க. நூ. வெ. இ. வரிசை எண் — 241

மரபியல்

(பட்டப்படிப்புக்குரிய சிறப்புப் பாடம்)

ஆசிரியர்

திரு. பெ. மா. அண்ணுமலை,

எம்.ஏ., எம்.எஸ்சி., எம்.இ.எஸ். (லண்டன்),
பேராசிரியர் (பட்ட மேற்படிப்பு),
விலங்கியல் துறை,
அரசினர் கலைக்கல்லூரி,
கோவை.

கல்லூரி நூல் வெளியீட்டு இயக்குநரகம்

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

First Edition—August 1970
D.C.P. No. 241

© Directorate of Collegiate Publications

GENETICS Under Major

P. M. ANNAMALAI

Net Price Rs. 5-25

(No discount)

Printed by
AVVAI ACHUKKOODAM
96, P. V. Koil Street
Madras-13.

அணிந்துரை

(திரு. இரா. நெடுஞ்செழியன், தமிழகக் கல்வி—சுகாதார அமைச்சர்,)

தமிழைக் கல்லூரிக் கல்வி மொழியாக ஆக்கிப் பத்து ஆண்டுகள் ஆகிவிட்டன. குறிப்பிட்ட சில கல்லூரிகளில் பி.ஏ., வகுப்பு மாணவர்கள் தங்கள் பாடங்கள் அனைத்தையும் தமிழிலேயே கற்றுவந்தனர். 1968ஆம் ஆண்டின் தொடக்கத்தில் புகுமுக வகுப்பிலும் (P. U. C.), 1969ஆம் ஆண்டிலிருந்து பட்டப்படிப்பு வகுப்புகளிலும் விஞ்ஞானப் பாடங்களையும் தமிழிலேயே கற்பிக்க ஏற்பாடு செய்துள்ளோம். தமிழிலேயே கற்பிப்போம் என முன்வந்துள்ள கல்லூரி ஆசிரியர்களின் ஊக்கம், பிற பல துறைகளிலும் தொண்டு செய்வோர் இதற்கெனத் தந்த உழைப்பு, தங்கள் சிறப்புத் துறைகளில் நூல்கள் எழுதித் தர முன்வந்த நூலாசிரியர்கள் தொண்டுணர்ச்சி இவற்றின் காரணமாக இத்திட்டம் நம்மிடையே மகிழ்ச்சியும் மன நிறைவும் தரத்தக்க வகையில் நடைபெற்றுவருகிறது. இவ்வகையில், கல்லூரிப் பேராசிரியர்கள் கலை, அறிவியல் பாடங்களை மாணவர்க்குத் தமிழிலேயே பயிற்றுவிப்பதற்குத் தேவையான பயிற்சியைப் பெறுவதற்கு மதுரைப் பல்கலைக் கழகம் ஆண்டுதோறும் எடுத்து வரும் பெருமுயற்சியைக் குறிப்பிட்டுச் சொல்லவேண்டும்.

பல துறைகளில் பணிபுரியும் பேராசிரியர்கள் எத்தனையோ நெருக்கடிகளுக்கிடையே குறுகிய காலத்தில் அரிய முறையில் நூல்கள் எழுதித் தந்துள்ளனர்.

வரலாறு, அரசியல், உளவியல், பொருளாதாரம், தத்துவம், புவியியல், கணிதம், பௌதிகம், வேதியியல், உயிரியல், வானியல், புள்ளியியல் ஆகிய எல்லாத் துறைகளிலும் தனி நூல்கள், மொழிபெயர்ப்பு நூல்கள் என்ற இருவகையிலும் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனத்தின் கல்லூரி நூல் வெளியீட்டு இயக்குநரகம் நூல்களை வெளியிட்டுவருகிறது.

இவற்றுள் ஒன்றான "**மரபியல்**" என்ற இந்நூல் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம் — கல்லூரி நூல் வெளியீட்டு இயக்குநரகத்தின் **241**ஆவது வெளியீடாகும். இதுவரை **276** நூல்கள் வெளிவந்துள்ளன.

உழைப்பின் வாரா உறுதிகள் இல்லை; ஆதலின், உழைத்து வெற்றி காண்போம். தமிழைப் பயிலும் மாணவர்கள் உலக மாணவர்களிடையே சிறந்த இடம் பெறவேண்டும்; அதுவே தமிழன்னையின் குறிக்கோளுமாகும். தமிழ்நாட்டுப் பல்கலைக் கழகங்களின் பலவகை உதவிகளுக்கும் ஒத்துழைப்புக்கும் நம் மனம் கலந்த நன்றி உரித்தாகுக.

இரா. நெடுஞ்செழியன்

பொருளடக்கம்

பக்கம்

1. **மரபியல் கொள்கை** ...

மரபியல் விளக்கம் — மரபியலின் வளர்ச்சி — ஜீன் என்றால் என்ன ? — மரபு வழி அடைதலின் குரோமோசோம் கோட்பாடு — சைட்டோ ஜெனிட்டிக்ஸ் அறிவியல்—குரோமோசோம்களும் ஜீன்களும் — குரோமோசோம்களின் அமைப்பு — குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கைகள்.

2. **செல் பிரிவு** ... 14

நேர்முகப் பிரிவு—மறைமுகப் பிரிவு—குன்றல் பிரிவு—ஜீன் நிலையிடமும் அல்லீல்களும்.

3. **டி என் ஏயும் ஆர் என் ஏயும்** ... 36

நான்கெழுத்துக் குறியீடு—டி என் ஏ இரட்டித்தல் —ஆர் என் ஏ—ரைபோசோமல் ஆர் என் ஏ—புரதச் சேர்க்கை.

4. **மெண்டலிசம்** ... 52

மெண்டல் — மெண்டலின் சோதனைகளும் விதிகளும்—முதல் விதி (பிரிதல்)—சோதனைக்கலவி—(PTC) சோதனை—ஓங்கும் அல்லீலின் முக்கியத்துவம்—இரண்டாம் விதி (தனித்து ஓங்குதல்)—சோதனைக் கலவி—மெண்டலின் சோதனைகளும் பிணைத்தல் முறையும்.

5. **ஜீன்களின் செயல் எதிர்செயல்கள்** ... 70

9 : 3 : 3 : 1 விகிதம்—9 : 7 விகிதம்—9 : 3 : 4 விகிதம் — 13 : 3 விகிதம்—15 : 1 விகிதம் — 12 : 3 : 1

பக்கம்

விகிதம்—வெள்ளைக் குளோவரில் சையனைட் (9 : 7 விகிதம்) — 1 : 2 : 2 : 4 : 1 : 2 : 1 : 2 : 1 விகிதம்—3 : 6 : 2 : 1 : 3 : 1 விகிதம்—2 : 1 விகிதம்—விகித மாறுபாடுகளின் சுருக்கம்.

6. **பல்கூட்டு ஆக்கக் கூறுகள்** ... 84

விளக்கம் — நீக்ரோ—வெள்ளையர் கலவை — கலப்புத் தலைமுறையுரிமை—மரபு வழியடைதல்.

7. **பல்கூட்டு அல்லீல்கள்** ... 89

விளக்கம்—பல்வண்ணத்தோற்ற ஓங்கு நிலை—மனிதனில் இரத்த வகுப்புக்கள் (ABO) வகுப்பு—(ABO) இரத்த வகுப்புக்களின் மரபியல் அமைப்பு — (MN) வரிசை இரத்த வகுப்புக்கள் — (Rh) இரத்த வகுப்புக்கள்.

8. **பால் நிர்ணயித்தல்** ... 108

விளக்கம்—மனிதனில் பால் நிர்ணயித்தலும் பால் இணைந்த மரபு வழியடைதலும்—டுரோசோ பைலாவில் பால் இணைந்த தலைமுறையுரிமை—X குரோமோசோம்களின் இயைபின்மை பிரியா நிலை—பறவைகளில் பால் இணைப்புக்கள்—தேனீயில் பால் நிர்ணயித்தல்—பொனல்லியாவில் பால் நிர்ணயித்தல்—இருபால் பிராணிகள்—இயங்கா இருபால் ஒன்றிகள்—பால் குரோமோசோம்களும் ஹார்மோன்களும்—பால் பல்வண்ணத் தோற்றம்.

9. **ஜீன் பிணைப்பும் குறுக்கெதிர் மாற்றமும்** ... 134

விளக்கம்—சோளச்செடியில் ஜீன் பிணைப்பு—ஆண் பழப்பூச்சியில் முழுமையான ஜீன் பிணைப்பு—பெண் பழப்பூச்சியில் ஜீன் பிணைப்பு—குரோமோசோம் வரைபடம் வரையும் முறை—குறுக்கிடுதலும் பொருந்துதலும்—குறுக்கேற்றம் இயங்கும் முறை—டார்லிங்டன், பெல்லிங், அல், ஒயிட் ஹவுஸ் கொள்கைகள்.

10. **நிலையான திடீர் மாற்றங்கள்** ... 153

விளக்கம்—வரலாறு—நிலையான தன்னியல் திடீர் மாற்றங்கள் எடுத்துக் காட்டுக்கள் : ஈனோதிரா,

பக்கம்

டுரோசோபைலா, நியூரோஸ்போரா, பாக்டீரியா, மனிதன்—நிலையான திடீர் மாற்றங்களின் விளைவுகள்—நிலையான திடீர் மாற்றம் எந்நிலையில் ஏற்படுகிறது?—திடீர் மாற்றங்கள் பழைய நிலையடைதல்—தூண்டப்பட்ட திடீர் மாற்றங்கள்—X கதிர்கள்—அல்ட்ரா வயலட் கதிர்கள்—வெப்பம்—வேதியல் தூண்டிகள் — மியூட்டேஷன்களைக் கண்டுகொள்வது எப்படி? — (ClB) முறை, முல்லர்-5 முறை—தூண்டப்பட்ட மியூடேஷன்களின் பயன்கள்.

11. குரோமோசோம்களின் பிறழ்ச்சிகள் ... 171

விளக்கம்—அமைப்பு வேறுபாடுகள்: எதிர் இட மாற்றங்கள்—குறைவு அல்லது வெறுமையாக்கல்—தலைகீழ்த் திருப்பங்கள்—இரட்டிப்புக்கள்—இடவிளைவுகள்—குரோமோசோம் மாறியமைந்து ஓங்குதலுக்குரிய முன்னேற்றம் — எண்ணிக்கை வேறுபாடுகள்: பாலி பிளாய்டுகள்—வகைகள்—யூ பிளாய் டி—அனூ பிளாய் டி.

12. சேய்ப்பெருக்கமும் தேர்வும் ... 187

விளக்கம்—தற்கலப்புச் சேய்ப்பெருக்கம்—அயற்கலப்புச் சேய்ப்பெருக்கம் — இனக் கூட்டத்தின் சேர்க்கையமைப்பு—ஹைபிரிட் வீரியம்.

13. சைட்டோபிளாசத்தின் மூலம் மரபுவழியடைதல் 194

விளக்கம்—எ.ஃபிஸ்டியாவில் விளைவுகள் — டுரோசோபைலாவில் கார்பன் டை ஆக்சைடுக்குக் கூறுணர்வுத் தன்மை—பாரமீசியத்தில் கப்பாப் பொருள்கள்—லிம்னயா நத்தையில் சைட்டோ பிளாசத்தின் மரபுவழி விளைவுகள்.

14. வளர்தலில் ஜீன்கள் ... 202

விளக்கம்—வேதியல் வரையறை விளக்கம்—நிர்ணயிக்கப்பட்ட வகை — நிர்ணயிக்கப்படாத வகை—தூண்டிகள்.

பக்கம்

15. *இனக்கூட்ட மரபியல்* ... 206

ஹார்டி வியன்பர்க் விதி—ஜீன் நிகழ்வெண்ணும் தோற்ற வழி அமைப்பு நிகழ்வெண்ணும்—மரபியல் சமநிலை—ஜீன்களின் நியதியற்ற எதிர் நிலை.

16. *மரபியலும் படிமலர்ச்சியும்* ... 219

படிமலர்ச்சியின் விளக்கம்—படிமலர்ச்சியின் கோட்பாடுகள்—மரபியல் மூலம் புது இனங்கள் உண்டாதல்—பலமயம் மூலம் புது இனங்கள் தோன்றல்—நிலையான திடீர்மாற்றம் மூலம் படிமலர்ச்சி.

கலைச்சொற்கள் ... 229

குறிப்பகராதி ... 244

1. மரபியல் கொள்கை

ஒரு விலங்கையோ, தாவரத்தையோ கூர்ந்து நோக்கினுல் அதனுடைய ஒவ்வொரு பாகமும் நம்மைக் கவருகின்றது தெரிந்தோ தெரியாமலோ அதனைப் பற்றிய நிறம், வேலை போன்ற கூறுகளில் விவரிக்க ஆரம்பிக்கிறோம். அவற்றில் காணப்படும் வேறுபாடுகளும் அவற்றைக் கூறுபடுத்தப் பயன்படுகின்றன. அவ்வேறுபாடுகளுக்குரிய காரணங்கள் யாவை? அவை எவ்வாறு வழிவழித் தோன்றுகின்றன? இவற்றைப் பற்றிக் கூறுவதுதான் மரபியல் அல்லது ஜெனிட்டிக்ஸ் (Genetics) ஆகும்.

தாவரமாக இருந்தாலும், விலங்காக இருந்தாலும் அடிப் படைக் கொள்கையான உயிர் (Life) என்பதில் ஒத்தே இருக்கின்றது. மரபியல் என்பதை விவரிப்பது எவ்வளவு கடினமோ அவ்வாறே உயிரை விவரிப்பதுமாகும். உயிர் வேதியல் (Biochemistry) அடிப்படையில் எல்லா உயிரமைப்புக் களும் ஒத்தே இருக்கின்றன. வைரஸ், பாக்டீரியா போன்றவை முதற்கொண்டு, பெரிய செடி, மரங்கள் உள்பட, அமீபா முதற்கொண்டு மனிதன் வரை, அடிப்படை உயிர் வேதியியல் தத்துவம் ஒன்றே. செயற்பாட்டிலும்கூடப் பல ஒற்றுமைகள் உண்டு. ஒரு கருத்தரித்த செல்லிலிருந்தே பெரிய உரு அமைகிறது. அப்பெரிய உருவிலிருந்து அண்டம் அல்லது விந்து உண்டாகிறது. இவ்விரண்டும் சேர்ந்து பின் ஓர் உயிரை உண்டாக்குகின்றன. ஒவ்வொரு தலைமுறையிலும் இம்முறை தொடர்ந்து நடைபெறுவதால் அவற்றின் குணங் களும் திரும்பத் திரும்பத் தோன்றுகின்றன. இவற்றிற்குக் காரணம் முன்னோரிடமுள்ள குணங்கள் மரபுவழியாக வருவதேயாகும். வளர் கருவில் ஏற்படும் வேதியற் குணங் களின் கட்டுப்பாடும், வளர்சிதை மாற்றமும் இவற்றிற்குக் காரணமாகும். நெல் நெற்பயிரையும், அவரை அவரைச்

செடியையும், மீன் மீனையும் உற்பத்தி செய்கின்றன. மனிதனும் மனிதனையே உற்பத்தி செய்கிறான். ஆனால் சூழ்நிலையும், ஊட்டமும் அவற்றின் அமைப்பை வேறுபடுத்துவதும் உண்டு.

மரபியலின் வளர்ச்சி

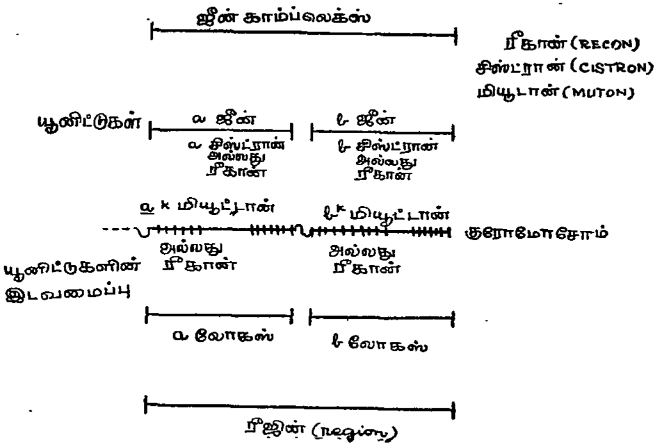
மரபியல் கொள்கையை உருவாக்கியவர் மெண்டல் (Mendel) என்ற உயிர்நூல் வல்லுநராவார். அவருடைய சோதனைகள் பாரம்பரியத்திற்கு அடிகோலினாலும், அவருடைய சாதனைகள் வெளித்தெரியாமலே இருந்து வந்துள்ளன. பல புதிய கொள்கைகள் தோன்றிய காரணத்தாலேயே இந்நிலை ஏற்பட்டது போலும்!

குறிப்பாக 1900ஆம் ஆண்டிற்கு முன் மரபியல் பற்றி அறியக்கூடிய அளவிற்கு அது வளர்ச்சியடையவில்லை. மற்ற விஞ்ஞானிகளின் மனமும் அதற்கேற்பப் பக்குவமடையவில்லை என்றுகூடக் கூறலாம். மேலும் அவரைப்பற்றி உயிரியல் வல்லுநர்களும், விவசாயிகளும்கூடத் தெரியாத நிலையிலேயே அவர் இருந்துள்ளார். அவருடைய சோதனைகள் பிற்காலத்தில்தான் கண்டுபிடிக்கப்பட்டன. அவருடைய விதிகள்பற்றிப் பின் விவரமாகக் கூறுவோம். அக்காலத்தில் வாழ்ந்த சார்லஸ் டார்வின் (Charles Darwin) என்ற உயிரியல் விஞ்ஞானியும், விஞ்ஞான அறிவு வளர்ச்சி பற்றிக் கூறியதில் கூட அவர் பேன்ஜெனிசிஸ் (Pangenesis) என்ற ஒரு கோட்பாட்டை வலியுறுத்தினார் என்றால் அக்கோட்பாடு எவ்வளவு குறையுள்ளது என்று நாம் இன்று அக்கால நிலையைத் தெரிந்துகொள்ளலாம்.

ஜீன் என்றால் என்ன?

முதன் முதலாக ஜீன் என்ற வார்த்தையைக் கையாண்டவர் வில்ஹெம் ஜோகான்சன் (Wilhelm Johannsen) என்பவர் ஆவர். சுமார் நாற்பது ஆண்டுகளுக்கு முன் மரபியல் வல்லுநர்கள் ஜீன் என்பது ஒரு பிரிக்க முடியாத பரம்பரைத் தனிக்கூறு (யூனிட்) (Hereditary Unit) என்று கருதினார்கள். அன்று விஞ்ஞானம் தற்கால அளவுக்கு வளர்ச்சியடையவில்லை. மெண்டலின் விதிகள் ஜீன் கொள்கைக்கு (Gene Theory) அடிகோலிகள் என்று தெளிவாகக் கூறலாம். ஜீன்களின் அமைப்பு நிலையான சந்ததிமாற்றம் (மியூட்டேஷன்) கொள்கையைக் கொண்டு ஆராயப்பட்டு விளக்கப்

பட்டுள்ளது. ஆனால் அவரால் சில பிணைவுகள் (Linkage) பற்றி விளக்க முடியவில்லை. அவ்வாறு ஐயப்பாடுடையவற்றைக் கூடத் தம் சோதனையிலிருந்து நீக்கிவிட்டார். அதற்குக் காரணம் அக்கால விஞ்ஞான வளர்ச்சிக் குறைவேயன்றி அவர் அல்லர். ஜீன்கள் பற்றி அறிய, பெரிய உயிரிகளைவிடப் பாக்டீரியா போன்ற நுட்ப (Microscopic) உயிரிகளே பெரிதும் பயன் படுகின்றன. 1955ஆம் ஆண்டு செய்மர் பென்சர் (Seymour Benzer) என்பவரும், 1963ஆம் ஆண்டு யானொஃப்ஸ்கி (Yanofsky) என்பவரும் நிலையான சந்ததிமாற்ற முறையால் ஜீனின் அமைப்பைக் கூறுபடுத்தி விளக்கியுள்ளார்கள். இதற்கு ஜீன் கோட்பாடு (Gene Concept) என்று பெயர். பென்சர் என்பவர் (1957) மேலும் விளக்கும்போது, டி என் ஏ மூலக்கூற்றில் (மாலிக்கூலில்) எவ்வாறு பொருந்துகிறது, (அதாவது ஒவ்வோர் அடிப்படைச் சோடியும் (Base Pairs) ஒவ்வொரு சிறு தனிக்கூறு) என்று கூறியுள்ளார். ஒவ்வொரு தனிக்கூற்றுக்கும் மியூட்டான் (Muton) ரேக்கான் (Racon) என்று பெயரிடப்பட்டது. ஆனால் ஜீன் என்பதை ஒரு பெரிய செயலாற்றும் தனிகூற்றுக்குக் (Larger Functional Unit) கூறுவது பொருத்தமாகும். இதுவே ஜெனிட்டிக் கோடின் குறியீட்டின் (Genetic Code) ஒரு பகுதியாகும். இப்பகுதி அமினோ அமிலத்தின் பகுதி என்று கூறுவது மிகையாகாது. ஒரு பாலிபெப்டைட் தனிக்கூற்றை ஒரு ஜீன் என்று கூறலாம். இந்தத் தனிக் கூற்றுக்குக் "கோட்-மெஸ்சேஜ்" (Code-Message) என்றும், முப்படிப் பேஸ் சோடிக் கோடிற்கு (Triplet of Base Pairs Codings) "கோட் வேர்டு" (Code Word) அல்லது கோடான் (Codon) என்றும் கூறுவதுண்டு. இக்கோட் வேர்டு ஆர் என் ஏயை உண்டாக்கிப் பாலிபெப்டைட்டாகப் பெயர்க்கிறது என்றும், அதையே அமைப்பு ஜீன் (Structural Gene) என்றும் ஜேகப்பும் மோனடும் (Jacob and Monod 1961) கூறுகிறார்கள். ஹென்றி ஹேரிஸ் (Henry Harris) என்ற ஆக்ஸ்போர்டு பேராசிரியர் (1965) ஜீன் வேலைகளைப் பற்றிக் கூறும்போது மேற்கூறிய இருவரின் கோட்பாட்டைத் தக்க ஆதாரங்களுடன் மறுத்துக் கூறியுள்ளார். இவ்வாறான பல ஜீன் சிக்கல்கள் (காம்ப்லெக்ஸ்கள்) (Gene Complex) ஒன்று சேர்ந்து ஜீன் தனிக் கூற்றையும் பல தனிக் கூறுகள் (யூனிட்டுக்கள்) சேர்ந்து குரோமோசோமையும் உண்டாக்கு கின்றன.



மரபு வழி அடைதலின் குரோமோசோம் கோட்பாடு (The Chromosomal Theory of Inheritance)

மெண்டல் பெரியாரின் கோட்பாடு 1865ஆம் ஆண்டு முதல் 1900ஆம் ஆண்டு வரை கவனிப்பற்று இருந்தது. அந்நிலையில், செல்கள், நியூக்ளியஸ், குரோமோசோம்கள் என்பனவற்றைப்பற்றிச் சற்றே தெளிவுபட்டிருந்தது. குரோமோசோம்கள் முக்கிய உறுப்புக்களாகவும், அவைதாம் பரம்பரைக் குணங்களுக்குக் காரணம் என்றும், அக்கொள்கைக்குக் குரோமோசோம் கோட்பாடு (Chromosome Theory) என்றும் கூறுகிருர்கள். அக்கோட்பாட்டின் விளக்கமாவது :

1. விந்தும், முட்டையும் அமைப்பில் வேறுபட்டிருந்தாலும், அவை செல்கள் என்று கருதப்பட்டு வந்தன. கருத்தரிக்கும்போது அவை ஒவ்வொன்றும் சம எண்ணிக்கையுள்ள குரோமோசோம்களைக் கொண்டு, கருமுட்டை (Zygote) என்ற ஒரு புது உயிரியை உண்டாக்குகின்றன.

2. ஒவ்வோர் இனத்திற்கும் (Species) மாருத குரோமோசோம் எண்ணிக்கைகள் உண்டு.

3. மைட்டோசிஸ் பிரிவின்போது தாய்க் குரோமோசோம்கள் நீள் முறை நகல் ஆக்கல்முறையினுல் (Longitudinal Replication) சேய் நியூக்ளியைகளில் சமமாகப் பங்கிடப்படுகின்றன.

4. மியோசிஸ் பிரிவும் (உ. ம். உருளைப்புழுவில்-Ascaris) நன்ருக விளக்கப்பட்டிருப்பதுடன், இனச்செல்கள் உண்டாவதில் ஒற்றை எண், இரட்டைஎண் மாறிமாறி வாழ்க்கை வட்டத்தில் வருவதும் தெளிவுபடுத்தப்பட்டிருக்கின்றது.

5. ஒரு பரம்பரையிலிருந்து மற்றென்றிற்குக் குரோமோசோம்கள் அப்படியே தொடருகின்றன என்பதுடன், தன்மையின் நிலையில் மாற்றமேற்பட்டு, வளர்ச்சி முறைகளில் தலையிடுகின்றன.

6. வளர்ச்சியில், செல்லின் இயற்கைநிலை பற்றி ஆராயத் தொடங்கப்பட்ட காலம் அது.

1902ஆம் ஆண்டு ஆர்ச்பால்டு கொராட் (Archibald Garrod) என்பவர், முதன்முதலாக உயிர் வேதியல் மூலம் உடலில் வியாதிகள் மரபு வழியில் தோன்றுவதைப் பற்றி விளக்கினர். அதில் குரோமோசோம்களுக்கும், வேதியல் மாற்றங்களுக்கும் இடையில் ஏற்படும் இடைத்தொடர்பைப் பற்றியும் ஆராய்ந்தார்.

மேற்கூறியவற்றில் குரோமோசோம்களின் பழக்கம் ஒரு முக்கியத்துவ நிலையில் இருப்பது நன்கு விளங்கும். அதனல் ஒவ்வொரு பரம்பரையிலும் மாற்றமடைவதும் தெரியவரும். சட்டன்-பவுரியின் குரோமோசோம் கோட்பாடு (Sutton-Boveri Chromosomal Theory of Inheritance) 1902-1903ஆம் ஆண்டு வெளியானது. அது முன் தெளிவுபடாதவைகளை மேலும் விளக்கும் நிலையில் அமைந்திருந்தது. இவர்களின் கொள்கையின்படி ஜீன்கள் மரபுவழி வருவதும், குரோமோசோம்கள் மரபுவழி வருவதும் விளக்கமான நிலையைப்பெற்றன. இதையே **சைட்டோஜெனிட்டிக்ஸ் அறிவியல்** (Science of Cytogenetics) என்று சிலர் கூறுவதுண்டு.

ஆனல் தற்கால அறிவியல் வளர்ச்சியின்படி சைட்டோஜெனிட்டிக்ஸ் என்பது ஜீன், குரோமோசோம் ஆகியவற்றின் மரபுவழித் தொடர்ச்சியை மட்டும் குறிக்காமல், அவற்றின் மூலக்கூறு அமைப்பையும் (Molecular Structure) பற்றிக் கூறுவதாக அமைந்துள்ளது. வளர்தலில் (Development) குரோமோசோம்கள் ஈடுபட்டு வேலை செய்வதுபோலவே ஜீன்களும் பங்கு கொள்ளலாம் என்று கருதுகிருர்கள்.

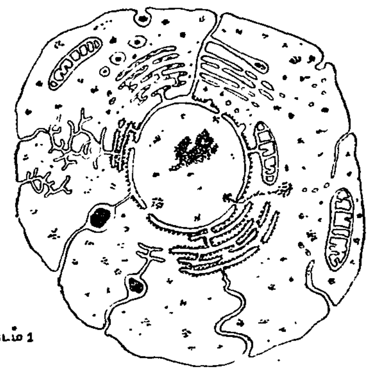
மூலக்கூறுமுறை மரபுவழியைப் (Molecular Basis of Heredity) பற்றி அறிவதின் அடிப்படையில் டி ஆக்சி ரிபோ

நியூக்ளியார் அமிலம்—டி என் ஏ (DNA) முக்கியமாகும். குரோமோசோமின் நியூக்ளியோ புரோட்டீனும், ஆர் என் ஏயும் மாற்றமடையும் தற்காலிக நிலையில் இருக்கின்றன. இன்று டி என் ஏ என்று கூறப்படும் பொருளை 1890-ல் ஜெர்மானிய வேதியல் நிபுணரான ஃப்ரிட்ரிக் மீஷெர் (Fricdrick Meischer) என்பவர் சீழின் (Pus) நியூக்ளியசிலிருந்து பிரித்தெடுத்தார். 1924-ல் ஃபால்கன் (Feulgen) என்பவர் சில முக்கிய நிறமேற்றிகள் மூலம் குரோமோசோம்களில் இருக்குமிடத்தைக் கண்டு வெளியிட்டார். ஆனால் இவைபற்றி 1944-ஆம் ஆண்டுவரை தெளிவற்ற நிலையே இருந்து வந்தது. இவ்வாண்டில்தான் ஆவெரி (Oswald T. Avery), மெக்கார்த்தி (Maclyn Mccarty), மெக்லியாட் (Colin M. Macleod) என்பவர்கள் மரபு வழி மூலக்கூற்றை (Molecule of Heredity) விளக்கினார்கள். 1953-ஆம் ஆண்டு, ஜேம்ஸ் (James Watson), ஃபிரான்சிஸ் கிரிக் (Francis Crick), வில்க்கின்ஸ் (M. H. F. Wilkins) என்ற மூவரும் அந்த மாலிக்கூலின் அமைப்பை விளக்கினார்கள். இதற்கு வாட்சன்-கிரிக் மாதிரி (Watson-Crick Model) என்று பெயர். இதற்காக இவர்களுக்கு நோபல் பரிசு வழங்கப்பட்டது. இவர்களுடன் அவ்வாராய்ச்சி நின்றுவிடாமல் ஜெனிட்டிக்கோட் என்பதை மார்ஷல் நிரென்பெர்க் (Marshal Nirenberg), ராபர்ட் ஹாலி (Robert Holley), அரி கோபிந்து கொரானா (Hari Gobind Korana) என்பவர்கள் மேலும் ஆராய்ந்ததில் பின் கூறிய இருவருக்கும் ஸ்வீடன் நாட்டு நோபல் பரிசு இவ்வாண்டு (1969) கூட்டாக அளிக்கப்பட்டது. இவர்கள் யாவரும் டி என் ஏ கோட் அமைப்பையும் மாற்றங்களையும் மேலும் விளக்கியவர்களாவர். தற்சமயம் டி என் ஏ தான் மரபு வழியை நிர்ணயிக்கும் முக்கியப் பொருளாக அமைந்துள்ளது என்ற ஒரு நிலையை நாம் அறிகிறோம்.

