকে শুধু উদ্ভিদ ও প্রাণীর গুণগত বৈশিষ্ট্যের প্রকরণগুলোতে (variation of qualitative traits) সীমাবদ্ধ ছিল। অবশ্য পরবর্তীতে মানুষের প্রয়োজনে প্রাণী ও উদ্ভিদের পরিমাণগত বৈশিষ্ট্যের প্রকরণে (variation of quantitative traits)—এর অত্যধিক প্রয়োগ সারা পৃথিবীব্যাপী লক্ষ্য করা যাচ্ছে। অত্যন্ত সংক্ষিপ্ত সময়কালে ঐতিহাসিক বিকাশের মাধ্যমে কৌলিতত্ত্বের প্রয়োগ ঘটিয়ে সরাসরি মানুষের ক্ষুৎ-পিপাসার অগ্নি নির্বাপণে তথা অধিক সুষমখাদ্য ফলন ও পশু-উৎপাদন বৃদ্ধিতে তা সত্যি সত্যি একটি বিপ্লবাত্মক নবযুগের সূচনা করেছে। এর ফলশ্রুতিতে ইউরোপের বিভিন্ন ধনিক দেশগুলোতে অধিক উৎপাদনক্ষম বিভিন্ন উপ-প্রজাতের পশু-পক্ষী ও উচ্চফলনশীল শস্য উদ্ভিদের উদ্ভাবন সবিশেষ লক্ষণীয়। অবশ্য ইউরোপে শিল্প বিপ্লব ঘটায় কিছু কিছু পশুকে অধিক উৎপাদনক্ষম করার প্রয়োজন দেখা দেয় এবং সে কারণে ১৮৭০-১৯০০ সালের মধ্যে মার্কিন যুক্তরাষ্ট্রে ব্যক্তিগত মালিকানায় পশু-মালিকদের উপ-প্রজাত সমিতিগুলো (Breed Associations) গড়ে উঠে এবং প্রায় শতাব্দীকাল পরই পশুর উপ-প্রজাতগুলোর ব্যাপক উন্নতি বিধান করে বর্তমান অবস্থায় আনা হয়। অপেক্ষাকৃত অল্প সময়ের মধ্যে যৌথ মালিকানায় সোভিয়েত ইউনিয়নের এক-পঞ্চমাংশ জায়গা কাজাখস্তানের বিস্তৃত তৃণভূমিতে প্রায় ৩ কোটি ২০ লক্ষ উন্নত জাতের মেষ ৫২৬টি বিশেষভাবে সুরক্ষিত রাষ্ট্রীয় পশুচারণ ক্ষেত্রে পালিত হচ্ছে। কৌলিতত্ত্বের বাস্তব ও সৃজনশীল প্রয়োগ ঘটিয়ে এসব দেশে শিল্পের ভিত্তিতে পশু পালন করা হচ্ছে এবং বিভিন্ন পশুর বিভিন্ন উপ-প্রজাত উদ্ভাবন করা হয়েছে।

স্বাধীন বাংলাদেশে কৌলি-বিজ্ঞানের যথাযথ প্রয়োগ সঙ্গত কারণেই ঘটাতে হবে এবং উদ্ভিদ ও পশুর উন্নতি বিধান করতে হবে। পশুর ক্ষেত্রে এর প্রয়োগ পশুর জীবন বৃত্তান্ত ও প্রকৃতিগত দিক থেকে অপেক্ষাকৃত ধীর ও দীর্ঘ সময়সাপেক্ষ। এজন্য প্রয়োজন সকল বিজ্ঞানের সুষম বিকাশ

ঘটাবার উপযুক্ত পরিবেশ সৃষ্টি করা এবং কৌলিতত্ত্বের ক্ষেত্রে তো তা অবশ্যই করতে হবে। শুধু তা-ই নয়, সবার আগে এর জন্য চাই প্রবর্তনা ও মানসিক প্রস্তুতি। বলাবাহুল্য অন্যান্য বিজ্ঞানের চেয়ে প্রাণি-বিজ্ঞানের ছাত্র-শিক্ষক উভয়েরই তাজার গুণ বেশী মানসিক প্রশস্ততা থাকা বাঞ্ছনীয়।

বিজ্ঞানের অন্যান্য শাখার সাথে এর সম্পর্ক

ঐতিহাসিক বিকাশ পর্যালোচনা করে এবং বাস্তব কর্মক্ষেত্রে অবিরত থেকেই একমাত্র এর সাথে বিজ্ঞানের অন্যান্য শাখার সম্পর্ক অনুধাবন করা সম্ভব। এখন পর্যন্ত ইহা আমাদের বিশ্ববিদ্যালয়গুলোতে একটি পৃথক বিষয়বস্তু হিসেবে পাঠ্যক্রমে স্থান পায়নি এবং তাই সাধারণ বিশ্ববিদ্যালয়গুলোতে প্রাণিবিদ্যার (Zoology) এক ছোট্ট অংশ হিসেবেই পরিগণিত। এখন পর্যন্ত তাই উহা প্রাণিবিদ্যার পদে-পৃষ্ঠেই রয়েছে। আর এ কারণেই বিশ্ববিদ্যালয়গুলোতে এর ব্যাপকতা বাস্তবে উপলব্ধি করা যাচ্ছে না। তাই বলা যায়, ইহা বুঝে প্রয়োগ করতে গেলেই অন্যদের সম্পর্কটা ও ব্যাপকতা পরিষ্কার হবে। সেদিক থেকে দেখা যায় মৌলিকভাবে জীব-বিজ্ঞান (Biology), রসায়ন-শাস্ত্র (Chemistry); পদার্থবিদ্যা (Physics), অঙ্কশাস্ত্র (Mathematics) ও পরিসংখ্যানবিদ্যা (Statistics)-এগুলোর কার্যকরী জ্ঞান ছাড়া কৌলিতত্ত্ব বুঝা মুশকিল। অন্যদিকে সবাই স্বীকার করবেন যে ইহা প্রকৃতিগত কারণেই শক্ত। কাজেই এর জ্ঞান অর্জন ও প্রয়োগের জন্য সংশ্লিষ্ট সকলের মধ্যে বিজ্ঞানের বিভিন্ন শাখায় কাজ করার মত জ্ঞান (working knowledge of all basic science) অবশ্যই থাকতে হবে। এ ছাড়া সামাজিক বিকাশের ধারা ও সমাজবিদ্যার উপর জ্ঞান থাকাও বাঞ্ছনীয়।

কৌলি-বিজ্ঞানের বিভিন্ন শাখা

গবেষণা কাজের প্রকৃতি ও ধারা বিজ্ঞানের প্রকল্প প্রণয়ন ও তার বাস্তবায়নের মধ্যে নির্ধারিত হয়। এককালে বিজ্ঞান পৃথিবী বা প্রকৃতিকে বিশ্লেষণ করে ক্ষান্ত থেকেছে, জ্ঞান বেড়েছে, কিন্তু বাস্তবে বিজ্ঞানের তেমন প্রয়োগ ঘটেনি এবং সে কারণে তার গতি-প্রকৃতিও ভিন্ন রকম থেকেছে।

কিন্তু বর্তমানকালে, বিজ্ঞান শুধু প্রকৃতিকে বিশ্লেষণই করছে না তাকে বাস্তবে সৃজনশীলভাবে প্রয়োগ করে মানুষের সমস্যাসঙ্কুল জীবন তথা খাদ্য, রোগ, ব্যাধি, বাসস্থান, শিক্ষার সমস্যা সমাধানে নিয়োজিত। সুতরাং বিজ্ঞানে শাখা-প্রশাখার জন্ম, উন্নতি ও বিকাশ ঘটছে তার প্রয়োগ-প্রকৃতি ও উদ্দেশ্যের ভিত্তিতে। অতএব কৌলিতত্ত্বের প্রকৃতি ও উদ্দেশ্যের ভিত্তিতে একে কয়েকটি প্রধান শাখায় ভাগ করা যেতে পারে, যেমন:

(ক) মৌলিক কৌলিতত্ত্ব (Fundamental genetics) : ইহা অনুপাত সমানুপাতের কৌলিকতা। এখানে মৌলিক সূত্রগুলোই অধীত হয় বিশেষতঃ উদ্ভিদ ও প্রাণীর গুণগত বৈশিষ্ট্য বিচারে।

(খ) জীব-রসায়ন কৌলিতত্ত্ব (Biochemical genetics) : ইহা জিনের রাসায়নিক প্রকৃতি, উন্নয়ন ও বিকাশ সম্বন্ধে আলোচনা করে এবং শারীরবৃত্ত ও রসায়নগতভাবে কৌলিতত্ত্বের উপসর্গ বা বংশগতির একক—(unit of heredity) তথা জিনের ক্রিয়া-বিক্রিয়া এ শাখায় অধীত হয়। একে প্রাণির উৎপত্তির শারীরবৃত্তও (physiology of descent) বলা চলে।

(গ) সংখ্যাতত্ত্ব কৌলিকতা (Population genetics) : এটা প্রদত্ত প্রাণী বা উদ্ভিদ সংখ্যায় উহাদের পরিমাণগত গুণবিচারে কৌলিতত্ত্বের প্রয়োগ সম্পর্কে আলোচনা করে। স্বাভাবিকভাবেই এ প্রাণী বা উদ্ভিদ সংখ্যা কোন ভৌগোলিক অঞ্চল বা দেশের হবে এবং তাতে সংশ্লিষ্ট জিনের পৌনঃ পুনঃ (gene ferquency) বিচারে উন্নয়ন কার্যক্রম গৃহীত হবে। প্রাণীর পরিমাণগত গুণ বিচার বিশ্লেষণের সচরাচর পরিসংখ্যান পদ্ধতি (statistical methods) অবলম্বন করেই এ ক্ষেত্রে অগ্রসর হতে হয় এবং সে পদ্ধতিগুলো সংশ্লিষ্ট অধ্যায়ে সংযোজিত হয়েছে। বলা বাহুল্য-প্রাণীর পরিমাণগত গুণ বিচারে পরিসংখ্যান পদ্ধতির প্রয়োগ একটি অপরিহার্য অঙ্গ। সুতরাং পশু-পক্ষীর উন্নতির ক্ষেত্রে কৌলিতত্ত্বের প্রয়োগসংক্রান্ত বিদ্যাকে পশু-প্রজনন (animal breeding) বলা হয়। এই বিদ্যার অধীত বিষয়বস্তুগুলো হচ্ছে মৌলিক কৌলিতত্ত্ব, (genetics) পুনরুৎপাদনগত শারীরতত্ত্ব (reproductive physiology) ও পশুর উন্নতি-কল্পে কৌলিতত্ত্বের প্রয়োগ (application of genetic principles to

BANGLADESH ... Dhaka

animal improvement) সংক্রান্ত পদ্ধতি। বলা বাহুল্য, পরীক্ষামূলক কৌলিতত্ত্বকেই প্রজনন (breeding) বলা যেতে পারে।

বিভিন্ন উন্নত ও উন্নয়নগামী দেশে আধুনিক কৌলিতত্ত্বের ব্যাপক প্রয়োগ ঘটছে। এ বিজ্ঞানের প্রয়োগ সঙ্গত কারণেই উদ্ভিদ ও প্রাণীর গুণগত মান উন্নয়নে উৎপাদন (ফলন) বৃদ্ধিতে ও মানব-ব্যাধির প্রকোপ দূরীকরণে নিহিত। আর এজন্যই এর বিকাশ ও প্রয়োগের গতি-প্রকৃতি একটি বিশেষ খাতে প্রবাহিত। আধুনিক বাংলাদেশে বিজ্ঞানের সকল শাখা-প্রশাখার সকল প্রয়োগের প্রশ্ন রয়েছে এবং একটি বিজ্ঞানভিত্তিক সমাজ গড়ে তোলা আমাদের লক্ষ্য। এ লক্ষ্যে সমস্ত বিজ্ঞানকে মানুষের কাজে লাগাতে হবে (all sciences to be harnessed to the cause of men)। এ সূত্র ধরেই কৌলিতত্ত্বের প্রয়োগ পদ্ধতি সংক্রান্ত যে সামান্য বিদ্যার উন্মেষ এ দেশে ঘটেছে তা 'প্রজনন ও কৌলিতত্ত্ব' নামেই চলে আসছে। ঢাকা বিশ্ববিদ্যালয়সহ ক'টি বিশ্ববিদ্যালয়ের প্রাণিবিদ্যার অংশ হিসেবে ইহার উন্মেষ ঘটে; রাজশাহী বিশ্ববিদ্যালয়ের প্রাণিবিদ্যা বিভাগে 'কৌলিতত্ত্ব ও প্রজনন' বিশেষ বিষয়বস্তু হিসেবে দাঁড় করাবার চেষ্টা লক্ষণীয়। এ দিকে বাংলাদেশ কৃষি বিশ্ববিদ্যালয়ের স্নাতক ও স্নাতকোত্তর পাঠক্রমে এ বিষয়ে দু'টো পূর্ণাঙ্গ শিক্ষা বিভাগ সংস্থাপিত হলেও এখনো এর বিকাশগত দিক থেকে অত্যন্ত প্রাথমিক,—বলা চলে গঠনমূলক স্তরে রয়েছে। পশু প্রজনন ও কৌলিবিজ্ঞান বিভাগ বাংলাদেশ কৃষি বিশ্ববিদ্যালয়ে ১৯৬২ সনে এবং উদ্ভিদ-প্রজনন ও কৌলিতত্ত্ব বিভাগ মাত্র ১৯৭৩ সনেই পূর্ণাঙ্গ বিভাগ হিসেবে সংস্থাপিত হয়। এ বিষয়ে অতিরিক্ত আশা পোষণ না করেও বলা চলে, এর বিকাশের পথে সকল অন্তরায়, প্রাতিষ্ঠানিক ও অন্যবিধ— দূরীভূত করার ঐকান্তিক চেষ্টা আমাদের থাকলে কৌলিতত্ত্ব অবশ্যই মানুষের খাদ্য সমস্যা সমাধান ও স্বাস্থ্য সংরক্ষণে অবদান রাখতে সমর্থ হবে।

অনুশীলন

১। কৌলিবিজ্ঞান বা কৌলিতত্ত্ব কাহাকে বলে? এর সাথে বিজ্ঞানের কোন্ শাখার সম্পর্ক রয়েছে এবং কেন?

২। কৌলিবিজ্ঞান অধ্যয়নের লক্ষ্য ও উদ্দেশ্য সম্পর্কে বিশদ আলোচনা কর।

দ্বিতীয় অধ্যায়

সহজ মেণ্ডেলীয় বংশক্রম

(SIMPLE MENDELIAN INHERITANCE)

বিকিরণ সূত্র (Law of Segregation)

আমাদের বংশগতির জ্ঞান সরাসরি প্রখ্যাত বৈজ্ঞানিক মেণ্ডেলের আবিষ্কৃত কিছু নিয়ম ও সূত্রের উপর নির্ভরশীল। অন্যরা এ সূত্র-গুলোতে কিছু যোগ করেছেন অথবা এগুলোকে ব্যাপকভাবে সম্প্রসারিত করে গেছেন। তবে তিনিই প্রথম দার্শনিক যিনি দিয়েছেন একটা সঙ্গমে কি করে উপসর্গগুলো (gene) আচরণ করে তার যুক্তিনিষ্ঠ ব্যাখ্যা।

জন্ মেণ্ডেল (Jahnn Mendel) ১৮২২ সনে সিলিসিয়ার (অস্ট্রিয়া) অন্তর্গত হিঞ্জেণ্ডর্ফ গ্রামে একটি জার্মান পরিবারে জন্মগ্রহণ করেন। ১৮৪৩ সনে মাত্র ২৯ বছর বয়সে তিনি ব্রুনে অগাস্টেনীয় গির্জায় প্রবেশ করেন একজন শিক্ষানবিস হিসেবে। সেখানেই তিনি জীবনের শেষকাল অতিবাহিত করেন। অবশ্য কিছু সময় তিনি পার্শ্ববর্তী একটি বিদ্যালয়ের শিক্ষকতা ও ভিয়েনা বিশ্ববিদ্যালয়ে অধ্যয়নের কাজেও ব্যয় করেন। তিনি গির্জায় প্রবেশ করেন অর্থনৈতিক কারণে এবং তখন তার নাম হয় গ্রেগর মেণ্ডেল। তিনি অবশ্য গ্রেগর মেণ্ডেল নামে সর্বাধিক পরিচিত ছিলেন। ইল্‌টিস্ সাহেব তাঁর জীবনের একটা চমকপ্রদ বর্ণনা দিয়ে গেছেন।

গির্জার পেছনে অবস্থিত উদ্যানটির একটা ছোট অংশে তিনি অবসর সময়ে তাঁর বিখ্যাত উদ্ভিদ সঙ্করায়ন (Plant Hybridization) পরীক্ষা-কাজ পরিচালনা করতে থাকেন। সম্পূর্ণ বৈজ্ঞানিক দৃষ্টিভঙ্গি নিয়ে তিনি শুধু জীববিদ্যাই নয়, বরং আবহাওয়া ও ভূ-তত্ত্ব বিদ্যার উপরেও ব্যাপক পরীক্ষাকাজ পরিচালনা করেন। তাঁর কক্ষগুলোতে তিনি ইঁদুরের (mice) সঙ্কর-জাত উৎপন্ন করেন। উদ্যানের পার্শ্বে তিনি মৌমাছির

BANSDOC Library Dhaka

প্রজনন-পরীক্ষা চালান এবং উদ্যানের মধ্যেই তিনি আবার উদ্ভিদের অসংখ্য সঙ্গম কাজ পরিচালনা করেন। জীবনে নানা সঙ্কট থাকা সত্ত্বেও তিনি ব্যাপক পরীক্ষা কাজ এভাবে চালিয়ে গেছেন। কর্ম জীবনের প্রথম দিকে যখন উদ্যানের সব জায়গা তাঁর কর্তৃত্বে ছিল না তখনও তিনি অবসর সময়ে উদ্যানের অল্প জায়গায় সীমাবদ্ধ থেকেও পরীক্ষা কাজ চালাতেন। পরে উদ্যানের সম্পূর্ণ কর্তৃত্ব তাঁর কাছে এসে গেলে তাঁকে অধিকাংশ সময় গির্জার কর্তব্যের চাপে পড়ে থাকতে হতো। অথচ সময় ও সুযোগ এসে গেলেও তিনি প্রয়োজনীয় অতিরিক্ত মাপ-জোকের কাজ করতে অসমর্থ হয়ে পড়েন এবং শারীরিক দিক থেকে অত্যন্ত বিশালকায় হওয়ায় পাহাড়ের গা বেয়ে দীর্ঘ রাস্তা হেঁটে হেঁটে পরীক্ষার প্রয়োজনীয় মালমশলা সংগ্রহ করতে পারেন নি। এসব সত্ত্বেও তিনি সুপরিকল্পিতভাবে কাজ করে গেছেন এবং একাজ যথাযথ যত্নসহকারে সমাধা করেছেন। তাই আজকে বংশক্রমতার উপর সমস্ত লেখাপড়া ও গবেষণার মূল ভিত্তি রচিত হয়েছে।

মেণ্ডেলের গবেষণা ব্রুনের প্রাকৃতিক ইতিহাস সংঘের ২টি অধিবেশনে ১৮৬৫ সনে সর্বপ্রথম উপস্থাপন করা হয় এবং পরবর্তী বছর তা অত্র সংঘের বার্ষিকীতে প্রকাশিত হয়। এ সময়টি ছিল ইউরোপে যান্ত্রিক সভ্যতার ঊষালগ্ন। মেণ্ডেলের বংশগতির উপর নিবন্ধ প্রকাশের পর স্বাভাবিকভাবেই তার প্রতি মানুষ আকৃষ্ট হয়। ক্রমশঃ মানুষ বংশগতির ধারা সম্পর্কে জানতে চায় এবং বংশক্রমতার রহস্যে মানুষ গভীরভাবে মুগ্ধ হয়ে পড়ে। এরপর দীর্ঘদিন অতিবাহিত হয় এবং মেণ্ডেলের আবিষ্কার অজ্ঞাত অবস্থায় পড়ে থাকে। তাঁর জীবদ্দশাতে এমন কি তাঁর মৃত্যুর পরও অনেকদিন যাবৎ তা স্বীকৃতি পায়নি। অবশ্য এরূপ অজ্ঞাত থাকায় একটা আংশিক ব্যাখ্যা কেউ কেউ দিয়ে থাকেন যে, 'প্রত্যেক বৈজ্ঞানিক আবিষ্কার তাঁর পূর্ব আবিষ্কারের উপর নির্ভর করে'। যাহোক, মেণ্ডেলের সূত্রগুলোও আমরা অবশ্যই সংখ্যাতত্ত্ব দিক থেকে লক্ষ্য করব। তবে পরিসংখ্যান সূত্রের ভিত্তি বিভিন্ন রকম প্রজননে উৎপাদিত বিভিন্ন রকম সন্তান-সন্ততির আনুপাতের উপর নির্ভরশীল। সুতরাং যে কেউ এ আনুপাতিকের ধ্রুবসত্যতা স্বীকার করবেন তাকে এমন সংখ্যক উদ্ভিদ ও প্রাণীর পরিকল্পিত সঙ্গম-কাজ চালিয়ে যেতে হবে

বা থেকে অধিক সংখ্যক উদ্ভিদ ও সন্তান জন্মলাভ করে। অন্য-দিকে এমন উদ্ভিদ বা প্রাণী নির্বাচন করতে হবে যাতে একমাত্র একজোড়া জিনের প্রভাবে দুটি বিপরীতধর্মী বৈশিষ্ট্যের সৃষ্টি হতে পারে এবং তা সহজেই পরিষ্কারভাবে সনাক্তকরণে যোগ্য হতে হবে।

অনেক সাধারণ উদ্ভিদ উল্লেখিত উভয় প্রয়োজন মিটাতে পারে এবং মেণ্ডেলের আবিষ্কার বস্তুতঃ উদ্ভিদ-প্রজনন পরীক্ষাক্রমেই পূর্ণতা লাভ করে। তাঁর গবেষণা প্রকাশিত হওয়ার ৪০-৫০ বছরের মধ্যে একই বিষয়ে ডজনেরও অধিক পরীক্ষা কাজ হয়েছে। পেশাধারী প্রাণী-বিজ্ঞানী ও উদ্ভিদ প্রজননবিদ্‌গণ সকলেই একই ভুল করেছেন এবং সংখ্যাগত সমস্যার সম্মুখীন হয়েছেন এবং সবাই স্বতন্ত্রভাবে একই রকম বিবরণ দিয়েছেন। অর্থাৎ ঐ সকল প্রজননবিদরা বৈশিষ্ট্যের সঠিক তুলনামূলক পার্থক্য (contrasting) করতে পারেননি এবং যারজন্য সংখ্যাগত জটিলতা তাঁদের ভুগতে হয়েছে। কিন্তু মেণ্ডেলই এ ক্ষেত্রে একমাত্র ব্যক্তি যিনি সমস্যাটি অতি কৌশলে এড়িয়ে যেতে সক্ষম হন এবং বৈশিষ্ট্যের সঠিক তুলনামূলক পার্থক্য পরিষ্কার সনাক্ত করতে পেরেছিলেন। তাঁর সঙ্করায়ন (Hybridization) পরীক্ষার ফলাফল ১নং সারণীতে উল্লেখ করা হলো।

প্রসঙ্গক্রমে উল্লেখ্য, মেণ্ডেল তাঁর পূর্বসূরীদের মত না করে নিজেই পরীক্ষা-কাজে প্রত্যেকটি পার্থক্যমূলক বৈশিষ্ট্য গণনা করে লিপিবদ্ধ করে রাখতেন। এভাবে ফুল-বনের পরীক্ষায় দ্বিতীয় পুরুষে (F_2) তিনি ৯২৯টি গাছ জন্মিয়ে দেখতে পান যে, এদের মধ্যে ৭০৫টি লাল ফুল এবং ২২৪টি সাদা ফুল ধরেছিল। অন্যান্য বৈশিষ্ট্যের বেলায়ও অনুরূপ বিকিরণ দ্বিতীয় পুরুষে সংঘটিত হয়েছিল। যখন সবগুলো হিসাব এক সঙ্গে তুলনা করা হয়, তখন ঐ একই সরল অনুপাত লক্ষ্য করা গিয়েছিল অর্থাৎ F_3-এর তিন চতুর্থাংশ প্রকট পিতামহ-মাতা অনুযায়ী হয়েছিল এবং এক-চতুর্থাংশ প্রচ্ছন্ন হয়েছিল। যাহোক মেণ্ডেলের বিখ্যাত মটরশুঁটি পরীক্ষার ফলাফল পরবর্তী পৃষ্ঠার সারণীতে পরিবেশন করা হলো :

সারণী ১: মটরশুঁটির উপর মেণ্ডেলের সুবিখ্যাত ২য় সঙ্করায়নের ফলাফল।

বৈশিষ্ট্য (Traits)	প্রকট		প্রচ্ছন্ন		মোট
	সংখ্যা	%	সংখ্যা	%	
বীজের গঠন (Form of seed)	৫,৪৭৪	৭৪ ̇৭৪	১,৮৫০	২৫ ̇২৬	৭,৩২৪
বীজ-পত্রের রং (Colour of cotyledon)	৬,০২২	৭৫ ̇০৬	২,০০১	২৪ ̇৯৪	৮,০২৩
বীজের রং ও ফুলের রং	৭০৫	৭৫ ̇৮৯	২২৪	২৪ ̇১১	৯২৯
খোসার গঠন (Form of pod)	৮৮২	৭৪ ̇৬৮	২৯৯	২৫ ̇৩২	১,১৮১
খোসার রং	৪২৮	৭৩ ̇৭৯	১৫২	২৬ ̇২১	৫৮০
ফুলের অবস্থান (Position of flower)	৬৫১	৭৫ ̇৮৭	২০৭	২৪ ̇১৩	৮৫৮
কাণ্ডের দৈর্ঘ্য (Length of stem)	৭৮৭	৭৩ ̇৯৬	২৭৭	২৬ ̇০৪	১,০৬৪
মোট :	১৪,৯৪৯	৭৪ ̇৯০	৫,০১০	২৫ ̇১০	১৯,৯৫৯

পরীক্ষা কাজে মেণ্ডেল যে উদ্ভিদগুলো ব্যবহার করেন তাদের মধ্যে ছোলা ও মটর (pea) বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য। কৌলিকতার আধুনিক ভিত্তি এই উদ্ভিদগুলোর প্রজননের উপর প্রতিষ্ঠিত। মটরের ৭ জোড়া বিপরীতধর্মী গুণাগুণ (contrasting characters) তিনিই সফল পর্যবেক্ষণ দ্বারা সনাক্ত করেন এবং এ ৭ জোড়া বৈশিষ্ট্য হচ্ছে :

(১) মসৃণ বীজ (smooth seed) ও অমসৃণ বীজ (wrinkled seed);

(২) হলদে দল ও সবুজ দল;

(৩) প্রশস্ত পড্ (inflated pod) ও চাপা পড্ (constricted pod);

(৪) অপরিপক্ব হলদে পড্ ও সবুজ পড্;

(৫) পাতার এক্সিলে (axil) ফুল ও কাণ্ডের শেষে ফুল ;
(৬) স্বচ্ছ বীজ খোসা ও বাদামী বীজ খোসা ; ও
(৭) লম্বা গাছ ও বামন (বেঁটে) গাছ।

প্রথম পদক্ষেপে তিনি একই প্রজাতীয় উদ্ভিদের মধ্যে প্রত্যেকটির স্থিরতার ও নির্দিষ্ট পার্থক্যগুলো পর্যবেক্ষণ করেন। পরবর্তী ধাপে তিনি উল্লেখিত গুণাগুণসম্পন্ন বিপরীতধর্মী উদ্ভিদগুলোর সঙ্গম-কাজ দক্ষতার সাথে সম্পাদন করেন। এ কাজটি করতে গিয়ে তিনি নির্দিষ্ট ফুলের স্টামেনগুলো (stamens) ছিঁড়ে ফেলেন যাতে স্ব-সঙ্গম ও স্ব-নিষেক (self-fertilization) না হতে পারে। তারপর তিনি নিজ হাতে এক ফুলের রেণুদণ্ডের (stigma) উপর অন্য বিপরীত বৈশিষ্ট্যসম্পন্ন ফুলের রেণু স্থাপন করে দেন এবং এভাবে দুটি উদ্ভিদের সমাগম করান। এভাবে কৃত্রিম রেণু সংক্রামিত ফুল তিনি বিশেষ সতর্কতার সহিত সংরক্ষণ করেন যাতে পোকা-মাকড়, বাতাস বা অন্য কোন উপায়ে এই ফুলে অন্য রেণু ঢুকতে না পারে।

এখন আমরা যদি এ সমাগমকে লক্ষ্য করি তাহলে দেখব মেণ্ডেল একই মাটিতে জন্মান একটি মটর উদ্ভিদ ৬ ফুট লম্বা ও অন্যটি মাত্র ১৮" ইঞ্চি লম্বা এবং এ উদ্ভিদগুলোর বংশানুক্রমিক বিশুদ্ধতা পর্যালোচনা করার পর তাদের মধ্যে সমাগম করালেন। তা'তে ফল হল :

মাতা-পিতা	লম্বা × বেঁটে
প্রথম সঙ্কর (F_1)	সমস্ত লম্বা

এরপর তিনি এ সঙ্করজাতের দু'টি উদ্ভিদের মধ্যে আবার ঐ একই নিয়মে প্রচুর পরিমাণে সঙ্গম করালেন এবং দেখলেন সন্তানগুলো দু'রকমের হয়েছে। শুধু তাই নয় যতগুলো বেঁটে উদ্ভিদ তার তিনগুণ লম্বা উদ্ভিদ জন্মেছে। ইহা নিম্নলিখিতভাবে দেখানো যেতে পারে :

মাতা-পিতা	লম্বা × বেঁটে
F_1	লম্বা × লম্বা
F_2	৩ লম্বা ও ১ বেঁটে

মেণ্ডেল F_2-এর ফলাফল হিসাব কষে দেখলেন। তারপর তিনি F_2-এর উদ্ভিদের একই ফুলের মধ্যে সমাগম করালেন এবং লক্ষ্য করলেন

বেঁটে ফুল থেকে শুধু বেঁটে উদ্ভিদ হচ্ছে অথচ লম্বা ফুল থেকে দু'ধরনের লম্বা উদ্ভিদ হচ্ছে। এ উদ্ভিদের আনুপাতিক হার ⅓ অংশ বিশুদ্ধ ও ⅔ অংশ লম্বা ও বেঁটে, পূর্ববর্তী F_1 এবং ৩ঃ১ অনুপাতের ন্যায়। প্রসঙ্গতঃ উল্লেখ্য, এ আনুপাতিক হার উদ্ভিদ সঙ্করায়ণ পরীক্ষায় শুধু মেণ্ডেল একাই লাভ করেননি তাঁর উত্তরসূরী অনেকেই পৃথক পৃথক-ভাবে উক্ত পরীক্ষার ফলাফল অনুরূপ ৩ঃ১ আনুপাতিক হারে পেয়েছেন। তাঁদের অত্র পরীক্ষার ফলাফল ২নং সারণীতে দেখানো হলো।

সারণী—২ ঃ মটর কলাইর বীজ রং-এর বংশক্রমতায় বিভিন্ন গবেষক কর্তৃক প্রাপ্ত ২য় সঙ্কর (F_2) এর ফলাফল।

বৈজ্ঞানিকের নাম	সন	হলদে বীজ সংখ্যা	হলদে বীজ %	সবুজ বীজ সংখ্যা	সবুজ বীজ %	মোট
মেণ্ডেল	১৮৬৫	৬,০২২	৭৫·০৫	২,০০১	২৪·৯৫	৮,০২৩
করেন্স	১৯০০	১,৩৯৪	৭৫·৪৭	৪৫৩	২৪·৫৩	১,৮৪৭
শ্যারম্যাক	১৯০০	৩,৫৮০	৭৫·০৫	১,১৯০	২৪·৯৫	৪,৭৭০
হার্স্ট	১৯০৪	১,৩১০	৭৪·৬৪	৪৪৫	২৫·৩৬	১,৭৫৫
বেট্সন্	১৯০৫	১১,৯০২	৭৫·৩০	৩,৯০৩	২৪·৭০	১৫,৮০৬
লক	১৯০৫	১,৪৩৮	৭৩·৬৭	৫১৪	২৬·৩৩	১,৯৫২
ডারবিশায়ার	১৯০৯	১,০৯,০৬০	৭৫·০৯	৩৬,১৮৬	২৪·৯১	১,৪৫,২৪৬
মোট		১,৩৪,৭০৬	৭৫·০৯	৪৪,৬৯২	২৪·৯১	১,৭৯,৩৯৯

অতঃপর বৈজ্ঞানিক গ্রেগর মেণ্ডেল অত্র গবেষণার ফলাফল থেকে কতকগুলো ঐতিহাসিক উপসংহার টানলেন। যেমন ঃ

(১) দু'টি গুণের মধ্যে মাত্র একটি F_1 পুরুষে (বংশে) দেখা দিল এবং সব উদ্ভিদ লম্বা হলো।

অর্থাৎ বিপরীতধর্মী বৈশিষ্ট্যগুলো যথা—মটরশুঁটিতে লাল ও সাদা ফুল বর্ণ এমন কিছু দ্বারা নিরূপিত হয় যা লিঙ্গ-কোষ বা জনন-কোষের মাধ্যমে মাতা-পিতা থেকে সন্তানে প্রবাহিত হয়। এই 'এমন কিছু'কে এখন জিন বা ফুল বলা হয়। এখানে সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ কথা হচ্ছে

যে, বিভিন্ন জিন্ বা কুল একে অন্যের সাথে মিশে যায় না, অথবা একে অন্যকে দূষিত বা আক্রমণ করে না যখন তারা একটি সঙ্করে একত্রে থাকে। অধিকন্তু তারা বিন্যস্ত হয়, বিশুদ্ধভাবে পৃথক হয় এবং বিশুদ্ধভাবেই কোষ-বিভাজন প্রক্রিয়ায় জনন-কোষে চলে যায়। এখানে দু'টি গুণের মধ্যে প্রথম পুরুষে মাত্র একটি গুণ আত্মপ্রকাশ করল এবং অন্য গুণটি আত্মপ্রকাশ করল না। এ অবস্থাকে আমরা সঙ্কর (hybrid) বলে থাকি এবং এ পদ্ধতিকে সঙ্করায়ণ (hybridization) বলা হয়। মেণ্ডেলের পরীক্ষা এ পদ্ধতিতেই সম্পাদিত হয়ে সফলতা লাভ করে। এখানে সঙ্কর অবস্থাটিকে আমরা যেভাবে ব্যাখ্যা করছি পরবর্তীতে তা অক্ষরিক প্রতীকে দেখানো হয়েছে। অতএব সঙ্কর উৎপাদন বা সঙ্করায়ণ কৌলিতত্ত্ব অধ্যয়নে একটি প্রধান বিবেচ্য অবলম্বন।

(২) F_1 এ বেঁটে গুণটি যদিও দেখা দেয়নি তথাপি তা হারিয়ে যায়নি; কারণ তা F২-এ আবার দেখা দিল। অর্থাৎ বিশুদ্ধাবস্থায় যাকে সমসংস্থ (homozygous) বলা হয়, বেঁটে গুণটি দেখা দিল।

মেণ্ডেল যুক্তি দেখালেন যে, F_1 এর লম্বা উদ্ভিদগুলো অবশ্যই একটি সুপ্ত বা প্রচ্ছন্ন উপসর্গ বহন করছে যা এভাবে চিত্রায়ন করা যায়।

মাতা-পিতা	লম্বা X বেঁটে
F_1	লম্বা (বেঁটে)

যদি F_1 উদ্ভিদ উচ্চতার জন্য ২টি উপসর্গ (জিন) বহন করে ১টি লম্বা হওয়ার জন্য যা প্রকাশ পায় এবং অন্যটি বেঁটে হওয়ার জন্য যা অপ্রকাশিত থাকে, তা হলে এটি যুক্তিযুক্তই বলা চলে যে, কোন উদ্ভিদ যে কোন পুরুষে (বংশে) উচ্চতার জন্য ২টি জিন বহন করে। লম্বা জাতের ১টি লম্বা উদ্ভিদ লম্বা হওয়ার জন্য ২টি উপসর্গ বা জিন এবং তদ্রূপ বেঁটে জাতের ১টি বেঁটে উদ্ভিদ বেঁটে হওয়ার জন্য ২টি উপসর্গ বহন করে। নিম্নলিখিত সূত্রে তার প্রয়োগ দেখানো যেতে পারে।

মাতা-পিতা	লম্বা (লম্বা) × বেঁটে (বেঁটে)
F_1	লম্বা (বেঁটে) × লম্বা (বেঁটে)

১ ২ ৩

F_2 লম্বা (লম্বা), লম্বা (বেঁটে), লম্বা (বেঁটে), বেঁটে (বেঁটে)

মেণ্ডেল F_1-এর প্রকাশিত গুণকে প্রকট (dominant) চরিত্র যা বিপরীত গুণকে প্রকাশিত হতে দেয় না বরং ঢেকে রাখে এবং লুক্কায়িত (hidden) গুণকে প্রচ্ছন্ন (recessive) বলে আখ্যায়িত করেন। আজকে আমরা শুধু ঐসব শব্দকে উপসর্গ ধরে চরিত্রগুলোর প্রতীক ব্যবহার করছি। এ রূপে লম্বা হচ্ছে প্রকট জিনের জন্য এবং বেঁটে হচ্ছে প্রচ্ছন্ন জিনের জন্য। যতক্ষণ পর্যন্ত প্রকট জিন উপস্থিত ততক্ষণ পর্যন্ত প্রচ্ছন্ন জিন কোন গুণ বা বৈশিষ্ট্য উৎপাদন করে না। এভাবে মেণ্ডেলের অন্যান্য পরীক্ষিত যুগল চরিত্রের বেলায়ও এই প্রস্তাবনা বিদ্যমান।

এই বিশ্লেষণ থেকে আরও মন্তব্য আশা করা যায় এবং তা হচ্ছে যদি উপসর্গ বা জিনগুলো প্রত্যেক প্রাণী বা উদ্ভিদে জোড়ায় অবস্থান করে (যা সত্যিই যুক্তিযুক্ত বলে অনুমিত) তা হলে অবশ্যই এমন কোন পদ্ধতি রয়েছে যা পুরুষানুক্রমে জিনগুলোকে জোড়ায় রাখতে সমর্থ হয়। তিনি প্রস্তাব করলেন এ সম্পর্কে যে, একমাত্র জোড়ার একটি জিন মাতা বা পিতার পরিপক্ব জননকোষে অবস্থান করে এবং এরূপে মাতা-পিতার ২ জনন-কোষ একত্রে মিলিত হয়ে একটি নতুন জীবনের সৃষ্টি করে। সঙ্গে সঙ্গে দু'টি জিন প্রত্যেকটাই সন্তানদের মধ্যে একটা চরিত্র বহন করে আনে। আজ আমরা নিশ্চিত যে, এই ব্যাখ্যা সত্য। সুতরাং জন্মান্তরে প্রত্যেক যুগলের একটি জিন জোড়ার অপরটি থেকে পৃথক হয়ে জনন-কোষে চলে যাবার নামই বিকিরণ সূত্র (Law of Segregation)। অর্থাৎ জনন-কোষের বিয়োজন-বিভাজন কালে জোড়ার প্রত্যেক এলিল্ (জিন্) পরিষ্কারভাবে একে অন্য থেকে পৃথক হয়ে বিভক্ত জনন-কোষে চলে যায়।

এখন আমরা একটা অধিকতর সুবিধাজনক পদ্ধতি ব্যবহার করতে পারি। অর্থাৎ পূর্বে উল্লেখিত পুরা শব্দ ব্যবহার না করে চরিত্রের প্রথম অক্ষরটি ব্যবহার করে সমাগমগুলো চিত্রায়িত করতে পারি। উদাহরণ-স্বরূপ বড় 'ল' প্রকট জিন এবং ছোট 'ল' প্রচ্ছন্ন জিনের প্রতীক বলে ধরতে পারি। ইংরেজী ভাষায় Capital letter এবং small letter-এ দু'ধরনের অক্ষর থাকায় তা খুব সহজ হয় এবং বাংলায় সেরূপ না থাকায় একই অক্ষরকে আকারে ছোট-বড় করে ব্যবহার করা চলে। যাহোক, জিনগুলো এমনভাবে কাজ করে যে, তাদের দু'ধরনের জোড়া 'ল ল' ও

'**ল** ল' লম্বা উদ্ভিদ উৎপাদন করে এবং 'ল ল' বেঁটে উদ্ভিদ উৎপাদন করে। আমরা যদি পরিপক্ব জনন-কোষকে (যাকে গ্যামেট— gamete বলা হয়)। একটা বৃত্তে টেনে দেখাই তা হলে আমরা মিলনক্রিয়ার ফলাফলসহ তা নিম্নরূপে দেখাতে পারি :

মাতা-পিতা→	**ল ল** × ল ল
পরিপক্ব জনন-কোষ→	**ল** × ল
F_1→	**ল**ল × **ল**ল
পরিপক্ব জনন-কোষ→	**ল** ল **ল** ল
F_2→	**ল**ল **ল**ল **ল**ল **ল**ল
	লম্বা বেঁটে

F_2-এর ফল

O	**ল**	ল
ল	**লল**	**ল**ল
ল	**ল**ল	লল

একটি চেকার বোর্ড (checkerboard) করে দেখান যেতে পারে। এভাবে আমরা একটি পুং জনন-কোষকে একটি ছোট লেজ যোগ করে চিহ্নিত করতে পারি এবং এই পার্থক্যটা উদ্ভিদ ও প্রাণীর উভয়ের বেলায়ই সুবিধাজনকভাবে প্রয়োগ করতে পারি। এখন যদি প্রত্যেক প্রকার শুক্রকীট প্রত্যেকটি ডিম্ব-কোষের সাথে মিলিত হওয়ার সুযোগ পায়, তা হলে আমরা এ পদ্ধতি প্রয়োগ করে এমন ফল লাভ করব যা আমরা সত্যি সত্যি প্রজননের মাধ্যমে পেয়ে থাকি। এখানে ইহা মনে রাখতে হবে যে, জিন্ জনন-কোষের মধ্যে প্রত্যেক জোড়ার একটা অন্য থেকে পৃথক হয় এবং প্রত্যেক জোড়ার মাত্র একটি পরিপক্ব জনন-কোষে পাওয়া যায়।

উপরোক্ত চিত্রে সম্ভাব্য সকল পরিপক্ব জনন-কোষের মিলনপর্ব রেকর্ড করার পদ্ধতি দেখানো হয়েছে। এখন ঐ চিত্র বরাবরে পরবর্তী জিন বিশ্লেষণের প্রয়োজনীয় একটি সংক্ষিপ্ত পরিভাষাগুচ্ছ আমরা পাব। পূর্বে বর্ণিত F_1-এ দৃশ্যমান চরিত্রকে প্রকট জিনের জন্য বলা হয়েছে এবং সুপ্ত বা লুক্কায়িত যে চরিত্রটি থাকছে তাকে প্রচ্ছন্ন জিনের জন্য বলা হয়েছে। উক্ত উদাহরণে ব্যবহৃত অক্ষর প্রতীকের মধ্যে '**ল**' একটি

প্রকট জিনকে এবং 'ল' একটি প্রচ্ছন্ন জিনকে বোঝানো হয়েছে। এরূপ বিপরীতধর্মী জিনকে একে অন্যের এলিল্ বলা হয়। যখন একটি প্রদত্ত চরিত্র ও তার বিকল্পের মধ্যে পার্থক্য মাত্র একজোড়া এলিল্ দ্বারা নিরূপিত হয়, তখন সেই চরিত্রকে 'একক চরিত্র' (single pair character) বলা হয়।

অন্যদিকে একটি পরিপক্ব জনন-কোষকে গেমেট (gamete) বলা হয় এবং দু'টি বিপরীতধর্মী গেমেটের মিলিত (fused) বস্তুকে (যা সঙ্গমের পর জরায়ুতে অবস্থান করে) জায়গোট (zygote) বা নিষিক্ত ভ্রূণ বলা হয়। যদি ভ্রূণের দু'টি পুনর্মিলিত জিন একই রকম হয় তবে তাকে সমসংস্থ (homozygote) এবং ভিন্ন রকম হলে বি-সমসংস্থ (heterozygote) বলা হয়। এরূপে '**ল ল**' বা 'ল ল'-কে সমসংস্থ এবং '**ল** ল'-কে বি-সমসংস্থ বলা হয়। অন্যদিকে '**ল ল**' ও 'ল ল' কুলগত-ভাবে বিশুদ্ধ এবং '**ল** ল' ভ্রূণকে সঙ্কর বলা হয়।

এখন F_1-এর দু'প্রকার উদ্ভিদ আমরা ইন্দ্রিয় দ্বারা পার্থক্য করতে পারি যেমনঃ লম্বা ও বেঁটে। কিন্তু কৌলিক সূত্রে শ্রেণীবিন্যাস করলে তিনপ্রকার উদ্ভিদ জন্মায় যেমন : '**ল ল**' সমসংস্থ লম্বা ; '**ল** ল' বি-সমসংস্থ লম্বা এবং 'ল ল' সমসংস্থ বেঁটে। অর্থাৎ আমরা সন্তানদের মধ্যে ইন্দ্রিয় দ্বারা যে শ্রেণীবিন্যাস করতে পারি তাকে বাহ্যিক-নমুনা (phenotype) বা ইন্দ্রিয়-ধরন (লম্বা, বেঁটে) এবং কৌলিক সূত্রকে জাতি-নমুনা (genotype) বা কৌলিক-ধরন বলি।

এরূপ ঘটনা স্মরণ রেখে আমরা এখন প্রাণিকুলের মধ্যে সরল-মেণ্ডেলীয় বৈশিষ্ট্যের বংশগতির অস্তিত্ব সম্পর্কে খোঁজ-খবর বা অনুসন্ধানের কাজ চালাতে পারি। মানুষসহ সকল প্রাণীর মধ্যেই তার অনুসন্ধানমূলক কাজ চলতে পারে এবং তাতে মেণ্ডেলীয় সরল-বিকিরণ সূত্র তথা সহজ মেণ্ডেলীয় বংশক্রম ও তার বিখ্যাত ৩ : ১ অনুপাতকে ব্যাপকভাবে প্রয়োগ করা যেতে পারে। কুকুরের বধির সমস্যাটিও একইভাবে চিত্রায়ন করে সংক্ষেপে বোঝানো যেতে পারে।

প্রসঙ্গত উল্লেখ্য যে, মটরশুঁটির প্রজনন পরীক্ষার (সঙ্করায়ণ) ফলা-ফলের উপর ভিত্তি করেই মেণ্ডেল বিকিরণ সূত্র আবিষ্কার করেন এবং এ যুগান্তকারী আবিষ্কারই পরবর্তীকালে মানুষের বংশ-গতির জ্ঞানভাণ্ডার

প্রবৃদ্ধির ক্ষেত্রে পথিকৃত হয়ে রয়েছে। ১৯০০ সালে এর পুনঃ আবিষ্কার হওয়ার পরই এটি পরিষ্কার হয় যে, মেণ্ডেলীয় বৈশিষ্ট্য সকল উদ্ভিদ ও প্রাণীতে বিদ্যমান। এখন শুধু সুপরিকল্পিত প্রজনন পরীক্ষার মাধ্যমেই এর অব্যাহত প্রয়োগ সুনিশ্চিত করা যায়। যাহোক, এখানে সারণী নং ৩-এ বিভিন্ন জীব-জন্তুর সরল মেণ্ডেলীয় বংশক্রমের একটি সংক্ষিপ্ত তালিকা দেয়া গেল।

সারণী—৩ ঃ বিভিন্ন জীব-জন্তুর সরল মেণ্ডেলীয় বংশক্রমতা

জীব-জন্তুর প্রজাত	বৈশিষ্ট্যসমূহ	বাহ্যিক নমুনার অনুপাত
মানুষ	এম-এন রক্তদল	এম, এম, এন-এন
	পিংচক্ষু-নীলচক্ষু	৩ পিং: ১ নীল
	সঙ্গীত স্বর	√ সুপ্রানস: মেজো সুপ্রানস: অলেটাস।
	স্বাভাবিক বর্ণ-অতি শ্বেত বর্ণ	৩ : ১ অতিশ্বেত
	* ডান হাতি-বাম হাতি	—
	সাদা ছিটা চর্ম	—
	* ষষ্ঠ অঙ্গুলী	—
	পি-টি-এস স্বাদ	৩ : ১ অনাস্বাদ
	টেকোতা-স্বাভাবিক	প্রকট পুং-এ ও প্রচ্ছন্ন স্ত্রীতে
	* শ্বেত কপালী	—

* প্রকাশ থাকে যে, তারকাচিহ্নিত বৈশিষ্ট্যগুলোতে কোন কোন কৌলি-বিজ্ঞানী ভিন্নমত পোষণ করেন।

√—টিক চিহ্নিত সঙ্গীতস্বরের বেলায় সুপ্রানস (Supranos) বলতে স্ত্রীলোক ও বালক বোঝায় যারা সমসংস্থ; মেজো সুপ্রানস (Mezzo-Supranos) বি-সমসংস্থ এবং অল্টোস (Altoss) বিপরীতধর্মী সমসংস্থ। এখানে আরও উল্লেখ্য যে, বয়স বৃদ্ধি হলে স্বরের পরিবর্তন ঘটে; তবে তার জাতি-নমুনার পরিবর্তন হয় না এবং তা বিশেষ উত্তেজক (hormone)-এর [illegible] মাত্র।

Dhaka

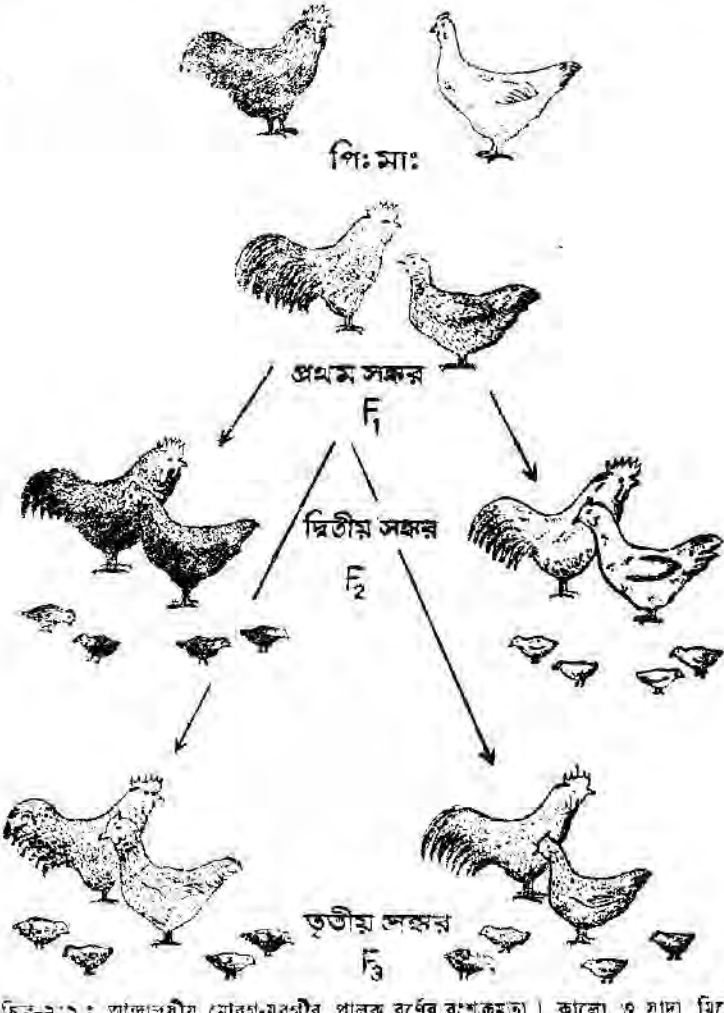
গরু	শিংযুক্ত—শিংহীন	৩ : ১ শিংহীন
	কালোবর্ণ—লালবর্ণ	৩ : ১ লাল
	খাট শিং গরুতে লাল রোন-সাদা	১ : ২ : ১
গিনি শুকর	কালো রং—বেগুনী রং	৩ : ১ বেগুনী
কুকুর	স্বাভাবিক শ্রবণ—বধিরতা	৩ : ১ বধির
ড্রসোফিলা মক্ষিকা	বন্য প্রকার—লম্বা ডানা—নিদর্শন/প্রতীক ডানা	৩ : ১ নিদর্শন
আন্দালুসীয় মোরগ-মুরগী	কালো পালক—সাদা পালক	১ : ২ : ১ যথাক্রমে কালো : নীল : সাদা

অনুরূপ বৈশিষ্ট্য অন্য সন্ধানে কুকুরের বধির সমস্যাটি চিত্রায়ন করলে তার জাতি-নমুনা নিম্নরূপ দাঁড়ায় :

প্রতীক	বব	(প্রকট)	=	স্বাভাবিক শ্রবণশক্তিসম্পন্ন
	বব	(প্রকট)	=	স্বাভাবিক শ্রবণশক্তিসম্পন্ন
	বব	(প্রচ্ছন্ন)	=	বধির ।

অর্থাৎ প্রতেকটি স্বাভাবিক কুকুরকে বধিরের সাথে প্রজনন করে পৃথকভাবে তার ফলাফল পর্যবেক্ষণ করে তৎক্ষণাৎ বিসমসংস্থ ও বধির কুকুরগুলো পরিত্যাগ করা যায়। এভাবে ছাত্ররা একটি চিত্র অঙ্কন করে নিতে পারে । এরূপ নিখুঁত পর্যবেক্ষণ ও পরীক্ষামূলক সমাগম দ্বারা প্রাণি-জগতে কতকগুলো মেণ্ডেলীয় বৈশিষ্ট্য খুঁজে পাওয়া যায়। যেমন: আন্দালুসীয় মোরগ-মুরগীর পালক রং-এর বংশগতি এ ব্যাপারে উল্লেখ্য (চিত্র-২ ˙১ দ্রষ্টব্য) ।

অর্থাৎ উপরোক্ত চিত্রায়ন থেকে আন্দালুসীয় মোরগ-মুরগীর পালক রং-এ সরল মেণ্ডেলীয় বা একজোড়া জিন নিয়ন্ত্রিত বৈশিষ্ট্যের আবিষ্কার সম্ভব হলেও এখানে ৩:১ অনুপাতে বাচ্চা জন্মায় না—তা বোঝা কঠিন নয়। এ অনুপাত বিঘ্নিত হওয়ার কারণ সঙ্গত কারণেই পরবর্তী অধ্যায়ে সংযোজন করা হয়েছে।



চিত্র-২.১ : আন্দালুসীয় মোরগ-মুরগীর পালক বর্ণের বংশক্রমতা। কালো ও সাদা মিলে নীল-ধূসর সন্তান জন্মায় F_1। পরবর্তীতে তাদের সমাগমে (F_2)-এ $\frac{1}{4}$ কালো (যা বিশুদ্ধ) : $\frac{1}{2}$ নীল (যা F_1 এর মত) এবং $\frac{1}{4}$ সাদা (বিশুদ্ধ)।

অনুশীলনী

১। গ্রেগর মেন্ডেল কি ছিলেন ? তাঁহার বিখ্যাত মটরশুঁটি প্রজনন বর্ণনা কর।

২। বিকিরণ-সূত্র কি এবং প্রাণীজগতে এর অনিবার্য ফল কি?

৩। গরুতে শিংহীনতা শিংযুক্ততার উপর প্রকট। এমনাবস্থায় একটি শিংহীন ষাঁড় ৩টি গাভীর সাথে সমাগম করানো হলো। তাতে ক শিংযুক্ত গাভীর শিংহীন বাছুর জন্মায়; খ গাভীর (শিংযুক্তা) শিংযুক্ত বাছুর জন্মায়; এবং গ শিংহীনা গাভীর শিংযুক্ত বাছুর জন্মায়। এখানে ৪ জনক-জননীর জাতি-নমুনা কি এবং এই সমাগমগুলোতে আনুপাতিক হারে আর কি কি সন্তান আশা করা যায়?

সঙ্কেত: শ - শিংহীন; শশ—শিংযুক্ত।

৪। আন্দালুসীয় মোরগ-মুরগীতে কালো এবং সাদা পালকের জন্য বি-সম সংস্থা এলিল নীলবর্ণ সৃষ্টি করে। এখন কালো, নীল ও সাদা পালক বর্ণের পক্ষীর সাথে আন্দালুসীয় পক্ষীর সমাগম করালে কি কি বাচ্চা জন্মাতে পারে?

সঙ্কেত: ককক কালো রং; ককক নীল রং ও কক সাদা।

৫। মোরগ-মুরগীর মধ্যে গোলাপী ঝুঁটি স্বাভাবিক ঝুঁটির উপর প্রকট। একজন খামারচাষী আশা করে যে, তার কতক গোলাপী-ওয়েন্‌ডট্‌ ঝুঁটির পক্ষী স্বাভাবিক ঝুঁটির জন্য একটি উপসর্গ বহন করতে পারে। এই অবস্থায় কোন্ পক্ষীগুলো বি-সমসংস্থার তা জানার কোন পদ্ধতির প্রস্তাব করতে পার কি?

সঙ্কেত: গ—গোলাপী ও গ গ স্বাভাবিক।

৬। দু'টো কালো স্ত্রী-মুষিককে একটি বেগুনী পুং ইঁদুরের সমাগম করানোতে ১টি স্ত্রী ৯টি কালো ও ৭টি বেগুনী বাচ্চা জন্মায় এবং এবং অন্য স্ত্রী-মুষিকের ৫৭টি কালো কালো বাচ্চা জন্মায়। এমতাবস্থায় মুষিকের মধ্যে কালো ও বেগুনী বর্ণের বংশগতিতে কি সিদ্ধান্ত করতে পার?

তৃতীয় অধ্যায়

সরল মেণ্ডেলীয় বংশক্রম
(SIMPLE MENDELIAN INHERITANCE)

৩ : ১ অনুপাতের পরিবর্ধন (Modification of 3 : 1 Ratio)

পূর্ববর্তী অধ্যায়ে বর্ণিত সমাগমগুলোতে (crosses) মটরশুঁটি (লম্বা × বেঁটে) ও কুকুরের স্বাভাবিক বধিরতার বেলায় আমরা দেখেছি পার্থক্য শুধুমাত্র একটি চরিত্রের, যেখানে F_1 সন্তানগুলোকে মাতা-পিতার ধরন থেকে আলাদা করা যেত না। অর্থাৎ নূতন জোড়ায় একটি উপসর্গ বা জিন প্রাধান্য বিস্তার করেছে প্রত্যেকের বেলায় যার জন্য প্রাধান্য বিস্তারকারী জিনের বৈশিষ্ট্যই প্রকট হয়ে সন্তানের মধ্যে দেখা দিয়েছে। এবারে আমরা এই ঘটনার ব্যতিক্রমগুলো তুলে ধরব যেখানে F_1 সন্তান মাতা-পিতা উভয় থেকে আলাদা ধরনের হয়। মোরগ-মুরগীর বেলায় দেখা যায় যে, ছিটা সাদা (splashed white) মোরগ-মুরগী গাঢ় কালোর সাথে সমাগমে নীল পালকের জন্ম দেয়। আবার F_2-এর অনুপাত লক্ষ্য করলে দেখা যায় বিভিন্ন বর্ণের পালকবিশিষ্ট মোরগ-মুরগীগুলো একটি কালো, দুটি নীল ও একটি ছিটা সাদা। অর্থাৎ এ ক্ষেত্রে F_2 পুরুষে ১টি চরিত্র বেশী এসেছে এবং আনুপাতিকের ক্ষেত্রে ৩ : ১ না হয়ে তা ১:২:১ অনুপাতের হয়েছে। নিম্নে ইহা চিত্রে দেখানো হলো।

মাতা-পিতা	কালো × ছিটা সাদা
F_1	নীল × নীল
F_2	কালো-নীল-নীল-সাদা

এ চিত্রকে মটরের সঙ্গমের সাথে তুলনা করলে একটা ব্যাখ্যা পাওয়া যায়। নীলবর্ণের পালকগুলো এখানে পূর্বের মটরশুঁটির লম্বা (বেঁটে)-এর সাথে তুলনীয়। অর্থাৎ তারা একজোড়া এলিলীয় জিন বা উপসর্গের বেলায় বি-সমসংস্থার হয়েছে। এটি এখানে অনুমিত হয় যে,

একটি এলিল সমসংস্থার হলে তা কালো পালক সৃষ্টি করে এবং অন্য একটি সমসংস্থার হলে তা সাদা ছিটা-বর্ণ সৃষ্টি করে। একে প্রতীকের সাহায্য নিয়ে আরও পরিষ্কার করে উপস্থাপিত করা যায়। ধরি, ক এবং ক কোন এলিলই একে অন্যটির উপর প্রকট নয়, বরং পরিবর্তে বি-সমসংস্থায় তারা একটি অন্তর্বর্তী বর্ণ সৃষ্টি করে। তা হলে ক ক জাতি-নমুনা কালো রং সৃষ্টি করে; কক নীল রং এবং কক সাদা ছিটা রং সৃষ্টি করে। এ ক্ষেত্রে আমাদের তত্ত্ব ঠিক হলে উক্ত দুটি পাখীর সমাগমে অবশ্যই তিন প্রকার পাখী জন্মাবে ১ : ২ : ১ অনুপাতে। এটি একটি প্রাধান্য বর্জিত উদাহরণ।

এরূপ আর একটি উদাহরণ খাট শিংযুক্ত গরুর বেলায় পাওয়া যায়। এখানে সংশ্লিষ্ট এলিলগুলোকে **স** ও স প্রতীকে প্রতিনিধিত্ব করানো চলে। সমসংস্থায় **স স** গরুগুলো লাল, অন্য একটি সমসংস্থার 'স স' গরুগুলো সাদা এবং বি-সমসংস্থার স স গরুগুলো রোন বর্ণের (সারণী ৫)। এই রোন বর্ণটি আসলে অত্র দু'বর্ণের আন্তঃমিশ্রণ এবং তা কাঁচামরিচ-লবণ মিশ্রণের মত হয়। এরূপে প্রকৃতিতে আমরা অনেক ঘটনার সম্মুখীন হব যেখানে বি-সমসংস্থার ধরন এমন হবে যা উভয় সমসংস্থার ধরন থেকে সম্পূর্ণ আলাদা। এখানে কোন এলিল অন্য এলিলের উপর প্রকট নয়। অপরপক্ষে প্রকৃতিতে এমন কতকগুলো বি-সমসংস্থ অবস্থা আছে যেগুলোকে আপাততঃ খালি চোখে কোন সমসংস্থা থেকে পৃথক করা যায় না। তবে অধিকতর সমসংস্থায় সূক্ষ্ম পরীক্ষা দ্বারা অথবা কোন বিশেষ কৌশলে আলাদা করা যায়। মেণ্ডেল নিজেই এমন একজোড়া মটরশুঁটির উপর কাজ করেছেন (গোল বনাম খাঁচকাটা) যা এই প্রপঞ্চে (phenomenon) পড়ে। অবশ্য পরে দেখা গেছে মেণ্ডেল নিজেও তা জানতেন না। অতএব এটি একটি নূতন ঘটনা।

প্রকৃতিতে আরও অসংখ্য ঘটনা রয়েছে যেখানে বিশেষ উপায় অবলম্বন করে বি-সমসংস্থাকে একটি সমসংস্থা থেকে পৃথক করা যায়, যেমন মানব জাতির কৌলিতত্ত্ব থেকে একটি উদাহরণ তুলে ধরা যায়, যাকে "কাস্তে কোষ রক্তশূন্যতা" (Sickle-cell-Anaemia) রোগ বলে। এই অবস্থার সৃষ্টি হয় যখন একটা জিন-ধর, 'র' সমসংস্থায় থাকে এবং এ রোগের লক্ষণ হচ্ছে—দীর্ঘকালের রক্তশূন্যতা, শারীরিক গঠনে বাধাপ্রাপ্ত হওয়া,

শিরা, পেশী ও তলপেটে ব্যথা হওয়া নিঃসন্দেহে এটি একটি মারাত্মক ব্যাধি। এ রোগীর রক্ত পরীক্ষা করলে আনুপাতিক হারে লোহিত কণিকার একটা বড় অংশ অস্বাভাবিক গঠনের বা আকৃতির (কাস্তের আকার) ধরা পড়ে। অন্যদিকে অম্লজান থেকে বঞ্চিত হলে সমসংস্থ ব্যক্তির (**রর**) লোহিত কণিকা কাস্তের আকার ধারণ করে। বি-সমসংস্থ (**র**র) অবস্থায় যদিও লোকটি আপাততঃ স্বাস্থ্যবান দেখায় এবং বাহ্যিক দিক থেকে তার মধ্যে কোনরূপ রোগের লক্ষণ দেখা যায় না তথাপি তার লোহিত কণিকার একটা ছোট অংশ কাস্তের আকৃতির মত হবে এবং অম্লজান থেকে বঞ্চিত করলে সব লোহিত কণিকা ঐরূপ (কাস্তের মত) হবে (সারণী ৫)।

উপরে বর্ণিত সরল মেণ্ডেলীয় বংশক্রমের পরিবর্ধনের যে সকল বিবরণ দেয়া হলো তা আক্ষরিকভাবে বিশদ ও সংক্ষিপ্তাকারে যথাযথভাবে বোঝানোর জন্য চেকার-বোর্ডসহ চিত্রাকারে নিম্নে দেয়া হলো। আশা করা যাচ্ছে এতে বিষয়বস্তু বোঝার ক্ষেত্রে কোন অহেতুক জটিলতা থাকবে না।

৩ : ১ অনুপাতের পরিবর্ধন : (উপরে বর্ণিত উদাহরণের সংক্ষিপ্তায়ন)

মোরগ-মুরগীর বেলায়

প্রতীক **ক**ক কালো, **ক**ক নীল ও কক সাদা ছিটা।

মাতা-পিতা কালো × ছিটা

জনন-কোষ **ক** × ক

প্রথম পুং **ক**ক নীল × **ক**ক নীল

জনন-কোষ **ক**ক × **ক**ক

২য় পুং

	ক	ক
ক	**কক** কালো	**ক**ক নীল
ক	ক**ক** নীল	কক ছিটা

পরিবর্ধিত অনুপাত ১ : ২ : ১।

খাট শিংযুক্ত গরুর বেলায়

প্রতীক **স স** লাল , **স** স কাঁচা মরিচ লবণবৎ (রোন) ; স স সাদা

মাতা-পিতা লাল × সাদা

জনন-কোষ **স** × স

প্র. পুং **স** স রোন × **স** স রোন

জনন-কোষ **স** স × **স** স

২য় পুং

O	**স**	স
স	**স স** লাল	**স** স রোন
স	স **স** রোন	স স ছিটা

পরিবর্ধিত অনুপাত ১ : ২ : ১।

মানুষের কাস্তে-কোষ রক্তশূন্যতায়।

প্রতীক **ক** ক স্বাভাবিক লোহিত কণিকা ; **ক** ক অল্প কণিকা কাস্তে-আকার ; ক ক

মাতা-পিতা স্বাভাবিক রক্ত (বাহক) × স্বাভাবিক রক্ত (বাহক) অস্বাভাবিক কাস্তে কোষ রক্তশূন্য

জনন-কোষ **ক** ক × ক **ক**

প্রঃ পুং **ক** ক **ক** ক

O	ক	**ক** ক
ক	**ক** ক	**ক ক**
ক	ক ক	**ক** ক

পরিবর্ধিত অনুপাত ১ : ২ : ১।

বলাবাহুল্য এটি একটি ভিন্ন ধরনের পরিবর্ধন এবং উপরোক্ত দুটি উদাহরণ থেকে সম্পূর্ণ আলাদা। এখানে মনে রাখতে হবে যে, সমসংস্থ অবস্থায় এ রোগে মানুষ মারা যায় সাধারণতঃ যৌন পরিপক্বতার পূর্বে এবং বি-সমসংস্থ অবস্থায় স্বাস্থ্যবান হয়। অবশ্য সমসংস্থাবস্থায়ও কেহ কেহ বেঁচে থাকতে পারে। যাহোক, বাহকদের মধ্যে বিবাহ সম্পর্ক বাদ দিতে পারলে এ রোগ থেকে পরিত্রাণ পাওয়া যেতে পারে। বলাবাহুল্য এ রোগ অনুবীক্ষণ যন্ত্রে রক্ত পরীক্ষায় ধরা পড়ে।

হানটিংটন্স কোরিয়া (Huntingtons Chorea) মানুষের এ ব্যাধি না জীবনের যে কোন সময় হতে পারে। তবে বাচ্চা উৎপাদনকালের পর মৃত্যু হলে তাকে স্বাভাবিক মৃত্যু ধরা হয়। প্রকট অবস্থায়ও এ রোগের বাহকরা সুন্দর স্বাস্থ্যের অধিকারী হতে পারে। এ রোগের লক্ষণ হচ্ছে অস্বেচ্ছাপ্রণোদিত মাথা, বাহু ও শরীরের অন্যান্য অংশবিশেষের হেঁচকা টান, স্নায়ুতন্ত্রের অবক্ষয়, মানসিক অবসাদ, শারীরিক শক্তির ক্ষয় এবং মৃত্যু। এই রোগের লক্ষণ বা লক্ষণসমূহ শুরু হওয়ার বয়স অতি শৈশব থেকে বার্ধক্য পর্যন্ত বিস্তারলাভ করতে পারে (সারণী-৪ দ্রষ্টব্য)। এটি সংশ্লিষ্ট জিনের সূক্ষ্মতা ও সুস্পষ্ট প্রকাশের গভীরতাকেই বুঝায় (Penetrance and expressivility)।

সারণী—৪ঃ মানুষের মধ্যে বিভিন্ন বয়সে হানুটিংটন্স কোরিয়া রোগের বিভিন্ন বয়স (জুলিয়া বেল-এর মতো)।

বয়স	ব্যাধির প্রকোপ	লক্ষণ
০-৪	৪	অস্বেচ্ছাপ্রণোদিত মাথা, হাত-পা ও অন্যান্য অংশবিশেষের হেঁচকা টান (Twitching); স্নায়ু-তন্ত্রের ও শারীরিক শক্তির অবক্ষয়তা এবং মৃত্যু।
৫-৯	৫	
১০-১৪	১৫	
১৫-১৯	২৪	
২০-২৪	৩৮	
২৫-২৯	৫৭	
৩০-৩৪	৮৩	
৩৫-৩৯	৮০	
৪০-৪৪	৫৭	
৪৫-৪৯	৪২	
৫০-৫৪	২৮	
৫৫-৫৯	১২	
৬০-৬৪	৭	
৬৫-৬৯	৭	
৭০-৭৪	১	
	৪৬০	

আমরা এসব উদাহরণ দ্বারা একটা অবস্থাই বোঝাতে চাই এবং তা হচ্ছে প্রকট ও প্রচ্ছন্ন কণা দু'টোর আপেক্ষিকতা। অর্থাৎ কোন বৈশিষ্ট্যের প্রকাশ প্রকট কি প্রচ্ছন্ন তা অন্যকিছুর সাথে একটা আপেক্ষি-কতা রক্ষা করে চলে এবং তা স্রেফ প্রকটসহ এমন কতকগুলো ঘটনায় প্রযোজ্য, যা ঘটনান্তরে রূপান্তরশীল (various from case to case)। আমাদের উদাহরণগুলোর ক্ষেত্রেই দেখা যাক—এক প্রান্তে গরু বা আন্দালুসীয় মোরগ-মুরগী বি-সমসংস্থ প্রত্যেক এলিলের সম-পরিমাণ প্রভাব সৃষ্টি করে এবং তা প্রকটতা বিবর্জিত হয়েই করে এবং অন্যত্র জোড়ার একটি এলিলের প্রভাব সচরাচর অন্যটির চেয়ে অধিক। এ ক্ষেত্রে একে অসম্পূর্ণ প্রকটতা (incomplete dominance) বলা ছাড়া উপায় কি। তবে শেষ পর্যন্ত আমরা দেখব, সম্পূর্ণ প্রকট অবস্থা বিরাজমান যখন সমসংস্থ একটি এলিল সমসংস্থার মত একই রকম প্রভাব সৃষ্টি করে চলে। সুতরাং প্রকটতা ও প্রকট-প্রভাবী উৎসগতভাবে শেষবারের ঘটনায় ব্যবহৃত হয়েছে এবং তা সত্ত্বেও ইতিপূর্বের আলোচনার আলোকে এ দেখে ছাত্রদের বিস্মিত হবার কিছু নেই যে, ব্যবহারিক দিক থেকে দুটোর মধ্যে কিছু রূপান্তর রয়েছে। বিশেষতঃ যখন কোন বি-সমসংস্থ একটি এলিল প্রাণীতে পরিষ্কার একটা অস্বাভাবিক প্রভাব সৃষ্টি করে, তখন তা প্রকট-প্রভাবী বলে আখ্যায়িত করা হয়, যদিও সমসংস্থায় তার ফল অধিকতর চরম। উদাহরণস্বরূপ মানব কৌলিতত্ত্বের (human genetics) কতক-গুলো উদাহরণ তথা রোগ-ব্যাধির কথা আমরা আলোচনা করেছি যেখানে সমসংস্থ অবস্থায় জিনের প্রভাব এমনই চরম যে, শেষ পর্যন্ত ঐ মানুষ বাঁচতে পারে না, এমনকি লক্ষণ সৃষ্টির দিক থেকে চরম অবস্থাটা লক্ষ্য করা যায় না। অর্থাৎ জিনগুলো প্রাণঘাতী (lethal) এবং এ কারণে ৩ : ১ অনুপাত কখনো সন্তানদের মধ্যে পাওয়া যায় না।

আমরা কাস্তে-কোষ ব্যাধির বেলায় দেখেছি যে, একটি জিনের সমসংস্থ অবস্থায় এমন মারাত্মক (lethal) প্রভাব রয়েছে যা মৃত্যুতে পর্যবসিত হয়। এরূপ নিয়মিত চরম প্রভাবযুক্ত জিনগুলোকে প্রাণঘাতী জিন্ (lethal gene) বলা হয় এবং এগুলো প্রাণীদের মধ্যে পরীক্ষিত হয়েছে। কতকগুলো প্রাণঘাতী জিন্ সম্পূর্ণ প্রচ্ছন্ন যা বি-সমসংস্থায় কোন প্রকাশ্য প্রভাব সৃষ্টি করে না সত্য; কিন্তু সমসংস্থায় প্রাণীকে মেরে ফেলে।

অন্য কতকগুলো মারাত্মক জিন্ রয়েছে যা সমসংস্থায় শুধু সনাক্তযোগ্য প্রভাব সৃষ্টি করে তাই না। বরং সমসংস্থায় অপ্রাণঘাতী প্রভাব সৃষ্টি করে এবং এই শ্রেণীর জিনগুলো অপ্রাবস্থায় প্রাণীর জন্য বা ডিম ফুটানোর পূর্বে মৃত্যু হলে ৩ : ১ অনুপাতের পরিবর্ধিত আনুপাতিককে ১ : ২ : ১-তে পর্যবসিত করে।

অত্র অনুপাতের একটি সহজ উদাহরণ হচ্ছে হামাগুড়ে (creeper) পক্ষী। এ পক্ষীর ডানা ও পা অপেক্ষাকৃত বেঁটে ও বিরূপ আকৃতির হয় যা দেখতে লেছামারা (squatty) লাগে। যখন হামাগুড়ে পক্ষীকে স্বাভাবিক পক্ষীর সাথে প্রজনন করানো হয়, তখন আমরা সমসংখ্যক হামাগুড়ে ও স্বাভাবিক সন্তান পেয়ে থাকি। আবার যখন হামাগুড়েগুলোর মধ্যে প্রজনন হয়, তখন ২টি হামাগুড়ে ও ১টি স্বাভাবিক সন্তান হয় এবং স্বাভাবিকদের মধ্যে প্রজনন করালে কোন হামাগুড়ে পক্ষী জন্মায় না। এ ঘটনাকে নিম্নলিখিতভাবে দেখান যেতে পারে।

প্রতীক **ক**— হামাগুড়ে ; কক স্বাভাবিক।

মাতা-পিতা **ক**ক × **ক**ক

পরিপক্ক জনন-কোষ → **ক** ক × **ক** ক

F_1 সন্তান →

O	**ক**	ক
ক	**কক**	**ক**ক
ক	**ক**ক	কক

আবার,

মাতা-পিতা **ক**ক × কক

পরিপক্ক জনন-কোষ → **ক** ক ক

F_1 সন্তান → **ক**ক, ক ক

উপরোক্ত চিত্রে মারাত্মক জিনগুলোকে (যাদের বিসমসংস্থ অবস্থায় সনাক্তযোগ্য প্রভাব আছে) সহজেই সনাক্ত করা যায়, কিন্তু যাদের তা নেই তাদের সনাক্ত করা খুবই কঠিন। তবে বিভিন্ন পদ্ধতিতে তাদেরকে সনাক্ত করা যায়— যেমন গবাদি পশুর বেলায় একটা উদাহরণ দেয়া চলে। যে সমস্ত বাছুর সমসংস্থাবস্থায় কিছু মারাত্মক জিন বহন করে তাদের নীচের চোয়াল (impacted molar teeth) অস্বাভাবিক হয় এবং তারা

জন্মের পর কয়েক ঘণ্টার বেশী বাঁচে না। এমনকি এসব বাছুর মৃত অবস্থায়ও জন্মাতে পারে। কিন্তু বি-সমসংস্থায় কোন সনাক্তযোগ্য প্রভাব ধরা পড়ে না। এরূপ অবস্থানে তাকে তোতার ঠোঁট (Parrot-beak) বলা হয়। এ ছাড়া আরও বহু মারাত্মক প্রভাবী জিনের সন্ধান গবাদি-পশুতে পাওয়া গেছে (সারণী—৫ দ্রঃ)। এগুলো হচ্ছে নিম্নচোয়ালী ও

সারণী-৫ ঃ সহজ (এক যুগল জীন জড়িত) মেণ্ডেলীয় বৈশিষ্ট্যের পরিবর্ধন

জীব-জন্তুর জাত	বৈশিষ্ট্যসমূহ	বাহ্যিক নমুনার অনুপাত
মানুষ	কাস্তে-কোষ রক্ত-শূন্যতা (Sickle-Cell Anaemia) অত্যধিক রক্তশূন্যতা বা থেলাজেমিয়া (Thelassemia) চর্ম-ক্ষত ও ফোস্কা (Epidermolysis bullosa).	২ স্বাভাবিক : ১ রক্তশূন্য
গরু	খাট শিংযুক্ত গরুর লাল সাদা বর্ণ ; অস্বাভাবিক চোয়াল ; (Parrot-beak) নিম্নচোয়ালী (Lowered jaw) পা-বিবর্জিত একক মেরুদণ্ড, পশমশূন্যতা অতি খাট পা ; অন্তঃসত্ত্বার প্রথম দিকে বাচ্চা পড়ে যাওয়া।	১ লাল : ২ রোন : ১ সাদা
মোরগ-মুরগী	কালো-ছিটা সাদা	১ কালো : ২ নীল : ১ ছিটা সাদা

পা-বর্জিত (amputed) বাছুর, একত্রিত মেরুদণ্ড (short-spine), পশমশূন্যতা ইত্যাদি। এছাড়া আরও একটি অবস্থা রয়েছে যাকে 'বুল্-ডগ্' (bull-dog) বলা হয়। এটি অনেকটা হাঁসাগুড়ে পক্ষীর মত দেখায়। অন্যদিকে বি-সমসংস্থ অবস্থায় খাট-পা (dexter) গরু জন্মায় এবং সমসংস্থায় মৃত বাচচা জন্মায় যাদের মুখমণ্ডলে প্রচণ্ড আঘাতের চিহ্ন থাকে এবং অন্যান্য বিচিত্রতাসহ হাস্যস্করভাবে খাট পা থাকে। এরূপে ২৫টির অধিক গবাদি পশুতে; ৭টি ঘোড়াতে; ১৪টি শুকরে; ৬টি ভেড়াতে; ২১টি মোরগ-মুরগীতে ও ১টি রাজহাঁসে মারাত্মক জিনগুলো লক্ষ্য করা গেছে।

মানুষের মধ্যে মারাত্মক উপসর্গগুলো অপেক্ষাকৃত দেরীতে প্রভাব বিস্তার করে থাকে। অর্থাৎ প্রভাবগুলো জন্ম উত্তরকালে অথবা কোন কোন সময় জন্মের সময় দেখা দেয়। উদাহরণস্বরূপ বলা যায়—কাস্তে-কোষ ব্যাধিতে সাধারণতঃ লক্ষণ সাবালক হওয়ার পূর্বে দেখা দেওয়ার কথা। কিন্তু এমন অনেক ক্ষেত্র রয়েছে, যেখানে তা অতি শৈশবেও দেখা দেয়। এদিকে অত্যন্ত রক্তশূন্যতা বা থেলাসেমিয়ার (thelassemia) বেলায় সমসংস্থা-বস্থায় শৈশব বা প্রাগ যৌবনকালে মৃত্যু ঘটে। এছাড়া দু'রকমের গুপ্ত জড়তা (amaurotic idiocy) আবিষ্কৃত হয়েছে যেখানে অত্যধিক (striking) মানসিক ও শারীরিক অবনতি এবং অস্বাভাবিক স্নেহ-জাতীয় খাদ্যের বিপাকে (lipoid metabolism) দ্রুত রেটিনার অবক্ষয়তা লক্ষ্য করা গেছে। এক রকমের লক্ষণ দেখা দেয় ৬–৭ বছর বয়সে অন্যটিতে জন্মের ৬–৮ মাসের মধ্যে এবং ২-৩ বছর বয়সে এবং তাতে মৃত্যু ঘটে। এছাড়া জীবনের প্রথম কয়েক দিনের মধ্যে অথবা জন্মের কিছু আগে মারাত্মক অবস্থা সৃষ্টিকারী কতকগুলো প্রচ্ছন্ন জিন দেখা দেয়। তাদের মধ্যে একটি হচ্ছে ইপিডার্মোলাইসিস্ বুলোসা (epidermolysis bullosa)। এটি এমন একটি জিন্ যার প্রভাবে চর্মের উপর স্বতঃস্ফূর্ত (blisters) ফোসকা ও কঠিন ক্ষতের সৃষ্টি হয়। এরূপ অসংখ্য মারাত্মক উপসর্গ মানুষের শৈশবে, কৈশোরে বা ভ্রূণ অবস্থায় মৃত্যু ঘটায়। এমনকি অন্তঃসত্ত্বার প্রথম দিকে গর্ভপাত রোগের (miscarriages) একটা বিরাট অংশ এরূপ জিনের প্রভাবেই ঘটে বলে সংশ্লিষ্ট সকলের অনুমান।

অতএব F_2-তে প্রকট ও প্রচ্ছন্ন এলিল জড়িত সমাগমে প্রাপ্ত ৩ : ১ অনুপাত সত্য সত্য ১ : ২ : ১ অনুপাত, যেখানে প্রথম দু'শ্রেণী সমভাবে আবির্ভূত হয়। যেখানে প্রকটতা নেই, সেখানে ঐ সত্য অনুপাত ১ : ২ : ১ দ্রুত পর্যবেক্ষণ করা যায়। কোন কোন ক্ষেত্রে জোড়ার একটি এলিল সমসংস্থাবস্থায় মারাত্মক হতে পারে এবং বি-সমসংস্থা অবস্থায় দৃশ্যমান প্রভাব এমনভাবে প্রতিফলিত করে যেন জীবন্ত সন্তান মাত্র ২ শ্রেণীতে অন্তর্ভুক্ত হয় এবং ৩ : ১ বা ১ : ২ : ১ অনুপাতের পরিবর্তে ২ : ১ অনুপাত ঘটায়।

অনুশীলনী

১। সরল মেণ্ডেলীয় বংশক্রমতা ও ৩ : ১ অনুপাত কি করে পরিবর্ধিত হয়?
২। প্রাণঘাতী জিন্ কি? উহা কিভাবে পরীক্ষা করা যায়?

চতুর্থ অধ্যায়

মেণ্ডেলীয় বংশক্রমে কোষতাত্ত্বিক পটভূমি

(CYTOLOGICAL BASIS OF MENDELIAN INHERITANCE)

পূর্ববর্তী অধ্যায়ে আমরা শিখেছি যে, জিনের ক্রিয়াকলাপ পরিসংখ্যানগতভাবে পূর্বাভাসযোগ্য এবং তা সরাসরি মাতা-পিতা থেকে সন্তানে প্রবাহিত হয়। একই সঙ্গে এটাও লক্ষ্য করেছি যে, জিনগুলো ক্রমোজোমের অংশবিশেষ। এ অধ্যায়ে জিনগুলোর মাতা-পিতা থেকে সন্তানে প্রবাহের কতকগুলো মৌলিক কোষগত ভিত্তির বিস্তারিত বিবরণ দেয়া হচ্ছে। এ প্রসঙ্গে আমরা এখানে শিখব, কি করে জিনগুলো শারীরিক কোষে (somatic cell) জোড়ায় অবস্থান করে এবং বিশেষ প্রক্রিয়ায় জনন-কোষে একক অবস্থান করে। এ বিবরণ আরও বিশেষ গুরুত্ববহ এ কারণে যে, যে কোষ প্রাণীর উৎস, সে কোষে দীর্ঘ বিবর্তন প্রক্রিয়ায় উত্তীর্ণ হয়ে কি করে বংশগতির উপসর্গগুলো বিন্যাস হয় ও কোষান্তরে প্রবাহিত হয়।

১৮৬৬ সালে ব্রুনের একটি অখ্যাত বিজ্ঞান অধিবেশনের প্রতিবেদনে মেন্ডেলের মূল গবেষণা প্রকাশিত হলেও আজকে তা সবার কাছে সত্যিই একটা স্বচ্ছ ও গ্রহণযোগ্য সূত্র বলে স্বীকৃত। তথাপি মেণ্ডেলের সমসাময়িকরা কেউই সে সময় তার গুরুত্ব অনুধাবন করতে পারেননি। ত্রিশ বছরেরও অধিক কাল তার অবদানকে সম্পূর্ণ অবহেলা করা হয়েছে। তারপর গত শতকের শেষভাগে হল্যাণ্ডের ডিভ্রীজ (Devries), জার্মানীর করেন্স (Correns), অস্ট্রিয়ার ভন শ্যারম্যাক (Von Tschirmak) ও মার্কিন যুক্তরাষ্ট্রের স্পিলম্যান (Spillman) পৃথক পৃথকভাবে বংশগতি সম্বন্ধে এমন উপসংহারে উপনীত হন যা অত্যাবশ্যকীয়ভাবে মেন্ডেলের মতই এক ও অভিন্ন। এভাবে একটি অখ্যাত বিজ্ঞান সাময়িকীতে মেন্ডেলের গবেষণা নিবন্ধ প্রকাশিত হয় এবং ১৯০০ সালে

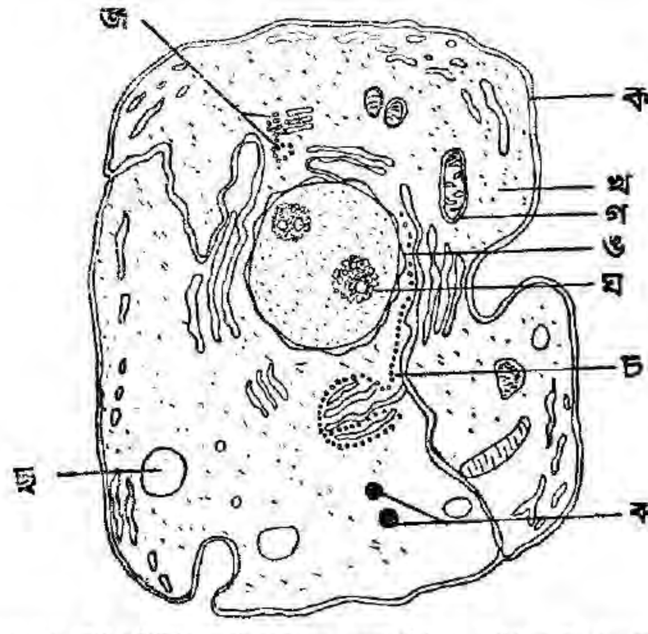
তাঁর গবেষণার ফলাফল পরবর্তী গবেষকদের দ্বারা পরীক্ষিত হয়ে বিজ্ঞান-জগতে পরিচিতি লাভ করে (২ নং সারণী দ্রঃ)।

এ প্রসঙ্গে একটা কথা উল্লেখ্য যে, মেন্ডেলের গবেষণা প্রকাশিত হওয়ার ৩৫ বছর পরও তা কোন প্রভাব সৃষ্টি করতে পারেনি। সুতরাং তা অনেক সন্দেহের অবকাশ রেখেছে। এই সন্দেহ সৃষ্টি হওয়ার কারণ সম্ভবতঃ অজ্ঞতা। আরও একটি ঘটনা এ ব্যাপারে উল্লেখ্য যে, সে সময়কার জীববিজ্ঞানীরা ডারউইন-এর 'প্রজাত উৎপত্তি'মূলক (Origin of species) তত্ত্বের প্রচণ্ড প্রভাবের ফলে আন্তঃপ্রজাত পার্থক্য সম্পর্কীয় সমস্যা নিয়ে এমনভাবে ব্যাপৃত ছিলেন যে, প্রজাতের মধ্যেকার প্রজননের প্রতিবেদন তাঁদের মধ্যে কোন আকর্ষণই সৃষ্টি করতে সক্ষম হয়নি। ইলিটসের ধারণা থেকে শুধু এটুকু বোঝা যায় যে, সে সময় এ ধরনের বিজ্ঞান-চর্চার জন্য উপযুক্ত ছিল না। অন্যদিকে মেণ্ডেলের বিশ্লেষণ উপলব্ধি করার ব্যাপারসহ সংখ্যাবাচক পদ্ধতি এমন অশ্রুত ছিল যে, বীজগাণিতিক সূত্রের মত প্রদত্ত উদ্ভিদ সঙ্করায়ন কার্যক্রম সম্পর্কিত অক্ষর প্রতীকসম্বলিত মূল দলিলকে সে সময় অনেক পাঠকই বিষয়বস্তুর অপ্রাসঙ্গিক অংশ বলে মনে করতেন। এ শতকের শেষের দিকে চারজন স্বাধীন পরীক্ষকের মেণ্ডেলীয় সূত্রের পুনঃ আবিষ্কারকে আমরা শুধু একটা সন্নিপাত ঘটনা বলে মনে করতে পারি না। বিবর্তন সমস্যার উপর মানুষের আগ্রহ অনেক পূর্ব থেকেই ছিল; কিন্তু ডারউইন কর্তৃক গৃহীত ল্যামার্কীয় ভাব-কল্পনার যথার্থতা সম্পর্কে বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ সন্দেহ পোষণ করা হত এই জন্য যে, প্রাণীর মধ্যে পরিবেশের সরাসরি কৃতকর্ম দ্বারা সৃষ্ট রূপান্তরশীলতা হচ্ছে বিবর্তনের মূল কারণ। ইহা পরিবেশের পার্থক্য হেতু যে রূপান্তরশীলতার সৃষ্টি হয় তার উপর দৃষ্টি আকর্ষণ করে এবং অন্যান্য সম্ভাব্য অবিচ্ছিন্ন রূপান্তরশীলতার উপর বিশেষ আকর্ষণ কেন্দ্রীভূত করে—বিশেষ করে এরূপ বিপরীতধর্মী একক চরিত্রগত পার্থক্যগুলোর উপর যা মেণ্ডেল পর্যবেক্ষণ করেন। ইতিমধ্যে পরিসংখ্যানবিদ্যা ও জীব-মেট্রিক (Biometric) সিদ্ধান্তগুলো ব্যাপক স্বীকৃত হয় এবং আলাদা প্রজননের সন্তানদের সংখ্যাগত বিশ্লেষণ একটা প্রকৃতিগত প্রচেষ্টায় পর্যবসিত হয়। পরবর্তীকালে এক সময় এরূপ অবস্থার সৃষ্টি হলে মেণ্ডেলের সূত্রের পুনঃ আবিষ্কার অনিবার্য হয়ে দেখা দেয়।

প্রকৃত প্রস্তাবে আমরা যখন বিভিন্ন রকম প্রজনন বা সঙ্গম করাই তাতে যাহা ঘটে, তারই অবশ্যম্ভাবী বিবরণ হচ্ছে মেণ্ডেলের সূত্র। এই কথা জানার পর স্বাভাবিকভাবে যে প্রশ্ন দেখা দেয় তা হচ্ছে কেমন করে তা ঘটে? এ প্রশ্নের উত্তর আমাদের খুঁজতে হবে ক্রমোজমের আচরণ থেকে। এই ক্রমোজমগুলো তা হলে কি? আরও প্রশ্ন জাগে। উত্তর খুঁজতে আমাদেরকে আবার কোষবিদ্যার আশ্রয় নিতে হয়। কোষ-বিদ্যার বদৌলতে আমরা বুঝতে পারি ক্রমোজমগুলো হচ্ছে এমন বস্তু যাহা কোষ-কেন্দ্রের গভীরে অবস্থান করে এবং এগুলো দেখতে দণ্ডাকৃতির। এগুলোকে পরমাণুবীক্ষণ যন্ত্র দ্বারা দেখতে হয়। এই কোষ-কেন্দ্রীয় বস্তুগুলো রঙ্গানো-প্রক্রিয়ায় (staining technique) গভীর রং গ্রহণ করে এবং তা অনুবীক্ষণ যন্ত্রে ধরা পড়ে। এ ক্রমোজোম-গুলোই হচ্ছে বিকরণ সূত্র (Law of Segregation) ও বংশগতির অন্যান্য সূত্র ও ঘটনার মূল ভিত্তি। মেণ্ডেল নিজে ক্রমোজোমের আচরণ সম্পর্কে অথবা এগুলোর অবস্থান বা অস্তিত্ব সম্পর্কে কিছুই জানতেন না। তার কারণ, তখন পর্যন্ত অনুবীক্ষণ যন্ত্রের ব্যাপক উন্নতি লাভ ঘটেনি। আমরা মাত্র গত দু'দশকের মধ্যে ক্রমোজোম আচরণের মৌলিক ঘটনাগুলো সম্পর্কে জ্ঞাত হতে শুরু করেছি।

অণুবীক্ষণ যন্ত্র দ্বারা শরীরের বিভিন্ন প্রত্যন্ত অংশ পরীক্ষা করলে দেখা যাবে তা অসংখ্য ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র এককের সমন্বয়ে গঠিত। এ একক-গুলোকে আমরা কোষ (cell) বলি। প্রাণীর শরীর এরূপ কোটি কোটি একক দ্বারা গঠিত। এ কোষগুলোর বিভিন্ন আকার ও অঙ্গসজ্জা রয়েছে। তাদের একটা নির্দিষ্ট সীমারেখা রয়েছে (চিত্র ৪'১ দ্রষ্টব্য)। আরও ঘনিষ্ঠভাবে পরমাণুবীক্ষণ যন্ত্র (electron microscope) দ্বারা এ কোষগুলো পরীক্ষা করলে কতকগুলো মৌলিক বৈশিষ্ট্য ও প্রকৃতি দেখতে পাওয়া যায়। এ বৈশিষ্ট্যগুলো আকারে ভিন্ন রকম হলেও সব কোষ-কলার জন্য একটি গঠনগত প্রকৃতি লক্ষণীয়। প্রত্যেক কোষের একটা নির্দিষ্ট সীমারেখাসহ কোষ-কেন্দ্র (nucleus) রয়েছে। এ কোষ-কেন্দ্র যে তরল জৈবিক বস্তু দ্বারা গঠিত তাকে প্রোটোপ্লাজম (protoplasm) বা আদিপ্রাণসত্তা বলা হয়। এটি প্রকৃতিতে আদি জীবন্ত পদার্থ বা প্রাণপঙ্ক। তার অনবরত সমন্বয়ই হচ্ছে

জীবন। এটি কাজ করতে বিরত থাকলেই মৃত্যু অবস্থা বলা হয়ে থাকে। এর একটি অংশ নিউক্লিয়াস বা কোষকেন্দ্র গঠন করে এবং অন্য অংশ গঠন করে সাইটোপ্লাজম (cytoplasm) বা কোষ-তরল বা কোষ-পঙ্ক। এ কোষ-পঙ্ক বা সাইটোপ্লাজমই হচ্ছে কোষের বিভিন্নতার মূল বস্তু যা দেখে সনাক্ত করা যায়। এ কারণে বিভিন্ন তন্তু (tissue) যথা : মাংস,



চিত্র—৪·১ : একটি প্রতিনিধিত্বকারী কোষ। ক—কোষ-ঝিল্লি, খ—মৌলিক বস্তু, গ—মাইটোকণ্ড্রিয়া, ঘ—নিউক্লিওলাস, ঙ—কোষ-কেন্দ্রিক ঝিল্লি, চ—গলগি বস্তু, ছ—ফাঁপা (vacuole), জ—সেন্ট্রিয়ল, ঝ—নিঃস্রবণ কণা।

স্নায়ু, ত্বক ও অন্যান্য বিশেষ কোষ-তন্তু একে অন্য থেকে আলাদা এবং তা গঠন ও আকার প্রকৃতিতে ভিন্ন রকম দেখায়। কিন্তু আশ্চর্য ব্যাপার এই যে, সব কোষের নিউক্লিয়াসগুলো প্রায় একই রকম। কোষ-প্রাচীর দ্বারা পরিবেষ্টিত প্রাণপঙ্কের মধ্যস্থিত অধিকতর ঘনীভূত, অপেক্ষাকৃত অস্বচ্ছ, পাতলা ঝিল্লি দ্বারা পরিবেষ্টিত গোলাকৃতি পদার্থই হচ্ছে প্রাণ–

কেন্দ্র বা কোষকেন্দ্র যা পূর্বেই বলা হয়েছে। প্রাণকেন্দ্রের মধ্যে অবস্থিত বিভিন্ন আকারের সুতার ন্যায় পদার্থকে ক্রমোজোম (chromosome) বলে এবং তা আমিষ পদার্থ ডি-এন-এ সহযোগে গঠিত। এ ক্রমোজোমের মাধ্যমে জৈবিক বৈশিষ্ট্য বংশপরম্পরায় চলে থাকে। এবারে আমরা বংশগতির বস্তুগত পটভূমি বিশ্লেষণ করতে গিয়ে আমাদের দৃষ্টি এ প্রাণ-কেন্দ্রের আমিষ জাতীয় পদার্থ তথা ক্রমোজোমের উপর নিবদ্ধ করব।

আমাদের শরীরের নিযুত কোষের অবস্থান ও শারীরিক বৃদ্ধি একমাত্র অনবরত অন্য পূর্ববর্তী কোষের বিভাজন ও পরবর্তী পর্যায়ে তাদের বিকাশ দ্বারাই সম্ভব। এভাবে পথবিন্যাস (path tracing) প্রক্রিয়ায় আমরা একটিমাত্র নিষিক্ত (fertilised ovum) ডিম্বকোষ হতে প্রায় প্রত্যেক জীবের যে উৎপত্তি হয়, তা প্রত্যক্ষ করি। এছাড়া প্রাণীর মধ্যে দেখা যায় যে, প্রত্যেকটি কোষ হয় মারা যায়, না হয় বিভক্ত হয়; সুতরাং কোষের বিভাজনের সময় যা কিছু ঘটে তার সম্যক জ্ঞান আজ আমাদের বংশগতি বা কৌলিবিজ্ঞান বোঝার ব্যাপারে প্রথম ও প্রধান গুরুত্বপূর্ণ বিষয়। অর্থাৎ বংশগতির ধারা সম্যক উপলব্ধি করতে হলে কোষ-বিদ্যায় আমাদের প্রচুর জ্ঞান অবশ্যই থাকতে হবে। কোষ বিভাজন দু'টি পদ্ধতিতে হয়ে থাকে। একটি রজ্জুবিভাজন (mitosis) ও অন্যটি বিয়োজন-বিভাজন (meiosis)। রজ্জুবিভাজন সমস্ত শারীরিক কোষে ঘটে এবং বিয়োজন-বিভাজন একমাত্র জননকোষ গঠনে ঘটে থাকে।

