প্রাক্‌কথন

নেতাজি সুভাষ মুক্ত বিশ্ববিদ্যালয়ের স্নাতক শ্রেণির জন্য যে পাঠক্রম প্রবর্তিত হয়েছে, তার লক্ষণীয় বৈশিষ্ট্য হ'ল প্রতিটি শিক্ষার্থীকে তাঁর পছন্দমতো কোন বিষয়ে সাম্মানিক (honours) স্তরে শিক্ষাগ্রহণের সুযোগ করে দেওয়া। এক্ষেত্রে ব্যক্তিগতভাবে তাঁদের গ্রহণক্ষমতা আগে থেকেই অনুমান করে না নিয়ে নিয়ত মূল্যায়নের মধ্য দিয়ে সেটা স্থির করাই যুক্তিযুক্ত। সেই অনুযায়ী একাধিক বিষয়ে সাম্মানিক মানের পাঠউপকরণ রচিত হয়েছে ও হচ্ছে—যার মূল কাঠামো স্থিরীকৃত হয়েছে একটি সুচিন্তিত পাঠক্রমের ভিত্তিতে। কেন্দ্র ও রাজ্যের অগ্রগণ্য বিশ্ববিদ্যালয় সমূহের পাঠক্রম অনুসরণ করে তার আদর্শ উপকরণগুলির সমন্বয়ে রচিত হয়েছে এই পাঠক্রম। সেইসঙ্গে যুক্ত হয়েছে অধ্যেতব্য বিষয়ে নতুন তথ্য, মনন ও বিশ্লেষণের সমাবেশ।

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

এইসব পাঠউপকরণের চর্চা ও অনুশীলনে যতটা মনোনিবেশ করবেন কোনও শিক্ষার্থী, বিষয়ের গভীরে যাওয়া তাঁর পক্ষে ততই সহজ হবে। বিষয়বস্তু যাতে নিজের চেষ্টায় অধিগত হয় পাঠউপকরণের ভাষা ও উপস্থাপনা তার উপযোগী করার দিকে সর্বস্তরে নজর রাখা হয়েছে। এরপর যেখানে যতটুকু অস্পষ্টতা দেখা দেবে, বিশ্ববিদ্যালয়ের বিভিন্ন পাঠকেন্দ্রে নিযুক্ত শিক্ষা-সহায়কগণের পরামর্শে তাঁর নিরসন অবশ্যই হ'তে পারবে। তার ওপর প্রতি পর্যায়ের শেষে প্রদত্ত অনুশীলনী ও অতিরিক্ত জ্ঞান অর্জনের জন্য গ্রন্থ-নির্দেশ শিক্ষার্থীর গ্রহণ ক্ষমতা ও চিন্তাশীলতা বৃদ্ধির সহায়ক হবে।

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

অধ্যাপক (ড.) শুভ শঙ্কর সরকার
উপাচার্য

তৃতীয় পুনর্মুদ্রণ ঃ অক্টোবর, 2013

ভারত সরকারের দূরশিক্ষা পর্ষদের বিধি অনুযায়ী এবং অর্থানুকূল্যে মুদ্রিত।
Printed in accordance with the regulations and financial assistance
of the Distance Education Council, Government of India.

পরিচিতি

বিষয় ঃ উদ্ভিদবিদ্যা **সাম্মানিক স্তর**

পাঠক্রম ঃ পর্যায় ঃ EBT 14 : 01 & 02

EBT 14 : 01

	রচনা	**সম্পাদনা**
একক 1-4	ড. অসিত বরণ আইচ	ড. শ্যামল কুমার চক্রবর্তী
একক 5	ড. রিতা কুণ্ডু	ড. অনাদি কুমার কুণ্ডু
একক 5-9	ড. শিবদাস ঘোষ	ড. অনাদি কুমার কুণ্ডু

EBT 14 : 02

	রচনা	**সম্পাদনা**
একক 10-16	ড. শিবদাস ঘোষ	ড. অনাদি কুমার কুণ্ডু

প্রজ্ঞাপন

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

অধ্যাপক (ড.) দেবেশ রায়
নিবন্ধক

নেতাজি সুভাষ মুক্ত বিশ্ববিদ্যালয়

EBT 14

(স্নাতক পাঠক্রম)

পর্যায়

1

জীব পরিসংখ্যানবিদ্যা ও উদ্ভিদ প্রজননবিদ্যা

একক	**1**	❑ জীব পরিসংখ্যানবিদ্যা	**7–18**
একক	**2**	❑ বর্ণাত্মক রাশিবিজ্ঞান – **I**	**19–24**
একক	**3**	❑ বর্ণাত্মক রাশিবিজ্ঞান – **II**	**25–33**
একক	**4**	❑ সম্ভাবনা, সমসম্ভব নমুনাসংগ্রহ, প্রকল্প বিচার, সংশয় বিচার, বিচার নমুনাঙ্ক, কাই বর্গ পরীক্ষা	**34–69**
একক	**5**	❑ উদ্ভিদ প্রজননবিদ্যা—ভূমিকা	**70–75**
একক	**6**	❑ উদ্ভিদ প্রজননে সংকরায়ণ	**76–84**
একক	**7**	❑ উদ্ভিদ প্রজননে নির্বাচন	**85–93**
একক	**8**	❑ হেটেরোসিস বা সংকর বল	**94–104**
একক	**9**	❑ পরিব্যক্তি ও পলিপ্লয়েডী প্রজনন	**105–116**

পর্যায়
2
উদ্ভিদবিদ্যা

একক 10 ❑ কোষীয় পূর্ণজননক্ষমতা, উদ্ভিদ কলাপোষণের বিকাশ ও উদ্ভিদ কলাপোষণ পদ্ধতি **119–128**

একক 11 ❑ অঙ্গোৎপাদন, ভ্রূণায়ণ ও অনুবিস্তার **129–137**

একক 12 ❑ ভ্রূণপোষণ, পরাগধনী ও পরাগপোষণ ও সস্যপোষণ **138–145**

একক 13 ❑ প্রোটোপ্লাস্ট পোষণ ও তার প্রয়োগ **146–154**

একক 14 ❑ জার্মপ্লাজম্ সংরক্ষণ ও তীব্র-হিম সংরক্ষণ **155–162**

একক 15 ❑ জিন প্রযুক্তি ও জিন প্রতিস্থাপনজাত উদ্ভিদ **163–182**

একক 16 ❑ মানব কল্যাণে উদ্ভিদ কলাপোষণের ভূমিকা **183–191**

একক 1 ❐ জীব পরিসংখ্যানবিদ্যা (Biometry)

গঠন

1.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

1.2 বিষয়ের পরিধি ও গুরুত্ব

1.3 জীববিজ্ঞানের তথ্যরাশি ও সমস্যা

1.4 নমুনা (sample) ও সমগ্রক বা পূর্ণক (population)

1.5 চলক (variable)

1.6 রাশিতথ্যের যথার্থতা (accuracy) ও সূক্ষ্মতা (precision)

1.7 চিত্রে রাশিতথ্যের প্রদর্শন

1.8 পরিসংখ্যা বিভাজন (Frequency distribution) এবং ছবিতে তার প্রদর্শন

1.9 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

1.10 উত্তরমালা

1.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

প্রস্তাবনা ঃ মানুষের প্রাত্যহিক জীবনে সংখ্যার ভুমিকা অস্বীকার করা যায় না। প্রতিদিনের কেনাকাটা, ব্যাংকে লেনদেন, সরকারি অথবা বেসরকারি সবরকম অফিসের কাজেই সংখ্যার একটি প্রয়োজনীয় ও গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রয়েছে। রাষ্ট্র পরিচালনা থেকে গবেষণা—কোনো কাজই সংখ্যাকে বাদ দিয়ে হয় না। এইসব কাজকর্মের ফলে যে রাশি তথ্যের জন্ম হয়, তার পরিমাণ বিশাল। এই পাহাড় প্রমাণ তথ্য থেকে কোনও অর্থ বা বিশেষ দিক খুঁজে বের করতে হলে বিজ্ঞানের যে শাখানে কাজে লাগাতে হবে, তার নাম **রাশিবিজ্ঞান**।

উদ্দেশ্য ঃ জ্ঞান বিজ্ঞানের সব শাখাতেই রাশিবিজ্ঞানের ব্যবহার অপরিসীম। যথা, পদার্থবিজ্ঞান, অর্থনীতি, সমাজবিদ্যা, রাষ্ট্রবিজ্ঞান ইত্যাদি। এছাড়া জীব ও উদ্ভিদবিদ্যার বিভিন্ন ক্ষেত্রে রাশিবিজ্ঞানের ব্যবহার লক্ষ করা যায়। জীব ও উদ্ভিদবিদ্যার যে অংশে রাশিবিজ্ঞান ব্যবহৃত হয়, তার নাম **জীব-পরিসংখ্যানবিদ্যা** (biometry or biostatistics)[1]।

1. Biometry শব্দটি প্রথম ব্যবহার করেন Karl Pearson (1901) রাশিবিজ্ঞানের বিখ্যাত পত্রিকা *Biometrika*'র প্রথম সংখ্যায়।

ধরা যাক, একজন বিজ্ঞানী দু-ধরনের গমের ফলনের তুলনা করতে চাইছেন, বা কোন এক প্রজাতির কীটপতঙ্গের বৃদ্ধির উপর তাপমানের প্রভাব বুঝতে চাইছেন। এক্ষেত্রে সেই বিজ্ঞানীকে পরীক্ষাগারে কিছু তথ্য সংগ্রহ করতে হবে। সেই তথ্যের বিশ্লেষণ ও সিদ্ধান্ত গ্রহণে তাঁকে রাশিবিজ্ঞানের সাহায্য দিতে হবে।

1.2 বিষয়ের পরিধি ও গুরুত্ব

উদ্ভিদবিদ্যায় জীব পরিসংখ্যান বিদ্যার ব্যবহার ও তার ফলাফল সুদূরপ্রসারী। আধুনিককালের উন্নতমানের প্রযুক্তি ও তার বহুমুখী ব্যবহার নতুন নতুন দিগন্তের উন্মোচন করেছে। উদাহরণস্বরূপ DNA ও Genetic code (জন্মসম্বন্ধীয় সংকেতলিপি) সংক্রান্ত সাম্প্রতিক গবেষণা। বিজ্ঞানের যে কোনও গবেষণাই শেষপর্যন্ত রাশিবিজ্ঞানের উপর নির্ভরশীল। এর কারণ, যে কোনও গবেষণারই মোটামুটি ধাপগুলি হলো (ক) পরীক্ষাগারে পরীক্ষণ সংগঠন, (খ) তার থেকে রাশিতথ্য সংগ্রহণ (গ) প্রাপ্ত তথ্যের বৈজ্ঞানিক বিশ্লেষণ ও (ঘ) সিদ্ধান্ত গ্রহণ। এর প্রতিটি পর্যায়েই রাশিবিজ্ঞানের গুরত্বপূর্ণ ভূমিকা রয়েছে। যেমন পরীক্ষাগারে একটি পরীক্ষণ কীভাবে সংগঠিত করা উচিত ও তার থেকে কী ধরনের তথ্য নিতে হবে—রাশি বিজ্ঞানের এর বিস্তৃত আলোচনা আছে। এছাড়া, একটি নির্ভুল ও বৈজ্ঞানিক সিদ্ধান্তে পৌঁছানোর জন্য ও রাশিবিজ্ঞানের ব্যবহার প্রয়োজন। কাজেই দেখা যাচ্ছে যে, অন্যান্য শাখার ন্যায় উদ্ভিদবিদ্যায় জীব-পরিসংখ্যান বিদ্যার ব্যবহার গুরুত্বপূর্ণ ও অপরিহার্য। এর অভাবে উদ্ভিদবিদ্যার আলোচনা ও গবেষণা দুটোই অসম্পূর্ণ থেকে যায়।

1.3 জীব বিজ্ঞানের তথ্যরাশি ও সমস্যা

বিজ্ঞানের বিভিন্ন ক্ষেত্রে প্রাপ্ত তথ্যরাশির উৎস যদিও আলাদা, তাদের বিশ্লেষণের কিছু সাধারণ পদ্ধতি আছে। এই সব তথ্যরাশির চরিত্রগত কিছু মিল আছে। যেমন, কিছু তথ্য পূর্ণসংখ্যা আবার কিছু তথ্য ভগ্নাংশে পাওয়া যায়। আবার কিছু তথ্য সংখ্যায় প্রকাশ করা যায় না। তাদের শুধু কিছু গুণ লক্ষণ (attribute) থাকে। উদাহরণস্বরূপ, 'স্বাভাবিক' গম ও 'বর্ণসঙ্কর' গম। পূর্ণসংখ্যার উদাহরণস্বরূপ বলা যায়, মটরশুঁটির খোসায় মটরের সংখ্যা। এই তথ্য 0, 1, 2, 3,... ইত্যাতি হতে পারে। আবার কোনও কোনও ক্ষেত্রে তথ্যরাশি শতকরা হিসেবেও পাওয়া যায়।

শ্রেণিবিভাজন (classification) যে-কোনো বিষয়েরই একটি গুরত্বপূর্ণ অধ্যায়। একজাতীয় বিষয় বা উদ্ভিদকে শ্রেণিতে অন্তর্ভুক্ত করা গবেষণা ও জ্ঞানলাভের অন্যতম প্রথম পদক্ষেপ। ধরা যাক, একজন উদ্ভিদ বিজ্ঞানী নতুন এক উদ্ভিদ আবিষ্কার করেছেন। সেক্ষেত্রে তাঁর কাজ হবে সেটিকে সঠিক শ্রেণিতে অন্তর্ভুক্ত করা। যদি সেটি না করা যায় তবে নতুন কোনও উদ্ভিদ পর্ব, শ্রেণি, গোত্র প্রভৃতি সৃষ্টির প্রয়োজন হতে পারে। শ্রেণিবিভাজনের মতো এই গুরুত্বপূর্ণ ও জটিল সমস্যাতেও রাশিবিজ্ঞান তথা জীব পরিসংখ্যানবিদ্যার ভূমিকা আছে। এছাড়া, কম্পিউটারের ব্যবহার এই ভূমিকাকে আরো ফলপ্রসূ করেছে।

এখানে শুধুমাত্র কয়েকটি সমস্যার কথা বলা হলো। এছাড়া আরো অনেক সমস্যা আছে যেগুলো জীব-পরিসংখ্যান বিদ্যার আওতায় পড়ে।

1.4 নমুনা (sample) ও সংগ্রহক বা পূর্ণক (population)

রাশিবিজ্ঞানের অন্যতম উদ্দেশ্য হলো সমগ্রক থেকে নমুনা সংগ্রহ করে সমগ্রকটির বিভিন্ন দিক নিয়ে সিদ্ধান্ত গ্রহণ। কাজেই প্রথমে সমগ্রক ও নমুনার পার্থক্য বোঝা যাক। জনসমষ্টি বলতে আমরা বুঝি যাদের নিয়ে আলোচনা বা গবেষণা করছি, তাদের মোট সমষ্টি। যদি কোনো বিশেষ উদ্ভিদ আলোচনার বিষয় হয়, তবে সেই উদ্ভিদের মোট সমষ্টিকে সমগ্রক বা পূর্ণক বলা হবে। যদি কোনও একটি উদ্ভিদ গোত্রের সকল প্রজাতির মোট জিনোম পরিমাণ (total genome content) আলোচনার বিষয় হয়, তবে সেই গোত্রের সমস্ত প্রজাতির যে সমষ্টি সেটিই হবে সমগ্রক। অবশ্য সমগ্রক জীবন্ত কিছুর সমষ্টি নাও হতে পারে। যেমন, একটি লাইব্রেরির বইয়ের সমগ্রক হচ্ছে সেখানকার সমস্ত বইয়ের সমষ্টি। জীব পরিসংখ্যানবিদ্যার প্রয়োগ ইত্যাদি বোঝার আগে আলোচ্য বিষয়ে সমগ্রক কোন্‌টি, সেটি সঠিকভাবে চিহ্নিত করা প্রয়োজন। যে সকল পরীক্ষায় সমগ্রকের সকল ব্যষ্টির ভিত্তিতে পর্যবেক্ষণ করা সম্ভব হয়। তাকে বলা হয় পূর্ণাঙ্গ পর্যপেক্ষণ।

জনসমষ্টির কোনও বৈশিষ্ট্য জানতে হলে তার কারণ, সমগ্রকটি একটি অনুমান স্বাপেক্ষ অসীম সামগ্রিক প্রতিটি সদস্যকে পরীক্ষা না করলেও চলে। এমনকি অধিকাংশ ক্ষেত্রে তা সম্ভবও হয় না। কারণ সমগ্রটি একটি অনুমান সাপেক্ষ অসীম সামগ্রিক এক একটি ক্ষুদ্র অংশকে নিয়ে তার সদস্যদের বিচার করা হয়। অতএব, জনসমষ্টি থেকে গৃহীত এই ক্ষুদ্র অংশটি হলো নমুনা। যেমন, একটি ক্ষেতের ফসলের গড় উচ্চতা জানতে হলে প্রতিটি গাছের উচ্চতা না জেনে বরং কিছু গাছের একটি নমুনা নেওয়া হয়। সেই নমুনার প্রতিটি গাছের ওজন হিসেব করে সেখান থেকে ক্ষেতের ফসলের গড় উচ্চতা ঠিক করা হয়। বোঝা যাচ্ছে যে, নমুনা থেকে প্রাপ্ত গড় উচ্চতা বিশ্বস্ত বা প্রতিনিধিস্থানীয় হলেই চলে। অবশ্য, এতে কিছু ভুল থেকেই যায়। এই ভুলের পরিমাণ কমানোই রাশিবিজ্ঞানের উদ্দেশ্য।

সমগ্রকের নানাবিধ পরিমাপগুলির পূর্ণকাঙ্ক (parameter) আখ্যা দেওয়া হয়, যাদের চিহ্নিত করা হয় গ্রীক বর্ণমালার অক্ষর দ্বারা—যথা, μ (গড়), δ^2 (ভেদমান), ইত্যাদি। পক্ষান্তরে, নমুনার মাধ্যমে প্রাপ্ত সমগ্রকের অনুমানাঙ্ক বা প্রাক্‌কলন (estimate) নমুনাঙ্ক বা অংশকাঙ্ক (statistic) নামে পরিচিত। এদের রোমান বর্ণমালার অক্ষর দ্বারা চিহ্নিত করা হয়—যথা, $\bar{Y}$ (গড়), s^2 (ভেদমান), প্রভৃতি।

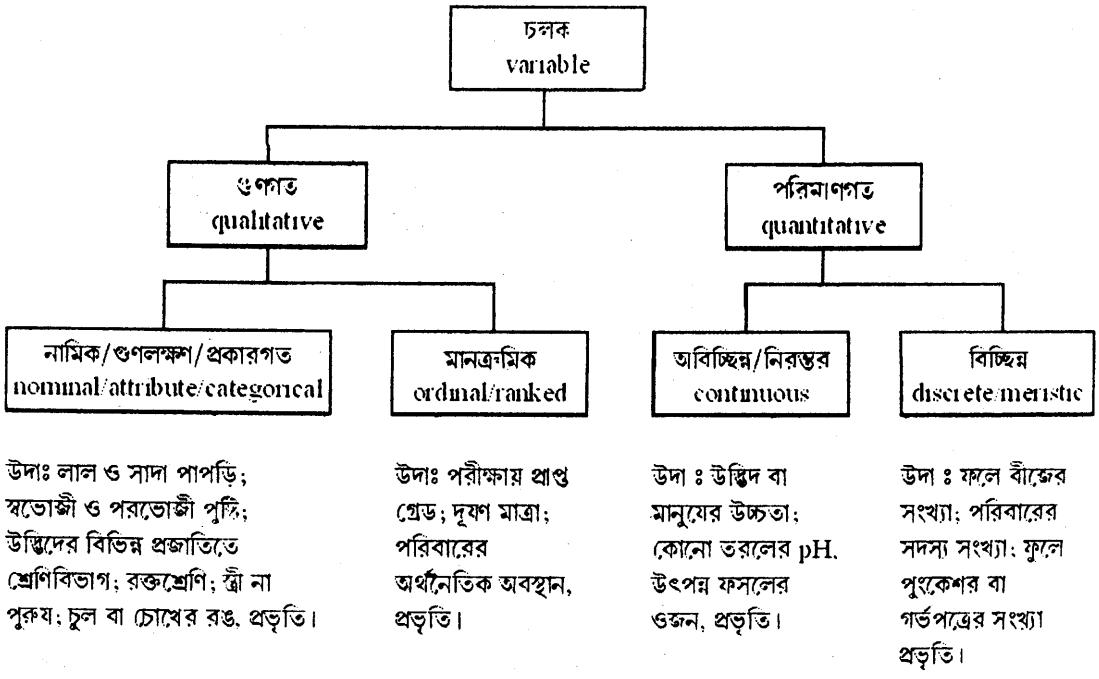
1.5 চলক (Variable)

রাশিবিজ্ঞান অধ্যয়নের প্রথম পদক্ষেপ হল চলক সম্বন্ধে ধারণা। চলক বলতে বুঝি এমন একটি সংখ্যা যেটি একই জায়গায় স্থির থাকে না। বরং যেটি এক একটি পরীক্ষায় এক এক রকম রূপ নেয়। ধরা যাক, একটি লুডোর ঘুঁটি ছোঁড়া হলো। সেক্ষেত্রে ফলাফল $1, 2, 3, 4, 5$ অথবা 6 এর যে কোনোটি হতে পারে। কোন্‌টি হবে সেটি আগে থেকে বলা যাবে না। এক্ষেত্রে ফলাফল হলো একটি চলক যার মান 1 থেকে 6-এর মধ্যে কোনও একটি পূর্ণসংখ্যা। এই উদাহরণে ফলাফল নিশ্চিতভাবে আগে থেকে বলা যাচ্ছে না। বরং এটি সম্ভাবনার উপর নির্ভরশীল। এইজন্য এই ফলাফল একটি সম্ভাবনাশ্রয়ী বা সমসম্ভব (random) এবং বিচ্ছিন্ন (discrete বা categorical) চলক।

একইভাবে যদি কিছু ছাত্রের উচ্চতা মাপা হয়, তবে তার ফলাফলও একটি চলক হবে। যেমন কারো 5 ফুট, কারো 5.2 ফুট, আবার কারো 5.65 ফুট ইত্যাদি। এই ধরনের চলককে অবিচ্ছিন্ন (Continuous) চলক বলা হয়। মনে রাখতে হবে যে, একটি সমসম্ভব চলক বিচ্ছিন্ন অথবা অবিচ্ছিন্ন এর কোনও একটি হতে পারে।

আরো এক ধরনের চলকের কথা ভাবা যাক। ধরুন যে, একটি মুদ্রা ছোঁড়া হলো। ফলাফল 'হেড' (head) অথবা 'টেলস' (tails)-এর যে কোনও একটি হতে পারে। এক্ষেত্রে ফলাফল কিন্তু সংখ্যায় এল না। বিশ্লেষণের সুবিধার জন্য আমরা 'হেড'-কে 1 এবং 'টেলস'কে 0 ভারতে পারি। এটা অন্য কোনো সংখ্যাও হতে পারতো। এই উদাহরণে 0 এবং 1-কে উদ্ভূত (derived) চলক বলা হবে। এই ধরনের অনেক অবস্থা আছে যেখানে বিশ্লেষণ ও আলোচনার সুবিধার জন্য ফলাফলকে সংখ্যায় প্রকাশ করা হয়।

কাজেই আমরা দেখলাম যে বৈশিষ্ট্য দুরকমের ঃ (ক) সংখ্যায় প্রকাশযোগ্য বৈশিষ্ট্য (quantitative character) এবং (খ) গুণাদিযুক্ত বৈশিষ্ট্য বা গুণলক্ষণ (qualitative character or attribute)। সংখ্যা আবার দুরকম—বিচ্ছিন্ন ও অবিচ্ছিন্ন। গুণাদিযুক্ত বৈশিষ্ট্যের উদাহরণ হল, লাল এবং সাদা রঙের পাপড়ি, স্বভোজী এবং পরভোজী পুষ্টি ইত্যাদি। গুণাদিযুক্ত বৈশিষ্ট্য (attributes) কে দরকার মত সংখ্যায় প্রকাশ করা যায়। যেমন, লাল কে 1 (রঙের উপস্থিতি) ও 0 (রঙের অনুপস্থিতি) বলা যেতে পারে। এরা হলো উদ্ভূত চলকের উদাহরণ। সাদাকে একটি ছকের মাধ্যমে বিভিন্ন প্রকার চলক দেখানো হলো (চিত্র 1.1)



চিত্র 1.1 বিভিন্ন প্রকারে চলকের (variable/variate) শ্রেণিবিভাগ।

1.6 রাশিতথ্য যথার্থতা (accuracy) ও সূক্ষ্মতা (precision)

(ক) **মুখ্য (primary) ও গৌণ (secondary) উপাত্ত ঃ** উৎসের বিচারে রাশিতথ্য বা উপাত্তকে (data) দুভাগে ভাগ করা যায়। মুখ্য (primary) ও গৌণ (secondary)। গবেষক যদি নিজেই নিজের প্রয়োজনীয় তথ্য সংগ্রহ করেন, তবে সেই তথ্যকে মুখ্য তথ্য বলা হয়। পক্ষান্তরে, গবেষক যদি অন্যের সংগ্রহ করা তথ্য নিজের কাজে ব্যবহার করেন, তবে সেই তথ্যকে গৌণ তথ্য বলা হয়। সঠিক ও সঙ্গাতিপূর্ণ তথ্য ব্যবহার রাশিবিজ্ঞানের একটি প্রধান শর্ত। তা বলাই বাহুল্য।

(খ) **উপাত্তের যথার্থতা (accuracy) ও সূক্ষ্মতা (precision) ঃ** কোনো এক চলকের পরীক্ষালব্ধ মান তার আসল বা প্রকৃত বা গ্রহণযোগ্য মানের কাছাকাছি হওয়াকে উপাত্তের যথার্থতা রূপে চিহ্নিত করা হয়। ধরা যাক, এক উদ্ভিদ পত্রের রক্ষীকোষের (guard cells) দৈর্ঘ্য নির্ণয় করতে পৌনঃপুনিক পরীক্ষণ (repeated trials) করা হলো এবং তার প্রকৃত দৈর্ঘ্যের প্রাপ্ত প্রাক্‌কলক (estimate) 8 μm হিসেবে চিহ্নিত করা হলো। যার অর্থ, প্রদত্ত মানটি পরিমাপ প্রসার (measurement range) 7.50000... থেকে 8.49999-এর মধ্যক (mid-value) অর্থাৎ 1 μm প্রসারের মধ্যে অবস্থান করছে। অধিকতর যথার্থতায় যদি পরিমাপটি 8.3 μm হয়, তাহলে প্রসার থাকবে 8.25000... থেকে 8.3499-এর মধ্যক স্থানে, এবং এক্ষেত্রে 0.1 μm প্রসারের মধ্যে। আপনারা দেখতেই পাচ্ছেন যে, কোনো রাশির অর্থপূর্ণ সংখ্যাই (significant figure) পরিমাপের যথার্থতা ইঙ্গিত করছে।

অপরপক্ষে, সূক্ষ্মতার অর্থ পৃথক, তা যথার্থতার সঙ্গে সমার্থক নয়। চলকের কোনো এক পরিমাপ যখন বারংবার একই ফল দেয় কিংবা পৌনঃপুনিক পরিমাপলব্ধ ফল যখন পরস্পরের খুবই নিকটে অবস্থান করে, তা সূক্ষ্মতার পরিচয় দেয়। সুতরাং সূক্ষ্মতার বিচার হয় এক সারি পরীক্ষা বা পরিমাপের সামঞ্জস্য দ্বারা। যে সামান্য চ্যুতি (deviation) পরিলক্ষিত হয়, তার কারণ অক্রম ভ্রান্তি (random error)। অর্থাৎ, উপাত্তের সূক্ষ্মতা নির্ভর করে যন্ত্র বা সরঞ্জামের সূক্ষ্মতার ওপর (precision instrument) কথাটি আপনারা কে না শুনেছেন।

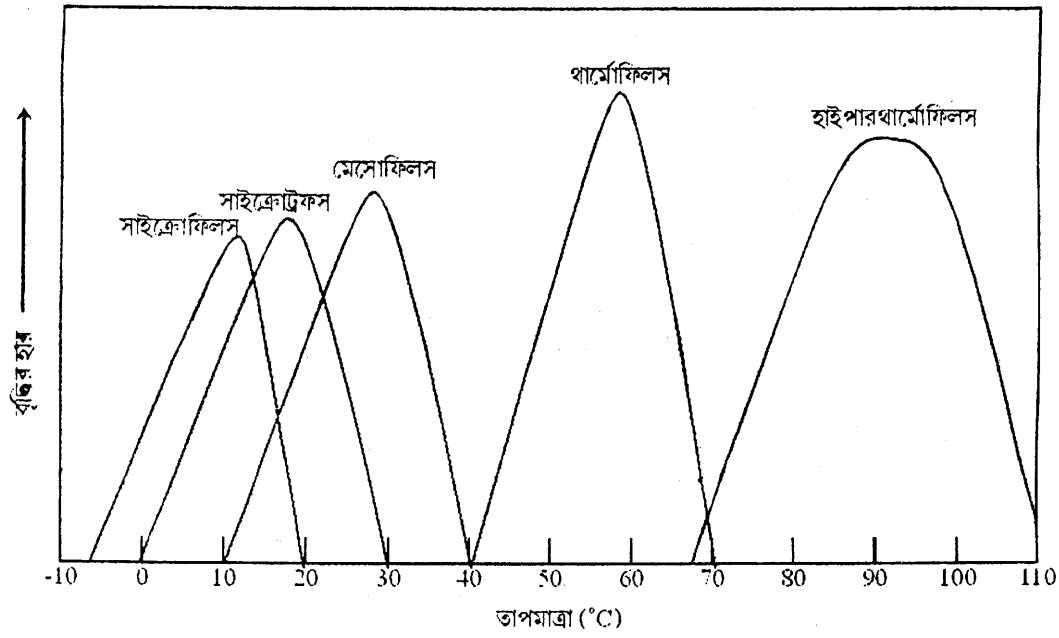
একই অবস্থায় নেওয়া পুনরাবৃত্ত পরিমাপের সূক্ষ্মতাকে পৌনঃপুনিকতা (repeatability) বলে। বিভিন্ন অবস্থায় নেওয়া পরিমাপের সূক্ষ্মতাকে, পরীক্ষার পুনরুৎপাদনক্ষমতা (reproducibility) বলে। বৈজ্ঞানিক পরীক্ষার নির্ভরযোগ্যতা ও বিশ্বস্ততা অনেকটাই গবেষণাপত্রে প্রদত্ত ফলাফলের পৌনঃপুনিকতা ও পুনরুৎপাদনক্ষমতার ওপর নির্ভর করে।

1.7 চিত্রে রাশিতথ্যের প্রদর্শন

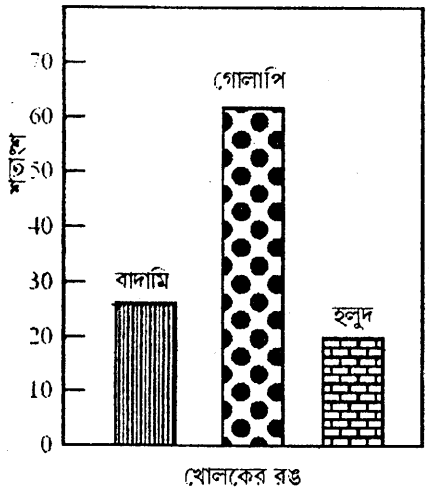
রাশিতথ্যকে চিত্রে প্রদর্শনের অনেকগুলি উপায় আছে। এর প্রধান উদ্দেশ্য হলো তথ্যরাশির মূল বৈশিষ্ট্যগুলিকে ছবিতে তুলে ধরা। একজন সাধারণ বুদ্ধিসম্পন্ন লোক এর ফলে উপকৃত হয়। যদিও তথ্যের গভীর বিষয়গুলি ছবিতে তেমনভাবে প্রতিফলিত হয় না। কিন্তু মোটামুটি বৈশিষ্ট্য যেমন উত্থান পতন, তুলনামূলক গতিপ্রকৃতি, উন্নতি অবনতি এ সব এক দৃষ্টিতেই বোঝা যায়। সংখ্যার তুলনায় ছবি যেহেতু সহজে বোধগম্য হয়। রাশিতথ্যের চিত্রের মাধ্যমে প্রদর্শন খুবই জনপ্রিয়।

এদের মধ্যে বেশি ব্যবহৃত হয় (ক) রেখাচিত্র (line diagram) চিত্র 1.2 (খ) সরল স্তম্ভচিত্র (simple bar diagram) চিত্র 1.3 (গ) বহুধা স্তম্ভচিত্র (multiple bar diagram) চিত্র 1.4 (ঘ) আয়তচিত্র (histogram) চিত্র 1.5 (ঙ) বৃত্তচিত্র (pie diagram) চিত্র 1.6।

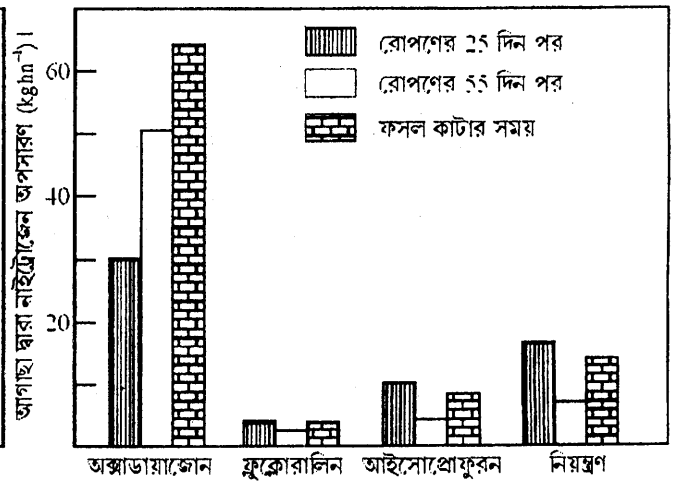
নীচে এই চার রকমের চিত্র দেওয়া হল।



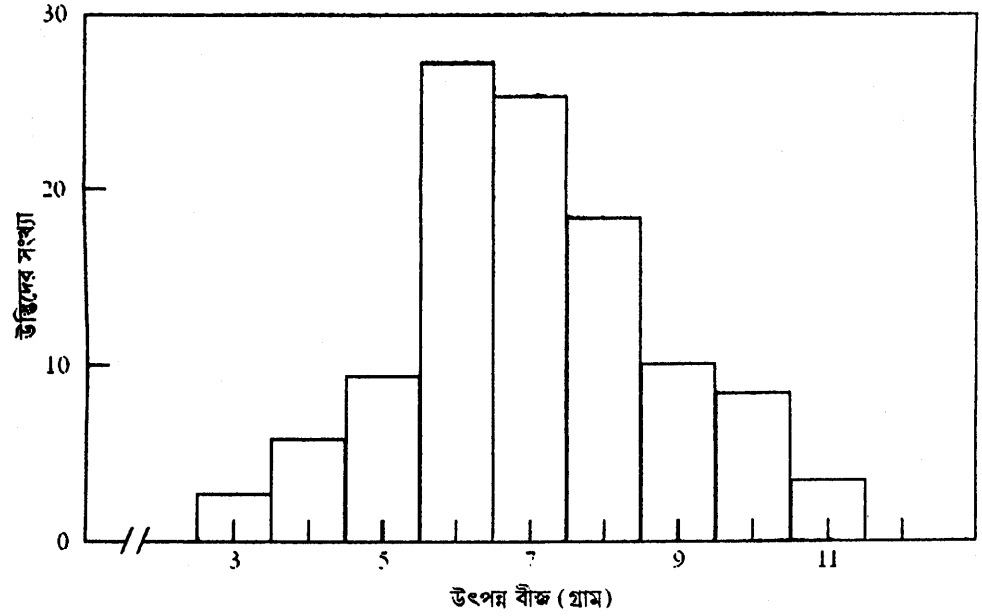
চিত্র 1.2 তাপমাত্রার প্রভাবে অনুজীবকুলের আদর্শ বৃদ্ধি হার।
[রেখাচিত্রের (line diagram) নমুনা]



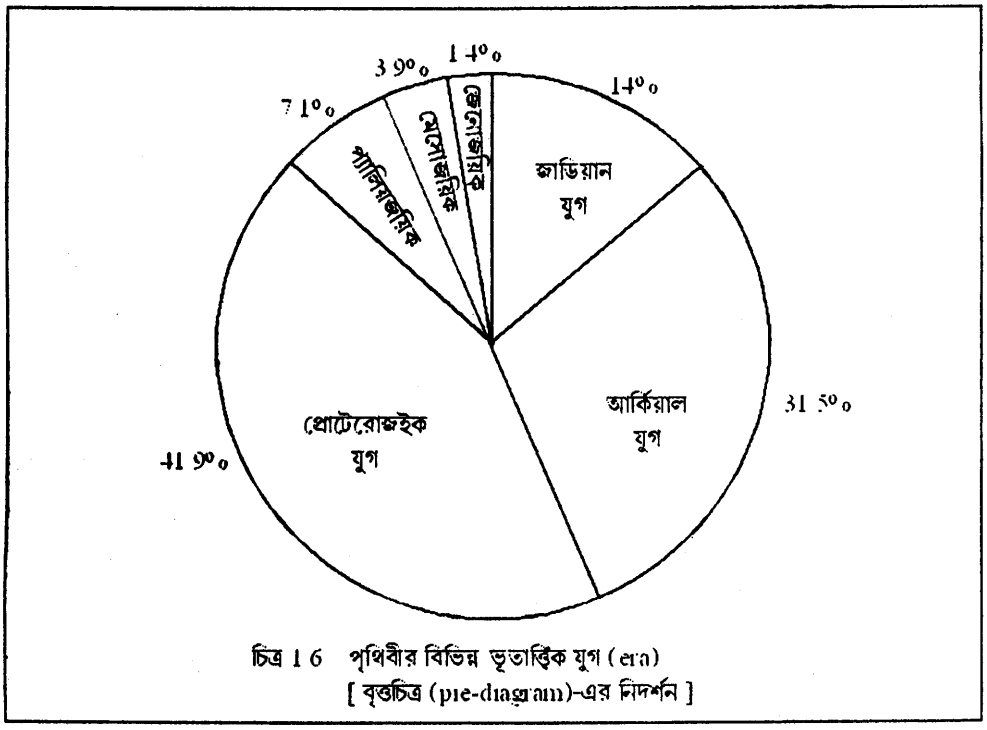
চিত্র 1.3 শামুক (*Cepaea* sp.) খোলক রঙের বিচ্ছিন্ন নিবেশন (discontinuous distribution)
[সরল স্তম্ভচিত্র (simple bar diagram)র নমুনা]



চিত্র 1.4 বিভিন্ন আগাছানাশক দ্বারা জমি থেকে নাইট্রোজেন অপসারণ।
[বহুধা স্তম্ভচিত্র (multiple bar diagram)র নমুনা]



চিত্র 1.5 সরিষা গাছের উৎপন্ন বীজ।
[পরিসংখ্যা নিবেদন (frequency distribution)
আয়তচিত্র বা হিসটোগ্রামের (histogram) মাধ্যমে চিত্রিত]



চিত্র 1 6 পৃথিবীর বিভিন্ন ভূতাত্ত্বিক যুগ (era)
[বৃত্তচিত্র (pie-diagram)-এর নিদর্শন]

1.8 পরিসংখ্যা বিভাজন (Frequency distribution) এবং ছবিতে তার প্রদর্শন

রাশিতথ্যের সংখ্য খুব বেশি হলে তার থেকে সহজে কোনও সিদ্ধান্তে উপনীত হওয়া যায় না। তার কারণ এক্ষেত্রে রাশিতথ্যের মূল বৈশিষ্ট্যগুলি আড়ালে চলে যায়। এইজন্য তথ্যের সংক্ষেপণের প্রয়োজন হয়। পরিসংখ্যা বিভাজনের মূল লক্ষ তথ্যের সংক্ষেপণ। প্রথমেই তথ্য রাশিকে কয়েকটি শ্রেণিতে বিভক্ত করা হয়। তারপর প্রতিটি শ্রেণির পরিসংখ্যা (frequency) নির্ণয় করা হয়। পরিসংখ্যার অর্থ হলো সংখ্যাটি কতবার করে আছে। একেই বলে পরিসংখ্যা বিভাজন। শ্রেণির সংখ্যা ৮ থেকে ১০-এর বেশি সাধারণত করা হয় না। ফলে বিরাট সংখ্যক তথ্য, ধরা যাক ১০০০, একটি সংক্ষিপ্ত আকার নেয়।

(ক) বিচ্ছিন্ন (discrete) চলকের পরিসংখ্যা বিভাজন ঃ

সারণি ১.১ মটরশুটিতে মটরের পরিসংখ্যা বিভাজন

(মোট মটরশুটি ১৫০)

মটরের সংখ্যা	1	2	3	4	5	6	7
পরিসংখ্যা	4	10	50	57	20	8	1

এই উদাহরণে, এক একটি শ্রেণি হলো এক-একটি সংখ্যা। যেমন, 1, 2, 3, 4, 5, 6 এবং 7। দেখা যাচ্ছে যে, 4টি করে মটর সবচেয়ে বেশি সংখ্যক (অর্থাৎ 57) মটরশুটিতে আছে। আবার একটি মাত্র মটরশুটিতে সবচেয়ে বেশি সংখ্যক মটর (অর্থাৎ 7) আছে।

(খ) অবিচ্ছিন্ন (continuous) চলকের পরিসংখ্যা বিভাজন ঃ

সারণি ১.২ ডাল-এর ওজনের পরিসংখ্যা বিভাজন

শ্রেণি	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-30
পরিসংখ্যা	3	4	6	5	2

দ্বিতীয় উদাহরণে প্রথম উদাহরণের মতো শ্রেণিগুলি এক একটি সংখ্যা নয়। এখানে এক একটি শ্রেণি এক একাট অন্তর (interval) যেমন, 0.0-1.0 শ্রেণিটি 0.5 কুইন্টাল থেকে 1.0 কুইন্টাল এই অন্তর বোঝাচ্ছে। এখানে মোট শ্রেণির সংখ্যা 5টি। এছাড়া, এটাও বোঝা যাচ্ছে যে 3টি প্লটে উৎপন্ন ডাল 0.5 কুইন্টাল থেকে 1.0 কুইন্টালের মধ্যে। আরো বোঝা যাচ্ছে যে, সবচেয়ে বেশি সংখ্যক প্লটে (অর্থাৎ 6) ওজন 1.5 কুইন্টাল ও 2.0 কুইন্টালের মধ্যে যদিও এদের যথার্থ ওজন জানার উপায় নেই। কাজেই এটা স্পষ্ট যে, পরিসংখ্যা বিভাজনের ফলে কিছু তথ্য সম্মুখে থাকে না। অবশ্য উদাহরণ (ক) এর জন্য সত্যি নয়। অনুশীলনী 2.3-এর পরিসংখ্যা বিভাজন তৈরির একটি এই মন্তব্য উদাহরণ দেওয়া হয়েছে।

একটি পরিসংখ্যা বিভাজনকে ছবিতে প্রকাশ করবার কয়েকটি উপায় আছে। যেমন (ক) উলম্ব রেখাচিত্র (Column diagram)। (খ) আয়তচিত্র (histogram)—চিত্র 1.5 (গ) ক্রমযৌগিক পরিসংখ্যা চিত্র (ogive)।

উলম্ব রেখা চিত্র শুধুমাত্র গণনসাধ্য চলকের পরিসংখ্যা বিভাজনের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য। এই চিত্রে আনুভূমিক (horizontal) অক্ষরেখায় 1, 2, 3 ইত্যাদি ও শীর্ষস্থ (vertical) অক্ষরেখায় পরিসংখ্যা বসানো হয়।

অপরপক্ষে, আয়তচিত্রে আনুভূমিক অক্ষরেখায় শ্রেণি (যেটি আসলে অন্তর) ও শীর্ষস্থ রেখায় পরিসংখ্যা বসানো হয়। আয়তচিত্র আসলে কিছু আয়তক্ষেত্রের সমষ্টি। ক্রমযৌগিক পরিসংখ্যা চিত্রের জন্য আগে ক্রম যৌগিক পরিসংখ্যা তৈরি করতে হবে। তারপর শীর্ষস্থ অক্ষরেখায় পরিসংখ্যার পরিবর্তে ক্রমযৌগিক পরিসংখ্যা বসাতে হবে।

নীচের সারণি দুটি যথাক্রমে সারণি 1.1 ও সারণি 1.2 থেকে তৈরি হয়েছে।

সারণি 1.3 মটরশুটিতে মটরের ক্রমযৌগিক পরিসংখ্যা বিভাজন

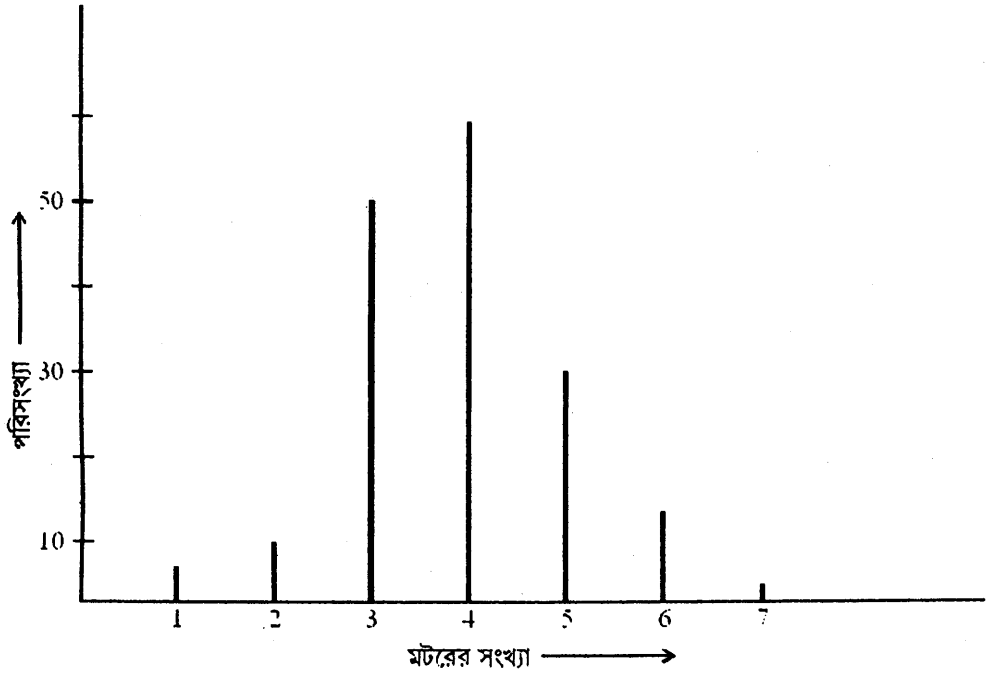
মটরের সংখ্যা	≤ 1	≤ 2	≤ 3	≤ 4	≤ 5	≤ 6	≤ 7
ক্রমযৌগিক পরিসংখ্যা	4	14	64	121	141	149	150

এখানে '≤ 3' অর্থ হলো '3 অথবা 3-এর কম,', '≤ 7' বোঝাচ্ছে '7 অথবা 7-এর কম' ইত্যাদি। 7-এর থেকে বড় যেহেতু কোনও সংখ্যা নেই, সেইজন্য সব সংখ্যাই 7 অথবা 7-এর কম হবে এবং যথাযথ ক্রমযৌগিক পরিসংখ্যা (cumulative frequency) হবে 150।

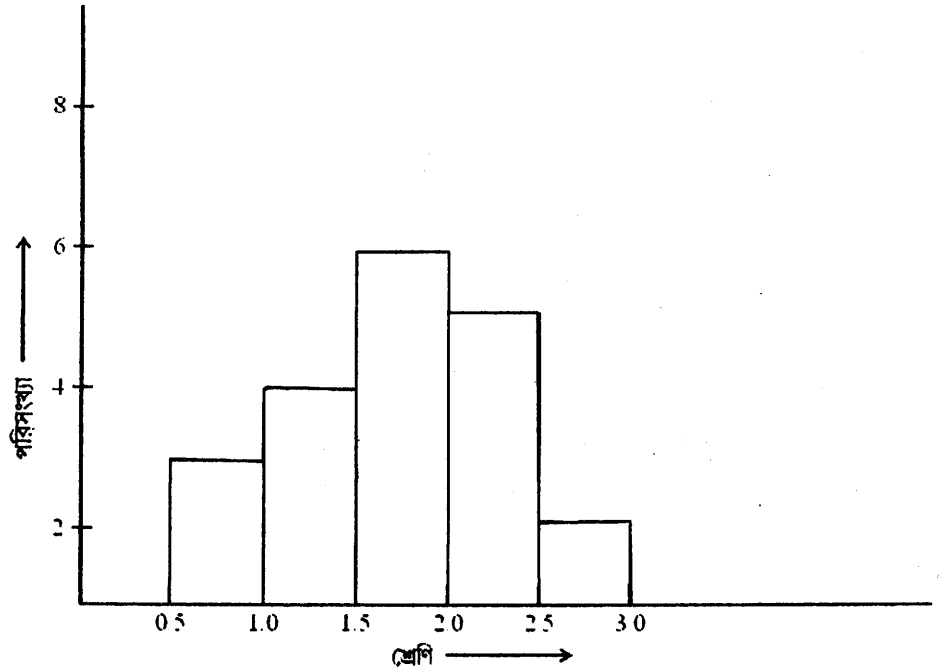
সারণি 1.4 ডালের ক্রমযৌগিক পরিসংখ্যা বিভাজন

শ্রেণি	≤ 1.0	≤ 1.5	≤ 2.0	≤ 2.5	≤ 3.0
ক্রমযৌগিক পরিসংখ্যা	3	7	13	18	20

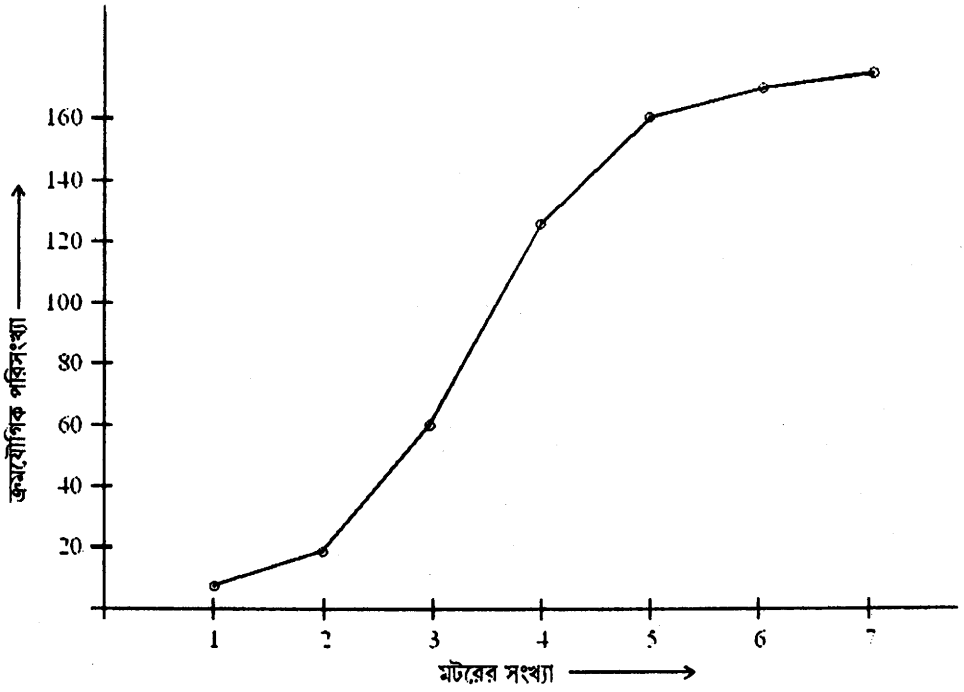
সারণি 1.3 ও সারণি 1.4 যথাক্রমে বিচ্ছিন্ন চলক ও অবিচ্ছিন্ন চলকের ক্রমযৌগিক পরিসংখ্যা বিভাজনের উদাহরণ। নীচে এদের চারটি চিত্ররূপ দেওয়া হলো (চিত্র 1.7-1.10)।



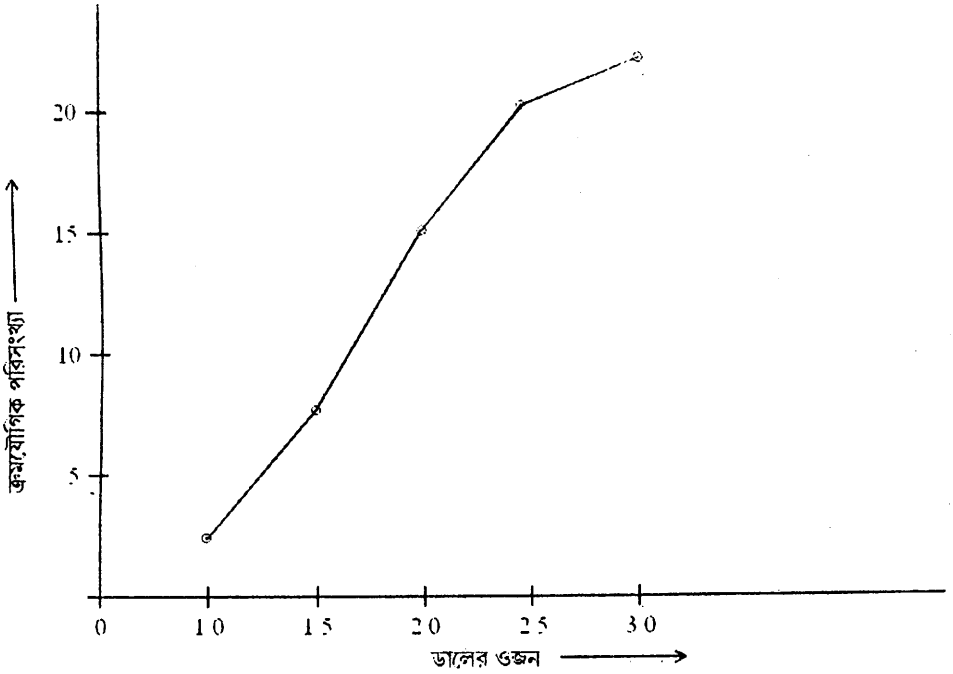
চিত্র 1.7 মটরশুটিতে মটরের উল্লম্বরেখা চিত্র (column diagram)।



চিত্র 1.8 ডালের ওজনের আয়তচিত্র (histogram)। আয়তক্ষেত্রগুলির ভূমি অন্তরের সমান ও উচ্চতা পরিসংখ্যান সমান



চিত্র 1.9 মটরশুটিতে মটরের ক্রমযৌগিক পরিসংখ্যা চিত্র (ogive)। এক্ষেত্রে বিন্দুগুলিকে সরলরেখা দিয়ে যোগ করা হয়েছে।



চিত্র 1.10 ডালের ওজনের ক্রমযৌগিক পরিসংখ্যা চিত্র (ogive)।
এক্ষেত্রে বিন্দুগুলিকে সুষম রেখা দিয়ে যোগ করা হয়েছে।

1.9 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

1. জীব পরিসংখ্যান বিদ্যা কাকে বলে ? উদ্ভিদবিদ্যায় এর গুরত্ব ব্যাখ্যা করুন।
2. শ্রেণিবিভাজনের অর্থ কী ? এটি কেন করা হয় ?
3. গুণলক্ষণযুক্ত রাশি তথ্য কাদের বলে ? কয়েকটি উদাহরণ দিন।
4. নমুনা ও সমগ্রকের মধ্যে পার্থক্য কী ? ব্যাখ্যা করুন।
5. চলক কতপ্রকারের হয় ? উদাহরণ দিয়ে বুঝিয়ে দিন।
6. যথার্থতা এবং সূক্ষ্মতার মধ্যে পার্থক্য কী ? উদাহরণ দিয়ে বুঝিয়ে দিন।
7. রাশিতথ্য চিত্রের মাধ্যমে কীভাবে প্রকাশ করা হয়, তা ব্যাখ্যা করুন।
8. বৃত্তচিত্র কাকে বলে ? এই চিত্রের উদ্দেশ্য কী ?
9. উল্লম্বরেখা চিত্র কাকে বলে ? এটা কখন ব্যবহার করা হয় ?
10. আয়তচিত্র ও ক্রমযৌগিক পরিসংখ্যা চিত্রের মধ্যে পার্থক্য কী ?

1.10 উত্তরমালা

1. 1.1 অংশে আলোচিত।
2. 1.3 অংশে আলোচিত।
3. 1.5 অংশে আলোচিত।
4. 1.4 অংশে আলোচিত।
5. 1.5 অংশে আলোচিত।
6. 1.6 অংশে আলোচিত।
7. 1.7 অংশে আলোচিত।
8. 1.7 অংশে আলোচিত।
9. 1.8 অংশে আলোচিত।
10. 1.8 অংশে আলোচিত।

একক 2 ❐ বর্ণনাত্মক রাশিবিজ্ঞান (Descriptive Statistics)-I

গঠন

2.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

2.2 মধ্যগামিতার মাপক (Measures of central tendency)

2.2.1 গাণিতিক গড় (arithmetic mean)

2.2.2 মধ্যমা (median)

2.2.3 সংখ্যাগরিষ্ঠ মান (mode)

2.3 গাণিতিক গড়, মধ্যমা ও সংখ্যাগরিষ্ঠ মানের তুলনা

2.4 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

2.5 উত্তরমালা

2.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

প্রস্তাবনা ঃ রাশিতথ্যের সংখ্যা বেড়ে গেলে তার থেকে কোনো সিদ্ধান্ত গ্রহণ কঠিন হয়ে পড়ে। কারণ তথ্যের বৈশিষ্ট্য তখন সহজে নজরে আসে না। কিন্তু দেখা গেছে যে, রাশিতথ্যের সংখ্যা যতই বাড়ুক না কেন, তার একটি অন্যতম বৈশিষ্ট্য হলো বেশিরভাগ সংখ্যা কোনো একটি বিশেষ সংখ্যার আশেপাশে থাকে। এক জমিতে ধান গাছের উচ্চতার কথাই ভাবা যাক। দেখা যাবে যে বেশিরভাগ গাছ উৎপন্ন ধানের ওজনও হয়ত কাছাকাছি আছে, রাশিতথ্যের বা উপাত্তের এই বৈশিষ্ট্যকে মধ্যগামিতা (Central tendency) বলা হয়।

উদ্দেশ্য ঃ রাশিতথ্যের উপরে আলোচিত বৈশিষ্ট্যকে সিদ্ধান্ত গ্রহণের কাজে লাগানো হয়। যেমন, যদি কোনো তথ্য রাশির প্রতিনিধিত্বমূলক মাপের প্রয়োজন হয়, তবে সেই তথ্যরাশির মাঝখানের কোনো মান উল্লেখ করলেই চলে। উদাহরণস্বরূপ, গুলমোহর (Delonix regia) গাছের পত্রক সংখ্যার কোনো প্রতিনিধিত্বমূলক মান দিতে হলে আমরা তাদের সংখ্যার তথ্যরাশির মাঝখানের কোনো মান উল্লেখ করতে পারি। এখানে রাশিতথ্যের মধ্যগামিতা নামক বৈশিষ্ট্যটিকে কাজে লাগানো হচ্ছে।

2.2 মধ্যগামিতার মাপক

এখন প্রশ্ন হলো, এই মধ্যগামিতার মাপক (measure) কী হবে। আগেই বলেছি যে, মধ্যগামিতা হলো

কোনো মানের আশেপাশে থাকার এবং ঘোরাফেরা করার প্রবণতা বা ঝোঁক। এই মান রাশিতথ্যের মাঝখানের মান হতে পারে, আবার নাও হতে পারে। এটা নির্ভর করে একটি নিবেশনের (distribution) প্রতিসাম্যের (symmetry) উপর। মোটামুটিভাবে মধ্যগামিতার মাপকগুলি হলো ঃ

(ক) গাণিতিক গড় (arithmetic mean)

(খ) মধ্যমা (median)

(গ) ভূয়িষ্ঠক বা সংখ্যাগরিষ্ঠ মান (mode)

2.2.1 গাণিতিক গড় (Arithmetic mean)

কোনো রাশিতথ্যের গাণিতিক গড় বলতে বুঝি, সেই রাশিগুলিকে যোগ করে যোগফলকে রাশিতথ্যের সংখ্যা দিয়ে ভাগ করে ভাগফল বের করা। যেমন, 11, 15 এবং 16-এর গাণিতিক গড় হবে,

$$\frac{11+15+16}{3} = \frac{42}{3}$$

$$=14$$

একইভাবে, 2, 8, 0 –4, 9-এর গাণিতিক গড় হবে,

$$\frac{2+8+0+(-4)+9}{5} = \frac{15}{5}$$

$$=3$$

পরিসংখ্যা বিভাজন থেকে গাণিতিক গড় নির্ণয় ঃ

পরিসংখ্যা বিভাজন থেকে গাণিতিক গড় নির্ণয় করতে হলে পরিসংখ্যাকে কাজে লাগাতে হবে। মটরশুটিতে মটরের পরিসংখ্যা বিভাজনের কথাই ধরা যাক (দ্রঃ সারণি 1.1)। এখানে '1-এর পরিসংখ্যা 4'-এর অর্থ হলো '1' চার বার আছে। এইভাবে '2' দশবার আছে। কাজেই গাণিতিক গড় হবে,

$$\frac{1\times4+2\times10+3\times50+4\times57+5\times20+6\times8+7\times1}{150}$$

$$=\frac{557}{150}$$

$$=3.71$$

অবিচ্ছিন্ন চলকের পরিসংখ্যা বিভাজন থেকে গাণিতিক গড় বের করতে হলে (দ্রঃ সারণি 1.2) প্রতিটি শ্রেণির মাঝখানের মান নিতে হবে। এখানে যেগুলি হলো 0.75, 1.25, 1.75, 2.25 এবং 2.75।

এক্ষেত্রে গাণিতিক গড় হবে,

$$\frac{(0.75)\times 3+(1.25)\times 4+(1.75)\times 6+(2.25)\times 5+(2.75)\times 2}{20}$$

$$\frac{3450}{20}$$

= 1.725 কিলোগ্রাম

এই উদাহরণে এটা বলা যেতে পারে যে, ডালের গড় ওজন 1.725 কিলোগ্রাম এবং এটাই ওজনের প্রতিনিধিত্বমূলক মান (representative value)।

গাণিতিক গড়ের ব্যবহার বেশি কারণ এটা সহজে করা যায় ও এর ব্যাখ্যা দেওয়া সহজ। এছাড়া, এর কিছু ভালো বৈশিষ্ট্য আছে।

2.2.2 মধ্যমা (median)

মধ্যমার ব্যাখ্যাও খুব সহজ। মধ্যমা বলতে আমরা বুঝি কোনো রাশিতথ্যের একেবারে মাঝখানের মান। যেমন, 1, 2 এবং 3 এর মধ্যমা হবে 2। কোনো রাশিতথ্য থেকে মধ্যমা বের করতে হলে প্রথমে সেই রাশিগুলিকে তাদের মান অনুসারে 'ছোট থেকে বড়' (ascending order) বা 'বড় থেকে ছোট' (descending order) এইভাবে সাজিয়ে নিতে হবে। তারপর মাঝখানের মানটিকে নিতে হবে। রাশিসংখ্যা বিজোড় (odd) হলে মধ্যমা একটিই হবে। কিন্তু রাশিসংখ্যা জোড় (even) হলে মধ্যমা একের বেশিও হতে পারে। সেক্ষেত্রে মাঝখানের দুটোর মানের গাণিতিক গড় নেওয়া হয়। পরিসংখ্যা বিভাজন থেকে অত সহজে মধ্যমা বের করা যায় না। অবশ্য এরজন্য কিছু গাণিতিক সূত্র আছে।

যাহোক, এককথায় মধ্যমা মোট রাশিতথ্যকে দুটো সমান ভাগে ভাগ করে যার ফলে 50% রাশিতথ্য মধ্যমার তলায় এবং বাকি 50% মধ্যমার উপরে থাকে।

অনুশীলনী 2.1

রাশিতথ্য ঃ 5, 7, 3, 2, 10, 8, 12

রাশিতথ্যের সংখ্যা = 7 (বিজোড়)

'ছোট থেকে বড়' ভাবে সাজিয়ে নিলে হবে ঃ

2, 3, 5, $\boxed{7}$, 8, 10, 12

এখানে মধ্যমা হল '7'

অনুশীলনী 2.2

রাশিতথ্য ঃ 5, 7, 3, 2, 10, 8, 12, 4

রাশিতথ্যের সংখ্যা = 8 (জোড়)

'ছোট থেকে বড়' ভাবে সাজিয়ে নিলে হবে ঃ

2, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 12

এখানে মাঝখানে দুটো মান আছে 5 ও 7 কাজেই মধ্যমা হবে তাদের গাণিতিক গড় ঃ

$$\frac{5+7}{2} = 6$$

2.2.3 সংখ্যাগরিষ্ঠ মান (ভূয়িষ্ঠক) (mode)

সংখ্যাগরিষ্ঠ মান হলো সেই মানটি যার পরিসংখ্যা সর্বোচ্চ। যেমন, মটরশুটি মটরের উদাহরণে (সারণি 1.1) '4'-এর পরিসংখ্যা সবচেয়ে বেশি অর্থাৎ 57 ; কাজেই '4' হলো সংখ্যাগরিষ্ঠ মান। ডালের ওজনের উদাহরণে (সারণি 1.2) অত সহজে সংখ্যাগরিষ্ঠ মান পাওয়া যাবে না। কিন্তু যেহেতু সর্বোচ্চ পরিসংখ্যা '6' কাজেই এটা বলা যাবে যে, সংখ্যাগরিষ্ঠ মান 1.5-2.0 এই শ্রেণিতে আছে।

পরিসংখ্যা সমান হলে সংখ্যাগরিষ্ঠ মান পাওয়া যাবে না। যেমন, 2, 3, 20 এই রাশিগুলির প্রত্যেকের পরিসংখ্যা '1' কারণ প্রত্যেকেই একবার করে আছে। এখানে কোনো সংখ্যাগরিষ্ঠ মানের অস্তিত্ব নেই।

অনুশীলনী 2.3

নীচে একটি গবেষণাগার থেকে প্রাপ্ত এক বিশেষ ধরনের ধানের উৎপাদনে (কিলোগ্রামে) দেওয়া হল। মোট নমুনার আকার (sample size) 50

4.4, 3.4, 4.5, 4.8, 5.1	5.5, 4.6, 4.7, 3.6, 3.5
4.8, 4.2, 3.4, 5.0, 4.3	3.6, 3.5, 4.7, 5.3, 5.4
4.6, 4.0, 5.3, 3.6, 4.3	5.0, 3.0, 5.8, 4.8, 4.5
3.6, 5.0, 4.0, 3.7, 4.2	3.4, 5.3, 5.6, 4.2, 5.8
4.6, 6.0, 6.2, 6.7, 5.0	6.2, 6.0, 4.8, 5.6, 6.6

একটি পরিসংখ্যা বিভাজন তৈরি করুন ও গাণিতিক গড় বের করুন।

এখানে বৃহত্তম ও ক্ষুদ্রতম সংখ্যা দুটি হলো 6.7 এবং 3.0 তাদের পার্থক্য $6.7 - 3.0 = 3.7$ যেটা 4.0-এর কাছাকাছি। যদি ঠিক করা হয় যে, এই রাশিগুলিকে 8টি শ্রেণিতে ভাগ করা হবে। তবে এক একটি শ্রেণির প্রসারতা (width অথবা size) হবে $4/8 = 0.5$। এছাড়া, শ্রেণি সীমা (class limit) এবং শ্রেণি সীমান্ত (class boundary) তৈরি করতে হবে। শ্রেণি সীমান্ত তৈরি করবার সময় রাশিতথ্যে দশমিকের পর যত ঘর থাকে, তার থেকে এক ঘর বেশি নেওয়া হয়। শ্রেণি সীমা হলো যে শ্রেণিগুলি তৈরি করা হয় তাদের সীমা। শ্রেণি সীমাকে বাস্তব (real) সীমা ও শ্রেণি সীমান্তকে তত্ত্বীয় (theoretical) সীমাও বলা হয়। প্রতিটি শ্রেণি পরিসংখ্যা বের করার জন্য এক ধরনের মিল চিহ্ন (tally marks) ব্যবহার করা হয়।

সারণি 2.1 ধান উৎপাদনের পরিসংখ্যা বিভাজন

শ্রেণি সীমান্ত	শ্রেণি-সীমা	মিল চিহ্ন	পরিসংখ্যা
2.95 - 3.45	3.0 - 3.4	IIII	4
3.45 - 3.95	3.5 - 3.9	II	7
3.95 - 4.45	4.0 - 4.4	III	8
4.45 - 4.95	4.5 - 4.9	~~IIII~~ I	11
4.95 - 5.45	5.0 - 5.4	IIII	9
5.45 - 5.95	5.5 - 5.9	~~IIII~~	5
5.95 - 6.45	6.0 - 6.4	IIII	4
6.45 - 6.95	6.5 - 6.9	II	2
মোট			50

এই পরিসংখ্যা বিভাজনের গাণিতিক গড় বের করার জন্য প্রতিটি শ্রেণির মধ্যক (class mark) বের করে নিতে হবে। শ্রেণি মধ্যক হলো একটি শ্রেণির মাঝখানের মান। যেমন, প্রথম শ্রেণিটির মাঝখানের মান হল 3.2, একইভাবে দ্বিতীয় শ্রেণিটির 3.7 ইত্যাদি।

শ্রেণি মধ্যক	3.2	3.7	4.2	4.7	5.2	5.7	6.2	6.7
পরিসংখ্যা	4	7	8	11	9	5	4	2

গাণিতিক গড়

$$= \frac{4 \times 32 + 7 \times 3.7 + 8 \times 4.2 + 11 \times 4.7 + 9 \times 5.2 + 5 \times 5.7 + 4 \times 6.2 + 2 \times 6.7}{50}$$

$$= \frac{238}{50}$$

= 4.75 কিলোগ্রাম।

2.3 গাণিতিক গড়, মধ্যমা ও সংখ্যাগরিষ্ঠ মান ভূয়িষ্ঠক-এর তুলনা

একটি আদর্শ মধ্যগামিতা মাপক যে সকল শর্ত পূরণ করে। তাদের অন্যতম হলো (ক) প্রদত্ত মানগুলির প্রতিনিধিত্বমূলক হওয়া, (খ) এই মানগুলির হ্রাসবৃদ্ধি বা নমুনাদি বিচলন (sampling fluctuation) বা দলছুট (outlier) মান দ্বারা কম প্রভাবিত হওয়া ও (গ) সহজ নিরূপণ যোগ্যতা।

গাণিতিক গড়ের সংজ্ঞা ও অর্থ দুইই স্পষ্ট। এটা রাশিতথ্যের প্রতিটি রাশির উপরই নির্ভরশীল। একটি খুব বড় অথবা খুব ছোট মান (outlier) এর উপস্থিতি, গাণিতিক গড়কে প্রভাবিত করে। গাণিতিক গড়ের কিছু গুরুত্বপূর্ণ বৈশিষ্ট্য এটাকে জনপ্রিয় করেছে। প্রকৃতপক্ষে আলোচ্য তিনটি মধ্যগামিতা মাপকের মধ্যে, আপেক্ষিক সুবিধা অসুবিধার বিচারে গাণিতিক গড় সর্বশ্রেষ্ঠ। মধ্যমার সংজ্ঞা ও স্পষ্ট এবং এটা আরো

সহজে বের করা যায়। মধ্যমা সব রাশিতথ্যের উপর নির্ভরশীল নয় এবং চরম (extreme) মানের পরিবর্তনে মধ্যমার কোনো পরিবর্তন হয় না। গুণলক্ষণযুক্ত চলকের (attribute) গাণিতিক গড় বের করা যায় না, কিন্তু তাদের মানক্রমিকভাবে সাজানো যায় ও মধ্যমা পাওয়া যায়। সংখ্যাগরিষ্ঠমানের সংজ্ঞা ও অর্থ দুইই স্পষ্ট। এটা মধ্যগামিতার সহজতম মাপক এবং প্রদত্ত মানগুলির প্রতিনিধিস্থানীয় হওয়ার বিচারে সর্বোত্তম ; কারণ এটি নির্দেশ করে সর্বোচ্চ পরিসংখ্যা সম্পন্ন মানটি। তবে পরিসংখ্যা বিভাজন থেকে মধ্যমা ও সংখ্যাগরিষ্ঠ মান কোনোটিই সহজে পাওয়া যায় না। সংখ্যাগরিষ্ঠ মান চরম মান (extreme value) দ্বারা প্রভাবিত নয়। তবে একাধিক শ্রেণি সর্বোচ্চ পরিসংখ্যা সম্পন্ন হলে এটি নির্ণয় করা প্রত্যক্ষভাবে সম্ভব নয়।

2.4 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

1. মধ্যগামিতা বলতে কী বোঝেন ? এটির ব্যবহার কীভাবে করা যায় ?
2. মধ্যগামিতার মাপকগুলি কী কী ? অবেক্ষণ (observation)-এর পরিসংখ্যা একই থাকলে এর কোন্‌টি ব্যবহার করা যাবে না ?
3. গাণিতিক গড় বলতে কী বোঝায় ? এটির ব্যবহার উল্লেখ করুন।
4. মধ্যগামিতা মাপকের তিনটি আদর্শ শর্ত উল্লেখ করুন। মধ্যমা ও সংখ্যাগরিষ্ঠমানের পার্থক্য কী ?
5. নীচের সংখ্যাগুলির গাণিতিক গড় ও মধ্যমা বের করুন ঃ 5, 6.5, 2.0, 3.5, 4, 5.6, 3.0, 2.5
6. 1, 2, 3 এবং 4-এর পরিসংখ্যা যথাক্রমে 10, 12, 17 ও 15। এদের সংখ্যাগরিষ্ঠ মান বের করুন।

2.5 উত্তরমালা

1. 2.1 অংশে আলোচিত।
2. 2.2 এবং 2.2.3 অংশে আলোচিত।
3. 2.2.1 অংশে আলোচিত।
4. 2.3, 2.2.2 এবং 2.2.3 অংশে আলোচিত।
5. গাণিতিক গড় 4.01

   মধ্যমা বের করার কজন্য মানগুলিকে 'ছোট থেকে বড়' মান অনুসারে সাজানো হলো ঃ

   2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4, 5, 5.6, 6.5 এখানে মাঝখানে দুটো সংখ্যা আছে 3.5 ও 4।

   মধ্যমা হলো এদের গড়

   $$= \frac{3.5 + 4}{2} = 3.75$$

6. এখানে 3-এর পরিসংখ্যা সবচেয়ে বেশি অর্থাৎ 17। সুতরাং সংখ্যাগরিষ্ঠ মান হলো 3।

একক 3 ❐ বর্ণনাত্মক রাশিবিজ্ঞান (Descriptive Statistics)-II

গঠন

3.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

3.2 বিস্তৃতির মাপক (Measures of dispersion)

2.2.1 প্রসার (Range)

3.2.2 ভেদমান মাপক (Variance) ও সমক চ্যুতি (Standard deviation)

3.3 গাণিতিক গড়ের সমক ভ্রান্তি (Standard error of mean)

3.4 ভেদাঙ্ক (Coefficient of variation)

3.5 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

3.6 উত্তরমালা

3.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

প্রস্তাবনা ঃ একটি রাশিতথ্যের সমষ্টির বিস্তৃতি বলতে বোঝায়, কোনও একটি মধ্যম মানের আশেপাশে সেই রাশির ছড়িয়ে থাকার প্রবণতা। যেমন, ক্ষুদ্র উদ্ভিদ *Arabidopsis thaliana*-র বিভিন্ন নমুনার জিনোম আয়তন (Genome zise)-এর রাশিতথ্যে দেখা যাবে যে, প্রাপ্ত মান 120 Mb (বা অন্য কোনও মানের) আশেপাশে ছড়িয়ে আছে। যদি সব জিনোমের আয়তন এক জায়গায় থাকতো, তাহলে এটির প্রতিনিধিত্বমূলক মান পেতে অসুবিধে হতো না। যেখানে সব জিনোম আয়তনের মান কেন্দ্রীভূত হতো, সেটিই হতো প্রতিনিধিত্বমূলক মান। কিন্তু বাস্তবে যে কোনও রাশিতথ্যেই একটি মানের চারিদিকে ছড়িয়ে থাকার প্রবণতা লক্ষ করা যায়। অর্থাৎ, মধ্যগামিতা ও বিস্তৃতি দুটোই একটি রাশিতথ্যের সমষ্টির বৈশিষ্ট্য। তথ্যে বিস্তৃতি যতো বেশি থাকবে, প্রতিনিধিত্বমূলক মান পেতে ততই অসুবিধে হবে এবং তাতে ভুলও (error) বেশি থাকবে। যদি এমন হয় যে, সব মানই সমান তবে বলা হবে রাশিতথ্যে কোনও বিস্তৃতি নেই। এক্ষেত্রে, যে কোনও মানই প্রতিনিধিত্বমূলক মান (representative value) হিসাবে গণ্য হবে।

উদ্দেশ্য ঃ ধরা যাক রাশিতথ্যগুলি হলো 1, 2 এবং 3। এখানে সবকটি সংখ্যা সমান নয়, কাজেই বলতে হবে যে তথ্যে বিস্তৃতি আছে। ধরা যাক, গাণিতিক গড় দিয়ে প্রতিনিধিত্বমূলক মান বা মধ্যগামিতার মান প্রকাশ করা হল। এই গড় এখানে $(1+2+3)/3=2$। '1'-কে '2' দিয়ে প্রকাশ করলে ভুলের পরিমাণ $1-2=-1$ এবং '3'-কে '2' দিয়ে প্রকাশ করলে ভুলের পরিমাণ $3-2=1$ এবং '2'-কে '2' দিয়ে প্রকাশ করলে ভুলের পরিমাণ '0'। কাজেই $-1, +1$ এরা বিস্তৃতির এক ধরনের মাপক। যদি রাশিগুলি সবকয়টি $2, 2, 2$ হতো তবে গাণিতিক গড় হতো $(2+2+2)/3=2$ এবং এক্ষেত্রে বিস্তৃতি থাকতো না, কারণ সবকয়টি মানই গাণিতিক গড়ের সমান। কাজেই আপনারা দেখছেন যে, রাশির মান থেকে গড়ের মান বাদ দিলে বিস্তৃতির এক ধরনের মাপক পাওয়া যায়।

3.2 বিস্তৃতির মাপক (Measures of dispersion)

3.2.1 প্রসার (Range)

বিস্তৃতির সবচেয়ে সহজ মাপক হলো **প্রসার**। প্রসার বলতে বোঝানো হয়, সবচেয়ে বড় এবং সবচেয়ে ছোট সংখ্যার বিয়োগফল বা পার্থক্য। যেমন, $1, 2, 3$ এই তথ্যের প্রসার $3-1=2$। একইভাবে, -11, $-12, -13$ এই তথ্যের প্রসার $=(-11)-(-13)=13-11=2$। যদি রাশিগুলি $2, 2, 2$ এই রকম হয়, তবে প্রসার $2-2=0$, অর্থাৎ কোনও বিস্তৃতি নেই। আমরা মনে রাখব যে, প্রসার কখনও ঋণাত্মক রাশি হবে না।

3.2.2 ভেদমান মাপক (Variance)

ভেদমান বিস্তৃতির একটি বহুল প্রচলিত মাপক। ধরা যাক, রাশিগুলি হল $1, 2, 3$। আগে বলা হয়েছে যে, গাণিতিক গড় 2 দিয়ে মধ্যগামিতার মান মাপা হলে, ভুলের পরিমাণ হবে $-1, 0$ এবং 1। এই ভুলের পরিমাণ থেকে বিস্তৃতির একটি মাপক বের করা যাক। যদি এদের যোগ করা হয়, তবে ফল হবে $(-1)+0+1=0$ কাজেই শুধু যোগে কোনও লাভ হলো না। বর্গ করে যোগ করলে হবে $(-1)^2+0^2+1^2=1+1=2$; একে রাশিগুলির মোট সংখ্যা, অর্থাৎ 3 দিয়ে ভাগ করলেই পাওয়া যাবে ভেদমান। সুতরাং উপরের রাশিগুলির জন্য ভেদমান হলো

$$\text{ভেদমান } (s^2) = \frac{\text{বর্গচ্যুতির সমষ্টি}}{\text{নমুনা সংখ্যা}} = \frac{(1-2)^2+(2-2)^2+(3-2)^2}{3}$$

$$= \frac{(-1)^2+0^2+(1)^2}{3}$$

$$= \frac{2}{3} = 0.667$$

দেখতেই পাচ্ছেন যে, ভেদমান আসলে বর্গচ্যুতি সমষ্টির একটি গড় (mean of sum of squared deviation); তাই প্রায়শই ভেদমান (s^2)-কে বর্গগড় (Mean square or MS) বলা হয়। প্রাপ্ত ভেদমানের বর্গমূলকেই **সমক চ্যুতি** বা **প্রমিত চ্যুতি** (standard deviation) বলা হয়।

উপরের উদাহরণে,

$$\text{সমক বিচ্যুতি } = \sqrt{\frac{2}{3}} = 0.816$$

অনুশীলনী 3.1 : মনে করা যাক রাশিগুলি হলো—$2, 0, 3, 5$। এদের গাণিতিক গড়

$$\frac{(-2)+0+3+5}{4} = \frac{6}{4} = \frac{3}{2}$$

$$\therefore \text{ভেদমান } = \frac{\left(-2-\frac{3}{2}\right)^2+\left(0-\frac{3}{2}\right)^2+\left(3-\frac{3}{2}\right)^2+\left(5-\frac{3}{2}\right)^2}{4} = \frac{29}{4} = 7.25$$

$$\text{এবং সমক বিচ্যুতি } = \sqrt{\frac{29}{4}} = 2.69$$

কাজেই ভেদমান পেতে হলে তার ধাপগুলি হবে যথাক্রমে ঃ

(১) গাণিতিক গড় বের করা,

(২) প্রতিটি সংখ্যা থেকে গাণিতিক গড়ের পার্থক্য বের করা,

(৩) এই পার্থক্যগুলিকে বর্গ করে তাদের যোগফল নির্ণয়,

(৪) এই যোগফলকে রাশিগুলির সংখ্যা দিয়ে ভাগ করা,

(৫) যেটা পাওয়া যাবে সেটাই ভেদমান।

অবশেষে, ভেদমানের বর্গমূল করে যেটা পাওয়া যাবে সেটাই সমক বিচ্যুতি।

মনে রাখতে হবে যে, মূল তথ্যের একক যা হবে, ভেদমানের একক সেটার বর্গ হবে। যেমন, মূল তথ্যে 'ফুট' থাকলে ভেদমানের একক হবে 'বর্গফুট'। অবশ্য, **সমক চ্যুতি ও মূল তথ্যের একক একই হবে।**

3.3 গাণিতিক গড়ের সমক ভ্রান্তি (Standard error of mean)

আমরা দেখেছি যে, রাশিতথ্যের সব রাশি সমান হয় না। তাদের বিস্তৃতি থাকে এবং সেই বিস্তৃতি বেশি বা কম দুইই হতে পারে। বিস্তৃতি থাকে বলেই গাণিতিক গড় (বা অন্য গড়) প্রতিনিধিত্বমূলক মান হিসাবে একেবারে নিখুঁত হয় না। কিছু মাত্রায় ভুল থেকেই যায়। এই ভুলের (error) একটি মাপক হলো ভেদমান বা সমক চ্যুতি। আমরা আগেই বলেছি যে, নমুনা হলো সমগ্রক বা পূর্ণক সম্বন্ধে জানার একটি উপায়। কাজেই ধরা যাক, সমগ্রকের গাণিতিক গড় জানবার জন্য নমুনার গাণিতিক গড় বের করা হলো। নমুনার গাণিতিক গড় থেকে সমগ্রকের গাণিতিক গড়ের একাট ধারণা পাওয়া যাবে। কিন্তু নমুনা পাল্টে গেলে নমুনার গড়ও পাল্টে যাবে। এইভাবে বিভিন্ন নমুনার বিভিন্ন গড় হবে এবং স্বাভাবিক ভাবেই এই নমুনা গড়গুলিরও আবার বিস্তৃতি থাকবে। এই বিস্তৃতি আগের মতোই ভেদমান দিয়ে মাপা যাবে। নমুনা থেকে প্রাপ্ত গাণিতিক গড়ের ভেদমানের সূত্র হলো

$$\text{গাণিতিক গড়ের ভেদমান } = \frac{\text{সমগ্রকের ভেদমান}}{\text{নমুনা সংখ্যা}}$$

$$\text{এবং গাণিতিক গড়ের সমক ভ্রান্তি } = \sqrt{\frac{\text{সমগ্রকের ভেদমান}}{\text{নমুনা সংখ্যা}}} = \frac{\text{সমগ্রকের সমক চ্যুতি}}{\sqrt{\text{নমুনা সংখ্যা}}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (A)$$

অনুশীলনী 3.2 : ধরা যাক রাশিগুলি হলো—2, 0, 3 এবং 5 (অনুশীলনী 3.1 দেখুন)। সুতরাং, সমগ্রক বা পূর্ণক (population)-এর সমক চ্যুতি $= 2.69$।

যদি এই সমগ্রক থেকে নমুনা নেওয়া হয় যার আকার 2, তবে সেটা $(-2, 0), (-2, 3), (-2, 5), (0,3), (0,5), (3,5)$-এর যে কোনটিই হতে পারে। এদের গাণিতিক গড়গুলি হলো—$1, 0.5, 1.5, 2.5, 3.5$ আবার এই সংখ্যাগুলির গাণিতিক গড় হলো 1.42।

সুতরাং, ভেদমান

$$= \frac{(-1-1.42)^2 + (0.5-1.42)^2 + (1.5-1.42) + (1.5-1.42)^2 + (2.5-1.42)^2 + (3.5-1.42)^2}{6}$$

$$= \frac{5.86 + .846 + .0064 + .0064 + 1.17 + 4.33}{6}$$

$$= \frac{12.2}{6}$$

$$= 2.04$$

$\therefore$ গাণিতিক গড়গুলির সমক চ্যুতি 1.43 .... (B)

এই বিচ্যুতিকেই বলা হবে **গাণিতিক গড়ের সমক ভ্রান্তি।**

আবার, (A) সূত্র থেকে যদি গাণিতিক গড়ের সমক ভ্রান্তি বের করতে হয়, সেটা হবে

গাণিতিক গড়ের সময় ভ্রান্তি $= \frac{2.69}{\sqrt{2}}$ (যেহেতু নমুনার সংখ্যা 2)

$$= \frac{2.69}{1.41}$$

$= 1.91$ .... (C)

(B) ও (C) এই মান দুটি সমান হওয়ার কথা, যদিও ভগ্নাংশের আসন্ন মান নেওয়ার জন্য সামান্য তফাত হয়েছে। এর মধ্যে (B) পাওয়া গেছে সরাসরি নিয়মে, কোনও সূত্র ব্যবহার না করে এবং (C) সূত্র থেকে।

3.4 ভেদাঙ্ক (Coefficient of variation)

বিস্তৃতির যে মাপকগুলি বলা হলো, যথা ভেদমান বা সমক চ্যুতি, সবকটিই একক-নির্ভর। অর্থাৎ এরা বিশুদ্ধ সংখ্যা নয়। এর ফলে দুটি বিভিন্ন এককের রাশিতথ্যের বিস্তৃতি এই মাপকগুলি দিয়ে তুলনা করা যায় না।

ভেদাঙ্ক হলো বিস্তৃতির একটি তুলনামূলক মাপক। এটির সূত্র হলো

ভেদাঙ্ক $= \frac{\text{সমক বিচ্যুতি}}{\text{গাণিতিক গড়}}$, (গাণিতিক গড় শূন্য না হলে তবেই)

যেহেতু সমক চ্যুতি ও গাণিতিক গড়ের একক সমান, ভেদাঙ্ক একটি বিশুদ্ধ সংখ্যা। ভেদাঙ্ককে 1000 দিয়ে গুণ করে গাণিতিক গড়ের শতকরা হারেও প্রকাশ করা যায়। ধরা যাক, কিছু রাশিতথ্যের একক সেন্টিমিটার, আবার আর একটির একক মাইক্রোমিটার (μm)। এক্ষেত্রে তাদের ভেদমানের তুলনা চলে না। কিন্তু দুটো সমষ্টির ভেদাঙ্কের মধ্যে তুলনা করা যেতে পারে।

অনুশীলনী 3.3 : দুজন ক্রিকেট খেলোয়াড়ের চার ইনিংস-এর রান সংখ্যা দেওয়া হল। এদের মধ্যে কে বেশি সামঞ্জস্যপূর্ণ (consistent) সেটা বিচার করো।

A : 12, 23, 38, 05

B : 112, 123, 138, 105

A-এর গাণিতিক গড় $= \frac{1}{4}(12 + 23 + 38 + 05)$

$= 19.5$

B-এর গাণিতিক গড় $= \frac{1}{4}(112 + 123 + 138 + 105)$

$= 119.5$

A-এর সমক চ্যুতি $= 12.46$

B-এর সমক চ্যুতি $= 12.46$

A-এর ভেদাঙ্ক $= \frac{12.46}{19.5} = 0.639$ বা 63.9%

B-এর ভেদাঙ্ক $= \frac{12.46}{119.5} = 0.1043$ বা 10.43%

A এবং B-এর সমক চ্যুতি সমান। কিন্তু যেহেতু B-এর ভেদাঙ্ক কম, B অবশ্যই বেশি সামঞ্জস্যপূর্ণ। কাজেই আমরা দেখলাম যে, কেবল সমক চ্যুতি দ্বারা উপাত্তের বিস্তৃতি সকল সময় অনুধাবন করা যায় না।

অনুশীলনী 3.4 : অনুশীলনী 2.3-এ যে পরিসংখ্যা বিভাজন পেয়েছেন, তার সমক চ্যুতি ও ভেদাঙ্ক নির্ণয় করুন।

অনুশীলনী 2.3-ধানের উৎপাদনের যে পরিসংখ্যা বিভাজন পাওয়া গেল, সেটি হল নিম্নরূপ ঃ

শ্রেণিমধ্যক (কিলোগ্রাম)	3.2	3.7	4.2	4.7	5.2	5.7	6.2	6.7
পরিসংখ্যা	4	7	8	11	9	5	4	2

প্রথম পদ্ধতি ঃ

$$\text{ভেদমান} = \frac{4(3.2-4.75)^2 + 7(3.7-4.75)^2 + 8(4.2-4.75)^2 + 11(4.7-4.75)^2 + 9(5.2-4.75) + 5(5.7-4.75)^2 + 4(6.2-4.75)^2 + 2(6.7-4.75)^2}{50}$$

$$= \frac{4\times2.40+7\times1.10+8\times0.303+11\times0.0025+9\times0.203+5\times0.903+4\times2.10+2\times3.80}{50}$$

$$= \frac{42.09}{50}$$

$$= 0.84$$

$\therefore$ সমক চ্যুতি $= 0.92$

ভেদাঙ্ক $= \frac{0.92}{4.75}\times100\%$

$= 19.37\%$

দ্বিতীয় পদ্ধতি ঃ

এই পদ্ধতিতে ভেদমান বের করার সহজ সূত্র আছে।

সূত্রটি হলো ঃ

ভেদমান $= \frac{1}{\text{মোট পরিসংখ্যা}}$ [প্রতিটি সংখ্যাকে বর্গ করে সেই বর্গকে পরিসংখ্যা দিয়ে গুণ করে অবশেষে তাদের যোগফল]

– [গাণিতিক গড়ের বর্গ] ..... (3.1)

$$= \frac{1}{50}[4\times(32)^2+7\times(3.7)^2+8\times(4.2)^2+11(4.7)^2+9(5.2)^2+5(5.7)^2+4\times(6.2)^2+2(6.7)^2]-[4.75]^2$$

$$= \frac{1}{50}[1170.25]-22.56$$

$$= 23.41-22.56$$

$$= 0.85$$

$\therefore$ সমক চ্যুতি $= 0.92$

এবং ভেদাঙ্ক $= \frac{0.92}{4.75}\%$

$= 19.37\%$

উপরের দুটি পদ্ধতির যে কোনও একটি ব্যবহার করা যেতে পারে।

অবশ্য, গবেষণা-লব্ধ ফলাফল আমরা প্রায়শই সারণি-বদ্ধ করে, প্রচলিত নোটেশন (notation) সহ উপস্থাপনা করি। অধিকাংশ ক্ষেত্রেই প্রদত্ত মান নমুনার। অতএব, এগুলি নমুনাঙ্ক (statistic) এবং সমগ্রক পূর্ণকাঙ্কের প্রাক্‌কলক (estimate of population parameter) রূপে গণ্য হতে পারে। খেয়াল করবেন যে নমুনাঙ্কের নোটেশন প্রথামাফিক ইংরেজি তথা রোমান বর্ণমালার অক্ষর দ্বারা চিহ্নিত করা হয় এবং পূর্ণকাঙ্ক গ্রীক বর্ণমালার দ্বারা। এই প্রথাগত পদ্ধতি নীচে একটি উদাহরণের সাহায্যে বোঝানো হলো।

অনুশীলনী 3.5

Solamum-এর একটি প্রজাতির 4Cn DNA'র পরিমাপ (পিকোগ্রাম, Pg) নিম্নরূপ ঃ

	3.7	4.3	3.4	3.4	4.0	4.6	4.3
	4.3	3.7	4.6	4.3	4.3	4.0	4.0
1 pg = 10–12g	4.3	4.0	3.7	3.7	4.0	3.7	3.7
	3.7	4.3	3.7	4.3			

এই রাশিতথ্যের ভেদমান এবং সমক চ্যুতি নির্ণয় করুন।

সমাধান ঃ প্রথমেই আমরা রাশিতথ্য ক্রমানুসারে (ছোট থেকে বড়) যথাযথ পরিসংখ্যা সহ (যদি একই মন একাধিকবার থাকে), একটি সারণিতে সাজাবো।

(1) **শ্রেণি মান** (class value) y^2	(2) **পরিসংখ্যান** (frequency × class value) f	(3) **পরিসংখ্যা × শ্রেণি মান** (frequency × deviation) fy_i	(4) **বিচ্যুতি** (deviation) $y = y - \bar{y}$	(5) **(বিচ্যুতি)^2** (deviation)^2 y^2	(6) **পরিসংখ্যা × (বিচ্যুতি)^2** (frequency fy^2
3.4	2	6.8	0.6	0.36	0.72
3.7	8	29.6	0.3	0.09	0.72
4.0	5	20.0	0.0	0.00	0.00
4.3	8	34.4	0.3	0.09	0.72
4.6	2	9.2	0.6	0.36	0.72
Total	$\Sigma f = 25$	$\Sigma fy_i = 100.0$			$\Sigma fy^2 = 2.88$

Mean $\bar{y} = \dfrac{\Sigma fy_i}{\Sigma f} = \dfrac{100.0}{25}$

$= 4.0$

ভেদমান (Variance, s^2) $= \dfrac{\Sigma fy^2}{\Sigma f} = \dfrac{2.88}{25} = 0.1152$

[রাশিবিজ্ঞানীরা দেখিয়েছেন যে নমুনার ভেদমান (sample variance, s^2)-কে সমগ্রক ভেদমান (population variance, a^2)-এর একটি **পক্ষপাতশূন্য প্রাক্‌কলক** (unbiased estimate) রূপে বিচার করতে গেলে, বর্গচ্যুতির সমষ্টি (sum of squares, ss)-কে (নমুনা সংখ্যা $-\lambda$ or $n - \lambda$) দিয়ে ভাগ করা উচিত।]

সমক চ্যুতি (standard deviation, s) $= \sqrt{\text{ভেদমান}}$

$= \sqrt{0.1152}$

$= 0.3394$

রাশিবিজ্ঞানে, $\lambda - 1$ কে মুক্তমাত্রা degree of freedom বলা হয়।

উত্তর ঃ Solanum-এর প্রদত্ত নমুনাটির 4CnDNA-র মান 4.0 ± 0.34 pg.