குரோமோசோம்களும் ஜீன்களும் = (Chromos Colour; Soma = Body)

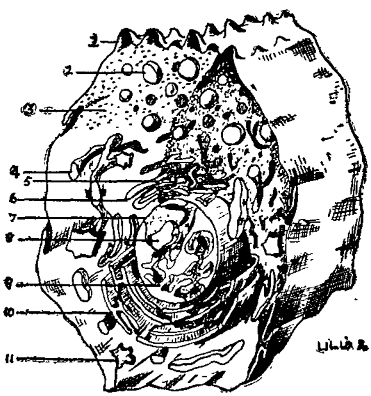
விலங்குச் செல்லில் இருமுக்கியக் கூற்றமைப்புக்கள் உண்டு (படம் 1, 2). ஒன்று சைட்டோபிளாசக் கூறு (Cytoplasmic Component). மற்றொன்று நியூக்ளியஸ் கூறு (Nuclear Component) ஆகும். நியூக்ளியஸ், சைட்டோபிளாசத்தின் வளர்ச்சியையும், விருத்தியையும் ஆண்டு வருகிறது. மரபியல் பொருளாக உள்ள குரோமோசோம்கள் நியூக்ளியசில் உள்ளன. பல கலப்புப் பொருள்களைக் கொண்ட சைட்டோபிளாசம் நியூக்ளியசைச் சூழ்ந்துள்ளது.

செல்லின் பொது வேலைகளாவன: செல் உட்கிரகித்தல், வளர்சிதை மாற்றம், சுரத்தல் போன்ற வேலைகளைச் செய்கின்றது. ஆனால் நியூக்ளியஸ் பொருள்கள் நியூக்ளியஸ்



படம் 1

செல் மூன்று பகுதி நிலை :
உட்பகுதியும் வெளிப்பகுதியும் சவ்வுப்பகுதியினால்
பிரிக்கப்பட்டிருத்தல்.



படம் 2

செல் : மூவளவைப் படம்
ஒளி நுண்ணோக்கியின் மூலம் தோற்றம்

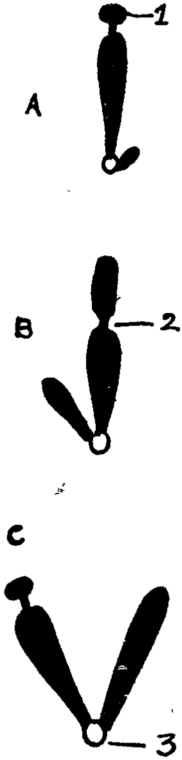
1. பிளாஸ்மா சவ்வு 2. சுரப்புத்துகள்கள் 3. சைட்டோபிளாசம் 4. மைட்டோ காண்ட்ரின் 5. சென்டிரியோல் 6. கோல்கை உறுப்புக்கள் 7. நியூக்ளியார் சவ்வு 8. நியூக்ளியோலஸ் 9. குரோமோ நீமேட்டா 10. எண்டோ பிளாஸ்மிக் ரெட்டிகுலம் 11. லிப்பிட்.

சவ்வினுட் புகுந்து சைட்டோபிளாசத்துடன் வேறு பல வேலைகளையும் செய்கின்றன. (உ-ம்.) புரதம் தயாரித்தல். இவ்விரு கூறும் செல்பிரியும்போது உடைத்தெரியப்பட்டு நியூக்ளியோபிளாசமும், சைட்டோபிளாசமும் கலந்து ஒன்ருகி விடுகின்றன. நியூக்ளியோலஸ், ஜீன்களுக்கும், சைட்டோபிளாசத்திற்கும் இடைநிலை என்றும், ஒரு வால்வு போன்று வேலை செய்துகொண்டும் இருக்கிறது என்றும் தற்காலத்தில் கருதுகிருர்கள். நியூக்ளியோலஸ், செல் பிரியும்போது மறைந்து பின் இரு தனி உறுப்புக்களாகச் செல் பிரிந்தபின் தோன்றுகிறது.

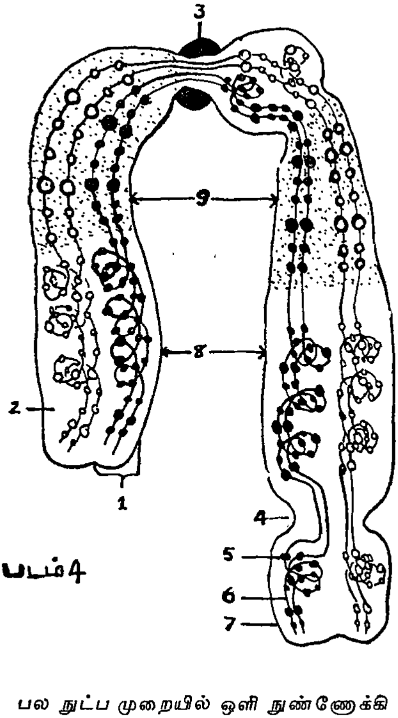
குரோமோசோம்களின் அமைப்பு

குரோமோசோம்கள் செல் பிரிவின்போதுதான் தெளிவாகத் தோன்றும். மெட்டாபேஸ் அல்லது அனுபேஸ் நிலையில் அவ்வாறு தெளிவாகத் தென்படும். குரோமோசோம்களில் மூன்று வகைகள் உண்டு. கைனெட்டோகோர் (Kinetochore) அமைந்துள்ள இடத்தைப் பொறுத்துக் கீழ்க் கண்ட மூன்றுவகைகளாகப் பிரிக்கலாம். கைனெட்டோகோர் ஒரு நுனியில் அமைந்திருந்தால், அந்தக் குரோமோசோம் ஒரு கரத்துடன் இருக்கும். இதற்கு **அக்ரோசென்ட்ரிக்** (Acrocentric) என்று பெயர் (படம் 3). கைனெட்டோகோர் அவ்வாறு ஒரு நுனியில் அமையாமல் சற்று உள் தள்ளி அமையப் பெற்ருல், அந்தக் குரோமோசோமிற்குச் சமமற்ற கரங்கள் இருக்கும். இவ்விதக் குரோமோசோமிற்குச் **சப்மெட்டாசென்ட்ரிக்** (Submetacentric) என்று பெயர் (படம் 3b). கைனெட்டோகோர் உள்ள முதல் இடத்திற்கு முதலாம் சுருக்கம் (Primary Constriction) என்றும், மற்ற இடங்களில் காணப்படுவனவற்றிற்கு இரண்டாம் சுருக்கம் (Secondry Constriction) என்றும் பெயர். இவ்விரண்டாம் சுருக்கத்துடன் உருண்டையான அல்லது நீண்ட குரோமோசோம் துண்டு மெல்லிய குரோமேட்டின் இழையினுல் இணைந்து காணப்படும் உருண்டையாக ஒட்டிக்கொண்டுள்ளதற்குச் சேட்டிலைட் (துணை-Satellite) என்று பெயர். இவ்விதக் குரோமோசோமிற்கு **மெட்டாசென்ட்ரிக்** (Metacentric) என்று பெயர். ஒரு குரோமோசோமின் அமைப்புக் கீழே தரப்பட்டிருக்கிறது (படம் 4). தனி நுட்பச் செய்முறையினுல் குரோமோசோம் உட்பகுதியில் ஒன்று முதல் நான்கு இழைகள் (Filaments) காணப்படும். இவ்விழைகளுக்குக் குரோமோனிமா (Chromonema) என்று பெயர். இவை பிரிக்க முடியாதபடி சிக்கலாக ஒன்றை

ஒன்று சுற்றிக்கொண்டும், அல்லது தனித்து இணையாகப் பிரிக்கக்கூடிய நிலையிலும் காணப்படும். இவ்விரு முறைகளும்



படம் 3
கைநெட்டோகோர் இருப்பிடத்தைக் கொண்டு மூன்று வகை குரோமோசோம்கள்
A. அக்ரோ சென்ட்ரிக் B. சப்மெட்டா சென்ட்ரிக் C. மெட்டா சென்ட்ரிக்.
1. சேட்டலைட்
2. இரண்டாம்சுருக்கம்
3. முதலாம் சுருக்கம்.

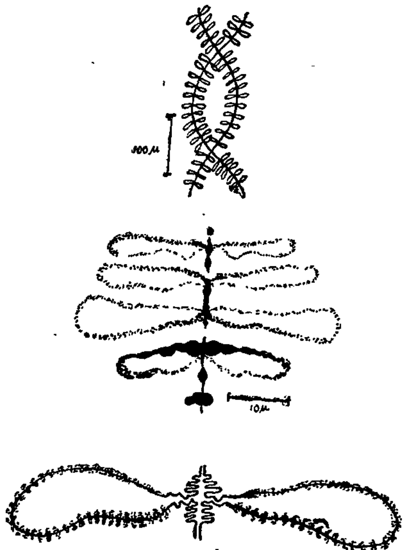


படம் 4

பல நுட்ப முறையில் ஒளி நுண்ணோக்கியின் மூலம் குரோமோசோமின் பாகங்கள்
1. குரோமெட்டிட் 2. மேட்ரிக்ஸ் 3. கைநெட்டோகோர் 4. இரண்டாம் சுருக்கம் 5. குரோமோமியர் 6. குரோமோனீமா .7. சேட்டலைட் 8. யூகுரோமேட்டிக் மண்டலம் 9. ஹெட்டிரோகுரோமேட்டிக் மண்டலம்.

செல்லின் பிரிவு நிலையைப் பொறுத்திருக்கின்றன. இடை நிலையில் தளர்ந்தும் மெட்டாபேஸ், அனுபேஸ் நிலைகளில் தெளிவாகவும் இருக்கும்.

மேலும் குரோமோசோமில் ஹெட்டிரோ குரோமேட்டின் பகுதியும், யூகுரோமேட்டின் பகுதியும் (Heterochromatic and Euchromatic Regions) உண்டு. இடைநிலையில் முன் உள்ள பகுதியின் குரோமோனிமா கெட்டியாக இணையப் பெற்றும், டி என் ஏ. அமையப் பெற்றும் உள்ளது. பிற் பகுதி சுருளாமலும் இடைநிலையில் பருத்தும், டி என் ஏயையும், ஹிஸ்டோனையும் பெற்றும் இருக்கும். இவ்விரு பகுதிகளும் தொடர்ந்துகாணப் படுவதுடன், குரோமோசோமினுள் குரோமோமியர் (Chromomere) என்ற உருண்மணி போன்ற அமைப்பும் உண்டு.



படம் 6

நியூட்டின்லேம்ப்பிரஷ் குரோமோசோம்

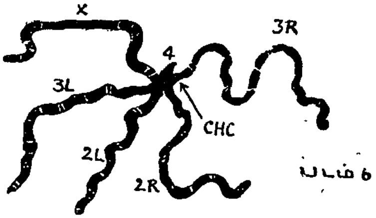
மேல்: இருகையாஸ்மேட்டாவுடன் கூடிய ஒரு பைவேலண்ட் ஒவ்வொரு லூப்பிலும் சோடி அமைப்புக்களும்.

மத்தி: அடுத்தடுத்த லூப்புக்களின் பெரிதாக்கப்பட்ட தோற்றம்.

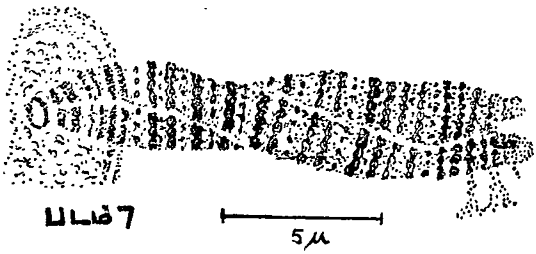
ஆர். என். ஏ. புரதச் சேர்க்கையினுல் தோன்றும் தோற்றம்,

கீழ்: லூப்புக்களின் விளக்கமும் குரோமோமியாவிலிருந்து தோன்றுதலும். நீள அமைப்புக் குரோமேட்டிட்டின் பகுதியே லூப்பு அன்றிப் பக்க வளர்ச்சியன்று.

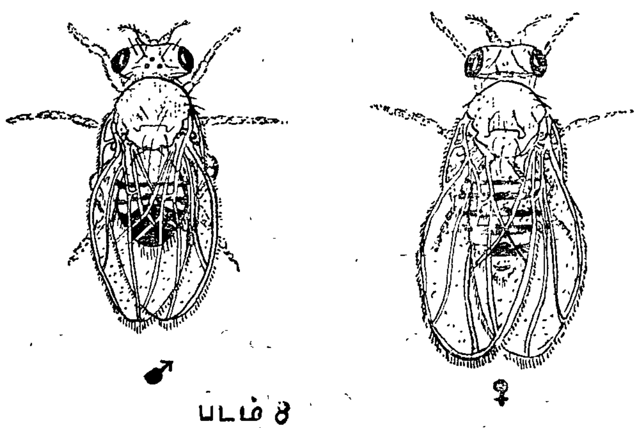
மீன், நீர்நிலவாழ்வன, ஊர்வன, பறவை ஆகியவற்றில் ஊசைட்களின் (Oocyte) முதல் நிலையிலும், (Prophase) குன்றல் பிரிவின் போதும், தனியான தெளிவு பெற்ற குரோமோ சோம்கள் உண்டு. இவற்றிற்குப் பல நுண்ணிய பக்க நீட்சிகள் உண்டு. இவை விளக்கின் திரிபோன்றிருப்பதால் "லேம்ப் பிரஷ்குரோமோசோம்" (Lamp Brush Chromosome) என்று பெயர்போலும் (படம். 5). சில பூச்சிகளின் உமிழ்நீர்ச் சுரப்பி குரோமோசோம்களுக்குப் பூத குரோமோசோம்கள் (Giant Chromosomes) (படம் 6) என்று பெயர். டுரோசோபிலா (Drosophila) என்ற பழப்பூச்சியின் (படம் 8) உமிழ்நீர்ச் சுரப்பியில் இவ்வாறுன குரோமோசோம்களைக் கண்டு பிடித்துள்ளார்கள் (படம் 7). இம்மாதிரியான பூத



டுரோசோபைலாவின் (பெண்) உமிழ்நீர்ச் சுரப்பிக் குரோமோசோம்
x ; x—குரோமோசோம்
2L, 2R, 3L, 3R=ஆட்டோசோம்கள்
4=சிறிய குரோமோசோம்
CHC=குரோமோ செண்ட்டர்.



நான்காம் குரோமோசோம் பட்டைகளுடன் பெரியதாகக் காணப்படுவதால் இடப் பக்கத்தில் குரோமோசெண்ட்டர்.
ஒத்த இரு குரோமோ சோம்கள் நெருக்கமாக இணைந்து காணுதல்



ஆண் பெண்

டுரோசோபைலா பழப்பூச்சி

குரோமோசோம்கள் மால்பிஜியன் குழாய்களிலும், கொழுப்பு உறுப்புக்களிலும், குடல்மேலுறைகளிலும் இருப்பதாகவும், அவற்றைப் பிரித்துப் பார்ப்பது கடினம் என்றும் தெரிகிறது.

இவ்வாறே பூச்செண்டு போன்ற அமைப்புடைய குரோமோசோம் பஃப் (Chromosome Puffs) கைரோனேமஸ் (Chironomus) என்ற பூச்சியில் காண்பித்துள்ளனர் (படம் 5).

சில உயிரினங்களின் குரோமோசோம் எண்ணிக்கைகள் பின்வருமாறு :—

1.	நாக்குப் பூச்சி	(n)	2	Ascaris.
2.	கொசு	(2n)	6	Culex Pipiens,
3.	டுரோசோபிலா (பழப்பூச்சி)	(2n)	8	Drosophila.
4.	தவளை	(2n)	26	Rana Esculenta
5.	தேனீ	(n) 16 (2n)	32	Apis Mellifica
6.	பன்றி, பூனை	(2n)	38	Cavia Cobaya, Felis Maniculata
7.	சுண்டெலி	(2n)	40	Mus Musculus
8.	முயல்	(2n)	44	Oryctolagus Cuniculus
9.	மனிதன்	(2n)	46	Homosapiens.
10.	ரீசஸ் குரங்கு	(2n)	48	Macaca Mulatta
11.	குரங்கு, ஆடு	(2n)	54	Macaque Sp., Ovis Aries
12.	குதிரை	(2n)	66	Equus Caballus
13.	நாய்	(2n)	78	Canis Familiaris
14.	தங்கமீன்	(2n)	94	Carassius Auratus
15.	கிரே:பிஷ்	(2n)	200	Apus Sp.
16.	பட்டுப்பூச்சிகள்	(2n)	224	Silk Moths Bombyx Sp.
17.	துறவி நண்டு	(2n)	254	Eupagurus Ochotensis
18.	புரோட்டோசோவா : அக்ரிகேட்டா		300	Protozoa : Aggrigata
19.	பட்டாணி, தோட்ட அவரை	(2n)	14	Lathyrusodoratus, Pisum Sativum
20.	வெங்காயம்	(2n)	16	Allium Cepa
21.	முள்ளங்கி, கோஸ்	(2n)	18	Raphanus Sativus, Brassica Oleracea
22.	சோளம்	(2n)	20	Maize
23.	தக்காளி, நெல்	(2n)	24	Solanum Lycopersicum, Oryza Sativa

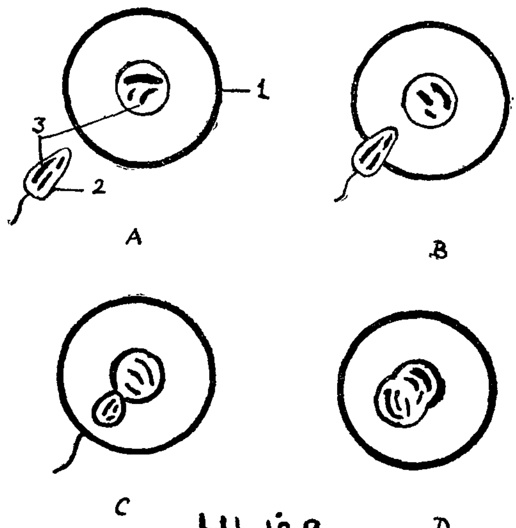
24.	ஆரஞ்சு	(2n)	18, 27, 36 Citrus Sinensis
25.	உருளைக்கிழங்கு, புகையிலை	(2n)	48 Solanum Tuberosum, Nicotiana Tabaccum
26.	ஆப்பிள்	(2n)	34, 51 Malus Sylvestris
27.	பருத்தி	(2n)	52 Gossypium Hirsutum
28.	வாழை	(2n)	22, 44, 55, 77, 88 Musa Paradisiaca.

2. செல் பிரிவு

(Cell Division)

செல் பிரிவு (Cell Division)

விலங்குகளின் இனவிருத்தி விந்தும் அண்டமும், இணைவதினுல் ஏற்படுகிறது. அவ்வாறு சேரும்போது அவற்றினுள் உள்ள குரோமோசோம்கள் ஒன்று சேர்கின்றன. விந்தும்,



படம் 9

குரோமோசோம்களும் கருத்தரித்தலும்
1. கரு முட்டை 2. விந்து 3. குரோமோசோம்கள்

அண்டமும் உண்டாகும்போது பாதியாகக் குறைந்த குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கை கருத்தரிக்கும்போது

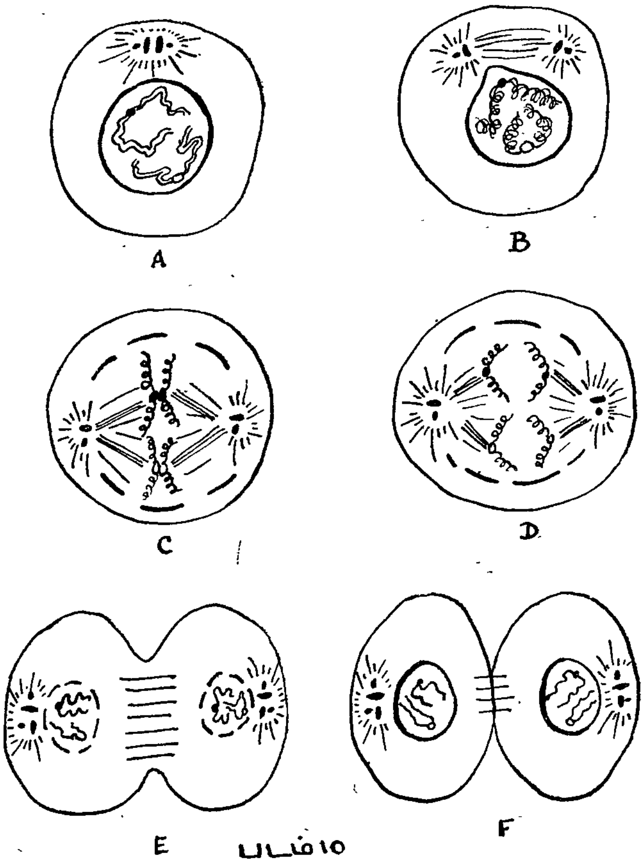
முனனிருநத நிலைக்கே வந்து விடுகின்றது. உதாரணமாக மனிதனின் விந்து செல்லில் 23 குரோமோசோம்கள் இருக்கின்றன. அவ்வாறே அண்டத்திலும் உள்ளது. இவ்விரண்டும் ஒன்று சேரும்போது 46 ஆகின்றன. இம்மாதிரியே ஒவ்வொரு தாவர, விலங்கினங்களிலும் நடைபெறுகிறது. ஒரு தலைமுறையிலிருந்து மற்றொரு தலைமுறை உண்டாகும்போது இம்மாதிரியே ஏற்படுகிறது. ஆண், பெண் என்ற இரு சாரார்களிடமிருந்து குரோமோசோம்கள் வருவதனால் இருவருடைய குணங்களும் தம் மக்களிடம் காணப்படுகின்றன. சம அளவு குரோமோசோம்கள் வருவதினால் ஒவ்வொரு பெற்றோரும் சம அளவே பரம்பரைக் குணங்களைப் பார்திக்க முடிகிறது. மேலும் ஆண்பால், பெண்பால் என்பவற்றை நிர்ணயிக்க இனக் குரோமோசோம்கள் (Sex Chromosomes) இருக்கின்றன.

இதை விளக்கும் வகையில் கீழ்க்கண்ட படம் வரையப்பட்டிருக்கிறது (படம் 9). விந்துவிலும், அண்டத்திலும் நீண்ட மிகக்குறுகிய குரோமோசோம்கள் இருக்கின்றன. கருத்தரித்த செல்லில் ஒவ்வொரு சோடிக் குரோமோசோம்கள் காணப்படுகின்றன. அவற்றிற்கு **ஒத்த குரோமோசோம்கள்** (Homologous Chromosomes) என்று பெயர்.

விந்துவிலிருந்தாலும், அண்டத்திலிருந்தாலும் எல்லாக் குரோமோசோம்களுக்கும் ஓரினக்கூட்டு (செட் = n) என்று பெயர். எந்த ஒரு செல்லில் ஓரினக் கூட்டுக் குரோமோசோம்கள் இருக்கின்றனவோ அதற்கு ஒற்றை எண், (Haploid = n) செல் என்று பெயர். இரண்டு ஓரினக்கூட்டு இருந்தால் இரட்டை எண் (Diploid = 2n) செல் என்று பெயர். ஆகவே விந்தும், அண்டமும் ஒற்றை எண் செல் (n) என்றும், கருத்தரித்த முட்டை இரட்டை எண் செல் (2n) என்றும் பெயர் பெறுகின்றன.

கருத்தரித்ததும் கரு வளர ஆரம்பிக்கிறது. வளர்ச்சி என்பது இங்கு ஒரு செல் இரண்டாகி, இரண்டு நாலாகி மேலும் மேலும் அதிகமாகிக் கொண்டே சென்று பின் உறுப்புக்கள் உண்டாவதாகும். ஆனால் அது பிரிவதற்கு முன் குரோமோசோம்கள்தாம் முதலில் தோன்றுகின்றன (படம் 10). அவை நீளவாட்டில் இரண்டாகப் பிரிந்து மத்தியக் கோட்டில் வரிசையாக அமைகின்றன. இழைகளினால் இணையப் பெற்று இரு துருவங்களுக்கும் நகர்ந்து விடுகின்றன. செல் இரண்டாகப் பிரிந்து ஒவ்வொன்றிலும் பிரிக்கப்பட்ட

குரோமோசோம்கள் இருக்கின்றன. பிறகு இவை வளர்ந்து பழைய நிலைக்குப் பெருக்குகின்றன. இவ்வாறே ஒவ்வொரு முறையும் நடக்கிறதால் குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கை



படம் 10

செல் பிரிவு ; மைட்டோசிஸ் முறை

A. இடைநிலை
B. முதல் நிலை
C. மாற்று நிலை
D. ஆக்கநிலை
E. முடிவு நிலை
F. செல்களின் இயக்கம் (சைட்டோகினிசிஸ்)

குறைவதில்லை. ஒவ்வொரு செல்லும் அவ்வாறே பிரிந்து நான்கு செல்களாகின்றது. இறுதியில் 46 குரோமோசோம்களே இருக்கின்றன.

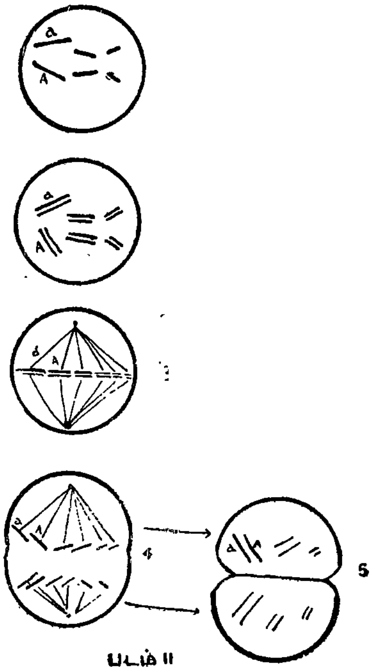
1. நேர்முகப் பிரிவு (Direct Division or Amitosis)
2. மறைமுகப் பிரிவு (Indirect Division or Mitosis)
3. குன்றல் பிரிவு அல்லது மியோசிஸ் (Meiosis)

நேர்முகப் பிரிவு (Amitosis) (படம் 10, 11).

இது ஒரு சாதாரணப் பிரிவாகும். செல்லானது நியூக்ளியஸின் நடுவில் சுருக்கம் (Constriction) ஏற்பட்டு இரண்டாகப் பிரிகிறது. உடனடியாகச் சைட்டோபிளாசமும் இரண்டாகப் பிரிகிறது. இம்மாதிரிப் பிரிவு புரோட்டோசோவாவிலும் (Protozoa) கருவறைச் சவ்விலும் (Foetal Membrane) நடைபெறுகின்றது.

மறைமுகப்பிரிவு அல்லது மைட்டோசிஸ் (Mitosis)

இப்பிரிவில் நியூக்ளியஸ் பிரிவதற்கு முன் பல சிக்கலான மாறுதல்கள் ஏற்படுகின்றன. அப்போதுதான் குரோமோசோம்கள் நன்கு தெரியும். இவை நகரும் போக்கிற்குக் கெரியோகினிசிஸ் (Karyokinesis—Karyon = Nucleus; Kino = move = நகர்தல்) அல்லது நியூக்ளியஸ் நகர்தல் என்று கூறப்படுகிறது. இப்போது ஏற்படும் மாறுதல்களை நான்கு பிரிவுகளாகப் பிரிக்கலாம் (படம் 10). நான்கு பிரிவுகளாகப் பிரித்தாலும், நிகழ்ச்சிகள் யாவும் தொடர்ந்தே நடைபெறுகின்றன. அவையாவன :



படம் 11
கருத்தரித்த முட்டையின் மைட்டோசிஸ் பிரிவு
Aa நீண்ட சோடி குரோமோசோம்கள்

1. முதல்நிலை (Prophase)
2. மாற்றுநிலை (Metaphase)
3. ஆக்கநிலை (Anaphase)

4. முடிவுநிலை (Telophase)

பிரியாநிலைச் செல்களை இடைநிலைச் செல் (Interphase Cell) என்றும் கூறுவார்கள்.

முதல்நிலை அல்லது புரோ:பேஸ் (Prophase)

இந்நிலைதான் பிரிவினைக்குத் தயாராகும் நிலையாகும். சைட்டோபிளாசத்திலுள்ள மற்ற உட்பொருள்கள் யாவும் சிதறியும் இடம் தெரியாமலும் இருக்கும். இப்போது நியூக்ளியஸினுள் நூல் போன்ற குரோமோசோம்கள் தோன்றுகின்றன. ஒவ்வொரு செல் பிரிவிற்குப் பின்னும் குரோமோசோம்கள் பிரிக்கப்பட்டு, ஒரு நீண்ட நூல் போல் ஆகி ஒன்றோடொன்று பின்னிக் கொள்ளும். இதற்கு முன் நிகழ்ச்சியாகச் சென்ட்ரோசோம் இரண்டாகப் பிரிந்து, ஒவ்வொரு பிரிவும் உட்கருவின் எதிரெதிரான துருவத்திற்குச் செல்கின்றது (படம் 10B). இவ்விரு சேய்ச் சென்ட்ரோசோம்களைச் சுற்றிக் கதிர்களான ஆஸ்டர்கள் (Asters) காணப்படும். ஆஸ்டர் என்பது மத்தியச் சேய்ச் சென்ட்ரோசோமும் கதிர்களும் சேர்ந்ததாகும்.