রজ্জুবিভাজন (mitosis) বা সম-বিভাজন (equation division) কোষ বিভাজনের কয়েকটি ধাপ লক্ষ্য করা যায়। যখন কোন কোষ বিভক্ত হচ্ছে না তখন আমরা তাকে আন্তঃধাপে অবস্থান করছে বলি। ধাপগুলোর বর্ণনা আপেক্ষিক অর্থে হবে। আন্তঃধাপে অবস্থানকারী প্রায় সকল কোষ হালকা দেখায় এবং তাদের প্রাণকেন্দ্রে বা কোষ-কেন্দ্রে কোন ঘনীভূত বস্তু-বিশেষ পরিষ্কার দেখা যায় না। এই আন্তঃধাপে (inter-phase) অবস্থানকারী কোষগুলো বিভিন্ন রং ব্যবহার ও পদ্ধতি সাপেক্ষে বিভিন্ন রকম দেখায়। সাধারণতঃ রং করা (stained) আন্তঃধাপী প্রাণকেন্দ্রের বস্তু সূক্ষ্মকণা-বিশেষ দেখা যায় এবং দেখতে তা ক্ষুদ্র আঁশযুক্ত জাল বুনোনীর মত ঢিলে-ঢালা চামড়ার মতো দেখায়। সতর্কতার সঙ্গে গবেষণা চালিয়ে দেখা গেছে

যে, বাস্তবে ঐরূপ কোন জাল-বুনোনী নেই এবং তার পরিবর্তে অতি লম্বা কুচ্‌কে ঢিলে-ঢালা সুতার মত আঁশযুক্ত বস্তু দেখায়। এগুলোকে বলা হয় ক্রোমোনোমেটা (chromonometa)। রাসায়নিকভাবে এ আঁশযুক্ত বস্তু প্রধানতঃ আমিষ জাতীয় বস্তু দ্বারা তৈরী। এগুলো দ্রুত রঙ্গানো চলে বলেই তাদের ক্রোমাটিন কণা (chromatin) বলা হয়। অবশ্য এগুলো আসলে জটিল কোষ-কেন্দ্রীয় আমিষ (nucleo-protein) জাতীয় পদার্থ দ্বারা গঠিত এবং এর অণুগুলো পরন্তু আমিষ ও কেন্দ্রীয় অম্ল (nucleic acid) সমন্বয়ে তৈরী।

ধাপে ধাপে কোষগুলো বিভক্ত হবার উপক্রম হতে থাকলে ক্রোমো-নোমেটা দ্রুত খাট ও ঘনতর হতে থাকে এবং এ খাট হওয়ার পিছনে শক্ত কুচ্‌কে যাওয়া প্রক্রিয়া জড়িত। অথবা শক্তভাবে কুচ্‌কে যাওয়ার ফলেই তা ঐরূপ বেঁটে হয়ে যায়। এটি ছাড়া ঘনীভূত হওয়াও কিয়ৎপরিমাণে কুচকানোর কারণেই হয়ে থাকে। তবে ইহা প্রধানতঃ কেন্দ্রীয় আমিষ-ধারী ডি.এন.এ.-এর ঘনীভূত হওয়ার কারণেই হয়ে থাকে। এই ডি.এন.এ. বস্তুর ঘনীভূত পন্থা যতই অগ্রসর হতে থাকে ততই কুচকে যাওয়া ক্রোমোনোমেটা অস্বচ্ছ ও গাঢ় হতে থাকে। অবশ্য কোষ-হত্যার পূর্বে বিশেষ ব্যবস্থায় কুচ্‌কে সুতুলী শিথিল করে তা দৃশ্যমান করা যায়। যাহোক এই ক্রোমোনোমেটাসহ কোষ-কেন্দ্রীয় আমিষের ঘনীভূত বস্তুকে ক্রমোজোম বলা হয়। ক্রমোজোম তার পূর্ণ ঘন অবস্থান গ্রহণ করলে কতক-গুলো আকর্ষণীয়, গুরুত্বপূর্ণ ঘটনা ঘটে যথা:

এক, ক্রমোজোমগুলো দ্বি-গুণী (double) হয় এবং এরূপ প্রত্যেক অংশকে ক্রমাটিড্‌ (chromatid) বলা হয়।

দুই, একই প্রজাতের জন্তু বা উদ্ভিদের কোষগুলো পরীক্ষা করলে দেখা যায় কোষান্তরে ক্রমোজোম সংখ্যা সমান এবং তা প্রত্যেক প্রজাতের জন্য নির্ধারিত (constant)। এ প্রক্রিয়া প্রাণীর জন্মান্তরে চলতে থাকে।

তিন, ক্রমোজমগুলো আকারে-প্রকারে ভিন্ন রকম এবং জোড়ায় অবস্থান করে। জোড়ার প্রত্যেকটি একে অন্যের সাদৃশ্য বজায় রাখে। এরূপে মানব-প্রজাতিতে প্রত্যেকের শরীরে ৪৬টি ক্রমোজোম ২৩টি জোড়ায় অবস্থান করে। এরূপে গরুতে ৩০ জোড়া, গাধায় ৩১ জোড়া, ভেড়ায় ২৭ জোড়া ক্রমোজোম নির্ধারিত থাকে (সারণী ৬ দ্রঃ)। প্রত্যেক ক্রমোজম

যুগলের দুই সদস্যের (অতি বিরল ব্যতিক্রম ছাড়া) একে অন্য থেকে (আকারে-প্রকারে) আলাদা করে চেনা যায় না এবং তাদেরকে সমবস্তুধর্মী (homologous) ক্রমোজোম বলা হয়।

সারণী—৬ ঃ বিভিন্ন জীব-জন্তুর ক্রমোজোমে সংখ্যা ও জনন-কোষের রকমতা

জীব-জন্তুর জাত	ক্রমোজোমের সংখ্যা: শারীরিক কোষ	ক্রমোজোমের সংখ্যা: জনন-কোষ	জনন-কোষের রকম	
মানব	২৩ জোড়া	২২ + x ; ২২ + y	দু'রকম শুক্র	*
রেসাস বানর	২৪ ,,	ঐ ঐ	ঐ	*
গরু	৩০ ,,	২৯ + x ; ২৯ + y	ঐ	*
ঘোড়া	৩০ ,,	ঐ ঐ	ঐ	*
ছাগল	৩০ ,,	ঐ ঐ	ঐ	*
গাধা	৩১ ,,	৩০ + x ; ৩০ + y	ঐ	*
ভেড়া	২৭ ,,	২৬ + x ; ২৬ + y	ঐ	*
ফল-মক্ষিকা	৪ ,,	৩ + x ; ৩ + y	ঐ	*
বিড়াল	১৯ ,,	১৮ + x ; ১৮ + y	ঐ	*
কুকুর	৩৯ ,,	৩৮ + x ; ৩৮ + y	ঐ	*
ইঁদুর	২১ ,,	২০ + x ; ২০ + y	ঐ	*
গিনি শূকর	৩২ ,,	৩১ + x ; ৩১ + y	ঐ	*
খরগোস	২২ ,,	২১ + x ; ২১ + y	ঐ	*
মৌমাছি	৮ ,,			
মোরগ-মুরগী	৩৯ ,,	৩৮ + z ; ৩৮ + w	দু'রকম ডিম	**
কবুতর	৪০ ,,	৩৯ + z ; ৩৯ + w	ঐ	**
টাকি	৪১ ,,	৪০ + z ; ৪০ + w	ঐ	**

* এক প্রকার ডিম্বকোষ ; ** এক প্রকার শুক্রকোষ।

রজ্জু-বিভাজনে চারটি ধাপ (four Phase of Mitosis)

(ক) প্রাক-ধাপ (Prophase) ঃ পূর্বতন বিবরণ এক্ষেত্রে ঠিক রেখে বলা যায় যে, ক্রমোজোমগুলো পরিপূর্ণ ঘনীভূত আকার ধারণ

করলে বিভাজনযোগ্য কোষের মধ্যে একটা চরকাবিশেষ (spindle like) বস্তুর উদ্ভব হয়। পশু এবং কতকগুলো উদ্ভিদের কোষে চরকার সুতা-সমেত বস্তু এক জোড়া কণা হতে বিকীর্ণ হয় যার নাম সেন্ট্রিয়ল (centriole)। অন্তঃধাপে এই সেন্ট্রিয়ল নিউক্লিয়াসের এক পার্শ্বে অবস্থান করে। অবশ্য সেন্ট্রিয়ল একটাও হতে পারে যা রজ্জু-বিভাজন শুরু হওয়ায় বিভক্ত হয়ে দুটিতে পরিণত হয়। ক্রমোজোমগুলো যতই ঘনীভূত হতে থাকে সেন্ট্রিয়লগুলো কোষের বিপরীত প্রান্তে (poles) যেতে থাকে এবং সঙ্গে সঙ্গে নিউক্লিয়াসের ঝিল্লি অদৃশ্য হতে শুরু করে। এরূপ কোষীয় পরিবর্তন যে ধাপে অংশগ্রহণ করে তাকে রজ্জু-বিভাজনের প্রাক-ধাপ (prophase) বলা হয়। সুতরাং প্রাক-ধাপে সচরাচর নিউক্লিয়াসের ঝিল্লি বা পর্দা অদৃশ্য হয় এবং সেন্ট্রিয়ল-গুলো কোষের বিপরীত প্রান্তে অবস্থান করে।

(খ) পরবর্তী ধাপ (Metaphase) ঃ ইতিমধ্যে ক্রমোজোমগুলোর অবস্থানের পরিবর্তন ঘটেছে যেন তারা চরকার কেন্দ্র অতিক্রম করে মেরুতে একই সমতলে অবস্থান করছে। এ ধাপকে পরবর্তী ধাপ বলা হয়। এই ধাপপন্থী রজ্জু-বিভাজন সাধারণতঃ তখনই শেষ হয়েছে বলে ধরা হয় যখন কেন্দ্রীয় ঝিল্লি (Nuclear membrane) প্রায় সম্পূর্ণ বিলুপ্ত হয়েছে এবং সেন্ট্রিয়লগুলো কোষের বিপরীত প্রান্তে চলে গেছে। এই সময় দেখা যাবে চরকার সূত্রক (fibre) কোন বিপত্তি ব্যতিরেকে প্রান্তরান্তরে সম্প্রসারিত হয়েছে। প্রত্যেক ক্রমোজোমে বিশেষভাবে একটা করে ক্রমোজোম-স্পর্শী থাকে। চরকা-সূত্রক যে বিন্দুতে গ্রথিত সেখানে একটা সূক্ষ্মাঞ্চল (constricted) বা সঙ্কোচন বিরাজ করে যা সাধারণ ক্রমোজোম-রঞ্জক দ্বারা (chromosome stain) রঞ্জিত করা যায় না। অবশ্য একটা কি দু'টা রং ধারণযোগ্য কণাই বর্তমান থাকে। একে সেন্ট্রোমিয়ার (Centromere) বলা হয়। এক্ষণে চরকা সূত্রকের গ্রথিত বিন্দুর উপর ক্রমোজোমের আকার নির্ভর করছে। যদি ক্রমোজোমের এক প্রান্তে সেন্ট্রোমিয়ারটা অবস্থান করে তাহলে ক্রমোজোমটা সরল বা দণ্ডাকার হওয়ার ঝোঁক থাকে। যদি তা প্রান্ত হতে কিয়ৎ দূরে অবস্থান করে, তাহলে ক্রমোজমটা J-আকার ধারণ করে এবং ক্রমোজোমের মাঝামাঝিতে সেন্ট্রোমিয়ার থাকলে তা V-আকার ধারণ করে। একটা কোষ তার শারীরবৃত্ত অবস্থা ও

প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল হয়ে পরবর্তী ধাপে এক মিনিটের ভগ্নাংশ বা দশ বা ততোধিক মিনিট কাল পর্যন্ত অবস্থান করে।

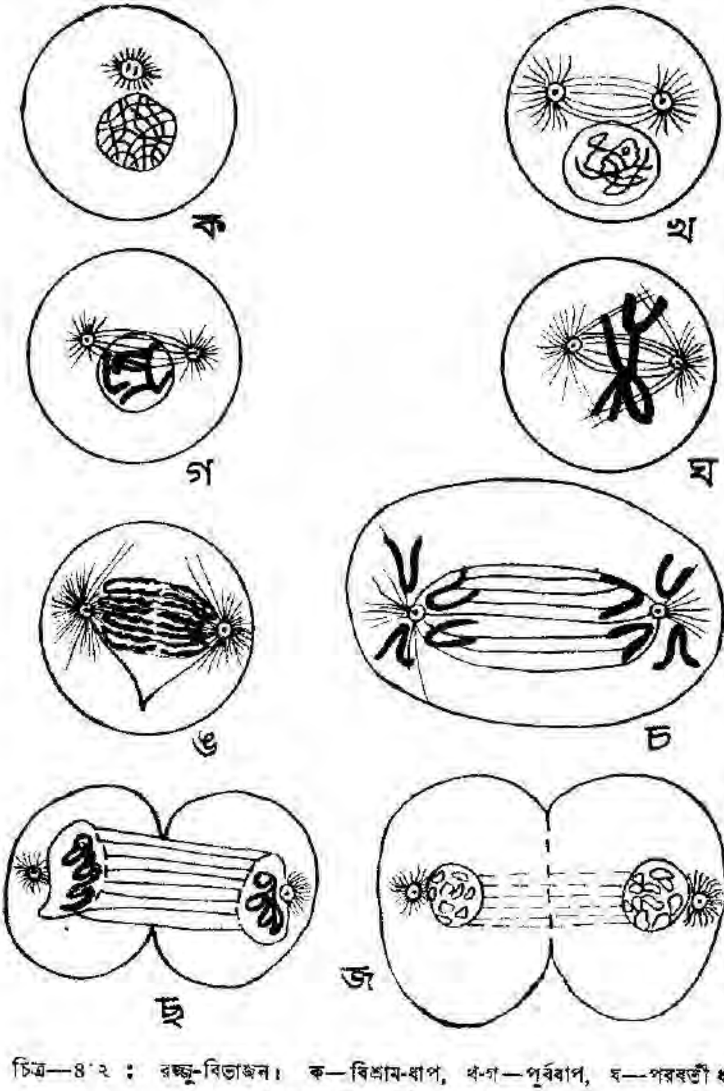
(গ) অ-ধাপ (Anaphase) : এই ধাপের প্রারম্ভে দেখা যাবে যে, প্রত্যেকটি সেন্ট্রোমিয়ার দুভাগে ভাগ হয়েছে এবং সচরাচর গ্রথিত চরকা-সূত্রের টানে প্রত্যেক ক্রমাটিড বিপরীত দিকে চলে যেতে শুরু করছে। এ সময়ে কোষের মেরু অঞ্চলের চার পার্শ্বে একটা সঙ্কোচন দেখা দেয়। এতে কোষপঙ্ক বিভক্ত হতে আরম্ভ করছে বোঝায়।

(ঘ) চূড়ান্ত ধাপ (Telophase) : এটি রজ্জুবিভাজনের চূড়ান্ত ধাপ (চিত্র ৪ দ্রঃ)। প্রত্যেক ক্রমোজোমের দু'টি ক্রমাটিড যতক্ষণ পর্যন্ত চরকার বিপরীত প্রান্তে না পৌঁছেছে ততক্ষণ তারা একে অন্য হতে সরে যেতে থাকে (চিত্র ৪'২)।

যখন ক্রমাটিডগুলোর চার পার্শ্বে একটি কেন্দ্রীয় ঝিল্লির আবির্ভাব ঘটে এবং কনে-ক্রমোজোম (daughter-chromosome) বা ক্রমাটিডগুলো প্রত্যেক প্রান্তে সংগঠিত হয় তখন রজ্জুবিভাজন শেষ ধাপে পর্যবসিত হয়। এই অবস্থায় আর একবার বহিঃপ্রকাশ ঘটিয়ে কনে-ক্রমোজোমের কেন্দ্রিক আমিষ তৈরী হয়ে আসে। কুচ্‌কানো অবস্থা পরে শিথিল হয়ে কোষ ক্রমশঃ আন্তঃধাপে চলে যায়। ইতিমধ্যে কোষপঙ্কের বিভাজন সম্পন্ন হয় এবং চরকার অবলুপ্তি ঘটে। এরূপে দু'টি নতুন কোষের আবির্ভাব ঘটে এবং প্রত্যেক কোষ পূর্ববৎ একই সংখ্যক ক্রমোজোম ধারণ করে। শারীরিক কোষের অনবরত এ বিভাজনের ফলেই উদ্ভিদ ও প্রাণীর শারীরিক বৃদ্ধি ও বিকাশ ঘটে থাকে।

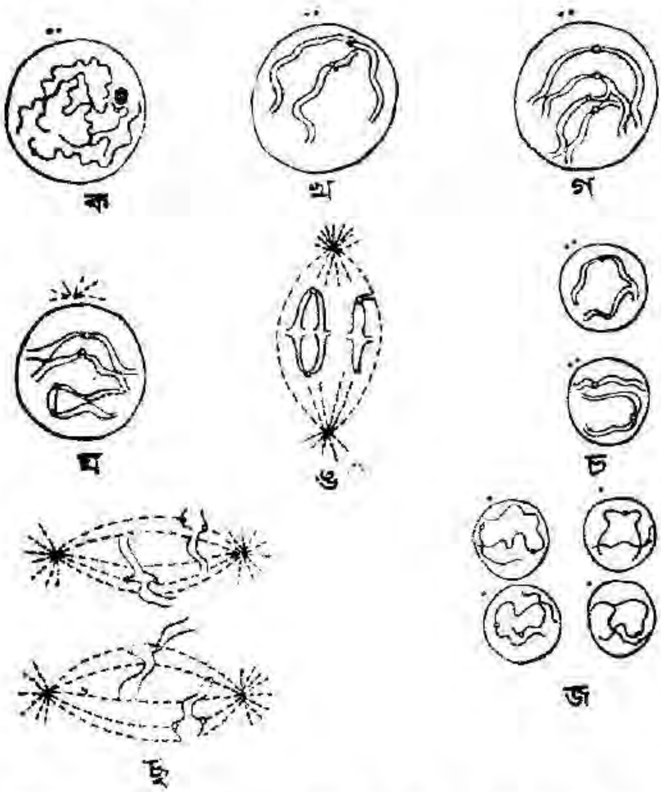
বিয়োজন-বিভাজন বা কমতি-বিভাজন (Meiosis or Reduction Division)

পূর্বেই বলা হয়েছে জনন-কোষ গঠনে বিয়োজন-বিভাজনে অংশ-গ্রহণ করে থাকে। পক্ষান্তরে প্রাণীর কোষ প্রধানতঃ দু'প্রকার। দুটি বিভাজন প্রক্রিয়ার দ্বারা তা সনাক্ত করা যায়। যে সমস্ত প্রাণী ও উদ্ভিদ যৌন পদ্ধতিতে (sexually) সন্তান জন্ম দেয় তাদের জীবন-বৃত্তান্তের এক পর্যায়ে বিয়োজন-বিভাজন সংঘটিত হতে থাকে মৃত্যুর পূর্ব পর্যন্ত। ইহা পূর্বোক্ত পদ্ধতির একটি পরিবর্ধনও (modification)



চিত্র—৪·২ : রজ্জু-বিভাজন। ক—বিশ্রাম-ধাপ, খ-গ—পূর্বধাপ, ঘ—পরবর্তী ধাপ, ঙ-চ-ছ—চূড়ান্তধাপ, জ—২ বিভক্ত কোষ।

বলা যায়। অর্থাৎ দু'টি পরপর কোষ-বিভাজনে একমাত্র একবারই ক্রমোজোমের দ্বি-ভাজিকরণ বা ডুপ্লিকেশন (duplication) হয়। এই বিভাজনকে বিয়োজন-বিভাজন বা কমতি-বিভাজন বলা হয়। এ বিভাজনেরও পূর্ববৎ চারটি প্রধান ধাপ রয়েছে এবং শুধু তাই নয় এ চারটি ধাপের মধ্যে প্রথম ধাপের আবার ৫টি উপধাপ রয়েছে। অর্থাৎ জনন-কোষ গঠনকালে আদিম কোষ পাঁচটি উপ-ধাপ পাড়ি দিয়ে প্রাক-ধাপে



চিত্র—৪·৩ : জোড়া ক্রমোজোমসহ কোষের বিয়োজন-বিভাজন দেখানো হলো। (ক) অন্তঃধাপ (interphase), (খ) প্যাকাইটিন, (গ) ডিপ্লোটিন, (ঘ) ডায়কেনেসিস, (ঙ) প্রথম বিয়োজনের অ-ধাপ, (চ) আন্তঃধাপ, (ছ) দ্বিতীয় বিয়োজনের অ-ধাপ (anephase), (জ) চারটি একাকৃতি।

উত্তীর্ণ হয় (চিত্র ৫ দ্রঃ)। প্রথম প্রাগ-ধাপ একটি দীর্ঘস্থায়ী বিয়োজন-বিভাজন (চিত্র ৪˙৩ দ্রঃ) প্রক্রিয়া : এখানে সংশ্লিষ্ট কোষকে নিম্নলিখিত ৫টি উপ-ধাপ পাড়ি দিয়ে প্রাগ-ধাপ উত্তীর্ণ হতে হয় :

১। লেপ্টোটিন (Leptotine) উপ-ধাপে সরু ক্রমোজোমগুলো প্যাঁচ-খেলানো লম্বা সূত্রবৎ আকৃতি ধারণ করে থাকে। সেন্ট্রিয়ল বিপরীত প্রান্তে সরতে শুরু করে।

২। জায়গোটিন (Zygotene) উপ-ধাপে সম-সম্বন্ধযুক্ত (homologous) ক্রমোজোমগুলো জোড়ায় জোড়ায় অবস্থান করে। মাতা-পিতা থেকে প্রাপ্ত ক্রমোজোমগুলো পাশাপাশি অবস্থান বা মিলনপর্ব (synapsis) গ্রহণ করে।

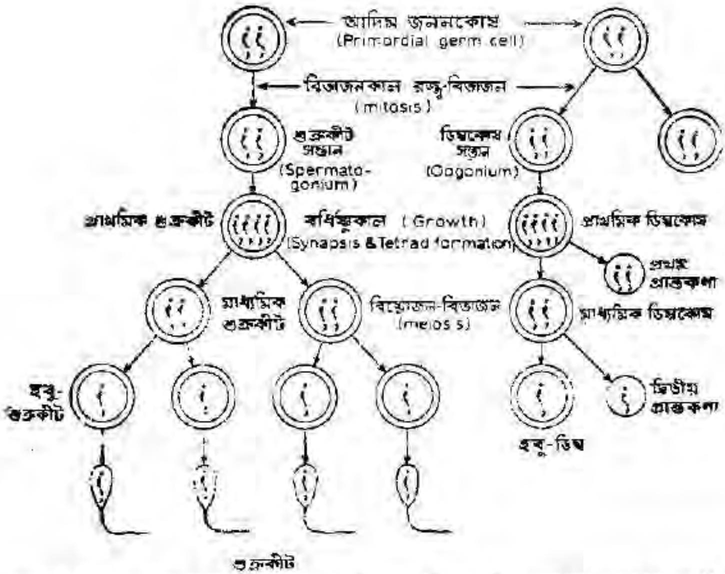
৩। প্যাকাইটিন (Pachytene) উপ-ধাপে মিলনপর্ব সম্পূর্ণ হয়। তৎপর মাতা-পিতা থেকে প্রাপ্ত ক্রমোজোমগুলো তাদের লম্ব বরাবর চেপে যাওয়ার দরুন খাট ও ঘন হতে থাকে। এরপর ক্রমোজোম লম্ব বরাবর খণ্ড হয়ে চতুষ্টয় (tetrad) গঠন করে। স্টার্ন ও হোটা (১৯৬৯)-এর মতে এই সময় কিছু ডি.এন.এ. বস্তুর সংশ্লেষণ (synthesis) হয় এবং উহা আড়াআড়ি উত্তরণকালে (chiasmata) ডি.এন.এ-এর কিছু অংশ খোয়া গেলে তা পূরণ হয়।

৪। ডিপ্লোটিন (Diplotene) উপ-ধাপে সম-সম্বন্ধযুক্ত ক্রমোজোম যুগলের একে অন্য থেকে বিকর্ষিত হয় এবং একমাত্র আড়াআড়ি উত্তরণ-পর্ব ছাড়া অন্যটি বিপরীত দিকে বিকর্ষিত হতে থাকে।

৫। ডায়কেনেসিস (Diakenesis) উপ-ধাপে সম-সম্বন্ধযুক্ত ক্রমোজোম অধিক ঘনীভূত হয় এবং সমভাবে কোষ-কেন্দ্রে সরবরাহ হয়। নিউক্লিউলাস (nucleolus) কোষ-কেন্দ্রের সংগঠক থেকে বিচ্যুত হতে থাকে। এরপর পরবর্তী ধাপও অ-ধাপের মাধ্যমে চূড়ান্ত ধাপে চারটি জনন-কোষ জন্ম নেয়।

এই বিয়োজন-বিভাজনের ফলে যৌন-কোষ শারীরিক কোষের প্রত্যেক জোড়ায় একটি করে অর্ধেক ক্রমোজোম সংখ্যা ধারণ করে, যাতে প্রত্যেক প্রজাতির ক্রমোজোম সংখ্যা জন্মান্তরে নির্ধারিত থাকে। অবশ্য এ কারণেই প্রত্যেক প্রজাতির ক্রমোজোম সংখ্যা সর্বদা নির্দিষ্ট থাকতে পারে (চিত্র-৪˙৪ দ্রঃ)।

প্রাণীদের মধ্যে এই বিয়োজন-বিভাজন প্রক্রিয়া জননকোষ (germ cells or gamete) গঠনকালেই ঘটে থাকে এবং জননকোষ গঠনের সমস্ত প্রণালীকে পরিপক্বতা বলা হয়। একটি পুরুষ প্রাণীর অণ্ডকোষ বা যৌন-গ্রন্থিতে পরিপক্বতার সমস্ত ধাপে বহু কোষকে অবস্থান করতে



চিত্র ৪'৪ : পুরুষ ও স্ত্রী জননকোষ গঠন (formation of gametes or sex-celles)

দেখা যায় (ভাবী শুক্রকীট থেকে শুক্রকীট পর্যন্ত)। শুক্রকীটকে পরিপক্ক বীজকোষ বলা হয়। অণুবীক্ষণ যন্ত্র এবং রাঙানো কৃৎকৌশল (staining technique) অবলম্বন করে তাদের উন্নয়ন লক্ষ্য করা যায়, যেখানে দু'টি কোষ-বিভাজনই প্রধান ঘটনা।

অণ্ডকোষের ভাবী যৌন-কোষগুলোকে স্পার্ম্যাটোগোনিয়া (spermatogonia) বলা হয় এবং তারা দ্রুত রজ্জু-বিভাজন পদ্ধতিতে বিভক্ত হয়ে বহু স্পার্ম্যাটোগোনিয়া গঠন করে। এই স্পার্ম্যাটোগোনিয়াগুলো পরিপক্ক শুক্রকীটে পরিণত হওয়ার লক্ষ্যে একটি ঘটনাপুঞ্জের মধ্যে চলে যায়। প্রথম দৃশ্যমান পরিপক্কতার চিহ্ন হচ্ছে স্পার্ম্যাটোগোনিয়ামের

দ্রুত দীর্ঘায়ন এবং এ অবস্থায় একে প্রাথমিক স্পার্মাটোসাইট (primary spermatocyte) বলা হয়। ক্ষণিক বিরামকাল পরে ক্রমোজোমগুলো রজ্জু-বিভাজনের পূর্ব-ধাপের মত সরু ও সংকুচিত হতে আরম্ভ করে। এই অবস্থায় প্রত্যেক জোড়ার সম-সম্বন্ধযুক্ত ক্রমোজোমগুলো নিউক্লিয়াসের মধ্যে স্বাধীন অবস্থান বজায় রাখার পরিবর্তে একে অন্যের সাথে বরাবর লেগে যায় এবং এ অবস্থাকে সিনাপসিস (synapsis) বলে। এই অবস্থায় যখন আঁশগুলো সিনাপসিসে থাকে তখন ক্রমোজোম বস্তুর ঘনত্ব বৃদ্ধি পেতে থাকে। ক্রমোজোমগুলো খাট হয় এবং প্যাঁচ খায় এবং প্রত্যেক জোড়ার দু'সদস্য একে অন্যের উপর লেগে যায়। যখন প্রত্যেক জোড়ায় সম-সম্বন্ধযুক্ত ক্রমোজোমগুলো অন্তরঙ্গ ভাবে সংঘবদ্ধ হয় তখন এটি পরিষ্কারভাবে বোঝা যায় যে, প্রত্যেক জোড়ায় ক্রমোজোম দ্বিগুণ হয়েছে এবং এজন্য ক্রমোজোম মাত্র একটি সেন্ট্রোমিয়ারে ধৃত হয়ে দুটি ক্রমাটিডে পর্যবসিত হয়। এর ফলে প্রত্যেক ক্রমোজোম যুগলের ৪টি ক্রমাটিড ঘনিষ্ঠ সংঘবদ্ধতায় চলে আসে। এরূপে চার সারি বস্তুকে চতুর্ঘন বা টেট্রাড (tetrad) বলা হয়। এই পরিবর্তনগুলো প্রত্যেকটি চতুর্ঘনে হওয়ার জন্য একটি বেস (spindle) গঠিত হয় এবং চতুর্ঘনের দুই সেন্ট্রোমিয়ারের সহিত সংযুক্ত ক্রমাটিড্ বিপরীত প্রান্তে সরে যেতে আরম্ভ করে। অ-ধাপের এ প্রক্রিয়ার প্রারম্ভেই প্রত্যেক চতুর্ঘনের চারটি ক্রমাটিড জোড়ায় জোড়ায় প্যাঁচাতে আরম্ভ করে। পৃথক হওয়া ক্রমাটিডগুলো প্রান্তে সরে যায় এবং কোষের দ্বি-ভাগী সঙ্কোচন (constriction) ইতিমধ্যে শুরু হয়ে যায়। এই ক্রমাটিডগুলো গোলার্ধে পৌঁছার পর নিউক্লিয়াসের পর্দা পুনর্গঠিত হয়। কোষপঙ্কের বিভাজন শেষ হয়ে দু'টি নতুন কোষের সৃষ্টি হয়। এদেরকে মাধ্যমিক স্পার্ম্যাটোসাইট (secondary spermatocyte) বলে।

মাধ্যমিক স্পার্মাটোসাইটগুলো তৎক্ষণাৎ দ্বিতীয় বিভাজন আরম্ভ করে। এ বিভাজনে পূর্বের একমাত্র সেন্ট্রোমিয়ার দু'ভাগে বিভক্ত হয়ে এক-একটি ক্রমাটিডের সাথে যুক্ত হয় এবং বিপরীত গোলার্ধে সরে যায়। এ রূপে যে নতুন কোষগুলো গঠিত হয় দ্বিতীয় বিয়োজন-বিভাজনে তাদেরকে স্পার্ম্যাটিড (spermatid) বলা হয়। এই দ্বিতীয় বিয়োজন-বিভাজন মূলতঃ একটি সম-বিভাজন (mitosis)। অতএব, একটি মূল

স্পার্ম্যাটোগোনিয়াম থেকে একটি বিয়োজন-বিভাজনে চারটি স্পার্ম্যাটিড গঠিত হয়। প্রত্যেক স্পার্ম্যাটিড প্রত্যেক চতুর্থন বা টেট্রাড থেকে একটি মাত্র ক্রমাটিড ধারণ করে। এজন্য প্রত্যেক জোড়া ক্রমোজোম একই প্রকার ক্রমোজমের একটি মাত্র প্রতিনিধি ধারণ করে। এরূপে স্পার্ম্যাটিডগুলো পরিপক্ব শুক্রকীটে রূপান্তরিত হয়। সাধারণতঃ শুক্রকীটের কোষীয় উপাদানগুলো ঘনীভূত হয় এবং কোষপঙ্ক থেকে একটি লেজ গঠিত হয়। এই লেজের সাহায্যে শুক্রকীট নড়াচড়া করতে পারে। লেজের মাথার অংশটায় শুধু নিউক্লিয়াস থাকে এবং এই নিউক্লিয়াস ক্রমোজোম ধারণ করে। সুতরাং দেখা যাচ্ছে যে, একটি শুক্রকীট ক্রমোজোম দ্বারা গঠিত এবং কোষপঙ্কজ-লেজ তাকে গতি সঞ্চালনে সাহায্য করে মাত্র (চিত্র-৪·৫)।

চিত্র ৪·৫ : ভেড়ার শুক্রকীটের বিভিন্ন অংশ

শুক্রকীটের পরিপক্ব-প্রণালীতে বিভিন্ন প্রজাতিতে কিছু পার্থক্য থাকলেও অত্যাবশ্যকীয় বৈশিষ্ট্যগুলো সবার বেলায় এক ও অভিন্ন। এটি বংশগতি বিদ্যার বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ অধ্যায়। অতএব প্রথম কমতি-বিভাজনের সকল প্রপঞ্চ (phenomenon) পুঙ্খানুপুঙ্খ আলোচিত হওয়া দরকার।

প্রথম কমতি-বিভাজনে যখন জোড়া ক্রমোজোমের দুটি সদস্য একটি অন্যটির সঙ্গে ঘনিষ্ঠভাবে মিলিত হয়, তখন তাদের মধ্যে বিচ্ছেদ ঘটার পূর্বেই প্রত্যেক ক্রমোজোম, দ্বিগুণ বৃদ্ধি পায়। এই সময় পর্যন্ত ক্ষুদে শুক্রকীট বা স্পার্ম্যাটিড দু'টি একই সঙ্গে অবস্থান করে। ক্রমোজোম যুগলের প্রত্যেকটি দ্বিগুণ বৃদ্ধি পাওয়ায় এক জোড়ায় একসঙ্গে চারটি ক্রমোজম ঘনিষ্ঠ সংঘবদ্ধতায় থাকে। কিন্তু সিনাপসিসের পর দু'টি সদস্য পৃথক হওয়ার পূর্বে তারা একটি আড়াআড়ি পর্বের মধ্য দিয়ে উত্তীর্ণ হয়। এরূপ আড়াআড়ি অবস্থানকে কায়স্‌মা (chiasma) বলে। এই প্রক্রিয়ায় ক্রমোজোম যুগলের মধ্যে বস্তু বিনিময় ঘটে থাকে। এই প্রক্রিয়া জৈনিক-সংযোজন (linkage) ও আড়াআড়ি উত্তরণ পর্বের মূল

ভিত্তি। সুতরাং একটি প্রাথমিক শুক্রকীট থেকে প্রাপ্ত চারটি পরিপক্ব শুক্রকীটের প্রত্যেকটি এমন ক্রমোজোম ধারণ করতে পারে যা অন্য দু'টি শুক্রকীটের প্রত্যেকটির প্রতিপক্ষের সাথে একই রকম নয়। এটি প্রাণীর ডিম্বাশয়ে একটি অভিসম্পাদিত ডিম্বকোষ হতে গঠিত একটি পরিপক্ব ডিম্বাণু গঠনের বেলায়ও একই রকম। শুধু পার্থক্য চারটি শুক্রকীটের পরিবর্তে এক্ষেত্রে মাত্র একটি ডিম্বাণু গঠিত হয় এবং অন্য তিনটি প্রান্ত-বস্তু (polar body) হিসেবে অবলুপ্ত হয়ে যায়। ঐ ডিম্বাণু গঠনকালে সমস্ত কোষপঙ্ক তাতেই চলে যায়। এই ডিম্ব গঠন ও স্খলন একটি বিশেষ নিয়মমাফিক ঘটে থাকে। নিয়মটি প্রাণীর যৌন উত্তেজনা-চক্রের সাথে আবর্তিত হয়। উত্তেজনা-চক্র বিভিন্ন প্রাণীতে বিভিন্ন রকম (সারণী-৭)।

সারণী ৭ঃ বিভিন্ন প্রাণীর উত্তেজনা-চক্রের তথ্য

প্রজাত	উত্তেজনা-চক্রের দৈর্ঘ্য (দিন)	উত্তেজনার স্থায়িত্ব	স্খলনোত্তর ডিম্বের আয়ু
স্ত্রীলোক	২৮	৪৮ ঘণ্টা	২৪-৪৮ ঘণ্টা
গাভী	২০	১৬-২০ ঘণ্টা	২০ ,,
ঘোটকী	২১	৫-৬ দিন	৪ ,,
ভেড়ী	১৫-১৮	২৪-৩০ ঘণ্টা	২৪ ,,
বকরী	১৩-২৫	২০-৩০ ঘণ্টা	২৪ ,,
শূকরী	২১	২-৩ দিন	২৪ ,,

উল্লেখ্য ডিম্ব ও শুক্রকীট উৎপত্তি (oogenesis and spermatogenesis) দুটি ভিন্ন প্রাণীতে সংঘটিত হলেও বিবরণ একই রকম। এ দু'ক্ষেত্রে শুধু পরিভাষাগত ব্যবধানটাই প্রধান। অর্থাৎ স্ত্রীলিঙ্গের বেলায় অবিসংবাদিত ডিম্বকোষ (oogonium) প্রাথমিক ওসাইট সৃষ্টি করে। এ থেকে মাধ্যমিক ওসাইট ও ওটিড (ootid) সৃষ্টি হয়। তবে ওটিড শেষ পর্যন্ত সমস্ত কোষপঙ্ক (cytoplasm) বা কোষ-তরল নিয়ে ডিম্বকোষে পরিণত হয়। এই শুক্রকীট ও ডিম্বাণু উভয়ে একাকৃতি (haploid) ক্রমোসোম সংখ্যা ধারণ করে। অত্র একাকৃতি সংখ্যাকে 'n' দ্বারা বুঝানো হয়। পূর্বে শুক্রকীট সম্পর্কে বলা হয়েছে। শুক্রাশয়ে অসংখ্য শুক্রকীট প্রতি মুহূর্তে সৃষ্টি হয় এবং প্রতি স্খলনে তা প্রাণীর যৌনাঙ্গ

দিয়ে নির্গত হয়। প্রতি স্খলনে (ejaculatlon) শুক্রের সংখ্যা ও শুক্র-তরলের পরিমাণ বিভিন্ন প্রাণীতে বিভিন্ন রকম হয়। এ প্রসঙ্গে উল্লেখ্য, স্ত্রী-অঙ্গে শুক্রকীটের আয়ুষ্কালেও পার্থক্য হয়ে থাকে। (সারণী ৮)।

মেণ্ডেলীয় বংশক্রমের কোষতাত্ত্বিক ভিত্তি আলোচনা করতে গিয়ে জনন-কোষের উৎপত্তি, কোষ-বিভাজন, জনন-কোষের মিলন ও ভ্রূণ সৃষ্টি পর্ব পর্যন্ত আলোচনা করা বাঞ্ছনীয়। শুধু তাই নয়, কৌলিতত্ত্বের দিক থেকে পুং ও স্ত্রী জনন-কোষ মিলন ও ভ্রূণ সৃষ্টিতে নির্দিষ্ট ক্রমোজোম সংখ্যা নবজাতের মধ্যে স্থায়ীকরণ ও নতুন বৈশিষ্ট্য আনয়ন কিভাবে সম্ভব হয় তা অতীব গুরুত্ববহ। এদিক থেকে এটি অত্যন্ত পরিষ্কার যে, মাতা ও পিতা একটি সন্তানের কুল-গঠনে সমানভাবে অবদান রাখে। আজকের দিনে প্রাণিকুলের বংশগতি অধ্যয়ন ও তাদের মধ্যে অর্থকরী প্রাণীদের সম্পর্কে বিশেষ গুরুত্বসহকারে অধ্যয়ন অত্যাবশ্যকীয়। এসব কথা বিবেচনায় রেখেই আমাদেরকে কৌলিতত্ত্বের বিশদ বিশ্লেষণে অগ্রসর হতে হয়। আর এ বিশদ বিশ্লেষণের ক্ষেত্রে মাতা ও পিতার ভূমিকাই প্রধান। এ কারণে পিতার শুক্রকীট ও মাতার ডিম্ব উৎপাদন, নির্গমন ও উত্তেজনার সঠিক মুহূর্তে মিলন ঘটানোর প্রত্যেকটি পর্ব পুঙ্খানুপুঙ্খ বিশ্লেষণ করতে হয়। আমাদের উদ্দেশ্য, সফল নবজাত উৎপাদন। ইতিপূর্বে ৭নং সারণী বরাবরে বিভিন্ন প্রাণীতে ডিম্বস্খলন, স্ত্রীলিঙ্গের উত্তেজনা সম্পর্কে তথ্য পরিবেশন করা হয়েছে। এবার এখানে বিভিন্ন জীব-জন্তুর শুক্রস্খলন, শুক্রতরলের পরিমাণ, শুক্রকীটের সংখ্যা ও যৌনাঙ্গে তাদের আয়ুষ্কাল সম্পর্কে তথ্য পরিবেশন করা হলো।

সারণী ৮ : বিভিন্ন জীবজন্তুর শুক্রতরল নিঃসরণ তথ্য

প্রজাতি	প্রতি স্খলনে শুক্র-তরলের পরিমাণ	প্রতি ঘন মি.মি.-এ শুক্রের সংখ্যা	যৌনাঙ্গে শুক্রের আয়ু
মানুষ	৩-৫ সি. সি.	১০০,০০০	২৪-৭২ ঘণ্টা
ষাঁড়	৫-৮ ,,	৮০০,০০০	২০-৩০ ,,
ভেড়া	০.৫-১.০ ,,	১০০,০০০	৩০-৪০ ,,
ছাগল	০.৩-১.০ ,,	২৩১,০০০	৩০-৪০ ,,
ঘোড়া	১০০ ,,	৬০,০০০	৪-৬ দিন
শূকর	২০০ ,,	১০০,০০০	২৪-৪০ ঘণ্টা

উল্লেখিত তথ্যে দেখা যাচ্ছে, বিভিন্ন প্রজাতি বিভিন্ন পরিমাণে ও সংখ্যায় শুক্র উৎপাদন ও নির্গমন করে থাকে। প্রাকৃতিক প্রজনন পন্থার প্রতি নির্গমনে কোটি কোটি শুক্র যৌনাঙ্গে প্রবেশ করানো হয়ে থাকে। এর মধ্যে একটি মাত্র শুক্রকীট একটি ডিম্ব নিষেকের জন্য প্রয়োজন। কৃত্রিমভাবে প্রতি স্খলনের মোট শুক্রসংখ্যাকে একটি সুবিধাজনক সংখ্যায় ভাগ করে একই সঙ্গে একাধিক গাভীকে পাল দেওয়া সম্ভব এবং এভাবে একটি নির্দিষ্ট সংখ্যক শুক্রের অনুদান জরায়ুতে প্রবেশ করালে ডিম্ব নিষিক্ত হয়।

এভাবে জরায়ুতে শুক্র ও ডিম্বকোষের মিলন হলে ভ্রূণ সৃষ্টি হয় এবং তখন দু'টি একাকৃতি (haploid) ক্রমোজোম সংখ্যা (n) আবার পূর্ববৎ দ্বি-একাকৃতি (diploid) সংখ্যা (2n) ক্রমোজোম ধারণ করে পূর্ণাঙ্গ প্রাণীর উৎপত্তি হয়।

এটি উল্লেখ করা যেতে পারে যে, একাকৃতি ক্রমোজোমের প্রত্যেকটি পূর্বতন আদিম জনন-কোষের ক্রমোজোম-যুগলের যে কোনটি হতে পারে, অর্থাৎ মাতৃ-ক্রমোজোম বা পিতৃ-ক্রমোজোম। একটি জনন-কোষ স্বাধীনভাবে যে কোন মাতৃ বা পিতৃ-ক্রমোজোম গ্রহণ করে। সরাসরি পর্যবেক্ষণ দ্বারা আমরা এটি প্রমাণ করতে পারি না। কারণ, ক্বচিৎ ব্যতিক্রম ছাড়া ক্রমোজোমগুলো একে অন্য থেকে আলাদা করা যায় না। খুব কমই দেখা যায় যে, সিনাপ্সিসে এক যুগলের বেশী ক্রমোজোম থাকে। এসব ক্ষেত্রে মাতৃ ও পিতৃ-ক্রমোজোম সনাক্ত করা যায় না।

পূর্বেই উল্লেখ করা হয়েছে যে, পুং জনন-কোষকে শুক্রকীট (spermatozoa) ও স্ত্রী জনন-কোষকে ডিম্বাণু (ovum) বলা হয়। অর্থাৎ বংশগতির মূল ভিত্তি শেষ পর্যন্ত একটি শুক্র ও একটি ডিম্ব। এ প্রসঙ্গে একটু দীর্ঘ আলোচনা করা হলে, তা প্রাণিবিজ্ঞানের ছাত্র-ছাত্রীদের ছাত্রোত্তর জীবনে সহায়ক হতে পারে। পুং-জননকোষ কোষীয় বিভাজন শেষে প্রথমতঃ ভাবী শুক্রকীট বা স্পার্ম্যাটিডে পরিণত হয় এবং স্ত্রী-জননকোষ ভাবী ডিম্বাণু বা ওটিডে পরিণত হয়। ভাবী শুক্র ও ডিম্বাণু তৎপর একটি বিকাশ ধাপের মধ্য দিয়ে পূর্ণাঙ্গ শুক্র ও ডিম্বে রূপান্তরিত হয়। অপরিপক্ব

শুক্রকীট পরিপক্ব শুক্রে পরিণত হওয়ার সময় আরও কিছু মৌলিক পরিবর্তন সাধিত হয়। এ পরিবর্তনগুলো থেকেই শুক্র গতি পেয়ে থাকে। শুক্র নির্গমনপথে গতি সঞ্চয় করে। শুক্রকীটের মাথায় তাদের প্রাণকেন্দ্র এবং এভাবে তা ক্রমোজোম বহন করে। লেজ ও মধ্যাংশ কোষপঙ্ক থেকে গঠিত হয় এবং গতিময় কৌশল অর্জন করে। এ কারণে যথাসময়ে একটি ডিম্বের অনুসন্ধানে শুক্রের গতিবেগ সৃষ্টি হয়। এজন্যই শুক্রকে যুদ্ধজাহাজের (torpedo) সাথে তুলনা করা হয়। কারণ তার মাথায় থাকে বিস্ফোরক (nuclear material) ও লেজে থাকে চলার কৌশল (motor mechanism)।

শুক্রকীট খুবই ক্ষুদ্র। মাত্র এক ঘন সেন্টিমিটার শুক্র-তরল কোটি কোটি শুক্রকীট ধারণ করে। মানুষের এক ঘন মিঃ মিঃ তরলে ১,০০,০০০ শুক্রকীট থাকে (সারণী ৮)। প্রতি স্খলনে স্বাভাবিক উর্বরা শুক্রের সংখ্যা বিভিন্ন প্রজাতের জন্তুতে বিভিন্ন রকম এবং শুক্রের ও তরলের পরিমাণ অনেক উপসর্গ (environment) দ্বারা প্রভাবিত হয়। কোটি কোটি শুক্র প্রতি স্খলনে স্ত্রী-অঙ্গে সরবরাহ করা হয়। যদিও মাত্র একটি শুক্র ডিম্ব-নিষেকে প্রয়োজন। এত বিপুল সংখ্যক শুক্রের উপস্থিতি অবশ্যই একটি ডিম্বের সাক্ষাৎ পাবে---এ সুযোগই বৃদ্ধি করে (সারণী-৭ ও ৮)।

অন্যদিকে ডিম্ব উৎপাদনে দু'টি প্রধান বৈশিষ্ট্য হচ্ছে, একাকৃতি ক্রমোজোম ধারণ ও অধিক পরিমাণ কোষপঙ্ক বা কুসুম উৎপাদন করা। এই কোষপঙ্ক বা কুসুম নবজাতকের পুষ্টি আংশিকভাবে যুগিয়ে থাকে। সম্মিলনের সময় বিভিন্ন প্রজাতির পশু একটি সীমাবদ্ধ সংখ্যক ডিম্ব স্খলন করে। কোন কোন প্রাণী মাত্র একটি, কোনটি একাধিক থেকে ১৫-২০টি পর্যন্ত ডিম্ব স্খলন করে। সাধারণতঃ ডিম্বাশয় থেকে ডিম্ব স্খলন ঘটে উত্তেজনাকালে বা তার পরপরই। এ সময়ের মধ্যে ডিম্ব-মুক্তি ও স্ত্রী-অঙ্গে শুক্রের প্রবেশ ঘটে। তবে যথাসময়ে তাদের সহমিলন হওয়া বাঞ্ছনীয়। কেননা ডিম্ব-মুক্তির পর কয়েক ঘন্টাই এসব জীবন্ত থাকে। তাছাড়া শুক্রের জীবনকালও খুব ক্ষণস্থায়ী। বর্তমান কালের জন্মনিয়ন্ত্রণের প্রশ্নে এ সম্পর্কে জ্ঞান থাকা অত্যাবশ্যকীয়।

উল্লেখিত আলোচনার আলোকে বংশগতির কোষীয় পটভূমি বিশ্লেষণ করে নিম্নলিখিত প্রতিপাদ্যসমূহে উপনীত হওয়া যায়:

এক, কোষ শরীর গঠনের একক। এটি প্রধানতঃ দু'প্রকার যথা: শারীরিক-কোষ ও জনন-কোষ। অন্যদিকে বংশগতির একক হচ্ছে 'জিন' যা ক্রমোজোমের বিশেষ বিন্দুতে অবস্থান করে।

দুই, ক্রমোজোমগুলি ভ্রূণে ও শারীরিক কোষে জোড়ায় জোড়ায় অবস্থান করে এবং জিনগুলোও অনুরূপভাবে থাকে। বিকল্প চরিত্রের নিয়ামকের ব্যাপারে (in case of determinants) মেণ্ডেল অনুরূপ সিদ্ধান্তে উপনীত হন। নিয়ামকগুলোকে আমরা এলিলীয় জিন (allelic gene) বলি।

তিন, জনন-কোষ গঠনকালে বিয়োজন-বিভাজন প্রক্রিয়ায় ক্রমোজোম-গুলোর বিকিরণ (segregation) হয় এবং প্রত্যেক ক্রমোজোম যুগলের একটি মাত্র সদস্য পরিপক্ব জনন-কোষে প্রবেশ করে। অনুরূপভাবে জনন-কোষে জিনগুলোও পৃথক হয়।

চার, বংশান্তরে বা পুরুষানুক্রমে ক্রমোজোমগুলি তাদের নিজস্বতা রক্ষা করে চলে এবং সংখ্যা ধ্রুব বা নির্ধারিত রাখতে চায়। জিনগুলিও তাই করে। মেণ্ডেলের পরীক্ষায় F_2 পুরুষে যদিও বেঁটে হওয়ায় জিনগুলি প্রকাশিত হয়েছে, তথাপি F_1-এ তা লুক্কায়িত ছিল। অবশ্য সমসংস্থ ক্রমোজোমের বস্তুগত অংশবিশেষের বিনিময় একটি ব্যতিক্রম এবং তা পরে জিনের বেলায়ও ঘটে।

পাঁচ, ক্রমোজোম স্বাধীনভাবে বিকীর্ণ হয় এবং জিনগুলোও আপেক্ষিক অর্থে তা করে।

ছয়, শুক্রকীট ও ডিম্বাণু (যথাক্রমে যা পিতৃ ও মাতৃ ক্রমোজোম ও জিন ধারণ করে) বংশগতির কোষীয় ভিত্তি। এটি প্রাণিজগতের একটি মৌলিক বৈশিষ্ট্য।

সাত, বংশগতির ধারা বর্ণনায় পূর্বাপর সকল ক্ষেত্রে শুক্র, ডিম্ব, তথা ক্রমোজোম ও জিনের আচরণ, ক্রিয়া-বিক্রিয়া প্রধান অবলম্বন।

কোষ-তারলিক বংশগতি (Cytoplasmic Inheritance)

বিগত ৫০ বছরের কৌলি-বিজ্ঞানের গবেষণা থেকে উপনীত উপসংহার অনুযায়ী ক্রমোজমের বিশেষ বিশেষ বিন্দুতে জিনগুলো অবস্থিত। জিনগুলো স্ব-দ্বিভাজী (self duplicating) ও পরিব্যক্তযোগ্য (mutable)। এরা প্রাণী ও উদ্ভিদের গুণাগুণ (traits) নির্ধারণ করে। এই তত্ত্বের সাক্ষ্য-প্রমাণ ইতিমধ্যে এই পুস্তকে বিভিন্নভাবে স্থান পেয়েছে। অতি সাম্প্রতিক বিভিন্ন পর্যবেক্ষণ ও পরীক্ষাসমূহ থেকে প্রস্তাব করা হয়েছে যে, কৌলিক পরিবর্তনশীলতা ক্রমোজোমের পরিবর্তে কোষ-তরলে অবস্থিত স্ব-দ্বিভাজী ও পরিব্যক্তযোগ্য এককসমূহের ফলাফল। এই এককগুলো আপাততঃ স্থানান্তরিত হয় একমাত্র কোষ-তরলের মাধ্যমে ; সুতরাং একমাত্র ডিমই সাধারণভাবে নিষিক্ত ডিমকে বা ভ্রূণকে (zygote) কোষ-তরল প্রদান করে, সেহেতু উচ্চতর প্রাণী ও উদ্ভিদের বংশক্রমতা হচ্ছে মাতৃক বা জননীর অবদান। এরূপ এক প্রকার কোষ-তারলিক প্রবাহ উদ্ভিদের মধ্যে জানা গেছে এবং তা হচ্ছে 'প্লাস্টিড বংশক্রমতা' (plastid inheritance)। কিছুদিন আগে পর্যন্ত একে এ বিষয়ে একটি চমৎকার উদাহরণ হিসেবে বিবেচনা করা হতো।

প্লাস্টিড হচ্ছে কোষ-তারলিক বস্তু যা উদ্ভিদের কোন কোন কোষে পাওয়া যায়। স্বাভাবিক প্লাস্টিড সবুজ বর্ণ সৃষ্টিকারী ক্লোরোফিল (chlorophyl) ধারণ করে এবং তা আলোক-সংশ্লেষণের (photosynthesis) সাথে জড়িত। যেহেতু প্লাস্টিডগুলো কোষ-তরল ধারণ করে এবং সাধারণভাবে শুক্রকীট গর্ভধারণে (fertilization) কোষ-তরল বহন করে না। সেহেতু মনে করা হয় যে, এরূপ ক্ষেত্রে প্রবাহ (transmission) বিশুদ্ধ কোষ-তরলীয় (cytoplasmic) ও অমেণ্ডেলীয় (non-Mendelian)। উদাহরণস্বরূপ জোয়ার জাতীয় শস্য উদ্ভিদে (sorghum) প্রবাহ বিশুদ্ধ কোষ-তারলিক। জীববিজ্ঞান ও চিকিৎসা-শাস্ত্রের কোন কোন তত্ত্বে এটি সুদূরপ্রসারী প্রভাব সৃষ্টি করবে বলে অনুমান করা কঠিন কিছু নয়।

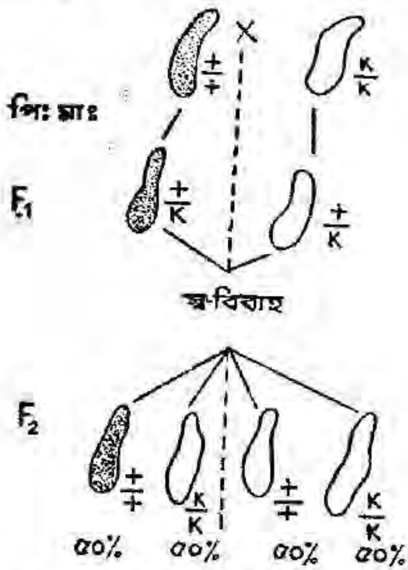
যাহোক কোষ-তারলিক প্রবাহ তথা প্লাস্টিড বংশক্রমতা ছাড়াও অতিরিক্ত কিছু পরিষ্কার ক্ষেত্র দিন দিন এ সম্পর্কে লিপিবদ্ধ করা হচ্ছে এবং এগুলোর মধ্যে রয়েছে বিভিন্ন উদ্ভিদের বন্ধ্যাত্ব; রজনীগন্ধার

আকার ও আকৃতিক পার্থক্যসমূহ; ভীমরুলের রং; ফলমক্ষিকায় অঙ্গার-অম্লজান (CO_2) সংবেদিতা (sensitivity) এবং এককোষী-জীব প্যারামাসিয়াম (Paramaecium)-এর কিছুসংখ্যক বৈশিষ্ট্য। তবে উদাহরণের কিছু কিছু ক্ষেত্রে বিশুদ্ধ মাতৃবংশগতি এবং অন্যান্য ক্ষেত্রে মেণ্ডেলীয় জিন ও কোষ-তারলিক এককের আন্তঃক্রিয়ার ফল থাকলেও সবাই কোষ-তারলিক প্রবাহে জড়িত।

কোষ-তারলিক বংশক্রমতা বুঝতে হলে প্যারামাসিয়ামের উপর সোন্নিবর্ন (Sonniborn and his collaborators) এবং তার সহযোগীদের গবেষণাগুলো ব্যাখ্যা করা প্রয়োজন। যদিও এই এককোষী প্রাণীর অধিকাংশ চরিত্রকে কোষ-কেন্দ্রীক ক্রমোজোম-বাহিত জিন নিয়ন্ত্রণ করে, তথাপি অন্যান্য চরিত্র ও আপাততঃ কোষ-তরলগতভাবে নিরূপিত হয়। এরূপ কোষ-তারলিক নিরূপকদের প্রায়ই প্লাজমাজিন (plasmagenes) বলা হয়। প্যারামাসিয়ামে এক প্রকার প্লাজমাজিনকে স্ব-উৎপাদনী, পরিব্যক্তযোগ্য দেখানো হয়েছে। তবে তারা সম্পূর্ণ স্বায়ত্তশাসিত নয়। কারণ, এ রকম প্লাজমাজিন সংরক্ষণ ও পুনরুৎপাদনের জন্য কোষ-কেন্দ্রিক জিনের উপর নির্ভরশীল। প্লাজমাজিন ও এর ক্রিয়াকলাপের বর্ণনা থেকে এর নতুন দিক-দর্শন সম্পর্কে বেশ ব্যাখ্যা পাওয়া যায়।

কৃষ্টিগতভাবে জিনগুলোকে রোমান অক্ষর a,b,c ইত্যাদি দ্বারা নামকরণ করা হয়। অন্যদিকে কোষ-তারলিক নিরূপকগুলোকে গ্রীক অক্ষর আলফা, বেটা, গামা (α, β, γ) ইত্যাদি দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। প্যারামাসিয়ামে সম্পূর্ণ বিশদভাবে পরিচিত প্লাজমাজিনকে ক্যাপা (kappa) বলা হয়। কোষ-তরলে এটি প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায় এবং এটি কোষ-বহির্ভূত জীবন-বিরোধী (antiboitic) বস্তু উৎপাদন করে। এই বস্তু কোন কোন প্যারামাসিয়ামকে মেরে ফেলে। এরূপ প্রাণীকে সংবেদনশীল প্রাণী (sensitive) বলা হয়; অবশ্য ঐ সকল উপ-প্রজাত ঘাতক (killer) প্যারামাসিয়ামকে বিঘ্নিত করে না। ক্যাপা কণা প্রাণী ও তার সন্তানদের মধ্যে সংরক্ষণ করা যায় তখনই যখন প্রকট জিন K কোষ-কেন্দ্রে উপস্থিত থাকে। এরূপ প্রাণীর জাতি-নমুনা KK ও Kk; Kk ঘাতক ও অনুভূতিপ্রবর হয়। তবে কোষ-কেন্দ্রে একমাত্র K উপস্থিত থাকলেই ক্যাপা

কণার উপস্থিতি নিশ্চিত করে না। ক্যাপা কণা অবশ্যই পূর্বঘটিত ক্যাপা কণার স্ব-জনন (self-duplication) থেকে আসতে হবে (চিত্র ৪'৬)। প্যারামেসিয়াম অরেলিয়ার (*P. aurelia*) জীবন-বৃত্তান্ত বিভিন্ন রকম ও জটিল। এই প্রাণী অযৌনভাবে (asexually) সরল দ্বিখণ্ডির (simple fission) মাধ্যমে পুনরুৎপাদন করে। পরিব্যক্ত প্রক্রিয়া ব্যতিরেকে এরূপ উৎপাদিত সকল প্রাণীই এক রকম হয়। তারা যৌন প্রক্রিয়ায়ও সন্তান জন্মাতে পারে; কিন্তু দুটি ভিন্ন পন্থায়। একটি প্রকিয়ার ভিন্ন ধরনের দুটি



চিত্র ৪'৬ ঃ প্যারামেসিয়াম অরেলিয়াতে 'ঘাতক' চরিত্রের বংশক্রমতা

প্রাণী একত্রে মিলিত হয়ে একে অন্যের সাথে দুটি ক্ষুদ্র কোষ-কেন্দ্র (micro-nucleus) বিনিময় করে। এই কোষ-কেন্দ্রগুলো স্বাভাবিক দ্বি-একাকৃতি (diploid) প্রাণীর মতই; কিন্তু সঙ্গমের পূর্বে পরিপক্ব বিয়োজন-বিভাজন পদ্ধতিতে একাকৃতি (haploid) হয়। অধিকন্তু উক্ত প্রক্রিয়ায় ফলিত আটটি একাকৃতি কোষ-কেন্দ্র থেকে মাত্র একটি বেঁচে থাকে। এটি সম-বিভাজনের মাধ্যমে দুটিতে পরিণত হয়। সমাগমে অংশগ্রহণকারী প্রত্যেকটির একাকৃতিক কোষ-কেন্দ্র দ্বি-একাকৃতি কোষ-

কেন্দ্র গঠন করে রজ্জু বা সমবিভাজনের মাধ্যমে এবং এভাবে দুটিতে পরিণত হয়। এরূপ ভিন্ন ধরনের প্রজনন প্রক্রিয়ার জন্য প্যারা-ম্যাসিয়ামকে ব্যবহার করে তার কোষ-তরলের সাথে কোন ঈপ্সিত জিনের সমন্বয় সাধন করা সম্ভব। এরূপে কৃত্রিমভাবে একটি ঘাতক প্রাণীতে জিন K-এর স্থলে তার এলিল k-কে স্থলাভিষিক্ত করা যায়। এরূপ করা হলে প্রাণীটি ক্রমে ক্রমে ক্যাপা-কণা হারিয়ে ফেলে এবং অনুভূতি-প্রবণ হয়। এমন অবস্থায় K-কে সুবিধাজনক সমাগম দ্বারা কোষটির ভেতর ফেরৎ আনা হলে, পুনরায় তা ক্যাপা-কণা সৃষ্টি করতে পারে না এবং প্রাণীটি অনুভূতিপ্রবণ থাকে। একটি ঘাতক প্রাণী তা হলে উভয় জিন K ও একটি সুবিধাজনক ঘনত্বে ক্যাপা কণা অবশ্যই ধারণ করবে। এ প্রাণীকে ঘাতকে রূপান্তরিত করার প্রয়োজনীয় ঘনত্ব কয়েক শত থেকে এক হাজার ক্যাপা কণা হতে পারে।

এই ঘটনার সাথে ক্যান্সার সম্পর্কীয় আবিষ্কারসমূহের সাদৃশ্য রয়েছে। উদাহরণস্বরূপ ইঁদুরের (mice) মধ্যে কতকগুলি উপ-প্রজাতি রয়েছে যাদের প্রত্যেকেরই স্তনে ক্যান্সার সৃষ্টি হয়। অথচ অন্যান্যের বেলায় এরূপ হয় না। এরূপ উভয়বিধ প্রাণীদের মধ্যে সমাগম করিয়ে টিউমার সংক্রান্ত বংশক্রমতা বিশেষভাবে মাতৃক বলে জানা গেছে। এজন্য তা ক্রমোজোম বহির্ভূত ঘটনা বলে অনুমান করা হয়। বিটনার (Bittner)-এর মতে মায়ের দুধে কোন বস্তুর প্রবাহের ভিত্তিতেই তা ঘটে। সাধারণ-ভাবে তাকে একটি ভাইরাস (virus) বলে মনে করা হতো। সম্প্রতিকালের হেস্টন ও তার সহযোগীদের গবেষণা ইঁদুরের মধ্যে দুগ্ধ-বাহক (milk agent) এবং প্যারাম্যাসিয়ামের ক্যাপা-কণার মধ্যে একটি শক্তি-শালী সাদৃশ্যের ইঙ্গিত দিয়েছে। উদাহরণস্বরূপ ইঁদুরে দুগ্ধ-বাহকের সংরক্ষণ বিশেষ কোন জিনের উপর নির্ভরশীল—যেমন প্যারাম্যাসিয়ামের ক্যাপা-কণা K জিনের উপর নির্ভরশীল। সুতরাং এসব সাক্ষ্য-প্রমাণ থেকে এ কথাই অনুমিত হয় যে, পুরাতন জিন-তত্ত্বে (theory of gene) পরিবর্ধন পরিবর্তন প্রয়োজন। অবশ্য এ প্রসঙ্গে কোষ-তারলীয় এককের অবস্থান সম্পর্কে সন্দেহ করার কোন কারণ বর্তমান নেই। অন্যদিকে এখন পর্যন্ত এই মর্মে কোন নিশ্চয়তা নেই যে, কোন তারলিক বংশগতির সকল উদাহরণের একই বস্তুগত ভিত্তি আছে এবং তা কৌশলে ঘটে।

পার্থক্যসমূহ প্রধানত: কেন্দ্রীয় জিনের উপর কোষ-তারলিক বংশগতির বস্তুগত নির্ভরশীলতার মাত্রার সাথে সংশ্লিষ্ট। যাহোক বৈশিষ্ট্যের প্রভেদী বিকাশে জিন ও কোষ-তরলের ভূমিকার প্রতি যে ইঙ্গিত দেওয়া হয়েছে, তা জিন ও তার জৈব-রসায়নগত ক্রিয়াকলাপে বিশদভাবে আলোচিত হয়েছে।

অনুশীলনী

১. মেণ্ডেলীয় বংশগতির বস্তুগত পটভূমি কি ? ক্রমোজোম সংখ্যা বংশপরম্পরায় ধ্রুব থাকে কেন ?

২. চিত্রসহ শুক্র-কোষ ও ডিম্ব-কোষ গঠন প্রণালী আলোচনা কর।

৩. যান্ত্রিক-বংশগতি কি ? এবং তা কিরূপে পরিবর্তন করা যায় ?

৪. কোষ-তারলিক বংশগতির প্রমাণ কি কি ?

পঞ্চম অধ্যায়

দু'যুগল জিন-জড়িত প্রজনন

(CROSSES INVOLVING TWO PAIR GENES)

ইতিপূর্বে আমরা বংশক্রমতায় এক যুগল জিনের গতিবিধি সম্পর্কে জ্ঞাত হয়েছি এবং এরূপ গতিবিধির বাহ্যিক ভিত্তিও লক্ষ্য করেছি। এখন এই অধ্যায়ে ঐ একই প্রজননের ক্ষেত্র ধরে দু'যুগল জিনের গতিবিধি সম্পর্কে আলোচনা করব।

মেণ্ডেল এরূপ প্রজনন পরীক্ষা সম্পাদন করেন। মনে করা যায় যে, মটরকলাই-এ লম্বা অবস্থা হচ্ছে প্রকট জিন এবং বেঁটে হচ্ছে প্রচ্ছন্ন জিনের, এবং দুটি জিন একে অন্যের কাছে এলিল। অনুরূপভাবে পত্র-বগল (axillary) ফুল হচ্ছে প্রকট জিন (dominant allele) এবং কাণ্ডাগ্র (terminal) ফুল হয় প্রচ্ছন্ন জিনের (recessive allele)। এরূপ কোন সমসংস্থ লম্বা পত্র-বগল ফুলবিশিষ্ট উদ্ভিদের সাথে বামন বা বেঁটে কাণ্ডাগ্র ফুল বিশিষ্ট উদ্ভিদের প্রজনন হলে F_1-এ সমস্ত লম্বা পত্র-বগল ফুলবিশিষ্ট উদ্ভিদ জন্মায়। আমরা পূর্বেল্লিখিত কাজের ভিত্তিতে কারণ অনুসন্ধান করতে পারি।

প্রতীক : **ল**--লম্বা, লল বেঁটে এবং **প**--পত্র-বগল ফুল; ও পপ কাণ্ডাগ্র ফুল। এরূপ প্রতীক বংশগতি পরিভাষাতে ব্যবহৃত হতে পারে এই মর্মে যে, **ল**--নির্দেশ করে হয় **লল** অথবা **ল**ল। তৎপর **ললপপ** দ্বারা লম্বা পত্র-বগল ফুল ও লল পপ দ্বারা বেঁটে কাণ্ডাগ্র ফুল নির্দেশ করা যেতে পারে। যেহেতু F_1-এ সব উদ্ভিদ লম্বা পত্র-বগল ফুল বিশিষ্ট হয় সেহেতু এটি বলা যেতে পারে যে, উভয় **ল** এবং **প** মাতা-পিতার একজনের নিকট থেকে এসেছে এবং ল ও প অন্যজন থেকে এসেছে।

এরূপ প্রজনন চিত্রায়িত করলে :

মাতা-পিতা→**লল পপ** × লল পপ

জনন-কোষ→**লপ**

F_1→**ল**ল **প**প

যখন F_1-এর উদ্ভিদ বীজ-কোষ উৎপাদন করে তখন কয় রকম বীজ উৎপাদন করতে পারে ?

আমরা পূর্ববৎ ধরে নিতে পারি যে, তারা মাত্র দু-রকম বীজ-কোষ উৎপাদন করবে যেমন : **লপ** ও লপ কারণ, F_1-এর উদ্ভিদ ঐভাবেই তাদের পূর্ববর্তী মাতা-পিতা থেকে তা পেয়েছে এবং তাহলে F_1 নিম্নরূপ হবে :—

	লপ	লপ
লপ	**ললপপ**	**ল**ল **প**প
লপ	**ল**ল **প**প	লল পপ

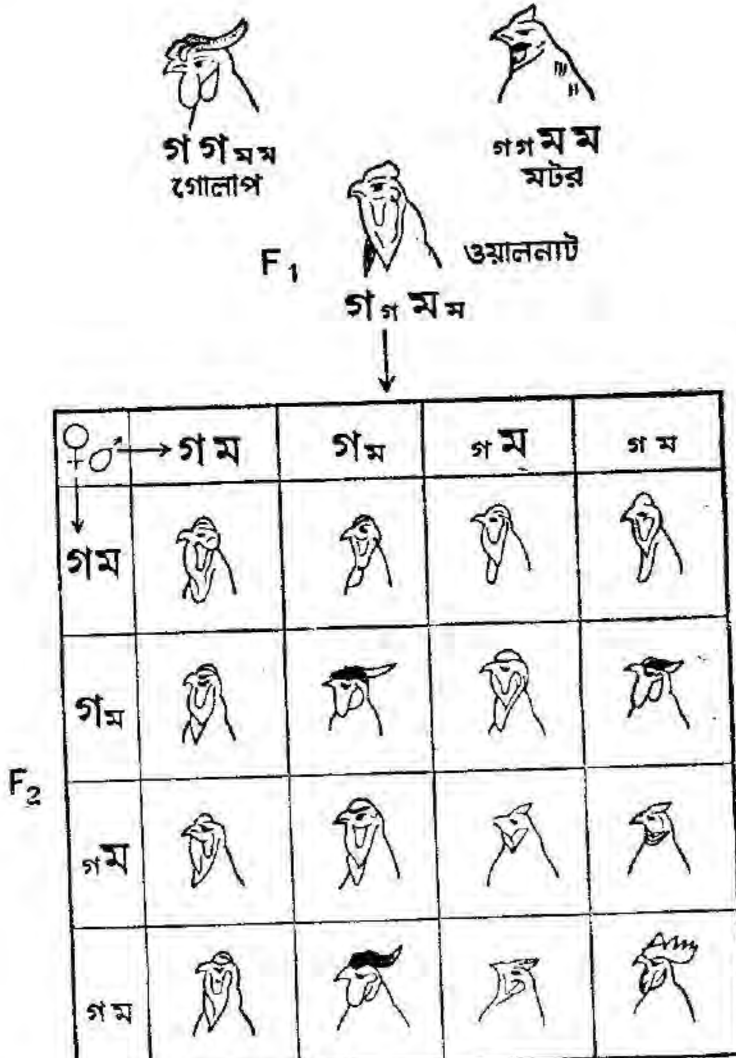
কিন্তু অন্যদিকে যদি F_1 উদ্ভিদরা উচ্চতার জন্য যে-কোন জিন এবং ফুলের অবস্থানের জন্য যে-কোন জিন সমান ধারণ করতে পারত তবে তারা পৃথকভাবে চার প্রকার পুং-জননকোষ ও চার প্রকার স্ত্রী-জননকোষ উৎপাদন করতে পারত। এ ক্ষেত্রে F_2 তে নিম্নরূপ হবে :

	ল প	**ল**প	ল**প**	লপ
লপ	**ললপপ**	**লল প**প	**ল**ল **পপ**	**ল**ল **প**প
লপ	**লল প**প	**লল** পপ	**ল**ল **প**প	**ল**ল পপ
ল**প**	**ল**ল **পপ**	ল**ল প**প	লল **পপ**	লল **প**প
লপ	**ল**ল **প**প	**ল**ল পপ	লল **প**প	লল পপ

অনুপাত :

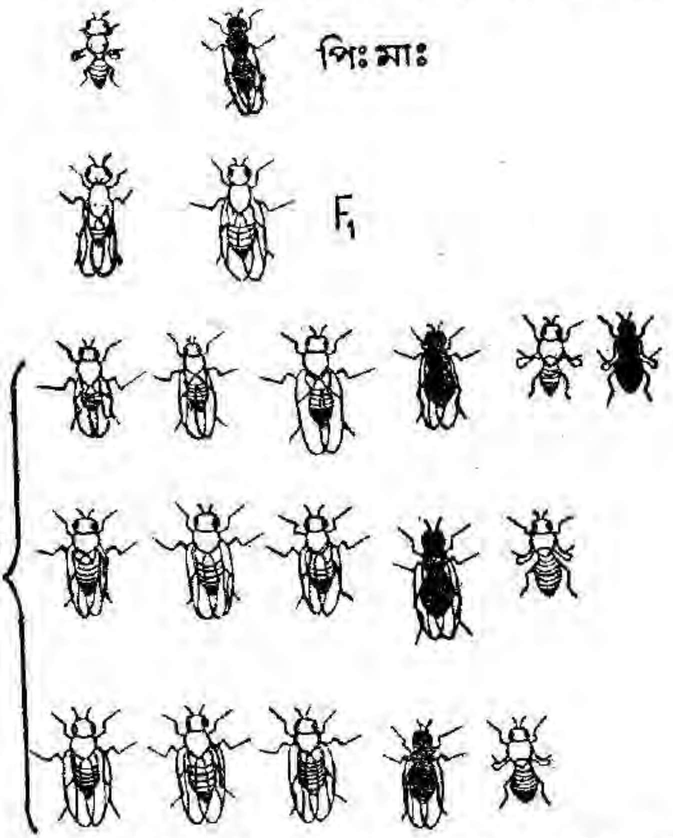
লম্বা পত্র বগল ফুল	৯
লম্বা কাণ্ডাগ্র ফুল	৩
বেঁটে পত্র-বগল ফুল	৩
বেঁটে কাণ্ডাগ্র ফুল	১
	১৬

বাস্তবেও প্রজনন শেষে উপরোক্ত ফল পাওয়া গেল। এটি আমাদের কাছে এই নির্দেশ করছে যে, F_1 ১-এ চার প্রকার সব কয়টি জননকোষ



চিত্র—৫'১ মোরগ-মুরগীর ঝুল প্রভাবী দু'যুগল স্বাধীন এলিলের আন্তঃক্রিয়া।

গঠিত হওয়া সম্ভব, চরিত্রের প্রত্যেকটির জন্য যে কোন একটি জিন ধারণ করে। সুতরাং জিনগুলি একে অন্যের সহিত নির্বিশেষে সংঘবদ্ধ হয় বা বিন্যস্ত হয়। অর্থাৎ বিয়োজন-বিভাজন কালে জোড়ার প্রত্যেক এলিল একে অন্যের সঙ্গে নির্বিশেষে বিন্যস্ত হয়ে বিভিন্ন বিভক্ত জনন-কোষে চলে যায়। এটিই স্বাধীন বিন্যাস সূত্র (চিত্র ৫'১) নামে সুপরিচিত।



চিত্র ৫'২। ফল-মাছির (*Drosophila*) দু'-যুগল জিন বৈশিষ্ট্যের স্বাধীন বংশক্রমতা। একটি বিশুদ্ধ লম্বা-ডানা এবোনি শারীরিক মাছি নামে পাত্র ডানা ধূসর বর্ণের মাছির সাথে মিলে F_1-এ সব লম্বা-ডানা ধূসর মাছি জন্মায়। অথচ F_1-এর মধ্যে সহমিলন ঘটলে F_1-এ $\frac{৯}{১৬}$ লম্বা-ধূসর; $\frac{৩}{১৬}$ লম্বা-এবোনি (*Ebony*), $\frac{৩}{১৬}$ নামে ডানা ধূসর ও $\frac{১}{১৬}$ নামে-ডানা এবোনি জন্মায়।

এটি জিন ও ক্রোমোজোমের ব্যবহারের মধ্যে একটি সমান্তরাল টেনে দেয়। কারণ, পূর্ববর্তী পাঠে আমরা জেনেছি যে, ক্রোমোজোমগুলিও একে অন্যের প্রভাব নির্বিশেষে মিলিত হতে পারে।

জিনগুলির বিপরীত প্রক্রিয়াতে সাজানো উল্লেখিত প্রজননের ফলাফল থেকে (চিত্র ৫·২) স্বাধীন জিন-বিন্যাসের (independent assortment of gene) আরও প্রমাণ পাওয়া যায়।

যখন একটি সমসংস্থ লম্বা কাণ্ডাগ্র ফুলবিশিষ্ট উদ্ভিদ একটি অনুরূপ বেঁটে পত্র-বগল ফুলবিশিষ্টের সাথে প্রজনন করানো হবে, তখনও দেখা যাবে F_1 ও F_2-এর ফলাফল ঠিক ঠিক ভূতপূর্ব প্রজননের মতই সত্য, যদিও জিনগুলি এই প্রজননে বিপরীত দিক থেকে প্রবেশ করেছে। এতে আর অন্য কোন সন্দেহের অবকাশ থাকছে না। অবশ্য, পরবর্তীতে কিছু ব্যতিক্রমের সম্মুখীন হতে হবে। সুতরাং শ্রেণীগতভাবে F_2-এ দু'জোড়া জিনসম্বলিত প্রজননের অনুপাত হবে ৯ : ৩ : ৩ : ১ এবং একই সূত্রে তিন, চার অথবা আরও অধিক জোড়া জিনসম্বলিত প্রজননের বিশ্লেষণ করা যেতে পারে। নিজে নিজে তিন জোড়া জিনসম্বলিত প্রজননের চিত্রাঙ্কন করা যেতে পারে এবং প্রমাণ করা যেতে পারে যে, F_2-এ তাদের অনুপাত হবে ২৭ : ৯ : ৯ : ৯ : ৩ : ৩ : ১। অর্থাৎ যুগলের সংখ্যার উপর ভিত্তি করে প্রত্যেক সমাগমে দ্বিতীয় পুং-এ জাতি-নমুনা ও বাহ্যিক নমুনার সম্পর্ক স্থাপন করা যায় (সারণী ৯ দ্রঃ)।

সারণী ৯ ঃ একটি সঙ্গমে সংশ্লিষ্ট জীনসমূহ ও দ্বিতীয় পুং-এ বাহ্যিক নমুনা ও জাতি-নমুনার মধ্যে সম্পর্ক

সংশ্লিষ্ট যুগল জীনের সংখ্যা	প্রকট পূর্ণ হলে বাহ্যিক নমুনার সংখ্যা	প্রথম সঙ্কর কর্তৃক জনন-কোষ	বিভিন্ন জাতি-নমুনার সংখ্যা	সম্ভাব্য প্রথম সঙ্কর জনন-কোষের সমন্বয় (combination)
১	২	২	৩	৪
২	৪	৪	৯	১৬
৩	৮	৮	২৭	৬৪
৪	১৬	১৬	৮১	২৫৬
অ	২^{অ}	২^{অ}	৩^{অ}	৪^{অ}

জিনগুলোর আন্তঃক্রিয়া (Interaction of Genes)

যে কোন প্রজননে সংশ্লিষ্ট জিনের সংখ্যা ও প্রকার প্রজননের ফলাফলের দ্বারা নির্ধারিত হয়। অনেক ক্ষেত্রে আমরা কোন প্রজনন পরীক্ষা ছাড়া নতুন আবিষ্কৃত বৈশিষ্ট্যের ফলাফল সম্পর্কে পূর্বাভাস দিতে সম্পূর্ণ অসমর্থ হই। কেননা একমাত্র প্রজনন ফলাফল পাওয়া গেলেই কি ধরনের বংশক্রম সংশ্লিষ্ট সমাগমে জড়িত, তার উপর নির্দিষ্ট মন্তব্য করা যায়। যাহোক, ইতিমধ্যে প্রকট-প্রচ্ছন্ন বা মিশ্রণ বহিঃপ্রকাশ সম্পর্কে যা কিছু শিখেছি তার আলোকে নিম্নলিখিত ব্যাপারটি বিশ্লেষণ করার চেষ্টা করা যেতে পারে।

ইঁদুরের মধ্যে চামড়ার রংকে বিবেচনা করে যদি পরীক্ষাগারে একটি প্রজনন কাজ চালানো হয় এবং অত্র উদ্দেশ্য সাধনে দু'রকম ইঁদুর ব্যবহার করা যায়, যেমন গাঢ় কালো ও হলদে ইঁদুর, তা হলে F_1-এ কি প্রকৃতির ইঁদুর আশা করা যায়? পূর্বধারণা থেকে আমরা আশা করতে পারি, সব কালো ইঁদুর অথবা হলদে ইঁদুর জন্মাবে, কারণ এসব ক্ষেত্রে একটি জীন অন্যটির উপর প্রকট হয়। অথবা F_1-এ অন্য আর একটি সম্ভাবনা আশা করা যায়। এবং সেটা হচ্ছে মিশ্র-ক্রিয়ার দরুন দু'রং-এর মধ্যম অবস্থা (intermediate)। কিন্তু সত্য সত্য এরূপ প্রজননে F_1-এ সবগুলি ধূসর বর্ণের হয় এবং তাতে উভয় বর্ণ কালো ও হলদের মিশ্রণ ঘটছে বলে বোঝা যায়। এর ভিত্তিতে F_2-তে এমন একটি ফল আশা করা যায়, যেখানে একটি কালো, দু'টি ধূসর ও একটি হলদে বর্ণের হবে। কিন্তু যখন F_1-এর ইঁদুরগুলির মধ্যে একে অন্যের সাথে প্রজনন করা হয় তখন কোন মিশ্র ফল হয় না; বরং এ অনুপাতে চারটি বর্ণের ইঁদুর জন্মায়, যেমন, ৯টি ধূসর; ৩টি কালো; ৩টি হলদে; ও ১টি ক্রীম। এখন এই ক্রীম বর্ণের ইঁদুরগুলি F_2-এর এক-ষোড়শতম সংখ্যা এবং এখানে এটি একটি নতুন বৈশিষ্ট্য সৃষ্টি করছে যা ভূতপূর্ব প্রজননে জড়িত অন্য যে-কোনটি থেকে আলাদা। সুতরাং বোঝা যায়, এখানে গায়ের বর্ণ (coat colour) এক জোড়ার পরিবর্তে দু'জোড়া জীন বাহিত।

অত্র দু'জোড়া জিনসম্বলিত সমাগম বরাবরে এটি স্মরণযোগ্য যে, F_1 প্রাণীরা উভয় প্রকট-জীনের দরুন বৈশিষ্ট্য দেখিয়েছে এবং F_2-এর

৩/১৬ সংখ্যক প্রাণীগুলি সেই একই কারণে বৈশিষ্ট্য দেখিয়েছে। ইঁদুরের মধ্যে F_1 প্রাণী প্রত্যেক জিন-যুগলের প্রকট-জিনের উপস্থিতিতে উৎপাদিত ফল দেখাবে বলে আশা করা যেত। ঘটনাক্রমে F_1-এর ইঁদুরগুলি সব ধূসর বর্ণের হয়েছে। অনুরূপভাবে F_2 প্রাণীর ১/১৬ অংশে ক্রীম বর্ণ সৃষ্টি হওয়ায় উভয় প্রচ্ছন্ন-জীনের একই প্রভাব প্রমাণিত হয়েছে এবং কালো বর্ণ অবশ্যই একটি যুগলের প্রকট ও অন্যটি দু'টি প্রচ্ছন্ন-জিনের প্রভাবে এবং এর উল্টোটা হলদে হয়েছে। সুতরাং আমরা এখানে দু'যুগল এলিল যথা : **ক** ও ক, **হ** ও হ ধরে নিয়ে দেখতে পারি। তারা গায়ের বর্ণ সৃষ্টি করে এবং নিম্নরূপে আন্তঃক্রিয়ার ফল প্রদর্শন করে :

প্রতীক	**ক**-**হ**— ধূসর বর্ণ
	ক-হহ হলদে বর্ণ
	কক **হ**— কালো বর্ণ
	ককহহ ক্রীম বর্ণ

এখানে মনে রাখতে হবে যে, এলিলটি দাগ (—) টেনে দেখানো হয়েছে সেটা ঐ যুগলে প্রকট ও প্রচ্ছন্ন দুই-ই হতে পারে। তবে একটি সমসংস্থ কালো ইঁদুরের সাথে অনুরূপ হলদে ইঁদুরের সমাগম কিন্তু নিম্নরূপ হবে—

মাতা-পিতা	কক **হহ** ×	**কক** হহ
জনন-কোষ	ক**হ**	**ক**হ
F_1	**ক**ক **হ**হ	

যেহেতু মাতা-পিতার একজন এরূপ প্রকট-বৈশিষ্ট্য বহন করছে যা অন্য-জনে অনুপস্থিত। তাই F_1-এ বন্য প্রকার পুরুষ-ইঁদুরের মত উভয় প্রকটের যুগ্ম-ক্রিয়ায় সব ইঁদুর ধূসর হয়েছে। এই প্রভাবকে অনেক সময় দূর-পুরুষ সাদৃশ্য (atavism) বা প্রত্যাগমন (reversion) বলে। এটি শুধু এমন একটি জাতি-নমুনার সৃষ্টি করে যা অতীতে কোন এক সময় পূর্ব-পুরুষের মধ্যে বিরাজ করছিল।

ধূসর F_1 ইঁদুরগুলি প্রত্যেকে চার প্রকার জনন-কোষ উৎপাদন করে :

শুক্রকীট	**কহ**	**ক**হ	ক**হ**	কহ
ডিম্বকোষ	**কহ**	**ক**হ	ক**হ**	কহ

এটি ছক কেটে (checkerboard) দেখানো যেতে পারে :

	কহ	**ক**হ	ক**হ**	কহ
কহ	**ককহহ**	**ককহ**হ	**ক**ক**হহ**	**ক**ক**হ**হ
কহ	**ককহ**হ	**কক**হহ	**ক**ক**হ**হ	**ক**কহহ
ক**হ**	**ক**ক**হ**হ	**ক**ক**হ**হ	কক**হহ**	কক**হ**হ
কহ	**ক**ক**হ**হ	**ক**কহহ	কক**হ**হ	ককহহ

যদিও প্রজনন করার পূর্বে আমরা কোন পূর্বাভাস দিতে পারিনি, তথাপি সংশ্লিষ্ট কালো ইঁদুর ও হলদে ইঁদুরের প্রজননে দু'জোড়া জিন জড়িত একথা বলা যায়। এর F_2-এর অনুপাত ৯ : ৩ : ৩ : ১ এবং এটি পরিষ্কার ইঙ্গিত দেয় যে, গায়ের বর্ণের পরিবর্তন (এ প্রজননে) একমাত্র জিন-যুগলের পরিবর্তনের উপর নির্ভর করতে পারে না, যেমন হয়েছিল কুকুরের বধিরতার বেলায়। এভাবে প্রকৃতিতে আমরা অনেক উদাহরণ পেতে পারি, যেখানে বৈশিষ্ট্যগুলি একাধিক জিনযুগলের আন্তঃ-ক্রিয়ার উপর নির্ভরশীল। বস্তুতঃ আধুনিক বংশগতি-বিজ্ঞানের বক্তব্য এক্ষেত্রে এই যে, কোন একমাত্র জিন কোন একটি বৈশিষ্ট্যের জন্য এককভাবে দায়ী নয়। প্রত্যেক চরিত্র সমস্ত জিনের আন্তঃক্রিয়ার ফল। কোন বিশেষ জিনের একটি পরিবর্তন একটি চরিত্রকে প্রভাবিত করতে অন্যটির চেয়ে অধিক এবং বিপরীতভাবে একটি জিনের মধ্যে একটি পরিবর্তন একটি নির্দিষ্ট চরিত্রকে প্রভাবিত করতে পারে অন্য জিনের চেয়ে অধিক। এটিই 'জিনগত আন্তঃক্রিয়া' (interaction of genes) বলে আখ্যায়িত করা হয়।

আজ থেকে প্রায় অর্ধ-শতাব্দী পূর্বে বেটসন ও পুনেট মোরগ-মুরগীর মাথার ঝুঁটির উপর দু'জোড়া জিনের প্রভাব আবিষ্কার করেন। এটি কৌলি-বিজ্ঞানের সংশ্লিষ্ট অধ্যায়ের একটি গতানুগতিক ঘটনা যা ইতিপূর্বে ৫·১ চিত্রে প্রদর্শিত হয়েছে।

মাতা-পিতা	**গগ** মম × গগ **মম**	
	গোলাপী ঝুঁটি মটর-ঝুঁটি	
F_1	**গ**গ**ম**ম (ওয়ালনাট ঝুঁটি)	

ইঁদুরের গায়ের বর্ণের জিন-আন্তঃক্রিয়া

যে কোন প্রাণীর পরস্পর সম্পর্কযুক্ত একগুচ্ছ বৈশিষ্ট্যের বৈসাদৃশ্যের পুঙ্খানুপুঙ্খ পরীক্ষা-নিরীক্ষা থেকে সংশ্লিষ্ট প্রাণীর উপাদেয় জিনগুলির মধ্যে একটি জটিল আন্তঃক্রিয়ার ক্রমঃপ্রকাশ পায়। উদাহরণস্বরূপ এক্ষেত্রে আমরা গৃহপালিত ইঁদুরের গায়ের বর্ণের কথা উল্লেখ করছি। গায়ের বর্ণের **ব** একটি মৌলিক জিন; অন্য একটি জিন **অ** এগৌটি বর্ণের নিয়ামক এবং তার প্রচ্ছন্ন এলিল অ এগৌটি নয় এরূপ বর্ণে উপস্থিত থাকে, যেমন কালো বা বেগুনী; **আ** কালো বর্ণের বিকাশ নিয়ন্ত্রণ করে এবং এটি তার এলিলীয় অবস্থা বেগুনী বা চকোলেট আ-এর উপর প্রকট। এ ছাড়া ইঁদুরের বিভিন্ন গোলদাগী অবস্থার জন্য 'এ' জিন রয়েছে যার প্রকট অবস্থায় রয়েছে **এ** জিন। অন্যদিকে লোমে কালো ও বেগুনী রং-এর জমাট সৃষ্টির জন্য রয়েছে 'ই' এবং তার প্রকট অবস্থাপূর্ণ বর্ণ সৃষ্টির জন্য **ই** জিন প্রয়োজন। এ ছাড়াও লোমের কালো ও বেগুনী বর্ণ কমিয়ে তাকে ফ্যাকাশে, বিধৌত প্রতিচ্ছবি তথা পিৎ চক্ষু সৃষ্টির জন্য যে জিনটি রয়েছে তাকে আমরা এখানে 'ঈ' জিন বলছি এবং তার প্রকট অর্থাৎ স্বাভাবিক ঘনকালো চক্ষু, নিবিড় রং-এর জন্য আমরা তাকে **ঈ** জিন বলছি। এই জিনগুলি তীক্ষ্ণভাবে বিকিরিত হয় এবং যে-কোন সমন্বয়ে তারা প্রাণীতে আসতে পারে। এছাড়া গায়ের বর্ণ-প্রভাবী আরও জিন রয়েছে এবং ব্যাপারটি সহজ করে বোঝাবার জন্য তা এখানে ব্যবহৃত হচ্ছে না। যাহোক, কোন কোন সমন্বয় এমন বৈশিষ্ট্য সৃষ্টি করে যা অত্যন্ত পরিষ্কার এবং তাদের নামও দেয়া হয়েছে যেমন—কালো নয় অথচ এগৌটিকে বলা হয় সিনামন; অথবা বেগুনী এগৌটি বা পাতলা-কালোকে 'নীল' এবং পাতলা বেগুনীকে রৌপ্য মৃগ-শাবক (silver fawn) ইত্যাদি বলা হয়। সারণী ১০-এ বিভিন্ন জিন-যুগলের সমন্বয় দেখানো হয়েছে।

সারণী-১০ : ইঁদুরের (mice) বর্ণ জিনসমূহের আন্তঃক্রিয়া

জিনসমূহ					জনন-কোষীয় সূত্র	জাতি-নমুনা
অ	**আ**	**ই**	**ঈ**	**এ**	**ব অ আ ই ঈ এ**	বন্য প্রকার এগৌটি রং-এর
				এ	**ব অ আ ই ঈ** এ	ছিটা ,, ,, ,,
			ঈ	**এ**	**ব অ আ ই** ঈ **এ**	পিংচক্ষু ,, ,,
				এ	**ব অ আ ই** ঈ এ	,, ,, ছিটা ,, ,,
		ই	**ঈ**	**এ**	**ব অ আ** ই **ঈ এ**	পাতলা — ,, ,,
				এ	**ব অ আ** ই **ঈ** এ	ছিটা পাতলা ,, ,,
			ঈ	**এ**	**ব অ আ** ই ঈ **এ**	পিং চক্ষু ,, ,, ,,
				এ	**ব অ আ** ই ঈ এ	পিং চক্ষু, ছিটা, পাতলা,,
	আ	**ই**	**ঈ**	**এ**	**ব অ** আ **ই ঈ এ**	ছিনামন রং -এর
				এ	**ব অ** আ **ই ঈ** এ	ছিটা ছিনামন ,, ,,
			ঈ	**এ**	**ব অ** আ **ই** ঈ **এ**	পিং চক্ষু ,,
				এ	**ব অ** আ **ই** ঈ এ	পিং ,, ছিটা ছিনামন ,,
		ই	**ঈ**	**এ**	**ব অ** আই **ঈ এ**	পাতলা ছিনামন ,,
				এ	**ব অ** আই **ঈ** এ	ছিটা পাতলা ছিনামন,,
			ঈ	**এ**	**ব অ** আ ই ঈ **এ**	পিং চক্ষু পাতলা ,,
				এ	**ব অ** আ ই ঈ এ	পিং চক্ষু, পাতলা, ছিটা,,
অ	**আ**	**ই**	**ঈ**	**এ**	**ব** অ **আ ই ঈ এ**	কালো রং-এর
				এ	**ব** অ **আ ই ঈ** এ	
			ঈ	**এ**	**ব** অ **আ ই** ঈ **এ**	
				এ	**ব** অ **আ ই** ঈ এ	
		ই	**ঈ**	**এ**	**ব** অ **আ** ই **ঈ এ**	
				এ	**ব** অ **আ** ই **ঈ** এ	
			ঈ	**এ**	**ব** অ **আ** ই ঈ **এ**	
				এ	**ব** অ **আ** ই ঈ এ	
	আ	**ই**	**ঈ**	**এ**	**ব** অ আ **ই ঈ এ**	বেগুনী রং-এর
				এ	**ব** অ আ **ই ঈ** এ	
			ঈ	**এ**	**ব** অ আ **ই** ঈ **এ**	
				এ	**ব** অ আ **ই** ঈ এ	
		ই	**ঈ**	**এ**	**ব** অ আ ই **ঈ এ**	
				এ	**ব** অ আ ই **ঈ** এ	
			ঈ	**এ**	**ব** অ আ ই ঈ **এ**	
				এ	**ব** অ আ ই ঈ এ	
অ অন্য যে কোন জিনের সাথে ব...						অতি শ্বেত, উপরের ৩২টির যে-কোনটি হতে পারে।

কৌলিবিজ্ঞানীরা অনুরূপভাবে বিড়ালের গায়ের বর্ণের বিশ্লেষণ করেছেন। এখানে জিনের আন্তঃক্রিয়া প্রচুর রয়েছে। যেমন গৃহপালিত বিড়ালে কতকগুলি এলিল দ্বারা সমসংস্থাবস্থায় হলদে গায়ের বর্ণ সৃষ্টি হয় এবং অন্য এলিল আবার ঐ একই অবস্থায় কালো বর্ণ সৃষ্টি করে। কিন্তু ইঁদুরের মত এই জিনগুলি নয়, এগুলি যৌন নিরূপণকারী ক্রমোজোমে বাহিত। এ কারণে বিসমসংস্থ স্ত্রী-বিড়াল, যেখানে কোন প্রকটতা নেই, সব সময় কচ্ছপ রং-এর হয়। পুং-বিড়াল বি-সমসংস্থ হতে পারে না, কারণ জিনগুলি এক্স-ক্রমোজোমে বাহিত। এছাড়া বিড়ালে ট্যাবী (tabby) রং রয়েছে। এটি কালো-ডোরা কাটা বাদামী রং-এর বিড়াল। তারা সাধারণতঃ বিড়ালী। এর প্রচ্ছন্ন এলিল ট্যাবীকে ধূসর ও ঈষৎ ট্যাবীতে এবং হলদে রং-কে ফ্যাকাশে বেলে বর্ণে রূপান্তরিত করে।

উল্লিখিত জিনের বর্ণনা মোতাবেক, মানুষের গায়ের বর্ণ বিশ্লেষণ করা যেতে পারে। মানুষের গায়ের বর্ণ সাদা থেকে কালো পর্যন্ত বিস্তৃত এবং এমন কতকগুলি জিন রয়েছে যা চুলের বর্ণ বৃদ্ধি করতে করতে স্বর্ণাভ (bond) থেকে কালো পর্যন্ত বিস্তার ঘটায় এবং চক্ষু-রং নীল থেকে বেগুনী বা কালো পর্যন্ত সৃষ্টি করে। এ জিনগুলির আন্তঃক্রিয়া এখন পর্যন্ত পরিষ্কার বোঝা যাচ্ছে না। সম্ভবতঃ এদের কোন কোন জিন সকল অংশের বর্ণ সৃষ্টির জন্য দায়ী, কোনটি চোখের বর্ণের ব্যাঘাত না ঘটিয়ে শুধু চুলের বর্ণ সৃষ্টি করে বা অন্য কোনটি চোখের বর্ণ সৃষ্টি করে, চুলের বর্ণের ব্যাঘাত না ঘটিয়ে। অবশ্য মনুষ্য চর্মবর্ণের একটা প্রকট অবস্থা রয়েছে এবং সেটা হচ্ছে বহুরূপী দাগী বর্ণ (pied spotling)। তা অন্য বর্ণের উপর প্রকট। যাহোক, এভাবে ইঁদুর, বিড়াল, ঘোড়া ও অন্যান্য স্তন্যপায়ী জীব-জন্তুর বর্ণ জিন ও মানুষের জিনের মধ্যে সাদৃশ্য (analogy) বা আংশিক মিল খুঁজে বের করা যায়

অনুশীলনী

১। স্বাধীন বিন্যাস সূত্র কাকে বলে? প্রাণীর বংশগতিতে তার প্রয়োগ কিভাবে হয় তা বুঝিয়ে দাও।

২। বিভিন্ন জৈনিক বিক্রিয়া আলোচনা কর। আন্তঃক্রিয়া বলতে কি বুঝ উদাহরণ দ্বারা তা বুঝিয়ে দাও।

৩। দূর-পুরুষ সাদৃশ্য বা প্রত্যাগমন কাকে বলে এবং তা কিভাবে ঘটে বুঝিয়ে দাও।

৪। গিনিশূকরের মধ্যে অমসৃণ লোম, মসৃণের উপর প্রকট এবং কালো বর্ণ সাদার উপর প্রকট; অথচ অমসৃণ ও কালো বর্ণের জিনগুলি স্বাধীন। এ অবস্থায় একটি সমসংস্থ অমসৃণ কালো জন্তুকে মসৃণ সাদা জন্তুর সাথে সঙ্গম করালে F_1 ও F_2 পুরুষের সন্তানগুলি দেখতে কেমন হবে এবং F_1-এর সন্তানকে পুনরায় অমসৃণ কালো বা মসৃণ সাদা জনকের সাথে সঙ্গম করালেই বা কি রকম সন্তান জন্মাতে পারে?