নীচে সমক চ্যুতির ফর্মুলা দেওয়া হলো ঃ

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(Yi - \bar{Y})^2}{n - \lambda}} = \sqrt{\frac{1}{(n-1)}[\Sigma yi^2]} = \sqrt{\frac{1}{(n-1)}\left[\Sigma fyi^2 - \frac{(\Sigma fyi)^2}{n}\right]}$$

এখানেও নিশ্চয় লক্ষ করেছেন যে n-এর পরিবর্তে $n-1$ দিয়ে ভাগ করা হয়েছে। কারণ একই ঃ নমুনার সমক চ্যুতি (s) যাতে সমগ্রক পূর্ণকাঙ্কের একটি পক্ষপাতশূন্য প্রাক্কলক (an unbiased estimate of population parameter) হিসেবে প্রতিপন্ন করা যায়।

রাশিতথ্যকে অনেক সময়ই যে শ্রেণি-অন্তর (class-interval) দ্বারা ভাগ করা হয়, তা পূর্বেই জেনেছেন। গণনার সুবিধার্থে, এইরূপ বিন্যস্ত উপাত্ত (grouped data) ব্যবহারে কিছু সামান্য ভ্রান্তি এসে যায়। বিন্যাসজনিত ভ্রান্তির শুদ্ধিকল্পে (correction for grouping error), এক্ষেত্রে, আমরা শেপার্ড-এর সংশোধন (Sheppard's connection) ব্যবহার করি।

অর্থাৎ সংশোধিত ভেদমান = বিন্যস্ত উপাত্ত $- \frac{c^2}{12}$

যেখানে c = শ্রেণি অন্তরের মান, এবং

$\frac{c^2}{12}$ = শেপার্ড-এর সংশোধন।

3.5 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

1. বিস্তৃতি বলতে কী বোঝেন?
2. বিস্তৃতির মাপকগুলি উল্লেখ করুন। এর মধ্যে সহজতম কোন্‌টি ?
3. ভেদমান কাকে বলে ? এটি কেন বিস্তৃতির অন্যতম মাপক ?
4. 'প্রসার শূন্য হলে সব মানই সমান'—আলোচনা করুন।
5. রাশিতথ্যের সবকটি মান সমান হলে, সমক চ্যুতি কত হবে ?
6. সমক চ্যুতি ও সমক ভ্রান্তির মধ্যে পার্থক্য কী ?

7. ভেদাঙ্ক কাকে বলে ? সমক চ্যুতি ও সমক ভ্রান্তির মধ্যে পার্থক্য কী ?
8. গাণিতিক গড় শূন্য হলে ভেদাঙ্ক কত হবে ?
9. একটি ছোট পরীক্ষামূলক জমিতে গামা বিকিরণ-জাত ধান গাছের উচ্চতা পরিমাপ করা হয়। ফলাফল নিম্নরূপ ঃ

   উচ্চতা

   [সে.মি.] 62 72 64 76 86 82 71 87 96 103 86 74

   নমুনাটির (i) যৌগিক গড় উচ্চতা (arithmetic mean), (ii) ভেদমান (variance) এবং (iii) সমক চ্যুতি (standard deviation) নির্ণয় করুন।
10. একটি ছত্রাক প্রজাতির ক্ল্যামাইডোস্পোর (Chlamydospore)-এর ব্যাস পরিমাপ করা হয়। নমুনাটির পরীক্ষালব্ধ ফল নীচে দেওয়া হলো ঃ

    ক্ল্যামাইডোস্পোরের ব্যাস [μm] 2.03 1.98 2.08 2.24 2.17

    নমুনাটির (i) প্রসার (range), (ii) ভেদমান (variance), (iii) সমক চ্যুতি (standard deviation), (iv) মধ্যমা থেকে গড় চ্যুতি (mean deviation about the median) এবং (v) ভেদাঙ্ক (coefficient of variation) নির্ণয় করুন।

3.6 উত্তরমালা

1. 3.1 অংশে এর আলোচনা আছে।
2. প্রথম অংশ 3.2 অংশে আলোচিত। দ্বিতীয় অংশের উত্তর ঃ বিস্তৃতির সহজতম মাপকটি হলো প্রসার (range)।
3. প্রথম অংশ 3.2.2-এ আলোচিত।
4. প্রসার শূন্য হলে বৃহত্তম ও ক্ষুদ্রতম মান পরস্পর সমান হবে। অর্থাৎ এক্ষেত্রে সবকটি মানই সমান এবং ভেদমান-এর যেকোনো মাপকই শূন্য হবে।
5. রাশিতম্যের সবকটি মান সমান হলে, সমক চ্যুতি শূন্য হবে।
6. 3.2.2 এবং 3.3 অংশে আলোচনা আছে।
7. 3.4 অংশে আলোচিত।
8. গাণিতিক গড় শূন্য হলে ভেদাঙ্ক বের করা যায় না।
9. (i) 79.9 সেমি., (ii) 153.3, (iii) 12.4
10. (i) 0.26 μm, (ii) 0.00884, (iii) 0.094, (iv) 0.08, (v) 0.045 কিংবা 4.5%।

একক 4 ❐ সম্ভাবনা, সমসম্ভব নুমনা সংগ্রহ, প্রকল্প বিচার, সংশয় বিচার, t-বিচার নমুনাঙ্ক, কাই-বর্গ পরীক্ষা

গঠন

4.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

4.1.1 সম্ভাবনাশ্রয়ী পরীক্ষণী (Random experiment)

4.1.2 নমুনাদেশ (Sample space)

4.1.3 ঘটনা (Event)

4.1.4 সম্ভাবনার প্রাচীন সংজ্ঞা (Classical definition of probability)

4.1.5 প্রাচীন সংজ্ঞার সীমাবদ্ধতা (Limitations of classical definition)

4.1.6 সম্ভাবনাতত্ত্বের স্বীকার্য-ভিত্তিক সংজ্ঞা (Axiomatic approach to probability)

4.1.7 পরস্পর ব্যতিরেকী ঘটনা (Mutually exclusive events)

4.1.8 সম্ভাবনার যৌগিক সূত্র (Addition/summation law of probability)

4.1.9 সম্ভাবনার গুণন সূত্র (Multiplication/product law of probability)

4.2 সমসম্ভব নমুনা সংগ্রহ (Random sampling)

4.2.1 সমসম্ভব নমুনা পাওয়ার উপায়

4.3 প্রকল্প বিচার (Hypothesis testing)

4.3.1 মুখ্য প্রকল্প ও বৈকল্পিক প্রকল্প (Null hypothesis & alternative hypothesis)

4.4 সংশয় বিচার (Test of significance)

4.5 t-বিচার নমুনাঙ্ক (t-test)

4.5.1 একপক্ষ বিচার (One tailed test) ও দুইপক্ষ বিচার (Two-tailed test) : গ্রহণ অঞ্চল (acceptance region) এবং বর্জন অঞ্চল (rejection region)

4.5.2 চিত্রে প্রকল্প বিচারের বর্জন অঞ্চল

4.5.3 যুগ্ম t-বিচার (Paired t-test)

4.6 সাজুয্যতার উৎকর্ষ বিচারে কাই-বর্গ, পরীক্ষা (Chd-square test for determining Goodness of Fit)

4.7 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

4.8 উত্তরমালা

- পরিশিষ্ট I (t-বিচার সারণি)
- পরিশিষ্ট II (কাই-বর্গ সারণি)
- ব্যবহৃত পরিভাষা

4.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

প্রস্তাবনা ঃ এতক্ষণ পর্যন্ত আমরা প্রধানত বর্ণনাত্মক রাশিবিজ্ঞান আলোচনা করেছি। যেমন, তথ্যরাশির পরিসংখ্যা বিভাজন, তাদের মধ্যগামিতা ও বিস্তৃতি। এই আলোচনা থেকে একটি বিষয়ের মূল বৈশিষ্ট্যগুলি বোঝা যায়। আরো বিশদভাবে বলতে গেলে, একটি ছোট নমুনা দেখে একটি বৃহৎ জনসমষ্টি বা সমগ্রক সম্বন্ধে কীভাবে ধারণা করা যায়—সেটা কিছুটা বলা হয়েছে। এটিও দেখানো হয়েছে যে, সম্ভাব্যতা নিরূপণ রাশিবিজ্ঞানের অন্যতম লক্ষ এখানে উল্লেখ করা জরুরি জীববিজ্ঞানের বিভিন্ন শাখায় সম্ভাবনা তত্ত্বের প্রয়োগ অপরিহার্য। কতটা অপরিহার্য, তা আপনি নিজেই অনুধাবন করতে পারবেন।

সম্ভাবনা (Probability) শব্দটি আমাদের দৈনন্দিন জীবনে খুবই প্রচলিত একটি শব্দ। যেমন, আমরা বলি যে, 'এবার মোহনবাগান ও ইস্টবেঙ্গালের মধ্যে কার লিগ চ্যাম্পিয়ান হওয়ার সম্ভাবনা বেশি ? অথবা 'সামনের ভোটে অমুক রাজনৈতিক দলের জেতার সম্ভাবনা কত ? ইত্যাদি। আমরা শুধু কথাগুলি বলেই ক্ষান্ত হই না, মনে মনে কিছু একাট হিসেবও করি। অর্থাৎ 'সম্ভাবনা' কে সংখ্যায় মাপার চেষ্টা করি। উদাহরণস্বরূপ, দুই দলের জেতার সম্ভাবনা সমান হলে আমরা বলবো—'সম্ভাবনা 50 : 50' । অবশ্য সম্ভাবনা অসমান হলে তখন সম্ভাবনার কী মান দেওয়া হবে, সেটা সমস্যা হয়ে দাঁড়ায়। এখানে সম্ভাবনার একটি আঙ্কিক (mathematical) রূপ দেওয়ার চেষ্টা করা হয়েছে।

উদ্দেশ্য ঃ নমুনা (sample) থেকে সমগ্রক (population) সম্বন্ধে ধারণা ন্যায়শাস্ত্রের একটি গুরুত্বপূর্ণ অধ্যায়, যাকে বলা যেতে পারে আরোহী যুক্তিবিদ্যা (inductive logic)। রাশিবিজ্ঞানের মূলে আছে এই যুক্তিবিদ্যা। কারণ যখনই আমরা কয়েকটি নমুনা (sample) দেখে সমগ্রক (population) সম্বন্ধে কোনো সিদ্ধান্ত নিই, তখনই আমরা এই বিদ্যার প্রয়োগ করে থাকি। রাশিবিজ্ঞানের যে তত্ত্বগুলি আমরা এই কাজে ব্যবহার করি, তাদের গুণাগুণ যাচাই করা যাবে সম্ভাবনা-তত্ত্ব ব্যবহার করে। এখানেই সম্ভাবনাতত্ত্বের যৌক্তিকতা। রাশিবিজ্ঞানের এই শাখাটিকে অনুমিতিমূলক রাশিবিজ্ঞান (inferential statistics) আখ্যা দেওয়া হয়।

4.1.1 সম্ভাবনাশ্রয়ী পরীক্ষণী (Random Experiment)

কিছু পরীক্ষণীয় ফলাফল আগে থেকে দেওয়া যায় না। যদিও এটা বলা যায় যে, ফলাফল বিশেষ কয়েকটি অবস্থার মধ্যে সীমাবদ্ধ থাকবে। ধরা যাক, একটি মুদ্রাকে নিক্ষেপ করা হল। এর ফলাফল হবে, 'হেড' অথবা 'টেল'। এর কোনো একটি হবেই। তবে কোন্‌টি হবে আগে থেকে বলা যাবে না। ফলাফল এই দুটোর মধ্যেই সীমাবদ্ধ থাকবে। এই পরীক্ষার আরেকটি বৈশিষ্ট্য হলো একে যতবার ইচ্ছে পুনরাবৃত্তি

করা যায়। যেমন, একটি মুদ্রাকে একবার, 100 বার 1000 বার ছোঁড়া যায়। এই ধরনের পরীক্ষাকে সম্ভাবনাশ্রয়ী পরীক্ষণী বলা হয়। এর আরেকটি উদাহরণ হলো, একটি খুঁটিকে (die) ছোঁড়া। এখানে ফলাফলগুলি হবে 1, 2, 3, 4, 5 অথবা 6। তবে এর কোন্‌টি হবে সেটা আগে থেকে বলা যায় না। এছাড়া এই পরীক্ষণ যতবার ইচ্ছে করা যায়। এই ধরনের পরীক্ষার ক্ষেত্রেই সম্ভাবনা তত্ত্বের প্রয়োগ করা হয়।

4.1.2 নমুনা দেশ (Sample space)

কোনও একটি সম্ভাবনাশ্রয়ী পরীক্ষণীয় যতগুলি ফলাফল হতে পারে, সেই সংগ্রহকে (set) নমুনা দেশ বলে। যেমন একটি মুদ্রাকে একবার নিক্ষেপ করলে নমুনাদেশ হবে $\{H, T\}$। আবার, এই মুদ্রাকেই পর পর দুবার নিক্ষেপ করলে নমুনাদেশ হবে $\{HH, HT, TH, TT\}$ একইভাবে একটি খুঁটিকে একবার নিক্ষেপ করলে নমুনাদেশ হবে $\{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$।

4.1.3 ঘটনা (Event)

নমুনাদেশের এক একটি বস্তুকে ঘটনা (event) বলা হয়। যেমন, $\{H\}, \{T\}$ দুটি ঘটনা। প্রথমটি বোঝাচ্ছে যে 'হেড' পড়েছে এবং দ্বিতীয়টি বোঝাচ্ছে যে 'টেল' পড়েছে। যদি এদের যে কোনোটির পড়ার কথা ভাবা হয়, তখন ঘটনা হবে $\{H, T\}$, যেটা আসলে নমুনাদেশ নিজেই। একইভাবে একটি খুঁটিকে একবার নিক্ষেপ করলে ঘটনাগুলি হতে পারে $\{1\}, \{2\}, \{3\}$ ইত্যাদি অথবা $\{1, 2\}, (2, 3\}$ অথবা $\{1, 3, 5\}, \{2, 4, 6\}$। এখানে শেষের দুটি ঘটনা যথাক্রমে বোঝাচ্ছে যে, 'বিজোড়' ও 'জোড়' সংখ্যা পড়েছে। আবার যদি বলা হয় যে, '3' অথবা '3-এর থেকে ছোট সংখ্যা পড়েছে' তখন ঘটনাটি হবে $\{1, 2, 3\}$।

4.1.4 সম্ভাবনার প্রাচীন সংজ্ঞা (Classical definition of probability)

আমরা ঘটনা বলতে বুঝি একটি 'ঘটনার সম্ভাবনা', যেমন, 'হেড' পড়ার বা 'জোড়' সংখ্যা পড়ার সম্ভাবনা। এমন ফলাফলকে **'সমসম্ভাব্য ঘটনা'** (equally likely event) বলা হয় যদি দুই বা ততোধিক ঘটনার (সকল প্রাসঙ্গিক তথ্যের পরিপ্রেক্ষিতে) কোনো একটি অন্যগুলির পরিবর্তে ঘটবে বলে মনে করবার কোনো কারণ থাকে না।

ধরা যাক আমাদের পরীক্ষার সম্ভাব্য ফলের মোট সংখ্যা N এবং সবগুলিই সমসম্ভব এবং তাদের একটি নির্দিষ্ট ঘটনা A সম্বন্ধে আমরা আগ্রহী। অর্থাৎ এদের কোনো একটি ঘটলে A ঘটনাটি ঘটবে। অতএব আমরা বলি ঃ N সংখ্যক সমসম্ভব পরিস্থিতির মধ্যে N_A সংখ্যক ফল কোনো নির্দিষ্ট ঘটনা A-র অনুকূল (favourable to the event A) এবং $N_A \leq N$। যদি P(A) প্রতীক দ্বারা আমরা এই সম্ভাবনাকে চিহ্নিত করি। তবে সংজ্ঞানুসারে

$$P(A) = \frac{N_A}{N} = \frac{A-\text{র অনুকূলে যতোগুলি ঘটনা আছে, তার সংখ্যা}}{\text{নমুনাদেশে যতোগুলি ঘটনা আছে, তার সংখ্যা}}$$

এটিই সম্ভাবনার প্রাচীন সংজ্ঞা, যা অষ্টাদশ শতকের প্রথমার্ধে জ্যাকব বেরনুলি (Jacob Bernoulli) প্রথম উপস্থিত করেন এবং লাপ্লাস (Laplace) ও অন্যান্য গাণিতিকরা বহুদিন পর্যন্ত ব্যবহার করে চলেন।

আমরা যেন মনে রাখি যে, P(A)-র মান 0 এবং 1-এর মধ্যে থাকবে ; অর্থাৎ $0 \le P(A) \le 1$

উদাহরণ 4.1 ঃ ধরা যাক, একটি মুদ্রা একবার ছোঁড়া হলো। তাহলে 'হেড' পড়বার সম্ভাবনা কত ? এখানে 'হেড' হলো অনুকূল ঘটনা A। সুতরাং $P(A) = \frac{1}{2}$, কারণ A-র অনুকূলে একটি ঘটনা এবং নমুনাদেশে মোট ঘটনা দুই ঃ 'হেড' ও 'টেল'। একইভাবে 'টেল' পড়বার সম্ভাবনাও $\frac{1}{2}$ ।

উদাহরণ 4.2 ঃ অনুরূপভাবে মানবশিশুর একবার ভূমিষ্ঠ হওয়া একটি ঘটনা হলে, পুরুষ সন্তান হওয়ার সম্ভাবনা কত ? এক্ষেত্রে পুরুষ-সন্তান অনুকূল ঘটনা A। অতএব $P(A) = \frac{1}{2}$ । কারণ নমুনাদেশে মোট ঘটনা দুই ঃ 'পুরুষ' এবং 'নারী'। ফলে কন্যা-সন্তান হওয়ার সম্ভাবনাও $\frac{1}{2}$ ।

উদাহরণ 4.3 ঃ একটি ছক্কা একবার নিক্ষেপ করা হলে, জোড়-সংখ্যা পড়বার সম্ভাবনা কত ? এখানে A হলো $\{2, 4, 6\}$। সুতরাং A-র অনুকূলে আছে তিনটি ঘটনা 2, 4 ও 6 এবং নমুনাদেশ আছে মোট ছয়টি ঘটনা। 1, 2, 3, 4, 5 ও 6। সুতরাং $P(A) = \frac{3}{6} = \frac{1}{2}$

অনুশীলনী 4.1 ঃ এক প্যাকেট তাস ভালোভাবে মিশিয়ে নিয়ে তার থেকে একটি বেছে নিলে সেটি 'টেক্কা' হবে, তার সম্ভাবনা কী ? [এক প্যাকেটে 52টি তাস এবং চারটি টেক্কা থাকে]

4.1.5 প্রাচীন সংজ্ঞার সীমাবদ্ধতা (Limitation of classical definition)

সহজবোধ্য হলেও সম্ভাবনার প্রাচীন সংজ্ঞার কিছু অপূর্ণতা আছে। মুদ্রা-নিক্ষেপণ, ছক্কা-নিক্ষেপণ, তাস খেলা প্রভৃতি সরল ঘটনা, কিন্তু কল্পিত পরীক্ষার বৃত্তের বাইরে এদের প্রয়োগ এবং বিশ্বাসযোগ্যতা খুবই সীমিত এবং বিজ্ঞানীর দৃষ্টিতে অকিঞ্চিতকর। একটি ধান গাছ জন্মালে সেটি উচ্চতায় এক মিটার থেকে 50 সেমি-এর মধ্যে থাকবে—এই জাতীয় সম্ভাবনা। প্রাচীন সংজ্ঞা অবলম্বনে নির্ণয় করা যাবে না। কারণ পরীক্ষণের ফল অসীম সংখ্যক, প্রকৃত উচ্চতা অগণিত প্রকৃত রাশির (real number) যে কোনো একটি হতে পারে। অনেক ক্ষেত্রেই দৈব রাশিবিজ্ঞানে ইপ্সিত ফল সমসম্ভাব্য নয় এবং বিধ অপূর্ণতার দরুন প্রাচীন সংজ্ঞার পুনর্বিবেচনা এবং দৃঢ়তর ভিত্তির উপর প্রতিষ্ঠা করা প্রয়োজন হয়ে পড়ে। অনেক গাণিতিকই উৎকৃষ্টতর সংজ্ঞা স্থাপনে প্রয়াশী হয়। এঁদের মধ্যে ভন মিসেজ (Von Mises) এবং বিশেষ করে কল্‌মগরভ (A. N. Kolmogorov)-এর নাম উল্লেখযোগ্য। শেষোক্ত রুশ গাণিতিক সম্ভাবনাতত্ত্বকে কয়েকটি স্বীকার্যের উপর ভিত্তি করে প্রতিষ্ঠা করেন (axiomatic approach to probability)[1] এই দৃষ্টিভঙ্গিই সবচেয়ে গ্রহণযোগ্য বলে বিবেচিত হয়। বর্তমান আলোচনায় এই স্বীকার্য ভিত্তিক দৃষ্টিভঙ্গিই অনুসৃত হবে।

4.1.6 সম্ভাবনাতত্ত্বের স্বীকার্য-ভিত্তিক সংজ্ঞা (Axiomatic approach to probability)

● **প্রথম স্বীকার্য ঃ** পরীক্ষায়, যে-কোনো ঘটনা A-র সঙ্গে সংশ্লিষ্ট থাকবে একটি প্রকৃতরাশি (real number) P(A), যে রাশিটিকে A-র সম্ভাবনা বলা হবে।

● **দ্বিতীয় স্বীকার্য ঃ** যে কোনো ঘটনা A-র ক্ষেত্রে $P(A) \geq 0$।

● **তৃতীয় স্বীকার্য ঃ** A এবং B পরস্পর ব্যতিরেকী ঘটনা (mutually exclusive events দ্র. 4.1.7) হলে। অর্থাৎ তাদের যুগপৎ সংঘটন অসম্ভাব্য হলে ঃ

$$P(\text{A বা B}) = P(A) + P(B) \quad \ldots\ldots (4.1)$$

Set theory-র সংকেত চিহ্ন ব্যবহার করলে দাঁড়ায়

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) \quad \ldots\ldots (4.2)$$

অনুরূপভাবে,

$A_1, A_2, A_3, \ldots$ সকলে যৌথভাবে পরস্পর ব্যতিরেকী হলে,

$$P(A_1 \text{ বা } A_2 \text{ বা } A_3 \text{ বা} \ldots) = P(A_1) + P(A_2) + P(A_3) + \quad \ldots\ldots (4.3)$$

কিংবা

$$P(A_1 \cup A_2 \cup A_3 \cup \ldots) = P(A_1) + P(A_2) + P(A_3) \quad \ldots\ldots (4.4)$$

● **চতুর্থ স্বীকার্য ঃ** যদি A অবশ্যম্ভাবী বা নিশ্চিত ঘটনা হয়। তবে $P(A) = 1$.

কল্‌মগরভের স্বীকার্যগুলি সরল, আত্মবিরোধিতা মুক্ত, বাস্তবে উপযোগী এবং সম্ভাবনার তিনটি ধর্ম (Property), স্বীকার্য ২-৪-এর মধ্যে দিয়ে ব্যক্ত করে এই সম্পর্কগুলি স্বতঃসিদ্ধ হিসাবে মেনে নিলে কতগুলি উপপাদ্য ও অনুসিদ্ধান্ত বেরিয়ে আসে, যা ভেন্ চিত্র (Venn diagram) সাহায্যে দেখানো যায়। এগুলিই **স্বীকার্য ভিত্তিক সম্ভাবনা তত্ত্বের মূল স্তম্ভ**।

এ বিষয়ে আমরা আরো গভীর তাত্ত্বিক আলোচনায় যাব না।

4.1.7 পরস্পর ব্যতিরেকী ঘটনা (Mutually exclusive events)

দুটো ঘটনাকে পারস্পরিকভাবে স্বতন্ত্র বা ব্যতিরেকী ঘটনা বলা হবে, যদি সেই দুটো ঘটনা কখনও এক সঙ্গে না ঘটে। যেমন, 'হেড' ও 'টেল'। অথবা, {1, 2, 3} এবং {4, 5, 6} কিন্তু {1, 2, 3} ও {3, 4, 5} পারস্পরিকভাবে স্বতন্ত্র নয়, কারণ {3} দুটোর মধ্যেই আছে। অর্থাৎ খুঁটির নিক্ষেপণে '3' পড়লে {1, 2, 3} এবং {3, 4, 5} এই দুটো ঘটনাই ঘটবে। কাজেই এই দুটো পারস্পরিকভাবে স্বতন্ত্র ঘটনা নয়।

---

1. 1933 সালে প্রকাশিত 'Foundation of Probability' বইটিতে। কল্‌মগরভ প্রথম তাঁর স্বীকার্যগুলিকে উপস্থাপন করেন।

4.1.8 সম্ভাবনার যৌগিক সূত্র (Addition/Summation law of probability)

যে কোনো অনধীন, পরস্পর ব্যতিরেকী K সংখ্যক ঘটনা (independent, natually exclusive event) A_1 .....A_i, ...A_k- এর মধ্যে অন্তত একটি ঘটনার সম্ভাবনা হচ্ছে এই ঘটনাগুলির পৃথক পৃথক সম্ভাবনা সমূহের সমষ্টি। এটি সম্ভাবনার যৌগিক সূত্র (addition law) নামে পরিচিত। অর্থাৎ সংকেত চিহ্ন ব্যবহার করলে দাঁড়ায় ঃ

$$P\left(\sum_{i=1}^{k} Ai\right) = \sum_{i=1}^{k_1} P(Ai) \qquad \text{.....(4.5)}$$

যদি A এবং B দুটি অনধীন পরস্পর ব্যতিরেকী ঘটনা হয়। তবে (4.1 এবং 4.2 অনুযায়ী)

$P(A \text{ বা } B) = P(A) + P(B)$

পরস্পর ব্যতিরেকী ঘটনাগুলি নিঃশেষী (exhaustive) হলে $\sum P(A_i) = 1$ ..... (4.6)

এবার আমরা যদি $\overline{A}$ দিয়ে A ঘটনাটির পরিপূরক ঘটনা (Complementary event) অর্থাৎ A অঘটন চিহ্নিত করি, তবে $P(\overline{A}) = 1 - P(A)$ ..... (4.7)

কারণ হলো এই যে A ও $\overline{A}$ পরস্পর ব্যতিরেকী এবং একই সঙ্গে পরস্পর নিঃশেষী। অতএব

$P(A) + P(\overline{A}) = 1$ ..... (4.8)

উদাহরণ 4.4 ঃ ভালো করে মেশানো এক প্যাকেট তাসের মধ্যে একটি টানলে সেটি সাহেব (K) কিংবা টেক্কা (A) হওয়ার সম্ভাবনা কত ?

সমাধান ঃ সাহেব এবং **টেক্কা** একই সাথে হতে পারে না ; তারা পৃথক পরস্পর ব্যতিরেকী ঘটনা। অর্থাৎ এই দুটি ঘটনা নমুনাদেশ (simple space) অধিক্রমন (overlap) করে না। সুতরাং এক্ষেত্রে সম্ভাবনার যৌগিক সূত্র প্রযোজ্য হবে। অতএব,

$$A(A \text{ বা } K) = P(A) + P(K)$$

$$= {}^{4}/_{52} + {}^{4}/_{52} = {}^{8}/_{52} = {}^{2}/_{13}$$

উদাহরণ 4.5 ঃ Polydactyly একটি প্রকট কৌলিক, প্রলক্ষণ (dominant genetic trait) যেখানে হাতে বা পায়ে পাঁচটির বেশি আঙুল থাকে। Polydactyly চরিত্রে হেটেরোজাইগাস (heterozygous) এক পুরুষ এবং এক স্বাভাবিক নারীরে

(i) প্রথম সন্তানে এই প্রলক্ষণ ঘটবার সম্ভাবনা কত ?

(ii) তাদের দ্বিতীয় সন্তানে এই প্রলক্ষণ দেখা দেওয়ার সম্ভাবনাই বা কতো ?

সমাধান ঃ পলিড্যাকটাইলি চরিত্রে হেটেরোজাইগাস — স্বাভাবিক নারী

পুরুষ Pp — pp

↓ — ↓

গ্যামেট P ও P — p ও p

♂ \ ♀	P	p
p	Pp	pp
p	Pp	pp

জাতকের মধ্যে প্রত্যাশিত ফল ঃ $\frac{1}{2}$Pp পরিড্যাকটাইলি

$\frac{1}{2}$Pp স্বাভাবিক

(i) প্রথম সন্তানের পলিড্যাকটাইলি হওয়ার সম্ভাবনা $\frac{1}{2}$

(ii) প্রতিটি সন্তানের জন্ম একটি অনধীন ঘটনা (independent event)। অতএব, দ্বিতীয় সন্তানের পলিড্যাকটাইলি হওয়ার সম্ভাবনাও একই, অর্থাৎ $\frac{1}{2}$.

উদাহরণ 4.6 ঃ একটি মটর গাছ যা 'লম্বা' এবং 'হলুদ' বীজের চরিত্র'র ক্ষেত্রে হেটেরোজাইগাস (heterozygous) তাকে নিয়ে স্ব-পরাগায়ন করানো হয়। উদ্ভিদ জনিতৃর মধ্যে একটি লম্বা ও হলুদ বীজ সম্পন্ন কিংবা লম্বা ও সবুজ বীজ সম্পন্ন মটর গাছ পাওয়ার সম্ভাবনা কতো ? [লম্বা এবং হলুদ বীজ ত্বক প্রকট চরিত্র]।

সমাধান ঃ ধরা যাক মটরগাছটির জেনোটাইপ T/t; Y/y

আপনারা একক 9-এ জেনেছেন যে উল্লিখিত সংকরায়ণ থেকে মেন্ডেলিয় দ্বি-সংকর F_2 অনুপাত পাওয়া যায়। অতএব,

P (লম্বা, হলুদ, T/t; Y/y) = $\frac{9}{16}$

P (লম্বা, সবুজ, T/t; y/y) = $\frac{3}{16}$

এক একটি ঘটনা এক্ষেত্রে পরস্পর ব্যতিরেকী। ফলে সম্ভাবনার যৌগিক সূত্র (addition law) প্রয়োগ করা যাবে। সুতরাং

P (লম্বা, হলুদ বীজ বা লম্বা, সবুজ বীজ) = P(লম্বা, হলুদ বীজ) + P(লম্বা, সবুজ বীজ) = $\frac{9}{16} + \frac{3}{16}$

$= \frac{3}{4}$

অনুশীলনী 4.2 ঃ নিম্নোক্ত চার প্রকার ব্লাড গ্রুপ কৌলিক ফেনোটাইপ এবং এক একটি ব্লাড গ্রুপ হলো ব্যতিরেকী ঘটনা। মোট 5400 মানুষের সমগ্রকে প্রাপ্ত ব্লাড গ্রুপের পরিসংখ্যান নীচে দেওয়া হলো।

ব্লাড গ্রুপ	পরিসংখ্যা
O	2672
A	2041
B	486
AB	201

(i) এই সমগ্রকের একজন মানুষের A ব্লাড গ্রুপ বিশিষ্ট হওয়ার সম্ভাবনা কত ?

(ii) একজনের A কিংবা AB ব্লাড গ্রুপ হওয়ার সম্ভাবনা নির্ণয় করুন।

4.1.9 সম্ভাবনার গুণন সূত্র (Multiplication or product law of probability)

আপনারা এযাবৎ জেনেছেন কীভাবে সম্ভাব্যতার যোগফলের সূত্র প্রযোজ্য হয় পরস্পর বিচ্ছিন্ন/ব্যতিরেকী ঘটনার ক্ষেত্রে। অপরপক্ষে, পরস্পর বিচ্ছিন্ন নয় এমন ঘটনা স্বাধীন বা স্বতন্ত্রভাবে ঘটতেই পারে। পূর্বেই জেনেছেন যে স্বতন্ত্র বা অনধীন ঘটনার (independent event) অর্থ হলো, কোনো একটা ঘটনা অপর কোনো ঘটনাকে প্রভাবিত করবে না। এমনকি তা যদি একই সঙ্গে বা যুগপৎভাবেও (simultaneously) ঘটে। যথা—মেন্ডেলকৃত দ্বিসংকরায়ণ পরীক্ষায় মটর বীজের বর্ণ ও আকৃতি। এই দুটি চরিত্রের বহিঃপ্রকাশ (ফেনোটাইপ) যে স্বাধীনভাবে হয়, তা আপনারা জানেন। স্মরণ করুন যে F_2 জাতকদের মধ্যে ফেনোটাইপের অনুপাত $\frac{9}{16}$ হলুদ, গোল, $\frac{3}{16}$ হলুদ, কুঞ্চিত, $\frac{3}{16}$ সবুজ, গোল এবং $\frac{1}{16}$ সবুজ, কুঞ্চিত

ফেনোটাইপের বীজের বর্ণ

ফেনোটাইপ ঃ বীজের আকৃতি	$\frac{3}{4}$ হলুদ	সবুজ $\frac{1}{4}$
$\frac{3}{4}$ গোল	$\frac{1}{16}$ হলুদ, গোল	$\frac{3}{16}$ সবুজ, গোল
$\frac{1}{4}$ কুঞ্চিত	$\frac{3}{16}$ হলুদ, কুঞ্চিত	$\frac{1}{16}$ সবুজ, কুঞ্চিত

চিত্র 4.1. মটরে 3 : 1 অনুপাতের হলুদ : সবুজ বীজ 3 : 1 অনুপাতের গোল : কুঞ্চিত বীজের সঙ্গে সম্ভাব্য সকলভাবে পুনর্বিন্যস্ত হলে দ্বি-সংকরায়ণ জাত F_2 জাতকদের ফেনোটাইপ মেন্ডেল পরিলক্ষিত 9 : 3 : 3 : 1 অনুপাতে প্রাপ্ত হয়।

হয়। দুটি চরিত্রের এক একটি আলাদাভাবে বিচার করলে যে উক্ত অনুপাতে পৌঁছানো যায়, তা **চিত্র 4.1** -এ দেখানো হল। কেবল বীজের বর্ণ বিচার করলে F_2 জাতকদের মধ্যে $\frac{3}{4}$ হলুদ এবং $\frac{1}{4}$ সবুজ বীজ আশা করতে পারি। অনুরূপভাবে বীজের আকৃতি বিচার করলে F_2 জাতকদের মধ্যে $\frac{3}{4}$ গোলাকার এবং $\frac{1}{4}$ কুঞ্চিত বীজ পেতে পারি। বীজ বর্ণ ও আকৃতি **স্বাধীনভাবে** সঞ্চালিত হয় বলে $\frac{3}{4}$ হলুদ বীজের মধ্যে $\frac{3}{4}$ বীজ হবে গোলাকার। ফলে, প্রাপ্ত হলুদ, গোলাকার বীজের মোট অনুপাত দাঁড়াবে $\frac{3}{14} \times \frac{3}{14} = \frac{9}{16}$।

একইভাবে $\frac{1}{4}$ সবুজ বর্ণের বীজের মধ্যে $\frac{1}{4}$ হচ্ছে কুঞ্চিত প্রকৃতির এবং তার ফলে মোট $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4}$ $= \frac{1}{16}$ অনুপাতে সবুজ। কুঞ্চিত প্রকৃতির বীজ পাচ্ছি। দ্বি-সংকরণজাত অন্যান্য F_2 ফেনোটাইপ শ্রেণির অনুপাত, এমন তির্যক গুণফল বা বজ্রগুণন (Cross multiplication) দ্বারা সহজেই পাওয়া যায়। (চিত্র 4.1)।

একই পিতা-মাতা (জনিতার) মধ্যে নিষেক জাত পরবর্তী এক একজন জাতকের জন্ম এক একটি পৃথক বা স্বতন্ত্র ঘটনা। অর্থাৎ, প্রথম জাতকটির জিনোটাইপ পরবর্তী জাতকের জিনোটাইপের আপেক্ষিক অনুপাতকে কোনোভাবে প্রভাবিত করে না।

স্বাধীন ঘটনাবলীর (স্বতন্ত্রভাবে বিন্যস্ত চরিত্র বা আনুক্রমিক জাতকে) পৃথক অনুপাত সমূহের গুণফল তাদের একত্রে সমন্বিত গুণাবলীর প্রতিফলন। এটিই গুণন সূত্রের মূল কথা।

সম্ভাবনার গুণন সূত্র (multiplication law of probability) ঃ

দুটি স্বতন্ত্র ঘটনা A এবং B-র যুগপৎভাবে ঘটবার সম্ভাবনা পৃথক সম্ভাব্যতার গুণফল। অর্থাৎ,

$$P(A \text{ এবং } B) = P(A) \times P(B) \qquad \text{......(4.9)}$$

Set Theory-র সংকেতচিহ্ন ব্যবহার করলে দাঁড়ায়

$$P(A \cap B) = P(A) \times P(B) \qquad \text{......(4.10)}$$

উদাহরণ 4.7 ঃ একটি পরিবারে দুটি শিশু আছে। ধরা যাক, একটি শিশুর ছেলে বা মেয়ে হওয়ার সম্ভাবনা $\frac{1}{2}$ তবে, নীচের ঘটনাগুলির সম্ভাবনা বের করুন ঃ

(a) দুটি শিশুই ছেলে

(b) দুটি শিশুই মেয়ে

(c) দুটি শিশু একই লিঙ্গের।

সমাধান ঃ (a) এখানে, 'প্রথম শিশুটি ছেলে হওয়া' এবং 'দ্বিতীয় শিশুটির ছেলে হওয়া' এই দুটি ঘটনা পরস্পর স্বতন্ত্র বা অনধীন। কাজেই, সম্ভাবনার গুণন সূত্র অনুসারে (সমীকরণ 4.9 ও 4.10)

P (দুটি শিশুই ছেলে) = P (প্রথম শিশুটি ছেলে) × P (দ্বিতীয় শিশুটি ছেলে)

$$= \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$$

$$= \frac{1}{4}$$

(b) একই যুক্তি অনুসারে

P (দুটো শিশুই মেয়ে) = P (প্রথম শিশুটি মেয়ে) × P (দ্বিতীয় শিশুটি মেয়ে)

$$= \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$$

$$= \frac{1}{4}$$

(c) 'দুটি শিশু একই লিঙ্গের' এই ঘটনাটি দুভাবে হতে পারে—হয় দুটিই ছেলে, নয়তো দুটিই মেয়ে। এই ঘটনা দুটি পারস্পরিক ভাবে স্বতন্ত্র। সুতরাং সম্ভাবনার যোগফল সূত্র অনুসারে। P (দুটি শিশু একই লিঙ্গের)

= P (দুটি শিশুই ছেলে) + P (দুটি শিশুই মেয়ে)

$$= \frac{1}{4} + \frac{1}{4}$$

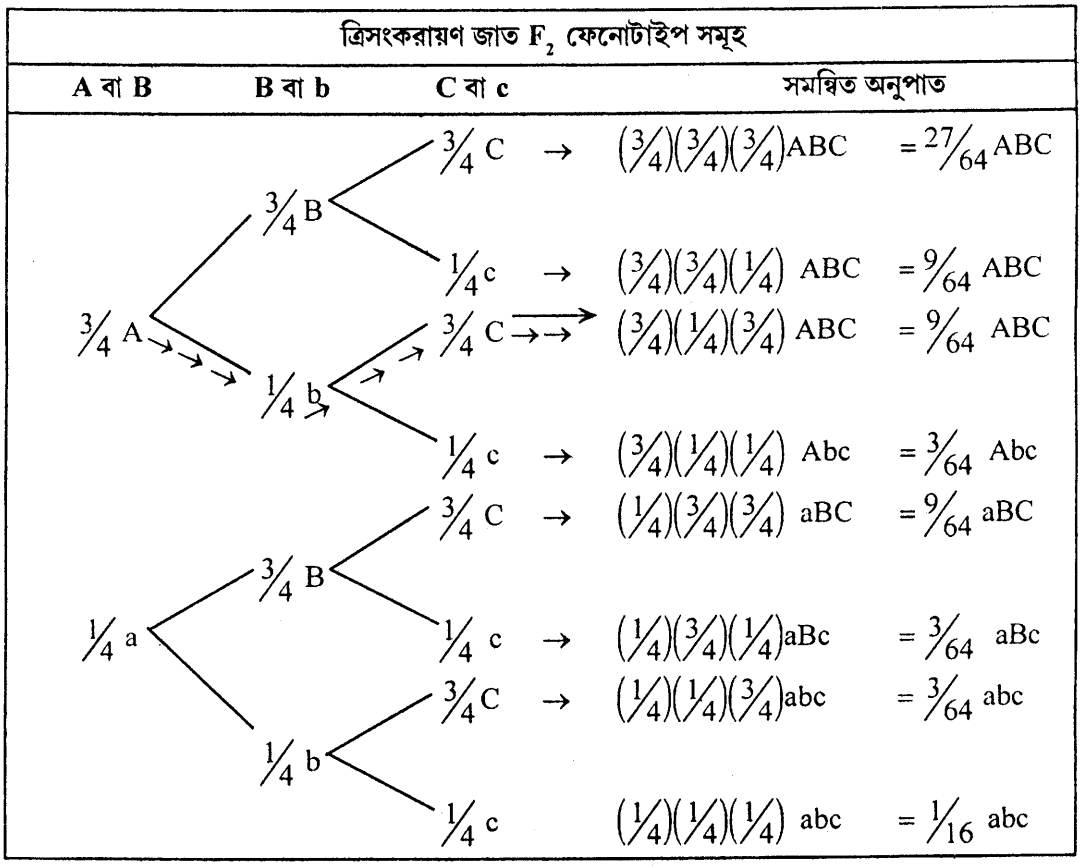
$$= \frac{1}{2}$$

উদাহরণ 4.8 ঃ কৌলিকবিদ্যায় F_2 অপত্যের ফেনোটাইপগত অনুপাত নির্ধারণে বহুল ব্যবহৃত বিভক্ত রেখা পদ্ধতি (forked-line method)-র ভিত্তি, সম্ভাবনার গুণন সূত্র।

আপনারা দেখেছেন যে দুটি দ্বি-সংকরণ পরীক্ষা (হলুদ, গোল × সবুজ, কুঞ্চিত বীজের ক্রস), দুটি পৃথক একক সংকরণের (হলুদ × সবুজ বর্ণ ; গোলাকার × কুঞ্চিত বীজ) সম্মলিত রূপ। এক ধাপ এগিয়ে, একটি **ত্রিসংকরায়ণ পরীক্ষাকে (trihybrid cross) তিনটি পৃথক একক সংকরায়ণ পরীক্ষার সমন্বয় হিসেবে গণ্য করতে পারি (চিত্র 4.2)**। কারণ স্বাধীন বণ্টনের মাধ্যমে সৃষ্ট, তিনজোড়া অ্যালিল সমন্বিত গ্যামেটের নিষেক কালের মিলন সম্পূর্ণ স্বাধীন এবং আক্রম ঘটনা (Independent, random event) হিসাবে বিবেচিত হয়। অতএব, সম্ভাবনার গুণন সূত্র অনায়াসে প্রয়োগ করা চলে।

একটু খেয়াল করে দেখুন (চিত্র 4.2) যে সমন্বিত ফেনোটাইপের অনুপাত গণনা করা হয়েছে। রেখাচিত্রের এক একটি শাখা বরাবর ভগ্নাংশগুলির গুণ করে। যথা—AbC ফেনোটাইপের অনুপাত (ছোট তীর চিহ্ন দ্বারা নির্দেশিত) পেয়েছি। পর্যায়ক্রমে $\frac{3}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{3}{4}$ গুণ করে। যার গুণফল $\frac{9}{64}$ AbC। উক্ত চিত্রানুসারে প্রাপ্ত ত্রিসংকরায়ণজাত F_2 জাতকের ফেনোটাইপগত অনুপাত দাঁড়ালো 27 : 9 : 9 : 9 : 3 : 3 : 3 : 1 একই পদ্ধতিতে আপনারা যে কোনও সংখ্যক অ্যালিল জোড় নির্দেশিত সংকরায়ণজাত F_2 অপত্যের ফেনোটাইপগত শ্রেণি বিশ্লেষণ করতে পারবেন। অবশ্য যদি অ্যালিল-জোড়াগুলি পরস্পর হতে স্বাধীনভাবে

বণ্টিত হয়। এবং ত্রিসংকরায়ণ পরীক্ষায় $4^3 = 64$ ঘরের পানেট-স্কোয়ার (Punnett Square) নির্মাণের প্রথাগত পদ্ধতি তুলনায় রেখা পদ্ধতির প্রয়োগ যে অনেক সরল এবং অল্প সময় লাগে, তা বুঝতেই পারছেন। এখানেই সম্ভাবনার গুণন সূত্রের সার্থকতা।



চিত্র 4.2 ঃ বিভক্ত রেখা পদ্ধতি ব্যবহার করে সম্ভাবনার গুণন সূত্র। এখানে ত্রিসংকরায়ণজাত F_2 অপত্যের ফেনোটাইপগত অনুপাত দেখানো হয়েছে।

ট্রান্সমিশন জেনেটিকস (transmission genetics) চর্চায় সম্ভাবনার যোগফল ও গুণন দুটি খুবই উপযোগী। তা বলাই বাহুল্য। সম্ভাবনা নির্ণয় করতে হলে সেই বংশানুস্মৃতির বিশেষ প্রকৃতি, অ্যালিল সমূহের চরিত্র (কোন্‌টি প্রকট এবং কোন্‌টি প্রচ্ছন্ন ইত্যাদি) এবং সংকরণজাত অপত্যগুলির পৃথক সম্ভাবনা অবশ্য জানা দরকার।

4.2 সমসম্ভব নমুনাসংগ্রহ (Random sampling)

সমগ্রক (Population) থেকে নমুনা (sample) নিয়ে সেটি বিচার করে সমগ্রকের বিভিন্ন বৈশিষ্ট্য নিয়ে সিদ্ধান্ত গ্রহণ দীর্ঘদিনের রীতি। একক 1-এ সমগ্রক ও নমুনার সংজ্ঞা দেওয়া হয়েছে। সমগ্রক যেখানে

একটি বৃহদাকারের সংগ্রহ (Collection)। সেখানে নমুনা তার থেকে নেওয়া একটি ছোট অংশ। সুতরাং নমুনা সমগ্রকের বৈশিষ্ট্য জানতে গেলে নমুনাকে অবশ্যই প্রতিনিধিত্বমূলক (representative) হতে হবে। তবে সমগ্রকের প্রতিটি অংশ নিয়ে পর্যবেক্ষণ করা অধিকাংশ ক্ষেত্রেই অবাস্তব মনে হবে। তাই ক্ষেত্র সমীক্ষা বা নমুনা সমীক্ষা (sample survey) এতো জনপ্রিয়। ক্ষেত্র সমীক্ষার জনপ্রিয়তার মূলে আছে তার কিছু গুণাগুণ। যেমন—

(ক) ক্ষেত্র সমীক্ষায় সময় যথেষ্ট কম লাগে, (খ) খরচও কমে যায়, (গ) ক্ষেত্র সমীক্ষার ফলাফল অনেক বেশি সঠিক এবং (ঘ) ক্ষেত্র সমীক্ষায় কতটুকু ভুল হয়েছে তার যথাযথ হিসেব করা যায় এবং একে কমানোও যায়। অনেক সময়, যেমন ভোটের আগে জনগণের মতামত জানার জন্য যে সমীক্ষা (opinion poll), ফলাফল খুব দ্রুত জানার প্রয়োজন হয়। সেক্ষেত্রে ক্ষেত্র সমীক্ষা-ছাড়া কোনো উপায় থাকে না। সে যাই হোক না কেন, নমুনা প্রতিনিধিত্বমূলক না হলে তার থেকে যত রকম সিদ্ধান্ত গ্রহণ করা যায় সবই ভুল হওয়ার সম্ভাবনা থাকে। তাই প্রতিনিধিত্বমূলক হওয়াটা নমুনার প্রথম শর্ত।

রাশিবিজ্ঞানে প্রতিনিধিত্বমূলক নমুনা বলতে সাধারণত বোঝায় **সমসম্ভব নমুনা** (random sample)। ধরা যাক, এক ঝুড়ি আপেল থেকে কয়েকটি আপেল নেওয়া হবে। একজন ঝুড়ির উপরের থেকে কয়েকটা নিয়ে নিল। এই নমুনা প্রতিনিধিত্বমূলক নাও হতে পারে। কারণ দেখা গেল যে, বড় আপেলগুলো ঝুড়ির তলার দিকে আছে। এইভাবে তোলার ফলে উপরের আপেলগুলো নমুনায় চলে এলে। কিন্তু তলারগুলো কোনো সুযোগই পেল না। সমসম্ভব নমুনা এমনভাবে নেওয়া হয়, যাতে প্রতিটি আপেলের নমুনার অন্তর্ভুক্তির সমান সম্ভাবনা থাকে। সব আপেলকে সমান সম্ভাবনা না দিয়ে উপরের থেকে যে নমুনা নেওয়া হল, তাকে বলা হবে **বিচারপ্রসূত নমুনা** (judgement sample) সম্ভাবনা তত্ত্ব দিয়ে এই ধরনের নমুনার বিচার করা যায় না। শুধু তাই নয়, এই নমুনা থেকে প্রাপ্ত সিদ্ধান্তে কত পরিমাণ ভুল আছে তাও মাপা যায় না। কাজেই বিচারপ্রসূত নমুনার কোন বৈজ্ঞানিক ভিত্তি নেই।

সমগ্রকের প্রতিটি উপাদান কোন নমুনায় অন্তর্ভুক্ত হওয়ার সম্ভাবনা সমান এবং স্বতন্ত্র হলে, তাকে সমসম্ভব নমুনা (random sample) বলে।

অতএব, একটি সমগ্রক সংখ্যা (population size) N থেকে একটি n সংখ্যা বিশিষ্ট নমুনা (sample size n) নির্বাচন করলে মোট $\begin{bmatrix} N \\ n \end{bmatrix}$ (n সংখ্যক) নমুনা পাওয়া সম্ভব। সম্ভাব্য প্রতিটি নমুনার অন্তর্ভুক্তির সম্ভাবনা (probability) এক্ষেত্রে $\frac{1}{\begin{bmatrix} N \\ n \end{bmatrix}}$ হবে পদ্ধতিটি সরল **সমসম্ভব নমুনা সংগ্রহ** (simple random sampling) হিসাবে চিহ্নিত হবে।

ধরা যাক একটি সমগ্রকের পাঁচটি উপাদান বা একক হলো 1, 2, 3, 4 ও 5। এখানে মোট $\begin{bmatrix} 5 \\ 2 \end{bmatrix} = 10$ টি 2-সংখ্যক ভিন্ন নমুনা আছে। এগুলি হলো (1, 2), (1, 3), (1, 4), (1, 5), (2, 3), (2, 4), (2, 5), (3, 4), (3, 5) এবং (4, 5)। সম্ভাব্য এই 10টি নমুনা থেকে আমরা কেবল একটি নির্বাচন করবো। সুতরাং, একটি 2-সংখ্যক নমুনা নির্বাচনের সম্ভাবনা $\frac{1}{10}$ হলো। যে কোনো 2-সংখ্যক নমুনার সম্ভাবনা এই একটিই হবে।

আমরা যেন মনে রাখি, যে **সম্ভাবনাশ্রয়ী নমুনা সংগ্রহের পদ্ধতি** (probability sampling techniques) একাধিক, যেমন—**সমসম্ভব (সরল ও স্তব-বিন্যস্ত)** (random sample and stratified), **নিয়মানুগ** (systematic), **গুচ্ছ** (Cluster) **বহুবিভাগী** (multistage) ইত্যাদি। কোন্ পদ্ধতি তার সবিশেষ উল্লেখ না থাকলে আমরা ধরে নেব যে সরল সমসম্ভব নমুনা সংগ্রহের কথাই বলা হচ্ছে।

4.2.1 সমসম্ভব নমুনা পাওয়ার উপায়

ধরা যাক, একটি বাক্সে 20টি বল আছে যাদের আকার এবং রং একই প্রকারের। এখান থেকে 5টি বল-এর একটি সমসম্ভব নমুনা পেতে হবে। একটি উপায় হলো, বলগুলিকে খুব ভালো করে বাক্সের মধ্যে মিশিয়ে সেখান থেকে 5টি বল তোলা। তাস খেলায় যেমন তাস বিতরণের আগে তালগুলিকে ভালো করে মেশানো হয়। ভালো করে মেশানোর উদ্দেশ্য তালগুলিকে প্রতিনিধিত্বমূলক করে তোলা।

কিন্তু সমস্যা হবে, যদি একদল ছাত্রের মধ্যে থেকে একটি প্রতিনিধিত্বমূলক নমুনা নিতে হয়। কারণ এ ক্ষেত্রে ছাত্রদের বাক্সে ঢুকিয়ে মেশানোর কোনো উপায় নেই! এই ধরনের সমস্যায় **সমসম্ভব সংখ্যাসারি** (random number series) কাজে লাগানো হয়। এই সংখ্যাগুলি এমনভাবে তৈরি করা হয়েছে যাতে এদের প্রতিটির উপস্থিতির সম্ভাবনা সমান। এই সংখ্যাগুলি বইয়ে পাওয়া যায়। এছাড়া আধুনিক গণকযন্ত্রে (scientific calculator or computer) ও এদের পাওয়া যায়। ধরা যাক, মোট ছাত্র সংখ্যা 35 সেখান থেকে দুজনের একটি নমুনা দিতে হবে। প্রথমেই ছাত্রদের 1 থেকে 35 এই সংখ্যাগুলি দিয়ে পরপর সংখ্যায়িত করা হল। তারপর সমসম্ভব সংখ্যাসারি থেকে দুই অঙ্কের (two digits) দুটি সংখ্যা নেওয়া হলো। ধরা যাক, সে দুটি হলো 04 এবং 31। সেক্ষেত্রে ছাত্রদের সমসম্ভব নমুনা হবে সে দুটি ছাত্র যাদের ক্রমিক সংখ্যা 4 ও 31। যদি অন্য কোনো সংখ্যা এসে যায়, যেমন 45 বা 98, সেগুলোকে বাদ দিয়ে নতুন করে সংখ্যা নিতে হবে। অর্থাৎ কোনো সংখ্যা 35-এর বেশি হলে সেটা বাদ দিয়ে আবার নতুন সংখ্যা তুলতে হবে। এইভাবে যেকোনো ক্ষেত্রে সমসম্ভব নমুনা পাওয়া যাবে।

4.3 প্রকল্প বিচার (hypothesis testing)—প্রারম্ভিক ধারণা

আগেই বলেছি যে, নমুনার উপর ভিত্তি করে সমগ্রক সম্বন্ধে ধারণা করা হয়। কারণ সমগ্রক সাধারণত এত বড় হয় যে এটিকে সম্পূর্ণরূপে পর্যবেক্ষণ করা যায় না। অনুশীলনী 2.3-তে আমরা একটি ধান উৎপাদনের পরিসংখ্যা বিভাজন আলোচনা করেছি। যেখানে মোট পরিসংখ্যা 50। এটাও একটি নমুনা। কারণ সম্ভাব্য সব ধান উৎপাদনের রাশিতথ্য এতে নেই। সেটা বাস্তবে কখনও সম্ভব নয়। একইভাবে পশ্চিমবঙ্গের ছাত্রদের গড় উচ্চতা বের করতে হলে আমরা সব সম্ভাব্য ছাত্রের উচ্চতা মাপি না। বরং একটা নমুনা নেওয়া হয়। সেটা 100 ছাত্রের নমুনা হতে পারে, 1000 ছাত্রের নমুনা হতে পারে, কী তারও বেশি ছাত্রের নমুনা হতে পারে। এই নমুনার গড় উচ্চতা থেকে পশ্চিমবঙ্গের সব ছাত্রের উচ্চতার একটা অনুমান করা হয়। এই অনুমান ঠিক হতে পারে। আবার ঠিক নাও হতে পারে। কারণ এটা নমুনা নির্ভর। এই অনুমানকেই আমরা **প্রকল্প** (hypothesis) বলি। কাজেই প্রকল্প হলো সমগ্রকের (নমুনার নয়) কোনো বৈশিষ্ট্য সম্পর্কে একটি বিবৃতি বা ধারণা, যেমন, 'পশ্চিমবঙ্গের ছাত্রদের গড় উচ্চতা 5.25 ফুট'। কিংবা

'একটি সংকরায়ণ পরীক্ষালব্ধ জাতকের পরিসংখ্যান 9 : 7 অনুপাত ইঙ্গিত করছে।' এটাকে **মুখ্য প্রকল্প** (null hypothesis)-ও বলা হয়। এই মুখ্য প্রকল্পের সততা যাচাই করাই প্রকল্প বিচারের উদ্দেশ্য।

4.3.1 মুখ্য প্রকল্প (null hypothesis $\underline{H}_O$)

সত্যি না হলে তবে কী সত্যি হবে, সেটাও বিচার করার বিষয়। কাজেই প্রকল্প বিচারে মুখ্য প্রকল্প ছাড়াও আরেকটি প্রকল্প থাকে। যাকে বলা হয় **বৈকল্পিক প্রকল্প** (alternative hypothesis- $\underline{H}_A$) এটা মুখ্য প্রকল্পের পরিপূরক। মুখ্য প্রকল্প সত্যি হলে এটা মিথ্যে হবে। আর মুখ্য প্রকল্প মিথ্যা হলে এটা সত্যি হবে। যে কোনো প্রকল্প বিচারের শুরুতে এই দুই ধরনের প্রকল্প সম্বন্ধে স্পষ্ট ধারণা থাকা উচিত। সংশ্লিষ্ট বিষয়ে বিশেষজ্ঞ ব্যক্তিরাই কেবলমাত্র ঠিকমতো প্রকল্পদ্বয় উল্লেখ করতে পারেন, তা বলাই বাহুল্য। প্রকল্প বিচারে দুধরনের ভুল করা হয়। একটি ঠিক প্রকল্পকে যদি ত্যাগ (reject) করা হয়, সেটা হলো **প্রথম প্রকার ভ্রান্তি** (Type I error)। এই ঠিক প্রকল্পটি মুখ্য প্রকল্প অথবা বৈকল্পিক প্রকল্প হতে পারে। আবার, একটি ভুল প্রকল্পকে যদি গ্রহণ (accept) করা হয়, সেটা হবে **দ্বিতীয় প্রকার ভ্রান্তি** (type II error)। **প্রথম প্রকার ভ্রান্তির সম্ভাবনাকে সংশয়মাত্রা** (level of significance α) **বলা হয়**। এবং দ্বিতীয় প্রকার ভ্রান্তির সম্ভাবনা (β) 1 থেকে বাদ দিলে $(1-\beta)$ একটি **বিচারপদ্ধতির শক্তি** (Power of the cost) পাওয়া যায়।

সংশয়মাত্রা এবং শক্তি দুটোকে একসঙ্গে নিয়ন্ত্রণ করা যায় না। সেইজন্য প্রকল্প বিচারের নিয়ম হলো সংশয়মাত্রাকে ছোট (অর্থাৎ নীচু) মাত্রায় রেখে শক্তিকে বাড়িয়ে যাওয়া। সংশয়মাত্রাকে সাধারণ 0.01, 0.05 এই দুটি মানে বেঁধে রাখা হয়। এরা হলো, একটি সঠিক প্রকল্পকে পরিত্যাগ করবার সম্ভাবনা (probability), এই সম্ভাবনা যতো ছোট হয়, ততই ভাল। এর পরের ধাপ হলো এমন একটি প্রকল্প বিচার পদ্ধতি ব্যবহার করা, যার জন্য শক্তি সবচেয়ে বেশি হয়। এই শক্তি (যেটা আসলে সম্ভাবনা) সব বেশি হয় ততই ভাল। তবে একে 1 কখনও করা যায় না।

উদাহরণ 4.9 ঃ ধরা যাক, একটি মুদ্রার 'হেড' পড়ার সম্ভাবনা p এবং 'টেল' পড়ার সম্ভাবনা 1–p, p-এর মান '0' এবং '1' মধ্যে আছে। ধরা যাক, p-এর মান সত্যিই কতো সেটা অজানা। সেক্ষেত্রে একজন রাশিবিজ্ঞানী একটি প্রকল্প ভারতে পারে সেটি হলো p-এর মান $\frac{1}{2}$। এটিই আমাদের মুখ্য প্রকল্প। এক্ষেত্রে বৈকল্পিক প্রকল্পটি হতে পারে 'p-এর মান $\frac{1}{2}$ নয়'। অর্থাৎ $\underline{H}_0 = \frac{1}{2}$, $\underline{H}_A \neq \frac{1}{2}$ প্রকল্প বিচারে এই ধরনের সমস্যা সমাধান করা হয়।

4.4 সংশয় বিচার (Test of significance)

আগের উদাহরণটিতে আমাদের লক্ষ p-এর সম্বন্ধে একটি প্রকল্প বিচার, যেখানে প্রকল্পটি হল p-এর মান $\frac{1}{2}$। এখানে p হল একটি মুদ্রার 'হেড' পড়ার সম্ভাবনা। এই প্রকল্প বিচারের প্রথম পদক্ষেপ হিসেবে আমরা মুদ্রাটিকে বেশ কিছু বার, ধরা যাক 100 বার নিক্ষেপ করব। যদি এর মধ্যে 45 বার 'হেড' এবং '55' বার 'টেল' পড়ে (এই সংখ্যা অন্য কিছুও হতে পারে), তবে p-এর মানের একটি অনুমান বা

প্রাককলক (estimator) হবে $\frac{45}{100} = 0.45$ । যদি 'হেড' 52 বার পড়ে, তবে এই **প্রাককলক** হবে $\frac{52}{100} = 0.52$ । এর কারণ হল, সম্ভাবনার সংজ্ঞা অনুযায়ী 0.45 (বা 0.52) আসলে 'হেড়' পড়ার সম্ভাবনা দিচ্ছে। সেটা আসল কথা, সত্যিকারের সম্ভাবনা $\frac{1}{2} = 0.50$ হলেও মুদ্রা নিক্ষেপ করে (অর্থাৎ নমুনা নিয়ে) যে সম্ভাবনা পাওয়া যাচ্ছে, সেটা 0.50 থেকে আলাদা হতে পারে। আবার সত্যিকারের সম্ভাবনা 0.50 নয় বলেও আলাদা হতে পারে। সংশয় বিচারের লক্ষ হলো 0.50–0.45 বা 0.50–0.52। এই পার্থক্যগুলিকে বিচার করা। বিচারে যদি দেখা যায় যে, এই পার্থক্য অবহেলা করা যায় না এবং এর গুরুত্ব আছে, তখন মুখ্য প্রকল্পটিকে ভুল ধরে নিতে হবে। কারণ নমুনা থেকে প্রাপ্ত তথ্য প্রকল্পকে সমর্থন করছে না যার ফলে 0.50–0.45 (বা 0.50–0.52) এই পার্থক্যগুলি **তাৎপর্যপূর্ণ** (significant) হয়েছে। এমতাবস্থায় মুখ্য প্রকল্প ত্যাগ করে বৈকল্পিক প্রকল্পকে গ্রহণ করা হয়।

প্রকল্প থেকে প্রাপ্তমান ও নমুনাজাত মানের পার্থক্য **তাৎপর্যপূর্ণ নয়** (অর্থাৎ insignificant) এই কথার অর্থ হলো, নমুনা থেকে প্রাপ্ত তথ্য মুখ্য প্রকল্পকে সমর্থন করছে। কাজেই মুখ্য প্রকল্প গৃহীত হবে। এক্ষেত্রে প্রত্যাশিত মান অপেক্ষা যে সামান্য চ্যুতি (deviation) দেখা গেছে, তা স্বাভাবিক পরীক্ষালব্ধি ভ্রান্তি বলে উপেক্ষা করা যায়। শেষ সমস্যা হলো, কী করে বোঝা যাবে যে একটি বিয়োগফল (বা পার্থক্য) তাৎপর্যপূর্ণ বা তাৎপর্যপূর্ণ নয় ? এটা বোঝার উপায় হল, সংশয়মাত্রার (level of significance) নির্দিষ্ট মানের জন্য একটি মান পাওয়া যায় (বই থেকে, বা অন্য প্রদত্ত তালিকা table (থেকে) যাকে বলা হয় **'প্রত্যন্ত মান'** (critical value)। উপরে আলোচিত বিয়োগফল বা পার্থক্য এই প্রত্যন্তমান থেকে ছোট হলে তাকে **তাৎপর্যহীন** (insignificant) বলা হবে। আর যদি বড় হয়, তবে সেটিকে **তাৎপর্যপূর্ণ** বলা হবে এবং মুখ্য প্রকল্প ত্যাগ করা হবে। যদি সংশয়মাত্রা 0.01 নেওয়া হয়, তবে বলা হবে যে, মুখ্য প্রকল্পকে 1% সংশয়মাত্রায় বর্জন করা হলো (rejected at 1% level of significance)।

প্রকল্প বিচারের আরেকটি দিক হলো যোগ্য **বিচার-নমুনাঙ্কের** (test statistic) নির্বাচন যেমন, z, t, η^2 প্রভৃতি। আগে যে বিয়োগফল বা বিচ্যুতি ইত্যাদির কথা বলা হলো, সাধারণত সেভাবে বিয়োগফল বা বিচ্যুতি বের না করে একটি বিচার-নমুনাঙ্ক নির্বাচন করা হয় যার মধ্যে এই পার্থক্য ধরা থাকে। তার পর দুটো অঞ্চলের কথা ভাবা হয়—**গ্রহণ অঞ্চল** (acceptance region) ও **বর্জন অঞ্চল** (rejection region) এইগুলো নির্বাচন করা হয় প্রদত্ত সংশয়মাত্রা অনুযায়ী। যদি বিচার-নমুনাঙ্কের মান গ্রহণ অঞ্চলে পড়ে, তবে মুখ্য প্রকল্পটি গৃহীত হয়। আর যদি বিচার নমুনাঙ্কের মান বর্জন অঞ্চলে পড়ে তবে মুখ্য প্রকল্পটি বর্জিত হয়।

বিচার নমুনাঙ্ক কী ধরনের হবে, সেটি সংশ্লিষ্ট সমস্যার উপর নির্ভর করে। বিভিন্ন সমস্যায় এর চেহারা বিভিন্ন হয়।

4.5 t বিচার নমুনাঙ্ক (t-test)

একটি সমগ্রকের কথা ভাবা যাক যার গাণিতিক গড় ও ভেদমান দুটোই অজানা। যেমন, কোনো এক উদ্ভিদ প্রজাতির কোশ চক্রের সময় (cell cycle time)-এর যে সমগ্রক তার গড় ও ভেদমান আমাদের নাও

জানা থাকতে পারে। একজন গবেষক সেক্ষেত্রে গড় নিয়ে কোনো প্রকল্প বিচার করতে পারে। উদাহরণস্বরূপ গবেষকের মুখ্য প্রকল্প হতে পারে 'একটি উদ্ভিদ প্রজাতির কোশ চক্রের গড় সময় 15.5 ঘণ্টা' এবং বৈকল্পিক প্রকল্প হতে পারে 'উদ্ভিদ প্রজাতিটির গড় কোশ চক্রের সময় 15.5 ফুট নয়'। এ ব্যাপারগুলোকে সাধারণত এইভাবে লেখা হয় ঃ

(মুখ্য প্রকল্প) H_O ঃ একটি উদ্ভিদ প্রজাতির কোশ চক্রের গড় সময় 15.5 ফুট ঘণ্টা।

(বৈকল্পিক প্রকল্প) H_A ঃ একটি উদ্ভিদ প্রজাতির কোশ চক্রের সময় 15.5 ঘণ্টা নয়।

এটা মনে রাখতে হবে যে, t বিচার-নমুনাঙ্ক তখনই ব্যবহার করি যখন সমগ্রকের কোনো পূর্ণকাঙ্ক (parameter) নিয়ে কোনো প্রকল্প বিচার করা হয়।

উদাহরণ 4.10. অনুশীলনী 2.3-তে ধান উৎপাদনের যে পরিসংখ্যা বিভাজন দেওয়া হয়েছে, সেটা 50টি অপেক্ষণের (observation) উপর নির্ভর করে আছে। অর্থাৎ এটি একটি নমুনার পরিসংখ্যা বিভাজন। এখানে সমগ্রকের গড় ও ভেদমান অজ্ঞাত। শুধু নমুনা থেকে প্রাপ্ত 4.75 কিলোগ্রাম ও সমক চ্যুতি = 0.92 কিলোগ্রাম জানা আছে (অনুশীলনী 3.4 দেখুন)। কাজেই কোনো গবেষক যদি একটি মুখ্য প্রকল্প H_O : গড় = 4.5 কিলোগ্রাম।

(বিকল্প H_A : গড় 4.5 কিলোগ্রাম নয়) বিচার করতে চান, তাঁকে t-বিচার নমুনাকে ব্যবহার করতে হবে।)

● **t-বিচার নমুনাঙ্ক (t-test)-এর সংজ্ঞা ঃ** এটি ছোট নমুনার ক্ষেত্রে প্রযোজ্য একটি সংশয় বিচার পন্থী (test of significance)। এখানে কোনো এক সমগ্রক পূর্ণকাঙ্ক (population parameter) ও তার নমুনাঙ্কের মধ্যে (statistic) প্রভেদ এবং সেই নমুনাঙ্কের সমক ভ্রান্তির (standard error of the statistic) অনুপাত নির্ণয় করা হয়।

● **স্বতন্ত্র সমগ্রকের ক্ষেত্রে ব্যবহৃত t-বিচার ঃ** একটি নর্মাল সমগ্রক (normal formulation) যার গড় মান μ এবং সমক চ্যুতি s তার থেকে n সংখ্যা বিশিষ্ট কোনো নমুনা আহরণ করলে t-বিচার দাঁড়াবে,

$$t = \frac{\bar{y} - \mu}{s_{\bar{y}}} \qquad \text{..... (4.11)}$$

যেখানে $\bar{y}$ = নমুনাঙ্কের গড় (sample mean)

μ = সমগ্রকের গড় (population as parametric mean)

$s_{\bar{y}}$ = গড়ের সমক ভ্রান্তি (standard error of mean, SEM)

এই t-নমুনাঙ্ক **স্টুডেন্টস t** (student's **t**) নামে অধিক পরিচিত।

এই নমুনাঙ্ক বিচার, **t নিবেশন** (t-distribution) অনুসকরণ করে n–1 **মুক্ত মাত্রা** (degrees of freedom) নিয়ে। কোনো এক বিশেষ সংশয় মাত্রায় (level of significance) গণনা করা t-এর মান, t-সারণিতে লিপিবদ্ধ প্রত্যন্ত মানের সঙ্গে তুলনা করে, মুখ্য প্রকল্প গ্রহণ বা বর্জনের সিদ্ধান্তে পৌঁছানো যায়।

উল্লেখ করা দরকার, যে t-বিচার করতে গেলে, চালক অবিচ্ছিন্ন (continuous variable) হওয়া দরকার এবং নমুনাঙ্কের উৎস নর্মাল সমগ্রক (normal population) হওয়া অত্যাবশ্যক।

উদাহরণ 4.11 ঃ একটি জমিতে পরীক্ষামূলক ভাবে 16টি ভুট্টা গাছ লাগানো হয় এবং নির্দিষ্ট সময়ে পরিণত গাছের উচ্চতা মাপা হয়। এই জাতের ভুট্টা সমগ্রকের, গড় উচ্চতার সঙ্গে উক্ত নমুনাটির গড় উচ্চতার প্রভেদের উপর ভিত্তি করে গবেষকরা জানতে চায় নমুনা ও সংগ্রকের মধ্যে কোনো পার্থক্য আছে কি না।

নমুনা সংখ্যা ঃ $n = 16$

নমুনার গাণিতিক গড় ঃ $\bar{y} = 7.4$ ft.

সমগ্রকের গাণিতিক গড় ঃ $\mu = 7.0$ ft.

এখানে, $\underline{H}_0 : \mu = 7.4$ ft

$\underline{H}_A : \mu \neq 7.4$ ft

গড়ের সমক ভ্রান্তি, $\frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.5589}{\sqrt{16}} = 0.1397$

(এই নমুনায় সম চ্যুতির মান, $s = 0.5589$)

সুতরাং, $t = \frac{\bar{y} - \mu}{s_{\bar{y}}} = \frac{7.4 - 7.0}{0.1397} = 2.863$

মুক্ত মাত্রা $(\nu) = n - 1 = 16 - 1 = 15$

আমরা t-সারণিতে পরিশিষ্ট-মুক্ত মাত্রা 15 এবং $\alpha = 0.05$-এ প্রত্যন্ত মান 2.131 পাই। অতএব, আমাদের লব্ধ মান, অর্থাৎ 2.863, সারণির মানের থেকে বেশি হওয়ায়, মুখ্য প্রকল্প বর্জন করতে হচ্ছে। অর্থাৎ $|t| > t_{0.05[15]}$: reject null hypothesis

সুতরাং $\underline{H}_A : \mu \neq 7.4$ ft গৃহীত হলো।

কিন্তু প্রকৃত গড় মান 7.4 ft না হওয়া মানে, মান এর কম বা বেশি হতে পারে। সেই কারণে এই পরীক্ষাটিকে **দুই পাক্ষিক বিচার** (two-tailed or two-siaded test) বলা হয়। এই ব্যাপারে, পরে আরও বিশদ ভাবে জানতে পারবেন।

প্রদত্ত t-সারণিটি **এক-পাক্ষিক বিচার** (one-tailed test)-এর ক্ষেত্রে প্রযোজ্য। তাই, $\alpha = 0.05$ বিচার করতে চাইলে t-সারণির $\frac{\alpha}{2}$ অর্থাৎ $\alpha = 0.025$-এ দেখতে হবে। এখানে আমরা তাই করেছি। উপরন্তু t-এর মান কোন্ দুটি সংশয়মাত্রার মধ্যে অবস্থান করছে অনায়াসে তা দেখে নেওয়া যায়। আমাদের t-এর মান $2.863 < 2.947$ সেটি $\alpha = 0.005$ এর মুক্ত মাত্রা 15-র প্রত্যন্ত মান। একটি দুই পাক্ষিক বিচারে। এটির প্রকৃত সংশয় মাত্রা হবে $2.\alpha$ অর্থাৎ $2 \times 0.005 = 0.0\%$ তাই আমরা লিখতে পারি ঃ

$0.05 < P < 0.01$

'স্টুডেন্ট' এক আইরিশ রাশিবিজ্ঞানী W. S. Gosset (1876-1937)-এ ছদ্মনাম, ছদ্মনামে তিনি 1908 সালে এই পরীক্ষা জনসমক্ষে আনেন।

অনেকে, দুই পাক্ষিক বিচারে, t-এর প্রত্যন্ত মান (critical value) সংক্ষেপে লেখেন এইভাবে $t_{\alpha(2),\nu}$ যেখানে $\alpha(2)$ ইঙ্গিত করছে α-র দুই পাক্ষিক সম্ভাবনা। আমরা যে সাধারণ সিদ্ধান্তে উপনীত হলাম। তা হলো যদি $|t| \geq t_{\alpha(2),\nu}$ তাহলে H_O বর্জন করুন।

4.5.1 একপক্ষ-বিচার (One-tailed test) ও দুপক্ষ বিচারের (Two-tailed test) জন্য গ্রহণ অঞ্চল (acceptance region) এবং বর্জন অঞ্চল (rejection region)

ধরা যাক t-বিচার নমুনাঙ্ক দিয়ে একটি প্রকল্প বিচার করা হচ্ছে। আরো ধরা যাক, সংশয়মাত্রা নেওয়া হয়েছে 0.05 অর্থাৎ 5%। যদি নমুনা সংখ্যা n হয়, তবে একপক্ষ বিচারের ক্ষেত্রে নমুনা থেকে প্রাপ্ত t-কে তুলনা করতে হবে $t_{0.05;\, n-1}$ এর সঙ্গে। আর যদি বিচার দুপক্ষের হয়, তবে t-কে তুলনা করতে হবে $t_{.025;\, n-1}$-এর সঙ্গে। মনে রাখতে হবে যে, এক পক্ষের ক্ষেত্রে বৈকল্পিক প্রকল্প হতে পারে '$\underline{H}_A : \mu > \mu_O$' (অর্থাৎ μ, μ_O থেকে বড়) এই ধরনের বৈকল্পিক প্রকল্প তখনই নেওয়া হবে যখন μ যে μ_0 থেকে ছোট হতে পারে না, তা জানা থাকবে একই রকম ভাবে '$\underline{H}_A : \mu < \mu_O$' তখনই নেওয়া হবে যখন এটা নিশ্চিতভাবে জানা থাকবে যে, μ কখনো μ_O থেকে বড় হতে পারে না। আর সব ক্ষেত্রেই মুখ্য প্রকল্পটি হবে '$\underline{H}_O : \mu = \mu_O$' এখানে μ_O হলো সমগ্রকের গড়ের একটি সম্ভাব্য মান।

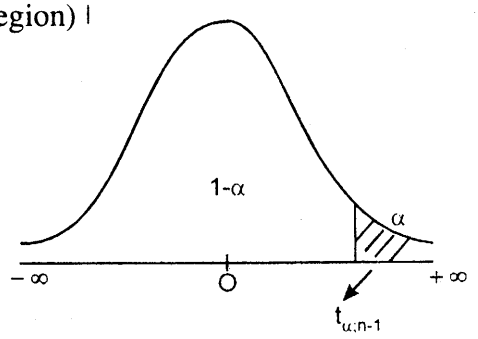
মুখ্য প্রকল্প $H_O : \mu = \mu_O$ নমুনার সংখ্যা = n

বৈকল্পিক প্রকল্প	গ্রহণ অঞ্চল	বর্জন অঞ্চল
(ক) $H_A : \mu > \mu_O$	$t < t_{\alpha;\, n-1}$	$t > t_{\alpha;\, n-1}$
(খ) $\underline{H}_A : \mu < \mu_O$	$t > t_{\alpha;\, n-1}$	$t < -t_{\alpha;\, n-1}$
(গ) $\underline{H}_A : \mu \neq \mu_O$	$-t_{\frac{\alpha}{2};n-1} < t < t_{\frac{\alpha}{2};n-1}$	$t < -t_{\frac{\alpha}{2};n-1}$ or $t > t_{\frac{\alpha}{2};n-1}$

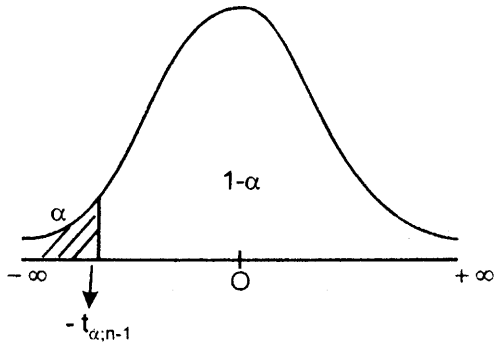
উপরের আলোচনায়, সংশয়মাত্রা হলো α, সেটা সাধারণত 0.05 বা 0.01 নেওয়া হয়।

4.5.2 চিত্রে প্রকল্প বিচারের বর্জন অঞ্চল

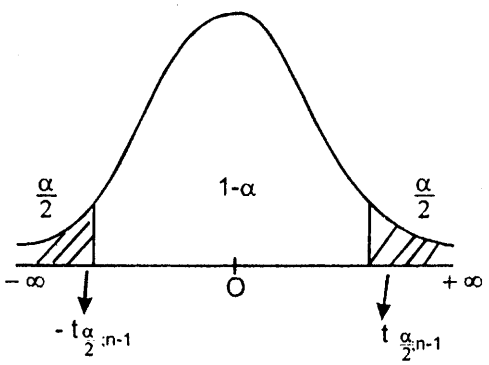
নীচের চিত্রগুলিতে বিভিন্ন বৈকল্পিক প্রকল্পের জন্যে বর্জনাঞ্চল দেখানো হয়েছে। দাগ দেওয়া অংশ বর্জনাঞ্চল (rejection region)।



চিত্র ঃ **4.3 :** $\underline{H}_O : \mu = \mu_O$, $\underline{H}_A : \mu > \mu_O$ (একপাক্ষিক বিচার)



চিত্র ঃ 4.4 : $\underline{H}_O : \mu = \mu_0$, $\underline{H}_A : \mu > \mu_0$ (একপাক্ষিক বিচার)



চিত্র ঃ 4.5 : $\underline{H}_O : \mu = \mu_0$, $H_A : \mu \neq \mu_0$ (দ্বি-পাক্ষিক বিচার)

উদাহরণ 4.12 ঃ পাহাড়ি অঞ্চলে প্রকৃতির হ্রদ আম্লিক কি না তা জানবার জন্য একদল ইকোলজিস্ট এক বিশেষ পাহাড়ি অঞ্চলে 15টি হ্রদের অম্লতা পরিমাপ করেন। ফলাফল (pH-এ) নিম্নরূপ ঃ

5.7	6.7	6.9	5.8	7.9
6.3	7.3	6.3	5.5	6.5
6.6	6.9	6.1	7.2	7.3

উপাত্ত (data) থেকে কি বলা যায় যে এই অঞ্চলে 5% সংশয় মাত্রায়, হ্রদগুলি সাধারণভাবে আম্লিক নয় ?