இதற்கிடையில் சில முக்கிய நிகழ்ச்சிகள் நியூக்ளியஸில் நடைபெறுகின்றன. நூல் போன்று தென்பட்ட குரோமோசோம்கள் இப்போது நன்கு குட்டையாகவும் மொத்தமாகவும் அதற்குரிய அமைப்பைப் பெறுகின்றன. இதே சமயத்தில் ஒவ்வொரு குரோமோசோமும் இரட்டிக்கிறது. எவ்வாறெனில், ஜீன்கள் ஒன்றுசேர்ந்துள்ள பொருள்களைக் கொண்டு முன்னதைப்போல் மற்றொன்று உண்டாகிறது; ஆனால், பிளவு முறையில் அன்று. ஆகையால், ஒவ்வொரு குரோமோசோமும் அதேபோல் மற்றொன்றை இணையாக வைத்துள்ளது. இவ்விணைகளுக்குக் குரோமேட்டிட்கள் (Chromatids) என்று பெயர் (படம் 10B). குரோமோசோம்கள் உருவாக்கப் பெற்றதும் நியூக்ளியஸின் சவ்வு கொஞ்சங் கொஞ்சமாக உட்கொள்ளப்பட்டுக் கடைசியில் மறைந்து விடும். நியூக்ளியஸ் இரசத்தில் முதலில் குரோமோசோம்கள் மிதந்துகொண்டிருக்கும். ஆனால், இந்த இரசமும் சைட்டோபிளாசத்துடன் கலந்து விடுகிறது. இதே சமயத்தில் சில இழைகள் சைட்டோபிளாசத்தில் வளர்கின்றன. இவ்விழைகள் யாவும் நூல் சுற்றும் கதிர் (Spindle) போன்று ஆஸ்டர்கள் உள்ள துருவங்களில் ஒன்றுசேர்ந்து காணப்படும். இவ்விழைக் கற்றைக்கு ஸ்பிண்டில் (Spindle) என்றுபெயர்.

இந்த ஸ்பிண்டிலும் ஆஸ்டர்களும் குரோமேட்டின்களால் ஆனவை அல்ல; ஆகையால், இவை நிறம் ஏற்றுக் கொள்ளா. இவ்விரு சேய் ஆஸ்டர்களும் தற்போது இரு நட்சத்திரங்கள் போலக் காணப்படும். ஆகையால் இதற்கு ஆக்ரோமேட்டிக் படம் (Achromatic Figure) அல்லது ஆம்ஃபியாஸ்டர் (Amphiaster) என்று பெயர். குரோமோசோம்கள் நிறமேற்றுக் கொள்வதால் அவற்றிற்குக் குரோமேட்டிக் படம் (Chromatic Figure) என்று பெயர். குரோமோசோம்கள் இடம்பெயர்ந்து கொண்டிருக்கும். இந்நிகழ்ச்சிவரை முதல் நிலை அல்லது புரோஃபேஸ் (Prophase) என்று பெயர்.

மாற்றுநிலை அல்லது மெட்டாஃபேஸ் (Metaphase)

இந்நிலையின்போது குரோமோசோம்கள் இரட்டிக்கப் பெருவிட்டால் இரட்டிக்கப்பட்டு மிக நன்ருகவும், ஒவ்வொன்றும் இரு குரோமேட்டிட்களாகவும் (Chromatids) தெரியும் (படம் 10C). ஒவ்வொரு சோடியும் பிளவினுல் ஏற்பட்டதுபோல் தோன்றும். ஆனுல், உண்மையில் இரட்டிக்கப்பட்டதே. சோடியில் ஒவ்வொன்றும் மற்றதை ஒத்திருக்கும். ஒவ்வொரு சோடி குரோமேட்டிட்களும் ஒரே ஒரு புள்ளியில்தான் இணைந்திருக்கும். அப்புள்ளிக்குச் சென்ட்ரோமியர் (Centromere) என்று பெயர். இவற்றைச் சேய்க் குரோமோசோம்கள் என்றும் கூறுவதுண்டு. இவை யாவும் இங்கும் அங்கும் நகர்ந்து, பின்பு செல்லின் மத்தியக்கோட்டில் (Equator) ஒவ்வொரு ஸ்பிண்டில் இழைக்கும் குறுக்காக அமையப் பெறுகின்றன (படம் 10C). இம்மத்தியக் கோட்டிற்கு இப்போது மத்தியத்தட்டு (Equatorial Plate) என்று பெயர். இது இரு துருவங்களுக்கும் சமதூரத்திலுள்ளது. சோடி குரோமோசோம்கள் மத்தியத் தட்டில் அமையும்நிலைவரை மாற்றுநிலை அல்லது மெட்டாஃபேஸ் (Metaphase) என்று பெயர்.

ஆக்கநிலை அல்லது அனுஃபேஸ் (Anaphase)

இப்போது சென்ட்ரோமியர் இரண்டாகப் பிரிந்து ஸ்பிண்டில் இழையுடன் இணைந்துகொள்கிறது. இதனுலேயே இதற்கு ஸ்பிண்டில் இணைவு என்று பெயர் (படம் 10D). பிரிந்த சென்ட்ரோமியரிலிருந்து ஒவ்வொரு குரோமேட்டிட் இணையும் மெதுவாகப் பிரியத் தொடங்குகின்றது. பிரிந்த ஸ்பிண்டில் இழை வழியாக இரு துருவங்கள் பக்கம் நகருகின்றன. இப்போது V அல்லது U வடிவத்தில் இழுக்கப்

படுவதுபோல் தோன்றும் (படம் 10D). இந்த ஆரம்பப் பிரிவிலிருந்து சென்ட்ரோசோமுக்குப் போய்ச் சேரும்வரை ஆக்கநிலை அல்லது அனஃபேஸ் (Anaphase) என்று பெயர்.

முடிவுநிலை அல்லது டீலோஃபேஸ் (Telophase)

குரோமேட்டிட்கள் அல்லது சேய்க் குரோமோசோம்கள் சென்ட்ரோசோம் பக்கம் நகர ஆரம்பித்ததிலிருந்தே இந்நிலை ஆரம்பம் என்றும் கூறலாம். இறுதியில் குரோமேட்டிட்கள் துருவத்தை அடைந்ததும் சென்ட்ரோசோமுக்கருகில் ஒன்று சேர்க்கப்படுகின்றன (படம் 10E). குரோமோசோம்கள் பல கிளைகளாகப் பிரிந்து, பின் ஒன்றோடொன்று பின்னிக் கொண்டு, பிரிவுக்கு முன் இருந்த ஆரம்ப நிலையை அடைகின்றன. (படம் 10F). குரோமோசோம்கள் இப்போது தெரியா. குரோமேட்டிட்கள்போல் காணப்படும் இக்குரோமேட்டின்களைச் சுற்றிப் புதுநியூக்ஸியஸ் சவ்வுச்சுவர்கள் உண்டாக்கப்படுகின்றன. செல்லின் ஸ்பிண்டில் மூலம் செல்லும் அச்சிற்குச் (Axis) செங்குத்தாகச் சைட்டோபிளாசத்தில் ஒரு சிறு பிளவு ஏற்பட்டுக் கடைசியில் செல்லையே இரு பிரிவாகப் பிரிக்கின்றது. ஒவ்வொரு பாதியும் ஒவ்வொரு சேய் நியூக்ளியசுடன் காணப்படும். இவ்விரண்டிற்கும் சேய்ச்செல்கள் (Daughter Cells) என்று பெயர். செல் பிரிவதற்குச் சில நிமிடங்கள் முதல் பல மணி நேரங்களும் ஆகும். ஆனால் ஓய்வுநிலை (Resting Stage) பல நாள் வரை நீடித்திருக்கும். மைடோசிஸ் ஏற்படுவதன் முக்கியத்துவம் யாதெனில், செல்களிலுள்ள பரம்பரைப் பொருளான ஜீன்கள் (Genes) சமமாகப் பங்கிடப்படுவதே. எவ்வாறெனில், குரோமோசோம்களே இவற்றால் அமைந்துள்ளன. தாய்ச்செல் குரோமோசோம்கள் சமமாகப் பிரிந்து சேய்ச் செல்களைச் சேருகின்றன (படம் 10).

குன்றல் பிரிவு அல்லது மையோசில் (Meiosis)

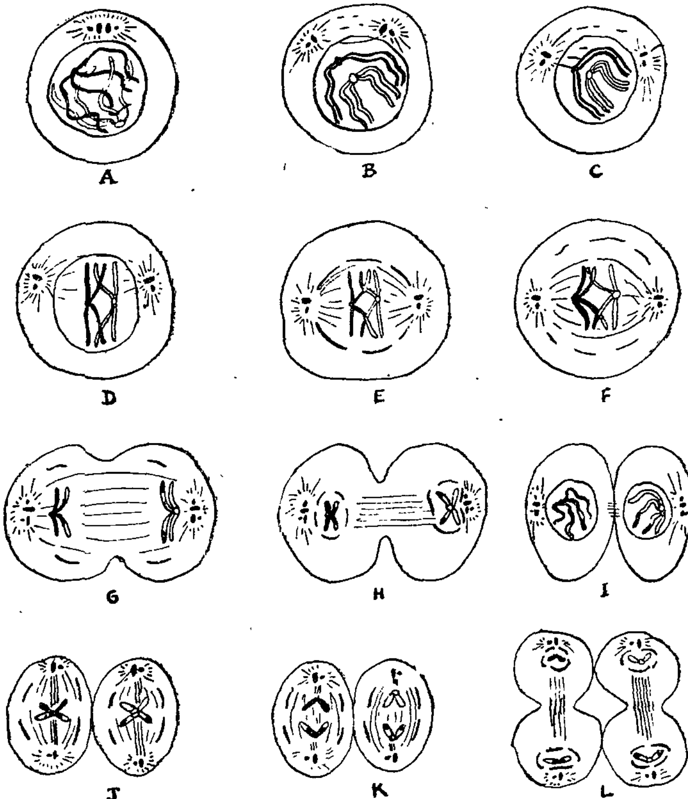
இதுகாறும் கூறியவை:- செல்பிரிவு சாதாரண செல்களில் நடைபெறுகின்றன. இவற்றில் ஒரே எண்ணிக்கையுடைய (46) குரோமோசோம்கள் இருந்தன. ஆனால் மனிதனின் விந்துவிலும் அண்டத்திலும் 23 குரோமோசோம்கள்தாம் இருக்கின்றன. இதுவே பாதி குரோமோசோம்களாகக் குறைந்து ஒற்றைஎண் (Haploid) குரோமோசோம்களாகின்றன. அண்டமும், விந்தும் சேர்ந்தால் 46 குரோமோசோம்களாகி ஒரே எண்ணிக்கையை உண்டாகின்றன.

அவ்வாறில்லாவிடில் ஒவ்வொரு சந்ததியிலும் 46ன் இரட்டிப்பாகவே பெருகிக்கொண்டே வரும். இம்மாதிரியான இரட்டிப்பைத் தடுப்பதே குன்றல் பிரிவின் நோக்கமாகும்.

மற்றச் செல்கள் வளருவதுபோல வளர்கருவில் விந்துச் சுரப்பியும், அண்டச் சுரப்பியும் முதன் முதலில் மைடோசிஸ் முறையிலேயே பிரிகின்றன. முதிராத பல செல்கள் இச்சுரப்பிகளில் இருக்கின்றன. அவை முதிர்ச்சியடையும் வரை இவ்வாறு பிரிந்துகொண்டிருக்கும். விந்துச்சுரப்பியில் எப்போதும் முதிராத நிலையுடைய செல்கள் இருந்துகொண்டே இருக்கும். ஆனால் ஒரு சில மைட்டோசிஸ் முறையில் செல் பிரிவு ஏற்பட்டுத் தொடர்ச்சியாக இரு பிரிவுகளுக்குப் பின் முதிர்ச்சி அடைவதை **முதிர்ச்சிப்பிரிவு** (Maturation Division) என்று கூறுவதுண்டு. முதல் முதிர்ச்சிப் பிரிவில் ஒரு செல் இரு சேய்ச் செல்களாகப் பிரிகிறது. இதில் ஒவ்வொன்றும் இரண்டாம் முதிர்ச்சிப் பிரிவைத் தொடர்கிறது. அவ்வாறு ஒரு மூலச் செல்லிலிருந்து இரு முதிர்ச்சிப் பிரிவின் மூலம் நான்கு செல்களை உண்டாக்குகின்றது. விந்துச் சுரப்பியில் இந்நான்கும் விந்துக்களாக மாறிவிடுகின்றன. ஆனால் அண்டச் சுரப்பிகளில் ஒன்றே ஒன்று மட்டும் அண்டமாகிறது. மற்ற மூன்றும் சிறுத்து வேலையற்ற முனைவு (போலார்) உறுப்புக்களாக (Polar Bodies) மாறிவிடுகின்றன. அண்டச் சுரப்பிகளிலும், விந்துச் சுரப்பிகளிலும் இம்முறையில் பல செல்கள் முதிர்ச்சிப் பிரிவைப் பின்பற்றுகின்றன.

மேற்கூறிய குரோமோசோம்கள் குறைப்பு, முதிர்ச்சிப் பிரிவின்போது நடைபெறுகின்றது. குறைவின் ஒரு பகுதி முதல்முதிர்ச்சிப் பிரிவின்போதும், மற்றொன்று இரண்டாம் முதிர்ச்சிப் பிரிவின்போதும் நடைபெறுகின்றன. அவ்வாறு நடைபேறும்போது "குறுக்கு எதிர் மாற்றத்தின்" மூலம் (Crossing Over) குரோமோசோம்களின் பொருள்களுக்கிடையில் பரிமாற்றங்கள் நிகழ்வதுண்டு. இவ்விடைப் பரிமாற்றம் ஒரு சிக்கலான நிகழ்ச்சியாகும். இதைப் பற்றிப் பின் விவரிக்கப்படும். இச்சிக்கல் இல்லாதிருந்தால் குரோமோசோம் குறைப்பு முதல் முதிர்ச்சிப்பிரிவுடனேயே நின்றுவிடும். அவ்வாறு நடைபெறும்போது இப்பிரிவைக் குன்றல் பிரிவு என்று கூறலாம். கீழே ஒரு சாதாரண நிகழ்ச்சி விவரிக்கப்பட்டுள்ளது. உதாரணமாகச் சில ஆண் பூச்சிகளில் நிகழ்வதைக் கூறலாம்.

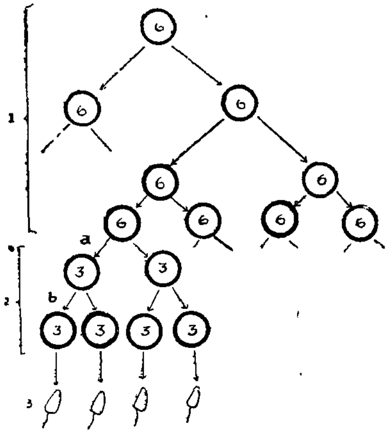
சுருக்கமாகக் கூறவேண்டுமானால் குன்றல் பிரிவு நிகழ வேண்டிய ஒரு செல்லில் குரோமோசோம்கள் வழக்கமற்ற முறையில் நடந்து கொள்வதைக் காணலாம். அவை இணையாக ஒன்று சேர்ந்து மத்தியில் வரிசையாக அமைகின்றன. பிறகு



படம் 12

A. முதல்நிலை I: லெப்டோடீன் B. முதல்நிலை: சைகோடீன். C. முதல்நிலை: பாச்சிடீன். D. முதல்நிலை: டிப்ளோடீன். E. முதல்நிலை: டையக்னிசிஸ். F. மாற்றுநிலை I. G. ஆக்கநிலை I. H. முடிவுநிலை I. I. இடைநிலை. J. மாற்றுநிலை. K. ஆக்கநிலை II. L. முடிவுநிலை II.

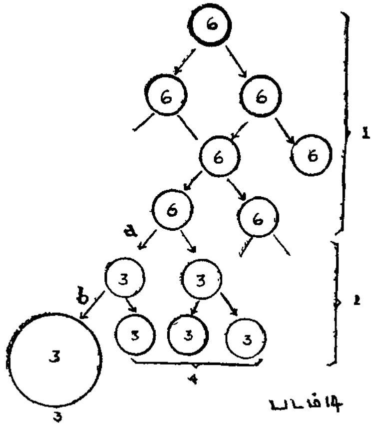
ஒவ்வொரு சோடியின் ஒவ்வொன்றும் எதிர் துருவங்களை நோக்கி நகர்ந்துவிடுகின்றது. இச்செயலின் முடிவாக ஒவ்வொரு சோடியின் ஒவ்வொரு குரோமோசோம் கொண்ட இரு செல்கள் உண்டாகின்றன (படம் 12). இவ்வாறு குரோமோசோம் எண்ணிக்கை குறைகிறது.



படம் 13

விந்துச் சுரப்பியில் செல் பிரிவு

1. மைட்டோடிக் செல் பிரிவுகள் (பல பிரிவுகள்)
2. முதிர்ச்சிப் பிரிவுகள் (இரண்டு மட்டும்)
   (a) குன்றல் பிரிவு (b) சமநிலைப் பிரிவு
3. விந்துச் செல்கள்

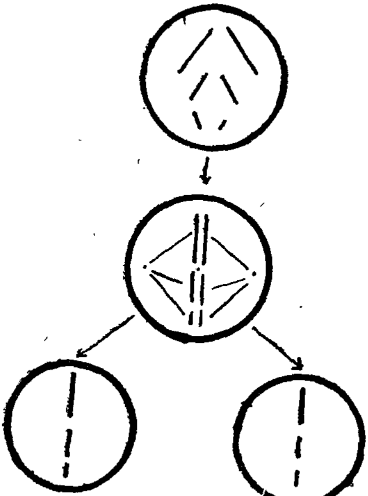


படம் 14

அண்டச் சுரப்பியில் செல் பிரிவு

1. மைட்டோட்டிக் செல் பிரிவுகள் (பல பிரிவுகள்)
2. முதிர்ச்சிப் பிரிவுகள் (இரண்டு மட்டும்)
   (a) குன்றல் பிரிவு (b) சமநிலைப் பிரிவு
3. அண்டச் செல்கள்.

மேற்கூறியதில் பல நிகழ்ச்சிப்படிகள் கூறப்படவில்லை. நாம் இங்குப் பார்க்கவேண்டியது முக்கியமாகக் குரோமோசோம்கள் குறைவைப்பற்றித்தானேயன்றி மற்றச் செல்லியல் நிகழ்ச்சிகளைப் பற்றியன்று (விவரத்திற்குப்பார்க்க: செல்லியல் நூல்). படம் 12-15-ஐ நோக்கினல் சில முக்கிய நிகழ்ச்சிகளைக் காணலாம். குன்றல் பிரிவின் ஆரம்பத்திலேயே குரோமோசோம்களின் பிளவு ஏற்பட்டு, பிரியப்போகும் செல்லின் மத்தியில் வரிசையாக இணைகின்றன. ஒவ்வொரு சோடியும் இரண்டாக இருப்பதனல் மைடோடிக் பிரிவிற்குத் தயாராக இருக்கிறது.. இதன் முடிவாகக்குரோமோசோம்கள் எண்ணிக்கையில் இதற்கு மேற்கொண்டு குறைய முடியாத நிலையை அடைகின்றன. இதனலேயே இதற்குச் **"சமநிலைப் பிரிவு"** (Equation Division) என்று பெயர். இதற்குப் பின் இச்செல்கள் இனச்செல்களாக (Gametes) வேறுபடுகின்றன.



படம் 15
குன்றல் பிரிவு: குறுக்கு முறை

குரோமோசோம்களின் நுனியில் காணப்படும் சிறு வட்டங்கள் சென்ட்ரோமியர்களாகும் (Centromeres). முதல் குன்றல் பிரிவின்போது சென்ட்ரோமியர் பிளவாதிருப்பதைக் கவனிக்க. அவ்வாறு இருப்பதினல் ஒன்றைச் சேர்ந்த இரு பிளவுபட்ட பாதிகளைக் கண்டறியப் பயன்படுகிறது. ஆனல் சமநிலைப் பிரிவின்போது சென்ட்ரோமியர்கள் பிரிந்து விடுகின்றன. சென்ட்ரோமியர்களைப் பொறுத்தவரை மேற்கூறிய இரு பிரிவுகளும், குன்றலும் சமநிலைப் பிரிவுகளுமாக இருப்பதுடன் சிக்கல் முறையைக் கொண்ட **"குறுக்கு எதிர் மாற்றத்திலும்"** அவ்வாறே அமைகின்றன.

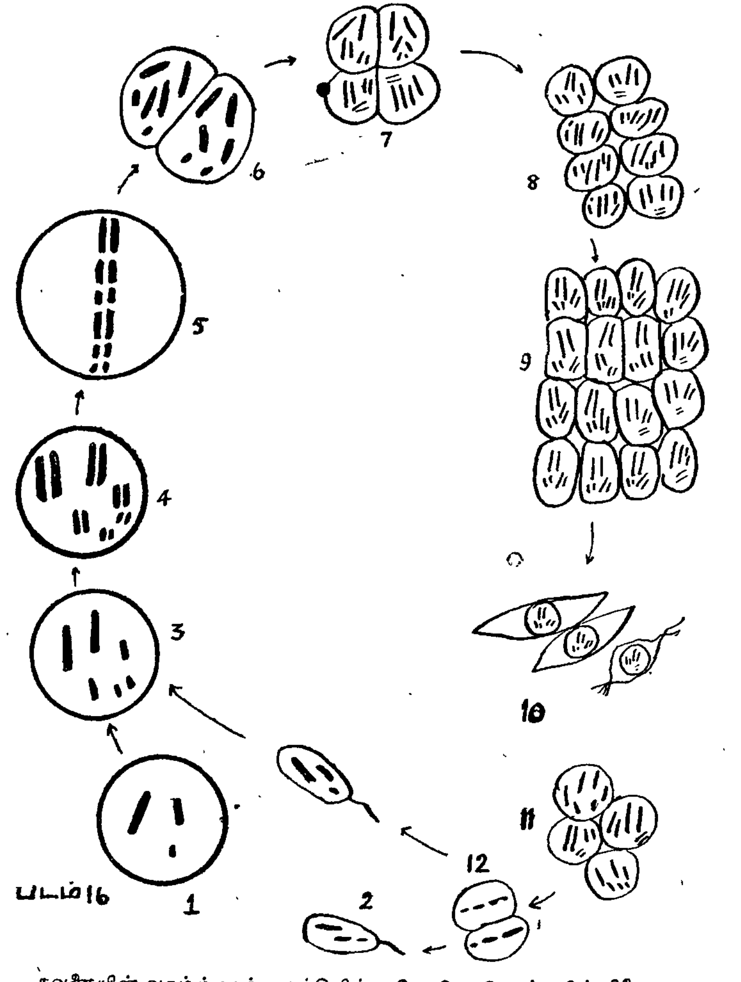
மேற்கூறியவாறே அண்டச்சுரப்பியிலும் நடைபெற்றாலும், இவ்விரு பிரிவுகளின் இறுதியில் தோன்றும் நான்கில் மூன்று செல்கள் போலார் உறுப்புக்களாகி ஒன்று மட்டும் அண்ட

மாகிறது. இதற்குத்தான் "*முதிர்ச்சிப்பிரிவு*" (Maturation Division) என்று பெயர்.

விந்துக்களும் அண்டங்களும் உற்பத்தியாகும் செயல்களை நோக்கும்போது முன் கூறியதுபோல் சமநிலைப் பிரிவை நீக்கிவிட்டு, குன்றல் பிரிவை மட்டும் கொள்ளலாம். எவ்வாறெனில், இரு பிளவுபடாத குரோமோசோம்கள் ஒன்று சேரும் செயல்கள் என்றும், அச்செயல்கள் நேரடியாக முதிர்ச்சி இனவிருத்திச் செயல்களை உண்டாக்குகின்றன என்றும் எண்ணிக்கொள்ளவேண்டும். இம்முறையை ஒரு குறுகிய முறையாகக் கொள்ளவேண்டும். குன்றல் பிரிவு, சமநிலைப்பிரிவு ஆகிய இரண்டிலும் A குரோமோசோமும் பிரிக்கப்பட்டு வெவ்வேறு இனவிருத்திச் செல்களுக்குச் செல்லுகின்றது (படம் 11). குறுகிய முறையிலும் இதே முடிவுதான் ஏற்படுகிறது. குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கை பாதியாகக் குறைந்து முதிர் இனச் செல்களாக ஆகவேண்டியது தான முக்கியமாகும்.

உதாரணமாகத் தவளையின் வாழ்க்கை வளர்ச்சிப் பருவத்தைக் (படம் 16) கவனித்தால் குரோமோசோம்கள் எவ்வாறு மாறுதலடைகின்றன என்று விளங்கும். கருத்தரித்ததும் ஓர் உயிர் உண்டாகிறது. விந்துவும் அண்டமும் மூன்று குரோமோசோம்களாகக் காட்டப்பட்டிருந்தாலும் தவளைக்கு மொத்தத்தில் 24 குரோமோசோம்களும் இனச் செல்களில் 13 குரோமோசோம்களுமே உண்டு. ஆகவே கருத்தரித்த பின் முட்டையில் மூன்று சோடி அல்லது ஆறு குரோமோசோம்கள் நிலைக்கின்றன. இக்கருவுற்ற முட்டை பிரிந்து ஒவ்வொன்றிலும் ஆறு அல்லது மூன்று சோடி குரோமோசோம்களாகப் பிரிந்து முதல் இரு செல்களாகின்றன. அடுத்த பிரிவிலும், நான்கு எட்டாகும்போதும் ஒவ்வொன்றிலும் ஆறு குரோமோசோம்களே உண்டாகின்றன. இவ்வாறே வளர்ச்சி அடையும்போது, செல்திரள்கள் ஒன்று சேர்ந்து ஒரு வளர்கருவான லார்வா உண்டாகிறது. இந்த லார்வாவிலும் மூன்று சோடி குரோமோசோம்கள்தாம் இருக்கின்றன. லார்வா வளர்ந்து தவளையாக ஆகும்போது, செல்கள் வேறுபாடடைந்து தசை, நரம்பு போன்ற பல திசுக்களாக மாறுகின்றன. இவ்வாறு மாறும் பல திசுக்களிலும் ஆறு குரோமோசோம்கள்தாம் உள்ளன. முதிர்ச்சி அடையாத லார்வாவின் இனவிருத்தி உறுப்பான விந்துச் சுரப்பியிலும் அண்டத்திலும்கூட முதலில் ஆறு குரோமோ

சோம்களே காணப்படுகின்றன. பிறகுதான் குன்றல் பிரிவினால் குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கை மூன்றாகக் குறைகிறது.



தவளையின் வாழ்க்கைச் சுழற்சியில் குரோமோசோம்களின் நிலைமை:
(செல்களின் அமைப்பு விளக்கத்திற்குப் பிரித்துக் காண்பிக்கப்பட்டுள்ளது)

1. அண்டம் 2. விந்து 3. கருத்தரித்த முட்டை 4, 5. மைட்டோட்டிக் பிரிவு 6. இரு செல் நிலை 7. நான்கு செல் நிலை 8. எட்டுச் செல் நிலை 9. பதினாறு செல் நிலை 10. லார்வாவின் திசுக்கள் 11. தவளையின் விந்துச் சுரப்பிச் செல்கள் 12. தாய் விந்துச் செல்கள்-ஸ்பெர்மெட்டோசைட்.

ஓய்வு நிலையில் குரோமோசோம்கள் புலப்படா. அவ்வமயம் யாவும் ஒன்று சேர்ந்து குரோமேட்டினுகின்றன. இதுவே நியூக்ளியசாகும். ஒவ்வொரு தடவைக்கும் குரோமோசோம்கள் ஆக்கக் கூறுகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுப் புதிப்பிக்கப் படுகின்றன. இருப்பினும் குரோமோசோம்கள் தம்முடைய தனித்தன்மையை நிலைநிறுத்திக்கொண்டே இருக்கின்றன.

குன்றல் பிரிவின் விவரம்

மையோசிஸ் பிரிவை இருபெரும் பகுதியாகப் பிரிக்கலாம். *1*. தயாராகும் நிலை (Preparative Stage) *2*. விநியோகிக்கும் நிலை (Distributive Stage). மையோசிஸ் பிரிவில் மைடோசிஸ் பிரிவிற்கும், கருத்தரித்தலுக்கும் நெருங்கிய தொடர்புண்டு. எவ்வாறெனில் முன்னது பின்னதிற்கு முன் நிகழும் ஒரு செயலாகும். இனச்செல்கள் உண்டாவது படிப் படியாக நிகழுகின்றன.

1. குன்றல் பிரிவிற்குத் தயாராகும் நிலை

இப்பிரிவு நிகழ்வதற்கு முன் இனச்செல்கள் உண்டாகும் விந்துச்சுரப்பி அண்டச்சுரப்பிகளில் வளர்ச்சிக்கு வேண்டிய சக்தி சேகரித்து வைக்கப்படுகிறது. ஸ்பிண்டில் தயாரிக்கும் பொருள்கள் சேகரம் செய்யப்படுகின்றன. இச்செயல்கள் முதல் நியூக்ளியார் பிரிவின்போது நடைபெறுவதாகக் கருதப் படுகிறது. இடை நிலைக்காலம் (Interphase Period) மிகக் குறுகியதாக இருப்பதால், மேற்கூறிய செயல்கள் இனச் செல்களின் கடைசி மைடோசிஸ் பிரிவிற்கும் மையோசிஸ் பிரிவின் ஆரம்பத்திற்கும் இடையில் நடைபெறுகின்றன. டிஎன்ஏ சேர்க்கையும் (DNA Synthesis) நடைபெற்றுக் கொண்டிருக்கும்.

விநியோகிக்கும் செயல்கள்

இச்செயல்களில் இருநிலைகள் உண்டு. ஒவ்வொன்றிலும் புரோ:பேஸ், மெட்டா:பேஸ், அனு:பேஸ், டீலோ:பேஸ் என்ற நிலைகளும், முதல் புரோ:பேசின் நிலை நீண்டிருப்பதால் அதில் சில துணைப்பிரிவு நிலைகளும் உள்ளன.

புரோ:பேஸ் I அல்லது முதல்நிலை I

குன்றல் பிரிவு தொடங்குவது நியூக்ளியஸ் பொருந்தியிருப் பதிலிருந்து அறிந்து கொள்ளலாம். அதனுடன் குரோமோ சோம்கள் சுருண்ட நூல்போன்று தோன்றும். இந்நிலைக்கு

முன்லெப்டோடீன் (Preleptotene) அல்லது முன் மையோட்டிக் ஸ்பைரல் முதல் நிலை (Premeiotic Spiral Prophase Stage) என்று பெயர்.