৫। মোরগ-মুরগীতে পালকবিশিষ্ট পা, পরিষ্কার পা-এর উপর প্রকট এবং মটরদানা ঝুঁটি স্বাভাবিক ঝুঁটির উপর প্রকট। যদি দু'টি মোরগ ক ও খ দু'টি মুরগী গ ও ঘ-এর সাথে সঙ্গম করানো যায় তা হলে সমস্ত পক্ষীগুলো পালকযুক্ত পা ও মটরদানা-ঝুঁটিবিশিষ্ট হয়। মোরগ ক উভয় মুরগীর সাথে মিলে সব পালক ও মটর-ঝুঁটিবিশিষ্ট সন্তান জন্মালো। অন্যদিকে মোরগ খ মুরগী গ-এর সাথে মিলে পালক ও পরিষ্কার পা অথচ মটর-ঝুঁটিবিশিষ্ট উভয় প্রকার সন্তান জন্মালো। কিন্তু ঘ মুরগীর সাথে মিলে সে সবগুলো পালক অথচ আংশিক মটর-ঝুঁটি ও আংশিক স্বাভাবিক-ঝুঁটি বাচ্চা উৎপাদন করে। তাহলে এ চারটি পক্ষীর জাতি-নমুনা কি?

৬। ধর, মানুষের মধ্যে গোলদাগী চর্ম অ-গোলদাগী চর্মের উপর প্রকট এবং পশমী চুল অ-পশমী চুলের উপর প্রকট। এক্ষেত্রে একটি গোলদাগী-চর্ম পুরুষের সাথে পশমী-চুল স্ত্রীর মিলন থেকে কি কি প্রকার জাতি-নমুনা ও বাহ্যিক-নমুনার সন্তান আশা করা যায়? আর যদি দাগী ও পশমী-চুল উপসর্গগুলি স্বাধীনভাবে বিন্যস্ত হয়, তবে সন্তানদের মধ্যে বিভিন্ন বাহ্যিক-নমুনা কি অনুপাতে দেখা দেবে?

ষষ্ঠ অধ্যায়

পরিবর্ধিত দু'জোড়া অনুপাত

(MODIFIED TWO-PAIR RATIO)

যদিও গতানুগতিক F_2-এর দু'জোড়া জিন-জড়িত প্রজননের অনুপাত হচ্ছে ৯ : ৩ : ৩ : ১; তথাপি, এই অনুপাত বিভিন্ন পন্থায় পরিবর্তিত-পরিবর্ধিত হয়। বংশগতিবিদ্যার ছাত্র-ছাত্রী মাত্রই এ সম্পর্কে বাস্তবে কাজ করতে গিয়ে ঘন ঘন এরূপ পরিবর্তন-পরিবর্ধনের সম্মুখীন হয়। তাই অনুপাতগুলির পরিবর্তন-পরিবর্ধন সম্পর্কে পুরোপুরি জ্ঞাত হওয়া অতীব আবশ্যক।

পূর্ব অধ্যায়ে বর্ণিত ৯ : ৩ : ৩ : ১ অনুপাতে চারটি বাহ্যিক নমুনা বর্তমান। এ অনুপাতের পরিবর্তন-পরিবর্ধনগুলোকে আমরা প্রধানতঃ দু'-ভাগে ভাগ করতে পারি যথা: (১) চারটির অধিক বাহ্যিক নমুনা এবং (২) চারটির কম বাহ্যিক-নমুনা (সারণী ১১ দ্রঃ)। প্রথমতঃ চারটির অধিক বাহ্যিক-নমুনা সংক্রান্ত অনুপাতগুলি ধরা যাক।

বেঁটে শিংযুক্ত গবাদিপশুতে শিংহীনতা হচ্ছে প্রকট জিন **শ** এবং শিংযুক্ততা হচ্ছে উক্ত জিনের এলিল্ শ-এর সমসংস্থ অবস্থার জন্য। অন্য আর একজোড়া এলিল **গ** ও গ গায়ের বর্ণের উপসর্গ। কিন্তু **গ**, গ-এর নিকট প্রকট নয়; তবে তারা এমনভাবে ক্রিয়া করে যে, **গ গ** লাল বর্ণ, **গ** গ রোন (roan) বর্ণ ও গ গ সাদা বর্ণ সৃষ্টি করে। এমন দু'জোড়া জিন-জড়িত একটি প্রজনন পরীক্ষায় সমসংস্থ শিংহীন লাল ষাঁড় দ্বারা শিংযুক্ত সাদা গাভীকে সঙ্গম করালে F_1-এ সকল বাছুর শিংহীন রোন বর্ণের হবে। যেহেতু একবার একটি মাত্র বাছুর জন্মাবে, সেজন্য অনেকবার প্রজনন করাতে হবে বা অনেক সঙ্গম একসাথে করাতে হবে। F_2-এ উৎপাদিত বাছুরগুলি উপরোক্ত অনুপাতের পরিবর্ধন করে গায়ের বর্ণের ভিত্তিতে ৩ : ৬ : ৩ : ১ : ২ : ১ অনুপাতে বিভক্ত হবে। এখানে

কোন প্রকটতা না থাকায় চারের অধিক প্রকার বাহ্যিক নমুনা পাওয়া যাবে। এটি এভাবে দেখান যেতে পারে :

মাতা-পিতা **শশ গগ** × শশ গগ
শিংহীন লাল   শিংযুক্ত সাদা

জনন-কোষ **শ গ**   শ গ

F_1 **শ**শ **গ**গ

জনন-কোষ **শগ** **শ**গ শ**গ** শগ **শগ** **শ**গ শ**গ** শগ

	শগ	**শ**গ	শ**গ**	শগ
শগ	**শশ গগ** শিংহীন লাল	**শশ গ**গ শিংহীন রোন	**শ**শ **গগ** শিংহীন লাল	**শ**শ **গ**গ শিংহীন রোন
শগ	**শশ গ**গ শিংহীন রোন	**শশ** গগ শিংহীন সাদা	**শ**শ **গ**গ শিংহীন রোন	**শ**শ গগ শিংহীন সাদা
শ**গ**	**শ**শ **গগ** শিংহীন লাল	**শ**শ **গ**গ শিংহীন রোন	শশ **গগ** শিংযুক্ত লাল	শশ **গ**গ শিংযুক্ত রোন
শগ	**শ**শ **গ**গ শিংহীন রোন	**শ**শ গগ শিংহীন সাদা	শশ **গ**গ শিংযুক্ত রোন	শশ গগ শিংযুক্ত সাদা

বেঁটে শিংযুক্ত ও শিংহীন গরুর গায়ের বর্ণের বংশগতি ও ৩ : ৬ : ৩ : ১ : ২ : ১ অনুপাত।

অনুরূপভাবে প্রকটতাবিহীন দু'যুগল জিনজড়িত স্ন্যাপড্র্যাগনের প্রজননে F_2 পুরুষের বাহ্যিক চরিত্রের আরও অধিক অনুপাত পাওয়া যায়, যেমন : **ল** ও ল ফুলের বর্ণের উপর কাজ করে এমনভাবে যে, **লল** লাল ফুল উৎপাদন করে, **ল**ল পীত ও লল সাদাবর্ণের ফুল উৎপাদন করে। তদ্রূপ আর এক জোড়া **ব** ও ব পত্রাকার এমনভাবে প্রভাবিত করে যে, **বব** প্রশস্ত পত্র, **ব**ব মধ্যবর্তী ও বব চাপা পত্র উৎপাদন করে।

এমনি লাল ফুল প্রশস্ত পত্রবিশিষ্ট উদ্ভিদ সাদা ফুল চাপা পত্রবিশিষ্ট উদ্ভিদের সাথে মিলন ঘটালে সব F_1 উদ্ভিদ পীতবর্ণের ফুল ও মধ্যম পত্রবিশিষ্ট হয়। F_2-এ এরূপ প্রজননে ১ : ২ : ২ : ৪ : ১ : ২ : ১ : ২ : ১ হয়। এটি পূর্বে উল্লেখিত ৯ : ৩ : ৩ : ১ অনুপাতের আর একটি পরিবর্ধন এবং এক্ষেত্রে প্রত্যেকটি জাতি-নমুনা (genotype) ভিন্ন রকম বাহ্যিক বৈশিষ্ট্য উৎপাদন করছে। তাছাড়া কোন কোন ক্ষেত্রে প্রকটতাবিহীন দুই বা ততোধিক যুগল জিন একই চরিত্রের উপর ক্রিয়া করে এবং এরূপ ক্ষেত্রে জিনগুলির একত্রিত (cumulative) প্রভাব লক্ষণীয়—যেখানে এক প্রান্ত থেকে অন্য প্রান্ত পর্যন্ত ক্রমানুসারে বিভিন্ন রকম চরিত্রের সমাবেশ ঘটায়। এরূপ দলীয় জিনকে 'বহুমুখী জিন' (multiple gene) বলা যেতে পারে। যেসব ক্ষেত্রে ৯ : ৩ : ৩ : ১ অনুপাত পরিবর্ধিত হয়ে চারটি বাহ্যিক গুণের (phenotype) চেয়ে কম গুণান্বিত চরিত্রের জন্ম দেয় সে-সব ক্ষেত্রে দেখা যায় যে, প্রকটতা-সহ দু'যুগল জিন একই চরিত্রকে প্রভাবিত করে। অবশ্য ইহা উপরোক্ত ৯ : ৩ : ৩ : ১ অনুপাতও সৃষ্টি করতে পারে। যেমনটি হয়েছে ইঁদুরের গায়ের বর্ণের ব্যাপারে। তবে কোন কোন ক্ষেত্রে এক যুগলের একটি এলিল অন্য যুগলের যে-কোনটির বর্তমানেও একই চারিত্রিক বৈশিষ্ট্য দেখায়। এরূপে ইঁদুর ও আরও অনেক জন্তুর মধ্যে একটি জিন-যুগল (ধরুন) **প** এবং প শারীরিক বর্ণের উপর এমনভাবে কাজ করে যেন জাতি-নমুনা **পপ** এবং **প**প স্বাভাবিক শারীরিক বর্ণ উৎপাদন করে, অথচ প প বর্ণ উৎপাদনে বাধা সৃষ্টি করে। এরূপে প প প্রাণীগুলি সব বর্ণহীন (non-pigmented) বা এলবায়নো (albino) চক্ষুসহ সাদা বর্ণের হয়। এখানে জিন **প** ক্রোমোজেনকে অম্লকরণের জন্য একটি অনুঘটক উৎপাদনের ইঙ্গিত করে এবং তাতে বর্ণ উৎপাদিত হয়। তবে সে বিশেষ উৎপাদিত বর্ণটি কিন্তু বিশেষ বর্ণের নিমিত্ত অন্যান্য জিনের উপরও নির্ভর করে। যখন প জিনটি সমসংস্থ অবস্থায় থাকে, তখন তা ঐ অনুঘটকের অনুপস্থিতি নির্দেশ করে যাতে করে মোটেই কোন বর্ণ উৎপাদিত না হয়, যদিও বিশেষ বর্ণের জন্য সংশ্লিষ্ট জিনগুলি বর্তমান।

পূর্ববর্তী অধ্যায়ে আমরা দেখেছি যে, কালো ইঁদুরগুলি ক ক **হ** সূত্রের এবং ক্রীমগুলি ক ক হ হ সূত্রের। যেহেতু এক্ষেত্রে উভয় প্রকার

সারণী—৯১ঃ দু'যুগল জীনের পরিবর্ধিত অনুপাতের সংক্ষিপ্ত সার

বাহ্যিক নমুনার পরিবর্ধন	জাতি-নমুনার প্রকৃতি									অনুপাতের প্রকারণ হেতু
প্রকটতা না থাকায় বাহ্যিক নমুনার সংখ্যা বৃদ্ধি পায়	**খ** **খ** **ক** **ক**	খ **খ** **ক** **ক**	**খ** **খ** ক **ক**	খ **খ** ক **ক**	খ খ **ক** **ক**	খ খ ক **ক**	**খ** **খ** ক ক	খ **খ** ক ক	খ খ ক ক	
	১	২	২	৪	১	২	১	২	১	উভয় যুগলে প্রকটতা না থাকায়।
	৩		৬		১	২	৩		১	এক যুগলে প্রকটতা না থাকায়।
গতানুগতিক অনুপাত	৯				৩		৩		১	উভয় যুগলে প্রকটতা এবং কোন যুগল-প্রাধান্য না থাকায়।
প্রকটতা ও যুগল-প্রাধান্য থাকায় বাহ্যিক নমুনার সংখ্যা কমে যায়	৯				৩		—৪—		—	প্রচ্ছন্ন যুগল-প্রাধান্য ক ক প্রতি **খ**, খ
	——১২——						৩		১	প্রকট প্রাধান্য **ক** প্রতি **খ**, খ
	১৩—						৩		—	প্রকট ও প্রচ্ছন্ন যুগল-প্রাধান্য **ক** প্রতি **খ**, খ এবং খ খ প্রতি **ক**, ক
	৯				৭—				—	দ্বি-প্রচ্ছন্ন যুগল-প্রাধান্য ক ক প্রতি **খ** খ এবং খ খ প্রতি **ক**, ক
	১৫—						—		১	দ্বি-প্রকট যুগল-প্রাধান্য **ক** প্রতি **খ**, খ এবং **খ** প্রতি **ক**, ক
	৯				—৬		—		১	অসম্পূর্ণ দু'-যুগল প্রাধান্য **ক**- খ খ ও ক ক **খ**- একই রকম **ক**- **খ**-, ক ক খ খ স্বাধীনভাবে পৃথকযোগ্য।

ইঁদুর বর্ণবিশিষ্ট, সেহেতু তারা অবশ্যই **প** জিন ধারণ করে থাকবে। সব বর্ণাঢ্য ইঁদুর অবশ্যই একটি **প** জিন অন্ততঃ ধারণ করবে এবং সব ধবধবে সাদাগুলি (বর্ণহীন) প প ধারণ করবে।

এখানে একটা ধারণা পরিষ্কার হওয়া দরকার যে, কিছু ব্যতিক্রম বাদে (যা পরে আলোচিত হবে) প্রত্যেক জীব বা উদ্ভিদ, প্রত্যেক প্রকার বৈশিষ্ট্যের জন্য অন্ততঃ দুটি জিন বহন করে। অর্থাৎ এভাবে যদি একটি ব্যক্তিবিশেষের বংশগতি সূত্রায়ন করা যায়, তাহলে এটি শত শত এমনকি হাজার হাজার জীন-যুগল ধারণ করবে। যখন একটি প্রজনন সংঘটিত করা হয় তখন শুধু সংশ্লিষ্ট জিন-যুগলকেই বিবেচনা করা হয়, যেখানে একটি অন্যটির সঙ্গে পার্থক্য হয় এবং বাকীগুলি বাদ রাখা হয়। তেমনি প্রত্যেক পরিপক্ব জনন-কোষ ও সংশ্লিষ্ট জাতীয় জন্তুবিশেষের মধ্যে বিরাজমান প্রত্যেক জিন-যুগলের একটি বহন করবে। অথচ আমরা শুধু সংশ্লিষ্ট জিনগুলি লিপিবদ্ধ করি যাতে ব্যক্তিবিশেষ একে অন্যের সঙ্গে পার্থক্য দেখায়। বাকীগুলি আমরা বিবেচনায় ধরি না, যদিও তারা সব সময় জন্তুবিশেষে বিরাজমান।

ইঁদুরের মধ্যে

এ ধারণায় বিশ্বস্ত থেকে আমাদের কাছে একটি বিশেষ জিন-যুগলের উপস্থিতি জানার একটি মাত্র উপায় আছে এবং তা হচ্ছে একটি স্বাভাবিক জিনের একটি এলিল্ খুঁজে বের করা। এই সম্পর্কে একটি উদাহরণ দেওয়া যায় যেমন: যতদূর আমরা দেখেছি শুধু বর্ণাঢ্য ইঁদুর দেখেছি। কিন্তু যখনই একটি বর্ণহীন ইঁদুর দেখি (অ্যালবাইনো) এবং প্রজনন প্রক্রিয়ার দ্বারা বুঝে নিব যে, বর্ণহীনতা (albinism) হচ্ছে একটি মাত্র প্রচ্ছন্ন জিনের জন্য, তখনই আমরা বর্ণ উৎপাদনকারী একজোড়া এলিলের (**ব** ও ব) উপস্থিতি আবিষ্কার করি। এবারে পরিবর্ধিত দু'জোড়ার অনুপাতের দিক থেকে ফিরে আমরা যদি সমসংস্থ কালো ইঁদুর ও একটি বর্ণহীনার সাথে প্রজনন করাই যা ক ক হ হ বহন করে, তবে আমাদের কালো ইঁদুরগুলি হবে ক ক **হ হ ব ব** সূত্রের এবং বর্ণহীনগুলি হবে ক ক হ হ ব ব সূত্রের। যেহেতু উভয় ক্ষেত্রে ক ক বিদ্যমান, আমরা তা

বাদ দিয়ে দ'জোড়া জড়িত প্রজনন হিসাবে নিম্নরূপে চিত্রায়িত করতে পারি :

মাতা-পিতা → কালো × বর্ণহীনা

হহবব × হহবব

জনন-কোষ → **হব** হব

F_1 → **হ**হ**ব**ব

জনন-কোষ → **হব** **হ**ব হ**ব** হব **হব** **হ**ব হ**ব** হব

F_2

	হব	**হ**ব	হ**ব**	হব	
হব	**হহবব** কালো	**হহব**ব কালো	**হ**হ**বব** কালো	**হ**হ**ব**ব কালো	কালো ৯
হব	**হহব**ব কালো	**হহ**বব বর্ণহীন	**হ**হ**ব**ব কালো	**হ**হবব বর্ণহীন	ক্রীম ৩
হ**ব**	**হ**হ**বব** কালো	**হ**হ**ব**ব কালো	হহ**বব** ক্রীম	হহ**ব**ব ক্রীম	বর্ণহীন ৪ — ১৬
হব	**হ**হ**ব**ব কালো	**হ**হবব বর্ণহীন	হহ**ব**ব ক্রীম	হহবব বর্ণহীন	অনুপাত হচ্ছে = ৯ : ৩ : ৪

ইঁদুরের গায়ের বর্ণের বংশগতি ও ৯ : ৩ : ৪ অনুপাত।

তাই, এতে দেখা গেল যে, ৯ : ৩ : ৩ : ১ অনুপাত পরিবর্ধিত হয়ে ৯ : ৩ : ৪ অনুপাতে পর্যবসিত হয়েছে। এর কারণ, দু'টি শ্রেণী এখানে আলাদা করে দেখা যেতে পারে না, অর্থাৎ যে-কোন ইঁদুর যদি বব বহনকারী হয় তবে এটি বর্ণহীন হবে, এখন তা **হ**-অথবা হহ যে জিনই ধারণ করুক। সুতরাং যখন কোন জিন-যুগলের একটি অন্য জোড়া জিনের প্রভাবকে ঢেকে দেয় এবং বিকশিত হতে দেয় না তখন তাকে ঐ জোড়ার উপর প্রকটতা বিস্তারকারী (epistatic) জিন বলা হয় এবং এ পদ্ধতিকে ইপিস্টেটিস

বা যুগল-প্রকটতা (বিস্তার) বলা হয়। তদুপরি যেহেতু ছোট ব-এর এলিল **ব**-এর প্রচ্ছন্ন, অতএব তাকে প্রচ্ছন্ন যুগল-প্রকটতা বলা যেতে পারে।

কুকুরের মধ্যে

কুকুরের মধ্যে পরিবর্ধনের অন্য একটি উদাহরণ নিম্নরূপ : **খ** ও খ এমনভাবে কাজ ক'রে বর্ণ উৎপাদন করে যে, **খ**- সব সময় কালো হয় এবং খ খ বাদামী রং-এর হয়। এমনি আরও একটি জিন-যুগল যেমন **ই** ও ই আছে। তারা এমনভাবে কাজ করে যেন, যে জন্তুটি **ই**- ধারণ করবে তাতে বর্ণ উৎপাদন বাধাপ্রাপ্ত হয়, এমনকি যদিও বর্ণের জন্য বিশেষ জিন বর্তমান। অথচ ই ই থাকলে বর্ণ উৎপাদিত হয়। এখন যদি সমসংস্থ বাদামী ও অনুরূপ সাদার সাথে প্রজনন হয় তবে ফল নিম্নরূপ হবে :

মাতা-পিতা → খ খ ই ই × **খ খ ই ই**
বাদামী সাদা বা বর্ণহীনা

জনন কোষ → খ ই **খ ই**

F_1 → **খ** খ **ই** ই × **খ** খ **ই** ই

জননকোষ→ **খ ই** **খ** ই খ **ই** খ ই × **খ ই** **খ** ই খ **ই** খ ই

F_2	**খ ই**	**খ** ই	খ **ই**	খ ই
খ ই	**খ ই খ ই** সাদা	**খ খ ই** ই সাদা	**খ** খ **ই ই** সাদা	**খ** খ **ই** ই সাদা
খ ই	**খ খ ই** ই সাদা	**খ খ** ই ই কালো	**খ** খ **ই** ই সাদা	**খ** খ ই ই কালো
খ **ই**	**খ** খ **ই ই** সাদা	**খ** খ **ই** ই সাদা	খ খ **ই ই** সাদা	খ খ **ই** ই সাদা
খ ই	**খ** খ **ই** ই সাদা	**খ** খ ই ই কালো	খ খ **ই** ই সাদা	খ খ ই ই বাদামী

কুকুরের বর্ণ-বংশগতি ও ১২ : ৩ : ১ অনুপাত।

উল্লেখিত চিত্র থেকে দেখা যায়, সাদা কুকুর ১২, কালো কুকুর ৩ ও বাদামী কুকুর ১টি হয়েছে। এটি ৯ : ৩ : ৩ : ১ অনুপাতে অন্য একটি পরিবর্ধন এবং এখানে যেহেতু **ই**-এর এলিল ই-এর উপর প্রকট। অতএব একে 'প্রকট যুগল প্রাধান্য' (dominant epistasis) বলা যেতে পারে।

কোন কোন সময় একই প্রজননে প্রকট যুগল-প্রাধান্য ও প্রচ্ছন্ন যুগল-প্রাধান্য ঘটে। যেমন সাদা পা বিশিষ্ট মোরগ (white leg horn)-এর সাদা রং (বর্ণহীন) হচ্ছে একটি প্রকট জিন, এর জন্য যদিও এই উপ-প্রজাত (breed) বর্ণ জিন বহন করে, তবে বর্তমানে এই জিন বিকশিত হতে পারে না। অন্যদিকে সাদা সিল্কি-এর রং হচ্ছে একটি প্রচ্ছন্ন জিন ব-এর জন্য যা বর্ণ উৎপাদনে প্রয়োজনীয় ক্রমোজোমের অবর্তমান ঘটায় এবং ব ব সূত্রের পক্ষীগুলি বর্ণ জিন বহন করে তবে অপ্রকাশিত থাকে। এরূপ ক্ষেত্রে যদি সাদা পা বিশিষ্ট (white leg horn) ও সাদা সিলকির মধ্যে প্রজনন করানো হয় তবে নিম্নরূপ ফল হয়:

মাতা-পিতা → **ইই বব** × ইই ব ব

জনন-কোষ → **ইব** ইব

মাতা পিতা

F_1 → **ই**ই **ব**ব সাদা × **ই**ই **ব**ব সাদা

জনন-কোষ → **ইব** **ই**ব ই**ব** ইব **ইব** **ই**ব ই**ব** ইব

	ইব	**ই**ব	ই**ব**	ইব
ইব	**ইইবব** সাদা	**ইইব**ব সাদা	**ই**ই**বব** সাদা	**ই**ই**ব**ব সাদা
ইব	**ইইব**ব সাদা	**ইই**বব সাদা	**ই**ই**ব**ব সাদা	**ই**ইবব সাদা
ই**ব**	ই**ইবব** সাদা	**ই**ই**ব**ব সাদা	ইই**বব** রঙ্গীন	ইই**ব**ব রঙ্গীন
ইব	ই**ইব**ব সাদা	**ই**ইবব সাদা	ইই**ব**ব রঙ্গীন	ইইবব সাদা

সাদা পা ও সাদা সিলকির সমাগম এবং ১৩ : ৩ অনুপাত।

এখানে ১২/১৬টি পক্ষী প্রকট যুগল প্রাধান্য বিস্তারকারী জিন **ই** বংশানুক্রমিক পাবে এবং এর জন্য সাদা হবে এবং যদিও অন্য চারটি তা পাবে না, তথাপি তাদের একটি সমসংস্থ প্রচ্ছন্ন-যুগল প্রাধান্যের জন্য সাদা হবে। অতএব অনুপাত হচ্ছে ১৩ : ৩। এটি একটি আশ্চর্যজনক পরিবর্ধন। একে প্রকট-যুগল প্রচ্ছন্ন (প্রভাব বিস্তারকারী) প্রাধান্য (**dominant recessive epistasis**) বলা যেতে পারে।

ডেইজী ফুলের মধ্যে

আরও একটি ৯ : ৩ : ৩ : ১ অনুপাতের পরিবর্ধন ঘটে যখন দু'যুগল জিনের প্রত্যেকটির একটি এলিল একটি প্রচ্ছন্ন যুগল প্রাধান্য জিন ধারণ করে। হলদে ডেইজী ফুলের 'বেগুনী কেন্দ্র' শ্রেণীগত থাকে। তবে একটি হলদে কেন্দ্রবিশিষ্ট ফুল উপ-প্রজাত আবিষ্কৃত হয়েছে যাকে বেগুনীর সাথে প্রজনন করলে F_1-এ সব বেগুনী ফুল জন্মায় এবং F_2-তে তিনটি বেগুনী ও একটি হলদে হয়। হলদে উপ-প্রজাতটি কিন্তু তার বিশুদ্ধ উপজাত। কিন্তু যদিও দুটি পৃথক এলাকার হলদে উপ-প্রজাতটি একই উপ-প্রজাত বলে ধরা হয়েছিল তথাপি যখন একে অন্যের সাথে প্রজনন করানো হয় তখন F_1-এ সবই বেগুনী হয় এবং F_2-তে ৯টি বেগুনী ও ৭টি হলদে হয়। সুতরাং এতে শুধু দু'জোড়া জিন জড়িত তা নয় বরং প্রত্যেক জোড়ার ২টি প্রকট জিনের জন্যই বেগুনী রং সৃষ্টি হয়। যদি **প** ও প এবং **দ** ও দ দু'জোড়া এলিলের পক্ষে ধরা হয় এবং তারা এমনভাবে একই ফুল বর্ণের উপর কাজ করে যে, **প** ও **দ**-এর বর্তমানে ফুলের বেগুনী রং হয় এবং অন্য সব সমন্বয়গুলি (combinations) হলদে বর্ণের হয় তাহলে চিত্রটি নিম্নরকম হবে :

ডেইজী ফুলের বেগুনী ও হলদে কেন্দ্র ফুলের সমাগম এবং
৯ : ৭ অনুপাত।

	হলদে		হলদে
মাতা-পিতা →	প **প** দ দ	×	প প **দ** **দ**
জননকোষ →	**প** দ		প **দ**
F_1 →	**প** প **দ** দ		
জননকোষ →	**প** **দ** **প** দ প **দ** প দ **প** **দ** **প** দ প **দ** প দ		

F_2	**পদ**	**প**দ	প**দ**	পদ
পদ	**পপদদ** বেগুনী	**পপদ**দ বেগুনী	**প**প**দদ** বেগুনী	**প**প**দ**দ বেগুনী
পদ	**পপদ**দ বেগুনী	**পপ**দদ হলদে	**প**প**দ**দ বেগুনী	**প**পদদ হলদে
প**দ**	**প**প**দদ** বেগুনী	**প**প**দ**দ বেগুনী	পপ**দদ** হলদে	পপ**দ**দ হলদে
পদ	**প**প**দ**দ হলদে	**প**পদদ হলদে	পপ**দ**দ হলদে	পপদদ হলদে

সুতরাং বাহ্যিক দৃষ্টিতে (phenotypically) ৩টি, ৩টি ও ১টি আলাদা করে বলা যায় না এবং যার ফলে বাহ্যিক দৃষ্টিতে ৯ : ৭ অনুপাতে পর্যবসিত হয়। এখানে প, **দ** ও দ-এর উপর প্রচ্ছন্ন যুগল প্রাধান্য এবং দ, **প** ও প-এর উপর অনুরূপ ক্রিয়া করছে এবং তাই একে দ্বি-প্রচ্ছন্ন যুগল প্রাধান্য (duplicate recessive epistasis) বলা যেতে পারে।

মানুষের মধ্যে

অনুরূপ একটি জিনের আন্তঃক্রিয়া মানবসমাজেও লক্ষণীয়, যেখানে বধিরতা একই নিয়মে বংশানুক্রমিক বলে মনে হয়। এক্ষেত্রে ধরা যাক **ফ** ও ফ, **ম** ও ম এমনভাবে কাজ করে যে, **ফ-ম**-সর্বদা স্বাভাবিক শ্রবণশক্তি উৎপাদন করে এবং অন্য সমন্বয়গুলি এমন শিশুর জন্ম দেয় যারা জন্মে বধির হয়। তবে উদ্ভিদ ও প্রাণীর ন্যায় মানব চরিত্রের নির্ভরশীলতা F_2 দ্বারা পাওয়া যাবে না। অন্যদিকে জীবনের শেষ দিকের বধিরতার সাথেও এটি তুলনা করা যাবে না। যদি বধিরতা এক জোড়া জিনের প্রচ্ছন্নতার জন্য হত তবে, একটি বধির যুগলের পক্ষে বধির ছাড়া অন্য কিছু উৎপাদন করা সম্ভব ছিল না। কিন্তু ঘটনা তা নয়, কারণ একটি বধির যুগল যেমনি স্বাভাবিক শিশু জন্ম দিতে পারে তেমনি একটি স্বাভাবিক দম্পতি একটি বধির সন্তান জন্ম দিতে পারে। সুতরাং উল্লিখিত পদ্ধতি ব্যতিরেকে দু'জোড়া জিনকে জড়িত করেই বিশ্লেষণ করতে হবে। তবে দুটি প্রচ্ছন্ন জিন মানুষের মধ্যে কদাচিৎ মেলে এবং

এজন্য প্রায় সব লোকেই অন্ততঃ একটি প্রকট জিন বহন করে যার জন্য স্বাভাবিক শ্রবণশক্তি জন্মায়।

মোরগ-মুরগীতে

দ্বি-প্রকট-যুগল প্রাধান্য (duplicate dominant epistasis)-এর একটি উদাহরণ মোরগ-মুরগী হতে দেওয়া যায়। কোন মুরগীর উপ-প্রজাতের শ্যাংকে পালক থাকে এবং কোন কোনটির আবার থাকে না। যেমন কালো ল্যাংহ্যান্স (black langhans) এবং পালকবিশিষ্ট হাটু শ্যাংক আছে এবং বাফ রক্স (buff rocks)-এর পালকবিহীন হাটু শ্যাংক (shank) থাকে। এ দুই উপ-প্রজাতের মধ্যে প্রজনন করালে দেখা যাবে F_1-এ সব পালকবিশিষ্ট হয় এবং F_2-এ ১৫টি পালকবিশিষ্ট হাটু শ্যাংক ও ১টি পালকবিহীন হাটু শ্যাংক হয়েছে। এটি নিম্নের চিত্রে দেখান হল :

প্রতীক	**ফস** পালক		ফস পালকবিহীন
মাতা-পিতা →	**ফফসস**	×	ফফসস
জনন-কোষ →	**ফস**		ফস
F_1→	**ফ**ফ**স**স		
জনন-কোষ →	**ফস** **ফ**স ফ**স** ফস **ফস** **ফ**স ফ**স** ফস		

	ফস	**ফ**স	ফ**স**	ফস
ফস	**ফফসস**	**ফফস**স	**ফ**ফ**সস**	**ফ**ফ**স**স
ফস	**ফফস**স	**ফফ**সস	**ফ**ফ**স**স	**ফ**ফসস
ফ**স**	**ফ**ফ**সস**	**ফ**ফ**স**স	ফফ**সস**	ফফ**স**স
ফস	**ফ**ফ**স**স	**ফ**ফসস	ফফ**স**স	ফফসস পালকবিহীন

মোরগ-মুরগীর পালক ও পালকবিহীন হাটুর সমাগম এবং ১৫ : ১ অনুপাত।

এখানে পালক ও পালকহীনতার অনুপাত হচ্ছে ১৫ : ১। এরূপ অবস্থা প্রাণীর চেয়ে উদ্ভিদের মধ্যে সচরাচর বেশী ঘটে। তবে এরূপ ফল ছাড়াও জিনগুলির সঞ্চিত প্রভাবও প্রাণীতে আছে (cumulative effect)।

শূকরের মধ্যে

এই অধ্যায়ের ৯ : ৩ : ৩ : ১ অনুপাতের পরিবর্তিত সর্বশেষ উদাহরণ হচ্ছে শূকরের বর্ণ সম্পর্কীয় ব্যাপার। ডুরক জার্ছি (Duroc Jersey) শূকর হচ্ছে লাল বর্ণের। এই শূকরের বর্ণ বেলেমাটির হওয়াতে (sanday colour) সুদূরপ্রসারী একটি হঠাৎ পরিবর্তন বা পরিব্যক্তি (mutation) লক্ষ্য করা গিয়েছিল এবং এটি একটি প্রচ্ছন্ন জিনের পক্তিকেই হয়েছিল বলে প্রমাণিত। লাল ও বেলের সংমিশ্রণে F_1-এ সব লাল হয় এবং F_2-তে ৩টি লাল ও ১টি বেলে হয় এবং বেলে শূকর বিশুদ্ধ জাত হয় (bred true)। একটি ঘটনায় দেখা গেল দুটি ভিন্ন এলাকার ২টি বেলে প্রাণীর মধ্যে প্রজনন করানোতে F_1-এ সব প্রাণী হলো লাল। অনুসন্ধানকারীরা এতে চমকে যান এবং মনে করেন নিশ্চয়ই দুটি এলাকার বেলে-শূকর একই জাতি-নমুনার (genotype) নয়। F_2-এর ফলাফল লাভে দেখা গেল লাল ৯টি, বেলে ৬টি ও একটি সাদা। এটি আরও একটি পরিবর্তিত অনুপাত এবং এটি নিম্ন রূপে চিত্রায়িত করা যায়।

প্রতীক	**ল**- **স**-	লাল
	ল- স স	বেলে
	ল ল **স**-	বেলে
	ল ল স স	সাদা
মাতা-পিতা	ল ল **স স** × **ল ল** স স	
জনন-কোষ	ল **স** **ল** স	
F_1	**ল** ল **স** স	
জনন-কোষ	**লস** **ল**স ল**স** লস **লস** **ল**স ল**স** লস	

	ল **স**	**ল** স	ল **স**	ল স
ল **স**	**লল সস** লাল	**লল স**স লাল	**ল**ল **সস** লাল	**ল**ল **স**স লাল
ল স	**লল স**স লাল	**লল** সস বেলে	**ল**ল **স**স লাল	**ল** লসস বেলে
ল **স**	**ল**ল **সস** লাল	**ল**ল **স**স লাল	লল **সস** বেলে	লল **স**স বেলে
ল স	**ল**ল **স**স লাল	**ল** লসস বেলে	লল **স**স বেলে	ললসস সাদা

ডুরক জাতি শূকরের বর্ণের বংশগতি ও ৯ : ৬ : ১ অনুপাত।

অনুশীলনী

১। দু'জোড়া জিন-জড়িত প্রজননের অনুপাত পরিবর্তন-পরিবর্ধন কি কি?

২। যুগল-প্রকটতা বলতে কি বুঝ? বিভিন্ন প্রকার যুগল প্রকটতা বর্ণনা কর।

৩। নিম্নলিখিত জাতি-নমুনায় জনক-জননীর সমাগমে অর্জিত মোরগ-মুরগীর ঝুঁটি বৈশিষ্ট্য কি হবে।
গগ **মম** × গগ মম; **গ**গ **ম**ম × গগমম; **গ**গ মম × গগ**মম**;
গগ মম × গগ **ম**ম; গগ **মম** × গগ **ম**ম; **গ**গ মম × গগ মম;
সঙ্কেত : গ ও ম একত্রে আখরোট ঝুঁটি ও গগ মম সমসংস্থায় একক ঝুঁটি সৃষ্টি করে।

৪। নিম্নলিখিত জাতি-নমুনার জনক-জননীর সন্তানের অপচ্ছায়া (বাহ্যিক-নমুনা) কি হবে?
ফফ গগ মম × **ফ**ফ গগ মম; **ফ**ফ সস **গ**গ মম × ফফ সস **গ**গ **ম**ম
সঙ্কেত: ফ—পালকযুক্ত হাটু; ফ পরিষ্কার হাটু; স—সাদা পালক ও সস কালো পালক।

সপ্তম অধ্যায়

যৌন-জড়িত জিন

(SEX LINKED GENES)

ইতিপূর্বে আমরা বিপরীতধর্মী জিনগুলি (allelic genes) এবং একই ধরনের ক্রমোজোমের (homologous chromosomes) ব্যবহারগত সমতা (parallelism) লক্ষ্য করেছি এবং তা থেকে আমরা এমন তত্ত্বের সন্ধান পেয়েছি যে, জিনগুলি ক্রমোজোমের অংশ অথবা ক্রমোজোম জিনগুলিকে বক্ষে ধারণ করে থাকে। তবে এ পর্যন্ত এ মর্মে যে পর্যবেক্ষণগুলি বর্ণনা করা হয়েছে তা ঐ তত্ত্ব প্রমাণে প্রচুর নয়। তথাপি বংশগতি বিজ্ঞানের বিকাশটাই এমন যে, ঘটনার পর ঘটনার সঞ্চয়ন হচ্ছে এর ইতিহাস, যা গতিশীল বংশক্রমতার ক্রমোজোম তত্ত্বকে নিশ্চিত প্রমাণ করে।

টি. এইচ. মরগ্যানের (১৯১০) ফল মাছির (fruit-fly) বিভিন্ন বৈশিষ্ট্যের বংশগতি সংক্রান্ত আবিষ্কারের মাধ্যমে ক্রমোজোম তত্ত্ব নিঃসন্দেহে প্রমাণিত হয়। মরগ্যান ও তাঁর একদল যুবক সহকর্মীরা কলম্বিয়া বিশ্ববিদ্যালয়ে এই ফল-মাছি, যার বৈজ্ঞানিক নাম ড্রসোফিলা মেলানোগ্যাস্টার (*Drosophila melanogaster*) ব্যবহার করে বংশগতি বিজ্ঞানের পরীক্ষাকাজ পরিচালনা করেন। এটি কৌলিতত্ত্বের ইতিহাসে সুবিখ্যাত ঘটনা। এই ফল-মাছির উপর গবেষণার জন্য মরগ্যান (১৯৩৩) এবং তাঁর সহকর্মী মুলার (১৯৪৬) উভয়েই ওষুধ ও শরীরতত্ত্ববিদ্যায় নোবেল পুরস্কার (Nobel Prize) প্রাপ্ত হন। এছাড়া স্টার্টিভ্যান্ট ও ক্যালভিনের নামও এ প্রসঙ্গে সবিশেষ উল্লেখযোগ্য।

পরীক্ষাগারে সাদা-চক্ষুবিশিষ্ট ফল-মাছির প্রজননে প্রথম মেণ্ডেলীয় সূত্রের ব্যতিক্রম ধরা পড়ে। লাল-চক্ষুবিশিষ্ট ফল-মাছির চাষে একটিমাত্র সাদা-চক্ষুবিশিষ্ট পুং-মাছি জন্মে। তৎক্ষণাৎ এর সাথে লাল-চক্ষুবিশিষ্ট এক ভগ্নিকে সমাগম করানোর পর প্রথম পুরুষে F_1 সমস্ত সন্তান লাল-চক্ষুবিশিষ্ট হয় এবং দ্বিতীয় পুরুষে (F_2) $\frac{3}{4}$ মাছি লাল ও $\frac{1}{4}$ মাছি

সাদাচক্ষুবিশিষ্ট হয়। এ অনুপাত সচরাচর লাল-চক্ষু-প্রকট জিনসহ এক যুগল জিনের ক্রিয়াকলাপের মত লাগে। কিন্তু ঘটনাক্রমে দেখা গেল F_2-এর সমস্ত সাদা-চক্ষুবিশিষ্ট মাছি পুরুষ এবং এ পুরুষে (generation) কোন সাদা-চক্ষুবিশিষ্ট স্ত্রী-মাছি জন্মায়নি; যদিও বহুসংখ্যক মাছি জন্মানো হয়েছিল। এ পর্যন্ত আমরা জেনেছি বিপরীতধর্মী চরিত্রের সমস্ত সঙ্গম-ক্রিয়ায় প্রায় সমান সংখ্যক প্রত্যেক রকম সন্তানাদি জন্মেছে। এখানে সাদা-চক্ষু যদিও প্রচ্ছন্ন মনে হয়, তথাপি তা মাত্র পুং-মাছিগুলিতে সীমাবদ্ধ থেকেছে। এ ব্যতিক্রম একটি আকর্ষণীয় ঘটনা। মরগ্যান ও তাঁর সহ-কর্মীরা এ অপ্রত্যাশিত ফলাফলকে বিশ্লেষণ করতে গিয়ে দেখলেন, ক্রমোজোম-তত্ত্ব একে পুরোপুরি ব্যাখ্যা করে।

এ আকস্মিক ঘটনা পুরোপুরি বুঝতে হলে ছাত্রদেরকে স্মরণ রাখতে হবে, শারীরিক বা দেহকোষের ক্রমোজোমের যুগল আকৃতিক সমতা ও তার ব্যতিক্রমজনিত অণুবীক্ষণীয় চিত্র। সম্ভবতঃ ফল-মাছির উপর বংশগতি পরীক্ষা-নিরীক্ষার বহু বছর পূর্বে এ ব্যতিক্রমগুলির গুরুত্বপূর্ণ অংশ আবিষ্কৃত হয়েছিল। একটি ক্ষেত্র বাদে পুংলিঙ্গীয় অনেক প্রাণীর শারীরিক কোষগুলিতে ক্রমোজোমগুলির যুগল অবস্থান লক্ষ্য করা গিয়েছিল। ঐ ক্রমোজোমটি একাকী থাকতে দেখা যায়। যাহোক, তা স্ত্রীলিঙ্গের একটি যুগলের সদস্য হিসেবেই পরিলক্ষিত হয় এবং যেহেতু এই আশ্চর্যজনক ক্রমোজোমটির গুরুত্ব বোঝা যায়নি, তাই তাকে এক্স (X) ক্রমোজোম নামে আখ্যায়িত করা হয়। আজ পর্যন্তও এক্স-ক্রমোজোম আখ্যায়ই তাকে ব্যবহার করা হচ্ছে। সংশ্লিষ্ট প্রাণীর মধ্যে পুংলিঙ্গে মাত্র একটি এক্স (X) ক্রমোজোম বিদ্যমান এবং স্ত্রীলিঙ্গে দুটি। জনন-কোষ গঠনকালে প্রত্যেক ডিম্ব একটি এক্স-ক্রমোজোম গ্রহণ করে এবং অন্য যুগলগুলির একটি করে ক্রমোজোম যাকে অটোজোম (autosome) বলা হয়, গ্রহণ করে। অথচ শুক্রকীট পরিপক্কতায় যখন একটি প্রাথমিক শুক্রকীট বিভক্ত হয় তখন দুটির মধ্যে মাত্র একটিতে এক্স-ক্রমোজোম চলে আসে। অন্যটিতে তা অনুপস্থিত থাকে। ফলে শুক্রকীটগুলোর অর্ধেক অংশে এক্স-ক্রমোজোম থাকছে এবং বাকী অর্ধেকে তা থাকছে না।

একটি এক্স-ক্রোমোজোম ধারক একটি ডিম্বকোষ একটি এক্স-ক্রমোজোম ধারক একটি শুক্রকীট কর্তৃক নিষিক্ত (fertilized) হলে ফলিত ভ্রূণটি

একটি স্ত্রীলিঙ্গে উন্নীত হবে এবং (XX) ক্রমোজোম ধারণ করবে। অথচ অনুরূপ একটি ডিম্বকোষ এক্স-ক্রমোজোমহীন শুক্রকীট দ্বারা নিষিক্ত হলে (XO ধরনের) ক্রমোজোম নিয়ে একটি পুংলিঙ্গে রূপান্তরিত হবে। সুতরাং বস্তুতঃ এখানে লিঙ্গ নিরূপণের ক্রমোজোমগত ভিত্তি কিন্তু বর্ণিত হচ্ছে। তবে তা-ই লিঙ্গায়নের (sex determination) একমাত্র উপায় নয়। মানুষসহ অনেক প্রাণীতে শারিরীক কোষগুলিতে ক্রমোজোমের যুগল অবস্থান বিদ্যমান; কিন্তু পুংলিঙ্গে একটি ক্রমোজোম যুগল একে অন্যের সাথে সমান্তরাল হয় না। এদের একত্রে অন্যের সাথে পার্থক্য দেখায়; ফল-মাছিতেও একই ঘটনা ঘটে। এখানে ৪টি যুগল ক্রমোজোম জাতিগতভাবে বিদ্যমান, তার মধ্যে তিনটি যুগল অটোজোম এবং অবশিষ্টটি হচ্ছে লিঙ্গ ক্রমোজোম যা শুধু স্ত্রীলিঙ্গে একই রূপ দেখায়। পুংলিঙ্গে ঐ যুগলের একটি সভ্য-স্ত্রীলিঙ্গের সংশ্লিষ্টটির একটির ন্যায় দেখায় এবং অন্যটি সম্পূর্ণ অন্য রকম হয়; তার এক প্রান্তে বর্শীর অগ্রভাগের সমান বস্তু থাকে। একে (Y) ক্রমোজোম বলে এবং অন্যটি (X) এরূপে এই লিঙ্গায়নে XX ও XY ধরনের অথবা শুধু XY ধরন বলা হয়; স্ত্রীলিঙ্গে দুটি এক্স (XX) এবং পুংলিঙ্গে একটি XY ও একটি ক্রমোজোম থাকে। সুতরাং শুক্রকীটগুলি দু প্রকার হয়। এক প্রকারে একটি X ও অন্য প্রকারে একটি Y ক্রমোজোম থাকে এবং সমসংখ্যক (অর্ধেক) শুক্রকীট X ক্রমোজোম ধারণ করে ও বাকী অর্ধেক Y ক্রমোজোম ধারণ করবে। অথচ ডিম্বকোষগুলি সবই এক প্রকার হবে এবং প্রত্যেকটিতে একটি X ক্রমোজোম থাকবে। এভাবে দেখা যাচ্ছে, পুংলিঙ্গ তথা শুক্রকীটই হচ্ছে ভবিষ্যৎ সন্তানাদির লিঙ্গ নিরূপক (determiner)।

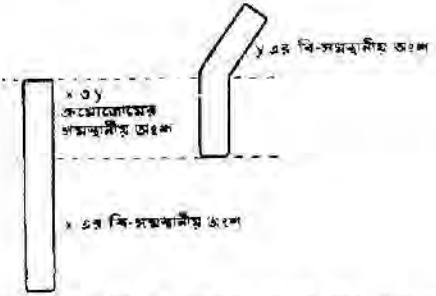
সাদা চক্ষুবিশিষ্ট মধুমক্ষিকার আশ্চর্যজনক (ফল-মাছি) বংশগত আচার-ব্যবহার সম্পর্কে মরগ্যান প্রথমতঃ পর্যবেক্ষণ করে এই সিদ্ধান্তে উপনীত হন যে, এদের লিঙ্গ নিরূপণ হচ্ছে XO ধরনের যদিও তখন পতঙ্গের কোষ বিজ্ঞান পর্যাপ্ত পরিমাণে পঠিত হয়নি। কিন্তু এখন আমরা জানি এখানে XY ধরনের লিঙ্গ নিরূপণ বিদ্যমান। তথাপি X ক্রমোজোম লিঙ্গের নিরূপণের সাথে জড়িত স্ত্রীলিঙ্গে এর জোড়ায় অবস্থান ও পুংলিঙ্গের একক অবস্থান এই জ্ঞান মরগ্যান ও তাঁর সহকর্মীদের জন্য যথেষ্ট ছিল এবং সেকারণে সাদা চক্ষু মধুমক্ষিকার বংশগত বৈশিষ্ট্যগুলির সম্ভাব্য

ব্যাখ্যা তারা দিয়েছেন। তারা দেখলেন, বস্তুত বেজোড় আচরণকে এমনিভাবে ব্যাখ্যা করা করা যায় যদি সাদা এবং লাল চক্ষুর এলিলগুলি যথাক্রমে X ক্রমোজোমের উপর অবস্থিত হয়। তাহলে সাদাকে প্রচ্ছন্ন ল এবং লালকে প্রকট **ল** প্রতীক দ্বারা মরগ্যানের ব্যাখ্যানুসারে দেখান যেতে পারে যে, পুংলিঙ্গে XO থাকে, এবং সাদা চক্ষুবিশিষ্ট পুং অবশ্য একমাত্র যুগলের ল ধারণ করে। সমস্ত মেয়ে সন্তানগুলি এই জিনটা পাবে মা থেকে একটি **ল** সহ এবং এজন্য **ল** ল হবে দৃশ্যতঃ লাল চক্ষুবিশিষ্ট। ছেলে সন্তানগুলি মা থেকে X ক্রমোজোম পাবে এবং সেজন্য **ল** হবে দু'রকম শুক্রকীট উৎপাদক; এক, অর্ধেক X ক্রমোজোম পাবে **ল** জিনসহ এবং সেজন্য স্ত্রী হবে এবং অন্য অর্ধেক কোন X ক্রমোজোম পাবে না এবং সেজন্য কোন **ল** জিন পাবে না। পরবর্তী আবিষ্কার যে, ফলমক্ষিকায় পুং হচ্ছে XY ধরনের—ইহা উপরোক্ত ব্যাখ্যাকে বিঘ্নিত করবে না কারণ অধিকাংশ Y ক্রমোজোম জিনগত ভাবে শূন্য থাকে এবং X ক্রমোজোমের জিনগুলির কোন এলিল অধিক ক্ষেত্রে বহন করে না; এ ঘটনাকে নিম্নলিখিত চিত্রে চিত্রায়ন করা যায় এবং X ও Y ক্রোমোজোমের যে অংশ একরূপ নয় তা দেখানো যায় দ্রষ্টব্য।

	সাদা পুং		লাল স্ত্রী
মাতা-পিতা	লY	×	**ল ল**
জনন-কোষ →	লY		**ল**
F_1 →	**ল**Y	×	**ল** ল

F_2

	ল	Y
ল	**ল ল** লাল স্ত্রী	Y **ল** লাল পুং
ল	**ল** ল লাল স্ত্রী	Y ল সাদা পুং



চিত্র ৭·১। X ও Y ক্রমোজোমের যে যে অংশ একরূপ নয়।

উল্লেখিত চিত্রে দেখা যায় **ল** ল এলিলগুলি একমাত্র X ক্রোমোজোম দ্বারা বাহিত হয় এবং এ কারণেই F_2-এ তিন লাল ও একটি সাদা মক্ষিকা এবং সাদাগুলি সব পুংলিঙ্গের হওয়া উচিত এবং ঘটনাক্রমে তাই ঘটল।

এই অনুবন্ধ (hypothesis) অধিকন্তু আরো ব্যাখ্যা হয়ে দাঁড়ায় সাদা চক্ষুবিশিষ্ট মক্ষিকার প্রজনন সম্পর্কে। ধরা যাক এভাবে সাদা চক্ষুবিশিষ্ট স্ত্রী-মক্ষিকা মোটেই পাওয়া যাবে কি এবং যদি তা পাওয়া যায় কিভাবে? স্পষ্টতঃই ইহা একটি সাদা চক্ষুবিশিষ্ট স্ত্রী-মক্ষিকা এবং অবশ্যই লল বংশগতিক গঠন থাকতে হবে যার একটি ল আসবে পিতা থেকে অন্যটি আসতে হবে মাতা থেকে। তৎপর একটি সাদা পুং (লY) একটি লাল চক্ষুর স্ত্রী-মক্ষিকার (**ল**ল) সাথে সঙ্গম করিয়ে সাদা চক্ষুবিশিষ্ট স্ত্রী-মক্ষিকা জন্মানো যাবে। এরূপ স্ত্রী-মক্ষিকা কোথায় পাওয়া যাবে? আমরা দেখছি পূর্ববর্তী চিত্রে F_2-এর স্ত্রী-মক্ষিকা অনুরূপ গঠন ধারণ করবে। এই স্ত্রী-মক্ষিকার সাথে একটি সাদা পুং মক্ষিকার সঙ্গম করালে কিছু সাদা চক্ষু স্ত্রী-মক্ষিকা পাওয়া যাবে।

মাতা-পিতা → ল Y × **ল** ল

জনন-কোষ → ল y **ল** ল

সন্তান

	ল	y
ল	**ল** ল লাল স্ত্রী	Y **ল** লাল পুং
ল	ল ল সাদা স্ত্রী	Y ল সাদা পুং

যদি অনুবন্ধ শুদ্ধ হয় তবে অর্ধেক স্ত্রী-মক্ষিকা সাদা চক্ষুবিশিষ্ট হবে। মরগ্যান উক্ত উপায়ে সঙ্গম করিয়ে অনুরূপ ফল লাভ করলেন। সুতরাং সাদা চক্ষু চরিত্র এই ইঙ্গিত করে যে, তার জিনগুলি X ক্রোমোজম দ্বারা বাহিত হয়, তা মক্ষিকার **ল** ও ল এলিল-এর মত স্থানান্তরিত হয় এবং এ জিনগুলিকে লিঙ্গ জড়িত জিন (sex linked genes) বলা হয়।

মানব জাতির মধ্যে কতকগুলি বৈশিষ্ট্য (traits) জন্মান্তরে প্রবাহজনিত পর্যবেক্ষণগুলি একদিন মানুষকে অবাক করেছিল। তা ফলমক্ষিকার লিঙ্গ জড়িত (sex linked inheritance) বংশক্রমতা আবিষ্কারের সাথে সাথে দূরীভূত হয় এবং তার যথার্থ ব্যাখ্যা খুঁজে পাওয়া যায়। এক শতাব্দী পূর্বে এই কর্মকাণ্ড সম্পাদনের আগে চিকিৎসাবিদরা লক্ষ্য করেছিল যে, অন্ততঃ দুটি অস্বাভাবিক মানুষের মধ্যে যেমন লাল সবুজ বর্ণ অন্ধতা ও রক্তধারা (haemophilia) "ন্যাসের সূত্র" Nasesses Law) অনুযায়ী বংশানুক্রমিক সংক্রমণ ঘটে অর্থাৎ আক্রান্ত পুরুষরা তাদের স্বাভাবিক কন্যাদের মাধ্যমে প্রায় অর্ধেক সংখ্যক দৌহিত্রদের (grand sons) মধ্যে এই অবস্থাগুলি প্রবেশ করায়। আজকে দেখা যায় এগুলি হচ্ছে লিঙ্গ বাহিত প্রচ্ছন্ন জিনের দরুন। আমরা এ ব্যাপারে নিশ্চিত জানি যে, সেগুলিসহ আরও অনেক অস্বাভাবিক মানুষের মধ্যে অনুরূপভাবে আবিষ্কৃত হয়েছে, যেমন নিস্ট্যাগমাস (Nystagmus) চক্ষু পুত্তলির নড়চড় (oscillation of eye balls); ডিসপ্লাসিয়া (Displasia absence of hair, nailes, teeth, and skin glasses); অগ্রসর মাংসক্ষরণ (progressive muscular dystrophy) রেটিনার প্রদাহ-বর্ণতা, (retinitis pigmentosa) ইত্যাদি রোগের নাম উল্লেখ্য। তবে উল্লিখিত রোগের লক্ষণ অন্য কারণেও হতে পারে। আমরা এখানে সংক্ষেপে মাত্র দু'প্রকার রোগের বৈশিষ্ট্য বর্ণনা করব যথা—বর্ণ অন্ধতা ও রক্তধারা।

বর্ণান্ধতা (Colour blindness)

পরিমাণগত পার্থক্যসহ বর্ণান্ধতার কতকগুলি প্রকারভেদ রয়েছে। অত্যন্ত পরিচিত উদাহরণগুলি হচ্ছে সেই ধরনের যেখানে লাল ও সবুজ বর্ণাছায়া সনাক্তকরণ জটিলতা রয়েছে। এগুলিকে সমষ্টিগতভাবে লাল-সবুজ বর্ণান্ধতা বলে। এর দুটি অবস্থা। একটি লাল বর্ণান্ধতা ও

অপরটি সবুজ বর্ণান্ধতা বা প্রটোনোপিয়া (protonopia) এবং ডিউটেরো-নোপিয়া (deuteranopia) যথাক্রমে এদের অন্তর্গত। এই দু'ধরনের অন্ধতা বিভিন্ন পরীক্ষা দ্বারা সনাক্ত করা যেমন একটি হচ্ছে বর্ণ-দৃশ্যতা পরীক্ষা (colour vision test)। এই উভয়বিধ অবস্থা বংশগত এবং এ অবস্থার জন্য দায়ী জিনগুলি লিঙ্গ-জড়িত (sex linked) এবং তাদের স্বাভাবিক এলিলের প্রতি প্রচ্ছন্ন। এটি প্রমাণ করার জন্য অবশ্য ফল মক্ষিকার মত প্রজনন পরীক্ষা-নিরীক্ষা চালানো সম্ভবপর নয়; তথাপি যে প্রমাণগুলি সাক্ষ্য হিসেবে পাওয়া যাবে সেগুলি সম্পূর্ণ বোধগম্য। এই সাক্ষ্যগুলির নিম্নরূপ সংক্ষিপ্তায়ন করা যায়।

(ক) বর্ণান্ধ পিতার স্বাভাবিক দৃষ্টিসম্পন্ন স্ত্রীর অর্ধেক ছেলে-সন্তান মোটামুটি বর্ণান্ধ হয়।

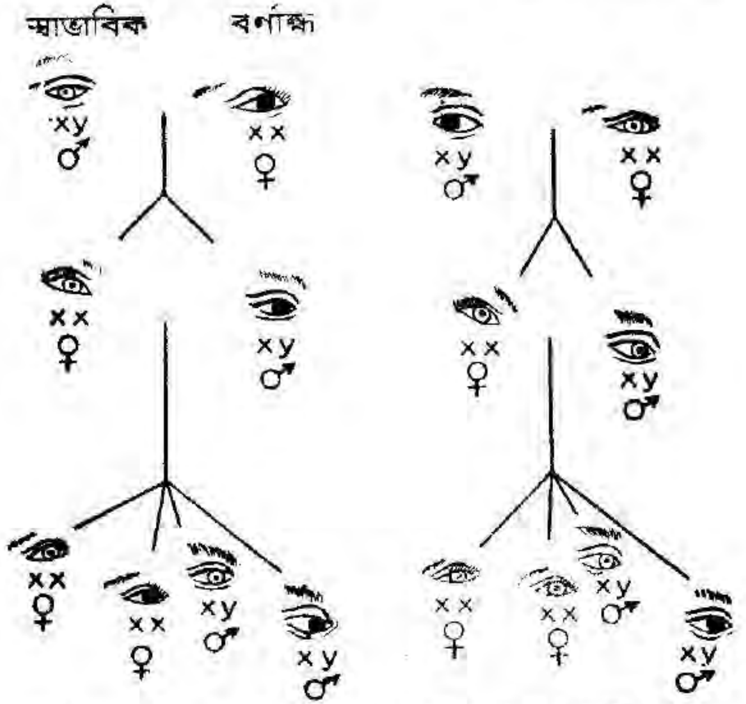
(খ) বর্ণান্ধ স্ত্রীলোকের ছেলে-সন্তানগুলি বর্ণান্ধ হয়; কিন্তু বর্ণান্ধ স্ত্রীলোকের স্বামী বর্ণান্ধ না হলে মেয়ে-সন্তানগুলি স্বাভাবিক দৃষ্টিসম্পন্ন হবে।

(গ) কুচিৎ ব্যতিক্রম ছাড়া বর্ণান্ধ স্ত্রীলোকের বর্ণান্ধ পিতা থাকে।

(ঘ) বর্ণান্ধতা স্ত্রীলোকের চেয়ে পুরুষ লোকের মধ্যে অধিক পাওয়া যায় যেমন: যুক্তরাষ্ট্রে ৬-৮% লোক বর্ণান্ধ এবং ১% এর কম স্ত্রীলোক অনুরূপ রোগে আক্রান্ত হয়। পৃথিবীর অন্যান্য দেশের তথ্য এক্ষণে পাওয়া যায়নি। তাই যখন দেখা যায় মানব প্রাণীর মধ্যে একটি চরিত্র এরূপ যে, তা স্ত্রীলোকের চেয়ে পুরুষ লোকের মধ্যে বেশি হয়, যা পিতা এবং ছেলের মধ্যে কুচিৎ দেখা যায় এবং যা স্ত্রীলোকের মধ্যে ঘটে না যদি তার পিতা তা না দেখিয়ে থাকে; তখন এরূপ অবস্থাকে লিঙ্গ জড়িত প্রচ্ছন্ন জিনের দরুনই হয়েছে বলে বর্ণনা করা হয়। লাল বর্ণান্ধতা ও সবুজ বর্ণান্ধতা পরিষ্কার দুটি বৈশিষ্ট্য যা এই অবস্থার প্রয়োজনীয় শর্ত মিটাতে পারে। তবে সকল প্রকার বর্ণান্ধতাই সবসময় একইভাবে বংশগত নয়।

লিঙ্গজড়িত প্রকটতাগুলিরও অনেক প্রাণীতে পরিচয় মেলে। উল্লিখিত লাল-সবুজ বর্ণান্ধতার মত মানুষের মধ্যে একটি চরিত্রের সন্ধান পাওয়া যায় যা লিঙ্গজড়িত প্রচ্ছন্ন জিনের উপর নির্ভরশীল। হিমোফিলিয়া বা রক্তক্ষরণ এমনি একটি ব্যাধি যা স্বতঃস্ফুর্তভাবে বিভিন্ন কোষ-কলাতে

বা অস্ত্রোপচার বা আঘাতপ্রাপ্তির পর শরীরের মধ্যে অতিরিক্ত রক্তক্ষরণ বা দীর্ঘকাল রক্তঝরা লক্ষণ দ্বারা সনাক্ত করা যায়। রক্ত পরীক্ষায় দেখা যায় রক্তজমাট প্রক্রিয়া দীর্ঘায়িত হওয়ায় ঐরূপ ঘটে। একটি বিশেষ বস্তু রক্তঝরা গ্লবিউলিন প্রতিষেধক (antihaemophilic globulin) স্বাভাবিক-ভাবে রক্ত-তরলে থাকে। তবে রক্ত-ঝরা রোগীর রক্ত-তরলে তা



চিত্র ৭'২। মানুষের মধ্যে লাল-সবুজ বর্ণান্ধতার বংশক্রমতা। ব্যাধিটি মেয়েদের মাধ্যমে অর্ধেক ছেলের মধ্যে সংক্রমিত হয় একটি X-ক্রমোজোম দ্বারা

অনুপস্থিত থাকে, যার জন্য রক্ত না জমে ঝরতে থাকে। এমনকি ছোট আঘাতেও তা হতে পারে এবং যদি সময়মত রক্ত প্রদান করা না হয় তা হলে রোগাক্রান্ত ব্যক্তি রক্ত ঝরতে ঝরতে মৃত্যুমুখে পতিত হয়। ইউরোপের রাজকীয় পরিবারে এ রোগের অবস্থান সকলেরই জানা। তা ছাড়া জনবহুল এলাকাতে এ রোগের প্রাদুর্ভাব সম্বন্ধে জানা

যেতে পারে। যদিও বাংলাদেশ বা এশিয়ার এতদঞ্চলের কোন দেশে এ রোগ সম্পর্কে কোন তথ্য জানা নেই, তথাপি আমাদের দেশের হাসপাতালসমূহের সংশ্লিষ্ট লক্ষণবিশিষ্ট রোগীদের সম্পর্কে এ ব্যাপারে অনুধাবন করা মোটেই কষ্টকর নয়। ইহা ছাড়া যৌন-জড়িত জিনের উপর নির্ভরশীল আরও কতক মানবব্যাধি এ প্রসঙ্গে উল্লেখ্য (সারণী-নং১২ দ্রঃ)।

যাহোক, বর্ণান্ধতার মত রক্ত-ঝরা রোগ তখনই স্ত্রীলোকের মধ্যে আশঙ্কা করা যায় যখন তার পিতা রক্ত-ঝরা হয় এবং মাতা জিনের বাহিকা থাকে। এ রোগ পঁচিশ হাজারের মধ্যে একজন পুরুষে হতে পারে। যৌবনের পূর্বেই যত সংখ্যক ছেলে এ রোগে মারা যায় তার তুলনায় ১২৫০০০-এর মধ্যে একজন স্ত্রীলোক এ জিনের জন্য বি-সমসংস্থ হতে পারে এবং রক্ত-ঝরা স্ত্রীলোক এমন পরিসংখ্যান দৃষ্টে নেই বললেই চলে। সচরাচর প্রজনন ক্রিয়াকলাপজাত জনসংখ্যায় ৬২৫ কোটিতে একজন স্ত্রীলোক দু'টি জিন ধারণ করতে পারে। এ ব্যাপারে ব্যাপক পরীক্ষা-নিরীক্ষা হওয়া প্রয়োজন। এ ছাড়া মানুষের মধ্যে আরও রক্ত-ঝরা ব্যাধি রয়েছে যেমন* হেমোড়েজিক ডায়াথেসিস, হেমোড়েজিক টেলাঞ্জিয়েক্‌ট্যাসিয়া ও পুরপুরা* রোগ ইত্যাদির বেলায় রক্ত পরীক্ষায় দেখা যাবে যে, এগুলির বংশগত ভিত্তি রয়েছে--যার অনেকই যৌন-জড়িত বা বি-যৌনজড়িত (autosomal) জিনের ক্রিয়ার উপর নির্ভরশীল।

ইতিপূর্বে লক্ষ্য করেছি যে, XO ও XY প্রকারের লিঙ্গ নিরূপণে পুং প্রাণীর X-ক্রমোজোমের স্বাভাবিক প্রবাহ ঘটে শুধু মেয়ে প্রাণীর মধ্যে এবং এ সকল মেয়ে প্রাণীরা পরবর্তীতে তাদের উভয় প্রকার অর্ধেক সন্তানের মধ্যে তার অনুপ্রবেশ ঘটায়। কিন্তু কিছু সংখ্যক বংশগত চরিত্র মেণ্ডেলের সূত্রের কিয়ৎ ব্যতিক্রমে এ ধাচে প্রবাহিত হয়। যৌনজড়িত চরিত্র সম্পর্কিত হাজার হাজার ফল-মক্ষিকার সঙ্গম ক্রিয়াকলাপ দ্বারা প্রমাণিত হয়েছে যে, যৌন-জড়িত বংশগতির মাঝে মধ্যে কিছু চরিত্র সংক্রমিত হয়। যৌনজড়িত সূত্রানুসারে একটি সাদা চক্ষু স্ত্রীমক্ষিকাকে লাল চক্ষু পুং-এর সাথে সঙ্গম করিয়ে লাল চক্ষু মেয়ে ও সাদা চক্ষু ছেলে সন্তান অর্জনই এখন পর্যন্ত পরীক্ষিত তথ্য--যা সচরাচর ঘটে থাকে।

* Haemorrhagic diatheses, Haemorrhagic telangiectassia, Purpura.

সারণী ১২ : যৌন-জড়িত জিনের উপর নির্ভরশীল কতক মানবব্যাধির বৈশিষ্ট্য।*

রোগের নাম/বৈশিষ্ট্য
লাল-সবুজ-বর্ণান্ধতা (Red-green colour blindness)
রক্ত-বান্না (Haemophilia)
থ্রম্বাস্থেনিয়া (Thrombasthenia)
চক্ষুর স্নায়ুর অবক্ষয়তা (Optic atrophy)
চক্ষু-বল নড়চড় (Nystagmus)
ক্ষুদ্র কর্ণিয়া (Micro cornia)
বৃহৎ কর্ণিয়া (Megalo cornia)
দিন-কানা (Day blindness)
রাত-কানা (Night blindness)
রেটিনার বিচ্ছিন্নতা (Retinal detachment)
চক্ষু-বলের অস্বাভাবিক ক্ষুদ্রতা (Microphthalmia)
অতি শ্বেত-চক্ষু (Albinism restricted to eyes)
যুবক বয়সী ছানি পড়া (Glaucoma of juvenile Type)
কাছে দেখা (Myopia)
ত্রুটিপূর্ণ চক্ষু পুত্তলি (Defective iris)
শক্ত-চর্ম-ব্যাধি (Icthyosis)
শিংযুক্ত চর্ম (Keratosis)
চর্মের মধ্যে সিস্ট (Epidermal cyst)
ঘাড়ের উপর সাদা চুল গুচ্ছ (White occipital lock of hair)
ত্রুটিপূর্ণ চুলের গোড়া (Defective hair follicle)
ত্রুটিপূর্ণ দন্ত (Defective tooth enamel)

* এ সমস্ত বৈশিষ্ট্য বা ব্যাধির অনেকগুলোর আবার বি-স্ট্রেন জড়িত (autosome) জিন নির্ভর বিকল্প রূপ রয়েছে। এরূপ ত্রিশটিরও অধিক যৌন-জড়িত জিন রয়েছে যা চক্ষু, চর্ম, মাংসপেশী, স্নায়ু, গ্রন্থি ও রক্তকে আক্রান্ত করে থাকে।

মাতা-পিতা →	WY	×	ww
	লাল চক্ষু		সাদা চক্ষু
জননকোষ →	W Y		w
সন্তান-সন্ততি	Ww		Yw
	লাল চক্ষু স্ত্রী		সাদা চক্ষু পুং

ফল-মক্ষিকার লাল ও সাদা চক্ষুর বংশগতি।

কিন্তু ব্রিজেস লক্ষ্য করলেন যে, এহেন সমাগমেও মধ্যে মধ্যে (হাজারে একটি) সাদা চক্ষু মেয়ে বা লাল চক্ষু ছেলে সন্তান জন্মায় এবং এ সকল লাল চক্ষু ছেলে সন্তানগুলি বন্ধ্যা হয়। এরূপ ব্যতিক্রম বংশগতির ব্যাখ্যায় ব্রিজেসের কাছে উল্লম্ফন বা পরিব্যক্তি বা মিউটেশন এর প্রসঙ্গ এসেছিল এবং তা ব্যাপারটাকে বোঝাতে হয়নি। কিন্তু এতদসত্ত্বেও ক্রমোজোমতত্ত্বের আলোকেই এটি দেখানো যেতে পারে যে, ব্যতিক্রম লাল চক্ষু ছেলে সন্তানগুলি প্রত্যেকেই তার পিতার X-ক্রমোজোম লাভ করেছে (ল জিনসহ) এবং সঙ্গে সঙ্গে মাতার X-ক্রমোজোম পেতে অক্ষম হয়েছে। উভয় থেকে X পেলে তা অবশ্য স্ত্রীলিঙ্গ হত। সুতরাং ব্যতিক্রম লাল চক্ষু পুংগুলি XO ক্রমোজোম গঠনের হবে। অনুরূপ-ভাবে সাদা চক্ষু স্ত্রীলিঙ্গগুলি তাদের মা থেকে উভয় X-ক্রমোজোম পেয়েছিল। উপসংহারে ব্রিজেস দেখিয়েছেন যে, কদাচিৎ মাতার দুটি X-ক্রমোজোম বিয়োজন-বিভাজনকালে পৃথকীকৃত হতে সক্ষম হয় না এবং এর ফলে এমন একটি ডিম্বের উৎপত্তি হয় যাতে মাতার দুটি X-ক্রমোজোমই চলে আসে এবং অন্যটিতে কোন X-ক্রমোজোমই যায় না। সুতরাং লল প্রকারের মায়েরা ল জিনসহ সচরাচর ডিম্ব ছাড়াও কতক-গুলি ডিম্ব উৎপাদন করতে পারত যাতে লল জিন থাকত এবং কতক-গুলি আবার কোন ল জিন লাভ করত না। এ শূন্যতাকে চিত্রাঙ্কনে ঋণাত্মক চিহ্ন দ্বারা বোঝান হয়।

যদি লল একটি ডিম্ব Y শুক্রকীট দ্বারা নিষিক্ত হয় তবে এমন একটি প্রাণীর জন্ম হয় যার গঠনসূত্র হয় ললY এবং যা শুধু ল জিন সমন্বয়ে সাদা চক্ষুসম্পন্ন হয়। ব্রিজেস এরূপ একটি স্ত্রীলিঙ্গীয় মাছির কথা

ভাবেন ; কারণ এতে দুটি X-ক্রমোজম থাকে। তিনি ভবিষ্যদ্বাণী দেন যে, এরূপ ব্যতিক্রম অনন্যসাধারণ সাদা চক্ষুসম্পন্ন স্ত্রীলিঙ্গীয় প্রাণীর কোষীয় পরীক্ষা দেখাবে যে, তারা দুটি X-ক্রমোজোম ধারণ করে এবং একটি Y-ক্রমোজোমও ধারণ করে। আর একটি ল ল ডিম্ব **ল** শুক্রকীট দ্বারা নিষিক্ত হলে লল**ল** গঠন-সূত্রের একটি মাছি জন্মাবে। তবে এর লিঙ্গ ও চক্ষুর রং কি হবে তা বলা মুশকিল। কিন্তু ব্রিজেস প্রজনন পরীক্ষায় এরূপ কোন প্রাণী পাননি এবং তাই তিনি ধরে নেন এ রকম ভ্রূণ বাঁচে না (non-viable) ; অবশ্য পরে দেখা যায় এরাও কখনও কখনও বেঁচে থাকে। তাছাড়া X-ক্রমোজোম ছাড়া একটি ডিম্ব একটা শুক্রকীট দ্বারা নিষিক্ত হলে এমন একটি ভ্রূণ হবে যার সূত্র হবে -y। অর্থাৎ একটি প্রাণী কোন X-ক্রমোজোম ছাড়াই হবে এবং তাতে না থাকবে **ল** জিন অথবা ল জিন। এরা কেমন দেখাবে তা বলা অসম্ভব। অথবা এরা মোটেই বাঁচবে কিনা তাও সন্দেহ করার যথেষ্ট কারণ থাকে। অ-ল ডিম্ব **ল** শুক্রকীট দ্বারা নিষিক্ত হলে **ল**-মাছির জন্ম হয় যার চক্ষু রং লাল। এবং এর লিঙ্গ ক্রোমোজোম XO ধরনের। সুতরাং এটি পুংলিঙ্গের হবে আশা করা যায়। তবে ব্রিজেস ভবিষ্যদ্বাণী করেন যে, অনন্যসাধারণ লাল চক্ষু পুং মাছিগুলি কোষীয় পরীক্ষা একটি X-ক্রমোজোমসম্পন্ন হবে এবং কোন Y-ক্রমোজোম থাকবে না।

মাতা-পিতা **ল** Y × ল ল
জনন-কোষ **ল** Y ল ল —
সন্তান-সন্ততি অনন্যসাধারণ ডিম্ব

	ল	Y
ল	**ল** ল	Y ল
ল ল	**ল** ল ল	Y ল ল
—	**ল** —	Y —

} অনন্যসাধারণ সন্তান

ব্রিজেছ অনন্যসাধারণ সাদা চক্ষু মেয়ে মাছিদেরকে স্বাভাবিক লাল চক্ষু পুং মাছিদের সাথে সমাগম করিয়ে যে পরীক্ষা চালান তা নিম্ন-চিত্রে দেখানো হল :

মাতা-পিতা **ল** Y × লল Y

লাল চক্ষু পুং — অনন্যসাধারণ সাদা চক্ষু স্ত্রী

জনন-কোষ **ল** Y — লল Y (৮%) — লল Y (৯২%)

সন্তান-সন্ততি	**ল**	Y
লল	**ল**লল মরে যায়	Y লল সাদা চক্ষু স্ত্রী
Y	Y **ল** লাল চক্ষু পুং	YY মরে যায়
ল	**ল**ল লাল চক্ষু স্ত্রী	লY সাদা চক্ষু পুং
লY	Y **ল**ল লাল চক্ষু স্ত্রী	লYY সাদা চক্ষু পুং

মূল ঘটনা এখানে এই যে, প্রথম কমতি বিভাজনে এই স্ত্রী মাছিগুলির (লল Y) বেলায় দুটি X ক্রমোজোম কোন কোন সময় একটি ডিম্বকোষে চলে যায় অন্য Y-ক্রমোজোম অন্যটায় চলে যায় এবং এ ধরনের পৃথিবীকরণে ww এবং Y ডিম্ব উৎপন্ন হয়। তাছাড়া বিকল্পে দুটি X-ক্রমোজোমের কোন কোন সময় পৃথক হয় এবং Y-ক্রমোজোম যেন একটির সাথে চলে যায়। যার ফলে ল এবং ল Y ডিম্ব উৎপন্ন হয়। প্রজনন পরীক্ষা ইঙ্গিত করে যে, অধিকাংশ প্রাক-শুক্রকীটগুলি দ্বিতীয় ধরনের পৃথকীকরণে কাজ করে যাতে দুটি X-ক্রমোজোম আড়াআড়ি সেতু-বন্ধন (synapse) তৈরি করে এবং ভিন্ন ডিম্বকোষে চলে যায়। এরূপে প্রায় ৯২%টি ডিম্ব হয় ল এবং Yল গঠনের এবং বাকী প্রায় ৮% লল এবং Y ডিম্ব হয়।

সুতরাং ব্রিজেছ-এর তত্ত্বানুসারে দেখা যায় যে, উল্লিখিত সমাগম ক্রিয়ায় দু'রকম লাল চক্ষু মেয়ে-মাছি **লল**, Y**ল**ল এবং দু'রকম সাদা

চক্ষু ছেলে-মাছি লY, লYY জন্ম হয় বলে আশা করা যায়। যদিও ব্রিজেচ দুরকম আকৃতিসম্পন্ন ভিন্ন ধরনকে সনাক্ত করতে পারেননি; তথাপি তিনি বলেছিলেন কোষীয় পরীক্ষায় অর্ধ সংখ্যক মেয়ে-মাছির মধ্যে দুটি X-ক্রমোজোমসহ একটি Y-ক্রমোজোম পাওয়া যাবে এবং ছেলে-মাছির হবে ♂XY এবং ♂XYY ধরনের জাতি-নমুনা। পরবর্তীতে ব্রিজেচ্-এর প্রত্যেকটি ভবিষ্যদ্বাণী কোষীয় পরীক্ষায় নির্ভুল (verified) প্রমাণিত হয়েছে। প্রথম কমতি বিভাজনে একটি ক্রমোজোম যুগলের পৃথক হতে অসমর্থ হওয়ায় যে বীজকোষ উৎপাদিত হয় তাতে ঐ ক্রমোজোম যুগল অবস্থান করে এবং অন্যটিতে কোন যুগলের একটিও থাকেনা এবং এই পৃথক হতে অসমর্থ হওয়ার নামই অবিচ্ছিন্নকরণ বা নন্-ডিজ্‌জাংশন (non-disjunction)। আমরা এখানে লক্ষ্য করব লিঙ্গ ক্রমোজোমের নন্-ডিজ্‌জাংশন সম্পর্কিত অটোজোমের এই প্রক্রিয়া একই সঙ্গে প্রাণী ও উদ্ভিদের চলে থাকে। তবে উদ্ভিদের মধ্যে অধিক।

মোরগ-মুরগীর যৌন-জড়িত বংশগতি
(Sex-linked Inheritance in Poultry)

ড্রসোফাইলার যৌন-জড়িত বংশগতির উপর ইতিপূর্বে যে কাজ হয়েছে তা ঐ প্রাণীর মধ্যে যৌন-জড়তার (sex-linkage) ভিত্তি হিসাবে ক্রমোজোমকেই শুধু প্রতিষ্ঠিত করেননি, তা মানবকুলের বংশগতিরও বিশেষ রহস্যগুলিকে বোঝা সম্ভব করে দিয়েছে। তাছাড়া এটি XO ও XY প্রকৃতির লিঙ্গ ছাড়াও বিভিন্ন ধরনের ক্রমোজোম সম্পর্কীয় লিঙ্গ নিরূপণকেও স্বীকার করতে ইঙ্গিত করে। ফল-মক্ষিকার যৌন-জড়িত বংশগতি পর্যবেক্ষণের পূর্বেই প্রজাপতি, মথ ও মোরগ-মুরগীতে এটি লক্ষ্য করা গিয়েছিল। কিন্তু সমস্ত প্রাণীর যৌন-জড়িত গুণাগুণগুলির প্রবাহের রীতি (pattern) পরবর্তীকালে ফল-মক্ষিকার চেয়ে উল্টো ধরনের হয়েছে।

স্মরণ করা যেতে পারে যে, সাদা চক্ষু পুং-মক্ষিকার সাথে সমসংস্থ লাল স্ত্রী মক্ষিকার সমাগম করিয়ে F_1-এ লাল চক্ষু মক্ষিকা উৎপাদিত হয় এবং F_2 লাল চক্ষু ও সাদা চক্ষু মক্ষিকার অনুপাত হয় ৩:১ এবং সমস্ত সাদা চক্ষু মক্ষিকা হয় পুংলিঙ্গের। মোরগ-মুরগীর বেলায় ডোরা পালক বা

বার্ড পালক মোরগের সাথে অ-বার্ড পালক মুরগীর সমাগম করিয়ে F_1-এ সমস্ত বার্ড-পালক বাচচা পাওয়া যায় এবং F_2-এ বার্ড ও অ-বার্ড পালকের অনুপাত হয় ৩ঃ১ এবং সমস্ত অ-বার্ড পালক বাচচা হয় মুরগী। অন্যদিকে অবার্ডপালক মোরগের সাথে বার্ড মুরগীর সমাগমে মোরগগুলি হয় বার্ড ও মুরগী হয় অবার্ড।

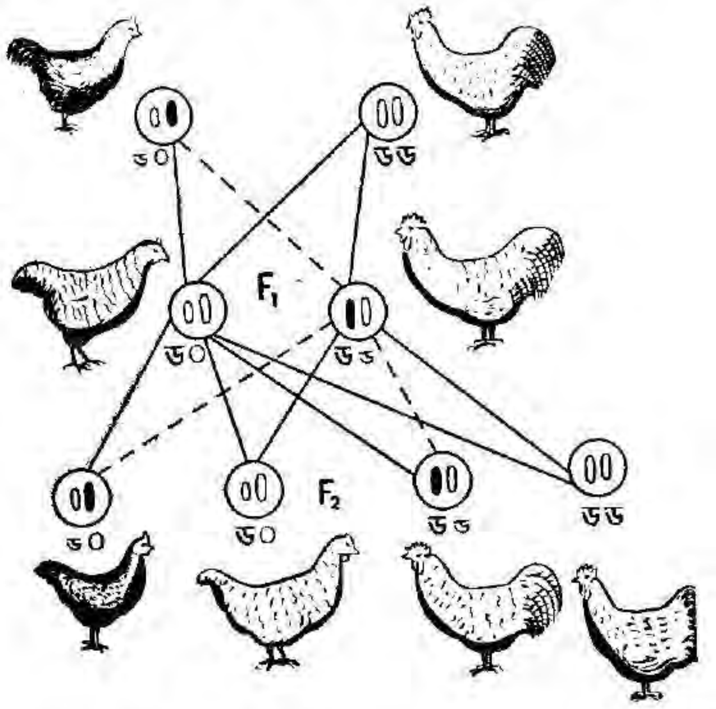
ফল মক্ষিকার যৌন-জড়িত গুণাগুণ X ক্রমোজোমের বিতরণ মোতাবেক হয় মরগ্যানের এ তথ্য প্রকাশের পরপরই স্বাভাবিকভাবে মনে করা যে, মথ ও মোরগ-মুরগীর যৌন জড়িত গুণাগুণ ঐ একইভাবে ব্যাখ্যা করা যাবে। শুধু এইটুকু ধরে নেওয়া দরকার হয় যে, যে যৌন ক্রমোজোম যৌন জড়িত জিন বহন করে পুংলিঙ্গে তারা বার বার অবস্থান নেয় এবং স্ত্রীলিঙ্গে একক অবস্থান নেয়। এইভাবে Z চিহ্ন দ্বারা ঐ ক্রমোজোমকে বুঝিয়ে পুংলিঙ্গের লিঙ্গ ক্রমোজোমের সূত্রায়ন হয় ZZ এবং স্ত্রীলিঙ্গের হয় ZO অথবা যদি ভিন্ন প্রজাতের (species) হয়ে স্ত্রী-লিঙ্গের বেলায় অসম যুগল হয়, তবে ZW হয়। অতএব লিঙ্গ নিরূপণ-বিবরণ মোতাবেক বললে ZO-ZZ এবং ZW-ZZ রকম দাঁড়ায়।

এই রকমের লিঙ্গ প্রকারণ যে কোন প্রকার পক্ষি, মথ, প্রজাপতি ও মাছের মধ্যে দেখা যায়।

মাতা-পিতা →	ডড	×	ডO
জননকোষ →	ড		ড O
F_1 →	ডড বার্ড পুং		ডO বার্ড স্ত্রী
জনন-কোষ →	ড ড		ডO

F_2	ড	ড
ড	ডড বার্ড পুং	ডড বার্ড পুং
O	ডO বার্ড স্ত্রী	ডO বার্ড স্ত্রী

ডোরা বার্ড পালক মোরগ মুরগীর মধ্যে বিভিন্ন ব্রীড বা উপপ্রজাতের মধ্যে পাওয়া যায় যেমন প্লাইমাউথ রক, ডোমিনিকস্, সকচগ্রেস ও কাককুলেগ-হর্ণ ইত্যাদি। বাচচা ফুটানোতেই এই যৌন-জড়িত বংশগতির জ্ঞান দ্বারা বাচচাগুলির লিঙ্গ সনাক্ত করা যায় (চিত্র ৭.৩ দ্রষ্টব্য)।



চিত্র ৭.৩। মোরগ-মুরগীর যৌন-জড়িত বংশক্রমতা। ডোরামোরগ—অ-ডোরা মুরগী সাথে মিলে F_1-এ সব ডোরা জন্মায়। F_1 থেকে F_2-এ X-ক্রোমোজোম বাহিত ড জীন ও তার প্রচ্ছন্ন এলিলের পথভ্রমণ দেখানো হলো। মুরগী বামে এবং মোরগ ডানে।

ডোরা পালক মুরগীকে সাদা লেগহর্ণ (সাদা প্রাধান্য) অথবা সাদা কনিশ (যা ডোরা বাহক) ব্যতীত যে-কোন প্রত্যাশিত উপপ্রজাতীয় মোরগ দ্বারা সমাগম করালে মোরগগুলি ডোরা-পালকবিশিষ্ট হয়ে উঠবে

কিন্তু বাচ্চা ফুটানোর সময়ই তাদের সনাক্ত করা যাবে কারণ তাদের মাথার উপর হালকা ডোরা চিহ্ন থাকবে এবং মুরগীগুলি অ-ডোরা হবে এবং ঐরূপ কোন চিহ্ন থাকবে না। তবে প্রত্যেক পুরুষে সমাগমের নবায়ন দরকার। এটি নিম্ন চিত্রে দেখান যেতে পারে।

মাতাপিতা → ডড × **ড** O
অ-ডোরা পুং ডোরা স্ত্রী

জনন-কোষ → ড **ড** O

সন্তান-সন্ততি

	ড
ড	**ড**ড ডোরা পালক মোরগ
O	ডO অ-ডোরা মুরগী

[আলোক চিত্র—১ দ্রষ্টব্য]

উপরোক্ত যৌন-জড়তার যে-কোনটিতে বলা হয়েছে যে, যৌন ক্রমোজোমবাহিত জিনগুলি প্রাণীর বৃদ্ধি প্রক্রিয়াতে অযৌন ক্রমোজোম বাহিত জিনগুলি থেকে ভিন্ন নয়। এরূপে দেখা যাচ্ছে যৌন-জড়িত জিনগুলি তাদের স্ব স্ব এলিলের কাছে অপ্রধান বলে মনে হয়; যেমন ফল-মক্ষিকায় সাদা চক্ষু জিন। অন্যত্র প্রাধান্য অনুপস্থিত যদিও তথাপি সেখানে ঠিক সমান্তরাল যৌন-ক্রমোজোম যুগল থাকে। যেমন বিড়ালের বেলায় যৌন-ক্রমোজোমবাহিত B জিন হলদে রং এবং তার এলিল b কালো রং সৃষ্টি করে। সমসংস্থ BB স্ত্রী বিড়াল কচ্ছপ খোসা সদৃশ হয়। যেহেতু যৌন-জড়িত জিনের এলিলের বেলায় পুংলিঙ্গ কখনও বিসমসংস্থ হতে পারে না। সুতরাং কচ্ছপ খোসা সদৃশ বিড়াল হলেই বুঝতে হবে তা স্ত্রী-বিড়াল।

যৌন-জড়িত জিনগুলি অযৌন জড়িত জিনগুলির মত মারাত্মক প্রাণঘাতী প্রভাবসম্পন্ন (lethal) হতে পারে। এই মারাত্মক প্রভাবী যৌন-জড়িত জিনগুলি লিঙ্গ অনুপাতকে বিঘ্নিত করে, কারণ XO ও XY প্রকারের যৌন নিরূপণে কোন পুং বিসমসংস্থ হতে পারে যৌন-জড়িত

জিনের জন্য। সুতরাং কোন পুং ভ্রূণ বাঁচতে পারে না এইরূপ অবস্থায় এবং জিনটি শুধু বিসমসংস্থ স্ত্রী দ্বারা সংক্রামিত হতে পারে। তবে ঐ অবস্থায় স্ত্রীলিঙ্গে ঐ জিনের কোন প্রভাব থাকবে না।

মাতা-পিতা → **প**Y × **প**প
স্বাভাবিক পুং বাহিকা স্ত্রী

জনন-কোষ → **প** Y **প** প

সন্তান-সন্ততি

	প	Y
প	**পপ** স্বাভাবিক স্ত্রী	**প**Y স্বাভাবিক পুং
প	**প**প স্বাভাবিক স্ত্রী	পY মারা যায়

মোরগ-মুরগী বা পাখীর বেলায় যেখানে Z W অথবা XO প্রকারের যৌন নিরূপণ হয়, এ ক্ষেত্রে ব্যাপারটি ঠিক উল্টো হবে। এখানে যৌন নিরূপণে ক্রমোজোম কিভাবে সংশ্লিষ্ট হয় তার কিছু বর্ণনা দেওয়া হল। তবে এ সম্পর্কে পূর্ণাঙ্গ বিবরণ 'যৌন নিরূপণ' অধ্যায়ে লিপিবদ্ধ থাকবে।

অনুশীলনী

১। যৌন-জড়িত বংশক্রমতা কি? এটি কিভাবে স্ত্রী ও পুং-এর সৃষ্টি করে তাহা ব্যাখ্যা কর।

২। মুরগীর ডোরা-পালকের বংশগতি চিত্রাঙ্কন দ্বারা বুঝিয়ে দাও।

৩। মারাত্মক প্রভাবী বা প্রাণঘাতী (lethal) জীনগুলো কি যৌন-জড়িত? যৌন-জড়িত থাকলে কি করে মারাত্মক প্রভাব সৃষ্টি করে?

৪। গৃহপালিত পক্ষীর (মোরগ-মুরগীর) বেলায় এবং মানুষের বেলায় একটি প্রচ্ছন্ন যৌন-জড়িত প্রাণঘাতী জিন্ যৌনানুপাতের উপর কি প্রভাব সৃষ্টি করতে পারে?

৫। ফল-মক্ষিকায় যদি একটি সাদা চক্ষু-স্ত্রীকে একটি লাল-চক্ষু পুং-এর সাথে সমাগম করানো হয় এবং এ থেকে প্রাপ্ত F_1 স্ত্রীকে তার জনকের সাথে এবং F_1 পুং-কে তার জননীর সাথে সমাগম করানো হয় তা হলে শেষোক্ত দু'টি সমাগমের সন্তানদের চক্ষু-বর্ণ সম্পর্কিত কি অপচ্ছায়া হবে?

৬। বর্ণান্ধ পিতার স্বাভাবিক দৃষ্টিসম্পন্ন একটি মেয়ে বর্ণান্ধ পিতার একটি স্বাভাবিক দৃষ্টিসম্পন্ন ছেলেকে বিয়ে করলে তাদের সন্তানের চক্ষুদৃষ্টি কি ধরনের হবে বলে আশা করা যায়?

৭। যদি অ-ডোরা মোরগকে একটি ডোরা মুরগীর সাথে সমাগম করানো হয় এবং F_2 সন্তানদের মধ্যে আন্তঃসমাগম অবাধে চালানো যায় তবে F_3-এর সন্তানদের পালক ডোরা সম্পর্কিত অপচ্ছায়া কি হবে?

৮। একটি স্বাভাবিক ঝুঁটি ডোরা-মোরগকে একটি আখরোট ঝুঁটি ডোরা-মুরগীর সাথে সমাগম করানোতে নিম্নলিখিত হারে সন্তান জন্মালো :

৪টি গোলাপী-ডোরা পুং;
৫টি আখরোট-ডোরা পুং;
২টি গোলাপী-ডোরা স্ত্রী;
৩টি গোলাপী-অ-ডোরা স্ত্রী;
২টি আখরোট-ডোরা স্ত্রী; এবং
২টি আখরোট-অ-ডোরা স্ত্রী

এমতাবস্থায় তাদের মাতাপিতার জাতি-নমুনা কি?