[যদি $pH > 6$ হয়, হ্রদগুলিকে সাধারণভাবে আম্লিক নয় বলা হয়।]

সমাধান ঃ $\underline{H}_O : \mu \leq 6$

$\underline{H}_A : \mu > 6$

[লক্ষ করুন যে H_A তে '>' চিহ্ন রয়েছে, ফলে এটি **ডান-হাতি একপক্ষ বিচার** (right handed, one tailed test)]

এখানে $\bar{y} = 6.6 ; s = 0.672; n = 15$

$$t = \frac{\bar{y} - \mu}{s_{\bar{y}}} = \frac{6.6 - 6.0}{\frac{0.672}{\sqrt{15}}} = 3.458$$

$\nu = n - 1 = 15 - 1 = 14$

অতএব, $t_{0.05(1),\,14} = 1.761$

আমরা জানি যে, $t \geq t_{0.05(1),\,14}$

হলে বৈকল্পিক প্রকল্প $\underline{H}_A$ বর্জন করতে হয়।

সিদ্ধান্ত ঃ $\underline{H}_O$ বর্জন করুন।

উদাহরণ 4.13 ঃ একজন রোগীর হাত এবং পায়ের রক্তচাপ তুলনার মাধ্যমে একটি সূচক পাই (ankle brachial index, ABI), যা একজন সুস্থ মানুষে 0.9 কিংবা তার বেশি হয়। এই ABI সূচক অনেক রোগের ইঙ্গিতবহ, বিশেষ করে ধমনীর রোগ (arterial disease)। একজন গবেষক 187 জন মহিলার ABI পরীক্ষা করেন যাদের প্রান্তিক ধমনীর রোগ (Perpheral arterial disease) আছে। আমরা তাদের উপাত্ত থেকে কী বলতে পারি যে 5% সমশয় মাত্রায়। প্রান্তিক ধমনীর রোগ বিশিষ্ট মহিলাদের অস্বাভাবিক ABI আছে? [ফল ঃ গড় ABI = 0.64, s = 0.15]

সমাধান ঃ এখানে, $\underline{H}_O : \mu = 0.9$

$\underline{H}_A : \mu < 0.9$

$\alpha = 0.05$

[লক্ষ করুন যে $\underline{H}_A$ তে '<' চিহ্ন রয়েছে, ফলে এটি **বাঁ-হাতি এক পক্ষ** (left handed one tailed test)]।

এখানে $\bar{y} = 0.64 , s = 0.15, n = 187$

$$t = \frac{\bar{y} - \mu}{s_{\bar{y}}} = \frac{0.64 - 0.90}{\frac{0.15}{\sqrt{186}}} = \frac{-0.26}{0.011} = -23.658$$

$\nu = n - 1 = 187 - 1 = 186$

t-সারণিতে দেখবো যে চিহ্ন বর্জিত t-এর প্রত্যন্ত মান ঃ

If $0.05(1), 186 = 1.653$

চিহ্ন বর্জিত প্রত্যন্ত মান অপেক্ষা প্রাপ্ত মান অনেকগুণ বেশি হওয়ায়, আমরা 0.05 সংশয় মাত্রায় মুখ্য

প্রকল্প ($\underline{H}_O$) বর্জন করতে বাধ্য হচ্ছি এবং এই সিদ্ধান্তে পৌঁছাচ্ছি যে প্রদত্ত তথ্য নির্দেশ করেছে যে প্রান্তিক ধমনীর রোগাক্রান্ত মহিলাদের মধ্যে ABI অস্বাভাবিক হয়।

4.5.3 যুগ্ম t-বিচার (Paired t-test)

এটি জৈব রাশিবিজ্ঞানে অন্যতম বহু ব্যবহার পদ্ধতি যা দুটি নমুনার যৌথ তুলনার মাধ্যমে কোনো কিছু প্রয়োগের ফল বা treatment (যেমন—সার, কীটনাশক, হরমোন প্রভৃতি) যাচাই করা যায়। নমুনা দুটি নর্মাল সমগ্রকের অংশ হলে এবং তাদের ভেদমান সমান হলে ঃ

$$t = \frac{\bar{y}_1 - \bar{y}_2}{s_{\bar{y}_1 - \bar{y}_2}} \qquad \text{..... (4.12)}$$

যেখানে $\bar{y}_1, -\bar{y}_2$ = দুটি নমুনার গাণিতিক গড়ের পার্থক্য, এবং $s_{\bar{y}_1 - \bar{y}_2}$ (বা $s_{\bar{D}}$) নমুনাঙ্ক গড়ের পার্থক্যের সমক ভ্রান্তি (standard error of difference between means)

উল্লিখিত $s_{\bar{y}_1 - \bar{y}_2}$ এবং $s^2_{\bar{y}_1 - \bar{y}_2}$ (দুটি অনধীন চলকের পার্থক্যের নমুনাঙ্ক ভেদমান) নমুনা উপাত্ত থেকে গণনা করা যায় এবং তারা সমগ্রক পূর্ণকাঙ্কের প্রাককলক রূপে (estimates of population parameter) বিবেচিত হয়। যেহেতু প্রথম দলের ভেদমান (s_1^2) এবং দ্বিতীয় দলের ভেদমান (s_2^2) মিলিতভাবে সমগ্রকের ভেদমানের (a^2) প্রাককলক ধরা হয়, তাই আমরা সম্মিলিত ভেদমান (pooled variance) s_p^2 গণনা করি ও তাকে সমগ্রক ভেদমান δ^2-এর সর্বোৎকৃষ্ট প্রাককলক (best estimate) রূপে গণ্য করি ঃ

$$s_p^2 = \frac{ss_1 + ss_2}{\nu_1 + \nu_2} \qquad \text{..... (4.13)}$$

এবং $$s^2_{\bar{y}_1 - \bar{y}_2} = \frac{s_p^2}{n_1} + \frac{s_b^2}{n_2} \qquad \text{..... (4.14)}$$

অতএব $$s_{\bar{y}_1 - \bar{y}_2} = \sqrt{\frac{s_p^2}{n_1} + \frac{s^2 p}{n_2}} \qquad \text{..... (4.15)}$$

এবং Equation 4.12 দাঁড়াচ্ছে

$$t = \frac{y_1 - \bar{y}_2}{\sqrt{\frac{s_p^2}{n_1} + \frac{s^2 p}{n_2}}} \qquad \text{..... (4.16a)}$$

যদি উভয় দলের **নমুনা সংখ্যা এক হয়** (অর্থাৎ $n_1 = n_2$, তাহলে একটি n রূপে চিহ্নিত করা যায়)।

$$t = \frac{\bar{y}_1 - \bar{y}_2}{\sqrt{\frac{2s^2p}{x}}} \qquad \text{..... (4.16b)}$$

প্রদত্ত t-সারণি (পরিশিষ্ট I) থেকে একইভাবে প্রত্যন্ত মান বের করা হয়। অবশ্য এখানে সম্মিলিত মুক্ত মাত্র হবে

$$\nu = n_1 + n_2 - 2 \qquad \text{..... (4.17)}$$

সুতরাং একটি দুই পাক্ষিক বিচারে $\underline{H}_O$ বর্জন করা হবে যদি চিহ্ন বর্জিত t-এর মান $|t| \geq t_{\alpha(2),\nu}$ হয়। এক নমুনা বিচারের ন্যায়, এখানেও এক-পাক্ষিক প্রকল্প কেবল একদিনের প্রভেদ সম্বন্ধে উৎসুক হবে। ধরা যাক, আমরা জানতে চাই একই গ্রুপের উন্নত একটি অ্যান্টিবায়োটিক পূর্বেকার অ্যান্টিবায়োটিক থেকে অধিকতর শক্তিশালী কিনা। কিংবা, বিজ্ঞাপিত এক নতুন সার ধান গাছে অধিকতর পাশকাঠি তৈরি করে কিনা। যদি বিজ্ঞাপিত বা নতুন বস্তুর প্রয়োগ প্রত্যাশিত অধিক ক্ষমতা বা অধিক পাশকাঠি ইত্যাদি না দেয়। অর্থাৎ পূর্বেকার ফলের সমান বা তার থেকে কম হয়। মুখ্য প্রকল্প দাঁড়ায় $\underline{H}_O : \mu_1 \geq \mu_2$ এবং $H_A : \mu_1 < \mu_2$

কিংবা, এই একপাক্ষিক বিচার বিপরীত দিকের হতে পারে। যথা $\underline{H}_O : \mu_1 \leq \mu_2$ এবং $H_A : \mu_1 > \mu_2$

সুতরাং, দুই নমুনা বিচারের ক্ষেত্রে বৈকল্পিক প্রকল্পগুলি নিম্নরূপ ঃ $\underline{H}_A : \mu_1 \neq \mu_2$; যদি $|t| \geq t_{\alpha(2),\nu}$, তাহলে $\underline{H}_O$ বর্জন করুন $\underline{H}_A : \mu_1 > \mu_2$; যদি $t \geq -t_{\alpha(2),\nu}$, তাহলে $\underline{H}_O$ বর্জন করুন। শুধু মনে রাখবেন যে সর্বদা উপাত্ত সংগ্রহের (data collection) পূর্বেই মুখ্য এবং বৈকল্পিক প্রকল্প ঠিক করে ফেলতে হয়। খেয়াল করুন যে আমরা $\underline{H}_O : \mu_1 = \mu_2$ কে লিখতে পারি $\underline{H}_O : \mu_1 - \mu_2 = 0$ এবং $H_A : \mu_1 \neq \mu_2$ লিখতে পারি $H_A : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$। অতএব দুই পাক্ষিক প্রকল্প সাধারণভাবে দাঁড়ায় $\underline{H}_O : \mu_1 - \mu_2 = \mu_0$ এবং $\underline{H}_A : \mu_1 - \mu_2 \neq \mu_0$ যাদের পরীক্ষা করা হয় নিম্নরূপে ঃ

$$t = \frac{|\bar{y}_1 - \bar{y}_2| - \mu_0}{s_{\bar{y}_1 - \bar{y}_2}}$$

যেখানে μ_0 সমগ্রক গড় মানের পার্থক্য সূচক কোনো রাশি।

আসুন, এইবার আমরা দুটি উদাহরণ দিয়ে যুগ্ম t-বিচার গণনা করে দেখি।

উদাহরণ 4.14 ঃ নাইট্রোজেনের উৎস হিসেবে অ্যামোনিয়াম সালফেট আর ইউরিয়ার কার্যকারিতা পরীক্ষা করতে এক জাতের ফসলকে অক্রম রূপে (randomly) 13 ft সম-আয়তনের জমিতে রোপণ করা হয়। একদলকে অ্যামোনিয়াম সালফেট, অপরদলকে ইউরিয়া প্রয়োগ করে। তাদের উৎপাদনশীলতা নথিভুক্ত করা হয়। উপাত্ত হচ্ছে টন প্রতি হেক্টারে। [দুই নমুনা বিচারের এটি দুই-পাক্ষিক বিচার]

সমাধান ঃ $\underline{H}_O : \mu_1 = \mu_2$

$\underline{H}_A : \mu_1 \neq \mu_2$

আমোনিয়াম সালফেট প্রয়োগ	ইউরিয়া প্রয়োগ
8.8	9.9
8.4	9.0
7.9	11.1
8.7	9.6
9.1	8.7
9.6	10.4
	9.5
$n_1 = 6$	$n_2 = 7$
$v_1 = 5$	$v_2 = 6$

$\bar{y}_1 = 8.75$ টন হেক্টর $\qquad \bar{y}_2 = 9.74$ টন হেক্টর

$SS_1 = 1.6950$ টন^2 $\qquad SS_2 = 4.0171$ টন^2

(SS_1 এবং SS_2 হল বর্গ চ্যুতির সমষ্টি বা sum of squared, deviation; যা সংক্ষেপে sum of squares, SS, হিসেবেই অধিক পরিচিত)

$$s^2 = \frac{SS_1 + SS_2}{v_1 + v_2} = \frac{1.6950 + 4.0171}{5+6} = \frac{5.7121}{11} = 0.5193 \text{ টন}^2$$

$$s_{\bar{y}_2 - \bar{y}_2} = \sqrt{\frac{s_p^2}{n_1} + \frac{s_p^2}{n_2}} = \sqrt{\frac{0.5193}{6} - \frac{0.5123}{7}} = \sqrt{0.0866 + 0.0742}$$

$$= \sqrt{0.1608} = 0.40 \text{ টন}$$

এখন, $t = \dfrac{\bar{y}_1 - \bar{y}_2}{s_{\bar{y}_1 - \bar{y}_2}} = \dfrac{8.75 - 9.74}{0.40} = \dfrac{-0.99}{0.40} = -2.475$

আমরা দেখছি যে,

$t_{0.05(2),11} = 2.201$

চিহ্ন-বর্জিত t-র মান প্রত্যন্ত মান 2.201-এর বেশি হওয়ার $\underline{H}_O$ বর্জন করছি। আরও নির্দিষ্ট করে বলতে গেলে, t-সারণি থেকে দেখব যে,

$$0.20 < P(|t| >\geq 2.475) < 0.05 \; [P = 0.030]$$

উদাহরণ 4.15 ঃ পেঁয়াজের উৎপাদন বৃদ্ধির জন্য এক চাষী নতুন বংশবিস্তার পদ্ধতির ওপর পরীক্ষা চালান। তিনি একই মাপের কতকগুলি প্লটে প্রচলিত পদ্ধতি এবং সমআয়তনের কতক প্লটে তাঁর নতুন পদ্ধতির পরীক্ষা চালান। নীচে তাঁর প্রাপ্ত উৎপাদন (কিগ্রা. প্রতি হেক্টরে) দেওয়া হলো। নতুন বংশবিস্তার পদ্ধতি সত্যিই কোনো তাৎপর্যমূলক বৃদ্ধি ঘটাতে সক্ষম কিনা, তা জানতে চাওয়া হচ্ছে।

প্রচলিত পদ্ধতি	নতুন পদ্ধতি
52.6	54.8
49.9	59.8
49.1	58.0
55.2	52.3
48.2	57.4
54.6	55.6
58.3	53.2
47.8	61.3
51.4	
52.0	
n_1	n_2

সমাধান ঃ যা আমরা দেখতে পাচ্ছি যে,

$\underline{H}_O : \mu_1 \geq \mu_2$

$\underline{H}_A : \mu_1 < \mu_2$

$\lambda_1 = 10 \qquad \lambda_2 = 8$

$\nu_1 = 9 \qquad \nu_2 = 7$

$\bar{y}_1 = 51.91 \text{ Kg} \qquad \bar{y}_2 = 56.55 \text{ Kg}$

$SS_1 = 102.23 \text{ Kg}^2 \qquad SS_2 = 69.20 \text{ Kg}^2$

$$s_p^2 = \frac{102.23 + 69.20}{9+7} = \frac{171.43}{16} = 10.71 \text{ Kg}^2$$

$$s_{\bar{y}_1 - \bar{y}_2} = \sqrt{\frac{10.71}{10} + \frac{10.71}{8}} = \sqrt{2.41} = 1.55 \text{ Kg}$$

অতএব, $$t = \frac{\bar{y}_1 - \bar{y}_2}{s_{\bar{y}_1 - \bar{y}_2}} = \frac{51.91 - 56.55}{1.55} = \frac{-4.64}{1.55} = -2.99$$

$$t_{0.05(1),16} = 1.746$$

চিহ্ন বর্জিত t-এর মান $|t| >$ প্রত্যন্ত মান। অর্থাৎ $2.99 > 1.746$ সুতরাং $\underline{H}_O$ প্রত্যাখ্যান করা হচ্ছে. যার অর্থ হল নতুন বংশবিস্তারের পদ্ধতি প্রকৃতই তাৎপর্যমূলক বৃদ্ধি, তথা উৎপাদনে সহায়তা করছে।

4.6 সাযুজ্যতার উৎকর্ষ বিচারের (Goodness-of-fit) জন্য কাই-বর্গ (chi-square) পরীক্ষা

বিজ্ঞানের প্রায় সর্বক্ষেত্রেই রাশিবিজ্ঞানের যে নিবেশন বিচার-নমুনাঙ্কটি (statistic of dispersion) ব্যবহৃত হয়, সেটি হলো x^2 (chi-square)[1] বিচার নমুনাঙ্ক। বিজ্ঞানীদের মধ্যে এর জনপ্রিয়তার কারণ হলো এটির সহজ আকার। সব গবেষণারই আসল উদ্দেশ্য হলো একটি মডেল বা সূত্র ঠিক করা যেটা বাস্তবের ঘটনাকে ব্যাখ্যা করবে। সেই মডেল বাস্তব রাশিতথ্য বা ঘটনাকে সত্যিই ব্যাখ্যা করছে কিনা সেটা বিচার করবার একটি সহজ উপায় হলো x^2 বিচার নমুনাঙ্ক।

ধরা যাক, কোনও একটি পরীক্ষা (experiment) করে যে পরিসংখ্যাগুলি (observed frequency) পাওয়া গেল সেগুলি হল $f_1, f_2, \ldots f_k$ এবং সূত্র থেকে যে পরিসংখ্যাগুলি (expected frequency) পাওয়া গেল, সেগুলি হলো $\hat{f}_1, \hat{f}_2, \ldots \hat{f}_k$ যদি সূত্র বা মডেল ঠিক থাকে, তবে '$\hat{f}$' ও 'f' ইত্যাদির মধ্যে তেমন পার্থক্য থাকবে না। অর্থাৎ '$\hat{f}$' ও 'f' কাছাকাছি হবে, $\hat{f}_2$ ও f_2 কাছাকাছি হবে, ... $\hat{f}_k$ ও f_k কাছাকাছি হবে। x^2 বিচার নমুনাঙ্কের পিছনে মূল ধারণা এটিই।

x^2-বিচার নমুনাঙ্কের সংজ্ঞা

$$x^2 = \frac{(f_1 - \hat{f}_1)^2}{f_1} + \frac{(f_2 - \hat{f}_2)^2}{\hat{f}_2} + \cdots + \frac{(f_k - \hat{f}_k)^2}{\hat{f}_k},$$

যার মুক্তমাত্রা (degrees of freedom) হলো K–1। এটাও ধরা হয়েছে যে, $\hat{f}_1, \hat{f}_2$ ইত্যাদি খুব ছোট নয়। এখন সংশয়মাত্রা α হলে, ছাপানো তালিকা বা বই থেকে x^2-এর মান দেখে দিতে হবে (appendix II দেখুন)। যদি $x^2_{\alpha, k-1}$-এই মানকে ছাড়িয়ে যায়, তবে সূত্রটি (যেটা আসলে H_O বা মুখ্য প্রকল্প) বর্জন করা হবে। অন্যথায় এটি গ্রহণ করা হবে। সুতরাং কাই-বর্গ নিবেশন (chi-square distribution) একটি একপাক্ষিক বিচার (one-tailed test)। প্রখ্যাত রাশিবিজ্ঞানী কার্ল পিয়ারসন (Karl Pearson) 1889 সালে প্রথম এই পরীক্ষার কথা বলেন।

অনুশীলনী 4.4 ঃ একটি খুঁটিকে (die) 90 বার ছোঁড়া হল। যে ফলাফল (outcome) পাওয়া গেল, সেটা নিম্নরূপ—

ফলাফল	1	2	3	4	5	6
পরিসংখ্যা	18	14	13	15	14	16

খুঁটিটি 'আদর্শ' (perfect/unbiased) কিনা বিচার করুন।

এখানে মুখ্য প্রকল্প হবে H_O 'খুঁটিটি আদর্শ' এবং বৈকল্পিক প্রকল্প হবে H_1 : 'খুঁটিটি আদর্শ নয়'। মুখ্য প্রকল্প সত্যি ধরে নিলে প্রতিটি ফলাফলের জন্য পরিসংখ্যা হওয়া উচিত $90 \times$ (প্রতিটি ফলের সম্ভাবনা) $= 90 \times \frac{1}{6} = 15$, সুতরাং প্রত্যাশিত পরিসংখ্যা (expected frequency) বসিয়ে নীচের সারণিটি পাওয়া যাবে—

ফলাফল	1	2	3	4	5	6
পরিসংখ্যা	15	15	15	15	15	15

এক্ষেত্রে η_2-এর মান হবে

$$\eta^2 = \frac{(18-15)^2}{15} + \frac{(14-15)^2}{15} + \frac{(13-15)^2}{15} + \frac{(15-15)^2}{15} + \frac{(14-15)^2}{15} + \frac{(16-15)^2}{15}$$

$$= 1.07$$

ছাপানো তালিকা বা বই থেকে দেখা যাচ্ছে যে, 0.05 সংশয়মাত্রা নেওয়া হলো $\eta^2_{0.05;\,6-1} = 11.07$ সুতরাং η_2-এর মান থেকে অনেক ছোট। কাজেই মুখ্য প্রকল্পকে গ্রহণ করা হবে এবং মুদ্রাটিকে 5% সংশয়মাত্রায় আদর্শ বলা হবে। কাই-বর্গ পরীক্ষার প্রচলিত ফর্মুলা নিচে দেওয়া হলো ঃ

$$\eta^2 = \sum_{i=1}^{k} \frac{(f_i - \hat{f}_i)^2}{\hat{f}_i} \qquad \text{..... (4.18)}$$

যেখানে $f_i =$ অপেক্ষণ পরিসংখ্যা (observed frequency)

$\hat{f}_i =$ প্রত্যাশিত পরিসংখ্যা (expected frequency) ; প্রদত্ত '$\wedge$' (ক্যারেট) চিহ্নটি 'f-হ্যাট' বলে পড়া হয়।

সহজে গণনা করবার, সাধারণভাবে প্রযোজ্য একটি ফর্মুলা নিচে দেওয়া হল, যা equation 4.18 থেকে পাওয়া যায় ঃ

$$\eta^2 = \sum \frac{f_i^2}{\hat{f}_i} - n \qquad \text{..... (4.19)}$$

সাধারণভাবে, প্রদত্ত নমুনায় দুটি শ্রেণি (classess $k = 2$) থাকলে এবং নমুনা সংখ্যা (sample size) যদি ছোট হয়, ধরুন <50, আমরা ইয়েটস-এর শুদ্ধিকরণের (Yate's correction) আশ্রয় নিই। আসলে, কাই-বর্গ নিবেশন (chi-square distribution) একটি তাত্ত্বিক, অবিচ্ছিন্ন পরিসংখ্যা নিবেশন (theoretical and continuous frequency distribution), যা কেবল (বিচ্ছিন্ন পরিসংখ্যানের উপর নির্ভরশীল) এই নমুনাঙ্কের কাছাকাছি আসে। দরকার হয়ে পরে শুদ্ধিকরণ, যা Yate's correction for continuity নামে খ্যাত (Yates, 1934)।

এই পদ্ধতি অবলম্বনে প্রতিটি শ্রেণির মধ্যেকার চ্যুতি থেকে 0.5 করে বাদ দেওয়া হয়। বাদ দেওয়ার সময় পার্থক্যের বা চ্যুতির মানের চিহ্নটি বিবেচনা করা হয় না। অর্থাৎ, শুদ্ধিকরণ সমেত।

$$\eta_c^2 = \sum_{i=1}^{k} \frac{(|f_i - \hat{f}_i| - 0.5)^2}{\hat{f}_i} \qquad \text{..... (4.20)}$$

সাধারণত, কাই-বর্গ দ্বারা সাযুজ্যতার উৎকর্ষ (goodness of fit) বিচার করা হয় সংশয়মাত্রা $\alpha =$ 0.05-এ উপযুক্ত মাত্রার নিরিখে। এই সংশয়মাত্রার সারণীবদ্ধ মানটি প্রত্যন্ত মান (critical value) রূপে

বিবেচিত। গণনা করা কাই-বর্গের মান, এই প্রত্যন্ত মান অপেক্ষা কম হলো মুখ্য প্রকল্প গৃহীত হবে ; বেশি হলে পরিব্যক্ত হবে।

মুক্তমাত্রা (degrees of freedom) সম্বন্ধে দু-চার কথা বলা উচিত। এখানে, $\nu = k - 1$ অনপেক্ষ বা অনধীন চলসমূহের (variates) বা শ্রেণির সংখ্যা, নির্দেশ করে। রাশিবিজ্ঞানের বিভিন্ন বিশ্লেষণে **পক্ষপাতহীন** প্রাকলনী মান নির্ধারণে (unbiased estmates) মুক্ত মাত্রার বিশেষ ভূমিকা আছে।

উদাহরণ 4.16 ঃ দ্বি-সংকরায়ণজাত জাতকের বীজ থেকে একটি নমুনা সংগ্রহ করা হয়। তার মধ্যে 80টি লম্বা বীজ এবং 10টি ছোট বীজ। বীজ নমুনা থেকে প্রাপ্ত পরিসংখ্যান 13.3 অনুপাতের সঙ্গে সাযুজ্যতা আছে কিনা, তা কাই-বর্গ পরীক্ষার মাধ্যমে প্রতিষ্ঠা করুন।

এখানে, $\underline{H}_0 : F_2$ অনুপাত $= 13.3$

$\underline{H}_A : F_2$ অনুপাত $\neq 13.3$

শ্রেণিসংখ্যা	শ্রেণি (ফেনোটাইপ)	অপেক্ষণ পরিসংখ্যা (observed frequency) f_i	প্রত্যাশিত পরিসংখ্যা (expected frequency) $\hat{f}_i$	$f_i - \hat{f}_i$	$(f_i - \hat{f}_i)^2$
1	লম্বা বীজ	80	$\frac{13}{16} \times 90 = 73.125$	6.875	47.266
2	ছোট বীজ	10	$\frac{3}{16} \times 90 = 16.8755$	-6.875	47.266

$$\Sigma f_i = 90$$

$$\nu = k - 1 = 2 - 1 = 1$$

$$\therefore \eta^2 = \sum \frac{(f_i - \hat{f}_i)^2}{\hat{f}_i} = \frac{47.266}{73.125} + \frac{47.266}{16.875} = 0.646 + 2.801 = 3.447$$

আমরা η^2-সারণিতে (পরিশিষ্ট II) দেখব, যে মুক্ত মাত্রা $\nu = 1$-এ সংশয় মাত্রা $\alpha = 0.05$-এ, প্রত্যন্ত মান 3.841, অতএব, লিখতে পারি

$$\eta^2_{0.05,1} = 3.841$$

প্রাপ্ত η^2, অর্থাৎ 3.447 প্রত্যন্ত মান থেকে কম বলে, মুখ্য প্রকল্প গৃহীত হলো (বা বলা ভালো, 'বর্জিত হলো না') এবং নমুনার পরিসংখ্যান প্রত্যাশিত 13.3 প্রকট ও প্রচ্ছন্ন এপিস্ট্যাসিস (dominant and receptive epistatis)-এর অনুপাতের সঙ্গে সাযুজ্যতার উৎকর্ষ রয়েছে। তা প্রতিষ্ঠিত হলো। কাই-বর্গ

সারণিতে দেখব যে প্রাপ্ত কাই-বর্গ মানটি $\alpha = P = 0.05$ থেকে 0.10 মধ্যে অবস্থান করছে। অর্থাৎ, $0.10 < P < 0.05$।

সুতরাং এই নমুনার যা চ্যুতি দেখা গেছে ততোটা বা তার থেকে বেশি চ্যুতি পাওয়া সম্ভব কেবল আকস্মিকভাবেই (বা পরীক্ষণের কোনো অক্রম (random) কারণে) 5% থেকে 10% ক্ষেত্রে।

উদাহরণ 4.17 ঃ মেন্ডেল সাদা এবং লাল ফুল মটর গাছের সংকরায়ণ করান এবং উদ্ভূত F_2 জাতকের মধ্যে লাল ফুলের মটর 705 এবং সাদা ফুলের মটর 224টি লক্ষ করেন।

(ক) তার ফলাফল কি 3 : 1 F_2 একসংকরায়ণ অনুপাতের সঙ্গে সাযুজ্য বলা যায় ?

(খ) প্রাপ্ত চ্যুতি বা তার অধিক চ্যুতি অনুরূপ কতগুলি পরীক্ষায় আমরা প্রত্যাশা করতে পারি ?

সমাধান ঃ এখানে, $\underline{H}_O$ ঃ প্রাপ্ত ফল 3 : 1 অনুপাত অনুযায়ী ঘটেছে।

$\underline{H}_A$ ঃ নমুনাটি এমন সমগ্রকের অংশ, যার ফেনোটাইপিক অনুপাত (phenotypic ratio) 3 : 1 নয়।

(ক) ফেনোটাইপ (ফুলের রঙ)

	লাল	সাদা	n
f_i	705	224	929
$(\hat{f}_i)$	$\frac{3}{4} \times 929$	$\frac{1}{4} \times 929$	
	$= 696.75$	$= 232.25$	

$\nu = k - 1 = 2 - 1 = 1$

$$* \eta_c^2 = \sum_{i=1}^{2} \frac{\left(|f_i - \hat{f}_i| - 0.5\right)^2}{f_i} = \frac{(|705 - 696.75| - 0.5)^2}{696.75} + \frac{(|224 - 232.25| - 0.5)^2}{232.25}$$

$$= 0.0862 + 0.2586 = 0.3448$$

$$\eta^2_{0.05,1} = 3.841$$

প্রাপ্ত কাই-বর্গের মান। প্রত্যন্ত মান অপেক্ষা কম হওয়ার মুখ্য প্রকল্প $\underline{H}_O$ বর্জন করতে পারছি না। অর্থাৎ, নমুনাটি এমন সমগ্রকের অংশ যা উল্লিখিত ফেনোটাইপিক 3 : 1 অনুপাতের সঙ্গে সাযুজ্যতা রক্ষা করছে, তা বলা যায়।

(ক) কাই-বর্গ সারণিতে দেখছি যে প্রাপ্ত মান $\alpha = P = 0.5$ থেকে 0.7-এর মধ্যে আছে। অতএব,

$0.7 < P < 0.5$

$* \eta_c^2$ বলতে বোঝাচ্ছে ইয়েটস্-এর শুদ্ধিকরণ সহ কাই-বর্গের মান।

অর্থাৎ, প্রাপ্ত চ্যুতি বা তার অধিক চ্যুতি কেবল আকস্মিকভাবেই 50% থেকে 70% ক্ষেত্রে আমরা প্রত্যাশা করলে ভুল হবে না।

[লক্ষ করেছেন যে এই উদাহরণে আমরা Yate's correction for continuity (Equation 4.20) প্রয়োগ করেছি। তার কারণ এখানে $\nu = 1$; মুক্ত মাত্রা এক হলে এই শুদ্ধিকরণ প্রয়োগ করবার পরামর্শ দেওয়া হয়।

4.7 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

1. সম্ভাবনা কাকে বলে ? সম্ভাবনা কখনও পূর্ণসংখ্যা হতে পারে ?
2. একটি আদর্শ ঘুঁটিকে নিক্ষেপ করলে জোড় সংখ্যা পড়ার সম্ভাবনা কতো হবে ?
3. একটি বাক্সে 3টি সাদা বল এবং 5টি কালো বল আছে। একটি বলকে তোলা হলো। সেই বলটি (i) সাদা হওয়ার সম্ভাবনা কত ? (ii) কালো হওয়ার সম্ভাবনা কত ?
4. নমুনা দেশ কাকে বলে ? ছটি উদাহরণ দিন।
5. পরস্পর ব্যতিরেকী ঘটনা বলতে কী বোঝায় ? উদাহরণ দিন।
6. স্বাধীন ঘটনা বলতে কী বোঝেন ? উদাহরণ দিন।
7. উদাহরণসহ সমসম্ভব নমুনা সংগ্রহের আলোচনা করুন।
8. নমুনা-সমীক্ষা ও পূর্ণাঙ্গ পর্যবেক্ষণ-এর মধ্যে পার্থক্য কোথায় ?
9. মুখ্য প্রকল্প এবং বৈকল্পিক প্রকল্প কাদের বলে ? উদাহরণ সহ বুঝিয়ে দিন।
10. ভ্রান্তি কত প্রকারের হতে পারে ? প্রকল্প বিচারের পরিপ্রেক্ষিতে আলোচনা করুন।
11. সংশয়মাত্রা কাকে বলে ? সাধারণত এটি কত নেওয়া হয় ?
12. t-এবং η^2 বিচার নমুনাঙ্কের সংজ্ঞা দিন।
13. একটি সমগ্রক থেকে মটর গাছের বীজ সংগ্রহ করা হয়েছে। সমগ্রকটির মধ্যে ফেনোটাইপগুলি হলো ঃ হলুদ, গোলাকার—152, হলুদ কুঞ্চিত—39, সবুজ, গোলাকার—53, সবুজ, কুঞ্চিত—6। নমুনাটি মেন্ডেলিয় F_2 দ্বিসংকরায়ণজাত ফেনোটাইপের অনুপাত, 9 : 3 : 3 : 1 এর সঙ্গে সাযুজ্যতার উৎকর্ষ কতো, তা কাই-বর্গ পরীক্ষা করে দেখান।
14. একটি কাই-বর্গ পরীক্ষা করে দেখান যে 30টি দীর্ঘাকার আর 20টি খর্বাকার মটর গাছ (*Pisum sativum*) $Tt \times tt$ সংকরায়ণজাত টেস্ট ক্রস জাতকের প্রত্যাশিত 1 : 1 অনুপাত করে।

4.8 উত্তরমালা

অনুশীলনী 4.1 : $\frac{1}{13}$

অনুশীলনী 4.2 : (i) $P = 0.38$; (ii) $P = 0.38 + 0.04 = 0.42$

সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

1. 4.1.1 অংশে আলোচিত।
2. নমুনাদেশ হলো $\{1,2,3,4,5,6\}$ এবং জোড় সংখ্যাগুলি 2.4 এবং 6। সুতরাং, জোড় সংখ্যাগুলি পড়বার সম্ভাবনা হলো $\frac{3}{6} = \frac{1}{2}$
3. (i) সাদার সম্ভাবনা $\frac{3}{8}$ এবং (ii) কালোর সম্ভাবনা $\frac{5}{8}$
4. 4.1.3 অংশে আলোচিত।
5. 4.1.8 অংশে আলোচিত।
6. 4.1.10 দেখুন।
7. 4.2 অংশে আলোচিত।
8. 4.2 অংশে আলোচিত।
9. 4.3.11 দেখুন।
10. 4.3.11 দেখুন।
11. 4.4 অংশে আলোচিত ; 0.05
12. 4.5 ও 4.6 দেখুন।
13. $\eta^2_{0.05,3} = 8.972$
14. $\eta^2_{0.05,1} = 2.0$

গ্রন্থপঞ্জি এবং কিছু উপযুক্ত ওয়েবসাইট

1. Gum AM and Aich AB (2002) *Statistics fasthe Social Sciences* (World Press, Kolkata)
2. Sokal RR and Rohlf FJ (1973) *Introduction to Biostatistics* (WH Freeman)
3. Clewer AG, Scarisbrick—*Practical Statistics and Experimental Design for Plant and Crop Science* (J. Wiley)
4. Hawkins D (2005) *Biomeasurements* (Oxford Univ. Press)
5. Zar JH (4th Ed.)—*Biostatistical Analysis*
6. <http ://calculators, ucla. edu/powercalc/.>
7. <http ://www.psycho.uniduesseldorf.de/app/projects/gpower/>

পরিশিষ্ট - I

TABLE : *t*-DISTRIBUTION (one-tailed test)

Values of $t_{\alpha,\nu}$

ν \ α	0.05	0.025	0.01	0.005
1	6.314	12.706	31.821	63.657
2	2.920	4.303	6.965	9.925
3	2.353	3.182	4.541	5.841
4	2.132	2.776	3.747	4.604
5	2.015	2.571	3.365	4.032
6	1.943	2.447	3.143	3.707
7	1.895	2.365	2.998	3.499
8	1.860	2.306	2.896	3.355
9	1.833	2.262	2.821	3.250
10	1.812	2.228	2.764	3.169
11	1.796	2.201	2.718	3.106
12	1.782	2.179	2.681	3.055
13	1.771	2.160	2.650	3.012
14	1.761	2.145	2.624	2.977
15	1.753	2.131	2.602	2.947

ν \ α	0.05	0.025	0.01	0.005
16	1.746	2.120	2.583	2.921
17	1.740	2.110	2.567	2.898
18	1.734	2.101	2.552	2.878
19	1.729	2.093	2.539	2.861
20	1.725	2.086	2.528	2.845
21	1.721	2.080	2.518	2.831
22	1.717	2.074	2.508	2.819
23	1.714	2.969	2.500	2.807
24	1.711	2.064	2.492	2.797
25	1.708	2.060	2.485	2.787
26	1.706	2.056	2.479	2.779
27	1.703	2.052	2.473	2.771
28	1.701	2.048	2.467	2.763
29	1.699	2.045	2.462	2.756
30	1.697	2.042	2.457	2.750
40	1.684	2.021	2.423	2.704
60	1.671	2.000	2.390	2.660
120	1.658	1.980	2.258	2.617
α	1.645	1.960	2.326	2.576*

* For very large ν, $f_{\alpha;\nu}$ becomes approximately equal to Z_α

পরিশিষ্ট - II

Table : χ^2-DISTRIBUTION (one-tailed test)

Values of $\chi^2_{\alpha,\nu}$

ν \ α	0.99	0.98	0.95	0.90	0.80	0.70	0.50	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01
1	0.9^3157	0.0^3628	0.0^2393	0.0158	0.0642	0.148	0.455	1.074	1.642	2.706	3.851	5.412	6.635
2	0.0201	0.0404	0.103	0.211	0.446	0.713	1.386	2.408	3.219	4.605	5.991	7.824	9.210
3	0.115	0.185	0.352	0.584	1.005	1.424	2.366	3.665	4.642	6.251	7.815	9.837	11.345
4	0.297	0.429	0.711	1.064	1.649	2.195	3.357	4.878	5.989	7.779	9.488	11.668	13.277
5	0.554	0.752	1.145	1.610	1.610	2.343	3.000	4.351	6.064	7.289	11.070	13.388	15.086
6	0.872	1.134	1.635	2.204	3.070	3.828	5.348	7.231	8.558	10.645	12.592	15.033	16.812
7	1.239	1.564	2.167	2.833	3.822	4.671	6.346	8.383	9.803	12.017	14.067	16.622	18.475
8	1.646	2.032	2.733	3.490	4.594	5.527	7.344	9.524	11.030	13.362	15.507	18.168	20.090
9	2.088	2.532	3.325	4.168	5.380	6.393	8.343	10.656	12.242	14.648	16.919	19.679	21.666
10	2.358	3.059	3.940	4.865	6.179	7.267	9.342	11.781	13.442	15.987	18.307	21.161	23.209

ν \ α	0.99	0.98	0.95	0.90	0.80	0.70	0.50	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01
11	3.053	3.609	4.575	5.578	6.989	8.148	10.341	12.899	14.631	17.275	19.675	22.618	24.725
12	3.571	4.178	5.226	6.304	7.807	9.034	11.340	14.011	15.821	18.549	21.026	24.054	26.217
13	4.107	4.765	5.892	7.042	8.634	9.926	12.340	15.119	16.985	19.812	22.362	25.472	27.688
14	4.660	5.368	6.571	7.790	9.467	10.821	13.339	16.222	18.151	21.064	23.685	26.873	29.141
15	5.229	5.985	7.261	8.547	10.307	11.721	14.339	17.322	19.311	22.307	24.996	28.259	30.578

ব্যবহৃত পরিভাষা

Acceptance region	...	...	গ্রহণ অঞ্চল
Accuracy	...	...	যথার্থতা বা ভ্রমশূন্যতা
Alternative hypothesis	...	...	বৈকল্পিক প্রকল্প
Arithmetic mean	...	...	যৌগিক/গাণিতিক গড়
Binomial distribution	...	...	দ্বিপদ নিবেশন
Character, qualitative—quantitative	...	...	লক্ষণ, গুণলক্ষণ, পরিমাণসূচক লক্ষণ
Chi-square test	...	...	কাই-বর্গ পরীক্ষা
Cluster sampling	...	...	গুচ্ছ নমুনা সংগ্রহ
Coefficient of variation	...	...	ভেদাঙ্ক
Continuous random variable	...	...	অন্তত অক্রম চলক
Correction of grouping;—for	...	...	বিন্যাস জনিত ভ্রান্তির শুদ্ধি ;
Continuity	...	...	অবিচ্ছিন্নতা সাধন জনিত শুদ্ধি
Critical value	...	...	প্রত্যন্ত মান
Cumulative frequency	...	...	ক্রমযৌগিক পরিসংখ্যা
Data	...	...	রাশিতথ্য/উপাত্ত
Degree of freedom	...	...	মুক্তমাত্রা
Discrete	...	...	বিচ্ছিন্ন
Dispersion; measures of	...	...	বিস্তৃতি/বিস্তারণ ; বিস্তৃতির মাপক
Distribution	...	...	নিবেশন
Error; experimental	...	...	ভ্রান্তি ; পরীক্ষণ
Estimate, estimator	...	...	প্রাককলনীমান, প্রাককলক
Finite population of zize n	...	...	n-সংখ্যক সসীম পূর্ণক
Frequency distribution	...	...	পরিসংখ্যা নিবেশন
Goodness of fit	...	...	সাযুজ্যতার উৎকর্ষ

Grouped data	...	...	বিন্যস্ত উপাত্ত
Histogram	...	...	আয়তচিত্র
Independent event	...	...	অনধীন/স্বতন্ত্র ঘটনা
Inferential statistics	...	...	অনুমিতিমূলক রাশিবিজ্ঞান
Interval; class—, confidence	...	...	অন্তর ; শ্রেণি— ; আস্থা—
Level of significance (in hypothetis testing)	...	...	সংশয়মাত্রা (প্রকল্পবিচারে)
measures of central tendency	...	...	কেন্দ্রীয় প্রবণতার পরিমাপ
Median	...	...	মধ্যমা/মাধ্যিক মান
Mid-value	...	...	মধ্যক
Mode	...	...	ভূয়িষ্টক ; সংখ্যাগরিষ্ঠ ; ভূষক
Model	...	...	প্রতিরূপ ; মডেল
Multistage sampling	...	...	বহুবিভাগী নমুনা সংগ্রহ
Mutually exlcusive (event)	...	...	পরস্পর বিচ্ছিন্ন বা ব্যতিরেকী (ঘটনা)
Normal distribution	...	...	নর্মাল নিবেশন ; সুষম নিবেশন
Normal population	...	...	নর্মাল পূর্ণক/সমগ্রক
Number of classes	...	...	শ্রেণি সংখ্যা
Null hypothesis	...	...	মুখ্য/অভিন্ন/নেতি প্রকল্প
Observations	...	...	অবেক্ষণ
One-tailed/one-sided test	...	...	এক-পাক্ষিক বিচার
Outlier	...	...	দলছুট
Paried t-test	...	...	যুগ্ম t-বিচার
Population	...	...	সমগ্রক ; পূর্ণক
Population distribution	...	...	সমগ্রক নিবেশন
Population parameter	...	...	সমগ্রক পূর্ণকাঙ্ক
Power of a test	...	...	বিচার পদ্ধতির শক্তি
Precision	...	...	সূক্ষ্মতা
Probability,—distribution	...	...	সম্ভাবনা, —নিবেশন
Probabilistic sampling	...	...	সম্ভাবনাশ্রয়ী নমুনা সংগ্রহ
Probability theory	...	...	সম্ভাবনা তত্ত্ব
Random number, —series	...	...	সমসম্ভব বা অক্রম সংখ্যা,—সংখ্যাসারি

Random event, —experiment,	...	...	সমসম্ভব/সম্ভাবনাশ্রয়ী ঘটনা,
—sample, —sampling,	...	...	—পরীক্ষণী, —নমুনা, —নমুনা সংগ্রহ,
—variable	...	...	—চলক/চল
Range	...	...	প্রসার
Rejection region	...	...	বর্জন অঞ্চল
Sample; —distribution	...	...	নমুনা বা অংশক ; —নিবেশন, নমুনাজ গড়,
—mean, —size, —space	...	...	—সংখ্যা, নমুনাদেশ, —সংখ্যা
—size, —survey	...	...	—সমীক্ষা বা ক্ষেত্র সমীক্ষা
Sampling fluctuation	...	...	নমুনাজ-বিচলন/চাঞ্চল্য
Significant	...	...	তাৎপর্যপূর্ণ
Standard deviation, —error	...	...	সমক/প্রমিত চ্যুতি,—ভ্রান্তি
Standard error of mean (SEM)	...	...	গড়ের সমক ভ্রান্তি
Standard error of mean difference	...	...	গড় পার্থক্যের সমক ভ্রান্তি
Statistic	...	...	নমুনাঙ্ক বা অংশকাঙ্ক
Statistical hypothesis	...	...	রাশিবৈজ্ঞানিক প্রকল্প ; পরিসাংখ্যিক প্রকল্প
Stratified random sampling	...	...	স্তরবিন্যস্ত সম্ভাবনাশ্রয়ী নমুনাসংগ্রহ
Suitable measure	...	...	উপযুক্ত মাপক
Sum of square (SS) (sum of squares deviation)	...	...	বর্গ সমষ্টি (বর্গচ্যুতির সমষ্টি বা প্রভেদের সমষ্টিবর্গ)
Systematic sampling	...	...	নিয়মানুগ নমুনাসংগ্রহ
t-test, —distribution	...	...	t-বিচার, —নিবেশন,
Test statistic	...	...	বিচার নমুনাঙ্ক
Two-tailed/two-sided test	...	...	দুই-পাক্ষিক বিচার
Type I error, type II error (in hypothesis testing)	...	...	প্রথম প্রকার ভ্রান্তি, দ্বিতীয় প্রকার ভ্রান্তি (প্রকল্প বিচারে)
Unbiased estimate	...	...	পক্ষপাতশূন্য প্রাককলক/প্রাককলনী মান
Variable, independent—,	...	...	চল, অনপেক্ষ্য—, অবিচ্ছিন্ন—,
Continuous discrete	...	...	বিচ্ছিন্ন
Variance	...	...	ভেদমান
Variate, bivariate	...	...	চলক, দ্বিচলক

একক 5 ❐ উদ্ভিদ প্রজননবিদ্যা—ভূমিকা

গঠন

5.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

5.2 উদ্ভিদ প্রজননবিদ্যার সংজ্ঞা ও সংক্ষিপ্ত ইতিহাস

5.3 উদ্ভিদ প্রজননবিদ্যার লক্ষ্য ও উদ্দেশ্য

5.4 উদ্ভিদ প্রজননে নিযুক্ত কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ গবেষণাকেন্দ্র ও তাদের সাফল্য

5.5 প্রশ্নমালা

5.6 উত্তরমালা

5.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

প্রস্তাবনা ঃ উদ্ভিদ বিজ্ঞানের একটি গুরুত্বপূর্ণ শাখা হল Plant Breeding বা উদ্ভিদ প্রজননবিদ্যা। প্রাণী জগৎ তাদের পুষ্টির জন্য সম্পূর্ণভাবে সবুজ উদ্ভিদের উপর নির্ভরশীল কারণ আমরা সকলেই জানি যে কেবলমাত্র সবুজ উদ্ভিদ ক্লোরোফিল অণুর সাহায্যে সূর্যশক্তি আহরণ করে খাদ্যবস্তু তৈরি করে। স্বাভাবিক কারণেই কৃষিকাজ শুরুর গোড়া থেকেই উন্নতজাতের ফসল চাষ করার চেষ্টা বা প্রবণতা লক্ষ করা যায়, উদ্ভিদ প্রজননবিদ্যা যার মূলে রয়েছে উদ্ভিদের উন্নত ধরনের জাত নির্বাচন ও তার প্রয়োগ—আধুনিক সভ্যতার গোড়া থেকেই শুরু হয়েছিল তার চেষ্টা। এই প্রচেষ্টার কোনো বৈজ্ঞানিক ভিত্তি ছিল না এবং সম্পূর্ণভাবে কৃষিকাজে নিযুক্ত মানুষের সহজাত দক্ষতার ওপর নির্ভর করতো উন্নত ধরনের কাজ নির্বাচনের মাধ্যমে ফলন বৃদ্ধির চেষ্টা। মেন্ডেলের জিন তত্ত্ব আবিষ্কারের পর সুসংগঠিত ও বৈজ্ঞানিক উপায়ে নিরন্তর চেষ্টা চলেছে উন্নত ধরনের উদ্ভিদ জাত নির্বাচন, সংকরায়ণ ও তার প্রয়োগ করে ক্রমবর্ধমান জনসংখ্যার খাদ্য, বস্ত্র ও ভেষজের চাহিদার জোগান দেওয়া। কলা পোষণ (tissue culture), জিন প্রযুক্তি ও জিন ক্লোনিং উদ্ভিদ প্রজননবিদদের কাছে খুলে দিয়েছে উন্নত জাত তৈরি করার নতুন দিক। বর্তমান এককটিতে আমরা উদ্ভিদ প্রজননের সংজ্ঞা, লক্ষ্য ও উদ্দেশ্য এবং জীববিজ্ঞানের অন্যান্য শাখার সঙ্গে এর সম্পর্ক সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত আলোচনা করবো।

উদ্দেশ্য ঃ এই অধ্যায়টি পাঠ করলে আপনি—

- উদ্ভিদ প্রজননবিদ্যা কি তা ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- উদ্ভিদ প্রজননবিদ্যার লক্ষ্য ও উদ্দেশ্য আলোচনা করতে সক্ষম হবেন।
- উদ্ভিদ প্রজননে নিযুক্ত কয়েকটি বিখ্যাত গবেষণাকেন্দ্রের অবদান সম্বন্ধে অবহিত হবেন।

5.2 উদ্ভিদ প্রজননবিদ্যার সংজ্ঞা ও সংক্ষিপ্ত ইতিহাস

উদ্ভিদ বিজ্ঞানের যে ফলিত শাখায় জীবগত পরিবর্তন, কৃত্রিম সংকরায়ণ ও সঠিক নির্বাচনের মাধ্যমে কোনো উদ্ভিদের উন্নত জাত সৃষ্টি করা হয় তাকে উদ্ভিদ প্রজননবিদ্যা বা Plant Breeding বলা হয়।

কৃষিকাজে উন্নত জাতের উদ্ভিদের ব্যবহার অতি প্রাচীনকাল থেকেই চলে আসলেও সেটি বিজ্ঞান ভিত্তিক ছিল না। কৃষিজীবী মানুষের নিজ নিজ অভিজ্ঞতার নিরিখেই উন্নত জাতের উদ্ভিদ নির্বাচন করে তার প্রয়োগ করার চেষ্টা চালানো হতো সে সময়, ঠিক কবে থেকে কৃত্রিম সংকরায়ণ পদ্ধতির সাহায্যে বিজ্ঞানসম্মতভাবে উদ্ভিদের উন্নত জাত সৃষ্টি করার চেষ্টা হয়েছে সেটা সঠিকভাবে জানা সম্ভব হয়নি, ঠিক কবে থেকে কৃত্রিম সংকরায়ণ ঘটানোর চেষ্টা হয়েছে সেটা বলা সম্ভব না হলেও রেড ইন্ডিয়ানরা যে ধান ও ভুট্টার সংকরায়ণ ঘটাতো তার প্রমাণ আছে। প্রায় ছ-হাজার বছরের পুরোনো ব্যাবিলন সভ্যতার পাথরগাত্রে খোদাই করা সূত্র থেকে জানা গেছে—সেই সময়েও খেজুর গাছে কৃত্রিম উপায়ে প্রজননের পদ্ধতি মানুষের অজানা ছিল না। জার্মান বিজ্ঞানী ক্যামেরারিউস (Camerarius) সর্বপ্রথম ফুলের গঠন, তাদের জননাঙ্গের বিবরণ সম্বলিত একটি গবেষণাপত্র প্রকাশ করেন—1694 খ্রিস্টাব্দে যা ভবিষ্যতের উদ্ভিদ প্রজননবিদদের বৈজ্ঞানিকভাবে কৃত্রিম সংকরায়ণ ঘটানোর জন্য একটি গুরুত্বপূর্ণ দলিল হিসাবে পরিগণিত হয়। আরও একজন প্রখ্যাত জার্মান বৈজ্ঞানিক যোসেফ কোলরয়েটার (Joseph Koelreuter) 1760-61 খ্রিস্টাব্দে বিভিন্ন তামাক জাতের মধ্যে সংকরায়ণ ঘটান।

1900 খ্রিস্টাব্দে মেন্ডেলের বংশগতি সম্পর্কিত গবেষণালব্ধ ফলাফল পুনরাবিষ্কারের আগে যে কয়েকজন উদ্ভিদ বিজ্ঞানী উদ্ভিদ সংকরায়ণের ফলাফল বিশেষভাবে বিশ্লেষণ করেছিলেন তাদের মধ্যে থমাস ফেয়ারচাইল্ড (1717), গস (1824) ও টি এ নাইট (1799) অন্যতম, কোয়েলরয়টার (1766), নাইট (1799) , নউদিন (1865) প্রমুখ উদ্ভিদ প্রজননবিদেরা উপযুক্ত তথ্যপ্রমাণ সহ দেখিয়েছেন যে উদ্ভিদের বিভিন্ন উপজাতি (Race) বা প্রজাতির (species) মধ্যে সংকরায়ণ ঘটানো হলে সংকর উদ্ভিদগুলি যে কোনো জনিত্র উদ্ভিদের থেকে শক্তিশালী হয়। এই তথ্যের ওপর ভিত্তি করে সংকর সাবল্য তত্ত্ব (hybrid vigour) আবিষ্কৃত হয়। জি এইচ শাল ও ডোনাল্ড এফ জোনস (1908) এর নিরলস প্রচেষ্টায় এই সংকর শক্তির সভ্যতা প্রমাণিত হয়।

1990 খ্রিস্টাব্দে সুইডিশ বিজ্ঞানী নিলসন এল (Nilsson Ehle) স্বপরাগী উদ্ভিদের উন্নত জাত সৃষ্টিতে 'একক নির্বাচন' পদ্ধতির মূলনীতিগুলো পর্যালোচনা করেন। 1903 খ্রিস্টাব্দে ডেনমার্কের বিজ্ঞানী জোহানসেন (W. Johansen) বিশুদ্ধধারা বা pure line কথাটি সর্বপ্রথম ব্যবহার করেন ও বিশুদ্ধ বংশধারা নির্বাচন তত্ত্ব বা pure line selection theory উপস্থাপন করেন। এর পরবর্তী সময়ে তেজবংশানুবিদ্যার (Radiation Genetics) সাহায্য নিয়ে উদ্ভিদ প্রজননবিদেরা সফলের উন্নত জাত উদ্ভাবন করতে সক্ষম হয়েছেন।

চিরাচরিত উদ্ভিদ প্রজননে কৃত্রিম সংকরায়ণ দুটি নিকট সম্পর্কযুক্ত উদ্ভিদ জাতের মধ্যে সীমাবদ্ধ এবং অধিকাংশ সময়ে বহিঃপ্রজাতি (Interspecific) ও (Intergeneric) মধ্যে সংকরায়ণ সম্ভব হয় না। বর্তমানে কোশ ও কলা পোষণ প্রযুক্তি (cell and tissue culture), প্রোটোপ্লাস্ট (protoplast fusion)

জিন প্রযুক্তি (genetic engineering) ও ক্রোমোজোম প্রযুক্তি (chromosome engineering)-এর প্রয়োগ করে বহিঃপ্রজাতি ও বহিঃগণের মধ্যে জিন স্থানান্তরকরণ ও আদানপ্রদান সম্ভবপর হয়েছে ও উদ্ভিদ প্রজননবিদ্যাকে ফলিত উদ্ভিদবিজ্ঞানের একটি গুরুত্বপূর্ণ শাখা হিসাবে পরিচিত দিতে সক্ষম হয়েছে।

5.3 উদ্ভিদ প্রজননবিদ্যার লক্ষ্য ও উদ্দেশ্য

(ক) **অধিক ফলনশীল জাতের উদ্ভাবন ঃ** উচ্চফলনশীল জাতের উদ্ভিদ তৈরি করা হল উদ্ভিদ প্রজনবিদের প্রধান উদ্দেশ্য। প্রকৃতিতে বিদ্যমান ফসলী উদ্ভিদের জাতগুলির মধ্যে কৃত্রিম নির্বাচন (artificial selection) ও সংকরায়ণ (hybridization) এর মাধ্যমে উচ্চফলনশীল উদ্ভিদ জাতগুলির উদ্ভাবন সম্ভবপর হয়েছে।

উদাহরণ ঃ খর্বাকৃতি জাতের উচ্চফলনশীল ধান, গম ও অন্যান্য ফসলের সংকর জাতগুলো।

(খ) **গুণগত মানের উন্নতি সাধন ঃ** অধিক ফলনশীল জাতের উদ্ভিদের উদ্ভাবনের পাশাপাশি উদ্ভিদজাত উৎপন্ন দ্রব্যের গুণগত মানের উন্নতি সাধনও উদ্ভিদ প্রজননবিদ্যার অন্যতম উদ্দেশ্য। বিভিন্ন ধরনের দানা শস্য যথা ধান, গম ও ডাল জাতীয় শস্যের প্রোটিন ও ভিটামিন বৃদ্ধি ও বিভিন্ন ধরনের ফল ও সব্জির আকৃতি, বর্ণ ও স্বাদের উন্নতি সাধন উদ্ভিদ প্রজননের মাধ্যমে সম্ভবপর হয়েছে। এছাড়াও তন্তু উৎপাদনকারী উদ্ভিদ তুলা ও পাটের দৃঢ়, দীর্ঘ ও চকচকে তন্তু উৎপাদনের জন্যও উদ্ভিদ প্রজননবিদেরা সচেষ্ট।

(গ) **রোগ প্রতিরোধক প্রজাতির উদ্ভাবন ঃ** নানাধরনের ছত্রাক, ব্যাকটেরিয়া ও ভাইরাসের আক্রমণের মুখে পড়তে হয় অধিকাংশ ফসলী উদ্ভিদকে। এছাড়াও বিভিন্ন ধরনের কীটপতঙ্গ ছাড়াও আক্রান্ত হয় অধিকাংশ ফসলী উদ্ভিদ। উচ্চফলনশীল উন্নতজাতের বিভিন্ন ফসলী উদ্ভিদসমূহকে রোগপ্রতিরোধক করে তোলাও উদ্ভিদ প্রজননবিদ্যার একটি গুরুত্বপূর্ণ উদ্দেশ্য। ধ্বসারোগ প্রতিরোধ ক্ষমতা সম্পন্ন আলু ও গম গাছের কৃষ্ণ মরিচা (Black stem rust) রোগ প্রতিরোধ ক্ষমতা সম্পন্ন বিভিন্ন জাত সৃষ্টি এর প্রকৃষ্ট উদাহরণ।

(ঘ) **প্রেষ (stress)—পরিবেশ সহ্যক্ষমতা সম্পন্ন প্রজাতি সৃষ্টি ঃ** বন্যা, খরা, তুষারপীড়া (frost), মাটির ক্ষারীয় (লবণাক্ত) ও অম্ল অবস্থা ও মাটিতে বিদ্যমান ক্ষতিকারক ধাতব পদার্থ যথা লেড (pb) ক্যাডমিয়াম (cd) ইত্যাদির অধিক পরিমাণে উপস্থিতি সহ্য করার ক্ষমতাসম্পন্ন প্রজাতি উদ্ভাবন করাও বর্তমান যুগে প্রজননবিদের অন্যতম লক্ষ, এই ধরনের প্রেষ পরিবেশ সহ্য করবার ক্ষমতাসম্পন্ন প্রজাতির চাষ করার ফলে বিভিন্ন প্রেষ পরিবেশেও ফসলের উৎপাদন স্থিতিশীল রাখা সম্ভব।

(ঙ) **উদ্ভিদ দেহের বৃদ্ধির তারতম্য ঘটানো ঃ** মূলত উদ্ভিদের দীর্ঘতা ও খর্বতার তারতম্য ঘটানো উদ্ভিদ প্রজননবিদের কাছে অনেক সময়ে প্রয়োজন হয়ে পড়ে। যে উদ্ভিদসমূহ গবাদি পশুর জাব বা খাদ্যের জন্য চাষ করা প্রয়োজন তাদের বৃদ্ধির তারতম্য এমনভাবে ঘটানো হয় যাতে তারা অধিক দীর্ঘতাযুক্ত, অনেক শাখাপ্রশাখা বিশিষ্ট ও খুব বেশি কর্ষণীয় হয়। যে সকল চাষযোগ্য জায়গা বছরের অধিকাংশ সময়ই

ঝড় ও সাইক্লোন দ্বারা আক্রান্ত হয় সেখানে কম দীর্ঘতাযুক্ত (অর্থাৎ খর্বাকার), কম শাখাপ্রশাখা বিশিষ্ট ও কম কর্ষণীয় কম পাশকাঠি যুক্ত প্রজাতি উদ্ভিদের ব্যবহার হয় যাতে খুব বেশি বাতাসে উদ্ভিদগুলি উপড়ে না যায় অথবা শস্যের ভারে নুয়ে না পড়ে।

5.4 উদ্ভিদ প্রজননে নিযুক্ত কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ গবেষণাকেন্দ্র ও তাদের সাফল্য

উদ্ভিদ প্রজনন সংক্রান্ত গবেষণায় নিযুক্ত কয়েকটি গুরত্বপূর্ণ প্রতিষ্ঠানের সংক্ষিপ্ত তালিকা দেওয়া হল।

	প্রতিষ্ঠানের নাম	যে যে ফসলী উদ্ভিদের প্রজনন নিযুক্ত
1.	International Center for Maize and Wheat Improvement (CIMMYT), Mexico	ভুট্টা ও গম
2.	International Rice Research Institute (IRRI), Phillipines	ধান
3.	International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT) Andhra Pradesh, India	ছোলা, বাদাম, সরগাম, মিলেট
4.	International Potato Center (CIP), Lima, Peru	আলু, রাঙালু
5.	International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR) Rome, Italy	উদ্ভিদ জার্মপ্লাজমা সংগ্রহ ও সংরক্ষণ
6.	Central Rice Research Institute, Cuttack, Orissa, India	ধান
7.	Central Research Institute for Jute and Allied Fibre (CRIJAF), Barrackpore, West Bengal, India	পাট ও সমতুল্য তন্তু উৎপাদনকারী উদ্ভিদ
8.	Sugarcane Breeding Institute, Coimbatore, Tamilnadu, India	আখ
9.	National Burean of Plant Germplasm Research (NBPGR), Pusa, New Delhi, India	উদ্ভিদ জার্মপ্লাজম সংগ্রহ ও সংরক্ষণ
10.	Indian Council of Agricultural Research (ICAR) New Delhi, India	বিভিন্ন ফসলী উদ্ভিদের উন্নত জাত নির্বাচন

উপরোক্ত তালিকায় অন্তর্ভুক্ত আন্তর্জাতিক গম ও ভুট্টা উন্নয়ন কেন্দ্রে (CIMMYT) বিংশ শতাব্দীর ষাটের দশকে বেশ কয়েকটি খর্বাকৃতি গমজাতের উদ্ভব হয়। এই কেন্দ্রে নিযুক্ত এন. ই. বোরলগ্ ও তাঁর সহকর্মীরা নতুন নতুন জার্মপ্লাজমের সাহায্যে ঐ খর্বাকৃতি গমজাতের সৃষ্টিতে সফল হন। নরিন 10 নামক

একটি জাপানি গম প্রজাতি থেকে খর্বাকৃতিকরণের প্রয়োজনীয় জিন সংগৃহীত হয়েছিল। 1963 খ্রিস্টাব্দে ভারতীয় কৃষি গবেষণা নিগম (Indian Council of Agricultural Research, ICAR) মেক্সিকোর CIMMYT থেকে খর্বাকৃতি গমজাতের কিছু জার্মপ্লাজম সংগ্রহ করে আনে এবং উক্ত জার্মপ্লাজম থেকেই গবেষণার মাধ্যমে আমাদের দেশের পরিবেশের সঙ্গে খাপ খায় এরকম দুটি উন্নত জাত, 'কল্যাণসোনা' ও 'সোনালিকা' নির্বাচন করা হয়। গমের উপরোক্ত জাত দুটি ভারতীয় কৃষিতে সবুজ বিপ্লব বা Green Revolution-এর সূচনা করে। এই যুগান্তকারী গবেষণার স্বীকৃতিস্বরূপ এন. ই. বোরলোগ (N. E. Borlaug) 1970 খ্রিস্টাব্দে নোবেল শান্তি পুরস্কার পান।

ধান উৎপাদনে 'সবুজ বিপ্লবের' জন্য আন্তর্জাতিক ধান গবেষণা কেন্দ্র (IRRI) অঙ্গাঙ্গীভাবে যুক্ত। ঐ গবেষণাকেন্দ্রে যুক্ত বিজ্ঞানী T. T. Chang (টি. টি. চ্যাং)-এর নেতৃত্বে ডি-জিও-উজেন (Dee-geo-woo-gen) নামে একটি খর্বাকৃতি তাইওয়ানী জাপানি জাতের সঙ্গে ইন্দোনেশিয়া থেকে প্রাপ্ত একটি লম্বা জাতের সংকরায়ণের মাধ্যমে তাইচুং নেটিভওয়ান ও আই আর ৮ (IR8) নামে দুটি খর্বাকৃতি উচ্চফলনশীল জাতের সৃষ্টি হয়। এই দুটি জাতের ধান এশিয়া মহাদেশের খাদ্যসংকট নিরসনে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করেছে। এই দুটি জাতের ধান 1966 সালে আমাদের দেশে নিয়ে আসা হয় এবং তারপর IR8-এর থেকেও অধিক ফলনশীল জাত যেমন জয়া, IR36, রত্না প্রভৃতি জাতের উদ্ভবের মাধ্যমে আমাদের দেশের ধানের উৎপাদন প্রায় 50 শতাংশ বৃদ্ধি করা সম্ভবপর হয়েছে।

উদ্ভিদ সংকরায়ণ প্রকল্পে উপযুক্ত জার্মপ্লাজমের খোঁজ পাওয়া একান্ত প্রয়োজন। উদ্ভিদ প্রজননে জার্মপ্লাজমের উৎস হিসাবে ফসলী উদ্ভিদের কোনো প্রাচীন প্রজাতি ও প্রকৃতিতে বিদ্যমান উক্ত গণের (genus) কোনো বন্য প্রজাতি (wild species) ব্যবহৃত হয়ে থাকে। কৃষিজীবী মানুষ ও উদ্ভিদ প্রজননে নিযুক্ত বিজ্ঞানীরা এযাবৎ উক্ত জার্মপ্লাজমগুলি প্রাকৃতিক পরিবেশে সঠিকভাবে সংরক্ষণ করে এসেছেন যাতে দরকার পড়লে উক্ত জার্মপ্লাজমের মধ্যে সংকরায়ণ ঘটিয়ে নতুন প্রজাতির উদ্ভব সম্ভবপর হয়। নানা কারণে পরিবেশ নষ্ট হওয়ার জন্য প্রকৃতিতে প্রাপ্ত জার্মপ্লাজমগুলি অবলুপ্তির পথে। উদ্ভিদ জার্মপ্লাজম সংগ্রহ, সংরক্ষণ ও বিভিন্ন গবেষণা কেন্দ্রের মধ্যে তাদের বিনিময়ের জন্য 1974 সালে ইটালির রোম শহরে International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR) গঠিত হয়। উদ্ভিদ জার্মপ্লাজমের স্বল্প মেয়াদী (Short to medium term storage) ও দীর্ঘ মেয়াদী (long-term storage) সংরক্ষণ ও প্রয়োজন মতো উদ্ভিদ প্রজননবিদদের কাছে তার বিতরণই হলো IBPGR-এর মুখ্য উদ্দেশ্য।

5.5 প্রশ্নমালা

1. উদ্ভিদ প্রজননবিদ্যার সংজ্ঞা দিন। উদ্ভিদ প্রজননবিদ্যার ইতিহাস সংক্ষেপে আলোচনা করুন।
2. নিম্নলিখিত উদ্ভিদ বিজ্ঞানীদের অবদান সংক্ষেপে আলোচনা করুন।

   (ক) ক্যামেরারিউস (খ) যোসেফ কোলরয়েটার (গ) জোহানসন (ঘ) নিলসন্ এল (ঙ) জি এইচ শাল ও ডোনাল্ড এফ. জোনস।

3. উদ্ভিদ প্রজননের লক্ষ ও উদ্দেশ্য সম্পর্কে বিস্তারিত বর্ণনা দিন।

4. উদ্ভিদ প্রজননে নিযুক্ত নিম্নলিখিত গবেষণা কেন্দ্রগুলির অবদান সম্বন্ধে আলোচনা করুন ঃ
(ক) IRRI (খ) CIMMYT (গ) ICAR (ঘ) IBPGR।

5.6 উত্তরমালা

1. 5.2 দেখুন।
2. 5.2 দেখুন।
3. 5.3 দেখুন।
4. 5.4 দেখুন।

একক 6 ❐ উদ্ভিদ প্রজননে সংকরায়ণ (Hybridization in Plant Breeding)

গঠন

6.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

6.2 উদ্ভিদ সংকরণের উদ্দেশ্য

6.3 সংকরণের উদ্দেশ্যে প্রাক নির্বাচন

6.4 সংকরণ পদ্ধতি

6.5 কয়েকটি বিশেষ উদ্ভিদে ব্যবহৃত সংকরণ পদ্ধতি

6.5.1 ধান

6.5.2 গম

6.5.3 ভুট্টা

6.6 কয়েকটি বিশেষ সংকরণ পদ্ধতি

6.7 সারাংশ

6.8 প্রশ্নবলি

6.9 উত্তরমালা

6.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

প্রস্তাবনা ঃ উদ্ভিদের, বিশেষত শস্য প্রজাতি ও তাদের কর্ষিতক প্রকার বা উপজাতিগুলির বিবর্তন অনুধাবন করলে দেখা যায় যে উদ্ভিদ সংকরণ এই সব প্রজাতি ও প্রকারের উদ্ভবে বিশেষ ভূমিকা নিয়েছে। স্বভাবত উদ্ভিদ প্রজননে সংকরণ বিশেষ গুরুত্ব পেয়েছে। এই এককে এবং পরবর্তী এককগুলিতে আমরা সংকরায়ণের বিভিন্ন ব্যবহার আলোচনা করবো।

আদিকাল থেকেই মানুষ, বিশেষত গৃহপালিত পশুর ক্ষেত্রে সংকরণ পদ্ধতি ব্যবহার করে আসছে। যদিও তার বিজ্ঞানসম্মত ব্যাখ্যা তাদের জানা ছিল না। দুটি প্রাণীর বিশেষ গুণগুলির সংমিশ্রণের জন্য এর ব্যবহার প্রাণীর গার্হস্থ্যকরণের যুগ থেকেই শুরু হয়েছিল। উদ্ভিদ জগতে অবশ্য নথিভুক্ত সংকরায়ণ সপ্তদশ/অষ্টাদশ শতকে শুরু হয়। জার্মান উদ্ভিদ বিজ্ঞানী যোসেফ কোল রখটার (Kolreuter, 1733-1806) সর্বপ্রথম নির্দিষ্টভাবে উদ্ভিদ সংকরণ পদ্ধতির ব্যবহার করেন। তিনি 13টি গণের (Genus) এর অন্তর্গত

54টি প্রজাতির (species) মধ্যে সংকরণ করেছিলেন। Shireff 1809 সালে এই পদ্ধতিতে গম ও যবের উন্নত কর্ষিতক (cultivar) সৃষ্টি করেন। অবশ্য বৈজ্ঞানিক তত্ত্বের উপর ভিত্তি করে সংকরণ কেবলমাত্র মেন্ডেল সূত্র পুনরাবিষ্কারের (1900 সাল) পরেই সম্ভব হয়েছিল। মেন্ডেল সূত্র আবিষ্কারের অল্পদিনের মধ্যেই আমেরিকা যুক্তরাষ্ট্রে বিজ্ঞানভিত্তিক সংকরণ পদ্ধতি তুলা ও গাভী প্রজননে বিশেষভাবে ব্যবহৃত হয়। 1905 সালের মধ্যেই শস্য বীজের ফলন বৃদ্ধি, উদ্ভিদের রোগ প্রতিরোধ ক্ষমতার বৃদ্ধি প্রভৃতির জন্য এই পদ্ধতির ব্যাপক ব্যবহার শুরু হয়। বর্তমানে উদ্ভিদ প্রজননে সংকরণ পদ্ধতি বিভিন্ন ভাবে এবং ব্যাপকরূপে ব্যবহৃত হচ্ছে।

উদ্দেশ্য ঃ এই একক পাঠে আপনারা

- উদ্ভিদ সংকরণের উদ্দেশ্য
- স্বপরাগযোগী ও ইতর পরাগযোগী উদ্ভিদে ব্যবহৃত সংকরণ পদ্ধতিগুলির বিবরণ
- এবং কয়েকটি বিশেষ কর্ষিতকে ব্যবহৃত সংকরণ পদ্ধতি সম্পর্কে প্রাথমিক ধারণা লাভ করবেন।

6.2 উদ্ভিদ সংকরণের উদ্দেশ্য

1. সংকরণের মাধ্যমে জীবসত্ত্বার বৈচিত্র্য আনা সম্ভব, যা পরে সঠিক নির্বাচনের মাধ্যমে চাষযোগ্য উন্নততর কর্ষিতক সৃষ্টিতে সাহায্য করে। এর জন্য বিভিন্ন নির্বাচন পদ্ধতি অবলম্বন করা হয়।
2. এই পদ্ধতি দ্বারা দুটি ভিন্ন উদ্ভিদ গোষ্ঠীর উৎকৃষ্ট বৈশিষ্ট্যসমূহের একত্রীকরণ সম্ভব। কোন কর্ষিতক, বা তার বন্য প্রকারের কোন বিশিষ্ট গুণ অন্য একটি উন্নততর কর্ষিতকে প্রতিস্থাপন সম্ভব।
3. দুটি বিশুদ্ধধারা উদ্ভিদের সংকরায়ণে সংকরীয় সবলতা বা সংকর তেজ বা সংকরণ (hybrid vigour) সৃষ্ট হয়, যা বর্তমানে কৃষিক্ষেত্রে বিশেষভাবে সমাদৃত। অবশ্য সংকরণের এই বিশেষ ব্যবহার, আমরা অন্য একটি এককে আলোচনা করবো।
4. পরিব্যক্তি প্রজননে ও পলিপ্লয়ডি প্রজননে ও উদ্ভিদ সংকরণ এক অবিচ্ছেদ্য অঙ্গ। এ বিষয়েও আমরা অন্য এককে আলোচনা করব।

6.3 সংকরণের উদ্দেশ্যে প্রাকনির্বাচন

সংকরণ একটি জটিল প্রয়োগগত পদ্ধতি, এর সুষ্ঠু প্রয়োগের জন্য নিপুণ ও দক্ষ কর্মী প্রয়োজন। দুটি গাছের মধ্যে সংকরণের জন্য কয়েকটি শর্ত অনুসরণ করা প্রয়োজন।

(ক) জনিতা-নির্বাচন-সংকরণের পূর্বে স্থির করা দরকার, কোন দুই উদ্ভিদের মধ্যে প্রজনন করা হবে। জনিতাদের মধ্যে সেইসব গুণ থাকা দরকার যেগুলি বংশধরের মধ্যে একত্রিত করা হবে। তাছাড়া দুর্বল বা রোগগ্রস্ত উদ্ভিদ নির্বাচন করা উচিত নয়। পুরাতন উদ্ভিদও জনিতা হিসাবে নির্বাচিত না করাই শ্রেয়।

(খ) নির্বাচিত জনিতার প্রজনন পদ্ধতি সম্পর্কে বিশেষ জ্ঞান দরকার, যেমন তারা স্বপরাগযোগী না ইতরপরাগযোগী, কারণ—সেই অনুযায়ী সংকরণ পদ্ধতি স্থির করতে হবে। দুটি উদ্ভিদের ক্রোমোসোম সংখ্যা, প্রস্ফুটন সময়, প্রজননগত সুসঙ্গতি বা সুসামঞ্জস্য (Compatibility) ইত্যাদিও জানা জরুরি।

(গ) নির্বাচিত উদ্ভিদদ্বয়ের মধ্যে সমসত্ত্ব (homozygosity) আনার জন্য ঐ জনিতা উদ্ভিদদ্বয়কে পৃথকভাবে স্বপরাগযোগে বা স্বনিষেকে বিস্তার ঘটিয়ে, আন্তর্প্রজনগুলিকে (intrabeed) প্রকৃত জনিতা হিসাবে ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

6.4 সংকরণ পদ্ধতি

1. মাতৃজনিতা ও পিতৃজনিতার চিহ্নিতকরণ। দুই জনিতা উদ্ভিদ স্বতন্ত্রভাবে রাখা অত্যন্ত জরুরি।
2. **মাতৃজনিতার পরাগহীনকরণ ঃ** সাধারণভাবে পুষ্পের পুংকেশরগুলি পরাগধানী পূর্ণতা প্রাপ্তির আগেই অপসারণ করা হয়, যাতে স্বপরাগ যোগ ঘটতে পারে না। ফুল ফোটার আগেই কুঁড়ি অবস্থাতে এটি করা দরকার। তবে একলিঙ্গা উদ্ভিদের ক্ষেত্রে এই পদ্ধতির প্রয়োজন হয় না। Monoceious বা সহবাসী উদ্ভিদের ক্ষেত্রে সম্পূর্ণ পুংকুলকে সরিয়ে নেওয়া হয়। স্বপরাগযোগী বা ইতরপরাগযোগী উভলিঙ্গা উদ্ভিদে পরাগহীনকরণ বা পুংবন্ধ্যাত্বকরণের (emasculation) জন্য বিভিন্ন পন্থা অবলম্বন করা যায়। যেমন—

   (ক) যান্ত্রিকভাবে, চিমটা বা কাঁচির সাহায্যে অপরিণত অবস্থায় ফুলকে উন্মুক্ত করে কাঁচি বা ফরসেপের সাহায্যে পুংকেশরগুলিকে বাদ দেওয়া হয়। এই পদ্ধতি অবশ্য কেবলমাত্র বড় আকারের পুষ্পেই অনুসরণ করা সম্ভব।

   (খ) গরম বা ঠান্ডা জল বা অ্যালকোহলের সাহায্যে পুংবন্ধ্যাত্বকরণ—যে সব প্রজাতির ফুল খুবই ছোট, সেসব ক্ষেত্রে সম্পূর্ণ পুষ্পমঞ্জরীকে বা একটি ফুলকে কোন পাত্রে রাখা গরম জলে (45°–50°C) কিছু সময় (1-10 মিঃ) রেখে পুংবন্ধ্যাত্ব ঘটানো হয়। একই ভাবে ঠান্ডা জল বা অ্যালকোহল ব্যবহারেও পুংবন্ধ্যাত্ব ঘটানো সম্ভব।

   (গ) স্ত্রী জনিতা হিসাবে পুংবন্ধ্যা উদ্ভিদের ব্যবহার—কোনো কোনো উদ্ভিদে পুংবন্ধ্যাত্ব লক্ষ করা যায়। এই সমস্ত উদ্ভিদ স্ত্রী জনিতা হিসাবে ব্যবহার করা হলে, পরাগহীনকরণ প্রয়োজন হয় না, কারণ পুংবন্ধ্যার উদ্ভিদের পুংকেশরগুলির মধ্যে পরাগরেণু থাকে না। সূর্যমুখী, ভুট্টা, তামাক, সরষে পেঁয়াজ, ধান, জোয়ার প্রভৃতিতে পুংবন্ধ্যাত্ব লক্ষ করা গেছে। পুংবন্ধ্যাত্ব দুই প্রকারের হয়। ক্রোমোসোমে অবস্থিত জিনবাহিত অথবা সাইটোপ্লাজমস্থিত মাইটোকনড্রিয়া বা ক্লোরোপ্লাস্ট বাহিত DNA অণু (জিন) ঘটিত। শেষোক্তটি CMS বা Cytoplasmic

male sterility হিসাবে পরিচিত এবং মাতৃজনিতা নির্ধারিত। ক্রোমোসোম অবস্থিত পুংবন্ধ্যা জিন temperature বা photoperiod দ্বারা উদ্দীপিত হতে পারে, এবং যথাক্রমে TGMS (temperature induced genic male sterility) বা PGMS (photo-period induced genic male sterility) হিসাবে পরিচিত।

(ঘ) CHA (Chemical hybridising agents) রাসায়নিক প্রয়োগে পুংবন্ধ্যত্বকরণ—অনেক অক্সিন (যেমন IAA, IBA, 2, 4-D) GA (Gibberallic acid) ইথেকন, মেনডক, ম্যালিক হাইড্রাজাইড প্রভৃতি রাসায়নিক প্রয়োগে ও পুংবন্ধ্যাত্বকরণ সম্ভব। এইসব রাসায়নিক পদার্থের মধ্যে ethephon (ইথেফন) সবচেয়ে বেশি ব্যবহার হয়েছে। বার্লি, সরষে, যব, জোয়ার, ধান ও গমের ক্ষেত্রে ইথেফন ব্যবহারে সুফল পাওয়া গেছে।

3. **আত্তীকরণ বা isolation** ঃ পরাগহীন করার পর গর্ভধানী থলিকে পূর্ণতালাভের জন্য সময় দেওয়া প্রয়োজন। এই সময় অবাঞ্ছিত পরাগ সংযোগ ব্যাহত করার উদ্দেশ্যে ঐ ফুলগুলিকে অন্তরীণ করা দরকার। সেইজন্য ফুলগুলিকে প্লাস্টিক অথবা কাপড় বা কাগজের মোড়কে আবৃত রাখা হয়।

4. **কৃত্রিম পরাগযোগ** (artificial pollination) ঃ অন্তরীণ পুষ্পগুলি যখন পূর্ণতা প্রাপ্ত হয়, তখন পিতৃ-জনিতা রূপে চিহ্নিত উদ্ভিদের পুংধানী থেকে সজীব পরাগরেণু সংগ্রহ করে ঐ পুষ্পের স্ত্রীস্তবকের গর্ভমুণ্ডের উপর বর্ষিত করা হয়, যা কৃত্রিম পরাগ যোগ হিসাবে পরিচিত। পিতৃ-জনিতা থেকে পরাগ সংগ্রহ করে ভবিষ্যতে ব্যবহারের জন্য তীব্র হিম সংকরণও সম্ভব। তার মাতৃ-উদ্ভিদের গর্ভমুণ্ডগুলি খুব অল্প সময়ের জন্য ধারণক্ষম থাকে। সকালবেলায় গর্ভমুণ্ডগুলি সবচেয়ে বেশি ধারণক্ষম হওয়ায়, কৃত্রিম পরাগ যোগ ঐ সময়েই করা বাঞ্চনীয়। পরাগযোগের পর মাতৃ জনিতার ফুলগুলিকে পুনরায় মোড়কে আবৃত করা দরকার, যাতে অন্য কোনো পরাগ সংযোগ না ঘটে।

5. **চিহ্নিতকরণ বা Labeling** ঃ সংকরণে ব্যবহৃত প্রতিটি ফুল যথাযথভাবে চিহ্নিতকরণ করা দরকার। সেইজন্য সুনির্দিষ্ট ট্যাগ বা চিহ্নিত পতাকা-বিশেষ ব্যবহার করা উচিত। ট্যাগে জনিতার পরিচয়, সংখ্যা, পরাগহীন করার ইতিহাস, পরাগযোগের তারিখ ইত্যাদি সংক্ষিপ্ত আকারে রক্ষা করা হয়।