லெப்டோடீன்(னீமா) நீள் நூல்நிலை (Leptotene)

இந்நிலைகளின் ஆரம்பத்தில் இறுகிச் சுருண்டு தோன்றிய குரோமோசோம்கள், சுருளற்றுப் பிரிந்துவிடுகின்றன. நீண்ட நூல் இதழ் போன்ற இவை, நன்கு பிரிக்கப்பட்டு ஒவ்வொன்றும் தனித்துக் காணப்படும் (படம் 12A). சில செல்களில் குரோமோசோம்கள் நியூக்ளியார் சவ்விற்கு இணையாக அமையப் பெற்றுச் சென்ட்ரியோல் அருகில் இருமுனைகளும் காணப்படும். இதற்குப் பூச்செண்டு நிலை (Bouquet Stage) என்றுகூடக் கூறுவதுண்டு. ஒவ்வொரு குரோமோசோமின் நீளத்திற்கு உருமணி போன்ற குரோமோமியர் தொடர்கள் காணப்படும். இவையே பிறகு குறித்த எண்ணிக்கை, இடம், பருமன் போன்ற குணங்களைப் பெறுகின்றன. நியூக்ளியோலஸ் இந்நிலையில் தெளிவாகத் தெரிவதுடன், குரோமோசோம்களுடன் ஒட்டிக்கொண்டிருக்கும். மேலும் ஆரம்ப நிலையில் ஆர்என்ஏ-யையும் புரதத்தையும் சேர்க்கும் செயலில் ஈடுபட்டுக் கொண்டுதான் இருக்கும்.

சைகோடீன் (னீமா) அல்லது இணை நூல்நிலை (Zygotene)

இந்நிலையின் ஆரம்பத்தில், குரோமோசோம்கள் குறுகத் தடித்துக் காணப்படும். ஏனெனில் திருகின் விட்டம் அதிகரித்து விடுகிறது (படம் 12B). ஆண் பெண் என்ற இருவரிடமுமிருந்து வந்த ஒத்த குரோமோசோம்கள் பல வகையில் இணைந்து (Paring or Synapsis) காணப்படும். இவ்விணைவு ஒரு முனையிலேற்பட்டு மறுமுனைக்கு ஒழுங்காகச் செல்லும், அல்லது பல இடங்களில் ஒரே நேரத்தில் இணையப் பெற்று அம்மையங்களிலிருந்து மற்ற இடங்களுக்குப் பரவும். ஒவ்வொரு குரோமோமியரும் அதைப் போன்ற மற்றக் குரோமோமியருடன் இணையும். ஆனால் இவற்றின் இணைவிற்குரிய சக்தி என்னவென்று இன்னும் விளங்கவில்லை.

பாச்சிடீன் (னீமா) அல்லது குறுகுநூல்நிலை (Pachytene)

பாச்சிடீன் நிலையின் ஆரம்பத்தில் ஒத்த குரோமோமியர்களின் இணைவு முடிந்ததாகக் காணப்படும் (படம் 12C). குரோமோசோம் சோடிகள் (டெட்ராடுகள்-Tetrads) குறுகிச் சுருண்டு காணப்படும். குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கை ஒற்றை மயமாகக் குறைந்தாற்போல் தோன்றினாலும்,

உண்மையில் டெட்ராட்கள் கொண்ட இரட்டைமயமே. நான்கு குரோமேட்டிட்கள் சேர்ந்து டெட்ராட்களாகத் தோன்றுகின்றன. அதில் அவை ஒத்த இரட்டைகளாகச் சேர்ந்துள்ளன.

பாச்சிடீன் நிலைக்கும், அடுத்துவரும் டிப்ளோடீன் நிலைக்கும் இடையில் குரோமோசோம்கள், ஜீன் பொருள்களைப் பரிமாறிக் கொள்ளும் செயல் நடைபெறுகிறது. ஒத்த குரோமேட்டிட்களுக்கிடையில்தான் இவ்விதக் குறுக்கேற்றம் (Crossing Over) நடைபெறுமேயன்றி உடனொத்த குரோமேட்டிட்களுடன் நடைபெருது. ஒத்த குரோமேட்டிட்களில் ஒரு குறிப்பிட்ட புள்ளியான கியாஸ்மாவில் (Chiasma) ஒரு குறுக்குப்பிளவு ஒரே சமயத்தில் ஏற்படுகிறது. அவ்வமயம் இரு குரோமேட்டிட்களின் துண்டிக்கப்பட்ட முனைகள் மாறி மற்ருென்றுடன் இணைந்துகொள்கின்றன. இவ்வாறு நிகழும்போது மற்ற இரு குரோமேட்டிட்கள் எவ்வித மாறுதலுமின்றி அப்படியே இருக்கின்றன. ஒவ்வோர் இரட்டைகளிலும் (Bivalent) குறைந்தது ஒரு கியாஸ்மாவாவது ஏற்பட்டிருக்கும். நீண்ட குரோமோசோம்களாக இருந்தால் இரண்டு அல்லது மூன்று கியாஸ்மாகூட ஏற்படுவதுண்டு. ஆனல் நீளமாக இருந்தால் அதிகக் கியாஸ்மா ஏற்படுமென்றும், குறைவாக இருந்தால் நடைபெருது என்றும் கொள்ளவேண்டியதில்லை. ஒரு குறுக்கேற்றம் நடைபெற்றபின்கூட அதனுடனொத்த குரோமேட்டிட்டில் குறுக்கேற்றம் நடைபெறுவதுமுண்டு. ஆனல் பொதுவாகக் கியாஸ்மா ஒன்றிற்கொன்று அருகில் நடைபெறுவதில்லை. இதற்குக் குறுக்கீடுதான் (Interference) காரணமாகும்.

டிப்ளோடீன் இருநூல் அகல் நிலை (Diplotene)

குரோமோசோம்களில் குறுக்கேற்றம் நடைபெறுகிறது. இந்நிகழ்ச்சியினல் இரு குரோமேட்டிட்கள் குறுக்கேற்றம் (இணைவு) நடைபெற்ற புள்ளிகள் தவிர மற்றப் பகுதிகள் பிரிந்து விலக ஆரம்பிக்கின்றன (படம் 12D). ஒவ்வொரு பைவேலன்டிலும் (Bivalent) ஓர் இடத்தில் அல்லது அதற்கு மேலும் குறுக்கேற்றம் நடைபெற்றிருக்கலாம். குறுக்கேற்றத்தில் இரு ஒத்த குரோமேட்டிட்கள்தாம் பங்கு கொள்ளுகின்றனவே அன்றி ஒரே செட்டைச் சேர்ந்த குரோமேட்டிட்களுக்கிடையில் நடைபெருது என்பது தெளிவாகும். மேலும் குரோமோசோம்களின் நீளம் அதிகமாக இருந்தால்

ஓர் இடத்திற்கு மேலும் குறுக்கேற்றம் நடைபெறுவதுண்டு. குறுக்கேற்றம் நடைபெற்ற புள்ளிகள் தவிர மற்றப் பகுதிகள் இரு துருவங்களை நோக்கி நகர ஆரம்பிப்பதால் இரு கரங்கள் வளையம்போல் தோற்றமளிக்கும். டிப்ளோடீன் நிலையில் கியாஸ்மேட்டாவின் எண்ணிக்கை டெர்மினலைசேஷன் என்ற நிகழ்ச்சியால் குறைய ஆரம்பிக்கின்றது. டெர்மினலைசேஷன் (Terminalization) என்பது குரோமோசோம்களில் நீளவாட்டில் ஒட்டிக்கொண்டிருக்கும் குறுக்கேற்றப் புள்ளிகள் ஒரு முனையிலிருந்து மறுமுனைவரை விடுபட்டுக்கொண்டே வந்து விடுதலையாவதாகும். இச்செயல் அனஃபேஸ் நிலைவரை தொடர்வதும் உண்டு.

டையாக்கைனசிஸ் (Diakinesis)

டெர்மினலைசேஷன் செயல் தொடர்ந்து நடைபெறுவதுடன், குரோமோசோம்கள் சுருங்கவும் ஆரம்பிக்கின்றன (படம் 1.2E). குரோமோசோம்கள் இறுக முறுக்கேற்றிக் கொள்வதால் நீளம் குறைந்துகொண்டே வருகிறது. அதனால் குரோமோசோம்கள் கோளவடிவமாகத் தெரிவதுடன் முன் குறுக்கேற்றம் நடைபெற்ற புள்ளிகள் அதுவும் நுனிப் பகுதிகளில் அப்படி ஒட்டிக்கொண்டிருப்பதுமுண்டு. இவையாவும் நகர்ந்து நியூக்ளியார் சவ்வின் ஓரப்பகுதியை அடைகின்றன. பிறகு நியூக்ளியார் சவ்வு சிதைவுறுகிறது. இந்நிலையில் டையாக்னிசிஸ் முடிவடைகிறது.

நியூக்ளியார் சவ்வு சிதைவுற்றதால் குரோமோசோம்கள் சைட்டோபிளாசத்தில் தனியாக விடப்படுகின்றன. இந்நிலை வரை வளர்ச்சிக்கால வட்டமாகும் (Period). அதாவது முதல் குன்றல் பிரிவின் புரோஃபேஸ் ஆகும்.

மெட்டாஃபேஸ் I

ஒவ்வொரு பைவேலன்ட் அல்லது டெட்ராடுகளுக்கும் இரு கைனெட்டோகோர் உண்டு. ஒவ்வொரு கைனெட்டோகோரும் ஒவ்வொரு பக்கத்தின் மத்தியக் கோட்டில், சமதூரத்தில் அமைகின்றன (படம் 1.2F). மையத்தை நோக்கி அமைந்துள்ள கியாஸ்மேட்டாவின் இருப்பிடத்தைப் பொறுத்துக் கைனெட்டோகோர்களின் தூரம் அமைந்துள்ளது. பைவேலன்ட்டுக்களின் உருவைக் கியாஸ்மேட்டாவின் இடமும், எண்ணிக்கையும், குரோமோசோமின் கரங்களும் நிர்ணயிக்கின்றன. கைனெட்டோகோர்களை அரை ஸ்பிண்டில் இழைகள்

துருவங்களுடன் இணைக்கின்றன. அவ்வமயம் சென்ட்ரியோல்கள் துருவங்களுக்கு இடம் பெயர்ந்துள்ளன.

அனஃபேஸ் I

பைவேலன்ட்டுக்கள் (டெட்ராட்ஸ்) இரு டையாடுகளாகப் (Diads) பிரிகின்றன. ஒவ்வொரு டையாடும் வெவ்வேறு துருவங்களுக்கும் செல்கின்றன. அவ்வமயம் கைனெட்டோகோர்கள் தாம் முன்னிழுத்துச் செல்கின்றன (படம் 12G). துருவங்களை நோக்கி நகரும்போது கியாஸ்மேட்டா, குரோமேட்டிட்களின் முனையில் விழுந்து விடுகின்றன.

இவ்வனஃபேஸ் நிலையில் தாய் தந்தையரிடமிருந்து வந்த குரோமோசோம்கள் அங்கொன்றும் இங்கொன்றுமாகப் பிரிந்து செல்கின்றன. இச்சமயத்தில் குன்றல் பிரிவு நடைபெறுகிறது. சேய்ச் செல்லிற்குப் பாதி குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கை போய்ச் சேருகின்றன.

அவ்வாறு துருவங்களுக்குச் செல்லும் குரோமோசோம்கள் தாய் தந்தையரிடமிருந்து தொடங்கிய மூலக் குரோமோசோம்களை ஒத்திரா. ஏனெனில் குறுக்கேற்ற நிகழ்ச்சியின் விளைவாக ஜீன்மாற்று ஏற்பட்டிருக்கும்.

டீலோஃபேஸ் I

அனஃபேஸ் I நிகழ்ச்சிகளுக்குப் பின் கீழ்க்கண்டவற்றில் ஒன்று அல்லது அதற்கு மேலும் நடைபெறும். (அ) அனஃபேஸ் டையாடுகள் (Dyads) நீளத்தில் அல்லது சுருளில் சிறிய மாறுதல்களுடன் இரண்டாவது சமப்பிரிவிற்குத் தயாராகும். சேய்க் குரோமேட்டிட்கள் ஒன்றை ஒன்று தடுத்தாற்போல் இருந்து X அல்லது V அமைப்பைப் பெறுகின்றன. (ஆ) டீலோஃபேஸ் டையாடுகள் சுருளைத் தளர்த்தி நீண்டும், நியூக்ளியார் சவ்வு திருத்தியமையப் பெற்றும், குரோமோசோம்கள் இடைநிலைப் பண்புபோல் மெதுவாக அடைந்தும் காணப்படும் (படம் 12H). இவ்விடை நிலையில் நியூக்ளியோலஸ் உண்டாகாது. செல்கள் இயக்கம் அல்லது சைட்டோகைனெசிஸ் இரு சேய்ச் செல்களை உண்டாக்குகின்றன. ஆணில் இவற்றிற்கு இரண்டாம் ஸ்பெர்மெட்டோசைட் என்றும், பெண்ணில் இரண்டாம் தாய் இனச் செல் (ஊசைட்) என்றும் பெயர்.

புரோ.:பேஸ் II

இந்நிலையும், மெட்டா.:பேஸ் II, அனு.:பேஸ் II, டீலோ.:பேஸ் II நிலைகளும் மைட்டாசிஸ் பிரிவு போன்றே இருக்கின்றன. இரு குரோமேட்டிட்களுடன் கைனெட்டோகோர் இணைந்து காணப்படுகின்ற இரு டையாடுகள் புரோ.:பேஸ் நிலையில் தெளிவாகத் தோன்றும். குரோமேட்டிட்கள் சோடியாகச் சுருண்டிராமலும், டீலோ.:பேஸ் I-ல் காண்பதைவிட நீளமாகவும் இருக்கும். ஸ்பிண்டில் உருவாவதும், சென்ட்ரியோல்கள் துருவங்களை நோக்கி நகர்வதும், நியூக்ளியார் சவ்வு உடைவதும் நடைபெறுகின்றன (படம் 12I).

மெட்டா.:பேஸ் II

ஒவ்வொரு சேய் நியூக்ளியஸின் ஒற்றை எண் குரோமோசோம்கள் மத்தியத் தட்டிற்கு நகர்ந்துவரும். கைனெட்டோகோர்கள் இரட்டிப்பதுடன், மத்தியத் தட்டில் அமையும். அதன் அறை ஸ்பிண்டில்கள் ஒவ்வொரு கைனெட்டோகோர்களுடன் வெவ்வேறு துருவங்களுடன் இணையும். (படம் 12J). இதனால் முழு ஸ்பிண்டிலே உண்டாகி விடுகிறது.

அனு.:பேஸ் II

டையாடுகள் பிரிவதினால் ஒரு குரோமேட்டிட் (இப்போது அதற்குக் குரோமோசோம் என்று பெயர்) ஒவ்வொரு துருவத்திற்கும் நகர்ந்து செல்வதினால் ஒவ்வொரு சேய் நியூக்ளியசும் ஒற்றை எண் குரோமோசோம்களைப் பெற்றிருக்கின்றன (படம் 12K). இதனால் இதுவும் சமப் பிரிவே ஆகும்.

டீலோ.:பேஸ் II

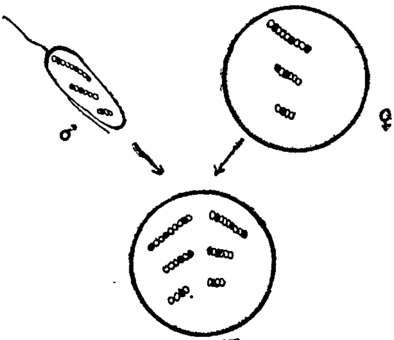
குரோமோசோம்கள் சுருளை நீக்கிப் பெருத்து இடைநிலையில் தோன்றும் குரோமேட்டிட்போல் தனிப் பண்புடன் காணப்படும். நியூக்ளியார் சவ்வு புதிப்பிக்கப்படுகிறது (படம் 12L). நியூக்ளியோலஸ் திரும்பவும் தோன்றுகிறது. இந்நியூக்ளியார் நிகழ்ச்சிக்குப் பின் சைட்டோகைனிசிஸ் நடைபெறுவதால் நான்கு செல்கள் உண்டாகின்றன. ஒவ்வொன்றிலும் ஒற்றை எண் குரோமோசோம்கள் நிலைக்கின்றன. ஆணில் இந்தச் செல்களுக்கு விந்தாகுகலம் (Spermatids) என்றும், பெண்ணில் அண்டமாகுகலம் (Ootids) என்றும் பெயர். விந்தாகுகலத்திலிருந்து விந்துக்களும்,

(Spermatozoa) நான்கு அண்டமாகு கலத்திலிருந்து ஓர் அண்டமும் (Ovum) உண்டாகின்றன. மற்ற மூன்றும் சிதைவுற்று, போலார் உறுப்புக்களாக மாறி நீக்கப்படுகின்றன.

குன்றல் பிரிவை மிகச் சுருக்கமாகப் படம் 15 விளக்குகிறது.

ஜீன் நிலையிடமும் (லோகஸும்-Locus), எதிரிருக்களும் (அல்லீல்களும்–Alleles)

டுரோசோபைலா (Drosophila) என்ற பழப் பூச்சியின் கண்களில் பல நிறங்கள் உண்டு. அவற்றின் நிறங்களுக்கு ஒவ்வொரு நிற ஜீனும், அந்த ஜீனின் நிலையிடமும் காரணமாகும். அந்நிலையிடங்கள் குரோமோசோம்களில் எவ்விடத்திலும் இருக்கலாம். உதாரணமாகக் கண் நிற ஜீன், உடல் நிற ஜீனுக்கு அடுத்த குரோமோசோமில் இருக்கலாம். ஆனால் மற்றொரு குரோமோசோமில், இறக்கை நிற ஜீனுக்கு அடுத்தும் இருக்கலாம். ஆகவே ஒரே இடத்தில் இருக்கும் என்றில்லை. ஆனால் ஒரு குரோமோசோமில் ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்திலேயேதான் ஒரு ஜீன் காணப்படும். இந்த இடத்திற்குத்தான் அதன் நிலையிடம் அல்லது லோகஸ் (Locus) என்று பெயர்.



படம் 17.

ஜீன்களின் விநியோகக் கூறுபாடு ; கறுப்பாகக் காண்பவை தனிக்கூறுகளை நிர்ணயிக்கின்றன. அவை குரோசோமின் ஒரே லோகஸ்களில் அமைந்துள்ளதைக் கவனி.

படம் 17-ஐக் கவனித்தால் ஒரு குறிப்பிட்ட தனிக் கூற்றிற்கு (Trait) ஒரு ஜீன் எவ்வாறு குரோமோசோமில்

அமைந்துள்ளது என்று புலனாகும். ஒவ்வொரு குரோமோசோமில் உள்ள சிறு வட்டங்களும் ஜீன்களாகும். அவற்றில் கருமையாக்கிய ஒவ்வொன்றும் சில குறிப்பிட்ட தனிக் கூற்றை, உதாரணமாகக் கண் நிறம் அல்லது விதையின் அமைப்பு முதலியவற்றைக் குறிக்கின்றன. கருமையாக்கப் பெறாத வட்டங்கள் இது போன்ற மாற்றத் தனிக் கூற்றைக் குறிக்கின்றன. விந்திலுள்ள குரோமோசோமை மட்டிலும் நோக்குவோமேயானால் ஒவ்வொரு வகைக்கும் ஒவ்வொரு குரோமோசோம்தான் இருக்கிறது. அதனால் ஒரு நிலையிடத்திலும் (லோகஸில்) ஒரு ஜீன் மட்டும் இருக்கிறது. அதனுடன் வெவ்வேறு நிலையிடத்தில் காணப்படும் ஜீன்கள் ஒன்றிற்கொன்று வேறுபட்டே இருக்கின்றன. (இங்குக் கருநிறமுடையதும், நிறமற்றதும் என இருவகைகள் காட்டப் பட்டிருந்தாலும், உண்மையில் பல வகைகள் உண்டு). அண்டத்தைக் கவனித்தால், அதிலும் ஒவ்வொரு நிலையிடத்திலும் ஒவ்வொரு ஜீன்தான் அமைந்துள்ளது. வெவ்வேறு இடத்தில் இருப்பன வெவ்வேறானவற்றைக் குறிக்கின்றன. ஆனால் குறிப்பிட்ட நிலையிடத்திலுள்ள ஜீன் மற்றொன்றினுடைய நிலையிடத்தை ஒத்தே இருக்கும்.

அவ்வாறு பார்க்கும்போது, படத்தின் (விந்தின்) நீள குரோமோசோமின் தலைப்பிலுள்ள ஒரு ஜீன் கருமையற்று இருப்பது போன்றே மற்றொன்றில் (அண்டத்தில்) காணப் படுகிறது. இரண்டாவது கருமையாக உள்ளது; மூன்றாவது கருமையற்றது. இவ்வாறே மற்றவற்றையும் நோக்குக. ஜீன்களின் இவ்வொற்றுமை விந்துவிலும் அண்டத்திலும் உறுதியாகத் தோன்றுவதின் காரணம் யாதெனில் இரண்டும் ஓர் இனத்தைச் (Species) சேர்ந்தவையே. (விலக்கு: இனக் குரோமோசோம்கள் தவிர; பின்னால் விளக்கப்பட்டுள்ளது).

அதன் கீழேயுள்ள படத்தில் கருத்தரித்த முட்டையில் ஒரு சோடி குரோமோசோம்கள் இருக்கின்றன. ஒவ்வொன்றிலும் ஒத்த **ஒவ்வொரு சோடி** ஜீன்கள் ஒவ்வொரு நிலையிடத்திலும் இருக்கின்றன. குறிப்பிட்ட ஒரு சோடி ஜீன்களின் இரு நபர்களுக்கு எதிரிருக்கள் அல்லது **அல்லீல்கள்** (Alleles) என்று பெயர். (ஒன்றின் மற்றொன்று) வழக்கமாக அல்லீல்கள் ஒத்தே இருக்கும். ஏனெனில் விந்துவிலும், அண்டத்திலும் உள்ள நிலையிடங்களில் உள்ள ஜீன்கள் ஒத்தே இருக்கின்றன. ஆனால் சில சமயங்களில் வேறுபட்டுக் காண்பதுண்டு.

நிலையிடத்தின் மூலம் ஜீன்களைக் கண்டறிதல்

ஒருவருடைய கண்களையோ மற்ற உறுப்புக்களையோ பார்த்து ஜீன்களைக் கண்டுகொள்ள முடியாது. பழுப்பு நிறக் கண்ணின் நிலையிலிருந்து நீல நிறக்கண் தென்பட்டால் முன்னதிலிருந்து இது வந்திருக்கவேண்டும். மற்றொரு புது நிறம் தோன்றினல் வேறொரு சாதாரண கண் ஜீன்கள் இருக்க வேண்டும். இது நிலையான திடீர் மாற்றத்தால் மாறி இருக்கிறது. அதனுல் பழுப்பு நிறத்திற்கு இரு ஜீன்கள் இருக்கவேண்டும் என்று தெரிகிறது. மாற்ற மடைந்த ஜீன் சாதாண ஜீன் இருக்கும் இடத்திலிருந்தே மாறி இருக்க வேண்டும். எவ்வளவு புதுப்புது நிறக்கண்கள் இருக்கின்றனவோ அவ்வளவு சாதாரண அல்லது மாறிய ஜீன்கள் இருக்கின்றன என்று தெரிகிறது.

டுரோசோபைலா என்ற பழப் பூச்சியில் சுமார் 20 வெவ்வேறு கண்நிற ஜீன்கள் நிலையான திடீர் மாற்றத்தினல் தோன்றி இருக்கின்றன. குறைந்தது 20 சாதாரணக் கண் நிற ஜீன்களைப் பாதிக்கும் ஜீன்கள் இருக்கின்றன. ஏனெனில் 20 மியூட்டண்ட் ஜீன்கள் வெவ்வேறு லோகஸ்களில் இருக்க வேண்டும். (லோகஸ்களின் பிரிவுத்தன்மை, மீண்டும் இணைதல் முறை போன்றவை பின்னல் விளக்கப் பட்டிருக்கின்றன).

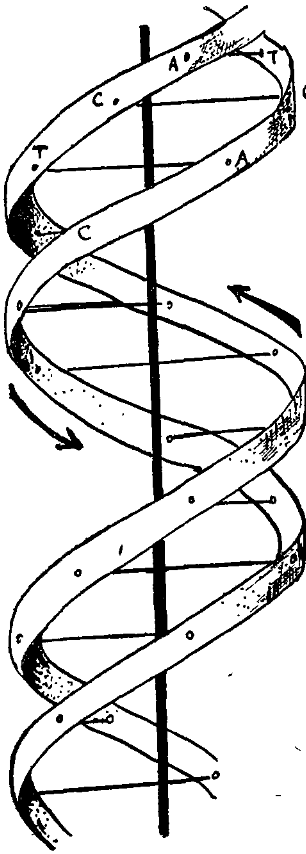
3. டி என் ஏயும் (DNA) ஆர் என் ஏயும் (RNA)

உயிரியின் முக்கியப் பொருள் **புரோட்டீன்** என்றால் நியூக்ளிக் அமிலம் அதன் மாலிக்கூல் ஆகும். இதையே நீல அச்சு (Bule Print) என்று கூறுவார்கள். தற்கால ஆராய்ச்சியின்படி உயிரிகளில் புரதம் தயாரித்தலை நெறிப் படுத்துவதும் பரம்பரைக் குணங்களுக்குத் திறவுகோல் போன்றும் இருப்பதுவும் நியூக்ளிக் அமிலமாகும்.

இரு வகை நியூக்ளிக் அமிலங்கள் உள்ளன. ஒன்று, டி என் ஏ (DNA : Deoxyribonucleic Acid) ; மற்றொன்று ஆர் என் ஏ (RNA : Ribonucleic Acid). டி என் ஏ, செல்லின் நியூக்ளியசில் எப்போதும் காணப்படும். ஆர் என் ஏ, நியூக்ளியசுக்கு வெளியே உள்ள சைட்டோபிளாசத்தில் காணப்படும். வேதியியல்படி அவ்விரண்டும் பெரும்பாலும் ஒத்திருக்கின்றன. ஒவ்வொன்றிலும் பாஸ்பேட் (Phosphate), **சர்க்கரை** (Sugar) **மூலக்கூறு, அடிப்படைகள்** (Bases) என்ற மூன்றும் நீண்ட சங்கிலித்தொடர் போன்று அமைந்துள்ளன (படம் 18, 21). ஆர் என் ஏயில் **அடிப்படைகள்** சோடிகளின் அமைப்புத்தான் மாறி உள்ளது (படம் 22). இரண்டிலும், அடினின் (Adenine), கானின் (Guanine), சைட்டோசீன் (Cytosine) என்ற பேஸ்கள் உண்டு (படம் 24). ஆனால் டி என் ஏயில் தைமீன் (Thymine) என்பதும், ஆர் என் ஏயில் யூராசில் (Uracil) என்பதும் நான்காவது பேஸ்களாகும். பேஸ் சோடிகள் ஒழுங்கற்ற வரிசையில் அமைந்துள்ளன.

எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி மூலம் பார்க்கும் போது டி என் ஏயின் அமைப்பு ஒரு நீண்ட கெட்டியான கயிற்றுத் துண்டு போல் தோற்றமளிக்கிறது. ஆனால் X-ரே மூலம் பிரித்துப் பார்க்கும்போது, இரு மூலக்கூறுகள், ஒன்றின்

மேல்ஒன்று முறுக்கியவாறு ஏறித் திருகு சுழல் போன்று அமைந்துள்ளன (படம் 18). ஒரு கோவையின் அடிப்படைகள் மற்றொன்றில் சரியாக இணைந்து காணப்படும். அதாவது கானின் (Guanine) சோடி சைட்டோசின் (Cytosine) சோடிகளுடனும், அடினின் (Adenine) சோடிகள் தைமீன் (Thymine) சோடிகளுடனும்தான் சேரும் (படம் 19). ஆகவே ஒன்றின் பேஸ்கள் மற்றொரு கோவையின் பேஸ்களை நிர்ணயிக்கின்றன.

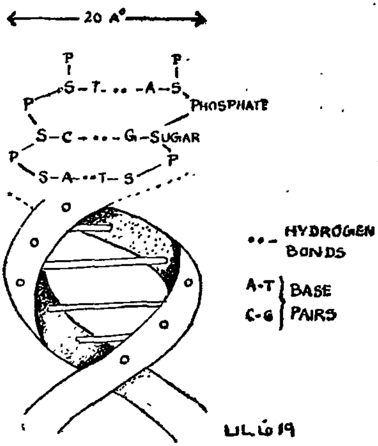


படம் 18
டி என் ஏயின் திருகுசுழல் அமைப்பு.
வாட்சன், கிரிக் மாதிரி

அவ்வாறே ஆர் என் ஏ (RNA)யைப் பற்றியும் விளக்கியுள்ளார்கள். இதில் அடினின் என்ற அடிப்படையுடன் பல அடினிலிக் அமிலம் (Poly-adenylic Acid or Poly-A) அல்லது பல் யூராசில் (Polyuracil or Poly-A) என்பவையே சேரும். இவ்விரு பேஸ்களையும் ஒன்றாகக் கரைசலில் சேர்த்தால் இவ்விரு கோவைகளும் டிஎன்ஏ போன்று திருகு சுழல் அமைப்பில் இணைந்து விடுகின்றன. அடினின், யூராசில் என்ற இரண்டையும் ஹைட்ரஜன் (H) இணைத்து வைக்கிறது. மேற்கூறிய செயற்கைக் கோவைகளையன்றி இயற்கை ஆர் என் ஏக்களும் இருக்கின்றன. இது இரு கோவைச் சங்கிலிகளால் ஆனது. இவை X-ரே மூலம் தெளிவாக விளங்குவதில்லை. ஆர் என் ஏ, டி என் ஏயுடன் அல்லது புரதத்துடன் சேர்ந்தால்தான் தெளிவுடனும் ஒழுங்காகவும் விளங்கும். இவற்றைப்பற்றிப் பாக்டீரியா போன்ற நுண்ணுயிரிகளில் அமெரிக்க செவிரோ ஒச்சோவா (Severo Ochoa), ஆர்தர் கோரன் பெர்க் (Arthur

L. Korenberg) போன்றவர்கள் ஆராய்ந்து வெளியிட்டுள்ளார்கள்.

குணங்கள் மரபு வழியில் தோன்றுகின்றன. அவற்றை டி என் ஏ தாங்கிச் செல்கின்றன என்று 1940ஆம் ஆண்டில் ஆண்ட்ரூ போவின் (Andrew Bovin), ரோஜர் (Roger), கோலெட் வெண்ட்ரலி (Colette Vendrely), ஆல்ப்ரட் மிர்ஸ்கி, (Alfred



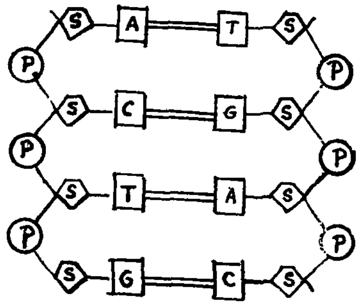
படம் 19

டி என் ஏ மாலிக்கூலின் அமைப்பு.