অষ্টম অধ্যায়

যৌন-প্রভাবিত এবং যৌন-সীমিত চরিত্র

(Sex-influenced and Sex Limited Characters)

ইতিপূর্বে আমরা এলিলের মধ্যেকার দু'টি সম্ভাব্য সম্পর্কের কথা আলোচনা করেছি। একটি সম্পর্ক হচ্ছে প্রকটতা, যেখানে অন্যটির উপস্থিতিতে প্রকটতার বৈশিষ্ট্য বজায় থাকে এবং অন্যটি হচ্ছে প্রাধান্য যা না থাকলে বিসমসংস্থ অবস্থায় মিশ্র প্রভাব (blending effect) সৃষ্টি হয়। যখন প্রাধান্য বজায় থাকে লিঙ্গ নির্বিশেষে তা প্রকাশ পায়। এখানে আমরা এমন কতকগুলি জিনের বর্ণনা দেব, যেগুলির প্রকটতা ব্যক্তিবিশেষের লিঙ্গের উপর নির্ভরশীল।

আর্শায়ার গরুগুলি মার্কামারা (spotted) গোলদাগী হয় যথা : লাল-সাদা অথবা মেহ্‌গনি সাদা। তাদের মধ্যে সমাগম করালে নিম্নরূপ ফলাফল পাওয়া যায় :

মাতা-পিতা	মেহগনি-সাদা ষাঁড় × লাল সাদা গাভী
F_1 এ	ষাঁড় মেহগনি সাদা
	গাভী লাল সাদা
F_2 এ	পুং ৩ মেহগনি সাদা : ১ লাল সাদা
	স্ত্রী ৩ লাল সাদা : ১ মেহগনি সাদা।

উল্টা-পাল্টা সমাগম করিয়েও ঐ একই ফল পাওয়া গেল। দেখা যেতে পারে চরিত্রগুলি কোন না কোনভাবে লিঙ্গের সাথে সম্পর্কিত যদিও যৌন জড়িত নয়।

শুধু পুংগুলি বিবেচনা করলে দেখা যায় যে, মেহগনি-সাদা প্রধান উপসর্গ হিসেবে কাজ করে : যেহেতু F_1 পুং সব মেহগনি-সাদা এবং F_2 এ পুংগুলির অনুপাত ৩ মেহগনি-সাদা : ১ লাল-সাদা। কিন্তু স্ত্রী জন্তুগুলি বিবেচনা করলে লাল-সাদা প্রধান বলে অনুমিত হয় এবং অনুরূপ

আনুপাতিক সম্পন্ন হয়। অর্থাৎ ৩ লাল-সাদা : ১ মেহগনি-সাদা। সুতরাং এই এলিল যুগলের একটি পুংলিঙ্গে প্রকট ও অন্যটি স্ত্রীলিঙ্গে প্রকট বলে মনে হয়। নিম্নে এরূপ জিন-জড়িত সমাগমের নিম্নরূপ জাতি নমুনা দেখান যেতে পারে :-

(**ম**=মেহগনি-সাদা ; ম=লাল-সাদা)

জাতি-নমুনা	পুং	স্ত্রী
মম	মেহগনি-সাদা	মেহগনি-সাদা
ম ম	,, ,,	লাল-সাদা
মম	লাল-সাদা	,, ,,

উপরোক্ত ভিত্তিতে উভয় **মম** জাতি নমুনা জেনোটাইপের পুংলিঙ্গ ও স্ত্রীলিঙ্গে মেহগনি সাদা রং আসবে; যেহেতু একমাত্র **ম** এ রং উৎপাদন করতে পারে। অনুরূপে মম জাতি-নমুনায় উভয় পুং ও স্ত্রী লাল-সাদা হবে; কারণ ম এই রং উৎপাদন করে। বি-সমসংস্থে **ম** ম-এর প্রভাব নির্ভর করবে যে প্রাণীটির মধ্যে তা প্রকট হবে। সুতরাং এখানে দেখা যাচেছ লিঙ্গগুলি একে অন্যের সাথে ভিন্নরকম হচেছ অর্থাৎ **ম** পুংলিঙ্গে প্রধান এবং মেহগনি সাদা রং উৎপাদন করছে এবং ম স্ত্রীলিঙ্গে প্রধান ও তা লাল সাদা রং-এর উৎপাদক। যৌন প্রভাবিত এলিল যেখানে জড়িত সেখানে আনুপাতিক হার দু'বার হিসাব করা দরকার; একবার পুংলিঙ্গের জন্য এবং অন্যবার স্ত্রীলিঙ্গের জন্য।

মাতা-পিতা → **মম** × মম
মেহগনি-সাদা লাল-সাদা স্ত্রী
জনন-কোষ → **ম** ম
F_1 → **ম**ম × **ম**ম
মেহগনি-সাদা পুং লাল-সাদা স্ত্রী
জনন-কোষ → **ম** ম **ম** ম

F_2 (পুং)	**ম**	ম
ম	**মম**	**ম**ম
ম	**ম**ম	মম লাল সাদা

F_2 (স্ত্রী)	**ম**	ম
ম	**মম** মেহগনি	**ম**ম লাল
ম	**ম**ম লাল	মম লাল

মেহগনি-সাদা ও লাল-সাদায় যৌন-প্রভাবিত বংশক্রমতা

মেষের শিং-এর বেলায় বংশগতিতে দেখা যায় যে, অনুরূপ ঘটনা জড়িত। ডর্সেট উপ-প্রজাতীয় মেষে উভয় লিঙ্গে শিং থাকে অথচ সাফোক উপ-প্রজাতিতে কোন লিঙ্গেই শিং থাকে না। এ দু উপপ্রজাতের মধ্যে সমাগম করালে F_1-এ শিংযুক্ত ভেড়া ও শিং ছাড়া ভেড়ী জন্মায় এবং F_2-তে পুংগুলি হয়

৩ শিং : ১ শিং ছাড়া এবং স্ত্রীগুলিতে হয় ৩ শিং ছাড়া : ১ শিংযুক্ত। সুতরাং এখানে যৌন-প্রভাবিত জিন জড়িত আছে।

যৌন-প্রভাবিত চরিত্র জীবজন্তুর মধ্যে সাধারণ্যে দেখা যায় না এবং উদ্ভিদের মধ্যে তা পরিচিত নয়। তবে মানুষের মধ্যে এরূপ অনেক চরিত্রের বর্ণনা আছে। সেগুলি হচ্ছে টেকোতা, সাদা চুলগুচ্ছ (মাথার খুলিতে), এক রকমের অস্বাভাবিক ত্বক, উপর মাড়িতে দাঁতশূন্যতা, হারবেন্‌ডিস্ নোডস্ (herbendis nodes) বা অঙ্গুলির গিরা ফুলা ইত্যাদি অবস্থা। এখানে টেকোতা সম্পর্কে বিবেচনা করা হচ্ছে। মানুষ টেকো হলে দুটো অবস্থার কথা ভাবা যায়। একটি কোন রোগ, অন্যটি বংশগতির ব্যাপার হতে পারে। মানুষের মধ্যে টেকোতার বংশানুক্রমতা পরীক্ষা করা মুশকিল। কারণ, মানুষের মধ্যে পরীক্ষামূলক সমাগম করানো যায় না এবং যার জন্য আমরা F_1 বা F_2 পুরুষের ফল পেতে পারি না। মানবজাতির বংশক্রম পরীক্ষার ব্যাপারে সবচেয়ে বড় অসুবিধা হচ্ছে, আমরা কোন ব্যাপারেই নিশ্চিত হতে পারি না যে, মাতা-পিতা সমসংস্থ না অসমসংস্থ কোন বিশেষ চরিত্রের ধারক/বাহক। সে-ক্ষেত্রে পরিবারের ইতিহাস নেওয়া ছাড়া আর উপায় থাকে না এবং ঘটনাক্রমে এই পদ্ধতিতেই বংশক্রম অধ্যয়ন করতে হয়। যাহোক টেকোতার ব্যাপারে এটুকু বলা যথেষ্ট হবে যে, এটি পুরুষের মধ্যে অধিক হয় এবং টেকো পিতা তার অর্ধেক ছেলেদের মধ্যে এটি প্রবাহিত করে। এ অবস্থার ব্যাখ্যা একমাত্র যৌন-প্রভাবিত চরিত্রের পর্যায় হতে পারে এবং বাস্তবিকই এটি তাই। এটি নিম্ন সারণীতে দেখানো যেতে পারে :

সারণী ১৩ : টেকোতার বংশগতি

জাতি-নমুনা	পুং	স্ত্রী	যদি
ট **ট**	টেকো	টেকো	(**ট**—টেকোতা
ট ট	টেকো	অ-টেকো	ট = অ-টেকোতা ধরা হয়)
ট ট	অ-টেকো	অ-টেকো	

যাহোক, যখন মানবজাতির মধ্যে এমন একটি চরিত্র দেখা যাবে যা স্ত্রীলোকের চেয়ে পুরুষের মধ্যে বেশী, যা মাতা-পিতা কেহই দেখায়নি। অথচ পুরুষের মধ্যে বিদ্যমান; যা বাহিকার (যার তা আছে) সকল ছেলেদের দেখা দেয় এবং যা কোন পিতা হতে সরাসরি তার ঔরসজাত অর্ধেক ছেলেদের মধ্যে প্রবাহিত হয় তখন সে-চরিত্রকে যৌন-প্রবাহিত জিনের উপর নির্ভরশীল বলে ধরে নেওয়া যায় (সারণী ১৪ দ্রঃ)।

সারণী ১৪ ঃ মেষের মধ্যে যৌন-প্রভাবিত, অটোসোম বাহিত বৈশিষ্ট্য

জাতি–নমুনা	ভেড়ার বাহ্যিক নমুনা	ভেড়ীর বাহ্যিক নমুনা
শ শ	শিংযুক্ত	শিংযুক্ত
শ শ	শিংযুক্ত	শিংহীন
শ শ	শিংহীন	শিংহীন

যৌন-সীমিত চরিত্র (Sex limited characters)

দেখা গেছে কতকগুলো চরিত্র যৌন-জড়িত এবং অন্য কতকগুলো যৌন-প্রভাবিত। এখানে আরও এমন কতকগুলো বৈশিষ্ট্যের কথা আলোচিত হবে যেগুলো আবার এমন কতকগুলো জিনের দরুন হয়ে থাকে, যে জিনগুলো একলিঙ্গে প্রকাশিত হবে এবং অন্যটায় প্রকাশিত হয় না। এসব জিনের প্রভাবে উৎপাদিত বৈশিষ্ট্যগুলোকে যৌন-সীমিত চরিত্র বলে। সকল স্তন্যপায়ী জীব ও পাখিদের মধ্যে অন্তত সংশ্লিষ্ট জিনগুলোর ক্ষেত্রে কতকগুলো যৌন প্রাণরসের উপস্থিতি বা অনুপস্থিতির প্রেক্ষিতে ঘটে। এ প্রাণরসগুলো সব সময়ই একপ্রকার যৌন গ্রন্থির দ্বারা নিঃসৃত হয়ে থাকে যা পুরুষের বেলায় অণ্ডকোষ ও স্ত্রীর বেলায় ডিম্বাশয়। এ রসগুলি সরাসরি রক্তে মিশে সংশ্লিষ্ট অঙ্গ-প্রত্যঙ্গে তাদের প্রভাব বিস্তার করে।

অনেক রকমের যৌন-সীমিত চরিত্র প্রাণিজগতে লক্ষণীয়। মটর-শুঁটি প্রজাপতিতে মিঃ জেরোলড্ দেখিয়েছেন যে, পুং প্রজাতিগুলি হলদে কিন্তু স্ত্রীগুলি দু'ধরনের—হলদে ও সাদা। সাদা এখানে প্রকট তবে শুধু

স্ত্রীলিঙ্গের বেলায়। এখানে যে জিনগুলি জড়িত সেগুলি আক্ষরিক প্রতীকে নিম্নলিখিতভাবে দেখানো হল :

সারণী ১৫ : প্রজাপতির যৌন-সীমিত চরিত্র

জাতি-নমুনা	পুং	স্ত্রী
স স	হলদে	সাদা
স স	হলদে	সাদা
স স	হলদে	হলদে

যদি **স** সাদা ও স হলদে ধরা হয়।

স্ত্রী ও পুং জাতীয় পাখিদের মধ্যে বিভিন্ন ধরনের পালক আর একটি চমৎকার ঘটনা। কিন্তু এটি আরও জটিল উদাহরণ। অধিকাংশ মোরগ-মুরগীর উপপ্রজাতের মধ্যে স্ত্রী পুং-এর পালক আকর্ষণীয়ভাবে আলাদা ; যেমন পুং-এর দেখার মত পালক বৃহত্তর মুকুট, দীর্ঘতর ঘাড়ের পালক ; লেজের পালক এবং কাস্তে পালক। আবার কোন উপ-প্রজাতে (Sebright bantam) মুরগী-পালক (hen-feathered) উভয় লিঙ্গে দেখা যায়। কোন কোন উপপ্রজাতে (ক্যাম্পাইনস ও হ্যামবার্গস) উভয় মুরগী পালকযুক্ত পুং এবং মোরগ পালকযুক্ত পুং দেখা যায়। অনেক পরীক্ষা-নিরীক্ষা করে দেখা গেছে যে, মুরগীর পালক হচ্ছে একটি প্রকট জিন **ম**-এর জন্য এবং মোরগ পালক হচ্ছে তার উল্টো প্রচ্ছন্ন জিন 'ম'-এর জন্য-সুতরাং তাদের জাতি-নমুনা ও বাহ্যিক আকৃতি নিম্নরূপে হবে :

সারণী ১৬ : পালকযুক্ত মোরগ-মুরগীর বংশগতি

জাতি-নমুনা	বাহ্যিক আকৃতি	
	পুং	স্ত্রী
ম ম	মুরগী পালকযুক্ত	মুরগী পালকযুক্ত
ম ম	মুরগী পালকযুক্ত	মুরগী পালকযুক্ত
ম ম	মোরগ পালক	মুরগী পালকযুক্ত

উপরোক্ত জাতি-নমুনা ও বাহ্যিক আকৃতি অনুযায়ী মোরগ-মুরগীর উপপ্রজাতগুলিকে শ্রেণীভাগ করা যেতে পারে।

অনুশীলনী

১। যৌন-প্রভাবিত ও যৌন-সীমিত বংশক্রমতায় পার্থক্য কি? উদাহরণ দ্বারা এই দু'প্রকার বংশক্রমতার বৈশিষ্ট্য ব্যাখ্যা কর।

নবম অধ্যায়

কৌল সংযোজন

(LINKAGE)

বংশগতি সূত্রের অন্যতম প্রধান সূত্র হচ্ছে মেণ্ডেল আবিষ্কৃত অবাধ শ্রেণীবিন্যাস সূত্র (Law of Random Assortment)। এ সূত্রে আমরা শিখেছি যে, একাধিক যুগল জিনের জন্য সমসংস্থ বা বিসমসংস্থ কোন ব্যক্তিতে যুগল জিন অবাধে শ্রেণীবিন্যস্ত হতে পারে। উদাহরণস্বরূপ, **ক**ক **খ**খ যুগল জিন। এদের **ক** জিন **খ**-এর সাথে বীজকোষ বা জননকোষ গঠনে যেতে পারে অথবা সমানভাবে খ-এর সাথে যেতে পারে। যদিও ঐ জিনগুলি একই মাতা-পিতা থেকে বংশানুক্রমিকভাবে প্রাপ্ত। এভাবে সমান সংখ্যক চার প্রকার যথা, **কখ**, **ক**খ, ক**খ**, কখ জননকোষ গঠিত হতে পারে। অবাধ শ্রেণীবিন্যাসের মূল কারণ হচ্ছে কোষের বিয়োজন-বিভাজন প্রক্রিয়া (Meiosis)

এ প্রক্রিয়ায় ক্রমোজোম যুগলের এক একজন স্বাধীনভাবে পৃথক হয়ে জননকোষ গঠন করতে পারে এবং অনুরূপভাবে পৃথক ক্রমোজোম-যুগল-বাহিত ভিন্ন ভিন্ন রকমের একই জিন-যুগলের প্রত্যেকটি পৃথক হয়ে জননকোষে গমন করতে পারে। এখন কৌলিবিজ্ঞানের ছাত্রমাত্রেই যে-প্রশ্ন এ প্রসঙ্গে ওঠাতে পারে সেটা হচ্ছে এই—যদি একই ক্রমোজোম-যুগলে ভিন্ন ভিন্ন একইরকম জিন বাহিত হয় তবে অবশ্যই অবাধ শ্রেণীবিন্যাসের সূত্র এক্ষেত্রে খাপ খাবে না। বস্তুত ব্যতিক্রম ও মূল বিশেষত্বটিও ১৯০৬ সালে শুধু ক্রমোজোমতত্ত্বের আলোকেই বোঝা গিয়েছিল। এক্ষণে আমরা দেখব—দু'যুগল একই রকম জিন একই ক্রমোজোম-যুগলে অবস্থান করলে কি হতে পারে :

স্মরণ রাখতে হবে যে, সচরাচর F_2 অনুপাত ৯:৩:৩:১ F_1 সন্তানদের সমাগম থেকে ফলিত হয় যেমন **ককখখ** × ককখখ অথবা **কক**খখ × কক**খখ**। তারও স্মরণ রাখতে হবে যে, F_1 পুরুষের **ক**ক**খ**খ

সন্তানগুলো ঠিক যে অনুপাতে জনন-কোষ উৎপাদন করে তা হচ্ছে ১ **কখ** : ১ **ক**খ : ১ ক**খ** : ১ কখ। এ থেকে বোঝা যায় যে, যদি দু'যুগল ভিন্ন এলিল অবাধে শ্রেণী বিন্যস্ত না হয়; তবে ১:১:১:১ অনুপাতে জনন-কোষ উৎপাদিত হবে না। বরং ঐ অনুপাতের বাধা সৃষ্টি হবে এবং ফলে F_2 অনুপাতও বিঘ্নিত হবে।

এক্ষণে আমরা F_1 সন্তানে এলিলগুলো অবাধে বিন্যস্ত না হলে কি করে F_2 অনুপাত বিঘ্নিত হয় তা পরীক্ষা করে দেখব। এ ব্যাপারে লক্ষ্য করতে হবে, পরীক্ষামূলক সমাগমে কি করে যুগল এলিল জনন-কোষে বিতরিত হয় বা প্রবাহিত হয়। পরীক্ষামূলক সমাগম হচ্ছে কৌলিতত্ত্বে একটি অত্যন্ত প্রয়োজনীয় পদ্ধতি। এর উদ্দেশ্যও কৌলি-তত্ত্বের পরীক্ষা-নিরীক্ষায়ই সীমাবদ্ধ। একটি উদাহরণ দ্বারা ব্যাখ্যা করলে পরীক্ষামূলক সমাগম (test-cross) পরিষ্কার বোঝা যাবে।

ফল-মক্ষিকার গায়ের বর্ণ প্রভাবিত করে অসংখ্য জিন এবং বন্য রকম মাছির গায়ের বর্ণ ধূসর, কিন্তু কালো বর্ণেরও এক প্রকার মাছি রয়েছে। ধূসর ও কালোর মধ্যে সমাগম করিয়ে F_1-এ সব ধূসর বর্ণের মক্ষিকা উৎপন্ন হয় এবং F_2তে ৩ ধূসর : ১ কালো অনুপাত হয়। সুতরাং দেখা যাচ্ছে ধূসর ও কালো বর্ণের জিনগুলি একে অন্যের এলিল (allele) এবং ধূসর এর জিন প্রকট। অন্য একটি পরিবর্তনে ফল-মক্ষিকার লাল চক্ষু সেপিয়া বর্ণে পরিবর্তিত হয়। লাল ও সেপিয়ার মধ্যে সমাগম করিয়ে জানা গেছে যে, এই জিনগুলিও একে অন্যের এলিল এবং লাল প্রকট। অন্য দিকে ২ যুগল সমাগমে কালো বর্ণের সাথে সেপিয়া চক্ষু-বিশিষ্ট মক্ষিকার সমাগম করায়ে নিম্নলিখিত অবস্থার সৃষ্টি হয় :

ধরি **ক** = ধূসর, ক = কালো এবং **স** = লাল, স = সেপিয়া

মাতা-পিতা কক**সস** × **কক**সস

↓

	কালো বর্ণ	ধূসর বর্ণ
	লাল চক্ষু	সেপিয়া চক্ষু
জনন-কোষ	ক**স**	**ক**স
F_1	**ক**ক**স**স	
	ধূসর লাল চক্ষু	

এখন দুটি F_1 মক্ষিকা সমাগম করালে ৯:৩:৩:১ পরিচিত অনুপাত পাওয়া যায়। কিন্তু পরিবর্তে একটি পরীক্ষামূলক (**test cross**) সমাগম করাতে হবে। ইহা এমন একটি সমাগম যেখানে, যে কোন সংখ্যক বিসমসংস্থ জিনের ব্যক্তির সাথে তত সংখ্যক সমসংস্থ গৌণ এলিল-সম্পন্ন ব্যক্তির সমাগম হয় এবং এখানে এ ক্ষেত্রে দু'যুগল জিনবিশিষ্ট সমাগমে আমরা F_1 পুং **ক**ক**স**সকে ককসস স্ত্রী এর সমাগম করাচ্ছি। এ সমাগমে চার প্রকার সমান সংখ্যক সন্তান জন্মাবে। দৃশ্যতঃ বাহ্যিক নমুনা (**phenotype**) অনুপাত অবাধ শ্রেণীবিন্যাসের ফলে ১:১:১:১ অনুপাত হবে যা যথাযথ **ক**ক**স**স মক্ষিকার জনন-কোষ উৎপাদনের অনুপাতের মতো। অধিকন্তু প্রত্যক্ষ পরীক্ষা দ্বারা আমরা বলে দিতে পারি কোন্ প্রকার শুক্রকীট কি সন্তান জন্মালো। দেখা যাবে **কস** শুক্র কস ডিমের সাথে নিষিক্ত হয়ে ধূসর বর্ণ লাল চক্ষু মক্ষিকার জন্ম দিল, **ক**স শুক্র ধূসর সেপিয়া, ক**স** শুক্র কালো লাল এবং কস শুক্র কালো সেপিয়া মক্ষিকার জন্ম দেয়। অনুরূপভাবে **ক**ক**স**স স্ত্রী কি ধরনের ডিম্ব স্খলন করে কি প্রকার সন্তান জন্মায়; ককসস পুং-এর সাথে সমাগম করে তা দেখা যেতে পারে :

পরীক্ষামূলক মাতা-পিতা **ক**ক**স**স × ককসস

ধূসর লাল কালো সেপিয়া

জনন-কোষ → **কস** **ক**স ক**স** কস কস

সন্তান →

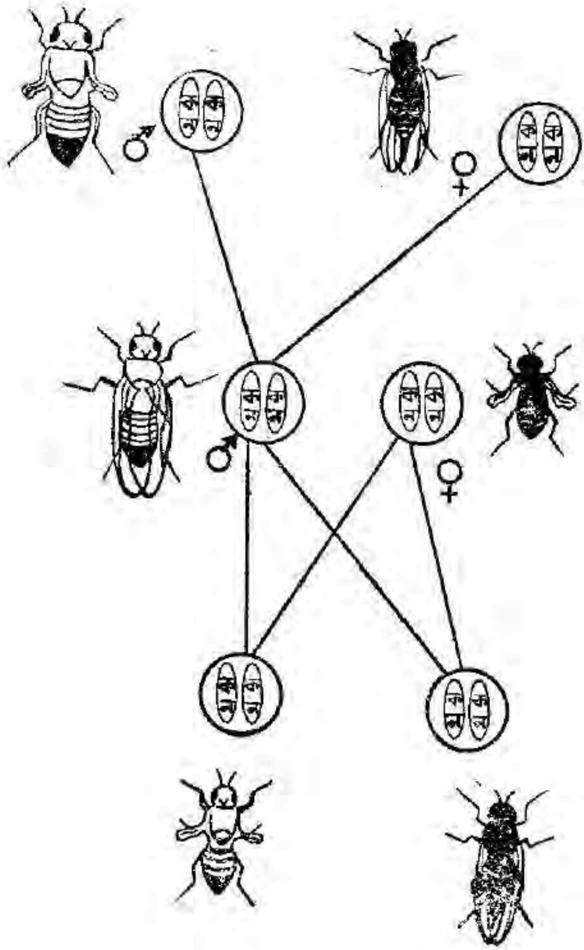
	কস
কস	**ক**ক**স**স ধূসর লাল
কস	**ক**কসস ধূসর সেপিয়া
ক**স**	কক**স**স কালো লাল
কস	ককসস কালো সেপিয়া

পরীক্ষা সমাগম

সুতরাং পরীক্ষা সমাগম এ ব্যাপারে খুবই চমৎকার। এখন আমাদের মূল প্রশ্ন হচ্ছে এখানে যে, যদি জিনগুলি ক্রমোজোমের উপর বাহিত হয় তবে অবাধ শ্রেণী বিন্যাস কি করে সম্ভব? পরিষ্কার বোঝা যায় যদি বিভিন্ন জিন যুগল বিভিন্ন ক্রমোজোম যুগলে থাকে তবেই এটি সম্ভব। কিন্তু ঘটনা হচ্ছে যদি দুযুগল জিন একই ক্রমোজোম যুগলে অবস্থান করে তবে ধরে নেওয়া যায় একে অন্যতে এটে থাকবে। অর্থাৎ, যুগলের ক্রমোজোম যেখানেই যাক জিন-যুগলদ্বয়ও সেখানেই যাবে। সুতরাং অবাধ শ্রেণীবিন্যাস হতে হলে দু'যুগল জিন ভিন্ন যুগল ক্রমোজোমে থাকতে হবে।

যাহাকে ফল-মক্ষিকার মধ্যে পাঁচ শতের ৫০০ বেশী জিন-যুগল মাত্র চার যুগল ক্রমোজোমে অবস্থান করতে হলে প্রত্যেক ক্রমোজোমে অনেক জিন যুগল অবশ্যই থাকতে হবে। এ অবস্থার প্রেক্ষিতে অবাধ শ্রেণী-বিন্যাস সব সময় সর্বত্র হতে পারে না। বস্তুতঃ আমরা এখানে একটি ব্যতিক্রম লক্ষ্য করলাম। এ সমস্ত ঘটনার বেলায় প্রজনন ফল এই ইঙ্গিত করে যে কতকগুলি ভিন্ন রকম জিন-যুগল মেনি সমাগমকালে জনন-কোষ উৎপাদন প্রক্রিয়াতে ঢুকেছিল সেরকম একসঙ্গে তারা একে-অন্যের সাথে লেগেও থাকতে চায় এবং এ সমস্ত জিনকেই সংযুক্ত জিন (linked genes) বলা হয়। এই প্রক্রিয়াকেই জৈনিক সংযোজন (linkage) বলা হয়। এই জৈনিক সহগমনের প্রভাব অতি সহজেই পরীক্ষা করা যেতে পারে এমন একটি সমাগম ধরা যাক।

ফল-মক্ষিকায় দেখা গেছে, একটি যুগল **ক** ও ক ধূসর ও কালো বর্ণের এবং অন্য একটি যুগল **ন** ও ন ডানার দৈর্ঘ্যের উপর প্রভাব বিস্তারকারী জিনগুলি সনাক্তকরণযোগ্য। এখন **ন** জিন্ স্বাভাবিক ডানার দৈর্ঘ্যের জন্য এবং নন নিদর্শন বা ছাপ-ডানার জন্য দরকার, যাকে বলা যায় নিদর্শন-ডানা (vestigial wing)। এখানে **ন** স্বাভাবিক ও নন ছাপ ধরে দেখানো যেতে পারে। যদি দু'যুগল সমাগম করানো যায় গায়ের বর্ণ ও ডানার দৈর্ঘ্যকে সংশ্লিষ্ট করে তা হলে দেখা যায়ঃ



চিত্র ৯'১। ফল-মাছিতে (পুং) সম্পূর্ণ সংযোজন একটি ধূসর নিদর্শন ডানা-মাছি (পুং) স্বাভাবিক ডানা কালো স্ত্রী-মাছির সাথে মিলে F_1-এ সব ধূসর স্বাভাবিক ডানা-মাছি জন্মায় এবং F_1-এর পুং-কে পশ্চাৎসমাগম করানোতে (কালো নিদর্শন ডানা-স্ত্রী) মাত্র ২ প্রকার সন্তান জন্মায় যা পূর্বতন মাতা-পিতার মতো। কোন পুনর্মিলনী এখানে নেই।

মাতা-পিতা → ক ক **ল ল** × **ক ক** ন ন
কালো লম্বা ডানা ধূসর খাট ডানা
জনন-কোষ → ক **ল** **ক** ন
F_1 → **ক** ক **ল** ন
ধূসর লম্বা ডানা
পরীক্ষামূলক সমাগমে
মাতা-পিতা → **ক** ক **ল** ন × ক ক ন ন কালো খাট ডানা
জনন-কোষ → **ক ল**, **ক** ন, ক **ল**, ক ন ক ন

অবাধ শ্রেণীবিন্যাস ভিত্তিতে প্রাপ্তব্য সন্তানগণ—

	ক ল	**ক** ন	ক **ল**	ক ন
ক ন	**ক** ক **ল** ন	**ক** ক ন ন	ক ক **ল** ন	ক ক ন ন

কালো ডানা ও ধূসর নিদর্শন ডানার সমাগম (অবাধ শ্রেণীবিন্যাস) অর্থাৎ সমান সংখ্যক সন্তান আমাদের পাওয়ার কথা। কিন্তু ঘটনাক্রমে এবং বাস্তবিকই তা পাওয়া গেল না। দেখা গেল কোন ধূসর লম্বা ডানা অথবা কালো খাট ডানাযুক্ত মাছি জন্মায়নি। যা বাস্তবে হয়েছে তা হচ্ছে অর্ধেক সন্তান কালো-লম্বা ডানা এবং বাকীটা ধূসর-খাট ডানাযুক্ত মাছি। লক্ষ্য করে আরও দেখা গেল যে ঐগুলি ঠিক পূর্ববৎ মাতা-পিতার মতই হয়েছে। এই অবস্থা কেন হল সেটা দেখা দরকার। দেখা যাচ্ছে যে প্রথম পুং-এ **ক ল** বা ক ন বীজকোষ উৎপাদিত হয়নি। একমাত্র ক **ল** বা **ক** ন বীজকোষগুলিই উৎপাদিত হয়েছে। এই বীজ কোষগুলি যথাযথই প্রথম পুং উৎপাদনকারী বীজকোষগুলোর মতো। অর্থাৎ ক ও **ল** সমাগমে একত্র এসেছে এবং পরবর্তীকালে বীজ উৎপাদন প্রক্রিয়ার একই সঙ্গে রয়েছে এবং সে সঙ্গে **ক** ও ন একই কাজ করেছে। অবাধ শ্রেণীবিন্যাস হয়নি। এর কারণ হচ্ছে এ জিনগুলো একই ক্রমোজোমেই অবস্থিত। তাই ক ও **ল** একই ক্রমোজোমে অবস্থান করার জন্য বীজ উৎপাদন প্রক্রিয়াতে ক যেখানে চলে গেছে

ন ও একই সঙ্গে ওর সাথে গেছে। এখন পুনরায় আমরা যদি এ ভিত্তিতে তা পরীক্ষা করে দেখি তাহলে নিম্নরূপ হয় :

মাতা-পিতা → (ক**ন**) (ক**ন**) × (**ক**ন) (**ক**ন)
কালো লম্বা ডানা — ধূসর খ নিদর্শন ডানা
জনন-কোষ ক**ন** — **ক**ন

পরীক্ষা সমাগম → (ক**ন**) (**ক**ন) × (কন) (কন)
জনন-কোষ → ক**ন** **ক**ন কন

সন্তান	কন	
ক**ন**	(কন) (ক**ন**)	কালো লম্বা ডানা
কন	(কন) (**ক**ন)	ধূসর নিদর্শন ডানা

কালো লম্বা ও ধূসর নিদর্শন ডানার সমাগম (সংযোজনসহ)

এ থেকে বোঝা যায় সহগমন খুবই সহজ এবং এটা বুঝতে খুব কষ্ট হবার কথা নয়। আসলে ব্যাপারটা তা নয়। সহগমন সব সময় সম্পূর্ণ হয় না। ঘটনাক্রমে ইহা কুচিৎ এরূপ হয় যেমনটি হয়েছে উপরোক্ত সমাগমের বেলায়। একমাত্র ফল মক্ষিকার পুং লিঙ্গ এবং অন্য কিছু ঘটনায় একই ক্রমোজোমের উপর বাহিত জিনগুলি এটে থাকে। অন্যগুলির ব্যাপারে তারা একত্র থাকতে চায় কিন্তু বিশেষ কতকগুলি অবস্থায় তারা পৃথক হতে সক্ষম।

এবারে ঐ একই জিনকে জড়িত করে উহাদের পারস্পরিক (reciprocal) পরীক্ষা সমাগম করাই। অর্থাৎ প্রথম পুং-এর সাথে দ্বিগুণ প্রচ্ছন্ন স্ত্রীর পরিবর্তে আমরা প্রথম স্ত্রীর সাথে দ্বিগুণ প্রচ্ছন্ন পুং-এর সমাগম করাচ্ছি।

এই সমাগমের ফল দিয়ে দেওয়া হল। এখানে আমরা সম্ভাব্য সকল চার প্রকার সন্তান পাচ্ছি কিন্তু সমান সংখ্যক নয়। দেখা যাচ্ছে নতুনের চেয়ে পুরাতনই (মাতা-পিতার মতই) অধিক। সম্ভবতঃ সমস্ত চার প্রকার ডিম্বগুলি যথা ক**ন**, **ক**ন, **কন**, কন অবশ্যই উৎপাদিত

হয়েছে তাদের মধ্যে সংযোজন থাকা সত্ত্বেও (যদিও সমান সংখ্যক উৎপাদিত হয়নি)। সমাগমটি নিম্নরূপ :

মাতা-পিতা	(ক**ন**) (ক**ন**) X (**ক**ন) (**ক**ন) কালো লম্বা ডানা ধূসর নিদর্শন ডানা
জনন-কোষ	ক**ন** **ক**ন
পরীক্ষা সমাগম	(ক**ন**) (**ক**ন) X (কন) (কন)
জনন-কোষ	ক**ন** **কন** **ক**ন কন কন

সন্তান

	(কন)		
(ক**ন**)	(ক**ন**) (কন)	কালো লম্বা ডানা	৪২%
(**ক**ন)	(**ক**ন) (কন)	ধূসর খাট ডানা	৪২%
(**কন**)	(**কন**) (কন)	ধূসর লম্বা	৮%
(কন)	(কন) (কন)	কালো খাট	৮%

আড়াআড়ি উত্তরণ কৌল সংযোজন

উপরোক্ত চিত্রে প্রদত্ত মাছের দু-দাগ উৎসগত মাতা-পিতার ধরনের ডিম্ব এবং সন্তানগুলিকে নতুনদের থেকে আলাদা করে রাখছে মাত্র। দেখা যাচ্ছে, মাতা-পিতার মত জিনগুলির বিন্যাস ঘটেছে অধিক সংখ্যক ডিম্বে (৮৪%) এবং নতুন বিন্যাস ঘটেছে মাত্র ১৬% ডিম্বে এ উদাহরণে প্রদত্ত ডিম্বগুলির মধ্যে (**কন**) এবং (কন) এর মত জননকোষগুলি হচ্ছে বিনিময়ে জনন-কোষ (cross over) এবং যে প্রক্রিয়ার সংযুক্ত জিনের নতুন বিনিময়যোগ্য মিলন ঘটায় তাকে আড়াআড়ি উত্তরণ (crossing over) আর যে সমস্ত জনন-কোষে সংযুক্ত জিন পূর্ববৎ থেকে যায় যেমন (ক**ন**) ও (**ক**ন) ডিম তাকে অ-আড়াআড়ি উত্তরণ জনন-কোষ বলা হয় (Non cross over gametes)। নতুন সমন্বয়যুক্ত

বীজ-কোষগুলিকে বলা হয় পুনর্মিলিত কোষ বা পুনর্মিলনকারক এবং যে সমস্ত জনন-কোষ পূর্ববৎ থেকে যায় সেগুলিকে পুনর্মিলনকারক বলা যেতে পারে।

আড়াআড়ি উত্তরন (Crossing over)

উপরোক্ত কৌল ফলাফল থেকে এটি প্রতীয়মান হয় যে, একই রকম ক্রমোজোম অংশের বিনিময় ঘটিত প্রজনন প্রক্রিয়ার একটি শারীরিক ভিত্তি রয়েছে। কৌল সহগমনের উভয় জিনকে একই ক্রমোজোম যুগলে অবস্থান করে বলে ধরা হলে, সমদর্শী ক্রমোজোম যুগলের অংশবিশেষের বিনিময়ে অবশ্যই হতে হবে এবং বাস্তবেও তাই হয়। এ ঘটনা ঘটে দু'টি বিয়োজন-বিভাজনের প্রারম্ভেই, যখন যুগল ক্রমোজোম চতুর্ঘন চতুর্ভাজী হয়ে জন্য থেকে পাশাপাশি অবস্থান করে। বস্তুতঃপক্ষে এ সমাংশের বিনিময় প্রক্রিয়া দ্বারাই কৌল পুনর্মিলন সম্ভব হয়ে থাকে। ক্রমোজোম যুগলের মধ্যে পুরা দৈর্ঘ্যসহ এরূপ সমধর্মী অংশবিশেষের বিনিময় ঘটলে আড়াআড়ি উত্তরণের (crossing over) জন্য হয় যেমনটি অবাধ বিন্যাসে হয়ে থাকে। তবে অবাধ বিন্যাসের মত পুনরাবর্ত্তনে নতুন অবস্থা এত ত্বরিৎ বা প্রায়শঃই ঘটে না। অতএব এটা মেণ্ডেলের সূত্রের একটি ব্যতিক্রম এবং মেণ্ডেল এটা আবিষ্কার করেননি, কারণ তিনি প্রায়ই তার পরীক্ষায় ভিন্ন যুগলে অবস্থানরত ভিন্ন জিন ব্যবহার করতেন।

তাহলে দেখা যাচ্ছে, কৌল সংযোজন মেণ্ডেলের অবাধ বিন্যাস সূত্রের একটি ব্যতিক্রম যা একই ক্রমোজোম যুগলে একাধিক সমগোত্রীয় এলিল দ্বারা বাহিত হয় এবং এ কারণেই ঘটে থাকে। অন্যদিকে সংযোজন সূত্রের ব্যতিক্রম আবার হচ্ছে আড়াআড়ি উত্তরণ প্রক্রিয়া তবে সংযোজন থাকলেও তারা (জিনগুলি) পুনঃবিন্যস্ত হতে থাকে, যদিও অবাধে নয়।

উপরোক্ত প্রক্রিয়া সম্যক বোঝার জন্য আরও একটি দু'-যুগল সমাগম ক্রিয়ার উদাহরণ সংযোজন করা যাক। খরগোস (rabbit)-এর মধ্যে বর্ণ

বিঘ্নিতকারী এক যুগল এলিল এবং এক যুগল জিন আছে যেমন: খাট লোম উৎপাদনে বিঘ্ন সৃষ্টিকারী।

জাতি-নমুনা (Geno type)

খ পার্কা পার্কা
খখ আসল বর্ণ
ল খাট লোম
লল লম্বা লোম

মাতা-পিতা	(**খল**) (**খল**)	×	(খল) (খল)
	পার্কা খাট লোম		আসল লম্বা লোম
জনন-কোষ	(**খল**)		(খল)
পরীক্ষা সমাগম	(**খল**) (খল)	×	(খল) (খল)
জনন-কোষ	(**খল**) (**খ**ল) (খ**ল**)		(খল) (খল)

	(**খল**)	(**খ**ল)	(খল)	(খ**ল**)
(খল)	(**খ**ল) (খল)	(**খ**ল) (খল)	(খল) (খল)	(খ**ল**) (খল)

যদি সংযোজন না থাকে ৫০% এর অধিক — যদি সংযোজন থাকে ৫০% এর কম

খরগোসের জৈনিক সংযোজন পরীক্ষা

দেখা যাচ্ছে যে একটি পার্কা খাট লোম-প্রাণীর সাথে আসল-বর্ণ-লম্বা লোম প্রাণীর সমাগম ঘটানোতে প্রথম সঙ্করজাত F_1 পার্কা খাট লোম প্রাণী উৎপাদিত হয়েছে এবং পরবর্তীতে পরীক্ষা সমাগম করিয়ে দেখা গেল ৮৮% সন্তান হয়েছে মাতাপিতার মতো এবং ১২% নতুন ধরনের সন্তান হয়েছে। সুতরাং পরিষ্কার দেখা যাচ্ছে যে, জিনগুলো অবাধে বিন্যস্ত হয়নি এবং ১২% আ-উত্তরণে তারা সংযুক্ত আছে। এ প্রসঙ্গে একটা কথা বলা দরকার যে, সংযুক্ত না হলেও জিনগুলোকে প্রথম বন্ধনির মধ্যে দেখানো হয়েছে এবং এ প্রাণীর মত সকল জন্তুতে উভয়-লিঙ্গে আ-উত্তরণে দেখা যায়। তাই প্রথম সঙ্কর পুং কিম্বা স্ত্রী ব্যবহার করাতে কিছু যায় আসে না।

কোন সংযোজন কি করে দ্বিতীয় সন্তানদের আনুপাতিক হারকে নষ্ট করে তা দেখা দরকার। এখানে খরগোসের সমাগমের বেলায় সহগমন নিরূপণে পরীক্ষা সমাগমের মুল্যায়নের তুলনামূলক দৃষ্টান্ত স্থাপন করা হয়েছে। স্মরণ রাখা দরকার যে, প্রথম সঙ্কর সন্তানগুলো চার প্রকার জনন-কোষ উৎপাদন করে কিন্তু সমান সংখ্যক নয়। (**খ**ল) এবং (খল) জনন-কোষগুলি ৮৮% সকল জনন-কোষের মধ্যে এবং (**খ**ল) ও (খ**ল**) প্রকার জনন-কোষগুলি ১২%। এ সমাগম নিম্ন-লিখিতভাবে দেখানো যেতে পারে—

মাতা-পিতা	**(খল) (খল)** পার্কা খাট লোম	×	(খল) (খল) আসল বর্ণ লম্বা লোম
জনন-কোষ	**(খল)**		(খল)
প্রথম সঙ্কর সন্তান F_1	**(খল)** (খল)	×	**(খল)** (খল)
জনন-কোষ	**খল** খল **খ**ল খ**ল**		**খল** খল **খ**ল খ**ল**

পূর্ববৎ ৮৮% আড়াআড়ি উত্তরণ ১২% পূর্ববৎ ৮৮% আড়াআড়ি উত্তরণ ১২% এবং দ্বিতীয় সঙ্কর সন্তান

	'৪৪ (**খল**)	'৪৪ (খল)	'০৬) (**খ**ল)	'০৬ (খ**ল**)
'৪৪ (**খল**)	(**খল**) (**খল**) '১৯৪	(**খল**) (খল) '১৯৪	(**খল**) (**খ**ল) '০২৬	(**খল**) (খ**ল**) ০২৬
'৪৪ (খল)	'১৯৪ (**খল**) (খল)	'১৯৪ (খল) (খল)	'০২৬ (**খ**ল) (খল)	'০২৬ (খ**ল**) (খল)
'০৬ (**খ**ল)	(**খল**) (**খ**ল) '০২৬	(**খ**ল) (খল) '০২৬	(**খ**ল) (**খ**ল) '০০৪	(**খ**ল) খ**ল**) '০০৪
'০৬ (খ**ল**)	(**খল**) (খ**ল**) '০২৬	(খল) (খ**ল**) '০২৬	(**খ**ল) (খ**ল**) '০০৪	(খ**ল**) (খ**ল**) '০০৪

কোন সংযোজন হয় F₂-এ সন্তানদের আনুপাতিক হার উৎপাদনে বিঘ্ন সৃষ্টি করে।

চেকার বোর্ডের বিভিন্ন প্রকার সন্তানে শতকরা হার যোগ করে দেখা যায় যে, ৯ : ৩ : ৩ : ১ না হয়ে মোটামুটি ১১ : ১ : ১ : ৩ অনুপাত

হয়েছে। এভাবে F_2 সন্তানদের অনুপাত কিয়ৎ পরিমাণে পরিবর্ধিত হয়েছে। দ্বৈত প্রচ্ছন্ন সন্তান যেখানে $\frac{1}{16}$ হওয়ার কথা সেখানে তা হয়েছে প্রায় $\frac{1}{2}$ এবং আশাতীতভাবে অধিক সংখ্যক দ্বৈত প্রকট ও প্রচ্ছন্ন সন্তানগুলি জন্মেছে। তবে পরীক্ষা-সমাগম তত্ত্বের চেয়ে F_2 সন্তানদের থেকে যথাযথ পুনরাবর্তন এর সংখ্যা হিসেব করা অধিক জটিল।

মোরগ-মুরগীতে জৈনিক সংযোজনের একটি চমৎকার উদাহরণ রয়েছে। মাথায় ঝুঁটির আকৃতি ও পায়ের দৈর্ঘ্য সংযোজিত বলে জানা গেছে। গোলাপী ঝুঁটি (গ) একক ঝুঁটি (গ) এর কাছে একটি প্রকট এবং হামাগুড়ো বা খোঁড়া অবস্থা (হ) স্বাভাবিক পায়ের দৈর্ঘ্যের কাছে (হ) প্রকট। তবে খোঁড়া অবস্থার জন্য সমসংস্থ হলে ওগুলি শৈশবেই মারা যায়। পরীক্ষা-সমাগম করার পর দেখা যায় মোরগগুলি উভয় গোলাপী ঝুঁটি ও খোঁড়া পা-এর জন্য বিসমসংস্থ এবং মুরগীগুলো একক ঝুঁটি ও স্বাভাবিক পায়ের জন্য সমসংস্থ।

মাতা-পিতা	**গ**গ **হ**হ × গগ হহ	
	গোলাপী ঝুঁটি খোঁড়া	স্বাভাবিক একক ঝুঁটি
সন্তান	২২ **গ**গ **হ**হ	গোলাপী খোঁড়া
	১ **গ**গ হহ	গোলাপী স্বাভাবিক
	৩৩ গগ হহ	একক স্বাভাবিক
	৪ গগ **হ**হ	একক খোঁড়া

৬০টি সন্তানের মধ্যে গোলাপী স্বাভাবিক ও গোলাপী খোঁড়া হচ্ছে মাত্র ৫ অর্থাৎ পুনরাবর্তন হার ৮% এর একটু অধিক।

অন্যদিকে গৃহপালিত পশুদের বেলায় জৈনিক সংযোজনের পরীক্ষা-নিরীক্ষা খুবই কম হয়েছে। গরুর রক্ত দলের উপর বিস্তারিত ও ব্যাপক কাজ হয়েছে এবং তাতে জানা যায় যে, ৩০ যুগল ক্রোমোজোমের সম্ভবত ১০-১২ যুগল বিভিন্ন ক্রমোজোম রক্তের শ্রেণীবিন্যাসের জিন্ বর্জন করে চলে। এসব জিন অবশ্যই সংযোজিত অন্যান্য জিনের সাথে যা অন্য রকম বৈশিষ্ট্য নিরূপণ করে। এদিক থেকে আমাদের গৃহপালিত অর্থকরী প্রাণীদের মধ্যে পরিমাণগত গুণাগুণগুলোর মধ্যেকার প্রবল

সহ-সম্পর্কযুক্ত বিভিন্ন ঘটনা দৈহিক সংযোজন পরীক্ষা করার ক্ষেত্রে বিবেচনা করা যায়।

সুতরাং পরীক্ষা-সমাগম (test crossing) জিন-সংযোজন অধ্যয়ন একটি আদর্শ পদ্ধতি। মানুষের বেলায় যেখানে পরীক্ষা-সমাগম সম্ভব নয় সেখানে বিশেষ পরিসংখ্যান পদ্ধতি আবিষ্কৃত হয়েছে। স্মরণ করা যেতে পারে, রক্তঝরা ও বর্ণান্ধতা হচ্ছে যৌনজড়িত। এভাবে এর ব্যাখ্যা করা হয়েছিল যে, রক্তঝরার জন্য জিন (যার প্রকট হচ্ছে ঝ অ-রক্তঝরা) X ক্রমোজোম বাহিত এবং শুধু তা-ই নয়, বর্ণান্ধতার জিন্ অ (প্রকট অস্বাভাবিক বর্ণ) ও ঐ X ক্রমোজোম বাহিত। ইহা সত্য হলে **ঝ**, ঝ এলিল এবং **অ**, অ এলিল ও একে অন্যের সাথে সংযুক্ত থাকবে।

পরীক্ষা-সমাগম ব্যতিরেকে সংযোজন নিরূপণ ঃ (দ্বি-বিসমসংস্থার ছেলের মধ্যে সংযোজন নিরূপণ (Detection of linkage in the sons of double heterozygous mother) ঃ

একটু বিবেচনা করলেই দেখা যাবে যে, একই X ক্রমোজোমবাহিত দু'টি জিনের মধ্যে সংযোজন ঐ সমস্ত ছেলে-সন্তানের মধ্যে পরীক্ষা সমাগম ছাড়া নিরূপণ করা যেতে পারে যাদের মায়েরা উভয় জিনের দিক থেকে বি-সমসংস্থ। স্মরণযোগ্য যে, পিতা ছেলেকে কোন X ক্রমোজোম দান করে না, সেহেতু কি প্রকার X ক্রমোজোম মা থেকে ছেলেরা পেয়েছে তা দ্বৈত বি-সমসংস্থ মায়ের ছেলে-সন্তানগুলি সরাসরি পরীক্ষা করে নিরূপণ করা যায়। যদি মায়ের জাতি নমুনা (**ঝ**অ) (ঝ **অ**) সূত্রের হয়, তবে অপুনরাবর্ত ছেলেরা হয় বর্ণান্ধ **অ**-রক্তঝরা (**ঝ** অ) y হবে; নতুবা রক্ত-ঝরা স্বাভাবিক দৃষ্টিশক্তি (ঝ **অ**)y সূত্রের হবে। কিন্তু স্বাভাবিক দৃষ্টিশক্তি মান পুনরাবর্ত ছেলেরা (**অ ঝ**) y-অ-রক্ত-ঝরা স্বভাবিক দৃষ্টিশক্তি অথবা (ঝঅ)y-রক্ত-ঝরা বর্ণান্ধ হবে। এ সূত্রের সুযোগ নিয়ে বলা সম্ভব হয়েছে যে, বস্তুতঃ **ঝ** এবং **অ**অ এলিলের মধ্যে সংযোজন বিরাজ করে। এভাবে পুনরাবর্তনও দেখা যেতে পারে। হ্যাল্‌ডেইন ও স্মিথ দ্বৈত বি-সমসংস্থা মায়ের প্রায় ১০% সন্তান পুনরার্তন বলে হিসেব করেছেন।

অনুশীলনী

১। জৈনিক সংযোজন (linkage) ও আড়াআড়ি উত্তরণ (crossing over) বলতে কি বুঝ? আড়াআড়ি উত্তরণ বা পুনরাবর্তন কিভাবে নিরূপণ করে তা বর্ণনা কর।

২। পরীক্ষা-সমাগম কি এবং তা কোথায় ও কেন প্রয়োগ করা হয়?

৩। ফল-মক্ষিকায় লাল, ইওছিন ও সাদা চক্ষু বর্ণের জিন একে অন্যের এলিল। হলদে দেহের জিন ১'৫% উত্তরণসহ সাদা চক্ষু বর্ণের সাথে সংযুক্ত। এ অবস্থায় ইউছিন ও হলদে বর্ণের মধ্যে সম্ভাব্য উত্তরণ মূল্য কত?

৪। যদি অধিক ডিম্ব উৎপাদনের উপসর্গ এবং ডোড়া-চিহ্ন (পালকে) উভয় যৌন-জড়িত গুণাগুণ হয়ে থাকে, তা হলে মোরগ-মোরগী প্রজননবিদের কাছে তার কি বাস্তব গুরুত্ব থাকতে পারে?

৫। জৈনিক সংযোজনা জনিত সমস্যাগুলোতে পরিব্যক্ত (Mutant) জিনের স্বাভাবিক এলিলকে + চিহ্ন দ্বারা বুঝানো হয়ে থাকে এবং এক যুগল ক্রমোজোমের প্রত্যেকটির জিনকে পৃথকভাবে একটি সরল রেখার নীচে ও উপরে লেখার রীতি রয়েছে। এ অনুযায়ী ধর, ক ও খ দুটি জিন সংযুক্ত এবং তারা ৪০% পুনর্মিলন (recombination) দেখায়। যদি $\frac{+\ +}{+\ +}$ ব্যক্তিকে একটি $\frac{কখ}{কখ}$ ব্যক্তির ব্যক্তির সাথে সহমিলন করানো যায় তা হলে F_1-এর জাতি নমুনা কি হবে? সঙ্কেতঃ স্বাভাবিক $\frac{+\ +}{+\ +}$ এক্ষেত্রে $\frac{কখ}{কখ}$ এবং তার পরিব্যক্ত হচ্ছে

$\frac{কখ}{কখ}$

৬। এক গঘ জিনের সমসংস্থ ব্যক্তিকে উহার স্বাভাবিক (বন্য) রকমের সাথে সমাগম করানো হলো এবং তাদের F_1 সন্তানকে পশ্চাৎ সমাগম (back crossing) করানো হলো একটি দ্বি-প্রচ্ছন্নের সাথে। সন্তানদের অপচ্ছায়া নিম্নরূপ :

৯০৩ ++
৮৯৭ গঘ
৯৮ +ঘ
১০২ গ+

এ ফলাফল ব্যাখ্যা কর এবং তাতে কোন উত্তরণ পর্ব থেকে থাকলে তার শতকরা হার নিরূপণ কর। তাছাড়া গ ও ঘ যদি অবাধে বিন্যস্ত হত তা হলে এ সমাগমের ফলাফল কি হত?

৭। নিম্নলিখিত সমাগমের ফলাফল থেকে উত্তরণের শতকরা হার বের কর।

(ক) কালো সরল × ধূসর বাঁকা (arc)

F_1 ♀♀ × কালো বাঁকা ♂♂—যার সন্তানগুলো

ধূসর সরল ২৮১

ধূসর বাঁকা ৩৩৫

কালো সরল ৩৩৫

কালো বাঁকা ২৩৯

(খ) কালো বাঁকা × বন্য প্রকার

F_1 ♀♀ × কালো বাঁকা ♂♂—যার সন্তানগুলো

ধূসর সরল ১৬৪১

ধূসর বাঁকা ১২৫১

কালো সরল ১১৮০

কালো বাঁকা ১৫৩২

অনুরূপভাবে কালো দেহ ও নিদর্শন ডানা বৈশিষ্ট্যের মধ্যে উত্তরণের শতকরা হার বাহির কর।

(গ) কালো নিদর্শন ডানা × ধূসর (বন্য প্রকার) লম্বা ডানা।

F_1 ♀♀ × কালো নিদর্শন ডানা ♂♂—যার সন্তান

ধূসর লম্বা ৮২২

ধূসর নিদর্শন ১৩০

কালো লম্বা ১৬১

কালো নিদর্শন ৬৫২

(ঘ) কালো লম্বা × ধূসর নিদর্শন

F_1 ♀♀ × কালো নিদর্শন ♂♂—যার সন্তান

ধূসর লম্বা ২৮৩

ধূসর নিদর্শন ১২৯৪

কালো লম্বা ১৪১৮

কালো নিদর্শন ২৪১

৮। ইঁদুরের মধ্যে কালো-চক্ষু দুটো জিনের ল ও প এর আন্তঃক্রিয়ার ফল এবং এদের প্রচ্ছন্ন এলিল হালকা চক্ষু উৎপাদন করে। অথচ তারা আবার একই ক্রোমোজোমে অবস্থান করে। এ অবস্থায় সমসংস্থ কালো চক্ষু ইঁদুর $\frac{+\ +}{+\ +}$ কে দ্বি-প্রচ্ছন্ন $\frac{\text{ল}\ \text{প}}{\text{ল}\ \text{প}}$ এর সাথে সমাগম করে তাদের F_1 সন্তানকে দ্বি-প্রচ্ছন্নের সাথে পশ্চাৎ সমাগম করানোতে নিম্নলিখিত সন্তানগুলো জন্মায়:

অন্ধ (কালো) চক্ষু ১২৫৫

হালকা চক্ষু ১৭৭৭

কিন্তু $\frac{+\text{প}}{+\text{প}}$ স্ত্রীকে $\frac{\text{ল}+}{\text{ল}+}$ এর সাথে সমাগম করে তাদের F_1-কে দ্বি-প্রচ্ছন্নের সাথে পশ্চাৎ সমাগম করানোতে নিম্নলিখিত সন্তানগুলো জন্মায়:

অন্ধচক্ষু ১৭৪

হালকা চক্ষু ১৫৪০

এক্ষণে ল ও প এর মধ্যেকার উত্তরণ মূল্য নির্ণয় কর।

৯। মোরগ-মুরগীতে শ ও ড যথাক্রমে শীঘ্র-পালক ও ডোরা বৈশিষ্ট্যের উপসর্গ; তারা যৌনজড়িত এবং মাত্র পুরুষের মধ্যে ২০% উত্তরণ প্রক্রিয়া প্রদর্শন করে। এ অবস্থায় ধীর ডোরা পালক ♂ × শীঘ্র পালক ♀ এর সমাগম থেকে প্রাপ্ত একটি মোরগকে শীঘ্র পালক মুরগীর সাথে সমাগম করানো হলে সন্তানদের পালক ও ডোরা বৈশিষ্ট্যমূলক অপত্যায়া কি হবে?

সংকেত: $\frac{\text{শ ড}}{\text{শ ড}} \times \frac{\text{শ ড}}{\text{শ ড}}$ F_1 ♂♂ $\frac{\text{শ ড}}{\text{শ ড}} \times \frac{\text{শ ড}}{\text{শ ড}}$ ♀♀

বা ♂♂ $\frac{\text{শ ড}}{\text{শ ড}} \times \frac{\text{শ ড}}{\text{শ ড}}$ ♀♀

১০। ফল-মক্ষিকায় সাদা চক্ষুর উপসর্গ (স), ক্ষুদ্রাকৃতি ডানাসমূহ (ক্ষ) এবং কাটা ক্ষুদ্রলোম (ক) যৌনজড়িত এবং স্বাভাবিক বন্য প্রকারের বৈশিষ্ট্য যথা—লালচক্ষু, লম্বা ডানা ও সোজা ক্ষুদ্রলোম। কুঁচি এর কাছে প্রচ্ছন্ন। এ অবস্থায় $\frac{\text{স ক ক্ষ}}{\text{স ক ক্ষ}} \times +++$ সমাগমের F_1 স্ত্রীকে স ক ক্ষ পুং দ্বারা সমাগম করানোতে নিম্নলিখিত সন্তানগুলো জন্মায়:

সাদা কাটা চক্ষু ডানা	২৬.৮%
লাল-সরল-লম্বা ডানা	২৬.৮%
সাদা-সরল-লম্বা ডানা	১৩.২%
লাল-কাটা ক্ষুদ্র-ডানা	১৩.২%
সাদা-সরল-ক্ষুদ্র ডানা	৬.৭%
লাল-কাটা-লম্বা ডানা	৬.৭%
সাদা-কাটা-লম্বা ডানা	৩.৩%
লাল-সরল-ক্ষুদ্র ডানা	৩.৩%

উপরোক্ত তথ্য থেকে অ-উত্তরণ, একক উত্তরণ ও দ্বি-উত্তরণ শ্রেণীগুলো নির্দেশ কর।

সাদা ও কাটার মধ্যে; সাদা ও ক্ষুদ্রাকৃতি ডানা এবং ক্ষুদ্রাকৃতি ডানা ও কাটা লোমের মধ্যে উত্তরণের শতকরা হার নির্ণয় কর এবং ক্রমোজোমে জিনগুলির অবস্থা বর্ণনা কর।

দশম অধ্যায়

আড়াআড়ি উত্তরণ প্রক্রিয়ার কোষতাত্ত্বিক ভিত্তি ও ক্রমোজোম চিত্র

(THE CYTOLOGICAL BASIS OF CROSSING OVER AND CHROMOSOME MAP)

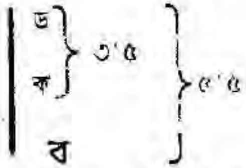
পূর্ববর্তী অধ্যায়ে আমরা শিখেছি যে, কোন কোন এলিল্ যুগল অবাধে বিন্যস্ত হয় না। উপরন্তু প্রাণীর জনন-কোষগুলি মাতা-পিতা থেকে প্রাপ্ত একই এলিল যুগলের একটি বা অপরটি ধারণ করে। তাছাড়া জৈনিক সংযোজনের মত প্রাকৃতিক ঘটনাটি এ ধারণা দ্বারা ব্যাখ্যা করা চলে যে, যে সমস্ত এলিল একত্রে থাকতে চায় তারা একই ক্রমোজোম বাহিত এবং ঐ এলিল্ আড়াআড়ি উত্তরণ ঘট্‌লে একই রকম ক্রমোজোমের কোন অংশের বিনিময় ঘটেছে বুঝতে হবে।

মরগ্যান (১৯১১) এ সংযোজন ও আড়াআড়ি উত্তরণ প্রক্রিয়ার কথা বলেন। ইতিমধ্যে বহুপ্রকার এলিল আবিষ্কৃত হয়েছে এবং তারা একে অন্যের সাথে সংযুক্ত। অর্থাৎ তারা একই ক্রমোজোমে অবস্থান করছে। মরগ্যান প্রস্তাব করেন যে, বিভিন্ন বিপরীতধর্মী জিনগুলি ক্রমোজোমের দৈর্ঘ্য বরাবর সারিবদ্ধভাবে সজ্জিত থাকে এবং দু'যুগলের মধ্যে আড়াআড়ি উত্তরণের পরিমাণ ক্রমোজোমে তাদের একে অন্যের মধ্যেকার দূরত্ব সম্পর্কিত পরিমাণ অর্থাৎ দু'যুগল এলিলের মধ্যে দূরত্ব যত বেশী হবে তাদের মধ্যে বিনিময়ের পরিমাণও তত বেশী হবে।

স্টার্টিভ্যান্ট মরগ্যানের বক্তব্য পরীক্ষা করতে থাকেন। বিভিন্ন প্রকার এলিল নিয়ে তিনি সংযোজন পরীক্ষা করেন। এই এলিলগুলি যৌনজড়িত এবং তারা X ক্রমোজোমবাহিত। তিনি দেখলেন যে, কোন দুটি যুগলের মধ্যে আড়াআড়ি উত্তরণের পরিমাণ একটা নির্দিষ্ট পন্থায় প্রত্যেকটি যুগলের সাথে এবং একটি তৃতীয় জোড়ার মধ্যের আড়াআড়ি

উত্তরণের যথাযথ পরিমাণের সমানুপাত। মক্ষিকার মধ্যে একটি জিন ক যা **ক**-এর কাছে প্রচ্ছন্ন এবং যা কুজ/গুম্ফ ছাড়া এবং এর বিপরীত স্বাভাবিক গুম্ফ জন্মায়। অন্য একটি জিন ড (ডোরা) যা কালো ডোরা উৎপাদন করে ঘাড়ের উপর, প্রচ্ছন্ন **ড**-এর কাছে এবং এটি অডোরা। আর একটি জিন **ব** (ব-দ্বীপ) ত্রিকোণাকার দন্ত উৎপাদন করে ডানা শিরার সঙ্গমস্থানে এবং এর প্রচ্ছন্নটি হচ্ছে ব যা অ-বদ্বীপ। পরীক্ষা-মূলক সমাগম করানোর পর দেখা গেল ডোরা এবং কুজ বিহীনের মধ্যে সংযোজন হার ৩'৫% আড়াআড়ি উত্তরণসহ এবং ডোরা ও ব-দ্বীপের সমাগমে ৫'৫% আড়াআড়ি উত্তরণসহ সংযোজন ধরা পড়ল। এ তিন জোড়া এলিল তাহলে একই ক্রমোজোম যুগলে অবস্থিত। এখন জিনগুলি যদি সারিবদ্ধভাবে ক্রমোজোমে সজ্জিত থাকে তাহলে নিম্নের যে-কোন এক পদ্ধতিতে তাদেরকে সাজানো যেতে পারে :

হয়



অথবা

উপরোক্ত সম্পর্কগুলির মধ্যে কোন্‌টি শুদ্ধ তা কিরূপে নির্ণয় করা যায়; যেহেতু তাদের মধ্যে যে কোন একটি যথা ডোরা ও কুজ ছাড়া এবং ডোরা ও ব-দ্বীপ-এর আড়াআড়ি উত্তরণে খাটে? উত্তর হবে—কুজ ছাড়াও ব-দ্বীপের মধ্যেকার পুনরাবর্তন নির্ণয় করা। যদি জিনগুলি ড, ক, **ব** হিসেবে সজ্জিত হয় তবে কুজ ছাড়াও ব-দ্বীপের মধ্যে আড়াআড়ি উত্তরণ হবে ৫'৫ − ৩'৫ = ২'০; অথচ তারা যদি ক, ড, **ব** ভাবে সজ্জিত হয় তবে কুজ ছাড়াও ব-দ্বীপের মধ্যে পুনরাবর্তন হবে ৫'৫ + ৩'৫ = ৯'০। বাস্তবিকই তা হয়েছে ৮'৫ যা অবশ্যই ৯'০ এর অতি কাছাকাছি। অতএব এটি এই বোঝায় যে, কুজ ছাড়া জিন ডোরার এক পার্শ্বে অবস্থিত এবং ব-দ্বীপ অন্য পার্শ্বে অবস্থিত।

উক্ত আড়াআড়ি উত্তরণের শতকরা হার পৃথক পৃথক পরীক্ষাতে পরীক্ষিত হয়েছে এবং প্রত্যেক ক্ষেত্রেই এক সঙ্গে দুটি এলিল যুগল জড়িত থেকেছে। একে দু-দফা সমাগম বলা হয়। অবশ্য এই আড়াআড়ি

উত্তরণ মূল্য একই এলিল যুগলের হলেও পরীক্ষা বিশেষে তা ওঠানামা করতে পারে এবং একমাত্র সুযোগই আংশিকভাবে তা প্রভাবিত করে। তাছাড়া তাপ ও অন্যান্য উপসর্গ, যা কোন উপায়ে আড়াআড়ি উত্তরণের ঘনত্বকে বিঘ্নিত করে, তাও আংশিকভাবে দায়ী এ ওঠানামার জন্য। এখানে প্রাপ্ত মূল্য ৮'৫ ও হিসেবে কথিত মূল্য ৯'O এর রীতিমত সমান না হওয়ার কারণ হিসেবে অনুরূপ উপসর্গও ৩-দফা সমাগমকে দায়ী করা হয়েছে। সুতরাং একটি ৩-দফা সংযোজন পরীক্ষা হচ্ছে এমন একটি সমাগম—যেখানে তিনটির প্রত্যেক যুগলের জন্য বিসমসংস্থ ব্যক্তিকে ত্রি-প্রচ্ছন্ন সমসংস্থের সাথে সমাগম করানো হয়। এখানে উদাহরণস্বরূপ সমাগমটা ছিল স্ত্রী-(**ক ড ব**) (ক ড **ব**) এবং পুং (ক ড ব) (ক ড ব)। সমাগমের ফলাফল নিম্নে বর্ণিত হল (সারণী নং ১৭ দ্রষ্টব্য)।

সারণী—নং ১৭ : **ফল মক্ষিকার তিন-দফা সংযোজন পরীক্ষার ফলাফল**
(তথ্য ব্রিজেস ও মরগ্যান, ১৯২৩)

বাহ্যিক আকৃতি	মা থেকে প্রাপ্ত ক্রমোজোম	সংখ্যা	% জিন-বর্তন/সমষ্টি	
(ক) স্বাভাবিক শুঙ্গা অডোরা বদ্বীপ --	(**ক ড ব**)	৬৫৮	৯১'১	অ-আড়াআড়ি উত্তরণ (মাতাপিতার মতো)
কুজবিহীন ডোরা অবদ্বীপ ---	(ক ড ব)	৬০৬		
(খ) স্বাভাবিক কাটা ডোরা অবদ্বীপ	(**ক** ড ব)	২৫	৩'৪	আড়াআড়ি উত্তরণ **ক** ও **ড** এর মধ্যে
কাটা/কুজবিহীন অডোরা বদ্বীপ	(ক **ড ব**)	২২		
(গ) স্বাভাবিক কাটা অডোরা অবদ্বীপ	(**ক ড** ব)	৪১	৫'৫	আড়াআড়ি উত্তরণ **ড** ও **ব** এর মধ্যে
কুজবিহীন ডোরা বদ্বীপ	(ক ড **ব**)	৩৫		
	মোট =	১৩৮৭	১০০'০০	

উক্ত সারণীতে আড়াআড়ি উত্তরণের ধারক ক্রমোজোমসহ সন্তানগুলির দিকে তাকালে দেখা যায় যে, তারা (খ) ও (গ) সারিতে **ক**, ক এবং **ব** ব এলিলের মধ্যে চিহ্নিত আছে। **ক** ও **ব** অবস্থানের মধ্যে ৮.৯% আড়াআড়ি উত্তরণ হয়েছে এবং ইহা যথাযথ **ক** ও **ড** (৩.৪) এবং **ড** ও **ব** (৫.৫)-এর মধ্যেকার আড়াআড়ি উত্তরণের যোগফল। একই পরীক্ষায় এই ফলাফল পাওয়া যায়। এখানে উল্লেখিত সকল জিন-যুগলের জন্য অনুরূপ সম্বন্ধ বিদ্যমান। দু'জোড়া জিন সম্পর্কিত সমাগম যদি সংযুক্ত না হয় তবে বুঝতে হবে তারা ভিন্ন ক্রমোজোম যুগলে অবস্থান করে। যাহোক, তারা সহগামী হলে একই যুগলে অবস্থান করবে এবং অধিকন্তু ক্রমোজোমের মধ্যে অন্য জিনের সম্পর্কে তাদের অবস্থান নির্ণয় করা যাবে। সাধারণ পরিভাষায় যদি ধরি **ক**, **খ** ও **গ** তিনটি সহগামী জিন এবং **ক**, **খ** হতে কিছু % সহ পুনরাবর্তিত হয়, **খ**, **গ** হতে অনুরূপভাবে আড়াআড়ি উত্তরণ হয়, তবে **ক** হতে **গ** এর মধ্যে আড়াআড়ি উত্তরণ-এর পরিমাণ হবে—হয় দুটি %এর যোগফল, না হয় বিয়োগফল। এ সম্পর্কগুলো এক্ষণে ক্রমোজোম সারিতে আবার বিন্দুগুলোরও সম্পর্ক বোঝায়। অতএব আমাদের শক্ত ইঙ্গিত থেকে যায় যে, জিনগুলি সারি-বদ্ধ শৃঙ্খলায় সজ্জিত হয়ে লম্বালম্বি অবস্থান করে এবং আড়াআড়ি উত্তরণের শতকরা হারগুলো তাদের অবস্থানের মধ্যেকার সমানুপাতিক। এভাবে তথ্য সম্বলিত 'সারিবদ্ধ জিন' (Linear Arrangement) তত্ত্বের ভিত্তি প্রতিষ্ঠিত হয়েছে। সুতরাং মরগ্যানের প্রস্তাব অনুসারে এ তত্ত্বের মর্মার্থ হলো, (১) প্রদত্ত ক্রমোজোমের বিভিন্ন এলিলগুলি একটি নির্দিষ্ট গতিতে সারিতে সজ্জিত এবং (২) বিভিন্ন এলিল্ যুগলের মধ্যেকার ভিন্ন ভিন্ন আড়াআড়ি উত্তরণের পরিমাণ ক্রমোজোমের উপর তাদের অবস্থানের দূরত্বের পরিমাপ। যুগলের একটি জিনের এই অবস্থানকে বিন্দু/লোকাস্ (locus) যার বহুবচন বিন্দুসমূহ/লোকাই, (loci) বলে।

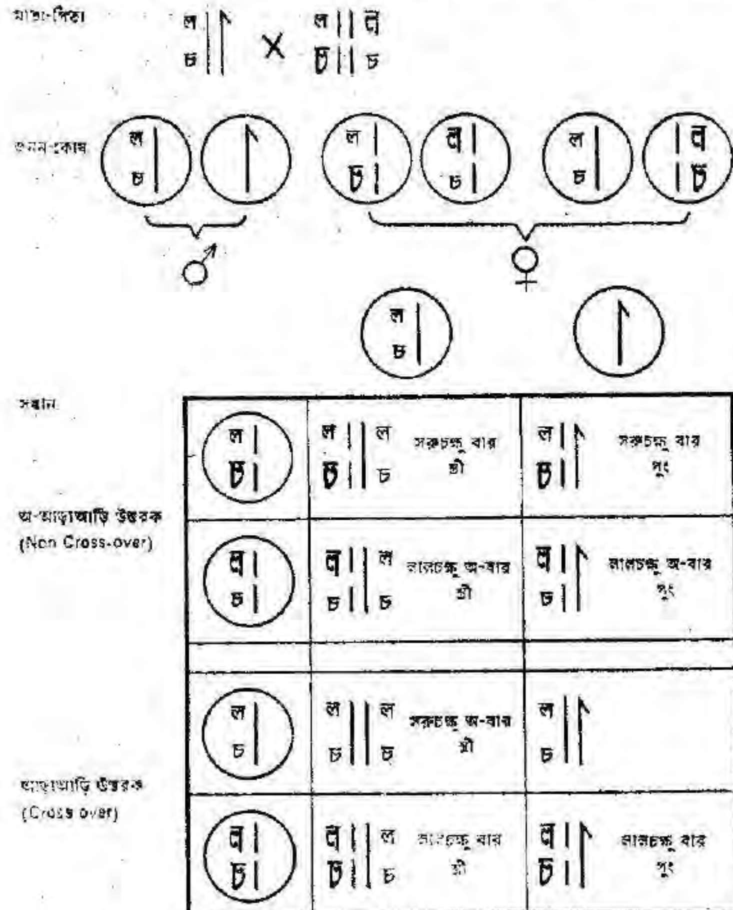
ক্রমোজোম মানচিত্র (Chromosome map)

স্টার্টিভ্যান্ট (১৯১৩) সংযোজন পরীক্ষাগুলির ফলাফল থেকে ফল-মক্ষিকার X ক্রমোজোমের উপর ভিন্ন পাঁচটি বিন্দুর আপেক্ষিক অবস্থান

দেখিয়ে ক্রমোজোম মানচিত্র নির্মাণ করতে সক্ষম হন। একইসঙ্গে প্রত্যেকটি বিন্দু থেকে অন্যটির আনুমানিক আড়াআড়ি উত্তরণ শতকরা হার দ্বারা পরিমাপকৃত দূরত্বও তিনি দেখান। সে সময়কার কৌলি-বিজ্ঞানীদের কাছে এটি একটি স্পষ্ট/দৃঢ় মতবাদ বলে প্রতীয়মান হত, কিন্তু তাঁরা সকলে তৎক্ষণাৎ মরগ্যান-স্টার্টিভ্যাণ্ট এই তত্ত্ব বা স্টার্টি-ভ্যাণ্টের মানচিত্রের বাস্তবতা গ্রহণ করেননি। পরবর্তীকালে অধিক সংখ্যক পরিবর্ধক আবিষ্কৃত হয় ফল মাছির মধ্যে, তাদের সংযোজনের সম্বন্ধগুলি এককভাবে পরীক্ষিত হয় এবং ১৯২৫ সালের মধ্যে চারটি ক্রমোজোমের বিস্তৃত মানচিত্র অঙ্কন করা সম্ভব হয়। এরূপে প্রস্তুত মানচিত্র অসংখ্য পরীক্ষাগারে পরিচালিত হাজার হাজার সংযোজন পরীক্ষার ফলাফলের উপর ভিত্তি করে উপস্থাপিত হয়।

সারিবদ্ধ শৃঙ্খলাতত্ত্বের একটি অপরিহার্য অংশ হচ্ছে এই যে, একই-রকম ক্রমোজোমের মধ্যেকার সরাসরি শারীরিক অংশ বিনিময়ের ফল জৈনিক পুনর্মিলনীর ধারণা সৃষ্টি করে সংযোজন পরীক্ষায় জৈনিক তথ্যের এমন কোন সন্দেহ থাকে না যে, এ বিনিময়গুলি সত্য-সত্যই ঘটে থাকে; যদিও স্টার্ন ও ম্যাক্‌ক্লিন্টক কোষগতভাবে এগুলি একইসঙ্গে পর্যবেক্ষণ করেছিলেন। যে কারণে ইতিপূর্বে এটি পরীক্ষা করা যায়নি সে সম্পর্কে চতুর্থ অধ্যায়ে কিছু সঙ্কেত দেওয়া হয়েছে এ মর্মে যে, আড়াআড়ি উত্তরণ ঘটলে সমধর্মী ক্রমোজোমের অংশ বিশেষের বিনিময় ঘটে। যেহেতু একই ক্রমোজোম যুগলের মধ্যে দৃশ্যতঃ কোন পার্থক্য ধরা পড়ে না; তাই আমরা দেখি যে, যদিও দুটি ক্রমোজোম অত্যন্ত ঘনিষ্ঠভাবে পাশাপাশি অবস্থান করে তাদের পুরা দৈর্ঘ্য বরাবর এবং ক্রমোজোম সুতলী দুটি একে অন্যকে প্যাঁচিয়ে থাকে প্রথম বিয়োজন বিভাজনের পূর্ববর্তীকালে, তথাপি আমরা নিশ্চিন্ত হতে পারি না, পৃথক হওয়ার পূর্বে তাদের মধ্যে কোন বিনিময় সংঘটিত হয়েছে কি-না। তাই বিনিময় ঘটে কি-না তা দেখার উদ্দেশ্য দুটি ঘনিষ্টভাবে পাশাপাশি অবস্থানরত (synapsing) ক্রমোজোম দু'টি ভিন্ন অংশে দৃশ্যতঃ ভিন্ন হওয়া দরকার। এই দুটি অংশে বিনিময় ঘটলে পুনরাবর্ত ক্রমোজোমগুলি অথবা ক্রমাটিডগুলি দেখতে পূর্ব ক্রমো-জোম থেকে ভিন্ন রকম হবে। এতদসংক্রান্ত উল্লেখিত শর্ত স্টার্ন তাঁর ক্রমোজোম আড়াআড়ি উত্তরণ পরীক্ষা দ্বারা মেটাতে সক্ষম হন।

তিনি এমন এক প্রকারের ফল মক্ষিকার সন্ধান দেন যার মধ্যে Y ক্রমোজোমের একটি খসে যাওয়া অংশ একটি X ক্রমোজোমের প্রান্তে গিয়ে লেগেছিল এবং এই X ক্রমোজোমের সাথে Y এর অংশ লেগে



যাওয়া ক্রমোজোমটি অণুবীক্ষণ যন্ত্রে সহজেই সনাক্ত করা হয়েছিল। স্টার্ন আবার অন্য আর একটি ফল মাছির সন্ধান দেন যেখানে একটি X ক্রমোজোম ভেঙ্গে দুটিতে পরিণত হয়েছিল। সুবিধামত প্রজনন করে

প্যটার্ন এমন স্ত্রী মাছি জন্মান যেখানে X এর সাথে Y এর অংশ সংশ্লিষ্ট ছিল এবং X ক্রমোজোমটি ভেঙ্গে দুটি হয়েছিল। এই ভাঙ্গা X ক্রমোজোম বার চক্ষু অর্থাৎ সরু চক্ষুর জন্য প্রকট জিন **চ** এবং চক্ষু রং-এর জন্য প্রচ্ছন্ন জিন ল বহন করত এবং Y-এর অংশ জড়িত X ক্রমোজোমটি প্রচ্ছন্ন জিন চ (অবার) এবং প্রকট **ল** (লাল চক্ষু) বহন করত। এরূপ একটিবার স্ত্রী মাছিকে অ-বার লাল চক্ষু পুং-এর সাথে সমাগম করিয়ে চার প্রকার সন্তান পাওয়া গেল এবং তাদের দুটো অ-আড়াআড়ি উত্তরক এবং দুটি আড়াআড়ি উত্তরক ছিল। কোষীয় ফলাফলের ভিত্তিতে স্ত্রী সন্তানগুলিকে পরীক্ষা করে দেখা গেল যে, জিনের আড়াআড়ি উত্তরণ অবশ্যই ক্রমোজম বিনিময় সমবিবাহারে হয়ে থাকে। একটি X ক্রমোজোম এরূপ ক্ষেত্রে সর্বদাই পিতা থেকে আগত এবং তা ছিল স্বাভাবিক। অন্যদিকে অন্যটি, যা মা থেকে আগত, দুভাগে ভাঙ্গা এবং Y-এর অংশে লেগে থাকত?

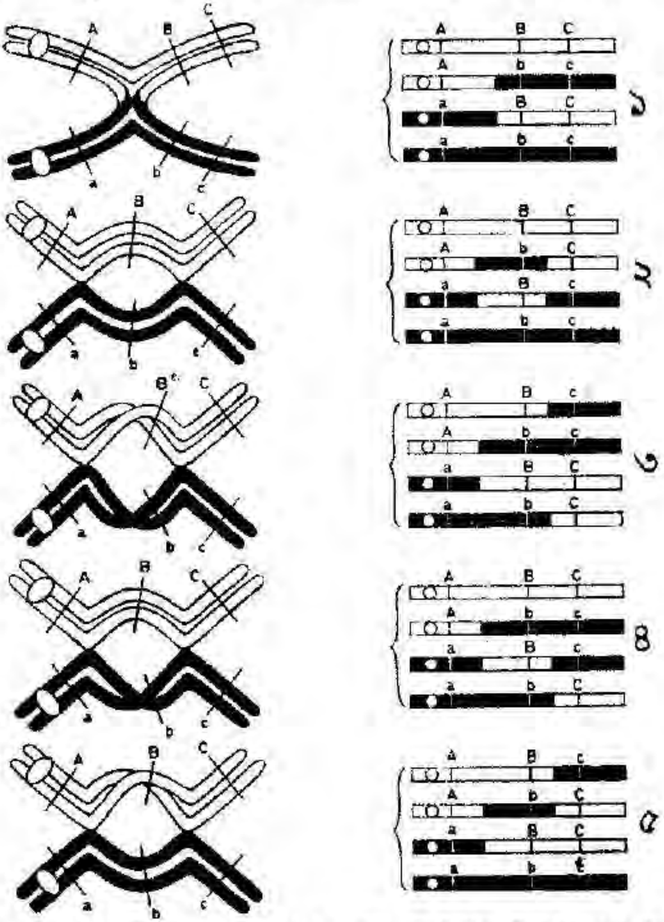
আড়াআড়ি উত্তরক স্ত্রীদের মধ্যে পরিষ্কারভাবে দেখা গেল যে, মাতৃ X ক্রমোজোম তদীয় আড়াআড়ি উত্তরণের জন্যই। অন্যত্র যেমন সরু চক্ষু আবার সন্তান মাতৃ ক্রমোজোম দেখতে স্বাভাবিক এবং তা ভাঙ্গাও না, আর এর অংশও বহন করেনি। কিন্তু লাল চক্ষু বার সন্তানে মাতৃ ক্রমোজোম শুধু যে ভাঙ্গা তাই নয়, একটি ভাঙ্গা অংশ এর অংশ বহন করত। চিত্র থেকে এই বোঝা যায় যে, আড়াআড়ি উত্তরণ অবশ্যই ঘটেছে। সুতরাং বংশগত আড়াআড়ি উত্তরণ (genetic crossing over) কোষ বস্তুগত আড়াআড়ি উত্তরণ দ্বারা সংঘটিত হয় এবং এর উপর নির্ভরশীল। অর্থাৎ সত্যিই সমধর্মী ক্রমোজোম যুগলের মধ্যে তা বস্তুগত বিনিময় ছাড়া আর কিছুই নয়। অনুরূপভাবে ক্রিটন ও ম্যাকক্লিনটক (১৯৩১) উদ্ভিদেও ঘটে বলে প্রমাণ করেছেন।

এখন আমরা আরও একটু গভীরভাবে চতুর্থ অধ্যায়ের মূল ঘটনাবলী কথা স্মরণ করব। মনে রাখা দরকার যে, বীজকোষ পরিপক্বতার প্রথম কমতি যোজনার প্রাগ ধাপে (prophase) প্রত্যেক ক্রমোজোম যুগলের দু' অংশীদার একে অন্যের পাশাপাশি অবস্থান করে (synapsis) ঘনিষ্ঠ মিলন ঘটায়। প্রত্যেক ক্রমোজোম এ সময় দ্বিভাজি হয় যেন একসময়ে প্রত্যেক ঘনিষ্ঠ মিলনে চার চারটি আশ বা সূত্র ক্রমোজোমের (chromatids)

জন্য হয়। চার সূত্র ক্রমাটিডের এ মিলনকে চতুষ্টয় বলা হয়। পরে চরকা-সূত্র সংস্থাপন বিন্দু দুটি (centromere) প্রত্যেকটিতে লেগে থাকা দুটি ক্রমাটিড একে অন্য থেকে সরে যেতে দেখা যায়। কিন্তু ক্রমাটিড-গুলি তাদের দৈর্ঘ্য বরাবর একইভাবে পৃথক হয় না। বরং এক কিংবা একাধিক বিন্দুতে ক্রমাটিডের দৈর্ঘ্য বরাবরে চারটির দুটি ক্রমাটিড একে অন্যের ওপারে চলে যায় এবং এ অবস্থাতে তাকে আড়াআড়ি সেতুবন্ধন (chiasma) বলা হয় যা গ্রীক অক্ষর X-এর মত মনে হয়। প্রত্যেক চতুষ্টয়ে চতুর্থনে এরূপ এক বা একাধিক সেতুবন্ধন অবস্থার সৃষ্টি হয়। এগুলির সংখ্যা এবং অবস্থান কোষ হতে কোষান্তরে রূপান্তরিত হয়।

১৯০৯-এর দিকে জেনসন্‌স্ প্রস্তাব করেন যে, সমক্রমোজোমের মধ্যে সেতুবন্ধন অংশ বিনিময়কে বুঝিয়ে থাকে এবং তৎপর তিনি ভাবলেন যে, প্রত্যেক সেতুবন্ধনে প্রায় সম্পূর্ণ ক্রমোজোমের বিনিময় ঘটে। অর্থাৎ প্রত্যেক সম-দাগী ক্রমোজোমের উভয় ক্রমাটিড অন্যটির উভয়ের সাথে অংশ বিনিময় করে। এ ধারণা আজকে ভ্রান্ত বলে জানা গেছে। সন্দেহ নেই বললেই চলে যে, সেতুবন্ধন বিনিময় বোঝায়, কিন্তু কোন্ বিন্দুতে সে-বিনিময় মাতৃ ও পিতৃ ক্রমাটিডের মধ্যে হয়ে থাকে? এ দুটি মতের পার্থক্য দুটি তত্ত্ব দ্বারা বোঝানো হয়েছে। একটি হচ্ছে 'দ্বিসমতল তত্ত্ব (Two Plane Theory)' এই তত্ত্ব মতে চড়কা-সূত্র সংস্থাপন বিন্দুসমূহ একে অন্য থেকে সড়তে থাকলে ক্রমাটিড-যুগল দুটি একটি তলে পৃথক হয় তাদের দৈর্ঘ্যের কিছুদূর পর্যন্ত এবং অন্যত্র অন্য আর একটি তলে পৃথক হয়। অর্থাৎ প্রত্যেক ক্রমোজোমের ভগ্নিপ্রতিম ক্রমাটিড দুটির মধ্যে। এতে সেতু-বন্ধনের (X) সৃষ্টি হয়। এর ফলে সেতুবন্ধনের এক পার্শ্বে সংশ্লিষ্ট ক্রমোজোমের ভগ্নিপ্রতিম ক্রমাটিডগুলি সংগঠিত হয় এবং অভগ্নিপ্রতিম-গুলি অপরপার্শ্বে সংগঠিত হয়। এ মতাবলম্বীরা আরও বলেন যে, এ সেতুবন্ধনাবস্থায় একটি টানাপড়া অবস্থার সৃষ্টি হয় যতই এনাফেজে দুটি চড়কাসহ সংস্থাপন অধিকতর দূরে সরতে থাকে এবং এভাবে সংযোগ-স্থানে ভাঙ্গন সৃষ্টি হয়, যার ফলে অংশের বিনিময় বা আড়াআড়ি উত্তরণ সংগঠিত হয়। সুতরাং এই তত্ত্বমতে সেতুবন্ধন আড়াআড়ি উত্তরণ ঘটায়।

এই সমতল তত্ত্বের প্রবক্তাদের মতে (জেনসন্স্ এবং পরে ডার্লিংটন) সেতুবন্ধনের পূর্বে অভগ্নিপ্রতিম ক্রমাটিডদের মধ্যে বিনিময় হয়ে যায়



চিত্র ১০'১। দ্বি-দলী ক্রমোজমের (১) একক আড়াআড়ি উত্তরণ, (২) দ্বি-খেই দ্বিগুণ উত্তরণ, (৩) চার-খেই দ্বিগুণ উত্তরণ, (৪-৫) তিন-খেই দ্বিগুণ উত্তরণ।

এবং ভগ্নিপ্রতিম ক্রমাটিডগুলির সকল অংশ প্রথম ক্ষমতি যোজনে এক-সঙ্গে থাকার ঝোঁক থেকেই সেতুবন্ধনের সৃষ্টি হয়। এভাবে দেখা যায় যে, ক্রমাটিডগুলি তাদের পুরা দৈর্ঘ্য বরাবরে একই সমতলে পৃথক হয়।

সুতরাং এই তত্ত্বমতে তা আড়াআড়ি উত্তরণের কারণ নয় বরং এর ফল। তবে অধিকাংশ সাক্ষ্য-প্রমাণ হচ্ছে 'এক সমতল তত্ত্বের' সমর্থক; যদিও অনেক প্রমাণ খুবই জটিল। এর কারণ হিসেবে অন্ততঃ এটুকু বলা যায় যে, 'দ্বিসমতলতত্ত্ব' নির্ভুল হলে সেতুবন্ধনের আবির্ভাব কখনও হত না। তবে আড়াআড়ি উত্তরণের ফল সম্পূর্ণ ক্ষমতিজনকও নয় আবার পুরো সমীকরণজনকও নয়।

ইতিপূর্বে ক্রমোজোম মানচিত্র সম্পর্কে বলা হয়েছে জিনের অবস্থানকে কেন্দ্র করে যেমন মেরুহীন, ভোঁতা ও বদ্বীপ বৈশিষ্ট্যগুলিকে দেখিয়ে আমরা ক্রমোজোম মানচিত্র অঙ্কন করতে চাই। দেখা গেছে, যে সমস্ত প্রাণীর মধ্যে কিয়ৎপরিমাণে রূপান্তরশীল বংশানুক্রমিক চরিত্র জানা গেছে এবং যে গুলির আড়াআড়ি উত্তরণ অধ্যয়ন বিস্তৃতভাবে সম্ভব, একমাত্র সেসব ক্ষেত্রে ক্রমোজোমগুলির সম্পূর্ণ মানচিত্র অঙ্কন করা সম্ভব। উদাহরণস্বরূপ বলা যায়, ফল-মক্ষিকা, ইঁদুর এবং কিছু পরিমাণে মানুষের ক্রমোজোম মানচিত্র অঙ্কন করা এযাবৎ সম্ভব হয়েছে। যেমন: ফল-মক্ষিকার X ক্রমোজোমে এমন একটি প্রচ্ছন্ন জিন অবস্থান করে যা হলদে রং-এর জন্য দায়ী এবং এর অবস্থান ক্রমোজোমের উপর হচ্ছে 0·0তে; কারণ এর অপর দিকে কোন জিনের অবস্থান জানা যায় নি। তাছাড়া কোষ-তত্ত্বগত পরীক্ষায় দেখা গেছে যে, জিনটি ক্রমোজোমের এক প্রান্তে অথবা একপ্রান্তের খুব কাছাকাছি রয়েছে। ধরি, এখন আরও দুটি জিন (যা যৌনজড়িত) আমরা ঐ মানচিত্রে প্রদর্শন করতে চাই। লিঙ্গজড়িত জিনগুলি সুবিধাজনক, কেননা, তাতে প্রথম ফলাফল অধ্যয়ন করা যেতে পারে। আমরা এখানে যে জিন দুটি প্রদর্শন করতে চাই সে দুটি হচ্ছে অতি ছোট ডানা (miniature wings) এবং কাটাকুঁচি/শক্ত লোম (forked bristle); তাদের আড়াআড়ি উত্তরকের ফলাফল বিশেষ কোন নির্দিষ্ট শৃংখলে সাজানো নয় এবং সেগুলো মাত্র মাছির গণনা থেকে লিপিবদ্ধ করা হয়েছে।

এখন জিনগুলোকে মানচিত্রে সাজাতে গিয়ে আমাদেরকে সুনির্দিষ্ট সংযোজন নির্দেশ করতে হবে। আমাদের প্রদত্ত Y-এর অবস্থান জানা আছে 0·0 এবং আমরা জানি এর বামে কোন জিনের অবস্থান নেই। সুতরাং অন্য দুটি জিন এর ডানে হবে। কিন্তু কোন্‌টি মাঝে হবে?

y ছশ অথবা y শছ? কোন্ পদ্ধতিতে সাজানো যাবে এটাই প্রশ্ন। এর সমাধান করতে হবে দ্বি-আড়াআড়ি উত্তরকের (double cross-over) দ্বারা। একটি দ্বি-আড়াআড়ি উত্তরক মধ্যম জিনকে অবশিষ্ট দুটি থেকে সরিয়ে দিবে এবং তা দুটি দ্বি-আড়াআড়ি উত্তরক একটিতে একাই সমাসীন থাকবে এবং উভয় পার্শ্বের জিন একত্রে থাকবে। দ্বি-আড়াআড়ি উত্তরকগুলি ক্ষুদ্রতম দু-শ্রেণীভুক্ত হবে। আমরা যখন অনুরূপভাবে আড়া-আড়ি উত্তরণ ফলাফল পরীক্ষা করব তখন আমরা দেখব দুই নং এবং ছয় নং সারিতে দ্বি-পুনরাবর্তকের সমারোহ।

পিতামাতা	y/ছশ/y × + + +/+ + +		
F 1 (১ম পুঃ)	yছশ/+ + + × + + +/y		
২য় পুঃ স্ত্রী (মাত্র)	+ + + — ২৬	} ৫০% মাতাপিতার মত	
	y ছ শ — ২৪		
	+ ছ শ — ১৪		
	+ ছ শ — ১৪		
	+ ছ + — ২		
	+ + শ — ৮	আড়াআড়ি উত্তরক (C.O)	
	y + + — ১৬		
	y ছ + — ৬		
	y + শ — ৪		
	১০০		

সুতরাং দ্বি-উত্তরণ = ২ + ৪ = ৬%

এখন এ শ্রেণীগুলিকে নির্দিষ্ট শৃঙ্খলায় সাজাতে হবে পুনরাবর্তক শতকরা হার বের করতে হবে।

y ও ছ এর মধ্যে উত্তরণ :

১৪ + ১৬ + ২ + ৪ = ৩৬ অথবা ৩৬% বা ·৩৬

ছ ও শ এর মধ্যে উত্তরণ :

৮ + ৬ + ২ + ৪ = ২০ অথবা ২০% বা ·২০

যেহেতু হস্তক্ষেপের সন্নিপাত হচ্ছে = ৬% প্রত্যাশিত = ·৩৬ × ·২০ = ·০৭২০ বা = ৭·২ % সুতরাং হস্তক্ষেপের সন্নিপাত = ৬/৭·২ = ·৮৩ (Coincidence of Interference) পরীক্ষায় প্রাপ্ত দ্বি-উত্তরণের পরিমাণকে প্রত্যাশিত পরিমাণ দ্বারা ভাগ করলে হস্তক্ষেপ এর সন্নিপাত পাওয়া যাবে।

BANSDOC Library
Accession No. 18759

y ও শ এর উত্তরণ % = y--ছ + ছ--শ -১২ = ৩৬ + ২০-১২ = ৪৪%। এক্ষণে দেখা যাচ্ছে দ্বি-উত্তরক দুটি ৪৪% এ কোন অবদান রাখেনি বরঞ্চ y ও ছ এবং ছ ও শ এর মধ্যেকার উত্তরণ % এর যোগফল স্বরূপ গণনা করা হয়েছে। সুতরাং ৫৬% ৪৪% কে অতিক্রম করে দ্বি-উত্তরণ হারের দ্বিগুণ পরিমাণে। ফলে উত্তর % বের করার জন্য নিম্নলিখিত নিয়ম প্রযোজ্য হবে।

y ও শ এর মধ্যে উত্তরণ % = y-ছ ও ছ-শ এর উত্তরণ % বিয়োগ প্রাপ্ত দ্বি-উত্তরণ হার এর দ্বিগুণ।

অন্যদিকে আর একটি আকর্ষণের ব্যাপার এই যে, এখানে উপরে প্রাপ্ত প্রজনন ফলাফলে দ্বি-উত্তরক এর পৌনঃপুন্যকে y ও ছ এবং ছ ও শ-এর মধ্যে সংঘটিত উত্তরণ অবাধ ও স্বাধীন হলে যে পৌনঃপুন্য পাওয়া যেত তার সাথে তুলনা করলে একই সংখ্যা হবে না। প্রশ্ন হচ্ছে এ অবস্থা কেন? উত্তরে বলা যায় যে, y ও ছ এর মধ্যে উত্তরণ হার ০·৩৬ (৩৬%) এবং ছ ও শ এর মধ্যে ০·২০ (২০%) স্বভাবতই ০·৩৬ × ০·২০ বা ৭·২% প্রত্যাশিত জননকোষ দ্বি-উত্তরণ ধারণ করার কথা যদি আড়াআড়ি উত্তরণ প্রক্রিয়া স্বাধীন হয়। কিন্তু প্রাপ্ত ফল হচ্ছে ৬% যা ৭·২% এর অতি নিকটতম সংখ্যা এবং এটি মাত্র হঠাৎ বিচ্যুতি ছাড়া আর কিছু নয়। সুতরাং দেখা যাচ্ছে এ দু-জায়গায় উত্তরণ অবাধে ঘটে না এবং যেহেতু দ্বি-উত্তরকের পৌনঃপুন্য প্রত্যাশিতের চেয়ে কম সেহেতু এটি পরিষ্কার যে, চতুষ্টয়ে কোন জায়গায় একটি আড়াআড়ি উত্তরণ কোন না কোনভাবে অন্যগুলির পৌনঃপুন্য কমিয়ে দেয়। সুতরাং এই প্রপঞ্চটি (ঘটনা) হচ্ছে একটি হস্তক্ষেপমূলক ঘটনা যার নাকি আবার সন্নিপাত নির্ণয় করা যায় উপরোক্ত নিয়মে, অর্থাৎ প্রাপ্ত পৌনঃপুন্য/প্রত্যাশিত পৌনঃপুন্য = সন্নিপাত।

অতএব, ক্রমোজোম y, ছ ও শ এর অবস্থান হবে নিম্নরূপ:

০.০	৩৬	৫৬
y	ছ	শ

উপরোক্ত দৃশ্যমান ঘটনার আরও অধিক ব্যাখ্যা দেওয়া যায় নিম্নলিখিত "তিন দফা প্রজনন মূল্য"-এর যৌগিক নিয়ম থেকে যদি আমরা উক্ত তিন দফা প্রজননের ফলাফল পরীক্ষা করে দেখি। একটি তিন-

দফা সংযোজন পরীক্ষা, স্মরণ করা যেতে পারে তা এমন একটি প্রজনন পরীক্ষা যাতে প্রত্যেক শৃঙ্খলযুক্ত জিন যুগলের জন্য বিষমসংস্থ প্রাণীর সাথে ত্রি-প্রচ্ছন্ন সমসংস্থার প্রাণীর সহমিলন ঘটানো হয়। এ প্রসঙ্গে এক প্রকার সহমিলন হয় এরূপ স্ত্রী (**ল ক ম**) (ল ক ম) এবং পুং (ল ক ম) (ল ক ম) এর মধ্যে।

প্রতীক **ল ক ম** = লাল চক্ষু স্বাভাবিক কাটা মসৃণ

ল ক ম = সেপিয়া কাটাবিহীন অমসৃণ

সারণী ১৮ঃ **ফল মক্ষিকায় তিন-দফা শিকলতা পরীক্ষার ফলাফল।**

বাহ্যিক নমুনা	মাতৃ ক্রমোজোম	সন্তানের সংখ্যা	শতকরা জিন সমন্বয়
(ক) লালচক্ষু স্বাভাবিক কাটা মসৃণ	(**ল ক ম**)	৩৩৮	
সেপিয়া, কাটা-বিহীন অমসৃণ	(ল ক ম)	৩৭০	৫৩.০ অ-আড়াআড়ি উত্তরক (মাতা-পিতা বং)
(খ) লালচক্ষু কাটা-বিহীন অমসৃণ	(**ল** ক ম)	১১৪	
সেপিয়া স্বাভাবিক/কাটা মসৃণ	(ল **ক** ম)	৯৬	১৫.৭ একমাত্র আড়াআড়ি উত্তরক (**ল-ক**)
(গ) লালচক্ষু স্বাভাবিক কাটা অমসৃণ	(ল **ক** ম)	১৫৬	২৪.৬ একমাত্র আড়াআড়ি উত্তরক (**ক-ম**)
সেপিয়া, কাটাবিহীন মসৃণ	(ল ক ম)	১৭৩	
(ঘ) লালচক্ষু কাটা-বিহীন মসৃণ	(**ল** ক **ম**)	৪৬	
সেপিয়া স্বাভাবিক কাটা অমসৃণ	(ল **ক** ম)	৪৩	৬.৭ দ্বি-আড়াআড়ি উভয় **ল ক** ও **ক ম** অবস্থান
	মোট	১৩৩৬	১০০

উপরোক্ত তথ্য থেকে :

শতকরা উত্তরক **ল** ও **ক**

১৫.৭ + ৬.৭ = ২২.৪

শতকরা উত্তরক **ক** ও **ম** :

২৪'৬ + ৬'৭ = ৩১'৩

৫৩'৭

"উত্তরকের দূরত্বের" যোগফল **ল-ক** ও **ক-ম** : ৫৩'৭ ৩৩'৪

শতকরা উত্তরক **ল** ও **ম** :

১৫'৭ + ২৪'৬ = ৪০'৩

প্রত্যাশিত দ্বি-উত্তরক ধারক বীজকোষের সংখ্যা

(০'২২৪ – ০'৩১৩) বা ৭'০%

সত্যি সত্যি প্রাপ্ত দ্বি-উত্তরক বীজকোষের সংখ্যা ৬'৭%

৬'৭%, ৭'০% এর অতি নিকটতম তবে হঠাৎ বিচ্যুতি = ০'৩%

এটি কখনও সত্য নয় যে, আমরা সব সময় হঠাৎ এর ভিত্তিতে প্রত্যাশিত দ্বি-আড়াআড়ি উত্তরকের একই শতকরা হার পাব। সচরাচর বস্তুতঃপক্ষে তিনটি অবস্থানী **ক, খ, গ** জিন জড়িত সংযোজন পরীক্ষায় দ্বি-আড়াআড়ি উত্তরকের পরিমাণ অনেক সময় **ক** ও **খ** এবং **খ** ও **গ** এর মধ্যে স্বাধীন উত্তরণ ঘটনা ধারণার চেয়ে খুব কম হয়।

নিম্নে একটি পরীক্ষার ফলাফল সন্নিবেশিত হল। প্রতীক : **ধ** প্রকট ধূসর দেহ, **ম** মসৃণ ম অমসৃণ, **ল** লাল চক্ষু, ল ফরাসী লাল মদ্যচক্ষু (claret eye), ধ আবলুস কাঠবৎ কৃষ্ণবর্ণ (ebony boby)

সারণী ১৯ : ফল মক্ষিকার তিনদফা সংযোজন পরীক্ষা

স্ত্রী (**ধ ম ল**) (ধ ম ল) X পুং (ধ ম ল) (ধ ম ল) (ব্রিজেছ ও মরগ্যান-১৯২৩)

বাহ্যিক আকৃতি		মাতৃক্রমোজম সংখ্যা	শতকরা	জিন সমন্বয়
(ক) ধূসর মসৃণ লাল মদ্য চক্ষু	(**ধ ম** ল)	৩৯৫	৭০'১৮	অ-আড়াআড়ি উত্তরক
কাঠবৎ কৃষ্ণদেহী অমসৃণ লাল চক্ষু	(ধ ম ল)	৩৭০		

(খ) ধূসর অমসৃণ লাল	(ধ ম ল)			
কাঠবৎ কৃষ্ণদেহী	১১৬ একমাত্র উত্তরক			
মসৃণ লালমদ্য চক্ষু	(ধ **ম** ল)	৮৯	১৯·০৮	মাত্র
(গ) ধূসর মসৃণ লাল	(ধ ম ল)			
কাঠবৎ কৃষ্ণ অমসৃণ		৪৯	১০·৫৫	একমাত্র উত্তরক
লাল মদ্যবৎ চক্ষু	(ধ ম ল)	৬৬		মাত্র
(ঘ) ধূসর অমসৃণ লাল মদ্যবৎচক্ষু	(ধ ম ল)	১	০·২৮	দ্বি-উত্তরক
কাঠবৎ কৃষ্ণ, মসৃণ লাল চক্ষু	(ধ **ম ল**)	১		
		১০৯০	৯৯·৯৯/১০০·০০	

ধ ও **ম** এর মধ্যে উত্তরক শতকরা ১৯·১+০·২=১৯·৩

ম ও **ল** এর মধ্যে উত্তরক শতকরা ১০·৬+০·২=১০·৮

স্বাধীনভাবে আড়াআড়ি উত্তরণ ঘটলে **ধ—ম** এবং **ম—ল** এর মধ্যে প্রত্যাশিত দ্বি-উত্তরকের হার হত (০·১৯৩) × (০·১০৮) বা ২·১% কিন্তু প্রাপ্ত ফলাফল হচ্ছে মাত্র ০·২% দ্বি-উত্তরক বাহক জননকোষ। এটি প্রত্যাশার চেয়ে $\frac{1}{6}$ এর কম। এখানে স্বাধীনভাবে উত্তরণ প্রক্রিয়া ঘটে নি। তাছাড়া পূর্বের চেয়ে এটি অনেক কম।

উপরোক্ত তিনটি পরীক্ষণের তথ্য থেকে দেখা যায় যে, সারণী নং ১৪-এ দুটি দ্বি-উত্তরক আছে। প্রত্যাশিত সংখ্যা ছিল (০·৩৬) × (০·২০)× ১০০ বা ৭·২। দ্বি-উত্তরকের সন্নিপাত হচ্ছে ৬/৭·২=০·৮৩ অথবা প্রায় ৮৩%। অর্থাৎ প্রায় ৮৩% প্রত্যাশিত দ্বি-উত্তরকের মধ্যে সংগঠিত হয়েছে। সারণী ১৯ নং-এ প্রত্যাশিত (০·১৯৩) × (০·১০৮) × ১০৯০ বা ২২·৭ এবং সন্নিপাত ২/২২·৭= ০·০৮৮ বা ৯%। সারণী নং ১৫ এ ০·০৭×১৩৬৬ বা ৯৩·৫ এবং সন্নিপাত হচ্ছে ৮৯/৯৩·৫=০·৯৫। এ সংখ্যা দ্বারা এই বোঝা যায় যে, সংশ্লিষ্ট স্থানে দ্বি-উত্তরকের মধ্যে হস্তক্ষেপ অত্যন্ত নগণ্য এবং বস্তুত কোন হস্তক্ষেপ নেই। কারণ প্রাপ্ত ৮৯ দ্বি-উত্তরক প্রত্যাশিত ৯৩·৫ এর হঠাৎ বিচ্যুতি মাত্র এবং যখন হস্তক্ষেপ সম্পূর্ণ সন্নিপাত হবে শূন্য। অবশ্য অন্য অবস্থায় এর মাধ্যমিক মূল্যও হতে পারে।

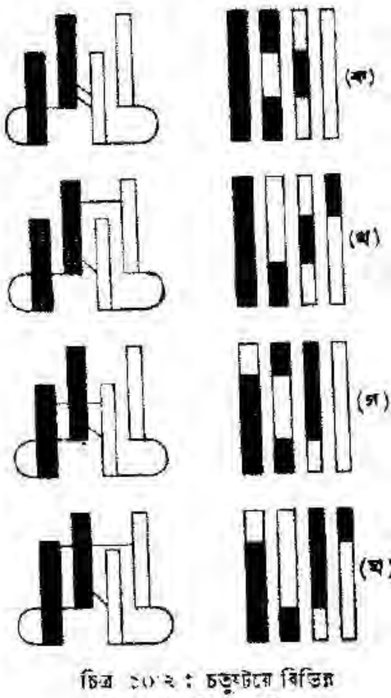
একই চতুষ্টয়ে (চতুর্খেই) বিভিন্ন পর্যায়ে দুটি বিনিময় অনেক প্রকার হতে পারে।

(ক) পারস্পারিক দ্বি-বিনিময় (দু-খেই) একই ২ ক্রমাটিড জড়িত বিনিময়।

(খ) চতুর্ভুজী দ্বি-বিনিময় (ত্রি-খেই) এক জাতীয় দুটি ক্রমাটিড সমসংস্থ ক্রমোজোমের ঐ একই ক্রমাটিডের সাথে বিনিময় করে।

(গ) পারস্পরিক ধরনের চতুর্ভুজী বিনিময় দু'বার হতে পারে।

(ঘ) পরিপুরক (চার-খেই) দ্বি-বিনিময়ে দুটি ভিন্ন ক্রমাটিড প্রত্যেক পর্যায় বিনিময় হয়ে থাকে।



চিত্র ১০·২ : চতুষ্টয়ে বিভিন্ন প্রকার দ্বি-বিনিময় চিত্র।

স্বাধীন বিনিময়ের অনুমান সত্য না হলে পারস্পরিক বিনিময় প্রতিপূরক বিনিময়ের চেয়ে কম পৌনঃপুন্য হবে এবং এতে করে হস্তক্ষেপ বিষয়ক ঘটনার ব্যাখ্যা দেওয়া চলে। তবে এরূপ অনুমান একটি অসন্তোষজনক ব্যাপার। পারস্পরিক বিনিময় কম হলে পরিপূরক বিনিময় ধরনটি দূরবর্তী অবস্থানের জিনের মধ্যে বিনিময়ের ৫% অধিক হয়ে যায়। কিন্তু আসলে ৫০% এর অধিক বিনিময় প্রায় কচিৎ। যাহোক ফল-মক্ষিকার বেলায় আমরা নিশ্চিত হতে পারি যে, পারস্পরিক ও প্রতিপূরক দ্বিবিনিময় প্রায় সমান পৌনঃপুন্য ঘটে। সুতরাং আমরা এই উপসংহারে উপনীত হব যে, বংশগত প্রাকৃতিক ঘটনায় হস্তক্ষেপ বিশেষ কোন প্রকার দ্বিবিনিময়ের ভিন্নমুখী পৌনঃপুন্যের বিয়োজন হতে হয় না। বরং

সম্ভবতঃ চতুষ্টয়ে সকল প্রকার দ্বিতীয়বার বিনিময়ের কম সম্ভাব্যতা হতে ঘটে।

যাহোক, আড়াআড়ি উত্তরণের উপর আন্তঃক্রমোজোম প্রক্রিয়ার কথাও যান্ত্রিকভাবে বলা মুশকিল। তবে দেখা গেছে যে, কোন কোন ক্রমোজোম-যুগলের একটি কাঠামোগত অস্বাভাবিকতা সেই যুগলের মধ্যে আড়াআড়ি উত্তরণ প্রক্রিয়াকে চেপে রাখে সম্ভবতঃ এই কারণে যে, সেখানে স্বাভাবিক ঘনিষ্ঠ মিলন ঘটতে পারে না।

এতদসংক্রান্ত অধ্যায়ে আরও একটি দফা পরিষ্কার হওয়া দরকার। আমরা জানি, দুজোড়া জিন সংযুক্ত হলে তারা একই ক্রমোজোম-যুগলে অবস্থান করে। জোড়ায় যে কোন এলিল একই ক্রমোজোমে অবস্থিত থাকতে পারে। তবে আড়াআড়ি উত্তরণ প্রক্রিয়া তখনই হয়, যখন শুধু দুজোড়া জিনের সম্বন্ধ পরিবর্তন করে উভয় জোড়া বিসমসংস্থ হয়। এরূপ ক্ষেত্রে উভয় প্রকট জিন একটি ক্রমোজোমে থাকে এবং উভয় প্রচ্ছন্ন জিন অন্য জোড়ার ক্রমোজোমে থাকতে পারে। এরূপ অবস্থানকে আকর্ষণ ধাপ (দম্পতিক ধাপ, coupling phase) বলা হয়। আবার একটি প্রকট ও একটি প্রচ্ছন্ন জিন জোড়ায় একটি ক্রমোজোমে অবস্থান করলে তাকে বিকর্ষণ ধাপ (repulsion phase) বলা হয়।

এই অধ্যায়ে আমরা জানতে পারলাম প্রত্যেক ক্রমোজোম সমান্তরালে একটি করে সংযোজন থাকে এবং ক্রমোজোমের মানচিত্র জিনগুলির অবস্থানকে প্রদর্শন করে। সুতরাং দেখা যাচ্ছে,

(ক) বংশগতিক আড়াআড়ি উত্তরণকালে জিনগুলি সারিবদ্ধ শৃঙ্খলে সজ্জিত হয় এবং কোষগত উত্তরণ ঘটাকালে ক্রমাটিন বস্তু হ্রাসকৃত হয়ে সারিবদ্ধতায় সজ্জিত হয়।

(খ) প্রদত্ত জাতের প্রাণীর জন্য ক্রমোজোম যুগলের সংখ্যা ধ্রুব এবং জৈনিক সংযোজন শ্রেণীর সংখ্যাও প্রাণীর ক্রমোজোম যুগলের সংখ্যার সমান।

অনুশীলনী

১। জৈনিক আড়াআড়ি উত্তরণের বস্তুগত ভিত্তি বর্ণনা কর।

২। ক্রমোজোম মানচিত্রে জৈনিক দূরত্ব কিভাবে নির্ণীত তা উদাহরণ দ্বারা বুঝিয়ে দাও।

৩। স্বাধীনভাবে আড়াআড়ি উত্তরণ ঘটলে তা কিরূপে সনাক্ত করা যায়? আকর্ষণ ও বিকর্ষণ ধাপ কি?