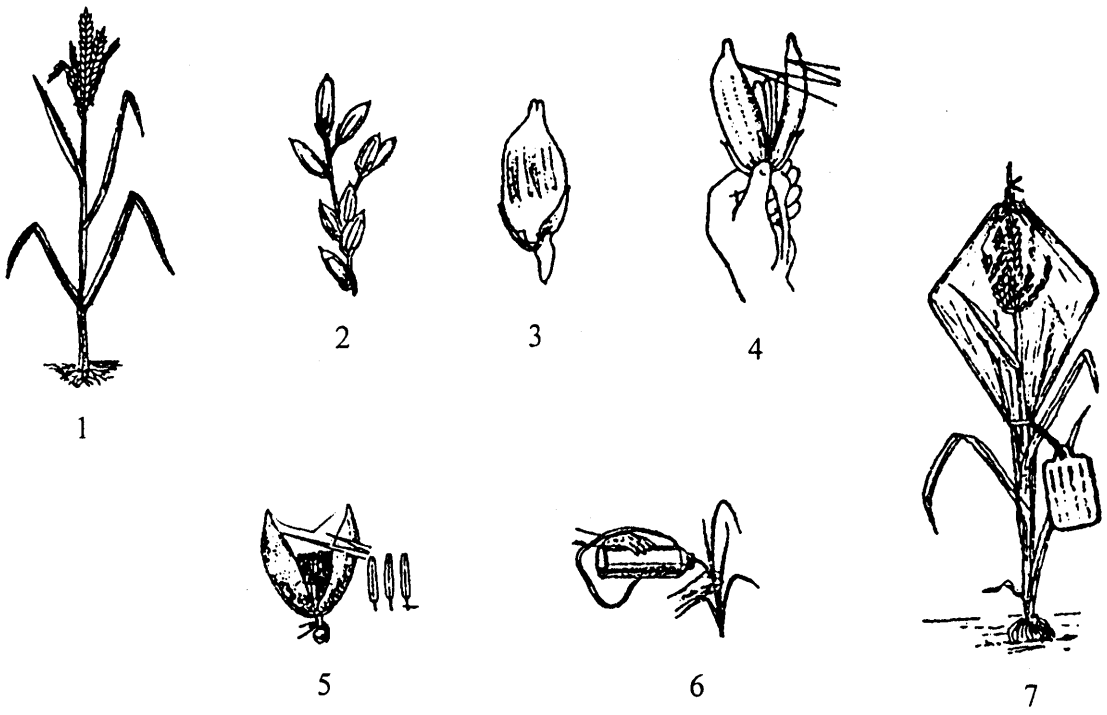
6. **বীজ সংগ্রহ ও সংরক্ষণ** ঃ সাবধানে পরিপক্ক বীজগুলি তুলে পৃথকভাবে লেবেল সহ পরবর্তী ঋতুর জন্য সংকরণ করা। এই বীজ থেকে যে উদ্ভিদের জন্ম হয় সেগুলি F_1-জনু হিসাবে চিহ্নিত হয়। F_1-জনুর উদ্ভিদগুলি অসমসত্ত্ব (heterozygous) হয়, ফলে কোনো জিন দুর্বল হয়ে প্রকাশ পায় না। সেক্ষেত্রে F_2 জনুর জন্য দুর্বল জিন সমন্বিত জনিতার সঙ্গে পশ্চাৎ জনন (back cross) করার প্রয়োজন হতে পারে। এইসব উদ্ভিদের মধ্যে থেকে নির্বাচনের মাধ্যমে আকাঙ্ক্ষিত বা উন্নত বৈশিষ্ট্যের উদ্ভিদ পাওয়া যায়।

6.5 কয়েকটি বিশেষ উদ্ভিদে ব্যবহৃত সংকরণ পদ্ধতি

6.5.1 ধান

এটি poaceac-র অন্তর্ভুক্ত শস্যপ্রজাতি। সংকরণের জন্য একটি নির্দিষ্ট panicle নির্বাচিত করে মোড়কে আবৃত করা হয় যাতে পরের দিন প্যানিকলটি প্রস্ফুটিত হয়। প্রস্ফুটিত ও অপরিণত প্যানিকলগুলি কেটে ঐ spikelet থেকে সরিয়ে ফেলা হয়। এই বার glume-গুলি সরিয়ে পুংদণ্ডগুলিকে কাঁচি দিয়ে কেটে অন্য একটি ব্যাগে সংরক্ষণ করা যায়। এই পুংবন্ধ্যাত্বকরণ Spikelet-টি-কে থার্মোফ্লাক্সের মধ্যে 40°-45°C উষ্ণ জলে 5 থেকে 10 মিঃ ডুবিয়ে রেখেও করা যায়। পরে উপযুক্ত সময়ে পরাগ রেণু তুলির সাহায্যে পরিণত গর্ভমুণ্ডের উপর ছড়িয়ে দেওয়া হয়। পরাগ-সংযোজনের পর স্পাইকলেটটি লেবেল সহ পুনরায় মোড়কে ঢেকে রাখা হয়।

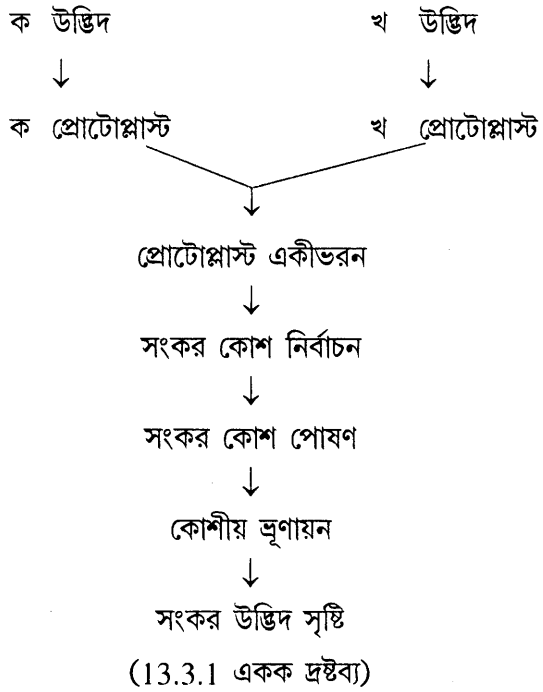
প্রান্তলিপি 6.1 ঃ কোশীয় সংকরণ



চিত্র 6.1 ধানে সংকরণ পদ্ধতি

1. ধানগাছ। 2. পুষ্পবিন্যাস। 3-4. ফরসেপস বা কাঁচি ব্যবহারে anther সরিয়ে নেওয়া (পুংবন্ধ্যাত্বকরণ) 6. গরম জল ব্যবহারে পুংবন্ধ্যত্বকরণ। 7. সংকরণের পর মোড়কে ঢাকা গাছ (লেবেল লাগানো)।

দুইটি উদ্ভিদের প্রোটোপ্লাস্ট একীকরণের (fusion) মাধ্যমে কোশীয় সংকরণ করা সম্ভব। ঐ সংকর কোশ থেকে অনুবিস্তারের মাধ্যমে সংকর উদ্ভিদ নির্বাচন করা যায়।



(13.3.1 একক দ্রষ্টব্য)

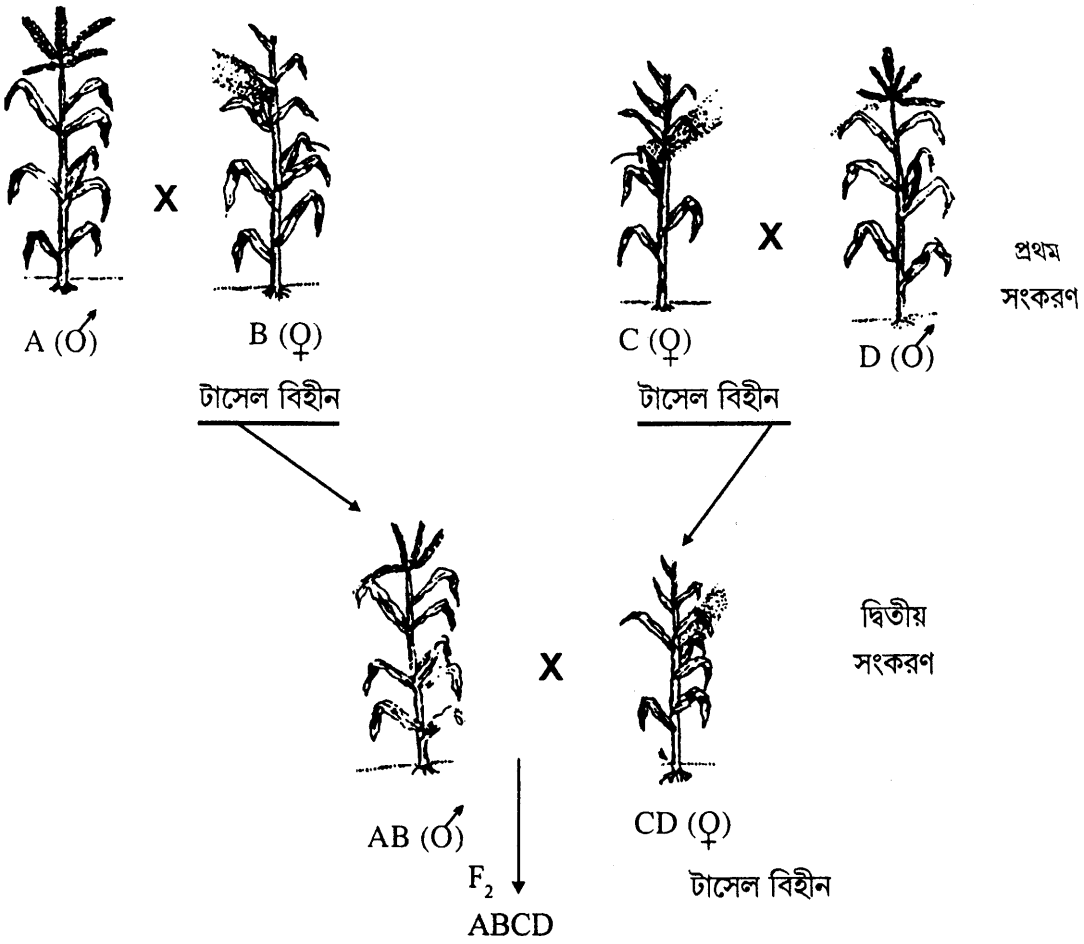
1972 সালে Carlson ও তাঁর সমকর্মীরা সর্বপ্রথম *Nicotina glauca* এবং *N. Longsdorfii* -এর মধ্যে কোশীয় সংকরণে সমর্থ হন (যে amphidipliod-এর সঙ্গে তুলনীয়)। তবে বিভিন্ন কারণে এখন আর এই পদ্ধতি বিশেষ প্রয়োগ নেই।

6.5.2 গম

গমের ফুল স্পাইকলেট প্রকৃতির। পরাগধানীগুলি পরিণত হওয়ার আগেই স্ত্রী জনিতার ফুলগুলি মোড়কে আবৃত করে লেবেল করা হয়ে থাকে। সূর্যাস্তের সময় lemma ও palea-র কিছু অংশ কাঁচির সাহায্যে কেটে, কিছু স্পাইকলেট রেখে অন্যগুলিকে সরিয়ে ফেলা হয়। গর্ভমুণ্ডকে অক্ষত রেখে কাঁচি বা ফরসেপের সাহায্যে পুংধানীগুলিকে সরিয়ে ফেলা হয়। এই পুংবন্ধ্যাত্বকরণ ধানের মতো উষ্ণজল ব্যবহারেও করা করা হয়। পরবর্তী কোনো দিনে (গর্ভমুণ্ড পরিণত হলে) সূর্য ওঠার সঙ্গে সঙ্গে তুলির সাহায্যে পরাগযোগ ঘটানো হয়। পরে লেবেল সহ স্পাইকলেটগুলি মোড়কে আবৃত করে ফেলা হয়।

6.5.3 ভুট্টা

ভুট্টা একটি monoecious বা সহবাসী উদ্ভিদ, ফলে এখানে সংকরণ অনেক সহজ। মাতৃজনিতা ও পিতৃজনিতারূপে চিহ্নিত উদ্ভিদগুলিতে পৃথক এবং সারিবদ্ধভাবে লাগানো হয়। সাধারণভাবে দুটি মাতৃ-জনিতা উদ্ভিদ সারি পর এক সারি পিতৃ-জনিতা উদ্ভিদের সারি লাগানো হয়ে থাকে। এখানে পুংবন্ধ্যাত্ব বা emasculation-এর জন্য স্ত্রী-জনিতা উদ্ভিদ থেকে tassel বা পুংপুষ্পমঞ্জরী ছেঁটে ফেলা হয়। ফলে মাতৃ-



চিত্র 6.2 : ভুট্টায় দ্বিত্ব সংকরণ। অবাঞ্ছিত পরাগযোগ প্রতিরোধে সবক্ষেত্রেই মাতৃজনিতাকে tassel বিহীন করা হয়েছে।

জনিতায় কেবলমাত্র 'cob'-গুলিই পরিপক্ক হতে পারে। ভুট্টায় সাধারণভাবে hybrid-এর ফল কম হওয়ায় দ্বিত্ব বা double crossing করা হয়।

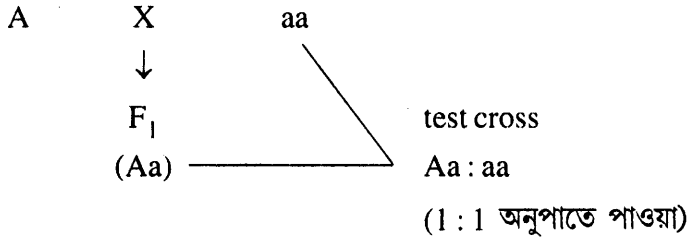
6.6 কয়েকটি বিশেষ সংকরণ পদ্ধতি

(ক) Single Cross বা একক সংকরণ ঃ যখন দুটি inbred উদ্ভিদ গোষ্ঠীর মধ্যে সংকরণ হয়, তা একক সংকরণ হিসাবে পরিচিত। যেমন $A \times B$ বা $A \times C$ বা $B \times C$

(খ) Three-way বা ত্রিমাত্রিক সংকরণ ঃ একক সংকরণে উদ্ভূত F_1-কে মাতৃ-জনিতা হিসাবে ব্যবহার করে অন্য আরো একটি inbred গোষ্ঠীর সঙ্গে সংকরণকে ত্রিমাত্রিক সংকরণ বলে, যেমন $A \times B = AB$ $AB♀ \times C♂ = ABC$

(গ) Double cross বা দ্বিত্ব সংকরণ ঃ এখানে দুটি একক সংকরণে উপলব্ধ উদ্ভিদের মধ্যে পুনরায় সংকরণ করা হয়, যেমন $(A \times B)(C \times D) = ABCD$। ভুট্টায় সাধারণত এই পদ্ধতি অবলম্বন করা হয়। (চিত্র 6.2)

(ঘ) Back cross বা পশ্চাৎ সংকরণ ঃ এই পদ্ধতিতে একটি জনিতাকে পৌনঃপুনিকভাবে ব্যবহার করা হয়। যখন প্রচ্ছন্ন জিন সম্পন্ন জনিতাকে পশ্চাৎ সংকরণে ব্যবহার করা হয়, তখন তাকে test বা পরীক্ষা ক্রশ বলে। কারণ ঐ পদ্ধতিতে কোন জিন প্রচ্ছন্ন কিনা (বিশেষত পরিব্যক্ত প্রজননে) তা জানা যায়।



Test cross-এর F_2 উদ্ভিদগুলি বাহ্য সত্ত্বায় (phenotype) 1 : 1 অনুপাত দর্শায়।

অনুশীলনী - 1

(ক) উদ্ভিদে প্রথম কে নথিভুক্ত সংকরণ করেছিলেন ?

(খ) TGMS কী ?

(গ) ত্রিমাত্রিক বা three way cross কী ?

(ঘ) ভুট্টায় সাধারণত কী ধরনের সংকরণ করা হয় ?

(ঙ) কোশীয় সংকরণে প্রথম সফল বিজ্ঞানীর নাম কী ?

6.7 সারাংশ

এই এককে আমরা উদ্ভিদ সংকরণ সম্পর্কে আলোচনা করেছি। প্রজাতি বিবর্তন সংকরণের গুরুত্ব উদ্ভিদ প্রজননেও এর ব্যবহার নিশ্চিত করেছে। সংকরণের উদ্দেশ্য এবং এর জন্য জনিতা নির্বাচনের গুরুত্ব আলোচিত হয়েছে। সংকরণের জন্য ব্যবহৃত পদ্ধতিগুলি এবং পুংবন্ধ্যাত্বকরণের পন্থাগুলির উল্লেখ করা হয়েছে। এছাড়া কয়েকটি বিশেষ সংকরণ পদ্ধতি এবং তাদের বিশেষত্ব এবং কয়েকটি বিশেষ শস্য-উদ্ভিদে ব্যবহৃত সংকরণ পদ্ধতির বর্ণনা দেওয়া হয়েছে।

6.8 প্রশ্নাবলি

1. টীকা লিখুন ঃ

   (ক) দ্বৈত সংকরণ (খ) কোশীয় সংকরণ (গ) কোশীয় পুংবন্ধ্যাত্ব (ঘ) test বা পরীক্ষা সংকরণ (ঙ) ত্রিমাত্রিক সংকরণ।

2. উদ্ভিদ সংকরণের উদ্দেশ্যগুলি বর্ণনা করুন।
3. স্বপরাগযোগী উদ্ভিদে পুংবন্ধ্যাত্বকরণ পদ্ধতিগুলির বর্ণনা দিন।
4. উদ্ভিদ সংকরণের ধাপগুলি আলোচনা করুন।

6.9 উত্তরমালা

অনুশীলনী-1.

(ক) Kolreuter (খ) Temperature sensitive genic male sterility (গ) 6.6খ (ঘ) 6.6 গ (ঙ) Carlson ও তাঁর সঙ্গীরা।

প্রশ্নাবলি

1. (ক) 6.6গ (খ) প্রান্তলিপি 6.1 (গ) 6.4গ (ঘ) 6.6ঘ (ঙ) 6.6খ।
2. 6.2।
3. 6.4 ক, খ, গ, ঘ।
4. 6.4 দেখুন।

একক 7 ❐ উদ্ভিদ প্রজননে নির্বাচন (Selection in Plant Breeding)

গঠন

7.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

7.2 উদ্ভিদের যৌন জনন পদ্ধতি ও উদ্ভিদ প্রজনন

7.3 স্বপরাগযোগী উদ্ভিদে প্রজনন পদ্ধতি

- 7.3.1 গণ নির্বাচন (Mass selection)
- 7.3.2 বিশুদ্ধধারা নির্বাচন (Pure line selection)
  - 7.3.2.1 বিশুদ্ধধারা নির্বাচন পদ্ধতি
  - 7.3.2.2 বিশুদ্ধধারা নির্বাচনের গুণ ও ত্রুটি
- 7.3.3 কুলজি নির্বাচন বা Pedigree selection
- 7.3.4 সমষ্টি নির্বাচন বা Bulk population selection
- 7.3.5 পশ্চাৎ সংকরণ বা Back cross

7.4 ইতরপরাগযোগী উদ্ভিদে ব্যবহৃত বিভিন্ন নির্বাচন পদ্ধতি

- 7.4.1 মাস সিলেকশন বা গণ নির্বাচন
- 7.4.2 Line breeding বা রৈখিক প্রজনন
- 7.4.3 Recurrent selection বা পৌনঃপুনিক নির্বাচন
- 7.4.4 Pedigree বা কুলজি নির্বাচন

7.5 Clone (ক্লোন) নির্বাচন

7.6 সারাংশ

7.7 প্রশ্নাবলি

7.8 উত্তরমালা

7.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

প্রস্তাবনা ঃ বিবর্তনের শুরু থেকেই মানুষ উদ্ভিদের উপর নির্ভরশীল, তবে মানুষ যখন তার শিকারী ও সংগ্রহকারীর ভূমিকা থেকে প্রাকৃতিক প্রয়োজনে স্থিতু (Sedentary) জীবনযাত্রা শুরু করল, তখন থেকেই বোধহয় উদ্ভিদ প্রজনন শুরু হয়। যে পদ্ধতির মাধ্যমে উদ্ভিদের মধ্যে মানুষের প্রয়োজনভিত্তিক

পরিবর্তন বা উন্নতিসাধন করা যায়, তাকে উদ্ভিদ প্রজনন বিদ্যা বলা যায়। প্রথম উদ্ভিদ প্রজনন বোধহয় নির্বাচনের মাধ্যমেই হয়ে থাকে। বিজ্ঞানভিত্তিক উদ্ভিদ প্রজনন সাধারণভাবে বোধহয় ১৮ শতকে শুরু হয়। যদিও তার আগে থেকেই উদ্ভিদ প্রজননে মানুষের বিজ্ঞান মনস্কতার প্রকাশ পেয়েছে। চীনের সম্রাট খাং হি (1662-1723) এক চাষীর জমিতে একটি ধান গাছ লক্ষ করেন যেটি অন্যদের তুলনায় আগেই পূর্ণতাপ্রাপ্ত হয়, সেই গাছ থেকে নির্বাচনের মাধ্যমে একটি নতুন কর্ষিতক (cultivar)-এর সৃষ্টি হয় যা imperial rice বা রাজকীয় ধান নামে পরিচিত হয়। অল্প সময়ের মধ্যেই পূর্ণতা লাভের জন্য, ঐ ধান চীনের দক্ষিণাঞ্চলে বৎসরে দুইবার এবং উত্তরাঞ্চলে বরফপাত শুরু হওয়ার আগেই একবার ফসল দিত। এটি সম্রাটের মনস্কতার পরিচয় বহন করে। তবে সঠিকভাবে বিজ্ঞানভিত্তিক উদ্ভিদ প্রজননের সূত্রপাত মেন্ডেল সূত্র পুনরাবিষ্কারের পরেই সম্ভব হয়। বর্তমান এককে আমরা উদ্ভিদ প্রজননের কয়েকটি বিশেষ পদ্ধতি সম্পর্কে আলোচনা করবো।

উদ্দেশ্য ঃ এই একক পাঠ করে আপনারা

- স্বপরাগযোগী ও ইতর পরাগযোগী উদ্ভিদের জনন বৈশিষ্ট্যের কারণে যে সকল ভিন্ন প্রজনন প্রক্রিয়া ব্যবহৃত হয়, সেগুলি সম্পর্কে প্রাথমিক ধারণা, এবং
- বিভিন্ন নির্বাচন পদ্ধতির মাধ্যমে অর্জিত বিশেষ সাফল্যগুলির সম্পর্কে প্রাথমিক পরিচয় লাভ করবেন।

7.2 উদ্ভিদের যৌনজনন পদ্ধতি ও উদ্ভিদ প্রজনন

উদ্ভিদ প্রজননের মূল উদ্দেশ্য উন্নততর প্রকৃতির উদ্ভিদ সৃষ্টি, যা প্রকৃতপক্ষে জিনগত মানের উপর নির্ভর করে। সেই কারণে প্রজনন ও নির্বাচন ঐ উদ্ভিদের যৌনজনন পদ্ধতির উপর বিশেষ নির্ভরশীল এবং স্বপরাগযোগী ও ইতর পরাগযোগী উদ্ভিদে ভিন্নরূপ প্রজনন পদ্ধতির প্রয়োজন হয়। কিছু উদ্ভিদ প্রজাতি কেবলমাত্র অঙ্গজ জনন পদ্ধতিতে বিস্তার লাভ করে। সেসব ক্ষেত্রে প্রজনন-পদ্ধতি স্বাভাবিকভাবেই ভিন্ন।

7.3 স্বপাগযোগী উদ্ভিদে প্রজনন পদ্ধতি

বহু শস্য প্রজাতি স্বপরাগযোগী, যেমন ধান, গম, বার্লি, সয়াবীন, চীনাবাদাম, তুলা, টোম্যাটো ইত্যাদি। এই ধরনের যৌন জনন বিশেষভাবে কার্যকরী, কারণ এর ফলে ঐ গোষ্ঠীর মধ্যে জিনগত বৈষম্যের প্রকাশ খুবই কম দেখা যায় এবং একটি বিশেষ জিনোটাইপ (Genotype) বা জিনসত্ত্বা সফলভাবে নিজেকে প্রতিষ্ঠিত করতে সমর্থ হয়। বিবর্তনের আদিকালেই এই সব উদ্ভিদ প্রজাতি বা তাদের কর্ষিতকেরা প্রাকৃতিক নির্বাচনের মাধ্যমে দুর্বল বা lethal (সংহারক) জিন সকল ইতিমধ্যেই বর্জিত হয়েছে, ফলে বর্তমানে তাদের মধ্যে in breeding depression (আন্তর্প্রজনন জাত মন্দা) এর আশঙ্কা নেহাতই কম। যদিও এই সব উদ্ভিদ বিশেষ বাস্তুতান্ত্রিক পরিবেশে (ecological niche) সফলভাবে প্রতিষ্ঠা লাভ করেছে, কিন্তু তারা পরিবর্তনশীল পারিপার্শ্বিকতায় নিজেদের সহজে খাপ খাইয়ে নিতে অপারগ। এই সকল উদ্ভিদে ব্যবহৃত নির্বাচন পদ্ধতিগুলি আমরা প্রথমে আলোচনা করব।

3.2.1 গণ নির্বাচন (Mass selection)

এটি সর্বাপেক্ষা প্রাচীন ব্যবহৃত পদ্ধতিগুলির অন্যতম। এটি সম্পূর্ণভাবে বাহ্যসত্ত্বা (phenotype) ভিত্তিক। এই পদ্ধতিতে সাধারণভাবে কয়েকটি নির্বাচিত বাহ্যসত্ত্বার ভিত্তিতে উৎকৃষ্ট উদ্ভিদদের গণনির্বাচন করা হয়। পরতর্বী কয়েক জনু (Generation) ব্যাপী এই বাছাই চালু থাকে, যতক্ষণ না একটি বাহ্যগত সমসত্ত্ব (phenotypically homozygous) উদ্ভিদগোষ্ঠী না পাওয়া যায়। Darwin (1859) তাঁর Origin of Species- গ্রন্থে দাবি করেন যে গণ-নির্বাচন মাধ্যমে উত্তরোত্তর উন্নততর উদ্ভিদগোষ্ঠী পাওয়া সম্ভব, কিন্তু জিন-বিজ্ঞান অনুযায়ী বর্তমানে এটি সম্পূর্ণভাবে প্রতিষ্ঠিত যে একপ্রকার নির্দিষ্ট জিনের সমন্বয় ঘটার পর, উন্নতির বিকাশ সম্ভব নয়। গণ-নির্বাচন qualitative বা additive বা মাত্রিক জিনের ক্ষেত্রে বিশেষ ফলদায়ক (Gardner, 1961)।

গণ-নির্বাচন খুবই সহজ পদ্ধতি এবং স্বল্প খরচ সাপেক্ষ। তবে গণ-নির্বাচনের প্রধান ত্রুটি এই যে এটি বাহ্যসত্ত্বা (phenotype) ভিত্তিক, যা বিভিন্ন পারিপার্শ্বিক কারণে পরিবর্তিত হতে পারে।

7.3.2 বিশুদ্ধধারা নির্বাচন (Pure line selection)

যখন একটি উদ্ভিদ গোষ্ঠী স্বপরাগযোগে জনু-অনুক্রমে নির্বাচিত হয়ে একটি সমপ্রকারের (homogeneous) উদ্ভিদ গোষ্ঠীর সৃষ্টি করে তখন একটি বিশুদ্ধধারা উদ্ভিদগোষ্ঠী সৃষ্ট হয়। 1903 সালে Johannsen প্রথম বিশুদ্ধধারা শব্দটি প্রবর্তন করেন। বিশ শতকের প্রথমার্ধে বহু কৃষি-উদ্ভিদের বিশুদ্ধধারা সৃষ্টি হয় এবং ঐ সময় কৃষিপ্রজননে বিশুদ্ধধারা বিশেষ ভূমিকা নেয়। স্বভাবতই বিশুদ্ধধারা নির্বাচনে স্বপরাগযোগের সহায়তা নেওয়া হয়। ইতর পরাগযোগী উদ্ভিদেও বিশুদ্ধধারা নির্বাচন করা যায়, সেখানে কৃত্রিমভাবে স্বপরাগযোগের সহায়তা নেওয়া হয়। বিশুদ্ধধারা স্থায়ীকরণের জন্যও স্বপরাগযোগ প্রয়োজন।

Johannson (1903) বিনস-এর বিশুদ্ধধারা নির্বাচন করেন, তিনি লক্ষ করেন যে কয়েক জনুর পর বীজের আকার আর বৃদ্ধি পায় না, যা একটি নির্দিষ্ট জিন সমন্বয়ের উপর নির্ভরশীল। এইসব ক্ষেত্রে অধিকতর উন্নতমানের জন্য সংকরণ প্রয়োজন হয়। সংকর জাত উদ্ভিদেও পুনরায় বিশুদ্ধধারা নির্বাচন সম্ভব, যেমন গমের Marquis কর্ষিতক।

7.3.2.1 বিশুদ্ধধারা নির্বাচন পদ্ধতি

বিশুদ্ধধারা যুক্ত উদ্ভিদ প্রজননে নিম্নলিখিত পদ্ধতি অবলম্বন করা হয়—

(ক) নির্বাচিত উদ্ভিদ গোষ্ঠীর মধ্যে কয়েকটি বিশেষ, রোগহীন উদ্ভিদকে মাতৃ-জনিতা হিসাবে বাছাই করা হয়। নির্বাচনের জন্য কয়েকটি বাহ্য সত্ত্বাকে চিহ্নিত করা হয়, যেমন উদ্ভিদের উচ্চতা, রোগ প্রতিরোধ ক্ষমতা, ফলন, বীজের আকার ইত্যাদি।

(খ) প্রতিটি মাতৃ উদ্ভিদ থেকে প্রাপ্ত বীজগুলি সারিবদ্ধভাবে লাগানো হয়, এবং এই সব উদ্ভিদ থেকে পুনরায় নির্বাচন করা হয়। স্বপরাগযোগে উদ্ভূত প্রথম বংশধর (F_1) উদ্ভিদের বীজ সংগ্রহ করে দ্বিতীয় দফায় সারিবদ্ধ চাষ করা হয়। F_2 বংশধরগুলি থেকে পুনরায় নির্বাচন করা হয়। এইভাবে

কয়েক জনু চাষ ও নির্বাচনের মাধ্যমে বিশুদ্ধধারা সৃষ্টি সম্ভব। সাধারণভাবে একটি বিশুদ্ধধারা কর্ষিতক (cultivar) সৃষ্টির জন্য 8-10 বৎসর (বা জনু-অনুক্রম) সময়ের প্রয়োজন হয়। প্রান্তলিপি 7.1 ঃ বিশুদ্ধধারা তৈরির সহজ উপায় কলাপোষণে dihaploid উদ্ভিদ সৃষ্টি কলা পোষণে পরাগধানী ও পরাগপোষণের মাধ্যমে সহজেই হ্যাপলয়েড্ কোশ ও হ্যাপলয়েড্ উদ্ভিদ সৃষ্টি করা সম্ভব। হ্যাপলয়েড্ কোশ বা উদ্ভিদকে বিভিন্ন প্রকার রাসায়নিক colchicine প্রভৃতি প্রয়োগে ক্রোমোসোম দ্বিত্বকরণের মাধ্যমে dihaploid উদ্ভিদ তৈরি করা সম্ভব। দ্বিত্বকরণে সৃষ্ট হওয়া প্রতিটি ক্রোমোসোম জোড়ায় পাওয়া যায়, এবং তারা জিনগতভাবে সম্পূর্ণভাবে এক প্রকৃতির, অর্থাৎ ডাই হ্যাপলয়েড্গুলি জিনগতভাবে homozygous বা সমসাত্ত্বিক এবং বাহ্যগত ও জিনগত উভয়তই বিশুদ্ধধারা দর্শায়। এটি বিশুদ্ধধারা সৃষ্টির সহজতম উপায়, কারণ এই উদ্ভিদগুলি সম্পূর্ণভাবে প্রজনন সক্ষম।

7.3.2.2 বিশুদ্ধধারা নির্বাচনের গুণ ও ত্রুটি

এই পদ্ধতি নির্বাচিত উদ্ভিদের গুণাবলি সমপ্রকারের (homogenous) এবং জিনগতভাবে সমসত্ত্ব (homozygous) ; ফলে পরবর্তী জনুতে গুণগত মানের অবতির আশঙ্কা থাকে না। স্বপরাগযোগী উদ্ভিদে বিশুদ্ধধারা সৃষ্টি সহজসাধ্য এবং এই উদ্ভিদ গোষ্ঠী সমপ্রকারের হওয়ার জন্য, বিশেষত উদ্ভিদের উচ্চতা, ফসল পক্কতার সময় প্রভৃতি একই হওয়ার জন্য, যান্ত্রিক পদ্ধতিতে ফসল কাটা, বাছাই ইত্যাদি সহজসাধ্য। এই কারণে উন্নত দেশে বিশুদ্ধধারা ব্যবহার ব্যাপক। অন্যদিকে এর কিছু অসুবিধাও রয়েছে। বিশুদ্ধধারার মধ্যে জিনগত বৈশিষ্ট্যের সমাবেশ থাকে না, সেই কারণে এরা পরিবর্তিত পারিপার্শ্বিক অবস্থাকে সহজে মানিয়ে নিতে পারে না। দ্বিতীয় কোন নতুন রোগের প্রাদুর্ভাব হলে প্রতিটি উদ্ভিদই সমানভাবে ক্ষতিগ্রস্ত হতে পারে এছাড়াও বিশুদ্ধধারা বহু জনু-অনুক্রমে চাষ করলে এর মধ্যে আন্তর্প্রজননগত মন্দা (in breeding depression) দেখা দেওয়ার সম্ভাবনা থাকে।

7.3.3 কুলজি নির্বাচন (Pedigree selection)

গৃহপালিত পশুর ক্ষেত্রে এই নির্বাচন বিশেষ সমাদৃত। 1927 সালে Love কুলজি নির্বাচন পদ্ধতির বিবরণ দেন। এই পদ্ধতি ইতর পরাগযোগী এবং স্বপরাগযোগী উদ্ভিদেও প্রয়োগ করা চলে ' এই পদ্ধতি বিশুদ্ধধারা নির্বাচনের সঙ্গে তুলনীয়, তবে এই পদ্ধতিতে প্রথমে সংকরণের দ্বারা চরিত্রগত বৈশিষ্ট্যের সংমিশ্রণ ঘটানো হয়। কুলজি নির্বাচনে সংকরণে উদ্ভূত F_2 জনুর উদ্ভিদে বিশুদ্ধধারা নির্বাচন পদ্ধতি অবলম্বন করা হয়, যতক্ষণ না একটি সমসত্ত্ব উদ্ভিদ গোষ্ঠী সৃষ্ট হয়। ফলে এই উদ্ভিদ গোষ্ঠী বাহ্যগতভাবে সমপ্রকারের (homogeneous) এবং জিনগতভাবে প্রায় সমসত্ত্ব (homozygous) যুক্ত। উদ্যানচর্চায় এই নির্বাচন বিশেষ সমাদৃত, অনেক সবজি-উদ্ভিদে, যেমন টোম্যাটো, মটর, বিনস, লেটুস প্রভৃতিতে এই নির্বাচন পন্থা গ্রহণ করা হয়েছে। স্বপরাগযোগী ধানে পদ্মা, জয়া প্রভৃতি কর্ষিতক এই পদ্ধতিতে নির্বাচিত হয়। কুলজি নির্বাচনে প্রতিটি জনুতে উদ্ভূত উদ্ভিদের বংশ তালিকা ও নমুনা বীজ সংরক্ষণ করা হয়। এই বংশ তালিকা ভবিষ্যৎ নির্বাচনে জন্যও ব্যবহার করা যায়।

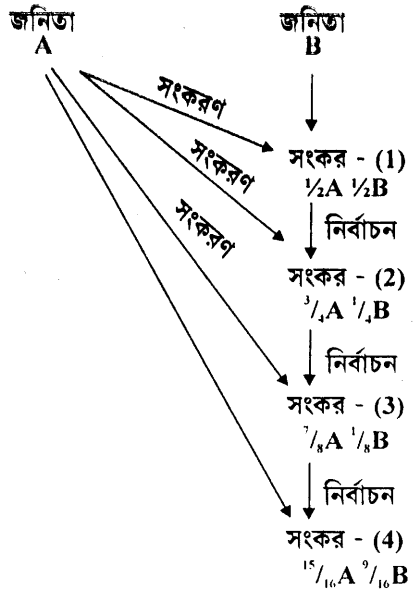
7.3.4 সমষ্টি নির্বাচন (Bulk population selection)

এই পদ্ধতিতে সংকরায়ণ উদ্ভূত F_1 উদ্ভিদের মধ্যে সমষ্টিগত ও জনু-অনুক্রমিকভাবে প্রজনন ও নির্বাচন করা হয়। যার ফলে ধীরে ধীরে একটি জিনগত সমসত্ত্ব উদ্ভিদ গোষ্ঠীর সৃষ্টি হয়। এই পদ্ধতি ক্ষুদ্রবীজ-বিশিষ্ট শস্য যা ঘনসন্নিবিষ্টভাবে চাষ করা হয়, সেই সবক্ষেত্রে বিশেষ উপযোগী। এই পদ্ধতি সহজ ও স্বল্প ব্যয় সাপেক্ষ, এবং গণ-নির্বাচনের সঙ্গে তুলনীয়, তবে এর প্রথম ধাপটি সংকরায়ণ।

7.3.5 পশ্চাৎ সংকরণ (Back cross)

এই নির্বাচন পদ্ধতিতে কোন বিশিষ্ট কর্ষিতকে (cultivar) যার মধ্যে বহু উন্নত গুণ বর্তমান, কিন্তু কোন বিশেষ গুণের অভাব, যেমন ধরা যাক রোগ প্রতিরোধ ক্ষমতা, এই সব ক্ষেত্রে কোন অনুন্নত কর্ষিতক বা জ্ঞাতি-উদ্ভিদের ঐ বিশেষ গুণকে (রোগ প্রতিরোধ ক্ষমতা) প্রতিষ্ঠার জন্য দুই গোষ্ঠীর মধ্যে প্রথমে সংকরণ করা হয়, ফলে F_1 সংকরে অনুন্নত গোষ্ঠীর অর্ধেক সংখ্যক জিন বর্তায়। নির্বাচনের মাধ্যমে ঐ বিশেষ গুণযুক্ত F_1 উদ্ভিদের সঙ্গে উন্নত কর্ষিতকের মধ্যে পুনরায় সংকরণ করা হয়। ফলে F_2 সংকরে উন্নত কর্ষিতকের 75% জিন পাওয়া যায়। এইভাবে নির্বাচন ও সংকরণের মাধ্যমে ক্রমে ক্রমে উন্নতমানের কর্ষিতকের প্রায় সমস্ত জিন এবং অন্য উদ্ভিদ গোষ্ঠীর বিশেষ জিনকে একত্রে আনা সম্ভব। এই ক্ষেত্রে পৌনঃপুনিকভাবে পশ্চাৎ-সংকরণ পদ্ধতি অবলম্বন করা হয় (চিত্র 7.1) পৌনঃপুনিকভাবে ব্যবহৃত জনিতাটি recurrent parent বা পৌনঃপুনিক জনিতা এবং একবার F_1 সৃষ্টিতে ব্যবহৃত জনিতাটি non-recurent parent হিসাবে পরিচিত।

চিত্র 7.1 : বিবুধ সংকরণের উদ্দেশ্য



এইভাবে পৌনঃপুনিক পশ্চাৎ সংকরণের মাধ্যমে B-উদ্ভিদদের কেবলমাত্র কয়েকটি অভিপ্রেত জিন নির্বাচিত অপত্যের মধ্যে আনা সম্ভব ; অপত্যের বেশিরভাগ জিন A-উদ্ভিদের। এখানে A-উদ্ভিদ recurrent বা পৌনঃপুনিক জনিতা এবং B-উদ্ভিদ non-recurrent জনিতা।

এই পদ্ধতির মাধ্যমে কোশীয় পুংবন্ধ্যাত্ব (CMS) ও উন্নতমানের কর্ষিতকে আনয়ন সম্ভব। সেক্ষেত্রে CMS যুক্ত উদ্ভিদটি non-recurrent মাতৃজনিতা হিসাবে একবার ব্যবহার করা হয়।

7.4 ইতরপরাগযোগী উদ্ভিদে ব্যবহৃত বিভিন্ন নির্বাচন পদ্ধতি

ইতর পরাগযোগী উদ্ভিদ প্রাকৃতিক কারণে জিনগতভাবে অসমসত্ত্ব বা heterozygous। এইসব উদ্ভিদে বিভিন্ন কারণে (যেমন অসঙ্গতিপূর্ণ এবং অসম্পূর্ণ পুষ্পের বিভিন্ন গঠনগত বিশেষত্ব বা continuances এর জন্য স্বপরাগযোগ সাধারণভাবে সম্ভব নয়। পরাগযোগের জন্য তাদের একই গোষ্ঠীর অন্য উদ্ভিদের উপর নির্ভর করতে হয়, ফলে এরা নিজগতভাবে উচ্চ অসমসত্ত্ব দর্শায়। এই ধরনের উদ্ভিদ পরিবর্তিত পরিবেশে সহজেই মানিয়ে নিতে পারে। তবে এইসব উদ্ভিদে নির্বাচন একটি বা দুটি বা অল্প সংখ্যক উদ্ভিদের মধ্যে সীমিত রাখা যায় না। নির্বাচনের জন্য অনেকগুলি উদ্ভিদকে একসঙ্গে ব্যবহার করা হয়। ইতর পরাগযোগী উদ্ভিদে ব্যবহৃত বিভিন্ন নির্বাচন পদ্ধতিগুলি নিম্নরূপ—

7.4.1 মাস সিলেকশন বা গণ-নির্বাচন

স্বপরাগযোগী উদ্ভিদের ন্যায় ইতর পরাগযোগী উদ্ভিদেও গণ-নির্বাচন একটি স্বীকৃত পদ্ধতি। ভুট্টায় গণ-নির্বাচন এক সময় বিশেষভাবে ব্যবহৃত হয়েছিল। এই ক্ষেত্রে কেবলমাত্র মাতৃ-জনিতা নির্বাচন করা হয়, পরাগদানকারী জনিতা নির্বাচন করা হয় না। প্রাথমিক নির্বাচনের পর সমষ্টিগতভাবে বীজ সংগ্রহ করা হয় এবং সেইভাবেই বপন করা হয়। এই নির্বাচন পদ্ধতি কয়েকটি জনু-অনুক্রমে বিস্তৃত হয়। Sugar বীট-এ এই পদ্ধতি কয়েক শতাব্দী ধরে ব্যবহার করা হচ্ছে।

7.4.2 Line breeding বা রৈখিক প্রজনন

গণ নির্বাচনের একটি বিশেষ প্রকার রৈখিক নির্বাচন। যেসব কৃষি উদ্ভিদে বেশ কয়েকটি কর্ষিতক রয়েছে এবং যেগুলি খুব বেশি নিকট সম্পর্কীয় নয়, সেই সব ক্ষেত্রে এই পদ্ধতি ব্যবহার করা যেতে পারে। উদ্ভিদে উন্নতমানের রোগপ্রতিরোধ ক্ষমতা সৃষ্টিতে এই পদ্ধতি বিশেষভাবে সাহায্য করে। এইজন্য একাধিক উদ্ভিদ গোষ্ঠী পৃথকভাবে পালন করা হয়। এই সকল গোষ্ঠীগুলিকে জনিতা হিসাবে ব্যবহার করে একটি 'যৌগ উদ্ভিদ গোষ্ঠী' সৃষ্টি করা হয়, যেখান থেকে প্রয়োজন মতো "রেখিক" নির্বাচনের (জনু-আনুক্রমিকা নির্বাচন) মাধ্যমে প্রয়োজনীয় গুণসম্পন্ন উদ্ভিদ নির্বাচন করা চলে।

7.4.3 Recurrent selection বা পৌনঃপুনিক নির্বাচন

এক্ষেত্রে নির্বাচিত উদ্ভিদ গোষ্ঠী থেকে বীজ সংগ্রহ করে, পরবর্তী জনুর উদ্ভিদের মধ্যে একই গুণ বা বৈশিষ্ট্যকে ভিত্তি করে পুনরায় নির্বাচন করা হয়। পরবর্তীকালে উদ্ভূত উদ্ভিদ গোষ্ঠীর মধ্যে সংকরণ করা হয় এবং সেখান থেকে পুনরায় নির্বাচন করা হয়। নির্বাচিত উদ্ভিদে বিভিন্ন সম্ভাব্য বিন্যাসে (combination) পুনরায় সংকরায়ণ করা হয়। এই পদ্ধতিতে পৌনঃপুনিকভাবে নির্বাচন করা হয়, সেই কারণে এটি recurrent হিসাবে পরিচিত।

7.4.4 Pedigree বা কুলজি নির্বাচন

স্বপরাগযোগী উদ্ভিদের ন্যায় ইতর পরাগযোগী উদ্ভিদেও কুলজি নির্বাচন করা হয় (7.3.3 দ্রষ্টব্য)।

7.5 Clone (ক্লোন) নির্বাচন

যেসব উদ্ভিদ প্রজাতি কেবলমাত্র অঙ্গজ জনন পদ্ধতিতে প্রজনন করে, সেসব ক্ষেত্র ছাড়াও বহু শস্য প্রজাতিতে ক্লোন নির্বাচনের মাধ্যমেও প্রজনন করা হয়। এই পদ্ধতিতে উদ্ভিদের সমস্ত গুণগত বৈশিষ্ট্য জনু অনুক্রমে অপরিবর্তিত রাখা যায়। এই পদ্ধতিতে উদ্ভূত সমস্ত উদ্ভিদ একটি ক্লোনের অন্তর্ভুক্ত, ফলে এই নির্বাচন ক্লোন নির্বাচন নামে পরিচিত। বহু উদ্ভিদে বীজ সৃষ্টি হয় না, যেমন কলা, আখ ইত্যাদি। আবার অনেক শস্য উদ্ভিদ যেমন আলু, আদা, আম, লিচু ইত্যাদিতেও এই পদ্ধতি অবলম্বন করা হয়। এইসব উদ্ভিদের বীজ থেকে উৎপন্ন গাছের জনিতায় সব গুণ প্রকাশ নাও পেতে পারে, কারণ এইসব উদ্ভিদ সাধারণ ভাবে সমগত্ত্ব বিশিষ্ট নাও হতে পারে। সেই কারণে জনিতার সমস্ত গুণ সংরক্ষণের জন্য বহু কৃষি উদ্ভিদে ক্লোন প্রজনন করা হয়। যেহেতু একটি ক্লোন এর অন্তর্গত সকল উদ্ভিদই একটি মাত্র জনিতা-উদ্ভিদ থেকে সৃষ্টি হয়, ফলে জিনগত ও বাহ্যগত উভয়ভাবেই সকল উদ্ভিদ একই প্রকারের হয় এবং বিশুদ্ধ ধারা উদ্ভিদের ন্যায় ব্যবহার করে। দুই ক্ষেত্রেই উদ্ভিদগুলি সমপ্রকার (homogeneous) হলেও সমসত্ত্ব (homozygous) বিশিষ্ট নাও হতে পারে। অনুবিস্তারে (16.2.5 একক দ্রষ্টব্য) উদ্ভূত উদ্ভিদগুলি ও এক ক্লোন ভুক্ত, এবং somaclone (দেহজকোশ উদ্ভূত) বা gametoclone (লিঙ্গাধর উদ্ভিদ কোশ উদ্ভূত) হিসাবে পরিচিত (16.2.6 একক দ্রষ্টব্য)।

অনুশীলনী

1. **শূন্যস্থান পূরণ করুন ঃ**
   - (ক) চীন দেশের সম্রাট যাং টি ধানের একটি নতুন কর্ষিতক নির্বাচন করেন যা ——— নামে পরিচিত।
   - (খ) Mass selection বা গণ-নির্বাচন সম্পূর্ণভাবে ——— সত্ত্বা ভিত্তিক।
   - (গ) ডেনমার্কের জীববিজ্ঞানী ——— প্রথম ——— সালে বিশুদ্ধ ধারার উল্লেখ করেন।
   - (ঘ) কুলজি নির্বাচনে সংকরণে উদ্ভূত F_2 সংকর উদ্ভিদে ——— নির্বাচন পদ্ধতি অবলম্বন করা হয়।
   - (ঙ) কোশীয় পুংবন্ধ্যাত্ব নির্বাচনে (CMS) যুক্ত উদ্ভিদকে ——— জনিতা হিসাবে একবারই ব্যবহার করা হয়।
2. **অল্প কথায় উত্তর দিন ঃ**
   - (ক) গণ-নির্বাচন কোন ধরনের জিনের ক্ষেত্রে বিশেষ ফলদায়ক ?
   - (খ) যৌন জনন পদ্ধতি অনুসারে উদ্ভিদের শ্রেণিবিভাগ করুন।
   - (গ) অসম উদ্ভিদটি পৃথক করুন, ধান, গম, টোম্যাটো ভুট্টা।

(ঘ) ধানের কর্ষিতক পদ্ম কী ধরনের নির্বাচনে সৃষ্ট হয় ?

(ঙ) কলায় কোন্ প্রকার নির্বাচন সম্ভব ?

7.6 সারাংশ

এই এককে আমরা উদ্ভিদ প্রজননে ব্যবহৃত বিভিন্ন প্রকার নির্বাচন পদ্ধতি আলোচনা করেছি। নির্বাচন পদ্ধতিগুলি উদ্ভিদের জনন পদ্ধতির উপর নির্ভরশীল। সেই কারণে ইতর পরাগযোগী ও স্বপরাগযোগী উদ্ভিদে ভিন্ন প্রকার নির্বাচন পদ্ধতি অনুসরণ করা হয়। আবার যে সব উদ্ভিদ অযৌন পদ্ধতিতে বিস্তার লাভ করে, সেখানে ভিন্ন রূপ নির্বাচন পদ্ধতি অবলম্বন করা হয়। প্রজননে ব্যবহৃত নির্বাচন পদ্ধতিগুলির কোনো কোনো ক্ষেত্রে সংকরণের সাহায্যও নেওয়া হয়।

পদ্ধতিগুলি নিম্নরূপ ঃ

1. স্বপরাগযোগী উদ্ভিদ	2. ইতরপরাগযোগী	3. অযৌন উদ্ভিদ
A. কেবলমাত্র নির্বাচন পদ্ধতি		
(a) Mass selection বা গণ নির্বাচন	(a) গণ নির্বাচন	(a) ক্লোন নির্বাচন
(b) বিশুদ্ধধারা নির্বাচন	(b) রৈখিক জনন	
B. (কৃত্রিম) সংকরায়ণের পর নির্বাচন		
(c) কুলজি নির্বাচন	(c) কুলজি নির্বাচন	
(d) সমষ্টি নির্বাচন	(d) পৌনঃপুনিক নির্বাচন	
(e) পশ্চাৎ সংকরায়ণ		

7.7 প্রশ্নাবলি

(i) ইতর পরাগযোগী উদ্ভিদ ব্যবহৃত নির্বাচন পদ্ধতিগুলি আলোচনা করুন।

(ii) স্বপরাগযোগী উদ্ভিদে অবলম্বিত নির্বাচন পদ্ধতিগুলির বর্ণনা দিন।

(iii) পশ্চাৎ-সংকরণ কী ? এর একটি প্রধান উদ্দেশ্য রৈখিক চিত্রসহ আলোচনা করুন।

(iv) বিশুদ্ধধারা নির্বাচন কী ? এই নির্বাচন পদ্ধতি ও এর গুণ ও ত্রুটিগুলি আলোচনা করুন।

(v) Recurrent জনিতা কাকে বলে ? Recurrent নির্বাচন পদ্ধতিটির বিবরণ দিন।

(vi) উদ্ভিদ প্রজননে নির্বাচন পদ্ধতিতে কলা পোষণের ব্যবহার উল্লেখ করুন।

(vii) বিশুদ্ধধারা নির্বাচন ও কুলজি নির্বাচনের মধ্যে পার্থক্য উল্লেখ করুন।

7.8 উত্তরমালা

অনুশীলনী-1

(ক) রাজকীয় ধান (inperial rice) (খ) বাহ্য (গ) Johannsen, 1903 (ঘ) বিশুদ্ধধারা (ঙ) non-recurrent.

অনুশীলনী-2

(ক) 7.3.1 (খ) 7.2 (গ) ভুট্টা (ঘ) 7.3.3 (ঙ) ক্লোন নির্বাচন।

প্রশ্নাবলি

(i) 7.4 (7.4, 7.4.1, 7.4.2, 7.4.3, 7.4.4)

(ii) 7.3 (7.3, 7.3.1, 7.3.2, 7.3.3, 7.3.4, 7.3.5)

(iii) 7.3.5

(iv) 7.3.2, 7.3.2.1, 7.3.2.2, (iv) 7.3.5 ও 7.4.3

(v) অনুবিস্তার, somaclone, gametoclone, dihaploid (pure-line)

(vi) 7.3.2 ও 7.3.3

একক 8 ❐ Heterosis or Hybrid vigour (হেটেরোসিস বা সংকর বল)

গঠন

8.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

8.2 হেটেরোসি, সংকর বল

8.3 সংকর বলের প্রকাশ

8.4 সংকর বলের কারণ

8.4.1 শারীরবৃত্তীয় তত্ত্ব

8.4.2 জিনতাত্ত্বিক ব্যাখ্যাসমূহ

8.4.2.1 প্রকটতা তত্ত্ব

8.4.2.2 অতি প্রকটতা তত্ত্ব

8.4.2.3 জিনগত সম্পূরকতা তত্ত্ব

8.5 হেটেরোসিসের বাণিজ্যিক ব্যবহার

8.6 ধানে হেটেরোসিস

8.7 সারাংশ

8.8 প্রশ্নাবলি

8.9 উত্তরমালা

8.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

প্রস্তাবনা ঃ বিংশ শতাব্দীর শেষ ভাগে (1960-1980) বিশ্ব জুড়ে সবুজ বিপ্লবের মাধ্যমে খাদ্য শস্যের উৎপাদন বহুল পরিমাণে বৃদ্ধি পায়। ফলে তৃতীয় বিশ্বের বহু দেশ যেমন মেক্সিকো, ভারত, পাকিস্তান, ফিলিপাইনস্, উত্তর আফ্রিকার অনেক দেশে খাদ্য উৎপাদনের ঘাটতি দূর হয়। কিন্তু শস্য উৎপাদন বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে বিশ্বের জনসংখ্যাও সমানভাবে বৃদ্ধি পাচ্ছে। সবুজ বিপ্লবের অগ্রণী বিপ্লবী Normal Borlaug (নরম্যান বোরলগ) 1970 সালে শান্তির জন্য নোবেল পুরস্কার গ্রহণের সময় তাঁর বক্তৃতায় উল্লেখ করেন— "We are dealing with two opposite forces, the scientfic power of food production and the biological power of human production" (আমা দুটি বিপরীত শক্তির মুখোমুখি, একদিকে বিজ্ঞানের শক্তি ভিত্তি করে খাদ্যশস্যের উৎপাদন অন্যদিকে জৈব শক্তিতে জনসংখ্যা বৃদ্ধি)। সবুজ বিপ্লব ঘটে যাওয়ার

পর জনসংখ্যা বৃদ্ধি পেয়েছে প্রায় 4 বিলিয়ন (40 কোটি) এবং এখনও প্রায় 850 মিলিয়ন (সাড়ে 8 কোটি) মানুষ অনাহার বা অর্ধাহারের শিকার। 2025 সালে বিশ্বের জনসংখ্যা দাঁড়াবে 8.5 বিলিয়ন, যার জন্য 1 billion টন অতিরিক্ত খাদ্যশস্যের প্রয়োজন হবে। অন্যদিকে সবুজ বিপ্লবের ফলে চাষের জমি বহুলাংশে উর্বরতা হারিয়েছে, অপর্যাপ্ত কীটনাশক ও রাসায়নিক সারের ব্যবহার ecological diasater বা বাস্তুতান্ত্রিক সর্বনাশ ঘটে চলেছে, ফলে এই প্রথায় নতুন করে উৎপাদন বৃদ্ধি সম্ভব নয়। তাছাড়াও চাষের জমির সীমাবদ্ধতা, এমনকি উত্তরোত্তর কৃষি জমি হ্রাস পাওয়ার জন্য, এখানকার প্রয়োজন অল্প জমিতে অধিক ফসল ফলানোর। এক সময় আশা করা হয়েছিল যে transgenic বা জিন প্রতিস্থাপন জাত উদ্ভিদের মাধ্যমে হয়তো খাদ্য সমস্যার সমাধান করা যাবে, কিন্তু খাদ্যশস্যে transgenic উদ্ভিদ এখনও গ্রহণযোগ্য হয়ে ওঠেনি, এবং এর গ্রহণযোগ্যতা সম্পর্কে গভীর বিতর্কের সৃষ্টি হয়েছে। ফলে দ্বিতীয় সবুজ বিপ্লবের জন্য আমরা সংকর বল বা hybrid vigour-এর উপর একান্তভাবে নির্ভরশীল। কৃষির বিকাশে সংকর বল বিশেষ ভূমিকা নিতে চলেছে।

উদ্দেশ্য ঃ এই একক পাঠে আপনারা জানতে পারবেন—

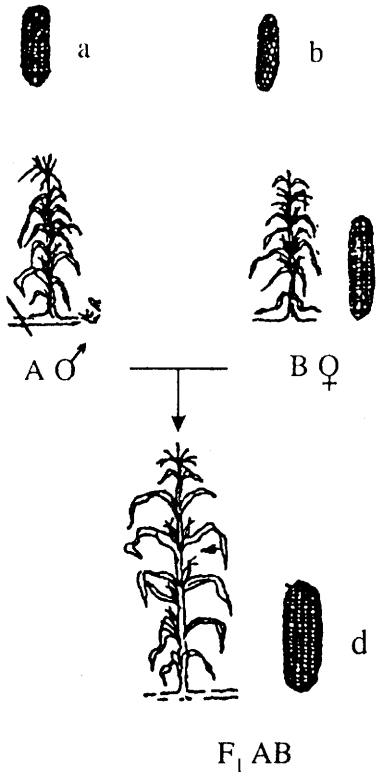
- সংকর বল কী ?
- কীভাবে সংকর বল তৈরি করা হয়।
- সংকর বল সৃষ্টির শারীরবৃত্তীয় ও জিনগত ভিত্তি।
- কৃষিতে ব্যবহৃত কয়েকটি সংকর তৈরির প্রক্রিয়া।
- বাণিজ্যিকভাবে বীজ তৈরির পদ্ধতি।

ইত্যাদি বিষয়গুলি সম্পর্কে প্রাথমিক ধারণা লাভ করবেন।

8.2 Heterosis/hybrid vigour/hybrid (হেটেরোসিস/সংকর বল/সংকর)

দুটি আন্তর্প্রজনন বা Inbred উদ্ভিদগোষ্ঠীর প্রজননে প্রাপ্ত সংকর উদ্ভিদ জনিতাদ্বয় অপেক্ষা অধিকতর বলবান হয়, যা হেটেরোসিস বা হাইব্রিড ভিগার (সংকর বল) নামে পরিচিত (চিত্র 8.1)। Hybrid Vigour বা সংকর বল সংক্ষেপে hybrid বা সংকর হিসাবেও উল্লেখ করা হয়। Shull 1908 সালে প্রথম heterosis-এর উল্লেখ করেন তবে তা গবেষণাগারে সীমিত ছিল। ডোনাল্ট জোনস্ (1914-17) New Haven-এর Connecticut Agricultural Experiment Station-এ প্রথম বাণিজ্যিকভাবে ব্যবহারযোগ্য hybrid ভুট্টা তৈরি করেন।

সংকর উদ্ভিদের সবলতা বিভিন্ন চরিত্রের মাধ্যমে প্রকাশ পেতে পারে, যেমন উদ্ভিদের উচ্চতা (যা Shull প্রথম লক্ষ করেন), উৎপাদনশীলতা (যা কৃষিতে প্রাধান্য পেয়েছে), উদ্ভিদের পাতার সংখ্যা, পর্ব সংখ্যা, রোগ প্রতিরোধ ক্ষমতা ইত্যাদি। মনে রাখা দরকার যে heterosis-এ দুটি সমসত্ত্ব ও আন্তর্প্রজনন (inbred) উদ্ভিদ গোষ্ঠীর প্রজননে সৃষ্ট হয়, অপর দিকে সাধারণ hybrid বা সংকর যে কোনো দুটি উদ্ভিদের



চিত্র 8.1 — ভুট্টায় সংকর বল। আন্তর্প্রজন গোষ্ঠী A ও B র মধ্যে সংকরণে উদ্ভুত F_1 সংকর AB l a, b, c, d বিভিন্ন 'Cob' আকার। a ও b যে 'Cob' থেকে যথাক্রমে A ও B উদ্ভিদের জন্ম। c B জনিতা থেকে উদ্ভুত Cob, যেখানে d সংকর AB থেকে উদ্ভুত। গাছের আকার এবং Cob এর আকারে সংকর বলের প্রকাশ পেয়েছে (F_1 - Ab এবং d-cab)

প্রজননে ঘটতে পারে এবং সেখানে সংকর বল প্রকাশ নাও পেতে পারে। আবার কিছুক্ষেত্রে দুটি উদ্ভিদ গোষ্ঠীর প্রজননে ঋণাত্মক (negative) ফলও পাওয়া যায় ; যদিও সেটিও heterosis বলা হবে, কিন্তু তা কোনো মতেই hybrid vigour নয়। সেক্ষেত্রে hybrid vigour ও heterosis সমার্থক নয় (Dobzhonsky 1952)। ডব্‌ঝানস্কি Positive heterosis-কে eutherosis নামকরণ করেন। ঋণাত্মক হেটেরোসিস মাঝে মাঝে দেখা যায়। কোনো inbred বা সহজাত উদ্ভিদ গোষ্ঠীতে এক বা একাধিক সুদনজিন (lethal gene) heterozygous অবস্থায় অপ্রকাশিত থাকে, কিন্তু দুটি গোষ্ঠীর মধ্যে প্রজননের ফলে homozygous অবস্থায় এসে তারা প্রকাশ পায়, ফলে ঋণাত্মক heterosis দেখা দেয়।

8.3 সংকর বলের প্রকাশ

সংকর বল উদ্ভিদ গোষ্ঠীর দূর-সম্পর্কের উপর নির্ভরশীল অর্থাৎ উদ্ভিদ গোষ্ঠীদ্বয় যত বেশি দূর সম্পর্কীয়, তাদের প্রজনন জাত F_1 সংকর তত বেশি সবল। অবশ্য এই দূরত্ব সাধারণভাবে প্রজাতির মধ্যেই

সীমিত হওয়া প্রয়োজন, নতুবা সংকরগুলি প্রজনন-ক্ষমতা বিযুক্ত হয়। দুটি subspecies-এর প্রজননে প্রাপ্ত সবলতা, দুটি প্রকার বা Variety-র সংকরের অপেক্ষা বেশি, কিন্তু দুটি প্রজাতির প্রজননে সংকর বল নাও পাওয়া যেতে পারে।

Heterosis-এর জন্য hybrid-গুলি বিভিন্নভাবে পাওয়া যায়, যেমন Single Cross hybrid :—

AA × BB
↓
AB—(Single Cross)

অথবা double cross hybrid : —

AAAA × BBBB ↓ (Single Corss) AABB

CCCC × DDDD ↓ CCDD (Single Cross)

AABB + CCDD → ABCD—Double Cross

সাধারণভাবে একক ক্রস থেকে দ্বিত্বক্রসের সংকর সবলতা বেশি হয়। অনেক ক্ষেত্রে দুই এর অধিক ক্রসে ও ব্যবহার করা হয়েছে। বর্তমান চাষে ব্যবহৃত বেশিরভাগ ভুট্টার কর্ষিতক (cultivar) দুই বা ততোধিক ক্রস উদ্ভূত হাইব্রিড।

সংকর বলের একটি বিশেষ সমস্যা হল যে F_2 জনুতে সবলতা হ্রাস পায়, ফলে চাষের জন্য প্রতিবারই নতুন (F_1) বীজের প্রয়োজন, যা চাষীদের পক্ষে তৈরি করা সম্ভব নয়। চাষীরা বীজের জন্য বড় বড় বীজ সংস্থার উপর নির্ভরশীল হতে বাধ্য। Maharastra hybrid Seed Co. (Mahyco) এই রকম একটি বীজ সরবরাহকারী সংস্থা। কেন F_2 জনুতে hybrid-গুলি সবলতা হারায় তা নিম্নে অতিসরলভাবে বোঝানো হল—

AA Bb + aa bb → AaBb–F_1 hybrid

Selfed

F_2	aB	ab
AB	AaBb	AaBb
Ab	AaBb	Aabb

দেখা যায় যে, কেবলমাত্র ¼ সংখ্যক উদ্ভিদেই F_1-এর AaBb জিন সত্ত্বা রয়েছে (কেবলমাত্র একটি জিনের ক্ষেত্রে, যদি বহু জিনের হিসাব করা যায়, তবে ঐ অনুপাত বহুগুণ কমে যাবে)। ফলে সামগ্রিকভাবে F_2 -তে ফলন হ্রাস পায়। বাণিজ্যিকভাবে বীজ উৎপাদনে এই সমস্যা বিভিন্নভাবে মোকাবিলা করা হয়। যা আমরা পরে আলোচনা করব।

প্রান্তলিপি **8.1 সবুজবিপ্লব (Green revolution)**

সবুজবিপ্লব (Green Revolution) শব্দটি 1968 সালে William Gaud (পূর্বতন Director–U S Agency for International Development) প্রথম ব্যবহার করেন, যদিও এই সম্পর্কীয় কাজ 1943 সালে Rockefeller Foundation ও Ford Foundation-এর সহায়তায় মেক্সিকোতে শুরু হয়। যেখানে নেতৃত্বে ছিলেন Manuel Camacho। 1951 সালেই মেক্সিকো খাদ্যে সম্বয়ম্ভরিতা লাভ করে। এরপর ষাটের দশকে সবুজবিপ্লবের কাজ শুরু হয় ভারতে তদানীন্তন খাদ্যমন্ত্রী চিদামম্বরম সুব্রহ্মনিয়ম-এর নেতৃত্বে। 1970 সালের মধ্যেই ভারত খাদ্যে বিশেষত ধান ও গম উৎপাদনে স্বাবলম্বী হয়ে ওঠে। সবুজ বিপ্লব ক্রমে ক্রমে তৃতীয় বিশ্বের অন্যান্য দেশেও ছড়িয়ে পড়ে। সবুজবিপ্লব HYV বীজ (high yielding variety), প্রচুর পরিমাণ সেচ, অপর্যাপ্ত রাসায়নিক সার ও কীটনাশকের ব্যবহারের উপর নির্ভরশীল। HYV-এর মধ্যে রয়েছে গমের জাপানী dwarf wheat variety, এবং ধানের IR8। শেষোক্তটি ইন্দোনেশিয়ার Peta এবং চীনের Dee Geo Woo Gen ভ্যারাইটি থেকে উদ্ভূত সংকর। সবুজ বিপ্লবের অন্যতম কর্ণধার Norman Borlaug 1970 সালে শান্তির জন্য Nobel পুরস্কারে সম্মানিত হন। বোরলগ 1941 সালে Minnesota University থেকে Plant Pathology-তে Ph.D করেন। তাঁর সম্পর্কে বলা হয়—"A man who saved more human lives than any other person in history".

সবুজবিপ্লব যেমন একদিকে খাদ্য সমস্যা সমাধানে প্রভূত সাহায্য করেছে, অন্যদিকে এর অনেকগুলি কুফল দেখা দিয়েছে। অপর্যাপ্ত জলসম্পদ ব্যবহারে মাটির জলের স্তর নেমে গেছে, যথেচ্ছ রাসায়নিক সা ও কীটনাশক ব্যবহারে পরিবেশ বহুল পরিমাণে কলুষিত হয়েছে। চাষের জমি তার উর্বর শক্তি বহু পরিমাণে হারিয়ে ফেলেছে, যা হরিয়ানা ও পাঞ্জাবে ভীষণভাবে প্রকট। এছাড়াও এর ফলে এক ধরনের কৃষি imperialism-এর জন্ম হয়েছে, যেমন Standard Oil of New Jersey কোম্পানি পূর্ব এশিয়ার সমস্ত দেশের প্রয়োজনীয় কেমিক্যাল সার, কীটনাশক ও বীজ সরবহারের একচেটিয়া ব্যবসা করে চলেছে। এছাড়াও biodiversity বা জীব বৈচিত্র্যের ক্ষেত্রেও সবুজ বিপ্লবের মন্দ প্রভাব পরিলক্ষিত হয়েছে।

8.4 সংকর বলের কারণ (Causes of heterosis)

যদিও Shull 1908 সালে এখন heterosis-এর বর্ণনা দেন, এখনও তার এক শতাব্দী পরেও এর কারণ সম্পর্কে সুস্পষ্ট ধারণা তৈরি হয়নি। বিভিন্নভাবে সংকর বল কেন প্রকাশ পায় তার ব্যাখ্যা দেওয়া হয়েছে যেগুলি জিনতত্ত্ব ও শরীর তত্ত্বের ভিত্তি করে উত্থাপিত হয়েছে।

8.4.1 শারীরবৃত্তীয় তত্ত্ব

শরীরের পাচনক্রিয়ায় বিভিন্ন উৎসেচকের প্রয়োজন হয়। বেশিরভাগ উৎসেচকের কয়েকটি প্রকারভেদ থাকে, যা isozyme নামে পরিচিত। Isozyme-গুলি Zymogram-এ তাদের উপস্থিতির মাত্রা অনুযায়ী

সুস্পষ্ট বা অস্পষ্ট "ব্যান্ড" (band) দর্শায়। একটি inbred বা আন্তর্প্রজনন উদ্ভিদ গোষ্ঠীতে একটি উৎসেচকের সবকটি isozyme উপস্থিত নাও থাকতে পারে, কিন্তু যখন দুই বা ততোধিক inbred গোষ্ঠীর সমন্বয় ঘটে, তখন তাদের কোশে সবকটি izozyme-ই প্রকট হতে পারে, ফলে ঐ উৎসেচকের কার্যবৃদ্ধি ঘটে, যা উদ্ভিদের বৃদ্ধিতে প্রকাশ পায়। 1998 সালে Gupta ও Singh ভুট্টায় esterase উৎসেচকের isozyme-এর উপস্থিতির সঙ্গে ভুট্টাদানার ওজনের সম্পর্ক লক্ষ করেন। তারা দেখাতে সমর্থ হন যে একটি inbred গোষ্ঠীতে esterase-এর 4টি isozyme-এর মধ্যে 2টি প্রকট এবং অন্য গোষ্ঠীর অন্য দুটি প্রকট, কিন্তু F_1 সংকরে 4টি isozyme-ই প্রকট (অর্থাৎ Zymogram 4টি সুস্পষ্ট band দেখা যায়) যা অধিক উৎপাদনশীলতা ব্যাখ্যা করে।

8.4.2 জিনতাত্ত্বিক ব্যাখ্যাসমূহ

8.4.2.1 Dominance (প্রকটতা) তত্ত্ব

আন্তর্প্রজনন (inbred) গোষ্ঠীর মধ্যে ক্রমে ক্রমে কিছু ক্ষতিকারক পরিব্যক্তি দেখা দেয়, যা inbreding depression (অন্তর্প্রজননগত মন্দা) নামে পরিচিত। ঐ সব চরিত্র সাধারণত দুটি প্রচ্ছন্ন জিন দ্বারা নিয়ন্ত্রিত। ফলে যখন দুটি ভিন্ন স্বপ্রজনন গোষ্ঠীর মধ্যে ক্রস ঘটে, তখন ঐ ক্ষতিসাধক প্রচ্ছন্ন জিন প্রকাশ পায় না এবং hybrid বা সংকরটি অপকর্ষতার পরিবর্তে উৎকর্ষতা বা enhancement দর্শায়। সেই জন্য enhancement হিসাবেও পরিচিত। ধরা যাক একটি উদ্ভিদ প্রজাতিতে উৎকর্ষতার জন্য দায়ী ABCD প্রভৃতি জিন রয়েছে। একটি গোষ্ঠীতে ধরা যাক AA bb cc dd জিন-এর সমাবেশ এবং এর উৎকর্ষতার মাত্রা 2। এই দুটি গোষ্ঠীর সংকর জিনের সমাবেশ হবে Aa Bb Cc Dd এবং সেখানে উৎকর্ষতার মাত্রা দাঁড়াবে—4।

হেটেরোসিস অবশ্য এত সহজভাবে প্রমাণ করা যায় না। আন্তর্প্রজন উদ্ভিদ গোষ্ঠীর মধ্যে যত বেশি দূরত্ব, তত বেশি সবলতা প্রকাশ পায়, যা dominance তত্ত্ব দ্বারা সম্পূর্ণভাবে ব্যাখ্যা করা যায় না।

8.4.2.2 Overdominance (অতিপ্রকটতা) তত্ত্ব

এই তত্ত্ব Hall 1946 সালে প্রথম পেশ করেন। এই তত্ত্ব অনুযায়ী প্রাণী বা উদ্ভিদের অসমসত্ত্ব বা heterozygosity বিশেষভাবে শারীরবৃত্তীয় কারণে অনেক সুবিধাজনক। অর্থাৎ allele-এর দুটি জিনের মধ্যে অল্প পার্থক্য ঐ উদ্ভিদের সক্ষমতা বৃদ্ধি করে। তখন ঐ allele-টি over expressed বা অতিরিক্ত ভাবে প্রকট হয়। যেমন

প্রথম উদ্ভিদ গোষ্ঠী	—	AA	——→	উৎকর্ষতা মাত্রা 1
দ্বিতীয় উদ্ভিদ গোষ্ঠী	—	A'A'	——→	উৎকর্ষ মাত্রা 1
সংকর		AA'	——→	উৎকর্ষতা 2

Dominance তত্ত্ব সাধারণভাবে সংকর বল ব্যাখ্যা করলেও কিছু কিছু ক্ষেত্রে overdominance তত্ত্বও প্রযোজ্য বলে অনেকে মত প্রকাশ করেন। তবে এই তত্ত্বগুলি কোনটিও সম্পূর্ণভাবে গ্রহণযোগ্য নয়। অতি সম্প্রতি আণবিক জিনতত্ত্বের ভিত্তিতে heteriosis-এর গ্রহণযোগ্য ব্যাখ্যা দেওয়া হয়েছে, যাকে Genetic complimentation তত্ত্ব (Milborrow, 1998) হিসাবে অভিহিত করা চলে।

8.4.2.3 Genetic Complimentation বা জিনগত সম্পূরকতা তত্ত্ব।

এই তত্ত্ব অনুযায়ী একটি আন্তর্প্রজন গোষ্ঠী অন্য একটি আন্তর্প্রজন গোষ্ঠীর জনিসত্ত্বায় কিছু জিনের পরিপূরক হিসাবে কাজ করে, ফলে সংকর উদ্ভিদ অধিকতর সবল হয়। শারীরবৃত্তীয় কিছু তথ্য ও এই তত্ত্বকে সমর্থন করে। অতি সম্প্রতি আণবিক জিন তত্ত্বে এই তত্ত্বের বেশি কিছু প্রমাণ পাওয়া গেছে। বেশ কয়েকটি কৃষি উদ্ভিদের আন্তর্প্রজন গোষ্ঠীতে বিভিন্ন প্রকার জিনগত পরিবর্তন প্রমাণিত হয়েছে, যা intra specific violation of genetic colimearity বা আন্তর্প্রজাতির জিনগত বিন্যাসের অবমাননা অথবা Plus or minus genetic polymorphism (প্লাস বা মাইনাস জিনগত বহুরূপীতা) নামে অভিহিত হয়েছে। একটি উদ্ভিদ প্রজাতিতে কয়েক জোড়া ক্রোমোজোম থাকে। প্রতিটি ক্রোমোজোম জোড়ায় একটি নির্দিষ্ট জিনের বিন্যাস দেখা যায়। একটি আন্তর্প্রজন উদ্ভিদ গোষ্ঠীর chromosome-ত্রয় জিনের sequence কয়েকটি বিশেষ transposon বা DNA-parasite দ্বারা বিভিন্নভাবে (যদিও অত্যন্ত ধীরে জনু অনুক্রমে) পরিবর্তিত হতে পারে। ঐ ক্রোমোসোমে কিছু addition বা delection, অথবা base sequence-এর পরিবর্তন এমন কি exon shuffling (exon-এ অদল বদল)ও দেখা দেয়। ফলে ঐ ক্রোমোসোমের জিনগত নির্দিষ্ট বিন্যাসের পরিবর্তন বা অবমাননা হয় যা জিনগত বিন্যাসের অবমানা আখ্যা দেওয়া হয়েছে। ভুট্টায় helitron নামে transposon এইরূপ বিপন্নতার কারণ। ধানের ক্ষেত্রে pack-MULE ট্রান্সপোজন এর জন্য চিহ্নিত হয়েছে। (আর একটি transposon-Muk কর্মক্ষম বা active transposon-কে চুপ (silencing) করিয়ে রাখে।) সহজাত উদ্ভিদের এইসব বিচ্যুতিগুলি সংকর উদ্ভিদে ঢাকা পড়ে যায়, দুই জনিতা একে অন্যের পরিপূরক হিসাবে কাজ করে। Lai *et al.*, 2005, Lal ও Hannah, 2005; Smriti Gupta *et al.*, 2005 প্রভৃতি বিজ্ঞানী প্রথম এইসব transposon-এর ক্রিয়াকলাপ লক্ষ করেন। Springer ও Stupar (2007) এই তথ্যের উপর ভিত্তি করে heterosis-এর ব্যাখ্যা দিয়েছেন।

8.5 Heterosis-এর বাণিজ্যিক ব্যবহার

সংকর বল সৃষ্টির জন্য প্রতিবারই নতুন করে F_1-এর বীজ তৈরি করতে হয়। কৃষিতে বাণিজ্যিকভাবে বীজ তৈরির নিমিত্ত সংকরণের জন্য বিশেষ পন্থা অবলম্বন করা প্রয়োজন হয়ে পড়ে। সংকর বীজ তৈরি করার জন্য কয়েকটি বহুজাতির বীজ প্রস্তুতকারী সংস্থা প্রায় একচেটিয়া ব্যবসা করে চলেছে। উন্নত দেশগুলির চাষীদের জন্য এই বীজ সংগ্রহ করা কোন সমস্যা নয়, কিন্তু তৃতীয় বিশ্বের চাষীদের কাছে তা প্রচুর ব্যয়সাপেক্ষ। আমেরিকা যুক্তরাষ্ট্রে ইতিমধ্যে চাষে ব্যবহৃত 99% ভুট্টা, 95% বীট, 80% পালং, 80% সূর্যমুখী, 62% ব্রকলি, 60% পেঁয়াজ সংকর জাতীয়। Heterosis-এ ব্যবহৃত সংকর বীজ উৎপাদনে নিম্নলিখিত পদ্ধতিগুলি ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

(A) টোম্যাটো জাতীয় উদ্ভিদ—যেখানে একটি ফলের মধ্যে বহুবীজ থাকে, এবং ফুল আকারে খুব ছোট নয়, সেসব ক্ষেত্রে চিরাচরিত সংকরণ পদ্ধতি অবলম্বন করা হয়।

(B) বহু monecious উদ্ভিদে বিভিন্ন রাসায়নিক প্রয়োগে কোন উদ্ভিদকে কেবলমাত্র স্ত্রী উদ্ভিদে পরিবর্তিত করা যায়। যেমন কুমড়ো জাতীয় উদ্ভিদ। পুংবন্ধ্যাত্বকরণে যেসব রাসায়নিক ব্যবহৃত হয়, তাদের মধ্যে

রয়েছে মিথাইল আরসিনেট, mendok (সোডিয়াম ডাইক্লোরো প্রোপিওনেট) বা ইথাফন (২ ক্লোরো ইথাইল প্রপিওনিক এসিড) প্রভৃতি উল্লেখযোগ্য। Ethephon-এর সাহায্যে বার্লি, সর্ষে, যব, জোয়ার, ধান ও গমে পুংবন্ধ্যাত্ব ঘটানো যায়।

(C) অনেক monoecious উদ্ভিদে পরিব্যক্তির ফলে কেবল মাত্র স্ত্রী উদ্ভিদ পাওয়া যায়। সেগুলি F_2-hybrid বীজ তৈরিতে ব্যবহার করা যায়। যেমন Ricinus।

Monoecious উদ্ভিদে পুনঃপুন নির্বাচনের মাধ্যমেও স্ত্রী উদ্ভিদ পাওয়া সম্ভব। এখানে যেসব গাছে বেশি স্ত্রী পুষ্প পাওয়া যায়। সেগুলি বাছাই করা হয়। কয়েক জনুক্রম ধরে এইরকম নির্বাচন জারি রাখলে অবশেষে এমন উদ্ভিদ পাওয়া যাবে, যেখানে কেবলমাত্র স্ত্রীপুষ্পই পাওয়া যায়। এগুলি Genetic female হিসাবে পরিচিত।

(D) পুংবন্ধ্যাত্বকরণে সব চেয়ে সুবিধাজনক male sterility factor-এর সাহায্য নেওয়া। এর মধ্যে প্রধান cytoplasmic male sterility (CMS)। সাইটোপ্লাজমে অবস্থিত মাইটোকনড্রিয়া (?) মধ্যে অবস্থিত বিশেষ জিনের উপস্থিতিতে কিছু উদ্ভিদ প্রজাতিতে পুংবন্ধ্যাত্ব দেখা দেয়। এই কারণে ঐ উদ্ভিদকে মাতৃজনিতা হিসাবে ব্যবহার করে সংকর পাওয়া সম্ভব। তবে দানাশস্যের ক্ষেত্রে পরাগদায়ী উদ্ভিদের নিউক্লিয়াসে rf (restoration of fertility) জিন থাকা দরকার, নতুবা F_1 সংকর দানা উৎপাদনে ব্যর্থ হবে, কারণ সংকরের কোশে মাতৃজনিতা উদ্ভূত সাইটোপ্লাজম (যার মধ্যে মাইটোকনড্রিয়া এবং CMS factor রয়েছে) থাকায় বন্ধ্যা হওয়ার সম্ভাবনা থাকে, পরাগ থেকে প্রাপ্ত rf (restoration of fertility) জিন nucleus-এ থাকার ফলে উদ্ভূত সংকর বন্ধ্যাত্ব অতিক্রম করতে সক্ষম হবে। ভুট্টা, জোয়ার, সূর্যমুখী প্রভৃতিতে ওই পন্থা অবলম্বন করা হয়। কলাপোষণে উদ্ভূত মাইব্রিডে CMS যুক্ত সাইটোপ্লাজম ব্যবহার করেও এই ধরনের স্ত্রী উদ্ভিদ সৃষ্টি সম্ভব।

কিছু কিছু ক্ষেত্রে নিউক্লিয়ার জিনও পুংবন্ধ্যাত্ব ঘটাতে পারে। এর মধ্যে রয়েছে TGMS (temperature sensitive genic male sterility) এবং PGMS (photoperiod sensitive genic male sterility)। তাপমাত্রায় পার্থক্য ঘটিয়ে অথবা Photoperiod-এর পরিবর্তন ঘটিয়ে পুংবন্ধ্যাত্ব আবিষ্ট করা যায়।

(E) অনেক শস্য F_1 উদ্ভিদকে অযৌন পদ্ধতিতে (clonal propagation) প্রজনন করিয়ে সংকর বল রক্ষা করা হয়। যেমন আলু, আপেল প্রভৃতি।

প্রান্তলিপি 8.2 সবুজবিপ্লব Cybrid বা সাইব্রিড

একটি Protoplast-এর সঙ্গে যখন একটি নিউক্লিয়াসবিহীন প্রোটোপ্লাস্ট বা সাইটোপ্লাজমের একীভবন ঘটে, তখন Cybrid (Cytoplasmic hybrid) সৃষ্টি হয়। নিম্নোক্ত যে কোনো পদ্ধতিতে Cybrid তৈরি সম্ভব (ক) দুটি Protoplast-এর একীভবনের পর একটির নিউক্লিয়াসের নির্বাচিত অবক্ষয় ঘটানো অথবা (খ) একটি protoplast-এর সঙ্গে একটি সাইটোপ্লাস্টের (নিউক্লিয়াসবিহীন protoplast, অথবা Cytochalasin B প্রয়োগে প্রাপ্ত সাইটোপ্লাজমের অংশ বিশেষ)-এর একীভবন। ঐ Cytoplast-এ যদি CMS factor বর্তমান থাকে, তবে ঐ Cybrid থেকে উদ্ভূত উদ্ভিদে পুংবন্ধ্যাত্ব দেখা দেবে।

8.6 ধানে হেটেরোসিস

যেহেতু ধান বিশ্বের প্রধানতম খাদ্যশস্য, সেই জন্য ধানে সংকর বল সৃষ্টির জন্য বিশেষ উদ্যোগ নেওয়া হয়েছে। 1988 সালে প্রথম IR 34 এবং IR 42 ব্যবহারে সংকর বল সৃষ্টি হয়। (উৎপাদন—10.4t/hectare—Virmani, Aquino ও Khus, 1988) বর্তমানে চীনে ও অস্ট্রেলিয়ায় ধানে সংকর বল নিয়ে বিশেষ গবেষণা চলছে। পুংবন্ধ্যাত্বকরণে CMS, TGMS ও PGMS পন্থা অবলম্বন করা হয়েছে। তাছাড়া heterosis-এর মাত্রা বৃদ্ধির জন্য বিভিন্ন ধরনের ক্রস ব্যবহৃত হয়েছ, যেমন (i) inter varietal hybrid (ii) inter sub specific hybrid (*indica/japonica/javanica)* (iii) distant heterosis *(sativa* x *rufipogon)*। এর মধ্যে indica/japonica সংকর সবচেয়ে ভালো ফল দেয়। যেমন P645 × 9311 (উৎপাদন 10.5t/h), অন্যদিকে গবেষণাগারে প্রাপ্ত P645 × E32, যেখানে উৎপাদন 17.1t/h পাওয়া যায়। হিসাব অনুযায়ী প্রতি হেক্টরের 2.5t শস্যবৃদ্ধিতেই (বর্তমান উৎপাদন 6.5t/h) কেবলমাত্র চীনেই 1 billion অতিরিক্ত লোকের খাদ্য উৎপাদিত হবে (Lin *et al.*, 2003)। বিজ্ঞানীরা ধানের হাইব্রিডের মধ্যে ভুট্টা C_4 জিন প্রতিস্থাপনের প্রচেষ্টা করেছেন, যা super hybrid নামে পরিচিত। Super hybrid আশা করা যায় হেক্টর প্রতি 13.5 টন ধান উৎপাদন করবে। চীনের এবং অস্ট্রেলিয়ায় (Australian Council of Agricultural Research) apomixin-এর মাধ্যমে hybrid-গুলির প্রজননের চেষ্টা চলেছে, সেক্ষেত্রে প্রতি বছর নতুন করে hybrid বীজ উৎপাদন করার প্রয়োজন হবে না। Apomixis-এ একটি কোষীয় নিউক্লিয়াস (2n) ভ্রূণে পরিণত হয়। ফলে মাতৃজনিতার সকল গুণই বীজে বর্তমান থাকে এবং সংকর বল বজায় থাকে। অবশ্য এ ক্ষেত্রে endosperm বা শস্য উৎপাদনের জন্য (ধানে মজুত খাদ্য) নিষেকও প্রয়োজন।