O = ஆக்ஸிஜன்
P = பாஸ்பரஸ்
N = நைட்ரஜன்
H = ஹைட்ரஜன்
C = கார்பன்

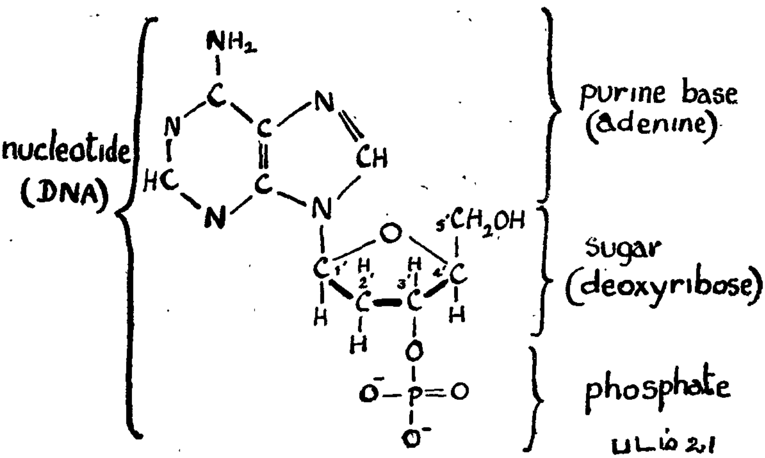
E. Mirsky), ஹென்ஸ் ரிஸ் (Hans Ris) என்ற பலர் ஆராய்ந்து கூறியுள்ளார்கள். இவர்கள்தாம் உயிர் வேதியியல் முறையில் செல்லின் உயிர்த்தன்மையை விளக்கினார்கள். ஒரு ஜீனிலிருந்து மற்றொரு ஜீன் உண்டாகும்போது உயிர் வேதியியல் முறையில் இணைகிறது என்று கூறியுள்ளனர். இதனால் வீஸ்மென் (Weismann) கூறிய **ஜெர்ம் பிளாசம்** கொள்கைக்கு (Germ Plasam Theory) உயிர் வேதியியல் முறையில் விளக்கம் கூறமுடிகிறது. மாலிக்கூலின் அமைப்பு இன்று நன்றாக விளக்கப்பட்டுள்ளது. இம்மூலக்கூற்றின் அமைப்பை முதன் முதல் வெளியிட்டவர்கள் கிரிக் (F. H. C. Crick), வாட்சன் (J. D. Watson) என்ற இருவருமாவார்கள். இவர்களின் கூற்றுப்படி இம்மூலக்கூற்றில் இரட்டைத் திருகுசுழல் (Double

Helix) முறுக்கிழையால் இணைந்தாற்போல் அமைந்துள்ளது. இதன் அமைப்பை ஓர் இரும்பு திருகு சுழற்படிக்கு ஒப்பிடலாம் (படம் 17). அதன் படிகள் நியூக்ளியோட்டைட்கள், பாஸ்பேட், டி ஆக்சிரிபோஸ் என்ற சர்க்கரையினுல் (Sugar) ஆனவை. படி மட்டும் அமினோ அமிலங்களான பியூரின் (Purine) பிரிமிடின்களைக் (Pyrimidine) குறிக்கும். தைமீன் (Thymine), சைட்டோசின் (Cytosine) இரண்டும் பிரிமிடின்களாகும். இவை சோடி சோடியாக இணைந்துள்ளன. இவ்விணைப்பில் முன் கூறியது போல் ஒரு பியூரினும், ஒரு பிரிமிடினும் தாம் சேரும். இச்சேர்க்கை ஓர் எளிய புள்ளியில் ஏற்படுகிறது. இச் சேர்க்கையில் சிறப்பான விதிகள் உண்டு. அடினினுடன் (A) தைமீனும் (T) சைட்டோசினுடன் (C) கானினும் (G) தான் சேரும். ஆகையால் இவற்றில் நான்குவித இணைப்புக்களே ஏற்பட முடியும். அவை



படம் 20

பெரிதாக்கப்பட்டது.

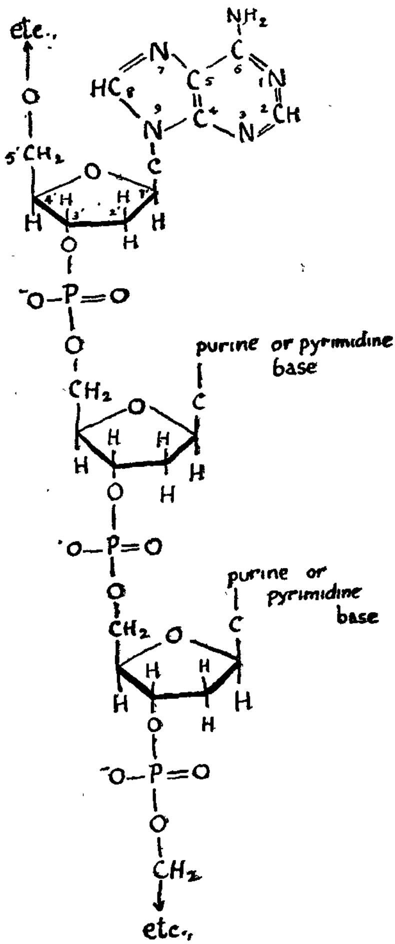


படம் 21

ஒரு நியூக்ளியோட்டைட்டின் அமைப்பு.

யாவன: A=T; T=A; C=G; G=C. இந்நான்கும் ஒன்றன் பின் ஒன்ருக மாறி வரும். ஒரு பக்கத்தில் ACTGயும் அதனுடன் TGACயும் காணப்படும். இதுபோன்ற பல

இணைவுகள் உண்டாகுகின்றன. இவ்விணைவுகள் பாஸ்பேட், ரிபோஸ்களுடன் திரும்பத் திரும்பச் சேர்ந்து பல நியூக்ளியோட்டைட்களை உண்டாக்குகின்றன.



படம் 22

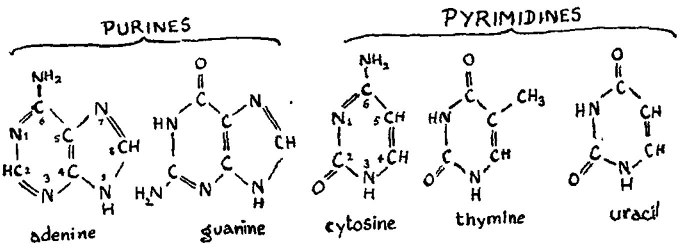
பல நியூக்ளியோட்டைட்கள் சேர்ந்த கோவை.

நான்கெழுத்து ஜெனிட்டிக்கோட் (குறியீடு) (படம் 25)

ABCD நியூக்ளிக் அமிலம்

AB	CD	AD	AC	BA	AC	BD	AC	BA	BC
|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
C	H	R	O	M	O	S	O	M	E

சுமார் 20,000 பியூரின் பிரிமிடின் சோடிகள் சேர்ந்து பாஸ்பேட் டி ஆக்சிரிபோஸ் இழைகளுடன் ஒரு டி என் ஏ மாலிக்கூலை உண்டாக்குகின்றன. ஆகவே எந்த ஒரு செல்லில் இருந்தாலும் அதில் குறைந்தது ஆறு சேர்க்கைகள் உண்டு. அதாவது SPGCTA என்று மெற்கூறியவாறு அமைதற்கு ஜெனிட்டிக்கோட் (குறியீடு) (Genetic Code) என்று பெயர். S = சுகர், P = பாஸ்பேட், G = கானின், C = சைட்டோசின், A = அடினின், T = தைமீன். இவற்றின் உருவளவை ஆங்ஸ்ட்



படம் 23

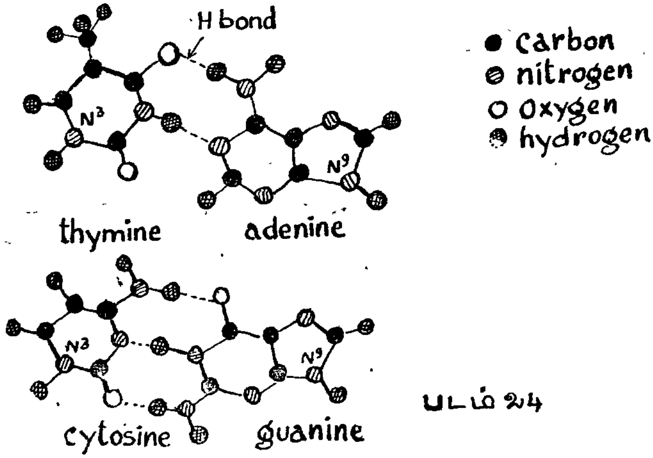
டி என் ஏ, ஆர் என் ஏ பேஸ்கள்

ராம் யூனிட்டுக்கள் மூலம் குறிப்பிடுவதுண்டு (ஓர் ஆங்ஸ்ட்ராம் யூனிட் (A°) என்பது 0·1 மில்லிமைக்ரான்கள் அல்லது ஒரு மைக்ரானின் ஒரு பத்தாயிரத்தில் ஒன்று). ஆகவே ஒரு ஜீன், முன் அமைந்துள்ள ஜீனிலிருந்தே உண்டாகிறது என்று மரபு வழி வல்லுநர்கள் அறிய முடிகிறது. ஒரு ஜீனின் பருமனளவு 10^{-8} முதல் $10^{-10} N^3$ (உ-ம். டுரோ சோபைலா) என்றும், இது 10 மத்தியஅளவு புரோட்டீன் மாலிக்கூலுக்குச் சமம் என்றும் கூறுகிறார்கள். ஆகவே ஒரு குரோமோசோமைச் 'சூப்பர்மாலிக்கூல்' (Supermolecule) என்றும் கூறுவதுண்டு.

டி என் ஏ இரட்டித்தல் (Duplication of DNA)

வாட்சன், கிரிக் என்ற இருவர்களின் கோட்பாட்டிற்கிணங்க AG TC AC என்ற ஒரு நியூக்ளியோட்டைட் தொடர்

வரிசைக்கு இணையாக அமைவது TC AG TG ஆகும். இத் தொடர் வரிசை (Sequence) இரட்டிக்கும் போது இடையிலுள்ள ஹைட்ரஜன் இணைவு (Hydrogen Bond) உடைந்து இரு சங்கிலித் தொடர்கள் சுற்றை இழந்து பிரிந்து விடுகின்றன. ஒவ்வொரு சங்கிலியும் ஒருவார்ப்பாக (Template) மாறிப் புதிய சங்கிலித்



படம் 24

நியூக்ளியோட்டைட்களுக்கிடையே ஹைட்ரஜன் இணைவு

தொடரை அமைத்துக் கொள்கின்றன. அதனால் இரு சோடிச் சங்கிலிகள் அமைகின்றன. ஆனால் முதலில் ஒரு தொடரே இருந்தது (படம் 22). இத்தொடரைப் பாக்டீரியா, ஆல்கா (Algae) போன்ற உயிரிகளில் பல சோதனைகள் செய்து கண்டுள்ளார்கள். ஐசோடோப் அடையாளத்துண்டுகள் (Labeled Isotopes) மூலம் ஆராய்ந்தார்கள். நைட்ரஜன் (N^{15}) என்ற ஒன்றை அடையாளத் துண்டாகப் பயன்படுத்தி டி என் ஏயில் செறிவு ஏற்ற—இறக்கத்தைக் கண்டறிந்தார்கள் (படம் 26-30). 1958 ஆம் ஆண்டு M. மெசல்சனும், F. ஸ்டாலும் (M. Meselson and F. Stahl) ஈ. காலை (Escheri-chiacoli) என்ற பாக்டீரியாவில் N^{15} அடையாளத்துண்டுடைய டி என் ஏயைப் பயன்படுத்தினார்கள்.

N^{15} கொண்ட வளர்ச்சி நுண்மத்தொகுதி ஊடகத்தில் பல சந்ததிகளை வளர்த்து, அந்தப் பாக்டீரியாக்களிலிருந்து டி என் ஏயை வடித்து எடுத்தார்கள். அவ்வாறு வடித்தெடுத்த டி என் ஏயில் அதிக அளவு அடையாளத்

துண்டுடைய ஐசோடோப்புக்கள் இருக்கின்றன. அவற்றைச் சுழற்கருவி (Centrifuge) மூலம் சுழற்சியில் வடிக்கும்போது

Singlet Code (4 words)

U
C
A
G

Doublet Code (16 words)

Second Letter (columns); First Letter (rows)

	U	C	A	G
U	UU	UC	UA	UG
C	CU	CC	CA	CG
A	AU	AC	AA	AG
G	GU	GC	GA	GG

Triplet Code (64 words)

Second Letter (columns); First Letter (rows); Third Letter (last column)

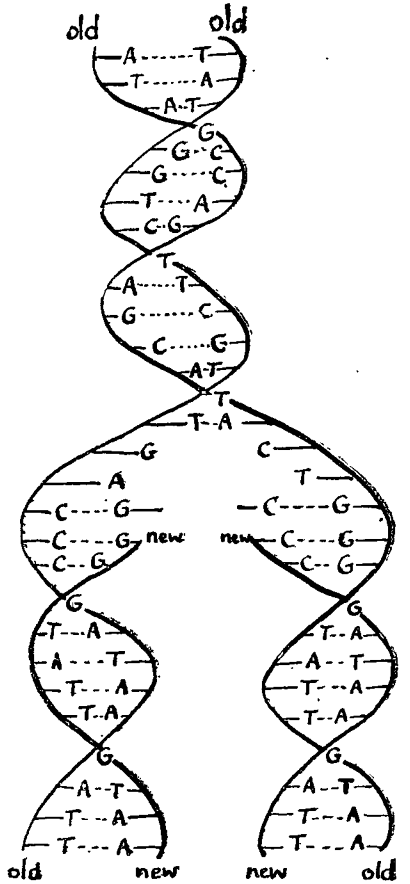
First Letter	U	C	A	G	Third Letter
U	UUU } Phe UUC } UUA } Leu UUG }	UCU } UCC } Ser UCA } UCG }	UAU } Tyr UAC } UAA-ochre UAG-amber	UGU } Cys UGC } UGA-opal UGG-Tryp	U C A G
C	CUU } CUC } Leu CUA } CUG }	CCU } CCC } Pro CCA } CCG }	CAU } His CAC } CAA } Glu.N CAG }	CGU } CGC } Arg CGA } CGG }	U C A G
A	AUU } Iso AUC } leu AUA } Met AUG }	ACU } ACC } Thr ACA } ACG }	AAU } Asp N AAC } AAA } Lys AAG }	AGU } Ser AGC } AGA } Arg AGG }	U C A G
G	GUU } GUC } Val GUA } GUG }	GCU } GCC } Ala GCA } GCG }	GAU } Asp GAC } GAA } Glu GAG }	GGU } GGC } Gly GGA } GGG }	U C A G

படம் 25

ஜெனிட்டிக்கோட்

சாதாரண டி என் ஏவைவிட அடர்த்தி அதிகமாக இருந்தது தெரியவந்தது. இந்த N^{15} டி என் ஏவை N^{14} உள்ள வளர்

நுண்ம ஊடகத்தில் இட்டு வளர்ச்சியைச் சோதித்துப் பார்த்ததில், கலப்பு டி என் ஏவில் (Hybrid DNA) அடர்த்தி அதிகமாக இருந்தது. பாக்டீரியாக்கள் இரட்டிக்கும்

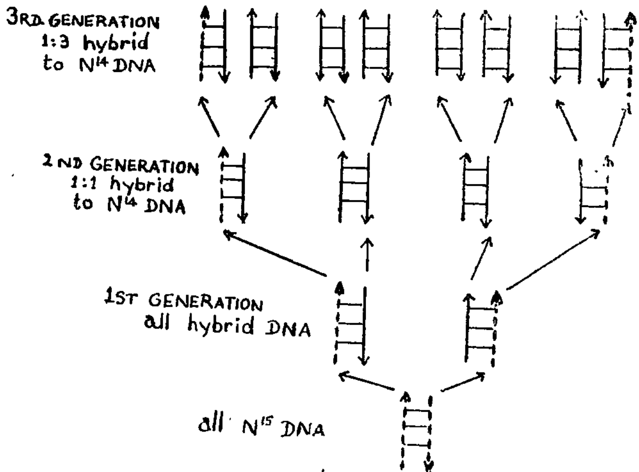


படம் 26

வாட்சன்-கிரிக் முறையினால் டி என் ஏ இரட்டித்தல்

சமயத்தில் டி என் ஏ சோதனைக்கு எடுக்கப்பட்டது. முதல் முறையில் N^{15} இல்லாத சமயத்தில் எடுத்தபோது சம அளவு டி என் ஏயும், N^{14} டி என் ஏயும் உண்டாகி இருந்தன (படம் 29). இவர்களுடைய முடிவுகள் வாட்சன், கிரிக், மாடல்

இரட்டித்தலை ஒத்தே இருக்கின்றன என்று கூறுகிறார்கள். உயர்நிலை உயிரிகளில் சோதனை செய்ததில் அவற்றின் குரோமோசோம்களும் இதையே உறுதி செய்கின்றன.



படம் 27

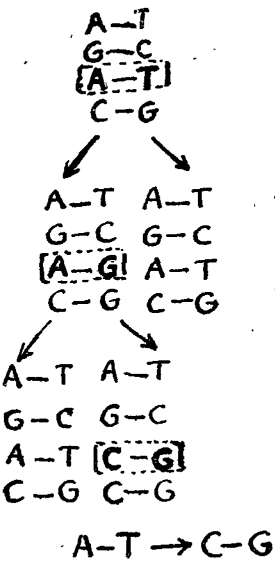
மெசல்சன்-ஸ்டால் சோதனையின் டி என் ஏ இரட்டித்தல் விளக்கம்.

டி என் ஏ அமைப்பின் முக்கியத்துவம் யாதெனில் சோடியாக இணைதல் முறை நியூக்ளியோட்டைட்களுக்குள்ளேயே இருப்பதாகும். இதனால் ஒரு டிஎன்ஏ மாலிக்கூல் இரண்டு ஒத்த சேய்மாலிக்கூல்களை உண்டாக்குகின்றன. மரபியல் கொள்கைப்படி ஒரு செல் ஒத்த மரபு வழிப் பொருள்களை (Genotype) இரு சேய்ச்செல்களுக்குப் பங்கிடுவதாகும். அதாவது ஒத்த ஜீனோடைப்புக்களை உண்டாக்குதலாகும். இந்த மரபு வழிப்பொருள்கள் அல்லது டிஎன்ஏ பல தோற்ற வழிப் (Phenotype) பொருள்களை உண்டாக்கக் காரணமாக இருக்கின்றன. மரபியல் விளக்கத்திற்கு (Genetic Information) டி என் ஏதான் முக்கியமாகவும் அதுவே தோற்ற வழிக்கு அடிகோலியாகவும் இருக்கிறது. இதையே ஜெனிட்டிக் கோட் தொடர்வரிசை விளக்குகிறது (படம் 25 ஜெனிட்டிக்கோட்).

ஆர் என் ஏ

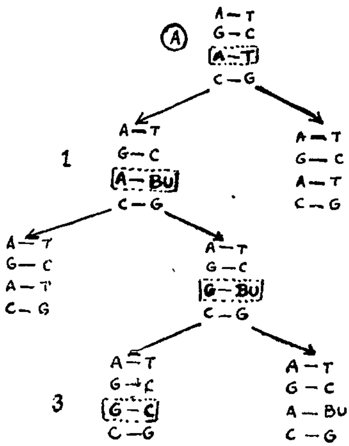
ஆர் என் ஏயில் (Ribonucleic Acid-RNA) பல வகைகள் இருந்தாலும் அவற்றில் மூன்றுதாம் தெளிவாக விளக்கப்

பட்டுள்ளன. 1. மெஸன்ஜர் ஆர் என் ஏ (Messenger RNA or m-RNA), 2. கரையும் அல்லது மாறும் (டிரான்ஸ்பர்) ஆர் என் ஏ (Soluble or Transfer RNA or t-RNA), 3. ரைபோசோமில் ஆர் என் ஏ (Ribosomal RNA) இம்மூன்றும் வெவ்வேறானவையே. அவற்றின் விகிதமும் வேறுபட்டதே. டி என் ஏயில் அடிப்படைகள் எவ்வாறு இணைந்துள்ளனவோ அவ்வாறே ஆர் என் ஏயிலும் இணைந்துள்ளன. முன் குறிப்பிட்டதுபோல் தைமீன் என்ற பிரிமிடினுக்குப் பதிலாக யூராசில் இணைந்திருக்கும். ஆகவே டி என் ஏயில் மட்டும்தான் தைமீன் இருக்கிறது. ஆர் என் ஏயில் இல்லை. மெஸன்ஜர் ஆர் என் ஏ 1960ஆம் ஆண்டுதான் நிலைநாட்டப்பட்டது. மெஸன்ஜர் ஆர் என் ஏ ஆனது டிஎன்ஏ மூலக்கூற்றின் ஒரு பகுதியிலிருந்தே உண்டாகுகிறது. எவ்வாறெனில் தற்காலிகமாக டி என் ஏ மூலக்கூற்றின் ஒரு பகுதி நீளத்திலிருந்து பிரிகிறது. பிரிந்து அது டி என் ஏயின் முறுக்கிழை ஒன்றின் எதிரில் அமைகிறது. டி என் ஏ முறுக்கிழையில் அடினின், தைமீன், கானின் என்றிருந்தால், ஆர் என் ஏயில் யூராசில், அடினின், சைட்டோசின் என்று இருக்கும். மற்றும் ரைபோஸ் சர்க்கரையும் பாஸ்பேட் இணைப்பும் (Bond) உள்ளன. பிறகு டி என் ஏயில் இரு முறுக்கிழைகளும் திரும்பவும் இணைகின்றன. டி என் ஏ உண்டானதும் சைட்டோபிளாசத்திற்குள் அனுப்பப்படும். நியூக்ளியோலஸ் ஆர் என் ஏவைச் சேர்த்து வைப்பதாகக் கருதத் தேவையான ஆதாரமும் இருக்கிறது. ஆர் என் ஏ நியூக்ளியோலசில் அதிகமாக இருக்கிறது. அதனுடன் குரோமோசோம்களுடன் இணைந்து காணப்படுகின்றன. மேலும் மைட்டோசிஸ் பிரிதலின்போது மறைந்து விடுகிறது. அவ்வமயம் டி என் ஏ, ஆர் என் ஏவைத் தயாரிப்பதில்லை. ஆனால் மைட்டோசிஸ் பிரிவு முடிந்தவுடன் திரும்பத் தோன்றுவதுடன் ஆர் என் ஏ தயாரிப்பும் துவங்குகிறது (படம் 31.)



படம் 24
பியூரின்-பியூரின் பேஸ் இணைவுகளின் மாறுதல்கள்

மெஸஞ்ஜர் ஆர் என் ஏ சைட்டோபிளாசத்தில் ஒரு தடவைதான் ரைபோசோம்களுக்குப் போகிறது. ரைபோசோம்கள் புரதத்தினாலும் ஆர் என் ஏயினாலும், ரைபோசோமல் ஆர் என் ஏயினாலும் ஆனவை. அவை சமப்பங்காகவே இணைந்துள்ளன. அவை மெஸஞ்ஜர் ஆர் என் ஏயிலிருந்து தகவல்களை வாங்கப் பயன்படுகின்றன. மேலும் மெஸஞ்ஜர் ஆர் என் ஏயே ஜீன்கோடை (Gene Code) தாங்கிச் செல்கின்றன என்பதற்கும் தக்க ஆதாரங்கள் உள்ளன. புரதச் சேர்க்கையில் (படம் 31) இந்த ஆர் என் ஏ முக்கியப் பங்கு கொள்கிறது.



படம் 29 A-T → G-C

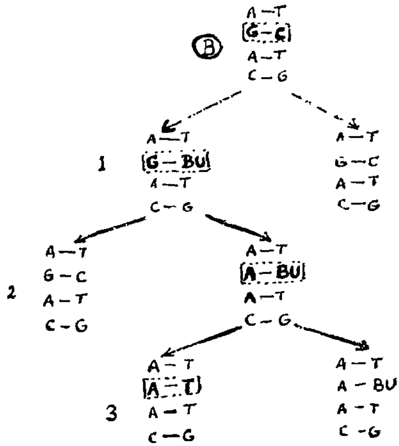
A. Bu-அடினின் பேஸ்களின் இணைதலின் மாறுதல்கள்

டிரான்ஸ்பர் ஆர் என் ஏ ஆனது சிறு மூலக்கூற்றினால் ஆனது. அதனுடைய மூலக்கூற்றின் எடையானது சுமார் 20000 முதல் 25000 வரை இருக்கும். ஒவ்வோர் அமினோ அமிலத்திலும் குறைந்தது ஒரு டி ஆர் என் ஏ இருக்கும். ஆகையால் ஒரு செல்லில் அதிக அளவு இந்த ஆர் என் ஏ இருக்கின்றது. சுமார் 90 நியூக்ளியோடைட்கள் ஒரு டி ஆர் என் ஏயில் இருந்தாலும், அவற்றில் மூன்றுதாம் ஒரு குறிப்பிட்ட அமினோ அமிலத்தில் செய்தியைக் கொண்டு செல்லும். இந்த ஒரு குறிப்பிடப்பட்ட அமினோ அமிலத்திலிருந்து ரைபோசோமிற்குக் கோடை (Code) எடுத்துச் செல்லுகிறது. மனிதச் செல்லில் சிலவற்றில் 20வகை அமினோ அமிலங்கள் இருப்பதாகவும், அவை 20வகையான டி ஆர் என் ஏ மூலக்கூறுகளைச் சைட்டோபிளாசத்தில் உண்டாக்குகின்றன என்றும் தெரிகிறது. இதுவும், மற்றவகை ஆர் என் ஏக்களைப்போல் சக்தியை உண்டாக்குவதில் பங்குகொள்கிறது.

ரைபோசோமல் ஆர் என் ஏ

இது சைட்டோபிளாசத்திலுள்ள ரைபோசோம்களில் காணப்படுகின்றது. ரைபோசோம்கள் மிகச் சிறிய பொடி

களாகும். அவற்றின் மூலக்கூற்றின் எடை நான்கு மிலியன் களாகும். ரைபோசோமல் ஆர் என் ஏ, புரதம் ஆகிய இரண்டி னாலும் ஆனது. ஆர் என் ஏ அடிப்படைகள் விகிதங்கள் வெவ் வேறு நுண்ணுயிர்களில் ஒன்றாக இருந்தாலும் அவற்றுள் ஒழுங்கான ஒற்றுமை காணப்படவில்லை. இந்த ஆர் என் ஏ அமினோ அமிலத்தின் எப்பகுதியிலும் இணையும் தன்மை யுடையது.

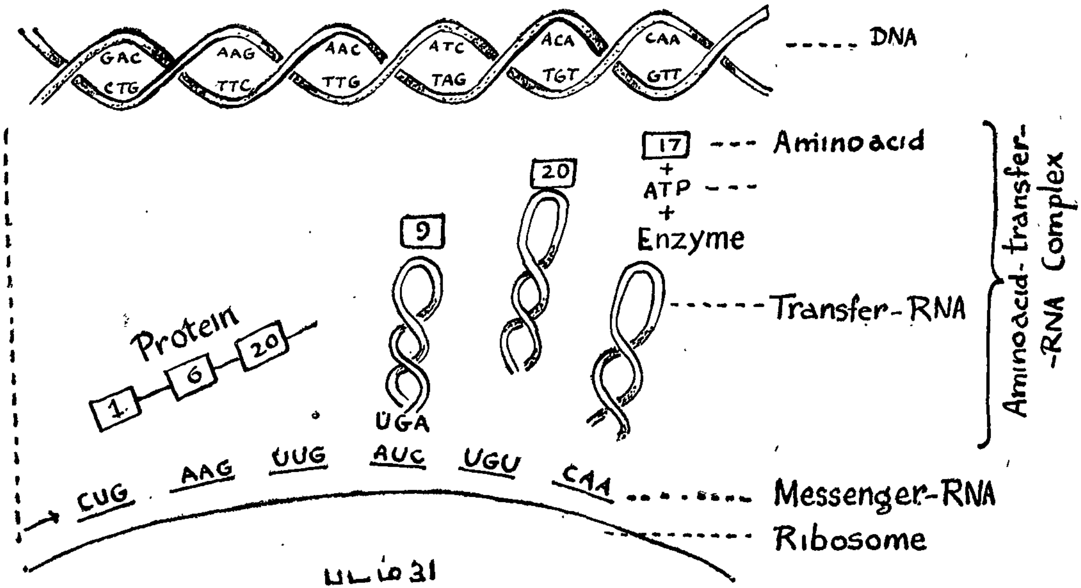


படம் 30 G-C → A-T

B. Bu-கானின் பேஸ்களின் இணைதலில் மாறுதல்கள்

புரதச்சேர்க்கை

செல்லின் முக்கிய வேலையான புரதச் சேர்க்கையில் ஆர்என் ஏ முக்கியப் பங்குகொள்கிறது. புரதச் சேர்க்கையில் அமினோ அமிலங்கள் கட்டும் துண்டுகளாகப் (Building Blocks) பயன்படுகின்றன. விலங்குகள் உண்ணும் புரதம் அமினோ அமிலங்கள் என்ற சிறு பகுதிகளாகப் பகுக்கப்படுகின்றன. செல்லில் திரும்பவும் எடுத்துக்கொள்ளப்படுவதுடன் இவற்றை இணைக்க என்சைம்கள் பயன்படுகின்றன. இவற்றின் பகுதிகளுக்குப் பெப்டைடுகள் (Peptides) என்றும், அவற்றைப்போல் பல அமினோ அமிலங்கள் சேர்ந்து பாலி பெப்டைடுகளை (Polypeptides) உண்டாக்குகின்றன என்றும் விளங்குகிறது. இவற்றுடன் மைட்டோகாண்டிரியா உண்டாக்கும் அடினோசின் டிரைபாஸ்பேட்டும் (Adenosine Triphosphate-ATP) சேர்ந்து சக்தியை அளிக்கின்றன.