একাদশ অধ্যায়

বহুগুণিত এলিল
(MULTIPLE ALLELES)

আমরা বিপরীতধর্মী জিন-যুগলের এক একটিতে একে অন্যের এলিল বলে আখ্যায়িত করেছি। আমরা আরও জেনেছি যে, যুগলের এলিল্-কোষ বিয়োজন-বিভাজনে পৃথক হয়ে প্রত্যেক জনন-কোষে চলে যায়। প্রত্যেক জিন ক্রমোজোমের উপর একটি বিশেষ বিন্দুতে অবস্থান করে এবং ক্রমোজোম জিন-যুগলের যে-কোনটি ধারণ করতে পারে; তবে স্বাভাবিকভাবে উভয় এলিল্ একই ক্রমোজোমে থাকে না। এক্ষণে আমরা এমন কতকগুলি জিন সমষ্টির কথা আলোচনা করবো যেখানে দুটি এলিলের জায়গায় দুয়ের অধিক এলিল্ থাকবে এবং এমন কতকগুলি ঘটনার কথা আমাদের জানা আছে যেখানে তিন, চার এমনকি কুড়ির অধিক এলিল্ সংযুক্ত আছে। এরূপ জিন সমষ্টিকে বহুগুণিত এলিল বা মিশ্র-বিসম বলা হয়। তবে একটি বিশেষ সমষ্টিতে এলিলের সংখ্যা যাই হোক, জনন-কোষে যে-কোন একটি এবং তাদের দেহ-কোষে যে-কোন দুটি স্বাভাবিকভাবে থাকবে।

ইতিমধ্যে একে অন্যের এলিল্ এরূপ দুটি জিনকে সনাক্ত করা হয়েছে। এবারে আমরা শিখব কি করে তৃতীয় এলিলকে সনাক্ত করা যায়। দেখা গেছে, একটি সমসংস্থ বর্ণাঢ্য খরগোশকে এলবায়নোর সাথে সমাগম করিয়ে প্রথম পুং-এ সমস্ত বর্ণাঢ্য খরগোশ উৎপাদিত হয় এবং দ্বিতীয় শঙ্কর-সন্তানগুলি ৩ : ১ অনুপাতে বর্ণাঢ্য ও এলবায়নো হয়। এখানে বর্ণ হচ্ছে প্রকট জিনের জন্য; এলবায়নো হচ্ছে প্রচ্ছন্ন এবং উভয়ে একে অন্যের এলিল্। এছাড়া আরও কতকগুলি খরগোশ (rabbit) রয়েছে যার অঙ্গ-প্রত্যঙ্গের শেষাংশ বর্ণাঢ্য এবং বাকিটার লোম সাদা। এরূপ অবস্থাকে হিমালয়বাসী বলা হয়। হিমালয়বাসী খরগোশগুলির বর্ণাঢ্য কান, নাক, পায়ের পাতা ও লেজের শেষাংশ এবং এ অবস্থাগুলো হচ্ছে বর্ণের

অংশবিশেষ (partial) যা পূর্ণ বর্ণ যথা ধূসর বা কালো থেকে পরিকার আলাদা। এখন যদি পূর্ণ বর্ণাঢ্য খরগোশকে হিমালয়বাসীর সাথে সমাগম করানো যায় তাহলে প্রথম পুং এসব পূর্ণ বর্ণাঢ্য এবং দ্বিতীয়টিতে পূর্ণ বর্ণ ও হিমালয়বাসীর অনুপাত হয় ৩ : ১। এটি প্রমাণ করে যে, পূর্ণ বর্ণ হচ্ছে প্রকট এবং হিমালয়বাসী হচ্ছে প্রচ্ছন্ন জিনের জন্য। কিন্তু হিমালয়বাসীকে যদি এলবায়নোর সাথে সমাগম করানো যায় তা হলে প্রথম পুং-এ সব বাচ্চা হয় হিমালয়ান এবং দ্বিতীয়টিতে হিমালয়ান ও এলবায়নো হচ্ছে একে অন্যের এলিল। সুতরাং এ তিন ক্ষেত্রে যদি পূর্ণ বর্ণ ও এলবায়নো ; পূর্ণ বর্ণ ও হিমালয়ান এবং হিমালয়ান ও এলবায়নো যথাক্রমে একে-অন্যের এলিল্ হয় তাহলে দেখা যায় এ সমস্ত (তিনটি) জিন একই মিশ্র-বিসমের বহুগুণিত এলিল্ সমষ্টির অন্তর্গত।

যদি ক্ষেত্রবিশেষ অনুরূপ অবস্থার সৃষ্টি হয় তা হলে আমরা জানি যে একটি জিন ক্রমোজোমের উপর একটি বিন্দুতে অবস্থান করে এবং যে কোন প্রাণী একসঙ্গে তিনটির মাত্র দু'টি জিন বহন করবে ও যে-কোন জনন-কোষ মাত্র একটি জিন বহন করবে। বস্তুতঃ প্রজনন পরীক্ষায়ও তাই পাওয়া যায়। তাহ'লে যদি আমরা পূর্ণ বর্ণকে **ব** প্রতীক এলবায়নোকে ব প্রতীক দ্বারা বোঝাই তবে তৃতীয়টিকে ব^{হ} প্রতীক দ্বারা বোঝাতে পারি এবং সেক্ষেত্রে নিম্নলিখিত প্রতীকে তিন এলিল্‌কে বোঝাতে পারি যথা :

পূর্ণ বর্ণ { **ব ব**, **ব** ব^{হ}, **ব** ব

হিমালয়ান { ব^{হ} ব^{হ}, ব^{হ} ব

এলবায়নো ব ব

এ ছাড়া আরও একটি এলিল্ এ সিরিজে পাওয়া গেছে। এটি হচ্ছে চিন্‌চিলা যার মধ্যে হলদে বর্ণের লেশ মাত্র নেই এবং যার জন্য খরগোশগুলো রৌপ্য-ধূসর বর্ণাঢ্য হয়ে জন্মায়। তবে এরা উপরোক্ত তিনটির সাথে এলিল্ এবং পূর্ণ বর্ণের কাছে এটি প্রচ্ছন্ন ও বাকি দুটির কাছে প্রকট, সুতরাং একে আমরা ব^{চ} প্রতীক দ্বারা বোঝাতে পারি

এ সমস্ত এলিল্ একযোগে বিবেচনা করলে যেকোন একটি খরগোশ যেকোন দু'টি এলিল্ বহন করবে এবং একটি জনন-কোষে যেকোন একটি এলিল্ থাকবে। সুতরাং খরগোশগুলির সূত্র হবে নিম্নরূপ:

বব
ব ব^{হ} } → পূর্ণ বর্ণ
ব **ব**^{চ}
ব ব

ব^{চ}**ব**^{চ}
ব^{চ}**ব**^{হ} } চিন্চিলা
ব^{চ}**ব**

ব^{হ}**ব**^{হ} } হিমালয়ান
ব^{হ}ব

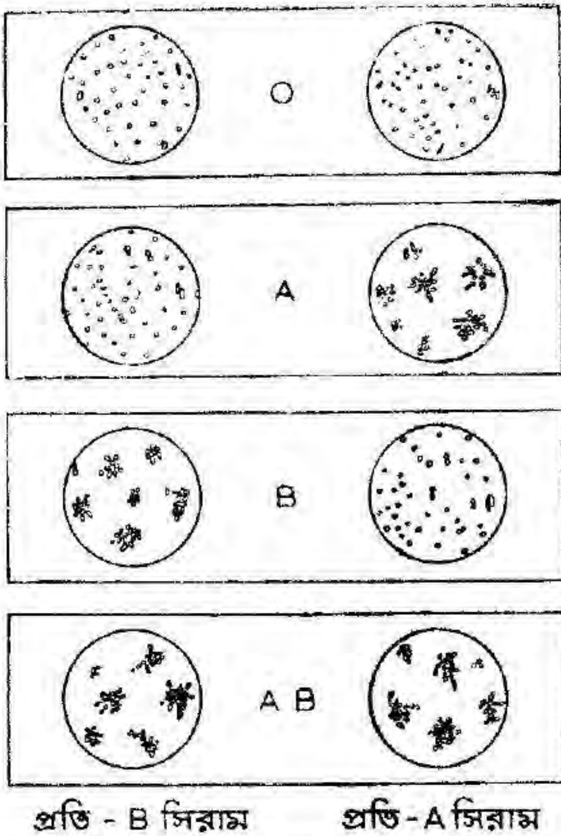
ব ব এলবায়নো

এখন দেখা দরকার কি করে উপরোক্ত অবস্থার জন্ম হল। উৎসগত দিক থেকে বন্য খরগোশের ধূসর বর্ণাঢ্যগুলিকে গৃহপালিত করা হয় যাদের জাতি-নমুনা (genotype) ছিল **বব**; কিন্তু কোন সময়ে কোন এক জায়গায় উল্লম্ফন বৈপ্লবিক প্রক্রিয়ায় ঐ জিনের রাসায়নিক গঠন বিকাশমান জনন-কোষের মধ্যে এমনভাবে পরিবর্তিত হয়, যার ফলে বর্ণ উৎপাদন অসম্ভব হয়ে যায়। পরিবর্তিত উক্ত জিনকে ব বলা হয়েছে যার প্রভাব প্রচ্ছন্ন। তাছাড়া উক্ত ব জিন **ব** এর সাথে অবস্থান করে বিয়োজন-বিভাজনের মাধ্যমে দুটি পৃথক জনন-কোষে চলে যায়। তৎপর এরা সমাগমের মাধ্যমে এমন একটি জনন-কোষের সাথে মিশে যায়, যার সূত্রায়ন হয় cc যা এলবায়নো। এভাবে অনেক পরে উল্লম্ফনের বাহ্যিক আকৃতির আবির্ভাব হয়। অবশ্য প্রকট উল্লম্ফন প্রথম পুরুষেই প্রদর্শিত হয়। এছাড়া হিমালয়ান বা চিনচিলায় ব্যাপারটাও অনুরূপ চরম পরিবর্তনের দ্বারা সূচিত হয়ে বহু মিশ্র-বিসম জিনের আবিষ্কারকে উদ্ভিদ ও প্রাণি-জগতে সম্ভব করে দিয়েছে। যা'হোক বিভিন্ন এলিল্ সব সময় প্রকট হয়ে দেখা দেয় না এবং মাঝে-মধ্যে একটা মাঝামাঝি বা মিশ্র প্রতিক্রিয়ার আবির্ভাব হয়। আমাদের যৌনাবদ্ধ বংশগতির আলোচনায় আমরা লাল ও সাদা চক্ষুর ফল-মক্ষিকা বিবেচনা করেছি কিন্তু আসলে এর আরও বহু বিশ্র-বিসম আছে যথা স্ব্যাবৎ, কোরাল, রক্তা, ইওছিন, চেরী, এপিকক্ষ, বাফল টিঞ্চড্ ও আইভরি। হাঁসের মধ্যে জাপ সাহেব (১৯৩৪) পালক রং-এর তিনটি মিশ্র-বিসম আবিষ্কার করেছেন যা ম্যালার্ড (Mallard)-এর ক্রমাণু (pattern) সৃষ্টি করে।

মানব শরীরে রক্তের শ্রেণী (blood group) বিভাগে দেখা যায় মিশ্র-বিসমের ভিত্তিতে তা বংশপরম্পরায় চলে আসছে। তবে তা এখানে যথাসম্ভব সংক্ষেপে বর্ণনা করা হবে। দেখা গেছে জীবদেহে বাহিরের আমিষ জাতীয় কিছু ভরে দিলে, জীবকোষগুলো এমন বিশেষ কিছু সৃষ্টি করে, যা বহিরাগত আমিষ বস্তুর সাথে বিক্রিয়া করে। জীবকোষ কর্তৃক সৃষ্ট ঐ বস্তুর নাম প্রতিষেধক (antibody) যা রক্ত প্রবাহে প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়; আর যে বহিরাগত আমিষ বস্তু ভরে দেওয়াতে জীবকোষে প্রতিষেধক জন্মায় তাকে টিকা বা antigen বলে। যখন এরূপ কোন টিকা ও প্রতিষেধক কোন মিশ্রণে একত্রিত করা হয় তখন একটি বিশেষ ধরনের প্রতিক্রিয়া ঘটে। এরূপ টিকা প্রতিষেধক প্রতিক্রিয়া আবার বিভিন্ন প্রকার হতে পারে যেমন বহিঃআমিষ (টিকা) যদি বিষ (toxin) হয় তার প্রতিষেধক হয় বিষ-প্রতিষেধক (antitoxin); যদি টিকা মিশ্রণে থাকে তবে তার প্রতিষেধক হয় অদ্রাবক বা precipitin; যদি বহিঃ-পদার্থটি কোষের গঠনে হয় তবে এর প্রতিষেধক হয় লাইসিন (lysin) যা কোষকে ভেঙ্গে দেয়। আবার কোষাকার হলে উৎপাদিত প্রতিষেধক এমনভাবে প্রতিক্রিয়া করে যা জমাট বা agglutination সৃষ্টি করে। এ অবস্থায় জট সৃষ্টিকারক (agglutinin) নামে প্রতিষেধকটিকে আখ্যায়িত করা চলে। বহিঃআমিষ দ্বারা উৎপাদিত প্রতিষেধককে প্রতিশোধিত প্রতিষেধক (immune antibodies) বলা হয়। তবে প্রকৃতিগতভাবে দেহে কোন কোন প্রতিষেধক বিরাজমান থাকলে তা বহিঃআমিষ ভরে দিয়ে উৎপাদিত করতে হয় না। এরূপ প্রতিষেধককে স্বাভাবিক প্রতি-ষেধক (normal antibodies) বলা হয়।

১৯০০ সনে ডঃ কার্ল ল্যাণ্ড স্টিনার ভিয়েনার এক চিকিৎসা গবেষণাগারে আবিষ্কার করেন যে, কোন ব্যক্তির লোহিত কণিকার সাথে অন্য এক ব্যক্তির রক্ত-তরল (blood serum) মিশ্রণ করলে মাঝে মাঝে তা জমাটা বাঁধে। অর্থাৎ সব সময় ঐ প্রতিক্রিয়াটা ঘটে না, একমাত্র বিশেষ ব্যক্তির লোহিত কণিকা ও অন্য এক বিশেষ ব্যক্তির রক্ত-তরল মিশ্রণ করলে তা ঘটে। স্বাভাবিকভাবেই এখানে সচরাচর প্রতিষেধক ঐ রক্তে অবশ্যই থাকছে এবং তার উৎপাদক টিকাও স্বাভাবিক-ভাবে ঐ লোহিত কণিকাতে থাকছে। তৎপর অধিক অনুসন্ধানের পর

এই প্রাকৃতিক ঘটনা বা প্রপঞ্চ এমন বাস্তবতার প্রমাণ করল যে, এরূপ দুটি টিকা ও তার লোহিত কণিকায় দুটি প্রতিষেধক মানুষের রক্ত-তরলে আছে। দুটি টিকাকে সুবিধার জন্য **A** ও **B** দ্বারা বোঝানো হয়। পরবর্তীতে ল্যাণ্ডস্টিনার ও অন্যান্যরা অনুসন্ধান চালিয়ে দেখেন যে, এক ব্যক্তি



চিত্র ১১'১। চারটি গতানুগতিক রক্তদলের লোহিত কণিকার অবস্থা। A দলের রক্তকে প্রতি B-সিরাম দ্বারা পরীক্ষা করলে বামে A-এর মতো এবং B-দলের প্রতি A দ্বারা পরীক্ষা করলে ডানে B-এর মতো হয়। (Snyder, ১৯৫৭, এর পুস্তক থেকে সংগৃহীত)।

ঐ টিকার যেকোন একটি বা অপরটি অথবা উভয়টি তার কোষে ধারণ করতে পারে বা কোনটিই ধারণ করতে পারে না। এরূপে পৃথিবীতে চার প্রকারের মানুষ রয়েছে এবং এই চারটি সম্ভাব্য রকমকে রক্তদল **(blood groups)** নামে সুপরিচিত (সারণী-২০) অর্থাৎ, যার রক্তে A টিকা থাকে তাকে A দলে, যার **B** টিকা থাকে তাকে **B** দলে, যার উভয়ই থাকে তাকে A**B** দলে এবং যার কোনটাই থাকে না তাকে O দলে ফেলে মোট ৪টি রক্তদলে বিভক্ত করা হয়েছে। প্রথমতঃ এ দলগুলোকে সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে। যেমন, **I. II. III. IV**। তবে এ নামকরণে কিছু ভ্রান্তির সৃষ্টি হলে শেষ পর্যন্ত আক্ষরিক নামকরণই সার্বজনীন স্বীকৃতি লাভ করে।

সারণী – ২০ঃ **AB** রক্তদলের টিকা ও তার প্রতিষেধক

রক্তদল	কোষে যে টিকা থাকে	রক্ততরলেযে প্রতিষেধক থাকে
O	—	A ও **B** প্রতিষেধক
A	A	B-র প্রতিষেধক
B	B	A-র প্রতিষেধক
AB	AB	—

প্রথমতঃ রক্তবিন্যাসের বাস্তব গুরুত্বটি রক্তদানের মধ্যেই সীমাবদ্ধ থাকে। কিন্তু তার পাশাপাশি বংশগতিক গুরুত্ব অবস্থান করে। যেহেতু মানুষ রক্তদলে বিভক্ত সেহেতু তার কোষে টিকার অবস্থান পরীক্ষা করা শুরু হয় এবং পৃথিবীর বিভিন্ন অংশের মানুষের রক্ত পরীক্ষা করে বংশ-পরম্পরায় রক্তদলের প্রবাহ আজ বেশ ভাল বোঝা যায়। মাতা-পিতার রক্তদল ও ছেলে সন্তানের রক্তদলের পরীক্ষা থেকেই মিশ্র-বিসমের ভিত্তিতে তার ফলাফলগুলি ব্যাখ্যা করা যায় (সারণী-২১)।

প্রতীক—

I^A=A টিকার জিন প্রকট
I^B=B টিকার জিন প্রকট
i=কোন টিকার প্রচ্ছন্ন নয়

সারণী--২১ ঃ AB রক্তদল

A-B দল	জাতি-নমুনা	এন্টি-সিরামের সাথে প্রতিক্রিয়া	
		A-র প্রতিপক্ষ	B-র প্রতিপক্ষ
O	ii	—	—
A	IAIA, IAi	+	—
B	IBIB, IBi	—	+
AB	IAIB	+	+

সারণী-২২ ঃ হাজার হাজার পরিবারের উপর পরীক্ষা চালাবার পর রক্তদলের বংশপরম্পরা

মাতা-পিতার রক্তদল	সন্তানের রক্তদল	সন্তানের রক্তদল নয়
O × O	O	A, B, AB
O × A	O, A	B, AB
A × A	O, A	B, AB
O × B	O, B	A, AB
B × B	O, B	A, AB
A × B	O, A, B, AB	—
O × AB	A, B	O, AB
A × AB	A, B, AB	O
B × AB	A, B, AB	O
AB × AB	A, B, AB	O

উপরোক্ত সারণী থেকে দেখা যাচ্ছে যে, কোন টিকা সন্তানের রক্তে থাকতে পারে না যদি অন্ততঃ মাতা-পিতার একজনের রক্তেও তা না থাকে। অতএব আইন চিকিৎসায় এর বাস্তব প্রয়োগ লক্ষণীয়। তার্কিক সন্তান ও তার্কিক মাতৃত্ব-পিতৃত্বের ব্যাপারে এটি খুবই দরকারী (সারণী ২৩)।

সারণী-২৩ : রক্তদলের চিকিৎসা আইনে প্রয়োগ (Medico legal application of blood groups)

রক্তদল	মাতৃ রক্তদল	পিতৃ রক্তদল নয় যথাক্রমে
O	O, A, B, O	AB
A	O, B	OB
B	O, A	O,A
AB	A, B, AB	O, A, B, O

এ প্রসঙ্গে বাঙ্গালীদের মধ্যে রক্ত-শ্রেণীবিন্যাস লক্ষ্য করা যায়। এখানে ১৯৭৩-৭৫ সনের ঢাকা ও ময়মনসিংহ চিকিৎসা মহাবিদ্যালয় হাসপাতাল কর্তৃক পরীক্ষিত বাঙ্গালীদের রক্তের শ্রেণীবিন্যাসের কিছু তথ্য পরিবেশিত হলো (সারণী-২৪ দ্রষ্টব্য)। অত্র রক্তদলের শ্রেণীবিন্যাস থেকে বাঙ্গালীর রক্তের পরিচয় পাওয়া যায়। পৃথিবীর বিভিন্ন ভৌগোলিক সীমানার মধ্যেকার জনগোষ্ঠী কুলগতভাবে শারীরিক বৈশিষ্ট্যের বিবেচনায় পার্থক্য দেখা যায়। এদিক থেকে মানুষের রক্তের শ্রেণীবিন্যাস তথা শারীরিক বৈশিষ্ট্যের পার্থক্য অনুধাবন করাতে খুবই সহায়ক।

সারণী-২৪ : বাঙ্গালীদের রক্তের শ্রেণীবিন্যাস (ABO শ্রেণী)

পরীক্ষার সন	মোট পরীক্ষিত সংখ্যা	রক্তের শ্রেণী				মন্তব্য
		'O' দল	'A' দল	'B' দল	'AB' দল	
১৯৭৩	৮,৯৩৬	৩৩'৯৭%	২২'৪৪%	৩৫'২০%	৮'৩৯%	ঢাকা মেডিকেল কলেজ হাসপাতাল কর্তৃক পরীক্ষিত
১৯৭৪	১,৭৮১	৩৫'৭৬%	২৩'৩০%	৩১'১০%	৯'২০%	
১৯৭৫	২,৪২০	৩৪'২৯%	২৩'৪৭%	৩১'৪৯%	১০'৭৫%	ময়মনসিংহ মেডিকেল কলেজ হাসপাতাল কর্তৃক পরীক্ষিত

বিঃ দ্রঃ সংশ্লিষ্ট হাসপাতাল থেকে লেখকের সংগৃহীত তথ্য।

আমরা জানি যে, একটি মাত্র জিনের (কুল) তিনটি এলিল যথা I^A, I^B ও i, সরল রক্তদলের বংশগতির জন্য দায়ী। এখানে ২৪ নং সারণীতে উল্লিখিত বাঙ্গালীর তথ্য এসব এলিলে বাঙ্গালী জনসংখ্যায় কি হারে বিদ্যমান তা অনুমান করা চলে। বলাবাহুল্য এসব এলিলের পৌনঃপুন্যের পার্থক্য দিয়েই বিভিন্ন জনসংখ্যার মধ্যে শারীরিক পার্থক্য নির্ণয়ন সম্ভব। এসব তথ্য হাসপাতালের রোগীদের রক্ত শ্রেণীবিন্যাস করেই অর্জিত হয়েছে। রক্তদলের উপর অধিকতর গবেষণায় দেখা গেছে এর দুটি অতিরিক্ত বিসম রয়ে গেছে যা A দলের উপদলের সৃষ্টি করে। A ও B টিকা দু'টি পৃথক রাসায়নিক গঠনে থাকতে পারে যথা পানিতে দ্রাব্য ও এলকহলে দ্রাব্য এবং এরা যথাক্রমে নিঃস্রুক ও অ-নিঃস্রুক (secretor) নামে পরিচিত।

এ ছাড়া আরও দুটি নতুন ও পৃথক লোহিত কণিকার টিকা ১৯২৭ সনে আবিষ্কৃত হয়। এগুলিকে M ও N বলা হয় (সারণী—২৫)। রক্তে ভরলে এদের প্রতিষেধক প্রকৃতিগতভাবে জন্মে না এবং এরা বাস্তবে কোন প্রতিষেধক উৎপাদনে উৎসাহ বা উস্কানি দেয় না। অতএব এরা রক্তদলে কোন কাজের বলে প্রমাণিত হয়নি।

সারণী—২৫ ঃ M-N রক্ত প্রকার

M-N প্রকার	জাতি-নমুনা	প্রতি-সিরামের সাথে প্রতিক্রিয়া	
		M-র সাথে প্রতিক্রিয়া	N-র সাথে প্রতিক্রিয়া
M	MM	+ হাঁ	— না
N	NN	— না	+ হাঁ
MN	MN	+ হাঁ	+ হাঁ

সারণী—২৬ : M ও N টিকার বংশগতি

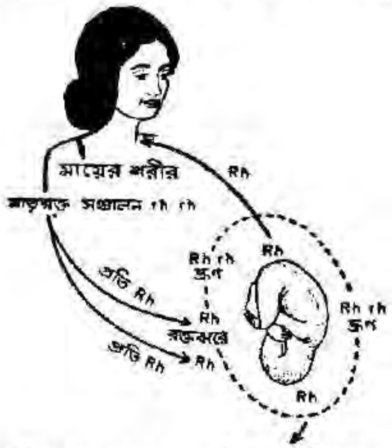
মাতা-পিতার টিকা প্রকার	সন্তানের মধ্যে থাকতে পারে এমন টিকা	সন্তানে থাকতে পারে না এমন টিকা
M×M	M	N, MN
M×N	MN	M, N
N×N	N	M, MN
M×MN	M, MN	N
N×MN	N, MN	M
MN×MN	M, N, MN	—

সারণী—২৭ : চিকিৎসা আইনে M ও N টিকার প্রয়োগ

সন্তানের টিকা প্রকার	মাতৃ টিকাটাই	পিতৃ টিকা প্রকার নয়
M	M	N
M	MN	N
N	N	M
N	MN	M
MN	M	M
MN	N	N

এখন আমরা RR টিকা নামে যে আর এক প্রকার টিকা আছে যা M-N ও A-B টিকার সাথে পার্থক্য ঘটায় এবং তাদের প্রকৃতিগত কোন প্রতিষেধক মানব-রক্ততরলে পাওয়া যায় না, তাদের সম্পর্কে আলোচনা করব। RR টিকার কোন প্রতিষেধক যে-রক্তে পূর্ব থেকেই নেই—এমন রক্তে প্রবেশ করানো প্রতিষেধক তৈরীকে তা উৎসাহিত করে। এরা এরূপ রক্ত পরিসঞ্চালনে (blood transfusion) বিশেষ গুরুত্ব বহন করে। প্রথম রক্তদানে Rh^+ রক্ত Rh^- ব্যক্তির রক্তে প্রবেশ করানোতে কোন ক্ষতি হয় না যদি দাতা ও গ্রহীতার রক্ত A--B--O পদ্ধতিতে মিলে যায়। তবে পরবর্তীতে ঐ রক্ত আবার দান করাতে অর্থাৎ গ্রহীতার রক্তদান করাতে গৃহীত রক্তের কণিকাগুলি বিশেষ মারাত্মক প্রতিক্রিয়াসহ জমে যায়। এরূপ ঘটার চেয়ে অধিকতর গুরুত্বপূর্ণ ঘটনা হচ্ছে মাতৃগর্ভের শিশুর রক্তের অসামঞ্জস্যকর প্রতিক্রিয়া (maternal fetal incompatability)। গর্ভবতী মাতা Rh হলে এবং তার গর্ভে (আশ্রয়প্রাপ্ত বর্ধিষ্ণু) সন্তান Rh^+ হলে শিশুর অপেক্ষাকৃত কম সংখ্যক লোহিত কণিকা 'ফুলকার' (placenta) মাধ্যমে মাতৃ রক্তসঞ্চালনে পাড়ি দেওয়াতে মাতৃরক্তে প্রতিষেধক জন্মায়। এই উৎপাদিত প্রতিষেধকগুলি আবার শিশুর রক্তসঞ্চালনীতে ঐ ফুলকার মাধ্যমে ফেরৎ এসে রক্ত জমাট বাধায় ও পরে রক্তকণিকা ভেঙ্গে দেয়। এর ফলে নবজাত শিশুতে প্রবল কণিকা ভাঙ্গা রক্তশূন্যতা (hemolytic aneamia) দেখা দেয় এবং ঐ রোগকে বলা হয় এরিথ্রোব্লাসটোসিস (Erythroblastosis)। এরূপ রোগে শিশুকে রক্ষা করা অত্যন্ত দুরূহ ব্যাপার। তবে ১৯৪১ সালের পূর্ব পর্যন্ত এ রোগের কারণ রহস্যময় ছিল এবং

১৯৪১ সনে লেভিন এবং তার সহযোগীরা এরূপ প্রায় প্রত্যেক ক্ষেত্রেই শিশুর মাতৃগর্ভে Rh অসামঞ্জস্যের ফলকেই দায়ী করে একটি সন্দেহাতীত (convincing) তত্ত্বের আবিষ্কার করেন (সারণী ২৮ দ্রঃ)।



চিত্র ১১'২। রূপে Rh টিকা দ্বারা মায়ের রক্তে প্রতি Rh প্রতিষেধক জন্মানো যায় যখন মায়ের জাতি-নমুনা rr (rh, rh) এবং পিতার জাতি-নমুনা RR (Rh, Rh)।

সারণী—২৮ ঃ ঢাকা চিকিৎসা মহাবিদ্যালয় হাসপাতাল কর্তৃক 'D' টিকা দ্বারা পরীক্ষিত বাঙ্গালী রক্তের Rh উপসর্গের তথ্য

মোট পরীক্ষিত	Rh উপসর্গ (factor)	
সংখ্যা	Rh (D) +	Rh (D)−
৩,৪৮৪	৩,৩৯৫ (৯৭'৪৪%)	৮৯ (২'৫৬%)

বিঃদ্রঃ তথ্য লেখক কর্তৃক হাসপাতাল সূত্রে সংগৃহীত।

উপরোক্ত তথ্য পরিবেশনা থেকে বাঙ্গালী রক্তের অন্য একটি পরিষ্কার ছবি পাওয়া যায়। ৩,৪৮৪ রোগীর রক্ত পরীক্ষা করে দেখা গেল যে, বাঙ্গালীর রক্ত ৯৭'৪৪% রেসাস-বানর টিকার হাঁ-বোধক প্রতিক্রিয়া করে এবং মাত্র ২'৫৬% রক্ত প্রতিক্রিয়া করে না, অর্থাৎ তারা (Rh—) না-বোধক এবং তাদের মধ্যে Rh টিকার টিকা (antigen) নেই। প্রসঙ্গক্রমে স্মরতব্য যে, Rh+ হাঁ অবস্থা একটি প্রকট জিনের জন্য যাকে RR, Rr বলা হয় এবং Rh--না বোধক অবস্থা অত্র জিনের প্রচ্ছন্ন অবস্থার জন্য হয়ে থাকে যাকে rr জাতি-নমুনা বলা হয়।

উৎসগতভাবে Rh টিকা ল্যাণ্ডস্টিনার (১৯৪০) ও ওয়েনার (১৯৪৩) কর্তৃক আবিষ্কৃত হয়। তারা রেসাস বানরের রক্ত খরগোশে ভরে দেন এবং উক্ত খরগোশ বানরের রক্তের প্রতিষেধক জন্ম দেয়। এরূপে তৈরী প্রতি-সিরাম (anti-serum) মানব রক্তের সাথে পরীক্ষা করা হলে প্রায় ৮৫% জন মানুষের লোহিত কণিকা জমাট বেধে যায় (agglutinated) কিন্তু বাকী ১৫% জনে জমাট বাধতে পারেনি। এরূপে নির্মিত মানব টিকাকে (human antigen) Rh বলা হয়। এর মূল উৎস রেসাস (Rhesus) কথাটির প্রথম অক্ষরদ্বয় হতে আসে। পরবর্তীতে পৌনঃপুন্য রক্ত গ্রহীতার ও এরিথ্রোব্লাস্টোসিস শিশু গর্ভে ধারণকারী মা থেকে মানব সিরাম তৈরী করা হয়েছে। এ প্রসঙ্গে বাঙ্গালীদের Rh উপসর্গের তথ্য (সারণী ২৮) পরিবেশিত হলো।

যে সমস্ত লোকের রক্ত জমাট হয় পূর্বতন Rh^- প্রতি-সিরাম (anti-serum) দ্বারা তাদেরকে Rh^+ ধনাত্মক বলা হয়; যাদের হয় না তাদেরকে Rh^- ঋণাত্মক বলা হয়। তবে বংশগতির দিক থেকে Rh^+ ও Rh^- এর মধ্যেকার পার্থক্য একজোড়া জিনের উপর নির্ভরশীল এবং Rh^+ অবস্থা প্রকট (সারণী ২৯)।

সারণী--২৯ : Rh উপসর্গের সনাক্তকরণ ও জাতি-নমুনা নিরূপণ

প্রকার	Rho এর সাথে প্রতিক্রিয়া	জাতি-নমুনা
ধনাত্মক	+	RR, Rr
ঋণাত্মক	—	rr

যাহোক উক্ত Rh প্রকৃতিগত জটিলতা সম্পর্কীয় গবেষণায় তার সম্পর্কে আরো জানা যায়। এইভাবে আরও দুটি প্রতি-সিরাম আবিষ্কৃত হয় এবং এরা প্রত্যেকে ইতিপূর্বে সনাক্ত Rh^+ ধনাত্মক মানুষের কোন কোন জনের রক্তকণিকাকে জমাট বাধায়, তবে সকলের নয়। এই সিরাম rh' ও rh'' ব্যবহার করে এবং পূর্বতন Rho সিরাম ব্যবহার করে নিম্নলিখিত ৮ প্রকার Rh-এর বাহ্যিক নমুনা (phenotype) সনাক্ত করা সম্ভব হয়েছে।

সারণী—৩০ঃ রক্ত প্রকার যা মাত্র তিনটি প্রতি-সিরাম ব্যবহার করে সনাক্তযোগ্য

Rh	প্রকার	জাতি-নমুনা	প্রতি-সিরামের সাথে প্রতিক্রিয়া		
			প্রতি Rho	-প্রতি rh'	-প্রতি rh''
Rh^+	Rho	RoRo, Ror	+	—	—
	Rh^1	$R_1 R^1$, R^1o, R^1r^1 R^1r, R^0r^1	+	+	—
	Rh_2	R^2R^2, R^2R^0, $^2Rr^1$ R^2r, R^0r^{11}	+	—	+
	Rh_z	$R^z R^z$, R^zR^0 R^1R^2			
		$R^z R^z$, R^zR^2, $R_z r^1$ R^1ry, R^zr^{11}, R^2ry R^zry, R^zr, R^0ry R^1r^{11}, R^2r^1	+	+	+
Rh^-	rh^1	r^1r^1, r^1r	—	+	—
	rh^{11}	$r^{11}r^{11}$, $r^{11}r$	—	—	+
	rhy	ryry, r^y, r, r^yr^{11} ryr, r^1r^{11}	—	+	+
	rh	rr	—	—	—

উপরোক্ত সারণীতে (সারণী ৩০) Rh প্রকারে বংশপরম্পরার প্রবাহ ব্যাখ্যা করতে গিয়ে ওয়েনার (Wener) উক্ত সিরিজকে মিশ্র-বিসম-এর মধ্যে উল্লেখ করেন যার জাতি-নমুনা দেখানো হয়েছে। সুতরাং ৮টি এলিল হচ্ছে R^0, R^1, R^2, R^z, r^1, r^{11}, r^y ও r এবং এই ৮টি এলিলের প্রত্যেকটির প্রতিক্রিয়া কী ৩০ নং সারণী থেকে তা আমরা এক্ষণে বুঝতে পারব। ৮টি এলিলের আন্তঃক্রিয়া এখন আরও তিনটি প্রতি-সিরাম যথা--Hro, hr^1 ও hr^{11} দ্বারা সনাক্ত করা সম্ভব। ইতিপূর্বে যে প্রতীক ব্যবহৃত হয়েছে তা ওয়েনারের (১৯৪৩) প্রস্তাব অনুযায়ী হয়েছে এবং এটি বহু জায়গায় গৃহীত। তবে আর এক প্রকার প্রতীক ফিশার ও রেস মাঝে-মধ্যে ব্যবহার করতেন। তবে পরীক্ষাগারে কোন ব্যক্তির রক্ত পরীক্ষার প্রতিবেদন যে-কোন একটি পদ্ধতি অবলম্বন করে দেয়া চলে। অধিকন্ত উভয় পদ্ধতির সাথে পরিচিত হওয়াটাই শ্রেয়।

সারণী-৩১ : Rh--Hr রক্ত-প্রকার যা ছয়টি প্রতি-সিরাম দ্বারা সনাক্তযোগ্য

Rh–Hr প্রকার	জাতি-নমুনা	প্রতি-সিরামের সাথে প্রতিক্রিয়া					
		প্রতি Rho	প্রতি rh^1	প্রতি rh^{11}	প্রতি Hro	প্রতি ha^1	প্রতি hr^{11}
Rho	R^0R^0	+	—	—	—	+	+
	R^0r	+	—	—	+	+	+
Rb_1	R^1R^1	+	+	—	—	—	+
	R^1R^0	+	+	—	—	+	+
	R^1r^1, R^0r^1	+	+	—	+	—	+
	Rr	+	+	—	+	+	+
Rh_2	R^2R^2	+	—	+	—	+	—
	R^2R^0	+	—	+	—	+	+
	R^2R^{11}	+	—	+	+	+	—
	R^2r, R^0r^{11}	+	—	+	+	+	+
Rhz	R^zR^z	+	+	+	—	—	—
	R^zR^0	+	+	+	—	+	+
	R^zR^1	+	+	+	—	—	+
	R^zR^2	+	+	+	—	+	—
	R^zr^1, R^1r^y	+	+	+	+	—	+
	R^zr^{11}, R^2r^y	+	+	+	+	+	—
	R^zr^y	+	+	+	+	—	—
	R^zr, R^0r^y } R^1r^{11}, R^2R^1 }	+	+	+	+	+	+
rh^1	r^1r^1	—	+	—	+	—	+
	r^1r	—	+	—	+	+	+
rh^{11}	$r^{11}r^{11}$	—	—	+	+	+	—
	$r^{11}r$	—	—	+	+	+	+

rh^y	$r^y r^y$	—	+	+	+	—	—
	$r^y r^1$	—	+	+	+	—	+
	$r^y r^{11}$	—	+	+	+	+	—
	$r^y r$, $r^1 r^{11}$	—	+	+	+	+	+
rh		—	—	—	+	+	+

এই অধ্যায়ের মূল বিষয়বস্তুর সারসংক্ষেপস্বরূপ এটুকু বলা যায় যে, একে-অন্যের এলিল্ এরূপ জিন জোড়ায় জোড়ায় অবস্থান করবে তা সঠিক নয়, তারা তিন, চার বা অধিক সংখ্যক দলে অবস্থান করতে পারে। একটি বিশেষ ব্যক্তি ঐ মিশ্র-বিসমের যে-কোন দুটি বহন করবে এবং জননকোষ একটি বহন করবে। এরূপ দুটি বিশিষ্ট সম্পর্কীয় সমাগম-গুলো মিশ্র-বিসমের ভিত্তিতে এক জোড়া বা এক সঙ্কর অনুপাতে হবে।

অনুশীলনী

১। মিশ্র-বিসম বংশক্রমতা বর্ণনা কর।

২। "রক্তদল ও রেসাস্ বানর" উপসর্গগত বংশগতির বিবরণ দাও।

৩। প্রত্যেক শ্রেণীর জাতি-নমুনাসহ বাঙ্গালীদের রক্তের শ্রেণীবিন্যাস বর্ণনা কর।

৪। বাঙ্গালীদের মধ্যে ২'৫৬% লোক Rh-ঋণাত্মক-এর অর্থ কি?

দ্বাদশ অধ্যায়

বহুগুণিত মিশ্র উপসর্গ বংশক্রমতা
(MULTIPLE FACTOR INHERITANCE)

জিন-তত্ত্বের (gene theory) আলোকে মেন্ডেল সর্বপ্রকার বংশ-গতির একটি সহজ ও যুক্তিনিষ্ঠ ব্যাখ্যা প্রদান করেন। আমরা দেখেছি, তাঁর সফলতার ভিত্তি রচিত হয়েছে বিভিন্ন প্রকার মটর দানায়, পরিষ্কার ভিন্ন ভিন্ন কতকগুলি গুণগত চারিত্রিক পার্থক্য থাকার জন্য। পরবর্তী-কালে মেণ্ডেলের অনুগামীরা অনুরূপ গুণগত পার্থক্য ও ভেদাভেদের উপর বহুদিন যাবত কাজ করেন। কিন্তু প্রাণীর প্রজাত, উপ-প্রজাত ও ব্যক্তিবিশেষের মধ্যেকার সকল ভেদাভেদ ঐ একই প্রকারের গুণ-গত ব্যাপার নয়। মানুষের আয়ু, বিকাশ (stature), দৈহিক ওজন বা মেধা, গৃহপালিত পশু-পক্ষীর অর্থকরী গুণাগুণ (economically important traits) যেমন গাভীর দুধের পরিমাণ, মাংসের পরিমাণ, মুরগীর ডিম উৎপাদনের পরিমাণ ইত্যাদি এবং চাষকৃত উদ্ভিদের ফলন (দল ও বীজ) ইত্যাদি সচরাচর এ শ্রেণীতে পড়ে না। এ সকল বৈশিষ্টা প্রকৃতিতে গুণাগুণের চেয়ে পরিমাণগতই বেশী। সমস্ত প্রভেদ-গুলো বৃহৎ ও ছোট, ভারী ও হালকা, উচ্চ ফলন ও নিম্ন ফলন ইত্যাদিতে ঘটে। মেণ্ডেলের বিশ্লেষণ পদ্ধতি এরূপ ক্রমাগত প্রভেদী বৈশিষ্ট্যের বেলায় প্রয়োগ করা দুষ্কর। কেননা, ঐগুলি (বৈশিষ্ট্য) সঙ্করের সন্তানাদিতে বিকিরিত হওয়ার চেয়ে মিশ্রিত (blending) বা মিলিত হয়ে সম্পূর্ণ নতুন কিছু উৎপাদন করে এবং নিগ্রো-শ্বেতাঙ্গ সঙ্করজাতে (mulatlose) ত্বকের বংশক্রমতায় তাদের মিলিত (blending) ফল অমেণ্ডেলীয় বংশক্রমতার একটি আকর্ষণীয় উদাহরণ। এক সময় বৈজ্ঞানিকদের এমনিভাবে পরিমাণগত বৈশিষ্ট্যের বংশক্রমতার সম্মুখীন হতে হয়েছিল। পরবর্তীতে সুইডেনের কৌলিতত্ত্ববিদ নিলসন-ইলে (১৯০৮) এ ধারা প্রজ্জ্বলিত রাখেন এবং মার্কিন কৌলিবিজ্ঞানী ইস্ট

(১৯১০-১৯১৬) দেখিয়েছেন যে, সম্পূর্ণ মিশ্র বংশগতি (blending inheritance) অনবরত প্রভেদী বহু-জৈনিক গুণাগুণের যৌথ ক্রিয়া, যেখানে প্রত্যেকটি জিনের আলাদা প্রভাব সংশ্লিষ্ট বৈশিষ্ট্যের উপর অত্যন্ত ক্ষীণ। ইংলণ্ডের ম্যাথার সাম্প্রতিক এরূপ বহুগুণিত জিনের বিশ্লেষণের জন্য একটি পরিসংখ্যান পদ্ধতির উদ্ভব করেছেন এবং বহুগুণিক জিনসমূহকে তিনি 'বহুমুখী জিন' (poly genes) বলে আখ্যায়িত করেন। অবশ্য সন্দেহাতীতভাবে এরূপ গবেষণা দ্বারা বহু-মুখী জিনের উপর আরো অনেক কিছু প্রকাশ পাবে বলে সংশ্লিষ্ট বৈজ্ঞানিকরা আশাবাদী।

পরিমাণগত ও গুণগত বৈশিষ্ট্য (Quantitative and qualitative characters)

প্রাণীকুলের মধ্যে গুণের চেয়ে পরিমাণগত বৈশিষ্ট্যসমূহ মানুষের কাছে অর্থকরী তথা জীবন-ধারণোপযোগী পণ্য। তবে ঘটনাক্রমে অত্র দু'প্রকার গুণাগুণের মধ্যে কোন সূক্ষ্ম বিভাজন-রেখা (sharp dividing line) টানা যায় না। তথাপি মেণ্ডেল নিজে লম্বা ও বামন মটর কলাই সমাগম করে দেখিয়েছেন যে, আকারের মধ্যেকার প্রভেদ বংশানুক্রমিক এবং একজোড়া এলিলের একটি মাত্র জিনের জন্য তা ঘটে থাকে। তা ছাড়া লম্বা ও বেঁটে উদ্ভিদগুলির মধ্যে তারতম্য এমনই স্বচ্ছ যে, কোন পরিমাপের প্রয়োজন করে না। এই ভেদাভেদের প্রকৃতি পরিষ্কারভাবে পরিমাণগত নয় এবং গুণগত থেকে তা আলাদা। কিন্তু ঘটনা হচ্ছে এই যে, কতকগুলো প্রভেদ ক্রমানুয়ে সঠিক শ্রেণীতে বিন্যস্ত করা অত্যন্ত কষ্টসাধ্য বা মোটেই শ্রেণীবিন্যাস করা যায় না। এরূপে অনাতিশ্বেতকায় (non-albino) শ্বেত ও সর্বোৎকৃষ্ট নিগ্রোদের মধ্যবর্তী সকল প্রকার ত্বকের বর্ণ-বৈষম্য ঘটে থাকে। অধিকন্তু, পরিমাণগত গুণাগুণগুলি প্রায়ই পরিবেশের প্রভাবে পরিবর্ধনযোগ্য। এ কারণে কোন এক ব্যক্তির চর্ম-বর্ণ সূর্যালোকের পরিমাণের উপর নির্ভরশীল হয়ে অপেক্ষাকৃত ফর্সা বা কালো হতে পারে। অন্যদিকে প্রাণী ও উদ্ভিদরা খাদ্যের প্রাচুর্যে ও উৎকৃষ্ট মাটিতে বৃহদাকার ও ভারী হয়ে বৃদ্ধি পায়। বহুমুখী জিনগুলো (যারা পরিমাণগত গুণাগুণে বংশানুক্রমিক প্রভেদ সৃষ্টি

করে দেখাতে পারি এবং এ ব্যাপারে আমরা ধরে নেব যে, প্রত্যেকটি জিন জন্মো ওজন উৎপাদনের বেলায় সমান ভূমিকা পালন করে।

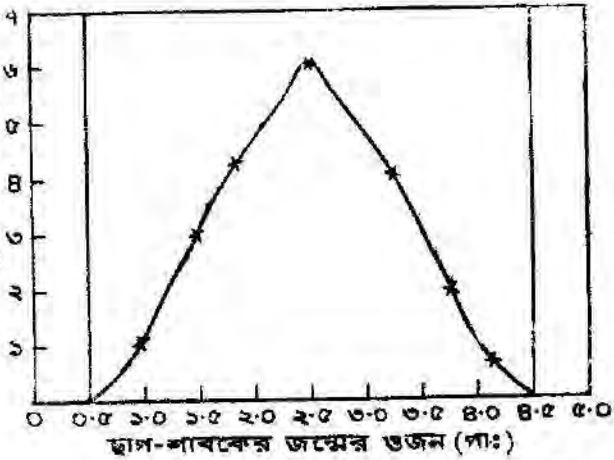
কৃষি বিশ্ববিদ্যালয়ে পশু-প্রজনন ও কৌলিবিজ্ঞান বিভাগাধীন একটি পশু প্রজননমূলক গবেষণা প্রকল্পে কালো বাংলা ছাগ-শাবকের জন্মের ওজন সংগ্রহ করাতে দেখা গেল মোট ৪০৯টি শাবকের জন্মের ওজন ১'০০ পাঃ থেকে ৪'০০ পাউণ্ডের মধ্যে ওঠানামা করে। ঘটনাক্রমে ১'০০ পাঃ জন্মের ওজন সবচেয়ে কম এবং সবচেয়ে কম ওজনটিকে কৌলিকতার দিক থেকে ছাগ-শাবকের অবশিষ্ট জাতি (residual genotype) নমুনা ধরে নিতে পারি।

তাহলে নিম্নলিখিত তথ্য উদাহরণে ব্যবহৃত হবে: '**জ**' ও '**ও**' দাতা জিন যারা ০'৭৫ পাঃ জন্মের ওজনের জন্য দায়ী। 'জ' ও 'ও' হচ্ছে নিরপেক্ষ জিন যা ওজনে কোন কিছু যোগ করে না। **জ জ**, ও ও হচ্ছে অবশিষ্ট জাতি-নমুনা যা ১'০০ পাঃ ওজন দেয়।

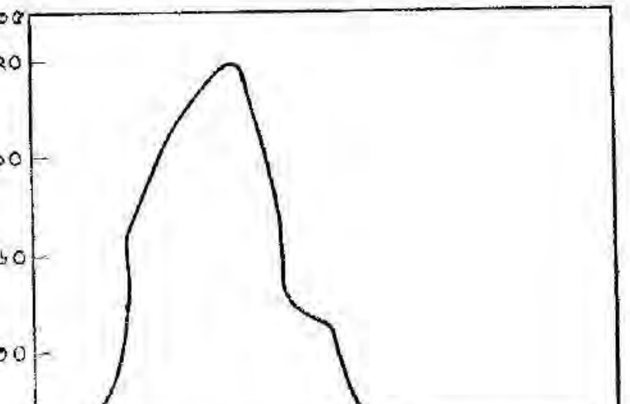
মাতা-পিতা		**জ জ ও ও** +	জ জ ও ও
		৪'০০ পাঃ	১'০০ পাঃ
F_1		**জ** জ **ও** ও	
		২'৫০ পাঃ	
F_2		জাতি-নমুনা	বাহ্যিক নমুনা
	১	**জ জ ও ও**	৪'০০ পাঃ
	২	**জ জ ও** ও	৩'২৫ ,,
	১	**জ জ** ও ও	২'৫০ ,,
	২	**জ** জ **ও ও**	৩'২৫ ,,
	৪	**জ** জ **ও** ও	২'৫০ ,,
	২	**জ** জ ও ও	১'৭৫ ,,
	১	জ জ **ও ও**	২'৫০ ,,
	২	জ জ **ও** ও	১'৭৫ ,,
	১	জ জ ও ও	১'০০ ,,

বাহ্যিক নমুনা পাঃ	অনুপাত
১	৪'০০ পাঃ
৪	৩'২৫ ,,

৬	২˙৫০ ,,	গড় = ২˙৫০ পাঃ
৪	১˙৭৫ ,,	প্রভেদ = ১˙০০ হতে
১	১˙০০ ,,	৪˙০০ পাঃ



চিত্র ১২˙১। একমাত্র যৌগিক জিন্-ক্রিয়া জড়িত F_2 সমাগমের বাহ্যিক নমুনার অনুপাত কি করে স্বাভাবিক পৌনঃপুন্য বিতরণ-রেখা তৈরী করে তার দৃষ্টান্ত।



চিত্র ১২˙২। বাংলাদেশ কৃষি বিশ্ববিদ্যালয়ে পশু-প্রজনন গবেষণায় ৪০৯টি কালো বাংলা ছাগ-শাবকের জন্মের ওজনের উপর স্বাভাবিক পৌনঃপুন্য বিতরণ-রেখা (১৯৭০-৭৮)।

স্বাভাবিক পৌনঃপুন্য বিতরণ-লেখ
(Normal frequency distribution curve)

আমরা যদি উল্লেখিত প্রজননের দিকে লক্ষ্য করি তবে দেখা যাবে F_1 সন্তানদের গড় জন্মের ওজন ২'০ পাঃ যা উভয় মাতা-পিতার গড়ের সাথে মিলে এবং শুধু তাই নয়, এটি থেকে প্রভেদ হয় শূন্য। কিন্তু দ্বিতীয় সঙ্করে কিছু প্রভেদ সন্তানদের মধ্যে লক্ষ্য করা যায় যা ১'০ হতে ৩'০ পাঃ-এর মধ্যে সীমাবদ্ধ রয়েছে। তা সত্ত্বেও দ্বিতীয় সঙ্করের সন্তানদের গড় করলে তাও ২'০ পাঃ এ দাঁড়ায়। এটি একটি চমৎকার দৃষ্টান্ত।

বাস্তবে অনুরূপ দৃষ্টান্ত খুব কমই ঘটে। কারণ, প্রজননের জন্য জনক-জননী বাছাই করতে খুব বেগ পেতে হয়; এমনকি উক্ত জিনের জন্য সমসংস্থ কোন প্রাণী হয়তো পাওয়াই যায় না। বৈশিষ্ট্যটি, পরিবেশ, লিঙ্গ, খাদ্যের পরিমাণ এবং অন্যান্য উপসর্গ দ্বারা প্রভাবিত হয়ে থাকবে। অন্যান্য উপসর্গগুলো অন্যান্য পুরুষেও অপরিষ্কার থেকে যাবে। অন্য একটি উপসর্গ বাস্তবে হচ্ছে এই যে, প্রায়ই প্রথম ঔরসজাত সন্তানদের গড় জনক-জননীর গড়ের সাথে যথাযথভাবে সমতা রক্ষা করে না। তবে মাতৃপিতৃক দলের যে-কোনটির গড়ের কাছাকাছি হতে পারে। অনেক সময় সুযোগের ওঠানামার জন্য তা হয় এবং এটি সত্যসত্যই একটি বাস্তব পর্যবেক্ষণ হয়ে দাঁড়ায়।

বাস্তবে F_1-এর গড় মাতা-পিতার সাথে সন্নিপাত হয় না, কারণ সংশ্লিষ্ট জিনসমূহ যৌগিক পদ্ধতির চেয়ে কোন প্রকার আন্তঃক্রিয়ার মাধ্যমে তাদের অবদান রাখে। তাই ধ্রুব পরিমাণগুলি যোগ বা বিয়োগ করার পরিবর্তে তারা অবশিষ্ট জাতি-নমুনা হতে বিচ্যুতিকে কোন একটি ধ্রুব পরিমাণ দ্বারা গুণন বা ভাগ করে বলে প্রতীয়মান হয়। ফলে F_1-এর গড়টি মাতা-পিতার গাণিতিক গড়ের পরিবর্তে তার জ্যামিতিক গড়ের কাছাকাছি হয়। জ্যামিতিক গড় হচ্ছে মাতা-পিতার গড়ের বর্গমূল (Square root of parental means)। যদি জিনগুলি কোন পরিমাণগত বৈশিষ্ট্যকে গুণ পদ্ধতিতে প্রভাবিত করে, তাহলে দুটি জনকজননী দলের জ্যামিতিক গড় হতে F_1-এর যে-কোন বিচ্যুতি এলিল প্রকটতা

ও যুগলের উপর প্রকটতা (domiance and epistasis) কাজ করছে বলে ইঙ্গিত দেবে। সুতরাং একথা বলা চলে যে, পরিমাণগত বৈশিষ্ট্যের বংশক্রমতার জন্য শুধু জৈনিক যৌগিক কার্যকারিতাই দায়ী নয়, বরং অন্য কোন প্রকার জৈনিক ক্রিয়া যথা অতি প্রকটতা (over dominance), প্রকটতা (dominance) ও যুগল-প্রকটতাও (epistasis) অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ। অধিকন্তু অনেক বৈশিষ্ট্যের বেলায় পরিবেশ একটি গুরুত্বপূর্ণ ভেদাভেদের কারণ। অতএব এই বিভিন্ন প্রকার জৈনিক ক্রিয়ার প্রত্যেকটির আপেক্ষিক প্রভাবসহ পশু-পক্ষীর আর্থিক গুণাগুণের উপর পারিপার্শ্বিক উপসর্গগুলির প্রভাব নিরূপণ উন্নত পশুপক্ষী (improval livestock) প্রজননের জন্য কার্যকরী প্রজনন ও বাছাই পদ্ধতি খুঁজে বের করতে সহায়ক হবে।

গৃহপালিত (অর্থকরী) পশুতে পরিমাণগত বংশক্রমের বাস্তব উদাহরণ

বাংলাদেশ কৃষি বিশ্ববিদ্যালয় কৃত্রিম প্রজনন গবেষণাগারে ছাগল প্রজনন পরীক্ষায় ৪০৯টি ছাগ শাবকের জন্মের পর ১২ ঘন্টার মধ্যে গৃহীত ওজন ১২'২ নং চিত্রে প্রদর্শিত হলো। লক্ষ্য করা যেতে পারে যে, এ সংখ্যাগুলো ঘন্টা বাজানো বেলের আকৃতিক পৌনঃপুন্য বিতরণ বক্ররেখা গ্রহণ করেছে। এই বাস্তব উদাহরণে পরিবেশ ও বংশগতি প্রকারণের জন্য দিয়েছে (চিত্র নং ১২'১)। তবে ছাগ শাবকের জন্মের ওজন ও অন্যান্য গুণাগুণের জন্য পরিবেশের প্রভাব খুব বড় হতে পারে বলেই যতটুকু সম্ভবত ততটুকু পরিমাণেই প্রজননবিদকে অবশ্যই সেই প্রভাবগুলিকে নিয়ন্ত্রণ করতে হবে। যেমন সংশ্লিষ্ট পরীক্ষায় ছাগলকে ও তার বাচচাকে যথাক্রমে একই খাদ্য ও পরিবেশ দেওয়া হয়েছিল। অবশ্য, যে সমস্ত উপসর্গ নিয়ন্ত্রণ করা যায় না—যেমন বয়স ও লিঙ্গ, যেগুলির জন্য সংখ্যায় সংকুলান (adjustment) রাখতে হবে। (আলোকচিত্র নং ২ক ও ২খ দ্রষ্টব্য)।

পরিমাণগত বৈশিষ্ট্য মাপার পরিসংখ্যান পদ্ধতি (Statistical Methods For Measuring Quantitative traits)

দেখা গেছে যেহেতু পরিমাণগত বংশক্রমতায় বাহ্যিক নমুনা পরিষ্কার ও পৃথক নয় এবং দুই প্রান্তের মধ্যে প্রকারণের ক্রমতা প্রদর্শন করে,

সেহেতু জনসংখ্যা বা জীবগোষ্ঠীর পরিমাপ ও বর্ণনার জন্য গাণিতিক পদ্ধতির উদ্ভাবন করা হয়েছে। কতকগুলি পদ্ধতি এর মধ্যে অবাধে গৃহীত ২০টি ছাগ-শাবকের জন্ম-ওজন ব্যবহার করে আলোচনা করা হবে।

(১) গড় (Mean): এটি অত্যন্ত সহজ এবং খুব অল্প সময়-সাপেক্ষ। তথাপি ছাত্রদেরকে চিহ্নগুলির সাথে পরিচিত হওয়ার জন্য গড়কে নিম্নলিখিতভাবে বর্ণনা করা যায়:

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n}$$

এখানে $\bar{X}$ বা গ একটি দলের গড়কে বোঝায়; X বা গ প্রত্যেকটি পর্যবেক্ষণকে বোঝায় এবং গ্রীক চিহ্ন Σ দলের সবগুলো পর্যবেক্ষণকে যোগ করা বোঝায়। এ ছাড়া n বা স যে-দলের বা গোষ্ঠীর তথ্য সংক্ষিপ্তায়ন করতে হবে তার প্রত্যেক পর্যবেক্ষণের সংখ্যা বোঝায়।

আমরা এখানে ২০টি ছাগ-শাবকের জন্মের ওজনের গড় হিসেব করি:

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} \quad \text{বা} \quad \text{গ} = \frac{\Sigma \text{গ}}{\text{স}} = \cdots\cdots$$

(২) পরিসর পাল্লা (Range): এটি জনসংখ্যা বা গোষ্ঠীর মধ্যে প্রকারণের খুবই একটা খগড়া পরিমাপ। সংখ্যার দল বা ক্রমের মধ্যে নিম্নতম ও উচ্চতম সংখ্যা নির্ণয় করে নির্ণীত হয়।

(৩) ভেদ, প্রকার (Variance): এটি সাধারণতঃ সিগ্‌মা (σ^2) চিহ্ন দ্বারা বোঝানো হয়। তবে এটি অন্য যে-কোন গৃহীতব্য চিহ্ন যথা, প্র^2 দ্বারা বোঝানো যেতে পারে। এটি হচ্ছে গড় হতে এদিকে বা সেদিকে বিচ্যুত সংখ্যার বর্গের গড়। এখানে ৩২ নং সারণীতে গড় থেকে প্রত্যেক পর্যবেক্ষণের বিচ্যুতি সংশ্লিষ্ট কলামে নির্ণয় করা হয়েছে; প্রত্যেকটি বিচ্যুতির বর্গ করা হয়েছে আলাদা আলাদা এবং সব কয়টি বর্গকৃত বিচ্যুতির যোগফল দেওয়া আছে।

আমরা এক্ষেত্রে কেন বিচ্যুতিগুলোর গড় সহজে ব্যবহার করি না, তার কারণ, আমরা সবগুলো বিচ্যুতি যোগ করি এবং প্রত্যেকটি বিচ্যুতির

চিহ্নের প্রতি কঠিন গুরুত্ব আরোপ করি; এদের যোগফল হয় শূন্য। এরূপে এদের গড়ও হবে শূন্য। এ অসুবিধা দূরীকরণার্থে এবং পর্যবেক্ষণ দলের প্রান্তীয় মূল্যসমূহ সম্প্রসারণ করা বা এগুলির প্রতি অধিক গুরুত্ব দেওয়াই এর মূল উদ্দেশ্য। অন্যদিকে বর্গ করে গড় বের করার অন্যান্য পরিসংখ্যানগত পরিমাপগুলো বিশুদ্ধ গাণিতিকভাবে করা সম্ভব হয়।

এখানে আর একটি কথা উল্লেখ্য যে, ভেদ নির্ণয় করতে বর্গকৃত বিচ্যুতিগুলোর যোগফলকে মোট পর্যবেক্ষণ সংখ্যা (n বা স) দ্বারা ভাগ না করে মোট সংখ্যা থেকে ১ কমিয়ে ভাগ করা হয় অর্থাৎ (n-1 বা স--১)। এটি অন্ততঃ মোট সংখ্যা ২৫ এর কম এরূপ ক্ষেত্রে করা হয়। ৩২ নং সারণীর তথ্য থেকে ভেদ হিসেব করা হয় নিম্নলিখিতভাবে:

$$(\text{Variance})\ \sigma^2 = \frac{\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2/n}{n-1}$$

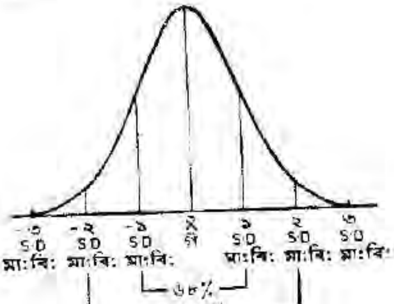
এ ব্যাপারে এখানে আর একটি গুরুত্বপূর্ণ বিষয় হচ্ছে যে, সূত্রটির লবকে (numerator) $\Sigma X^2 - \frac{(\Sigma X^2)}{n}$ বা Σ গ$^2 = \frac{(\Sigma গ^2)}{স}$ বাস্তবিকই গড় থেকে বিচ্যুতিসমূহের যোগফল যা প্রায়ই ΣX^2 হিসেবে লেখা হয়।

অন্যদিকে এই ভেদ প্রকারটির অত্যন্ত ব্যবহারিক ধর্ম হচ্ছে এই যে, একে একটি বিশেষ বিশ্লেষণ দ্বারা এর বিভিন্ন অঙ্গদলে পৃথক করা যায়। এইভেদ বিশ্লেষণটির বিশেষ অভিযোজন/উপযোগিতা কোন জনসংখ্যায় ভেদের শতকরা হার যা বংশক্রমতার জন্য অথবা পরিবেশের কারণে তা নির্ণয় করার কাজে ব্যবহৃত হতে পারে। অন্যান্য অনেক উদ্দেশ্যও সাধিত হতে পারে যা এখানে ব্যক্ত করা যাচ্ছে না।

মান বিচ্যুতি (Standard Deviation): পরিসর পাল্লার চেয়ে প্রদত্ত জনসংখ্যার মান বিচ্যুতি একটি সঠিক পরিমাপ এবং এটি কোন জনসংখ্যা বা পশু সংখ্যা বর্ণনা করতে উহার গড়ের সাথে সাথে সক্রিয়ভাবে ব্যবহার করা যেতে পারে। এর জন্য পরিসংখ্যানবিদরা বিভিন্ন প্রতীক ব্যবহার করে থাকেন; এবং এখানে তা বোঝাতে **S. D.** বা **মা: বি:** কথাটা ব্যবহার করা হচ্ছে। এটি ভেদের বর্গমূল (square root)। এটি নির্ণয়

করতে নিম্নলিখিত সূত্র ব্যবহার করা চলে (বিশেষ করে যন্ত্রে হিসেব করার জন্যে) :

$$S.D = \sqrt{\frac{\Sigma X^2 - (\Sigma X^2)}{n-1}} = \sqrt{\frac{\Sigma X^2}{n-1}} = 14{\cdot}47$$



চিত্র ১২·৩। প্রদত্ত জনসংখ্যায় গড় (mean) ও মানবিচ্যুতি (standard deviation) কি করে ভেদ বোঝাতে ব্যবহৃত হয়, তার স্বাভাবিক পৌনঃপুন্য বিতরণ-রেখা।

১২·৩ নং চিত্রে প্রদত্ত বক্ররেখা নির্দেশ করছে কি করে গড় ও মান বিচ্যুতি জনসংখ্যায় ভেদকে বুঝিয়ে থাকে। গড় ± একটি মান বিচ্যুতি মোটামুটি ৬৮% ব্যক্তি বা পশুকে বোঝায় ঐ জনসংখ্যায়। অন্যদিকে গড় ± দুটি মাঃবিঃ প্রায় ৯৫%কে বোঝায় এবং ± ৩ মাঃবিঃ ৯৯·৭% বোঝায়। অর্থাৎ ঐ জনসংখ্যায় বা পশুসংখ্যায় মাত্র ৫% ব্যক্তি গড় ± ২ মাঃবিঃ এর বাইরে পড়ে।

(৫) ভেদের সহগ (**Coefficient of variation**) ঃ একটি নির্দিষ্ট জনসংখ্যায় বা পশুসংখ্যায় ভেদের পরিমাণ প্রকাশ করার একটি পদ্ধতি হচ্ছে ভেদের সহগ নির্ণয় করা। এর সূত্র হচ্ছে $S.D/\bar{X}$ বা মাঃবিঃ/গ এবং ১০০ দ্বারা গুণন করলে তাকে শতকরা হিসেবে প্রকাশ করা যায়। অর্থাৎ ভেদের সহগ হচ্ছে গড়ের মানবিচ্যুতির ভগ্নাংশ বা শতকরা হার। সংখ্যাগতভাবে এর একটি ব্যবহার হচ্ছে এই যে, এর দুটি অসম্পর্কীয় ভেদের তুলনায় ব্যবহার করা যায়। উদাহরণস্বরূপ মাংস গরুর ওজন বৃদ্ধির হার ২৫% হলে এবং শূকরের তা ১৫% হলে বলা যায় যে দৈনিক বৃদ্ধির ভেদ গরুতে শূকরের চেয়ে অধিক।

সারণী-৩২ : বাংলাদেশ কৃষি বিশ্ববিদ্যালয়ে পশু-প্রজনন গবেষণা প্রকল্পে 'কালো বাংলা' ছাগ-শাবকের জন্মে-ওজন (আউন্স)

জন্মে ছাগ-শাবকের ওজন ক/x	গড় হতে বিচ্যুতি ক-ক/x-x	বিচ্যুতিসমূহের বর্গ (ক-ক)²
৩২	--৫'২৫	২৭'৫৬
৩২	--৫'২৫	২৭'৫৬
২৪	--১৩'২৫	১৭৫.৫৬
১৬	--২১'২৫	৪৫১'৫৬
৪৮	১০'৭৫	১১৫'৫৬
২৪	--১৩'২৫	১৭৫'৫৬
৩০	--৭'২৫	৫২'৫৬
২৫	--১২'২৫	১৫০'০৬
৪৫	৭'৭৫	৬০'০৬
২৫	--১২'২৫	১৫০'০৬
৩৬	--১'২৫	১'৫৬
৫৫	+১৭'৭৫	৩১৫'০৬
৬৪	২৬'৭৫	৭১৫'৫৬
৪৭	৯'৭৫	৯৫'০৬
৩৪	--৩'২৫	১০'৫৬
৩১	--৬'২৫	৩৯'০৬
৬৩	২৫'৭৫	৩৬৩'০৬
৫২	১৪'৭৫	২০৭'৫৬
১৬	--২১'২৫	৪৫১'৫৬
৪৭	৯'৭৫	৯৫'০৬
Σক ৭৪৫	০০'০০	৩৯৮০'২০
Σক² ৩১৪৪৮		
$\bar{ক}$ ৩৭'৭৫		

$$\text{ভেদ/প্রকার} = \frac{৩৯৮০'২০}{১৯} = ২০৯'৪৮$$

$$\therefore \text{মাঃ বিঃ} = \sqrt{২০৯'৪৮} = ১৪'৪৭$$

(৬) গড়ের মান বিচ্যুতি (Standard Deviation of the mean) : পশু-পক্ষীর পরীক্ষা কাজে আমরা অসংখ্য জীব-জন্তু ব্যবহার করি না। আসলে আমরা একটা ক্ষুদ্র নমুনা ব্যবহার করি সমস্ত পশু সংখ্যার পক্ষে। একটি প্রদত্ত পরীক্ষায় শত শত জীব-জন্তু ব্যবহার করলেও কথা ঐ-ই সত্য। এখন প্রশ্ন হচ্ছে, যে নমুনার গড় আমরা পরীক্ষায় পাই তা কত ধনিষ্ঠভাবে সমস্ত পশু-সংখ্যার সত্যিকার গড়কে প্রতিনিধিত্ব করে। ১২.২ নং চিত্রে ৪০৯টি ছাগ-শাবকের ওজন দেখানো হয়েছে এবং এটি যদি সম্পূর্ণ ছাগ-সংখ্যা হয়, তাহলে শাবকের বিভিন্ন নমুনা খেয়াল-খুশীমত (random) আমরা নিতে পারি এবং তাদের গড় নির্ণয় করতে পারি। এভাবে প্রত্যেক দলের ভিন্ন রকম গড় হতে পারে। কিন্তু পশুদলের বিভিন্ন গড়সমূহের একটি নির্দিষ্ট বৈশিষ্ট্য থাকবে। আমরা ইতিমধ্যে তা পশুসংখ্যার পশু-বিশেষের বেলায় লক্ষ্য করেছি যে, তারা তাদের নিজস্ব গড়ের চারিপার্শ্বে ওঠানামা করে। আমরা যদি তাদের গড়সমূহ লেখ-পটে স্থাপন করি, তাহলে আমরা দেখব যে তারা একটি স্বাভাবিক পৌনঃপুণ্য বিতরণ বক্ররেখায় পড়েছে। এ ঘটনাই আমাদিগকে সংখ্যার একটি বাস্তব গড় মোটামুটিভাবে হিসেব করার একটি পদ্ধতির দিকে ঠেলে দেয়। এ সংখ্যাতত্ত্বই হচ্ছে গড়ের মান বিচ্যুতি। এর সূত্র নিম্নরূপ।

$$S.E. = \frac{S.D.}{\sqrt{n}} \quad \text{অথবা}$$

$$\text{গড়ের মান বিচ্যুতি} = \frac{\text{মাঃ বিঃ}}{\sqrt{\text{ন}}}$$

আমরা একটি পশু সংখ্যা থেকে প্রাপ্ত অসংখ্য গড়ের সত্যিকার গড় বর্ণনা করতে বিতরণের গড় সহ একত্রে গড়ের মান বিচ্যুতিটি ব্যবহার করতে পারি। বিতরণের গড় $\pm$ একটি গড়ের মান বিচ্যুতি গড়ের ৬৮% কে ধরে নিবে এবং অনুরূপে $\pm$ দুটি গড়ের মান বিচ্যুতি আনুমানিক ৯৫% গড়কে সংশ্লিষ্ট করবে। অর্থাৎ আমরা বলতে পারি ১০০ গড়ের মধ্যে মাত্র ৫টি সত্য সত্য গড়ের বাহিরে পড়বে। প্রায়ই বৈজ্ঞানিক প্রতিবেদনে একটি নমুনার গড় একত্রে $\pm$ গড়ের মান বিচ্যুতিসহ বিবৃত করা হয়।

যদি দুটি বৃহৎ নমুনার গড় পৃথকভাবে পাওয়া যায় তাহলে তা (জ্ঞাতব্যটি) গড়ের পার্থক্যের মান বিচ্যুতি নির্ণয় করতে ব্যবহার করা চলে। এর সূত্রটি নিম্নরূপ :

$$\sqrt{(S.E_1)^2 + (S.E_2)^2}$$

অথবা

$$\sqrt{(\text{গড়ের মাঃবিঃ}_1)^2 + (\text{গড়ের মাঃবিঃ}_2)^2}$$

যদি, অনুরূপ দুটি নমুনার গড়ের মধ্যে একটি পার্থক্য ঐ পার্থক্যের মান বিচ্যুতির অন্ততঃ দ্বিগুণ হয়, তা হলে ৫% সম্ভাব্যতায় পর্যায়ে আমরা একে সত্যিকার পার্থক্য বলে গ্রহণ করতে পারি।

(৭) **অনুবন্ধের সহগ (Coefficient of correlation)** : এই পরিসংখ্যানটি তার অন্তর্নিহিত ভাবসম্প্রসারণসহ জীব-জন্তু তথা আমাদের গৃহপালিত অর্থকরী পশু-পক্ষীর উৎপাদনমূলক গবেষণায় যথেচ্ছ ব্যবহৃত হয়। অনুবন্ধের সহগটি (γ) দ্বারা উল্লেখ করা হয় এবং এ'টি দুটি প্রভেদ কি করে একত্রে আবরণ করে তার পরিমাপকে বুঝিয়ে থাকে। যদি তারা একই পথে চলে তাদেরকে ধনাত্মক অনুবন্ধনে আছে বলা হবে। অর্থাৎ একটি প্রভেদ বৃদ্ধি পেলে বা কমলে অন্যটিও বৃদ্ধি পাবে বা কমবে। আর যদি দুটি বিপরীত দিকে চলে তা হলে তাদেরকে ঋণাত্মক অনুবন্ধনে আছে বলা হবে; অর্থাৎ একটি বৃদ্ধি পেলে অন্যটি কমবে। সুতরাং দুটি প্রভেদের অনুবন্ধনের সহজ O থেকে ± ১ এর মধ্যে কোন এক জায়গায় নিহিত।

এক্ষণে একটা কথা আরও পরিষ্কার হওয়া দরকার যে, যে-কোন পশু-পক্ষীর পরীক্ষায় যদিও অনুবন্ধের সহজ আমাদেরকে বলে দুটি প্রভেদ কি করে একত্রে একই বা বিপরীত দিকে চলার ঝুঁকি নেয়, তথাপি এ'টি অবশ্যই এটা বোঝায় না যে, একটির আচরণ অন্যটির আচরণের কারণ বা ফল। সুতরাং কারণ ও ফলের পারস্পরিক সম্পর্ক, সম্ভব হলে, অবশ্যই অন্যান্য জানা (দুটি প্রভেদ সম্পর্কীয়) ঘটনা থেকে নির্ণয় করতে হবে।

একটি নির্দিষ্ট অনুবন্ধের সহগকে সাধারণতঃ বর্ণনা করা গুরুত্বপূর্ণ; অত্যধিক গুরুত্বপূর্ণ অথবা গুরুত্বহীন ইত্যাদি কথা ব্যবহার করে; কিন্তু বস্তুতঃ গভীরতা নির্ভর করে অনুবন্ধের সহগের আকার ও কত সংখ্যক পর্যবেক্ষণ ব্যবহৃত হয় এ'টি (γ) বা (অ) হিসেব করার জন্য, তার উপর। এর সহজ সূত্রটি:—

$$\gamma = \frac{\Sigma XY - \frac{(\Sigma X)\,\Sigma Y}{n}}{\sqrt{\Sigma X^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{n}} \cdot \sqrt{\Sigma Y^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{n}}}$$

—যেখানে X ও Y বা ক ও খ যথাক্রমে দুটি পৃথক প্রভেদ, n বা ন পর্যবেক্ষণের সংখ্যা এবং গ্রীক চিহ্ন (Σ) সকলের যোগ ফল।

অত্র সূত্র ব্যবহার করে ৩৩ নং সারণীতে প্রদত্ত অনুযায়ী অনুবন্ধ হিসেব করা হচ্ছে। এদের মধ্যে অনুবন্ধ পাওয়া গেল ০.৩২। অবশ্য গুরুত্ববহ অনুবন্ধের সহগ হতে হলে ১৮ ডিগ্রী স্বাধীনতায় ০.৪৪৪ হতে হয় ৫% পর্যায়ে এবং ০.৫৬১ হতে হয় ১% পর্যায়ে। তবে এ অনুবন্ধ বেশ ছোট। এটি একটি অপ্রত্যাশিত অনুবন্ধ (Chance correlation)।

সারণী ৩৩ ঃ—। জন্মের পর ১২ ঘণ্টার মধ্যে সংগৃহীত কালো বাংলা ছাগ-শাবকের ওজন ও তাদের দুগ্ধ ছাড়ায় দৈহিক বৃদ্ধি (পাঃ)

পর্যবেক্ষণ সংখ্যা	জন্মো ওজন (আঃ) ক/X	দুগ্ধ ছাড়ায় দৈহিক বৃদ্ধি (পাঃ) খ/Y	গুণফল কXখ /XY
১	৩২	২৩	৭৩৬
২	৩২	১৩	৪১৬
৩	২৪	২১	৫০৪
৪	১৬	১৩	১৯৮
৫	৪৮	১৫	৭২০
৬	২৪	১২	২৮৮
৭	৩০	১২	৩৬০
৮	২৪	২৫	৬০০
৯	৪৫	১৬	৭২০
১০	২৫	১৬	৪০০
১১	৩৬	১৬	৫৭৬
১২	৫৫	২০	১১০০
১৩	৬৪	২৪	১৫৩৬
১৪	৪৭	২৬	১২২২
১৫	৩৪	২০	৬৮০
১৬	৩১	১৩	৪০৩
১৭	৬৩	১৮	১১৩৪
১৮	৫২	১২	৬২৪
১৯	১৬	১৪	২২৪
২০	৪৭	২০	৯৪০
মোট ২০	ΣX/Σক ৭৪৫	ΣY/Σখ ৩৪৯	১৩৩৮১
	ΣX^2/Σক² ৩১৪৪৮	ΣY^2/Σখ² ৬৪৭৮	
	ΣX/ক ৩৭.২৫	Y/খ ১৭.৪৫	

(৮) পশ্চাৎগমন রেখা, আন্তঃপ্রভেদ সম্পর্করেখা (Regression line) : প্রত্যেকটি যুগল পর্যবেক্ষণ, যেমন জন্মে ওজন ও দুধ ছাড়ায় ওজন—এরা একটি পর্যবেক্ষণ দলের মধ্যে একে অন্যের থেকে বিশালভাবে প্রভেদী হতে পারে ; কিন্তু এ সত্ত্বেও এমন একটি রেখা হিসাব করা যায়, যা দুটি প্রভেদের মধ্যে একটা মাঝামাঝি সম্পর্ক দেখাবে। এটিই পশ্চাৎগমন রেখা। আন্তঃপ্রভেদ (variable) সম্পর্করেখা এবং এটি এই সমীকরণ দ্বারা প্রতিনিধিত্ব করানো হয় যথা :

$y = a + bx$; এবং b এর মূল্য হিসেব করলে

$$\text{Regression Coefficient, } b = \frac{\Sigma xy - \dfrac{(\Sigma x)(\Sigma y)}{n}}{\Sigma x^2 - \dfrac{(\Sigma x)^2}{n}} = 0 \cdot 10$$

অথবা, খ = অ + আ.ক ; এবং আ এর মূল্য (যাকে আমরা এখানে পশ্চাৎগমন **সহগ** বলছি)

$$\text{আ} = \frac{\Sigma \text{কখ} - \dfrac{(\Sigma \text{ক})(\Sigma \text{খ})}{\text{ন}}}{\Sigma \text{ক}^2 - \dfrac{(\Sigma \text{ক})^2}{\text{ন}}} = ০\cdot১০$$

এবং অ = $\bar{\text{খ}}$ − আ. ক

অর্থাৎ প্রতি ১ আঃ জন্মের ওজন পরিবর্তনে ০·১০ পাঃ দুধ ছাড়ায় ওজন পরিবর্তন হয়। এভাবে দুটি প্রভেদের জন্য দুটি আন্তঃপ্রভেদ সম্পর্করেখা সম্ভব, তবে কোন্‌টি হিসেব করতে হবে তা পছন্দ করার উপায় হচ্ছে কোন্‌টি কোন্‌টির উপর নির্ভরশীল।

গৃহপালিত পশুর অর্থকরী বৈশিষ্ট্য আলোচনা প্রসঙ্গে উল্লিখিত পরিসংখ্যান পদ্ধতিগুলোর ব্যবহার খুবই সহজ এবং যে কেউ তা করতে

পারে। তবে ঐগুলি ছাড়াও জীববিজ্ঞানে ব্যবহৃত হয় এমন আরও অনেক বিষয় পরিসংখ্যান বিদ্যায় রয়েছে। এগুলি হচ্ছে (১) গড়গুলোর পার্থক্য নির্ণয় করার পদ্ধতি; (২) দু'বা ততোধিক বৈশিষ্ট্যের পরিবেশ ও বংশগতিগত অনুবন্ধ নির্ণয় করার পদ্ধতি ও (৩) প্রদত্ত পশু-সংখ্যায় ভেদের বংশগতিগত ও পরিবেশগত অংশ নির্ণয় করার পদ্ধতি। এ পদ্ধতিগুলি বোঝার জন্য নিঃসন্দেহে অঙ্ক ও পরিসংখ্যান বিদ্যার ব্যাপক জ্ঞান আবশ্যক। বলাবাহুল্য বংশগতি বা কৌলিতত্ত্ব ও পশু-প্রজনন বিদ্যায় প্রাগ্রসর অধ্যয়ন ও গবেষণার জন্য উক্ত পরিসংখ্যান পদ্ধতি অবিচ্ছেদ্য অংশ। (আলোকচিত্র ৩ দ্রঃ)।

* * * *

সারণী ৩৪ ঃ বাংলাদেশের গৃহপালিত পশু-পক্ষীর পরিমাণগত পরিমাপ-যোগ্য অর্থকরী বৈশিষ্ট্যের তালিকা

পশুর প্রজাত (species)	অর্থকরী বৈশিষ্ট্য (Economic Traits)
১। গরু	(ক) জন্মে ওজন (weight at birth);
	(খ) যৌন পরিপক্বতায় ওজন ও বয়স;
	(গ) যৌন-পরিপক্বতা-উত্তর দৈহিক বৃদ্ধির হার;
	(ঘ) দুধ ছাড়ায় ওজন ও বয়স; (at weaning)
	(ঙ) দুগ্ধ উৎপাদন;
	(চ) দুগ্ধে স্নেহ উৎপাদন (Fat % of milk);
	(ছ) আন্তঃ অন্তঃসত্ত্বা কাল (gestation interval)
	(জ) প্রতি অন্তঃসত্তায় পালের সংখ্যা (Service per conception); ও
	(ঝ) মাংস উৎপাদন। ইত্যাদি।
২। মহিষ	ঐ

৩। ছাগল (ক) জন্মে ওজন;
(খ) দুধ ছাড়ার বয়স ও ওজন; (at weaning);
(গ) যৌন-পরিপক্বতায় ওজন ও বয়স
(ঘ) আন্তঃ অন্তঃসত্ত্বাকাল;
(ঙ) প্রতি অন্তঃসত্ত্বায় পালের সংখ্যা;
(চ) যমজ বাচ্চা উৎপাদন;
(ছ) মাংস উৎপাদন; ও
(জ) চামড়ার গুণাগুণ ইত্যাদি।

৪। ভেড়া (ক) (ছ) ঐ
(জ) পশম উৎপাদন;
(ঝ) পশমের বিভিন্ন গুণাগুণ ইত্যাদি।

৫। মুরগী (ক) ডিম উৎপাদনের বয়স ও ওজন;
(খ) দৈহিক বৃদ্ধির হার;
(গ) ডিমের সংখ্যা;
(ঘ) ডিমের আকার ও ওজন;
(ঙ) উর্বরতা ও
(চ) মাংসল হওয়ার সক্ষমতা ইত্যাদি (capability of being fleshy)

(আলোকচিত্র ৪ক, ৪খ ও ৫ দ্রষ্টব্য)

প্রাণীর গুণগত বৈশিষ্ট্য (Qualitative Traits)

ইঁদুরের সাদা দাগ (White Spotting in mice): এবারে আমরা প্রাণীর গুণগত বৈশিষ্ট্য অধ্যয়নের কথা আলোচনা করতে চাই। গৃহ-পালিত ইঁদুরের মধ্যে 'সাদা-দাগ' ঘটনা 'বহুমুখী' জিনের ক্রিয়ার আলোকে ব্যাখ্যা করা চলে। এখানে এখন বর্ণের কথা জানা যায় যে, তা প্রাণীর পেটের মাত্র একটি সাদা-দাগ থেকে শুরু করে সম্পূর্ণ সাদা চর্মবিশিষ্ট পর্যন্ত এবং চিত্র-বিচিত্র দাগের জন্য সমসংস্থ জিন (দ দ)—Pied-spotting এর ক্ষেত্রেই প্রযোজ্য। অর্থাৎ এরূপ ক্ষেত্রে ইঁদুরগুলোর বর্ণ পেটের একটি মাত্র সাদা দাগ থেকে শুরু করে শরীর সম্পূর্ণ সাদা

হওয়া পর্যন্ত বিস্তৃত। তবে বাছাই বিভিন্ন প্রকার ইঁদুরের দাগবিশিষ্ট উপ-প্রজাত (strain) জন্মানো যেতে পারে। প্রজনন পরীক্ষা থেকে জানা যায় যে, হালকা ও ঘনদাগী উপ-প্রজাতে অনেক জিন বর্ণের তারতম্য সৃষ্টি করে যা $দ_১ \cdots দ_ন$ পর্যন্ত বিস্তৃত। এদের একে অন্যের সাথে সঞ্চিত ক্রিয়ার (cumulative effect) ফলে অনুরূপ প্রভেদী সাদা-দাগের ক্রম সম্পন্ন ইঁদুর উৎপাদিত হয়। এ জিনগুলিকে ($দ_১ \cdots দ_ন$)দ জিন হতে আলাদা করে এবং বহিঃপ্রজনন (out-crossing) পদ্ধতি তাদের ক্রমঃ-বিশ্লেষণ করে স্থির করা যায়। এরূপ সাক্ষ্য-প্রমাণ গিনি-শূকর ও খরগোশেও পাওয়া গেছে।

নিগ্রো ও সাদা চামড়ার সঙ্কর বর্ণ : নিগ্রো ও সাদা চামড়ার সঙ্করের চর্ম-বর্ণের বংশগতি দেভেন পোর্ট (১৯১৩)-এর অনুবন্ধ অনুযায়ী ব্যাখ্যা করা যায়। যে অনুসারে অত্র চর্ম-বর্ণের সাথে সংশ্লিষ্ট জিন-গুলির প্রভাব হয় সঞ্চিত (cumulative) ধরনের না হয় যৌগিক (additive) ধরনের। অর্থাৎ প্রত্যেকটি জিন বর্ণ, উচ্চতা, ওজন বা উর্বরতার কিছু অংশের জন্য পৃথকভাবে দায়ী এবং সব কিছু মিলিয়ে যে বাহ্যিক নমুনাটির বিকাশ ঘটে তা ঐ সমস্ত জিনের অবদানের যোগফল মাত্র।

দেভেন পোর্টের অনুমান অনুসারে মধ্য ও পশ্চিম আফ্রিকার নিগ্রোরা সাদা চামড়ার লোকদের থেকে দুজোড়া বর্ণ-সৃষ্টিকারী জিনের ক্ষেত্রে পৃথক এবং এক্ষেত্রে জিনগুলির প্রকট প্রভাব থাকে না। ধরা যাক, নিগ্রোদের চারটি বর্ণ-জিন রয়েছে যথা — $ব_১ব_১ ব_২ব_২$ এবং সাদা চামড়ার ক্ষেত্রে এমন কোন জিন নেই। এদের মধ্যে বিবাহ হলে প্রথম পুরুষে তাদের সন্তানদের বর্ণ হয় মাধ্যমিক এবং দু'টি বর্ণ-জিন থাকে $ব_১ব : ব_২ব$। তবে দেভেন পোর্টের অনুমান অনুসারে "মুলাটেন" সন্তানরা যে হারা-হারিতে শারীরিক বর্ণ সৃষ্টি করে তাতে বংশগতির ব্যাখ্যা অতি সহজ হয়ে যায়। কিন্তু নিগ্রো ও সাদা চামড়ার মধ্যেকার পার্থক্য দু'জোড়ার অধিক তথা চার বা ততোধিক যুগল জিনের জন্য হবে বলে মনে হয়। এভাবে মানুষের বর্ণ সৃষ্টিতে অনেক জিন যুগল জড়িত যেখানে কোন প্রকটতা নেই বা যেখানে অসম্পন্ন প্রকটতা বিদ্যমান অথবা পরিবর্তে তারা যৌগিক ফল সৃষ্টি করে। এটি সন্দেহাতীতভাবে বলা যায়।

পরিবর্ধনকারী উপসর্গ ও বিশেষ পরিবর্ধক (Modifying Factors and Specific Modifiers) : যে প্রকার জিনের আন্তক্রিয়ায় অনেক জিন ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র বিকাশের মাধ্যমে (যেমন $দ_১, ন_২, দ_৩, দ_৭$ ইত্যাদি) একটি প্রধান জিনের প্রভাবের গভীরতাকে বদলে দিয়ে তাদের মুখ্য ক্রিয়াটিকে বলবৎ করে তাই সময়ে পরিবর্তনশীল প্রভাব (modifying effect) বলে উল্লেখ করা হয় এবং ক্ষুদ্র জিনগুলিকে পরিবর্তনকারী জিন বলে গণ্য করা হয়। এমন ক্ষেত্রে পরিবর্তনকারী (modifiers) জিনগুলির কিঞ্চিৎ প্রভাব রয়েছে এমনকি যখন প্রধান জিনও অনুপস্থিত। এরূপ ক্ষেত্রে রাইট ও চেসের (১৯৫৯) (Wright and Chase) মতে প্রধান জিন ও পরিবর্তনকারী জিনগুলির ক্রিয়া গুণগতভাবে একইরূপ। উদাহরণস্বরূপ গিনিশূকরের সাদা দাগ সৃষ্টিকারী জিনগুলির বিশ্লেষণ অনুরূপ অবস্থার ইঙ্গিত বহন করে।

অন্যদিকে এমন কতকগুলি ক্ষেত্র আছে যেখানে বহুমুখী জিন বিবেচ্য বৈশিষ্ট্যের উপর তাদের নিজস্ব প্রভাব ব্যতিরেকে একমাত্র একটি প্রধান জিনের প্রভাবকে সংশোধন করে থাকে। এরূপে ইঁদুর প্রজাতীয় প্রাণীর এমন একটি উপ-প্রজাত (strain) আছে যেখানে এক ধরনের সাদা ছিটা দাগ জন্মায় যাকে বহুরূপী (variegated) সাদা দাগ বলা হয়। এরূপ বহুরূপী ইঁদুর একটি প্রকট জিন **স**-এর জন্য বিসমসংস্থ এবং এটি সমসংস্থাবস্থায় (**স স**) মরণ-প্রভাবী বা প্রাণঘাতী (lethal)। এরূপ অবস্থায় জন্মের পরই ইঁদুরগুলি অতিশয় রক্তশূন্যতায় মারা যায়। কুচিৎ বাঁচলেও দীর্ঘকাল পরে তাদের সারা শরীর শ্বেত বর্ণের ও চোখ কাল বর্ণের হয়। অনেক বিলম্বে তাদের লোম গজায়। অর্থাৎ সাদা-দাগের গভীরতা বিসমসংস্থায় নির্ভর করে একমাত্র **স** জিনের উপর নয়, বরং সংশ্লিষ্ট প্রত্যেকটির ক্ষুদ্র ক্রিয়াসহ একটি জটিল বহুমুখী জিন গোষ্ঠীর উপর, যারা আবার ঐ জিনের প্রভাব নিরূপণ করে থাকে। আবার বিসমসংস্থ অবস্থায় (**স** স) পরিবর্তনকারী জিনের অধিকাংশ উপস্থিত থাকলে ইঁদুরগুলি প্রায় সাদা হয়। কতক উপস্থিত থাকলে বা মোটেই উপস্থিত না থাকলে ইঁদুরগুলি সাদা দাগের হতে পারে বা নাও হতে পারে। এরূপ জিনকে বিশেষ পরিবর্তনকারী জিন বলা হয়।

সারণী ৩৫ ঃ গৃহপালিত ইঁদুরে বিশেষ পরিবর্তনকারী জিনগুলোর দাগ সৃষ্টির প্রকট জিনের উপর প্রভাব।

	সন্তান			
মাতা-পিতা	**স** ও **দ** জিনের জন্য জাতি-নমুনা	প (**স**) এর অবস্থা	বাহ্যিক পৃষ্ঠদেশের সাদা %	অনুপাত
হালকা বহুরূপী	**স স দ দ**	প১প২......**প** স	১০০	৩/৪ সাদা
স স **দ দ**×	**স** স **দ দ**		৯০-৯৫	
স স **দ দ**	স স **দ**		০-৫	১/৪ অদাগী
অদাগী	ঐ	**প**১ **প**২...**প** স	১০০	১/৪ সাদা
স স **দদ**×**স** স **দদ**			০ ০	৩/৪ অদাগী
মধ্যম বহুরূপী	ঐ	প১প২**প**৩**প** স	১০০	১/৪ সাদা
স স **দদ**×**স** স **দদ**			২০-৮০	১/২ দাগী
			০	১/৪ অদাগী
কাল চক্ষু সাদা	**স স** স দ	প১ প২...**প** স	১০০	
স স দ দ×**স** স দ দ	**স** স দ দ		১০০	৩/৪ সাদা
	স স দ দ		৫০-৯০	১/৪ দাগী
মাঝারি দাগী	ঐ	**প**১**প**২...**প** স	১০০	১/৪ সাদা
স স দ দ×**স** স দ দ			৫০-১০০ ০-৫০	৩/৪ দাগী

উপর্যুক্ত সারণীতে দেখা যায়, এই পরিবর্তনকারী জিনগুলির একটি কার্যকারিতা হচ্ছে **স** এর প্রকটতা বা বিকাশমাত্রা নির্ধারণ করা। এখানে এমন একটি পরিষ্কার উদাহরণ পাওয়া যায় যেখানে একজোড়া এলিলের প্রকটতা অন্যান্য জিনের আন্তঃক্রিয়া দ্বারা নিরূপিত হয়।

অনুশীলনী

১। বহুগুণিত বংশক্রমতা ও মিশ্র বি-সম বংশক্রমতার মধ্যে পার্থক্য কি?