অনুশীলনী

1. **সঠিক উত্তরে দাগ দিন ঃ**

   (ক) Hetersis কোন প্রকার উন্নত গুণের জন্য আদৃত—(i) উৎপাদনশীলতা (ii) দ্রুত পরিপক্কতা (iii) অধিক রোগ প্রতিরোধ ক্ষমতা (iv) সবকটি গুণের জন্য।

   (খ) স্বপরাগযোগ প্রতিরোধে ফুলের কোন অংশ পরাগ সৃষ্টির আগেই সরিয়ে ফেলা দরকার—(i) গর্ভধানী (ii) গর্ভদণ্ড (iii) পুংধানী (iv) পাপড়ি।

   (গ) ভিন্ন ধর্মীটি চিহ্নিত করুন—(i) হেলিট্রন (ii) ট্রান্সপোজন (iii) প্যাক-মিউল (iv) MUK।

   (ঘ) কুমড়ো জাতীয় উদ্ভিদে পুংবন্ধ্যাত্বকরণে সাধারণভাবে কোন্ পদ্ধতি অবলম্বন করা হয়—(i) CMS (ii) TGMS (iii) PGMS (iv) Ethaphol প্রয়োগ।

2. **অল্প কথায় উত্তর দিন ঃ**

   (ক) Hull — Helitron

   Shull — Over-dominance-অতি প্রকটতা তত্ত্ব

	Lal ও Hannah	Euheterosis
	Dobzhansky	Heterosis (সংকর বল)
(খ)	Pack MULE	Super hybrid rice
	CMS	in breeding depression (অন্তর্প্রজনন মন্দা)
	Apomixis	Mitochondria
	GMO	ক্লোন নির্বাচন

8.7 সারাংশ

দুটি ভিন্ন আন্তর্প্রজনন (inbred) উদ্ভিদ গোষ্ঠীর প্রজননে F_1 সংকর যে উন্নতমান দর্শায় তা সংকর বল বা hybrid vigour (সংক্ষিপ্ত রূপ hybrid) বা heterosis নামে পরিচিত। এই সকল হাইব্রিড অধিক উৎপাদনশীলতা, দ্রুত পরিপক্কতা ও উন্নত রোগ প্রতিরোধ ক্ষমতার জন্যে কৃষিতে বিশেষভাবে আদৃত। F_2 জনুতে সংকর সবলতা বহুলাংশে হ্রায় পায়, সেই জন্য চাষের জন্য প্রতিবারই নতুন F_1 hybrid বীজ প্রয়োজন হয়।

সংকর বলের গুণমান দুটি গোষ্ঠীর দূর সম্পর্কের উপর নির্ভর করে। এছাড়া সংকর বল সৃষ্টির জন্য একক সংকরণ বা দ্বিসংকরণের ব্যবহার করা হয়। বিভিন্নভাবে সংকর বল ব্যাখ্যা করা হয়। যেমন শারীরবৃত্তীয় তত্ত্ব, dominance বা প্রকটতা তত্ত্ব, Over dominance বা অতিপ্রকটতা তত্ত্ব বা আণবিক জিন তত্ত্বের ভিত্তিতে প্রবর্তিত Genetic Complimentation বা জিনগত সম্পূরক তত্ত্ব।

বাণিজ্যিত ভাবে হেটেরোসিস ব্যবহারের জন্য পুংবন্ধ্যাত্বকরণ অতি জরুরি, সেই কারণে বিভিন্ন পন্থা অবলম্বন করা হয়। যেমন, দক্ষ কর্মী দ্বারা কাঁচি বা গরম জল ইত্যাদি ব্যবহারে বন্ধ্যাত্বকরণ, বা বিভিন্ন রাসায়নিকের সাহায্য নেওয়া, অথবা CMS বা TGMS বা PGMS পদ্ধতি অবলম্বন করা।

ভুট্টা প্রভৃতি বিভিন্ন উদ্ভিদে হেটেরোসিস এর বিশেষ ব্যবহার রয়েছে। এই পদ্ধতি সঠিকভাবে ধানে ব্যবহার করা সম্ভব হলে, তা শস্য উৎপাদনে দ্বিতীয় সবুজ বিপ্লব আনবে।

8.8 প্রশ্নাবলি

(ক) সংকর বল কী? সংকর বল কীভাবে প্রকাশ পায়? সবলতার মাত্রা কীভাবে বৃদ্ধি করা যায় আলোচনা করুন।

(খ) সংকর বল ব্যাখ্যার জন্য প্রবর্তিত তত্ত্বগুলি আলোচনা করুন।

(গ) বাণিজ্যিকভাবে সংকর বীজ উৎপাদনের জন্য ব্যবহৃত পন্থাগুলির বিবরণ দিন।

(ঘ) Super hybrid ধান কী? কীভাবে এটির তৈরির প্রচেষ্টা চলছে এবং এর ভবিষ্যৎ আলোচনা করুন।

8.9 উত্তরমালা

অনুশীলনী-1

(ক) iv (খ) iii (গ) iv (ঘ) iv

অনুশীলনী-2

দুয়েকটি ইঙ্গিত—Lal and Hannah (helitron), Dobzhansky (euheterosis) Pack–MULE (inbreeding depression) GMO (Super hybrid rice)

প্রশ্নাবলি

(ক) 8.2 ও 8.3 দেখুন।

(খ) 8.4 দেখুন।

(গ) 8.5 দেখুন।

(ঘ) 8.6 দেখুন।

একক 9 ❐ Mutuation and Polyploidy Breeding (পরিব্যক্তি ও পলিপ্লয়েডি প্রজনন)

গঠন

9.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

9.2 পরিব্যক্তি প্রজনন

9.2.1 মিউটাজেনস্ (Mutagens) বা পরিব্যক্তি কারক

9.2.2 পরিব্যক্তি উদ্ভূত প্রকারে নির্বাচন

9.2.3 কোশীয় পরিব্যক্তি বা Somatic Mutuation

9.2.3.1 পরিব্যক্তি প্রজননে উদ্ভিদ কলা পোষণ

9.3 পলিপ্লয়েডি প্রজনন (Polyploidy Breeding)

9.3.1 শস্য প্রজাতির বিবর্তনে পলিপ্লয়েডির ভূমিকা

9.3.2 উদ্ভিদ প্রজননে পলিপ্লয়েডি ব্যবহারের পটভূমি

9.3.3 পলিপ্লয়েড উদ্ভিদ সৃষ্টির উপায়সমূহ

9.3.4 পলিপ্লয়েডি প্রজননে কলাপোষণ

9.3.5 আবিষ্ট পলিপ্লয়েডির কয়েকটি বিশেষ উদাহরণ

9.3.6 সারাংশ

9.4 প্রশ্নমালা

9.5 উত্তরমালা

9.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

প্রস্তাবনা ঃ আমরা আগের কয়েকটি এককে উদ্ভিদ প্রজননের কয়েকটি দিক আলোচনা করেছি, যেখানে লক্ষ করে থাকবেন যে উদ্ভিদ প্রজননের মূল ভিত্তি নির্বাচন ও সংকরায়ণ। জীব জগৎ বৈচিত্র্যময়, সাধারণভাবে একটি প্রজাতির বেশ কিছু সংখ্যক প্রকরণ বা Variety ভৌগোলিক ও পরিবেশগত কারণে গড়ে ওঠে। প্রকৃতিক এই বৈচিত্র্যের মধ্যে থেকে প্রয়োজনীয় প্রকারের নির্বাচন উদ্ভিদ প্রজননের ভিত্তি। আবার এই প্রকারণগুলিই নতুন প্রজাতির বিবর্তনে সাহায্যে করে। ডাচ বিজ্ঞানী De Vries (1901) প্রথম *Oenothera lamarekiana*-তে প্রথম পরিব্যক্তি লক্ষ করেন, অবশ্য তাঁর পরিব্যক্ত প্রকারের মধ্যে পলিপ্লয়েডও ছিল। প্রকৃতিতে যে পরিব্যক্তি দেখা যায়, তা খুবই বিরল। 10^5 থেকে 10^6 গ্যামেটের মধ্যে

মাত্র একটি allele পরিব্যক্তি লক্ষ করা যায়। 1920 সালে Müller প্রথম X-ray প্রয়োগে Drosopila-য় প্রথম কৃত্রিম পরিব্যক্তি (induced mutation) আবিষ্ট করেন। 1928 সালে জার্মান বিজ্ঞানী stubbe বিভিন্ন কৃষি উদ্ভিদে, যেমন টোম্যাটো, সয়াবীন প্রভৃতিতে, কৃত্রিম পরিব্যক্তি ঘটাতে সমর্থ হন। পরিব্যক্তির ফলে নতুন যে প্রকারের উদ্ভব হয়, পরবর্তীকালে উদ্ভিদ প্রজননে তা বিশেষ ভূমিকা নেয়। 1934 সালেই প্রথম বাণিজ্যিকভাবে ব্যবহৃত (mutation উদ্ভূত প্রকরণ) সৃষ্টি হয়। এই এককে আমরা উদ্ভিদ প্রজননে পরিব্যক্তি ও পলিপ্লয়েডির ভূমিকা পৃথকভাবে আলোচনা করবো। আপনারা পরিব্যক্তি ও পলিপ্লয়ডি সম্পর্কে আগেই জেনেছেন। সেইহেতু বর্তমান এককে কেবল সর্বত্র উদ্ভিদপ্রজননে এদের ভূমিকাটুকুই আলোচনা করবো।

উদ্দেশ্য ঃ এই একক পাঠে আপনারা জানতে পারবেন—

- কৃত্রিম উপায়ে পরিব্যক্তি ঘটানোর জন্য ব্যবহৃত পদ্ধতিগুলি সম্পর্কে এবং
- বিভিন্ন কৃষি উদ্ভিদে পরিব্যক্তি প্রজননে সাফল্য সম্পর্কে একটি প্রাথমিক ধারণা লাভ করবেন।
- উদ্ভিদ প্রজননে পলিপ্লয়ডি ব্যবহার কেন করা হয় এবং কয়েকটি শস্য উদ্ভিদে এর সাফল্য সম্পর্কে জানতে পারবেন।

9.2 পরিব্যক্তি প্রজনন

পরিব্যক্তি সকল জিন শত প্রকারের উৎস, কিন্তু স্বতঃস্ফূর্ত পরিব্যক্তি খুবই দুর্লভ। সাধারণভাবে কোন প্রজাতিতে 10^{-5} থেকে 10^{-6} জনুতে একটি পরিব্যক্তি ঘটে। অর্থাৎ প্রতি 1,00,000 গ্যামেটের একটি allete-এ পরিব্যক্তি পাওয়া যেতে পারে। De Vries (1901) সালে প্রথম স্বতঃস্ফূর্ত পরিব্যক্তি লক্ষ করেন। অধুনাকালে স্বতঃস্ফূর্ত পরিব্যক্তি থেকে আপেলের Gala প্রকরণ থেকে Royal গ্যালা, Imperial গ্যালা প্রভৃতি প্রকারগুলি নির্বাচিত হয়েছে। যেহেতু পরিব্যক্তিই জিন প্রকরণের উৎস, সেই জন্য কৃত্রিম উপায়ে পরিব্যক্তি আবিষ্টের চেষ্টা শুরু হয়। যদিও প্রথম কৃত্রিম পরিব্যক্তি 1920 সালে ম্যুলার লক্ষ করেন, তবে দ্বিতীয় বিশ্বযুদ্ধ শেষ হওয়ার পরই উদ্ভিদ প্রজননে কৃত্রিম পরিব্যক্তির ব্যবহার সম্পর্কে নিবিড় গবেষণা শুরু হয়। তার কারণ সেই সময় থেকেই বিভিন্ন রশ্মি, neutron, α-particles প্রভৃতি যেগুলি পরিব্যক্তি ঘটাতে সমর্থ, সেগুলি সাধারণ গবেষণাগারে সহজলভ্য হয় এবং পৃথিবীতে শান্তি ফিরে আসায় বিজ্ঞানের এইসব শাখায় গবেষণার উপযুক্ত পরিবেশ ফিরে আসে।

উদ্ভিদ প্রজননে বিভিন্ন প্রকার পরিব্যক্তির ব্যবহার রয়েছে যেমন (i) Genomic পরিব্যক্তি—যেখানে পুরো ক্রোমোসোম বা ক্রোমোসোম কেতা (set) জড়িত ; (ii) Structural পরিব্যক্তি—ক্রোমোসোমীয় অপেরণ বা বিচ্যুতির (abberatio) জন্য ঘটে থাকে। (iii) Point বা বিন্দু পরিব্যক্তি (point mutation), যা DNA-এর deletion, duplication, বা base পরিবর্তনে সৃষ্ট হয়, এবং বর্তমানে যা প্রকৃত পরিব্যক্তি হিসাবে গণ্য হয়। এছাড়া সাইটোপ্লাজমে অবস্থিত জিন যা মাইটোকনড্রিয়া বা ক্লোরোপ্লাস্ট জিনোমে বর্তমান,

তাদের পরিবর্তন বা বিভিন্ন পরিব্যক্তির সৃষ্টি করে। মনে রাখা দরকার প্রায় 99% পরিব্যক্ত জিন প্রচ্ছন্ন (recessive)। প্রচ্ছন্ন জিন প্রকাশের জন্য সংকরণ ও নির্বাচন প্রয়োজন হয়।

9.2.1 মিউটাজেনস্ (Mutagens) বা পরিব্যক্তিকারক

যে সকল ভৌম (Physical) বা রাসায়নিক পদার্থ পরিব্যক্তি ঘটাতে সমর্থ সেগুলি মিউটাজেন বা পরিব্যক্তিকারক নামে পরিচিত। সেই অনুযায়ী মিউটাজেনগুলি ভৌম বা রাসায়নিক মিউটাজেন রূপে অভিহিত হয়। কৃত্রিম বা আবিষ্ট (induced) পরিব্যক্তিতে ব্যবহৃত পরিব্যক্তিকারকগুলি নিম্নরূপ ঃ

(ক) ভৌম মিউটাজেন—এক্সরে (x-rays), গামা রে (γ-ray), neutrons (নিউট্রন), α ও β (alpha ও beta) Particles (কণা), অতি বেগুনি রশ্মি (ultraviolet rays) প্রভৃতি আবিষ্ট পরিব্যক্তির জন্য ব্যবহৃত হয়। অতিবেগুনি রশ্মি অন্যান্য ভৌম পরিব্যক্তিকারকগুলি থেকে পৃথক, কারণ এটি বিকিরণ মুক্ত।

(খ) রাসায়নিক মিউটাজেন—যেসব রাসায়নিক যৌথ আবিষ্ট পরিব্যক্তিকারক হিসাবে ব্যবহৃত হয়ে থাকে, তাদের মধ্যে রয়েছে সোডিয়াম অ্যাজাইড্ (Sodium azide), EMS (Ethyl methane sulphonate, ইথাইল মিথেন সালফোনেট) DES (dimethyl sulphate, ডাইমিথাইল সালফেট) mustard gas (মাস্টার্ড গ্যাস), nitrosoguanidine (নাইট্রোসোগুয়ানিডিন) প্রভৃতি। নীচে কয়েকটি শস্য উদ্ভিদ ও ব্যবহৃত পরিব্যক্তি কারকের উদাহরণ দেওয়া হল—

	প্রজাতি	পরিব্যক্তিকারক	উদ্ভূত প্রকরণ
1.	ধান	গামা রশ্মি	Calrose 70
2.	গম	1. নিউট্রন	1. Lewis
		2. সোডিয়াম অ্যাজাইড্	2. Above
3.	Oat	X-রশ্মি	Alamox
4.	আঙ্গুর	neutron	Star Ruby
5.	লেটুস	EMS	Mini Green
6.	বীনস্	X-রশ্মি	Seaway

FAO-এর হিসাব অনুযায়ী 2000 সাল পর্যন্ত পরিব্যক্তি প্রজননে 2250টি স্বীকৃত প্রকারণ উদ্ভূত হয়েছে। যার জন্য বিভিন্ন পরিব্যক্তকারক ব্যবহার হয়েছে। একই প্রজাতিতে বিভিন্ন মিউটাজেন ব্যবহার করে ভিন্নরূপ প্রকারণ সৃষ্টি হয়েছে। যেমন ধানের বিভিন্ন উদ্ভূত প্রকারের মধ্যে 6টি গামা রশ্মি, 3টি নিউট্রন, 16টি X-রশ্মি, 12টি EMS, 7টি অন্যান্য রাসায়নিক পরিব্যক্তিকারক 7টি কলচিফি প্রয়োগে উদ্ভূত হয়েছে।

8.2.2 পরিব্যক্তি উদ্ভূত প্রকারে নির্বাচন

পরিব্যক্তি কারণে উদ্ভূত পরিবর্তনগুলি বেশিরভাগই (99%) প্রচ্ছন্ন থাকে, যেগুলি সংকরণের মাধ্যমে নির্বাচিত হয়। তবে বেশিরভাগ পরিব্যক্তিই সংহারক বা lethal হয়, প্রয়োজনীয় গুণসম্পন্ন প্রকারগুলি নির্বাচনের মাধ্যমে কৃষিতে ব্যবহার করা হয়। যেসব গুণের জন্য প্রকারগুলি নির্বাচিত হয়, সেগুলি ঐ প্রজাতির বাণিজ্যিক ব্যবহার সংক্রান্ত হয়ে থাকে, যেমন চীনে ধানের 'Zahfu' প্রকার 10% উচ্চ উৎপাদনশীল। আফ্রিকার ধান *Oryza glabberima* endospern লাল রঙ যুক্ত, তবে এর একটি আবিষ্ট প্রকারে (γ-গামা রশ্মি উদ্ভূত) চাল সাদা, যা বিশেষ ভাবে আদৃত হয়েছে। জোয়ারের একটি পরিব্যক্ত প্রাকরণে 30-50% ভাগ বেশি প্রোটিন পাওয়া যায়। ঘানায় cassava mosaic virus (CMV) প্রতিরোধকারী একটি Cassava প্রকার বিকিরণে উদ্ভূত হয়। বীজ হীন আঙুর আরো একটি উদাহরণ। গমের Above একটি আগাছানাশক সহিষ্ণু পরিব্যক্তি প্রকার যা sodium azide প্রয়োগ পাওয়া যায়।

FAO 2250টি mutant-এর যে তালিকা রেখেছে, তার মধ্যে প্রায় 1800টি ভৌম পরিব্যক্তিকারক আবিষ্ট। এর মধ্যে বেশিরভাগই গম, ধান, বার্লি, তুলো, চীনাবাদাম, বীনস প্রভৃতি শস্যের। 465 প্রকার পুষ্প উদ্ভিদ এবং কয়েকটি ফল উদ্ভিদের মধ্যে উদ্ভূত হয়েছে, এর মধ্যে রয়েছে চন্দ্রমল্লিকা, গোলাপ, ডালিয়া, কারনেশন, বিপোনিয়া, পেটুনিয়া, বোগেনভিলিয়া, অ্যান্টিরিনাম, অ্যাজালিয়া প্রভৃতি। ফল উদ্ভিদের মধ্যে রয়েছে আপেল, আঙুর, আনারস, খেজুর প্রভৃতি। এছাড়াও কলাপোষণে কোশের উপর পরিব্যক্তিকারকের প্রভাবে যেসব Mutant প্রকার পাওয়া গেছে, তাদের মধ্যে রয়েছে আলু, মিষ্টি আলু, আনারস, পেটুনিয়া, ধান প্রভৃতি। অনেক প্রকার অবশ্য এখনও গবেষণাগারে রয়েছে, এখনও কর্ষিতক হিসাবে চাষের জন্য ছাড়া হয়নি।

8.2.3 কোশীয় পরিব্যক্তি বা Somatic mutation

পরিব্যক্তি প্রজননে সাধারণভাবে পরিব্যক্তি কারকগুলিকে বীজের উপর ব্যবহার করা হয়ে থাকে। পরে সেই বীজ উদ্ভূত উদ্ভিদগুলি থেকে নির্বাচন করা হয়। এ ছাড়া উদ্ভিদের বিভিন্ন কোশে স্বতঃস্ফূর্তভাবে পরিব্যক্তি দেখা দেয়। পরিব্যক্তিকারকগুলির মাধ্যমেও উদ্ভিদের শাখায় বা অগ্রমুকুলে পরিব্যক্তি ঘটানো যায়। উদ্ভিদের ঐ অংশ থেকে কলম করে সম্পূর্ণ উদ্ভিদ সৃষ্টি সম্ভব। এইভাবে কমলালেবুর অনেক পরিব্যক্ত প্রকার সৃষ্টি হয়েছে। আপেল বোগেনভিলিয়া, গোলাপের (bud mutation) অনেক প্রকার এইভাবে তৈরি হয়েছে।

9.2.3.1 পরিব্যক্তি প্রজননে উদ্ভিদকলা পোষণ

উদ্ভিদ কলাপোষণে, বিশেষত দীর্ঘকালীন পোষণে অথবা পোষণ মাধ্যমে অক্সিন প্রভৃতির আধিক্যের কারণে পরিব্যক্তি বিশিষ্ট নতুন প্রকারণ সৃষ্টি হতে পারে। কলাপোষণ মাধ্যমে পরিব্যক্তিকারক রসায়ন যোগে, বা পোষিত কোশের উপর ভৌমপরিব্যক্তি কারকের প্রভাবে কোশ এবং সেখান থেকে অনুবিস্তার বা micropropagation মাধ্যমে নতুন প্রকার সৃষ্টি হয়। এই ধরনের প্রকারগুলি somaclonal (Larkin ও Snowcroft, 1981) এবং লিঙ্গাধর কোশ থেকে উদ্ভূত প্রকারগুলি gametoclonal (Evans *et al.* 1982)

হিসাবে পরিচিত। নির্বাচনের মাধ্যমে এইসব প্রকার থেকে অনেক উন্নতমানের উদ্ভিদ সৃষ্টি হয়েছে। যেমন *Helminthosporium maydis* প্রতিরোধক্ষম ভুট্টা, Downy Mildew ও late blight প্রতিরোধক্ষম আলু, অধিক ফলনশীল টোম্যাটো, উন্নতমানের Geramium, salt-resistant লংকা, ধান প্রভৃতি।

অনুশীলনী A

(ক) শূন্যস্থান পূর্ণ করুন ঃ

(1) পরিব্যক্তি তত্ত্ব ———— ———— সালে পরিবেশন করেন।

(2) ———— একটি স্বতঃস্ফূর্ত পরিব্যক্ত আপেল প্রকার।

(3) *Oenothera lamarckiana* var *gigas* একটি ———— পরিব্যক্তির উদাহরণ।

(4) EMS একটি ———— পরিব্যক্তিকারক।

(5) গোলাপের Bud Mutation একটি ———— পরিব্যক্তির উদাহরণ।

(6) ———— শস্য উদ্ভিদে প্রথম কৃত্রিম পরিব্যক্তির ব্যবহার করেন।

(খ) সংক্ষেপে উত্তর দিন ঃ

(i) Star Ruby আঙুর কী ?

(ii) উদ্ভিদ কলাপোষণে কী ধরনের পরিব্যক্তির উদ্ভব সম্ভব ?

(iii) রাসায়নিক পরিব্যক্তিকারক কাদের বলা হয় ?

(iv) কৃত্রিম পরিব্যক্তি কে কবে কীসে প্রথম লক্ষ করেন ?

(v) পরিব্যক্তি প্রজননে সংকরণের প্রয়োজনীয়তা কেন ?

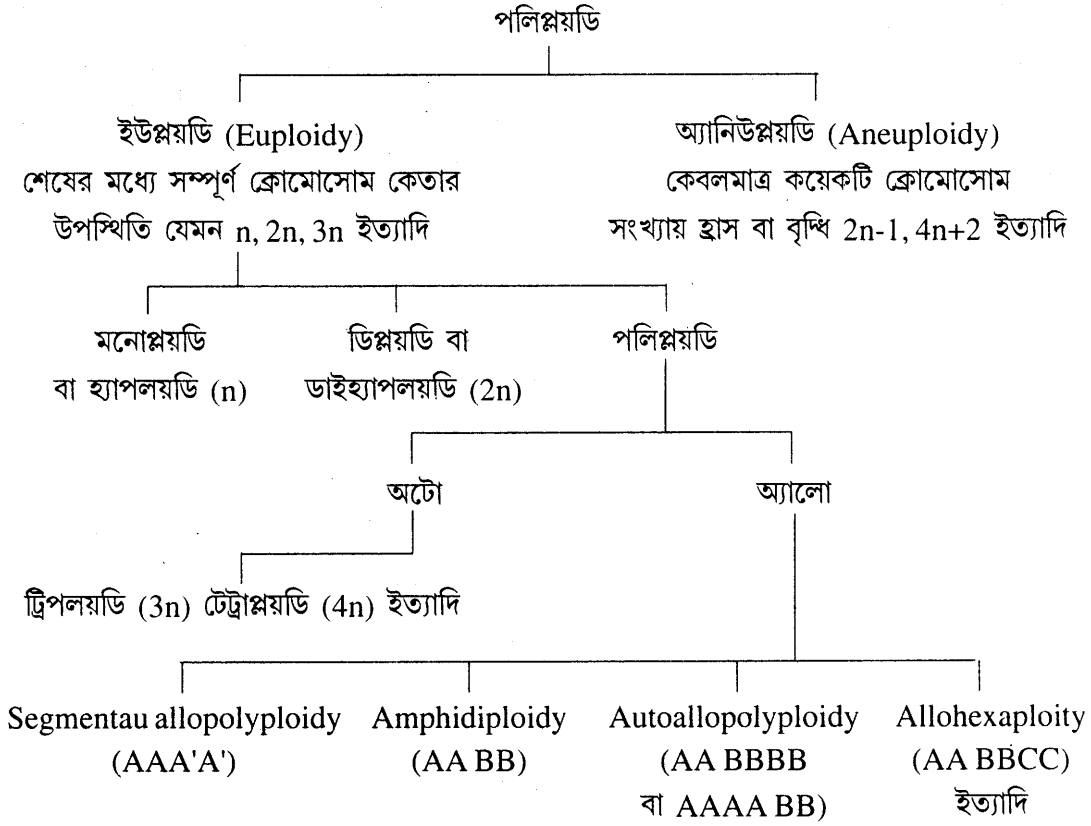
9.3 পলিপ্লয়েডি প্রজনন (Polyploidy breeding)

উদ্ভিদে পরিব্যক্তির ন্যায় পলিপ্লয়েডিও প্রকারণ সৃষ্টি এবং প্রজাতির বিবর্তনে বিশেষ অংশগ্রহণ করেছে। 1901 সালে De Vries পরিব্যক্তির যে সব উদাহরণ দিয়েছিলেন তার মধ্যে Polyploid-ও অন্তর্গত ছিল যেমন *Oenothera lamarchiana* Var. *gigas*। তবে Polyploidy শব্দটি প্রথম ব্যবহার করেন Winkler 1916 সালে। Polyploidy প্রজনন কিন্তু শুরু হয় আরো অনেক পরে, Blackeslea ও তাঁর সহকর্মীদের Colehicine-এর উপর ঐতিহাসিক গবেষণাপত্র প্রকাশের পর। তাঁরা লক্ষ করেন যে Colchicine মাইটোটিক কোশে microtubule-দের পলিমেরাইজ করতে বাধা দেয়, ফলে মাইটোসিস বা মাইওসিসে spindle fibre তৈরি হয় না, যে কারণে metaphore-এর শেষে sister chromatid দুটি পৃথক হওয়া সত্ত্বেও মেরু বা পোলের দিকে যেতে পারে না। এই কোশে cytokinesis হয় না, ফলে দুটি sister nucleusও কোশ না হয়ে একটি কোশই থাকে। এই ধরনের মাইটোসিস C-mitosis নামেও পরিচিত। যেহেতু ঐ কোশের মধ্যে দুটি sister chromatid থেকে যায়, সেই জন্য ঐ কোশে ক্রোমোসোমের

সংখ্যা দ্বিগুণ হয়। অর্থাৎ কোশটির ক্রোমোসোম সংখ্যা 2n থেকে 4n-এ পরিবর্তিত হয়, অর্থাৎ কোশটি পলিপ্লয়িড বা colchiploidy হিসাবেও পরিচিত হয়। এই আবিষ্কারের ফলে উদ্ভিদ প্রজননে আবিষ্ট পলিপ্লয়ডির ভূমিকা বিশেষ বৃদ্ধি পায়।

আমরা অন্যত্র পলিপ্লয়ডি সম্পর্কে বিশদ জেনেছি, বর্তমান এককে আমরা কেবলমাত্র উদ্ভিদ প্রজননে পলিপ্লয়ডির ভূমিকা আলোচনা করব। তার আগে আমরা আর একবার পলিপ্লয়ডির প্রকারগুলি সংক্ষেপে আলোচনা করতে পারি (সারণি 9.1)—

সারণি 9.1—**পলিপ্লয়ডি প্রকারভেদ** (Type of polyploidy)



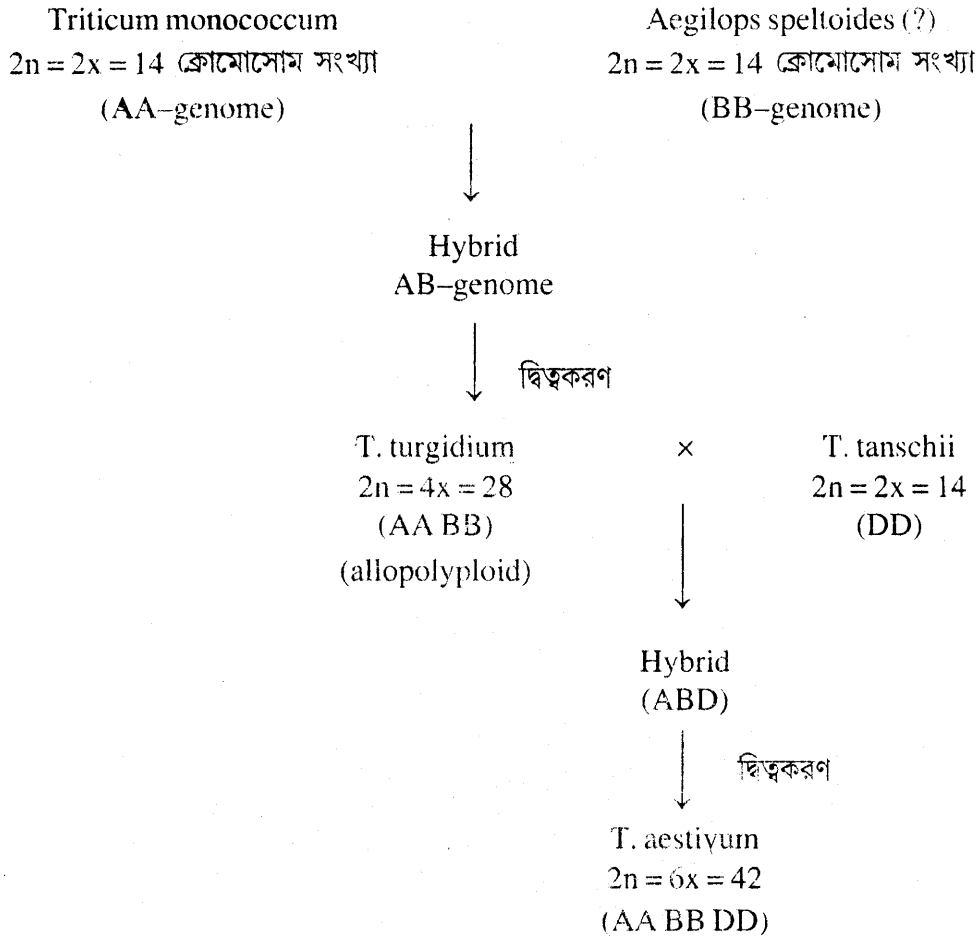
n = প্রাথমিক ক্রোমোসোম কেতা যা সাধারণত কেবলমাত্র গ্যামেটে দেখা যায়। A, B, C ইত্যাদি ভিন্নরূপ haploid ক্রোমোসোম কেতা (set) A'—A-এর পরিবর্তিত রূপ।

9.3.1 শস্য প্রজাতির বিবর্তনে পলিপ্লয়েডির ভূমিকা

স্বতঃস্ফূর্ত পলিপ্লয়ডি শস্য প্রজাতির বিবর্তনে একটি গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা নিয়েছে। গম, ভুট্টা, তামাক, তুলা, সরষে প্রভৃতির বিবর্তনে অটো ও অ্যালো উভয় প্রকার পলিপ্লয়েডির ভূমিকা দেখা যায়। যেহেতু

এইসব উদ্ভিদে পলিপ্লয়েডি বহুদিন আগেই ঘটেছে, সেইজন্য এগুলি palaeopolyploid নামেও পরিচিত। সাধারণ গমের উৎপত্তি সারণি 9.2-তে দেখানো হল।

সেইরূপ 'new world' তুলা old world তুলা ও আমেরিকায় প্রাপ্ত তুলার সংকরণ ও দ্বিত্বকরণ।



সারণি 9.2 গমের উৎপত্তি

সরষের বিভিন্ন প্রজাতি যেমন *Brassica juncea* (2n = 36) or *B. napus* (2n = 38) ধরে নেওয়া হয় যথাক্রমে *B. Nigra* (2n = 16) ও *B. campestnis* (2n = 20) এবং *B. oleracead* (2n = 18) ও *B. compestris* (2n = 20) এর মধ্যে interspecific সংকরণে এবং দ্বিত্বকরণে সৃষ্টি হয়েছে। সারণি 9.2 এ আরো কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া হল।

সারণি 9.3 : কয়েকটি পলিপ্লয়িড শস্য প্রজাতি

শস্য	সম্ভাব্য প্রাথমিক ক্রোমোসোম সংখ্যা	বর্তমান ক্রোমোসোম সংখ্যা	পলিপ্লয়েডি মাত্রা
1. Avena (Oat)	7	42	6n
2. আপেল	17	34, 51	2n, 3n
3. কলা	11,	22, 23	2n, 3n
4. তুলা	13	52	4n
5. চীনাবাদাম	10	40	4n
6. তামাক	12	48	4n
7. আখ	10	80	8n

এছাড়াও বহু শস্য বা ফল বা শোভাবর্ধক উদ্ভিদেও পলিপ্লয়েডি লক্ষ করা যায়। যেমন আলু, মূলা, পালং, আদা, শালগম, বীট, স্ট্রবেরি, তরমুজ, জিনিয়া, পেটুনিয়া ইত্যাদি।

যদিও এখানে উদাহরণস্বরূপ কয়েকটি শস্য উদ্ভিদ সম্পর্কে আলোচনা করা হল। সমস্ত জীবজগতে, বিশেষতঃ উদ্ভিদজগতের বিবর্তনে পলিপ্লয়ডি বিশেষভাবে অংশগ্রহণ করেছে।

9.2.2 উদ্ভিদ প্রজননে পলিপ্লয়েডি ব্যবহারের পটভূমি

1. বিভিন্ন শস্য প্রজাতি বিবর্তনে পলিপ্লয়েডির, বিশেষত allopolyploidy-র বিশেষ ভূমিকা রয়েছে, যা আমরা উপরোক্ত আলোচনায় লক্ষ করেছি।
2. পলিপ্লয়েডি সাধারণভাবে এক প্রকার পরিব্যক্তি, যা একটি গোষ্ঠীর মধ্যে হঠাৎ দেখা দেয়। কিন্তু এই পরিব্যক্তি lethel বা সংহারক নয়।
3. উদ্ভিদে পলিপ্লয়িড গোষ্ঠী সংকরণের জন্য ভিন্ন ভিন্ন ভাবে ব্যবহার করা চলে।
4. পলিপ্লয়িড উদ্ভিদে অনেক সংখ্যক redundant (উদ্বৃত্ত) জিন বর্তমান থাকে। যা পরে বিভিন্নভাবে, এমনকি মিউটাজেন ব্যবহারে বা genome-এ অবস্থিত transposon-এর প্রভাবে জিনগত পার্থক্য ঘটিয়ে নতুন প্রকারণ বা প্রজাতি উদ্ভবে সাহায্য করে।
5. পলিপ্লয়িড উদ্ভিদ-প্রজাতি বিভিন্ন প্রকার অমন পরিবেশে অপেক্ষাকৃত সহজভাবে বিস্তার লাভ করে। অনুর্বর জমি, খরাপ্রবণ অঞ্চলে বেশি পলিপ্লডিয় উদ্ভিদ দেখা যায়। অটো পলিপ্লয়িড উদ্ভিদ বেশি ঠান্ডা সহ্য করতে পারে। উপরন্তু পলিপ্লয়িড উদ্ভিদ সাধারণভাবে ছত্রাক বা কীটপতঙ্গ আক্রমণে অধিকতর সহনশীল। অনেক পলিপ্লয়িড উদ্ভিদ আগাছানাশক সহনশীলও বটে।

এই সকল কারণে উদ্ভিদ প্রজননে পলিপ্লয়েডির ব্যবহার শুরু হয়। কৃত্রিমভাবে পলিপ্লয়েডি সৃষ্টি

সহজ হওয়ায় পলিপ্লয়েডি প্রজনন বিশেষ গুরুত্ব লাভ করেছে। অবশ্য কিছু পলিপ্লয়ডে পরাগ ও বীজের জীবন ক্ষমতা (viability) কম হয়।

9.3.3 পলিপ্লয়িড উদ্ভিদ সৃষ্টির উপায়সমূহ

প্রকৃতিতে পলিপ্লয়েডি স্বতঃস্ফূর্তভাবে দেখা দেয়। স্বতঃস্ফূর্ত পলিপ্লয়েডি নিম্নোক্ত কারণে ঘটতে পারে

(ক) নিষেক ক্রিয়ায় 2n chromosome যুক্ত গ্যামেটের অংশগ্রহণ।

(খ) Polysomaty (দুইটি পুং নিউক্রিয়াস দ্বারা ডিম্বাণুর নিষেক)

(গ) জাইগোটের ক্রোমোসোম সংখ্যার দ্বিত্বকরণ

(ঘ) Endoreplication (এন্ডোরেপ্লিকেশন)—এই পদ্ধতি মাইটোসিস ছাড়াই sister chromatid-গুলি পাশাপাশি থাকা অবস্থায় পুনরায় DNA replication মাধ্যমে মোট ক্রোমোসোম সংখ্যার বৃদ্ধি ঘটায়।

কৃত্রিম উপায়ে পলিপ্লয়েডি ঘটানোর জন্য নিম্নোক্ত পন্থা অবলম্বন করা হয়—

(1) সাধারণ উষ্ণতা অপেক্ষা অধিক উষ্ণতার ব্যবহার বিশেষতঃ গ্যামেট উৎপাদনের সময়। অনেক সময় তীব্র শীতলতাও ব্যবহার করা যায়।

(2) কলচিনিসন্-এর ব্যবহার। ব্ল্যাকম্লি ও সহকর্মীরা 1939 সালে এই পন্থা উদ্ভাবন করেন, যা আমরা আগেই আলোচনা করেছি। কলচিসিন colchicum autumnale (Fam. -Liliaceae) নামক বিরুৎ জাতীয় উদ্ভিদ থেকে প্রাপ্ত alkaloid। বর্তমানে colchicine ও তার বিভিন্ন রূপান্তর (যেমন colcemid) গবেষণাগারে তৈরি হয়ে থাকে।

(3) বিভিন্ন প্রকার আলোক রশ্মি ব্যবহারেও পলিপ্লয়েডি পাওয়া সম্ভব।

(4) গ্যামেক্সিন (Gammexane–hexachloro cyelohexane) নাপথালিন জাতীয় রাসায়নিক ও কখনও কখনও পলিপ্লয়েড সৃষ্টি করতে পারে।

উপরোক্ত বিভিন্ন পন্থা থাকলেও, পলিপ্লয়েডি প্রজননে বীজ বা অঙ্কুর এবং মুকুলের উপর কলচিসিন ব্যবহারই পলিপ্লয়েডি প্রজননে সর্বাপেক্ষা নির্ভরযোগ্য পন্থা।

9.3.4 পলিপ্লয়েড প্রজননে কলাপোষণ

কলাপোষণের মাধ্যমেও বিভিন্ন উদ্ভিদে পলিপ্লয়েডি আবিষ্ট করা সম্ভব। পরাগধানী ও পরাগপোষণে হ্যাপলয়েড উদ্ভিদ সৃষ্টি বর্তমানে প্রায় রুটিন পর্যায়ে এসে পৌঁছেছে। হ্যাপলয়েড উদ্ভিদ পরিব্যক্তি প্রজননে বিশেষ উপযোগী, কারণ পরিব্যক্ত জিন শতকরা 90 ভাগ প্রচ্ছন্ন ; হ্যাপলয়েডে যেহেতু এক কেতা ক্রোমোসোম বর্তমান, তাই প্রচ্ছন্ন জিনও প্রকাশ পায়। এই পদ্ধতিতে চীনে প্রায় 50টি ধানের প্রকার ও 20টি গমের প্রকার (ভ্যারাইটি) সৃষ্টি সম্ভব হয়েছে। পপলার, আঙুর, ন্যাসপাতি, লিচু, চা প্রভৃতিতে (Chen, 1990) এই পদ্ধতির মাধ্যমে বেশ কিছু কর্ষিতক সৃষ্টি সম্ভব হয়েছে।

অনিষিক্ত ভ্রূণপোষণে ও হ্যাপলয়েড এবং তার দ্বিত্বকরণে ডাই হ্যাপলয়েড উদ্ভিদ সৃষ্টি হতে পারে। বার্লি, ধান, তামাক, প্রভৃতিতে এই পদ্ধতিতে সাফল্য পাওয়া গেছে Yong এবং Zhao, 1982)।

ট্রিপ্লয়েড উদ্ভিদ সৃষ্টিতে কলাপোষণ বিশেষভাবে ব্যবহৃত হয়। Endosperm বা শস্য পোষণে প্রাপ্ত ট্রিপ্লয়েড কোশ থেকে ভ্রূণায়নের মাধ্যমে ট্রিপ্লয়েড উদ্ভিদ পাওয়া যায়। ফল উদ্ভিদে triploid বিশেষভাবে আদৃত, কারণ এগুলি বীজশূন্য। Annanus squamosa, Pyrus malus, Prunus persicas, Citrus grandis, Emblica officinalis প্রভৃতিতে এই পদ্ধতি সাফল্য এসেছে। কিছু বৃক্ষ জাতীয় উদ্ভিদে triploid উদ্ভিদে সৃষ্টি হয়েছ, যেমন Populus tremuloides, Santalum album, Putranjiva roxburghii প্রভৃতি। এগুলি বাঞ্ছিত কাষ্ঠগুণসম্পন্ন।

9.3.5 আবিষ্ট পলিপ্লয়েডির কয়েকটি বিশেষ উদাহরণ

পূর্বে আলোচনা প্রসঙ্গে আমরা কয়েকটি পলিপ্লয়েডি প্রজননে উদ্ভূত উদ্ভিদের উল্লেখ করেছি। আমরা আরো কয়েকটি বিশিষ্ট প্রকারণ সম্বন্ধে আলোচনা করতে পারি—

তামাকের একটি কর্ষিতক Nicationa dighuta সম্ভবত প্রথম গবেষণাগারে সৃষ্ট পলিপ্লয়িড। Clowson 1925 সালে *N. tabacum* (2n = 48) এবং *N. Glutinosa* (2n = 24)-র মধ্যে সংকরণে একটি F, hybrid পান, যা স্বতঃস্ফূর্তভাবে ক্রোমোসোম দ্বিত্বকরণে 2n = 72 chromosome দর্শায়, যেটি পরে *N. dighuta* নামে পরিচিত হয়।

1927 সালে রুশ বিজ্ঞানী Karpochenko প্রথম একটি synthetic polyploid তৈরি করেন ; তিনি মূলা (*Raphanus sativus)* 2n = 18 ও *Brassica oleracea*-র সংকরণে যে F_1 hybrid পান, তার ক্রোমোসোম সংখ্যা দ্বিত্বকরণে একটি উর্বরা প্রজাতি সৃষ্টি হয়, যা *Rephano brassica* (2n = 36) নামে পরিচিত হয়। লক্ষণীয় এটি একটি অন্তর্গণীয় (inlergeneric) সংকরণ, যেটি পলিপ্লয়েডির জন্য উর্বরাশক্তি লাভ করে।

Synthetic polyploidy-র আরো একটি বিশিষ্ট উদাহরণ triticales যা *Triticum aestivum* ও Secale cereal-এর সংকরণ এবং পরে ক্রোমোসোম দ্বিত্বকরণে পাওয়া যায়। 1985-1990 সালের মধ্যে বিভিন্ন কৃষিবিজ্ঞানীরা এর সৃষ্টি করেন। উৎপাদনশীলতা এবং রোগপ্রতিরোধ ক্ষমতার জন্য একটি বিশেষ আদৃত। সারা বিশ্বে বর্তমানে 2500,000 হেক্টর জমিতে এই গম চাষ হচ্ছে।

অনুশীলনী B

(ক) শূন্যস্থান পূর্ণ করুন ঃ

(i) কলচিসিন ———— ———— সৃষ্টিতে বাধা দেয়, এই ধরনের মাইটোসিসকে ———— বলে।

(ii) 1916 সালে ———— প্রথম Polyploidy শব্দটি ব্যবহার করেন।

(iii) সাধারণ গমের 'D' genome ———— প্রজাতির অবদান।

(iv) ডিম্বানুর সঙ্গে দুটি পুং নিউক্লিয়াস-এর নিষেকে ———— সৃষ্টি হয়।

(v) অনিষিক্ত ভ্রূণপোষণেও ———— উদ্ভিদ পাওয়া সম্ভব।

(vi) Endosperm বা শস্য কোশের ক্রোমোসোম সংখ্যা ———— n, সেই জন্য উদ্ভিদ সৃষ্টিতে কলাপোষণে endosperm কোশ ব্যবহার করা হয়।

(খ) জুটি নির্দিষ্ট করুন ঃ

Blackeslea	allopolyploidy
De Vries	Triticale
Secale cereal	*O. lamarckiana* var. *gigas*
Karpechenko	colchicine

(গ) সঠিক উত্তরে দাগ দিন ঃ

(i) আখের ক্রোমোসোম সংখ্যা—20, 40, 60, 80

(ii) Bread wheat একটি—triploid, tetraploid, allotetraploid, hexaploid

(iii) কোন্‌টি triploid—বাদাম, তামাক, তুলা, আপেল।

(iv) স্বতন্ত্রটি দাগ দিন—

Brassica nigra, B. campestris, B. napus, B. oleracea.

9.3.6 সারাংশ

বিবর্তন ও নতুন প্রকারণ সৃষ্টির প্রধান উৎস পরিব্যক্তি বা মিউটেশন। সেই জন্য উদ্ভিদ প্রজননে পরিব্যক্তির একটি বিশেষ ভূমিকা রয়েছে। স্বতঃস্ফূর্ত পরিব্যক্তি খুবই দুর্লভ হওয়ার জন্য উদ্ভিদ প্রজননে আবিষ্ট পরিব্যক্তির ব্যবহার হয়। পরিব্যক্তি সাধারণভাবে প্রচ্ছন্ন এবং বেশিরভাগ পরিব্যক্তিই সংহারক (lethal)। উপকারী পরিব্যক্তি নির্বাচনের মাধ্যমে ব্যবহার করা হয়। পরিব্যক্তি আবিষ্ট করার জন্য ভৌম বা রাসায়নিক পরিব্যক্তিকারক (mutagen) ব্যবহার করা যায়। তার বেশিরভাগ কর্ষিতক ভৌম পরিব্যক্তিকারক, যেমন X-রশ্মি, গামা রশ্মি প্রভৃতি দ্বারা উদ্ভূত। শস্য উদ্ভিদ ছাড়াও পুষ্প উদ্ভিদ, ফল উদ্ভিদ প্রভৃতিতে পরিব্যক্তি প্রজনন ব্যবহা করা হয়। সাধারণভাবে পরিব্যক্তি ঘটানোর জন্য বীজ ব্যবহার করা হয়। তবে বিভিন্ন দেহজ কোশেও পরিব্যক্তি দেখা দিতে পারে। যেমন গোলাপের bud mutation। অঙ্গজ জননের মাধ্যমে পরিব্যক্ত কোশ থেকে পূর্ণ উদ্ভিদ পাওয়া সম্ভব। এছাড়া কলাপোষণেও পরিব্যক্ত কোশের ভ্রূণায়নের মাধ্যমেও পরিব্যক্তি প্রজনন সম্ভব।

পলিপ্লয়ডিও এক ধরনের পরিব্যক্তি, যেখানে পুরো ক্রোমোসোম কেতা জড়িত। উদ্ভিদে বিশেষত বিভিন্ন শস্যের কর্ষিতকের বিবর্তনে পলিপ্লয়েডি একটি বিশেষ ভূমিকা নিয়েছে, যা বিভিন্ন প্রজাতি ও কর্ষিতকের ক্রোমোসোম সংখ্যা লক্ষ করলে স্পষ্ট দেখা যায়। পলিপ্লয়িড উদ্ভিদে প্রচুর সংখ্যক 'উদ্বৃত্ত' জিন থাকায়, এইসব উদ্ভিদে নতুন পরিব্যক্তির প্রকাশ সহজ। পলিপ্লয়িড উদ্ভিদ অসম পরিবেশে এবং অনুর্বর জমিতে বা রুক্ষ আবহাওয়া অধিকতর সহনশীল। এই সব কারণে পলিপ্লয়িড উদ্ভিদ প্রজননে বিশেষভাবে আদৃত। স্বতঃস্ফূর্ত পলিপ্লয়েডি জননকোশে বা নিষেক পদ্ধতির বিভিন্ন ব্যতিক্রম ঘটে থাকে। যেখানে Colchicine প্রভৃতির রাসায়নিক প্রয়োগে কৃত্রিমভাবে পলিপ্লয়িড সৃষ্টি করা সম্ভব। এছাড়া কলা পোষণের মাধ্যমেও হ্যাপলয়েড, ডাই-হ্যাপলয়েড, triploid প্রভৃতি তৈরি করা যায়। বর্তমানে বিভিন্ন প্রজাতির প্রচুর সংখ্যক পলিপ্লয়িড প্রকারণ কৃষিতে ব্যবহৃত হচ্ছে, অবশ্য এর মধ্যে allopolyploid-এর সংখ্যাই বেশি।

9.4 প্রশ্নমালা

(i) Mutagen কী এবং কয় প্রকার ? পরিব্যক্তি প্রজননে ব্যবহৃত কয়েকটি মিউটাজেন উদাহরণসহ উল্লেখ করুন।

(ii) কয়েকটি আবিষ্ট পরিব্যক্তি উদ্ভূত প্রকারণের উদাহরণ দিন এবং তাদের উন্নতমানের উল্লেখ করুন।

(iii) কোশীয় পরিব্যক্তি কী ? পরিব্যক্তি প্রজননে উদ্ভিদ কলা পোষণের ভূমিকা উল্লেখ করুন।

(iv) শস্য প্রজাতির বিবর্তনে পলিপ্লয়েডির ভূমিকা, দুয়েকটি উদাহরণসহ সংক্ষেপে আলোচনা করুন।

(v) স্বতঃস্ফূর্ত এবং কৃত্রিম পলিপ্লয়েডি সৃষ্টির উপায় কী সংক্ষেপে আলোচনা করুন।

(vi) উদ্ভিদ প্রজননে পলিপ্লয়েডি ব্যবহারের পটভূমি ব্যাখ্যা করুন।

(vii) পলিপ্লয়েডি প্রজননে কলাপোষণের ভূমিকা আলোচনা করুন।

9.5 উত্তরমালা

অনুশীলনী-A

(ক) (1) De Varies, 1901 (2) Imperial Gala/Royal Gala (3) পলিপ্লয়িড (4) রাসায়নিক (5) কোশীয় Stubbe

(খ) (i) কোশীয় (ii) Müller, 1920, Drosophila (v) 9.2 দেখুন।

অনুশীলনী-B

(ক) (i) Spindle fibre, cmtosis (ii) Winkler (iii) T. Touschir (iv) Polysomaty (v) Helloid (vi) 3, triploid.

(খ) নিজে করুন।

(গ) (i) 60 (ii) hexaploid (iii) আপেল (iv) B. napus

প্রশ্নাবলি

(i) 9.2.1 দেখুন।

(ii) 9.2.1 দেখুন।

(iii) 9.2.2 ও 9.2.3.1 দেখুন।

(iv) 9.3.1 দেখুন।

(v) 9.3.3 দেখুন।

(vi) 9.3.2 দেখুন।

(vii) 9.3.4 দেখুন।

EBT 14

Block 2

একক 10 ❐ কোষীয় পূর্ণজনন ক্ষমতা, উদ্ভিদ কলাপোষণের বিকাশ ও উদ্ভিদ কলাপোষণ পদ্ধতি (Cellular totipotency, Development of plant tissue culture, Plant tissue Culture techniques)

গঠন

10.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

10.2 কোষের পূর্ণজনন ক্ষমতা

10.3 উদ্ভিদ কলা ও কোষ-পোষণ শাখার বিকাশের সংক্ষিপ্ত ইতিহাস

10.4 উদ্ভিদ কলাপোষণ পদ্ধতি

10.4.1 বৃদ্ধি মাধ্যম ও বৃদ্ধি নিয়ন্ত্রক

10.4.2 নির্বীজকরণ পদ্ধতিসমূহ

10.4.3 পোষণ কৌশল

10.5 সর্বশেষ অনুশীলনী

10.6 উত্তরমালা

10.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

জৈব প্রযুক্তিবিদ্যার কলাপোষণের গুরুত্ব অপরিসীম : কৃষিকার্যে, উদ্যানচর্চায়, অরণ্যসৃজনে কলাপোষণ পদ্ধতি অপরিহার্য হয়ে পড়েছে। কলাপোষণের মাধ্যমে ভেষজ উদ্ভিদে বাণিজ্যিক ভিত্তিতে উদ্ভিদ রাসায়নিক উৎপাদিত হচ্ছে। জীব প্রযুক্তিতে কলাপোষণের বিশেষ ভূমিকা রয়েছে। মানব-কল্যাণে উদ্ভিদ কলাপোষণের গুরুত্ব বহুমুখী, যা একক 16 তে আলোচনা করা হয়েছে। উদ্ভিদ কোষ ও কলাপোষণ ব্যাবহারিক উদ্ভিদবিদ্যার এক গুরুত্বপূর্ণ শাখা। এই এককে আমরা উদ্ভিদ কোষের এক বিশেষ ক্ষমতা, উদ্ভিদ কলাপোষণ শাখার উৎপত্তি ও বিকাশ এবং কলাপোষণের প্রাথমিক পদ্ধতিগুলি সংক্ষেপে আলোচনা করব।

এই এককটি পাঠ করে আপনি—

- উদ্ভিদ কোষের পূর্ণজনন ক্ষমতা বা totipotency কাকে বলে জানতে পারবেন।
- কীভাবে এই শাখার বিকাশ ঘটে, তার সংক্ষিপ্ত ইতিহাস আলোচনা করতে পারবেন।
- পোষণ পদ্ধতি সংক্রান্ত বিষয়ে কিছু প্রাথমিক জ্ঞান লাভ করবেন।

10.2 কোষের পূর্ণজনন ক্ষমতা বা totipotency

একটি উদ্ভিদ কোষের বিভাজন সাপেক্ষে একটি পূর্ণ উদ্ভিদে বিকাশের ক্ষমতা পূর্ণজনন ক্ষমতা হিসেবে পরিগণিত হয়। কোষের পূর্ণ পরিস্ফুটনের পরেও পূর্ণজনন ক্ষমতা বিদ্যমান থাকে। 1902 সালে জার্মান

বিজ্ঞানী Haberlandt (হাব্যারলান্ড) প্রথম ঘোষণা করেন যে একটি উদ্ভিদ কোষে ভ্রূণের সমস্ত গুণ বর্তমান এবং সঠিক পোষণ পদ্ধতিতে একটি কোষ পূর্ণ পুনঃ বিভাজন পূর্ণ উদ্ভিদে বিকাশ পেতে পারে, যা কোষের totipotency বা পূর্ণজনন ক্ষমতা হিসেবে পরিগণিত হয়। এই উদ্দেশ্যে Haberlandt প্রথম কোষ পোষণে প্রচেষ্ট হন। কিন্তু নানা কারণে তিনি অসফল হন। উদ্ভিদ কোষের পূর্ণজনন ক্ষমতা প্রকৃতিতে বহুদিন জ্ঞাত ছিল, যেমন পাথরকুচির পাতার কোষ থেকে পূর্ণ উদ্ভিদের বিকাশ, ক্ষত স্থানে উদ্ভিদ কোষের পূর্ণপরিস্ফুটন ইত্যাদি। Vöchting (ফোয়েস্টিং) বহুপূর্বে (1878) লক্ষ করেন যে একটি কর্তিত শাখা অংশ থেকে উপর দিকে পাতা এবং নীচ থেকে মূল জন্মায়। তবে পোষণ মাধ্যমে কলা বা কোষ থেকে অঙ্গোৎপাদন বা Organogenesis পদ্ধতির মাধ্যমে পূর্ণ একটি উদ্ভিদে বিকাশ কেবলমাত্র অল্প কয়েক বৎসর আগে সম্ভব হয়েছে। যে সমস্ত কোষের কোষ পর্দা বর্তমান এবং যাদের মধ্যে সজীব নিউক্লিয়াস (nucleus) রয়েছে, ওই সমস্ত কোষ পূর্ণজননক্ষম। একটি পূর্ণতাপ্রাপ্ত (differentiated) কোষের বিভাজনক্ষম (meristematic) কোষে পুনর্রূপায়ণ বা প্রত্যাবর্তনকে dedifferentiation বা বিপরিস্ফুটন বলে। এই প্রক্রিয়ার ফলে প্রথমে অপরিস্ফুট ক্যালাস (callus) কোষ সমষ্টি উৎপন্ন হয়। তারপর পুনর্পরিস্ফুটন (re-differnetiation) বা অঙ্গোৎপাদন (organogenesis) পদ্ধতিতে একটি পূর্ণ উদ্ভিদের বিকাশ সম্ভব। অবশ্যই এরজন্য সঠিক পোষণ পদ্ধতি অবলম্বন প্রয়োজন। সেই হিসেবে কোষীয় পূর্ণজনন ক্ষমতা বা (totipotency- র Haberlandt প্রবর্তিত সঠিক সংজ্ঞা : কোষের সহজাত বা জন্মগত ক্ষমতা যার দ্বারা উপযুক্ত পোষণ মাধ্যমে ও পরিবেশে প্রথমে একটি ভ্রূণে এবং পরে পূর্ণ উদ্ভিদে বিকাশ সম্ভব।

অনুশীলনী-1

শূন্যস্থান পূরণ করুন :

(ক) পূর্ণজনন ক্ষমতা শব্দটি _____ প্রবর্তন করেন।

(খ) যে সমস্ত কোষে _____ বর্তমান এবং _____ উপস্থিত ওই সমস্ত কোষ পূর্ণজননক্ষম।

(গ) একটি পূর্ণতাপ্রাপ্ত কোষের বিভাজনক্ষণ কোষে প্রত্যাবর্তনকে _____ বলে।

10.3 উদ্ভিদ কোষ ও কোষ-পোষণ শাখার বিকাশের সংক্ষিপ্ত ইতিহাস

1902 সালে Haberlandt কোষের পূর্ণজনন ক্ষমতা প্রমাণ করার জন্য কোষ পোষণের চেষ্টা করেন। এই উদ্দেশ্যে তিনি পুষ্টিমাধ্যমে কেবল বিভিন্ন লবণ ব্যবহার করেন, যা সম্পূর্ণ ছিল না। অবশ্য সেই যুগে এই বিষয়ে ধারণাও অপ্রতুল ছিল। Haberlandt এই উদ্দেশ্যে *Lomium purpureum* (লোমিয়াম পুরপুরিয়ম)-এর পাতার Palisade কলা, *Eichornia* (আইকর্নিয়া)-র পত্রবৃন্তের pith কোষ ব্যবহার করেছিলেন। এই কোষগুলি কৃত্রিম পোষণ মাধ্যমে বহুদিন বাঁচে, শর্করা তৈরি করে এবং বৃদ্ধি প্রাপ্ত হয়। কিন্তু এরা কোষ বিভাজনে অক্ষম ছিল। Hennig (হেনিগ) 1904 সালে *Rafhanus sativus*- এর ভ্রূণ পোষণে সমর্থন হন। Haberlandt-এর উত্তরসুরী Kotte এবং তাঁর সহকর্মীরাও (1922) একইভাবে কোষ পোষণে অসমর্থ হন। যদিও ওই একই সময়ে Robbins (1922) অসংলগ্ন মূল পোষণে সমর্থ হন। 1932 সালে আমেরিকা যুক্তরাজ্যে White কৃত্রিম মাধ্যমে ডিম্বাণু পোষণের চেষ্টা করেন। ওই সময় (1934-39) White এবং ফ্রান্সে Gautheret (গথেরেট) ভুট্টায় মূলাগ্র পোষণে yeast exract (নির্যাস)-এর উপকারিতা লক্ষ করেন। পরবর্তীকালে (1939-56) Whitemore এবং অন্যান্যরা পোষণে auxin (অক্সিন), gibberelins (জিব্বেরালিন), abscisic (অ্যাবসেসিক) এসিড প্রভৃতি বৃদ্ধি নিয়ন্ত্রকের ভূমিকা অনুধাবন করেন। ওই সময়

White, Gautheret, Nitsch প্রভৃতি বিজ্ঞানীরা উদ্ভিদকলা পোষমের পোষণ মাধ্যমে (পুষ্টিমাধ্যমে) এর পরীক্ষা-নিরীক্ষা করেন। 1957 সালে Skoog ও Miller দেখালেন যে Auxin ও Cytokinis-এর অনুপাত ভিন্ন রূপ অঙ্গোৎপাদন নিয়ন্ত্রণ করে। ফলে ষাটের দশকের প্রথমে কলা পোষণের জন্য বিভিন্ন পুষ্টি মাধ্যম আবিষ্কৃত হয়, যেমন Musashiga ও Skoog মাধ্যম (1962), Ganborg B_5 মাধ্যম (1965) ইত্যাদি। এই সময়ের মধ্যে অসংলগ্ন কোষ সমষ্টি বা Callus পোষণ পদ্ধতি বিভিন্ন গবেষণাগারে আবিষ্কৃত হয়। 1958 সালে জার্মানিতে Rainert (রাইনার্ট) এবং 1959 সালে আমেরিকায় Steward (স্টুয়ার্ড) অসংলগ্ন কোষ সমষ্টি থেকে ভ্রূণের বিকাশ লক্ষ করেন। ওই ভ্রূণ নিষেকজাত ভ্রূণের সমতুল্য এবং চারা উদ্ভিদের জন্ম দিতে সক্ষম। ফলে 1902 সালে Haberlandt প্রবর্তিত কোষীয় পূর্ণজনন ক্ষমতার প্রথম সফল প্রমাণ পাওয়া যায়।

ইতিমধ্যে বিভিন্ন পোষণ প্রক্রিয়াও আবিষ্কৃত হয়। যেমন Nurse পোষণ প্রক্রিয়া (Muir, 1953), Microchamber প্রক্রিয়া, Agar Plating প্রক্রিয়াসমূহ। ওই সময় পর্যন্ত উদ্ভিদ বিজ্ঞানীরা পোষণ পদ্ধতির মাধ্যমে কেবলমাত্র উদ্ভিদের শারীরবৃত্তীয় পদ্ধতিসমূহ গবেষণা করেন। তাঁরা তখনও এই পদ্ধতির অন্য দিকগুলি বিশেষত কৃষি ও শিল্পে ব্যাবহারিক প্রয়োগ সম্পর্কে অবহিত ছিলেন না। 1960 সালে Morel অর্কিডে পোষণ পদ্ধতির সাহায্যে একটি বিশেষ বংশবিস্তার পদ্ধতি উদ্ভাবন করেন, যার 1 mm এর কম দৈর্ঘ্যের কলা থেকে এক বৎসরেই কয়েক লক্ষ অর্কিড উৎপাদন সম্ভব হয়, যা এক যুগান্তের সৃষ্টি করে। অতি অল্প সময়েই কলা পোষণ পদ্ধতিতে কৃষিকার্য ও উদ্যাচর্চায় উপযুক্ত অণুবিস্তার পদ্ধতির আবিষ্কার হয়। এই পদ্ধতি উদ্ভিজ্জ উপক্ষার (alkaloids) এবং অন্যান্য উদ্ভিজ্জ যৌগ সংশ্লেষেও লাভজনক প্রমাণ হয়। সত্তরের দশকে ইংল্যান্ডে Cocking উৎসচকের সাহায্যে জীবিত প্রোটোপ্লাস্ট পৃথকীকরণে ও শোষণে সমর্থ হন। এই পদ্ধতি পরে কোষীয় সংকরীকরণে এবং বিশেষভাবে জিন প্রতিস্থাপনে বিশেষভাবে ব্যবহৃত হয়েছে।

এই সময়ে ভারতের বিভিন্ন গবেষণাগারেও উদ্ভিদ কলা পোষণের বিকাশ ঘটে থাকে। এর মধ্যে দিল্লি বিশ্ববিদ্যালয়ের উদ্ভিদবিদ্যা বিভাগ বিশেষ কৃতিত্বের দাবি রাখে। 1960 দশকে Maheswari ও তাঁর সমকর্মীরা ডিম্বাশয়, ডিম্বক ও ভ্রূণ কর্ষণে সাফল্য লাভ করেন। এর কিছু দিনের মধ্যেই Johri ও Bhojwani endosperm বা সস্যপোষণে triploid উদ্ভিদ উৎপন্নে সমর্থ হন। ওই গবেষণাগারের আর এক কৃতিত্ব পরাগধানী ও পরাগপোষণ (Guha ও Maheswar, 1964)। এই পদ্ধতিতে পরে Haploid উদ্ভিদ সৃষ্টি সম্ভবপর হয়। হ্যাপ্লয়েড উদ্ভিদ জিনগত গবেষণায় বিশেষ সহায়ক। Haploid উদ্ভিদের দ্বিত্বকরণে উদ্ভূত Dihaploid বা Homozygons Diploid উদ্ভিদ কৃষিক্ষেত্রে বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হচ্ছে।

অনুশীলনী-2

শূন্যস্থান পূরণ করুন :

(ক) কোষের পূর্ণজনন ক্ষমতা প্রমাণের জন্য _____ 1902 সালে প্রথম উদ্ভিদকোষ পোষণে প্রচেষ্ট হন।

(খ) Reinert ও Steward অলংলগ্ন কোষ সমষ্টি থেকে _____ এর বিকাশ প্রথম লক্ষ করেন।

(গ) 1957 সালে Skoog এবং Miller দেখালেন যে _____ ও _____ এর অনুপাত ভিন্নরূপ অঙ্গোৎপাদন নিয়ন্ত্রণ করে।

(ঘ) _____ সালে _____ অর্কিডে একটি বিশেষ বংশবিস্তার পদ্ধতির উদ্ভাবন করেন।

(ঙ) দিল্লি বিশ্ববিদ্যালয়ের _____ এবং _____প্রথম_____পোষণে সাফল্য লাভ করেন।

(চ) _____ ও _____ প্রথম সস্য পোষণে সাফল্য পান।

10.4 উদ্ভিদ কলা পোষণ পদ্ধতি

10.4.1 বৃদ্ধি মাধ্যম ও বৃদ্ধি নিয়ন্ত্রক

উদ্ভিদ কলাপোষণ বিকাশের ইতিহাস থেকে এটা স্পষ্ট প্রতীয়মান যে কলা বা কোষ পোষণের সাফল্য সঠিক পুষ্টি মাধ্যম আবিষ্কারের উপর নির্ভর করে। 1934 সালে White পোষণ মাধ্যমে অজৈব লবণ, শর্করা, ভিটামিন এবং কয়েকটি অ্যামাইনো অ্যাসিড যোগ করে। বিচ্ছিন্ন মূল কলার বৃদ্ধি লক্ষ করেন। তবে বিভিন্ন উদ্ভিদ প্রজাতি ও কলার জন্য ভিন্নরূপ খাদ্য পরিপূরক প্রয়োজন। কয়েকটি বহুল ব্যবহৃত বৃদ্ধি মাধ্যমের মধ্যে রয়েছে Murashige ও Skoog (মুরগিশিগে ও স্কুগ) প্রবর্তিত MS (1962) মাধ্যম, Gamborg ও সহকারী প্রবর্তিত B_5 (1968) মাধ্যম ও Nagata ও Tagabe প্রবর্তিত NT (1972) মাধ্যম, যেগুলির গঠন উপাদান সারণি 10.1-এ দেখানো হয়েছে। এই ধরনের মাধ্যমগুলিকে মৌলিক বা basal medium বলা হয়। মৌলিক মাধ্যমে কিছু অতিপুষ্টি (macro-elements) ও অনুপুষ্টি (micro-elements) যৌগ ছাড়াও কিছু জৈব যৌগ ও বৃদ্ধি নিয়ন্ত্রকও যোগ করা হয়। সাধারণভাবে উদ্বিদ কলা পোষণের জন্য অর্ধশক্ত বা semisolid মাধ্যম ব্যবহার করা হয়। এইজন্য 1 থেকে 0.8% agar (আগার) তরল পুষ্টি মাধ্যমে যোগ করা হয়।

সারণি 10.1 : কয়েকটি বহুল ব্যবহৃত উদ্ভিদ কলা পোষণ মাধ্যমের গঠন উপাদান

(1) গঠন সামগ্রী	(2) MS মাধ্যম (mg/L)	(3) B_5 মাধ্যম (mg/L)	(4) NT মাধ্যম
1. অজৈব যৌগ : অতিপুষ্টি			
অ্যামেনিয়াম নাইট্রেট (NH_4NO_3)	1650	—	825
পটাশিয়াম নাইট্রেট (KNO_3)	1900	2500	950
ক্যালশিয়াম ক্লোরাইড ($CaCl_2, 2H_2O$)	440	—	220
ম্যাগনেসিয়াম সালফেট ($MgSO_4, 6H_2O$)	370	250	1233
পটাশিয়াম ডাইহাইড্রোজেন ফসফেট (KH_2PO_4)	170	—	680
অ্যামোনিয়াম সালফেট ($(NH_4)_2SO_4$)	—	150	—
সোডিয়াম ড্রাইহাইড্রোজেন ফসফেট ($NaH_2PO_4, 7H_2O$)	—	150	1233
2. অজৈব যৌগ : অনুপুষ্টি			
ম্যাঙ্গানিজ সালফেট ($MnSO_4, 4H_2O$)	22.3	—	22.3
($MnSO_4, H_2O$)	—	10.0	—
জিঙ্ক সালফেট ($ZnSO_4, 4H_2O$)	8.6	2.0	—
সোডিয়াম মলিবডেট ($Na_2MoO_4, 2H_2O$)	0.025	0.25	0.25
কপার সালফেট ($CuSO_4, 5H_2O$)	0.025	0.025	0.025

	(1) গঠন সামগ্রী	(2) MS মাধ্যম (mg/L)	(3) B_5 মাধ্যম (mg/L)	(4) NT মাধ্যম
	কোবাল্ট ক্লোরাইড ($CoCl_2, 6H_2O$)	0.025	0.25	—
	কোবাল্ট সালফেট ($CoSO_4, 7H_2O$)	—	—	0.025
	পটাশিয়াম আয়োডাইড (KI)	0.83	0.75	0.83
	বোরিক অ্যাসিড (H_3BO_3)	6.2	3.0	6.2
3.	আয়রন : সোডিয়াম EDTA	37.3	37.3	37.3
	ফেরাস সালফেট ($FeSO_4, 7H_2O$)	27.8	27.8	27.8
4.	ভিটামিন ও জৈব যৌগ			
	গ্লাইসিন (glycine)	2.0	—	—
	নিকোটিন অ্যাসিড (nicotinic acid)	0.5	1.0	—
	পাইরিডক্সিন HCl (Pyridoxine HCl)	0.5	1.0	1.0
	থিয়ামিন HCl (Thiamine HCl)	0.1	10.0	—
	ইনোসিটল (Inositol)	100	100	100
	সুক্রোজ গ্রাম (Sucrose/g)	30	20	10
5.	বৃদ্ধি নিয়ন্ত্রক (Growth regulators) :			
	IAA—(ইন্ডোল অ্যাসেটিক অ্যাসিড)	1.3	—	—
	NAA (ন্যাপথেলিন অ্যাসেটিক অ্যাসিড)	0.1	1.0	3
	কাইনেটিন (Kinetin) (6 furfuryl aminopurine) (6 ফুরফুরিল অ্যামাইনোপিউরিন)	0.04	10.0	0.1
	2, 4D (2, 4 ডি) (2, 4 dichlorophenoxy acetic acid) (2, 4 ডাইক্লোরোফেনোক্সি অ্যাসেটিক অ্যাসিড)		0.1-1.0	
	6 Benzyl aminopurine (6 বেনজিল অ্যামাইনোপিউরিন)	—	—	1.00

MS Murashige and Skoog (1962), B5-Gamborg et al (1968), NT-Nagata and Takabe (1972)

10.4.1.1 অজৈব দ্রব্যসমূহ :

যে সমস্ত অজবৈ দ্রব্য মৌলিক মাধ্যমে যোগ করা হয়, সেগুলি প্রধানত দুই প্রকারের—(1) অতিপুষ্টি বা Macronutrients, যে সমস্ত লবণ উদ্ভিদ বেশি পরিমাণে ব্যবহার করে, যেমন নাইট্রোজেন, সোডিয়াম, পটাশিয়াম, ক্যালশিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, সালফার প্রভৃতির লবণ এবং (2) অনুপুষ্টি বা micro-nutrients, উদ্ভিদ এগুলি খুবই অল্প পরিমাণে প্রয়োজন হয়। এদের আধিক্য উদ্ভিদের পক্ষে ক্ষতিকারক কিন্তু এদের

উপস্থিতিও জরুরি, এদের মধ্যে রয়েছে ম্যাঙ্গানিজ (Mn), জিঙ্ক (Zn), মলিবজেনাম (Mb), তামা (Cu), কোবাল্ট (Co) ইত্যাদির লবণ।

10.4.1.2 জৈব যৌগ :

এদের মধ্যে রয়েছে বিভিন্ন ভিটামিন, কয়েকটি অ্যামাইনো অ্যাসিড, শর্করা ইত্যাদি।

10.4.1.3 বৃদ্ধি নিয়ন্ত্রক :

পোষণ মাধ্যমে কয়েক প্রকার বৃদ্ধি নিয়ন্ত্রক বা হরমোন যোগ করা হয়। যেমন Auxins (অক্সিন), cytokinin (সাইটোকাইনিন), Gibberellin (জিব্বেরেলিন), Abscistic acid (অ্যাবসেসিক অ্যাসিড) ইত্যাদি। বিভিন্ন অক্সিনের মধ্যে রয়েছে—ইন্ডোল অ্যাসেটিক অ্যাসিড (Indole Acetic Acid, IAA); ইন্ডোল বিউটেরিক অ্যাসিড (Indole Butyric Acid, IBA), α-naphthalene Acetic Acid (α-NAA, আলফা নাফথ্যালিন অ্যাসেটিক অ্যাসিড, 2-4 Dichlorophenoxy Acetic Acid (2, 4-D; 2-4 ডাইক্লোরোফেনোক্সি অ্যাসেটিক অ্যাসিড) ইত্যাদি। সাইটোকাইনিন এর মধ্যে রয়েছে—Adenine (অ্যাডেনিন), Kinetin (কাইনেটিন), Zeatin (জিয়াটিন) প্রভৃতি। অন্য হরমোনগুলির যেমন জিব্বেরেলিন বা অ্যাবসেসিক অ্যাসিড, এদের প্রয়োজনীয়তা অপেক্ষাকৃত কম। সারণি 10.2 এ কয়েকটি সাধারণভাবে ব্যবহৃত বৃদ্ধি নিয়ন্ত্রকের তালিকা দেওয়া হল।

সারণি 10.2 : উদ্ভিদ কলা পোষণে ব্যবহৃত কয়েকটি বৃদ্ধি নিয়ন্ত্রক

শ্রেণি	রাসায়নিক নাম	সংক্ষেপ	ব্যবহার
অক্সিন	ইন্ডোল অ্যাসেটিক অ্যাসিড (Indole-acetic Acid)	IAA	Callus তৈরির জন্য (10-30μM) অঙ্গোৎপাদন (1-10 μM)
	ইন্ডোল বুইটেরিক অ্যাসিড (Indole butyric acid)	IBA	Shoot বা বিটপের মূল উৎপাদনে (1-100 μM)
	2-4 ডাইক্লোরোফেনোক্সি অ্যাসেটিক অ্যাসিড (2-4 dichlorophenoxy acetic acid)	2-4D	ক্যালাস উৎপাদনে সবচেয়ে বেশি ব্যবহৃত (কৃত্রিম অক্সিন (150 μM)
	a-নাপথালিন অ্যাসেটিক অ্যাসিড (*a*-naphthalene acetic acid)	*a*-NAA	IAA অনুরূপ (কৃত্রিম) অক্সিন
সাইটোকাইনিন	6-ফুরফুরিল অ্যামাইনো-পিউরিন (কাইনাটিন) 6-furfuryl aminopurine (Kinetin)	K	ক্যালাস ও অঙ্গোৎপাদনে (1-20 μM)
	বেনজিল অ্যামাইনো পিউরিন (Benyzl aminopurine)	BAP	K-এর প্রতিকল্প
	জিয়াটিন (Zeatin)	Zip	—
জিব্রালিন	জিব্রালিন A_3	GA_3	বীটপ বা shoot বৃদ্ধির জন্য (0.03 to 10 μM)
অ্যাবসিসিক অ্যাসিড	Absciscic acid	ABA	দেহ কোষজাত (Somatic) ভ্রূণ উৎপাদনে (0.04-10 μM)

After — Franklin and Dixon, 1994

10.4.2 নির্বীজকরণ পদ্ধতিসমূহ

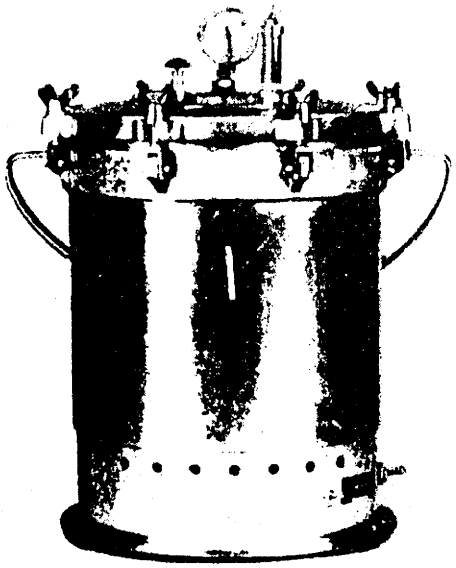
কোষ বা কলার পোষণ মাধ্যম সমস্ত প্রকার অণুজীবদেরও উত্তম বৃদ্ধি মাধ্যম। ওই সমস্ত জীবাণু ও ছত্রাক কলাপোষণে বিশেষভাবে ক্ষতিসাধন করে। তাই কলাপোষণের প্রথম ও প্রধান সতর্কতা অনুজীবমুক্ত পরিবেশ সৃষ্টি। এই কারণে কলাপোষণে ব্যবহৃত সমস্ত মাধ্যম, যন্ত্রপাতি, ব্যবহৃত উদ্ভিদ অংশ সম্পূর্ণভাবে জীবাণুমুক্ত করা হয়। এর জন্য বিভিন্ন প্রকার নির্বীজকরণ প্রক্রিয়া ব্যবহৃত হয়।

10.4.2.1 পোষণের জন্য ব্যবহৃত পাত্র ও যন্ত্রপাতি :

পোষণের জন্য ব্যবহৃত সমস্ত কাচের পাত্র এবং ধাতুনির্মিত যন্ত্রপাতি কোনো চুল্লিতে (electrical oven) 160°–180°C এ 3-4 ঘণ্টা রেখে জীবাণুমুক্ত করা যায়। ধাতুনির্মিত যন্ত্রপাতি যেমন forceps, ছুরি, কাঁচি ইত্যাদি 95% ইথাইল কোহলে (ethyl alcohol) চুবিয়ে পরে বার্নারের শিখায় পুড়িয়ে ও জীবামুমুক্ত করা যায়। অবশ্য এই পদ্ধতিতে জীবাণুনাশ ব্যবহারের অব্যবহিত পূর্বে এবং পোষণের জন্য ব্যবহৃত ক্যাবিনেটের এর মধ্যেই করা হয়। পোষণে ব্যবহারের আগে এগুলি ঠান্ডা করে নেওয়া প্রয়োজন।

10.4.2.2 মাধ্যম ও তরলপদার্থসমূহ :

পোষণ মাধ্যম, জল প্রভৃতি তরলপদার্থ, কাচ ও ধাতুনির্মিত বস্তুগুলিও autoclave-এর মাধ্যমে জীবাণুমুক্ত করা যায়। Autoclave একটি electric heater যুক্ত বিশালাকায় প্রেসার কুকারের মতো (চিত্র



চিত্র 10.1 : একটি বিদ্যুৎ চালিত অটোক্লেভ।

10.1)। Autoclave (অটোক্লেভ) এর মধ্যে 15 পাউন্ড Pressure বা চাপে 20 মিনিট কাল 120°C জীবাণু মুক্ত করা হয়। জল বা মাধ্যমসমূহ কাচের পাত্রে অধিশোষক তুলার সাহায্যে বা অন্যভাবে, যেমন অ্যালুমিনিয়াম পাতের সাহায্যে মুখ বন্ধ করে অটোক্লেভ (অটোক্লেভের সাহায্যে নির্বীজকরণের সংক্ষিপ্ত

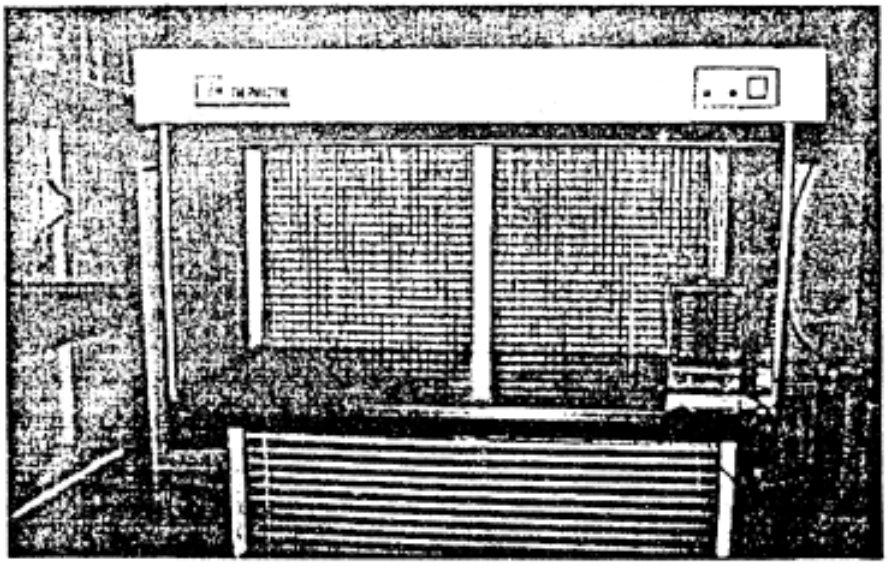
প্রকাশ) করা হয়। তবে ভিটামিন, হরমোন, অ্যামাইনো অ্যাসিড প্রভৃতি জৈব যৌগ তাপ সংবেদনশীল (Thermolabile) হওয়ায় অটোক্লেভে নির্বীজকরণ সমীচীন নয়। এগুলি সাধারণত ব্যাকটেরিয়া অভেদ্য ফিলটারের (যেমন Seitz (সাইৎস) ফিলটার, millipore ফিলটার প্রভৃতি) ভিতর দিয়ে পরিশ্রাবণে জীবাণুমুক্ত করা হয়।

10.4.2.3 উদ্ভিদকলা বা explant :

পোষণের জন্য ব্যবহৃত উদ্ভিদকলা বা explant-টিকেও সম্পূর্ণভাবে জীবাণুমুক্ত করা প্রয়োজন। এইজন্য কয়েকটি রাসায়নিক দ্রব্য যেমন Mercuric chloride (মার্কিউরিক ক্লোরাইড), Sodium hypochlorite (সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইট) প্রভৃতি ব্যবহার করা যায়। 1–2% সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইড দ্রব্যে 5 থেকে 30 মিঃ রেখে, অথবা 0.1–1% মারকিউরিক ক্লোরাইডে 2 থেকে 10 মিঃ রেখে উদ্ভিদ কলার উন্মুক্ত উপরিভাগ জীবাণুমুক্ত করা যায়। এই সমস্ত জীবাণুমুক্ত কলার ভিতরের অংশই পোষণের জন্য ব্যবহার বাঞ্ছনীয়।

10.4.2.4 পোষণ বা উপপোষণ ক্ষেত্র :

কলা বা কোষ পোষণের জন্য বা উপপোষণের জন্য অথবা স্থানান্তকরণের জন্য জীবাণুশূন্য পরিবেশে সৃষ্টি করা প্রয়োজন। এই উদ্দেশ্যে একটি বিশেষ ক্যাবিনেট Laminar Airflow Cabinet (লেমিনার এয়ারফ্লো কেবিনেট) বা Airflow Chamber ব্যবহার করা হয়। এটি একটি টেবিলের মতো (চিত্র 10.2),



চিত্র 10.2 : একটি লেমিনার এয়ার-ফ্লো কেবিনেট।

টেবিলের পার্শ্বদ্বয় ও উপরিভাগ ঢাকা, পশ্চাদভাগ সূক্ষ্ম Ultrafilter থাকে, যার মধ্যে দিয়ে বিরামহীন জীবাণুমুক্ত বাতাস টেবিলের মধ্যে প্রবাহিত হয়। ফলে টেবিলের ভিতর অঞ্চল জীবাণুমুক্ত থাকে। ব্যবহারের আগে এয়ারফ্লো কেবিনেট UV রশ্মির সাহায্যে জীবাণুমুক্ত করে নেওয়া হয়।

10.4.3 পোষণ কৌশল

উদ্ভিদ কলাপোষণের সমস্ত ধাপগুলি এয়ারফ্লো চেম্বারের মধ্যে করা হয়। নির্বাচিত এবং কর্তিত উদ্ভিদ অঙ্গ বা কলা বা কোষসমিষ্ট যা প্রাথমিকভাবে পোষণের জন্য বা উপপোষণের জন্য ব্যবহার করা হয়, সেটি explant নামে পরিচিত। সাধারণভাবে উদ্ভিদের এমন কলা ব্যবহার করা হয় যার মধ্যে ভাজককলা কোষ এবং প্যারেনকাইমা কোষের প্রাধান্য থাকে। পোষণের পক্ষে মূলাগ্র, বীটপ, কন্দ-জাতীয় অঙ্গ, অঙ্কুরের hypocotyl-এর অংশবিশেষে সবিধাজনক। নির্বীজকরণের পর উদ্ভিদের এইসব 2-5 mm কলা explant হিসেবে ব্যবহার করা হয়। জীবাণুমুক্ত কেবিনেটের মধ্যে অর্ধশক্ত পুষ্টি মাধ্যমে (কাচের কনিকাল ফ্লাস্ক, অথবা বয়াম জাতীয় পাত্র বা কালচার টিউবের মধ্যে) explant জীবাণুমুক্ত forceps-এর সাহায্যে স্থানান্তরিত করা হয়। পরে কাচের পাত্রের মুখ Cotton wool-এর সাহায্যে পুনরায় বন্ধ করা হয়। নির্দিষ্ট আলোক মাত্রায় ও উত্তাপে ওই কলা, কোষ সমষ্টি পোষণ করা হয়। সাধারণত explant-গুলি পোষণ মাধ্যমে 25–28°C এবং 12 ঘণ্টা পর্যায়ন্বিত আলো ও অন্ধকারে পোষণ করা হয়।

অনুশীলনী-3

শূন্যস্থান পূরণ করুন :

(ক) অর্ধশক্ত (semisolid) মাধ্যম তৈরির জন্য তরল পুষ্টি মাধ্যমে ———— যোগ করা হয়।

(খ) যে সমস্ত অজৈব দ্রব্য মৌলিক মাধ্যমে যোগ করা হয়, সেগুলি প্রধানত দুই প্রকারের, ———— ও ————।

(গ) IAA (ইন্ডোল অ্যাসেটিক অ্যাসিড) একটি ————।

(ঘ) ———— সবচেয়ে বেশি ব্যবহৃত কৃত্রিম অক্সিন।

(ঙ) Gibberellin A_3 ———— বৃদ্ধির জন্য ব্যবহার করা হয়।

(চ) MS মাধ্যমে ———— gm/l সুক্রোজ ব্যবহার করা হয়।

10.5 সর্বশেষ অনুশীলনী

(i) Totipotency কাকে বলে ? উদাহরণ যোগে ব্যাখ্যা করুন।

(ii) উদ্ভিদ কলাপোষণ শাখার বিকাশের সংক্ষিপ্ত বিবরণ দিন।

(iii) উদ্ভিদ কলাপোষণ বিকাশে দিল্লি বিশ্ববিদ্যালয়ের উদ্ভিদবিদ্যা বিভাগের অবদান উল্লেখ করুন।

(iv) কয়েকটি বহুল ব্যবহৃত পুষ্টি মাধ্যমের উল্লেখ করুন এবং যে-কোনো একটির উপাদানগুলি সম্পর্কে আলোচনা করুন।

(v) অতিপুষ্টি ও অনুপুষ্টি জৈব উপাদান কী ? উদাহরণসহ আলোচনা করুন।

(vi) উদ্ভিদ কলাপোষণে বৃদ্ধি নিয়ন্ত্রকের ভূমিকা আলোচনা করুন।

(vii) কয়েকটি নির্বীজকরণ পদ্ধতি ও তাদের ব্যবহার আলোচনা করুন।

(viii) Explant কাকে বলে আলোচনা করুন।

10.6 উত্তরমালা

অনুশীলনী-1

(ক) Haberlandt, (খ) কোষপ্রাচীর, নিউক্লিয়াস, (গ) বিপরিস্ফুটন (dedifferentiation).