படம் 31

புரதச் சேர்க்கை: டி என் ஏ, எம்-ஆர் என் ஏ, டி-ஆர் என் ஏ ரைபோசோம்களின் செயல்கள்

1961ஆம் ஆண்டு M. W. நீரன்பெர்க்கும், J. H. மத்தாயியும் (M. W. Nirenberg and T. H. Matthaei) சேர்ந்து செயற்கை ஆர் என் ஏயைக் (Synthetic RNA)—பாலியூரிடிலிக் அமிலம்—Polyuridylic Acid Poly-U) கண்டறிந்தார்கள். அவர்கள் எஸ்கேரேகியாகோலி (Escherichia Coli) என்ற பாக்டீரியாவில் சோதனை செய்தார்கள். S. ஒச்சோவா (S. Ochoa) என்பவரும் செயற்கைப் பாலி நியூக்ளியோடைட்டைத் தயாரித்துள்ளார்.

பரம்பரையிலும், புரோட்டீன் சேர்க்கையிலும் நியூக்ளிக் அமிலங்களின் செயல்கள்

டிஎன்ஏயும், ஆர்என்ஏயும், பரம்பரையிலும், புரோட்டீன் சேர்க்கையிலும் செயலாற்றுவதில் ஐயமிருந்து வந்தது. ஆனால் டி என் ஏ மெண்டலின் பரம்பரை மூலக்கூறுகளை (ஜீன்கள்) வழிவழி அனுப்புவதில் முக்கியப் பங்கு கொள்கிறதென்றும், புரோட்டீன் சேர்க்கையில் நேரடியான குறுக்கீடுகள் மிகக்குறைவு என்றும் உணரத் தற்காலச் சான்றுகள் உள்ளன. ஆனால் ஆர் என் ஏ, இதற்கு மாறான செயல்களைச் செய்கின்றன. அதாவது புரோட்டீன் சேர்க்கையில் முக்கியமாகச் செயலாற்றுவதாகவும், மரபியல் பண்புகளை எடுத்துச் செல்வதில் (தாவர வைரஸ்கள் தவிர) அவ்வளவாக இல்லை என்பதும் தெரியவருகின்றன. டி என் ஏ புரோட்டீன் சேர்க்கையில் செயலாற்றுவதாகக் கொண்டாலும்கூட, ஆர் என் ஏ, சைட்டோபிளாசத்தின் மூலம் பரம்பரைக் குணங்களை (பிளாஸ்மாஜீன்கள்) வழிவழியனுப்புவதில் பங்கு கொள்ளுவதாகத் தெரிகிறது.

சமீபத்தில் ஹாட்ச்கிஸ் (R. D. Hotchkies 1955) என்பவர் வெளியிட்ட மதிப்பாய்வுக் (Review) கட்டுரையில் இவைபற்றித் தெளிவுபடுத்தியுள்ளார். டி என் ஏ, மரபியல் பண்புகளை வழிவழிக்கொண்டு செல்லும் பணியைச் (Genetic Role) செய்கிறது என்பதைக் கெரார்டும், கோகனும் (P. Gerard 1952, S. Cohen 1955) சுட்டிக்காட்டியுள்ளனர். டி என் ஏயின் மரபியல் பண்புப் பணியைப் பற்றித் தெளிவுபடுத்த ஏழு வகைக் காரணங்கள் உள்ளன. 1. பல்வேறு இனத் தோற்றங்களில் டி என் ஏயின் இனத் தனிக் குறிப்பீடு (Species Specificity); 2. குரோமோசோமில் டி என் ஏ குறிப்பிட்ட இடத்தில் காணப்படுதல் (Specific Localization): (உ-ம்—பூத உமிழ் நீர்ச்சுரப்பியின் பட்டைகளினுள் ஜீன்கள் காணப்படுதல்); 3. ஒவ்வொரு

குரோமோசோம் செட்டிலும் டிஎன்ஏ மாறுது (Constancy) காணப்படுதல்; 4. டி என் ஏயில் நிலையான திடீர்மாற்றச் செயல் இயக்கிகளின் (Mutagenic Agents) விளைவுகள்; 5. பாக்டீரியா கொல்லிகளின் (Phage) இனப்பெருக்கத்தில் டி என் ஏயின் பங்குகள்; 6. டி என் ஏயுடன் பாக்டீரியாக்களின் மாற்றமடையும் செயல் இயக்கிகளின் தனித்துவம் (Identt y); 7. டி என் ஏயின் ஒப்பீட்டு வளர்சிதை மாற்றத்தின் உறுதியானநிலை (Relative Metabolic Stability) போன்றவையாகும். இவை பற்றி இன்றைய மரபியல் வளர்ச்சி தெளிவுபடுத்துகிறது.

4. மெண்டலிசம்

(Mendelism)

கிரிகர் ஜான் மெண்டல் (Gregor Johann Mendel 1822-1884) என்பவர், ஆஸ்ட்ரியா நாட்டின் பிரன் என்ற நகரில் (பிரனே, செக்கோஸ்லோவேகியா) பிறந்தார். மரபியலுக்கு வித்திட்ட காரணத்தால் இவரை "மரபியலின் தந்தை" (Father of Genetic) என்று கூறுவதுண்டு. அவருடைய தந்தையாரும், பழத்தோட்டங்கள் வைத்து அதிக அனுபவ முள்ளவராகையால், மகனும் அவ்வழியைப் பின்பற்றலானார். இவர் கலப்பு விதைகள் (Hybridization) உண்டாக்க முற்பட்டார். பீன்ஸ், பட்டாணி, அவரை, பூசணி போன்ற பல தாவரங்களையும், சில வீட்டு மிருகங்களான சுண்டெலி போன்றவற்றையும் தம் ஆராய்ச்சிக்குப் பயன்படுத்தினார். அவர் தங்கி இருந்த துறவி மடத்தில் அவர், தோட்ட அவரையில் (Garden Pea) 1856 முதல் 1864 வரை சில சோதனைகள் நடத்தினார். இந்தச் செடி ஓர் ஆண்டுக் காலமே உயிர் வாழ்வதாலும், எளிதில் கையாள முடிவதாலும், விதைகளும் பூக்களும் தெளிவுடைய குணங்களைப் பெற்றிருப்பதினாலும் அவர் இந்தச் செடியைப் பயன்படுத்தினார். மேலும் ஆண், பெண் இனவிருத்தி உறுப்புக்கள் ஒரே பூவில் இருப்பதினாலும் இதைத் தேர்ந்தெடுத்தார். தன் அல்லது அயல் மகரந்தச் சேர்க்கையை எளிதில் உண்டாக்க முடியும். முதன் முதலில் கலப்பு முறையில் (ஹைபிரிடைசேஷன்) சோதனை நடத்தியவர் இவர் அல்லர் என்றாலும், அம்முறையில் கிடைத்த முடிவுகளைக் கொண்டு, ஒரு சமயத்தில் ஒரு தனிக்கூறுதான் (டிரெயிட்-Trait) நிரந்தரமாகும் என்பதை நிலைநிறுத்தினார்.

குறித்த ஏழு வகையான வேறுபடும் பண்புடைய தனிக் கூறுகளை (ட்ரெயிட்) அவர், தம் சோதனைப் படிப்பிற்கு எடுத்துக்கொண்டார். அவற்றில் முக்கியமானவையாவன :

1. தண்டு (Stem) உயரமாகவோ (Tall), குட்டையாகவோ (Short) இருத்தல்.

2. விதையிலைகள்—காட்டிலிடன்கள் (Cotyledons) மஞ்சள் (Yellow) அல்லது பச்சை (Green) நிறமாக இருத்தல்.

3. விதைகள் (Seeds) உருண்டையாகவோ (Round), சுருங்கியோ (Wrinkled) இருத்தல்.

4. பூக்கள் (Flowers) நுனியிலோ (Terminal), பக்கத்திலோ (Axial) இருத்தல்.

5. விதைகளின் உறை (Seed Coat) வெள்ளையாகவோ (White), சாம்பல் நிறமாகவோ (Grey) இருத்தல்.

இவர் அயல்மகரந்தச் சேர்க்கையை (Cross Pollination) செய்யும்போது வெகு கவனத்துடன், தன் (சுய) மகரந்தச் சேர்க்கை ஏற்படாவண்ணம் செய்தார். இதனால், எடுத்துக் கொண்ட பண்புகளுக்கேற்பக் கூறுபடுத்த முடிந்தது. மேலும் தாய், தந்தை விதைகளுடன் **பின் கலவி** (Back Cross) செய்ய முடிந்தது. இவற்றிலிருந்து கிடைத்த முடிவுகளைக் கொண்டு மெண்டல், சில விதிகளை நிர்ணயித்தார். அவ்வாறு கண்டறிந்த விதிகளை 1865ஆம் ஆண்டு, தாவரக் கலப்புமுறைச் சோதனைகள் (Experiments in Plant Hybridization) என்ற தலைப்பில், பிரன் இயற்கை வரலாறுச் சங்கத்தில் (Briin Natural History Society) வாசித்தார். அடுத்த ஆண்டு அவை அச்சங்கத்தின் வெளியீட்டில் வெளியிடப்பட்டன. அவருடைய வெளியீட்டில் அவருடைய முடிவுகளிலிருந்து கண்டறிந்த விதிகள் விளக்கப்பட்டிருந்தனவேயன்றிச் சோதனைத்திட்டம், செய்திக்குறிப்புக்கள் (Data) யாவும் கொடுக்கப்படவில்லை தாம் எவ்வாறு அம்மாதிரியான விதிகளைக் கண்டறிந்தார் என்பது அதில் திட்டவட்டமாக விளக்கப்படவில்லை. ஆனால் அவர் எழுதிய கடிதங்களிலிருந்து பல உண்மைகள் வெளியாயின. இருந்தாலும் அவருடைய முடிவுகளில் சில கேள்விகளுக்கு விடை காணமுடியாதிருந்த நிலை, இன்று தெளிவுபடுத்தப்பட்டுள்ளது. அவருடைய சோதனைகள் யாவும் சுமார் 30 ஆண்டு வரை கவனிப்பாரற்று இருந்தன. ஹாலந்து நாட்டு **ஹூகோ டீ வரிஸ்** (Hugo De Vries) என்பவரும், **கார்ல் காரென்ஸ்** (Carl Correns) என்ற ஜெர்மானியரும், **எரிக் ட்செர்மாக்** (Erich Tschermak) என்ற ஆஸ்ட்ரியா நாட்டவரும்,

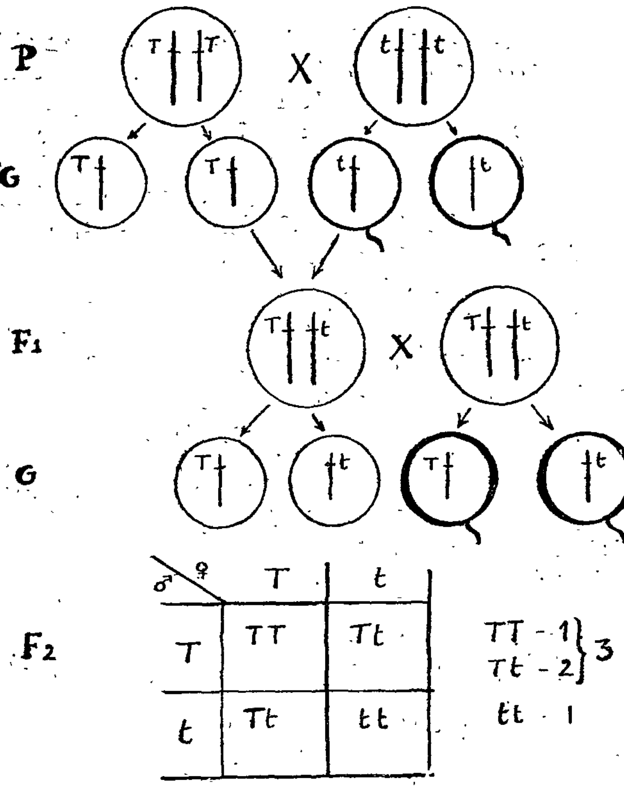
தனித்தனியே செய்த சோதனைகளின் பயனாக, மெண்டல் கண்டறிந்த முடிவிற்கே 1900ஆம் ஆண்டு வந்தார்கள். மூவருடைய சாதனைகளும் வெளியிடப்பட்டன. இவ்வாறாக மூன்று அறிவியல் விஞ்ஞானிகள் அவற்றை வெளியிட்டு அவற்றின் முக்கியத்துவத்தையும் விளக்கினார்கள்.

மெண்டலின் சோதனைகளும் விதிகளும்

முதல்விதி : பிரிதல் நியதி (Law of Segregation)

சோதனைக்குப் பட்டாணி (Pisum Satiuum) என்ற செடியை அவர் எடுத்துக் கொண்டார். அவர் ஒருவகைக் குணங்களைப் பற்றியே ஆராய்ந்தார். அவர் எடுத்துக் கொண்ட உயர்ந்த செடியின் உயரம் 6 அல்லது 7 அடி ஆகும்; குட்டையான செடியின் உயரம் 9 முதல் 18 அங்குலம் வரையாகும். ஒரு குறிப்பிட்ட சூழ்நிலையில் வளர்ந்த செடிகளில் உயர்ந்த செடிகள் (Tall Plants) உயர்ந்த செடிகளையும், குட்டையான செடிகள் (Dwarf Plants) குட்டையான செடிகளையும் உண்டாக்குவதைப் பார்த்தார். குட்டையானது உயர்ந்த செடியாக மாறாமல் இருந்ததையும் பார்த்தார். ஒரு சோதனையில், மெண்டல் தனித்தனியாகப்பயிரிட்ட செடிகளிலிருந்து உயர்ந்ததாகவும், குட்டையானதாகவும் (Parents-P), குறுக்கு அல்லது அயல் மகரந்தச் சேர்க்கை முறையில் பயிரிட்டதில், 1ஆம் தலை முறைகள் அனைத்தும் (F_1) உயர்ந்தவையாகவும் காணப்பட்டன. ஆனால் இந்தக் கலப்பு அல்லது ஹைபிரிட் (Hybrid), உயர்ந்த செடிகளைத் தன்மகரந்தச் சேர்க்கை முறையில் (Selfed) கருத்தரிக்கச் செய்து அவற்றிலிருந்து உண்டாகும் சந்ததிகளைக் கவனித்ததில் 2-ஆம் தலை முறையில் (F_2) முன் காணப்படாத தனிக்கூறான குட்டை வர்க்கம் திரும்பவும் தோன்றுவதைக் கண்டார். அவற்றில் சில குட்டையாகவும், சில உயரமாகவும் வளர்ந்தன. மொத்தத்தில் தோன்றிய 1064 (F_2) பேரன் செடிகளில் அல்லது இரண்டாம் தலைமுறை செடிகளில் 787 உயர்ந்தவையாகவும், 277 குட்டையானவையாகவும் (2·96 Tall : 1·04 Dwarf) இருந்தன. முடிவாகக் கிடைத்துள்ள செடிகளும், கணக்கிட்ட முறையில் கிடைத்த செடிகளும் ஒத்தே இருந்தன. அவை 3:1 என்ற விகிதத்தில் இருந்தன. இக்கணக்கின்படி பார்த்தால் 798 உயர்ந்தவையாகவும், 266 குட்டையானவையாகவும் இருக்கவேண்டும், மேற் கூறிய முடிவும் இவையும் ஒத்தே 3:1 என்ற விகிதத்தில் இருக்கின்றன. இம்முறைச் சோதனைக்கு மாறுபடும் ஒரு

வகைக் குணங்களை மட்டும் எடுத்துக் கொண்ட காரணத்தால் ஒற்றைக் கலப்பு அல்லது ஹைபிரிட் விகிதம் (Monohybrid



படம் 32

மெண்டலிசம்: பிரிதல் விதி விளக்கம்

சுருக்க அட்டவணை

தோற்றவழியமைப்பு	மரபுவழியமைப்பு	தோற்றவழியமைப்பு	தோற்றவழியமைப்பு விகிதம்
உயரம் (Tall)	TT Tt	1 2 } —	3
குட்டை (Short)	tt	1	1

Ratio) என்று பெயர். இதையே விளக்கப்படம் மூலம் (படம் 32) சுருக்கமாகக் கூறலாம். குரோமோசோம்களினுள் ஜீன்கள் குறிக்கப்பட்டுள்ளன.

மேற்கூறிய சோதனையிலிருந்து 2-ஆம் தலைமுறையில் (F_2) மொத்தமுள்ள நான்கு பங்கில் மூன்று பங்கு உயர்ந்த செடிகளும், ஒரு பங்கு குட்டையான செடிகளும் (*3:1*) உண்டாகின்றன. இவற்றில் தோற்ற வழி அமைப்பு (Phenotype), மரபு வழி அமைப்பு (Genotype) என்ற இரு புதுச் சொற்களும் நமக்குத் தெரியவருகின்றன. தோற்றத்தில் நான்கில் *3* உயர்ந்த செடிகளிலிருந்தாலும், மரபு வழியைப் பார்க்கும் போது அவற்றில் இரண்டு வகைகள் இருக்கின்றன. அதாவது TT என்பதும் Tt என்பதுமாகும். குட்டையான செடிகளுக்கு மரபு வழியமைப்பு tt ஆகும்.

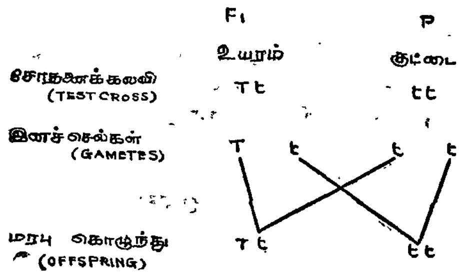
இவ்வாறு பிரிவதைத்தான் பிரிதல் **விதி** (Law of Segregation) என்று கூறினர். இதற்கு ஒற்றைக் கலப்பு விகிதம் (Monohybrid Ratio) என்று பெயர். குறிப்பிட்ட குணங்களுக்குரிய (மெண்டல் அன்று ஃபேக்டர்கள்-Factors என்று கூறியுள்ளார்) ஜீன்கள் 2-ஆம் தலைமுறையில் *3:1* அல்லது *1:2:1* என்ற விகிதத்தில் பிரிவதே முக்கியமாகும். மேற் குறிப்பிடப்பட்டுள்ள படத்தில் T, t என்பவை ஜீன்களைக் குறிக்கின்றன. இனச் செல்கள் ஒன்று சேர்ந்து கருமுட்டை அல்லது சைகோட் (Zygote) என்ற ஓர் உயிரியை உண்டாக்கிப் பின் அதிலிருந்து இனச்செல்கள் உண்டாவதை விளக்கியிருக் கின்றன. வட்டங்கள் முதிர்ந்த இனச்செல்களான விந்து அல்லது அண்டத்தைக் குறிக்கின்றன. அதனுள் குரோமோ சோம்கள் TT அல்லது t அல்லது tt என்ற ஜீன்களை எடுத்துச் செல்வதாகக் குறிக்கப்பட்டிருக்கிறது. TT, tt என்ற இவ் விரண்டும் ஒத்த ஜீன்களைக் கொண்ட கரு முட்டையையும், Tt என்பது ஒவ்வா ஜீன்களைக் கொண்ட கரு முட்டையையும் குறிக்கின்றன. முன்னதற்கு ஹோமோசைகஸ் (Homozygous) என்றும், பின்னதற்கு ஹெட்டிரோசைகஸ் (Heterozygous) என்றும் பெயர். வெளித்தோற்ற அமைப்பில் குணங்கள் தெரிவதற்குத் தோற்றவழி அமைப்பு அல்லது ஃபினோடைப் (Phenotype) என்றும், அக்குணங்களுக்குக் காரணமாக உள்ள ஜீன்களுக்கு மரபுவழி அமைப்பு அல்லது ஜீனோடைப் (Genotype) என்றும் பெயர்.

மேற்கூறிய உயரம் குட்டை என்ற வெளித் தோற்ற அமைப்பிற்குத் தோற்றவழி அல்லது பினோடைப் என்றும்,

அவற்றிற்குக் காரணமாக உள்ள ஜீன்களான T,t சேர்க்கைகளுக்கு மரபுவழி அல்லது ஜீனோடைப் என்றும் பெயர். மற்றும் எழுத்து வடிவங்கள் யாவும் மரபு வழியைக் குறிக்கின்றன. தோற்றவழிக்குள் காரணமான இருஜீன்கள் ஒன்றுடன் ஒன்று சேர்ந்து பங்குகொள்ளுவதற்கு அல்லீல்கள் (Alleles or Allelomorphs) என்று பெயர். மேற்கூறிய t என்ற ஜீன் T என்பதன் அல்லீலாகும். அம்மாதிரியே Tயும் tயின் அல்லீலாகும். Tஜீன்களுக்கு ஓங்கிய அல்லீல்கள் (Dominant Alleles) என்றும், tஜீன்களுக்கு ஒடுங்கிய அல்லீல்கள் (Recessive Alleles) என்றும் பெயர். ஓங்கிய அல்லீல்களின் குணங்கள்தாம் வெளிப்படையாகத் தெரியும். ஒடுங்கிய அல்லீல்கள் ஒன்று சேரும்போது அவற்றின் குணங்கள் தெரியும். ஒடுங்கிய அல்லீல் ஓங்கிய அல்லீலுடன் வந்தால் (Tt) ஓங்கியதின் குணம்தான் தெரியும். இதற்குக்கலப்புயிரி அல்லது ஹைபிரிட் (Hybrid) என்று பெயர்.

சோதனைக்கலவி-புணர்ச்சி (Test Cross or Back Cross)

மேற்கூறிய விகிதம் சரியா தவறா என்று கண்டறிய *1*ஆம் தலை முறைத் தாவரத்தை ஒடுங்கிய அல்லீல் பெற்றோர்



களுடன் கலவி செய்தால் அதிலிருந்து உண்டாகும் மரபுக் கொழுந்துகளின் அல்லது இளங்கன்றுகளின் (Offspring) விகிதம் *1:1* என்று இருக்கும்.

அதாவது ½ உயரம், ½ குட்டை

இதையே கட்டமுறையில் விளக்கலாம்

	T	t
t	Tt	tt
t	Tt	tt

2 Tt : 2tt.
1 : 2.

மெண்டலின் சோதனைகளில் சில மேற் கூறிய உண்மைகளை விட்டு விலகித் தோன்றுகின்றன. ஓங்கும் அல்லீல்கள், ஒடுங்கும் அல்லீல்கள் 3 : 1 என்ற விகிதத்தில் இருந்தாலும் சில புதிய குழப்பங்கள் உண்டாயின. உதாரண மாக மிராபிலிஸ் ஜலபா (Mirabilis Jalapa) என்ற செடியின் பூக்களில் சிவப்பு (Red), வெள்ளை (White) என இரு வகைகள் உண்டு. இவ்விரண்டையும் சேர்த்து மகரந்தச் சேர்க்கை செய் தால் இளஞ்சிவப்பு (Pink) நிறப்பூக்கள் (F_1) உண்டாகின்றன. இங்கே ஓங்கும் அல்லீல் தன்னுடைய முழுநிறத்தையும் காட்ட முடியவில்லை. ஆனால் தன்-மகரந்தச்சேர்க்கை செய்யும் போது 2ஆம் தலைமுறையில் (F_2) இளம் (மரபுக்) கொழுந்துகள் **1 சிவப்பு : 2 இளஞ்சிவப்பு : 1 வெள்ளை** என்று தோன்றலாயின. மெண்டலின் விகிதம் அப்படியே தோன்றினும், இங்கு ஓங்கும் அல்லீலின் தன்மையான சிவப்பு முழுவதும் காணப்படவில்லை. இங்கு இரு நிறங்களும் கலந்துவிட்டதாகத் தோன்றினும்கூடச் சிவப்பு வேறு வெள்ளை வேறு என்று திரும்பவும் பிரிக்கப்படுவதால் இரு நிறங்களும் ஒன்றறக் கலக்கவில்லை என்றே தெரிகிறது. கலப்பினம் அல்லது ஹைபிரிட் இளஞ் சிவப்பாக இருப்பதால் இரு சுத்த இனச் செல்கள் (Red (W) and White(w)) உண்டா கின்றன. 2ஆம் தலைமுறையில் சிவப்பு (W) வெள்ளை (w) என்ற இரண்டும் உண்டாவதுடன் இளஞ்சிவப்பும் (Ww) தோன்றுகிறது. இவை F_2-ல் சுத்தமாகப்பிரிவதால், ஒன்று சேரவில்லை என்றே தெரிகிறது. ஆகையால் ஓங்கும் அல்லீல்கள் தன்மை ஒடுங்கும் அல்லீலின் தன்மையை வெளிப்படுத்தாது அடக்கி வைக்க முடியவில்லை. ஆகவே இடைநிலையான நிறம் (Pink) தோன்றுகிறது. கினிபன்றி (Guinea Pig) சோதனைகளிலும் கறுப்பு (Black) வெள்ளை (White) நிறங்களுக்கிடையில் சாம்பல் (Grey) நிறப் பன்றி களும் தோன்றுகின்றன.

ஓங்கும் அல்லீலின் முக்கியத்துவம்

நடைமுறையில் நாம் அறிவுக் கூர்மையுள்ளவர்களையும் (Intelligent Persons), அறிவிலிகளையும் (மட்டி-Idiots) பார்க்கிறோம். இரண்டாவதாகக் கூறப்பட்டதற்குப் பல காரணங்கள் இருந்தாலும் ஒடுங்கும் அல்லீல் (ஜீனுக) இருக்க நேரிட்டால் பல தலைமுறைகளுக்குக்கூடத் தெரியாமல் இருக்க வாய்ப்புண்டு. சாதாரண மனிதனின் (Normal Man) அல்லீல் + என்றும், மட்டியின் அல்லீல் (i) என்றும் கொள்

வோம். ஹைபிரிட் மனிதனுக ($^{+}/_{i}$ Genotype) ஒருவன் இருந்தால் அவன் சுத்த அல்லீல் உள்ள பெண்ணை மணந்தால் ($^{+}/_{+}$) அவர்களுக்குப் பிறக்கும் குழந்தைகள் யாவரும் இயல்பான பொதுநிலையில் (Normal) காணப்படுவார்கள். அதாவது $^{i}/_{+} \times {}^{+}/_{+}$ பெற்றோர்களிலிருந்து $1\ ^{i}/_{+} : 1\ ^{+}/_{+}$ என்ற மரபுக் கொழுந்துகள் உண்டாகின்றன. ஆனல் ஆண் $^{+}/_{+}$ ஆகவும் பெண் $^{i}/_{+}$ ஆகவும் இருந்தாலும் 1 : 1 என்ற விகிதத்திலேயே சந்ததிகள் வரும். இருவரும் $^{i}/_{+}$ என்ற ஹைபிரிட்களாக இருந்தால் அவர்களுக்குப் பிறக்கும் குழந்தைகள் $1\ ^{+}/_{+}: 2\ ^{i}/_{+}: 1\ ^{i}/_{i}$ (அல்லது 3 Normals : 1 Idiot) என்ற விகிதத்தில் இருப்பார்கள். இதனல் தங்கள் பரம்பரையில் எங்காவது மட்டி ஜீன் (i) இருந்தால் அவர்களுக்கு மட்டிக் குழந்தை பிறக்க வாய்ப்பிருக்கிறது என்று விளங்குகிறது.