২। বহুগুণিত বংশক্রমতার প্রয়োগ পদ্ধতি বর্ণনা কর। গৃহপালিত পশুতে পরিমাণগত বৈশিষ্ট্য পরিমাপের বিভিন্ন পদ্ধতি ব্যাখ্যা কর।

৩। পরিবর্ধক উপসর্গ ও বিশেষ পরিবর্ধক বর্ণনা কর।

ত্রয়োদশ অধ্যায়

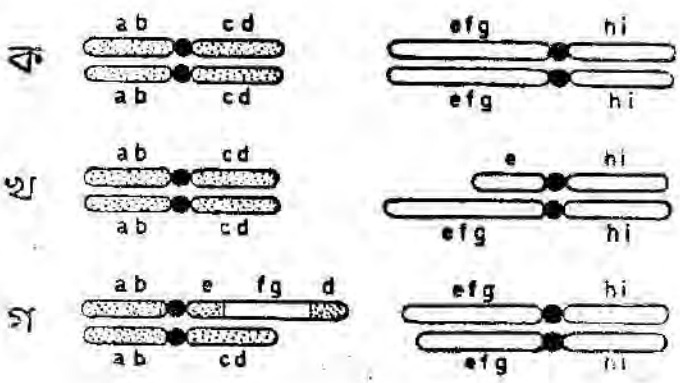
ক্রমোজোমের বিপথ গমন

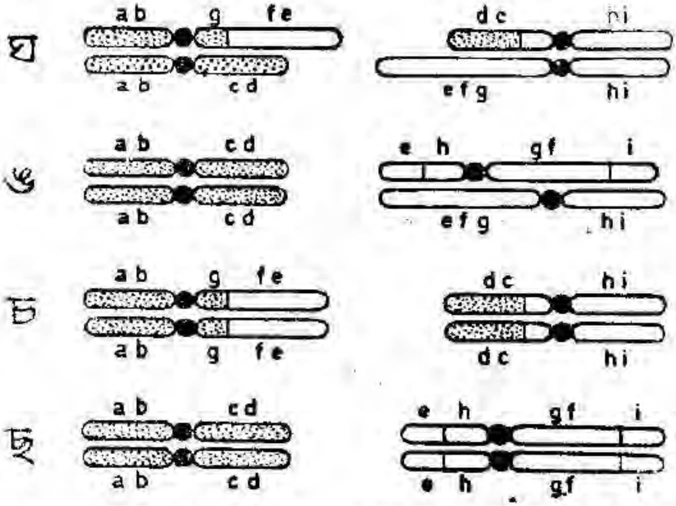
(CHROMOSOMAL ABERRATION)

ইতিপূর্বে যৌনাবদ্ধ জিনের (sex linked genes) আলোচনায় এক্স-ক্রমোজোমে জিনের অবস্থান সম্পর্কে কোষবিদ্যাগত সাক্ষ্য-প্রমাণ (cytological evidence) অবিচ্ছিন্নকরণ প্রক্রিয়ায় সংগঠিত হয় বলে জানা গেছে। এক্ষণে দেখা দরকার যে, ফল মক্ষিকার এক্স ক্রমোজোমের বেলায়ই এই অবিচ্ছিন্নকরণ সীমাবদ্ধ নয় বরং এটি অন্যান্য প্রজাতিতেও বিশেষ করে উদ্ভিদে ঘটে থাকে। ক্রমোজোমের অপেরন বা বিপ-গমন হচ্ছে একটি প্রকৃতিগত দৃশ্যমান ঘটনা। এ ঘটনা দ্বারা স্বাভাবিক প্রাণী বা উদ্ভিদের (২n) বংশ-পরম্পরায় ধ্রুব ক্রমোজোমের (যা বিশেষ প্রজাতিতে ধ্রুব) পরিবর্তে সংখ্যা ও গঠনগত অসমতা বা বিচ্যুতি বোঝানো হয়। এরূপ

(ক) সংখ্যাবাচক অপেরণ/বিচ্যুতি রেখা

অস্বাভাবিক উদ্ভিদ ও প্রাণী তার স্বপ্রজাতি থেকে আকৃতি ও গঠনগতভাবে প্রভেদযোগ্য। এই ক্রমোজোম বিচ্যুতি অপেরন প্রধানতঃ দু'ভাবে ভাগ করা যায়:





চিত্র ১৩'১। ক্রমোজোমে জিনের সংখ্যা বা বিন্যাস সংক্রান্ত অপেরনের শ্রেণী বিন্যাস. (ক) স্বাভাবিক, (খ) অভাব, (গ) দ্বিগুণ, (ঘ) বি-সমসংস্থ স্থানান্তর, (ঙ) বি-সমসংস্থ বিপরীতত্ত্ব, (চ) সমসংস্থ স্থানান্তর, (ছ) সমসংস্থ বিপরীতত্ত্ব। কালো বৃত্তাকার হচ্ছে সেন্ট্রোমিয়ার।

এক সেট ক্রমোজোম সংখ্যার ভিত্তিতে যে পরিবর্তনগুলো সাধিত হয়:

(১) একদেহী (Monosomics): ২ n-১ বা এখানে পুরো সেট থেকে একটি ক্রমোজোম খোয়া যাওয়াকে বোঝানো হয়।

(২) ত্রিদেহী (Trisomics): ২n + ১ বা একটি ক্রমোজোম পুরো সেটে যোগ হওয়াকে বোঝায়। অথবা যে সমস্ত ব্যক্তি বা বস্তু ২n + ১ সংখ্যক ক্রমোজোম দ্বারা গঠিত হয় তাকে ত্রিদেহী বলা হয়।

(৩) বহুদেহী (Polysomics): যে সমস্ত বস্তু বা ব্যক্তি ২n + ১ ও ও এর অধিক সংখ্যক ক্রমোজোম দ্বারা গঠিত তাদেরকে বহুদেহী বলা হয়।

(৪) শূন্যদেহী (Nullisomics): এটি জোড়ায় উভয় ক্রমোজোম খোয়া যাওয়াকে বোঝায়। অন্যদিকে সাধারণভাবে স্বাভাবিক ২n থেকে

ক্রমোজোম সংখ্যার বিচ্যুতিকে ভাজ/বা প্লয়ডি (ploidy) বলা হয়। এটি দুই প্রকার যথা,

(১) এনুপ্লয়ডি (aneuploidy) : এটি এমন বস্তুকে বোঝায় যার ক্রমোজোম সংখ্যায় এক বা একাধিক যুগল যুক্ত হয় অথচ পূর্ণ সংখ্যার সমান নয়। যেমন বাঁধাকপি পরিবারের বিভিন্ন সদস্য এরূপ সংখ্যক ক্রমোজোম ধারণ করে থাকে।

(২) বহুভাজী/পলিপ্লয়ডি (Polyploidy or aneuploidy) : উপরোক্ত ধরন ব্যতীত স্বাভাবিক পূর্ণ সংখ্যার দ্বিগুণ ক্রমোজোম সংখ্যাযুক্ত উদ্ভিদ বা প্রাণী। অবশ্য বহুভাজী (polyploidy) শব্দটি দ্বারা সাধারণভাবে সম্পূর্ণ সংখ্যার একাধিক ভাজকেই বোঝান হয়। যেমন, ত্রিভাজী (Triploid) যখন প্রত্যেক প্রকার ক্রমোজোম তিনটি করে থাকে, চতুর্ভাজী (Tetraploid) যদি ৪টা করে থাকে এবং পাঁচটা করে থাকলে পঞ্চভাজী (Pentaploid) ইত্যাদি বলা যেতে পারে। বহুভাজী প্রক্রিয়া উদ্ভিদের পরিবর্তনের জন্য দায়ী বলে মনে করা হয় এবং প্রাণিজগতে এটি বিরল। আবার স্ব-প্রজাতির মধ্যে ক্রমোজোম সংখ্যার দ্বিগুণী থেকে আবির্ভূত যে বহুভাজী প্রাণী তাকে স্ব-বহুভাজী (autopoliploidy) এবং দুটি ভিন্ন প্রজাতির সংমিশ্রণে সঙ্করজাত থেকে উদ্ভূত বহুভাজীকে বলা হয় বি-বহুভাজ (allopoliploidy) তবে বি-বহু ভাজীতে প্রত্যেক ক্রমোজোম সংখ্যার দ্বিভাজীকরণ দ্বারা এর সৃষ্টি হয়।

যাহোক সংক্ষেপে ক্রমোজোম সংক্রান্ত অপেরণকে এভাবে বোঝবার চেষ্টা করা যেতে পারে যে, বংশগতিতে পরিবর্ধনগুলি পুরো ক্রমোজোম সংখ্যার গুনসহ এক বা একাধিক ক্রমোজোম বা ক্রমোজোম-যুগলের সংযোজন বা বিয়োজনের ফলে ঘটে থাকে। সুতরাং এভাবে একটি গুরুত্বপূর্ণ নতুন বংশগতির দিকদর্শন এবং প্রভেদীকরণের বা রূপান্তরের উৎস খোঁজ করা গিয়েছে বহু পূর্বেই। এটি জৈনিক স্থায়ী পরিবর্তন ছাড়াও একটি নতুন উৎস হিসেবে স্বীকৃতি পেল। ধীর জৈনিক পরিবর্তনের সঞ্চিত প্রভাবের সাথে তুলনা করলে এটি (ভাজী) কিন্তু অবশ্যই একটি ত্বরিৎ প্রক্রিয়া এবং এই পদ্ধতির বিবর্তনকে বলা হয় প্রলয়ঙ্কারী বিবর্তন।

(খ) ক্রোমোজোম বস্তুর পুনর্বিন্যাস বাচক অপেরণ : (Re-arrangement of chromoso-materials or number of genes-loci)

ক্রমোজোমের সংখ্যাবাচক বিচ্যুতির কথা আলোচনা করা হয়েছে। এবারে পূর্ণ গঠনগত বিচ্যুতির কথা বলা দরকার। এ ধরনের পরিবর্তনগুলো ক্রমোজোমে জিনের সংখ্যা বা বিন্যাসগত এবং ফল-মাছিতেই এগুলোর পরীক্ষা-নিরীক্ষা যথেষ্ট হয়েছে। তবে গৃহপালিত পশু বা অন্য বৃহৎ প্রাণীতে এগুলো এখনও পরীক্ষিত হয়নি। এটা হচ্ছে দ্বিতীয় প্রধান ক্রমোজোম অপেরন। এখানে দেখা যাবে ক্রমোজোম বস্তুর পূর্ণ গঠনগত এরূপ বিচ্যুতিগুলি যেমন অনচরাচর সহগমন সম্পর্ক অস্বাভাবিক পৃথকীকরণ অনুপাত এবং ফলে প্রাণীর বাহ্যিক আকৃতিগত পরিবর্তনগুলিতে তাদের বহিঃপ্রকাশ। অন্যদিকে এটি ভাজ প্রক্রিয়ার মত বিবর্তনসূচক প্রভেদীকরণেরও ভিত্তি। বিচ্যুতিগুলি নিম্নলিখিত উপ-শিরনাম দ্বারা বোঝানো যেতে পারে :

(১) স্থানান্তরগত অপেরণ (One of aberratious translocation) : এই প্রক্রিয়ার একটি ক্রমোজোমের একটি অংশ বা খণ্ড ভেঙ্গে অন্য একটি ক্রমোজোমের (যা প্রায়ই অন্য যুগলের হয়ে থাকে) সাথে সংযুক্ত হয়। এরূপ অপেরনের বংশগত, কোষগত এবং অণুবীক্ষণ যন্ত্রগত প্রমাণ রয়েছে। প্রাণিজগতে মাত্র ফল-মক্ষিকার যৌনাবদ্ধ বংশগতিতে এটা পরিলক্ষিত হয় এবং উজ্জ্বল লোহিত বর্ণ থেকে এবড়োখেবড়োতে (Scarlet to roughoid) রূপান্তর পর্যন্ত ইত্যাদি উদাহরণ পাওয়া যায়। ইদানীং উদ্ভিদে এই অবস্থা বহু পরীক্ষা করা হয়েছে। এই স্থানান্তর আবার দু'রকমের হতে পারে, যেমন সাধারণ (simple) এবং পারস্পরিক (reciprocal)। সাধারণ স্থানান্তর হয় একই রকম বা স্ব-স্থানীয় ক্রমোজোম জোড়ায় এবং পারস্পরিক স্থানান্তর হয় ভিন্ন জোড়ার ক্রমোজোমের মধ্যে। তবে ভিন্ন জোড়ার মধ্যে এটি বেশী ঘটে থাকে। পরবর্তী স্থানান্তর প্রক্রিয়া কিভাবে ঘটে সে সম্পর্কে দু'টি মতবাদ আছে। একটি মতবাদ অনুযায়ী জনন-কোষ উৎপত্তিকালে কোন ক্রমোজোম ভেঙ্গে টুকরো হয়ে পুনরাবর্তে সামিল হয়। অন্যদিকে কতক পরীক্ষক অনুমান করেন—এক ক্রমোজোমের প্রান্তদেশ অন্য ক্রমোজোম দ্বারা ঢেকে থাকায় অথবা একে অন্যের সাথে জড়িয়ে পড়ায় সৃষ্ট হয় এবং তৎপর অস্বাভাবিক ভাঙ্গন ও ভিন্ন জোড়া ক্রমোজোমের

মধ্যের অংশবিশেষের বিনিময় দ্বারা এটি সংঘটিত হয়। অর্থাৎ এটি খণ্ড-বিশেষের বিনিময় দ্বারা ঘটে থাকে যার জন্য একে খণ্ডবিশেষের বিনিময়ও (segmental interchange) বলা হয়। উল্লিখিত প্রক্রিয়া প্রকৃতিগত। তবে কৃত্রিমভাবেও এটি ঘটানো যায় যেমনঃ পরীক্ষাগারে এক্সরে অথবা অন্যান্য কিরণপাত দ্বারা এটি ঘটানো সম্ভব। জিমসন আগাছার মধ্যে বিভিন্ন উপজাতের উৎপত্তি দ্বারা এটি ব্যাখ্যা করা চলে। তাছাড়া ইঁদুর ও অন্যান্য মূষিক প্রাণীর (rat & mouse) উৎপত্তি এভাবেই হয়েছে বলে বৈজ্ঞানিকদের ব্যাখ্যায় পাওয়া যায়। উপরন্তু উচ্চতর প্রাণীর বিবর্তনও একই প্রক্রিয়ায় সংঘটিত হয়েছে বলে পরোক্ষ প্রমাণ রয়েছে।

(৩) বাদ হওয়া বা মুছে যাওয়া (deletion) অপেরণ : এখানে পর্বে উল্লেখিত ক্রমোজোমের ভাঙ্গে টুকরো বা খণ্ড অন্য ক্রমোজোমের সাথে সংযুক্ত না হয়ে বরং স্বাধীনভাবে অবস্থান করে এবং কোষ-বিভাজনে বেকোসূত্রের (simple fibre) সাথে গ্রন্থিত না হলে হারিয়ে যায়। এমতাবস্থায় প্রাণীর মধ্যে কোন একটি ক্রমোজোমের কোন একটি খণ্ড বাদে স্বাভাবিক ক্রমোজোম থেকে যায়। খণ্ড হারিয়ে যাওয়া প্রাণী জীবিত থাকে বিশেষ করে বিসমসংস্থ অবস্থায় অবশ্য যুগল ক্রমোজোমের কোন অংশ অনুরূপভাবে হারিয়ে গেলে সে জীব বাঁচে না। বাদ হওয়া জনিত অপে-রণের একটি চমৎকার উদাহরণ হচ্ছে ইঁদুরের মধ্যে একটি জিনের খোয়া যাওয়া জনিত অবস্থা। এ জীবগুলিতে একটি প্রকট জিন আছে যা স্বাভা-বিক গতিবেগ বহাল রাখে এবং এর সাথে একটি প্রচ্ছন্ন জিন থাকে না সোজাসুজি দৌড়াতে দেয় না (walzing-gait) এবং এরূপ প্রাণীরা ছোট ছোট চক্রাকারে ঘুরে। স্বাভাবিক গতিবেগী সমসংস্থ চিকার সাথে সমসংস্থ চক্রাকারীর সমাগমে সন্তান জন্মে। অথচ এরূপ একটি প্রজননে চক্রকারী স্ত্রী চিকার জন্ম হয় এবং পেটার নামে জনৈক বৈজ্ঞানিক বাদ হওয়া-জনক অপেরণ দ্বারা স্বাভাবিক চলার জিন উক্ত স্ত্রী চিকায় খোয়া গেছে বলে মন্তব্য করেন, এবং অবিচ্ছিন্নকরণ প্রক্রিয়ায় উক্ত ক্রমোজোমের অনুপস্থিত অথবা ক্রমোজোমের ঐ জিনের অংশের খোয়াজনিত অবস্থাই ঐরূপ চিকা জন্মের জন্যে দায়ী বলে ব্যাখ্যা দেন।

ফল-মক্ষিকার লালা গ্রন্থি ক্রমোজোমে বাদ-হওয়া অপেরণের ঘটনা নির্ণয়ন করা যায় এবং এটি ক্রমোজোমের উপর জিনগুলির অবস্থান নিরূপক মানচিত্র অঙ্কনেও সুন্দরভাবে। সহায়তা করে। এটির আর একটি বিশেষ অবস্থা হচ্ছে প্রান্ত আচ্ছন্ন খোয়া (overlapping deletion) অপেরণ।

২। **বিপরীতত্ব ঃ** ক্রমোজোম-অপেরণ (inversion-chromosomal aberration)**:** এরূপ অবস্থায় ক্রমোজোমের একাংশ বাকিটার অপেক্ষা বিপরীতভাবে সজ্জিত হয় এবং বিশেষত্বটা বংশগতির ফলাফল দ্বারা প্রথমতঃ নির্ণীত হয়। লালা গ্রন্থি দৈত্য ক্রমোজোম ত্বরিৎ উক্ত অবস্থা সপ্রমাণের একটি উল্লেখযোগ্য উদাহরণ। যদি কোন যুগলের একটি ক্রমোজোম এমন একটি বিপরীত সাজে সজ্জিত থাকে তাহলে তা অন্যটির সাথে বাঁধনে মিলে একমাত্র ঢিলা গেরো তৈয়ার করে। যে জিন/জিনগুলি বিপরীত সাজে সজ্জিত সেগুলি ঐ গেরোতে অবস্থান করে।

৪। দ্বিগুণ-অপেরণ (**Duplication-aberration**) ঃ ব্রিজেছ এর অবদান থেকে জানা যায় যে, দ্বৈত ক্রমোজোমের মধ্যে অংশ বিশেষের দ্বিগুণতা ঘটে এবং এরূপ অসংখ্য দ্বিগুণ খণ্ড কোষগত পরীক্ষায় ধরা পড়ে। এরূপ দ্বিগুণ বিনিময়ের ফলাফলস্বরূপ সাধারণতঃ প্রাথমিক জনন-কোষ (**primary gametocyte**) গঠনে এই দ্বিগুণতা বৃদ্ধি পায়। এগুলি এমন-ভাবে সংঘটিত হয় যাতে কোন একটি ক্রমোজোমের অংশ খোয়া যায় এবং অন্যটি আবার ক্ষুদ্র খণ্ডের দ্বিগুণ প্রাপ্ত হয়। ফল-মক্ষিকার বার-চক্ষু (**bar eye**) অবস্থা এর উদাহরণ। এই বার চক্ষু চরিত্র থেকে আর একটি সাম্প্রতিক বংশগতি সূত্র আবিষ্কৃত হয়েছে যাকে বলা হয় অবস্থান ফল (**position effect**) অর্থাৎ এ সূত্র অনুযায়ী দেখা যায় একটি জিনের উপস্থিতিই তার প্রভাব সৃষ্টির জন্য যথেষ্ট নয় পার্শ্ববর্তী জিনের উপস্থিতিও অবস্থানের উপর কোন জিনের প্রভাব নির্ভর করে।

অনুশীলন

১। ক্রমোজোম সংক্রান্ত অপেরণ বলতে কি বোঝায়? এটা শ্রেণী-বিভাগ বর্ণনা কর।
২। উচ্চতর প্রাণীতে অপেরণের প্রয়োগ কতদূর সম্ভব।
৩। বিবর্তনবাদে এর ব্যবহার কেমন? অবস্থান ফল কি?

চতুর্দশ অধ্যায়

কৌল পরিব্যক্তি

(GENE MUTATION)

পরিবৃত্তি বা বিভিন্নতা (variation) প্রকৃতির বিশ্বজনীন ঘটনা। এক জাতীয় যে-কোন দু'ব্যক্তি যথাযথ একই রকম বলে কদাচিৎ পাওয়া যায়। কখনও কখনও এ পার্থক্যগুলো বৃহৎ ও আকর্ষণীয়, কখনও আবার তা ক্ষুদ্র এবং একমাত্র সযত্ন পরিমাপ দ্বারা তা নিরূপণযোগ্য। তবে পার্থক্যগুলো নিয়মিত বিরাজমান। এ পার্থক্যগুলো যা আমরা অহরহ প্রকৃতিতে প্রত্যক্ষ করি তা দুই প্রকার যথা বংশগত ও অবংশগত। অবংশগত পার্থক্য এমন যা পরিবেশের বড় রকম পরিবর্তন দ্বারা সৃষ্টি করা যায় যেমন ভিন্ন রকম খাবার, তাপমাত্রা, আর্দ্রতা, আলো, প্রশিক্ষণ ইত্যাদি। এ পরিবৃত্তিকে (variation) প্রায়ই পরিবেশের তারতম্য বলে উল্লেখ করা হয় এবং এগুলি অর্জিত লক্ষণ (acquired character) যা বংশগত নয়। আমরা এখানে এমন পরিবৃত্তির কথা আলোচনা করব। যাকে বংশগত পরিবৃত্তি বলা হয়। ইতিমধ্যে বংশানুক্রমিক পরিবৃত্তি যেসব উপায়ে ঘটতে পারে তা আমরা লক্ষ্য করেছি। এখানে সংক্ষেপে সেই পদ্ধতিগুলি তুলে ধরা হচ্ছে।

প্রথমতঃ জিনের মধ্যে পরিবর্তন ঘটতে পারে। এই পরিবর্তন স্থায়ী এবং বংশানুক্রমিক প্রবাহমান ও শক্তিধর। পরিবর্তন দেহকোষ ও জননকোষে ঘটতে পারে। যদি দেহকোষে ঘটে তবে তাহা যৌনপ্রবাহ হবে না; কিন্তু অযৌন বিস্তার হতে পারে বিশেষ করে উদ্ভিদের মধ্যে। দেহকোষে প্রকট পরিবর্তন তৎক্ষণাৎ প্রভাব উৎপাদন করে, প্রচ্ছন্ন হলে তা করে না যতক্ষণ পর্যন্ত জোড়ায় উভয় জিনে পরিবর্তন না হয়। অবশ্য যৌনাবদ্ধ পরিবর্তন (sex linked mutation) ত্বরিৎ প্রভাব সৃষ্টি করে **XO/XY** প্রকার পুরুষে এবং ZO/ZW প্রকার স্ত্রীতে। জননকোষে প্রকট পরিবর্তন হলে তা পরবর্তী পুরুষেই প্রবাহিত হবে এবং তা প্রভাব

সৃষ্টি করবে। অন্যদিকে প্রচ্ছন্ন পরিবর্তন হলে তা পরবর্তী পুরুষগুলিতে (generation) দেখা দিবে না, যদি উভয় দিক (শুক্রকীট ও ডিম) থেকে সন্তানের মধ্যে প্রচ্ছন্ন জিন না আসে।

দ্বিতীয়তঃ পুনর্মিলন (recombination) ঘটতে পারে। একটি বিশেষ মিলনের জিন বিকিরণ (segregation) ও ডিম্বাণু নিষিক্তের (fertiiization) মাধ্যমে একটি নতুন (new combination) জিন সংস্থাপন গড়ে নতুন বৈশিষ্ট্যের জন্ম দিতে পারে।

তৃতীয়তঃ ক্রমোজোম অপেরণ (chromosomal aberration) হতে পারে এমন যা বংশগত পরিবর্তন সৃষ্টি করে। এর মধ্যে আমরা পুনর্মিলন ও অপেরণ উভয়ই আলোচনা করেছি। এবারে আমরা জৈনিক পরিব্যক্তির কথা আলোচনা করব।

কিছুদিন আগেও এ সকল প্রশ্নের উত্তর দেওয়া যায়নি। আজও উত্তরগুলি সম্পূর্ণ সন্তোষজনক নয়। অনেক যত্ন ও কষ্টসাধ্য গবেষণার পর অনেক গবেষকের পক্ষে যে আংশিক খবরাখবর বা তথ্য পরিবেশন করা সম্ভব হয়েছে তা আমাদের এখতিয়ারভুক্ত। এ ব্যাপারে আরও পর্যাপ্ত জ্ঞান অর্জন করতে হলে আরও অনেক অনুসন্ধানমূলক কাজ চালাতে হবে। তথাপি প্রাপ্তব্য ঘটনা বিচার-বিবেচনা করলে সত্যি বহু গুরুত্বপূর্ণ তথ্য পাওয়া যায়- যা নাকি আমাদের জৈনিক পরিবর্তনের হেতু-প্রকৃতি (nature and cause) এবং জিনের কাঠামোগত (structure of gene) পরিচয় বহন করে। প্রাপ্ত তথ্যগুলি নিয়ে উল্লেখ করা হলো :

* অধিকাংশ জিন অতিশয় স্থির (exeedingly stable) এই বক্তব্য স্বাভাবিক বন্য প্রকার (wild type) জিন এবং পরিবর্তনের মাধ্যমে পাওয়া জিন উভয়ের বেলায় প্রযোজ্য। প্রাকৃতিক পরিবর্তনের হার অত্যন্ত নীচু। অনেক অনেক জাতির প্রাণী দীর্ঘকাল যাবৎ একই রকম রয়েছে যেমন প্রাণীদের পত্র-পদী (Branchiopoda) ও উদ্ভিদের মধ্যে সামুদ্রিক আগাছা (Sea-weeds)। এদের মধ্যে কোন পরিবর্তন আজও পাওয়া যায় না। মুলার ফল-মক্ষিকার মধ্যে পরীক্ষা কাজ চালিয়ে একটি জিনের গড় আয়ু (অর্থাৎ যার মধ্যে কোন পরিবর্তন ঘটেনি) অনুমান করেন একলক্ষ (১,০০০০০) বছর। এরূপ অনুমান পূর্ববর্তী মুলার ১৯৫৫ ও এল্টেনবার্গ (১৯৩৩) এর যুক্ত অনুমানের চেয়ে নীচু কিন্তু পুংখানুপুংখ

ক্রমে পর্যবেক্ষণ ও পরীক্ষার ভিত্তিতে অর্জিত বলেই একেই যথাযথ হিসেব বলে মনে করা হয়। মানুষের মধ্যে অনেক জিনের পরিবর্তনের হারে এক খসড়া হিসেব করা হয়েছে এবং এটি করা সম্ভবও বটে কতক প্রকট ও যৌনাবদ্ধ প্রচ্ছন্ন জিনের সরাসরি পর্যবেক্ষণ ও কিছু গাণিতিক হিসেব দ্বারা। হেলডেন সাম্প্রতিককালে রক্ত-ঝরা (hemophilia) এক প্রকার বামনত্ব (achondroplasia a type of dwarfism)। স্নায়ু চক্ষুর টিউমার (Tumour of the retina of eye) এবং এনিরিডিয়া ইত্যাদি জিনের ফলাফল পর্যালোচনা করে দেখিয়েছেন পরিবর্তনের হার প্রতি হাজারে এক হতে চার পর্যন্ত হয় (১-৪/১০০০) এবং এ হার ফল-মক্ষিকার মত প্রতি পুরুষে ১০ গুণ উচ্চ।

* বিভিন্ন জিনের বিভিন্ন পরিবর্তন হার কোন কোন জিন অন্য জিনের চেয়ে অধিকতর পরিবর্তনশীল এবং কোন জিনের গড় আয়ু মাত্র কয়েক বছর।

* কোন জীবের জীবদ্দশার কোন একটি শারীরীক অঙ্গে পরিবর্তনগুলি ঘটতে পারে।

তারা দেহকোষে অথবা জননকোষে ঘটতে পারে ; কিন্তু পরীক্ষামূলক সাক্ষ্য প্রমাণ ইঙ্গিত করে যে, তারা জননকোষের শুক্র পরিপক্ব প্রণালীর পূর্বে কিংবা পরিপক্বতার সময়ে অধিকতর পৌনঃপুন্যসহ সংঘটিত হয়ে থাকে।

* জীবের বিকাশের বিভিন্ন স্তরে অথবা বিভিন্ন কোষকলাতে (tissue) নানাবিধ জিনের মধ্যে পরিবর্তনের হারের ব্যতিক্রম হয়। ফল-মক্ষিকার মধ্যে কোন কোন জিন একমাত্র অথবা প্রধানতঃ পরিপক্ব বিভাজনে পরিবর্তিত হয়, অন্যত্র তা একমাত্র অথবা প্রধানতঃ দেহকোষে এবং তারও অন্যত্র দেহকোষে উভয় ক্ষেত্রেই পরিবর্তিত হয়।

* পরিব্যক্তি একটি জিনের মধ্যে স্থায়ী পরিবর্তন এবং এটি জিন খোয়া নয়। এটি এভাবে প্রমাণিত হয় যে, কোন পরিবর্তিত জিন (mutant) পরে আবার পরিবর্তিত হয়ে পূর্বাবস্থায় ফিরে যেতে পারে এবং এরূপ পূর্বাবস্থায় পরিবর্তিত হয়ে ফিরে যাওয়া অনেক প্রজাতি (species) আছে। তবে এরূপ পরিবর্তন তত বেশী পৌনঃপুন্য হয় না।

* প্রদত্ত একটি জিনে একের অধিক পরিবর্তন ঘটে মিশ্র-বিসমের জন্ম দিতে পারে এবং তারা একই চরিত্রকে বিভিন্ন মাত্রায় প্রভাবিত করে বিভিন্ন চরিত্রের পরিবর্তন সাধন করতে পারে।

এ ঘটনার প্রমাণ মেলে মিশ্র-বিসমের কার্যকলাপ থেকে। তারা একই চরিত্রকে ভিন্ন ভিন্ন মাত্রায় প্রভাবিত করে। এ সত্য প্রমাণিত করে যে, একটি জিনের মধ্যে ঈষৎ পরিবর্তনগুলি ঐ প্রদত্ত জিনের বিভিন্ন এলিলের জন্য হয়ে থাকে।

* প্রদত্ত জিনের মিশ্র বি-সম পরিবর্তন সর্বদা একই দিকে হয় না।

একমাত্র জিনের বিভিন্ন পরিবর্তনগুলি ঘন বা হালকা বর্ণ উৎপাদন করতে পারে, বৃহত্তর বা ক্ষুদ্রতর অংশ সৃষ্টি করতে পারে এবং প্রকট বা প্রচ্ছন্ন এলিল ইত্যাদির জন্ম দিতে পারে।

* পরিবর্তনের লক্ষ্য অগ্রাধিকারসূচক এবং প্রায়ই অন্যের চেয়ে কোন লক্ষ্যে তা ঘটে।

অনেক জিন আছে যা একটি বিশেষ এলিলে অন্যটির চেয়ে অধিকতর পরিবর্তিত হয়।

পরিবর্তনশীলতা এবং অগ্রাধিকারসূচক লক্ষ্যে নিজেরাই পরিবর্তনের (মিউটেশনের) মাধ্যমে পরিবর্তিত হয়।

বিভিন্ন প্রজাতে এমন কতকগুলি প্রদর্শিত জিন রয়েছে যারা অন্যান্য জিনের পরিবর্তনশীলতাকে বৃদ্ধি করে।

* জিনের মধ্যের পরিবর্তনগুলি রাসায়নিক প্রক্রিয়া বলে প্রতীয়মান হয়।

অস্থির (unstable) জিনগুলির মধ্যে পরিবর্তনের হার থেকে ডেমা-রেক (Demerec) মিউটেশনের রাসায়নিক প্রকৃতির দ্বারা উদঘাটনের জন্য নিম্নলিখিত সাক্ষ্য প্রমাণ প্রদান করেন।

১। পরিবর্তনের শেষ উৎপাদিত বস্তু (end product) একই এবং এর মধ্যে মাঝামাঝি কোন ছক নেই।

* এটি অবাধ প্রক্রিয়া নয়, কোন কোন কোষকলায় এটি সুযোগ পায় বা এমনকি কোন কোন কলাতে এটি সীমাবদ্ধ থাকে।

* এ জিন এমন অনেক রয়েছে যারা অস্থির জিনগুলির পরিবর্তনের হারকে অনুত্তেজিত করে এবং পরিবর্তনের জন্য প্রয়োজনীয় অনুকূল পরিবেশ সৃষ্টি করে বলে প্রতীয়মান হয়।

* প্রক্রিয়াটি প্রত্যাগমনমূলক (reversible) বা উভয় দিকে ব্যবহার-যোগ্য।

* বৃহৎ পরিব্যক্তিগুলি (gross mutation) সচরাচর জীবের জন্য ক্ষতিকর।

* বন্য প্রকৃতির কাছে পরিবর্তনগুলি সচরাচর প্রচ্ছন্ন।

* মিউটেশনগুলি সাধারণতঃ একসঙ্গে একাধিক জিনে সংঘটিত হয় না।

* দু'টি অভিন্ন জিন একটি ক্রমোজোম যুগলের অনুরূপ অবস্থানে (loci) স্বাধীনভাবে পরিবর্তিত হয় যেমন ভিন্ন ভিন্ন জিনগুলি করে থাকে। এটি দ্বারা অবশ্য এই প্রমাণিত হয় যে, মিউটেশনের কারণ বা হেতু সীমাবদ্ধ কোন এক ধরনের বিশেষ প্রভাব। এখানে একটি কোষের মধ্যে একটি জিন যুগলের সঠিক অভিন্ন দুটি জিন যাদের $\frac{5}{১0,000}$ ইঞ্চির বেশী ব্যবধানে অবস্থান বিরল, তাদের মধ্যে একটির প্রবর্তন হয় অথচ অন্যটির হয় না। এই বিবেচনাপ্রসূত যে আবিষ্কার তা হচ্ছে কৃত্রিম পরিবর্তন সৃষ্টির সম্ভাব্যতা মাত্র।

* কিয়ৎ প্রভাবী পরিব্যক্তিগুলি (মিউটেশনগুলি) উল্লেখযোগ্য প্রভাব-সম্পন্ন হওয়ার চেয়ে অধিক স্বাভাবিক। এক্ষেত্রে বহুগুণিত জিনের প্রভাব একটি সুন্দর উদাহরণ। এখানে একটি পরিবর্তিত (mutant) জিনের প্রভাব খুব ক্ষুদ্র। একপে বহুগুণিত জিন অধিকাংশ ক্ষেত্রে প্রভাব সৃষ্টি করে থাকে।

* অদৃষ্টিগোচর প্রভাবী পরিব্যক্তি (মিউটেশন) সর্বাধিক ঘটে।

এখানে পরীক্ষামূলক প্রমাণ হচ্ছে এই যে, প্রাণঘাতী অথচ স্বাভাবিক জীবনধর্মী (physiological & vianilites) প্রভাবসম্পন্ন পরিবর্তন দৃষ্টি-গোচর প্রভাবী পরিবর্তনের তুলনায় অধিক পৌনঃপুন্য ঘটে। অবশ্য এরূপ পরিবর্তনগুলি চেনা কঠিন এবং একমাত্র যত্নবান পরীক্ষা ও সুপরিচিত প্রজাতির ক্ষেত্রেই তাদের পৌনঃপুন্য মাপা যেতে পারে। এ ক্ষেত্রে পরিবর্তন চেনার জন্য মুলারের (১৯২৭) উপায় উদ্ভাবন একটি গুরুত্বপূর্ণ আবিষ্কার। অর্থাৎ কৃত্রিম পরিবর্তন উৎপাদন প্রণালী :

** বিকিরণ, যথা : এক্স-রশ্মি, তেজস্ক্রিয় ধাতু রশ্মি, অতি বেগুনী আলো এবং অন্যান্য পরিব্যক্তি (mutation) হার বৃদ্ধি করতে পারে।

এই আবিষ্কার কৌলিবিজ্ঞান ও জৈব বিবর্তনের (genetics and organic evolution) ক্ষেত্রে একটি অন্যতম বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ অগ্রগতির পরিচয় বহন করে। ইতিপূর্বে বহু বৎসর যাবৎ কৌলি-বিজ্ঞানীরা (geneticists) বিভিন্ন পন্থায় চেষ্টা করেছেন কৃত্রিমভাবে পরিবর্তন সৃষ্টি করার জন্য। পরীক্ষামূলক প্রাণী বিশেষ করে ফল-মক্ষিকাকে খাদ্য, আলো, আর্দ্রতা, তাপমাত্রা এবং অন্যান্য পরিবেশগত অবস্থার ব্যতিক্রমে ন্যস্ত করে পরীক্ষা করা হয়েছে ; কিন্তু ফল হয়নি। এমনকি উজ্জ্বলতা পদ্ধতি (Irradiation) দ্বারাও চেষ্টা করা হয়েছিল, কিন্তু তাতেও ফল হয়নি। শেষ পর্যন্ত মুলার ১৯২৭ সনে ঘোষণা করেন তাঁর বিশেষ কুৎকৌশলটি (technique) যদ্বারা (এক্স-রশ্মি দ্বারা) তিনি ফল-মক্ষিকার মধ্যে পরিবর্তন ঘটাতে সক্ষম হন। তখন হতে শুরু করে অনেক প্রকার প্রাণী ও উদ্ভিদের বৃহৎ সংখ্যক পরিবর্তন ঘটানো হয়েছে নানা রকম উজ্জ্বলতা পদ্ধতি দ্বারা। এই পরিবর্তনের প্রকৃতির যে অনবরত সতর্কতামূলক অনুসন্ধান কাজ চলেছে, তার মধ্যে ফলাফল চূড়ান্ত রূপ পেয়েছে। যে ঘটনা মুলার সঞ্চয় করেছিলেন (যদ্বারা তিনি এক্স-রশ্মির ব্যবহার আবিষ্কার করতে পেরেছিলেন) এই পরিবর্তন উৎপাদনের বেলায় তা হচ্ছে এই যে, যদি একটি কোষে একটি জিন যুগলের দুটি জিন এলিলসহ ঘনিষ্ঠভাবে অবস্থান করে এবং এত ঘনিষ্ঠ হওয়া সত্ত্বেও মাত্র একটি অন্যটিকে রেখে পরিবর্তিত হয় তাহলে এমন কিছু অবশ্যই আছে যা এত ঘনিষ্ঠ অবস্থায়ও একটি জিনকে প্রভাবিত করে অন্যটিকে করে না এবং এই এমন কিছুই হচ্ছে পরিবর্তনের কারণ। তাই উচ্চ শক্তিসম্পন্ন বিকিরণ (high energy radiation) এরূপ প্রভাব উৎপাদন করতে পারে বলে তাঁর বোধগম্য হয়। অধিকন্তু তিনি যুক্তি দেখালেন, তাঁকে যদি উজ্জ্বলতা পদ্ধতি (irradiation) দ্বারা পরিবর্তনের অনুসন্ধান চালাতে হয় তাহলে প্রাণঘাতী পরিবর্তনই তাতে হবে। কারণ, প্রকৃতিতে উহাই অধিক পৌনঃপুন্য ঘটে। তাই তিনি প্রাণঘাতী পরিব্যক্তি (lethal mutation) বা পরিবর্তন চিহ্নিত করার একটি উপায় উদ্ভাবন করেন। সাধারণভাবে উক্ত পরিবর্তন চিহ্নিত করা দুষ্কর, কারণ তাতে খুব কমই দৃষ্টিগোচর প্রভাব সৃষ্টি হয়। মুলারের এ পদ্ধতির নাম C L B পদ্ধতি এবং এটি নিম্নরূপ :

ফল-মক্ষিকার X ক্রমোজোমে পরিচিত জিনগুলি হচ্ছে L প্রকট স্বাভাবিক জীবনধারণ ক্ষমতাসম্পন্ন জিন এবং l এর প্রচ্ছন্ন এলিল, B প্রকট বার চক্ষুবিশিষ্ট জিন ও এর প্রচ্ছন্ন b এলিল বোঝায় স্বাভাবিক বন্য প্রকারটি এবং X ক্রমোজোমে একটি উল্টো প্রক্রিয়া (inversion) আছে। X ক্রমোজোমের জন্য সমসংস্থ মাছি অথবা উল্টো প্রক্রিয়ার জন্য সমসংস্থ মাছিগুলি তাদের পরিপক্ব বিভাজনকালে স্বাভাবিক আড়াআড়ি উত্তরণ ধারণ করবে যেহেতু ক্রমোজোম জিনে জিনে মিলিত হয়। অন্যদিকে যে মাছির একটি X ক্রমোজোমে উল্টো প্রক্রিয়া থাকে অন্যটিতে থাকে না, তার বেলায় এমন ক্রমোজোম যুগলের জন্য কোন আড়াআড়ি উত্তরণ থাকবে না। সুতরাং এভাবে উল্টো প্রক্রিয়ালুপ্ত একটি প্রচ্ছন্ন জিনের অবস্থান জানার জন্য একটি প্রকট চিহ্নিতকরণ উপায় অবলম্বন করা যেতে পারে। যেহেতু উল্টের উপস্থিতি বা অনুপস্থিতি একজোড়া এলিলের মত বংশপরম্পরায় আচরণ করে সেহেতু উল্টোকে C এবং স্বাভাবিক ক্রমোজোমকে C প্রতীক দ্বারা বোঝানো যেতে পারে।

মিঃ মুলার এক প্রকার মাছি উদ্ভাবন করেন যার স্ত্রীমাছিগুলি দুটি জিন এবং উল্টো উভয় অবস্থার জন্য বিসমসংস্থ ছিল একটি ক্রমোজোমে ClB এবং অন্যটিতে cLB সহ। তারা জীবিত থাকত কারণ প্রাণঘাতী অবস্থার জন্য দায়ী একক l জিন এর স্বাভাবিক প্রকট এলিল দ্বারা আচ্ছন্ন থাকত। এরূপ স্ত্রীমাছি (cLB) Y-কে উজ্জ্বলকৃত (irradiated male) পুং দ্বারা সমাগম করানো হয়। উৎপাদিত স্ত্রী সন্তানদের মধ্যে বার-চক্ষু মাছিগুলি ClB ধারণ করে একটি মাতৃ ক্রমোজোমে এবং cLB উজ্জ্বলকৃত পিতৃ ক্রমোজোমে। এই স্ত্রীমাছিকে স্বাভাবিক (cLB) Y এবং উজ্জ্বলকৃত পুং-এর সাথে সঙ্গম করানো হয় এবং তৎপর সন্তানগুলিকে পরীক্ষা করা হয়। দেখা গেল যে, অর্ধেক পুং সন্তানগুলি মারা যায় মূল স্ত্রী থেকে প্রাপ্ত প্রাণঘাতী জিন গ্রহণের জন্য এবং অন্য অর্ধেক পুং সন্তান মূল উজ্জ্বলকৃত পুং থেকে উজ্জ্বলকৃত ক্রমোজোম গ্রহণ করে। উজ্জ্বলকরণ দ্বারা প্রচ্ছন্ন প্রাণঘাতী জিন ক্রমোজোমে সৃষ্টি হলে এ মাছিগুলি মারা যায় ; কারণ প্রাণঘাতী জিনকে আচ্ছন্ন করার কোন স্বাভাবিক এলিল থাকবে না। এজন্য বৃহৎ সংখ্যক ফল-মাছি পরীক্ষা করা দরকার প্রাণঘাতী মিউটেশনের জন্য একমাত্র পুং বর্জিত স্ত্রী মাছির

চাষ পর্যবেক্ষণ করে। এ রকম মাছির চাষ যখন হয় তখন পুং-এর এক্স-ক্রমোজোমে কিরণপাত দ্বারা সৃষ্ট প্রাণঘাতী জিনই অনুরূপ অবস্থা ঘটায়। পরবর্তীতে পরীক্ষা করে এটা সংযোজন সম্পর্ক নিরূপিত হয়; কারণ এ পুং এ স্ত্রীগুলি আবারও বিসমসংস্থ হওয়ায় কোন আড়াআড়ি উত্তরণ সম্ভব হয়নি।

এ কৌশল অনুসারে উজ্জ্বলকরণ থেকে প্রাপ্ত বহু প্রাণঘাতী পরিব্যক্তির জন্ম হয়েছে। একবার সঠিক মাত্রা জানা গেলে বহু সংখ্যক মক্ষিকার উজ্জ্বল ঝলসানোকরণ দ্বারা দৃষ্টিগোচর পরিব্যক্তি আবিষ্কার করা যায়। অনেকগুলো পুনঃসংগঠিত হয় এবং তাদের কিছু কিছু নতুনভাবে সৃষ্টি হয়। উজ্জ্বলকরণ দ্বারা পরিব্যক্তির হার ১৫০ গুণ বৃদ্ধি করা যায়। প্রাকৃতিগত পরিবর্তিত অবস্থার অধিকাংশ পরিবর্তনও দৃষ্টিগোচর পরিব্যক্তির বৃহৎ অংশ ক্ষতিকর হয়। এভাবে দেখা গেছে এক্স রশ্মি দ্বারা সৃষ্ট পরিব্যক্তি হার উক্ত এক্স রশ্মির সমানুপাতে হয়ে থাকে। আর এরূপ ক্ষেত্রে প্রয়োগের মাত্রা (dose) একসঙ্গে হউক বা ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র ভগ্নাংশে বিভিন্ন সময়ে দেওয়া হোউক তাতে কিছু আসে যায় না। প্রাণী ও উদ্ভিদের মধ্যে এই পদ্ধতিতে (এক্সরশ্মি) উল্লম্ফন বা পরিব্যক্তি (মিউটেশন) ঘটানোর কাজ অনেক প্রসারিত হয়েছে এবং উদ্ভিদকুল এতে উৎসাহব্যঞ্জক সাড়া দিয়েছে। সাম্প্রতিক গবেষণা থেকে জানা যায় যে, পরিব্যক্তি (মিউটেশন) বিভিন্ন রোগজীবাণুতেও অনুরূপ ঘটানো যায় ব্যাপক হারে।

এল্‌টেনবার্গ, মুলার, হ্যানসন, প্লাউ ইত্যাদি গবেষকরা ইঙ্গিত দেন যে, শুধু এক্স্‌ রশ্মিই নয়, অতিবেগুনী আলো ও তাপ দ্বারা পরিব্যক্তি (মিউটেশন) বৃদ্ধি করা যায়। তাছাড়া লীও ক্যাচেসাইড এবং অন্যদের মতে নিউট্রন, জিন পরিব্যক্তি ও ক্রমোজোম অপেরণ সৃষ্টি করে। অবশ্য নিউট্রন জিন পরিব্যক্তির চেয়ে ক্রমোজোম অপেরণ বেশী ঘটায় অথচ এক্স-রে আবার জিন পরিব্যক্তি বেশী ঘটায়। এর কারণ নিউট্রনের গতিপথে পরমাণুকরণ (ionization) প্রক্রিয়া গভীর হয় এবং এর ফলে ভাঙ্গন সৃষ্টি হয়।

পারমাণুবিকিরণ (Ionizing radiation) অবশ্যই তার গতিপথে পদার্থের মধ্যে ইলেকট্রন বা ধনাত্মক চার্জ বহনকারী পরমাণু বিচ্ছুরিত করে যা পরে আলফা, বিটা, গামা, (α, β, γ) ইত্যাদির নামে বিকিরিত

হয়ে শক্তির অনুপ্রবেশ ঘটায়। অতিবেগুনী আলো ও পরিব্যাপ্তি ঘটায় তবে পারমাণবিক বিকিরণ এর মতো তা নয়। এটি কোষ-কলায় শক্তির অনুপ্রবেশ ঘটিয়ে উত্তেজনা সৃষ্টি করে কৌলিক প্রভাব আনয়ন করে। এ উত্তেজনা অণুর মধ্যে ধনাত্মক চার্জকে উচ্চতর শক্তির পর্যায়ে উঠিয়ে দেয়। কিন্তু এক্স-রশ্মি ও অন্যান্য পরমাণু বিকিরণগুলিও উত্তেজনা ঘটায়; তবে তা কম প্রভাবী পরিব্যাপ্তি ঘটানোর ব্যাপারেই তা ঘটায়।

অন্যান্য পদার্থগত শক্তি যেমন বিদ্যুৎ (electricity) অতি খাট বেতার তরঙ্গ (ultra short radio-wave) সুপারসনিক বিকিরণ, বিদ্যুৎ গতিহীন বিকিরণ (electrostatic radiation) এবং উচ্চ পৌনঃপুন্য বিকল্প ভূপ্রশক্তি (high frequency alternating potential) বর্ধিত কৌলিক ভেদাভেদ সৃষ্টি করতে পারেনি; মানবকুলের মধ্যে (পারমাণবিক বিকিরণে উন্মুক্ত রেখে) পরিবর্তন উদ্ভাবক প্রভাব সংক্রান্ত প্রশ্নটি অত্যন্ত নাটকীয়ভাবে আনা হয়েছে আণবিক বিস্ফোরণের উন্নতি সাধন তথা ১৯৫৪ সনের মার্চে বিকিনিতে এটম ও হাইড্রোজেন বোমা বিস্ফোরণের মাধ্যমে এবং আণবিক শক্তির গঠনমূলক প্রয়োগের ক্রমাগত উন্নতি দ্বারা। এ ঘটনার পর কৌলিবিজ্ঞানী (geneticists) পদার্থবিজ্ঞানী (physicists) চিকিৎসা-বিজ্ঞানী (medicalmen) ও রাষ্ট্রনায়করা (statesmen) তীব্রভাবে এতে বিচলিত হয় এবং সচেতনভাবেই এতে জড়িয়ে পড়ে। এতদ্‌সংক্রান্ত সমস্যার মূল হেতু আজ কারোর অজানা নয় এবং এটি বিশেষভাবে আলোচনার অপেক্ষা রাখে না।

(১) পারমাণবিক বিকিরণ প্রত্যেক জীবন্ত দেহীর মধ্যে পরিব্যাপ্তি হারকে বর্ধিত করে এবং তাদের মৌলিক প্রভাব সৃষ্টি করে। বিভিন্ন কীটপতঙ্গ, উদ্ভিদ রোগ জীবাণুসহ অণুবীক্ষণ সম্বন্ধীয় জীবগুলির মধ্যে তা ঘটছে। অনুরূপভাবে মানুষের জীনগুলিও তাতে সাড়া দিচ্ছে।

(২) পরিব্যাপ্তির দৃষ্টিগোচর ফলাফল যতদুর জানা যায়, তা সুদুরপ্রসারী ও অধিকাংশ ক্ষেত্রে ক্ষতিকর।

(৩) প্রত্যেকেই আমরা কোন না কোন পরিমাণ প্রাকৃতিক বা পটভূমিগত বিকিরণে (Background radiation) উন্মুক্ত আছি। এ বিকিরণ মহাজাগতিক রশ্মি, স্থানীয় খনি, ভূগর্ভস্থ সঞ্চিত ধাতব পদার্থ থেকে নির্গত গামা রশ্মি এবং আমাদের শরীর কোষের অনন্ত ক্ষুদ্র

পরিমাণ তেজস্ক্রিয় রাসায়নিক পদার্থ (radioactive chemicals) থেকে অনবরত বের হয়ে আসছে।

(৪) অনেক ব্যক্তি এক্স-রে দ্বারা পরীক্ষা কালে বা চিকিৎসার মাধ্যমে এবং যারা এ সমস্ত পরীক্ষাকাজের সাথে সংশ্লিষ্ট তারাসহ এতদসংক্রান্ত শিল্পকলার সাথে জড়িত সকল শ্রমিক কর্মচারী সকলেই নিয়মিতভাবে এ প্রক্রিয়ার সাথে ঘনিষ্ঠভাবে জড়িত।

(৫) ১৯৪৫ সালের পর প্রত্যেক ব্যক্তি প্রত্যেকটি আণবিক বোমা বিস্ফোরণের পর তেজস্ক্রিয় ধোঁয়ার বিকিরণে ন্যস্ত হয়ে আছে এবং এ ধোঁয়া পৃথিবীব্যাপী বিস্তৃত হয়ে পৃথিবীর বায়ুমণ্ডলের সাথে মিশে তা শেষ পর্যন্ত কম-বেশী সমানভাবে ভূ-পৃষ্ঠের উপরিভাগে ছড়িয়ে পড়ছে এবং তার মধ্যে আমরা চলছি।

(৬) অনেক ব্যক্তি মারাত্মকভাবে তেজস্ক্রিয় পদার্থের পতন থেকে উদ্ভূত অতিরিক্ত বিকিরণে উন্মুক্ত হয়েছে এবং এটি উপরোক্ত তেজস্ক্রিয় থেকে আলাদা। কারণ বোমা বিস্ফোরিত হলে আশেপাশের মাটিতে পড়ে থাকা ধূলিকণা ও আবর্জনা শূন্যে উড়ে যায় এবং ঐ সমস্ত ময়লা ও আবর্জনা পরে বোমা বিস্ফোরণের মাধ্যমে তেজস্ক্রিয় পদার্থে রূপান্তরিত হয়। এসব পদার্থ আবহাওয়ার উপর নির্ভরশীল থেকে ভূ-পৃষ্ঠের উপর পতিত হয় এবং পরে এই অতিরিক্ত বিকিরণ দ্বারা অনেক ব্যক্তি আক্রান্ত হয়েছে।

এতদসংক্রান্ত বিকিরণ দ্বারা কি পরিমাণ পরিব্যক্তি মানুষের মধ্যে হচ্ছে তা এখনও পরিষ্কার করে বলা যায় না এবং এ ব্যাপারে যথেষ্ট গবেষণা হওয়া বাঞ্ছনীয়। তবে ঘটনাক্রমে এরূপ তথ্যসম্বলিত বিবরণ না বের হলেও মার্কিন যুক্তরাষ্ট্র ও জাপানের নামকরা বিজ্ঞানীদের উদ্যোগে গঠিত "পারমাণবিক বোমা দুর্ঘটনা কমিশন" হিরোশিমা ও নাগাসাকিতে বোমা বিস্ফোরণের কৌলিক প্রভাব (genetic effects) আবিষ্কার করতে চেষ্টা করেন। তারা যে সব তথ্য সংগ্রহ করেন তার মধ্যে সে অঞ্চলে জন্মগ্রহণ করে এরূপ সন্তানদের লিঙ্গানুপাত (sex ratio) উল্লেখ করা হয়েছে। এই তথ্যের উপর তারা কোন উপসংহার টানতে পারেননি, কারণ লিঙ্গানুপাতে বহু পরিবর্তনশীল উপসর্গ জড়িত থাকে। তবে ১৯৫৭ সনে স্নাইডার ও ডেভিড় কর্তৃক লিখিত পুস্তকে

(বংশগতির সূত্র) উল্লেখিত ম্যাট ও নরেন্সের দেওয়া সাংপ্রতিক তথ্য থেকে জানা যায় যে, রশ্মিতত্ত্ববিদদের (Radiologists) স্ত্রীদের (৩,০০০ সংখ্যক) অতীত গর্ভধারণ কালের তথ্য ও সমান সংখ্যক ভিন্ন ক্ষেত্রের বিশেষজ্ঞদের স্ত্রীদের তথ্য পরিবেশনায় একস্‌রশ্মিতে উন্মুক্ত ও অ-উন্মুক্তদের তুলনামূলক পরীক্ষায় যথাক্রমে ৬'০ জন ও ৪'৮ জন শিশুর জন্মগত অঙ্গ বিকৃতি (congenital malformation) হয় এবং এ দুই শতকরা হারের পার্থক্য পরিসংখ্যানগত দিক থেকে গুরুত্ব (statistically significant)। অবশ্য তা সত্ত্বেও তারা তথ্য সংগ্রহের উৎসের দিক থেকে এতে সন্দেহ পোষণ করতেন। তবে এ ব্যাপারে আর কোন গবেষণা হয়নি। একমাত্র রাসেলের ৮৫,০০০ ইঁদুরের উপর একস্‌ বিকিরণের ফলাফল থেকে জানা যায় যে, তা এই জন্তুতে পরিব্যাপ্তির হার বৃদ্ধি করে (accelerates)। বলাবাহুল্য, যথেষ্ট গবেষণা এই সকল বিষয়ে হওয়া উচিত।

কতকগুলি রাসায়নিক পদার্থ পরিব্যাপ্তির হার বৃদ্ধি করতে পারে। বহুদিন যাবৎ কৌলি-বিজ্ঞানীরা পরিব্যাপ্তি উৎপাদন-বৃদ্ধি করে এমন রাসায়নিক পদার্থ আবিষ্কার করার চেষ্টায় নিয়োজিত থাকলেও দ্বিতীয় বিশ্বযুদ্ধের আগ পর্যন্ত এ ব্যাপারে কোন অগ্রগতি হয়নি। এমনকি তাম্র, সীসা, আইওডিন, এমোনিয়া ইত্যাদির যৌগিক পদার্থ com-pound) দ্বারা যে চেষ্টা চালানো হয় তা ব্যর্থতায় পর্যবসিত হয়। দ্বিতীয় বিশ্বযুদ্ধের সময় বৃটিশ বৈজ্ঞানিক ডঃ জে, এম, রবসন যুদ্ধ ধূয়ার ক্রিয়া (effects) পরীক্ষা করতে বসেন এবং তিনি দেখালেন যে, এক ধরনের ভারী গ্যাসের (mustard gas) দহনক্রিয়া একস্‌ রশ্মির দহন ক্রিয়ার মতো। এর সৃষ্ট ক্ষত অনেক কষ্টে সেরে যায় এবং সেরে যাওয়ার পর আবার সৃষ্ট হয়। তাছাড়া তা কোষবিভাজনের সম-বিভাজনের (Mitosis) বাধা সৃষ্টি করে। তা থেকে তিনি অনুমান করেন ঐ গ্যাস পরিব্যাপ্তি উৎপাদন করবে এবং তিনি তা পরবর্তীতে পরীক্ষা করে দেখেন। অর্ব্যাক সাহেব ফল-মক্ষিকার মধ্যে এটি পরীক্ষা করে সফল হন এবং এরপর অন্যান্য গবেষকরা ইঁদুরের উপর এর প্রভাবের অনুসন্ধান কাজ চালিয়েও সফল হয়েছেন। এযাবৎ ফলপ্রদ যে সমস্ত রাসায়নিক পদার্থ আবিষ্কৃত হয়েছে তার মধ্যে গন্ধক (sulphar mustard) সরিষা

গাছ, যবক্ষারজান সরিষা (nitrogen mustard) এলিল আইসোথায়ো-সায়নেট (alleyl isothiocynate) ইথাইল ইউরিথেন ফেনল (etheyl urithane phenol) এবং এরূপে কর্কট রোগ (cancer) উৎপাদনকারী রাসায়নিক দ্রব্য যথা : Metheyl cholanthrene, dibenzanthrozene, এবং benzybrene ইত্যাদি উল্লেখযোগ্য। বিভিন্ন গবেষণার ফলাফল থেকে অনুমান করা হচ্ছে যে, যে সমস্ত রাসায়নিক দ্রব্য মিউটেশন হার বৃদ্ধি করে তাদের এমন একটি পরমাণু (electron) বিতরণ প্রক্রিয়া আছে যদ্বারা সে সমস্ত পদার্থ ক্রমোজোমের উপর বিশেষ বিন্দুতে (locus) শক্তি স্থানান্তর করতে পারে। সুতরাং এভাবে ঐসব পদার্থের পরিব্যক্তি সৃষ্টির রকমতা (mode) বিকিরণ প্রক্রিয়ার অনুরূপেই হবে। তবে সাধারণভাবে এক্ষেত্রে যে পদ্ধতি চালু তাতে পরিব্যক্তি সৃজনী রাসায়নিক দ্রব্যের পরিবেশে পরীক্ষিতব্য জীবন্ত দেহীকে উন্মুক্ত রাখা হয়। অবশ্য স্ট্রং সাহেব ইঁদুরের শরীরে ঐ দ্রব্য ভরে দিয়ে (injectiug) পরীক্ষা কাজ চালান।

জিনগুলি অতি অণুবীক্ষণ যন্ত্রীয় আকারের

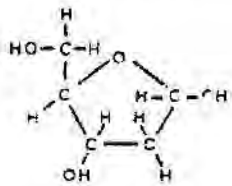
বৃটিশ বিজ্ঞানী লী ও ক্যাচেসাইডের মতে জিনের ব্যাস হচ্ছে ৪-৮ মিলিমাইক্রন বা এক মিলিমিটারের $\frac{৪-৮}{১,০০০০০০০}$ ভাগ বা এক ইঞ্চির $\frac{৪-৮}{২,৫০০০,০০০}$ ভাগ। এক্স রশ্মির পরীক্ষাকাজ এ ইঙ্গিত বহন করে যে, কিরণপাত দ্বারা পরিব্যক্তি সৃষ্টি হচ্ছে--সরাসরি পরমাণু আলোর আঘাত (plots electron) এতে আরও প্রমাণিত হয় যে, জিন একটি বৃহৎ জৈব অণু (organic molecule) এরা সরাসরি প্রমাণ ছয়েটগারের ফল-মক্ষিকার বিভাজী কোষ-রঞ্জিতকরণ থেকে পাওয়া (fuelgen stain) যায় এবং কোষরঞ্জক (stain) দিয়ে তাহা ধরা পড়ে। এই রং (stain) ক্রমাটিনকে রঙীন করে এবং নিউক্লিয়াস সম্পূর্ণ পরিষ্কার হয়। এ অবস্থায় ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র রঙীন কণা (chromatin granules) দেখা যায় যা আকারে ও সংখ্যায় বৃদ্ধি পেয়ে ক্রমোজোমে সজ্জিত হয়। প্রাথমিক অবস্থায় একটি ক্রমোজমের তল এই জিনগুলির সংখ্যার উপর নির্ভরশীল

এবং তলকে জিন সংখ্যা দ্বারা ভাগ করলে একটি জিনের তল নির্ণয় করা যায়। অথচ এ ধরনের (crude) খসড়া হিসেব দ্বারাও বোঝা যায় যে, জিনগুলি এত সূক্ষ্ম যে তা আণুবীক্ষণীয় আকারেরও নীচে। এ কারণে প্রদত্ত একক রশ্মি মাত্রায় সৃষ্ট পরমাণুর (ion) সাথে জিন সংখ্যার পরিবর্তনকে তুলনা করা হয়।

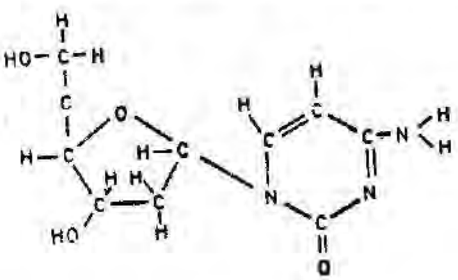
রসায়নগতভাবে জিনগুলি খুব সম্ভবতঃ অনাম্লজানী কোষ-কেন্দ্রিক অম্ল তথা ডেস-অক্সিরাইবোনিক্লিক এসিড বা ডি এন এ (De-oxyribonuclic acid) দ্বারা গঠিত। সরাসরি প্রত্যেক জিনের রসায়নগত বিশ্লেষণ অত্যন্ত কষ্টসাধ্য। ওরাটিসনুক্রিক এবং অন্যান্য সহকর্মীসহ বিভিন্ন গবেষকরা পৃথক পৃথক ভাবে ক্রমোজোম বিশ্লেষণ করে দেখেছেন যে, তারা নিউক্লিউপ্রোটিন দ্বারা তৈরী। নিউক্লিউপ্রোটেন উচ্চ অধি-আণবিক ওজন (high molecular weight) সম্পন্ন আমিষী বস্তু, যার সাথে কেন্দ্রিক অম্ল সংযুক্ত থাকে। এই কেন্দ্রিক অম্ল আবার উচ্চ অধি-আণবিক ওজনসম্পন্ন অত্যন্ত জটিল ও যৌগিক বস্তু (polymerized)। এরূপ দুটি কোষ-কেন্দ্রিক অম্লজান ইতিমধ্যে জানা গিয়েছে। তাদের নামকরণ করা হয় সংশ্লিষ্ট কেন্দ্রীয় ও অম্লের অত্যাবশ্যকীয় চিনি অণুর (sugar) নামানুসারে। একটি নাম পঞ্চ অঙ্গার চিনি-কেন্দ্রিক অম্ল (Pentose/Ribose Nucleic/Acid) এবং অন্যটির নাম অনাম্লজান পঞ্চ অঙ্গ চিনি-কেন্দ্রিক অম্ল (Desoxyribose Nuclic/Acid) বা সংক্ষেপে বলা হয় RNA ও DNA। পঞ্চ অঙ্গার চিনি-কেন্দ্রিক অম্ল সাধারণতঃ কোষ তরলে (cytoplasm) পাওয়া যায় এবং অনাম্লজানী পঞ্চ অঙ্গের চিনি-কেন্দ্রিক অম্ল সর্বদায় কোষ-কেন্দ্রে পাওয়া যায়। বিভিন্ন প্রাণীতে ডি, এন, এ'র পরিমাণ বিভিন্ন রকম। (সারণী ৩৬ দ্রষ্টব্য)।

এক্ষণে স্বাভাবিকভাবেই আমরা এ অনাম্লজানী পঞ্চ অঙ্গারে চিনি কেন্দ্রিক অম্লের প্রতি আমাদের দৃষ্টি নিবদ্ধ করব এবং এর রসায়নগত কাঠামোর ব্যাখ্যা খুঁজব।

এক মোল অনাম্লজানী পঞ্চ চিনি দেখতে নিম্নরূপ :

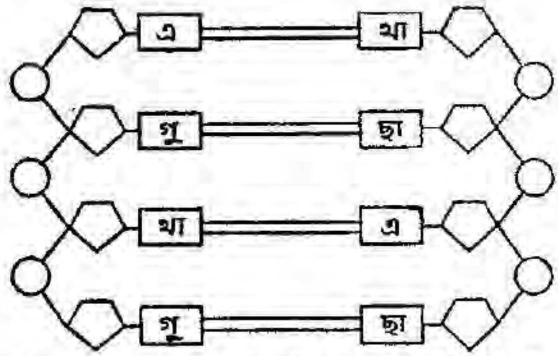


এরূপ একমোল অনাম্লজানী পঞ্চ অঙ্গার চিনি তৎক্ষণাৎ একমোল পিউরিন (যা ৫ অঙ্গারক অণু ও ৪ যবক্ষারজান অণুসহ দ্বিগুণ আংকটি সম গঠিত) বা একমোল পিরিমিডিন (যা ৪ অঙ্গারক অণু ও ২ যবক্ষারজান অণুসহ একমাত্র আংকটি সম গঠিত) এর সাথে আটকে থেকে একটি উক্লিওসাইড (Neocleoside) তৈরী করে এবং তা নিম্নরূপ :



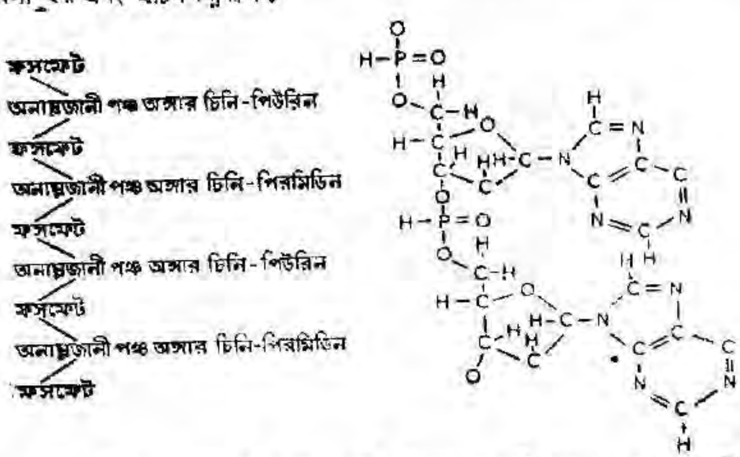
সারণী—৩৬ ঃ বিভিন্ন জীব-জন্তুর প্রতি কোষ-কেন্দ্রে অনাম্লজানী পঞ্চ-অঙ্গার চিনি কেন্দ্রিক অম্ল বা ডি-এন-এর পরিমাণ (প্রকাশ Mg X ১০-৯)

জন্তুর শ্রেণী	জননকোষ বা শুক্র	লোহিত কণিকা
মানুষ	৩'২৫	৭'৩০
ষাঁড়	৩'৪২	—
মোরগ	১'২৬	২'৪৯



চিত্র ১৪'১। অঙ্কিত ছকের দুটি প্রতিপূরক নিউক্লিওটাইডের শিকলের অংশ-বিশেষের চিত্র। (এ=এডিনিন, থা=থায়ামিন, গু=গুয়ানিন, ছা=সাইটোসিন)

এরূপ নিউক্লিউসাইডের চিনি যখন একটি ফসফেট মৌলিকের (phosphate radical) সাথে যুক্ত থাকে তখন তাকে নিউক্লিওটাইড (Nucleotide) বলা হয় এবং এটি নিম্নরূপ :

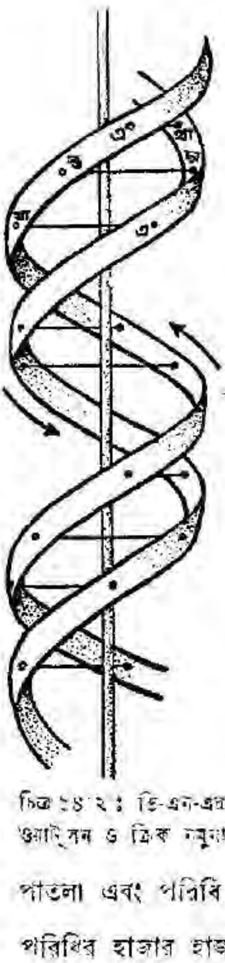


এবারে দেখা যাবে কি করে একটি শিকলের সৃষ্টি হয়। যখন একটি নিউক্লিওটাইডের চিনি অণু অন্যটির ফসফেটের সাথে যুক্ত হয় তখন অনুরূপে একটা নিয়ম মাফিক শৃঙ্খলায় একটি লম্বা শিকল তৈরী করে। এখন চিনি ও ফসফেটের বিকল্প (alternating) অবস্থানে পিউরিন এবং পিরিমিডিনের সাথে যুক্ত থেকে তা একটি লম্বা শিকলের মত কাঠামের

জন্ম দেয়। পিউরিন ও পিরিমিডিন সব সময় ৯০ ডিগ্রীতে শিকল থেকে বাহিরে নিক্ষিপ্ত থাকে। এরূপে অনাম্ল পঞ্চ অঙ্গার চিনিকোষ-কেন্দ্রিক অম্লের অধি অণু বা মোল অনুরূপ দুটি পাশাপাশি সমান্তরালে অবস্থিত শিকল দ্বারা গঠিত হয়। প্রত্যেক শিকলের পিউরিন অন্যটির পিরিমিডিনের সাথে যুক্ত থাকে এবং তা দুটি লম্বা শিকলের মধ্যে একটি অনুক্রমিক (series) খাট আড়াআড়ি তৈরী করে। একে শিকলের মই সমতুল্য ধরা যেতে পারে। এর কাঠামো নিম্নরূপ:

```
|                                                        |
ফস (আধারদাহ্য মৌলিক)                                      ফস
|                                                        |
অনাম্লজানী পঞ্চঅঙ্গার চিনি-পিউরিন-পিরিমিডিন-অনাম্লজানী পঞ্চঅঙ্গার চিনি
|                                                        |
ফস                                                       ফস
|                                                        |
অনাম্লজানী পঞ্চঅঙ্গার চিনি-পিরিমিডিন-পিউরিন-অনাম্লজানী পঞ্চঅঙ্গার চিনি
|                                                        |
ফস                                                       ফস
|                                                        |
অনাম্লজানী পঞ্চঅঙ্গার চিনি-পিউরিন-পিরিমিডিন-অনাম্লজানী পঞ্চঅঙ্গার চিনি
|                                                        |
ফস                                                       ফস
|                                                        |
অনাম্লজানী পঞ্চঅঙ্গার চিনি-পিরিমিডিন-পিউরিন-অনাম্লজানী পঞ্চঅঙ্গার চিনি
|                                                        |
ফস                                                       ফস
|                                                        |
```

এই শিকলটি বেশ লম্বা ও সোজা এবং নিয়মিত। এই মোলের দুটি শিকল বিপরীতে চলায় কোন নির্দিষ্ট আগাগোড়া নেই। এক শিকলের চিনিকে অন্যটির চিনির সাথে গেঁথে রাখে ৯০ ডিগ্রীতে অবস্থিত খাট আড়াআড়ি শিকলটি। সুতরাং প্রত্যেক খাট আড়াআড়ি শিকল (cross chain)



চিত্র ১৪.২ : ডি-এন-এর ওয়াট্‌সন ও ক্রিক নমুনা

পিউরিন ও একটি পিরিমিডিন দ্বারা গঠিত এবং পিউরিন ও পিরিমিডিন একটি জলযান অণু (loosely bounded by hydrogen bond) দ্বারা ঢিলাভাবে যুক্ত থাকে।

যদিও বহু রকম DNA আছে তথাপি মাত্র দু'প্রকার পিউরিন ও পিরিমিডিন রয়েছে। পিউরিন দুটি হচ্ছে এডিনিন (adenine) ও গুয়ানিন (guanine) এবং পিরিমিডিন দুটি হচ্ছে থায়ামিন (thiamine) ও সাইটোসিন (cytosine)। তাছাড়া এডিনিন সর্বদা থায়ামিনের সাথে যুক্ত এবং গুয়ানিন সাইটোসিনের সাথে যুক্ত। অন্যদিকে উক্ত দু' প্রকার শিকলের একাধিক আড়াআড়ি শিকল হতে যে কোন বিশেষ অনাম্লজানী পঞ্চ অঙ্গার চিনি কোষ কেন্দ্রিক অম্ল-DNA থাকা সত্ত্বেও প্রত্যেক এডিনিনের জন্য একটি থায়ামিন সব সময়ই আছে এবং একটি গুয়ানিনের জন্য একটি সাইটোসিন। সুতরাং বিভিন্ন প্রকার DNA উক্ত দু' প্রকার আড়াআড়ি শিকলের ক্রমবিন্যাস অনুযায়ী প্রভেদী হবে। তাছাড়া আড়াআড়ি শিকলগুলি একদিকে ধাবিত হয়ে পার্শ্ব শিকলে সংযুক্ত হতে পারে এবং উল্টোও হতে পারে। মৌল খুব লম্বা এবং পাতলা এবং পরিধি ১ ইঞ্চির $\frac{১}{১০,০০০০০০০}$ অংশেরও কম অথচ লম্বা পরিধির হাজার হাজার গুণ। তাছাড়া পুরা মৌলটাই লম্বালম্বি কুঁচকে এবং আমাদের অবশ্যই শিকল-দুইকে একটি প্যাঁচালো সিঁড়ি সদৃশ অনুমান করতে হবে। প্যাঁচ বা কুণ্ডলীর (helix) মধ্য দিয়ে বরাবরে একটি আমিষের শাঁস থাকে (protein core); সুতরাং দেখা যাচ্ছে, আপাততঃ চারটি মৌলিক একক (basic units) একটি DNA মৌলে থাকে যথা : (১) অনাম্লজানি পঞ্চ অঙ্গার চিনি (desoxy ribose), (২) ফসফেট (phosphate), (৩) পিউরিন ও (৪) পিরিমিডিন।

অধিকন্তু মাত্র দু' রকম পিউরিন ও দু' রকম পিরিমিডিন সাধারণভাবে দেখা যায়। তাহলে কি করে এত রকমের জিন ও ক্রমোজোমের জন্য পর্যাপ্ত রকম DNA হতে পারে। এ প্রশ্নের উত্তর সম্ভবতঃ এ ঘটনাতে নিহিত যে, প্রভেদীকরণ এডিনিন-থায়ামিন ও গুয়ানিন-সাইটোসিন আড়াআড়ি শিকলের আপেক্ষিক সংখ্যায় নিহিত; এ শিকলগুলির ক্রম-বিন্যাসে নিহিত এবং আড়াআড়ি শিকল লম্বা কোন্‌দিকে সংযুক্ত তাতে নিহিত। কারণ, কণা খুব লম্বা এবং এই প্রভেদগুলির (variations) ভিন্ন ভিন্ন শ্রেণীবিন্যাস (permutation) ও সমবায় (combinations) বিস্ময়কর। তাছাড়া জিনগুলি ক্রিয়াকলাপে অত্যন্ত সুনির্দিষ্ট। জিনগুলি সমান সংখ্যক জৈবিক অণুঘটক (enzymes) উৎপাদন করে এবং হাজার হাজার অণুঘটক জিনের ক্রিয়াকলাপে অংশ গ্রহণ করে থাকে। সুতরাং কোষ-কেন্দ্রিক অম্লের (nucleic acid) গঠনমূলক প্রচ্ছন্ন কর্মশক্তি এরূপ বলে প্রতীয়মান হয় যে, এটিই জৈনিক কার্যকলাপের বিভিন্নতা, সূক্ষ্মতা ও শক্তি প্রদান করে এবং এগুলি হচ্ছে জিনের বৈশিষ্ট্য।

অনুশীলনী

১। কোল-পরিব্যক্তি কাকে বলে? কোল / জৈনিক পরিবর্তনের হেতু-প্রকৃতি বর্ণনা কর।

২। মুলারের 'ClB' পদ্ধতি বর্ণনা কর।

৩। ডি-এন-এ এর ওয়াটসন-ক্রিক নমুনা বর্ণনা কর।

পঞ্চদশ অধ্যায়

লিঙ্গ নিরূপণ

(SEX-DETERMINATION)

একই প্রজাতির প্রাণীর মধ্যে সবচেয়ে আকর্ষণীয় বংশানুক্রমিক পার্থক্য হচ্ছে তার লিঙ্গের প্রকারণ। উনিশ শতকের পূর্বে এ সম্পর্কে অনেক অবাস্তর ধারণা পোষণ করা হয়েছে। কিন্তু মাত্র বিংশ শতাব্দীর প্রারম্ভে এ সমস্যার একটি কার্যকর সমাধান সম্ভব হয়েছে। 'জাতি নমুনা' ও 'বাহ্যিক নমুনা' এর তাত্ত্বিক সূত্রায়নের পূর্বে বংশক্রম পিতা-মাতা ও সন্তান-সন্ততির মধ্যে এক মাত্র সাদৃশ্যগুলোই নিরূপণ করে বলে মনে করা হতো এবং সন্তানের বংশগতি পিতা-মাতার বংশানুক্রমিক আন্তঃক্রিয়া বলে ধরে নেয়া হতো। এভাবে বংশগতি কিভাবে লিঙ্গ নিয়ন্ত্রণ করে তা বোঝা কঠিন ছিল। যাহোক, প্রাণীর বংশগতি সম্পর্কে এযাবৎ যে পরীক্ষা-নিরীক্ষা বা গবেষণা হয়েছে তাকে মূলতঃ দুটি ধারায় বর্ণনা করা যেতে পারে।

১। জাতি নমুনা দ্বারা প্রতিষ্ঠিত

পূর্বে উল্লেখিত সপ্তম অধ্যায়ে মোরগ-মুরগীর লিঙ্গাবদ্ধ বংশগতি বর্ণনার ক্ষেত্রে লিঙ্গ নিরূপণের কথা বলা হয়েছে। এক্ষণে লিঙ্গ নিরূপণের মূল বিষয়বস্তু উপস্থাপন করা দরকার। আবহমানকাল যাবৎ উচ্চতর প্রাণীতে যে উচ্চতম মৌলিক গুণগত প্রার্থক্য লক্ষ্য করা হয়েছে তা হচ্ছে তার লিঙ্গ। জাতের প্রভেদীকরণে সমস্ত ও উচ্চতর প্রাণীসহ অনেক উদ্ভিদ ও নিম্ন প্রাণীর মধ্যেও দুটি পরিষ্কার লিঙ্গ সার্বজনীনভাবে মূর্ত। একই মাতা-পিতার সন্তানেরা একে অন্যের সাথে এরূপ যৌন পার্থক্যসহ দেখা হয় না একমাত্র দুটি লিঙ্গেই দেখা যায়। মানুষসহ অনেক উচ্চতর প্রাণীর বেলায় এ পার্থক্যগুলি বাস্তবিকই দেহের বিভিন্ন অঙ্গ পর্যন্ত বিস্তৃত। মাংসপেশী, ত্বক, কঙ্কাল এবং রক্ত সাধারণতঃ অপ্রধান লিঙ্গীয় বৈশিষ্ট্য-গুলি (Secondary sexual characteristics) দেখায় না বলে মনে করা

হয়। কিন্তু এই অংশগুলিতে পার্থক্য এত স্বচ্ছ যে, এ অংশগুলি পরীক্ষা করে দুটি লিঙ্গের মধ্যে পার্থক্য বের করা তুলনামূলকভাবে খুব সহজ। দুই লিঙ্গের মধ্যে এ প্রশ্ন আঙ্গিক পার্থক্য ছাড়াও অনেক শারীরতত্ত্বগত (physiological)পার্থক্য রয়েছে যেমন, বিপাক হার (rate of metabolism), রক্ত চাপ হার, হৃৎপিণ্ডের কম্পন-গতি (rate of heart beat) এবং শ্বাস-প্রশ্বাস হার। এতদসত্ত্বেও দুটি প্রশ্ন লিঙ্গ প্রভেদে জড়িত আছে: এক, কেন এক ব্যক্তি পুরুষে রূপান্তরিত হয়ে শুক্রকীট উৎপাদন করে এবং অন্য জন স্ত্রী হয়ে ডিম্ব উৎপাদন করে? দুই, কেন দুটি লিঙ্গের সাথে ভিন্ন ভিন্ন বৈশিষ্ট্য জড়িত?

প্রথম প্রশ্ন হচ্ছে লিঙ্গ নিরূপণ সম্পর্কীয় এবং এ প্রশ্নের উত্তরে অতীতে দুটি তত্ত্বের (theory) সমান অবতারণা করা হয়েছে। (১) লিঙ্গ ক্রমোজোম আবিষ্কারকে কেন্দ্র করে উপস্থাপিত তত্ত্ব (chromosomal theory) মতে অপরিবর্তিতভাবে লিঙ্গ নিরূপিত হয় আভ্যন্তরীণ ক্রমোজোম সংক্রান্ত কৌশল দ্বারা তথা ক্রমোজোম বিন্যাস প্রক্রিয়ায় ও ভ্রূণ সৃষ্টির মাধ্যমে; (২) লিঙ্গ উলট-পালট (sex reversal) এর সম্ভাব্যতা কেন্দ্র করে আবিষ্কৃত তত্ত্ব মোতাবেক লিঙ্গ নিরূপিত হয় পরিবেশগত উপসর্গ দ্বারা যেমন খাদ্য, আদ্রতা, বিপাকিক গতি ইত্যাদি।

আজকে আমরা জানি, উক্ত দুটি তত্ত্বের কোনটিই ঐ লিঙ্গ নিরূপণ সম্পর্কিত প্রশ্নের পর্যাপ্ত উত্তর বা ব্যাখ্যা দেয়নি। তবে বিজ্ঞানের নিয়ম অনুযায়ী দুই বা ততোধিক প্রকল্পের যুক্তিসিদ্ধ অত্যাবশ্যকীয় সংলাপগুলির মিলন বাস্তবের বা সত্যের নিকটতর পদক্ষেপ যোগান দেয়। বিগত ১৯০২ সনে ম্যাক ক্লাং (McClung) এক প্রস্তাব মোতাবেক X ক্রমোজোম লিঙ্গ নিরূপণ হতে পারে। এর সাথে এটাও জানা যায় যে, ক্রমোজোম গঠন সংক্রান্ত ব্যাপারে কোন কোন কীটপতঙ্গের দেহকোষ (somatic cell) দুইটি লিঙ্গ পার্থক্য দেখায়। স্ত্রীলিঙ্গের কোষগুলি যুগল ক্রমোজোম ধারণ করে অথচ পুংলিঙ্গে একটি ক্রমোজোম বেজোড়া থাকে এবং এ XO প্রকার ক্রমোজোম সম্পর্কে সপ্তম অধ্যায়ে পূর্বেই উল্লেখ করা হয়েছে। অনুরূপ আরও দেখা গিয়াছে যে, কোন কোন প্রজাতে X ক্রমোজোমের একটি সাথী থাকে, তবে তা আলাদা এবং দেখতে একটু বক্রাকার দেখায়। তাই এরূপ ক্রমোজোমকে Y ক্রমোজোম বলে আখ্যায়িত করা হয়।

এরূপ অবয়বকে XY প্রকার বলা হয়। এরূপে পক্ষী, মথ ও কোন কোন মাছের মধ্যে ZW এবং ZO প্রকারের অনুসন্ধান পাওয়া যায়। উক্ত প্রকার ক্রমোজোম বিস্তার স্বভাবিকভাবে লিঙ্গ ও নির্দিষ্ট ক্রমোজোম জটিলতার মধ্যে বিদ্যমান। এ সম্পর্কে একটি ঘনিষ্ঠ সম্পর্ক উদঘাটন করতে হয়েছে। মক্ষিকার মধ্যে পুংলিঙ্গের XY এবং স্ত্রীলিঙ্গের XX প্রকার ক্রমোজোমের ভিত্তিতে সমান সংখ্যক দু'প্রকার শুক্রকীট উৎপাদিত হয়—একটি X ও অন্যটি Y ধারণ করে; অথচ ডিম হয় মাত্র এক প্রকারের, শুধু X নিয়ে। এভাবে একটি ডিম X শুক্রকীট দ্বারা নিষিক্ত হলে স্ত্রীলিঙ্গের মাছি (XX) জন্মায় এবং Y শুক্রকীট দ্বারা নিষিক্ত হলে পুং মাছি (XY) জন্মায়। এ তত্ত্ব দীর্ঘদিন নিয়মিত চলায় সাধারণ একটা বিশ্বাস জন্মেছে যে, স্ত্রী-পুং জন্মানোর জন্য একমাত্র লিঙ্গ ক্রমোজোমই প্রয়োজনীয় উপকরণ। পুং বলতে বোঝায় যা পুং জনন-কোষ জন্মায় এবং স্ত্রী বলতে বোঝায় যা স্ত্রী জননকোষ জন্মায়। আর বাদবাকি সমস্ত পার্থক্য অপ্রধান প্রকৃতির।

এখন প্রশ্ন হল, Y ক্রমোজোম থাকলে ব্যক্তিবিশেষ পুংলিঙ্গের হয়; কিন্তু এমন কতকগুলি ফল-মাছির অস্তিত্ব রয়েছে যাদের মধ্যে Y ক্রমোজোম অনুপস্থিত অথচ দেখতে পুং-এর মত। আবার (XY) পুং-এর সাথে পার্থক্য হচ্ছে—তাহারা বন্ধ্যা হয়। এটিই বা কেন? তাছাড়া স্মরণ করা যায় যে, স্ত্রীলিঙ্গেও Y ক্রমোজোম থাকতে পারে। দুইটি এক্স (XX) ক্রমোজোম ধারণকারী স্ত্রী মাছিগুলি সম্পূর্ণ উর্বরা হয় যদিও তাদের মধ্যে Y ক্রমোজোম থাকুক বা না থাকুক। সুতরাং এ পর্যবেক্ষণ থেকে এটি বলা যায় যে, Y ক্রমোজোম লিঙ্গ নিরূপণে কোনো ভূমিকা পালন করে না; যদিও উর্বরা (fertile) পুং হওয়ার জন্য এর উপস্থিতির প্রয়োজন আছে। সুতরাং ক্রমোজোম কর্তৃক লিঙ্গ নিরূপণের প্রশ্নটি অন্তত: (XY) ও (XO) নিয়ন্ত্রক হিসেবে একটি বা দুটি X ক্রমোজোমের উপর নির্ভর করে এবং বংশগত দিক থেকে উভয় লিঙ্গের মধ্যে পার্থক্য থাকছে যে, পুং হয় অর্ধ ক্রমোজোম সেট (haploid) এবং স্ত্রী হচ্ছে পূর্ণ সেটধারী এবং জিনগত কোন পার্থক্য নেই।

অতএব প্রত্যেকটি প্রাণীই, যে কোন প্রয়োজনীয় লিঙ্গের বৈশিষ্ট্য-গুলি ধারণ করে এবং শুধু তাই নয় কোন একটা কলাকৌশলে

(mechanism) প্রত্যেক লিঙ্গে একটি সমবেত দলের (set) প্রভাব সৃষ্টি হয়। অন্য জিনগুলির সম্ভাব্য বিকাশ চাপা থাকে। অর্থাৎ লিঙ্গ নিরূপণের একটি ব্যাখ্যা বুঝতে হলে ঐ কৌশল সম্বন্ধে জ্ঞানের প্রয়োজন হয়। এ ব্যাখ্যা থেকে তা সত্য বলে মনে করা যায়; বোঝা যায় যে ঐ কলাকৌশল জিনগুলির বিকাশকে এক বা অন্যদিকে স্থান পরিবর্তন করায়। এ প্রসঙ্গে মধ্যবর্তী লিঙ্গসমূহের (Inter sexes) পরীক্ষা-নিরীক্ষার ব্যাপারে লিঙ্গ নিরূপণের উপর অনেক আলোকপাত করা হয়েছে। নামমাত্রেই বোঝা যায় এ সকল প্রাণী সম্পূর্ণ পুং বা স্ত্রী কোনটিই নয়; কিন্তু বাহ্যিক আকৃতিতে (phenotypically) মাধ্যমিক চরিত্রের। দীর্ঘকাল যাবৎ আমরা জ্ঞাত আছি যে, বিভিন্ন ভৌগোলিক জাতের (race) মথের (*Lymantria*) মধ্যে মিলন ঘটিয়ে নিয়মিতভাবে মধ্যলিঙ্গীয় সন্তান পাওয়া যায়। এই মথগুলির লিঙ্গসূত্র হচ্ছে ZW প্রকার। এ ব্যাপারে গোল্ডস্মিথের (Goldschmide) প্রস্তাব মোতাবেক বলা যায় যে, পুরুষত্বের জন্য Z ক্রমোজোম বাহিত জিনগুলির মধ্যে জাতবিশেষে শক্তির প্রভেদ আছে এবং অনুরূপ কোষ-তরলে (cyto-plasm) স্ত্রী নিরূপক উপসর্গগুলিরও প্রভেদ আছে। এখন যে কোন জাতের মধ্যে পুং এবং স্ত্রী নিরূপক উপসর্গের আপেক্ষিক শক্তি এমন-ভাবে পরিবেশিত হয় যে, দুটি (Z Z) ক্রমোজোম বাহিত পুরুষত্বের জিনগুলি কোষ-তরলে স্ত্রীত্বের উপসর্গসমূহের প্রভাবের ভারসাম্য সুনির্দিষ্ট-ভাবে হারাতে পারে; অন্যদিকে একটি Z ক্রমোজোম বাহিত পুরুষত্বের জিন সুনির্দিষ্টভাবে কোষ-তরলে স্ত্রীর উপসর্গের প্রভাব দ্বারা ওজন হারায়। ফলে একই ভৌগোলিক জাতের মধ্যে মিলন ঘটালে রীতিগতভাবে স্বাভাবিক পুং ও স্ত্রীর অনুপাত হয় ১ : ১।

এ ছাড়া যে জাতে উভয়লিঙ্গ নিরূপক উপসর্গ আপেক্ষিক দুর্বল সে জাতের স্ত্রীকে অপেক্ষাকৃত (উভয়লিঙ্গ উপসর্গের) সবল জাতের পুরুষের সাথে সমাগম করালে ফল ভিন্নরকম হয়। এই প্রকার সন্তান-সমূহ বাহ্যিক আকৃতিতে পুরুষ (লিঙ্গ ক্রমোজোম গঠন মোতাবেক)। কিন্তু এ প্রকার সন্তান মধ্যলিঙ্গীয়, কারণ গোল্ডস্মিথের তত্ত্ব মোতাবেক সঙ্কর জাতে স্ত্রী নিরূপক উপসর্গসমূহ (যা দুর্বল জাতের মাতৃ ডিমের কোষ-তরল থেকে গৃহীত) একমাত্র সবল পিতৃ-ক্রমোজোম বাহিত পুং নিরূপক

উপসর্গকে ভারসাম্য হারিয়ে দিতে যথেষ্ট শক্তিশালী নয়। গোল্ডস্মিথের মথের লিঙ্গ নিরূপণের সংখ্যাবাচক তত্ত্বের বিস্তৃত ব্যাখ্যাসম্বলিত দলিল এক ডজনের অধিক বিভিন্ন জাতের মধ্যে সমাগম করিয়ে লিপিবদ্ধ করা হয়েছে এবং তিনি মধ্য-লিঙ্গীয়তার (inter sexuality) গভীরতা থেকে প্রাপ্ত তথ্যের ভিত্তিতে লিঙ্গ নিরূপণী উপসর্গের আপেক্ষিক শক্তির ক্রমানুসারে বিভিন্ন জাতকে সাজিয়েছেন। যাহোক, এ তত্ত্ব মথের বেলায় ঘটনা পরম্পরার অনেক পর্যাপ্ত ব্যাখ্যা প্রদান করে। তবে তার পরীক্ষামূলক তথ্যের জটিলতার জন্য এটি এখানে বিস্তৃতভাবে বর্ণনা করা গেলনা।

ফল-মক্ষিকার 'তেভাজী মধ্য-লিঙ্গীয়তা' (Triploid inter sexuality of *Drosophila*)।

ফল-মক্ষিকায় 'তেভাজী মধ্য-লিঙ্গীয়তা' আবিষ্কারের উপর পরিচালিত পরীক্ষা-নিরীক্ষা এবং আনুষঙ্গিক ঘটনা থেকে জানা যায় যে, এই কীট-পতঙ্গেও লিঙ্গ নিরূপণের সংখ্যাবাচক ভিত্তি রয়েছে। এক্ষেত্রে স্ত্রী নিরূপণী X ক্রমোজোমের জিনসমূহের সমান অনুপাতের ভিত্তিতে তা প্রতিষ্ঠিত। ফল-মক্ষিকায় জৈনিক সংযোজন পরীক্ষাকালে ব্রিজেছ প্রথমে মধ্য-লিঙ্গীয়তা আবিষ্কার করেন। একটি মাত্র সমাগমে তিনি সন্তানদের মধ্যে কয়েক ডজন মধ্য-লিঙ্গীয় পতঙ্গ জন্মান। তিনি ঐ সমাগমে স্বাভাবিক সন্তানদের মধ্যেও এমন কিছু পরিব্যক্ত (mutant) জিনের পৃথকীকরণ লক্ষ্য করেন যারা ঐ সমাগমে অপেরক (aberrant) হিসেবে কাজ করেছে। এ বিকিরণের (segregation) বিশ্লেষণসহ মধ্য-লিঙ্গীয় পতঙ্গের ভাই-বোনদের প্রজনন পরীক্ষা থেকে তিনি এই উপসংহারে পৌঁছেন যে, স্ত্রী জনকটি (female parent) অবশ্যই তিন সেট (সমবেত) অটোজোম ও একক ক্রমোজোম (দল) সহ তেভাজী হবে।

বিকিরণ জিনের (segregating genes) বিস্তারের উপর তথ্য (data) থেকে ইঙ্গিত পাওয়া যায় যে, (ক) মধ্য-লিঙ্গীয় জিনেরাই তিন সেট অটোজোম ধারণ করে; (খ) কোন যৌনাবদ্ধ জিন এতে জড়িত নয় এবং (গ) মধ্য-লিঙ্গীয়রা প্রজনন করে না। সুতরাং এক্স ক্রমোজোমের সংখ্যার কোন জৈনিক প্রমাণ (genetic evidence) পাওয়া যায়নি। কিন্তু তারা যদি তাদের জননীর মত তিন সেট অটোজোম ধারণ করে

এবং এক্স ক্রমোজোমের সংখ্যার বেলায় তাদের জননী থেকে পৃথক না হয়; তবে মধ্য-লিঙ্গীয় চরিত্রের ব্যাখ্যা দেওয়া কঠিন। এ ব্যাপারে ব্রিজেছ এ উপসংহারে পৌঁছেন যে, মধ্য-লিঙ্গীয়রা তিনটি এক্স ক্রমোজোম ধারণ করেনি, বরং খুব সম্ভবতঃ একটি Y ক্রমোজোমসহ বর্জিত মাত্র দুটি ধারণ করেছে। তদনুসারে একটি অর্ধসেট (haploid) অটোজোমকে 'অ' প্রতীকে বোঝালে মধ্য-লিঙ্গীয় ক্রমোজোম সংক্রান্ত সূত্র হয় ৩অ ২X বা ৩অ ২XY। একটি তেভাজী জননী কর্তৃক উক্ত সূত্রের সন্তান উৎপাদিত হতে পারে যদি, উদাহরণস্বরূপ, একটি এক্স ক্রমোজোমসহ একটি ২অ ডিম বা ২অ ২X ডিমকে যথাক্রমে একটি X শুক্রকীট বা একটি Y শুক্রকীট দ্বারা নিষিক্ত করানো যায় (সারণী ৩৭, চিত্র ১৫'১ দ্রঃ)।