অনুশীলনী-2

(ক) Haberlant, (খ) ভ্রূণের, (গ) অক্সিন, সাইটোকাইনিন, (ঘ) 1960, Morel, (ঙ) Guha, Maheswari.

অনুশীলনী-3

(ক) 1–0.8% আগার, (খ) অতিপুষ্টি, অনুপুষ্টি, (গ) অক্সিন, (ঘ) 2–4 D, (ঙ) বীটপের, (চ) 30.

সর্বশেষ অনুশীলনী

(i) 10.2 দেখুন।

(ii) 10.3 দেখুন।

(iii) 10.3-এর শেষাংশ দেখুন।

(iv) 10.4.1 এবং সারণি 10.1 দেখুন।

(v) 10.4.1 এবং সারণি 10.1 দেখুন।

(vi) সারণি 10.2 দেখুন।

(vii) 10.4.2 দেখুন।

(viii) 10.4.3 দেখুন।

একক 11 ❐ অঙ্গোৎপাদন, ভ্রূণায়ন ও অনুবিস্তার (Organogenesis, Embryogenesis and Micropropagation)

গঠন

11.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য
11.2 অঙ্গোৎপাদন
11.3 কোষজ ভ্রূণায়ন
11.4 কৃত্রিম বীজ
11.5 অণুবিস্তার
11.6 সর্বশেষ অনুশীলনী
11.7 উত্তরমালা

11.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

উদ্ভিদ কলাপোষণ বিকাশের প্রথম পর্বে বিজ্ঞানীরা অসংলগ্ন কোষ সমষ্টি বা ক্যালাস (Callus) পোষণ পদ্ধতির গবেষণায় লিপ্ত ছিলেন। ওই সময় কলাপোষণের ব্যাবহারিক প্রয়োগ জানা ছিল না। ষাটের দশকে উদ্ভিদ কলাপোষণের বিশেষভাবে বিকাশ ঘটে, যার ফলে পোষণ মাধ্যমে অঙ্গোৎপাদন, কোষজ ভ্রূণায়ন, কোষজাত ভ্রূণকে কৃত্রিম বীজ সৃষ্টিতে ব্যবহার, পূর্ণপরিস্ফুটনের মাধ্যমে কোষজ ভ্রূণ সৃষ্টি ও অণুবিস্তার ইত্যাদি পদ্ধতির আবিষ্কারের ফলে, কলাপোষণের বিভিন্ন ব্যাবহারিক প্রয়োগ জানা যায়। ফলে কলাপোষণ পদ্ধতি জৈব প্রযুক্তিতে বিশেষ গুরুত্ব লাভ করে। এই এককে আমরা এইসব পদ্ধতিগুলি আলোচনা করব।

এই এককটি পাঠে আপনারা—

- অসংলগ্ন কোষ বা explant থেকে অঙ্গোৎপাদন পদ্ধতির সাহায্যে কীভাবে চারা বা শিশু উদ্ভিদ সৃষ্টি করা যায় তা জানতে পারবেন।
- কোষীয় ভ্রূণকে ব্যবহার করে কীভাবে কৃত্রিম বীজ তৈরি করা হয়, তা জানবেন।
- গবেষণাগারে অণুপরিমাণ কলা থেকে কীভাবে বিপুল সংখ্যক চারা উদ্ভিদ সৃষ্টি করা যায় (অণুবিস্তার) সে সম্পর্কেও জানতে পারবেন।
- অণুবিস্তার পদ্ধতির মাধ্যমে কীভাবে ভিন্ন জাতীয় প্রকারণ, যেমন Somaclonal বা Gametoclonal প্রকারণ পাওয়া যায়, সে বিষয়ে অবহিত হবেন।

11.2 অঙ্গোৎপাদন

আমরা আগে আলোচনা করেছি 1957 সালে Skoog ও Miller দেখান যে auxin ও cytokinin--এর অনুপাতের তারতম্যে ভিন্নরূপ অঙ্গোৎপাদন নিয়ন্ত্রণ করা যায়। পুষ্টি মাধ্যমে বৃদ্ধি মাধ্যমের সঠিক নিয়ন্ত্রণে explant থেকে সরাসরি অথবা অসংলগ্ন ক্যালাসের মাধ্যমে বিটপ বা shoot উৎপাদন করা

সম্ভব। ক্যালাস অথবা উৎপাদিত বিটপে মূলোৎপাদন সহজসাধ্য। পুষ্টিমাধ্যমে অক্সিনের অনুপস্থিতি বা খুবই অল্প পরিমাণ উপস্থিতিতে অস্থানিক (adventitions) মূল পরিস্ফুটন সম্ভব। বিটপের সূচনা Caulogenesis (কলোজেনেসিস) এবং মূলের সূচনা rhizoenesis (রাইজোজেনেসিস) নামে পরিচিত। অঙ্গোৎপাদন তিন ভাবে ঘটতে পারে—

(i) অপরিস্ফুটিত ক্যালাস থেকে অঙ্গোৎপাদন ;

(ii) Explant থেকে সরাসরি অঙ্গোৎপাদন ;

(iii) কাক্ষিক মুকুল থেকে অঙ্গোৎপাদনে শিশু-উদ্ভিদের বিকাশ।

আঙ্গোৎপাদনে বিভিন্ন ধরনের explant ব্যবহার করা যায়। এই জন্য বীরুৎ জাতীয় প্রজাতির ক্ষেত্রে কাণ্ড, পত্র, পক্ষবৃন্ত, পুষ্পদল প্রভৃতি ব্যবহার করা হয়েছে। বহুবর্ষজীবী উদ্ভিদে বিটপাগ্র ভালো explant হিসেবে কাজ করে। অবশ্য explant-এর অন্তর্গত কিছু সংখ্যক কোষ পুষ্টি মাধ্যমে বিভাজন করে এবং অঙ্গোৎপাদনকারী ক্যালাস সৃষ্টি করে। এর মধ্যে অনেক কোষ explant-এর বহির্ভাগে অবস্থিত এবং সরাসরি পুষ্টি মাধ্যমের সান্নিধ্যে থাকে। এই সমস্ত কোষ কিছু অক্সিন, যেমন 0.45 μM 2.4 D-র উপস্থিতিতে ক্যালাস উৎপাদনে সমর্থ হয়। পুষ্টি মাধ্যমে সাইকোকাইনিনের উপস্থিতি ক্যালাস উৎপাদন ত্বরান্বিত করে। এই সমস্ত ক্যালাসে ভিন্ন প্রকারের এবং ভিন্ন আকারের কোষ বা কোষ সমষ্টি দেখা যায়। এর মধ্যে প্যারেনকাইমা (parenchyma) কোষ ছাড়াও লিগনিনযুক্ত কোষ, ক্ষরণশীল কোষ, ট্যানিনযুক্ত কোষ ইত্যাদি পাওয়া যায়। ক্যালাসের মধ্যে বিভাজনক্ষম ভাজককোষও উপস্থিত থাকে, যেগুলি অঙ্গোৎপাদনক্ষণ, বিটপ ও মূলের সূচক কোষ হিসেবে কাজ করে। অক্সিন ও সাইটোকাইনিন এর বিশেষ অনুপাত অঙ্গোৎপাদনে (বিশেষত কলোজেনেসিসে) সাহায্য করে। অক্সিনের স্বল্প উপস্থিতি মূলোৎপাদনে সহায়ক। সহায়ক পরিবেশ যেমন 25–20°C তাপে 16h photoperiod এবং 1000 lux আলোয় Murashige ও Skoog (MS) মাধ্যমে সাইটোকাইনিন 6-Benzylodenine (1 μM)-এর উপস্থিতিতে explant বা ক্যালাসের উপপোষণে (sub-culture) 3 থেকে 5 সপ্তাহের মধ্যে বিটপ উৎপাদন হয়। ওই বিটপ MS পুষ্টি মাধ্যমেই বৃদ্ধি নিয়ন্ত্রকের বিনা উপস্থিতিতেই (বা কেবলমাত্র অক্সিনের উপস্থিতিতে) একই তাপমাত্রায় এবং Photoperiod এ 5000 lux আলোয় সহজেই মূলোৎপাদন করে শিশু উদ্ভিদে পরিণত হয়।

অনুশীলনী-1

শূন্যস্থান পূরণ করুন :

(ক) পুষ্টিমাধ্যমে _____ অনুপস্থিতি বা _____ উপস্থিতিতে অস্থানিক মূল পরিস্ফুটন সম্ভব।

(খ) পোষণ মাধ্যমে বিটপের সূচনাকে _____ বলে।

(গ) পোষণ মাধ্যমে মূলের সূচনাকে _____ বলে।

(ঘ) বহুবর্ষজীবী উদ্ভিদে _____ ভালো explant হিসেবে কাজ করে।

(ঙ) কৃত্রিম অক্সিন _____ উৎপাদনে বিশেষ সাহায্য করে।

11.3 কোষজ ভ্রূণায়ন (Somatic Embryogenesis)

কোষজ ভ্রূণায়ন একটি বিশেষ পদ্ধতি যার দ্বারা একটি দেহজ কোষ বা কোষ সমষ্টি একটি বিশেষ পরিস্ফুটন প্রক্রিয়ায় একটি ভ্রূণ উৎপাদন করে, যা একটি সম্পূর্ণ উদ্ভিদে পরিণত হতে সক্ষম। Steward ও তাঁর সহকর্মীরা 1958 সালে প্রথম গাজরের Suspension কোষপোষণে কোষজ ভ্রূণায়ন লক্ষ করেন।

1959 সালে Reinst-ও এই পদ্ধতির বিবরণ দেন। Sharp ও তাঁর সহকর্মীরা (1982) দুটি পৃথক ভ্রূণয়ান পদ্ধতি লক্ষ করেন। এই পদ্ধতিতে কোষের মধ্যে কোনো inducer বা প্ররোচক সৃষ্টি হয় অথবা কোনো প্রতিরোধক (inhibitor) দূরীভূত হয় অর্থাৎ এই ভ্রূণায়ন পদ্ধতি পূর্বনির্দেশিত এবং ওই কোষ একটি pre-embryogenic determined cell (PEDC)। অন্য পদ্ধতিতে কোনো বৃদ্ধি নিয়ন্ত্রকের প্রভাবে কোনো কোষের কোষজ ভ্রূণে রূপান্তর ঘটে, সেই কোষ induced exbryogenic determined cell (IEDC) হিসেবে গণ্য হয়। Embryonic কলার কোষগুলি প্রথম শ্রেণির অর্থাৎ PEDC, এবং অসংলগ্ন কোষ, পোষিত পরাগ কোষ ইত্যাদিরা দ্বিতীয় শ্রেণির অর্থাৎ IEDC। এই কোষগুলি বিশেষ পরিস্ফুটনে অন্য কোষ থেকে পৃথক হয়ে pro-exbryoid এবং embryoid সৃষ্টি করে (Williams, 1987)। কোষজ ভ্রূণ সাধারণ বা চিরাচরিত ভ্রূণ নয়, সেইজন্য তাদের Embryoid বা Somatic Embryo বলা হয়।

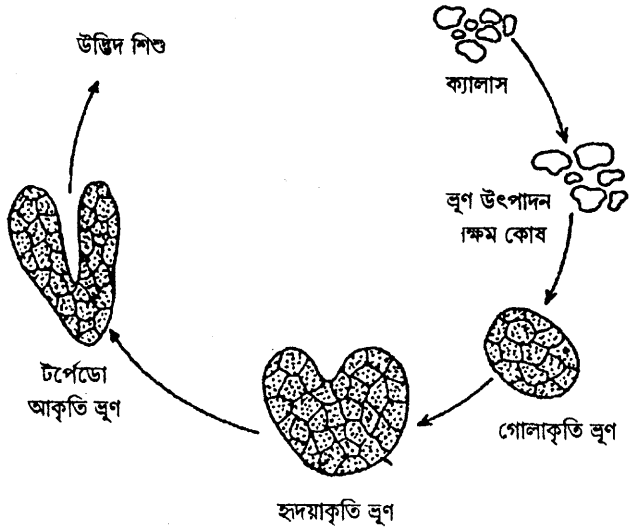
কোষজ ভ্রূণায়ন দুই প্রকারের হতে পারে, যেমন—

(1) প্রত্যক্ষ ভ্রূণায়ন (Direct Embryogenesis)—যেখানে ভ্রূণ প্রাথমিক explant থেকে সরাসরি পরিস্ফুটিত হয়।

(2) পরোক্ষ ভ্রূণায়ন—যেখানে মূল explant থেকে প্রথমে ক্যালাস সৃষ্টি হয়, এবং পরে ক্যালাসের কোনো কোষ ভ্রূণে পরিস্ফুটিত হয়।

কোষজ ভ্রূণ সৃষ্টির জন্য দু ধরনের মাধ্যম প্রয়োজন হয়। প্রথম মাধ্যমে অক্সিন যোগ করা হয়, যা Proteferation Medium (PM) নামে পরিচিত। এই মাধ্যমে কয়েকটি স্থানিক বিভাজনক্ষম কোষ embryogenic clumps (EC) সৃষ্টি করে। ওই EC গুলি অন্য একটি পুষ্টি মাধ্যমে স্থানান্তরিত করা হয়, যার মধ্যে খুব অল্প পরিমাণ অথবা শূন্য পরিমাণ অক্সিন উপস্থিত থাকে। এই মাধ্যমে ভ্রূণের পূর্ণ বিকাশ ঘটে, সেই জন্য এই মাধ্যমকে embryo development medium (EDM) বলা হয়। এই মাধ্যমে অবশ্য অল্প পরিমাণ সাইটোকাইনিন এবং ABA (abscisic acid) এর উপস্থিতি ভ্রূণের বিকাশে বিশেষ সহায়ক।

চিত্র 11.1-এ ক্যালাসের বিশেষ কোষ থেকে কোষজ ভ্রূণায়নের পর্যায়ক্রমে দেখানো হল। Embryogenic Clump (EC) প্রথমে গোলাকৃতি ভ্রূণ সৃষ্টি করে, যা পরে হৃদয়াকৃতি এবং টর্পেডো আকৃতির ভ্রূণে রূপান্তরিত হয়। টর্পেডো আকৃতির ভ্রূণ থেকে উদ্ভিদ-শিশুর বিকাশ ঘটে।



চিত্র **11.1 :** কোষজ ভ্রূণায়নের পর্যায়ক্রম।

কোষ ভ্রূণায়ন বর্তমানে অনেক উদ্ভিদ পরিবারেই উদ্দীপিত করা সম্ভব হয়েছে। তবে Solonaceae, Ranunculaceae, Apiaceae, Poaceae, Rutaceae প্রভৃতি অন্তর্গত উদ্ভিদ প্রজাতিতে সহজেই কোষজ ভ্রূণায়ন সংঘটিত হয়।

অনুশীলনী-2

শূন্যস্থান পূরণ করুন :

(ক) 1958 সালে _____ ও তার সহকর্মীরা প্রথম কোষজ ভ্রূণায়ন লক্ষ করেন।

(খ) কোষজ ভ্রূণ সাধারণ ভ্রূণ হয়, সেইজন্য এদের _____ বা _____ বলা হয়।

(গ) Proliferation medium-এ কয়েকটি বিভাজনক্ষম কোষ _____ সৃষ্টি করে।

(ঘ) কোষজ ভ্রূণের পূর্ণ বিকাশের জন্য _____ (_____) প্রয়োজন।

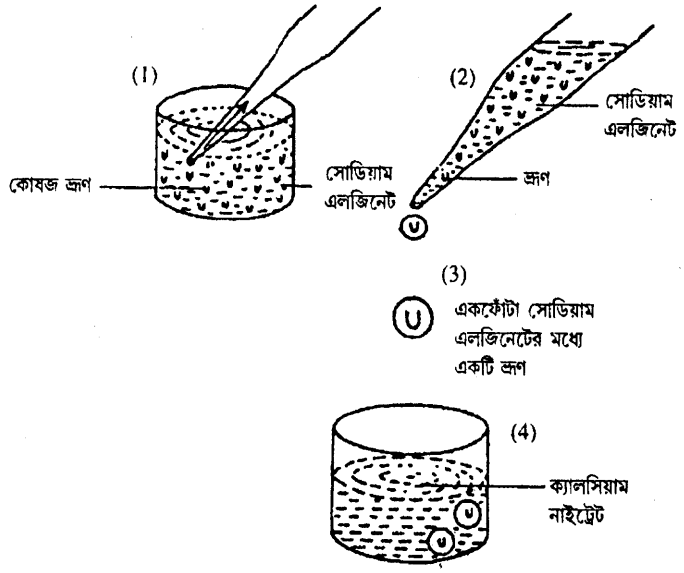
(ঙ) অল্প পরিমাণ _____ ও _____ ভ্রূণের বিকাশে বিশেষ সহায়ক।

11.4 কৃত্রিম বীজ (Artificial seeds)

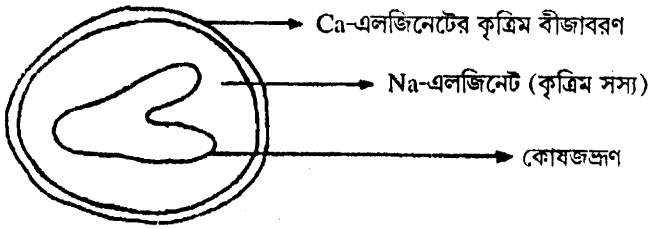
কোষজ ভ্রূণকে সংরক্ষণের জন্য বিশেষ পদ্ধতিতে ভবিষ্যতে ব্যবহারের উপযুক্ত করা যায়, যা প্রকৃত বীজের সমতুল্য গণ্য করা হয়। ওই সংরক্ষিত ভ্রূণ কৃত্রিম বীজ হিসেবে পরিচিত। 1977 সালে Murashige (মুরশিগে) প্রথম কৃত্রিম বীজের ধারণা উপস্থাপনা করেন। পরে Kitto ও Janick (কিটো ও ইয়ানিক) 1982 সালে কৃত্রিম বীজ উৎপাদনে প্রথম সফল হন. টর্পেডো আকৃতির কোষজ ভ্রূণকে পার্শ্বস্থিত কোষসমূহ থেকে সহজেই পৃথক করা যায়। ওই পৃথকীকৃত ভ্রূণকে যদি কৃত্রিম আচ্ছাদনে সুরক্ষিত করা যায়, ওই আচ্ছাদন তখন বীজাবরণ বা seed coat-এর কাজ করে এবং ভ্রূণকে বাইরের আঘাত বা জীবাণু আক্রমণ ইত্যাদি থেকে আংশিকভাবে রক্ষা করে। Radenburg (রাদেনবুর্গ) ও তাঁর সহকর্মীরা (1988) আলফা আলফা, কপি প্রভৃতির কৃত্রিম বীজ তৈরির জন্য Na-alginate ব্যবহার করেন। পৃথকীকৃত টর্পেডো আকৃতির কোষজ ভ্রূণ 0.5–5% Na-alginate (যা brown algae থেকে পাওয়া যায়) দ্রবণে মেশানো হয়। অন্য একটি পাত্রে 100 mM $Ca(NO_3)_2$ দ্রবণ থাকে। একটি pipette এর সাহায্যে একফোঁটা Na-alginate সহ একটি করে ভ্রূণ ওই দ্রবণে পড়তে দেওয়া হয় এবং ওই মিশ্রণে প্রায় 30 মিঃ রাখা হয়, ফলে বহিরাস্তরণ কঠিন Ca-alginate ওই রূপান্তরিত হয়ে বীজাবরণের কাজ করে, কিন্তু ভিতরে নরম Na-alginate থাকে যা কৃত্রিম সস্য হিসেবে কাজ করে (চিত্র 11.2 ও 11.3)। ওই ধরনের কৃত্রিম বীজ বায়ু প্রতিরোধকারী পাত্রে সংরক্ষণ করা যায়। এই পদ্ধতিতে *Zea mays, Oryza sativa, Gossypium, Bressica,* লেটুস, চন্দন প্রভৃতির কৃত্রিম বীজ উৎপাদন সম্ভব হয়েছে। Jim ও Janick (জিম ও ইয়ানিক, 1989) গাজরের কোষজ ভ্রূণের বীজাবরণের জন্য 5% polyethylene oxide ব্যবহার করেন। এই দুটি পদ্ধতি ভিজা বা wet method হিসাবে পরিচিত। এইসব বীজনের অঙ্কুরণ ক্ষমতা 25.50%, কিন্তু এদের সংরক্ষণ সমস্যাজনক।

কৃত্রিম জীব তৈরির আরও একটি পদ্ধতি জানা আছে যা dry বা শুষ্ক পদ্ধতি হিসেবে পরিচিত। এই পদ্ধতিতে কোষ ভ্রূণগুলিতে desicaccation tolerance বা শুষ্কারণ সহ্যশক্তি উদ্দীপিত করা হয়। এই জন্য ভ্রূণগুলির পোষণ মাধ্যমে abscisic acid যোগ করা হয়। নির্বাচিত ভ্রূণগুলিকে শুষ্কীকরণের জন্য ক্রমনিম্ন

মানের আপেক্ষিক আর্দ্রতা যুক্ত disicator এ পরপর স্থানান্তরিত করা হয়। এই সমস্ত শুষ্কীকৃত ভ্রূণকে আচ্ছাদনের জন্য polyoxyethylene glycol ব্যবহার করা হয়। এই ধরনের শুষ্কীকৃত কৃত্রিম বীজ বহুদিন সংরক্ষণ করা যায়, কিন্তু এদের অঙ্কুরণ ক্ষমতা হ্রাস পায়।



চিত্র 11.2 : কৃত্রিম বীজ প্রস্তুতির পর্যায়ক্রম : (1) সোডিয়াম এলজিনেট এ পৃথকীকৃত কোষজ ভ্রূণের মিশ্রণ ; (2) পিপেটের দ্বারা কিছু মিশ্রণ নেওয়া হল ; (3) ভ্রূণসহ অ্যালজিনেটের ফোঁটা ক্যালসিয়াম নাইট্রেট দ্রবণে ছাড়া হয় ; (4) ধীরে বহিস্তর Ca- অ্যালজিনেটে পরিবর্তিত হয়।



চিত্র 11.3 : একটি কৃত্রিম বীজ।

প্রান্তলিপি 11.1 : কৃত্রিম বীজ বা Artificial or Synthetic Seeds সংকীর্ণ অর্থে artificial seeds বা synthetic seeds বা কৃত্রিম বীজ হচ্ছে "encapsulated somatic embryos which functionally mimic seeds and can develop into seedlings under suitable conditions"—অর্থাৎ কৃত্রিম বীজ হচ্ছে আবরিত কোষজ ভ্রূণ যা বীজকে অনুকরণ করে উপযুক্ত পরিবেশে পূর্ণ উদ্ভিদে বিকশিত হতে পারে। ব্যাপক অর্থে কৃত্রিম বীজ যে-কোনো আবরিত মুকুল বা ভাজক করা হতে পারে যা উপযুক্ত পরিচর্চায় শিশু উদ্ভিদে বিকশিত হতে সমর্থ।

অনুশীলনী-3

শূন্যস্থান পূরণ করুন :

(i) 1977 সালে _____ প্রথম কৃত্রিম বীজের ধারণা উপস্থাপনা করেন।

(ii) Radenburg et al (1988) _____ সালে কৃত্রিম বীজের বীজাবরণ তৈরিতে _____ ব্যবহার করেন।

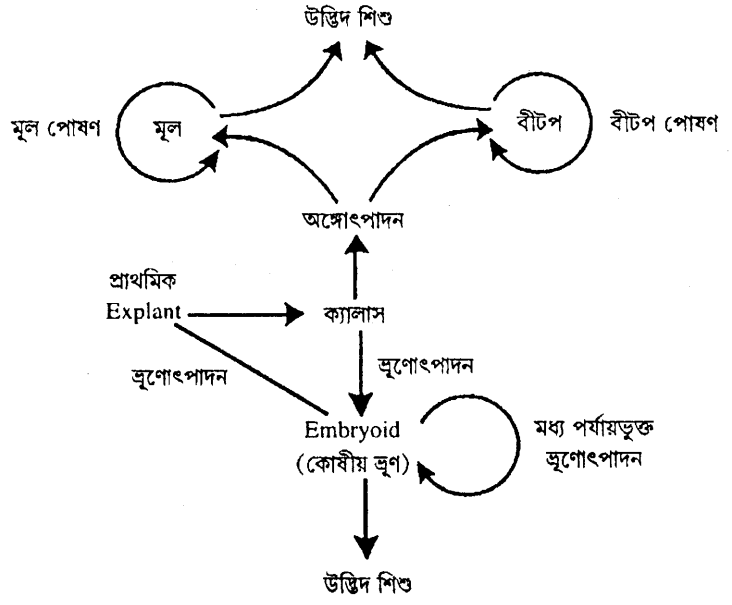
(iii) ভিজা উপায়ে প্রস্তুত কৃত্রিম বীজের অঙ্কুরণ ক্ষমতা সাধারণত _____ %।

(iv) ব্যাপক অর্থে কৃত্রিম বীজ যে-কোনো আবরিত _____ বা _____ যা উপযুক্ত পরিচর্চায় শিশু উদ্ভিদে বিকাশ পেতে পারে।

(v) _____ ও _____ কৃত্রিম বীজ সৃষ্টিতে প্রথম সফল হন।

11.5 অণুবিস্তার বা micropropagation

কলাপোষণে কোষজ ভ্রূণায়নে ক্লোনের মাধ্যমে বংশবিস্তার বা নতুন উদ্ভিদের উৎপাদন micropropagation বা অণুবিস্তার নামে অভিহিত, কারণ এই ধরনের বংশবিস্তারে প্রাথমিক প্রয়োজন অণুপরিমাণ কলা বা কোষ সমষ্টি। 1960 সালে Morel পোষণমাধ্যমে *Cymbidium* অর্কিডের ক্ষুদ্র বিটপ থেকে ভাইরাস মুক্ত চারা উদ্ভিদ তৈরির চেষ্টা করেন। তিনি লক্ষ করলেন ওই বিটপাত্র পত্রযুক্ত বিটপ তৈরি না করে একটি গোলাকার rhizoid সমন্বিত proteocorm সৃষ্টি করে, যা বীজের মাধ্যমে উৎপন্ন protocorm এর সমতুল্য। এই protocorm-গুলিকে নির্বাচিত পোষণ মাধ্যমে হয় নতুন protocorm অথবা চারা-উদ্ভিদ উৎপাদনে ব্যবহার করা যায়। যার ফলে 1 mm-এর কম দৈর্ঘ্যের কলা থেকে এক বৎসরেই কয়েক লক্ষ অর্কিড চারা তৈরি সম্ভব হয় (Morel, 1972)। এই পদ্ধতি পুষ্পচর্চায় (floriculture) এক বিপ্লবের সূচনা করে।



চিত্র **11.4 :** দুই প্রকার অণুবিস্তার পদ্ধতির লেখচিত্র।

বর্তমানে অণুবিস্তার পদ্ধতি বংশবিস্তারের এক গুরুত্বপূর্ণ মাধ্যমে। 1978 সালে Murashige 300 বিভিন্ন শোভাবর্ধক উদ্ভিদে অণুবিস্তার পদ্ধতির ব্যবহার নথিবদ্ধ করেন। বর্তমানে প্রায় সমস্ত অর্কিড প্রজাতি এবং উদ্যানচর্চায় ব্যবহৃত শোভাবর্ধক উদ্ভিদ প্রজাতিতে অণুবিস্তার পদ্ধতি ব্যবহৃত হচ্ছে। কলা, আনারস প্রভৃতি ফল উদ্ভিদেও এর ব্যাপক ব্যবহার রয়েছে। 1989 সালের হিসেবে ওই সাল পর্যন্ত 513 মিলিয়ন শোভাবর্ধক প্রজাতি এই পদ্ধতিতে উৎপাদিত হয় (Pierik, 1993)। আগেই আলোচিত হয়েছে অণুবিস্তার কোষীয় ভ্রূণায়ন দ্বারা সম্ভব। এই ধরনের ভ্রূণ দুটি ভিন্ন উপায়ে সৃষ্টি হয়। (1) ক্যালাসের মধ্যে ভ্রূণ সৃষ্টিকারী কোষের উদ্ভব, ও (2) explant-এর কিছু কোষের সরাসরি embryoid এ পরিস্ফুটন—যা চিত্র 11.4-এ দেখানো হয়েছে।

11.5.1 অণুবিস্তার পদ্ধতির বিশেষ সুবিধা

1. এই পদ্ধতি অবলম্বনে কোন উন্নত genotype এর দ্রুত বংশবিস্তার সম্ভব।

2. যেহেতু এটি একটি ক্লোন বিস্তার পদ্ধতি, সেজন্য অপত্য উদ্ভিদে মাতৃ উদ্ভিদের একরূপতা রক্ষা পায়। বেশিরভাগ ফল বা শোভাবর্ধক উদ্ভিদ জিনগত ভাবে অসম (heterozygous)। সেজন্য অণুবিস্তার পদ্ধতিতে বংশবিস্তার ওইসব প্রজাতিতে বিশেষভাবে বাঞ্ছনীয়।

3. অণুপরিমাণ কলার মাধ্যমে বহু সংখ্যক চারা উদ্ভিদ উৎপাদন সম্ভব।

4. স্বল্প সময়ে এবং ঋতুর উপর নির্ভর না করে বহু উদ্ভিদের সৃষ্টি অর্কিড, কলা, আনারস প্রভৃতি পুষ্প ও ফল উদ্ভিদের ক্ষেত্রে বিশেষ সুবিধাজনক।

5. লুপ্তপ্রায় উদ্ভিদ সংরক্ষণে অণুবিস্তার পদ্ধতি বিশেষভাবে প্রয়োজনীয়। এই পদ্ধতিতে বহু লুপ্তপ্রায় পতঙ্গাভূক উদ্ভিদ সংরক্ষণ সম্ভব হয়েছে।

6. এই পদ্ধতিতে তীব্র হিম সংরক্ষিত (cryopreserved) জার্মপ্লাজম থেকে প্রয়োজন সাপেক্ষে উদ্ভিদের পুণর্জনন সম্ভব।

7. অণুবিস্তার পদ্ধতি যৌন বিস্তারে অক্ষম সমস্ত উদ্ভিদ, বিশেষত অণুসংগত সংকর উদ্ভিদের বংশবিস্তারে বিশেষ সহায়ক।

11.5.2 সোমাক্লোন ও গ্যামোটাক্লোন (Somaclone and Gametoclone)

উদ্ভিদ কলাপোষণে কোনো কোনো ক্ষেত্রে দীর্ঘকালীন পোষণ বা কৃত্রিম নিয়ন্ত্রকের আধিক্য ইত্যাদি, ক্রোমোজোমের পরিবর্তন বা পরিব্যক্তিতে কোষের চরিত্রগত পার্থক্য ঘটে। ওই পরিবর্তিত কোষ থেকে বা উদ্ভূত কোষ সমষ্টি থেকে উদ্ভূত উদ্ভিদসমূহ একটি ক্লোনের অন্তর্গত এবং তারা Soma clone হিসেবে পরিচিত হয় (Larkin ও Scowcroft, 1981; লারকিন ও স্কোক্রফট্) লিঙ্গাধর উদ্ভিদ কোষের ক্ষেত্রে এগুলি Gametoclone হিসেবে চিহ্নিত হয় (Evans et al 1984)। এই সমস্ত কোষ থেকে উদ্ভূত উদ্ভিদগুলি Somaclonal বা Gametoclonal প্রকারণ হিসেবে চিহ্নিত হয়। এই সমস্ত প্রকারণ নির্বাচনে বেশ কয়েকটি উন্নততর কর্ষিতক উদ্ভিদ পাওয়া গেছে। যেমন blight রোগ প্রতিরোধক্ষম আলু, Down mildew ও smut রোগ প্রতিরোধ সক্ষম আখ ইত্যাদি। একক 16-এ এবিষেয়ে আরও আলোচনা করা হয়েছে।

অনুশীলনী-4

1. **শূন্যস্থান পূরণ করুন :**

(ক) _____ উদ্ভিদ সংরক্ষণে অণুবিস্তার পদ্ধতি বিশেষ সহায়ক।

(খ) অণুবিস্তার পদ্ধতি _____ উপর নির্ভরশীল নয়।

(গ) বেশিরভাগ ফলদায়ী উদ্ভিদ জিনগতভাবে _____। সেইজন্য _____ পদ্ধতি দ্বারা বংশবিস্তারে _____ রক্ষা পায়।

2. (ক) অর্কিডে 1960 সালে প্রথম অণুবিস্তার পদ্ধতি আবিষ্কার করেন কে ?

(খ) অণুবিস্তার শব্দটির অর্থ কী ?

11.6 সর্বশেষ অনুশীলনী

1. অপরিস্ফুটিত ক্যালাস কোষ থেকে কীভাবে আঙ্গোৎপাদন সম্ভব—আলোচনা করুন।
2. প্রত্যক্ষ ও পরোক্ষ ভ্রূণায়নের মধ্যে পার্থক্য আলোচনা করুন। PEDC ও IEDC-র মধ্যে পার্থক্য কী ?
3. PM ও EDM কাকে বলে ? কীসের জন্য এই medium ব্যবহার করা হয় ?
4. Radenburg et al (1988) প্রবর্তিত কৃত্রিম বীজ তৈরি পদ্ধতি চিত্রসহ আলোচনা করুন।
5. দুটি কৃত্রিম বীজ তৈরি পদ্ধতির পার্থক্য এবং সুবিধা ও অসুবিধা আলোচনা করুন।
6. অণুবিস্তার পদ্ধতির বিশেষ সুবিধাগুলি আলোচনা করুন।

11.7 উত্তরমালা

অনুশীলনী-1

(ক) অক্সিনের, অল্প পরিমাণ, (খ) কলোজেনেসিস (caulogenesis), (গ) রাইজোজেনেসিস (rhizogenesis), (ঘ) বীটপাগ্র, (ঙ) 2, 4-D।

অনুশীলনী-2

(ক) Steward, (খ) Embryoid বা Somatic embryo, (গ) Embryogenic callus (EC), (ঘ) Embryogenic development medium (EDM), (ঙ) Cytokinin, ABA.

অনুশীলনী-3

(i) Murashige, (ii) Na-alginate, (iii) 25-50%, (iv) মুকুল, ভাজক কলা, (v) Kitto ও Janick.

অনুশীলনী-4

1. (ক) লুপ্তপ্রায়, (খ) ঋতুর, (গ) অসম, অণুবিস্তার, একরূপতা।

2. (ক) Morel, (খ) 11.5 দেখুন।

সর্বশেষ অনুশীলনী

1. 11.2 দেখুন।
2. 11.3 দেখুন।
3. 11.3 দেখুন।
4. 11.4 ও চিত্র 11.2 ও 11.3-এর সহায়তা নিন।
5. 11.4 দেখুন।
6. 11.5.1 দেখুন।

একক 12 ❐ ভ্রূণ পোষণ, পরাগধানী ও পরাগরেণু পোষণ সস্য পোষণ (Embryo Culture, Auther and Pollen Culture, Endosperm Culture)

গঠন

12.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

12.2 ভ্রূণ পোষণ

12.3 পরাগধানী ও পরাগরেণু পোষণ

12.4 সস্য পোষণ

12.5 সারাংশ

12.6 সর্বশেষ অনুশীলনী

12.7 উত্তরমালা

12.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

উদ্ভিদ কলার মধ্যে ভ্রূণই সর্বপ্রথম কৃত্রিম পোষণ মাধ্যমে পোষণ করা সম্ভব হয়। ক্রমে অন্যান্য কলা যেমন পরাগধানী ও পরাগরেণী এমনকি সদ্য পোষণও সম্ভব হয়। এইসব কলা পোষণের বিভিন্ন ব্যাবহারিক দিক রয়েছে। মনে রাখবেন, পরাগরেণু ও সস্যের মধ্যে কেবল এক কেতা অথবা তিন কেতা ক্রোমোসোম থাকে, ফলে এই কলা পোষণে উদ্ভূত উদ্ভিদ বৈশিষ্ট্যপূর্ণ। এই এককে আমরা এইসব কলার পোষণ পদ্ধতি ও তাদের ব্যাবহারিক দিক আলোচনা করব।

ফলে এই একক পাঠে আপনি—

- এই পদ্ধতিগুলির উদ্ভাবনের সংক্ষিপ্ত ইতিহাস জানতে পারবেন।
- ভ্রূণ, পরাগরেণু ও সস্য পোষণের পদ্ধতিগুলি সম্পর্কে সাধারণ জ্ঞান লাভ করবেন।
- এইসব পদ্ধতির বিভিন্ন ব্যাবহারিক দিকগুলিও অবগত হবেন।

12.2 ভ্রূণ পোষণ (Embryo culture)

ভ্রূণই উদ্ভিদকলার মধ্যে সর্বপ্রথম কৃত্রিম মাধ্যমে পোষণ করা সম্ভব হয়। 1904 সালে Henning (হেনিগ) *Raphanus* এবং *Cochlesia* প্রজাতির ভ্রূণ পোষণে সাফল্য লাভ করেন। তিনি পোষণ মাধ্যমে খনিজ লবণ ও কর্ষণের বিকাশ ঘটান। পরে এই পদ্ধতি অসমপ্রকরণ উদ্ভিদের সংকরীকরণে উদ্ভূত ভ্রূণের সফল বিকাশে বিশেষভাবে আদৃত হয়। এই পদ্ধতি ভ্রূণের বিকাশের জন্য প্রয়োজনীয় পুষ্টি ও অন্যান্য তথ্য জানতে বিশেষ সাহায্য করে। বীজের সুপ্তাবস্থা অতিক্রমণে, অণুবিস্তার পদ্ধতি বা ক্লোনিং-য়েও ভ্রূণ পোষণের ব্যবস্থা রয়েছে।

ব্যাপক অর্থে ভ্রূণপোষণ দুই প্রকার—(ক) অপরিণত ভ্রূণপোষণ ও (খ) পরিণত ভ্রূণপোষণ। অপরিণত ভ্রূণপোষণ সাফল্য খুবই সীমাবদ্ধ অন্যদিকে পরিণত ভ্রূণপোষণ অপেক্ষাকৃত সহজ এবং এর জন্য বিশেষ কোনো পুষ্টি মাধ্যমও প্রয়োজন হয় না।

ভ্রূণ পোষণের জন্য প্রথমে রাসায়নিক প্রয়োগে বীজগুলির বহির্ত্বক জীবাণুমুক্ত করা হয়। পরে ওই বীজ জীবাণু শূন্য পরিবেশে কর্তন করে ডিম্বক পৃথক করে এক ফোঁটা পুষ্টি মাধ্যম সহ একটি কাচের slide এর উপর রাখা হয়। ওই ডিম্বকের লম্বচ্ছেদে suspensor সহ ভ্রূণকে পৃথক করে পোষণ মাধ্যমে স্থানান্তরিত করা হয়। ভ্রূণের জন্য পোষণ মাধ্যমে উদ্ভিদের নির্যাস (যেমন 20% ডাবের জল) যোগ করা হয়। পৃথকীকৃত ভ্রূণপোষণে অ্যামাইনো অ্যাসিড গ্লুটামিন (Glutamine) এর বিশেষ প্রয়োজন হয়। Monnier (মনিয়ের, 1976) এবং Ko (কো) ও তাঁর সহকর্মীরা (1983) এই ধরনের পুষ্টিমাধ্যমের সুপারিশ করেন। ভ্রূণপোষণ মাধ্যমে সাধারণভাবে Auxin বা Cytokinin যোগ করা হয় না। কর্তিত ভ্রূণের সঙ্গে suspensor না থাকলে পোষণ মাধ্যমে Gibberelic acid ও abscisic acid যোগে সুফল পাওয়া যায়।

পুষ্টির প্রয়োজনীয়তা অনুযায়ী ভ্রূণের বিকাশের দুটি ধাপ রয়েছে। প্রথমটি heterophasic phase বা পরভোজী বা বহুভোজী পর্যায়। যখন ভ্রূণ প্রধানত সস্য ও সংলগ্ন মাতৃকলা থেকে খাদ্যবস্তু গ্রহণ করে এবং অন্যটি autotrophic phase বা স্বভোজী পর্যায়। এই পর্যায়ে ভ্রূণ নিজেই খাদ্য তৈরিতে সমর্থ। ফলে প্রথম পর্যায়ের ভ্রূণ পোষণে সাফল্য সীমাবদ্ধ, কিন্তু পরের পর্যায়ের ভ্রূণ পোষণে সাফল্য সহজতর। প্রথম পর্যায়ের ভ্রূণপোষণে অধিকতর সাফল্যের জন্য Williams ও De La-tour (উইলিয়ামস্ ও ডে লা-টুর, 1980) একটি বিশেষ পদ্ধতির উদ্ভাবনা করেন Nurse Culture নামে পরিচিত। এই পদ্ধতিতে পুষ্টি মাধ্যমে একটি কর্তিত সস্যের স্তর রাখা হয়, যার উপর একটি filter paper এর চাকতি থাকে, কর্তিত অপরিণত ভ্রূণ ওই চাকতির উপর রাখা হয়, যাতে ওই ভ্রূণ নিম্নে অবস্থিত সস্য থেকে খাদ্য আহরণ করতে পারে। ওই সস্য ভ্রূণের জনক-প্রজাতি বা অন্য কোনো সমগোত্রীয় প্রজাতিরও হতে পারে।

12.2.1 ভ্রূণ পোষণের ব্যাবহারিক সুবিধা

1. এই পদ্ধতিতে অসুসঙ্গত সংকর ভ্রূণ বাঁচিয়ে সংকর উদ্ভিদ সৃষ্টি সম্ভব। যেমন—আন্তর্প্রজাতি সংকর *Abelmoschus esculentus* × *A. Monihot; Brassica Pekinensis* × *B. Oleraceae; Corchorus capsucaris* × *C. olitorius* অথবা আন্তর্গোত্রীয় সংকর *Hordeum* × *Triticum, Tripsacum dectyloides* × *Zea mays* প্রভৃতির সংকর ভ্রূণের ক্ষেত্রে সম্ভব হয়েছে।

2. বীজের সুপ্তাবস্থা অতিক্রমণে ও উদ্ভিদের প্রজনন চক্রের সময় সময় সীমা হ্রাসে এই প্রক্রিয়া বিশেষ সহায়ক।

3. বহু ফলদায়ী উদ্ভিদ যেমন পিচ, চেরি, এপ্রিকট ইত্যাদি বা অর্কিডে যেমন *Cattleya, Laelia* প্রভৃতিতে বীজে ভ্রূণ অপরিণত থাকে, ফলে ওই বীজ অঙ্কুরিত হয় না। পোষণ মাধ্যমে অপরিণত ভ্রূণকে পরিণত করা যায়, তখন ওই ভ্রূণ অঙ্কুরায়ণে সমর্থ হয়।

4. কিছু দূর সংকরায়ণের ফলে যেমন *Hordeum vulgare* (♀) × *H. bulbosum* (♂) এর সংকরীকরণে যে ভ্রূণ সৃষ্টি হয়, তার থেকে ক্রমে ক্রমে *bulbosum* এর ক্রোমোজোমগুলি বর্জিত হয়, ফলে পোষণ মাধ্যমে ওই ভ্রূণ যখন পূর্ণতা পায়, তখন তার মধ্যে কেবল এক কেতা (sone set) *vulgare*-এর ক্রোমোজোম বর্তমান থাকে, ফলে অঙ্কুরিত উদ্ভিদ haploid হয়। হ্যাপলয়েড্ উদ্ভিদ সৃষ্টির এই পদ্ধতি bulbosum পদ্ধতি হিসেবে পরিচিত। এই ধরনের আরও একটি উদাহরণ *Agrophron tsukushiense* × *H. vulgare.*

5. ক্লোনীয় অণুবিস্তার :

কিছু পাইন জাতীয় উদ্ভিদ ও ঘাস জাতীয় প্রজাতিতে ভ্রূণকে ক্লোনীয় অণুবিস্তারের ব্যবহার করা সম্ভব। পাইন জাতীয় উদ্ভিদের অরণ্যসৃজনে এর বিশেষ ভূমিকা রয়েছে (মিনোচা Minocha, 1980)।

অনুশীলনী-1

1. (ক) প্রথম সফল ভ্রূণ পোষণ কে, কবে কোন্ প্রজাতিতে করেন ?

   (খ) পৃথকীকৃত ভ্রূণপোষণে কোন Amino Acid -এর বিশেষ প্রয়োজন আছে ?

   (গ) Nurse পোষণ পদ্ধতি কারা আবিষ্কার করেন ?

2. শূন্যস্থান পূরণ করুন :

   (ক) সাধারণ পুষ্টি মাধ্যমেই _____ ভ্রূণের বৃদ্ধি ও বিকাশ ঘটে।

   (খ) ভ্রূণের সঙ্গে suspensor না থাকলে পোষণ মাধ্যমে _____ও _____ যোগে সুফল পাওয়া যায়।

   (গ) বীজের_____অতিক্রমণে এবং উদ্ভিদের_____চক্রের সময় হ্রাসে এই প্রক্রিয়া বিশেষ সহায়ক।

12.3 পরাগধানী ও পরাগরেণু পোষণ

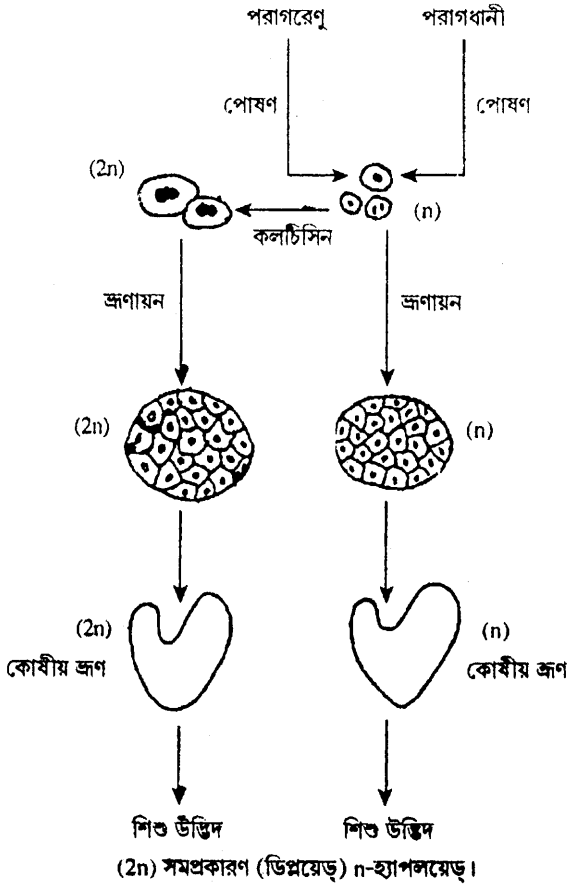
পারগধানীর মধ্যে উদ্ভিদের microsporocytes বা পরাগ মাতৃকোষ বিদ্যমান। পরাগ মাতৃকোষ থেকে পরাগরেণুর উদ্ভব হয়। পরাগধানী ও পারগরেণু পোষণের উদ্দেশ্য ভ্রূণায়নের মাধ্যমে হ্যাপলয়েড (Haploid) উদ্ভিদের সৃষ্টি। Haploid ভ্রূণ থেকে ক্রোমোজোম কেতা দ্বিত্বকরণে Dihaploid উদ্ভিদে পাওয়া যায়। (লক্ষ করুন এই উদ্ভিদকে Diploid বলা হচ্ছে না)। Dihaploid উদ্ভিদ সমপ্রকারণ বিশিষ্ট এবং pure-line এর সঙ্গে তুলনীয়। সাধারণভাবে Pure-line উদ্ভিদ সৃষ্টি একটি কষ্টসাধ্য এবং সময় সাপেক্ষ পদ্ধতি যা স্বপরাগিত উদ্ভিদে পৌনপৌনিক স্বনিষেক সংঘটিত করে তৈরি করা সম্ভব। Haploid উদ্ভিদ বিভিন্ন জিনতাত্ত্বিক অধ্যয়নে যেমন জিনগত মিথষ্ক্রিয়া, linkage (অন্বয়), দুর্বল জিনের কার্যক্রম ইত্যাদি গবেষণায় বিশেষভাবে সাহায্য করে। দিল্লি বিশ্বদ্যিালয়ের Guha ও Maheswari সর্বপ্রথম (1964) *Batura inoxia* বা ধুতুরা প্রজাতিতে পরাগ পোষণে Haploid ভ্রূণ উৎপাদনে সক্ষম হন। পরবর্তীকালে Bourgin ও Nitsch (বুর্গিন ও নিথস্, 1967) পরাগপোষণে প্রথম Haploid উদ্ভিদ সৃষ্টি করেন।

12.3.1 পোষণ পদ্ধতি

সতেজ ফুলের কুঁড়ির বহির্ভাগ জীবাণুনাশক লোশনের সাহায্যে জীবাণুমুক্ত করে পরাগধানীগুলিকে সন্তর্পণে পৃথক করা হয় এবং পরে উপযুক্ত মাধ্যমে পোষণ করা হয়। পরাগধানী নিষ্পেষণে পরাগরেণু নিষ্কাষণ সম্ভব, পরে পরাগরেণু Centrifugation পদ্ধতিতে পৃথক করা যায়। MS মাধ্যমে 2-4% sucrose যোগ করে পরাগ পোষণ করা হয়। অবশ্য এই মাধ্যমে লোহার উপস্থিতি জরুরি। Nitsch (1982) মাধ্যমে ও পরাগপোষণ সম্ভব। পরাগ পোষণে Nurse কালচার বিশেষ সহায়ক।

পরাগধানীতে পরাগরেণুগুলি অসমপ্রকরণ বিশিষ্ট এবং কোষীয় ভ্রূণ উৎপত্তিকালে কয়েকটি গুণগত অসমকোষ অংশগ্রহণ করতে পারে, ফলে জিনগত কাইমেরিক (Genetic Chimeric) উদ্ভিদ সৃষ্টি হতে পারে। সেই জন্য হ্যাপলয়েড উদ্ভিদ সৃষ্টিতে পৃথকীকৃত পরাগপোষণ বাঞ্ছনীয়।

যেহেতু পরাগরেণুতে অর্ধসংখ্যক (n) ক্রোমোসোম থাকে, ফলে পরাগপোষণে উদ্ভূত উদ্ভিদ Haploid হয় এবং ক্রোমোসোমগুলির প্রতিরূপ (Homologous) ক্রোমোসোম থাকে না, ফলে ওই উদ্ভিদ সাধারণভাবে বন্ধ্যা হয়। তবে বহু প্রজাতিতে হ্যাপলয়েড্ ভ্রূণ বিকাশের সময় স্বাভাবিকভাবে ক্রোমোসোম দ্বিত্বকরণ (diplodisction) ঘটে। এইভাবে Haploid ভ্রূণ থেকে Dihaploid এমনকি Haxaploid উদ্ভিদও পাওয়া যায়। Haploid বা Monoploid উদ্ভিদ সাধারণত দুর্বল প্রকারের এবং তাদের পত্ররন্ধ্রের রক্ষী কোষে ক্লোরোপ্লাস্টের সংখ্যাও কম। আলুর Haploid রক্ষীকোষে ক্লোরোপ্লাস্ট সংখ্যা 5-8, Dihaploid এ 10-15, যেখানে Tetraploid এ এই সংখ্যা 18-24। কোষীয় ক্রোমোসোম সংখ্যা গণনায় ও অপত্য উদ্ভিদের চরিত্র নির্ণয় করা যায়। Haploid উদ্ভিদকে 0.5% Colchiciae 24-48 ঘণ্টা ব্যাপী প্রয়োগে ও Dihaploid উদ্ভিদ পাওয়া সম্ভব। এই পদ্ধতিতে Vasil ও Nitsch (1975) হ্যাপলয়েড উদ্ভিদ থেকে প্রথম Dihaploid উদ্ভিদ সৃষ্টি করেন। চিত্র 12.1 এ লেখচিত্রের সাহায্যে পরাগধানী বা পরাগরেণু থেকে Haploid ও Dihaploid উদ্ভিদের উদ্ভব দেখানো হয়েছে।



চিত্র 12.1 : পরাগধানী বা পরাগ পোষণে হ্যাপ্লয়েড বা ডিপ্লয়েড উদ্ভিদের উদ্ভব

12.3.2 পরাগপোষণের ব্যবহারগত সুবিধা

1. পরাগপোষণের মাধ্যমে হ্যাপলয়েড উদ্ভিদ সৃষ্টি সম্ভব, যেসব উদ্ভিদ জিনগত গবেষণায় বিশেষ উপযোগী, দুর্বল জিনের চরিত্র, জিন-সমষ্টির অন্বয়, বিভিন্ন জিনের মিথস্ক্রিয়তা অধ্যয়নে haploid উদ্ভিদ বিশেষ সহায়ক। এই সব উদ্ভিদে সহজেই পরিব্যক্তিগত পরিবর্তন অধ্যয়ন করা যায় এবং পরিব্যক্তিবিশিষ্ট উদ্ভিদ উদ্ভব সম্ভব।

2. কৃত্রিম দ্বিত্বকরণে অথবা ভ্রূণের পোষণকালে ক্রোমোজোম কেতার দ্বিত্বকরণে সমপ্রকারণ বিশিষ্ট Dihaploid, Tetraploid প্রভৃতি উদ্ভিদ সৃষ্টি হতে পারে, যেগুলি pure-line হিসেবে কাজ করে। এইসব শুদ্ধ ধারা উদ্ভিদ মূল্যবান stock হিসেবে গণ্য হয়।

3. Niizeki ও Oono 1968 সালে প্রথম ধানের পরাগধানী পোষণ করেন। বর্তমানে চীনে পরাগধানী পোষণের মাধ্যমে ধানের অনেকগুলি নতুন কর্ষিতক (cultivars) সৃষ্টি হয়েছে, যা অন্য প্রজাতির ক্ষেত্রেও সমানভাবে প্রযোজ্য হতে পারে।

4. অনিষিক্ত ভ্রূণপোষণে ও হ্যাপলয়েড উদ্ভিদ সৃষ্টি সম্ভব। বহু আরণ্যক প্রজাতিতে এই পদ্ধতি অবলম্বনে হ্যাপলয়েড ও Dihaploid উদ্ভিদ সৃষ্টি হয়েছে।

অনুশীলনী-2

শূন্যস্থান পূরণ করুন :

(ক) _____ ও _____ (1964) প্রজাতিতে পরাগরেণু পোষণে ভ্রূণ উৎপাদনে সমর্থ হন।

(খ) যেহেতু পরাগরেণুতে _____ ক্রোমোসোম থাকে, ফলে _____ উদ্ভূত উদ্ভিদ haploid হয়।

(গ) Haploid বা _____ উদ্ভিদে homologous ক্রোমোজোম কেতা থাকে না, ফলে ওই উদ্ভিদ _____ হয়।

প্রান্তলিপি 12.1 : Bulbosum পদ্ধতি

আগেই আমরা 12.2.1 এককে bulbosum পদ্ধতি সম্পর্কে আলোচনা করেছি। Haploid উদ্ভিদ সৃজনে অনেক সময়েই দূর সংকরীকরণ পদ্ধতি বা bulbosum পদ্ধতির সাহায্য নেওয়া হয়।

প্রান্তলিপি 12.2 : Gynogenesis ও Androgenesis

পরাগধানী ও পরাগরেণু পোষণ ব্যতিরেকেও কলাপোষ মাধ্যমে অন্যভাবে হ্যাপলয়েড উদ্ভিদ সৃষ্টি হতে পারে। যেমন Gynogenesis এবং androgenesis এর ফলে। প্রথম ক্ষেত্রে অনিষিক্ত ভ্রূণ কোষ কোনো বিশেষ উত্তেজকের প্রভাবে কোষ বিভাজন শুরু করে এবং নিষিক্ত ভ্রূণের মতো আচকরণ করে। এই উত্তেজনা প্রধানত বন্ধ্যা পরাগরেণু সংস্পর্শে ঘটে থাকে, যেমন *Solanum tubersoum* ♀ × *S. phureja* ♂ নিষেকে dihaploid আলু পাওয়া যায়। *Hordeum vulgare, Triticum aestivum, Nicotiana tabacum* প্রকৃতিতেও অনিষিক্ত ভ্রূণ পোষণে (Gynogenesis) haploid উদ্ভিদ পাওয়া গেছে। Androgenesis-এ ভ্রূণকোষ বন্ধ্যা হয়, কিন্তু নিষেকের ফলে পরাগরেণুর নিউক্লিয়াস বিভজানের মাধ্যমে haploid উদ্ভিদ সৃষ্টি করে। লক্ষ করবেন পরাগরেণু পোষণে হ্যাপলয়েড উদ্ভিদ সৃষ্টির পদ্ধতিও androgenesis হিসেবে পরিগণিত হয়।

12.4 সস্য পোষণ বা endosperm culture

সপুষ্পক উদ্ভিদের 80% গোত্রের বীজের মধ্যে সস্য বা endosperm দেখা যায়। Endosperm বা সস্য double fertilization বা দ্বিনিষেকে উৎপন্ন হয়, এবং তার মধ্যে তিন কেতা ক্রোমোজোম থাকে, ফলে সস্য হল Triploid বা 3n। ভ্রূণ তার বিকাশের প্রথম অবস্থায় পুষ্টির জন্য সস্যের উপর নির্ভরশীল। ভ্রূণের বিকাশকালে কোনো কোনো উদ্ভিদ প্রজাতিতে সস্য সম্পূর্ণভাবে ব্যয়িত হয় না, এবং বীজের মধ্যে বর্তমান থাকে। তখন ওই বীজ সস্যল বা endospermons হিসেবে পরিচিত।

সর্বপ্রথম Lamp ও Mill (1933) ভুট্টার সস্য পোষণে উদ্যোগী হন। La Rne (1949) এবং পরে অন্য কয়েকজন বিজ্ঞানী বিভিন্ন প্রজাতিতে সস্যপোষণের প্রচেষ্টা করেন (Lampton, 1952; Stranus ও La Rane, 1954)। তবে সর্বপ্রথম দিল্লি বিশ্ববিদ্যালয়ের Johri ও Bhojwani (1965) *Exocarpus cupressi formis* প্রজাতির সস্য পোষণের মাধ্যমে বিটপপত্র উৎপাদন লক্ষ্য করেন। পরে এই পদ্ধতি অবলম্বনে অণুবিস্তার সম্ভব হয়। স্বভাবতই এই সমস্ত উদ্ভিদ Triploid হয়ে থাকে। বিভিন্ন কারণে অনেক ক্ষেত্রেই Triploid উদ্ভিদ কাম্য। সস্যপোষণ পদ্ধতি Triploid উদ্ভিদ উৎপাদনের অপেক্ষাকৃত সহজ উপায়।

12.4.1 পোষণ পদ্ধতি

সস্য পোষণ White-এর পুষ্টি মাধ্যম বা MS পুষ্টি মাধ্যম ব্যবহার করা হয়। পৃথকীকৃত সস্য ওই মাধ্যমে স্থানান্তরিত করা হয়। দু একটি উদ্ভিদে explant থেকে সরাসরি চারা উদ্ভিদ তৈরি হয়। কিন্তু বেশির ভাগ প্রজাতিতেই প্রথমে ক্যালাস তৈরি হয়, সেখান থেকে ভ্রূণ সৃষ্টি হয়। সস্যের ক্যালাসের প্রাথমিক (basac) পুষ্টি মাধ্যমে ঈস্ট নির্যাস (Yeast extract), অক্সিন, সাইটোকাইনিন এবং উচ্চ N_2 যুক্ত জৈব যোগ করা হয়, ভ্রূণ বিকাশের পর সেগুলিকে উপপোষণ করা দরকার। উপপোষণ মাধ্যমে অক্সিন ও সাইটোকাইনিন থাকে না, তবে কখনও কখনও জিব্বেরিলিন যোগ করা হয়। ক্যালাস পোষণ অন্ধকার ও অল্প আলোয় করা হয়, কিন্তু ভ্রূণের বিকাশের জন্য 25°C এ 2000-4000 Lux আলোর প্রয়োজন হয়।

12.4.2 সস্য পোষণের সুবিধা

যে সমস্ত উদ্ভিদে বীজের অর্থনৈতিক প্রয়োজন নেই, অথবা নির্বীজ ফল অভিপ্রেত এবং অযৌন বংশ বিস্তার সম্ভব, সেসব ক্ষেত্রে Triploid উদ্ভিদ অনেক সময়েই অধিকতর কাম্য হয়। সস্য পোষণে অনেক প্রজাতিতেই এই ধরনের সাফল্য পাওয়া গেছে, যেমন *Citrus grandis, Pyrus malus, Putranjiva roxburghii, Actinidia chinensis, Santalum album* প্রভৃতি। অনেক শোভাবর্ধক উদ্ভিদে Triploid প্রকারণ বিশেষ গুণের জন্য আদরণীয়, যেমন *Petunia axillaris* বা *Codeum* spp প্রভৃতি। এছাড়া সস্যের মধ্যে প্রচুর খাদ্যবস্তু থাকে, ওই সব খাদ্য বস্তুর বিপাকের অধ্যয়নে সস্য পোষণ বিশেষ সহায়ক। কিন্তু আরণ্যক উদ্ভিদেও triploid বিশেষ গুণ সম্পন্ন হয়, যেমন *Populus tremuloids,* যার কাষ্ঠমান কাগজ শিল্পে খুবই আদরণীয়। এছাড়া *Oryza sativa* (Bajaj *et al.* 1980) বা *Zea mays* (Zhu *et al.* 1988) প্রজাতিতে ও সস্য পোষণে triploid পাওয়া গেছে। কিছু উপক্ষার তৈরিতে ও সস্য পোষণের ভূমিকা উল্লেখযোগ্য, যেমন কফির শস্য ক্যাফেন (Caffeine) পাওয়া যায়। পুষ্টি মাধ্যমে ক্যাফনের পরিমাণ উত্তরোত্তর বৃদ্ধি পায়।

অনুশীলনী-3

শূন্যস্থান পূরণ করুন :

(ক) সস্য পোষণে উদ্ভূত উদ্ভিদ _____ ও _____ হয়।

(খ) সর্বপ্রথম দিল্লি বিশ্ববিদ্যালয়ের _____ ও _____ (1965) সস্য পোষণে _____ উৎপাদন লক্ষ করেন।

(গ) সস্য পোষণে ভ্রূণ বিকাশের জন্য পুষ্টি মাধ্যমে _____ ও _____ থাকে না, তবে অল্প পরিমাণ _____ থাকতে পারে।

12.5 সারাংশ

উদ্ভিদের ভাজককলা ও কোষের মতো কিছু প্রত্যঙ্গ যেমন ভ্রূণ, পরাগধানী ও সস্য পোষণ করা সম্ভব। ভ্রূণের দুটি পর্যায় থাকে, প্রথম পর্যায়ে ভ্রূণ পরভোজী, তাই এই পর্যায়ের অপরিণত ভ্রূণ পোষণে সাফল্য সীমাবদ্ধ, অবশ্য Nurse পোষণ পদ্ধতির এই সংকট আংশিক পরিমাণে দূর করা যায়। পরিণত ভ্রূণ স্বভোজী, তাই এই পর্যায়ের ভ্রূণ পোষণ সহজতর। ভ্রূণ পোষণের বিবিধ ব্যাবহারিক সুবিধা রয়েছে, যার মধ্যে সংকর উদ্ভিদের ভ্রূণকে ত্রাণ বা ভ্রূণ-ত্রাণ (embryo-rescue) অন্যতম। এছাড়া বীজের সুপ্তাবস্থা অতিক্রমণে ও হ্যাপলয়েড উদ্ভিদ সৃষ্টিতেও এর ব্যবহার রয়েছে।

পরাগধানী ও পরাগরেণু পোষণেও হ্যাপলয়েড উদ্ভিদ সৃষ্টি সম্ভব। তাছাড়া সমসত্ত্ব (Homogeneous) উদ্ভিদ সৃষ্টিতেও এই পদ্ধতির ব্যবহার রয়েছে। নতুন কর্ষিতকে উদ্ভিদ সৃষ্টিতে রেণু পোষণ বিশেষ ভূমিকা নিয়েছে। অন্যদিকে Triploid উদ্ভিদ সৃষ্টিতে সস্যপোষণ বিশেষ সহায়ক। সস্য-ক্যালাস থেকে পোষণ মাধ্যমে ভ্রূণায়ন সম্ভব, ওই ভ্রূণ বিশেষ মাধ্যমে ও পরিবেশে বিকাশ লাভ করে Triploid উদ্ভিদ সৃষ্টি করে। বীজহীন ফল, এবং শোভাবর্ধক উদ্ভিদ যেগুলি অযৌন বংশ বিস্তারে সক্ষম, সেসব ক্ষেত্রে সস্য পোষণের বিশেষ ভূমিকা রয়েছে।

12.6 সর্বশেষ অনুশীলনী

1. ভ্রূণ পোষণ প্রণালী সংক্ষেপে বর্ণনা করুন।
2. ভ্রূণ পোষণের ব্যাবহারিক সুবিধাগুলি কী কী ?
3. পরাগধানী ও পরাগরেণু পোষণ পদ্ধতির সংক্ষিপ্ত বিবরণ দিন।
4. Dihaploid উদ্ভিদ কী ? পরাগ পোষণে কীভাবে dihaploid উদ্ভিদ পাওয়া যায় ?
5. Nurse পদ্ধতি কারা আবিষ্কার করেন ? পদ্ধতিটির সংক্ষিপ্ত বিবরণ দিন।
6. পরাগ পোষণের ব্যবহারগত সুবিধাগুলির বিবরণ দিন।
7. সস্যপোষণ পদ্ধতি সংক্ষেপে আলোচনা করুন। সস্যপোষণ পদ্ধতির ব্যাবহারিক দিকগুলির বিবরণ দিন।
8. পরাগ পোষণ ও সস্যপোষণে দিল্লি বিশ্ববিদ্যালয়ের অবদান সংক্ষেপে আলোচনা করুন।

12.7 উত্তরমালা

অনুশীলনী-1

1. (ক) Hanning, 1904, Raphanus ও Cochlesia প্রজাতি, (খ) Glutamine, (গ) Williams ও De La-tour (1980)।
2. (ক) পরিণত ভ্রূণের, (খ) Gibbercllic acid, abscisic acid, (গ) সুপ্তাবস্থা (dormancy) প্রজনন চক্র।

অনুশীলনী-2

(ক) Guha, Maheswari, *Datura innoxia,* haploid.

(খ) অর্থ-সংখ্যক, পরাগরেণু পোষণে।

(গ) Monoploid, বন্ধ্যা।

অনুশীলনী-3

1. (ক) Triploid, বন্ধ্যা, (খ) Johri, Bhojwani, বিটপ পত্র। (গ) Auxin, Cytokinin, Gibberellin

সর্বশেষ অনুশীলনী উত্তর

1. 12.2 দেখুন।
2. 12.2.1 দেখুন।
3. 12.3 দেখুন।
4. 12.3 এর শেষাংশ ও অনুচিত্র 12.1 দেখুন।
5. 12.3.1 দেখুন।
6. 12.2 এর শেষাংশ দেখুন।
7. 12.4 ও 12.4.1 দেখুন।
8. 10 শেষাংশ, 12.3 প্রথমাংশ, 12.4 প্রথমাংশ দেখুন।

একক 13 ❐ প্রোটোপ্লাস্ট পোষণ ও তার প্রয়োগ (Protoplast Culture and its application)

গঠন

13.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য
13.2 প্রোটোপ্লাস্ট পৃথকীকরণ ও পোষণ
13.3 প্রোটোপ্লাস্ট একীভবন, কোষীয় সংকরীকরণ, হাইব্রিড ও সাইব্রিড উদ্ভিদের সৃষ্টি
13.4 প্রোটোপ্লাস্ট পোষণের প্রয়োগ ও ব্যাবহারিক গুরুত্ব
13.5 সারাংশ
13.6 সর্বশেষ অনুশীলনী
13.7 উত্তরমালা

13.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

প্রাণীকোষ ও উদ্ভিদকোষের মধ্যে একটি বিশেষ পার্থক্য উদ্ভিদকোষে কোষ-প্রাচীরের উপস্থিতি। উদ্ভিদকোষ শক্ত কোষপ্রাচীর দ্বারা আবৃত থাকে। তবে উদ্ভিদকোষকে প্রাচীর থেকে পৃথক করে মুক্ত করা সম্ভব। গোলাকার কোষপর্দা আবৃত কোষপ্রাচীর মুক্ত নগ্ন উদ্ভিদকোষ প্রোটোপ্লাস্ট হিসেবে পরিচিত। এই এককে আমরা প্রোটোপ্লাস্ট পৃথকীকরণ, তার পোষণ পদ্ধতি এবং এই পদ্ধতির বিশেষ ব্যবহারগুলি আলোচনা করব।

এই একক পাঠে আপনি নিম্নলিখিত বিষয়গুলি জানতে পারবেন—

- প্রোটোপ্লাস্টের পৃথকীকরণ ও পোষণ পদ্ধতি।
- প্রোটোপ্লাস্ট একীভবন পদ্ধতিতে সংঘটিত কোষীয় সংকরায়ণ পদ্ধতি।
- কোষীয় (অযৌন) হাইব্রিড (সংকর) ও সাইব্রিড উৎপাদন পদ্ধতি।
- এই সমস্ত পদ্ধতির ব্যাবহারিক প্রয়োগসমূহ।

13.2 প্রোটোপ্লাস্ট পৃথকীকরণ ও পোষণ পদ্ধতি

উদ্ভিদের নগ্ন কোষপ্রাচীর মুক্ত কোষকে 1880 সালে Hanstein (হানস্টাইন) প্রোটোপ্লাস্ট নামে চিহ্নিত করেন। কোষপর্দা আবৃত মুক্ত কোষ গোলকাকার ধারণ করে। 1892 সালে Klercker (ক্লেরকার) যান্ত্রিক পদ্ধতিতে কোষপ্রাচীর অপসারণে সমর্থ হন। তিনি plasmolysis পদ্ধতিতে কোষের প্রোটোপ্লাস্টকে সংকুচিত করে। কোষপ্রাচীর যান্ত্রিকভাবে অপসারণ করেন, পরে deplasmolysis পদ্ধতিতে প্রোটোপ্লাস্টকে পুরাতন অবস্থায় এইভাবে পৃথক করা যথেষ্ট শ্রমসাপেক্ষ, ফলে এই পদ্ধতি প্রোটোপ্লাস্ট পোষণে ব্যবহার করা হয়নি। 1960 সালে Cocking (ককিং) প্রোটোপ্লাস্ট পৃথকীকরণের একটি সহজ পথ আবিষ্কার করেন। প্রাচীর অপসারণে তিনি Cellulase (সেলুলেজ) উৎসেচক ব্যবহার করেন। Takebe ও তাঁর সহকর্মীরা

(1968) এবং পরে Power ও Cocking (1968) এই উদ্দেশ্যে অর্থাৎ কোষপ্রাচীর পরিপাকে সেলুলেজ এর সঙ্গে পেকটিনেজ (pectinase) উৎসেচক যোগ করেন। বর্তমানে যেসব উৎসেচক এই কোষপ্রাচীর পরিপাকে ব্যবহৃত হয় তা সারণি 13.1 এ দেখানো হল।

সারণি 13.1 কোষপ্রাচীর পরিপাকে (প্রোটোপ্লাস্ট পৃথকীকরণে) ব্যবহৃত উৎসেচকসমূহ

সেলুলেজ গোত্রীয় : সেলুলেজ, সেলুলাইসিন (cellulysin), ড্রাইসিলেজ (driselase), মাইসিলেজ (maicelase)
হেমিসেলুলেজ গোত্রীয় : হেমিসেলুলেজ (hemicellulase), হেলিকেজ (helicase)
পেকিটনেজ গোত্রীয় : মেসিরেজ (macerase), মেসিরোজাইম (macetozyme), পেক্টিনাল জাইমোলাইয়েজ (pectinal zymolyase)।

প্রোটোপ্লাস্ট পৃথকীকরণে উদ্ভিদের বিভিন্ন অংশের কোষ, যেমন মেসোফিল (mesophyll), মূল বা বিটপাগ্র, পোষিত কলা ইত্যাদি ব্যবহার করা চলে। 1968 সালে Takebe ও তাঁর সমকর্মীরা পাতায় mesophyll কোষের জন্য যে পদ্ধতি সুপারিশ করেন সেটি এরকম—(1) প্রথমে পাতার ত্বক জীবাণু মুক্ত করা হয়। (2) তারপর peeling পদ্ধতিতে পাতার নিম্নত্বক (lower epidermis) অপসারণ করা হয়। (3) পত্রকলায় একটি উৎসেচক মিশ্রণ যোগ করা হয় ; এই মিশ্রণে থাকে 4% সেলুলেজ, 0.4% মেসিরোজাইম এবং 13% (w/v) Mannitol। কোষপ্রাচীর পরিপাকের জন্য কয়েক ঘণ্টা সময় প্রয়োজন হতে পারে। পরে (4) Centrifugation বা filtration পদ্ধতিতে প্রোটোপ্লাস্ট পৃথক করা হয়।

প্রোটোপ্রাস্ট পোষণের জন্য পুষ্টি মাধ্যমে প্রোটোপ্লাস্ট এর এক বিশেষ ঘনত্ব প্রয়োজন হয়, যা সাধারণত 5.0×10^2 এবং 1.0×10^6/ml এর মধ্যে। প্রোটোপ্লাস্ট পোষণের জন্য MS পুষ্টি মাধ্যমে ব্যবহার করা হয়। অর্ধশক্ত অ্যাগার মাধ্যমে প্রোটোপ্লাস্ট পোষণে উপযুক্ত। পোষণ মাধ্যমে 3-5% শর্করা, বিভিন্ন ভিটামিন, অক্সিন ও সাইটোকাইনিন যোগ করা হয়। প্রথম পর্যায়ে পুষ্টি মাধ্যমে প্রোটোপ্লাস্টগুলি যাতে প্লাজমোলাইজড্ না হয়, সেজন্য Osmoticum (যেমন mannitol) যোগ করা হয়। পোষণের প্রাথমিক পর্যায়ে প্রোটোপ্লাস্টের চারদিকে নতুন করে কোষপ্রাচীর সৃষ্টি হয় যার জন্য, সাধারণত 2-7 দিন প্রয়োজন হয়। এই পর্যায়ে protoplast 37°C এ এবং অন্ধকারে পোষণ করা হয়। 2-7 দিনের মধ্যেই কোষের প্রথম বিভাজন হয় এবং 2-3 সপ্তাহের মধ্যে প্রোটোপ্লাজম উদ্ভূত কোষগুলি ছোটো ছোটো কলোনী সৃষ্টি করে, যেগুলিকে osmoticum মুক্ত এবং α-NAA ও Zeatin যুক্ত পুষ্টি মাধ্যমে ক্যালাস তৈরির জন্য স্থানান্তরিত করা হয়। এরপর কোষগুলিকে 27°C তাপমাত্রায় অন্ধকারে পোষণ করা হয়, পরে ওই কালাস থেকে চারা উদ্ভিদ সৃষ্টি হয়। ওই সময় ক্যালাসগুলি অক্সিন ও কাইনেটিন বিহীন পুষ্টিমাধ্যমে 25°Cএ 16 h photoperiod এ পোষণ করা হয়। Takabe et al. 1971 সালে প্রথম তামাক গাছের *(Nicotiana tabacum)* প্রোটোপ্লাস্ট থেকে সম্পূর্ণ উদ্ভিদ তৈরি করতে সমর্থ হন।

13.3 প্রোটোপ্লাস্ট একীভবন (Protoplast fusion)

পাশাপাশি অবস্থিত নগ্ন প্রোটোপ্লাস্ট একীভূত হতে পারে, ফলে একটি সংকর কোষের সৃষ্টি হয়। ওই সংকর কোষ থেকে উদ্ভূত উদ্ভিদে সংকর চরিত্র দেখা যায়। প্রোটোপ্লাস্ট-এর একীভবন স্বতোবৃত্ত

(spontaneous) হতে পারে, তবে তা খুবই কম দেখা যায়। পাশাপাশি অবস্থিত প্রোটোপ্লাস্টকে চাপ দিয়েও একীভূত করা যায়, যা mechanical fusion নামে পরিচিত। তবে নিয়মিত একীভবনের জন্য কিছু রাসায়নিক ব্যবহার করা হয়। যেসব দ্রব্যের সহায়তায় প্রোটোপ্লাস্ট একীভবন সম্ভব, তাদের fusogen বলে। নীচে কয়েকটি রাসায়নিক fusogen-এর ব্যবহার আলোচিত হল।

1. 0.25 M $NaNO_3$ দ্রবণে প্রোটোপ্লাস্ট নিয়ে Centrifugation-এর মাধ্যমে।

2. 0.4 M Mannitol, 0.05 M $CaCl_2$ (pH10.5) দ্রবণে 37°C-এ protoplast একত্রিত হতে দেখা যায়, সেখানে কিছু protoplast একীভূতও হয়।

3. নিয়মিত একীভবনের জন্য বর্তমানে Polyethylene Glycol (PEG, পলিইথিলিন গ্লাইকল) এর ব্যবহার সর্বাধিক। এর জন্য PEG দ্রবণে (1g PEG/Mol. Wt. 1500 in 2 ml 0.1 glucose এবং 0.7 mM KH2PO4).