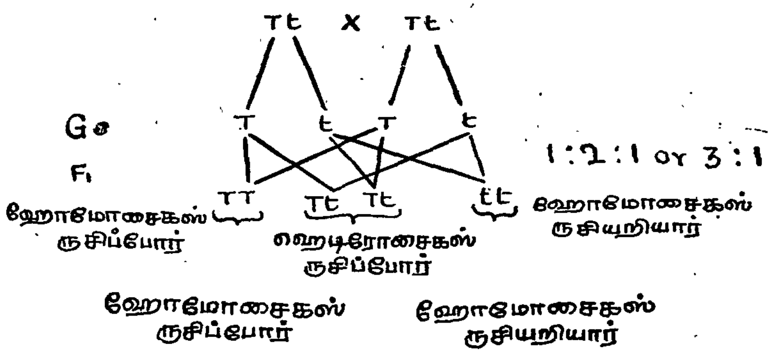
மெண்டலின் முதலாம் விதியைச் செயல்படுத்துவதற்கு ஓர் எடுத்துக்காட்டு

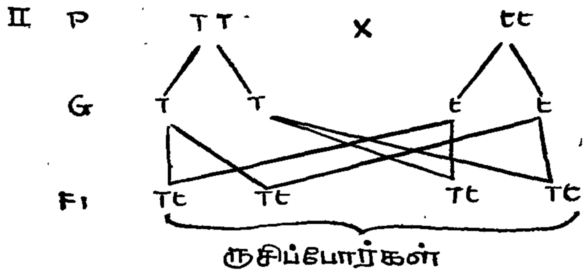
மனிதர்களிடத்தில் வெளிப்படையாகக் கண்டுகொள்ளக் கூடிய ஒடுங்கும் இனங்களில் ஒன்று ஃபினைல் தையோகார்பமைட் (Phenyl Thiocarbamide (PTC) or Phenyl Thiourea) ஆகும். இது நாக்கில்பட்டால் கசப்பாக இருக்கும். இக்கசப்புக் குணம் ஒரு சிலராலேயே காணமுடியும்; மற்றவர்களால் காணமுடியாது. இதற்கு PTC சோதனை என்று

திருமண வகைகள்	எதிர்பார்க்கும் குழந்தைகளின் மரபு வழியமைப்பு	தோற்றவழியமைப்பு
TT×TT	TT	ருசிப்போர் (Taster)
TT×Tt	TT, Tt	(Taster)
TT×tt	Tt, Tt	(Taster)
tt×tt	tt	ருசியறியார் (Nontaster)

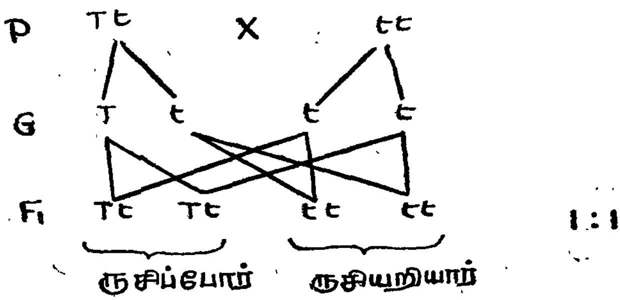
பெயர். இக்குணத்தைக் கண்டுகொள்ள முடிகிறவர்களிடத்தில் ஓங்கும் ஜீன் இருப்பதேயாகும் (Taste=T; Nontaster=t). ருசிபார்ப்பவர்களை TT என்றும், பார்க்க முடியாதவர்களை tt என்றும் குறிப்பிடுவோம். இவர்கள் ஒத்த

I P ஹெடிரோசைகஸ் ருசிப்போர்





III ஹெடிரோசைகஸ் ருசிப்போர் : ஹோமோசைகஸ் ருசிப்போர்



கரு முட்டையுடையவர்களாவார்கள். (Homozygous) ஒவ்வாத கருமுட்டையுடையவர்களும் (Heterozygous) கசப்பை உணர முடியுமாகையால் அவர்களுடைய மரபு வழியமைப்பு Tt ஆகும். ஹாரிஸ் (Harris), கால்மஸ் (Kalmus) என்ற இருவரும் இதைப்பற்றி நன்கு ஆராய்ந்துள்ளார்கள். இது போன்றே கிட்டப்பார்வை (Myopia) ஒருவருக்கு இருந்தால் அது பின் வரும் சந்ததிகளையும் பாதிக்கும். இதற்குரிய ஜீன் ஒடுங்கும் அல்லீலாகவும் (m), ஓங்கும் அல்லீலாகவும் (M) அமைவதுண்டு.

	பெற்றோர்கள்	மரபுக்கொழுந்துகள்
ஓங்கும் மையோப்பியா (Myopia Dominant)	Myopia Normal $^{M}/_{+} \times {}^{+}/_{+}$	1 Myopic: 1 Normal $1\ {}^{M}/_{+} : 1\ {}^{+}/_{+}$
ஒடுங்கும் மையோப்பியா (Myopia Recessive)	$^{m}/_{m} \times {}^{m}/_{+}$	$1\ {}^{m}/_{m} : 1\ {}^{m}/_{+}$

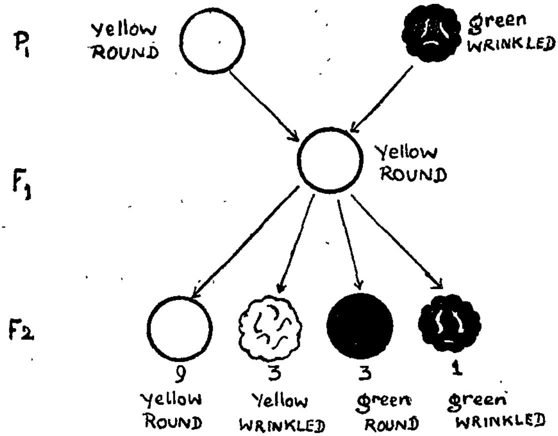
இரண்டாம் விதி தனித்து ஒதுங்குதல் நியதி (Independent Assortment)

மெண்டல் முதல் விதிக்குரிய செடியையே இதற்கும் எடுத்துக்கொண்டார். ஆனால் இங்கு இருவகைக் குணங்களைக் கொண்டு அவை எவ்வாறு 2-ஆம் தலைமுறையில் பிரிகின்றன என்று கணக்கிட்டார். அவ்வாறு ஆராயும்போது அவை தனித் தனியாகப் பிரிந்தொதுங்குதலின் விகிதம் முதல்விதியின் பெருக்கமாகவே தோன்றியது.

மஞ்சள், வட்டம், பச்சை, சுரிப்பு என்ற குணங்களை அந்தப் பட்டாணிச்செடி விதைகளில் கண்டார்.

மஞ்சள் நிறம் வட்ட வடிவம் உள்ள விதைகளிலிருந்து கிளம்பிய செடிகளையும், பச்சை நிறம் சுரிப்பு வடிவம் உள்ள விதைகளிலிருந்து கிளம்பிய செடிகளையும் சேர்த்ததில் 1-ஆம் தலைமுறை மஞ்சள் நிறம், வட்டவடிவம் உள்ள விதைகளைப் பெற்றிருந்தன. தன் மகரந்தச் சேர்க்கை மூலம் 2-ஆம் தலைமுறையில் 9 மஞ்சள் வட்டம், 3 மஞ்சள் சுரிப்பு, 3 பச்சை வட்டம், 1 பச்சைச் சுரிப்பு விதைகள் (9:3:3:1) கிடைத்தன. இதில் F_1 சந்ததிகளில் இருசோடி அல்லீல்கள் ஒரே சமயத்தில்

இருப்பதால் இதற்கு இரட்டைக் கலப்புயிரிகள் (Dihybrids) என்று பெயர். இவ்விகிதத்திற்கு இரட்டைக் கலப்புயிரி விகிதம் (Dihybrid Ratio) என்றும் கூறுவதுண்டு.



படம் 33

பட்டாணிச் செடியில் மஞ்சள் வட்டமும், பச்சைச் சுரிப்பும் சேருவதின் விளக்கம்

மஞ்சள் வட்டம் (Yellow Round)
பச்சைச் சுரிப்பு (Green Wrinkled)
மஞ்சள் சுரிப்பு (Yellow Wrinkled)
பச்சை வட்டம் (Green Round)
பச்சைச் சுரிப்பு (Green Wrinkled)

இவற்றைக் குரோமோசோம்கள், ஜீன்கள் என்பன வற்றால் கூறலாம். Y-ம் (G) R-ம் (W) மஞ்சளையும் (Yellow), வட்டவடிவத்தையும் (Round), g-ம் w-ம் பச்சையையும் (Green) சுரிப்பையும் (Wrinkled) குறிப்பதாகக் கொள்வோம். g-க்கு இயல்பான (Normal) அல்லீல் Y-ம், w-க்கு இயல்பான (Normal) அல்லீல் R-ம் ஆகும். g இருக்குமிடத்தில் Y-ம் (Locus), w இருக்குமிடத்தில் R-ம் பொருந்தும். இவற்றிற்கு G,g,W,w என்ற எழுத்துக்களையும் பயன்படுத்துவதுமுண்டு. ஆகவே மஞ்சள் வட்ட விதையின் ஜீனோடைப் $\frac{YR}{YR}$ ஆகும். அவ்வாறே பச்சைச் சுரிப்பு விதையின் ஜீனோடைப் $\frac{gw}{gw}$ ஆகும்.

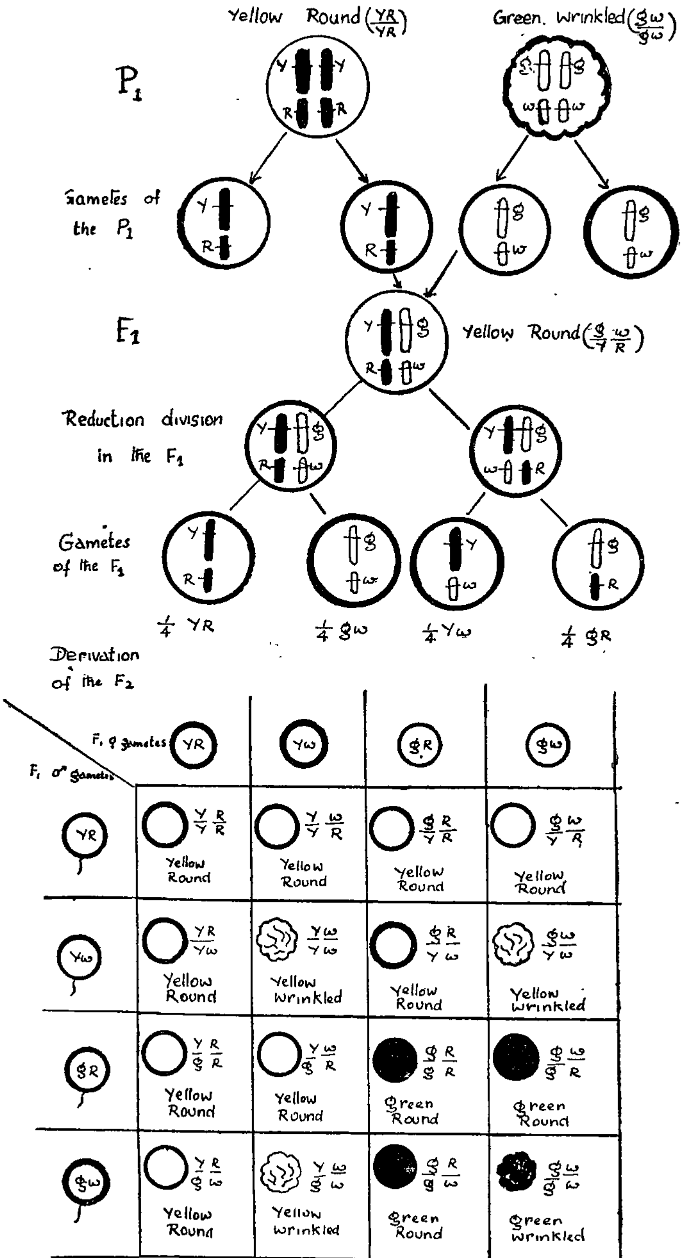
[இச்சூத்திரங்களில் குரோமோசோம்கள் செங்குத்தாக அமைந்துள்ளதாகவும், ஒவ்வொன்றிற்கும் இடையில் ஒரு கோடு இருப்பதாகவும் கொள்ளவேண்டும்.]

ஒரு குரோமோசோம் சோடியின் ஒரு நபர்தான், இரண்டு இனச் செல்களிலும் இருக்கும். YR-ம் gw-ம் முறையே உள்ளன.

இரு சுத்த வகுப்பினங்கள் (Pure Race) இணைந்தால் $\left(\frac{YR}{YR} \times \frac{gw}{gw}\right)$ ஒன்றின் YR இனச் செல்கள் மற்றொன்றின் gw இனச் செல்களுடன் சேர்ந்து (F_1) 1-ஆம் தலை முறையை உண்டாக்குகின்றன. அவற்றின் ஜீனோடைப் $\frac{gw}{YR}$ ஆகும். இதில் காணும் gY என்ற ஜீன்கள் குரோமோசோமில் ஒரே இடத்தில் (Locus) அமைந்துள்ளன என்பதைக் குறிக்கும். ஆகையால் அவை அல்லீல்களாகும். அவ்வாறே w-ம் R-ம் உள்ளன.

$\frac{gw}{YR}$ என்பதை ஜீனோடைப்பாகக் கொண்ட தாவரத்தில் YR ஓங்கு ஜீன்களாகும். ஓங்கு ஜீன்கள் பெரிய ஆங்கில எழுத்துக்களினாலும், ஒடுங்கு ஜீன்கள் சிறிய ஆங்கில எழுத்துக்களினாலும் எழுதப்பட்டிருக்கின்றன.

படம் 34-ஐக் கவனிக்க. டைஹைபிரிட்கள் தங்கள் ஜீன்களை மரபுக்கொழுந்துகளுக்குச் செலுத்துகின்றன. முதலாம் சந்ததியில் (F_1) குரோமோசோம்கள் மத்தியக் கோட்டின் ஒரே பக்கத்திலோ, எதிர் பக்கத்திலோ அமைந்திருக்கும். F_1 தன் மகரந்தச் சேர்க்கையினால் F_2ஐ உண்டாக்குகிறது. இவ்வேறுபாடுகள், குன்றல் பிரிவின்போது குறுக்கேற்றத்தினால் (Grossing Over) ஏற்படுகின்றன. இதனால் ஓர் இனச்செல்லில் YR,gw,Yw,gR என்ற இரு ஹைபிரிட் ஜீன்கள் சேருகின்றன. இவை எவ்விதக் கோட்பாடுமின்றிப் பிரிந்து செல்கின்றன. ஒவ்வோர் இனச் செல்லையும் படத்தில் காட்டியவாறு அமைத்துச் சதுரக்கட்டத்தில் (Checker Board) பொருத்தினால் ஆண் இனச் செல்லிலிருந்து வந்த ஜீன்களும், பெண் இனச் செல்லிலிருந்து வந்த ஜீன்களும் சேர்ந்து புது உயிரிகளை உண்டாக்கும்போது எங்கெந்த, ஜீன் குரோமோசோமில் காணப்படும் என்று தெரியவரும். ஒவ்வொன்றிலும் நான்கு வகை விந்துச் செல்களும் (மேல் பக்கத்திலும்) நான்கு



படம் 34

மெண்டலிசம்: தனித்தொதுங்குதல் விதி விளக்கம்
(விளக்கம் பாடத்தில் கவனிக்க)

வகை அண்டச் செல்களும் (இடப்பக்கத்திலும்) அமைத்து, ஒவ்வொரு கட்டத்திலும் இரண்டின் நேர்ச் சேர்க்கைகளை அமைத்தால் அவையே அந்த மரபுக் கொழுந்தின் (F_2) ஜீன்களாகும்.

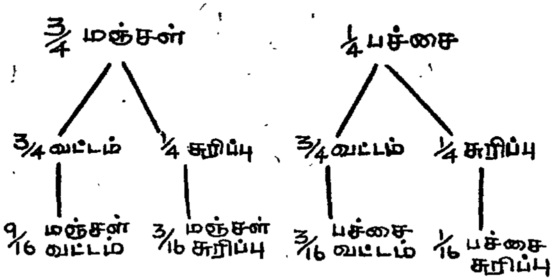
இவற்றில் ஒத்த ஜீன்களின் சேர்க்கைகளையும் சேர்த்துக் கணக்கிட்டாலும், ஒங்கு ஜீன்களின் தன்மை, உறுப்பொத்த வகையில் சேர்த்தாலும், கீழ்க்கண்டவிகிதத்தில் அவை அடங்குகின்றன.

சோதனையில் கிடைத்த மரபுக்கொழுந்துகள் (இளங்கன்றுகள்)

விகிதம்	விகிதம்
9 மஞ்சள் வட்டம் (YR)	9·06—315 மஞ்சள் வட்டம்
3 மஞ்சள் சுரிப்பு (Yw)	2·9 —101 மஞ்சள் சுரிப்பு
3 பச்சை வட்டம் (gR)	3·1 —108 பச்சை வட்டம்
1 பச்சைச் சுரிப்பு (gw)	0·9 — 32 பச்சைச் சுரிப்பு

ஆகவே 2ஆம் தலைமுறையில் அவை *9:3:3:1* என்ற விகிதத்தில் தனித்து ஒதுங்குகின்றன என்று விளங்குகிறது. இந்த விகிதத்தை உற்று நோக்கினால் அதில் *12* மஞ்சள், *4* பச்சை இருப்பது தெரியும். இதுவும் 3 மஞ்சள் *1* பச்சை என்ற விகிதத்தை ஒத்தே இருக்கிறது. அவ்வாறே எல்லா வட்டவடிவங்களையும் சுரிப்புக்களையும் சேர்த்து வகுத்தால் 3 வட்டமும், *1* சுரிப்பும் கிடைக்கின்றன. இதுவும் மெண்டலின் விகிதமே. ஒருதனிக்கூற்றை மட்டும் எடுத்துப் பார்த்தால் (அதாவது நிறம் அல்லது வடிவம் என்று) அதில் *3:1* என்ற விகிதமும், இரு தனிக்கூறுகளை எடுத்துக் கொண்டால் *9:3:3:1* என்ற விகிதமும் கிடைக்கின்றன. 2-ஆம் தலைமுறையில் (F_2) ஒவ்வொரு லோகசும் (Locus) *3:1* என்ற விகிதத்தில் தனித்தொதுங்குவதால், இரு லோகஸ்களுக்கும் நேரடியாக *9:3:3:1* என்ற விகிதத்தை அடைய முடிகிறது. 2-ஆம் தலைமுறையில் 3 மஞ்சள் *1* பச்சை என்று சொல்லும்போது, $\frac{3}{4}$ மஞ்சள், $\frac{1}{4}$ பச்சை என்று சொல்வதை ஒத்திருக்கிறது. ஆகவே ஒவ்வொரு *16* 2-ஆம் தலைமுறை மரபுக்கொழுந்திலும் சராசரிக்கு $\frac{3}{4}$ அல்லது *12* மஞ்சளாகவும், $\frac{1}{4}$ அல்லது *4* பச்சையாகவும் இருக்கும். இந்த *12* மஞ்சளை $\frac{3}{4}$ பங்கால் வகுத்தால் 9 மஞ்சள் வட்டமும், 3 மஞ்சள் சுரிப்பும் கிடைக்கின்றன. அவ்வாறே 4 பச்சைகளை $\frac{1}{4}$ பங்கால் வகுத்தால் $\frac{3}{4}$ வட்டமும், $\frac{1}{4}$ சுரிப்பும் அதாவது 3 பச்சை வட்டமும், *1* பச்சைச் சுரிப்பும் கிடைக்கின்றன.

மேற்கூறிய விகிதங்களை நேரடியாகவோ, மறைமுகமாகவோ அடையமுடியும். 1 ஆம் தலைமுறை ஹைபிரிடிலிருந்து கிடைக்கும் நான்கு வகை விந்துக்களையும் நான்கு வகை அண்டங்களுடன் பெருக்கினால் 2-ஆம் தலைமுறைகளைக் காண முடியும். இம்முறைக்கு மறைமுகவழி (Indirect Method)



என்று பெயர். 3:1 என்ற விகிதத்தை ஒவ்வொரு லோகசுடன் நேரடியாக இணைத்தால் அவ்விகிதத்தை அடையலாம். இதற்கு நேர்முகவழி (Direct Method) என்று பெயர். அதாவது 3:1 விகிதத்துடன் மற்றொரு 3:1 விகிதத்தைச் சேர்க்கவேண்டும்.

9 : 3 : 3 : 1 என்ற விகிதத்தை நேர்முகவழியில் அடைதல்

சோதனைக்கலவி (Test Cross)

இரு கலப்புடையவற்றைப் (இரு ஹைபிரிட்) பச்சைச் சுரிப்புப் பெற்றோருடன் கலவி செய்தால் $\left(\frac{gw}{YR} \times \frac{gw}{gw}\right)$ எந்த விதமான மரபுக்கொழுந்துகள் கிடைக்கும்? இதிலுள்ள கலப்புயிரிகள் YR,Yw,gR,gw என்ற நான்கு வகையான இனச் செல்களை உண்டாக்கும். ஆனால் பச்சைச் சுரிப்புப் பெற்றோர் gw என்ற ஒரே ஒரு வகையான இனச் செல்லை மட்டும் உண்டாக்கும். இவ்விரண்டு ஆண் பெண் இனச் செல்களிலிருந்தும் நான்கு வகையான மரபுக்கொழுந்துகள் உண்டாகின்றன. ஒவ்வொன்றினுடன் gw இனச் செல்களைச் சேர்க்க வேண்டும்.

$$1\frac{YR}{gw} : \; 1\frac{Yw}{gw} : \; 1\frac{gR}{gw} : \; 1\frac{gw}{gw}$$

படுக்கைக் கோட்டிற்கு மேல் உள்ள ஜீன்கள் ஹைபிரிட் பெற்றோரிடமிருந்தும், கீழ் உள்ளவை பச்சைச் சுரிப்புப் பெற்றோரிடமிருந்தும் பெற்றவையாகும்.

இக்கலவிச் சோதனையிலிருந்து எந்த ஜீன்கள் எந்த வகை (ஹைபிரிட்) மரபுக்கொழுந்திலிருந்து உண்டாயிற்று என்று உணரலாம். உதாரணமாக $\frac{gR}{gw}$ என்ற மரபுக்கொழுந்து எதிலிருந்து உண்டாயிற்று என்று கூறமுடியும். அதன் நிறம் பச்சையாக இருப்பதால் g ஜீனை இரு பெற்றோர்களிடமிருந்தும் பெற்றதென்றும், ஆகையால் ஒரு g ஜீன் ஹைபிரிட் பெற்றோரிடமிருந்து பெற்றதென்றும் தெளிவாகிறது. அது வட்டமாக இருப்பதால் அதில் R ஜீன் இருக்க வேண்டும். R ஜீன் சுரிப்புப் பெற்றோரிடமிருந்து வந்திருக்கமுடியாது. ஏனெனில் இப்பெற்றோர் gw ஜீன்களைத்தான் பெற்றுள்ளனர். ஆகவே இது ஹைபிரிட் பெற்றோரிடமிருந்து வந்திருக்க வேண்டும். ஆகவே தோற்றத்திலிருந்தே ஹைபிரிட் பெற்றோரிடமிருந்து பெற்றதைக் கூறமுடியும். அவ்வாறே மற்ற மரபுக் கொழுந்துகளுக்கும் கூறமுடியும். இவ்விதச் சோதனைக்குச் சோதனைக்கலவிப் புணர்ச்சி என்று பெயர். இதையே "பின் கலவி" (Back Cross) என்பதுமுண்டு. ஏனெனில் *1*-ஆம் தலைமுறையான ஹைபிரிடை (Hybrid) ஒடுங்கும் பெற்றோருடன் (Recessive Parent) கலவி செய்விப்பதாகும்.

மெண்டல் செய்த சோதனைக்கலவியில் $\left(\frac{gw}{YR} \times \frac{gw}{gw}\right)$ கீழ்க் கண்ட மரபுக்கொழுந்துகளைக் கண்டார்.

55 மஞ்சள் வட்டம் $\left(\frac{YR}{gw}\right)$

49 மஞ்சள் சுரிப்பு $\left(\frac{Yw}{gw}\right)$

51 பச்சை வட்டம் $\left(\frac{gR}{gw}\right)$

53 பச்சைச் சுரிப்பு $\left(\frac{gw}{gw}\right)$

இவை கிட்டத்தட்ட மேற்கூறிய 1:1:1:1 என்ற விகிதத்தில் இருக்கின்றன. சம எண்ணிக்கைகள் உள்ளதினால் இரு சோடி அல்லீல்களும் ஹைபிரிட்களிலிருந்து தனித்து ஒதுங்கியுள்ளன என்று விளங்குகிறது. ஆனால் இவ்வாறு தனித்து ஒதுங்கும் என்று அவருக்குச் சோதனையின்போது தெரியாது. அவர் முதலில் கலப்பு வகைகளை உண்டாக்கிப் பின் தற்கலப்புச் சேய்ப்பெருக்கம் (Inbreeding) செய்தார். தெரிந்த அல்லது பார்த்தவற்றிலிருந்தே தெரியாத அல்லது பார்க்க முடியாதவற்றைக் காணும் முறையில் மெண்டலும் சோதனை நடத்தினர். 2-ஆம் தலைமுறை எவ்வாறு வரும் என்று தெரியாத நிலையிலேயே அவர் சோதனை செய்தார். விளக்கமும் தந்தார். மேற்கூறிய ஜீன்களுக்குப் பொதுவாகப் பெயர் கொடுத்தால் எவ்விதக் குணங்களுள்ளவற்றிற்கும் கையாளலாம். YRgw என்ற ஜீன்களுக்கு ABab என்று கொள்க. AB ஓங்கு ஜீன்களாகவும், ab ஒடுங்கும் ஜீன்களாகவும் கொண்டு பொதுச் சூத்திரம் காண்க. 9AB: 3Ab : 3aB : 1ab என்ற ஜீனோடைப் விகிதத்தைத் தலைமுறையுரிமைக்குப் பயன்படுத்தலாம்.

மெண்டலின் சோதனைகளும் பிணைத்தல் முறையும் (Linkage)

மெண்டல் செய்த பல சோதனைகளிலும் இருசோடி அல்லீல்கள் இருந்தன. ஆனால் அவர் வெவ்வேறு குரோமோசோம்களின் ஜீன்சோடிகளையே கையாண்டார். எல்லாவற்றிலும் 2-ஆம் தலைமுறையில் 9 : 3 : 3 : 1 என்ற விகிதமும் (ஹைபிரிட்களைத் தற்கலப்புச் சேய்ப் பெருக்க முறையில்) அல்லது சோதனைக்கலவி முறையில் 1 : 1 : 1 : 1 என்ற விகிதமும் கிடைத்தன.

ஆனால் ஒரு குரோமோசோமில் ஒன்றிற்குமேல் பல ஜீன்கள் உண்டு. ஒரே குரோமோசோமில் ஜீன்களின் நிலையிடம் பல்வேறாக இருந்திருந்தால் அவருடைய சோதனைக்கு மேற்கூறியவாறில்லாமல் பல்வேறு முடிவுகள் கிடைத்திருக்கும். ஏனெனில் குரோமோசோமில் அவை ஒன்றோடொன்று இணைந்திருப்பதே காரணமாகும். அவை பின் சந்ததிகளுக்கு அப்படியே கூட்டமாகச் சென்றிருக்கும். ஆகவே ஒரு சோடி அல்லீல்கள் வெவ்வேறு சோடிக் குரோமோசோம்களில் இருந்தால்தான் தனித்து ஒதுங்க முடியும் என்பது உறுதியாகிறது.

அல்லீல்கள் ஹைபிரிட்களில் கலவாமல் இருப்பதை மெண்டலின் முதல்கொள்கை (First Principle-Law of

Segregation) என்றும், தனித்துப் பிரிவதை (Independent Assortment) இரண்டாம் கொள்கை (Second Principle) என்றும் கூறுவதுண்டு.

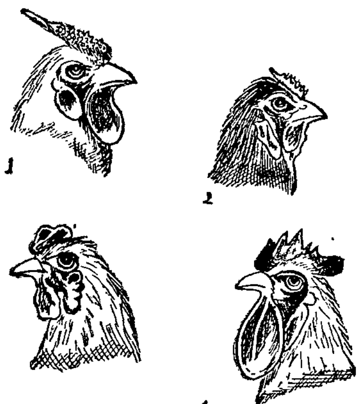
முன்கூறிய இரண்டாம் விதியைப் போலவே மூன்று அல்லது அதற்கு மேற்கொண்ட ஜீன்கள் இருக்கும்போது அவற்றால் ஏற்படும் குணங்களைப் பற்றியும், மரபு வழியையும் கணக்கிட முடியும். அவ்வாறு சோதனை செய்யும்போது மூன்று கலப்பினங்கள் (Trihybrid) விகிதம் கிடைக்கும். மஞ்சள் (Y), வட்டம் (R), உயரம் (T) என்ற மூன்று ஜீன்களையும் அவற்றிற்குரிய பச்சை (g) சுரிப்பு, (w) குட்டை, (t) என்ற மூன்று ஜீன்களை வைத்துக் கணக்கிடவேண்டும். 3 : 1 என்ற விகிதத்தின் மூன்று மடங்கே 2-ஆம் தலைமுறையின் முடிவாகும். அதாவது மொத்தத்தில் உள்ள 64 என்பது 27 : 9 : 9 : 9 : 3 : 3 : 3 : 1 என்ற விகிதத்தில் அமைகின்றது.

பல ஜீன்கள் உள்ள ஒரு நிலையில் சோதனைகள் நடத்தினால் பல குணங்கள் கலப்புயிரிகளில் தோன்றுகின்றன. இதற்குப் பல கலப்பினங்களின் விகிதம் அல்லது பாலிஹைபிரிட் விகிதம் (Polyhybrid Ratio) என்று பெயர்.

5. ஜீன்களின் செயல் எதிர் செயல்கள் அல்லது பரிவர்த்தனச் செயல்கள்

(Interaction of Genes)

மெண்டல் குறிப்பிட்ட கலப்பினங்கள் விகிதம் தற்காலத்தில் மேலும் ஆராயப்பட்டுப் பல புதிய விகிதங்கள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டன. *1900*ஆம் ஆண்டிற்குப்பின் பல்வேறு முறைகளில் பல மரபியல் வல்லுநர்கள் ஆராய்ந்ததின் பலனாக மேலும் சில ஜீன்களின் செயல் எதிர் செயல்களும், அதனால் ஏற்படும் வெளித்தோற்றங்களும் கீழே தரப்பட்டுள்ளன.