চিত্র ১৫'১। লিঙ্গ নিরূপণায় X-ক্রমোজোম ও অটোজোমের প্রভাব

কোষ-বিদ্যাগত পরীক্ষা দ্বারা উক্ত (cytological examination) মধ্য-লিঙ্গীয় ক্রমোজোম সংক্রান্ত গঠন (chromosomal constitution) স্থিরীকৃত হয়েছে (সারণী ৩৭)। এ থেকে আরও জানা যায় যে, ভাসা ভাসা স্বাভাবিক বোনেরা (superficial sisters) তেভাজী ছিল যা অবশ্য ২অ ২X

ডিম্বকে এক্স শুক্রকীট দ্বারা নিষিক্ত করালে জন্মানো যায়। উল্লেখিত ঘটনা যথা—৩অ ২X ফল-মক্ষিকা মধ্য-লিঙ্গীয়, যদিও উভয় ৩অ ৩X ও ২অ ২X পতঙ্গগুলির স্ত্রীলিঙ্গের পর্যবেক্ষণ থেকে দেখা যায় যে, একমাত্র এক্স ক্রমোজোমই নয় এবং অটোজোমও লিঙ্গ নিরূপণের ভূমিকা পালন করে।

সারণী—৩৭ঃ মধু-মক্ষিকায় লিঙ্গের সাথে ক্রমোজোমের সম্পর্ক

X-ক্রমোজোমের সংখ্যা	অর্ধসেট অটো-জোমের সংখ্যা 'অ'	X/অ অনুপাত	লিঙ্গ প্রকরণ
৩	২	১·৫০	ভাসা-স্ত্রী(superficial)
৪	৪	১·০০	স্ত্রী (৪n)
৩	৩	১·০০	স্ত্রী (৩n)
২	২	১·০০	স্ত্রী (২n)
১	১	১·০০	স্ত্রী (n)
৩	৪	০·৭৫	মধ্যলিঙ্গ
২	৩	০·৬৭	মধ্যলিঙ্গ
১	২	০·৫০	পুং
২	৪	০·৫০	পুং
১	৩	০·৩৩	ভাসা পুং(superficial)

উপরোক্ত সারণী অনুসারে দেখা যাচ্ছে ৩অ ২X সূত্রের মধ্যলিঙ্গ স্বাভাবিক ২অ ২X স্ত্রী হতে প্রভেদী হয় মাত্র একটি অটোজোম সেটের বিয়োজন দ্বারা। এটি ছাড়া আরও বোঝা যায় যে, অটোজোমগুলি পুং উৎপাদনে প্রভাব বিস্তার করে এবং X ক্রমোজোম স্ত্রী উৎপাদনের দিকে প্রভাবশালী। উক্ত বিবেচনাও ২অ ১X ফল-মক্ষিকার পুংলিঙ্গের এই ঘটনার প্রেক্ষিতে ব্রিজেছ প্রস্তাব করেন যে, এই প্রাণীতে লিঙ্গ নিরূপণ নির্ভর করছে জিন ও ভারসাম্যের উপর। অর্থাৎ X ক্রমোজোমের সাথে অটোজোমের অনুপাতের উপর। যদি X/অ অনুপাত ১ হয় তাহলে স্ত্রী এবং X/অ অনুপাত ০·৫০ হলে পুংলিঙ্গ সৃষ্টি হয়, এবং ৩অ

২X সূত্রের মাছিসমূহের X/অ অনুপাত ২/৩ বা ০'৬৭ হলে তা ১'০০ ও ০'৫০ এর মধ্যে পড়ায় মধ্যলিঙ্গীয় হবে। এভাবে ব্রিজেছ-এর জৈনিক ভারসাম্যতত্ত্ব প্রমাণিত হয়েছে।

ব্রিজেছ-এর জৈনিক ভারসাম্যতত্ত্ব (Genic Balance Theory of Bridges)

ব্রিজেছের উক্ত ভারসাম্যতত্ত্ব ড্রসোফাইলার (ফল-মক্ষিকার) উপর পরিচালিত এ সম্পর্কিত অতিরিক্ত আবিষ্কার দ্বারা শক্তিশালী করে উপস্থাপিত করা হয়। উপরোক্ত সারণীর পূর্বাভাস অনুযায়ী চতুর্ভাজী (tetraploid) ৪অ ৪X মাছিগুলি স্ত্রীলিঙ্গের হয় এবং ৪অ ৩X মাছিগুলি মধ্যলিঙ্গীয়। অর্ধসেট ১অ ১X প্রাণী বাঁচে না। তবে হঠাৎ কারুকার্যবিশিষ্ট (mosaic) প্রাণী জন্মালে তাদের ২ লিঙ্গের প্রভেদী-কোষকলা (differing tissue) অর্ধসেট কোষ (haploid cell) দ্বারা গঠিত হয় এবং খণ্ড খণ্ড অর্ধকলা-সহ ঐ গুলি স্ত্রীলিঙ্গের হয়ে জন্মায়। এমতাবস্থায় ৩৭ নং সারণী মূলে এই বোঝা যায় যে, অটোজোম ও লিঙ্গ ক্রমোজোমের মধ্যেকার ভারসাম্যের ক্রমানুসারে প্রভাব সৃষ্টি হয়েছে ক্রমোজোম সংক্রান্ত প্রকারণে। এর বাস্তবতা ঘটেছে ফল-মক্ষিকায়। তাছাড়া, যে ভাসা ভাসা স্ত্রী এবং পুং নামে কতক মাছিকে আখ্যায়িত করা হয়েছে তারা আসলে অত্যন্ত ক্ষণস্থায়ী জীব এবং ক্রমোজোম সংক্রান্ত সূত্রায়নের জন্যই তাদের ঐ নাম দেওয়া হয়েছে। তাই স্বতঃসিদ্ধভাবেই এ তত্ত্বকে জৈনিক ভারসাম্যতত্ত্ব বলা হয় এবং এর প্রমাণ কোষকেন্দ্রে অতিরিক্ত ক্রমোজোম খণ্ডের ফলাফলের পর্যবেক্ষণ থেকেই প্রাপ্ত বহু জিন এ ব্যাপারে জড়িত আছে। ডব্‌জন্স্কী ও স্কুজ (Dobzhansky and Schultz) (১৯৩১) দেখিয়েছেন যে, যখন এক্সরশ্মি দ্বারা এক্স ক্রমোজোমের ভাঙ্গন থেকে অর্জিত অংশ মধ্যলিঙ্গে (৩অ ২X) সংযোজন করা যায়, তখন প্রাণীটির স্ত্রীলিঙ্গের দিকে পরিবর্তিত হওয়ার ঝোঁক দেখা যায়। এক্স ক্রমোজোমের অংশ যত বড় হয়, পরিবর্তন তত বড় হয় এবং এতে এই প্রমাণিত হয় যে, ঐ ক্রমোজোমের বিভিন্ন অংশে লিঙ্গ নিরূপণী জিনগুলি উপস্থিত। এ উপসংহার পিপ্‌কিনের গবেষণা দ্বারা আরও পাকাপোক্ত করা হয়েছে। তিনি খুব খাট খাট এক্স ক্রমোজোম অংশ মধ্যলিঙ্গে যোগ করেন।

উল্লেখিত পরীক্ষা-নিরীক্ষা এবং অটোজোমের ভগ্নাংশের প্রভাব স্বজনী ঘটনা এ সাক্ষ্য-প্রমাণ বহন করে যে, ফল-মক্ষিকার লিঙ্গ নিরূপণে স্বাভাবিকভাবে বহু জিন জড়িত আছে, যদিও আলাদা আলাদা প্রত্যেকটি জিনের প্রভাব অত্যন্ত ক্ষুদ্র। তথাপি জৈনিক পরিব্যক্তি মাঝে-মধ্যে অনেক শক্তিশালী লিঙ্গ পরিবর্তক জিন সৃষ্টি করে যেমন—তৃতীয় ক্রমোজোমে প্রবাহক (transformer) জিনের অবস্থান নির্ণয় করা। এইরূপ জিন যখন সমসংস্থ অবস্থায় আসে তখন ২য় X সূত্রের মাছিকে এমন চরিত্রের করে সৃষ্টি করে থাকে স্বাভাবিক পুংলিঙ্গ থেকে একমাত্র তাদের ছোট আকারের শুক্রাশয় (testis) ব্যতীত আলাদা করা যায় না। অবশ্য প্রজননগতভাবে তারা বন্ধ্যা (sterile) হয়।

জৈনিক ভারসাম্য তত্ত্বের বহুবিধ পরীক্ষায়, ফল-মক্ষিকার লিঙ্গ নিরূপণ সন্দেহাতীতভাবে প্রতিষ্ঠিত। এছাড়া এমন সাক্ষ্য রয়েছে যে এটি অন্ততঃ উদ্ভিদ ও প্রাণীর অন্যান্য কতক দেহীর বেলায় যাদের XY, XO, ZW বা ZO লিঙ্গ ক্রমোজোম সূত্র তাদের মধ্যে কার্যকর রাখে। তবে ZW বা ZO প্রকার প্রাণীতে পুং নিরূপণী জিনসমূহ ক্রমোজোমে থাকা প্রয়োজন এবং স্ত্রী জিনগুলি অটোজোমের মধ্যে। ত্রেভাজী মধ্য লিঙ্গ (৩য় ২Z) মথের বহু উপ-প্রজাতিতে পাওয়া গেছে (*Lymantria*)। অন্যত্র আবার এটি গোল্ডস্মিথের "ত্রেভাজ মধ্যলিঙ্গ" তত্ত্বের বিরোধী নয়। মথের (*Lymantria*) Z ক্রমোজোমের পুং নিরূপণী জিনগুলির ও অটোজোমের মধ্যে কোন-তরলের স্ত্রী উপসর্গ কর্তৃক ভারসাম্য রক্ষিত হয়।

যাহোক, অনেক প্রাণীতে এই জৈনিক ভারসাম্য তত্ত্ব অন্ততঃ এর সহজ সরল ছকে ঝটপট করে প্রযোজ্য নয়। এদের মধ্যে সবচেয়ে উল্লেখযোগ্য হচ্ছে হাইমেনোপ্টেরা (hymenoptera—পিঁপড়া, মৌমাছি, ভিমরুল ইত্যাদি)। এদের বেলায় এরূপ হওয়ার কারণ হচ্ছে যে, মৌমাছিতে একমাত্র স্ত্রীলিঙ্গের মৌমাছিসমূহ (শ্রমজীবী ও রাণী) নিষিক্ত ডিম্ব থেকে জন্মায় এবং পুং মাছিগুলির অনিষিক্ত ডিম্ব থেকে কুমারী উৎপত্তি হয় (parthenoginetically) এবং মেণ্ডেলের সমসাময়িক কালে জারজন (Dzierzon) এটি সর্বপ্রথম লক্ষ্য করেন। এখন আমরা জানি যে, এ নিয়ম অসংখ্য কীটপতঙ্গের বেলায় ঘটেছে। এ ব্যাপারে পুঙ্খানুপুঙ্খভাবে যে প্রাণীটি পরীক্ষিত হয়েছে তা হচ্ছে পরভোজী ভিমরুল

(parasitic Wasp) যাকে হ্যাব্রব্রেকনযুগল্যাণ্ডিস (Habrobraconjug-landis) বলা হয়। এতে অবশ্য, নিষিক্ত ডিম্ব ফুটে ও পুং জন্মায়; তবে তারা সচরাচর বন্ধ্যা হয়। এক্ষণে দেখা যাচ্ছে যে, লিঙ্গ ক্রমোজোম ও অটোজোমের মধ্যে অথবা লিঙ্গ জিন ও কোষ-লিঙ্গ উপসর্গের মধ্যে কোন সহজ ভারসাম্য তত্ত্ব অর্ধ সেট এবং দ্বিভাজী পুং সহ দ্বিভাজী স্ত্রীলিঙ্গের ব্যাখ্যা দিতে পারছে না। হুইটিং, তাঁর বিস্তৃত পর্যবেক্ষণের উপর ভিত্তি করে এরূপ একটি তত্ত্ব দিয়েছেন এবং তাঁর মতে স্ত্রীত্বের উৎপত্তির জন্য পরিপূরক লিঙ্গ উপসর্গের প্রয়োজন বা আবার মিশ্র-বিগম প্রক্রিয়ার উপর নির্ভরশীল। বলাবাহুল্য যে, প্রত্যেকটি স্ত্রী একজোড়া এলিলের জন্য বিসমসংস্থ এবং প্রত্যেক এলিলের অবদান হচ্ছে কিছু বস্তু বা উপসর্গ যা অন্যটি উৎপাদন করে না। অতএব স্ত্রীত্বের জন্য উভয় এলিলের ভূমিকা প্রয়োজন এবং এদিক থেকে দুটি এলিলের ক্রিয়া হচ্ছে একে অন্যের পরিপূরক।

এ প্রসঙ্গে লিঙ্গ জিনসমূহ কেমন করে ক্রিয়া করে তা বোঝার জন্য প্রস্তাব করা হয়েছে যে, ক্রমানুসারে ৯টি এলিলকে প্রতিনির্বিম্ব করতে পারে এরূপ প্রতীক ব্যবহার করা চলে যেমন $X^{ABCDEFGHI}$, $X^{AbCDEFGHI}$, $X^{ABcDEFGHI}$, $X^{ABG'dEFGHI}$, $X^{ABCDeFGHI}$ ইত্যাদি হতে $X^{ABCDEFGHi}$ পর্যন্ত। এখানে বড় হরফের প্রতীক দিয়ে A হতে I এমন কতকগুলি উপসর্গকে বোঝানো হয় যা স্ত্রীত্ব সৃষ্টির জন্য অবশ্যই উপস্থিত থাকতে হবে। আবার প্রত্যেক এলিলে অন্যতম অত্যাবশ্যকীয় উপসর্গ একটি অনুপস্থিত থাকে এবং এটি ছোট হরফ দ্বারা বোঝানো হয় তবে অন্যান্য সকল উপসর্গ বিদ্যমান থাকে এটা বোঝা দরকার। সুতরাং সহজ সরল পন্থায় $X^a, X^b, X^b, X^d, X^e \ldots X^i$ প্রতীক ব্যবহার করা চলে। কাজেই সকল দ্বিভাজী বিসমরূপ (heterozygotes) যেমন X^aX^c, X^bX^c স্ত্রীলিঙ্গের হবে; যেহেতু যে কোন দুটি এলিল একযোগে সমস্ত স্ত্রীলিঙ্গীয় উপসর্গ-সমূহ যোগান দিয়ে থাকে। কিন্তু অর্ধভাজী X^a, X^b, X^c ইত্যাদিতে সব সময়ই স্ত্রীত্বের একটি বা অন্যটি 'অনুপস্থিত থাকে এবং তাই পুংলিঙ্গের হয়। তা ছাড়া ঐ একই কারণে যে কোন এলিলের দ্বি-ভাজী সমসংস্থ ভ্রূণসমূহ X^aX^a, X^bX^b ইত্যাদি পুংলিঙ্গের হবে। এভাবে পুং-এর দ্বিপাক্ষিক জনন প্রক্রিয়াও ব্যাখ্যা করা যায়। এমন একটি তত্ত্ব কি

করে চিন্তার এলো তাতে আশ্চর্য হবার থাকে। তবে এরূপ প্রতিপূরক লিঙ্গে এলিলের ধারণা (যা স্ত্রীলিঙ্গ নিরূপণ করে) প্রথমতঃ কারুকার্য-খচিত পুংলিঙ্গের বিশেষ পর্যবেক্ষণ দ্বারা প্রস্তাব করা হয়েছিল। অন্যধিক ডিম ফুটে এ পুংগুলির সৃষ্টি হয় এবং এই প্রক্রিয়ার একটির পরিবর্তে দুটি কম (reduced) অর্ধভাজী (haploid) কোষকেন্দ্র (nucleus) ধরে রাখা হয় এবং বৃদ্ধির সময় প্রাণীর কোন অংশ যে-কোন একটি কোষকেন্দ্র থেকে প্রাপ্ত পদার্থ (derivatives) গ্রহণ করে কোন অংশ অন্যটির পদার্থ গ্রহণ করে। দু'টি ডিম্ব কেন্দ্রের অনুরূপ ক্রোমোজোম মাতা বিসমসংস্থ এমন যে কোন এলিলের বিকিরণের (segregation) মাধ্যমে বিভিন্ন জিন বহন করতে পারে এবং এইরূপ ক্ষেত্রে প্রাপ্তবয়স্ক ভিমরুলের বিভিন্ন অংশ বংশগতভাবে ভিন্ন প্রকারের হয়।

কারুকার্যখচিত প্রাণীতে বংশগত ভিন্ন কোষকলার মধ্যে বিভাজন লাইন যৌনাঙ্গের মধ্য দিয়ে অতিক্রম করায় যৌনাঙ্গের সংগঠন প্রায়ই স্ত্রীলিঙ্গের দিকে পরিবর্ধিত হয়। হুইটিং সন্দেহ করলেন যে, ঐ আধা স্ত্রীত্বতা হচ্ছে দুটি বস্তুর মিশ্রণের জন্য। দুটি বস্তুর এক একটি প্রত্যেক ভিন্ন কলা কোষে বিদ্যমান। অর্থাৎ দুটি বস্তু দুটি এলিলের উৎপাদিত ফসল। ধরি, এলিল দুটি X^a, X^b যার জন্য মা ছিল বিসমসংস্থ; তিনি দেখলেন যে, যদি এরূপে **কার্যতঃ** সমস্ত স্ত্রী এক যুগল এলিলের জন্য বিসমসংস্থ হয় এবং সকল দ্বিভাজী দ্বিপাক্ষিকীয় পুং উক্ত এলিলের যে-কোনটির জন্য সমসংস্থ হয়, তবে ঐ পরভোজী ভিমরুলের লিঙ্গ প্রকরণের সমস্যা অনেকাংশে দূরীভূত হয়। হুইটিং-এর তত্ত্ব অনুযায়ী সমস্ত স্ত্রী হয় X^a, X^b এবং সমস্ত পুং হয় X^a বা X^b সূত্রের। এই এলিল ২টি X দাগে অবস্থিত। হুইটিং-এর অনুমান (hypothesis) পরীক্ষায় পতঙ্গের শুঙ্গের (antenna) উপর সৃষ্ট প্রতিক্রিয়ার নামানুসারে কতক একত্রীভূত জিন (fused gene) জড়িয়ে নামকরণ করা এবং এটি লিঙ্গ এলিল বিন্দুর সাথে সংযোজন প্রদর্শন করে। তত্ত্বানুসারে নিষেপষিত স্ত্রীর সাথে নিষেপষিত পুং-এর সহমিলনের দুই দলে ৪ প্রকার প্রাণী জন্মে। এক দলে ৯০% অনিষেপষিত স্ত্রীও ১০% নিষেপষিত এবং অন্য দলে ৯০% নিষেপষিত ও ১০% অনিষেপষিত স্ত্রী সন্তান জন্মায়। এরূপ সহমিলনকে 'দু এলিল' সঙ্গম বলা হয়। তবে অসম্পর্কযুক্ত নিষেপষিত স্ত্রীর সাথে নিষেপষিত পুং-এর

সহমিলনে সমান সংখ্যক উভয় প্রকার স্ত্রী সন্তান জন্মায়। এরূপ সহমিলনকে 'ভিন এলিল' সঙ্গম বলা হয়। এই তত্ত্ব ঐ সমস্ত প্রাণীর বেলায় প্রযোজ্য হবে যার পুংগুলি অনিষিক্ত ডিম ফুটে জন্মায়।

লিঙ্গ নিরূপণ সম্পর্কিত এ পর্যন্ত যে আলোচনা করা হল, বিভিন্ন প্রকার প্রাণীর ক্ষেত্রে তাতে দেখা গেল যে, ব্যক্তির লিঙ্গ তার আভ্যন্তরীণ 'জাতি নমুনা' দ্বারা প্রতিষ্ঠিত এবং এসব ক্ষেত্রে লিঙ্গ উদ্ভাবনের দিকটি পরিবেশের পার্থক্য দ্বারা পরিবর্তিত হয় না। অবশ্য ফল-মক্ষিকার 'মধ্য-লিঙ্গীয়রা' এ ব্যাপারে আংশিক ব্যতিক্রম; কারণ বয়োবৃদ্ধির সময়ে উচ্চতর তাপের প্রভাবে বাহ্যিক নমুনা স্ত্রীলিঙ্গের দিকে চলে যায় এবং নিম্নতর তাপে পুংলিঙ্গের হয়ে জন্মায়।

২। জাতি-নমুনা দ্বারা প্রতিষ্ঠিত নয় এরূপ লিঙ্গ নিরূপণ

এমন কতকগুলি গড়ন রয়েছে যেগুলির মধ্যে বংশগত গঠন ও লিঙ্গের কোন সম্পর্ক আবিষ্কার করা যায় না যেমন পোকা ও শামুক যারা জীবনবৃত্তের এক অংশে শুক্রকীট উৎপাদন করে এবং অন্য অংশে ডিম উৎপাদন করে। রকমারী পরিবেশগত উপসর্গ সেই পরিবর্তনকে প্রভাবিত করে থাকে। বাধ্যতামূলক ক্রিয়া, উচ্চ তাপ এবং ক্ষতিকর বস্তুতে উন্মুক্তাবস্থায় এটি বৃদ্ধি পায়; স্ত্রী-লিঙ্গীয়দের নৈকট্যতা একে মন্থর করে। এছাড়া অন্যান্য অমেরুদণ্ডী প্রাণীতে— যেমন সহজপ্রাপ্য কেঁচো ইত্যাদিতে প্রত্যেকটি উভয় লিঙ্গধারী হয়ে থাকে তাদের পূর্ণ জীবনবৃত্তে। সামুদ্রিক প্রাণী বনেলিয়াতে (Bonelia) স্ত্রী-লিঙ্গীয়দের শুঁড় লম্বা হয় এবং পুং-রা অত্যন্ত ক্ষুদ্র। এই ক্ষুদ্র পুং-রা স্ত্রীদের জরায়ুতে পরভোজী জীবন কাটায়। নিষিক্ত ডিমগুলি স্বাধীন জলচর প্রাণীরূপে গড়ে উঠতে থাকে। তবে যে সমস্ত শুককীট (larvae) সমুদ্রবক্ষে তলিয়ে যায় তারা স্ত্রী-লিঙ্গে রূপান্তরিত হয় এবং যারা স্ত্রীদের লম্বা শুঁড়ে লেগে যায় তারা জরায়ুর মধ্যে পুংলিঙ্গে পর্যবসিত হয়।

অন্যান্য মেরুদণ্ডীদের মধ্যে ২ কি ৩ জাতের মাছ উভলিঙ্গীয় (hermaphrodite) এবং প্রত্যেক প্রাণীর মধ্যে উভয়লিঙ্গের জনন-যন্ত্র রয়েছে। অন্যান্যদের বেলায় বংশগত লিঙ্গ হয়ে থাকে। স্তন্যপায়ীদের মধ্যে কোন উভলিঙ্গ নেই। যে সমস্ত ব্যক্তি বর্ধিষ্ণু বৈচিত্র্য দেখায়

তাদের পৃথক লিঙ্গ যন্ত্র পুরা রয়েছে এবং তাদেরকে ভুয়া উভলিঙ্গীয় (Pseudo hermaphrodite) বলা হয়। অন্যদিকে যারা শুক্রাশয় ও ডিম্বাশয়-এর মিশ্রণ ধারণ করে তাদেরকে আসল উভয়লিঙ্গ বলা হয় (True hermaphrodite)।

আলোচ্য বিষয়বস্তুর বর্ণনাকালে এই মর্মে প্রচুর সাক্ষ্য প্রমাণ পাওয়া যায় যে, একটি পরিবেশে সংশ্লিষ্ট জিন একটি সুস্পষ্ট প্রতিক্রিয়া সৃষ্টি করতে পারে অন্য আর একটি পরিবেশে দৃশ্যতঃ কোন প্রভাব সৃষ্টি করে না। অথবা বলা যায় এক দল জিনের বিকাশ ঘটে একটি পরিবেশে অথচ অন্য আর একটি দলের প্রভাব হয় ভিন্ন আর একটি পারিপার্শ্বিকতায়। এই কথা স্মরণ করে এ ব্যাপারে কোন দ্বন্দ্ব বা সন্দেহ খোঁজ করার কোন অবকাশ থাকে না যে, লিঙ্গীয় বৃদ্ধির জিনের নিয়ন্ত্রণটি সর্বতো বাঁধা-ধরা ও অপরিবর্তনীয় নিরূপণতা হতে সম্পূর্ণ পারিপার্শ্বিক উপসর্গসমূহের উপর নির্ভরশীলতা পর্যন্ত বিস্তৃত হতে পারে।

উচ্চতর মেরুদণ্ডীয় প্রাণীদের মধ্যে ক্রমোজোম সংক্রান্ত ভারসাম্যের প্রথম প্রভাব হচ্ছে, (১) ভ্রূণ গঠনকালে প্রাথমিক লিঙ্গ-যন্ত্র (gonads) তৈরীর কাজে উদ্যোগী হওয়া এবং (২) এই প্রাথমিক জনন-যন্ত্রগুলিই পরবর্তীতে জনন-কোষ তৈরী ছাড়াও লিঙ্গীয় প্রাণরস (sex hormone) বা উত্তেজক উৎপাদন করা। তারপর লিঙ্গ প্রভেদী বৈশিষ্ট্যসমূহের অনেকাংশে এই উত্তেজক দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়। এই উত্তেজক একটি লিঙ্গের বৈশিষ্ট্যসমূহের বিকাশ ঘটায় কোন একটি প্রাণীতে এবং তাতে অন্য লিঙ্গের বৈশিষ্ট্যসমূহের বিকাশ ঘটাতে বাধা দেয়। এই উত্তেজক রক্ত লসিকা দ্বারা (blood and lymph) দেহের সমস্ত কোষে প্রবাহিত হয়ে সমস্ত লিঙ্গীয় (প্রাথমিক ও মাধ্যমিক) বৈশিষ্ট্যসমূহ সৃষ্টি করে। এ সম্পর্কে বিপরীত লিঙ্গীয় যমজ বাছুর (free martin) দ্বারা উত্তেজকের প্রারম্ভিক প্রভাবের একটি চমৎকার উদাহরণ দাঁড় করানো যেতে পারে। এরূপ ক্ষেত্রে স্ত্রীলিঙ্গীয় বাছুরটি বন্ধ্যা হয় এবং এঁড়ে হওয়ার প্রতি ঝোঁক দেখায়। এর কারণ হচ্ছে, গাভীর জরায়ুতে দুটি ভ্রূণের মধ্যে রক্তের যোগাযোগ স্থাপিত হয়। পুং উত্তেজক প্রথমতঃ উৎপাদিত হয় বলে মনে হয় এবং বকনা বাছুরটি তার প্রচুর অংশ শুষে নেয় স্বাভাবিক স্ত্রী অঙ্গ গঠনে প্রতিবন্ধক সৃষ্টির জন্য। অথচ এরূপ ঘটনা মানুষের মধ্যে

ঘটে না। পাখির মধ্যে স্ত্রীলিঙ্গে শুক্রাশয়ের মত একটি যৌন বৃদ্ধি হতে (growth) থাকে যা প্রশস্ত হয়ে পুং উত্তেজক উৎপাদন করে; যদি কার্যরত ডিম্বাশয় গোল্য কৌশল দ্বারা উৎখাত করা হয় না রোগে ধ্বংস হয়ে যায়। এবং ফলে মাঝে মধ্যে বৃদ্ধা মুরগী পুং বৈশিষ্ট্য ধারণ করে। যাহোক, উভচর মাছ ও অন্যান্য নিম্নতর মেরুদণ্ডে স্বতঃস্ফূর্ত লিঙ্গান্তর অপেক্ষাকৃত স্বাভাবিক।

কীটপতঙ্গ এবং অন্যান্য অমেরুদণ্ডী প্রাণীতে কোন লিঙ্গ উত্তেজক থাকে বলে প্রমাণ পাওয়া যায়নি এবং প্রত্যেক কোষের লিঙ্গায়ন ঐ নির্দিষ্ট কোষের ক্রমোজোমের উপর নির্ভরশীল বলে অনুমিত হয়। এজন্য দেহের একাংশে স্ত্রীকলা এবং অন্য অংশে পুং কলা সমেত প্রাণী দেখা যায়। এ অবস্থার সৃষ্টি হয় ভ্রূণগত বিকাশে ক্রমোজোম সংক্রান্ত অস্বাভাবিকতার জন্য। এরূপ প্রাণীকে লিঙ্গ কারুকার্যখচিত (sex mosaics or gynandromorph) বলা হয়। পুং এবং স্ত্রী-কলার আপেক্ষিক পরিমাণ প্রভেদী (vary) হয়। এক প্রকার কারুকার্য দ্বিপাক্ষিক (bilateral), যার দেহের এক অংশে পুং চরিত্র এবং অন্য অংশে স্ত্রী অঙ্গীয় হয়। এরূপ প্রাণী একটি ২X ভ্রূণ থেকে বিকশিত হয় এবং যার মধ্যে রজ্জু বিভাজন কালের দৈবাৎ ঘটনায় একটি X ক্রমোজোম একটি কোষ থেকে খোয়া যায়। এই কোষ থেকে উদ্ভব সমস্ত কোষ পুং লিঙ্গীয় বৈশিষ্ট্যসহ এবং বাকীগুলি স্ত্রীলিঙ্গীয় বৈশিষ্ট্য নিয়ে বৃদ্ধি পায়। তবে পুং কলার সমানুপাত অনেকাংশে বিকাশের বিশেষ ধাপের উপর নির্ভর করে যখন পরিবর্তকটি (aberrant) জন্মায়। এ সকল প্রাণী কদাচিৎ প্রজনন করে।

অনুশীলনী

১। লিঙ্গ কখন নিরূপণ হয়? লিঙ্গ নিরূপণে যৌন ক্রমোজোমগুলোর ভূমিকা বর্ণনা কর।

২। ব্রিজেসের জৈনিক ভারসাম্য তত্ত্ব কি? ব্যাখ্যা কর।

৩। জাতি-নমুনা দ্বারা প্রতিষ্ঠিত নয় এরূপ লিঙ্গ নিরূপন বর্ণনা কর।

৪। লিঙ্গ নিরূপণের বিভিন্ন পদ্ধতি বর্ণনা কর।

ষোড়শ অধ্যায়

কৌল ক্রিয়া ও কৌল প্রকৃতি

(GENIC ACTION AND NATURE OF GENES)

কৌলিবিজ্ঞানের মৌলিক সূত্র ও অনুপাত বিশ্লেষণ থেকে এবারে আমরা অন্য একটি পর্বে পদার্পণ করছি। পূর্ববর্তী অধ্যায়সমূহে জিনের বংশানুক্রমিক বিকাশের বিভিন্ন রূপ ও সূত্র সম্পর্কে আমরা আলোচনা করেছি। এক্ষণে আমরা প্রতি জীবদেহের ক্রমোন্নয়নের উপর জিনের অবস্থান ও বিকশিত বৈশিষ্ট্য, এ দুয়ের মধ্যে যে শূন্যতা সৃষ্টি হয়েছে তা (যদিও এখন পর্যন্ত পুঙ্খানুপুঙ্খরূপে বোঝা যায়নি) সম্যক উপলব্ধির চেষ্টা চালাব। কি করে এক বা একদল জিন একটি চরিত্রকে বিকশিত হতে প্রভাবিত করে? অথবা একটি বিন্দুতে অবস্থান-ক্রিয়া ও তার আবির্ভাবের মধ্যে কি যোগসূত্র থাকতে পারে? এবং কি করেই বা বর্ণান্ধতা, নীলচক্ষু, ও টেকো দাগের মধ্যে জিনের ক্রিয়া পর্যবসিত হয়? তাছাড়া মৌলিক আঙ্গিক বৈশিষ্ট্য— যেমন পাকস্থলী বা মেরুদণ্ড এগুলির ব্যাপারে জিনের কিছু করার আছে কিনা? এই প্রশ্নগুলির স্বাভাবিক অবতারণা হয় কৌলিবিজ্ঞানের ছাত্রের কাছে। এখানে যে প্রাকৃতিক রহস্য উদঘাটনের প্রক্রিয়া যা আসলে শরীরতত্ত্ব ও জটিল জীব-রসায়নগত ক্রিয়া-প্রক্রিয়া জড়িত, তা বলাই বাহুল্য। সুতরাং জিনের ক্রিয়া ও প্রকৃতি নির্ধারণ সমস্ত উদ্ভিদ ও প্রাণীজগতের এক মহাধর্ম। এ কারণেই কৌলি-বিজ্ঞানের এ অংশকে অধ্যয়নের সুবিধার্থে ও জ্ঞানের প্রকৃতি বিবেচনায় 'জীব রাসায়নিক কৌলিবিজ্ঞান' বা Biochemical Genetics বলা হয়।

পূর্বতন মতবাদ অনুযায়ী প্রত্যেক ব্যক্তি ডিমের মধ্যে ক্ষুদ্রাকৃতিতে (in miniature) পূর্ব থেকেই তৈরী থাকে (Preformed) এবং একমাত্র আকার বৃদ্ধি প্রাপ্তির মাধ্যমে তা প্রাপ্ত বয়সে পূর্ণতা লাভ করে। কিন্তু পর্যবেক্ষণ ও পরীক্ষা এ অনুমানকে ভুল প্রমাণিত করেছে। অথচ একটি ডিম থেকে ব্যক্তির বয়োবৃদ্ধি ও বিকাশ একটি ক্রমপ্রভেদীকরণকে জড়িত

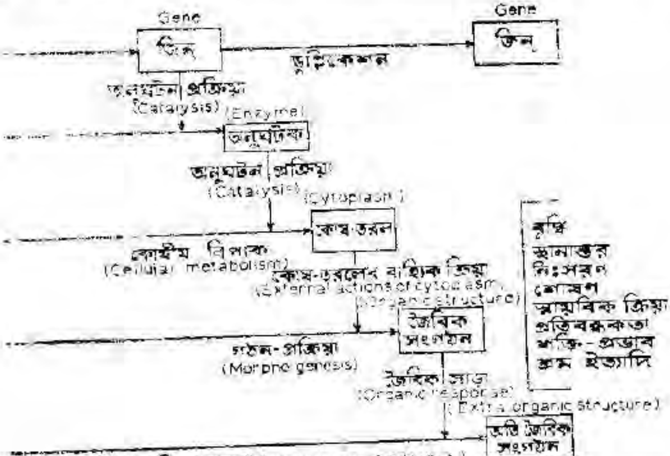
করে অগ্রসর হয়। এরূপ বিকাশকে পূর্ব উৎপত্তি (epigenesis) বলা হয় এবং এটি পূর্বগঠন (preformation) তত্ত্বের বিরোধী। একটি প্রাপ্তবয়স্ক লোক বা প্রাণী ডিমের মধ্যে পূর্ব থেকেই তৈরী ছিল—এ যুক্তি যেমন আর গ্রহণযোগ্য নয়—তেমনি এটি অবশ্যই মনে রাখতে হবে যে, ডিমের এক সেট জিন থাকে বা শুক্রকীটের সাথে নিষিক্ত হয়ে আর এক সেট জিনের সঙ্গে যুক্ত হয়। এদিক থেকে ডিম ও নিষিক্ত ডিমের কিছু অংশ পূর্ব-গঠিত। তবে নিষিক্ত ডিম থেকে ভ্রূণের বিকাশ পূর্ব-উৎপত্তি বিষয়ক (epigenetic) প্রকৃতিতেই ঘটে থাকে। অবশ্য তার মানে এ নয় যে, তাই পূর্ব-উৎপত্তি।

ডিম্বকোষের উর্বরতা প্রাপ্তির পর নিষিক্ত ডিম দুটি কোষে বিভক্ত হয় রজ্জু-বিভাজন প্রক্রিয়ায়। তৎপর প্রত্যেকটি পুঁটিতে বিভক্ত হতে হতে একটি বল সমেত কোষগুচ্ছে পরিণত হয়। এ সময় একটি ফাঁপা কেন্দ্রীয় স্থান আবদ্ধ করে শত শত কোষ সংগঠিত হতে থাকে এবং এহেন ফাঁপা কোষের বলকে ব্লাসটুলা (blastula) বলে। এ সময় ব্লাসটুলার এক পার্শ্বের কোষগুলির খাঁজ-কাটা প্রক্রিয়া দ্বারা একস্তর অবস্থা দ্বি-স্তর (double layered) অবস্থায় পরিবর্তিত হয় এবং দ্বিতীয় স্তরকে বাহ্যিক চর্ম ও মধ্য-চর্ম (ectoderm and endorderm) বলা হয় এবং এটি থেকে প্রাণীর নির্দিষ্ট গঠন আকৃতি বিকাশিত হয়। এদের মধ্যে শীঘ্র একটি তৃতীয় স্তর গঠিত হয় এবং এই তৃতীয় স্তরটি অন্য দুটির প্রত্যেকটির থেকে অংশবিশেষের উৎপত্তির মাধ্যমে গড়ে উঠে। এমনি করে তিনটি স্তর থেকে বাহ্যিক থলি, খাঁজ, ভাঁজ এবং অন্যান্য অসমানুপাতিক বৃদ্ধির অভিব্যক্তির মাধ্যমে ভ্রূণের বিভিন্ন অঙ্গ বিকাশিত হয়। বিকাশকালে কোষগুলি একে অন্য থেকে শারীরিক ও ক্রিয়াকলাপগত দিক থেকে প্রভেদী হয়ে কোনটি মাংস-কোষ, কোনটি বাহ্যিক স্তর (epithelium), কেউ আবার বিশেষত্ব অর্জন করে আবেগ প্রেরক (impulse transmitter,) কেউ উত্তেজক নিঃসরণ ইত্যাদির কাজ করে থাকে। তবে যেহেতু একই দেহের বিভিন্ন কোষকলা ও অঙ্গের কোষগুলি একই রঙ্গীন বস্তু (chromatin material) ধারণ করে; সেহেতু ভ্রূণতাত্ত্বিক বিকাশকালে কোষগুলির প্রভেদকরণে জিনগুলির প্রভেদ-বিন্যাস (differential sorting) আরোপ করতে পারে না। সুতরাং আধুনিক পরীক্ষামূলক ভ্রূণতত্ত্বের

প্রস্তাব মোতাবেক ডিমের প্রোটোপ্লাজম বা প্রাণ-তরলের প্রাথমিক পার্থক্যগুলোই জিনের ক্রিয়াকলাপ প্রভাবিত করে। ডিমের মধ্যেকার এই উৎসগত পার্থক্যগুলো হচ্ছে পার্থক্যজনিত ক্রমোচ্চ (diffrential gradients), যা পরিবেশের প্রভাবে স্থাপিত হয়। পরিবেশের উপাদানগুলি হচ্ছে মাধ্যাকর্ষণ, চাপ, কুসুমের বিতরণ, ডিমের বিভিন্ন অংশের আনুষ্ঠানের সাথে যোগসূত্র ইত্যাদি। এখন আমরা জানি জিনগুলো পৃথকভাবে এই পরিবেশের ভেদগুলোর মত নির্দিষ্ট উত্তেজকের প্রতি সাড়া দেবার জন্য ডিম ও ভ্রূণ উভয়কে বিশেষ কিছু ক্ষমতা দিয়েছে। অর্থাৎ একটি ভ্রূণের স্বাভাবিক বিকাশের জন্য স্বাভাবিক পরিবেশ ও স্বাভাবিক জৈনিক সংগঠনের প্রয়োজন এবং যে কোন একটির অস্বাভাবিকতা ঘটা করেই অস্বাভাবিক বিকাশে পর্যবসিত হবে। এই বাস্তবতার উদাহরণে সামুদ্র সজারু-র (sea urchin) কথা উল্লেখ করা যায়। তাদের সমাগমের ফলাফলের উপর বাহ্যিক উপসর্গ (external factors) ও জৈনিক প্রভাব বিদ্যমান। সিডারিজ (Cidaris) ও লিটেচিনাস (Litechinus) জাতীয় সামুদ্রিক জীবের মধ্যে সমাগম করলে দেখা যায় যে যখন সিডারিজের ডিম লিটেচিনাস শুক্রকীট দ্বারা নিষিক্ত হয় তখন যে ভ্রূণ জন্মায় সিডারিজ প্রতিরূপী (typical) শুক্রকীট, যার দুটি স্তর সৃষ্টি হয় প্রায় ২০ ঘণ্টার মধ্যে। কিন্তু ৯ ঘণ্টার মধ্যে আবার লিটেচিনাস জন্মায়। প্রথম ২০ ঘণ্টায় শুক্রকীটের চেয়ে ডিমই বিকাশ নিয়ন্ত্রণ করে; ২০ ঘণ্টায় অন্যদিকে শুক্রকীটের জৈনিক অবদানের প্রভাব স্পষ্ট হয়ে যায়। কারণ তৃতীয় স্তর (mesenchyme) উৎপাদন লিটেচিনাসের মত। এ ব্যাপারে গুরুত্বপূর্ণ ও চমৎকার কথা হচ্ছে এই যে, যে সময়ে শুক্রকীটের অবদান জৈনিক প্রভাব ঘটতে থাকে, প্রত্যেক কোষের কোষ-কেন্দ্রের সাথে কোষ-তরলের অনুপাতের সমান এবং তা ঐ জাতেরই বৈশিষ্ট্য। শরীরের অন্যান্য কোষের চেয়ে ডিমে কুসুম অন্তর্ভুক্ত হওয়ার উহার আয়তন বৃহত্তর হয়। যখন তা ভ্রূণ গঠনকল্পে বিভাজিত তখনই পরিণত কোষগুলি বৃহৎ আকার ধারণ করে না। পর্যায়ক্রমিক বিভাজন দ্বারা কোষগুলি ঐ জাতের বৈশিষ্ট্য অর্জন করে। এই পর্যায়ে কোষগুলি বিভাজনের পূর্বেই বৃহৎ আকার ধারণ করতে থাকে। এই মুহূর্তে কোষতরল ও কোষকেন্দ্রের অনুপাতে প্রত্যেক কোষেই হচ্ছে নির্দিষ্ট

ও বৈশিষ্ট্যসূচক অনুপাত এবং এই মুহূর্তেই শুক্রকীটের জৈনিক প্রভাব কাজ করতে আরম্ভ করে।

তাহলে হাক্সলী (**Huxley**) ও ডি বিয়ারের (**De Beer**) মতে ভ্রূণের জিনগুলি ঐ সময় কাজ করতে আরম্ভ করে যখন কোষতরল ও কোষকেন্দ্রের অনুপাত তার পূর্বমূল্যে পর্যবসিত হয় (**reversion of cyloplasmic nuclear ratio to its initial value**)। এই প্রভেদীকরণের পূর্ব পর্যন্ত তা অধিক পরিমাণে বাহ্যিক উপসর্গের উপর নির্ভরশীল, যা



চিত্র ১১.২। জৈবিক সংগঠনের বিভিন্ন পর্যায়ে বৈশিষ্ট্যের সাথে একটি জিনের অতি তাৎক্ষণিক প্রভাবকে সংযুক্ত করার সম্ভাব্য প্রক্রিয়া।

ডিমেও ভ্রূণে ক্রমোচ্চ (**gradients**) স্থাপন করে কাজ করে। ক্রমোচ্চতার (**gradient**) আবার পার্থক্য আছে, কারণ, বহির্বিশ্বের সাথে সংযুক্ত কোষ বা কোষের অংশসমূহ বহির্বিশ্বের সাথে বিচ্ছিন্ন কোষের মতো একইভাবে প্রভাবিত হয় না। তাছাড়া একটি উপর-নীচু (**dorso-ventral**) ক্রমোচ্চও আছে যা অনেক ক্ষেত্রে শুক্রকীটের প্রবেশবিন্দুর (**point of entry**) উপর নির্ভরশীল। তাহলে দেখা যাচ্ছে বিকশিত ভ্রূণের প্রাক-প্রভেদকরণ ডিমের কোষতরল গঠনে যোগান দেয় এবং এটি প্রভেদী ক্রমোচ্চে পরিণত হয় মুখ্যতঃ বাহ্যিক পরিবেশের প্রভাবেই। বিকাশ যত হতে

থাকে জ্রূণ তত ক্রমান্বয়ে পরিণতি লাভ করতে থাকে, প্রভেদীকৃত ক্রমোচচ তত ক্ষেত্রে জৈনিক বস্তুর উৎপাদনের ফলাফলস্বরূপ বৈশিষ্ট্য প্রকাশ করতে থাকে।

ব্রিজেছ প্রমাণ করেন যে, কোষ-বিভাজনের পূর্বে স্ব-অনুঘটক প্রক্রিয়ায় (auto catalytic process) জিন নিজেকে পুনঃ সৃষ্টি করে এবং এই প্রক্রিয়ায় রাসায়নিক উপজাত দ্রব্যও (chemical by-products) তৈরী হয়। জৈনিক পুনঃ সৃজনে যে কাঁচামাল ব্যবহৃত হয় তার উৎপত্তি কোষ-তরল থেকেই। যতই নতুন জিন সৃষ্টি হতে থাকে রাসায়নিক উপজাত দ্রব্য ক্রমশঃ কোষ-তরলে চলে যায় এবং এ অবস্থায় কোষ-তরল পূর্ব থেকে ভিন্ন রাসায়নিক ভরণে (chemical content) থাকে। এরূপ অবস্থায় বিভিন্ন উপজাত দ্রব্য একে অন্যের সাথে প্রতিক্রিয়া করে এবং ফলিত বস্তুও আবার প্রতিক্রিয়া করে এবং এরূপে একটি লম্বা রাসায়নিক প্রভেদের শিকল স্থাপিত হয়। প্রত্যেক কোষ-বিভাজনে 'স্ব অনুঘটক প্রতিক্রিয়াগুলি' একই রকম হবে। এ ছাড়া জৈনিক ক্রিয়ার আরও একটি প্রক্রিয়া ব্রিজেছ প্রমাণ করেন করেন যাকে 'বি অনুঘটন ক্রিয়া' (heterocatalytic action) বলা হয়। এটি ধাপে ধাপে প্রভেদ করা হয়। অন্যদিকে এই বি-অনুঘটন ক্রিয়াটাও অনুঘটন ধরনের প্রকৃতিতে (enzymatic in nature) ঘটে থাকে অর্থাৎ জিনগুলি বা জিনের কিছু উপরি অংশ অনুঘটক স্বরূপ (catalyst or enzyme) কাজ করে। তা বিশেষ প্রোটোপ্লাজমগত বস্তুনির্দিষ্ট অনুপাতে শোষণ করে এবং তাদের মধ্যে আন্তঃক্রিয়া ঘটায়।

এরূপ ক্রিয়া বিকাশের বিভিন্ন ধাপে তা ভিন্ন রকম হয়; যত বেশী বিশেষ কোন বস্তু (যেমন কুসুম) নিঃশেষিত হতে পারে এবং নতুন নতুন কিছু খাদ্য সরবরাহের মাধ্যমে তা পাওয়া যায়, তত বেশী বিভিন্ন গতিশীল যৌগিক দ্রব্য তৈরী হতে থাকবে। নতুন রাসায়নিক বিন্যাস বিভিন্ন পরিবেশে কোষকলার মধ্যে নির্দিষ্ট কোষের অবস্থান দ্বারা সূচিত ক্রমোচচ সাপেক্ষে বিন্যস্ত হতে থাকে। কোন নির্দিষ্ট জিনের অনুঘটন ক্রিয়া বা রাসায়নিক বিক্রিয়া এমন একটা ফল ফলাতে পারে একটি ক্রমোচচ বা এক সেট রসায়নের উপস্থিতিতে যা সম্পূর্ণ ভিন্ন ফল ফলায় অন্য একটি

ক্রমোচেচ বা অন্য কোন নতুন রসায়নের উপস্থিতিতে। অর্থাৎ সন্দেহাতীতভাবে বিকাশ প্রক্রিয়াকে রাসায়নিক উপাদান ও জিনসমূহের অনুঘটন ক্রিয়ার মধ্যে একটি অনবরত প্রতিক্রিয়া হিসেবে লক্ষ্য করতে হবে। এটি প্রভেদীকরণ বিপাক ক্রমোচেচ সর্বদা ঘটে থাকে।

বিভিন্ন উপায়ে জিনগুলি বৈশিষ্ট্যগুলোকে প্রভাবিত করে। জিনগুলি এমনভাবে ডিমের কোষ-তরলকে প্রভাবিত করতে পারে যাতে প্রাগ্রসর ও সুদূরপ্রসারী পরিবর্তনগুলি সৃষ্টি হয় অথবা বিলম্বে প্রভেদকরণে একটি কাঠামোর চূড়ান্ত ক্রমোচচকে তারা প্রভাবিত করতে পারে। তারা সাধারণভাবে শ্লথ বিকাশ ঘটাতে সক্ষম বা একটি ক্রান্তিকালে তার বিকাশে বাধা সৃষ্টি করতে পারে। অন্যদিকে তারা কোষ-বিভাজনের গতি-প্রকৃতিকে পরিবর্ধিত করে বিকাশের একটি বিশেষ ধাপে একটি অনুঘটক সৃষ্টি করতে পারে অথবা নাও করতে পারে। এ স্বতঃসিদ্ধগুলোর (postulates) উদাহরণ নিম্নে দেওয়া হল।

কৌলিক বিকাশের দৃষ্টিকোণ থেকে বর্ণ পরীক্ষার কাজ একটি চিত্তাকর্ষক ঘটনা। কারণ, ইতিমধ্যে আজকাল বর্ণের রাসায়নিক বিশ্লেষণ এবং গঠন জানা হয়ে গেছে এবং অনেক জাতের প্রাণীর মধ্যে তার পরিবর্তনশীলতা অত্যন্ত চরম। প্রাণীর মেলানিন (melanin) বর্ণসমূহ যথা: কালো, বেগুনী, লাল, হলদে ও বিভিন্ন মাত্রায় আংশিক বর্ণতা ক্রমোজেনের (chromogen) অম্লজকরণ (oxidation) প্রক্রিয়ায় তা উৎপন্ন হয় বলে জানা গেছে। এ প্রতিক্রিয়ায় এক বা অধিক অনুঘটকের প্রয়োজন হয়। উদাহরণস্বরূপ পরীক্ষাগারে অনুঘটক টাইরোসিনেজ (tyrosinase) অবর্ণাঢ্য বস্তু এমিনো এসিড টাইরোসিনের সাথে যোগ করলে একটি কালো (dark) মেলানিন উৎপন্ন হয়। অন্যান্য এমিনো এসিডও ক্রোমোজেন হিসেবে কাজ ক'রে একটি যথাযথ অনুঘটক অম্লজকের (oxidase) উপস্থিতিতে অম্লজকরণের দ্বারা বর্ণাঢ্য বস্তুতে পরিবর্তিত হতে পারে।

রাইট (Wright) স্তন্যপায়ীদের (mammals) বর্ণ উৎপাদক জিনের ক্রিয়া সম্পর্কে একটি ধারণা পোষণ করতেন, যদ্বারা সাধারণভাবে অধিকাংশ পর্যবেক্ষণের প্রচুর ব্যাখ্যা দেওয়া যেতে পারে। তিনি দুটি অনুঘটক ধরে নেন যা বিভিন্ন মাত্রায় ক্রমোজেনকে অম্লজ করে দিতে সক্ষম।

অনুঘটক-১ যে কোন বর্ণ সৃষ্টির জন্য প্রয়োজন এবং অনুঘটক-২ অনুঘটক-১ এর প্রতিপূরক এবং এর একক কোন প্রভাব নেই। একত্রে ক্রিয়া করে অনুঘটকসমূহ ক্রমোজেনকে এমন এক বিন্দুতে অগ্রজ করে যেখানে একটি খুব কালো রং জন্মায়। এমনি করে একটি অনুঘটক তার অনুঘটন-ক্রিয়া সম্পাদন করে উৎপাদিত যৌগিক বস্তু থেকে নিজেকে বিচ্ছেদ করে নেয় এবং এ প্রক্রিয়া পুনরাবৃত্তিতে নিয়োজিত হয়।

মৌলিক সাক্ষ্য প্রমাণ থেকে ইঙ্গিত পাওয়া যায় যে, কোন কোন জিন এক বা অন্য অনুঘটকের উপস্থিতি বা অনুপস্থিতি নিয়ন্ত্রণ করে,

চিত্র ১৬ ২। স্তন্যপায়ীদের মধ্যে বর্ণবিকাশের ধারণা।

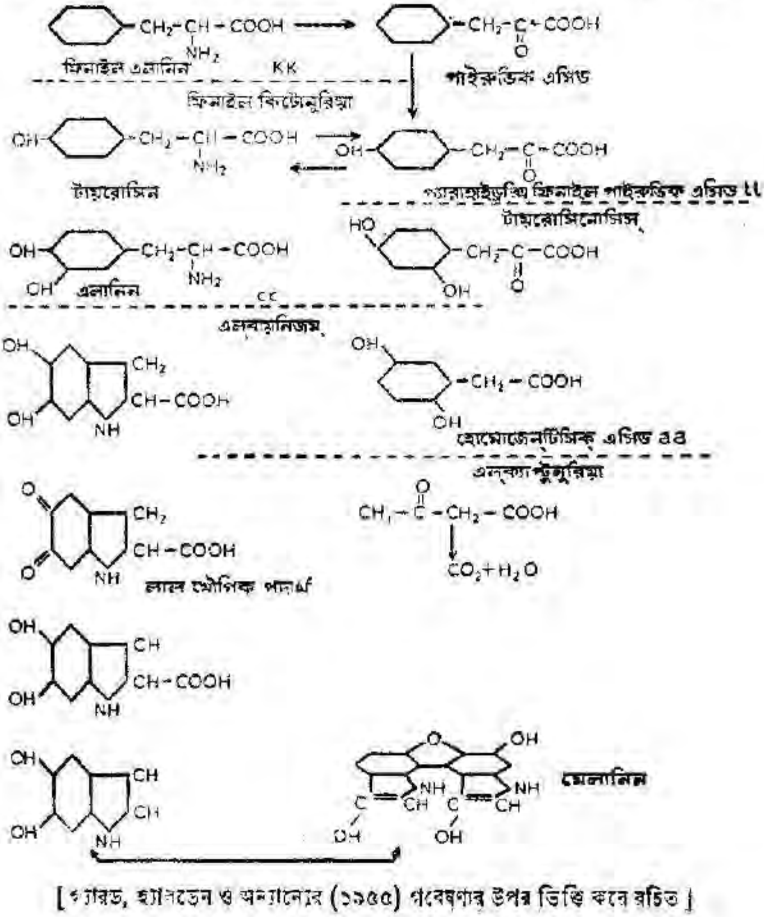
অন্য কোন জিন একটি অন্যটির আপেক্ষিক পরিমাণ নিয়ন্ত্রণ করে এবং আরও জিনগুলি একটি নির্দিষ্ট অনুঘটকের ক্ষমতা (potency) নিয়ন্ত্রণ করছে। এই জিনগুলির বিভিন্ন সংযোগ বা সমবায় বিভিন্ন উপায়ে

বাধা সৃষ্টি করে। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় অতি শ্বেতকায়ার (albinism) জিন সম্ভবতঃ অনুঘটক-১ এর বিকাশে বাধা প্রদান করে। বাধা প্রদান-কারী জিন অনুঘটক-২ এর বিকাশে বাধা সৃষ্টি করে অন্ততঃ ইপিথেলিয়াল কোষগুলোতে এবং বেগুনি রং সৃষ্টিকারক জিন অনুঘটক-২ এর সম্ভাব্য শক্তিকে কমিয়ে দেয় এবং এভাবে ঐ ক্রিয়াগুলো চলে।

মানুষের মধ্যেও জীব-রসায়নগত প্রক্রিয়াগুলোর জৈনিক নিয়ন্ত্রণের মাধ্যমে বৈশিষ্ট্য সৃষ্টির উদাহরণ বিরল নয়। প্রথমত মিঃ ফোলিং (Folling) লক্ষ্য করেন যে, মানসিক বিকৃতির প্রতিষ্ঠানের নিবাসীদের কেহ কেহ প্রতিদিন তাদের প্রস্রাবে ১ গ্রাম করে অস্বাভাবিক অপ্রয়োজনীয় পদার্থ (metalastate) ত্যাগ করে এবং এই অপ্রয়োজনীয় অস্বাভাবিক পদার্থ হচ্ছে ফিনাইল পাইরুভিক এসিড (phenyl pyruvic acid) যা ফিনাইল এলানিন (phenyl alanene) থেকে আসে এবং তা মানুষের খাদ্যে অত্যা-বশ্যকীয় এমিনো এসিড। অথচ সচরাচর ফিনাইল পাইরুভিক এসিড কখনো স্বাভাবিক ব্যক্তির প্রস্রাবে পাওয়া যায় না। বিভিন্ন উপায়ে কোষসমূহ এই ফিনাইল এলানিনকে নিয়ে ধাঁটাঘাঁটি করে এবং এর কিছু অংশ শারীরিক আমিষ তৈরি করে, কিছু টাইরোসিনে পরিবর্তিত হয়ে মেলানিনে (melanin) রূপান্তরিত হয়। এর কিছু আবার এর এমাইনো গ্রুপের জায়গায় একটি অম্লজান স্থলাভিষিক্ত করে অম্লজ হয়ে ফিনাইল পাইরুভিক এসিডে পরিবর্তিত হয়। ফিনাইল পাইরুভিক এসিড (phenyl pyruvic acid) তৎক্ষণাৎ পর্যায়ক্রমিক ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়ার মাধ্যমে হোমোজেনটিসিক এসিড, এসেটো এসেটিক এসিড ইত্যাদি হয়ে অঙ্গার-অম্লজান এবং পানিতে রূপান্তরিত হয়। এই প্রত্যেক ধাপে একটি বিশেষ অনুঘটকের প্রয়োজন হয় এবং এই স্বাভাবিক ব্যক্তির মধ্যে এ সকল অনুঘটক উৎপাদিত হয়। যে সকল ব্যক্তি ফিনাইল কিটোনুরিয়া (phenyl ketonuria) ব্যাধিতে ভুগে তারা ফিনাইল এলানিনকে টাইরোসিনে পরিবর্তন করতে অক্ষম; কেননা তাদের মধ্যে ঐ প্রয়োজনীয় অনুঘটকের অভাব বিদ্যমান। এর কারণে ঐ সকল ব্যক্তির মধ্যে ফিনাইল এলানিন জমতে থাকে এবং রক্তসহ অন্যান্য কোষকলায় সম্পৃক্ত (saturate) হয়ে যায়। অতিরিক্ত ফিনাইল এলানিন এবং এর থেকে উদ্ভাবিত (derivative) ফিনাইল পাইরুভিক এসিড প্রস্রাবের সাথে বহিষ্কৃত

হয়। বিপাক ক্রিয়ার এই বিঘ্নতা প্রায়ই মানসিক ত্রুটির সাথে সংযুক্ত এবং অনুরূপ সহগামী বৈশিষ্ট্যসূচক অবস্থা, যথা—হাল্কা পশম ও চর্ম (light hair and skin) এবং শাসাঘাত যুক্ত পরবর্তী ক্রিয়ার বেলায় লক্ষণীয় (accentuated reflexes)।

স্নাইডার ও ড্যাভিড (১৯৫৭) এর মতে ফোলিং (Folling), জার্ভিস (Jervis), পেনরোজ (Penrose) এবং অন্যরা পরিষ্কারভাবে দেখিয়েছেন যে, ফিনাইল কিটুনুরিয়া ব্যাধি একটি একক অটোজম জিনের বদলির



[গ্যারড, হ্যালডেন ও অন্যান্যের (১৯৫৫) গবেষণার উপর ভিত্তি করে রচিত]

ফলাফল এবং শুধু তাই নয় পরিব্যক্ত (mutant) জিন ঐ অনুঘটককে এমন কিছু প্রদান করতে অকৃতকার্য, যা তার স্বাভাবিক এলিন প্রদান করে থাকে। ২২৯ পৃষ্ঠার চিত্রে মানুষের ফিনাইল এলানিনের বিপাক প্রক্রিয়ায় পরিব্যক্ত মিউট্যাণ্ট (mutant) জিনের সম্ভাব্য ক্রিয়া প্রদর্শিত হয়েছে। মানুষের মধ্যে অন্যান্য বিপাকক্রিয়াজনিত অনিয়মসমূহ ঐ একইভাবে ব্যাখ্যা করা চলে। সংশ্লিষ্ট প্রক্রিয়ায় ফিনাইল এলানিন টাইরোসিনে রূপান্তরিত হয় এবং টাইরোসিন আবার এমন জীবরাসায়নিক ক্রিয়ার মাধ্যমে পরিবর্তিত হতে হতে শেষ পর্যন্ত মেলানিনে পর্যবসিত হয়। এই মেলানিন আমাদের শরীরের চর্ম, চক্ষু ও লোমের বর্ণ সৃষ্টি করে। স্বাভাবিক বর্ণের ব্যক্তিরা প্রদর্শিত জীবরাসায়নিক ক্রিয়ার প্রত্যেক ধাপের জন্য প্রয়োজনীয় অণুঘটক তৈরী করে। কিন্তু মাঝে মাঝে কোন ব্যক্তি বংশানুক্রমিকভাবে সম-সংস্থাবস্থায় পরিব্যক্ত জিনের সমাবেশ ঘটালে অতি-শ্বেতকায় জিন সংশ্লিষ্ট জৈব বিক্রিয়ার ধাপের জন্য প্রয়োজনীয় অনুঘটক জন্মাতে অক্ষম। ফলে মেলানিন (melanin) নামক স্বাভাবিক রঞ্জক পদার্থ সৃষ্টি হতে না পারায় সংশ্লিষ্ট ব্যক্তি অতি শ্বেতকায় বর্ণের (albino) হয়।

এ দিকে আবার অন্য দুটি অনিয়মে জীবরসায়ন বাধাসমূহের অস্তিত্ব প্রমাণ করা যায়। প্যারাহাইড্রক্সিফিনাইল পাইরুভিক এসিড ২·৫ ডাই-হাইড্রক্সি ফরমে পরিবর্তিত হতে না পারলে সংশ্লিষ্ট ব্যক্তি টাইরোসিনো-সিসে ভুগে। তবে এই ধাপে বাধা সৃষ্টি না হলে তা পরবর্তী ধাপে হোমোজেনটিসিক এসিডে পরিণত হয়। হোমোজেনটিসিক এসিড ভেঙ্গে এসেটো এসেটিক এসিডে পরিণত করার জন্য প্রয়োজনীয় অনুঘটকের অনুপস্থিতিতে এলকাপটোনুরিয়া রোগে সংশিষ্ট ব্যক্তি আক্রান্ত হয় এবং তার প্রস্রাবে হোমোজেনটিসিক এসিড বহিষ্কৃত হয়। এই রোগাক্রান্ত ব্যক্তির প্রস্রাব বাতাসের সংস্পর্শে এসে অক্সিজেন সংমিশ্রণে অদ্রাব্য কালো বস্তুতে পরিণত হয়। এমনিভাবে দেখা যায় যে, জিন পরিব্যক্তির ফলে শুধু এমিনো এসিড বিপাকই যথাযথ অনুঘটকের অভাবে বাধা পায় তা নয়, বরং স্নেহ ও শ্বেতসার পদার্থ ও প্রয়োজনীয় অনুঘটকের অভাবে বাধাপ্রাপ্ত হয়, যেমন ডায়াবেটিস্ (diabetes), পেণ্ট সুরিয়া (pentosuria) ও ফ্রাকটোসুরিয়া (fructosuria) ইত্যাদি ব্যাধি।

অন্যদিকে মানুষের মধ্যে স্নেহ জাতীয় পদার্থের বিপাক প্রক্রিয়ার প্রতি লক্ষ্য করলে একটি চমৎকার উদাহরণ পাওয়া যায়, যেমন ট্যা-স্যাকস্ রোগ (Tay sach's disease), যার ফলে অন্ধতা, পক্ষাঘাতগ্রস্থতা (paralysed), মানসিক বিকৃতি ও অকালমৃত্যু ঘটে। এখানে স্ফিং-গোমায়লিন (sphyngomyelin) নামক স্নেহের (lipid) অম্লজান মিশ্রণ ক্রিয়া (oxidation) ঘটতে পারে না অথচ স্বাভাবিক ব্যক্তিতে তা ঠিকই ঘটে। এরূপ বহুবিধ উদাহরণ যেমন, গ্যাছার্স রোগে কেরাছিন বিপাক করতে (failure to metabolize kerasin in Gaucher's disease) বা জ্যান্থো ম্যাটোসিসে কোলেস্টরল (Cholesterol in zantho matosis) বিপাক করতে অসমর্থতা ইত্যাদি। উপরোক্ত মানবরোগগুলির প্রত্যেকটি নির্দিষ্ট কোন অনুঘটকের অভাবে ঘটছে এবং প্রত্যেকটি জিনগতভাবে একটি মাত্র পরিব্যক্ত জিনের বদলার (substitution) ফল। এভাবে দেখা যাচ্ছে জিনের সাথে অনুঘটকের যোগসূত্রের অতিরিক্ত সাক্ষ্যপ্রমাণ কৌলিবিজ্ঞান থেকেই আসছে। লী (Lea) ও ক্যাটেসিডের (Catcheside) ইঙ্গিতানুসারে জিনের ব্যাস (diameter) ৪ হতে ১০ মিলিমাইক্রন এবং এর অণু ওজন (molecular weight) ৫০০,০০০ হতে ১,০০০,০০০ পর্যন্ত হতে পারে এবং এই মূল্য অনুঘটকগুলোর আকার ও ওজন পাল্লার মধ্যে পড়ে। তাছাড়া এই জিন ও অনুঘটকের একের প্রতি অন্যের সম্বন্ধ সম্ভবতঃ জিনের অন্যান্য আমিষ দ্রব্য (protein products) যেমন রক্ত দলের প্রতিশোধকের (antigen) বেলায়ও ঘটে। এখানে একথা উল্লেখ করা প্রয়োজন যে, জীবরাসায়নিক কৌলিকতায় শুধু বিশেষ কতগুলি মানবব্যাধি ও অনিয়-মিতির বেলায়ই বংশগতি যোগ সূত্র জড়িত তা নয় বরং সম্পূর্ণ প্রাণীই জড়িত। এটা আশা করা অতিরিক্ত হবে না যে, একদিন মানুষের সম্পূর্ণ বিপাক ক্রিয়ার কৌলিক ভিত্তি একটি মাত্র কারুকার্যে (mosaic) তৈরী হবে। যেহেতু বংশগত বিপাকজনিত উন্মত্ততার অনেকগুলি ব্যাধি (যথা ট্যা-স্যাকস্ রোগ, মৃগী, ফিনাইল কিটোমুরিয়া) মানসিক বিকৃতি জড়িত সেহেতু সম্ভবতঃ জীবরাসায়নিক কৌলিকতা মানুষের সম্পূর্ণ স্নায়ু ও মানবিক গঠন ও পরিমাপযোগ্য বংশগত বিপাক ক্রিয়াকলাপের ভাষায় বিশেষিত করা সম্ভব হবে। অর্থাৎ, মানবজাতি জীবরাসায়ন কৌলিকতার ব্যাপারে উন্নতি ঘটিয়ে ঐ সমস্ত মানসিক উন্মত্ততার শিকার থেকে রেহাই পাবে।

যা হোক এ পর্যন্ত আমরা পরিব্যক্তির কথা বলেছি যদিও সেগুলি একটি অনুঘটক উৎপাদনে ব্যর্থ হয়েছে অথবা তার প্রভাব কমিয়ে দিয়েছে ; তবে নিশ্চিতভাবে প্রায়শঃ তাই ঘটে এবং এ জন্য অনেক পরিব্যক্তির ক্ষতিকর বা প্রাণঘাতী প্রভাব রয়েছে। কারণ, বিভিন্ন অনুঘটক পদ্ধতি (enzyme system) প্রাকৃতিক বাছাই (natural selection) ক্রিয়াতে সোপর্দ হয়ে আছে এবং এর ফলে 'বন্য প্রকার' (wild type) পদ্ধতি সূক্ষভাবে কৌশলে ক্রিয়া করে যাচ্ছে।

অন্যদিকে প্রমাণ স্তূপীকৃত হচ্ছে এ মর্মে যে, একটি পরিব্যক্তি একমাত্র পূর্বে উৎপাদিত অনুঘটককে সুসম্পন্ন বা উন্নতি করতেই অক্ষম শুধু তাই নয় বরং অনেক ক্ষেত্রে আসল অনুঘটকের বিপাক ক্রিয়ায় একটি নতুন কার্য সম্পাদন করে এমন নতুন অনুঘটকের সৃষ্টিও করতে পারে। পরিব্যক্তি জিনের বাহ্যিক প্রভাব একমাত্র পুরাতন জিনের অনুপস্থিতির জন্যই নয় বরং নতুন জিন কর্তৃক সম্পাদিত যে কোন রকম রূপান্তর সাধনের ফলও বটে। যতক্ষণ পর্যন্ত একটি পরিব্যক্ত জিন সমসংস্থ হতে পারে একমাত্র মূল জিনের বদৌলতে (ধরি, জাতি নমুনা a a প্রয়োজন বোধে A এর অনুপস্থিত ঘটায়), ততক্ষণ পর্যন্ত নতুন ক্রিয়াকরণকে পুরাতনের খোয়া বোঝায়। তবে এটি অনুমেয় যে, বিবর্তন সূচক প্রগতি আরও দ্রুত ঘটতে পারত যদি এমন একটি জৈবিক কৌশল পাশাপাশি অবস্থান করত যার গুণে নতুন ক্রিয়াকলাপ যোগ হত একদিকে, অন্যদিকে পুরাতন জিন বজায় থাকত।

বলাবাহুল্য পূর্বোক্ত কৌশলে ক্রমোজমে নতুন দাগের (loci) সৃষ্টি হয় এবং বহুভাজী (polyploidy) পদ্ধতি ইতিমধ্যে এরূপ কৌশলের উৎসস্বরূপ বলা হয়েছে। অন্য একটি পদ্ধতি যেমন ডুপ্লিকেশন (duplication) সংশ্লিষ্ট বিজ্ঞানীদের অত্যন্ত সক্রিয় অনুসন্ধানে রয়েছে। দ্বিদাগ-বিশিষ্ট (diptera) 'বন্য প্রকার' বহু কীট-পতঙ্গের প্রজাতে এরূপ একমাত্র ডোরা কাটার (bands) বহু পুনরাবৃত্তি রয়েছে এবং এগুলিকে একমাত্র জিনের দ্বিগুণ বলেই ব্যাখ্যা করা হয়। এই দ্বিগুণীকরণ এমন উপায়ে হয় যে, তার পুরাতন জিনের দ্বিগুণীটি ক্রমোজমের উপর অত্যন্ত কাছাকাছি থাকে এবং এমন কাছাকাছি থাকে যে, তাদের মধ্যে আড়াআড়ি উত্তরণ হয় ১০ হাজারে মাত্র ১ বার বা কয়েকবার। এরূপ ক্ষুদ্র

ক্ষুদ্র উত্তরণ প্রক্রিয়া দেখিয়েছে যে, অনেক ক্ষেত্রে একমাত্র দাগের মিশ্র-বিসম (multiple allels) অনুমিত ব্যাপারটিকে বাস্তবে দুই বা ততোধিক ঘনিষ্ঠ শৃঙ্খলাবদ্ধ (close linked) দাগগুলোতে সংস্থাপন রেখেছিল যেখানে জিনগুলি একই বৈশিষ্ট্যসূচিত করত। কিন্তু স্মরণ করা যেতে পারে শৃঙ্খলাবদ্ধ জিন একই বৈশিষ্ট্য সূচিত করে না। অতএব এরূপ উদাহরণগুলির ফল থেকে এগুলিকে এখন নিকটবর্তী ডুপ্লিকেট বা তেভাজি দাগ (loci) বলে ব্যাখ্যা করা হয়। এই দাগে জিনগুলি একই-রকম ছিল এবং পরিব্যক্তির মাধ্যমে তাদের ক্রিয়াকলাপ (functions) ভিন্নমুখী হয়েছে। এরূপ জিনগুলিকে 'ভুয়া এলিল' (Psendo allels) বলে আখ্যায়িত করা হয়েছে।

লিউইস (১৯৫৫) ফল-মক্ষিকার মধ্যে পরিব্যক্তিক্রম নিয়ে গবেষণা করে দেখিয়েছেন যে, তারা বক্ষস্থলকে বিভিন্নভাবে প্রভাবিত করে। একটি পরিব্যক্তি হচ্ছে বাইথোরাক্স (bithorax) যা সমসংস্থাবস্থায় মেটা-বক্ষের সম্মুখভাগ মেসোবক্ষের সম্মুখভাগের মতো দেখায়। ঘটনাক্রমে মেসোবক্ষের (দুপক্ষ বিশিষ্টের) ডানা আছে এবং মেটাবক্ষের আছে লেজুর বা উপাঙ্গ (appandages) অর্থাৎ বিবক্ষে (bithorax) উপাঙ্গ ডানার মতো দেখায়। অন্য একটি পরিব্যক্তি বিবক্ষতে (bithoraxoid) যা সমসংস্থাবস্থায় মেটাবক্ষের পশ্চাৎভাগকে মেসোবক্ষের পশ্চাৎভাগের মতো দেখায় এবং আরও দেখায় প্রথম উদরখণ্ডের মেটাবক্ষীয় সাদৃশ্য। পরিব্যক্তির ফলে ধীরে ধীরে তিন জোড়া পায়ের অতিরিক্ত আর এক জোড়া পা উদর-খণ্ডে জন্মায়। এ পরিব্যক্তিগুলির সুশৃঙ্খল পরীক্ষা এবং পরিচিত জিন প্রতীক (known marker gene) একযোগে এই ইঙ্গিত করে যে, দুটি পরিব্যক্তি জিনের একই দাগে অবস্থান। তাহলে তারা একে অন্যের এলিল এবং বন্য প্রকারটি নিয়ে তিনটি মিশ্র বিসম হবে। দুটি পরিব্যক্তের (mutant) মধ্যে সমাগম করালে সন্তানদের মধ্যে যে কোনটি বা মাধ্যমিক চরিত্র ফলা উচিত, কিন্তু বাস্তবে প্রজনন পরীক্ষায় F_1 এর সন্তানগুলি বন্য প্রকার হয়। এতে এই বোঝায় যে, এতে ২ জোড়া উপসর্গ জড়িত এবং শুধু তাই নয়, প্রত্যেক পরিব্যক্ত সমাগমে একটি প্রকট বৈশিষ্ট্য সৃষ্টি করছে, যা অন্যটির নেই। তথাপি F_2-এ এমন এক অনুপাতে সন্তান উৎপাদিত হয় যেন জিনগুলি সত্যি সত্যি এলিল হলে সেরূপ হত।

কিন্তু এ দ্বিমুখী সমস্যা প্রচুর F_2 সন্তান উৎপাদন করিয়ে সমাধান করা হয় এবং তাতে দেখা যায় যে, তাতে আড়াআড়ি উত্তরক হচ্ছে প্রতি ১০ হাজারে ২ বা ৩টি মাত্র। সুতরাং এহেন জিনগুলি মিশ্র বিসম নয় বরং তারা অতি নিকটবর্তী শৃঙ্খলাবদ্ধ দাগে অবস্থিত। এক্ষণে তাদের দ্বিগুণ প্রচ্ছন্ন (ব বৎ) (ব বৎ) উভয় জিনের প্রভাব দেখা দেয়। তাছাড়া উভয় প্রকার দ্বি-বি-সমসংস্থার (**ব** বৎ) (ব **ব**ৎ) এবং (ব **ব**ৎ) (ব বৎ) মাছিগুলি বন্য প্রকার।

পরবর্তী ঘটনা হচ্ছে দু'রকম দ্বি-গুণ বিসমসংস্থার প্রাণীর সমতুল্য সম্পর্কে। ভুয়া এলিলের মধ্যে ওরা ঘন ঘন ঘটে থাকে। এ ঘটনাকে বলা হয় অবস্থান প্রভাব (Position effect)। দুরকম দ্বিগুণ বিসমসংস্থার (double hetrozygote) প্রাণী সবসময় উভয়ে বন্যপ্রকার প্রাণী উৎপাদন করে না। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় একটি তৃতীয় দাগ বাইথোরাক্স ক্রমে জড়িত হয়ে বাইথোরাক্স উত্তর উবৎ (post bithorax-pbx) জিন ধারণ করে। উবৎ-এর জন্য সমসংস্থার প্রাণীর মেটাবক্ষের পশ্চাৎভাগ পরিবর্তিত হয়ে মেসোবক্ষের পশ্চাৎভাগের মতো দেখায়। কিন্তু পেট অংশ অনাক্রান্ত থাকে। সাধারণ মানচিত্র অঙ্কন পদ্ধতি উবৎ কে ব ও বৎ এর দাগে ফেলে। কিন্তু উবৎ ও বৎ-এর মধ্যে সমাগম করালে সঙ্কর জাতীয় পতঙ্গ উবৎ জনকের মতো হয়। এ থেকে বোঝা যায় যে, উবৎ ও বৎ জিন বস্তুতঃ একে অন্যের এলিল। F_2 এর উপসর্গ অনুপাতে সন্তান উৎপাদিত হয় (one factor ratio। কিন্তু হাজার হাজার পর্যবেক্ষকের সাক্ষ্য-প্রমাণ অনুযায়ী উবৎ দাগ বৎ দাগের অতি নিকটবর্তী এবং ব-এর অপর পার্শ্বে অবস্থিত।

বাইথোরাক্স ও বাইথোরাক্সবৎ প্রাণীর মধ্যে সমাগম করালে উপসর্গীয় সমাগম ঘনিষ্ঠ শৃঙ্খলাবদ্ধ জিন জড়িয়ে ফেলে এবং তাতে এরূপ ইংগিত পাওয়া যায় যে, (**ব**ৎ, উবৎ) (**ব**ৎ উবৎ) X (বৎ **উ**বৎ) (বৎ **উ**বৎ) সমাগমের F_1 এর জাতি নমুনা হয় (**ব**ৎ উবৎ) (বৎ **উ**বৎ) এবং এই মাছিগুলি বিকর্ষণ দশায় (Repulsion phase) অবস্থান করে। কিন্তু যেহেতু প্রত্যেক পরিব্যক্ত জিন সমাগমে প্রকট জিন বহন করে যা অন্যটিতে অনুপস্থিত; সেহেতু যুক্তিনিষ্ঠ ভাবে F_2 সন্তানদের মধ্যে বন্যপ্রকার বৈশিষ্ট্য প্রদর্শিত হয় না। এর কারণ, যখন আকর্ষণ দশায়

একটি দ্বিগুণ বিসমসংস্থার উৎপন্ন হয় যেমন (**ব**ং **উ**বং) (বং উবং) মাছিগুলি; তখন এরা বন্য প্রকার বাহ্যিক নমুনা দেখায় না।

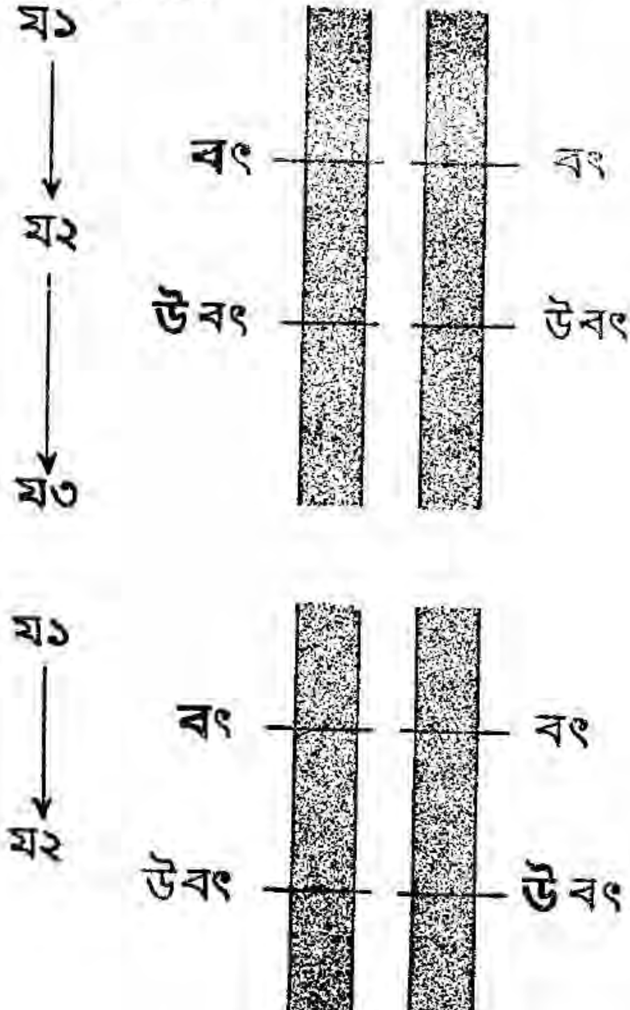
অতএব, এতে অবস্থান প্রভাব জড়িত আছে বলে প্রমাণিত হয়। অর্থাৎ যেহেতু উভয় প্রকার দ্বিগুণ বিসমসংস্থার যথাযথ একই জিন থাকে। একটি ক্ষেত্রে উভয় প্রকার জিন ক্রমোজোম যুগলের একটাতেই অবস্থিত এবং অন্য ক্ষেত্রে যুগলের অন্য ক্রমোজমে অবস্থিত।

অবস্থান প্রভাবের ব্যাখ্যা আপাততঃ জিন কর্তৃক নিয়ন্ত্রিত জীব-রাসায়নিক ক্রিয়া-বিক্রিয়ার পর্যায়ক্রমে নিহিত থাকে। সম্ভবতঃ এটি এরূপ যে, জিন **ব**ং এমন একটি অনুঘটক উৎপাদন করায়, যা কোন যৌগকে (compound) অন্য কোন-কিছুতে য$_2$ রূপান্তরিত করে এবং য^2 অতঃপর **উ**বং দ্বারা য^3 তে রূপান্তরিত হয়। এটি বন্যপ্রকার বৈশিষ্ট্যের জন্য প্রয়োজনীয়। এখন উবং-এ একটি পরিব্যক্তির অর্থ এই যে য$_2$ রূপান্তরিত হয়ে য$_3$ পর্যবসিত হবে না এবং য$_2$ তাহলে সঞ্চিত হয়ে বাইথোরাক্স উত্তর প্রক্রিয়া ঘটাবে। অনুরূপে বং এ পরিব্যক্তি মানে য$_1$-কে য$_2$-এ রূপান্তর না করা এবং যার জন্য য$_1$ গচ্ছিত হয়ে বাইথোরাক্স-এর জন্ম দেবে।

এই আকর্ষণ দশায় বন্য প্রকার জিন **ব**ং ও **উ**বং একই ক্রোমো-জোমে ঘনিষ্ঠ অবস্থায় অবস্থান করে। যখন **ব**ং কর্তৃক য$_2$ গঠিত হয়; তৎক্ষণাৎ **উ** বং এর কর্মের জন্য ঘনিষ্ট নিকটবর্তী হয়। এই দশার পর্যায়ক্রমটি নিম্নলিখিত বৃহদাকার ক্রমোজোম চিত্রায়িত করা চলে। (১৬·৩ চিত্র দ্রষ্টব্য)।

আবার য$_2$ পরিব্যাপ্ত যোগ্য না হলে (deffusible) এটি উবং-এর ঘনিষ্ঠ সন্নিকটে তৈরী হতে হবে যদি **উ**বং কর্তৃক এটি কৃতকার্য হতে হয়। কিন্তু যদি **ব**ং ও **উ**বং উল্টো ক্রমোজোমে অবস্থান নেয় (বিকর্ষণ দশায়) তবে এই শর্ত পূর্ণ হবে না এবং **উ**বং-এর কাছে য$_2$ পাওয়া যাবে না। তাতে য কোনভাবেই য$_3$-এ রূপান্তরিত হবে না এবং যার জন্য

বাহ্যিক প্রকাশ ঘটবে বাইথোরাক্স উত্তর বং; এ অবস্থা নিম্নলিখিত-ভাবে চিত্রায়ন করা যায়:



চিত্র ১৬'৩। অবস্থান প্রভাব

এই অবস্থায় কোন যৌগিক পদার্থের উপর কোন অনুঘটকের কাজ করতে হলে ঐ পদার্থ একে অন্যের ঘনিষ্ট সহচরে তৈরী হতে হবে এবং

এটি "অবস্থান প্রভাবের" যুক্তিনিষ্ঠ ব্যাখ্যা বলে প্রতীয়মান হয়। উদ্ভিদ বাদে প্রাণীর মধ্যে ইঁদুর ও কবুতরের বেলায় এই ভুয়া 'এলিলবাদ' (pseudo allelism) বর্ণনা করা হয়েছে। এভাবে মিশ্র বিগম বলে অনুমিত বহু জিন ঘনিষ্ট শৃংখলাবদ্ধ জিনের বাসা বলে প্রমাণিত হয়েছে এবং একটি থেকে অন্যটির ডুপ্লিকেশন ও পরিব্যক্তি প্রক্রিয়ার উদ্ভাবন সম্ভব বলে অনুমান করা যায়। এই আবিষ্কারের মাধ্যমে নতুন বিবর্তন-সূচক বিকাশের ধারণার দ্বার উন্মোচন করা হয়েছে। আজকাল বিভিন্ন দেশে বিপাক ক্রিয়া ও বিকাশের জৈবিক নিয়ন্ত্রণের রাসায়নিক ক্রিয়া-কলাপের গবেষণা অনেক উচ্চতর প্রাণীকে নিয়েই চালানো হচ্ছে।

অনুশীলনী

১। কি কি পদ্ধতিতে জিনসমূহ (কুলগুলো) প্রাণীর বৈশিষ্ট্যের বিকাশকে প্রভাবিত করতে পারে তা বিশদভাবে আলোচনা কর।

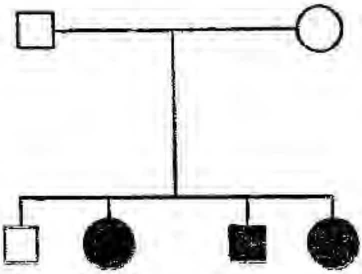
সপ্তদশ অধ্যায়

সম্ভাবনা সূত্র ঃ দ্বিপদ উপপাদ্য

(LAW OF PROBABILITITY : BIONOMIAL THEOREM)

দ্বিতীয় ও তার পরবর্তী অধ্যায়ে বর্ণিত মেণ্ডেলীয় সূত্রসমূহের ফলাফল অনুযায়ী সম্ভাব্যতার সূত্রায়ন করা হয়েছে। মেণ্ডেলীয় সূত্রসমূহের মধ্যে রয়েছে বিকিরণ সূত্র (Law of segregation), স্বাধীন বিন্যাস সূত্র (Law of independent assortment) ও পরিপক্ব জননকোষের স্বাধীন মিলন (random union of gemetes) সূত্র। সম্ভাব্যতার সূত্রগুলি ইতিপূর্বে মেণ্ডেলীয় সূত্রসমূহের বিশদকরণ ছাড়া আর কিছুই নয়। প্রজনন পরীক্ষার ফলাফলগুলি ব্যাখ্যা করার ব্যাপারে এবং পারিবারিক ইতিবৃত্ত (family history) ব্যাখ্যা করার ব্যাপারে সম্ভাব্যতার সূত্র সহযোগী ভূমিকা পালন করে এবং সেজন্য এখানে এর যথাসম্ভব আলোচনার অবকাশ রয়েছে।

মানব-পরিবারের ইতিবৃত্ত এমনভাবে উপস্থাপিত হলে তা ব্যাখ্যা করা খুবই সহজ।



চিত্র ১৭'২। মানব-পরিবারের বংশ বিবরণ। দুটি বৈশিষ্ট্য ঘনবর্গ ও বৃত্ত দ্বারা বোঝান হয়েছে।

এ পরিবারের প্রস্তাবিত আলোচ্য বৈশিষ্ট্য সচরাচর ঘন বর্গ এবং বৃত্ত দ্বারা বোঝানো হয়েছে। এখানে মাতা-পিতা যে বৈশিষ্ট্য প্রদর্শন

করেনি সে বৈশিষ্ট্য চারটি সন্তানের তিনটি প্রদর্শন করেছে। এখন এ বৈশিষ্ট্যের বংশগতির ব্যাপারে কতকগুলি প্রশ্ন আমরা আমাদের নিজেদের করতে পারি যেমন : এটি কি প্রকট জিনের জন্য ? উত্তরে বলা হবে—না। কারণ এটি সন্তানের মধ্যে উপস্থিত অথচ মাতা-পিতার মধ্যে নেই। অথবা এটি কি একটি প্রচ্ছন্ন জিনের জন্য ? উত্তর হবে—প্রচ্ছন্ন জিনের জন্য বৈশিষ্ট্যটি মাতা-পিতার মধ্যে প্রদর্শিত না হয়ে সন্তানের মধ্যে প্রদর্শিত হতে পারে, তবে মাতা-পিতাকে তার বাহক হতে হবে। অর্থাৎ সংশ্লিষ্ট বৈশিষ্ট্যের জন্য বিসমসংস্থাবস্থায় মাতা-পিতাকে থাকতে হবে। ইতিমধ্যে আমরা জেনেছি, প্রকট ও প্রচ্ছন্নের অনুপাত হবে ৩ : ১। তথাপি আলোচ্য পরিবারের সন্তানেরা ৩ জন প্রকট এবং ১ জন প্রচ্ছন্ন এমন অনুপাতে হচ্ছে না। অন্যথায় এটি কিন্তু সম্পূর্ণ হয়েছে—যথা, তিন প্রচ্ছন্ন : ১টি প্রকট। এমতাবস্থায় তাহলে বৈশিষ্ট্যটি কি প্রচ্ছন্ন জিনের জন্য হতে পারে ? অথবা প্রত্যেক পরিবারই কি ৩:১ অনুপাত প্রদর্শন করবে ?

এ সমস্ত প্রশ্নের উত্তরে বলা যায় যে, উপরোক্ত পরিবারের যে বৈশিষ্ট্য যা ঘন বর্গ ও বৃত্ত দ্বারা বোঝানো হয়েছে তা অবশ্যই একটি প্রচ্ছন্ন জিনের জন্য হতে পারে। পরিণামে এরূপ বহু সংখ্যক পরিবার ধরে হিসাব কষলে দেখা যাবে যে, প্রচ্ছন্ন জিনের জন্য যত বৈশিষ্ট্য পর্যবেক্ষণ করা যায়, প্রকটের জন্য তার তিনগুণ বেশী করা যাবে। কিন্তু একটি পরিবারে সম্ভাব্যতার সূত্রসমূহ যে-কোন সমাবেশে প্রকট ও প্রচ্ছন্ন হতে পারে এমন সম্ভাবনাকে বুঝিয়ে দেয়। তাহলে এই পরিবারে যেমনটি হয়েছে তা হতে পারে। যেমন, ৪টি সন্তানের ৩টিই প্রচ্ছন্ন জিনের জন্য (এই পরিবারে)। এটা যে হতে পারে। শুধু তাই নয় বরং "সম্ভাব্যতার সূত্রসমূহ" দেখায় যে, এটি কতকগুলি পরিবারে ঘটবেই। এখন আরও একটি বিশেষ প্রশ্ন করা যেতে পারে, যেমন—চারজনের পরিবারসমূহে কতবার ৪টি সন্তানের ৩জন প্রচ্ছন্ন ও ১জন প্রকট হবে যখন উভয় জনক-জননী একজোড়া এলিলের বেলায় বিসমসংস্থ ? এ প্রশ্নের উত্তরে গোটা সম্ভাব্য কথাটিকেই ধরে নিতে হবে।

এবারে আমরা একটি পয়সাকে উচেচ নিক্ষেপ করতে থাকি এবং দেখি কি ঘটে। এর মাথা ও পট পড়ার সুযোগ সমান, এবং আশা

করব অর্ধেক নিক্ষেপে মাথা আসবে এবং অর্ধেক নিক্ষেপে পট আসবে। এখন আমরা দুটা পয়সা একসঙ্গে উঁচে নিক্ষেপ করি। প্রত্যেকটি পয়সার সমান সংখ্যক মাথা ও পট হয়ে পড়ার সুযোগ রয়েছে। এইরূপ ক্রমশঃ দুটি পয়সার নিক্ষেপণে কি ঘটবে? আমরা দেখি যে, ফলাফলের প্রায় $\frac{1}{4}$ দুটা মাথা, $\frac{1}{4}$ দুটা পট এবং $\frac{1}{2}$ একটি মাথা ও একটি পট। এর কারণ, দুটি স্বাধীন বস্তুর একত্রে ঘটার সুযোগ হচ্ছে প্রত্যেকটির পৃথকভাবে ঘটার গুণন। প্রত্যেক পয়সার মাথা ভাসার সুযোগ অর্ধেক এবং উভয়ের মাথা ভাসার সুযোগ $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$। অনুরূপে উভয়ে পট হয়ে পড়ার সুযোগও তাই অর্থাৎ $\frac{1}{4}$। অন্যদিকে একটির মাথা ও অন্যটির পট হয়ে পড়ার সুযোগও $\frac{1}{4}$; কিন্তু একটির পট হয়ে অন্যটির মাথা হয়ে পড়ারও সুযোগ $\frac{1}{4}$। তাহলে একটি মাথা ও একটি পটের মোট যোগফল $\frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{1}{2}$।

এবারে চারটি পয়সা একত্রে নিক্ষেপ করলে আমরা দেখব যে ১৬ বার নিক্ষেপের মধ্যে মাত্র ১বারে সকল ৪টিই মাথা আসবে, ৩টি মাথা ও ১টি পট আসবে প্রায় ১৬টার মধ্যে ৪ বারে, দুটি মাথা ও দুটি পট আসবে প্রায় ৬ বারে, ১ মাথা ও ৩ পট আসবে প্রায় ৪ বারে এবং শেষে সকল ৪টি পট আসবে ১ বারে অর্থাৎ এই সুযোগগুলি আবার দেখা যাচ্ছে প্রত্যেকটির আলাদাভাবে মাথা বা পট হয়ে পড়ার সম্ভাব্যতায় গুণন। এরূপ সুযোগগুলি ত্বড়িৎ হিসেব করার একটি গাণিতিক পদ্ধতি বা দ্বিপদ উপপাদ্য (**bionomial theorem**) রয়েছে এবং দ্বিপদের অ পর্যন্ত বিস্তৃত করতেই এটি নিহিত। এখানে ক ও খ হচ্ছে মাথা ও পটের সুযোগ এবং অ হচ্ছে এ ঘটনায় ব্যক্তির সংখ্যা যেমন ২টা পয়সা, ৪টা পয়সা ইত্যাদি।

এখন ধরি, ক = মাথা হয়ে পড়ার সুযোগ

খ = পট হয়ে পড়ার সুযোগ

এবং আমরা জানি প্রত্যেক পয়সার মাথা হয়ে পড়ার সুযোগ অর্ধেক ও পট হয়ে পড়ার সুযোগ অর্ধেক। তাহলে এভাবে হিসেব কষা যায় যে, কতবার ৪ পয়সা নিক্ষেপ করলে আমরা ৪টা মাথা বা ৩টা মাথা ও ১টা পট বা অন্য যে কোন সমবায় পাব বলে আশা করব?

ধরি ক = মাথা পড়ার সুযোগ = $\frac{১}{২}$

এবং খ = পট পড়ার সুযোগ = $\frac{১}{২}$

৪টা পয়সা নিক্ষেপণে নিম্নলিখিত সংপ্রসারণ ব্যবহৃত হবে :

$$(ক+খ)^{৪} = ক^{৪} + ৪ক^{৩}খ + ৬ক^{২}খ^{২} + ৪কখ^{৩} + খ^{৪}$$

উপরোক্ত সংপ্রসারণ থেকে যে-কোন সমাবেশের জন্য আমরা তা সংগ্রহ করতে পারি এবং ক ও খ এর মান বদলাতে পারি। যদি ধরি ৪টা পয়সা নিক্ষেপ করলে কতবার ৪টা মাথা আসতে পারে? এখন যেহেতু ক মাথার প্রতীক ও খ পটের প্রতীক সেহেতু আমরা মাথার জন্য $ক^{৪}$ বাছাই করব যেখানে ৪টা ক বা ৪টা মাথা ($ক^{৪}$ = ক ক ক ক) এবং ক এর বদলায় $\frac{১}{২}$ ধরে আমরা পাই $ক^{৪} = (\frac{১}{২})^{৪} = \frac{১}{১৬}$। সুতরাং আমরা ১৬টা নিক্ষেপে ১ বার ৪ মাথা আশা করতে পারি।

আবার ধরি, কতবারে ২টা মাথা ও ২টা পট আসতে পারে। এবারে যে অঙ্কে ২টা ক ও ২খ আছে তা ধরে হিসেব কষলেই আমরা পাই $৬ক^{২}খ^{২}$। এখন ক ও খ-এর মান বসিয়ে আমরা পাই :

$$৬ক^{২}খ^{২} = ৬\cdot(\frac{১}{২})^{২}\cdot(\frac{১}{২})^{২} = \frac{৬}{১৬}$$

অর্থাৎ ২ মাথা ও ২ পট আমরা পেতে পারি ১৬টার মধ্যে ৬ বারে। এভাবে যদি ৫টি পয়সা একসঙ্গে নিক্ষেপ করতে চাই তাহলে সূত্রকে ৫ দ্বারা সংপ্রসারণ করতে হবে। যেমন $(ক+খ)^{৫}$ এবং ইত্যাদি।

এখন এই গাণিতিক পদ্ধতি মানুষের বেলায় খাটিয়ে আমরা পরিবারে ছেলে ও মেয়ে আসার সম্ভাব্যতা নির্ণয় করতে পারি। ধরি, কতবার ৩ জনের পরিবারে ২টা ছেলে ও ১টা মেয়ে পেতে পারি।

ধরি ক = ছেলের সম্ভাব্যতা = $\frac{১}{২}$ এবং

খ = মেয়ের সম্ভাব্যতা $\frac{১}{২}$

তাহলে, $(ক+খ)^{৩} = ক^{৩} + ৩ক^{২}খ + ৩কখ^{২} + খ^{৩}$

$৩ক^{২}খ$ অঙ্কের মধ্যে ২টা ক ও ১খ আছে অর্থাৎ ২ ছেলে ও ১ মেয়ে। তাহলে মান বসিয়ে $৩ক^{২}খ = ৩(\frac{১}{২})^{২}\cdot(\frac{১}{২})^{১} = \frac{৩}{৮}$

অর্থাৎ ৩ জনের প্রত্যেক ৮ পরিবারে ৩টিতে ২ ছেলে ও ১ মেয়ে আশা করা যায়। এটি অবশ্য ছেলে ও মেয়ে সমান সমান জন্মায়—এই অনুমানের উপর ভিত্তি করে রচিত। তবে বিশেষ সত্যতার দেখা যায়

প্রতি ১০০ মেয়েতে ১০৫ ছেলে হলে আমরা অত্যন্ত যথাযথ হিসেব কষতে পারি এই অনুপাত সাপেক্ষে এটি নিম্নরূপ:

ধরি, ক = ছেলের সম্ভাব্যতা = $\frac{১০৫}{২০৫}$

এবং খ = মেয়ের সম্ভাব্যতা = $\frac{১০০}{২০৫}$

তাহলে ঐ ক্ষেত্রে ৩ক^{২}খ সমান $৩ \times \left(\frac{১০৫}{২০৫}\right)^{২} \cdot \left(\frac{১০০}{২০৫}\right)^{১} = \frac{৩৩০৭৫০০}{৮৬১৫১২৫}$ যা প্রায় $\frac{৩}{৮}$ অংশ।

অন্যত্র এই উপপাদ্যের প্রয়োগ ব্যাখ্যা করা যেতে পারে অতি সহজেই। যেমন মাতৃসদন ওয়ার্ডে দেখা যায় কোন কোন ক্ষেত্রে (ধরি) ৮টি নবজাত শিশুর মধ্যে ৭ জন বালিকা ও ১ জন বালক অথবা ৮জনই বালিকা। এখানে উপপাদ্যের প্রয়োগ দেখিয়ে সম্ভাব্যতার সূত্রের ব্যাখ্যা দেওয়া যায় এই মর্মে যে, তা শুধু হতে পারে তাই নয়, বরং এত অত বারে তা হবে। এখন হিসেব কষে দেখা যায় ৮জনের দলে ৭জন বালিকা বা কতবার সব ৮জনই বালিকা হতে পারে। এখানে $\frac{১}{২}$ ও $\frac{১}{২}$ সম্ভাবনা ধরে অঙ্ক কষতে হবে।

এবারে প্রথম প্রশ্নটির ক্ষেত্রে এই পদ্ধতি প্রয়োগ করব। বলা হয়েছিল ১৭.১ নং চিত্রের বৈশিষ্ট্য কোন একটি প্রচ্ছন্ন জিনের জন্য হতে পারত কিনা? পরিবারের লোকসংখ্যা চিত্র দ্বারা বোঝানো হয়েছে এবং ঘন বর্গ ও বৃত্ত অতি শ্বেতকায়-এর প্রতীক। স্বভাবতই যদি মাতা-পিতা অতি শ্বেতকায়ার জন্য বিসমসংস্থার হয় তাহলে তারা কিছু সংখ্যক অতি শ্বেতকায় সন্তান জন্মাতে পারত। তাই ৪ জনের পরিবারে (যেখানে জনক-জননী বিসমসংস্থার) কতবার ১টি স্বাভাবিক ও ৩টি অতি শ্বেতকায় সন্তান জন্মাবে?