প্রান্তলিপি 13.1 : পাতার mesophyl কোষ থেকে protoplas পৃথকীকরণ পদ্ধতি

1. 70% ইথাইল অ্যালকোহলে পাতায় বহির্ভাগ পরিষ্কার করে 0.4-0.5% sodium hypochlorite দ্রবণে 30 মিঃ রেখে দিন।

2. পাতার নিম্নত্বক (lower epidermis) peel করে 600 m mal l^{-1} mannitol যুক্ত CPW দ্রবণে (KH_2PO_4(27.2); KNO_3 (101); $CaCl_2$, $2H_2O$(1480); $MgSO_4$, $7H_2O$(246); KI(0.16); $CuSO_4$, 5H2O(0.025) mg l^{-1}, pH 5.6) রেখে দিন।

3. 30 মিঃ পর CPW-Mannitol দ্রবণ থেকে তুলে নিয়ে জীবাণুমুক্ত উৎসেচক দ্রবণে (CPW দ্রবণে 4% Cellulase, 0.4% macerozyme, 600 m mol l^{-1} monnitol) 16-18 ঘণ্টা 24-26°C রেখে দিন।

4. Pasteur pipette এর সাহায্যে পাতার অংশগুলি ধীরে ধীরে নিষ্পেষণ করে প্রোটোপ্লাস্টে আলাদা করুন। পাতার বর্জ অংশগুলিকে 60-80 μm ছিদ্রযুক্ত ফিলটার দিয়ে আলাদা করুন।

5. Screw cap যুক্ত Centrifuge tube এ পরিশ্রুত দ্রবণ 100 g তে 10 মি Centrifuge করুন। Supernatant (উপরের অংশ) ফেলে দিন।

6. তলানি (sediment) 800 m mol l^{-1} sucrose যুক্ত CPW দ্রবণে নিয়ে আবার Centrifuge করুন।

7. সবুজ প্রোটোপ্লাস্ট উপরের দিকে একটি আস্তরণ সৃষ্টি করবে। সেটি পৃথক করে তরল প্রোটোপ্লাস্ট পোষণ মাধ্যমে কয়েকবার ধুয়ে নিন (প্রতিবার Centrifuge পদ্ধতিতে Protoplast পৃথক করতে হবে।)

8. প্রোটোপ্লাস্টগুলির সঙ্গে পোষণ মাধ্যম যোগ করুন। যাতে প্রোটোপ্লাস্টের ঘনত্ব $0.5 - 1 \times 10^5$ ml^{-1} পাওয়া যায়।

9. এরপর প্রোটোপ্লাস্টগুলিকে অর্ধশক্ত আগারযুক্ত পুষ্টি মাধ্যমে স্থানান্তরিত করুন।

প্রোটোপ্লাস্ট সমষ্টি ফোঁটা ফোঁটা করে যোগ করা হয়। কিছু সময়ের মধ্যেই প্রোটোপ্লাস্ট এর একীভবন ঘটে। Fusrgen মুক্ত করে একীভূত প্রোটোপ্রাস্ট পোষণ মাধ্যমে কোষ সৃষ্টির জন্য স্থানান্তরিত করা হয়।

1981 সালে Zimmerman ও Scheurich (ৎসিমারমান ও শয়রিখ) দেখালেন যে অতি অল্প সময় স্থায়ী, অতি তীব্র Electric Field এ পাশাপাশি অবস্থিত দুটি প্রোটোপ্লাস্ট-এর একীবভন ঘটে। এই পদ্ধতি electroporation নামেও পরিচিত। এই পদ্ধতি অনেক সহজ ও রাসায়নিক বিষক্রিয়া হীন। এর দুটি ধাপ রয়েছে, প্রথম ধাপে প্রোটোপ্রাস্টগুলি একটি ক্ষুদ্র fusion chamber এ রাখা হয়। Fusion chamber এ দুটি সমান্তরাল তার বা plate বা চাকতি থাকে, যেগুলি electrode হিসেবে কাজ করে। প্রথমে স্পন্দনহীন A.C. field ব্যবহার করা হয়, তখন protoplast গুলি দুটি electrode-এর মধ্যে একটি "মুক্তার শৃংখল" (Pearl chain) সৃষ্টি করে, তখন খুব অল্প সময়ের জন্য উচ্চ ভোল্টের D.C. pulse ব্যবহার করা হয়। পাশাপাশি দুটি protoplast এর প্রথমে কোষপর্দার সংযোজন ঘটে, পরে সাইটোপ্লাজমের মিশ্রণ হয়। কোষ বিভাজনের সময় দুটি নিউক্লিয়াসের ও একীভবন ঘটে, ফলে কোষীয় সংকর উদ্ভূত হয়

13.3.1 কোষীয় সংকরীকরণ (Somatic hybridization)

এই অচিরাচরিত প্রজনন পদ্ধতিতে দুটি অসমকোষের একীভবন করা সম্ভব। পরে পোষণ মাধ্যমে ওই কোষ থেকে সংকর উদ্ভিদ সৃষ্টি হয়। ওই উদ্ভিদ একটি কোষীয় সংকর (Somaticihybrid) এবং ওই পদ্ধতি কোষীয় সংকরীকরণ প্রযুক্তি হিসেবে পরিচিত। জিনগত অসম এবং যৌনগত অসুসঙ্গত বিভিন্ন প্রজাতির প্রোটোপ্রাস্টের একীভবন সম্ভব হয়েছে। এমনকি এই প্রক্রিয়ায় আন্তর্গোত্রীয় সংকরীকরণও সংঘটিত হয়েছে। 1972 সালে Carlson (কার্লসন) ও তাঁর সহকর্মীরা এই পদ্ধতি অবলম্বন করে প্রথম *Nicotiana*

প্রান্তলিপি 13.2 : প্রোটোপ্লাস্ট পোষণ পদ্ধতি

1. আগারযুক্ত পোষণ মাধ্যমে (1-2% agar) নির্দিষ্ট ঘনত্ব যুক্ত প্রোটোপ্লাস্ট নেওয়া হল (প্রতিলিপি 13.1 দেখুন)।

2. 2 ml প্রোটোপ্লাস্ট মিশ্রণ (suspension) 3.5 cm পেট্রিডিশে নিয়ে অন্ধকারে 37°C এ পোষণের জন্য রেখে দিন।

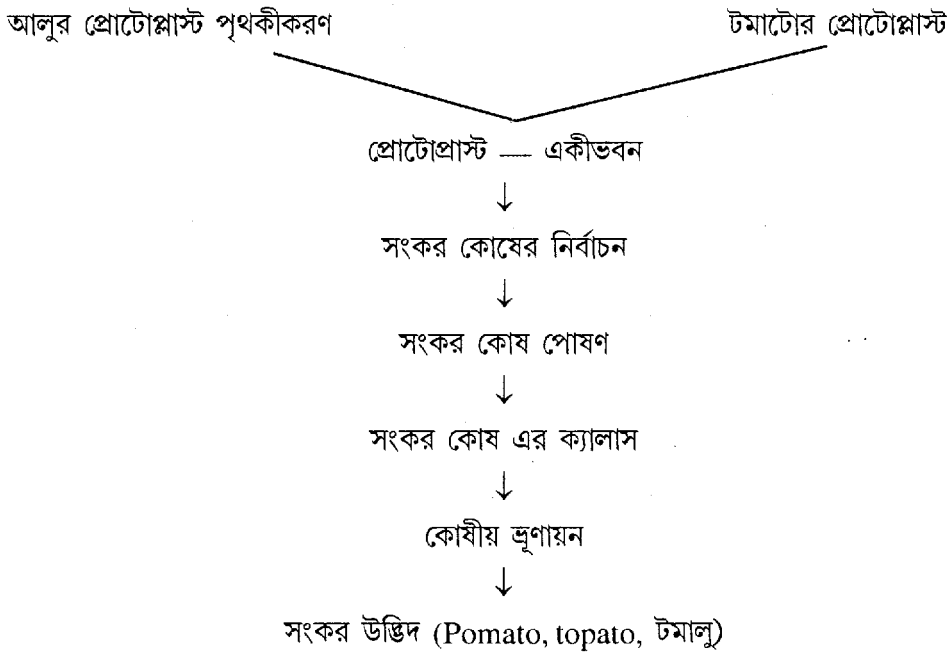
3. 14 দিন পর 14 পোষিত অংশ 5 cm পেট্রিডিশে তুলে নিয়ে 3 ml. তরল মাধ্যমে 27°C এ পোষণ করুন, যতদিন না 0.5 to 1.0 mm ব্যাসের কোষ কলোনী সৃষ্টি হয়।

4. কোষ কলোনীগুলিকে তখন টাটকা পোষণ মাধ্যমে (MS + 20 μg/l α-NAA, 50 mg/l Zeatin, 30 g/l sucrose, 1-2% agarose) স্থানান্তরিত করুন এবং অন্ধকারে 27°C এ পোষণ করুন।

5. আবার 7-14 দিন পর মুকুলিত ভ্রূণগুলিতে নতুন পোষণ মাধ্যমে (MS + 30 g/l sucrose, 0.4% agerose) স্থানান্তরিত করুন এবং 25°C এ 16 h photoperiod এ পোষণ করুন।

6. চারা বা শিশু-উদ্ভিদগুলিকে পরে দৃঢ়তালাভের জন্য (hardeniag) স্থানান্তরিত করুন।

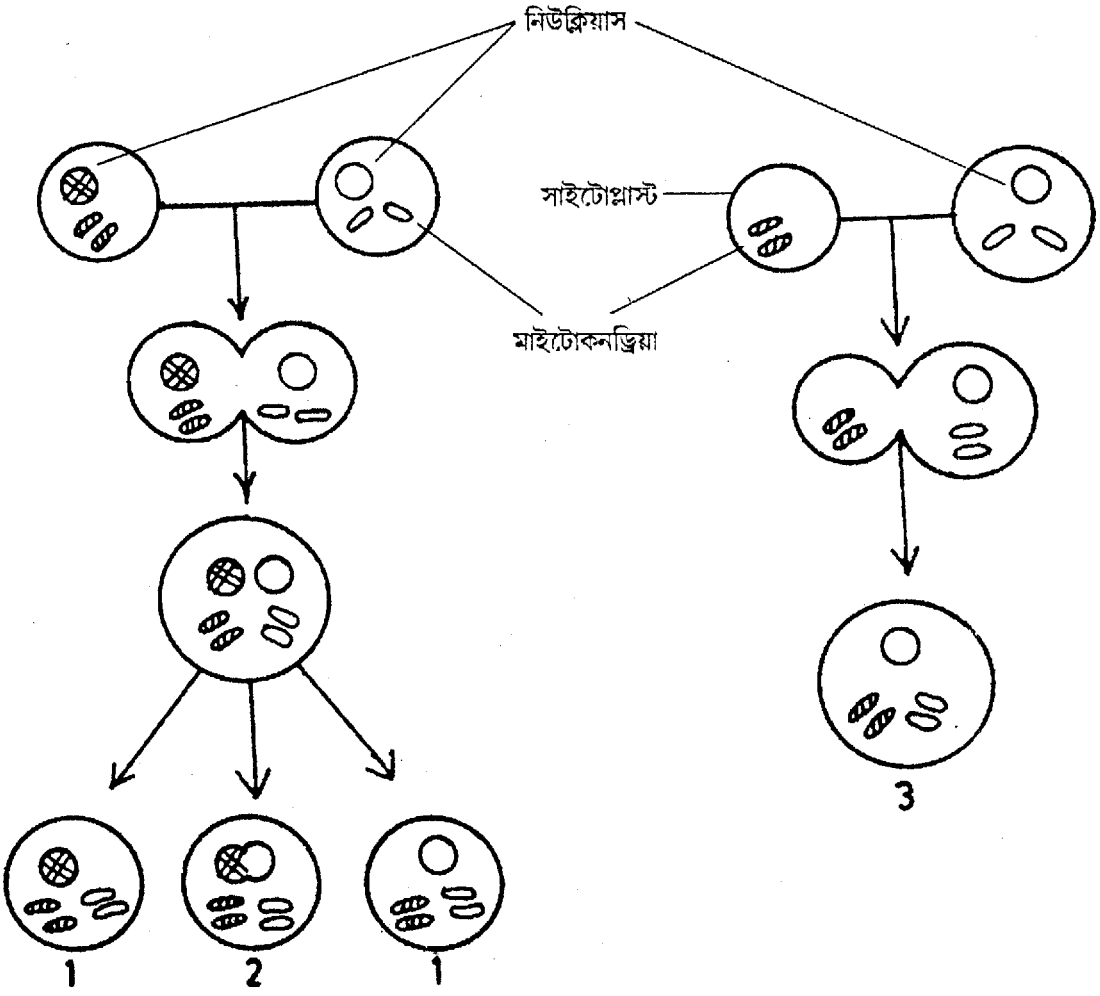
Glauca ও *N. longsdorffi*-এর কোষীয় সংকর উদ্ভিদ সৃষ্টিতে সক্ষম হন। কোষীয় সংকরায়ণের কয়েকটি ধাপ আছে যেগুলি চিত্র 13.1 এ দেখানো হল।



চিত্র 13.1 : কোষীয় সংকর পদ্ধতিতে উদ্ভূত সংকর উদ্ভিদ : প্রক্রিয়ার অনুক্রম।

13.3.2 সাইব্রিডের (Cybrid) উৎপত্তি

একটি প্রোটোপ্লাস্ট এর সঙ্গে যখন একটি নিউক্লিয়াস বিহীন প্রোটোপ্লাস্ট বা সাইটোপ্লাস্ট এর একীভবন ঘটে তখন Cybrid (সাইব্রিড) এর সৃষ্টি হয়। নিম্নোক্ত যে-কোনো পদ্ধতিতে Cybrid এর সৃষ্টি হতে পারে, (1) দুটি প্রোটোপ্লাস্ট-এর একীভবনের পর একটি নিউক্লিসায়ের বিলুপ্তি বা নির্বাচিত অবক্ষয় (যেমন non-viable নিউক্লিয়াস বা রশ্মি প্রয়োগ যুক্ত নিষ্ক্রিয় নিউক্লিয়াস)। (2) একটি নিউক্লিয়াসের সঙ্গে একটি নিউক্লিসায় বিহীন প্রোটোপ্লাস্ট বা সাইটোপ্লাস্ট এর একীভবন। প্রোটোপ্লাস্টে Cytochalasin B (50 μg/ml) যোগে সহজেই সাইটোপ্লাস্ট পাওয়া যায়, যা density gradient centrifugation পদ্ধতিতে পৃথক করা সম্ভব। Nucleus যুক্ত প্রোটোপ্লাস্ট অপেক্ষাকৃত ভারী হওয়ায় gradient এর নীচের দিকে থাকবে, কিন্তু সাইটোপ্লাস্টে লঘুতর হওয়ার জন্য উপরিভাগে পাওয়া যাবে। সাইটোপ্লাস্ট এর মধ্যে cycoroplast ও mitochondria থাকে। কিছু প্রজাতিতে mitochondira-য় cytoplasmic male sterility (CMS কোষীয় পুংবন্ধ্যাত্ব) জিন বর্তমান। ওই চরিত্রযুক্ত সংকর উদ্ভিদে পুংবন্ধ্যা হয়, যা ব্যবসাগতভাবে বিশেষ আদরণীয়, কারম ওই উদ্ভিদ সহজেই সংকর বীজ (hybrid seeds) বা hybrid vigour (সতেজ সংকর) সৃষ্টিতে ব্যবহার করা যায়। সেই cybrid পদ্ধতির বিশেষ চাহিদা রয়েছে। চিত্র 13.2 এ কোষীয় সংকরায়ণ বা সংকরীকরণ পদ্ধতিতে হাইব্রিড ও মাইব্রিডের উৎপত্তি দেখানো হয়েছে।



চিত্র 13.2 : প্রোটোপ্লাস্ট একীভবনে হাইব্রিড ও সাইব্রিডের উৎপত্তি। 1. একটি নিউক্লিয়াসের নির্বাচিত অবক্ষয়ে সাইব্রিডের উৎপত্তি, 2. হাইব্রিড, 3. প্রোটোপ্লাস্ট ও নিউক্লিয়াস বিহীন সাইটোপ্লাস্ট-এর একীভবনে উদ্ভূত সাইব্রিড।

13.4 প্রোটোপ্লাস্ট পোষণের ব্যাবহারিক গুরুত্ব

প্রোটোপ্লাস্ট পোষণের গুরুত্ব বহুবিধ। বিভিন্ন ক্ষেত্রে এই প্রযুক্তির সফল ব্যবহার ঘটেছে। নীচে কয়েকটি ব্যবহার আলোচিত হচ্ছে :

1. এই পদ্ধতি অবলম্বনে সাফল্যের সঙ্গে বহু সংকর উদ্ভিদ সৃষ্টি সম্ভব হয়েছে, বিশেষত অনুসমঞ্জস উদ্ভিদ প্রজাতির ক্ষেত্রে। Carlson ও তাঁর সহকর্মীরা (1972) *Nicotiana glauca* ও *N. Congsdorfii* এর মধ্যে প্রথম এই পদ্ধতি অবলম্বনে সংকর কোষ এবং সেখান থেকে সংকর উদ্ভিদ সৃষ্টি করেন। পরে

বহু উদ্ভিদে এই ধরনের সংকরীকরণ সম্ভব হয়েছে। যেমন *Brassica mapus* × *B. campestris, Solanum tuberoziu* × *L. esculentum, Daucus carota* × *D. capillifolius* প্রভৃতি। এই পদ্ধতি অবলম্বন করে অন্য উদ্ভিদের রোগ প্রতিরোধ ক্ষমতা কর্ষিতক উদ্ভিদে আনা সম্ভব। যেমন, আলুর বন্য প্রজাতি *Solanum brevidens* আলুর leaf roll (পাতা গোটানো) ভাইরাস এবং ভাইরাস Y ঘটিত রোগ প্রতিরোধে সক্ষম। এই প্রজাতির কর্ষিতক আলুর অসমঞ্জস (non-compatible)। কিন্তু প্রোটোপ্লাস্ট একীভবনে এদের কোষীয় সংকরায়ণ সম্ভব হয়েছে, উদ্ভূত সংকর উদ্ভিদ ওই দুই ভাইরাস ঘটিত রোগ প্রতিরোধ সক্ষম। এই পদ্ধতি অবলম্বনে Schieder (সীডার) 1978 সালে প্রথম *Datura innoxia* × *D. Strammonium* এর সংকরীকরণে সমর্থ হন। ওই সংকর উদ্ভিদ সংকরভেদ বা hybrid vigor দর্শায় এবং ওই সংকর উদ্ভিদ পরিমাণগতভাবে অধিক পরিমাণ scopalamine উপক্ষার তৈরি করে।

2. যে সমস্ত উদ্ভিদ যৌনগতভাবে বংশবিস্তারে অপারগ, সেই সব উদ্ভিদ চিরাচরিত উদ্ভিদ প্রজননে ব্যবহারযোগ্য নয়। এইসব ক্ষেত্রে প্রোটোপ্লাস্ট একীভবন বিশেষ কার্যকরী। বিশেষত haploid ও triploid উদ্ভিদ, যেগুলি যৌনগতভাবে বন্ধ্যা বা অনুর্বর, সেইসব উদ্ভিদে প্রোটোপ্লাস্ট একীভবনে dihaploid ও hexaploid সম্ভব। উদ্ভূত উদ্ভিদগুলি উর্বর প্রকৃতির। Toryama ও Hainata (টোরিয়ামা ও হিনাটা, 1988) পরাগধানী প্রসূত ধানের হ্যাপলয়েড প্রোটোপ্লাস্ট থেকে একীভবন পদ্ধতি মারফত dihaploid ও triploid ধান সৃষ্টিতে সক্ষম হয়েছেন।

3. যেহেতু CMS (Cytoplasmic male sterility) জিন মাইটোকনড্রিয়া অন্তর্গত, সেজন্য পুংবন্ধ্যা উদ্ভিদ সৃষ্টিতে সাইব্রিড উদ্ভিদের বিশেষ ভূমিকা রয়েছে। বিভিন্ন উদ্ভিদ প্রজাতিতে এই ধরনের সাইব্রিড সংকরীকরণ সম্ভব হয়েছে। যেমন, তামাক, মূলা, পেটুলিয়া, আলু, কপি, ধান প্রভৃতি (Gleba ও Shlumukov, গ্লেবা ও শ্লুমুকভ্ 1990)।

4. এছাড়া সাইটোপ্লাজম বাহিত অন্যান্য চরিত্রের জন্যও অনেক ক্ষেত্রে Cybrid এর প্রয়োজনীয়তা রয়েছে, যেমন নিম্ন তাপাংক (low temperature) সহ্যশীল *Brassica* প্রজাতি (chloroplast DNA)। অনুরূপ C_3 এবং C_4 উদ্ভিদের মধ্যে কোষীয় সংকর ও সাইব্রিড উৎপাদন সম্ভব, যাদের সালোকসংশ্লেষ ক্ষমতার বৃদ্ধি আশা করা যায়।

5. উচ্চতর উদ্ভিদের কোষে বিজাতীয় DNA বা জিনের অনুপ্রবেশ ঘটিয়ে উদ্ভিদের চরিত্রগত পরিবর্তন আনা সম্ভব। Ohyamak et al. (ওহিয়ামা ও সহকারী, 1972) এই উদ্দেশ্যে প্রথম প্রোটোপ্লাস্ট-এর ব্যবহার করেন। Agrebacterium ব্যাকটেরিয়া ও উচ্চতর উদ্ভিদের প্রোটোপ্লাস্ট একত্রে পোষণে কোষের জিনগত রূপান্তর বা transformation ঘটে। Agrobacterium এর সাহায্যে প্রোটোপ্লাস্ট এ বিজাতীয় জিনের প্রতিস্থাপন করা সম্ভব। DNA তন্তুও সরাসরি প্রোটোপ্লাস্ট এর মধ্যে microinjection পদ্ধতিতে বা liposome এর ব্যবহারে প্রবেশ করানো সম্ভব। এছাড়াও বিভিন্ন ভাইরাস বাহকের (vector) সাহায্যেও জিন প্রতিস্থাপনজাত উদ্ভিদ সৃষ্টি সম্ভব হয়েছে। এইসব ক্ষেত্রেই প্রোটোপ্রাস্ট ব্যবহার করা হয়, ফলে GM বা gene-manipulated উদ্ভিদে বা জিন প্রতিস্থাপনজাত (transgenic plants) উদ্ভিদ সৃষ্টিতে প্রোটোপ্লাস্ট পোষণের ভূমিকা অপরিসীম। একক 15 তে এই বিষয়ে বিশদ আলোচনা করা হয়েছে।

অনুশীলনী-1

শূন্যস্থান পূরণ করুন :

(ক) উদ্ভিদের _____ কোষ প্রাচীর _____ কোষকে _____ বলে।

(খ) 1960 সালে _____ প্রোটোপ্লাস্ট সৃজনের এক সহ পন্থা আবিষ্কার করেন।

(গ) সাধারণত 2-7 দিনের মধ্যে প্রোটোপ্লাস্ট এর চারদিকে _____ _____ সৃষ্টি হয়।

(ঘ) যে সমস্ত রাসায়নিক প্রোটোপ্লাস্ট একীভবনে ব্যবহৃত হয় তাদের _____ বলে।

(ঙ) 1972 সালে Carlson ও সহকর্মীরা কোষীয় সংকরীকরণ পদ্ধতিতে প্রথম _____ এবং _____ এর কোষীয় সংকর উদ্ভিদ সৃষ্টিতে সক্ষম হন।

13.5 সারাংশ

1960 সালে Cocking উৎসেচকের সাহায্যে কোষপ্রাচীর পরিপাকের মাধ্যমে প্রোটোপ্লাস্ট পৃথকীকরণের একটি সহজ পন্থা আবিষ্কার করেন। এই উদ্দেশ্যে বর্তমানে cellulase, hemicellulase. ও pectise প্রভৃতি উৎসেচক ব্যবহৃত হয়। ওই প্রোটোপ্লাস্ট পোষণ মাধ্যমে পুনরায় কোষ প্রাচীর এবং পরে ক্যালাস সৃষ্টি করে। এবং পরে কোষীয় ভ্রূণায়নের মাধ্যমে সম্পূর্ণ উদ্ভিদ সৃষ্টি হয়। রাসায়নিক বা যান্ত্রিক বিভিন্ন উপায়ে দুটি বা বেশি প্রোটোপ্লাস্ট এর মধ্যে একীভবন সম্ভব। এইভাবে উদ্ভূত সংকর কোষ সংকর কোষ উদ্ভিদের জন্ম দেয়। এই কোষীয় সংকরণ পদ্ধতিতে অসমঞ্জস উদ্ভিদ প্রজাতির মধ্যেও সংকরায়ণ সম্ভব। ফলে অন্য উদ্ভিদের রোগ প্রতিরোধ ক্ষমতা কর্ষিতক উদ্ভিদে স্থানান্তরণ করা যায়।

দুটি প্রোটোপ্লাস্ট এর নিউক্লিয়াসের মধ্যে একটির নিউক্লিয়াসের অবক্ষয় ঘটিয়ে অথবা প্রোটোপ্লাস্ট ও নিউক্লিয়াস বিহীন protoplast অর্থাৎ cytoplast (সাইটোপ্লাস্ট) এর একীভবনে cybrid সৃষ্টি হয়। এই পদ্ধতিতে সাইটোপ্লাজম বাহিত গুণাবলি যেমন পুংবন্ধ্যাত্ব (Mitochondria স্থিত DNA), নিম্ন-তাপাঙ্ক সহ্য ক্ষমতা (Chloroplast স্থিত DNA) ইত্যাদি প্রভৃতি সংকর উদ্ভিদে স্থানান্তরিত করা যায়। পুংবন্ধ্যা উদ্ভিদ বাণিজ্যিকভাবে hybrid বীজ প্রস্তুতে ব্যবহার করা হয়। অন্যদিকে protoplast পোষণ জিন প্রয়োগ বিদ্যায় এক নতুন দিগন্ত উন্মোচিত করেছে। প্রোটোপ্লাস্ট এর মধ্যে বিভিন্ন উপায়ে বিজাতীয় জিন বা DNA প্রবেশ ঘটিয়ে জিন প্রতিস্থাপনজাত transgenic উদ্ভিদ সৃষ্টি সম্ভব হয়েছে।

13.6 সর্বশেষ অনুশীলনী

ক. প্রোটোপ্রাস্ট সৃষ্টির জন্য কী ধরনের উৎসেচক ব্যবহার করা হয় ?

খ. প্রোটোপ্লাস্ট পোষণ পদ্ধতির সংক্ষিপ্ত বিবরণ দিন।

গ. যেসব পদ্ধতিতে প্রোটোপ্লাস্ট একীবভন সম্ভব, সেগুলি সংক্ষেপে আলোচনা করুন।

ঘ. কোষীয় হাইব্রিড ও সাইব্রিডের মধ্যে পার্থক্য কী চিত্র সহকারে আলোচনা করুন।

ঙ. প্রোটোপ্লাস্ট পোষণের গুরুত্বগুলি আলোচনা করুন।

13.7 উত্তরমালা

অনুশীলনী-1

(ক) নগ্ন, শূন্য, প্রোটোপ্লাস্ট, (খ) Cocking, (গ) নতুন, কোষপ্রাচীর, (ঘ) Fusogen, (ঙ) *Nicotiana glanca, N. longsdorfii* (চ) নিউক্লিয়াস, সাইব্রিডের, (ছ) Cytochalasin B. সাইটোপ্লাস্ট।

সর্বশেষ অনুশীলনী

(ক) 13.2 প্রথমাংশ ও 13.1 দেখুন।

(খ) 13.2 দেখুন।

(গ) 13.3 দেখুন।

(ঘ) 13.3.1, 13.3.2 এবং চিত্র 13.2 দেখুন।

(ঙ) 13.4 দেখুন।

একক 14 ❐ জার্মপ্লাজম্ সংরক্ষণ ও তীব্রহিম সংরক্ষণ (Germplasm Conservation and Cryopreservation)

গঠন

14.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

14.2 জার্মপ্লাজম্ সংরক্ষণ

14.3 তীব্রহিম সংরক্ষণ

14.4 সারাংশ

14.5 সর্বশেষ অনুশীলনী

14.6 উত্তরমালা

14.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

জার্মপ্লাজম্ সেই ধরনের কোষ বা কলাকে বোঝায় যেখান থেকে পরে পূর্ণ জীবে রূপান্তর সম্ভব। প্রাণীর ক্ষেত্রে Germplasm দেহজ বা Soma কোষ থেকে প্রথমেই স্বতন্ত্র হয়ে দেহের মধ্যে সংরক্ষিত থাকে, কিন্তু উদ্ভিদে কোষের পূর্ণজনন ক্ষমতার জন্য বহুপ্রকার কলা বা কোষসমষ্টি থেকেই পূর্ণ উদ্ভিদের বিকাশ সম্ভব। কোনো উদ্ভিদ বা প্রাণী প্রজাতিকে ধ্বংসের হাত থেকে বাঁচানোর জন্য তার জার্মপ্লাজম্ সংরক্ষণের বিশেষ প্রয়োজন। আমরা এই এককে জার্মপ্লাজম্ সংরক্ষণের উদ্দেশ্যে বিভিন্ন নির্দেশিত পদ্ধতিসমূহ আলেনাচনা করব। জার্মপ্লাজম্ সংরক্ষণের একটি বিশেষ পদ্ধতি তীব্র হীম সংরক্ষণ। এই এককে আমরা সে পদ্ধতি সম্বন্ধেও আলোচনা করব।

সুতরাং এই একক পাঠে আপনারা—

- জার্মপ্লাজম্ কী ;
- তার সংরক্ষণের উদ্দেশ্য ;
- জার্মপ্লাজম সংরক্ষণের কয়েকটি পদ্ধতি ;
- তীব্র-হিম সংরক্ষণ পদ্ধতি ও তার বিশেষ সুবিধা সম্পর্কে জানতে পারবেন।

14.2 জার্মপ্লাজম্ সংরক্ষণ (Germplasm Conservation)

একটি উদ্ভিদ প্রজাতির সমস্ত কর্ষিতক ভ্যারাইটি এবং কর্ষণযোগ্য নয় এমন বন্য প্রকরণগুলি একত্রে ওই প্রজাতির 'Gene pool' সৃষ্টি করে, যা উদ্ভিদে প্রজনন ক্ষেত্রে বিশেষ ভাবে উপযোগী। বন্য প্রকারণগুলির মধ্যে যে সমস্ত গুণ বা trait আছে, হয়তো সেগুলি বর্তমানে বিশেষ আদৃত নয় কিন্তু ভবিষ্যতে সেগুলি বিভিন্ন কারণে মূল্যবান প্রমাণিত হতে পারে। সেই জন্য এই সমস্ত কর্ষিতক ও অকর্ষিতক

ভ্যারাইটগুলি সংরক্ষণের দাবি রাখে। অন্যদিকে বিশেষ কয়েকটি কর্ষিতকের বিপুল চাহিদার জন্য অথবা নতুন কর্ষিতকের আবির্ভাবে পুরাতন কর্ষিতগুলির ভবিষ্যৎ বিপন্ন হতে পারে। যেমন, এক সময় আমাদের দেশে প্রায় 3000 প্রকারের ধানই চাষ হয়ে থাকে। ফলে অন্যান্য প্রকার বা ভ্যারাইটিগুলি বিপন্ন এবং বিলুপ্ত হতে চলেছে। এই সমস্ত প্রকারণ ও প্রজাতি সংরক্ষণের জন্য জার্মাপ্লাজম্ সংরক্ষণ বিশেষ প্রয়োজন।

1972 সালে সুইডেনের Stockholm এ একটি কনফারেন্স Conference on Human Welfare অনুষ্ঠিত হয়। ওই conference এ জিনগত বৈচিত্র্য রক্ষায় বিভিন্ন প্রজাতি এবং তাদের বসতি রক্ষার আহ্বান জানানো হয়। 1974 সালে International Board of Plant Genetic Resources (IBPGR) গঠিত হয়। ওই বোর্ডের প্রধান কর্মসূচি Genetic Resources সংগ্রহ, সংরক্ষণ ও তার সঠিক ব্যবহারের জন্য বিশেষ সহায়তা প্রদান।

কোনো উদ্ভিদ প্রজাতির সংরক্ষণের শ্রেষ্ঠ উপায়, ওই উদ্ভিদের বীজ সংরক্ষণ করা। কোনো কোনো উদ্ভিদের বীজ পাওয়া যায় না, বা সহজলভ্য নয়, অথবা বীজ অঙ্কুরোদ্গম হয় না, ওই সব উদ্ভিদের অযৌনগত প্রসার ঘটে। এই সকল উদ্ভিদের বিশেষ অঙ্গ যেমন Corm, Tuber প্রভৃতি পরবর্তী বপন কাল পর্যন্ত সংরক্ষণ করা যায়। ওই পদ্ধতি *in stin* সংরক্ষণ পদ্ধতি হিসেবে পরিচিত। উদ্ভিদ প্রজাতি সংরক্ষণে Seed Bank-এর ভূমিকা থাকা সত্ত্বেও এর বেশ কিছু অসুবিধাও রয়েছে। এর সুবিধাগুলি হল—

(ক) বীজ সংরক্ষণ সহজ।

(খ) বীজ সহজলভ্য এবং এর সংরক্ষণ স্বল্প ব্যয় সাপেক্ষ।

(গ) অল্প পরিসরে অনেক বীজ সংরক্ষণ সম্ভব।

(ঘ) বীজ সহজেই একস্থান থেকে অন্য স্থানে স্থানান্তরিত করা যায়।

(ঙ) বীজ সহজেই জীবাণুমুক্ত করা যায়।

কিন্তু বীজ সংরক্ষণের কিছু অসুবিধাও রয়েছে, যেমন—

(ক) সংরক্ষণ ও স্থানান্তরণের সময় বীজের অঙ্গুরোদ্গম ক্ষমতার হ্রাস।

(খ) বীজ সহজেই জীবাণু আক্রান্ত হতে পারে।

(গ) বীজ সাধারণত অসমপ্রকারণজাত হয় (heterozygons)।

(ঘ) অনেক উদ্ভিদের বীজ দুষ্প্রাপ্য।

(ঙ) পরিবেশগত বিভিন্ন কারণে কোনো কোনো সময় বীজের দুষ্প্রাপ্যতা।

এই সমস্ত কারণে পোষিত কলা বা কোষ সংরক্ষণ বা *in vitro* সংরক্ষণ পদ্ধতি নামে খ্যাত, তার প্রয়োজন ঘটে। বীজ বা বিশেষ কলা বা পোষিত কলা বা কোষ সক্ষণ উপযুক্ত পরিবেশে দীর্ঘস্থায়ীভাবে সংরক্ষণ করা যায়, তখন তা Germplasom convervation হিসেবে গণ্য হয়।

এই পদ্ধতির বিশেষ সুবিধার মধ্যে রয়েছে—

(ক) অল্প পরিসরে বহু প্রজাতি এবং প্রকারণ সংরক্ষণ সম্ভব।

(খ) জীবাণুমুক্ত পরিবেসে সংরক্ষণের সুবিধা।

(গ) পরিবেশগত দুর্ঘটনায় প্রভাব থেকে মুক্তি।

(ঘ) অল্প পরিমাণ সংরক্ষিত কলা থেকে প্রয়োজনে এবং অল্প সময়ে প্রচুর সংখ্যাক উদ্ভিদের সৃজন।

(ঙ) জাতীয় বা আন্তর্জাতীয় কোয়ারেনটাইন *in viro* সংরক্ষিত কলার ক্ষেত্রে প্রযোজ্য নয়, কারণ এই ক্ষেত্রে জার্মপ্লাজম্ বীজাণুশূন্য পরিবেশে সংরক্ষিত হয়।

(চ) *In vitro* জার্মপ্লাজমের সংরক্ষণের মাধ্যমে somaclonal অথবা gametoclonal প্রকারণগুলিও সংরক্ষণ করা যায়।

(ছ) জার্মপ্লাজম্ সংরক্ষণের মাধ্যমে কোষীয় সংকরায়ণে প্রাপ্ত অথবা উদ্ভিদ রাসায়নিক বিশিষ্ট কলাসমূহও সংরক্ষণ সম্ভব।

এই পদ্ধতিতে অবলম্বনে Germplasm Bank বা জিন-ব্যাংক সৃষ্টি হয়েছে যেখান থেকে প্রয়োজনীয় কলা সংগ্রহে অল্প সময়ে প্রচুর সংখ্যক চাষযোগ্য উদ্ভিদ সৃষ্টি করা হয়। বীজের মাধ্যমে প্রজাতি বা ভ্যারাইটি সংরক্ষণের জন্য প্রতি বৎসর নতুন বীজ তৈরির প্রয়োজন হয়, যার জন্য প্রতিটি ভ্যারাইটির বাৎসরিক চাষ বা আবাদ দরকার হয়ে পড়ে। সেই জন্য প্রচুর জমিরও প্রয়োজন হয়। উপরন্তু ওই চাষ পরিবেশগত দুর্ঘটনার প্রভাবমুক্ত নয়। সেই হিসেবে *in vitro* সংরক্ষণ পদ্ধতি অনেক বেশি সহজ, নির্ভরযোগ্য, বাস্তবোচিত। এই পদ্ধতিতে একবীজপত্রী ও দ্বিবীজপত্রী উভয় প্রকার উদ্ভিদ সংরক্ষণই সম্ভব। কিন্তু এই পদ্ধতিরও কয়েকটি অসুবিধা লক্ষ্য করা যায়। প্রথমত এই পদ্ধতি বেশ ব্যয় সাপেক্ষ, কারণ কলা বা কোষ নির্দিষ্ট সময়ে নতুন মাধ্যমে স্থানান্তরিত করা দরকার এবং এইজন্য প্রকৃষ্ট শিক্ষাপ্রাপ্ত অনেক কর্মীরও প্রয়োজন হয়। দ্বিতীয়ত, পোষণ মাধ্যমে কোষ বা কলা দীর্ঘকাল পোষণে বিভিন্ন রূপ পরিব্যক্তির সম্মুখীন হতে পারে এবং ভ্রূণায়ন ক্ষমতা হ্রাস পেতে পারে। তৃতীয়ত, বারংবার উপপোষণে জীবাণু সংক্রামণের আশঙ্কা বৃদ্ধি পায়। এই সমস্ত অসুবিধা দূরীকরণে বর্তমানে তীব্র-হিম সংরক্ষণ পদ্ধতির প্রচলন হয়েছে, যা পরে আলোচিত হবে।

অনুশীলনী-1

সংক্ষেপে উত্তর দিন :

(i) অকর্ষিতক প্রকরণ সংরক্ষণের প্রয়োজনীয়তা কী ?

(ii) পরিবেশগত দুর্ঘটনার সঙ্গে বীজের দুষ্প্রাপ্যতার সম্বন্ধ কী ?

(iii) Germplasm bank বা জিন ব্যাংক কী ?

(iv) Gene pool বলতে কী বোঝায় ?

(v) IBPGR এর পূর্ণরূপ কী ? তার প্রধান কর্মসূচি কী ?

14.3 তীব্রহিম সংরক্ষণ (Cryopreservation)

In vitro বীজ বা কোষ বা কলা বা বিশেষ অঙ্গাদি পোষণের কয়েকটি অসুবিধা উল্লেখ করা হয়েছে, যেগুলি তীব্র হিম সংরক্ষণের মাধ্যমে অতিক্রম করা যায়। যেমন এই পদ্ধতিতে উপপোষণের প্রয়োজন হয় না, ফলে এই পদ্ধতি কম ব্যয় সাপেক্ষ, এই পদ্ধতিতে জিনগত চরিত্র পরিবর্তনের সম্ভাবনা খুবই কম এবং জীবাণু সংক্রামণের সম্ভাবনাও কম থাকে। এই পদ্ধতি অধিকতর বিজ্ঞানসম্মত। বীজের মধ্যে যে সুপ্ত অবস্থা (dormancy) থাকে, কোষ বা কলা পোষণে কোষের মধ্যে ওই সুপ্ত অবস্থা উদ্দীপিত করা এখনও সম্ভব

হয়নি, কিন্তু তীব্র সংরক্ষণে এই সুপ্ত অবস্থা সৃষ্টি করা যায়। তীব্র-হিমে কোষীয় বিপাক পদ্ধতিকে শূন্যাবস্থায় আনা হয়, ফলে কোষের জীবনীশক্তি অনির্দিষ্ট কাল ধরে সুপ্ত থাকে। সেই জন্য জার্মপ্লাজম্ সংরক্ষণে তীব্র-হিম সংরক্ষণ সর্বোত্তম হিসেবে গণ্য হয়।

সাধারণভাবে কোনো কোষ বা কলার তীব্র হিম সহ্যক্ষমতা থাকে না। সেইজন্য তীব্র-হিম সংরক্ষণে কয়েকটি বিশেষ ব্যবস্থা অবলম্বন দরকার। কিছু রাসায়নিক দ্রব্য যেগুলি উদ্ভিদকোষে সৃষ্টি হয় সেগুলি প্রাকৃতিক চাপ সহ্যক্ষমতা সৃষ্টি করে। পোষণ মাধ্যমে ওই ধরনের রাসায়নিক যোগে কোষের বা কলার সহ্য ক্ষমতা উদ্দীপ্ত করা যায়। সংরক্ষণ নিমিত্তর নির্বাচিত কোষ সমষ্টি বা কলার কোষ পর্দার ভেদ্যতা (cell permeability) পরিবর্তনের জন্য প্রায় একঘণ্টা আগে এই ধরনের রাসায়নিক দ্রব্যের সংস্পর্শে আনা হয়। বেশির ভাগ ক্ষেত্রেই এর জন্য ice bate এ 5-10% dimethylsulphoxide (ডাইমিথাইল সালফোক্সাইড, DMSO) ব্যবহার করা হয় (Gront ও Hanshau, 1979)। কোনো কোনো ক্ষেত্রে তার সঙ্গে Glycerol (গ্লিসেরল) অথবা Stress বা পেষণ সহ্য ক্ষমতা বৃদ্ধিকারক অ্যামাইনো অ্যাসিড Proline (প্রলিন) ও যোগ করা হয় (Withers & King, 1979)।

হিম সংরক্ষণের জন্য কলা বো কোষকে ধীরে ধীরে তীব্র হিম তাপাঙ্কে আনা হয়। 0°C থেকে মাইনাস 100°C এর মধ্যে কোষের বাইরে এবং কোষের মধ্যের জল বরফের কেলাসে পরিবর্তিত হতে পারে। যদি খুব ধীরে ধীরে তাপ নামানো হয়, কোষের বাইরের জল বরফ হয় এবং সাইটোপ্লাজম জমবার আরো অন্তর্কোষীয় জল বিযুক্তি ঘটে। অন্যদিকে দ্রুত তাপাঙ্ক কমিয়ে আনলে সাইটোপ্লাজম তাড়াতাড়ি জমায়িত হয় এবং অন্তর্কোষীয় জল বিযুক্তি ঘটে। অন্যদিকে দ্রুত তাপাঙ্ক কমিয়ে আনলে সাইটোপ্লাজম তাড়াতাড়ি জমায়িত হয় এবং অন্তর্কোষীয় জলবিযুক্তি খুবই কম ঘটে। উভয় ক্ষেত্রেই কোষের ক্ষতি হতে পারে প্রথমটি Slow freezing পদ্ধতি, যে ক্ষেত্রে তাপাঙ্ক প্রতি মিনিটে 0.5°C নামানো হয় এবং তাপাঙ্ক –100°C নামার পর vial জাত কোষ বা কলা তরল নাইট্রোজেনের মধ্যে নিমগ্ন করা হয়। Rapid freezing পদ্ধতিতে ভায়ালগুলি সরাসরি তরল নাইট্রোজেনে নিমজ্জিত করা হয়। তবে ধাপযুক্ত (step-wise) freezing পদ্ধতি সবচেয়ে সুবিধাজনক। এই ক্ষেত্রে উদ্ভিদ কলাকে সইয়ে নেবার জন্য ধাপে ধাপে তাপাঙ্ক নামানো হয়, এবং তাপমাত্রা –100°C নামার পর ভায়ালগুলি তরল নাইট্রোজেনে নিমগ্ন করা হয়। সাধারণভাবে সংরক্ষণের জন্য –100°C বা –150°C যথেষ্ট, তবে সুবিধার্থে তরল নাইট্রোজেন (যার তাপমাত্রা –196°C) ব্যবহার করা হয়।

কোষ বা কলা তীব্র হিম সংরক্ষণ অবস্থা থেকে অপসারণকালে (thawing) দ্রুত উচ্চ তাপমাত্রায় নেওয়া দরকার, নতুবা কোষ অভ্যন্তরে কেলাসিত বরফ দেখা দেয়। সেজন্য vial গুলিকে প্রথমেই 37–40°C এ 90 সেকেন্ড রাখা হয়, পরে কাক্ষিক তাপমাত্রায় (room temperature) আনা হয়।

তীব্র হিম সংরক্ষণ কালে কোষ অন্তস্থ জলকণার বরফের কেলাসে পরিণত হওয়া কোষপর্দার পক্ষে ক্ষতিকারক, কারণ বরফের আয়তন জলের অপেক্ষা বেশি। কোষ পর্দার ক্ষতির ফলে কোষের viatility বা জীবন ক্ষমতাও নষ্ট হয়। সেইজন্য বিভিন্ন উপায়ে বরফের কেলাসন রোধ করা হয়। এই পদ্ধতিকে vitrification বলে, কারণ এক্ষেত্রে বরফ কেলাসিত না হয়ে, আকারশূন্য 'কাচ-সদৃশে' (amorphous "glassy" state) রূপান্তরিত হয়। যে সমস্ত রাসায়নিক দ্রব্য এই উদ্দেশ্যে ব্যবহৃত হয়, সেগুলি Cryoprotectant

(ক্রায়োপ্রোটেক্টান্ট) নামে পরিচিত। Cryoprotectants গুলির মধ্যে রয়েছে Polyethylene glycol (PEG, পলিইথিলিন, গ্লাইকল), গ্লিসারিন, DMSO L-proline প্রভৃতি। এই উদ্দেশ্যে Sorbitol বা sycrise ও ব্যবহার করা চলে, কারণ Ex-osmosis এর ফলে কোষস্থ জলের পরিমাণ কম হওয়ায় "ice nucleation" সম্ভব হয় না। এই ধরনের অন্তর্কোষীয় জল-বিযুক্তি Cryoprotective dehydration নামেও পরিচিত। যদি কোষস্থ জলের পরিমাণ এইভাবে কমিয়ে নেওয়া হয়, তবে রাসায়নিক Cryprotectants যোগের প্রয়োজন হয় না। জলবিযুক্ত কলা ও কোষ সরাসরি তরল নাইট্রোজেনের নিমজ্জিত করা যায়, অথবা জল বিযুক্তির পর কলা বা কোষ Ca-alginate এ (কৃত্রিমবীজ 11.4 একক দেখুন) অবিরত করেও কোনো Cryoprotectant ছাড়াই তীব্র টিমে সংরক্ষণ করা যায়।

14.3.1 তীব্র হিম সংরক্ষণ পদ্ধতি

ধাপগুলির বিবরণ—

(i) পোষণ মাধ্যমে ম্যানিউল (6% w/v) যোগ করে নির্বাচিত কলা বা কোষ 3/4 দিন পোষণ করুন।

(ii) তরল মাধ্যমে একটি suspension তৈরি করুন (30% কোষ ঘনত্ব)।

(iii) বরফের উপর রেখে ঠান্ডা করুন।

(iv) তরল পোষণ মাধ্যমে একটি Cryoprotectant দ্রবণ তৈরি করুন — IM DMSO + 1 M Glycerol + 2M Sucrose। বরফে ঠান্ডা করুন।

(v) ধীরে ধীরে কোষ Suspension এর সঙ্গে 1 : 1 অনুপাতে Cryoprotectant দ্রবণ যোগ করুন এবং ভালোভাবে মেশান।

(vi) 0°C এ এক ঘন্টা রেখে দিন।

(vii) 2 ml Polypropylene vial এ 1 ml suspension নিন এবং ক্যাপ ভালো করে বন্ধ করুন এবং লেবেল (label) করুন।

রাসায়নিক Cryoprotectants :
- 1M DMSo
- 1M Glycerol
- 1M Sucrose

বা

- 2M L Proline

Dehydration এর জন্য ব্যবহৃত যৌগ
- 1.5 M Sucrose
- Glucose
- Sorbitol

2.24 ঘন্টা প্রয়োগ

(viii) Vial গুলিকে মিনিটে 1°C তাপ কমিয়ে –35°C এ নিয়ে আসুন, 40 মিনিট রাখুন এবং সরাসরি তরল নাইট্রোজেনে নিমজ্জিত করুন।

এইভাবে তরল নাইট্রোজেনে ওই কোষ বা কলা বহুদিনব্যাপী সংরক্ষণ করা সম্ভব। অপসারণ বা thawiag এর সময় নীচের পদ্ধতি অনুসরণ করুন।

(ক) Vial গুলি নির্বীজীকৃত (sterilized) জলে 40°C এ কয়েক সেকেন্ড রেখে কাঙ্ক্ষিক তাপমাত্রায় স্থানান্তরিত করুন।

(খ) সাধারণ অর্ধশক্ত পোষণ মাধ্যমের উপর কোষ suspension ঢেলে দিন। একটি vial থেকে 3টি plate তৈরি করা যেতে পারে।

(গ) কোষগুলিকে সাধারণ পোষণ শর্তে দুদিন পোষণ করুন এবং তরল মাধ্যমসহ টেনে (aspirate) তুলে নিন।

(ঘ) কোষগুলিকে পুনরায় পোষণ করুন। যখন কোষগুলি একটি আচ্ছাদন সৃষ্টি করবে, তখন তারা উপপোষণ যোগ্য হবে।

উপরোক্ত পদ্ধতিতে কোষ, কলা, প্রোটোপ্লাস্ট embryo, embryoid (এমব্রয়েড) প্রভৃতির তীব্র-হিম সংরক্ষণ সম্ভব, তবে Cryoprotectants গুলির অনুপাত এবং ঘনত্ব বিভিন্ন হতে পারে। Bhojawani ও Rajdan (1996) এই উপায়ে *Arachis hypogea, Beta, valgaris, Cier arietinum, Mentta arvense, Trifolium repens* প্রভৃতির বহুবর্ষব্যাপী সংরক্ষিত কলা থেকে নতুন উদ্ভিদ সৃষ্টিতে সক্ষম হয়েছেন। প্রাণীদের ক্ষেত্রে Dolly একটি প্রকৃষ্ট উদাহরণ। অধুনা 28 বৎসর পূর্বে মৃত গৌর এর তীব্র-হিম সংরক্ষিত চর্ম কোষের নিউক্লিয়াস গোরুর নিউক্লিয়াসবিহীন ভ্রূণে সংস্থাপন করে এক গৌর শাবকের জন্ম দেওয়া সম্ভব হয়েছিল। এখানে মনে রাখা দরকার, প্রাণী কোষে বার্ধক্যায়ণের ফলে যে সমস্যার সৃষ্টি হয়, উদ্ভিদকোষের পূর্ণজনন ক্ষমতার (totepotency) জন্য সে সমস্যা সৃষ্টি হয় না। ভবিষ্যতের উন্নত প্রযুক্তি তীব্র হিমে সংরক্ষিত জার্মপ্লাজম্ থেকে লুপ্তপ্রায় প্রজাতির পুনরুদ্ধারে সাহায্য করবে।

অনুশীলনী-2

A. শূন্যস্থান পূরণ করুন :

(ক) তীব্র-হিম সংরক্ষণে কোষের মধ্যে বা _____ সৃষ্টি করা যায়।

(খ) তীব্র-হিম কোষীয় _____ পদ্ধতিকে _____ আনা হয়, ফলে কোষের _____ অনির্দিষ্ট কাল ধরে সুপ্ত থাকে।

(গ) Slow freezing পদ্ধতিতে প্রতি মিনিটে _____ তাপ কমানো হয়।

(ঘ) কোষ বা কলা সংরক্ষণ অবস্থা থেকে অপসারণ বা _____ কালে দ্রুত উচ্চ তাপমাত্রায় নেওয়া দরকার, নতুবা কোষ অভ্যন্তরে _____ দেখা দেয়।

(ঙ) কোষের মধ্যে বরফের কেলাসন রোধ পদ্ধতি নামে _____ পরিচিত।

(চ) জল বিযুক্তির পর কলা বা কোষ _____ _____ এ আবরিত করেও তীব্র হিম সংরক্ষণ সম্ভব।

14.4 সারাংশ

বীজ বা পোষিত উদ্ভিদ কলা বা কোষ বা বিশেষ অঙ্গ যখন উপযুক্ত পরিবেশে দীর্ঘস্থায়ী ভাবে সংরক্ষণ করা হয় এবং সেগুলি থেকে ভবিষ্যতে পূর্ণাঙ্গ উদ্ভিদ সৃষ্টি সম্ভব হয়, তখন তা Germplasm Conservation হিসেবে পরিগণিত হয়। বিশেষ অর্থনৈতিক কারণে এবং জনবিস্ফোরণের চাপে বহু কর্ষিতক ও বন্য প্রজাতি ও প্রকারণ বর্তমানে প্রায় বিলুপ্তির পথে। এই সমস্ত Gene pool সংরক্ষণের জন্য Germplasm conservation বিশেষ গুরুত্ব লাভ করেছে, ফলে বিভিন্ন গবেষণাগারে Germplasm Bank

বা জিন-ব্যাংক সৃষ্টি হয়েছে। এই পদ্ধতিতে জার্মপ্লাজম্ সংরক্ষণের জন্য পুনর্পুণ কর্ষণ বা পোষণ প্রয়োজন হয়, যা প্রচুর ব্যয়সাপেক্ষ এবং বিশেষ শিক্ষাপ্রাপ্ত কর্মীদের উপর নির্ভরশীল। এই সমস্ত অসুবিধা দূরীকরমের জন্য বর্তমানে তীব্র-হিম সংরক্ষণ পদ্ধতির প্রচলন হয়েছে। তীব্র-হিম সংরক্ষণ কোষের মধ্যে সুপ্তাবস্থা বা dormancy উদ্দীপ্ত করা যায়, কারণ ওই তীব্র হিমাঙ্কে কোষ অন্তস্থ বিপাক-ক্রিয়া স্তব্ধ হয়ে যায়। এই পদ্ধতিতে কলা বা কোষ বা বীজ তরল নাইট্রোজেন (–196°C) নিমজ্জিত করে সংরক্ষণ করা হয়। যেহেতু কোষের মধ্যে তীব্র-হিম সহ্য ক্ষমতা থাকে না, সেই কারণে কোষের মধ্যে ওই ক্ষমতা উদ্দীপ্ত করা হয়। এর জন্য কলা বা কোষ থেকে বিশেষ রাসায়নিক যোগে জল-বিযুক্তি ঘটানো হয়, ফলে কোষ অন্তস্থ জল বরফ কেলাসে পরিণত না হয়ে amorphous বা আকারশূন্য বরফে পরিণত হয়।

কিছু রাসায়নিক যোগেও বরফের কেলাসন রোধ করা যায়। এই সমস্ত রাসায়নিক দ্রব্য Cryoprotectants নামে পরিচিত। তীব্র-হিম সংরক্ষণের জন্য ধীরে ধীরে, অথবা ধাপেধাপে অথবা অতিদ্রুত পদ্ধতিতে সংরক্ষণ করা হয়ে থাকে। তেমনি তীব্র-হিম থেকে কলা বা কোষ অপসারণের সময়ও কোষের জীবনীশক্তি অক্ষুণ্ণ রাখতে বিশেষ পদ্ধতি অবলম্বন করা হয়। তীব্র হিম সংরক্ষণ পদ্ধতিতে জার্মপ্লাজম বহুবর্ষব্যাপী সংরক্ষণ ও পরে সেই কলা বা কোষ থেকে পূর্ণ উদ্ভিদ সৃষ্টি সম্ভব।

14.5 সর্বশেষ অনুশীলনী

1. Germplasm Conservation বলতে কী বোঝায় ? এই পদ্ধতির সুবিধাগুলি আলোচনা করুন।
2. Seed bank ও Germplasm bank-এর মধ্যে পার্থক্য কী ?
3. বীজ সংরক্ষণের সুবিধা ও অসুবিধাগুলি আলোচনা করুন।
4. তীব্র-হিম সংরক্ষণের সুবিধা ও উদ্দেশ্যগুলি আলোচনা করুন।
5. Vitrification কাকে বলে ? Cryoprotection এর বিভিন্ন পদ্ধতিগুলি আলোচনা করুন।
6. Cryoprotection পদ্ধতি এবং thawing পদ্ধতির সংক্ষিপ্ত বিবরণ দিন।

14.6 উত্তরমালা

অনুশীলনী-1

(i) 14.2 প্রথমাংশ দেখুন।

(ii) নিজে উত্তর লিখুন।

(iii) 14.2 শেষাংশ অনুচ্ছেদ দেখুন।

(iv) 14.2 প্রথম অনুচ্ছেদ দেখুন।

(v) 14.2 দ্বিতীয় অনুচ্ছেদ।

অনুশীলনী-2

(ক) domancy, সুপ্তাবস্থা।

(খ) বিপাক, শূন্যাবস্থায়, জীবনীশক্তি।

(গ) 0.5–1.0°C.

(ঘ) thawing, কেলাসিত বরফ।

(ঙ) Vitrification.

(চ) ক্যালশিয়াম অ্যালজি নেই।

সর্বশেষ অনুশীলনী

1. 14.2 প্রথমাংশ দেখুন।
2. 14.2 এ Sead Bank ও Germplasm Bank সম্পর্কে আলাদাভাবে আলোচনা করা হয়েছে।
3. 14.2 প্রথমাংশ দেখুন।
4. 14.3 এর প্রথম অনুচ্ছেদ দেখুন।
5. 14.3 দেখুন।
6. 14.3.1 দেখুন।

একক 15 ❐ জিন-প্রযুক্তি ও জিন-প্রতিস্থাপন-জাত উদ্ভিদ

গঠন

15.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

15.2 জিন-প্রযুক্তির বিকাশ

15.3 ক্রাউন গল ও উদ্ভিদ জিন-প্রযুক্তি

15.4 জিন-প্রতিস্থাপন পদ্ধতি

15.5 কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ ট্রান্সজেনিক বা জিন-প্রতিস্থাপন-জাত উদ্ভিদ

15.6 জিন-প্রযুক্তি সংক্রান্ত বিতর্ক

15.7 সারাংশ

15.8 সর্বশেষ অনুশীলনী

15.9 উত্তরমালা

15.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

একবিংশ শতাব্দীকে জিন-প্রযুক্তির বা Genetic Engineering এর শতাব্দী হিসেবে ঘোষণা করা হয়েছে। কারণ এই শতাব্দীতে জিন-প্রযুক্তির বিশেষ বিকাশ এবং এই প্রযুক্তির মাধ্যমে বিশ্বব্যাপী মানব সমাজের বিশেষ সমস্যার সমাধানের আশা করা যায়। গত শতাব্দীর ষাটের দশকে সবুজ বিপ্লব এক যুগান্ত এনেছিল, ফলে শস্যের অভাবজনিত অনাহার ও দুর্ভিক্ষ প্রায় দূরীভূত হয়েছে কিন্তু ক্রমবর্ধমান জনসংখ্যার চাপ বেড়ে চলেছে। ভারতে ইতিমধ্যে জনসংখ্যা 100 কোটি পার হয়ে গেছে এবং এই সংখ্যা বাৎসরিক 1.8% হারে বেড়েই চলেছে। বিশ্বব্যাপী বিপুল জনসংখ্যার খাদ্যের চাহিদা মেটানোর জন্য জিন-প্রযুক্তি বিশেষ আশার সঞ্চার করেছে। অন্যদিকে জিন-প্রযুক্তি পরিবেশ দূষণ রোধে, ঔষধ ও অন্যান্য রাসায়নিক শিল্পে ইতিমধ্যেই বিশেষ অবদান রেখেছে। জিন-প্রযুক্তি বিশেষত Gene Manipulated বা GM খাদ্য ইতিমধ্যেই সংবাদপত্রের শিরোনামে চলে এসেছে।

এই অধ্যায়টি পাঠ করে আপনি—

- জিন-প্রযুক্তি কী তা ব্যাখ্যা করতে পারবেন ;
- জিন-প্রযুক্তির বিকাশ সম্পর্কে আলোচনা করতে পারবেন ;
- কয়েকটি বিশেষ জিন-প্রতিস্থাপন-জাত উদ্ভিদের নাম জানতে পারবেন ;
- মানব কল্যাণে জিন-প্রযুক্তির বিভিন্ন অবদান সম্পর্কে অবহিত হবেন এবং পরিশেষে ;
- জিন-প্রযুক্তি সম্পর্কে কিছু বিতর্কের রূপরেখা ব্যাখ্যা করতে সক্ষম হবেন।

15.2 জিন-প্রযুক্তির বিকাশ

জিন-প্রযুক্তি বিজ্ঞান ভিত্তিক প্রযুক্তি বিদ্যার এক নবতম শাখা এই শাখার বিকাশ গত শতাব্দীর কোষ ভাগে ধীরে ধীরে গড়ে উঠেছে।

জিন-প্রযুক্তির সঠিক সূত্রপাত গত শতাব্দীর সত্তরের দশকে বলা যায়। 1970 সালে Smith (স্মিথ) একটি বিশেষ উৎসেচক আবিষ্কার করলেন যা Restriction Endonuclease (রেস্ট্রিকশান এন্ডোনিউক্লিয়েজ) নামে পরিচিত হল। ওই উৎসেচক একটি DNA অণুর বিশেষ একটি Nucleotide অণুক্রমকে আক্রমণ করে ওই DNA অণুকে খণ্ডিত করে। ক্রমে ক্রমে এই ধরনের অনেকগুলি endonuclease আবিষ্কৃত হল (প্রান্তলিপি 15.1)। এ পর্যন্ত প্রায় 200 endonuclease আবিষ্কৃত হয়েছে। যারা ভিন্ন ভিন্ন nucleotide অণুক্রমকে আক্রমণ করে। সঠিক কয়েকটি এন্ডোনিউক্লিয়েজ বেছে নিয়ে কোনো দীর্ঘ DNA সূত্রকে কেটে কোনা নির্দিষ্ট জিন বেছে নেওয়া সম্ভব।

প্রায় একই সময়ে (1972) Mizutani (মিজুতানি), Temin (টেমিন) ও Baltimore (বাল্টিমোর) পৃথকভাবে ক্যানসার কোষ থেকে (এবং পরে সাধারণ দেহজ কোষ থেকে 3) এক ধরনের বিশেষ উৎসেচক আবিষ্কার করলেন যা RNA অণু থেকে DNA অণু তৈরি করতে সমর্থ। সাধারণভাবে Central Dragma অনুযায়ী transcription (ট্রান্সক্রিপশন) পদ্ধতিতে DNA থেকে RNA অণু প্রস্তুত হয়। কিন্তু এখানে ঘটছে তার বিপরীত, সেজন্য এই উৎসেচকের নাম দেওয়া হল reverse transcriptase। রিভার্স ট্রান্সকিপটেজ আবিষ্কারের ফলে ল্যাবরেটরিতে জিন তৈরি অনেক সহজ হল। কারণ একটি mRNA অণুকে পৃথক করে, ওই উৎসেচকের মাধ্যমে তার নির্দিষ্ট (পরিপূরক) DNA অণু (Complimentary DNA বা cDNA, যা একটি জিনের সমতুল্য) তৈরি করা সম্ভব। এরপর আশির দশকে ম্যুলিস ও তাঁর সহকর্মীরা (Mullis and Co-workers, 1987) একটি বিশেষ প্রক্রিয়া আবিষ্কার করেন যা polymerese chain reaction (PCR) নামে খ্যাত। এই বিক্রিয়ায় তাঁরা প্রথমে Klenow উৎসেচক ব্যবহার করেন। কিন্তু ওই উৎসেচক উচ্চ তাপমাত্রা সহনে অক্ষম হওয়ায় প্রতিবার বিক্রিয়ার জন্য নতুন উৎসেচক অণু ব্যবহারের প্রয়োজন হত। 1989 সালে Lawyer (লইয়ার) ও তাঁর সহকর্মীরা *Thermus aquaticas* ব্যাকটেরিয়া থেকে Taq DNA Polymerase উৎসেচক আবিষ্কার করেন, যা PCR পদ্ধতিতে ব্যবহৃত উচ্চ তাপমাত্রায় (90°C) কার্যকারিতা অক্ষুণ্ণ রাখতে সমর্থ, ফলে বর্তমানে PCR পদ্ধতিতে TAq উৎসেচক ব্যবহার করা হয়। এই বিক্রিয়ায় একটি DNA অণুকে ছাঁচ হিসেবে ব্যবহার করে Taq polymerese-এর সাহায্যে ওই DNA অণুর বহুসংখ্যক প্রতিলিপি (clone) পাওয়া যায়। তবে এইসব আবিষ্কারের বহু আগেই Cohen ও Boyer

প্রান্তলিপি 15.1 : বিভিন্ন এন্ডোনিউক্লিয়েজ ও তাদের আক্রমণ লক্ষ্য নির্দিষ্ট nuceotide অনুক্রম Endonuclease গুলি যে সমস্ত ব্যাকটেরিয়া থেকে পাওয়া যায়, তাদের Genus এবং Species এর আদ্যাক্ষরগুলি নিয়ে endonuclease এর নামকরণ হয়েছে। একই bacteria থেকে একের বেশি এন্ডোনিউক্লিয়েজ পাওয়া গেলে, তাদের রোমান সংখ্যা দিয়ে বোঝানো হয়।

উৎস ব্যাকটেরিয়া	উৎসেচক	লক্ষ্য অনুক্রম
Arthrobacter luteus	Alu I	AGCT
Escherichia coli	Eco RI	GAATTC
Haemophilus influengae	Hind III	AAGCTT
Nicardia otitiscaviaruns	Not I	GCGGCCGC

(কোহেন ও বয়ার) 1972 সালে একটি পৃথকীকৃত DNA অণুকে ব্যাকটেরিয়া কোষে প্রবিষ্ট করাতে সক্ষম হন। ব্যাকটেরিয়া কোষের স্ব-বিস্তারের ওই DNA অণুর ও ক্লোন পাওয়া সম্ভব। বলা যায় এটি জিন প্রযুক্তির প্রথম পদক্ষেপ।

জিন প্রযুক্তির প্রথম পর্যায়ে কেবল মাত্র bacteria কোষ ব্যবহৃত হয়েছিল। যেমন *Escherichia coli* ব্যাকটেরিয়ায় মানুষের diabetis (মধুমেহ) রোগের প্রয়োজনীয় insulin এর জিন প্রতিস্থাপন করা। ওই ব্যাকটেরিয়া কোষ পোষণ করে বহুল পরিমাণে insulin সংগ্রহ করা সম্ভব। এই পদ্ধতিতেই প্রথম বাণিজ্যিক ভাবে সকল জিন-প্রযুক্তি প্রাপ্ত ওষুধ humulin বা human insulin উনিশশো বিরাশি খ্রিস্টাব্দে Eli-Lilly Genentech Company বাজারে প্রবর্তন করে। বহু সংখ্যক ওষুধ, ভ্যাকসিন, উৎসেচক ইত্যাদির বাণিজ্যিক উৎপাদনের জন্য জিন-প্রযুক্তিতে পরিবর্তিত জীবাণু বা অণুজীবের ব্যাপক ব্যবহার রয়েছে। তবে জিন-প্রযুক্তির বিশেষ বিকাশ ঘটেছে উদ্ভিদে। কারণ উদ্ভিদ কোষ totipotent বা পূর্ণজনন ক্ষমতা সম্পন্ন। ফলে উদ্ভিদে একটি transgenic কোষ তৈরি সম্ভব হলে, ওই কোষ থেকে পোষণ পদ্ধতিতে একটি পূর্ণ এবং উর্বর উদ্ভিদের বিকাশ সম্ভব। যেহেতু বংশানুক্রমিক ভাবে ওই অর্জিত চরিত্র স্থিতিশীল, ফলে একটি পরিবর্তিত প্রকরণ বা কর্ষিতকের উদ্ভব হয়। যখন একটি জীবের আহরিত DNA অথবা গবেষণাগারে প্রস্তুত DNA অণু অন্য জীবের কোষে প্রতিস্থাপন করা হয় এবং ওই DNA পোষক কোষের ক্রোমোজোমে একীভূত বা integrated হয়। তখন ওই কোষ পরিবর্তিত বা রূপান্তরিত বা transformed কোষ হিসেবে চিহ্নিত হয় এবং ওই কোষ থেকে উদ্ভূত প্রাণী বা উদ্ভিদ transgenic বা জিন-প্রতিস্থাপন-জাত হিসেবে গণ্য হয়। 1983 সালে Montagu (মন্টাগু) ও Schell (স্কেল) সর্বপ্রথম উদ্ভিদ কোষে ব্যাকটেরিয়ার neomycin transvferase জিন প্রতিস্থাপনে সমর্থন হন। তবে 1987 সালে বেলজিয়ামের একটি Biotechnology কোম্পানি Plant Genetic Systems এর বিজ্ঞানীরা প্রথম transgenic উদ্ভিদ সৃষ্টি করেন ; ওই উদ্ভিদে কীটপতঙ্গ রোধকারী ব্যাকটেরিয়ার Bt- জিন প্রতিস্থাপিত হয়েছিল।

অনুশীলনী-1

জোড় মেলান :

(a) Reverse transcriptase	(i) Mullis and Co-workers
(b) Restriction endonuclease	(ii) *Thermus aquaticus*
(c) Polymerase chain reaction	(iii) Temin, Migutoni, Baltimore
(d) Toq polymerase	(iv) Smith
(e) mRNA	(v) GAATTC
(f) Eco RI	(vi) cDNA

অনুশীলনী-2

(i) Ti-plasmid ও T-DNA এর পূর্ণরূপ লিখুন।

(ii) Opine-এর প্রয়োজনীয়তা কী ?

(iii) দুটি ভিন্ন প্রকারের Te-plasmid কী কী ? তাদের দৈর্ঘ্য কত ?

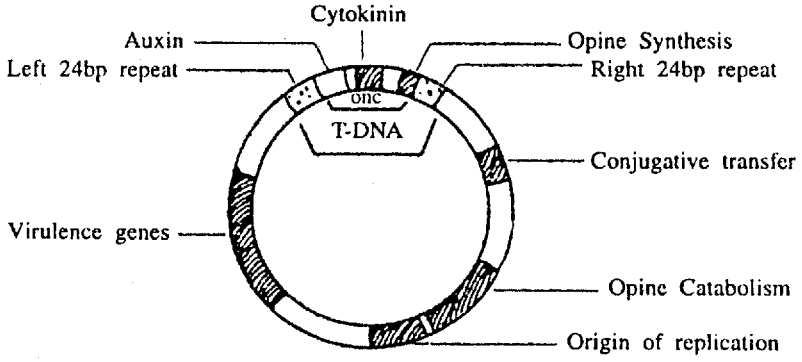
(iv) Acetosyringone কোথা থেকে নিঃসরিত হয় ? তার কাজ কী ?

(v) একবীজ পত্রী উদ্ভিদকে *A. tumefaciens* আক্রমণে অসমর্থ কেন ?

(vi) *Vr G* জিনের কাজ কী ?

15.3 Crown Gall ও উদ্ভিদ জিন-প্রযুক্তি

ক্রাউন গল (Crown Gall) একটি উদ্ভিদ টিউমার (tumour)। সমস্ত দ্বিবীজপত্রী উদ্ভিদ ও কিছু একবীজপত্রী উদ্ভিদের ক্ষতস্থানে একটি মৃত্তিকাজীবা ব্যাকটেরিয়া *Agrobacterium tumefaciens* আক্রমণ করে ওই Tumour বা Crown Gall সৃষ্টি করে। এক একটি প্রাকৃতিক জিন-প্রযুক্তি আখ্যা দেওয়া যায়। কারণ ওই ব্যাকটেরিয়ার কোষ অন্তস্থ plasmid এর জিন উদ্ভিদকোষে স্থানান্তরিত হয়ে ওই উদ্ভিদ কোষকে রূপান্তরিত করে। রূপান্তরিত উদ্ভিদকোষ অনিয়তভাবে বিভাজনে সক্ষম, ফলে একটি tumour বা গল সৃষ্টি হয়। *A. tumefaciens* এর টিউমার সৃষ্টির ক্ষমতা ওই ব্যাকটেরিয়ার কোষ-অন্তর্ভুক্ত একটি বৃহৎ-প্লাসমিড (megaplasmid), যার নিউক্লিওটাইড সংখ্যা 130-230 kbp, এর উপর নির্ভরশীল। এই প্লাসমিড সেজন্য Tumour-inducing বা Ti-plasmid নামে পরিচিত। *A. tumefaciens* -এর যে সমস্ত strain -এর আক্রমণ ক্ষমতা থাকে না, তাদের মধ্যে Ti-plasmid- ও অনুপস্থিত। যদি Crown-gall কোষ কোন antibiotics যেমন Cefotaxime -এর সান্নিধ্যে পোষণ করা হয়, তবে ওই কোষে কোনো bacteria পাওয়া যায় না, তবুও ওই কোষ অনিয়ত বিভাজনের ক্ষমতা রাখে এবং রূপান্তরিত হয়। প্রকৃতপক্ষে Ti-plasmid -এর এক খণ্ড DNA ওই উদ্ভিদকোষের ক্রোমোজোমে একীভূত দেখা যায়। ওই DNA খণ্ডকে T-DNA বা transfer DNA (স্থানান্তরণ DNA) বলা হয়। অর্থাৎ T-DNA Ti-plasmid এর বৃত্তাকার DNA অণুর বিশেষ অংশ বা উদ্ভিদকোষে স্থানান্তরিত হয়ে ওই কোষকে রূপান্তরিত করার ক্ষমতা রাখে। রূপান্তরিত উদ্ভিদকোষে প্লাসমিডের অক্সিন ও সাইটোকাইনিন জিন স্থানান্তরিত হওয়ায় ওই কোষ ওই দুই বৃদ্ধিনিয়ন্ত্রক তৈরিতে সক্ষম, যা ওই কোষকে অনিয়ত বিভাজনের ক্ষমতা দেয়। উপরন্তু রূপান্তরিত কোষ 'opine' নামে এক যৌগ সংশ্লেষ করে। 'ওপাইন' একপ্রকার অস্বাভাবিক অ্যামাইনো অ্যাসিড বা ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধিতে সাহায্য করে। কিন্তু সাধারণ উদ্ভিদকোষে এই অ্যামাইনো অ্যাসিড তৈরি হয় না বা প্রয়োজনও হয় না। Opine জিনও Ti-plasmid থেকে T-DNA এর সঙ্গে স্থানান্তরিত হয়। Opine সাধারণভাবে দু প্রকারের যেমন nopaline (নোপালাইন) ও Octopine (অক্টোপাইন, Octopus এও পাওয়া যায়), যা দুটি ভিন্ন প্রকারের Ti-plasmid, যথাক্রমে pTic-58 (202 kbp) এবং pTiAch 5 (180 kbp) এ পাওয়া যায়। ওদের মধ্যে কেবলমাত্র একধরনের Ti-plasmid- ই একটি *A. tumefaciens* কোষে পাওয়া সম্ভব। একটি Ti-plasmid এর জিনগত গঠন চিত্র 15.1 এ দেখানো হল।

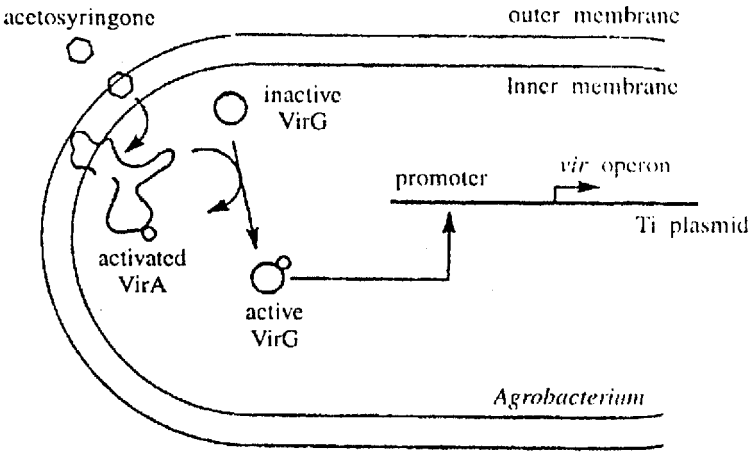


চিত্র 15.1 : Ti-plasmid- এর জিনগত গঠন। তিনটি বিশেষ অংশ লক্ষণীয় (1) T-DNA- হর্মোন ও opine সংশ্লেষের জিন ও দুই পার্শ্বস্থ 24kbp repeats (2) Vir- জিন যেগুলি T-DNA স্থানান্তরে প্রয়োজনীয় প্রোটিনের সংকেত বহন করে এবং (3) ওপাইন (opine) অপচিতি (catabolism)- তে প্রয়োজনীয় জিন।

উপরের আলোচনা থেকে এটি পরিষ্কার যে Ti-plasmid এর কেবলমাত্র T-DNA অংশই ক্রাউনগল কোষ রূপান্তরে অংশগ্রহণ করে। অবশ্য Ti-plasmid এর *vir* gene গুলি উদ্ভিদ কোষে T-DNA স্থানান্তরে বিশেষভাবে সাহায্য করে। T-DNA এর দুই পার্শ্বস্থ 24 bp দুটিও insertion sequence (IS) হিসেবে T-DNA স্থানান্তরে বিশেষ প্রয়োজনীয়, যদিও এরা নিজেরা উদ্ভিদ জিনোমে স্থানান্তরিত হয় না। বাম ও ডান দিকের 24 bp অংশ দুটির একটি অন্যটির সমানুক্রমিক সেজন্য তাদের repeat sequence ও বলা হয়। অন্যদিকে T-DNA এর মধ্যস্থিত opine synthesis এবং *One* জিনগুলি T-DNA স্থানান্তরে প্রয়োজন হয় না। ফলে ওই স্থলের DNA অংশকে অন্য কোনো nucleotide sequence বা DNA খণ্ড দ্বারা বদল বা প্রতিস্থাপন করা যায়। ওই স্থলে প্রায় 40 kbp DNA (যা প্রায় 10 টি জিনের সমতুল্য) স্থাপন সম্ভব।

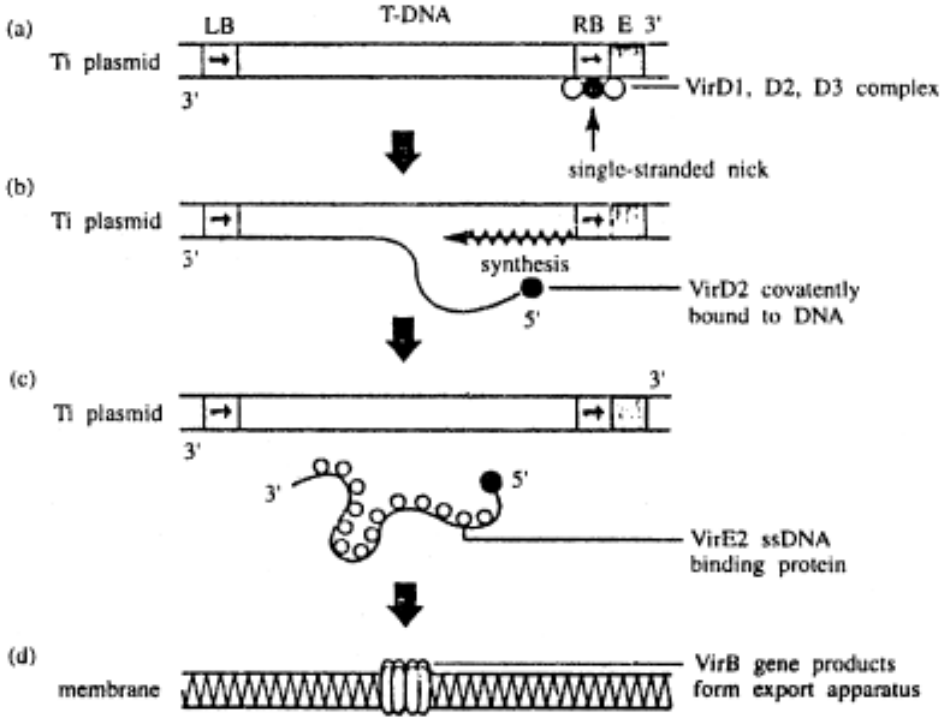
15.3.1 T-DNA স্থানান্তরের পর্যায়ক্রম

Ti-plasmid এর *Vir* gene গুলি T-DNA স্থানান্তরে বিশেষ ভূমিকা নেয়, ক্ষতস্থানের উদ্ভিদকোষ এক ধরনের ফেনোলিক যৌগ, যেমন acetosyringone নিঃসরণ করে (চিত্র 15.2), যা ব্যাকটেরিয়াকে

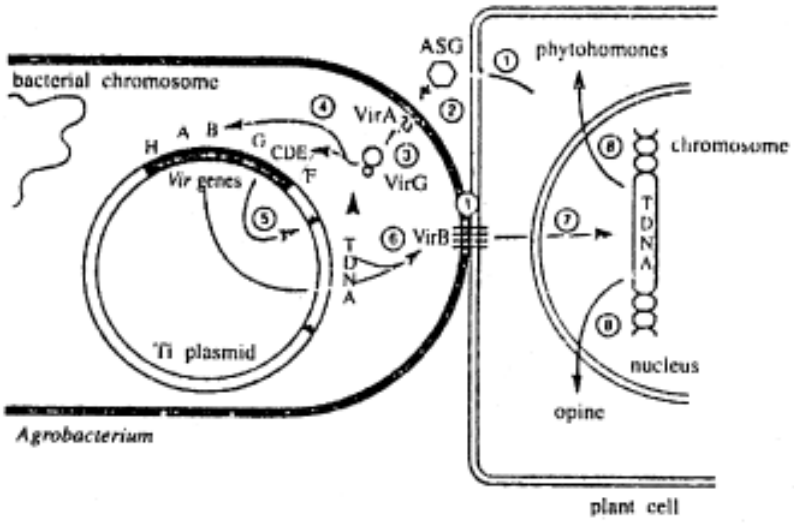


চিত্র 15.2 : *Vir* A ও *Vir* G জীনের মাধ্যমে অন্যান্য *Vir* জিনগুলির সক্রিয়করণ।

ক্ষতস্থানে আমন্ত্রণ জানায় এবং একই সঙ্গে Ti-plasmid এর *Vir* A জিনকে উজ্জীবিত করে, যা ক্রমে ক্রমে *Vir* ও জিনকে সক্রিয় করে। *Vir* এ Gene একটি transcriptional উৎপাদক যা অন্যান্য *Vir* Gene গুলিকে উদ্দীপিত করে। এরপর *Vir* D_1, D_2, D_3 উপজাত প্রোটিন যৌগগুলি একটি 24 bp repect-এর কেবল একটি তন্ত্রীতে ছেদ সৃষ্টি (nick) করে, এবং *Vir* D_2 প্রেটিন ছেদিত single stranded DNA (ss DNA) এর 5'-প্রান্তে একটি যৌগ সৃষ্টি করে ওই ss-DNA কে অপসারিত করে (চিত্র 15.3)। একই সময়ে DNA- মেরামতি সংশ্লেষ (repair synthesis) মাধ্যমে Ti-plasmid টি পুনর্গঠিত হয় এবং অপসারিত ss-DNA -এর সঙ্গে *Vir* E_2 প্রোটিনের বন্ধনে ওই ss-DNA স্থায়িত্ব লাভ করে। *Vir B*



চিত্র **15.3** : T-DNA পৃথকীকরণের পর্যায়ক্রম।



চিত্র **15.4** : T-DNA স্থানান্তরণের পর্যায়ক্রম।

জিনের উপজাত প্রোটিন T-DNA-এর single stranded form কে উদ্ভিদকোষে রপ্তানিতে সাহায্য করে। পরে ওই DNA এর দ্বিতন্ত্রীরূপ উদ্ভিদের নিউক্লিয়াস অন্তর্গত DNA তে একীভূত হয় এবং অক্সিন, সাইটোকাইনিন, ওপাইন তৈরি শুরু করে (চিত্র 15.4)।

15.4 জিন-প্রতিস্থাপন পদ্ধতি (Recombinant DNA technology)

যখন একটি উদ্ভিদের বা অন্যজীবের DNA বা গবেষণাগারে প্রস্তুত DNA অণু অন্য এক জীব বা উদ্ভিদের কোষে স্থানান্তরিত করা হয়, এবং ওই DNA পোষক কোষের জিনোমে একীভূত হয়, তখন ওই কোষকে রূপান্তরিত বা transformed কোষ হিসেবে চিহ্নিত করা হয়। এই বিশেষ পদ্ধতি জিন-প্রতিস্থাপন পদ্ধতি বা recombinal DNA technology হিসেবে গণ্য। ওই কোষ থেকে উদ্ভূত উদ্ভিদ transgenic বা জিনপ্রতিস্থাপন-জাত উদ্ভিদ বা Gene-manipulated (GM) উদ্ভিদ হিসেবে পরিচিত হয়।

15.4.1 DNA বা জিন সংগ্রহ

আগেই উল্লেখ করা হয়েছে যে 1970 সালে Smith একটি বিশেষ উৎসেচক আবিষ্কার করেন যা DNA অণুর একটি বিশেষ nucleotide অনুক্রমকে আক্রমণ করে DNA তন্ত্রীকে খণ্ড-খণ্ড করতে পারে। ওই উৎসেচক restriction endonuclease নামে পরিচিত। ওই উৎসেচক যে নিউক্লিওটাইড অনুক্রম আক্রমণ করে, উৎস ব্যাকটেরিয়ার নিজস্ব জিনোমে ওই নিউক্লিওটাইড ও পার্শ্ববর্তী নিউক্লিওটাইডগুলি methylated, ফলে bacteria-র নিজস্ব DNA ক্ষতিগ্রস্ত হয় না। বিভিন্ন endonuclease-এর ব্যবহারে একটি DNA অণুকে ছোটো ছোটো খণ্ডে বিভক্ত করা যায় ফলে কোনো জিনকে পৃথকীকরণ করা সম্ভব। অন্যথা mRNA থেকেও reverse transcriptase উৎসেচক ব্যবহারে যে DNA অণু সৃষ্টি হয়, সেটিও একটি জিনের সমতুল্য। যেহেতু ওই DNA ব্যবহৃত mRNA অণুর পরিপূরক, সেজন্য ওই DNA কে cDNA বা Complimentary DNA বা পরিপূরক DNA ও বলা হয়। যদি একটি কোষের সমস্ত mRNA প্রজাতি পৃথক করা যায় এবং তাদের পরিপূরক DNA অণু এবং তাদের ক্লোন সৃষ্টি করা হয়, ওই সকল DNA অণু তখন একটি cDNA library তৈরি করে।

প্রান্তলিপি 15.2

একবীজপত্রী উদ্ভিদের ক্ষতস্থানের কোষ acetoryriagone নিঃসরণ করে না, উপরন্তু ক্ষতস্থানে lignin নিঃসরণের ফলে আক্রমণকারী জীবাণু নিবারিত হয়। সেই কারণে *A. tamefaciens* বেশিরভাগ একবীজপত্রী উদ্ভিদে জিন প্রতিস্থাপনে ব্যবহারযোগ্য নয়। কিছু দানা শস্যে ভ্রূণজ অবস্থায় *A. tamefaciens* ব্যবহারে সুফল পাওয়া গেছে। এছাড়া ক্ষতস্থানে acetosysingone প্রয়োগ করে একবীজ-পত্রী উদ্ভিদে *A. tamefaciens* ব্যবহারে সাফল্য পাওয়া গেছে।

প্রান্তলিপি 15.3

Agrobacterium -এর অন্য একটি প্রজাতি *A. rhizogens* -এর মধ্যে এক ধরনের প্লাসমিড পাওয়া যায়, যা root induction এ সাহায্য করে উদ্ভিদে hairy root discase সৃষ্টি করে। এই প্লাসমিড Ri-plasmid নামে পরিচিত। ওই সমস্ত রূপান্তরিত মূল পোষণ মাধ্যমে সহজেই বৃদ্ধি পায়। ফলে বাণিজ্যিক ভাবে মূলজাত মূল্যবান গৌণ বিপাকীয় দ্রব্য আহরণে এইভাবে রূপান্তরিত মূল পোষণ বিশেষভাবে সাহায্য করে।

15.4.2 জিনের ক্লোনিং

বিগত সত্তর দশকের প্রথম দিকে Boyer (বয়ার), Cohen (কোহেন) ও Berg (ব্যার্গ, 1922) দেখাতে সমর্থ হলেন যে বিভিন্ন উৎস থেকে প্রাপ্ত DNA অণুর মধ্যে প্রতিস্থাপন সম্ভব যা recombinant DNA technology হিসেবে বিকাশ লাভ করে। লক্ষণীয় এই পদ্ধতিতে DNA অণুর recombination ঘটানো হচ্ছে। ফলে কোনো পৃথকীকৃত জিন বা cDNA তে ব্যাকটেরিয়া বা তার প্লাসমিডের জিনোমে প্রতিস্থাপন করে ব্যাকটেরিয়ার কোষে ওই DNA অণুর স্ববিস্তার ঘটানো সম্ভব। এই ক্ষেত্রে ওই প্লাসমিড নির্বাচিত জিনের বাহক বা Vector । এইভাবে জিন-প্রযুক্তির মাধ্যমে ব্যাকটেরিয়া কোষে মূল্যবান জিন-প্রতিস্থাপন করে বিভিন্ন ওষুধ ও শিল্প সামগ্রী পাওয়া সম্ভব। উপরন্তু ব্যাকটেরিয়াকে নির্বাচিত জিনের ক্লোনিং এও ব্যবহার করা চলে। পরিম্যারেজ চেইন বিক্রিয়া (PCR) আবিষ্কারের পর জিন ক্লোনিং অনেক সহজতর হল। এখানে একটি DNA অণুকে ছাঁচ হিসেবে ব্যবহার করে নির্দিষ্ট পলিম্যারেজ উৎসেচক ব্যবহারে (Tag DNA Polymerce) প্রচুর পরিমাণে ওই DNA অণুর বিস্তার ঘটানো যায়।

15.4.3 উদ্ভিদকোষে বিজাতীয় জিনের প্রতিস্থাপন

উদ্ভিদকোষে বিজাতীয় জিনের প্রতিস্থাপন সরাসরিভাবে অথবা কোনো vector বা বাহকের সাহায্যে ঘটানো যায়। সাধারণভাবে এই উদ্দেশ্যে প্রোটোপ্লাস্ট ব্যবহার করা হয়, তবে অধুনা পরাগ নালিকা, পরাগ মাতৃকোষ এমনকি বিটপ অগ্র বা ভ্রূণেও সরাসরি জিন প্রতিস্থাপনের প্রচেষ্টা চলছে, এবং কিছু কিছু ক্ষেত্রে সাফল্য লাভও ঘটেছে।

15.4.3.1 প্রোটোপ্লাস্টে জিন প্রতিস্থাপন :

প্রোটোপ্লাস্ট এর চারদিকে কোনো প্রাচীর থাকে না, ফলে এর মধ্যে বিজাতীয় জিনের অনুপ্রবেশ ঘটানো সহজ। Ohyama (ওহাইয়ামা) ও সহকারীরা (1972) প্রথম উদ্ভিদ প্রোটোপ্লাস্টে বিজাতীয় জিনের অনুপ্রবেশ ঘটান। এরজন্য fusogen এর সাহায্য নেওয়া হয়। এই উদ্দেশ্যে DNA অণুকে tepid আস্তরণের (liposome) মধ্যেও ব্যবহার করা চলে। electroporation পদ্ধতিতেও জিনের অনুপ্রবেশ ঘটানো সম্ভব।

15.4.3.2 Micro-injection ও অন্যান্য পদ্ধতি :

Microinjection পদ্ধতিতেও কোষের মধ্যে DNA -এর অনুপ্রবেশ ঘটানো যায়। পরাগনালিকা, পরাগ মাতৃকোষ প্রভৃতিতে DNA অণু প্রবিষ্ট করানো জন্য মাইক্রোইঞ্জেকশন পদ্ধতির সাহায্য নেওয়া হয়। Particle gun bombardment পদ্ধতিতেও বীটপ-অগ্র, ভ্রূণ বা অন্যান্য কোষের মধ্যে বিজাতীয় জিনের প্রতিস্থাপন সম্ভব। এই উদ্দেশ্যে 1-4 μm আকারের ধাতব কণাকে 250 m/s বেগে কোষের মধ্যে প্রবেশ করানো হয়। ওই কণাসমূহ দ্বারা নির্বাচিত DNA সিক্ত করা হয়।

15.4.3.3 Vector বা বাহকের সাহায্যে জিন-প্রতিস্থাপন :

জিন প্রতিস্থাপনের জন্য প্রধানত ভেক্টরের সাহায্য নেওয়া হয়। এই পদ্ধতি অনেক বেশি নির্ভরযোগ্য এবং কিছু ভেক্টরের সাহায্যে বাঞ্ছিত জিনের ক্লোনিং সম্ভব। Vector হিসেবে ব্যাকটেরিয়ার প্লাসমিড, ফাজ (phage), কয়েকপ্রকার ভাইরাস, এমনকি transposonও ব্যবহার করা হয়েছে। উদ্ভিদ কোষে Ti-plasmid কে ভেক্টর হিসেবে ব্যাকটেরিয়ার antibiotic প্রতিরোধক জিন স্থানান্তরে প্রথম ব্যবহার করা হয়। বর্তমানে বহু উদ্ভিদ প্রজাতি যেমন টম্যাটো, আলু, তামাক, সয়াবিন, পেটুনিয়া প্রভৃতিতে Ti-plasmid ব্যবহারে জিন-প্রতিস্থাপন সম্ভব হয়েছে, তবে লেগুম জাতীয় উদ্ভিদ এবং দানা শস্যে *A. tamefaciens* গল সৃষ্টিতে অপারগ, সেজন্য এইসব ক্ষেত্রে vector হিসেবে বিভিন্ন উদ্ভিদ ভাইরাস ব্যবহার করা হয়েছে।

15.4.3.4 Vector হিসেবে উদ্ভিদ ভাইরাসের ব্যবহার :

প্রাণীর ক্ষেত্রে Vector হিসেবে অনেক ভাইরাসের ব্যবহার রয়েছে, কিন্তু বেশিরভাগ উদ্ভিদ ভাইরাস যেহেতু RNA ভাইরাস, অর্থাৎ তাদের বংশগতি DNA-এর পরিবর্তে RNA নির্দিষ্ট, তাই এই সমস্ত ভাইরাস জিন-প্রতিস্থাপনের জন্য ব্যবহারের পক্ষে অনুকূল নয়। কয়েকটি উদ্ভিদ ভাইরাসের জিনোমে DNA পাওয়া যায়। এগুলি দুধরনের, যেমন Caulimovirus (কলিমোভাইরাস) ও Geminivirus (জেমিনিভাইরাস)। Cauliflower Mosaie Virus (CaMV, যা একপ্রকার Caulimovirus) এর জিনোমে 8 kb দ্বিতন্ত্রী DNA অণু পাওয়া যায়, যার মধ্যে 1 kb অপেক্ষা ক্ষুদ্রতর DNA অণু (অর্থাৎ একটিমাত্র জিন সংস্থাপন করা চলে)। ব্যাকটেরিয়ার dihydroplate reductase জিন (dhfr, 240 bp) বা মানুষের interferon (500 bp) জিন স্থানান্তরে CaMV ভাইরাসের ব্যবহার সফল হয়েছে। জেমিনি ভাইরাসকে একটি বা দুটি গোলাকৃতি single stranded DNA অণু পাওয়া যায় (যখন দুটি DNA A/DNA B হিসেবে চিহ্নিত)। এদের প্রতিলিপিকরণ (replicatior) RNA-র উপর নির্ভরশীল। ওই অণুদুটি 2.6 থেকে 3.0 kb দীর্ঘ এবং ওই জিনোমে ভাইরাস Capsid প্রোটিন জিনের স্থলে 3.0 kb দীর্ঘ বিজাতীয় DNA অণু সংস্থাপন সম্ভব। উপরন্তু জেমিনি ভাইরাস বহু প্রজাতির উদ্ভিদ আক্রমণে সক্ষম, সেজন্য CaMV-র তুলনায় ভেক্টর হিসেবে জেমিনি ভাইরাসের ব্যবহার অনেক বেশি। Wheat dwarf ভাইরাস (একপ্রকার জেমিনি ভাইরাস) বিভিন্ন দানা শস্যে, যেমন *Triticum monococum, Zea mays* প্রভৃতিতে বিশেষভাবে ব্যবহার করা হচ্ছে।

15.4.3.5 Vector হিসেবে transposon (ট্রান্সপোজন)-এর ব্যবহার :

Transposon একপ্রকার DNA খণ্ড যা কোষের ক্রোমোজোমের মধ্যে স্বতঃপ্রবৃত্তভাবে স্থান পরিবর্তনে সক্ষম। 1934 সালে Barbara Mc clintock ভুট্টায় প্রথম transposon-এর উপস্থিতি লক্ষ করেন। বর্তমানে ট্রান্সপোজনের উপস্থিতি প্রায় সমস্ত প্রজাতিতেই লক্ষ্য করা গেছে। সাধারণভাবে transposon স্থান পরিবর্তনের মাধ্যমে ক্রোমোজোমের DNA অণুতে বেস্ অণুক্রমের পরিবর্তন আনে, যা পরিব্যক্তিজনিত বিবর্তনের সহায়ক। দেখা গেছে যে এক প্রজাতির transposon অন্য প্রজাতিতে কার্যকরী, ফলে vector হিসেবে transposon কেও ব্যবহার করা সম্ভব। বস্তুতপক্ষে দানাশস্যের ক্ষেত্রে vector হিসেবে transposon-এর ব্যবহার সর্বাধিক।

অনুশীলনী-3

সংক্ষেপে উত্তর দিন :

(i) Restriction endonuclease কেন উৎস Bacteria-র Nucleotide অনুক্রম আক্রমণে ব্যর্থ ?

(ii) cDNA এর অর্থ কী ?

(iii) Recombinant DNA কাকে বলে ?

(iv) Gemini virus এর বিশেষত্ব কী ?

(v) Transposon এর উপস্থিতি প্রথম কে লক্ষ করেন এবং কোন্ প্রজাতিতে ?

15.5 কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ ট্রান্সজেনিক উদ্ভিদ

1983 সালে Montagu ও Schell উদ্ভিদকোষে প্রথম ব্যাকটেরিয়ার একটি জিন (Neomycin phosphotransferse) স্থানান্তরে সমর্থ হন। কয়েক বৎসরের মধ্যেই 1987 সালে ব্যাকটেরিয়ার কীটপতঙ্গ রোধকারী *Bt (Bacillus thuringiensis* উৎস ব্যাকটেরিয়া) জিন প্রতিস্থাপিত ট্রান্সজেনিক উদ্ভিদ সৃষ্টি হয়। বর্তমানে বেশ কয়েকটি ট্রান্সজেনিক উদ্ভিদ বাণিজ্যিক ভিত্তিতে চাষ হচ্ছে, যার কয়েকটি সারণি 15.1 তে উল্লেখ করা হল। বহু সংখ্যক G. M. উদ্ভিদ বর্তমানে ক্ষেত্রীয় পরীক্ষাধীনে (field trial) রয়েছে।

সারণি 15.1 : কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ জিন-প্রতিস্থাপন-জাত উদ্ভিদ—

উদ্ভিদ	উদ্ভাবক সংস্থা.	পরিবর্তিত চরিতর	বিজাতীয় জীনের উৎস
আলু	Monsanto	কীটপতঙ্গারোধক্ষম	ব্যাকটেরিয়া
টমাটো	Calgene, DNA-plant Technology	বিলম্বিত পক্কতা	Antisense RNA
তুলা	Dupont, Calgene	আগাছা-নাশক সহিষ্ণু	ব্যাকটেরিয়া, Arabidopsis
তুলা	Monsanto	কীটপতঙ্গারোধক্ষম	ব্যাকটেরিয়া
ভুট্টা	Ciba-Geigy	কীটপতঙ্গারোধক্ষম	ব্যাকটেরিয়া
ভুট্টা	Plant Genetice system	পুংবন্ধ্যা ও আগাছানাশক সহিষ্ণু	ব্যাকটেরিয়া ও ভাইরাস
স্কোয়াশ	Upjohn	ভাইরাস প্রতিরোধী	পেটুলিয়া ও ব্যাকটেরিয়া
সয়াবীন	Monsanto	আগাছানাশক সহিষ্ণু	বন্য সয়াবীন
পেঁপে	Univ. of Hawaii	ভাইরাস প্রতিরোধী	ভাইরাস

জিন-প্রতিস্থাপন-জাত উদ্ভিদগুলি বাণিজ্যিক ভাবে ব্যবহারযোগ্য কিনা তা কঠোর বিশ্লেষণের পর স্থিরীকৃত হয়, এবং তারপর নিরাপত্তাসূচক শংসাপত্র দেওয়া হয়। এই বিশ্লেষণে নির্ধারণ করা হয় ওই উদ্ভিদ

মনুষ্যখাদ্য, পশুখাদ্য ও পরিবেশগতভাবে নিরাপদ কিনা। সারণি 15.2 কয়েকটি ট্রান্সজেনিক উদ্ভিদের নিরাপত্তা সূচক দেওয়া হল।

সারণি 15.2 : নিরাপত্তা ছাড়পত্র কয়েকটি ট্রান্সজেনিক উদ্ভিদ—

উদ্ভিদ	উদ্ভাবক সংস্থা	প্রতিস্থাপিত জিন	প্রতিস্থাপন পদ্ধতি	নিরাপত্তা শংসা		
				মনুষ্য খাদ্য	পশু খাদ্য	পরিবেশ
আলু	Monasanto	Bt-gene	Agrobacterium	*	*	*
ভুট্টা	Ciba-Geigy	Bt-gene	Particle-gun	*	*	*
Oil seed rape	Monsanto	Glyphosate সহিষ্ণু	Agrobacterium	*	*	*
Oil seed rape	Plant Geneties System	Male-sterility gene	Agrobacterium	NR	*	NT
সয়াবিন	Monsanto	গ্লাইফেসেট-সহিষ্ণু	Particle gun	*	*	*

NR- not required, NT- not tested

কর্ষিতক উদ্ভিদের বন্য প্রজাতিগুলির মধ্যে অনেক বেশি রোগ-প্রতিরোধ ক্ষমতা, বিশেষ করে ভাইরাস ও ছত্রাক-জনিত রোগ প্রতিহত করার ক্ষমতা থাকে। কর্ষিতক উদ্ভিদে ওই সমস্ত জিন-প্রতিস্থাপনে ভাইরাস ও ছত্রাক-জনিত রোগ প্রতিরোধ করা সম্ভব। যদি ভাইরাসের কোট প্রোটিন (coot protein), যা ভাইরাসের জিনোমকে বেষ্টন করে থাকে, নির্ধারক জিন কোনো উদ্ভিদে উপস্থিত থাকে, তবে ওই ভাইরাস উক্ত উদ্ভিদকে আক্রমণে ব্যর্থ হয়। Virus-এর Coat protein জিন প্রতিস্থাপনে বেশ কিছু ভাইরাস প্রতিরোধক্ষম ট্রান্সজেনিক উদ্ভিদ সৃষ্টি হয়েছে। এর মধ্যে রয়েছে বার্লির Yellow dward, ভুট্টার dwarf mozaic, আলুর leaf roll, virus Xm virus Y, টম্যাটোর yellow leaf roll ইত্যাদি।

প্রায় একই পদ্ধতি অবলম্বনে উদ্ভিদে ছত্রাকরোগ প্রতিহত করা সম্ভব। বিভিন্ন ছত্রাকের কোষপ্রাচীর chitin, glucon প্রভৃতি পদার্থে তৈরি। এজন্য chitinase, glucanase প্রভৃতি উৎসেচক ওই সমস্ত ছত্রাকের কোষ প্রাচীর ক্ষতিগ্রস্ত করে। কর্ষিতক উদ্ভিদে ওই সকল প্রতিষেধক এর জিন প্রতিস্থাপন করে ওই ট্রান্সজেনিক উদ্ভিদে ই উৎসেচক সৃষ্টি সম্ভব। ছত্রাক ওই সমস্ত উদ্ভিদ পরিহার করে। এই ধরনের কয়েকটি transgenic উদ্ভিদের মধ্যে রয়েছে লেটুস (তামাকের chitinase জিন প্রতিস্থাপিত), শশা (তামাকের glucanace জিন), টম্যাটো (তামাকের chitinase জিন), যেগুলি যথাক্রমে downy mildew, ধ্বসা রোগ, powdery mildew রোগ প্রতিরোধের ক্ষমতা অর্জন করেছে।

তৈল বীজ উদ্ভিদে ও জিন প্রযুক্তিতে ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হচ্ছে। বিগত দশকে পৃথিবীতে গড়ে বৎসরে 60×60^6 টন উদ্ভিজ্জ তেল উৎপাদিত হয়। এর দুই তৃতীয়াংশ ভোজ্য তেল এবং এক তৃতীয়াংশ শিল্পে যেমন সাবান, ডিটারজেন্ট শিল্প প্রভৃতিতে ব্যবহার করে। জ্বালানি হিসেবেও উদ্ভিজ্জ তেলের ব্যবহারের চিন্তা চলছে। সাবান ও detergent শিল্পে lauric acid যুক্ত তেলের ব্যবহার বহুল। এটি একটি মাঝারি আকারের (c-12) শৃঙ্খলযুক্ত ফ্যাটি অ্যাসিড। গত দশকে আমেরিকা যুক্তরাষ্ট্রে এর চাহিদা ছিল 6,40,000 টন। লরিক

অ্যাসিডযুক্ত উদ্ভিজ্জ তেলের প্রধান উৎস দক্ষিণ-পূর্ব এশিয়ার উষ্ণ অঞ্চলের পাম জাতীয় উদ্ভিদ ও নারিকেল। শীত প্রধান উন্নত দেশগুলিতে এই ধরনের উদ্ভিজ্জ তেলের চাহিদা মেটানোর জন্য ট্রান্সজেনিক উদ্ভিদের সহায়তা নেওয়া হচ্ছে। Lauric acid এর সংকেত C-12 acyl carrier protein thisterease (BTE) জিনে রয়েছে। ওই জিন California bay (*Umballularia Californica)* উদ্ভিদেও বর্তমান। ওই জিন ইতিমধ্যেই *Brassica nepa* র seed storage protein (napin, ন্যাপীন) এর জিনের promoter এর সঙ্গে যুক্ত করে *Arabidopsis* এবং rape oil seed এর মধ্যে প্রতিস্থাপন সম্ভব হয়েছে। সারণি 15.3 এ কয়েকটি তৈলবীজ উদ্ভিদে জিন প্রযুক্তির উদ্দেশ্য দেখানো হল।

সারণি 15.3 : কয়েকটি তৈলবীজ উদ্ভিদে জিন প্রযুক্তির উদ্দেশ্য—

উদ্দেশ্য	প্রয়োজন
1. *Brassica*-র বিভিন্ন প্রজাতিতে erusic acid এর পরিমাণ বৃদ্ধি।	শিল্পে ব্যবহারযোগ্য করে তোলা, যাতে উৎপাদন মূল্য হ্রাস পায়।
2. সয়াবিন তেলে linoleic acid -এর পরিমাণ কমানো।	অধিকতর স্থিতিশীলতা।
3. নাতিশীতোষ্ণ অঞ্চলে চাষযোগ্য এমন তৈলবীজ উদ্ভিদের সৃষ্টি করা, যার মধ্যে প্রচুর পরিমাণ lauric acid উপস্থিত থাকে।	কাঁচামাল স্থায়ীভাবে এবং স্বল্পমূল্যে পাওয়ার জন্য।
4. কোকো-বিনে অসম্পৃক্ত fatty acid এর পরিমাণ হ্রাস।	গরমে যাতে চকোলেট গলে না যায়।

আগেই আমরা আলোচনা করেছি যে ইতিমধ্যেই বাণিজ্যিক ভাবে চাষযোগ্য বেশ কয়েকটি ট্রান্সজেনিক উদ্ভিদ সৃষ্টি হয়েছে। নীচে আমরা কয়েকটি বিশেষ ট্রান্সজেনিক উদ্ভিদ সম্পর্কে আলোচনা করব।

15.5.1 কীটপতঙ্গ রোধক্ষম ট্রান্সজেনিক উদ্ভিদ

এই উদ্দেশ্যে দুটি ভিন্ন পদ্ধতি অবলম্বন করা হয়। একটি পদ্ধতিতে *Bacillus thuringiensis* ব্যাকটেরিয়ার Bt জিনের ব্যবহার করা হয়। ওই ব্যাকটেরিয়ার spore-এ একপ্রকার কেলাসিত প্রোটিন জাতীয় toxin পাওয়া যায় যা insecticidal crystal protein (ICP) নামে পরিচিত। কীটপতঙ্গের লার্ভা ওই ICP খেলে ওই protein এক টক্সিনে পরিণত হয়, যা larva-র midgut কে অসার করে দেয়, এবং ওই লার্ভা খাওয়া বন্ধ করে দেয় এবং পরে মারা যায়। মানুষ বা উচ্চতর প্রাণীর ক্ষেত্রে ওই toxin ক্ষতিকারক নয়। বহুদিন ধরেই অবশ্য ওই ICP ব্যাকটেরিয়ার spore থেকে আহরিত হচ্ছে এবং মশা, মথ প্রভৃতি পতঙ্গ দমনে ব্যবহৃত হয়ে আসছে। কিছুদিন পূর্বে Mycogen সংস্থা ওই জিন Psendomonas ব্যাকটেরিয়ার জিনোমে প্রতিস্থাপন করে। ওই রূপান্তরিত (recombinant) ব্যাকটেরিয়া থেকে প্রাপ্ত ICP কপি, ব্রকোলি, লেটুস, আলু, বেগুন প্রভৃতি সবজিচাষে সফল insecticide হিসেবে ব্যবহৃত হচ্ছে। তবে এর ব্যবহারের খরচ প্রচুর পরিমাণে হ্রাস করা যায় যদি ওই জিন সরাসরি কর্ষিতক উদ্ভিদে প্রতিস্থাপন করা

সম্ভব হয়। এক অণু ICP-র মধ্যে 1155 অ্যামাইনো অ্যাসিড রয়েছে, যার মধ্যে N. terminal এর 607 অ্যামাইনো অ্যাসিড ওই toxin-এ উপস্থিত। ওই ICP-র আণবিক ভর (Mel. et) 1,30,000 Da, কিন্তু ওই toxin এর ভর 60,000 Da। ICP-র উপর trypsin বা chymotrypsin (কাইমোট্রিপসিন) এর বিক্রিয়ায় ওই toxin মুক্ত হয়। জিনের নির্দিষ্ট খণ্ডিত অংশ Ti-plasmid এর মাধ্যমে বিভিন্ন উদ্ভিদ জিনোমে স্থানান্তর সম্ভব হয়েছে এবং ওই সমস্ত উদ্ভিদ বিভিন্ন কীটপতঙ্গা প্রতিরোধে সক্ষম। সারণি 15.4 এ ধরনের কয়েকটি উদ্ভিদের উল্লেখ করা হল।

সারণি 15.4 : Bt-gene প্রতিস্থাপিত কয়েকটি উদ্ভিদ

উদ্ভিদ	উদ্ভাবক সংস্থা	ক্ষতিকারক পতঙ্গা
ভুট্টা	Ciba-Geigy/Mycogen	Corn-borer
তুলা	Monsanto	Boll worm/bud-worm
আলু	Monsanto	Colorodo potato beetle
তামাক	Plant Genetics System	Hornworm

সাধারণত দেখা যায় যে কর্ষিতক উদ্ভিদের বন্য-প্রজাতিগুলির কীটপতঙ্গা প্রতিরোধের সহজাত ক্ষমতা থাকে। এই ক্ষমতা কোষস্থিত কিছু প্রোটিনেজ নিষেধেকের (inhibitors) উপস্থিতির উপর নির্ভরশীল। প্রোটিনের পাচন প্রক্রিয়া কিছু প্রোটিনেজ উৎসচকের উপর নির্ভর করে। কিন্তু ওই নিষেধকগুলি উৎসেচকের ক্রিয়ায় বাধা দেয়, ফলে পাচন ক্রিয়ায় বিঘ্ন ঘটে। সেইজন্য পতঙ্গা যে সমস্ত উদ্ভিদে নিরোধক বর্তমান ওই সকল উদ্ভিদ পরিহার করে। কর্ষিতক উদ্ভিদে সাধারণভাবে প্রোটিনেজ (protease, proteinase) নিষেধক অনুপস্থিত, কিন্তু বন্য প্রজাতির ওই সকল জিন কর্ষিতক উদ্ভিদের জিনোমে প্রতিস্থাপন সম্ভব। উদ্ভূত কর্ষিতক উদ্ভিদ কীটপতঙ্গা রোধে সক্ষম হয়। এই পদ্ধতিতে আফ্রিকার বরবটি (cowpea) প্রজাতির trypsin-inhibitor) (ট্রিপসিন-নিরোধক) জিন তামাকে প্রতিস্থাপনে উদ্ভূত উদ্ভিদ lepidopteren এবং coleopteran পতঙ্গাসমূহ যেমন army worm, corn,-earworm, root-worm প্রভৃতি প্রতিরোধে সক্ষম।

15.5.2 টম্যাটোর বিলম্বিত পক্কতা এবং দীর্ঘ-স্থায়িত্ব

টম্যাটো এবং অন্যান্য ফল উৎপাদন ক্ষেত্র থেকে শহর বা বিক্রয়কেন্দ্রে আনার জন্য বহু সময় প্রয়োজন হয়। এই সমস্ত নরম ফল পাকা অবস্থায় পরিবহনে প্রচুর পরিমাণ নষ্ট হয়, সেইজন্য অনেকক্ষেত্রেই সঠিক পাকার আগেই তাদের তুলে নিয়ে বাজারে পাঠানো হয়, যার জন্য ফলের উৎকর্ষ অনেক পরিমাণে খর্ব হয়।

প্রান্তলিপি 15.4

Bt-gene বা প্রোটিনেজ নিষেধক ট্রান্সজেনিক উদ্ভিদ বিশেষভাবে অভিপ্রেত হলেও, মনে রাখা দরকার যদি ওই সমস্ত উদ্ভিদের পতঙ্গা-বিনাশের পূর্ণ ক্ষমতা না জন্মায়, তবে পতঙ্গোরা বিবর্তনের মাধ্যমে অতি অল্পসময়েই প্রতিরোধক্ষমতা অর্জন করতে পারে, এবং সেক্ষেত্রে ভয়াবহ পরিণতির আশংকা করা যায়। সেজন্য একই উদ্ভিদে দুই ভিন্ন ধরনের পতঙ্গানাশক জিন প্রতিস্থাপন বাঞ্ছনীয়, যাতে ওই পতঙ্গোরা কোনো মতেই প্রতিরোধক্ষমতা অর্জনে সমর্থ না হয়।

সেই কারণে ফলের বিলম্বিত পক্কতা (delayed ripening) বা দীর্ঘ স্থায়িত্বের (long shelf-line) জন্য জিন প্রযুক্তির ব্যবহার করা হয়েছে। ইতিমধ্যেই দুধরনের দীর্ঘস্থায়ী টম্যাটো বাজারে পাওয়া যাচ্ছে, যেমন Flavr-savr (calgene) এবং Endless Summer (DNA plant biotechnolgy)। এই ধরনের উদ্ভিদ সৃষ্টিতে anti-sence RNA প্রযুক্তি ব্যবহার করা হয়েছে। এই প্রযুক্তিতে উদ্ভিদে কোনো বিশেষ প্রোটিন বা উৎসেচকের উৎপাদন ব্যাহত করা যায় ওই জিনের প্রতিচ্ছবি বা পরিপূরক (complimentary) DNA খণ্ডকে বিপরীতমুখী ভাবে ক্রোমোসোমে প্রতিস্থাপন করে। ওই প্রতিচ্ছবি DNA (antisence gene) খণ্ড থেকে যে mRNA (anti sense RNA) সৃষ্টি করে, তার বেস অনুক্রম হবে ওই জিন উদ্ভূত mRNA (sense RNA) এর বেস অনুক্রমের পরিপূরক। ফলে ওই দুই RNA পরস্পর হাইড্রোজেন বন্ড দ্বারা আবদ্ধ হবে এবং ওই বিশেষ প্রোটিন বা উৎসেচক অনুদিত (translation) হবে না।

Flaver-Savr টম্যাটোতে poly galactaranase উৎসেচকের antisense ব্যবহার করা হয়েছে। ই উৎসেচক ফল পাকার পর সৃষ্টি হয় এবং ফলের কোষ প্রাচীরের পেক্টিন ভেঙে দেয়, এর জন্য ফল নরম হয় এবং পচন শুরু হয়। কিন্তু ট্রান্সজেনিক উদ্ভিদে ওই উৎসেচক খুব কমই তৈরি হতে পারে, ফলে টম্যাটো দীর্ঘ দিন পেলক্ স্থায়িত্ব লাভ করে।

বহু ফলের পক্কতা উদ্ভিদ হর্মোন ethylene (ইথিলিন) এর উপর নির্ভরশালী। ফলের মধ্যে ethylene তেরি হয়, যা ফলকে পাকতে সাহায্য করে। কৃত্রিমভাবে ফল পাকানোর জন্যও ইথিলিন ব্যবহার করা হয়। ফলের মধ্যে ইথিলিন এর উৎপাদন কম হলে ফল দীর্ঘ স্থায়িত্ব লাভ করে। ইথিলিন ফলের মধ্যে S-adenosylmethionne (এস্-এজিনোসিলমিথিওনিন) থেকে সংশ্লেষিত হয়। S-adenosyl methionines আবার 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC, 1-অ্যামাইনোসাইক্লোপ্রপেন-1-কারবক্সিলিক অ্যাসিড) থেকে সৃষ্টি হয়, এবং তার জন্য Acc-oxidase উৎসেচকের প্রয়োজন হয়। Anti-sense ট্রান্সজেনিক টম্যাটোতে ACC-oxidase-এর উৎপাদন 97% হ্রাস করা সম্ভব হয়েছে, ফলে উদ্ভূত টম্যাটো পাকার পরও 6 সপ্তাহেরও বেশি সময় সতেজ থাকে। তরমুজেও এই প্রযুক্তি অবলম্বনে সাফল্য পাওয়া গেছে।

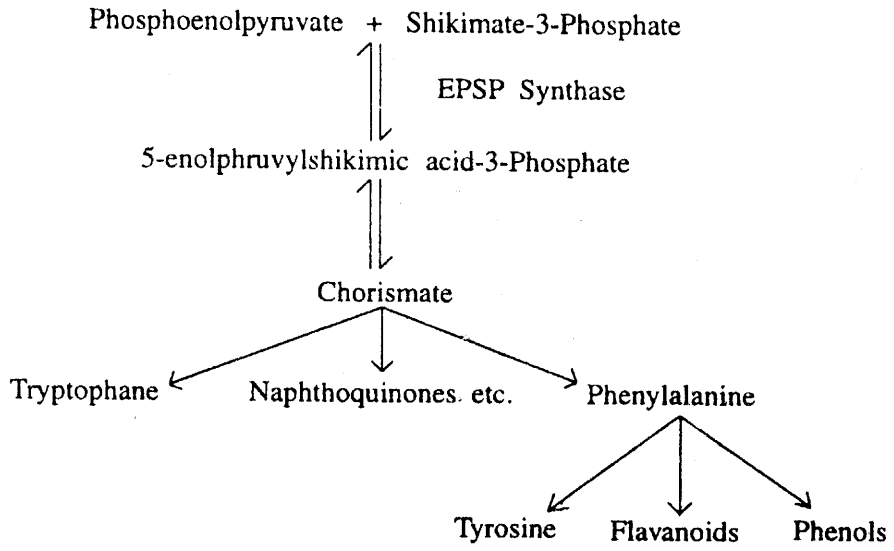
15.5.3 আগাছা-নাশক সহিষ্ণু ট্রান্সজেনিক উদ্ভিদ

কৃষিক্ষেত্রে, বিশেষত বৃহৎ আবাদভূমিতে আগাছা-বিনাশের জন্য রাসায়নিক আগাছা-নাশক প্রয়োগের প্রয়োজন হয়। সেই জন্য বিভিন্ন প্রকার আগাছা নাশক যেমন glyphosate (গ্লাইফোসেট), bromoxynil (ব্রোমোক্সিলিন), glufosinate (গ্লুফোসিনেট) প্রভৃতি ব্যবহার করা হয়। তবে আগাছানাশকগুলি কর্ষিতক উদ্ভিদের পক্ষেও সমান ক্ষতিকর। এই কারণে কর্ষিতক উদ্ভিদে আগাছা-নাশক সহিষ্ণুতার বিশেষ প্রয়োজন। ইতিমধ্যেই বেশ কয়েকটি আগাছা-নাশক সহিষ্ণু ট্রান্সজেনিক উদ্ভিদ সৃষ্টি হয়েছে, তার দুয়েকটি সম্পর্কে আলোচনা করা হল।

15.5.3.1 গ্লাইফোসেট সহিষ্ণু উদ্ভিদ :

Glyphosate একটি স্বল্প ব্যয় সাপেক্ষ আগাছা নাশক। এটি অতি অল্প পরিমাণেই আগাছা বিনাশে সক্ষম। গ্লাইকোসেট উদ্ভিদে Aromatic amino acids, যেমন Tryptophane (ট্রিপ্টোফেন), Phenyl alanine (ফেনিল অ্যালানিন), Tyrosine (টাইরোসিন) সংশ্লেষে বাধা সৃষ্টি করে। মানুষের দেহে কিন্তু এই

অ্যামাইনো অ্যাসিডগুলি সংশ্লেষ হয় না। মানুষ এগুলি সরাসরি খাদ্য থেকে সংগ্রহ করে, সেজন্য গ্লাইফোসেট মানুষের পক্ষে ক্ষতিকারক নয়। Amrhein (আমরাইন) ও তাঁর সহকর্মীরা 1980 সালে লক্ষ করলেন যে গ্লাইফোসেট উদ্ভিদে একটি বিশেষ উৎসেচক 5-enolpyruvyl-shikimate 3-phosphate synthase (EPSP synthase, 5-ইনোলপাইরুভিলসিকিমেট 3-ফসফেট সিনথেন) কে নিষ্ক্রিয় করে। ফলে গ্লাইফোসেটের উপস্থিতিতে ওই তিন অ্যামাইনো অ্যাসিড তৈরি সম্ভব হয় না। ওই তিন অ্যামাইনো অ্যাসিডের সৃষ্টিতে EPSP-synthase উৎসেচকের ভূমিকা চিত্র 15.5 এ দেখানো হল।



চিত্র **15.5 :** Aromatic অ্যামাইনো অ্যাসিড সংশ্লেষে EPSP synthase-এর ভূমিকা।

যদি EPSP-synthease এর কার্যক্ষমতা অক্ষুণ্ণ রেখে ওই উৎসেচকের গঠন এমনভাবে পরিবর্তন করা যায় যে গ্লাইফোসেট তার সঙ্গে বিক্রিয়ায় অপরাগ হয়, অথবা যদি উদ্ভিদকোষে EPSP-synthase প্রচুর পরিমাণে উৎপন্ন করা যায়, তবে ওই উদ্ভিদ স্বাভাবিক মাত্রায় গ্লাইফোসেট সহিষ্ণু হতে পারে। Salmonella ব্যাকটেরিয়ার EPSP0synthase জিনের একটি মাত্র বেস (C র স্থলে T) পরিবর্তন করে (base substitution) যে সামান্য গঠনগত পরিবর্তন আনা সম্ভব হয়েছে (ফলে অনুদিত পলিপেপটাইডে একটি amino acid প্রলিন (proline) এর স্থলে সেরিন (serine) পাওয়া যায়)। এর ফলে Glyphosate ওই উৎসচকের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অসমর্থ হয়। A. *tumefaciens* এর Ti-plasmid এর মাধ্যমে ওই পরিবর্তিত EPSP-synthase জিন তুলা, সয়াবিন, রেপসিড প্রভৃতি উদ্ভিদে প্রতিস্থাপন করা সম্ভব হয়েছে (Monsanto)। ওই সমস্ত উদ্ভিদ গ্লাইফোসেট সহিষ্ণুতা লাভ করেছে।

অন্যদিকে *Petunia* প্রভৃতি উদ্ভিদে EPSP-synthase জিনের স্ববিস্তার ঘটিয়ে প্রায় 20 গুণ বেশি উৎসেচক তৈরি সম্ভব হয়েছে। গ্লাইফোসেট এর সঙ্গে বিক্রিয়ার পরে অতিরিক্ত EPSP-synthase ওই সমস্ত অ্যারোম্যাটিক অ্যামাইনো অ্যাসিড সংশ্লেষে অংশগ্রহণ করতে পারে, ফলে ওই উদ্ভিদ ও সাধারণ পরিমাণ গ্লাইফোসেট আগাছা-নাশক ব্যবহারে ক্ষতিগ্রস্ত হয় না।

অন্যদিকে আগাছানাশক bromoxynil (ব্রোমোক্সোনিল) photosystem II এর D, প্রোটিনকে বিনষ্ট করে, ফলে উদ্ভিদ ক্ষতিগ্রস্ত হয়। কিন্তু *Klebsiella* ব্যাকটেরিয়া ব্রোমোক্সিনিলকে ভেঙে non-tonic 3-5 bromo-4-hydroxybenzoic acid (3-4 ব্রোমো 4 হাইড্রোক্সি বেনজয়িক অ্যাসিড) এ রূপান্তরিত করতে পারে। এর জন্য প্রয়োজনীয় উৎসচকের (nitrilase) সংকেত ওই ব্যাকটেরিয়ার প্লাসমিডে অবস্থিত। ওই nitrilase যেহেতু ওই জিন Bromoxynil এর উপর কার্যকরী, সেজন্য এটি bxn জিন এবং ওই উদ্ভিদ bxn উদ্ভিদ নামে পরিচিত।

উদ্ভিদের বৃদ্ধি নিয়ন্ত্রক 2, 4-D অক্সিন ও আগাছা নাশক হিসেবে ব্যবহার করা হয়। *Alcagines* ব্যাকটেরিয়ার cytochrome P450 minogenase উৎসেচক 2, 4-D কে ভাঙতে সমর্থ। ওই উৎসেচকের জিন *Alcajined* ব্যাকটেরিয়ার প্লাসমিডে অবস্থিত এবং ওই জিন প্রতিস্থাপনে 2, 4-D সহিষ্ণু তামাক ও তুলা সৃষ্টি হয়েছে।

15.5.4 উদ্ভিদের জিন প্রযুক্তির কয়েকটি ভিন্ন প্রয়োগ

মানুষের নিত্য চাহিদার প্রধান খাদ্য ও বস্ত্র। উভয়ক্ষেত্রেই জিন প্রযুক্তি বিশেষভাবে সহায়ক হতে পারে, যার প্রাথমিক ধারণা আমরা উপরের আলোচনা থেকে পেয়েছি। এছাড়া ভিন্ন ধরনের ট্রান্সজেনিক উদ্ভিদ সৃষ্টির প্রয়াসও চলছে। বিভিন্ন উদ্ভিদে খাদ্যগুণে কিছু কিছু ঘাটতি দেখা যায়। যেমন ডালের মধ্যে আমরা প্রচুর পরিমাণ প্রোটিন পেলেও কয়েকটি aminoacid ওই protein-এ কম থাকে। অন্যদিকে দানা শস্যে lysine ও Bryptophase-এর অভাব থাকে। ট্রান্সজেনিক উদ্ভিদের মাধ্যমে এই সব ঘাটতি পূরণ করার চেষ্টা চলছে। এই প্রসঙ্গে ট্রান্সজেনিক ধান Golden Rice (Potrykus, 1999) উল্লেখের দাবি রাখে। Golden Rice-এ beta carotene-এর জিন এমনভাবে প্রতিস্থাপন করা হয়েছে যাতে endosperm এ beta-carotene জমা হয়, ফলে চাল সোনালি রঙের হয়। মানুষ beta carotene থেকে ভিটামিন A পেতে পারে। প্রজনন পদ্ধতিতে এই ধানের তন্ডুলে Fe-এর মাত্রাও বৃদ্ধি করা সম্ভব হয়েছে। আশা করা যায় Golden Rice তৃতীয় বিশ্বে শিশুদের মধ্যে Vitamin A এর অভাব মিটিয়ে অন্ধত্ব প্রতিরোধে সক্ষম হবে, যদি Vitamin A এর দ্রাবক চর্বিজাতীয় খাদ্য তাদের দৈনন্দিন খাদ্য তালিকায় যোগ করা যায়।

অন্যদিকে বেশ কিছু ট্রান্সজেনিক উদ্ভিদকে "molecular farming" এ ব্যবহার করা হচ্ছে। যেমন Rape seed (*Brassica napus*) উদ্ভিদে মানুষের নিউরোপেপটাইড লিউ-এনকাফেলিন (leu-enkaphalia) জিন প্রতিস্থাপিত হয়েছে। অনুরূপ তামাকের মধ্যে ব্যাকটেরিয়া (*Bacillus licheniformis*) ব্যাসিলাস লাইকেনিফরমিস্ এর α-amylase জিন প্রতিস্থাপিত হয়েছে। ওই সমস্ত উদ্ভিদ থেকে ওই বিশেষ পেপটাইড বা উৎসেচক বাণিজ্যিক ভাবে আহরিত হচ্ছে। এছাড়াও চিকিৎসা বিজ্ঞানে ট্রান্সজেনিক উদ্ভিদের আরও অবদান রয়েছে, যেমন আলুর মধ্যে কলেরার জীবাণুর enterotoxin এন্টিজেন (যা Oral vaccine হিসেবে ব্যবহার করা চলে) জিন প্রতিস্থাপন করা হয়েছে। জিন প্রযুক্তির আরও একটি সফল ব্যবহার ম্যালেরিয়ার epitope টোব্যাকো মোজেইক ভাইরাসের (TMV) Coat protein জিন-সংলগ্নে প্রতিস্থাপন করা। ওই পরিবর্তিত TMV আক্রান্ত তামাক গাছ থেকে প্রচুর পরিমাণে Malarial epitope পাওয়া যেতে পারে, যা ম্যালেরিয়ার ভ্যাকসিন হিসেবে ব্যবহারের সম্ভাবনা রয়েছে। চিকিৎসা বিজ্ঞানে ব্যবহৃত কয়েকটি ট্রান্সজেনিক উদ্ভিদ থেকে প্রাপ্ত যৌগ সারণি 15.5 এ দেখানো হয়েছে।

সারণি 15.5 : কয়েকটি চিকিৎসায় ব্যবহৃত অভিনব যৌগ উৎপাদনে ব্যবহৃত ট্রান্সজেনিক উদ্ভিদ

উদ্ভিদ প্রজাতি	যৌগ	ব্যবহার	জিনের উৎস
1. *Brassice nepus*	leu-enkephalin	নিউরোপেপটাইড	মানুষ
2. *B. nepus*	Magainin	ব্যাকটেরিয়া-প্রতিরোধী	ব্যাঙ
3. *Nicotiana tobacum*	Catalytic antibodies	ক্যানসার চিকিৎসা	মানুষ
4. *N. tabacum*	malarial epitope	ম্যালেরিয়া ভ্যাকসিন	ম্যালেরিয়া-প্যারাসাইট
5. *Solanum tuberosum*	Enterotoxin antigen	কলেরা Oral (ভক্ষণযোগ্য) ভ্যাকসিন	*Vibrio Cholerue*
6. *S. tubersum*	Serum albumin	বিভিন্ন চিকিৎসায় (broad clinical use)	মানুষ

15.6 জিন প্রযুক্তি সংক্রান্ত বিতর্ক

উপরের আলোচনা থেকে উদ্ভিদ জিন-প্রযুক্তি মানবকল্যাণে কীভাবে সাহায্য করতে পারে তার একটি সাধারণ পরিচয় পেতে পারি। তবে এই প্রযুক্তি নিয়ে বহু বিতর্কও সৃষ্টি হয়েছে এবং সে বিতর্ক সাধারণ মানুষের মধ্যেও ছড়িয়ে পড়েছে। অনেক দেশেই G. M. tood বা জিন manipulated খাদ্য বয়কটের আহ্বান করা হয়েছে। জিন-প্রযুক্তি সম্বন্ধে বিভিন্ন বিতর্ক সম্পর্কে জন-সাধারমের মতামতের জন্য 1999 খ্রিঃ ব্রিটেনের Biotechnology and Biological Sciences Research Council (BBSRC) কয়কেটি প্রশন তৈরি করেন, যেমন

1. উদ্ভিদ প্রযুক্তি সুফল ও সম্ভাব্য বিপদ কী কী ?
2. ভোক্তাদের উপর ট্রান্সজেনিক উদ্ভিদের কি কোনো প্রভাব পড়তে পারে ?
3. পরিবেশের উপর জিন-প্রযুক্তির প্রভাব কী হতে পারে ?
4. উদ্ভিদ প্রযুক্তি কি কোনো মানসিক সমস্যার সৃষ্টি করতে পারে ?
5. তৃতীয় বিশ্বের দেশগুলির উপর উদ্ভিদ প্রযুক্তির প্রভাব কী হতে পারে ? ইত্যাদি।

অনেক জিন-প্রযুক্তিতে উদ্ভূত খাদ্যকে Franken food আখ্যা দিয়েছেন। এটা ঠিকই G. M. food ব্যবহারের আগে আরও পরীক্ষা-নিরীক্ষা করা প্রয়োজন। যেমন Bt তুলার বীজ গবাদি পশুর খাদ্য ; Bt জিনের প্রভাব গবাদি পশুর উপর কী হতে পারে আমাদের জানা নেই। অন্যদিকে ওই গবাদি পশুর দুধ মানুষের খাদ্য ; সেখানে মানুষের উপরেও Bt-জিনের প্রভাব পড়তে পারে। তবে আশা করা যায় জিন-প্রযুক্তির সঠিক ব্যবহার কল্যাণমুখী হবে। বিশেষত তৃতীয় বিশ্বের ক্রমবর্ধমান জনসংখ্যার জন্য প্রয়োজনীয় খাদ্য কেবলমাত্র ট্রান্সজেনিক উদ্ভিদই সরবরাহ করতে পারে। জিন প্রযুক্তি একদিকে যেমন পরিবেশের ক্ষতিসাধন করতে পারে, অন্যদিকে পরিবেশ রক্ষায়ও জিন-প্রযুক্তির ভূমিকা রয়েছে। তবে জিন-প্রযুক্তি তৃতীয় বিশ্বের অর্থনীতির উপর বিরূপ চাপ সৃষ্টি করবে। তৃতীয় বিশ্বের উৎপাদনের ব্যবহার শিল্পোন্নত দেশে

কম হতে পারে। যেমন ট্রান্সজেনিক উদ্ভিদ laurical-এর জন্য শিল্পে নারকেল বা গাম তেলের ব্যবহার কম হবে, যা দক্ষিণ পূর্ব এশিয়ার অর্থনীতির উপর বিরূপ প্রতিক্রিয়া ফেলবে। অন্যদিকে ট্রান্সজেনিক উদ্ভিদ সংক্রান্ত গবেষণা উন্নত গবেষণাগারের উপর নির্ভরশীল এবং খুবই ব্যয়সাধ্য হওয়ায়, এই সব উদ্ভিদের patent অধিকার ধনী দেশগুলির বিশেষ কয়েকটি সংস্থার কুক্ষিগত। উপরন্তু এই সব উদ্ভিদের জন্য ব্যবহৃত আগাছা-নাশক ইত্যাদির পেটেন্ট ও ওইসব সংস্থার করায়ত্ত। ফলে এক ধরনের agricultural imperialism এর প্রসার ঘটছে যা তৃতীয় বিশ্বের অর্থনীতিকে গ্রাস করতে চলেছে। তাই জিন-প্রযুক্তি সম্পর্কে একটি পরিমার্জিত এবং বিজ্ঞানসম্মত জাতীয় নীতির প্রয়োজন।

অনুশীলনী-4

অল্প কথায় উত্তর দিন :

1. টম্যাটোর বিলম্বিত পক্কতার জন্য কোনো technology ব্যবহার করা হয়েছে ?
2. Bt-gone কোন্ ব্যাকটেরিয়া থেকে পাওয়া যায় ?
3. Glyphosate মানুষের পক্ষে ক্ষতিকারক নয় কেন ?
4. কারা প্রথম উদ্ভিদ কোষে ব্যাকটেরিয়ার জিন-প্রতিস্থাপন করেন এবং কোন্ জিন ?
5. Bxn-gene কী ?
6. Golden rice-এর নামের তাৎপর্য কী ?

15.7 সারাংশ

এই অধ্যায়ে প্রথমে জিন-প্রযুক্তির কয়েকটি ধাপের বিকাশ সম্পর্কে আলোচনা করা হয়েছে। এর মধ্যে রয়েছে জিন পৃথকীকরণ বা cDNA তৈরি পদ্ধতি। Vector-এর সাহায্যে অথবা PCR বিক্রিয়ায় ওই জিনের ক্লোনিং বা সুবিস্তার ঘটানো সম্ভব। ওই জিনকে বিভিন্ন পদ্ধতিতে উদ্ভিদ জিনোমে প্রতিস্থাপন করা যায়। যেমন প্রোটোপ্লাজমে electroporation পদ্ধতিতে, অথবা fusogen-এর সাহায্যে বা liposome-এর মাধ্যমে। এই উদ্দেশ্যে microinjection পদ্ধতি বা particle gun bombardment পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়েছে। তবে vector বা বাহকের সাহায্যে জিন-প্রতিস্থাপনই সবচেয়ে বেশি সাফল্য পেয়েছে। উদ্ভিদকোষে এই জন্য *Agrobacterium tumefaciens* ব্যাকটেরিয়ার Ti-plasmid-এর সাহায্য নেওয়া হয়। তবে কোনো কোনো ক্ষেত্রে বিশেষত দানা শস্যের ক্ষেত্রে CaMV এবং Gemini Virus-এর সাহায্য নেওয়া হয়েছে। Vector হিসেবে transposon-এর ব্যবহারও রয়েছে। জিন-প্রযুক্তি ব্যবহারে বেশ কয়েকটি কর্ষিতক উদ্ভিদ সৃষ্টি সম্পর্কে আলোচনা করা হয়েছে, যেমন কীটপতঙ্গ রোধকারী Bt-উদ্ভিদ, বা অন্য ধরনের ট্রান্সজেনিক উদ্ভিদ, Anti-sense RNA প্রযুক্তি অবলম্বনে উদ্ভূত টম্যাটোর বিলম্বিত পক্কতা ও ফলের দীর্ঘ স্থায়িত্ব সম্পর্কেও আলোচনা করা হয়েছে। আগাছানাশক-সহিষ্ণু ট্রান্সেজেনিক উদ্ভিদের উদ্ভাবনার বৈজ্ঞানিক ভিত্তি ব্যাখ্যা করা হয়েছে। পরিশেষে উদ্ভিদ প্রযুক্তি ব্যবহার সম্পর্কে কিছু বিতর্কের উপর আলোকপাত করা হয়েছে।

15.8 সর্বশেষ অনুশীলনী

1. জিন-প্রযুক্তির বিকাশ সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা করুন।
2. Ti-plasmid কোথায় পাওয়া যায় ? Ti-plasmid-এর গঠন আলোচনা করুন।
3. T-DNHA কী ? T-DNA কীভাবে উদ্ভিদকোষে স্থানান্তরিত হয় ?
4. বিজাতীয় জিন কীভাবে উদ্ভিদকোষ প্রতিস্থাপন করা যায় আলোচনা করুন।
5. Vector কাকে বলে ? Vector-এর কাজ কী ? উদ্ভিদকোষে জিন-প্রতিস্থাপনে কী ধরনের vector ব্যবহার করা হয় ?
6. কীটপতঙ্গ রোধক্ষম ট্রান্সজেনিক উদ্ভিদ কীভাবে তৈরি করা যায় আলোচনা করুন।
7. Virus রোগ ও ছত্রাক রোগ প্রতিরোধে উদ্ভিদ জিন-প্রযুক্তির ব্যবহার নির্দেশ করুন।
8. টম্যাটোর বিলম্বিত পক্কতা ও দীর্ঘ-স্থায়ত্বে জিন-প্রযুক্তি কীভাবে ব্যবহৃত হয়েছে আলোচনা করুন।
9. একটি আগাছা-নাশক সহিষ্ণু ট্রান্সজেনিক উদ্ভিদ সৃষ্টির বৈজ্ঞানিক ভিত্তি আলোচনা করুন।
10. জিন-প্রযুক্তি সংক্রান্ত বিতর্ক সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা করুন।

15.9 উত্তরমালা

অনুশীলনী-1

(iii) ক, (iv) খ, (i) গ, (ii) ঘ, (vi) ঙ, (v) চ।

অনুশীলনী-2

(i) 15.3, (ii) 15.3, (iii) 15.3, (iv) 15.3.1, (v) প্রান্তলিপি 15.2 (vi) 15.3.1

অনুশীলনী-3

(i) 15.4.1 (ii) 15.4.1, (ii) 15.4.1 (iv) 15.4.1, (v) 15.4.3.4

অনুশীলনী-4

(1) 15.5.2, (2) 15.5.1, (3) 15.5.3, (4) 15.5, (5) 15.5.3, (6) 15.5.4

সর্বশেষ অনুশীলনী :

1. 15.2 দেখুন।
2. 15.3 এবং 15.3.1 দেখুন।
3. 15.3 দেখুন ও চিত্র 15.1 যোগ করুন।
4. 15.4; 15.4.2; 14.5.3.1; 15.4.3.3; 15.4.3.4; 15.4.3.5 দেখুন।
5. 15.4.3.3, 15.4.3.4, 15.4.3.5 বিস্তারিত আলোচনা করুন।
6. 15.5.1 দেখুন।
7. 15.5 দেখুন।
8. 15.5.2 দেখুন।
9. 15.5.3 দেখুন।
10. 15.6 দেখুন।

একক 16 ❐ মানব-কল্যাণে উদ্ভিদ কলাপোষণের ভূমিকা

গঠন

16.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

16.2 কৃষিকার্যে, উদ্যান-চর্চায় ও অরণ্যসৃজনে উদ্ভিদ কলাপোষণ

16.3 উদ্ভিদ সংরক্ষণে কলাপোষণের ভূমিকা

16.4 জিন-প্রতিস্থাপনজাত উদ্ভিদ সৃষ্টিতে কলাপোষণ

16.5 উদ্ভিদ রাসায়নিকের উৎস হিসেবে উদ্ভিদ কলাপোষণ

16.6 সারাংশ

16.7 সর্বশেষ অনুশীলনী

16.8 উত্তরমালা

16.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

উদ্ভিদ জৈব প্রযুক্তি মানব-কল্যাণে বিশেষত কৃষি, বিজ্ঞান, রসায়ন, শিল্প ও চিকিৎসা শাস্ত্রে কি নবযুগের সূচনা করেছে। এর সাফল্য বহুমুখী এবং বর্তমানে নানান উদ্দেশ্যে এর ব্যবহার হচ্ছে। উদ্ভিদ কলাপোষণ পদ্ধতি যার মধ্যে কোষ ও প্রোটোপ্লাস্ট পোষণ ও অন্তর্গত, কৃষিক্ষেত্রে ব্যবহৃত বিভিন্ন উদ্ভিদের উন্নতিকলপে ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়েছে এবং হচ্ছে। উদ্যান ও অরণ্যসৃজনে ব্যবহারযোগ্য উদ্ভিদ প্রজাতিদের উন্নতিকল্পে কলাপোষণ বিশেষ গুরুত্ব লাভ করেছে। এছাড়াও উদ্ভিদ রাসায়নিকের উৎস হিসেবেও এই পদ্ধতির সাফল্য উল্লেখযোগ্য। উদ্ভিদ কলাপোষণ পদ্ধতি Germplasm সংরক্ষণেও বিশেষ সহায়ক। সর্বোপরি জিন-প্রতিস্থাপন জাত উদ্ভিদ সৃষ্টিতে কলাপোষণের ব্যবহার অপরিহার্য। এই সমস্ত কারণে মানব-কল্যাণে উদ্ভিদ কলাপোষণের ভূমিকা গভীর তাৎপর্যপূর্ণ। আমরা এই অধ্যায়ে সেই সম্পর্কে সংক্ষেপে কিছু আলোচনা করব। সুতারং এই একক পাঠে আপনারা পূর্বে আলোচিত কলাপোষণ পদ্ধতিগুলির ব্যবহারিক দিক এবং মানবকল্যাণে উদ্ভিদ কলাপোষণের ভূমিকা সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত পরিচয় পাবেন।

16.2 কৃষিকার্য, উদ্যানচর্চায় ও অরণ্যসৃজনে উদ্ভিদ কলাপোষণের ব্যবহার

উদ্ভিদ কলাপোষণের সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ ব্যবহার কৃষিকার্য ও উদ্যানচর্চায়। অরণ্য সৃজনেও এই পদ্ধতির বিশেষ গুরুত্ব আছে। এই উদ্দেশ্যে কলাপোষণ বিভিন্নভাবে ব্যবহৃত হয়েছে, যেমন—

16.2.1 রোগ প্রতিরোধক্ষম কর্ষিতক উদ্ভিদ সৃষ্টি

কোষীয় সংকরায়ণের মাধ্যমে কর্ষিতক উদ্ভিদের সঙ্গে আছি বন্য প্রকারণগুলির সংকরীকরণ সহজ হয়েছে। এই পদ্ধতি অবলম্বনে *Solanum*-এর বন্য প্রজাতি *S. bresidens* এর সঙ্গে কর্ষিতক *S. tubersum* এর সংকরীকরণ সম্ভব হয়েছে। উদ্ভূত কর্ষিতক আলু পাতা গোটানো ভাইরাস leaf-roll virus)

এবং Y- ভাইরাস প্রতিরোধে সক্ষম। এছাড়া বিটপ অগ্র পোষণে Virus মুক্ত উদ্ভিদ পাওয়া যায়, কারণ বিটপাগ্র ভাইরাস আক্রমণ থেকে মুক্ত থাকে। এই ধরনের ভাইরাস মুক্ত উদ্ভিদ বিভিন্ন কর্ষিতক উদ্ভিদে সৃষ্টি হয়েছে, যেমন মটর (*Piscersatium*) এবং বিভিন্ন *Citrus* প্রজাতি। ভিয়েতনামে ভাইরাস মুক্ত আলুর চাষ বিশেষ জনপ্রিয় হয়েছে, কারণ ওই চাষে ফসলের উৎপাদন বহুল পরিমাণে বৃদ্ধি পেয়েছে। এইভাবে উদ্ভূত virus মুক্ত উদ্ভিদ Germplasm সংরক্ষণে ও Germplasm-Exchange Programme এ বিশেষ মূল্যবান কারণ ওই উদ্ভিদ Quarantne মুক্ত (Bijman, 1992)।

16.2.2 হ্যাপ্লয়েড ও ডাইহ্যাপলয়েড উদ্ভিদ

হ্যাপ্লয়েড ও ডাইহ্যাপ্লয়েড উদ্ভিদ সৃষ্টিতে কলাপোষণ পদ্ধতির প্রভূত ব্যবহার রয়েছে। পরাগধানী ও পরাগপোষণে হ্যাপ্লয়েড উদ্ভিদ সৃষ্টি বর্তমানে প্রায় রুটিন পর্যায়ে এসেছে। হ্যাপ্লয়েড উদ্ভিদ পরিব্যক্তিগত পরীক্ষায় বিশেষ উপযোগী। এই পদ্ধতিতে চীনে প্রায় 50 টি ধানের ভ্যারাইটি ও 20 টি গমের ভ্যারাইটি সৃষ্টি সম্ভব হয়েছে। চীনা-বিজ্ঞানীরা এই পদ্ধতিতে একটি 'রাবার' উদ্ভিদ সৃষ্টি করেছেন যেটি উচ্চতায় 6 মিটারেরও বেশি এবং যেটি অযৌন পদ্ধতিতে বংশবিস্তারে সক্ষম। Polar, *Aesculus hippocastanus, Vitis vinifera, Malus pumila, M. prunifera, Litchi chinensis, Camelia sinensis* (Chen, 1990) প্রভৃতি কর্ষিতক ও আরণ্যক উদ্ভিদে এই পদ্ধতি ফলপ্রসূ হয়েছে।

অন্যদিকে অনিষিক্ত ভ্রূণপোষণেও হ্যাপ্লয়েড ও ডাইহ্যাপ্লয়েড উদ্ভিদ সৃষ্টি সম্ভব। ওই পদ্ধতি অবলম্বনে *Hordeum vulgare,* ধান, তামাক, *Triticum aestivum* প্রভৃতিতে সাফল্য পাওয়া গেছে (Yang ও Zhou, 1982)। Dihaploid উদ্ভিদগুলি সমপ্রকারণ ও জিনগতভাবে বিশুদ্ধধারার অধিকারী এবং এই উদ্ভিদগুলি প্রজননক্ষমও বটে।

16.2.3 ট্রিপ্লয়েড উদ্ভিদ সৃষ্টিতে কলাপোষণ

আমরা আগেই আলোচনা করেছি যে endosperm বা সস্য-পালন পদ্ধতিতে triploid উদ্ভিদ সৃষ্টি সম্ভব। এই সমস্ত উদ্ভিদ সাধারণভাবে অনুর্বর এবং বীজশূন্য। সেই কারণে ফল উদ্ভিদে triploid বিশেষভাবে অভিপ্রেত। *Annona squamosa, Pynus malus, Prunus persicas, Citrus grandis, Emblica afficiralis* প্রভৃতিতে এই পদ্ধতি সাফল্য এনেছে। এছাড়াও কিছু আরণ্যক উদ্ভিদ যেমন *Populus tremuloides* এ triploid অধিকতর বাঞ্ছিত কাষ্ঠগুণ সমন্বিত। *Pufrenjiva roxburglaii, Santalum album, Actinidia* প্রভৃতি আরণ্যক প্রজাতিতে এই পদ্ধতি অবলম্বনে triploid উদ্ভিদ সৃষ্টি সম্ভব হয়েছে।

16.2.4 পোষণ প্রতিরোধক্ষম (Stress-tolerant) উদ্ভিদ

রোগ প্রতিরোধক্ষণে উদ্ভিদের মতো পোষণ প্রতিরোধে সক্ষম উদ্ভিদ সৃষ্টিতেও কলাপোষণ পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়েছে। অনেক ক্ষেত্রেই রোগ প্রতিরোধ ক্ষমতা উদ্দীপ্ত করার জন্য কলাপোষণের কোষগুলিকে toxin এর উপস্থিতিতে পোষণ করা হয়। এইভাবে রোগ প্রতিরোধ ক্ষমতা ও পোষণ প্রতিরোধ ক্ষমতা উদ্দীপ্ত করা যায়। লবণাক্ত মৃত্তিকায় চাষযোগ্য উদ্ভিদ বা আগাছা-নাশক সহিষ্ণু উদ্ভিদ এইভাবে সৃষ্টি করা সম্ভব। কোষের পোষণ মাধ্যমে নির্দিষ্ট রসায়ন যোগে ক্রমে ক্রমে প্রতিরোধ ক্ষমতা সৃষ্টি করা যায়, এবং ওই কোষ থেকে উদ্ভূত উদ্ভিদও ওই ক্ষমতা বর্তায়। এইভাবে আগাছা-নাশক সহিষ্ণু *Citrus,* বার্লি, টম্যাটো প্রভৃতি সৃষ্টি হয়েছে এবং সুন্দরবন অঞ্চলে চাষযোগ্য লবণাক্ত মৃত্তিকা সহনকারী কর্ষিতক ধান সৃষ্টির প্রচেষ্টা চলেছে।

16.2.5 Micropropagation বা অণুবিস্তার

এই পদ্ধতি অবলম্বনে অল্প সময়ের মধ্যেই বহুসংখ্যক উদ্ভিদ উৎপাদন সম্ভব। অণুবিস্তার পদ্ধতি বিশেষভাবে কিছু লুপ্ত প্রজাতি ও ঔষধি প্রজাতিতে ব্যবহৃত হয়েছে। বিভিন্ন অর্কিড, লিলি, গোলাপ, ক্যামেলিয়া, রডোডেনড্রন, বাগান-বিলাস প্রভৃতির ক্ষেত্রে এবং ফল প্রদানকারী উদ্ভিদ যেমন কলা, আনারস প্রভৃতির বাণিজ্যিক ভাবে বংশবিস্তারে এই পদ্ধতিতে বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়েছে। অর্কিড, কলা প্রভৃতির চাষে এই পদ্ধতি এক কৃষি বিপ্লব ঘটিয়েছে। 1978 সালে Murashige প্রায় 300টি উদ্যানশোভা উদ্ভিদের অণুবিস্তার লিপিবদ্ধ করেন। কিন্তু 1990 সালে ওই সংখ্যা বৃদ্ধি পেয়ে দাঁড়ায় 100টিতে (Sagawa ও Kunisaki)। 1989 সালে 513 মিলিয়ন সংখ্যক উদ্যানশোভা উদ্ভিদ অণুবিস্তার পদ্ধতিতে সৃষ্টি হয় (Pierik, 1993)। এই পদ্ধতিতে বেশ কিছু আরণ্যক প্রজাতির ক্ষেত্রেও সাফল্য এনেছে। যেমন ইউক্যালিপটাস, পপলার, সেগুণ প্রভৃতি। চীনা প্রজাতি *Paulownia Kawasaki* বা sapphire dragon একটি বহুমূল্য ছায়াবৃক্ষ, যা ফুল ও মূল্যবান কাঠের জন্য বিশেষ সমাদৃত। অণুবিস্তার পদ্ধতিতে এই প্রজাতি প্রতি বৎসর কয়েক লক্ষ তৈরি হচ্ছে। পাইন বৃক্ষও প্রথমে ভ্রূণ পোষণে এবং পরে অণুবিস্তার পদ্ধতিতে প্রচুর সংখ্যায় তৈরি হচ্ছে যা অরণ্যসৃজনে উল্লেখযোগ্য ভূমিকা নিয়েছে। অণুবিস্তারের জন্য কৃত্রিম বীজ ও (artificial needs) ব্যবহার করা হয়েছে। অনেক প্রজাতির ক্ষেত্রেই কৃত্রিম বীজ তৈরি সম্ভব হয়েছে, যেমন *Dacus carotus, Gossypium hirstum, Solanum melangena, Horderum vulgare, Lactuca sativa, Euealyptus spp* প্রভৃতি।

16.2.6 সোমাক্লোনাল ও গ্যামেটোক্লোনাল নির্বাচন

উদ্ভিদ কলাপোষণে কোনো কোনো ক্ষেত্রে বিশেষত দীর্ঘকালীন পোষণে অথবা পোষণ মাধ্যমে অক্সিন প্রভৃতির আধিক্যের কারণে পরিব্যক্তি বিশিষ্ট নতুন প্রকারণ সৃষ্টি সম্ভব। কৃত্রিম প্রক্রিয়াতেও পরিব্যক্তিজনিত নতুন কোষীয় প্রকারণ উদ্ভব হতে পারে। এই ধরনের প্রকারণগুলি somaclonal হিসেবে পরিচিত (Larkin ও Scowcroft, 1981)। তবে লিঙ্গাধর উদ্ভিদকোষের ক্ষেত্রে এগুলি gametoclonal প্রকারণ হিসেবে চিহ্নিত হয় (Evans et al. 1984)। এই সমস্ত প্রকারণের মধ্যে নির্বাচনে অনেক উন্নততর উদ্ভিদ সৃষ্টি সম্ভব হয়েছে, যেগুলি বিশেষ পরিব্যক্ত চরিত্রের জন্য কৃষিকার্যে সমাদৃত। যেমন *Helminthosporium maydis* প্রতিরোধক্ষম *Zea mays;* Dony mildew ও smut সহ্যশীল আখ, Early blight, late blight প্রতিরোধে সক্ষম আলু, অধিক ফলনশীল টম্যাটো, উন্নত সুগন্ধিযুক্ত Geranium, লবণ সহ্যশীল ধান, লংকা প্রভৃতি।

16.2.7 কোষীয় সংকরীকরণ : হাইড্রিড ও সাইব্রিড

সাধারণ সংকরীকরণ পদ্ধতিতে যেসব প্রজাতির বা প্রকারণের মধ্যে সংকরীকরণ সম্ভব নয়, কোষীয় বা প্রোটোপ্লাস্ট সংকরীকরণ পদ্ধতিতে তাদের মধ্যে সংকর বা হাইব্রিড সৃষ্টি সম্ভব। যেমন কর্ষিতক প্রকারণের সঙ্গে বন্য প্রকারণের, অথবা sexual বা seasonal barrier বা বাধা যুক্ত প্রজাতি বা প্রকারণের মধ্যে। অন্যদিকে হ্যাপ্লয়েড, ট্রিপলয়েড প্রকারণের (যেগুলি যৌন-জননে অসমর্থ) মধ্যেও প্রোটোপ্লাস্ট একীভবনের মাধ্যমে সংকরীকরণ সম্ভব। এই পদ্ধতির মাধ্যমে আন্তর্গোত্রীয় প্রজাতির মধ্যেও সংকরীকরণ সম্ভব হয়েছে। কৃষিতে এইসব উদ্ভিদ অনেক সাফল্য এনেছে, যেমন *Solanum tuberosum* × *S. brevidens* উদ্ভূত আলু, যা ভাইরাস রোগ প্রতিরোধে সমর্থ। এই পদ্ধতিতে উদ্ভূত অন্যান্য কর্ষিতক উদ্ভিদের মধ্যে

রয়েছে *Brassica napus* × *B. campestris*, *Nicotiana tabacum* × *N. glauca*, *Daucus carota* × *D. capillaris* আন্তর্গোত্রীয় সংকর *Lycopersicon esculentum*, *Diplotaxis larca* × *Brassica napus* প্রভৃতি। অন্যদিকে Haploid উদ্ভিদের কোষ সংকরীকরণে Dihaploid pure-line উদ্ভিদ পাওয়া সম্ভব। এই পদ্ধতিতে টরিয়ামা ও হিনাটা (Toryama ও Hinata, 1988) ধানে dihaploid ও triploid প্রকারণ সৃষ্টিতে সক্ষম হয়েছেন।

উদ্ভিদের অনেক চরিত্র সাইটোপ্লাজমস্থিত মাইটোকনড্রিয়া ও প্লাসটিডের DNA নিয়ন্ত্রিত, ফলে কোষীয় সংকরায়ণে উদ্ভূত সাইব্রিডের মাধ্যমে বহু অভিপ্রেত চরিত্র স্থানান্তরিত করা যায়। যেমন CMS বা Cytoplasmic male sterility জিন। সাইব্রিডের মাধ্যমে কপি, ধান, আলু প্রভৃতিতে পুংবন্ধ্যা উদ্ভিদ সৃষ্টি সম্ভব হয়েছে। Hybrid বীজ উৎপাদনে পুংবন্ধ্যা উদ্ভিদ বিশেষ প্রয়োজন। এছাড়া *Raphanus spp.*, *Nicotiana spp.* প্রভৃতিতেও mitochondrial cms জিনযুক্ত সাইব্রিড সৃষ্টি হয়েছে। সাইটোপ্লাজম বাহিত অন্য চরিত্রের জন্যও cybrid-এর প্রয়োজন রয়েছে, যেমন হিমাংক সহ্যশীল *Brassica* প্রজাতি (chloroplast DNA)। Atrazine সহ্যশীল ধান, কপি আলু প্রভৃতিও এইভাবে তৈরি সম্ভব হয়েছে (গ্লেবা ও শ্লুমুকভ—Gleba ও Shlumukov, 1990)। অনুরূপ C_3 এবং C_4 উদ্ভিদের মধ্যে কোষীয় সংকরীকরণে অথবা Cybrid-এর মাধ্যমে উদ্ভূত সালোকসংশ্লেষ ক্ষমতার উন্নতি আশা করা যায়।

16.3 উদ্ভিদ সংরক্ষণে কলাপোষণের ভূমিকা

16.3.1 জার্মপ্লাজম সংরক্ষণে উদ্ভিদ কলাপোষণ

উদ্ভিদ সংরক্ষণে এই পদ্ধতির বিশেষ ভূমিকা রয়েছে। পোষিত কলা দীর্ঘস্থায়ীভাবে পোষণ মাধ্যমে সংরক্ষণ সম্ভব। কিন্তু এই পদ্ধতি শ্রম ও ব্যয়সাপেক্ষ। সেইজন্য Cryopreservation-এর মাধ্যমে Germpeasm সংরক্ষণ অধিকতর সুবিধাজনক। পোষিত কলা বা কোষ মাইনস 196°C-এ cryoprotectants-এর উপস্থিতিতে সংরক্ষণ করা হয়। ওই কলা বা কোষ পুনরায় পোষণ এবং উদ্ভিদ উৎপাদনে ব্যবহার করা যায়।

16.3.2 উদ্ভিদ সংরক্ষণে অণুবিস্তার পদ্ধতির ব্যবহার

অণুবিস্তার পদ্ধতি বিরল ও বিপন্ন উদ্ভিদ সংরক্ষণে বিশেষ উপযোগী, কারণ এই পদ্ধতিতে অল্পসময়ে বহু উদ্ভিদ উৎপাদন করা সম্ভব। অণুবিস্তার পদ্ধতিতে বহু বিরল পতঙ্গাভুক উদ্ভিদ ও অন্যান্য বিপন্ন উদ্ভিদের বংশবিস্তার সম্ভব হয়েছে।

16.4 জিন প্রতিস্থাপনজাত বা ট্রান্সজেনিক উদ্ভিদ সৃষ্টিতে কলাপোষণ

আমরা আগে আলোচনা করেছি, জিন-প্রযুক্তির বিশেষ বিকাশ ঘটেছে উদ্ভিদে, কারণ একটি transgenic উদ্ভিদ কোষ সৃষ্টি হলে ওই কোষের totipotency বা পূর্ণজনন ক্ষমতার জন্য ওই রূপান্তরিত কোষ থেকে পোষণ পদ্ধতিতে একটি সম্পূর্ণ উদ্ভিদ পরিস্ফুটন সম্ভব। কোষে জিন বা DNA অণু প্রতিস্থাপনের জন্য প্রায় সকল ক্ষেত্রেই কোষ-প্রাচীন শূন্য প্রোটোপ্লাজম ব্যবহার করা হয়। সুতরাং ট্রান্সজেনিক উদ্ভিদ সৃষ্টিতে উদ্ভিদ কলা পোষণের ভূমিকা অপরিসীম।

16.5 উদ্ভিদ রাসায়নিকের (Phytochemicals) উৎস হিসেবে কলাপোষণ

বহু সংখ্যক উদ্ভিদ রাসায়নিক বা উদ্ভিদের গৌণ বিপাক দ্রব্য (secondary metabolites) যেমন উপক্ষার (alkaloids), টার্পিনয়েড্ (terpenoids), স্টেরোয়েড্ (steroids), অ্যানথোসিয়ানিন (anthocyanin) প্রভৃতি বিভিন্ন খাদ্য রঞ্জক, ঔষধ, সুগন্ধি, কৃষি রাসায়নিকদ্রব্য সামগ্রি উদ্ভিদ কলাপোষণ পদ্ধতির মাধ্যমে পাওয়া সম্ভব। এগুলি উদ্ভিদের মুখ্য বিপাক দ্রব্য নয় এবং গৌণ বিপাক পদ্ধতিতে তৈরি হয়। এই সমস্ত বিপাকদ্রব্য প্রজাতি নির্দিষ্ট এবং কোনো কোনো ক্ষেত্রে কলা নির্দিষ্টও বটে। এর উৎকৃষ্ট উদাহরণ জাফরান, যা (*rocus sativus*-এর গর্ভধানী থেকেই পাওয়া যায়। সারণি 16.1 এ কয়েকটি উদ্ভিদ রাসায়নিক এর উৎস এবং তাদের ব্যবহার দেখানো হল।

জাপানের মিৎসুই পেট্রোকেমিক্যাল ইন্ডাস্ট্রিজ কোম্পানি প্রথম *Lithospermum erythorhizon*-এর কলাপোষণ থেকে বাণিজ্যিক ভিত্তিতে skikonia নামক লাল-রঞ্জক আহরণে সমর্থ হয়। Nitto Denko কোম্পানিও *Panax ginseng* থেকে ginenoside উৎপাদন করে। বর্তমানে কলা-পোষণের মাধ্যমে অনেক উদ্ভিদ রাসায়নিক বাণিজ্যিক ভিত্তিতে আহরিত হচ্ছে। এবং অন্যান্য বহুক্ষেত্রে বিভিন্ন গবেষণাগারে ব্যাপকভাবে গবেষণা চলছে। এর প্রধান কারণ বহুক্ষেত্রেই কলাপোষণে উদ্ভিদ রাসায়নিকের পরিমাণ উৎস উদ্ভিদের তুলনায় বেশি পাওয়া যাচ্ছে। সারণি 16.2 এ কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া হল।

সারণি 16.1 : কয়েকটি মূল্যবান উদ্ভিদ রাসায়নিক, তাদের ব্যবহার ও উৎস

	রাসায়নিক	ব্যবহার	উৎস উদ্ভিদ প্রজাতি
1.	অ্যাট্রোপিন (atropine)	ঔষধ (relaxant বা শ্লথক)	*Atropa belladona*
2.	কুইনাইন (Quinine)	ম্যালেরিয়া প্রতিষেধক	*Cinchona sp*
3.	আরটেমিসিনিন (Artemisinin)	ম্যালেরিয়া প্রতিষেধক	*Aretamesia annua*
4.	মর্ফিন (morphine)	analgesic বা বেদনা প্রশমক	*Papaver sp*
5.	ভিনব্লাসটিন/ভিনক্রিসটিন (Vinblastine/Vincristine)	ক্যানসারে ব্যবহৃত ঔষধ (ক্যানসার প্রতিষেধক)	*Catharathus rosens/ Vinea minor*
6.	ক্রোসিন (Crosin)	জাফরাণ (সুগন্ধি ও রঞ্জক)	*Crocus sativas*
7.	সিকোনিন (shikonin)	লাল রঞ্জক	*Lithospermum erythroshizon*
8.	ট্যাক্সল (taxol)	ক্যানসার প্রতিষেধক	*Taxus brerifolia*
9.	ভ্যানিলিন (vanillin)	ভ্যানিলা খাদ্য সুগন্ধি	*Vanilla pillifera*
10.	পাইপারিন (piperine)	কীটনাশক	*Piper rigrum*
11.	অ্যানথ্রোকুইনোন (Anthroquinone)	লাল-রঞ্জক	*Morinda citrifolia*
12.	অ্যানথোসিয়ানিন (Anthocyanin)	রঞ্জক	*Populus nigrum*
13.	ডিজোক্সিন (Digoxin)	স্টেরয়েড্	*Dioscorea deltoidea/ Digitalis lanata*

সারণি 16.2 : কলাপোষণে ও প্রাকৃতিক উদ্ভিদে প্রাপ্ত কিছু উদ্ভিদ রাসায়নিকের তুলনামূলক পরিমাণ

যৌগ	উদ্ভিদপ্রজাতি	প্রাপ্ত রাসায়নিক (% Dry wt.)	
		কলাপোষণ	উদ্ভিদ
1. সিকোনিন (Shikonin)	*Lēthospermum erytheorhizon*	20	1.5
2. গিনসেনোসাইড (Ginsenoside)	*Panax Ginseng*	27	4.5
3. বারবেরিন (Barberine)	*Thalictrum minor*	10	0.1
4. অ্যানথ্রোকুইনোন (Anthroquinone)	*Morinda Citrifolia*	18	0.3
5. রজম্যারিক অ্যাসিড (Rosmaric acid)	*Coleus blumeii*	15	3
6. ডায়োসজেনিন (Diosgenin)	*Dioscorea deltoides*	2	2

বাণিজ্যিক ভিত্তিতে উদ্ভিদ রাসায়নিক আহরণের জন্য সঠিক কোষ নির্বাচন প্রয়োজন। এইভাবে উদ্ভিদ রাসায়নিকের আহরণের পরিমাণ অনেকাংশে বাড়ানো যায় (সারণি 16.3)। অনেক ক্ষেত্রে পোষণ মাধ্যমের উপরেও উৎপন্ন রাসায়নিকের পরিমাণ নির্ভর করে। উদাহরণ হিসেবে Serpentine উৎপাদনে বিভিন্ন পোষণ মাধ্যমের প্রভাব সারণি 16.4 এ দেখানো হল।

সারণি 16.3 : কোষ নির্বাচনে উদ্ভিদ রাসায়নিকের পরিমাণ বৃদ্ধি

উদ্ভিদ রাসায়নিক	উদ্ভিদ	পরিমাণ (গুণিতক) বৃদ্ধি
1. অ্যানথোসিয়ানিন (Anthocyanin)	*Euphorlia milli*	7
2. বায়োটিন (Biotin)	*Lavendula vere*	9
3. ইউবিকুইনোন-10 (Ubiquinone-10)	*Nicotiana tabacum*	15
4. বারবেরিন (Berberine)	*Coptis japonica*	2

after Miswa, 1985

সারণি 16.4 : বিভিন্ন পোষণ মাধ্যমে *Catharanthus rosens* এর serpentine উৎপাদনের পরিমাণ

পোষণ মাধ্যম	কোষের পরিমাণ প্রা/শুষ্ক ওজন/লিটার	Serpeatine mg/লিটার	Serpeatine পরিমাণ (% শুষ্ক ওজন)
1. Gamborg মাধ্যম	5.1	0	0
2. MS মাধ্যম	2.3	2.0	0.09
3. Linsmaier & Skoog মাধ্যম (লিনস্‌মেয়ার ও স্কুগ)	8.9	10.4	0.12
4. Blaydes মাধ্যম	7.6	4.4	0.06

After Zenk *et al.* 1977

অনেক ক্ষেত্রে পোষণ মাধ্যমে ব্যাকটেরিয়া বা ছত্রাক উৎপাদিত কোনো বিশেষ যৌগ যোগ করলে উদ্ভিদ রাসায়নিকের উৎপাদন বৃদ্ধি পায়। এই সব যৌগের মধ্যে রয়েছে glucan polymers (গ্লুকান পলিমার), গ্লাইকোপ্রোটিন প্রভৃতি। অটোক্লেভ করা (autoclaved) নির্বীজ *Rhodotorula rubra* ব্যাকটেরিয়া *Ruta graveolens* এর পোষণে পুষ্টি মাধ্যমে যোগ করে সুফল পাওয়া যায়। *L. erythrohizon* পোষণে ঈস্ট নির্যাস (yeast extract) যোগে 2.5 গুণ বেশি rosmarinia acid পাওয়া যায়। এই সমস্ত দ্রব্যকে elicitor বলা হয়। কিছু সাধারণ জৈব ও অজৈব রাসায়নিক ও elicitor (এলিসিটর) হিসেবে কাজ করে। যেমন Sodium Oerthoranadate (*Vigna angularis* পোষণে), Sodium Chloride, Sorbital (*Catharanthus rosens* পোষণে)।

ভাজক কলার কোষ গৌণ বিপাক দ্রব্য উৎপাদনে অসমর্থ, কেবলমাত্র পরিস্ফুটিত (differentiated), স্থিরীভূত (stationary) কোষই এই সকল বিপাক দ্রব্য প্রস্তুত করে। সেই কারণে প্রথমে বৃদ্ধি মাধ্যমে (Growth medium) কোষ সংখ্যার বৃদ্ধি ঘটানো হয়, পরে কোষগুলিকে উৎপাদন মাধ্যমে (production medium) স্থানান্তরিত করা হয়। এই মাধ্যমে কোষ-বিভাজন ঘটে না, কিন্তু বিপাকদ্রব্য উৎপাদন উৎসাহিত হয়।

গৌণ বিপাকদ্রব্য প্রচুর পরিমাণে উৎপাদনের জন্য দুটি ভিন্ন পদ্ধতি অবলম্বন করা হয়। যেমন, suspension বা নিলম্বন পোষণ, যেখানে কোষগুলি মুক্ত অবস্থায় থাকে। *Moringa citrifolia* থেকে Anthroquinone, *Renwolfia serpentina* থেকে serpentina উৎপাদনে এই পন্থা অবলম্বন করা হয়। অন্য পদ্ধতিটি immobilized বা নিশ্চল পোষণ। আগার (agar), alginata, ক্যায়াজেনিন (carragenins) প্রভৃতি পোষণ মাধ্যমে যোগ করে পোষিত কোষগুলিকে immobilized বা গতিহীন করা হয়। *Catharanthus rosens* থেকে ajmaciline (অ্যাজমাসিলিন) বা *Capsicum frutescens* থেকে Capsaicin (ক্যাপসেসিন) এই পদ্ধতিতে বাণিজ্যিক ভাবে আহরণ করা হয়।

কলাপোষণে উদ্ভিদ রাসায়নিক উৎপাদনে অন্য ধরনের দুটি ভিন্ন পন্থা ও অবলম্বন করা হয়। যেমন—

1. জৈব রূপান্তর বা biotransformation : এই পদ্ধতিতে কোষ-পোষণ মাধ্যমে precusors বা পূর্বগ দ্রব্য যোগ করা হয় ; ওই পূর্বগ পরে অভিপ্রেত বিপাকদ্রব্যে পরিণত হয়। যেমন *Digitalis lanata*-র কোষ মাধ্যমে β-digitoxin (বিটা-ডিজিটাক্সিন) যোগ করলে ওই পূর্বগ β-digoxin (বিটা-ডিজক্সিন) এ রূপান্তরিত হয়, যা হৃদরোগে ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হচ্ছে। এই পদ্ধতি অবলম্বনে Boehringer Mannhein GMBH (বোহরিংগার মানহাইম সংস্থা) বাণিজ্যিক ভিত্তিতে digoxin প্রস্তুত করে। এছাড়া Catharanthine থেকেও এইভাবে Vinblastine পাওয়া সম্ভব। *Salvia officinalis*-এর নিলম্বন পোষণে (suspension culture) অ্যামাইনো অ্যাসিড ফেলিন অ্যালনিন (phenyl alanine) যোগে রজম্যারিনিক অ্যাসিড (rosmarinic acid) সংশ্লেষ উদ্দীপিত হয়।

2. De Novo সংশ্লেষ : কোনো কোনো ক্ষেত্রে কলাপোষণে বিপাকদ্রব্য সরাসরি যথেষ্ট পরিমাণে উৎপন্ন হয়। যেমন *Coleus blumei* থেকে rosmarinic acid বা *Atropa belladona* থেকে atropine প্রভৃতি।

বর্তমানে গৌণ বিপাক দ্রব্য আহরণে *Agrofacterium rhizogens*-এর বিশেষ ব্যবহার রয়েছে। *A. rhizogens*-এর কোষস্থিত Ri-plasmid পোষক কোষে রূপান্তর ঘটিয়ে অস্থানিক মূল (adventitions root) সৃষ্টিতে সাহায্য করে। ওই মূল চুলের মতো দেখতে হওয়ায় "hairy root" নামেও পরিচিত। ওই

অস্থানিক মূল বা hairy roots পোষণ মাধ্যমে বৃদ্ধি নিয়ন্ত্রকের উপস্থিতি ছাড়াই দ্রুত বৃদ্ধি পায় এবং গৌণ বিপাকদ্রব্য পুঞ্জিত করে। যেমন *Beta vulgaris* এ betacyanin (বিটাসিয়ানিন), *Hyoscyamus* এ tropane alkaloids প্রভৃতি।

অনুশীলনী-1

শূন্যস্থান পূরণ করুন :

(ক) *Crocus sativus*-এর _____ থেকে জাফরান পাওয়া যায়।

(খ) *Lithospermum erythorshizon* থেকে _____ নামক লাল রঞ্জক পাওয়া যায়।

(গ) *Nitto Denko Co.* _____ এর কোষ-পোষণ থেকে ginsenoside উৎপাদন করছে।

(ঘ) গ্লুকান পলিমার, সোডিয়াম অর্থোভ্যানাডেট এইগুলি _____ হিসেবে কাজ করে।

(ঙ) ভাজক কলার কোষ _____ দ্রব্য উৎপাদনে অসমর্থ।

(চ) _____ পদ্ধতিতে পোষণ মাধ্যমে presursons বা পূর্বগ দ্রব্য যোগ করা হয়।

(ছ) Ri-plasmid _____ _____ ব্যাকটেরিয়াতে পাওয়া যায়।

(জ) Ri-plasmid কোষ রূপান্তর ঘটিয়ে _____ সৃষ্টিতে সাহায্য করে।

16.6 সারাংশ

মানবকল্যাণে উদ্ভিদ কলাপোষণের ভূমিকা বহুবিধ। বর্তমানে কলাপোষণের সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা কৃষিকার্যে, উদ্যানচর্চায় ও অরণ্যসৃজনে। আবাদী উদ্ভিদের রোগ প্রতিরোধ, নতুন অভিনব কর্ষিতক সৃষ্টি, pureline (বিশুদ্ধ চারা) নির্বাচনে, অণুবিস্তার মাধ্যমে স্বল্প সময় অসংখ্য চারা উদ্ভিদ সৃষ্টিতে, উদ্ভিদ কলাপোষমের অবদান অপরিসীম। ভবিষ্যতে এর অবদান ক্রমশই বৃদ্ধি পাবে। এছাড়া উদ্ভিদ সংরক্ষণে বা Germplasm সংরক্ষণে, বিশেষত বিরল ও লুপ্তপ্রায় প্রজাতির সংরক্ষণে কলাপোষণ বিশেষভাবে ব্যবহৃত হচ্ছে। একবিংশ শতাব্দীকে জিন-প্রযুক্তির শতাব্দী হিসেবে চিহ্নিত করা হয়েছে। উদ্ভিদ জিন-প্রযুক্তি বহুলাংশেই উদ্ভিদ কলাপোষণের উপর নির্ভরশীল। উদ্ভিদ রাসায়নিকের উৎস হিসেবেও কলাপোষণের ভূমিকা বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য। ইতিমধ্যেই কলাপোষণ বহুক্ষেত্রেই প্রাকৃতিক উৎস উদ্ভিদের তুলনায় অধিকতর বাঞ্ছনীয় হয়ে উঠেছে। অদূর ভবিষ্যতে উদ্ভিজ্জ গৌণ বিপাকদ্রব্যের কারখানা হিসেবে উদ্ভিদ কলাপোষণ ব্যবহৃত হবে যা প্রাকৃতিক উৎস উদ্ভিদ সংরক্ষণেও সাহায্য করবে। বিশ্বের ক্রমবর্ধমান জনসংখ্যার অন্নসংস্থানে উদ্ভিদ কলাপোষণে ইতিমধ্যেই তার স্বাক্ষর রেখেছে। অদূর ভবিষ্যতে জনস্বাস্থ্য রক্ষায় ও উদ্ভিদ কলাপোষণ উল্লেখযোগ্য ভূমিকা নিতে চলেছে।

16.7 সর্বশেষ অনুশীলনী

1. মানবকল্যাণে উদ্ভিদ কলাপোষণের ভূমিকা সংক্ষেপে আলোচনা করুন।
2. কৃষিকার্যের উন্নতিতে উদ্ভিদ কালপোষণের অবদানগুলির উল্লেখ করুন।

3. উদ্যানচর্চায় কলাপোষণের ভূমিকা কী ?
4. অরণ্যসৃজনে কলাপোষণের অবদান আলোচনা করুন।
5. উদ্ভিদ সংরক্ষণে কলাপোষণের অবদান কী ?
6. গৌণ বিপাকদ্রব্য কী ? কয়েকটি উদ্ভিজ্জ গৌণ বিপাক দ্রব্যের উৎস ও ব্যবহার উল্লেখ করুন।
7. উদ্ভিদ রাসায়নিক আহরণে কোনো কোনো ক্ষেত্রে কলাপোষণ পদ্ধতি অধিকতর বাঞ্ছনীয় কেন আলোচনা করুন।
8. উদাহরণসহ Elicitors-এর ভূমিকা আলোচনা করুন।
9. উদ্ভিদের গৌণ বিপাকদ্রব্যের বাণিজ্যিক আহরণে কলাপোষণ পদ্ধতিতে অবদান আলোচনা করুন।

16.8 উত্তরমালা

অনুশীলনী-1

(ক) গর্ভদণ্ড, (খ) shikonin (গ) Panax ginseng, (ঘ) elicitors, (ঙ) গৌণ বিপাক, (চ) bio transformation, (ছ) Argobacterium rhizogens, (জ) Hairy root/ অস্থানিক মূল।

সর্বশেষ অনুশীলনী

1. সমগ্র 16 একক থেকে সংক্ষেপে লিখুন।
2. একক 16.2।
3. 16.2 ও 16.3-এর সংশ্লিষ্ট অংশ।
4. ওই।
5. 16.3 দেখুন।

6-9. 16.5-এ আলোচিত হয়েছে।