ধরি, ক স্বাভাবিক বর্ণের প্রতীক এবং খ অতি শ্বেতকায়ার প্রতীক। যে-কোনটির স্বাভাবিক হওয়ার সম্ভাবনা কি? এটি ৪টার মধ্যে ৩টি বৈকি? অনুরূপভাবে অতি শ্বেতকায় হওয়ার সম্ভাবনা হচ্ছে $\frac{১}{৪}$। এটি জৈনিক কারণে এ রকম হবে:

প্রতীক	ৎ- স্বাভাবিক ও		ৎৎ অতি শ্বেতকায়	
জনক-জননী	ৎৎ	×	ৎৎ	
জনন-কোষ	ৎ	ৎ	ৎ	ৎ

সন্তান		
	ৎ	ং
ৎ	ৎৎ	ৎং
ং	ৎং	ংং

দেখা যাচ্ছে স্বাভাবিক ৩ ও অতি শ্বেতকায় ১ এই অনুপাতে পরিণামে ফল দাঁড়াল। তবে ৩ : ১ অনুপাত প্রত্যেক পরিবারে হতে হবে এমন কথা নয়। তাহলে পূর্বের কথায় চলে গেলে এই দাঁড়ায়, কতবার ৪ জনের পরিবারসমূহে যেখানে জনক-জননী বিসমসংস্থার, আপনি একজন স্বাভাবিক ও ৩ জন অতি শ্বেতকায় সন্তান আশা করতে পারেন ?

ধরি ক = স্বাভাবিকতার সম্ভাবনা = $\frac{৩}{৪}$

এবং খ = অতি শ্বেতকায়ার সম্ভাবনা = $\frac{১}{৪}$

$\therefore \quad (ক + খ)^৪ = ক^৪ + ৪ক^৩খ + ৬ক^২খ^২ + ৪কখ^৩ + খ^৪$

উক্ত সম্প্রসারণের ৪ কখ^৩ অঙ্কটিতে ১ জন স্বাভাবিক ও ৩ জন অতি শ্বেতকায়-এর প্রতীক বিদ্যমান। অর্থাৎ ৪ কখ^৩ এর মূল্য বসিয়ে ৪ কখ^৩ $= ৪(\frac{৩}{৪})(\frac{১}{৪})^৩ = \frac{১২}{২৫৬}$। সুতরাং প্রতি ২৫৬ পরিবারে ১২টিতে ১ জন স্বাভাবিক ও ৩ জন অতি শ্বেতকায় সন্তান জন্মাতে পারে (১জন প্রকট ও ৩ জন প্রচ্ছন্ন চরিত্রের সন্তান)। অবশ্য ঘটনাক্রমে ৪ জনের কোন্ সংখ্যক পরিবারে যেখানে জনক-জননী এই জনক-জননীদের মত কৌলিক-ভাবে একই রকম, অবশ্যই আমরা প্রচ্ছন্ন প্রদর্শনকারী অধিক সন্তান পাব প্রকটের চেয়ে।

এই পদ্ধতি ৩ : ১ ছাড়া অন্যান্য অনুপাতসমূহের বেলায় প্রযোজ্য। মোরগ-মুরগীতে পালকযুক্ত পায়ের নলা হাঁটু (feathered shank) ও পালকযুক্ত পায়ের নলা হাঁটুর বেলায় বিসমসংস্থ জনক জননীর-সন্তান-সন্ততির অনুপাত উক্ত দুই রকম বৈশিষ্ট্যে ১৫ : ১। এখানে সম্ভাব্যতার সূত্র নিম্নরূপে প্রযোজ্য :

ধরি ক = পালকযুক্ত নলার সম্ভাবনা = $\frac{১৫}{১৬}$

এবং খ = অপালকযুক্ত " " $\frac{১}{১৬}$

৫ সন্তানের পরিবারসমূহে কতবার ৫টা বাচ্চা পালকযুক্ত হবে যেখানে জনক-জননী বিসমসংস্থ ?

$$\text{এখানে } (ক+খ)^{৫} = ক^{৫} + \cdots\cdots + খ^{৫}$$

$$\therefore\ ক^{৫} = \left(\frac{১}{১৬}\right)^{৫} = \frac{১}{১০৪৮৫৭৬}$$

এই পদ্ধতি এমন ক্ষেত্রেও প্রযোজ্য যেখানে ২ এর অধিক সম্ভাবনা থাকে। এসব ক্ষেত্রে দ্বিপদের সাথে অধিক পদ সংযুক্ত হবে যেমন $(ক+খ+গ)^{ল}$, $(ক+খ+গ+ঙ)^{ল}$ ইত্যাদি।

যে কথাটি স্মরণ রাখতে হবে তা হচ্ছে এই যে, ডিম্বকোষের নিষিক্তির সময়ে স্বাধীন বিকিরণ ও অবাধ জননকোষের মিলনের মধ্যে জিন ও ক্রমোজোমের অবাধ শ্রেণীবিন্যাস সম্ভাব্যতার সূত্রানুসারে ঘটে। পরবর্তীতে সন্তানদের চরিত্রের নানারকম সমাবেশ অবশ্যই ঘটবে এবং তাদের অনুরূপ ঘটনার পরিণামে পূর্বাভাস দেয়া যেতে পারে।

মেণ্ডেলীয় সন্তান-সন্ততির কাইবর্গ পরীক্ষা

নতুন বংশগতির প্রভেদসমূহ আবিষ্কার করতে হলে এবং বংশক্রমতার গতি নির্ণয় করার জন্য সংঘটিত সমাগম ক্রিয়ার ফলাফলের উপর ভিত্তি করে প্রাপ্ত তথ্য কোন প্রস্তাবিত জৈনিক ব্যাখ্যার সাথে সঙ্গতিপূর্ণ কিনা তা নিরূপণ করা প্রয়োজন। আমরা ইতিমধ্যে এই অধ্যায়ে দেখেছি, সম্ভাবনা প্রায়ই ঘটনাক্রমের জন্য দেয় যা ইঙ্গিত অনুপাতের সাথে যথাযথ সঙ্গতি রক্ষা করে না। এমন অবস্থায় সমস্যার উদয় এই মর্মে যে, অত্র ব্যবধান বা অসঙ্গতি কত বড় তা জানতে হয় অনুমিত ধারণা পরিত্যাগ করতে বাধ্য হওয়ার পূর্বে। অথবা একই জিনিসের কতটুকু বাকী থাকে না কত ছোট তা সম্ভাবনাতে যুক্তিসঙ্গতভাবে আরোপ করা যায়। এরূপ সমস্যার সমাধান দেয়া যেতে পারে একটি খুব সহজ পরিসংখ্যানগত পরীক্ষা দ্বারা, যাকে বলা হয় কাইবর্গ (chi square X^{2})। যে সমস্ত ছাত্র তাদের নিজেদের পরীক্ষাগারের প্রাপ্ত তথ্য বা এই পুস্তকের নানা জায়গায় উল্লেখিত ঐ সমস্ত পরীক্ষার ফলাফল বিশ্লেষণ করতে চায় তাদের সুবিধার্থে এই পরীক্ষা বিশদভাবে করা হবে।

ছাগ প্রজনন পরীক্ষাগারে শেখ জিন্নাত আলী ও মোজাম্মেল হক (১৯৭৪) অবাধ মেলামেশা প্রকৃতির সমাগম থেকে প্রায় পাঁচ বছর পরীক্ষা কাজ চালানোর পর ৩৮৫টি ছাগ শাবক উৎপাদন করেন। ৩৮৫টি ছাগ-শাবকের মধ্যে ১৯৫ হচ্ছে পুংলিঙ্গের ও ১৯০টি হচ্ছে স্ত্রীলিঙ্গের। অথচ স্ত্রী ও পুংলিঙ্গ হওয়ার সুযোগ সমান এবং সে-কারণে স্ত্রী ও পুং-এর অনুপাত ১ : ১। কিন্তু প্রাপ্ত তথ্য থেকে দেখা যাচ্ছে যে, পুং ও স্ত্রীর সংখ্যা যথাযথ ১ : ১ অনুপাতে পর্যবেক্ষণ করা গেল না। প্রত্যাশিত পৌনঃপুনিকের সাথে (observed frequency) তুলনা করে দেখা যাচ্ছে ৩৮ নং সারণীর ৪র্থ কলামে প্রত্যেক শ্রেণীতে ২'৫টি শাবক-এর বিচ্যুতি। এখন প্রশ্ন হল, শুধুমাত্র দৈবাৎ কত পৌনঃপুন্য একজন ২'৫-এর সমেত বৃহৎ বা এর চেয়ে বৃহত্তর বিচ্যুতি আশা করবে? আর যদি এ সম্ভাব্যতা খুব ছোট হয় তবে আমরা ধরে নিতে পারি যে, শুধু আকস্মিকভাবেই নয়, এই অনৈক্যের জন্য কোন উপসর্গ কাজ করেছে। আমাদের অনুমান (hypothesis) মিথ্যা বা অসম্পূর্ণ।

সারণী ৩৮। কাইবর্গ (X^2)-এর হিসেব ১ : ১ অনুপাত প্রত্যাশায়

শ্রেণী	প্রাপ্ত পৌনঃপুন্য প	প্রত্যাশিত পৌনঃপুন্য ত	বিচ্যুতি প-ত	$\frac{(প-ত)^2}{ত}$
পুং শাবক	১৯৫	১৯২'৫	+২'৫	০'৩২
স্ত্রীশাবক	১৯০	১৯২'৫	−২'৫	০'৩২
মোট	৩৮৫	৩৮৫'০	০'০	=০'৬৪

অন্যদিকে যদিও দ্বিপদকে সম্প্রসারণ করে $(\frac{1}{2}+\frac{1}{2})^{385}$ সম্ভাবনার একটি সমাধান খুঁজে পাওয়া যেত; কিন্তু তা অত্যন্ত কষ্টসাধ্য হবে এবং তাই একটি সহজতর পন্থায় যাকে কাই-বর্গ বলা হয় (X^2) উহা সমাধান করা যায়।

কাই-বর্গের (X^2) সাধারণ সূত্র : $X^2 = \frac{(প-ত)^2}{ত}$

যেখানে প = প্রাপ্ত পৌনঃপুন্য ; ত = প্রত্যাশিত পৌনঃপুন্য এবং = বন্ধনীর ভিতরের সমস্ত অঙ্কের যোগফল। এ পদ্ধতিতে X^2 = ০'৬৪। এখন কাই-বর্গের সারণীর সাথে প্রাপ্ত মূল্যের তুলনা করে স্বাতন্ত্র্যের পরিমাণ অনুযায়ী দেখতে হবে কোন্ সারিতে তা শামিল হয়। কাই-বর্গ সারণীতে নির্দেশিত বিবেচ্য শতকরাগুলোর জন্য প্রদত্ত (X^2) মূল্য গুলোর দৈবাৎ ছাড়িয়ে যায়। প্রথম সারির দিকে তাকালেই দেখা যাবে যে, X^2 = ০'৬৪ উল্লেখিত মূল্যের '৫০ ও '৩০-এর মধ্যে পড়ে। অর্থাৎ প্রত্যাশিত অনুপাতের ১০ বা অধিক শাবক শতকরা ৩০-এর অধিক সংখ্যক পরীক্ষায় একমাত্র অপ্রত্যাশিতভাবে ঘটবে যখন আসল অনুপাত ১ : ১। এভাবে নিশ্চিত হওয়া যায় অত্র গড়মিলের জন্য দৈবঘটনা ছাড়া আর কিছু দায়ী এরূপ ভাবার কোন কারণ থাকে না। সুতরাং বলা যেতে পারে প্রাপ্ত তথ্য প্রস্তাবিত লিঙ্গানুপাতের (sex ratio) সাথে সঙ্গতিপূর্ণ। অন্যথায় অনুমানের বিরুদ্ধে কোন তাৎপর্যপূর্ণ সাক্ষ্য-প্রমাণ নেই। প্রস্তাবিত অনুমান গ্রহণযোগ্য।

সারণী ৩৯। ২ : ১ প্রত্যাশিত অনুপাতের X^2 বর্গ হিসাব কষা

শ্রেণী	প্রাপ্ত পৌনঃপুন্য প	প্রত্যাশিত পৌনঃপুন্য ত	বিচ্যুতি প − ত	$\frac{(প-ত)^2}{ত}$
কালো মুরগী	৯৩	১০০	−৭	০'৪৯
নীল মুরগী	২১৯	২০০	১৯	১'৮০
সাদা ছিটা মুরগী	৮৮	১০০	১২	১'৪৪
মোট	৪০০	৪০০	০	৩'৭৩

আরও কাই বর্গের সুবিধা হচ্ছে এই যে, এটি দুই বা ততোধিক শ্রেণীর বেলায়ও প্রয়োগ করা যেতে পারে এবং উপরোক্ত সারণীতে এক সঙ্কর জাতীয় অনুপাতের পরিবর্ধিত অনুপাতের বেলায় প্রয়োগ করা হয়েছে। এখানে একটি কালো গৃহপালিত মোরগের সাথে সাদা ছিটা মুরগীর সমাগম করিয়ে প্রথম সঙ্কর জাতে (F_1) নীল রং-এর সব ছা পাওয়া

যায় এবং পরবর্তীতে নীল রঙের মোরগ-মুরগীর মধ্যে সমাগম করিয়ে দ্বিতীয় সঙ্কর জাতে ৯৩ কালো, ২১৯ নীল ও ৮৮ সাদা ছিটা সন্তান পাওয়া যায়। এই ঘটনা থেকে ধারণা করা যেতে পারে যে, এখানে কোন জিন কোন এলিলের কাছে প্রকট নয় এবং বিসম সংস্কার সন্তান-গুলির মাঝামাঝি বর্ণ হয়েছে এবং এখানে ১ : ২ : ১ অনুপাতে যথাক্রমে কালো, নীল ও সাদা ছিটা বর্ণের মোরগ-মুরগী আশা করা যেতে পারে। X^2 বর্গ হিসেব করে দেখা গেল তার মূল্য ৩.৭৩। এবারে কাই-বর্গের সারণীতে ঢুকে দেখা যাবে তা ২ নং স্বাতন্ত্র্যের পরিমাণে ·৩০ ও ·০৫-এর মধ্যে পড়ে। এতে এই কথা প্রমাণিত হয় যে, প্রস্তাবিত অনুমান অর্থাৎ ১ : ২ : ১-এর বিপক্ষে কোন যুক্তি নেই এবং অনুমানটি গ্রাহ্য। (সারণী—৪০ দ্রঃ)

সাধারণভাবে যে মেণ্ডেলীয় সমস্যাসমূহ এই পুস্তকে উল্লেখ করা হয়েছে এগুলোর জন্য একটি নিয়ম হিসেবে ধরে নেওয়া যেতে পারে যে, কাই-বর্গের মূল্যের সাথে সংযুক্ত স্বাতন্ত্র্যের পরিমাণের সংখ্যাটি সব সময় শ্রেণীসমূহের সংখ্যা থেকে ১ কম। বংশগতির সূত্রসমূহের সাথে পরীক্ষাগারে প্রাপ্তব্য তথ্যাদির খাপ খাওয়ানোতে কাই-বর্গের ব্যবহার প্রচলিত এবং প্রস্তাবিত ধারণার বা সূত্রের সাথে অর্জিত তথ্যের অসঙ্গতি পরিলক্ষিত হলে তা জৈনিক সংযোজনের (genetic linkage) যথাযথ ব্যাখ্যা ও বিশ্লেষণের দিকে দৃষ্টি দিতে হবে।

নিয়ম অনুযায়ী জীববিজ্ঞানী ও পরিসংখ্যান তত্ত্ববিদরা X^2 বর্গের মতো যে কোন পরিসংখ্যানগত ধ্রুবের উল্লেখ করে থাকেন এমন কতকগুলি শব্দ ব্যবহার করে যেমন 'তাৎপর্যপূর্ণ' ও 'অত্যধিক তাৎপর্যপূর্ণ' (significant and highly significant) ইত্যাদি।

প্রথমোক্ত শব্দ 'তাৎপর্যপূর্ণ' দ্বারা বোঝানো হয় এমন একটি মূল্য যা ·০৫-এর বরাবরে মূল্যটি অতিক্রান্ত হয়ে যায় এবং অনুরূপে ·০১-এর মূল্য অতিক্রান্ত হলে তাকে "অত্যধিক তাৎপর্যপূর্ণ" বলে আখ্যায়িত করা হয়। এর অর্থ হয় এই যে, পরীক্ষাধীন অনুমিত ধারণার (hypothesis) বিপক্ষে অত্যধিক তাৎপর্যপূর্ণ সাক্ষ্য-প্রমাণ রয়ে গেছে। অতএব, তাৎপর্যহীন, তাৎপর্যপূর্ণ ও অত্যধিক তাৎপর্যপূর্ণ শব্দগুলোর ইঙ্গিত পৃথক পৃথকভাবে বুঝাবার চেষ্টা করতে হবে বাস্তব মেণ্ডেলীয় পরীক্ষা-নিরীক্ষার

সারণী ৪০। কাই-বর্গ (X^2) সারণী

স্বাতন্ত্র্যের পরিমাণ	'৯৯	'৯৫	'৭০	'৫০	'৩০	'০৫	'০১
১	'০০০১৬	'০০৩৯৩	'১৪৮	'৪৫৫	১'০৭৪	৩'৮৪১	৬'৬৩৫
২	'০২০১	'১০৩	'৭১৩	১'৩৮৬	২'৪০৮	৫'৯৯১	৯'২১০
৩	'১১৫	'৩৫২	১'৪২৪	২'৩৬৬	৩'৬৬৫	৭'৮১৫	১১'৩৪১
৪	'২৯৭	'৭১১	২'১৯৫	৩'৩৫৭	৪'৮৭৮	৯'৪৮৮	১৩'২৭৭
৫	'৫৫৪	১'১৪৫	৩'০০০	৪'৩৫১	৬'০৬৪	১১'০৭০	১৫'০৮৬
৬	'৮৭২	১'৬৩৫	৩'৮২৮	৫'৩৪৮	৭'২৩১	১২'৫৯২	১৬'৮১২
৭	১'২৩৯	২'১৬৭	৪'৬৭১	৬'৩৪৬	৮'৩৮৩	১৪'০৬৭	১৮'৪৭৫
৮	১'৬৪৬	২'৭৩৩	৫'৫২৭	৭'৩৪৪	৯'৫২৪	১৫'৫০৭	২০'০৯০
৯	২'০৮৮	৩'৩২৫	৬'৩৯৩	৮'৩৪৩	১০'৬৫৬	১৬'৯১৯	২১'৬৬৬
১০	২'৫৫৮	৩'৯৪০	৭'২৬৭	৯'৩৪২	১১'৭৮১	১৮'৩০৭	২৩'২০৯

(প্রফেসর আর. এ. ফিসারের 'Statistical Methods for Research Workers' নামক গ্রন্থ থেকে গৃহীত 'The Principles of Heredity' গ্রন্থে L. H. Snyder ও P.R. David কর্তৃক পরিবেশিত সারণী হবহু উদ্ধৃত)।

ফলাফলের সহজ বিশ্লেষণ করতে গিয়ে। কাই-বর্গের সারণীর শেষের দুই কলাম বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ এই দৃষ্টিকোণ থেকে যে, তা এমন একটি সীমারেখার কথা বলে যেখানে বৈজ্ঞানিক তাত্ত্বিক ধারণা গৃহীত হয় বা পরিত্যক্ত হয়।

যাহোক, সরল বৈংশিক সমস্যার বেলায় (simple genetic problems) কাই-বর্গের প্রয়োগ সম্পর্কে যে সতর্কতা (precautions) অবলম্বন করা দরকার তা হচ্ছে কাই-বর্গ পদ্ধতি একটি সত্যের কাছাকাছি মূল্যায়ন (approximation) মাত্র এবং যতক্ষণ পর্যন্ত যে কোন শ্রেণীতে প্রত্যাশিত পৌনঃপুন্য (expected frequency) ৫ এর কম নয়, ততক্ষণ পর্যন্ত ইহা একটি সুন্দর সত্যের সান্নিধ্য দিতে সক্ষম (furnishes a very good approximation); আর যেখানে ছোট ছোট সংখ্যা জড়িত সেখানে যথাযথ গাণিতিক পদ্ধতি হিসাবে 'দ্বিপদ উপপাদ্য' (binomial theorem) প্রয়োগ করতে হবে।

অনুশীলনী

১। দ্বি-পদ উপপাদ্যের প্রয়োগ জীবজগতে কিভাবে হয় তা বর্ণনা কর।
২। কাই-বর্গের প্রয়োগ কোথায় হয় এবং কেন?

অষ্টাদশ অধ্যায়

জনসংখ্যা কৌলিবিজ্ঞান
(POPULATION GENETICS)

ইতিপূর্বে কতকগুলি বিশেষ চরিত্রসম্পন্ন সমসংস্থ জনক-জননীর যুগল-গুলির সঙ্গম ক্রিয়া বর্ণনা করা হয়েছে এবং প্রত্যেক সফল বংশপরম্পরায় সম্ভাব্য সন্তানের গুণগত প্রকার নিরূপণী ঘটনা তুলে ধরা হয়েছে। উদ্ভিদ ও প্রাণী কৌলিবিজ্ঞানীরা সেই প্রাপ্ত তথ্য বিবরণীর আলোকে ও বাস্তব প্রয়োজনের নিরিখে বিশেষ কিছু কাঙ্ক্ষিত চরিত্রসম্পন্ন উদ্ভিদ ও গৃহ-পালিত প্রাণী জন্মাতে সব সময় প্রত্যাশী। তন্মধ্যে উদ্ভিদের ফলন বৃদ্ধি, গৃহপালিত পশুর দৈহিক আকারসহ পুষ্টিকর প্রথম শ্রেণীর আমিষ জাতীয় খাদ্যদ্রব্য যথা—দুধ, মাংস, ডিম এবং রোগ প্রতিষেধক ক্ষমতাসম্পন্ন জীব জন্মানো ইত্যাদি। এ কাজ করতে গিয়ে স্বভাবতঃই তারা প্রথমতঃ জনক-জননীর ও দ্বিতীয়তঃ উৎপাদিত সন্তানদের মধ্য থেকে বাছাইকৃত সঙ্গম ক্রিয়া ঘটায়। প্রজনন পরীক্ষা-নিরীক্ষার এই কৃৎ কৌশলগত দিকটি কিন্তু একদিকে যেমন গুরুত্বসহকারে অধীত হয়, তেমনি প্রকৃতিতে বিরাজমান বাস্তব অবস্থাও অবলোকন করে পদ্ধতির প্রয়োগ ঘটাতে হয়। ঠিক এই প্রেক্ষিতে ইদানীং জনসংখ্যা কৌলিবিজ্ঞানের বিকাশ ঘটছে।

যে বাছাইকৃত কৌশল আমরা প্রজনন পরীক্ষায় প্রয়োগ করছি সেটা কিন্তু প্রকৃতিগতভাবে বাস্তবে নেই। প্রকৃতিতে উদ্ভিদ ও প্রাণী একটা বিশেষ ভৌগোলিক এলাকায় বা দেশে প্রাণীসংখ্যা (livestock population) হিসাবে রয়েছে এবং সেখানে অবাধে মেলামেশা বা সঙ্গমক্রিয়া ঘটছে। প্রকৃতির বাছাইকে অব্যাহত রেখেই এ অবস্থায় চলতে হবে। কিন্তু তা সত্ত্বেও প্রকৃতির বাছাই ক্রিয়ার সাথে কিছু সংঘাত কৃত্রিম বাছাই-এ হয়ে যেতে পারে। যাহোক, প্রকৃতিতে প্রাণী বা উদ্ভিদের অবস্থান বিচারে দেখা যায় যে, প্রকৃতিতে প্রাণীসংখ্যা হচ্ছে একটা বিশেষ এলাকায় সমস্ত এক প্রজাতির বা উপ-প্রজাতির (breeds) প্রাণীর সমষ্টি এবং এমন কোন

জিন পৌনঃপুন্যে (gene frequency) বাধা বা প্রভাব সৃষ্টিকারী ঘটনা না থাকলে সেই প্রাণীসংখ্যায় বা জনসংখ্যায় এক জোড়া এলিলের মধ্যে যে-কোন সমানুপাত (proportion) বর্তমান থাকতে পারে। মানব-জাতির গোষ্ঠীগুলি (races) ও প্রাকৃতিক জনসংখ্যা এবং কৌলিকতার দিক থেকে সামাজিক সম্পর্ক বা বিবাহ প্রথা ঐতিহাসিকভাবে অবাধে চলে আসছে। তাই এই অবাধ মেলামেশার প্রাণী বা জনসংখ্যাকে অধ্যয়ন করতে হলে অবাধের সহিত এর একটি সবিশেষ প্রতিনিধিত্বকারী অংশের বা নমুনার (sample) পরীক্ষা কাজ চালাতে হবে। সুতরাং প্রাণী বা জনগোষ্ঠী কৌলিবিজ্ঞান ইতিপূর্বে অধীত মেণ্ডলীয় সূত্রসমূহের প্রয়োগকে বোঝায়। প্রাকৃতিক জন বা পশুসংখ্যা বা গোষ্ঠীতে বিশেষতঃ এটি একটি জিনের প্রবাহে তথা পৌনঃপুন্যসহ বিভিন্ন সঙ্গম প্রণালীতে জাতি-নমুনার সমানুপাতগুলির কথাই (gene frequencies and proportions of genotypes under various mating systems) বুঝিয়ে থাকে।

জৈনিক পৌনঃপুন্য (Gene frequency)

জিনের পৌনঃপুন্য বলতে একটি জন বা প্রাণীসংখ্যায় জৈনিক ক্রমতার অন্যান্য এলিলের তুলনায় সংশ্লিষ্ট একটি জিনের আপেক্ষিক পরিমাণ বা শূন্যতা বোঝায়। একটি উদাহরণ দিয়ে এটি বোঝানো যায়।

একক উপসর্গীয় বংশক্রমতায় (single factor inheritance) হার্ড-ফোর্ড গরুর শিংবিহীন ষাঁড় (**নন**) ও শিংযুক্ত গাভীর (ন ন) সঙ্গম-ক্রিয়া এখানে উল্লেখ্য। একটি হার্ডফোর্ড গরুর পালে গাভীগুলির সাথে শিংযুক্ত ষাঁড়গুলির সঙ্গম করিয়ে দেখা গেল যে বহু বছর পর বাছুরগুলিতে একটিও শিংবিহীন বাছুর নেই। এমন অবস্থায় শিংযুক্ত জিনের পৌনঃপুন্য (**ন**) হবে এক এবং শিংবিহীনতার হবে শূন্য। তাহলে দেখা যাচ্ছে একটি জিনের পৌনঃপুন্য শূন্য থেকে এক পর্যন্ত প্রভেদী হতে পারে যেমন নিম্ন দৃষ্টান্তে দেখানো হয়েছে। আর যখনই কোন জিনের পৌনঃপুন্য এক হবে তখনই ঐ বিশেষ জিনের জন্য ঐ প্রাণীসংখ্যা সমসংস্থ হবে এবং শিংবিহীনতার বেলায়ও ঠিক একই কথা। এখন একটি সমসংস্থ ষাঁড় ও গাভীর সঙ্গম দেখানো হলো :

জনক-জননী	শিংবিহীন ষাঁড় × শিংযুক্ত গাভী	
	ন ন × নন	
প্রথম F_1	সকল	**ন**ন শিংবিহীন
২য় F_2	১ **ন ন** শিংবিহীন	
	২ **ন** ন ,,	
	১ ন ন শিংযুক্ত	

এখন F_1-এ সকল প্রাণীর প্রত্যেক প্রকার জিনের একটি করে ধারণ করবে এবং প্রত্যেক জিনের পৌনঃপুন্য হবে ০'৫, যেহেতু উভয়ের সমষ্টি এক হতে হবে।

এখন দেখা যাক F_2-তে দুটি জিনের পৌনঃপুন্য কত হয়। হিসাব করে দেখা গেল যে, F_2-এ ৪**ন** ও ৪ন জিন রয়েছে এবং প্রত্যেকের পৌনঃপুন্য হচ্ছে ০'৫ এখনো।

মাতাপিতা	**ন ন**	ন ন
জননকোষ	**ন**	ন
F_1	**ন** ন × **ন** ন	
জননকোষ	**ন** ন **ন** ন	
F_2	**ন ন + ন** ন **+ ন** ন **+** ন ন বা	
	ন = ৪ বার ও ন = ৩ বার	

আর যদি সমস্ত শিংযুক্ত জন্তুগুলিতে বাদ দেওয়া হত, তাহলে ৪ **ন** ও ২ ন জিন বাদ পড়ে যেত এবং তাতে করে ঐ দুটি জিনের পৌনঃপুন্য হত :

৪ **ন** + ২ ন = ৬; এবং $= \frac{৪}{৬} = \frac{২}{৩}$ এবং $= \frac{২}{৬} = \frac{১}{৩}$
বা ০'৬৭ ও ০'৩৩ যথাক্রমে।

হার্ডি-ওয়েনবার্গ সূত্র (Hardy Weinberg Law)

১৯০৮ সালে ব্রিটিশ অঙ্কবিদ হার্ডি এবং জার্মানীর পদার্থবিদ ওয়েনবার্গ পৃথক পৃথকভাবে কাজ করে জনসংখ্যায় জিন বিস্তারের বিশেষ কিছু মৌলিক ধারণা প্রকাশ করেন। এগুলি হার্ডি-ওয়েনবার্গ সূত্র নামে খ্যাত।

এই সূত্র অনুযায়ী একটা বাছাইবিহীন অবাধ মেলামেশার বিশাল জন-সংখ্যার জিনের আপেক্ষিক পৌনঃপুন্য বংশানুক্রমে ধ্রুব থাকতে চায় (**equilibrium**) এবং জাতি-নমুনার পৌনঃপুন্যের সাথে জিন পৌনঃপুন্যের সম্পর্কটি দ্বি-পদ উপপাদ্য মত চলে। অর্থাৎ মৌলিক হার্ডি-ওয়েনবার্গ সূত্রায়ন হচ্ছে (প + ফ)ন যেখানে প = একটি প্রদত্ত জিনের পৌনঃপুন্য, ফ = তার এলিলের পৌনঃপুন্য এবং প + ফ = ১। অতএব এক পুরুষ কাল অবাধ মেলামেশার পর উক্ত দু'এলিল জড়িত জাতি-নমুনার প্রাণীগুলি নিম্নলিখিত পৌনঃপুন্যে জন্মাবে :

সমসংস্থ	প্রকট প্রাণীর	সংখ্যা	ক²
বিসমসংস্থ	”	”	২কখ
সমসংস্থ প্রচ্ছন্ন	”	”	খ²

এটি ছাড়া ফিনাইল থায়োকার্বামাইড (Phenylthiocarbamide) সংক্ষেপে P.T.C. পরীক্ষার ফলাফল দ্বারা উক্ত ঘটনা ব্যাখ্যা করা যেতে পারে। উক্ত বস্তুর স্বাদ নেই এবং স্নাইডার (L.H. Snyder)-এর মতে বস্তুর স্বাদ পরীক্ষিত হয় ৮০০ পরিবারে (৩৬ নং সারণী দ্রষ্টব্য)।

সারণী ৪১। ফিনাইল থায়োকার্বামাইড বা পি. টি. সি. পরীক্ষার ফলাফল (PTC-Test)

জনক-জননী	পরিবার সংখ্যা	শিশুদের স্বাদ	
		আস্বাদপ্রাপ্ত	অনাস্বাদপ্রাপ্ত
স্বাদ X স্বাদক	৪২৫	৯২৯	১৩০
স্বাদক X অনাস্বাদক	২৮৯	৪৮৩	২৭৮
অনাস্বাদ X অস্বাদ	৮৬	৫	২১৮

অত্র পরীক্ষায় প্রাপ্ত ফলাফল অনুযায়ী মোট নমুনা ৩,৬৪৩-এর মধ্যে অনাস্বাদক-এর সংখ্যা ১০৮৭ (২৮৯ ৮৬ ৮৬ ১৩০ ২৭৮ ২১৮) এবং আস্বাদক-এর সমানুপাত ২৫৫৬/৩৬৪৩=0'৭০২ এবং অনাস্বাদক-এর =১০৮৭/৩৬৪৩=0'২৯৮

ধরি, এ চরিত্র হচ্ছে এক যুগল সরল মেণ্ডেলীয় এলিলের জন্য : **প** (প্রকট) আস্বাদক এবং প = (প্রচ্ছন্ন) অনাস্বাদক। তাছাড়া **প** = প্রকট জিনের পৌনঃপুন্য এবং প = প্রচ্ছন্ন জিনের পৌনঃপুন্য এবং **প** + প = ১। তা হলে জাতি-নমুনাও তাদের সমানুপাত নিম্নলিখিতভাবে পাওয়া যায় :

$$(\textbf{প} + প)^২ = \textbf{প}^২ + ২\textbf{প}প + প^২ ।$$

প্রাপ্ত অনাস্বাদকের সমানুপাত = ০'২৯৮= প^২ এবং প = $\sqrt{০'২৯৮}$ = ০'৫৪৫। তাহলে **প**=০'৪৫৫, **প**^{২} =০'২০৭ এবং **প**প = ২ × ০'৪৫৫×০'৫৪৫ = ০'৪৯৬।

আস্বাদক জনক-জননীর মধ্যে বিসমসংস্থার প্রতি সমসংস্থার অনুপাত = **প** : ২ **প**প = ০'২০৭ : ০'৪৯৬। একটি জনক-জননীর বিসমসংস্থ হওয়ার সম্ভাব্যতা হচ্ছে ২**প**প/(**প**^{২} +২**প** প) = ০'৪৯৬/০'২০৭ ০'৪৯৬=০'৭০৬। উভয়ই বিসমসংস্থ হওয়ার সম্ভাব্যতা হচ্ছে (২**প**প/ **প**^{২} + ২**প**প)^২ =(০'৪৯৬/০'২০৭ + ০'৪৯৬)^২ = ০'৪৯৮। সুতরাং আস্বাদক × আস্বাদক সঙ্গমে প্রায় অর্ধেক বিবাহ হবে বিসমসংস্থার মধ্যে এবং এইরূপ পরিবার থেকে সন্তানদের অনুপাত আস্বাদক ৩ : আস্বাদক ১। **প**প × **প**প→১ **প** **প** + ২ **প**প + ১ পপ = ০'৭৫ **প**প : ০'২৫ পপ।

এটি থেকে এবং অনাস্বাদক সন্তানের সম্ভাব্যতা হচ্ছে ০'৪৯৮ × ০'২৫ =০'১২৪। কিন্তু সারণীয় প্রাপ্ত তথ্য মোতাবেক ১৩০/৯২৯ +১৩০ =০'১২৩। আবার আস্বাদক x অনাস্বাদক বিবাহে আস্বাদক জনক-জননীর মধ্যে বিসমসংস্থার (heterozygotes) সমানুপাত হচ্ছে ০'৭০৬ এবং বিসমসংস্থ আস্বাদক × অনাস্বাদক বিবাহ হতে সন্তানদের অনুপাত ১ আস্বাদক : ১ অনাস্বাদক (**প**প × পপ→**প**প + পপ + **প**প + পপ= ০'৫ **প**প : ০'৫ পপ এবং ঐ একই জনসংখ্যায় অনাস্বাদক ছেলে সন্তানের সম্ভাব্যতা হচ্ছে ০'৭০৬ × ০'৫=০'৩৫৩। অন্যদিকে প্রাপ্ত তথ্য হতে দেখা যায় তার সমানুপাত ২৭৮/৪৮৩ ২৭৮=০'৩৬৫। যখন উভয় জনক-জননী অনাস্বাদক সকল সন্তানই অনুরূপ হওয়া উচিত ছিল। প্রাপ্ত তথ্য অনুপাত ২১৮/২২৩=০'৯৭৭ কিন্তু ১'০০০ প্রত্যাশিত এ ক্ষেত্রে। আসল ও প্রাপ্ত তথ্যের মধ্যেকার ব্যবধান এজন্য হয়ে থাকতে পারে যে, ৫টি মুশকিলজনক আস্বাদক সন্তানের স্বাদ অসহ্যতা (taste sensitivity)

ছিল স্বাভাবিক পি. টি. সি.-এর উর্ধ্বে। এ ছাড়া অন্যান্য ব্যাখ্যাও সম্ভব।

সুতরাং যেহেতু প্রাপ্ত ও প্রত্যাশিত সমানুপাত ঘনিষ্ঠভাবে মিলে যায় সেহেতু আস্বাদক ও অনাস্বাদক বৈশিষ্ট্য এক জোড়া সরল মেণ্ডেলীয় এলিলের উপর ভিত্তিসহ এ ধারণা সবল।

এটি ব্যতীত আরো বহু জটিল ধরনের বংশগতির বিশ্লেষণ করা সম্ভব। উদাহরণস্বরূপ মানব জাতিতে M-N রক্ত বিন্যাসের সমানুপাত ভৌগোলিকভাবে পৃথক এলাকার জনসংখ্যায় পার্থক্য হয় তাও বিশ্লেষণ করা যেতে পারে।

হার্ডি-ওয়েনবার্গ সূত্র বিশাল অবাধ মেলামেশার জনসংখ্যায় প্রযোজ্য। ক্ষুদ্র বা আলাদা জনসংখ্যায় সুযোগ সঙ্গম (chance mating) জাতি-নমুনার ভারসাম্যহীনতা ঘটাতে পারে এবং এর সাথে জৈনিক পরিব্যক্তির প্রক্রিয়া (mutation) ও বাছাই প্রক্রিয়া (selection) জড়িত হয়ে একযোগে প্রজাতির বিবর্তনসূচক পরিবর্তন ঘটায়। অতএব, উপরোক্ত বিবরণী থেকে বাস্তবতা অনুধাবন করা যায় তা হচ্ছে নিম্নলিখিত উপসর্গ জিনের পৌনঃ-পুন্যকে পরিবর্তন/পরিবর্ধন করতে পারে।

(ক) জৈনিক পরিব্যক্তি (gene mutation): জৈনিক পরিব্যক্তি জৈনিক পৌনঃপুন্যিতে পরিবর্তনসমূহ ঘটাতে পারে। ধরুন, একটি জনগোষ্ঠী জীন ক-এর জন্য সম্পূর্ন সমসংস্থ। ধরে নেওয়া যেতে পারে যে, পুরুষানুক্রমে নতুন নতুন ব্যক্তির জন্মের মধ্য দিয়ে এই জীন 'ক' এর পরিব্যক্তি ঘটে বা (ছোট) হতে পারে এবং যতই বেশী পুরুষানুক্রমে চলতে থাকবে ততই 'ক' জীনের সংখ্যা গোষ্ঠীতে বৃদ্ধি পেতে থাকবে। এক পর্যায়ে এর একটি বাছাইগত সুবিধাও হয়ে যাবে এবং নতুন নতুন প্রতিপক্ষ জীন বা এলিলগুলি পুরাতনের স্থান দখল করবে। এক পর্যায়ে পৌঁছে তা পরিব্যক্তিগত ভারসাম্যে চলে যাবে এবং এ অবস্থায় জৈনিক পৌনঃপুন্য স্থায়ী হবে। এমতাবস্থায় যখন কোন একটি জীনের বহিষ্কার পরিব্যক্তির মাধ্যমে তার স্থান দখলের সমান হয়, তখন তাকে পরিব্যক্তি ভারসাম্য বলা হয় (mutation equilibrium)। অবশ্য পরিব্যক্তি উভয়-দিকে হতে পারে (reversible)। তবে উভয়দিকে পরিব্যক্তি সর্বদা সমানভাবে নাও ঘটতে পারে।

(খ) বাছাই (selection) : জনগোষ্ঠীর বিশেষ কতকগুলি গুণবিশিষ্ট ব্যক্তিকে অন্যান্যের চেয়ে অধিক হারে বংশ বৃদ্ধি করতে দেওয়াকে বাছাই পদ্ধতি বলা হয়। এটি অবশ্য দু'রকমেরই হতে পারে যথা : প্রাকৃতিক ও কৃত্রিম। এরূপে বিশেষ ধরনের ব্যক্তিগুলিকে বংশবৃদ্ধির কাজে সংরক্ষণ করাতে তাদের সংখ্যা দ্রুত বৃদ্ধি পায় এবং তাতে ঐ জীনের পৌনঃপুন্য বেড়ে যায়।

(গ) দেশান্তর, বিচ্ছিন্ন হওয়া ও মিশ্রণ দ্বারা (migration mixture of population) : জীন পৌনঃপুন্যতে পরিবর্তন ঘটতে পারে। এটি ঘটে যখন একটি দেশের জনসংখ্যার অংশবিশেষ অন্য দেশে চলে যায় এবং বসতি স্থাপন করে বংশবিস্তারে সংশ্লিষ্ট থাকে। তবে ঐরূপ ক্ষেত্রে বিশেষ গুণাগুণের জন্য ভিন্নরকম জীনের অধিকারী হতে হবে। বাংলাদেশের জনসাধারণসহ পৃথিবীর বিভিন্ন দেশের ক্ষেত্রে এর প্রয়োগ লক্ষ্য করা যেতে পারে। গৃহপালিত পশুর বেলায় তো বটেই।

(ঘ) হঠাৎ জৈনিক (genetic drift) বিচ্যুতিতে ছোট ছোট প্রাণী বা জনসংখ্যার পরিবর্তন ঘটতে পারে। অসতর্ক ও হঠাৎ বিচ্যুতি সাধারণতঃ ঘটে, এরূপ ক্ষেত্রে যেখানে একটি এলিল অপরটির উপর বাছাইগত সুযোগ গ্রহণ করতে পারে না।

অনুশীলনী

১। সংখ্যাবাচক কৌলিবিজ্ঞান কাহাকে বলে? জীন পৌনঃপুন্য বলতে কি বোঝায় তা উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

২। হার্ডি-ওয়েনবার্গের সূত্র বর্ণনা কর।

৩। কি কি উপসর্গ একটি জন/পশু সংখ্যার জীন পৌনঃপুন্য পরিবর্তন করে।

উনবিংশ অধ্যায়

সুজন্ম-বিদ্যা

(EUGENICS)

আমরা এই পুস্তকের বিভিন্ন অধ্যায়ে দেখলাম যে, মানব-চরিত্রে (traits) মানসিক ও শারীরিক উভয়ের নির্দিষ্ট বংশানুক্রমিক অংশ আছে। সমাজের খাতিরে কতকগুলো চরিত্র প্রত্যাশিত এবং কতকগুলো অপ্রত্যাশিত বা ক্ষতিকর। এমন প্রশ্ন সমাজে ছিল এবং এখনও আছে। মানবজাতির বংশগতির উপাদান কি পরিবর্তিত হচ্ছে? পরিবর্তন হলেই বা কি হারে এবং কোন্ দিকে? এসব প্রশ্নের উত্তর দেবার চেষ্টা যে বৈজ্ঞানিক করেন তিনি হচ্ছেন বৃটিশ বৈজ্ঞানিক স্যার ফ্রান্সিস গ্যাল্টন (১৮২২-১৯১১)।

গ্যাল্টন ডারউইনের মতবাদ "প্রাকৃতিক নির্বাচন এর মাধ্যমে বিবর্তন-বাদ"-এ মুগ্ধ হন এবং তিনি উপসংহার টানেন যে, মানবসহ অন্যান্য জীবজন্তু অবশ্যই বিবর্তনবাদী প্রক্রিয়ার উপর ন্যস্ত (subjected) রয়েছে এবং এখন সময় এসেছে মানুষকে তার নিজের বিবর্তনকে সচেতন গতিধারায় পরিচালিত করার। এ প্রসঙ্গে ১৯০৪ সালে তিনি এই EUGENICS শব্দটির জন্ম দেন এবং এর সংজ্ঞা দেন—এটি এমন বিজ্ঞান যা একটি জাতির জন্মান্তরের গুণাগুণকে চূড়ান্তভাবে বিকশিত করে এবং উন্নত করে এমন সব প্রভাব বা ক্রিয়াকলাপ সম্বন্ধে আলোচনা করে। এরপর তিনি ১৯০৮ সালে ইংল্যাণ্ডে "সুজন্ম সমিতি" (eugenics society) সংগঠিত করেন। অনুরূপ সমিতি ইতিপূর্বে জার্মানীতে গঠিত হয়। এই আন্দোলনের ফলে তখন হতে শুরু করে আজ পর্যন্ত যে সমস্ত প্রস্তাব সুজন্মবিদরা উত্থাপন করেছেন তাতে তাঁরা কতকগুলো ব্যবস্থাপনার উপর নিরঙ্কুশ জোর দিয়েছেন এবং ঐসব ব্যবস্থাপনা তাঁদের মতে মানবজাতির বংশানুগতিক বা কৌলিক উপাদান উন্নত করবে অথবা অন্ততঃ তার অবনতি রোধ করবে। তবে কিছুদিন পূর্ব পর্যন্ত পরিবেশগত অবস্থার উন্নতি

বিধানকল্পে আদৌ কোন চেষ্টা করা হয়নি যাতে বিরাজমান কৌলিক জাতি-নমুনার অধিক সক্রিয় বিকাশ ঘটিতে পারে। ঐ সব সনাতন সুজন্মু-বিদরা কৌলিক উন্নতির জন্য মানুষ প্রজননে সচেতন মনোনয়ন পদ্ধতির প্রয়োগের কথাই অধিক বলেছেন। অর্থাৎ তাঁরা উন্নত কৌলিক উপসর্গ-ধারীদেরকে মানুষ প্রজননে উৎসাহিত করতেন এবং নিকৃষ্ট জাতিনমুনাকে অনুৎসাহিত বা প্রজনন থেকে বিরত থাকতে পরামর্শ দিতেন। দুর্ভাগ্যজনক হলেও সত্য যে, তাঁদের কৌলিতত্ত্বের জ্ঞান তখন পর্যন্ত যা ছিল সেটিও দুঃখজনকভাবে তাঁদের কর্মকাণ্ডের দ্বারা বিরোধিতা করতেন। সম্ভবতঃ ঐরূপ ধারণাই আমাদের দেশের তথাকথিত 'কৌলিন্য' বা 'কুলীন' প্রথার জন্ম দেয়। অন্যদিকে জাতি-নমুনা ও বাহ্যিক নমুনার মধ্যেকার পার্থক্য পরিষ্কার ছিলনা এবং বংশগতি ও পরিবেশের আন্তঃক্রিয়ার জটিলতা অনুদ্ঘাটিত ছিল। এ কারণে মনোনয়নের যথাযথ কার্যকারিতার উপর ভবিষ্যদ্বাণী করার কোন পদ্ধতিও অনুপস্থিত ছিল। এ কারণেই সম্ভবতঃ এ আন্দোলনের ফলে এবং মানুষের মধ্যে শ্রেষ্ঠত্ব ও নিকৃষ্টত্ব অবৈজ্ঞানিক-ভাবে মূল্যায়ন হওয়ার দরুন বহু মানুষের মধ্যে প্রবল জাতিগত বিদ্বেষ, দলগত শ্রেষ্ঠত্ব ইত্যাদি জন্ম দেয়। এর কুফল আজও পৃথিবীতে কোন কোন মহলে বিরাজমান। অবশ্য মরগান, জেনিংস, ডারলিংটন, ডান, হ্যাভেন, হ্যালডেন ও মুলার ঐ সব মতবাদ অনেকাংশে বিরোধিতা করেন এবং আজকের দিনের সুজন্মুবিদরাও পুরোপুরি ঐ সব বৈজ্ঞানিকের তথা প্রাগ্রসর কৌলিতত্ত্বের জ্ঞান আয়ত্ব করতে পারেননি। সুতরাং প্রাচীন সুজন্মু আন্দোলনে যে সব শূন্যতা সনাক্ত করেন তা আজও ব্যাপকভাবে অনুধাবনযোগ্য।

আমরা তাই দেখতে পাই, জীবতাত্ত্বিক অসবর্ন (Osborn) ঐ সব অবৈজ্ঞানিক সামাজিক শ্রেণীবিদ্বেষ ও বর্ণবৈষম্যকে কঠিনভাবে প্রত্যাখ্যান করেছেন এবং তাঁর মতে ম্যালথাসের ইংলণ্ডে এটি ছিল প্রাকৃতিক সমাজ-সচেতন প্রোগ্রামে উন্নতি এবং এই শতাব্দীর প্রথম দিকে মার্কিন যুক্তরাষ্ট্রে ব্যাপক দেশান্তরকালে এই বর্ণবাদের জন্ম হয়। তাই অসবর্ন পরিষ্কারভাবে সনাক্ত করেন বাহ্যিক নমুনা নির্ধারণে বংশগতি ও পরিবেশগত উপাদানের আন্তঃক্রিয়াকলাপ এবং ফলে তিনি তাঁর কার্যক্রমের অবশ্য করণীয় উপাদান হিসাবে পরিবেশগত অবস্থার পরিশোধনের কথা উল্লেখ করেন।

তাঁর মতে পরিবেশগত অবস্থা সামাজিকভাবে মূল্যবান বংশগত গুণাগুণ মানুষের মধ্যে বিকশিত হতে দেয়না। তাই তিনি নিম্নলিখিত কতকগুলো ব্যবস্থাপনার কথা উল্লেখ করেন:

(ক) সম্মিলিত চেষ্টা : ১। সমবায় শিশুমঙ্গল কেন্দ্র ও মাতৃসদন। ২। পরিবারের জন্য সমবায় চিকিৎসা সেবা-যত্ন। ৩। ছোট ও মাঝারি আয়ের লোকদের জন্য চিকিৎসা খরচ কমানো।

(খ) মেধাবীদের জন্য: বৃত্তি প্রদানের বৃহত্তর নিশ্চয়তা, স্নাতক ছাত্রদের পরিবর্তিত ভিত্তিতে স্কলারশিপ এবং যেসব বিষয় যা এখন বিবাহের ক্ষেত্রে নিষিদ্ধ সে সব আরোপ করা।

(গ) কর মওকুফ : যাতে মাতাপিতার পক্ষে শিশুদের যত্ন নেওয়া সম্ভবপর হয়।

(ঘ) শিক্ষকসহ সকল শ্রেণীর কর্মচারীর (যাঁরা জনশিক্ষা ও অন্যান্য শিক্ষায়তনমূলক কর্মে নিয়োজিত) জন্য বেতনসহ পর্যাপ্ত মাতৃসদন ছুটির বন্দোবস্ত করা।

উল্লিখিত প্রস্তাবগুলো কখনো বৈজ্ঞানিক অপূর্ণ এবং এগুলির সাথে কোন কৌলিবিজ্ঞানীর দ্বিমতের কোন কারণ থাকতে পারেনা। অধিকন্তু এগুলি সার্বিকভাবে একটি সমাজে জনসাধারণের জন্য প্রত্যাশিত ব্যবস্থাপনা; এগুলি জনগণের বাহ্যিক গুণাগুণকে উন্নত করবে ও তাতে সামাজিক কার্যকারিতা উন্নত হবে।

অন্যান্যের মতে মানবসমাজের উন্নতির জন্য দুটি আন্তঃসম্পর্কিত পদ্ধতি যথাযথভাবে অবলম্বন করা যেতে পারে যেমন: (১) ইতিমধ্যে বিরাজমান মানবকুলকে উন্নত করার পদ্ধতি হচ্ছে পারিপার্শ্বিক অবস্থার উন্নতি বিধান করা তথা উৎকৃষ্টতর পুষ্টিকর খাদ্য, স্বাস্থ্যকর বাসস্থান, সুশিক্ষা ও সুচিকিৎসার সুযোগ-সুবিধা বৃদ্ধি করা এবং (২) মানুষের বীজরস (Germplasm) উন্নত করা তথা মানসিক ও শারীরিক দিক থেকে সুস্থ সবল বাচ্চাকে প্রজননের জন্য বাছাই করা এবং জনগণকে এই কাজে অনুৎসাহিত করা।

সুজন্মবিদ্যার ভিত্তি সৃষ্টি করতে হলে বংশ বিশ্লেষণ করতে হবে। তবে যেহেতু জীবজগতের অন্যান্য প্রাণীর মতো মানুষও একই সূত্র ও আইনকানুনে চলে সেহেতু পরিবার বিশ্লেষণের (pedigree analysis)

সম্পন্ন হতে হবে এবং তা কৌলিবিজ্ঞানীদের উদ্ভাবিত কৌশল অবলম্বন করেই করতে হবে। পরিবার বিশ্লেষণ করার ব্যাপারে নিম্নলিখিত রোগ-ব্যাধিগুলো বর্জন করতে হবে এবং সদগুণগুলো সংরক্ষণ করতে হবে।

(১) রোগ-ব্যাধিগুলো :
  (ক) রক্তক্ষরা (hemophilia)
  (খ) লালসবুজ বর্ণান্ধতা (red-green colour blindness)
  (গ) সিফিলিস (syphilis)
  (ঘ) মস্তিষ্কবিকৃতি বা বাতুলতা (insanity)
  (ঙ) বাত-বাদকতা (rheumatism)
  (চ) কম্পন রোগ (hysteria)
  (ছ) ক্রেটিনিজম (cretinism)
  (জ) অতিরিক্ত অঙ্গুলী (polydactilism)
  (ঝ) সিনডাকটিলিজম (syndactilism)
  (ঞ) মাথার টাক (baldness)

(২) বংশানুক্রমিক ভাল গুণ :
  (ক) স্মৃতিশক্তি (memory)
  (খ) ধী বা মেধাশক্তি (intelligence)
  (গ) বাগ্মিতা (oratory)
  (ঘ) কর্মদক্ষতা বা সুনিপুণতা (skillness)
  (ঙ) সঙ্গীত সক্ষমতা (musicability)
  (চ) অন্যান্য শারীরিক গুণাবলী (other physical qualities)

গঠনমূলক সুজনবিদ্যার সুপারিশসমূহ

(১) অতিরিক্ত বিলম্বে বিবাহ (late marriage) বন্ধ করা ও গুণসম্পন্ন জনক-জননীকে যথাসময়ে বিবাহ করতে দেওয়া।

(২) উপযুক্ত বর-কনেকে সহায়তা করা তথা ব্যুৎপন্ন জনকের (outstanding father) বীজ সংরক্ষণ করা ও সম্ভব হলে কৃত্রিম প্রজনন দ্বারা জণুনিয়ন্ত্রণ করা এবং বীজ ও ডিম্ব সংরক্ষণাগার (semem and ovum bank) স্থাপন করা।

(৩) শিক্ষাকে গণমুখী করা এবং জাতীয় শিক্ষাক্রমে জীববিজ্ঞান, বংশগতিবিদ্যা বা কৌলিবিজ্ঞান ও যৌনশিক্ষার প্রসার ঘটানো। সামাজিক জীবন থেকে সব ধরনের কুসংস্কার দূর করা ও অবাধ মেলামেশা প্রচলন করা। বিবাহের জন্য সুনিপুণভাবে বরকনে একে অন্যকে মনোনয়ন করতে দেওয়া।

(৪) জাতীয় ও আন্তর্জাতিক ক্ষেত্রে যুদ্ধসহ সকল প্রকার মানবতা-বিরোধী প্রতিযোগিতা বন্ধ করা ও সকল প্রকার উত্তেজনা প্রশমন করা। মৌলিকভাবে সমাজ জীবনের অসম সামাজিক বিকাশের প্রবণতা রোধ করা এবং অর্থনৈতিক মুক্তি অর্জন করা।

(৫) পরিবেশ উন্নত করা তথা সকল প্রকার পরিবেশ-দূষিতকরণ রহিত করা।

(৬) বিকলাঙ্গদেরকে যৌনগতভাবে পৃথক করা ও বাধ্যতামূলক বন্ধ্যা-করণ বা খোঁজাকরণ চালু করা (sexual separation of the defectives and compulsory sterilization)।

(৭) দেশান্তর নিয়ন্ত্রণ করা (control of immigration)।

(৮) বিবাহ প্রথা বিধিবদ্ধ করা (regulation of marriage)।

অপ্রত্যাশিত জাতি-নমুনা কমানোর জন্য যে সব প্রস্তাব করা হয়েছে তার মধ্যে স্বেচ্ছায় জন্মনিয়ন্ত্রণ ও বাধ্যতামূলক বন্ধ্যাকরণ (sterilization) প্রধান। বিভিন্ন ধরনের বিকলাঙ্গতা রোধের জন্য অনেক দেশ বন্ধ্যাকরণ আইন পাস করেছে। তবে এ আইনগুলো অনেক ক্ষেত্রেই সার্বিকভাবে কার্যকরী হচ্ছেনা। যে সমস্ত অপ্রত্যাশিত বা ক্ষতিকর জাতি-নমুনা রোধের জন্য বাধ্যতামূলক বন্ধ্যাকরণ আইন প্রচলিত সেগুলি হচ্ছে, idiocy, imbecibility and feeble mindness। এই তিন প্রকার মানসিক শূন্যতা (mental deficiency) মানসিক বৃদ্ধি রোধ করে। তবে এমন ক্ষেত্রে বংশগত উপসর্গ কতটুকু জড়িত, রোগের উৎপত্তিতে তা যাচাই হওয়া প্রয়োজন এবং জনসংখ্যার বংশগত উপাদানের উপর এদের প্রভাব পূর্বাহ্নে জেনে নেওয়া প্রয়োজন। সুতরাং এ অবস্থা বিচার করতে গিয়ে মেধা বলতে কি বোঝায় তা জানা দরকার এবং মেধাশক্তি উৎপাদনে বংশগতি উপসর্গ নির্ণীত হওয়া প্রয়োজন। শুধু তাই নয়, এই বংশগতি উপসর্গ জনসংখ্যায় কিরূপ বিস্তৃতি লাভ করেছে তা যথাযথভাবে পরিমাপ করা।

মেধা (intelligence)

মেধা সংজ্ঞায়িত করা সহজ নয়। এতে কি বোঝায় সে বিষয়ে যদিও আমরা সকলেই একমত। এতে যথাযথভাবে একে নতুন অবস্থায় খাপ খাওয়ানোর জন্য অতীত অভিজ্ঞতা ব্যবহার করার সুযোগ বলে আখ্যায়িত করা যায়। যেহেতু নতুন অবস্থা বিভিন্ন রকম হতে পারে তাই অনেক মনস্তত্ত্ববিদ জানার জন্য প্রশ্ন করেন যে, সাধারণ মেধা বলে কিছু আছে কিনা। অনেকে প্রস্তাব করেন যে, অনেক বিশেষ সক্ষমতা রয়েছে যা পৃথক পৃথকভাবে একে অন্যের প্রভাবনিরপেক্ষে পরিমাপযোগ্য হতে পারে। শুধু তাই নয়, সাধারণ মেধার যে কোন মূল্যায়ন অবশ্যই এ সবের ওজনকৃত গড় হবে। তবে পেনরোজ (penrose)-এর উপদেশ মোতাবেক সমাজে সাধারণ মেধার অবস্থান একমাত্র সুবিধাজনক অনুমান হতে পারে। এটি স্মরণযোগ্য যে, সক্ষমতা হচ্ছে পরীক্ষার প্রাপ্ত নম্বর (test scores) এবং শুধু তাই নয় প্রদত্ত প্রশ্নের উত্তর প্রত্যেকের সক্ষমতা এবং তার মেধার পর্যায়ের নির্দেশ বলে গণ্য হতে হবে (সারণী ৪২ দ্রঃ)।

সারণী-৪২। মেধার ফলাফল (IQ.) পর্যায়। পৌনঃপুন্যসমূহ ও সাধারণ নামকরণ।

পৌনঃপুন্য%	মেধাশক্তির (IQ.) ফলাফল	নামকরণ (designation)
৪.৭	১৪০.৩ এর উপর	অতি মেধাবী (genius)
	১৩০-১৩৯	অত্যন্ত শ্রেষ্ঠ (very superior)
২১.২	১১০-১২৯	শ্রেষ্ঠ (superior)
৪৮.৬	৯০-১০৯	স্বাভাবিক (normal)
২৪.২	৮০-৮৯	নিরানন্দ (dull)
	৭০-৭৯	সীমারেখা border line)
১.৩	৫০-৬৯	মানসিক শূন্যতা moron
	২৫-৪৯	imbecile
	০-২৪	idiot

* L. H. Snyder (১৯৪৬) উল্লিখিত তথ্য বিবরণী মোতাবেক।

উপরে সংযোজিত সারণীতে সবচেয়ে নীচে তালিকাবদ্ধ তিনটি শ্রেণী বিশেষ উল্লেখের দাবী রাখে। মানসিক শূন্যতা এমন পর্যায়ের মেধা যার অধিকারীর কাজকর্ম সম্পাদনে কতক পরিমাণে তত্ত্বাবধান প্রয়োজন হয়। এখানে এ পর্যায়ে তিন ধরনের মানসিক শূন্যতার উল্লেখ করা হয়েছে যথা—মোরন, ইম্বেসাইল ও ইডিয়ট (moron, embecile and idiot.)

মেধা যাচাইয়ের পরিমাপগত নিরূপণের ক্ষেত্রে প্রকৃতি-পরিচর্যা (nature-nurture) পরীক্ষা থেকে কোন সমাধান পাওয়া যায়না। অর্থাৎ জনসংখ্যার পার্থক্য নিরূপণে বংশগতি ও পরিবেশ যথাক্রমে যে ভূমিকা পালন করে তা জানার জন্য প্রকৃতি-পরিচর্যা যথেষ্ট নয়। তবে জনগণের বিভিন্ন শ্রেণীর মেধা-শক্তির নিরূপণ জানার কাজে এ পরীক্ষা বিশেষ সহায়ক। আমাদের দেশে মেধাশক্তি যাচাইয়ের কোন তথ্য আছে কিনা এ পর্যন্ত আমাদের জানা নাই। অতএব এ ব্যাপারে অনেক পুরানো বিদেশী তথ্য পরিবেশনা করা ছাড়া উপায় কি। মেধা যাচাই আদিতে বিদ্যালয়ের শিশুদের জন্য পরিকল্পিত হয় এবং তা তাদের বয়স-দলের শিশুদের বেলায় প্রয়োগ করে বিশাল সংখ্যক শিশুদের মধ্যে এসব পরীক্ষার মান স্থায়ী করা হয়েছে। উদাহরণস্বরূপ বলা যায়, দশ বছর বয়সী শিশু যে গড় সাফল্যাঙ্ক (score) অর্জন করে, সেটাই ঐ বয়স-দলের জন্য ছাঁচ (norm) হয়ে যায় এবং এ সাফল্যাঙ্ক অন্য যে-কোন শিশুই লাভ করলে (বয়স নির্বিশেষে) তাকে দশ বছরের মানসিক বয়সের বলা হবে। সাধারণভাবে দেখা গেছে যে, যে শিশুদের মেধা-বয়স এভাবে নির্ণীত হয়, তারা-তারিখী বয়স ও মেধা-বয়স মিলে যায় এমন শিশুদের চেয়ে তারিখী বয়সে বেশী হলেও বিদ্যালয়-কর্মে ভাল করে এবং অন্য সব মানসিক কাজে অধিক সফলতা লাভ করে। অন্যদিকে যে শিশুদের মানসিক বয়স আসল বয়সের চেয়ে কম তাদের বেলায় বিপরীতটাই সত্য। যাহোক এক্ষণে মনে রাখতে হবে যে, মেধা যাচাইয়ের কার্যকারিতা শেষ পর্যন্ত এই পর্যবেক্ষণের উপর নির্ভর করে।

এভাবে মেধা-পরীক্ষার ইতিহাসের আদিতে এটা আবিষ্কৃত হয়েছিল যে, বাস্তব ৮ বছরের শিশু ৬ বছরের মানসিক বয়সের হবে ৭½ বছরের মানসিক বয়স দেখাবে ১০ বছর আসল বয়স হলে এবং ৯ বছর মানসিক বয়স দেখাবে ১২ বছরের আসল বয়সে। অর্থাৎ মানসিক বয়স ও তারিখী বয়সের অনুপাত স্থির থাকতে চায় এবং এটি ৩:৪ বা ০·৭৫ তারিখী বয়স নির্বিশেষে। এভাবে এ অনুপাতকে ১০০ দ্বারা গুণ করে শিশুর মেধা-পর্যায় (intelligence quotient) বের করা যায়। সহজভাবে কথাটা দাঁড়ায় যে, মানসিক বয়স/তারিখী বয়স×১০০ = মেধা পর্যায় (I.Q)। এক্ষণে হ্যাগার্টি ও নাশ (১৯২৪) ৭০০০ প্রাথমিক বিদ্যালয়ের শিশুদের

মধ্যে জরিপ চালিয়ে যে ফল লাভ করেন তা ৪৩ নং সারণীতে পরিবেশন করা হল।

সারণী—৪৩। গ্রামীণ নিউইয়র্কের ৭০০০ প্রাথমিক বিদ্যালয়ের শিশুদের গড় মেধা পর্যায় তাদের পিতামাতার পেশানুসারে প্রদত্ত

পেশাগত দল	শিশুর গড় মেধা-পর্যায় (I.Q)
পেশাগত	১১৬
ব্যবসা ও কেরানীগিরি	১০৭
দক্ষ ব্যবসায়ী	৯৮
আধা-দক্ষ	৯৫
কৃষক-চাষী	৯৬
অদক্ষ শ্রমিক/মজুর	৮৯

এ সারণীতে উল্লিখিত তথ্য থেকে এ কথাই পরিষ্কার হয় যে, যে মেধাশক্তি শিশুর পরিবেশগত উপসর্গের উপর নির্ভরশীল তা শিক্ষা ও সংস্কৃতি সংক্রান্ত অনুপ্রেরণা সৃষ্টির উপাদান তথা সামাজিক, অর্থনৈতিক প্রভেদগুলোর যথেষ্ট ব্যাখ্যা প্রদান করে। মার্কিন যুক্তরাষ্ট্রসহ অন্যান্য যায়গায় এ মর্মে প্রচুর তথ্য রয়েছে যে, যে সমস্ত নিষ্পেষিত বঞ্চিত এলাকার জনগণের মেধা-পর্যায় অতলগহ্বরে সেখানেও ১৯৪০ সনে কয়েক হাজার বিদ্যালয়গামী শিশুদের মেধা জরিপে দেখা গেছে যে, অর্থনৈতিক, ও শিক্ষাগত অবস্থার কিছু উন্নতি ঘটলেও মেধা-পর্যায় ১০-এর অধিক সামাজিক সফলাঙ্কে বৃদ্ধি পায়। অর্থাৎ অর্থনৈতিক, সামাজিক ও শিক্ষাগত অবস্থার উন্নতি হলে গড় মেধাশক্তি তুলনামূলকভাবে পূর্বের চেয়ে বৃদ্ধি পায়, তবে একটা সীমাবদ্ধতার মধ্যে। মানবজাতির জন্য যদি সামাজিকভাবে এতটুকু করতে পারা সম্ভব হয় তার মূল্য অপরিসীম। এরপর বংশগতি রোগ-ব্যাধির বিরুদ্ধে সংগ্রাম পাশাপাশি চলতে থাকলে সমাজে গুণগত পরিবর্তন স্থায়ী হতে বাধ্য।

কিরিল সিনবার্গ (১৯৭৬) 'বংশগত রোগের বিরুদ্ধে লড়াই' শীর্ষক এক প্রবন্ধে বংশগতিগত বিন্যাস, ভবিষ্যৎ বংশধরদের স্বাস্থ্য সম্পর্কে ভবিষ্যদ্বাণী ও জীন সংস্থাপন সম্পর্কে যে বক্তব্য রাখেন তা এখানে উপস্থাপিত হল।

বংশগতিগত বিন্যাস

মানুষের বংশগতিগত বিন্যাসকে তুলনা করা চলে চৌম্বক ফিতের সঙ্গে, যার উপরে লিপিবদ্ধ থাকে সকল কোষের প্রতি নির্দেশ। এই নির্দেশ অনুযায়ী নিজের অপরিহার্য ক্রিয়াকাণ্ডের পক্ষে কোষ উৎপন্ন করে ও অন্যান্য কোষের পক্ষে প্রয়োজনীয় অ্যালবুমেনরাশি। একই নির্দেশে চালিত কোষগুলো কোনো এক সময়ে সংখ্যা বৃদ্ধি করে, সুসমন্বিতভাবে পরিবর্তিত হয় ও জৈবিক দিক থেকে অসাধারণ একটি জীবদেহ গড়ে তোলে। অবশ্য কখনো কখনো আপাতদৃষ্টিতে কোন কারণে তুচ্ছ প্রতীয়মান এই সুসমন্বিত কর্মসূচীতে ওলোট-পালোট ঘটে যেতে পারে। যথা, যে সব ক্ষুদ্রতর অণু নিয়ে জীন-এর ডি.এন.এ. গঠিত তাদের স্থান পরিবর্তন।

এমনি পরিবর্তনের ফলে যা ঘটে বিজ্ঞানীরা তার নাম দিয়েছেন মিউটেশন বা পরিব্যক্তি। তা বিভিন্ন রকমের হতে পারে। কখনো কখনো পরিবর্তন ঘটে যেতে পারে অপরিহার্য এনজাইম অ্যালবুমেনের অ্যামিনো অ্যাসিড-এর গঠনেই। তার ফলে সেটি আর তার কর্ম সম্পাদন করতে পারে না। তখন এই নিপুণ কর্মক্ষম মানবিক ব্যবস্থাটি ভারসাম্য হারিয়ে ফেলে অর্থাৎ জীন-এর আণবিক পরিব্যক্তির ফলে পীড়া দেখা দেয়। এই পরিব্যক্তি ভবিষ্যৎ প্রজন্মেও সঞ্চারিত হয়ে যেতে পারে।

পরিব্যক্তি একটি মাত্র জীনে ঘটলে তা পীড়ার কারণ নাও হতে পারে। কিন্তু জীবদেহের উদ্ভব দুই যৌনকোষের মিলনের ফলে এবং নতুন জীবদেহের জীন সংযুক্তির অর্ধাংশ এই দুই যৌনকোষের একটি থেকে প্রাপ্ত। ভ্রূণের দেহে একটি পরিব্যক্তি প্রাপ্ত জীন আসতে পারে তার মাতার কাছ থেকে, আরো একটি তার পিতার কাছ থেকে। এ অবস্থায় পীড়ার সম্ভাবনা থাকে। পিতা-মাতা যদি রক্তের সম্পর্কে সম্পর্কিত হয় অর্থাৎ তাদের পূর্বপুরুষ যদি অভিন্ন হয়, তাহলে দুই পরিব্যক্তি প্রাপ্ত জীন একত্রিত হওয়ার সম্ভাবনা আরো বেশী। কোনো কোনো পীড়ার প্রকাশ তখনই ঘটে যখন পরিব্যক্তি প্রাপ্ত জীন সমন্বিত জীবদেহ পরিবেশের কোনো কারণের প্রভাবে পড়ে। বংশগত পীড়ায় আক্রান্ত একটি শিশুর জন্মের সঙ্গে কার্যকারণ সহিত কি কি ঘটনা জড়িত হয়ে আছে তার বিশ্লেষণ

করতে গিয়ে একজন প্রজনন বিজ্ঞানী দেখেছেন, পীড়ার মূলে রয়েছে আণবিক পরিব্যাপ্তি।

ভবিষ্যৎ বংশধরদের স্বাস্থ্য সম্পর্কে ভবিষ্যদ্বাণী

গত বিশ-তিরিশ বছরের মধ্যে মানুষ দেখতে পেয়েছে যে, তার অবস্থান বিভিন্ন রাসায়নিকের এক মহাসমুদ্রের মধ্যে, এমন সব রাসায়নিক যার কতকগুলো প্রাকৃতিক অবস্থায় সহজলভ্য নয়। যথা, তেজস্ক্রিয়তা, উচ্চ কম্পনের বিদ্যুৎ প্রবাহ, দোলন, তরঙ্গায়িতা, ইত্যাদি। জীবজগতের বিবর্তনে এ সমস্ত কারণের কোন ভূমিকা ছিলনা। ঘটনাক্রমে দেখা গেল বহু রাসায়নিক ও ভৌতিক কারণের ফলে জীন ও ক্রোমোজোমের পরিব্যাপ্তি ঘটতে পারে।

অন্যদিকে, প্রজনন বিজ্ঞানীরা প্রমাণ করতে পেরেছেন যে, মনুষ্য জাতি ক্ষতিকর পরিব্যাপ্তির কিছু কিছু 'প্রজননগত বোঝা' বহন করে চলে। এসব ক্ষতিকর পরিব্যাপ্তির কিছু কিছু আবার প্রত্যেক নতুন প্রজন্মে উদ্ভূত হয়ে থাকে। জীনগুলোর প্রতি প্রজন্ম থেকে প্রজন্মে এবং তারই মধ্যে প্রজনন বিজ্ঞানের সূত্র অনুযায়ী কতকগুলো সমাহার গড়ে তোলে। এই বোঝা বেশ কিছু সংখ্যক বংশগত পীড়া ও ত্রুটির কারণ।

পরিবেশের পরিব্যাপ্ত--প্রজননগত কারণগুলোকে নিয়ন্ত্রণ করে পরিব্যাপ্তিগত বোঝাকে আমরা হালকা করতে পারি। তাছাড়া বিজ্ঞানীরা আবিষ্কার করেছেন পরিব্যাপ্তি—প্রজননবিরোধী পদার্থ, যা অন্য পদার্থের বা ভৌতিক হেতুর পরিব্যাপ্তি—প্রজননগত ক্রিয়াকে হ্রাস করে বা দূর করে! কিন্তু 'বংশগত বোঝা' সম্পর্কে কী করা যায়? কিভাবে আমরা জীন-এর অনিষ্টকর সমন্বয় রোধ করতে পারি? মেডিক্যাল প্রজনন-বিজ্ঞানীর পরামর্শ নিয়ে এ কাজটি করা যেতে পারে। মেডিক্যাল প্রজনন-বিজ্ঞানীর পরামর্শ যাঁরা নিতে আসেন তাঁরা অধিকাংশই হচ্ছে বংশগত পীড়ায় আক্রান্ত শিশুর বাপ-মা। তাঁদের ভয়, পরের সন্তানটিও হয়তো একই রকমের পীড়ায় আক্রান্ত হতে পারে। প্রকৃতই পীড়াগ্রস্ত সন্তানের জন্ম হচ্ছে কিনা তা কি আগে থেকে জানা সম্ভব? বংশগত পীড়া কি রোধ করা যায়?

জীন সংস্থাপন (Gene Grafting)

শতাব্দীকাল আগেও অস্ট্রিয় বিজ্ঞানী মেণ্ডেল সেই মৌলিক সূত্রগুলো আবিষ্কার করেছিলেন যার দ্বারা জীন-এর মাধ্যমে বংশগত লক্ষণগুলো পূর্বপুরুষ থেকে ভবিষ্যৎ পুরুষে সঞ্চারিত হয়ে থাকে। ভবিষ্যৎ পুরুষে এই সূত্রগুলো প্রকাশ পায় কতকগুলো সংখ্যাগত অনুপাতে। ডাক্তাররা "ভবিষ্যৎ পুরুষের বংশপরিচয়" তৈরী করেন এবং তাঁর মধ্যে বংশগত লক্ষণের পরিক্রমা চিহ্নিত করেন। বংশ পরিচয় থেকে জানা যায় বংশগত লক্ষণ নির্ধারণ করেছে একটি জীন বা স্ত্রী ও পুরুষের পূর্বপুরুষের দুটি অনুরূপ জীন। প্রায়ই, সঠিক বিশ্লেষণমূলক পদ্ধতি ব্যবহার করার ফলে বিপুল ও ব্যাপক বিশ্লেষণের মাধ্যমে সুপ্ত লক্ষণগুলোর প্রকাশ ঘটে যায়।

অতি সাম্প্রতিককালে প্রজনন-বিজ্ঞানীরা ভ্রূণের লিঙ্গ নির্ণয় করতে এবং ভবিষ্যৎ সন্তানের স্বাস্থ্যের অবস্থা সম্পর্কে ভবিষ্যদ্বাণী করতে শিখেছেন। তার জন্য দরকার জরায়ুতে অতি সূক্ষ্ম একটি সূঁচ বিদ্ধ করা এবং জরায়ুর ঝিল্লির অভ্যন্তর থেকে সামান্য পরিমাণ তরল পদার্থ নিষ্কাশন করে আনা। এব্যাপারটি প্রসূতি ও শিশুর পক্ষে সম্পূর্ণ নিরাপদ। ঝিল্লির অভ্যন্তরস্থ তরল পদার্থের মধ্যে থাকে ভ্রূণের কোষ। সেই কোষগুলোকে স্থাপন করা হয় কৃত্রিম পুষ্টিবর্ধক মাধ্যমে এবং এদের সংখ্যাবৃদ্ধি করতে দেওয়া হয়। তখন এই সমস্ত কোষ থেকে সঠিকভাবে নির্ধারিত হতে পারে ক্রোমোজোমের বিন্যাস ও ভ্রূণের লিঙ্গ। এ সমস্ত কোষ নিয়ে জৈব রাসায়নিক-বিশ্লেষণ করা যেতে পারে। যদি তাতে কিছু থেকে থাকে যেমন, বংশগত বিপাকীয় ত্রুটি তখন তা প্রকাশ পায়। প্রজননগত বৈসাদৃশ্য প্রকাশ পেলে গর্ভাবস্থার অবসান ঘটানো যেতে পারে।

আণবিক প্রজননবিদ্যা উল্লেখযোগ্য সাফল্য অর্জন করেছে। এখন সরল কৃৎকৌশলের সাহায্যেই এক প্রজাতি থেকে অপর প্রজাতিতে জীন সংস্থাপন করা সম্ভব। যেমন, এক জীবাণু থেকে অপর জীবাণুতে জীন সংস্থাপিত হতে পারে। এমনকি ব্যাঙ থেকে জীবাণুতেও। চেষ্টা করা হয়েছে মানুষের ত্রুটিপূর্ণ জীনকে স্বাভাবিক জীবাণুগত জীন দিয়ে বদল করার। তার অর্থ পরিব্যক্তিপ্রাপ্ত জীন-এর বদল সংশোধন করা শুধু নয়, জীনগুলোকে বদল করাও, জীবদেহের জীন কাঠামোর 'ডিজাইন' করাও।

একে বলা হয় 'জীন ইঞ্জিনিয়ারিং'। এ থেকে বিপুল সুফল পাওয়া যেতে পারে, একই সঙ্গে অকল্পিত দুর্ভাগ্যও পাওয়া সম্ভব।

জীনতত্ত্ববিদ ইতিমধ্যেই জীন ও ক্রোমোজোম, তাদের রাসায়নিক গড়ন, ও পরিব্যক্তির নির্ধারক সম্পর্কে অনেক কিছু জানতে পেরেছেন। পীড়িত শিশুর জন্ম সম্পর্কে আমরা ভবিষ্যদ্বাণী করতে এবং বহু ক্ষেত্রেই বংশগত রোগ নিরাময় করতে পারি। খোদ জীনকে সংশোধন করাটাই এখন প্রজননবিদ্যার করণীয় বিষয় হয়ে উঠেছে। কিন্তু এখন পর্যন্ত আমাদের তৎপরতার ক্ষেত্র হচ্ছে জৈব অণু, কোষ, ব্যক্তি ও পৃথক পৃথক পরিবার। কিন্তু সমগ্র মানবজাতির কথা যদি ধরা যায় তাহলে সেখানে ঘটে থাকে অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ সব প্রক্রিয়া, যার উপরে নির্ভর করে পরিব্যক্তিপ্রাপ্ত জীন-এর প্রসার, কোন কোন জীন সমাবেশের উদ্ভব এবং কোন কোন বংশগত রোগের বিস্তার। এ সব সমস্যা লোক প্রজনন-বিদ্যার করণীয় বিষয়। বিজ্ঞানের একটি সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ কৃতিত্ব হচ্ছে এই প্রমাণ যে সকল মনুষ্যগোষ্ঠী প্রজননগত দিক থেকে সমভাবাপন্ন এবং তাদের মধ্যে শুধু জীন-এর তারতম্যের জন্য প্রভেদ ঘটে। এ তারতম্য যে ঘটতে পেরেছে তা ঐতিহাসিক কারণের ফলে—যথা, দেশান্তরী হওয়া, বিচ্ছিন্ন হয়ে পড়া, মিশ্রণ ইত্যাদি। জীন-এর বৈচিত্র্য নিয়েই মানুষ প্রাচীনকালে এই গ্রহের সর্বত্র বসতি স্থাপন করতে এবং সকল মহাদেশে ও দ্বীপে সভ্যতা গড়ে তোলার অবস্থা সৃষ্টি করতে পেরেছিল। মানবজাতির জীন-এর বৈচিত্র্য বজায় রাখা এবং বংশগত রোগের ভারী বোঝা থেকে তাকে মুক্তি দেওয়াই হচ্ছে মেডিক্যাল প্রজননবিদ্যার মহান লক্ষ্য।

অনুশীলনী

১। মানুষের গুণগত মান কি করে উন্নত করা যায়?

২। মানবকুলের সার্বিক উন্নয়নে সু-জন্ম-বিদ্যাগত কি কি পদ্ধতি গ্রহণ করা যেতে পারে?

৩। বংশগতিগত রোগের বিরুদ্ধে কিভাবে লড়াই পরিচালনা করা সম্ভব?

গ্রন্থপঞ্জী

১. Snyder, L.H. and P.R. David (1957), *The Principles of Heredity*, D.C. Heath and Company, Boston, U.S.A.

২. Sinnott, E. W., Dunn and T. Dobzhansky (1959), *The Principles of Genetics* (5th Edition), Tata McGraw Hill Publishing Company Ltd., Bombay, New Delhi, India.

৩. Lasley, J.F. (1963), *Genetics of Livestock Improvement*, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, U.S.A.

৪. Maurice Whitting hill (1965), *Human Genetics and its foundation*, Reinhold Publishing Corporation, Chapman and Hall Ltd., London.

৫. Villee, C A., W.F. Walker Jr. and F.E. Smith (1968), *General Zoology*, W.B. Saunders Company, Philadelphia, London, Toronto.

৬. Verma, P. S. (1974), *Cell Biology, Genetics, Evolution and Ecology*, S. Chand and Co. (Pvt) Ltd., New Delhi, India.

৭. ক্রিস গিলবার্ট (১৯৯৬), 'বংশগতি রোগের বিরুদ্ধে লড়াই' দৈনিক সংবাদ, ১লা জানুয়ারী, ১৯৯৬, ঢাকা।

পরিভাষা

Aberration	বিপথগমন, অপেরণ
acquired character	অর্জিত বৈশিষ্ট্য
adaptation	অভিযোজন
absorption	শোষণ ক্রিয়া
afferent	অন্তর্বাহী
agouti pattern	বন্য-প্রকার
albinism	অতি শ্বেতকায়
allelo morph	অন্যোন্য আকৃতি
allele	প্রতিপক্ষ, এলিল
allopolyploidy	বি-বহুভাজী
analogy	বিসমসংস্থানের কার্যকারিতার সাদৃশ্য
anaphase	পুর্নাবির্ভাব
aneuploidy	বহুভাজী
antenna	শুঁড়
antibody	প্রতিষেধক
antigen	টিকা
apical	প্রান্তদেশীয়, অগ্রভাগ
asexual	অযৌন
assortment	বিন্যাস
assimilation	আত্তীকরণ
asymmetry	অসম
atavism	পুরাতন বৈশিষ্ট্যের আবির্ভাব
autonomic	স্বয়ংক্রিয়
autoploidy	স্ব-ভাজী
autosoma	অযৌন ক্রোমোজোম
axial skeleton	অক্ষীয় কঙ্কাল
axillary	কক্ষদেশীয়
Back-cross	পশ্চাৎ-সংকরণ
balance theory	ভারসাম্য তত্ত্ব
binary fission	দ্বি-ভাজন
binomial	দ্বিপদ
blaining	বিরাগ
Carpel	গর্ভপত্র
catabolism	অপচিতি
caudal	লেজ সম্পর্কীয়
coefficient	সহগ
centrosome	কেন্দ্র-দেহ, সেন্ট্রোজোম
centromere	কেন্দ্র-অংশ, সেন্ট্রোমিয়ার
cephalic	মস্তক সম্পর্কীয়
chi-square	কাই-বর্গ
chiasma	বহু-সেতুবন্ধ, আড়াআড়ি সেতুবন্ধ
chromosome	ক্রোমোজোম, রঙ্গীন দেহ
chromatid	রঙ্গীন বস্তু, ক্রমাটিড
colour blindness	বর্ণান্ধতা
complementay gene	সম্পূরক জিন
conjugation	দাম্পত্য-বিনিময়
cotyledon	শস্যদল
creeper	হামাগুড়ে, লতা
crossing-over	আড়াআড়ি উত্তরণ, পুনরাবর্তন
coupling phase	আকর্ষণ-ধাপ
cytology	কোষবিদ্যা
cytoplasm	কোষ-তরল
Desoxy ribonucleic acid (DNA)	অম্লজানহীন-পঞ্চ-অঙ্গার-চিনি অম্ল
diabetes	বহুমূত্র
diakinesis	ডায়াকাইনেসিস-ধাপ
dihybrid	দ্বি-গুণক সঙ্কর
diploid	দ্বি-প্রকৃতি
diplotene	ডিপ্লোটিন-ধাপ
discordance	গরমিল
dominance	প্রকটতা
dwarf	বেঁটে, বামন

BANSDOC Library
Accession No....18757-

Ecology বাস্তু-সংস্থান বিদ্যা
embryology ভ্রূণ-বিদ্যা
enzyme অনুঘটক, উৎসেচক
epigenesis পূর্ব-উৎপত্তিবাদ
epistasis যুগল প্রকটতা
equator মধ্য-আনক্ষ
equilibrium সাম্যাবস্থা, সমতা
erythroblastosis রক্তজনাতি ব্যাধি
eugenics সুজন্ম-বিদ্যা
evolution অভিব্যক্তি, বিবর্তন

Fertilization নিষেক
filial (F_1) প্রথম পুরুষ, প্রথম সঙ্কর
frequency মাত্রাসংখ্যা, পৌনঃপুন্য

Gamete জনন-কোষ
gene কুল, জিন/উপাদান
genetic drift জৈনিক বিচ্যুতি
genic balance কৌলিক / জৈনিক ভারসাম্য
genotype জাতি-নমুনা
gonad যৌন-যন্ত্র/যৌন-কোষাধার

Haploid একাকৃতি
heliotropism সূর্যমুখিতা
hemophilia রক্তক্ষরা ব্যাধি
hermaphrodite উভলিঙ্গ
heredity বংশগতি
heterozygous বিষম-সংস্থ
homologous একই রকম
hormone উত্তেজক
homozygous সমসংস্থ
huntington's chorea হান্টিংটনের ব্যাধি
hybrid সঙ্কর
hybridization সঙ্করায়ন

Independent assortment স্বাধীন বিন্যাস, বিকিরণ
intersex মধ্য-লিঙ্গ
isolate বিচ্ছিন্নাবস্থা
inversion বিপরীতত্ব

Kappa-particles ক্যাপা-কণা

Leptotene লেপ্টোটিন-দশা
linkage সংযোজন, শিকলতা
locus বিন্দাবস্থা, অবস্থান

Meiosis নিয়োজন-বিভাজন, কমতি-বিভাজন
mitosis রজ্জুবিভাজন, সমবিভাজন
metabolism অধিচিতি
metaphase পরবর্তী দশা, মেটাফেজ
monohybrid একযুগ্মক জিন সংক্রান্ত সঙ্কর
monosomics একাদেহী
mosaic কারুকার্য
multiple allele মিশ্র-বিকল্প
mutagens পরিব্যক্তিকারক/রাসায়নিক পরিবর্তক
mutation পরিব্যক্তি

Nature-nurture প্রাকৃতিক প্রতিপালন
non-disjunction অবিচ্ছিন্নকরণ
nucleic acid কোষ-কেন্দ্রিক অম্ল
nucleotide অনাম্লজান শর্করা-চিনি-অম্ল-ফসফেট সংযোজন
nullisomics শূন্যদেহী

Oogenesis ডিম্ব-উৎপত্তি
oogonia বিভাজনপূর্ব ডিম্বকোষ
osmosis অভিস্রবণ, আস্রাবণ

ootid অপরিপক্ক ডিম্বাণু
ovum ডিম্বাণু

Pachytene প্যাকাইটিন দশা
pangenesis একই উৎপত্তি
parthenogenesis কুমারী উৎপত্তি
pedigree বংশ-পরিচিতি
pentaploidy পঞ্চভাজী
phenotype বাহ্যিক নমুনা
phototropism আলোক-উদ্দীপনাবাদ
physiological genetics শরীরতাত্ত্বিক কৌলিতত্ত্ব
plastids উদ্ভিদের কোষতারলিক প্রবাহ
pliotropism মিশ্র-বিগমবাদ, বহুগুণিক
plumage pattern পালক প্রতীক
polar body প্রান্ত-বস্তু (অবক্ষয়ী)
polyploidy বহুভাজী
polysomics বহুদেহী
position effect অবস্থান প্রভাব
prophase পূর্ব-দশা, প্রফেজ
pseudodominance ভণ্ড-প্রকটতা

Quantitative variation পরিমাণগত বিভিন্নতা

Radiation বিকিরণ
random drift অবাধ/হঠাৎ বিচ্যুতি
random mating অবাধ-সমাগম
recessive trait প্রচ্ছন্ন বৈশিষ্ট্য
regression পশ্চাৎগমন প্রক্রিয়া
repulsion phase প্রত্যাকর্ষণ-দশা
reversion পূর্বতনের আবর্তন
rhesus allele রেসাস বানরবৎ প্রতিপক্ষ

Secretion নিঃসরণ
segregation বিচ্ছিন্নকরণ, বিকিরণ
sex-chromosome যৌন-ক্রোমোজোম
sex-determination লিঙ্গ-নিরূপণ
sickle cell anaemia কাস্তে-কোষ রক্তশূন্যতা
specific modifiers বিশেষ পরিবর্ধক-সমূহ
spermatogenesis শুক্র-উৎপত্তি পর্ব
spermatogonia বিভাজন-পূর্ব-শুক্রকোষ
spermatid অপরিপক্ক শুক্রকীট
spontaneous generation স্বতঃস্ফূর্ত উৎপত্তি
standard deviation পরিমিত মান-বিচ্যুতি
syngamy ডিম্ব-মিশ্রিকতা

Taste blindness স্বাদ-অন্ধতা
telophase চূড়ান্ত দশা, টেলো-দশা
test cross পরীক্ষা সমাগম
tetrad চতুষ্টয়
tetraploidy চতুর্ভাজী
tetrasomics চতুর্দেহী
thalassemia শৈশব রক্তশূন্য
triploidy ত্রি-ভাজী
trisomics ত্রি-দেহী

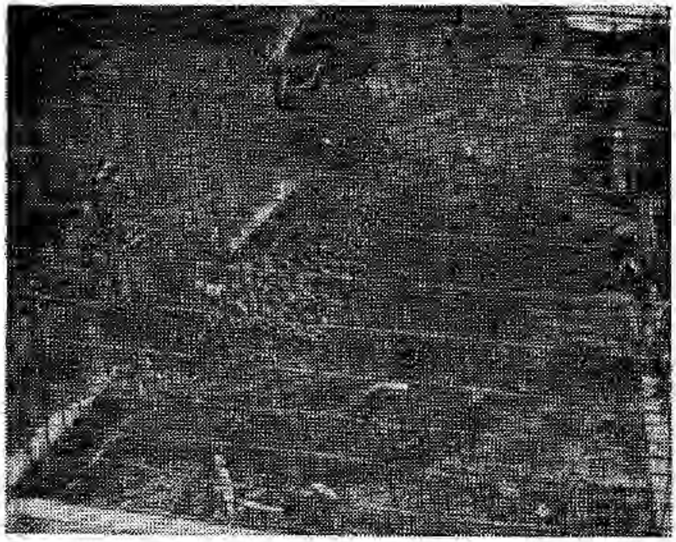
Variance প্রভেদ, বিস্তার
variation পরিবৃত্তি, ভেদ, প্রকারণ, বিভিন্নতা
variegated চিত্র-বিচিত্র
vestigial organ নামে মাত্র অঙ্গ-প্রত্যঙ্গ

Waltzing [illegible] [illegible]

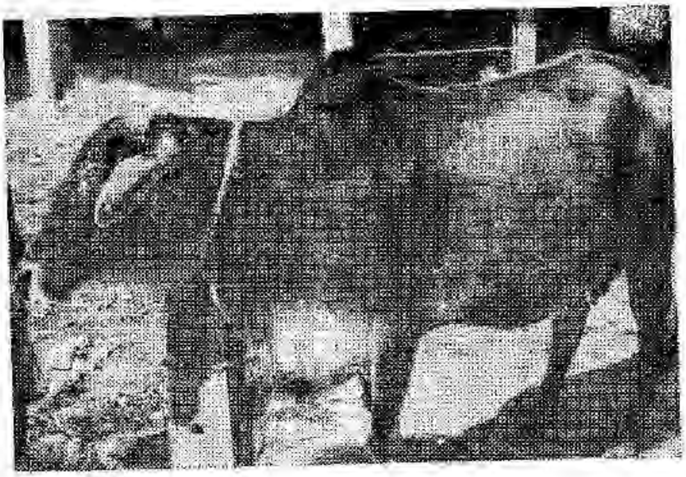
X-chromosome লিঙ্গ-ক্রোমোজোম

Y-chromosome লিঙ্গ-ক্রোমোজোম

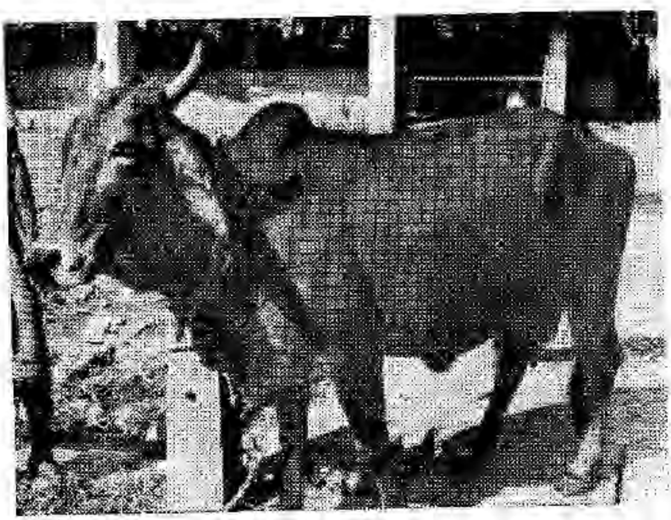
Zygote নিষিক্ত ডিম্বাণু
zygotene জাইগোটিন-দশা



চিত্র-১
কৃষি বিশ্ববিদ্যালয়ের মোরগ-মুরগী খামারে ভোরা মোরগ-মুরগী
(পৃঃ ১০১)



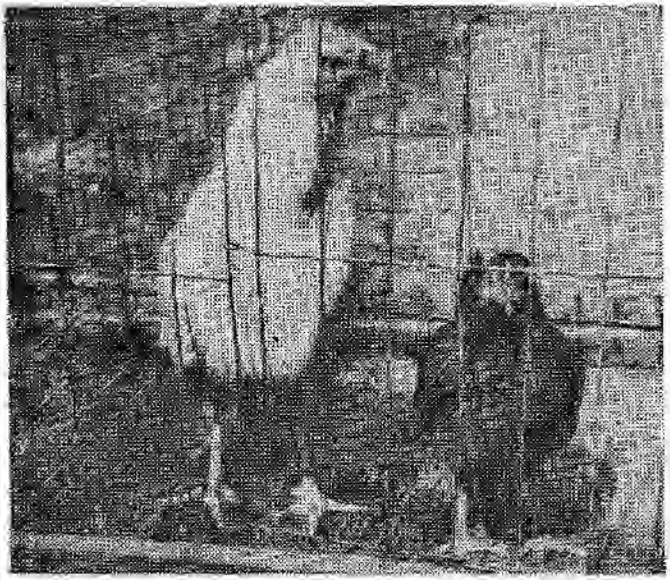
চিত্র-২ক



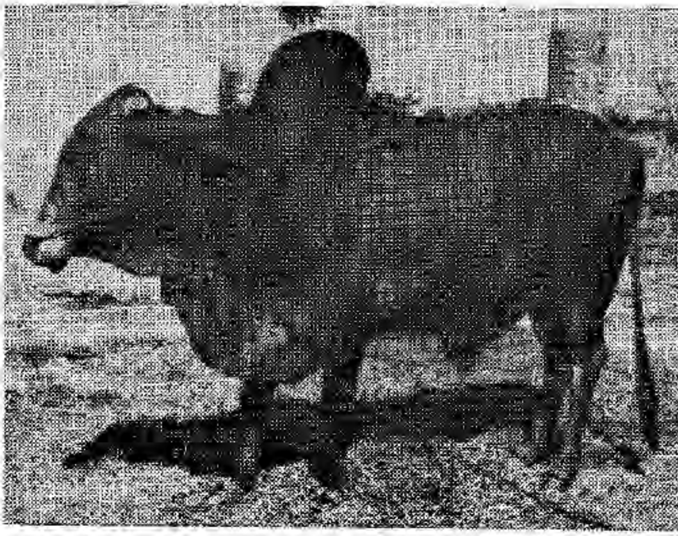
চিত্র-২খ

কৃষি বিশ্ববিদ্যালয়ের ডেইরী ফার্মে দেশী ও উন্নতমানের পশুর সংকর

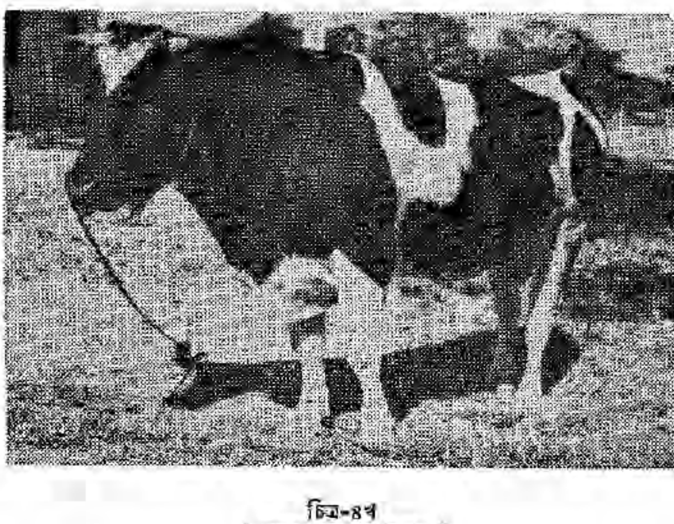
(পৃঃ ১৬৮)



চিত্র-৩
কৃষি বিশ্ববিদ্যালয়ের দেশী মুরগী ও উন্নতমান মোরগের সংকর
(পৃঃ ১৭৮)



চিত্র-৪ক



চিত্র-৪খ
(হোলস্টেন ফ্রিসিয়ান)

কৃষি বিশ্ববিদ্যালয় কৃত্রিম প্রজনন গবেষণাগারে পর্যায়ক্রমে দেশী গরুর মান উন্নয়নের জন্য ব্যবহৃত উন্নতমানের ষাঁড় (শাহী)
(পৃঃ ১৭৩)

চিত্র-৫

কৃষি বিশ্ববিদ্যালয়ের কৃত্রিম প্রজনন গবেষণাগারে পর্যায়ক্রমে দেশী ভেড়ার মান উন্নয়নের জন্য ব্যবহৃত উন্নতমানের বিদেশী ভেড়া

(পৃঃ ১৭৬)