படம் 35

கோழிக் கொண்டைகளின் வேறுபாடுகள்

1. ரோஸ் (Rose)
2. பீ (Pea)
3. வால்நட் (walnut)
4. ஒற்றை (Single)

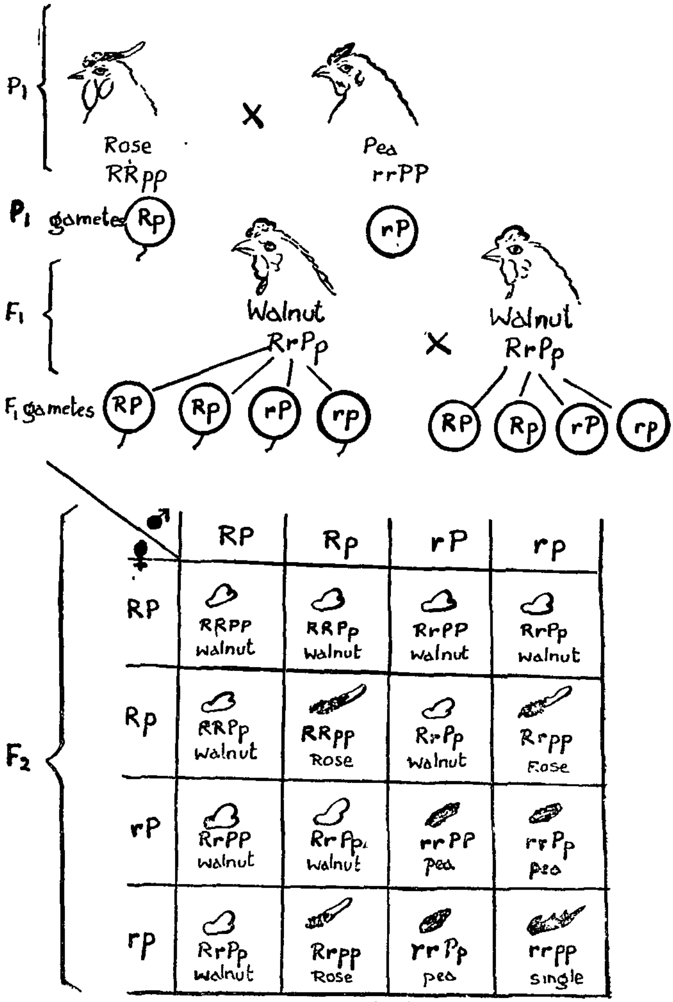
1. 9 : 3 : 3 : 1 விகிதம்:—பறவைகளின் கொண்டை: மெண்டல் பட்டாணியில் ஆராயும்போது அவர் இரு சோடி

(ஒன்று நிறம், மற்றொன்று அமைப்பு) ஜீன்களைத்தான் பின் தொடர்ந்து விதிகளை ஏற்படுத்தினார். அவ்விதிகளுக்குப் புறம்பாகச் சில ஜீன்கள் செயல் எதிர் செயல்கள் செய்து அதே மூலக்கூற்றை மாற்றியமைப்பதுமுண்டு. ஆங்கில மரபியல் வல்லுநர்களான பேட்டிசனும் பன்னட்டும் (Bateson and Punnet) கோழிக் கொண்டைகளில் மாற்றங்களைக்கண்டார்கள். பொதுவாகக் காணப்படும் கொண்டைக்கு ஒற்றைக் (Single) கொண்டை என்று பெயர் (படம் 35). இதுதான் "நார்மல்" (Normal) அல்லது சாதாரணமாகக் காணப்படும். இதனுடைய ஜீன்களை rrpp என்று குறிப்பிடுவோம். மேலும் "பீ" கொண்டை (Pea Comb), ரோஸ்கொண்டை (Rose Comb), வால்நட்கொண்டை (Walnut Comb) என்ற சில வகைகள் கோழிகளில் காணப்படுகின்றன. அவற்றின் ஜீன் அமைப்புக்களாவன (Genotype):

- ஒற்றைக் கொண்டை (Single Comb) : rrpp—Leg Horns Breed
- 'பீ' கொண்டை (Pea Comb) : rrPP—Brahmas Breed
- ரோஸ்கொண்டை (Rose Comb) : RRpp—Wyandotte Breed
- வால்நட்கொண்டை (Walnut Comb) : RrPp—Malay Breed

இதில் வரும் ஜீன்களுக்கு ஓங்கும் மியூட்டேஷன் ஏற்பட்டதால் நார்மல் அல்லீல்கள் நீக்கப்பட்டுவிட்டன. P அல்லது R ஜீன்கள் அவ்விடத்தில் அமர்ந்துகொண்டன. ஆனால் அல்லீல்கள் அல்ல. அதாவது ஒற்றைஎண் வேறுபாடேயன்றி இரட்டை எண் வேறுபாடன்று.

ஆகவே இரட்டை எண் மயம் அல்லது டிப்ளாய்டு எண் (Diploid Numer) ஏற்பட்ட ஜீன் மியூட்டேஷனால் ஒரு குரோமோசோமிலுள்ள ஒற்றைஎண் ஜீன் நீக்கப்பட்டு அவ்விடத்தில் P அல்லது R ஜீன் அமைந்துள்ளது. இரண்டும் நார்மல் ஜீனை pr-ஐ நீக்கிவிட்டு PR என்ற இரண்டும் அமையப் பெற்ற நிலையாகும். ரோஸ்கொண்டையும், 'பீ' கொண்டையும் சேர்ந்து வால்நட் கொண்டையைக் கொடுக்கின்றன. இதையே கட்டப்பலகை மூலம் (Checker Board Method) விளக்கலாம் (படம் 36).



படம் 36

தனிச்சோடி கோழிக் கொண்டை அல்லீல்களின்
செயல் எதிர் செயல்கள்.

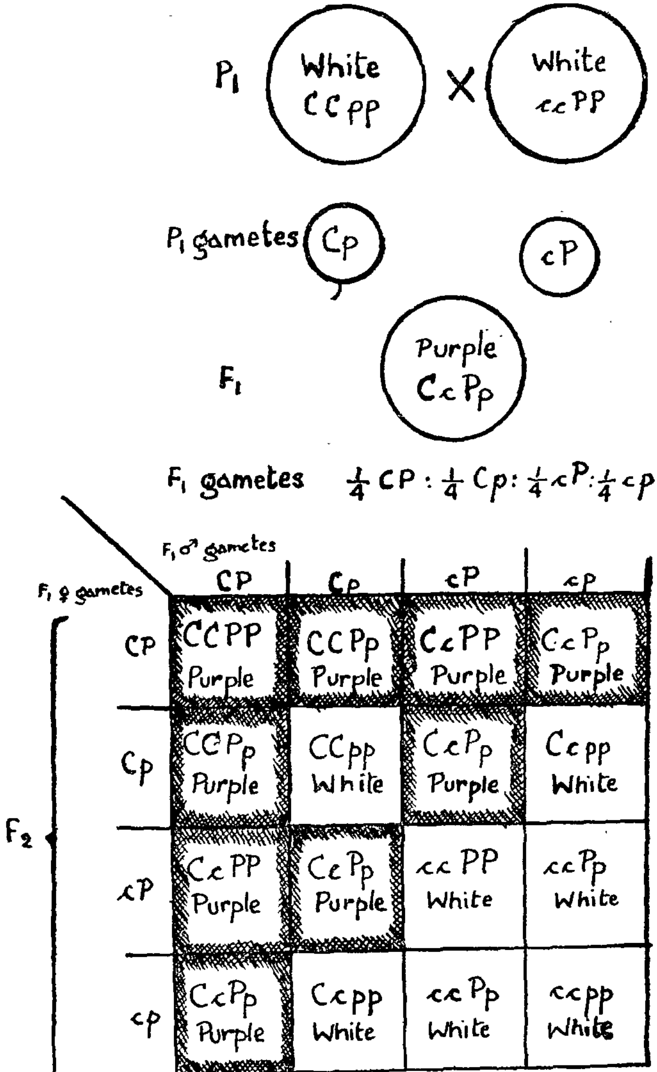
1 ஆம் 2 ஆம் தலைமுறைகளின் விளக்கம்.
(பாடத்தினுள் விளக்கம் காண்க)
ரோஸ்; பீ; வால்நட்: ஒற்றைக் கொண்டைகள்

F_2 ✓ 9 Walnut (9/16) வால்நட்
... 3 Rose (3/16) ரோஸ்
× 3 Pea (3/16) பீ
⊖ 1 Single (1/16) ஒற்றை

இதில் r, p என்ற இரண்டும் ஒற்றைக் கொண்டையைக் குறிப்பிட்டாலும், இவை 'பீ' அல்லது ரோஸ்கொண்டைகளைக் குறிப்பிடவில்லை. ஏனெனில் P-யும் R-ம் முறையே 'பீ', ரோஸ் கொண்டைகளைக் குறிக்கின்றன. பொதுவாக இவ்விரு நிலையான திடீர்மாற்ற ஜீன்கள் ஒரே மூலக்கூற்றைத்தான் பாதிக்கின்றன. இங்கு விகிதம் *9 : 3 : 3 : 1* என்று வந்தாலும் கூட ஒரு சோடி அல்லீல்கள் ஒரே மூலக்கூற்றை (Trait) பாதிக்கின்றன. அதாவது ஒரே பண்பைப் பாதிக்கின்றன. இம்மாதிரியான விகிதத்தையே முன்பு "தோன்றி-தோன்றாக் கோட்பாடு" (Presence-Absence Theory) என்று கூறினார்கள். ஆனால் இப்போது இவ்வாறு கூறுவதில்லை. இக்கோட்பாட்டு விளக்கத்தையே முன் கூறிய இளஞ்சிவப்புப் பூவிற்குக் கூறுவதுமுண்டு. இவ்வாறே எலிகளின் தோல்நிறத்திற்கும் காண்க.

2. 9 : 7 விகிதம்: இனிப்புப் பட்டாணிகளின் பூக்கள் ஊதாநிறமுடையன. ஆனால் இரு வெள்ளைநிற வகைகளும் இருக்கின்றன. அவற்றை a வகை b வகை என்று கூறுவோம். இவையிரண்டும் ஒடுங்கும் மியூட்டேஷனில் இரு தனிக் குரோமோசோம்களில் உண்டாயின. ஊதா நிறம் இரண்டு ஓங்கு ஜீன்களினால் உண்டாகிறது. இம்மாதிரியான கூட்டு அமைப்பிற்குக் காம்ப்ளிமெண்டரி ஜீன்கள் (Complementary Genes) என்று எமர்சன் (Emerson) பெயரிட்டார். ஒன்று அல்லது இரண்டு மில்லாமல் இருந்தால் பூவின் நிறம் வெள்ளையாக இருக்கும். ஆகவே நிறம் உண்டாவதற்கு இரு ஜீன்கள் முக்கியமாகும் (C and P). கீழே உள்ள படம் (படம் **37**) இதை விளக்குகிறது.

3. 9 : 3 : 4 விகிதம்: சுண்டெலிகளுக்குப் பல வகை நிறங்கள் உண்டு. இந்நிறங்கள் நிற ஜீன்களின் செயல் எதிர் செயல்களினால் உண்டாகின்றன. கறுப்பு (Black), வெள்ளை-ஆல்பினோ (Albinism), அகவுட்டி (Agouti) என்னும் இவை ரோமங்களின் துகள்கள் அமைப்பை ஒட்டிக் காணப்



படம் 37

9 : 7 விகிதம்

(பாடத்திலுள் விளக்கம் காண்க)

7 வெள்ளை (White) : 9 ஊதா (Purple)

(இதே விகிதத்தில் வேறோர் உதாரணத்தைக் கவனிக்க)

படுகின்றன. இன்னும் பல நிறங்களும் உண்டு. சாதாரண மாகக் கறுப்பு எலியும், வெள்ளை எலியும் சேர்ந்தால் அவற்றின் குஞ்சுகள் அகவுட்டி நிறமாக இருக்கும். மற்றும் சாம்பல் நிறமும் எலிகளில் காணப்படுகின்றது. நிறத்திற்கு (Colour) C ஜீன் அவசியம். A ஜீன் அதனுடன் சேர்ந்தால்தான் அகவுட்டி நிறமுண்டாகும் (படம் 38).

P1 BLACK × ALBINO
CCaa ccAA

Gametes Ca cA

F1 AGOUTI × AGOUTI
CcAa CcAa

F2

F1 gametes ♀ \ F1 gametes ♂	CA	Ca	cA	ca
CA	CCAA AGOUTI	CCAa AGOUTI	CcAA AGOUTI	CcAa AGOUTI
Ca	CCAa AGOUTI	CCaa BLACK	CcAa AGOUTI	Ccaa BLACK
cA	CcAA AGOUTI	CcAa AGOUTI	ccAA ALBINO	ccAa ALBINO
ca	CcAa AGOUTI	Ccaa BLACK	ccAa ALBINO	ccaa ALBINO

AGOUTI · 9/16
BLACK : 3/16
ALBINO: 4/16

படம் 38

9 : 3 : 4 விகிதம்

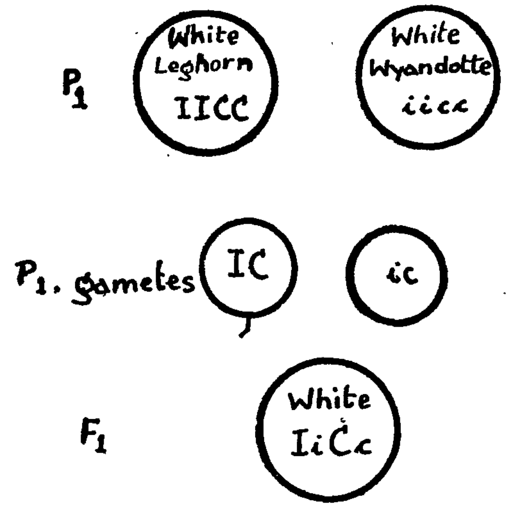
அகவுட்டி (Agouti) கறுப்பு (Black) வெள்ளை (Albino)

4. 13:3 விகிதம்: ஒவ்வாக் கருமுட்டையில் (Heterozygote) ஓங்கு தன்மையினால் ஒடுங்கும் அல்லீல் மறைந்து

காணப்படுவதுண்டு. அல்லீல்கள் அல்லாத இரு வெவ்வேறு ஜீன்கள் ஓர் உயிரியின் ஒரே பாகத்தையோ மூலக் கூற்றையோ பாதிப்பதுமுண்டு. அவ்வமயம் எந்த ஒரு ஜீன் மற்றொன்றை மறைக்கின்றதோ அதற்கு மேலாட்சி ஜீன் (Epistatic Gene) என்றும், அத்தன்மைக்கு மேலாட்சி (Epistasis) என்றும் பெயர். எந்த ஒரு ஜீன் மறைந்து காணப்படுகிறதோ அதற்கு மறைவாட்சி ஜீன் (Hypostatic Gene) என்று பெயர். எடுத்துக் காட்டாகக் கோழி வகைகளில் காணும் வெள்ளை நிறத்தை எடுத்துக்கொள்ளலாம். ஓங்கு ஜீனிஞல் வெள்ளை யும் (Dominant White), ஒடுங்கு ஜீனிஞல் வெள்ளையும் (Recessive Gene) உள்ள கோழிகள் உண்டு. வெள்ளை லெக்கார்ன் என்ற கோழியில் இறக்கை வெள்ளையாக இருக்கும். இதில் நிற ஜீன் (Colour Gene-C) இருந்தாலும் அதனுடன் அதை மறைக்கும் மறை ஜீனும் (Inhilitor-I) இருக்கிறது. அதனுல் இதை IIcc வெள்ளை லெக்கார்ன் என்றும் குறிப்பிடுவோம். வெள்ளை வயன்டோட்டியை (White Wyandotte) iicc என்று குறிப்பிடுவோம். எங்கெல்லாம் நிற ஜீனும் (C) அதை மறைக்கும் மறை ஜீனும் (I) இருக் கின்றனவோ அவை எல்லாம் வெள்ளையாக இருக்கும். இங்கு ஓங்கும் நிலை (Dominance) என்பதற்குப் பொருள் இல்லை (படம் 39).

5. **15:1 விகிதம்**: G. H. ஷல் (G. H. Shull) என்ற மரபியல் வல்லுநர் ஷெப்பர்ட்ஸ்பர்ஸ் (Shepherd's Purse) என்ற தாவரத்தின் விதை உறையில் வேறுபாட்டைக் கண்டார். முக்கோண வடிவ விதைஉறைகள் சாதாரணமாகக் காணப் பட்டாலும், வட்டமாகச் சில காணப்பட்டன. வெவ்வேறு குரோமோசோம்களின் இரு மியூட்டேஷன் சேர்க்கைகளிஞல் அவ்வாறு உண்டாயின என்று கருதிஞர். தனியாக ஒரு நிலையான திடீர்மாற்றம் எவ்வித வேறுபாட்டையும் கொடுக் காமல் இரு மியூட்டேஷனும் ஒன்ருகச் சேர்ந்தால்தான் வட்ட வடிவமான விதைஉறையை உண்டாக்க முடியும் என்று கூறிஞர். இதையே நினைவு கொண்டு கீழ்க்கண்ட கட்டப் பலகையை நோக்குக (படம் 40).

6. **12:3:1 விகிதம்**: ஈஸ்ட் (East), ஹெயஸ் (Hayes). எமர்சன் (Emerson) என்ற மூவரும் தானியவகைச் செடிகளில் மூன்று ஜீன்கள் (Triplicate Gene) இருந்ததையும் அவற்றின் மூன்று வேலைகளிஞல் 12 ஊதா : 3 மஞ்சள் : 1 வெள்ளை என்ற நிறப்பூக்களையும் கண்டனர்.



F1 gametes $\frac{1}{4}$ IC, $\frac{1}{4}$ Ic, $\frac{1}{4}$ iC, $\frac{1}{4}$ ic

F1 ♂ gametes / F1 ♀ gametes (F2)

	IC	Ic	iC	ic
IC	IICC white	IICc white	IiCC White	IiCc White
Ic	IICc white	IIcc white	IiCc White	Iicc White
iC	IiCC White	IiCc White	iiCC coloured	iiCc coloured
ic	IiCc White	Iicc white	iiCc coloured	iicc white

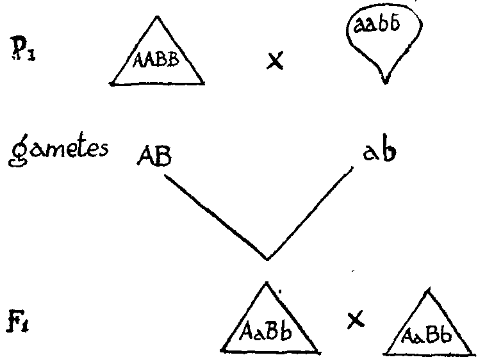
படம் 39

13 : 3 விகிதம்

வெள்ளை (லெக்கார்ன்) (White Leghorn)

வெள்ளை (வயன்டோட்டி) (White Wyandoti)

7. வெள்ளை குளோவரில் சையனைட்: சில தாவரங்களில் சையனைட் (Cyanide=Hypocyanic Acid-HCN) என்ற பொருள்



F2

F1 gametes ♀ \ F1 gametes ♂	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB ▲	AABb ▲	AaBB ▲	AaBb ▲
Ab	AABb ▲	AAbb ▲	AaBb ▲	Aabb ▲
aB	AaBB ▲	AaBb ▲	aaBB ▲	aaBb ▲
ab	AaBb ▲	Aabb ▲	aaBb ▲	aabb

படம் 40

▲ - $\frac{15}{16}$; - $\frac{1}{16}$

15 : 1 விகிதம்

பன்றிகளின் நிறங்களான சிகப்பு (Ked), *மணல்நிறம்* (Sandy), *வெள்ளை* (White) *போன்றவை 9 : 6 : 1 என்று அமைவதும் மேற்கூறிய விகிதத்தின் வேறுபாடே.*

களின் அளவு, விகிதத்தை நிர்ணயிப்பதாகக் கூறுகிறார்கள். இப் பொருள்களுடன் உள்ள தானியங்கள் ஆடுமாடுகள் தின்றால், அவற்றைப் பாதிப்பதில்லை. எதிராக அவற்றை வேளாண்கள் விரும்புகிறார்கள். அதற்குக் காரணம் பால், உரோமம் போன்றவற்றின் அளவு அதிகமாவதேயாகும்.

அதிகச் சையனைட் அளவுள்ள வகைகளுடன் (Strains) குறைந்த அளவுள்ள வகைகளைக் கலவி செய்தால் 1-ஆம் தலைமுறை அதிகச் சையனைட் அளவு உள்ளதாகவும், 2-ஆம் தலைமுறை 3:1 என்ற விகிதத்தில் ஒன்று மட்டும் குறைவுள்ளதாகவும் தெரியும். ஆனால் இவ்விகிதத்தில் வேறுபாடுகளைக் கண்டுள்ளார்கள்.

P_1 குறைந்தவகை "A" × குறைந்தவகை 'B'
(Low Strain) ↓ (Low Strain)
F_1 உயர்ந்த சையனைட்
F_2 9 உயர்ந்த சையனைட் : 7 குறைந்த சையனைட்.

8. 1 : 2 : 2 : 4 : 1 : 2 : 1 : 2 : 1 விகிதம்: (ஜீன்களின் இடைநிலைத் தன்மை) சில செடிகளில் பூக்களின் நிறமும், இலையமைப்பும் எடுத்துக்கொண்டு விளக்கும்போது சிகப்பு (RR) இளஞ்சிவப்பு (Rr) வெள்ளைப்பூக்களும் (rr), அகன்ற (BB), இடைநிலை (Bb), குறுகிய (bb) இலைகளும் கீழ்க்கண்ட விகிதத்தில் காண்பதுண்டு.

(உ-ம்) Snapdragan (Antirrhinummajus)

P. RRBB × rrbb
↓
F_1 Rr Bb (Red Flower and Broad Leaf)
F_2 1 : 2 : 2 : 4 : 1 : 2 : 1 : 2 : 1

	RB	Rb	rB	rb
RB				
Rb				
rB				
rb				

ஒவ்வொரு கட்டத்தையும் பூர்த்தி செய்து பார்க்க.

9. 3 : 6 : 2 : 1 : 3 : 1 விகிதம்: (ஒரு ஜீன் ஓங்கியும் மற்றொன்று ஒடுங்கியும் காணும் தன்மை).

(உ-ம்) கொம்பு நிலையும், தோல் நிறமும் மாடுகளில் காணப்படுதல்.

சிகப்பு உரோமத்தோல்=RR (Red)

சிகப்பு வெள்ளை உரோமத்தோல்=Rr (Roan)

(P) PP RR × pp rr

கொம்பற்றநிலை (ஓங்குதல்) =P (Polled Hornless)
கொம்புள்ளநிலை (ஒடுங்குதல்) =P (Horned)

கொம்பற்ற சிவப்பு — கொம்புள்ள வெள்ளை

F_1 = Pp Rr × Pp Rr

	PR	Pr	pR	pr
PR	×	✓	×	✓
Pr	✓	⊙	✓	⊙
pR	×	✓	⊗	⊡
pr	✓	⊙	⊡	⊠

கட்டங்களைப் பூர்த்திசெய்து பார்க்க

F_2 3:6:2:1:3:1

3× கொம்பற்ற சிகப்பு (POLLED RED)

6✓ கொம்பற்ற சிகப்பு வெள்ளை (POLLED ROAM)

2⊡ கொம்புள்ள சிகப்பு வெள்ளை (HORMED ROAM)

1⊗ கொம்புள்ள சிகப்பு (HORMED RED)

3⊙ கொம்பற்ற வெள்ளை (POLLED WHITE)

1⊠ கொம்புள்ள வெள்ளை (HORMED WHITE)

10. 2 : 1 விகிதம் (லீத்தல் ஜீன்கள்): குனட் (Cuenot) என்பவர் மஞ்சள் நிறமுடைய இரு சுண்டெலிகளைப் புணரச் செய்து அவற்றின் சந்ததிகளைப் பார்த்ததில் 2:1 என்ற விகிதமே பெற்றார். 3:1 என்ற மெண்டலின் விகிதம் அவரால் அடைய முடியவில்லை.

A^Y= மஞ்சள் உரோம ஓங்கும் அல்லீல்.

a= மஞ்சளற்றத்திற்கு ஒடுங்கும் அல்லீல்.

P—A^Ya × A^Ya

மஞ்சள் | மஞ்சள்

F_1 A^YA^Y A^Ya A^Ya aa

இறக்கிறது மஞ்சள் கருப்பு

இறப்பதில்லை.

இதில் A^Yயும் A^Yயும் ஒத்த கருமுட்டையாக (Homozygous Condition) வருவதால் இறந்துவிடுகிறது. ஒவ்வாநிலையில் வரும்போது மஞ்சள் நிறத்தை அடைகிறது. ஒடுங்கும் நிலையில் வரும்போதும், ஒவ்வா நிலையில் வரும்போதும் உயிர் தப்புகின்றது. மனிதர்களின் இரத்தத்தில்

காணும் சிக்கிள் செல் அனீமியாவும் (Sickle Cell Anemia), கோழிகளில் காணப்படும் நகரும் தன்மையும் (Creeper) இதை ஒத்தவையே. இதை உற்று நோக்குவோமானால் இரு வெவ்வேறு அல்லீல் சோடிகள் உள்ளன என்றும், அவை ஒவ்வொன்றும் சையனைடைப் பாதிக்கின்றன என்றும் தெரிய வரும்.

உயர்ந்த L = (High) உயர்ந்த H = (High)

குறைந்த ll = (Low) குறைந்த hh = (Low)

P LLhh குறைந்த (Low) × llHH குறைந்த (Low)

↓

F_1 LlHh உயர்ந்த (High)

உயர்ந்த LH = High (9)

குறைந்த llH = Low (3)
குறைந்த Lhh = Low (3)
குறைந்த llhh = Low (1)
} குறைந்த 7 Low

9 உயர்ந்த அல்லது அதிக சையனைட்கொண்டது 7 குறைந்த சையனைட்கொண்டது.

சையனைட் தயாரிப்பில் என்சைம்கள் பங்குகொள்கின்றன என்று கண்டுள்ளார்கள். அவ்வென்சைம்கள் தக்க ஜீன்களின் ஆளுகையினால் செயல்படுவதாகத் தெரிகிறது.

Gene L Gene H
↓ ↓
Precursor Enzyme ⟶ Substrate Enzyme ⟶ Cyanide
Cyanogenic Glucoside

ஜீன் L ஜீன் H
↓ ↓
என்சைம் சைனோஜெனிக்குளுக்கோசைட் என்சைம் சையனைட்

விகித மாறுபாடுகளின் சுருக்கம்

I *தனித்தொதுங்குதல் விதி*

ஜீனேடைப்கள்	AABB	AABb	AaBB	AaBb	AAbb	Aabb	aaBB	aaBb	aabb
1. Aயும் Bயும் இடை நிலையில் இருத்தல்	*1*	2	2	*4*	*1*	2	*1*	2	*1*
2. A இடைநிலையிலும் B ஒங்கியும் காணுதல்	3		6		*1*	2	3		*1*
Aயும் Bயும் ஓங்கியநிலை (Typical)	9				3		3		*1*
4. aaஇரண்டும் Bஅல்லது b க்கு மேலாட்சிநிலை. (ஒடுங்கும் மேலாட்சி)	9				3		*4*		
5. A ஆனது Bஅல்லது b க்கு மேலாட்சிநிலை (ஓங்கும் மேலாட்சி)	*12*						3		*1*
6. bbஇரண்டும் Aஅல்லது a க்கு மேலாட்சிநிலை (நிகர்ஒத்த ஒடுங்கிய மேலாட்சி)	9				*7*				

7. Aஆனது Bஅல்லது bக்கு மேலாட்சிநிலை B ஆனது A அல்லது a க்கு மேலாட்சிநிலை (நிகர்ஒத்த ஓங்கிய மேலாட்சி)	15		1
8. ஓங்கும் மேலாட்சி	13		3
9. நிகர் ஒத்த ஓங்கும் மேலாட்சி	9	6	1

II *பிரிதல்விதி*

10. ஓங்கும் அல்லீல்கள் சேர்ந்தால் இறத்தல் (லீத்தல் ஜீன்கள்)	2 : 1

6. பல்கூட்டு ஆக்கக் கூறுகள்

(Multiple Factors)

முதன் முதலாக ஜீன் (Gene) கோட்பாட்டை விளக்கியவர் மெண்டல் ஆவார். பட்டாணி போன்ற தாவரங்களினுல் அவர் எளிதில் அதை விளக்கிஞர். ஆனுல் எல்லா வேறுபாடு களும் இவருடைய விதிகளில் அடங்குவதாக இல்லை. மனிதனின் உடற்கட்டு, எடை, கூர்மை போன்றவை, தாவரங்களில் பழவிதைகளின் எண்ணிக்கை, விலங்குகளின் முட்டைகள், பால் அல்லது மாமிசம் முதலியவற்றின் அளவு போன்றவை மேற்கூறிய மெண்டலின் விதிகளில் அடங்குவதில்லை. இக் குணங்கள் யாவும் அளவு சார்ந்தவையேயன்றி (Quantitative) பண்புசார்ந்தவை யல்ல (Qualitative). இவற்றில் எல்லாவித ஏற்ற இறக்கமுமுண்டு. ஆகையால் பண்புகள் பிரிவதோ, தனித்தொதுங்குவதோ இன்றி நன்கு கலந்துள்ளன.

இவ்வாருன அளவு சார்ந்த பண்புகள்பற்றி நில்சன் ஈல் (Nilsson-Ehle 1908) என்ற சுவீடன் நாட்டு மரபியல் வல்லுநரும், ஈஸ்ட் (East 1910, 1916) என்ற அமெரிக்க நாட்டவரும் கூறியுள்ளதாவது : இங்குப் பல ஜீன்கள் சேர்ந்து வேலை செய்கின்றன ; அவை ஒன்றறக் கலந்துள்ளன (Blending). மேதர் (Mather) என்ற ஆங்கில நாட்டவர் அளவியல் முறைகளினுல் (Statistical Methods) விளக்கும்போது அவற்றிற்குப் பல்கூட்டு ஜீன்கள் காரணம் என்று கூறுகிருர். அப்பல்கூட்டு ஜீன் களுக்குப் "**பாலிஜீன்கள்**" (Polygenes) என்று பெயரிட்டார்.

நீக்ரோ—வெள்ளையர்கள் கலவை

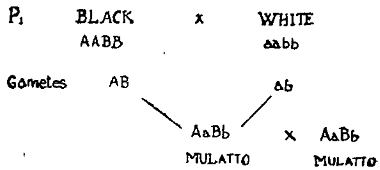
டேவன்போர்ட் (C. B. Davenport) என்பவர் நீக்ரோ வெள்ளையர்களின் (Negro-White) நிறவேறுபாட்டைப் பற்றி

ஆராய்ந்ததில் கீழ்க்கண்டவாறு விளக்கியுள்ளார். இவ்விருவர்களின் கலப்புத்திருமணத்தினுல் அவர்களுக்குப் பிறக்கும் குழந்தைகள் கறுப்பு முதல் வெள்ளை வரை படிப்படியான நிறத்தில் தோன்றினுர்கள். இவ்வேறுபாடுகளுக்கு ஜீன்களின் குணங்களன்றி எவ்வளவு நிறஜீன்கள் இருக்கின்றன என்பதே முக்கியமாகும். இங்கு அல்லீல் சோடிகள் ஓங்கு நிலையிலும் (Dominance) இல்லை. மரபுக்கொழுந்துகள் கறுப்பு முதல் வெள்ளைவரை இடைத்தர நிறத்துடனும் காணப்படும். (குறிப்பு: **இங்குக் கையாளப்படும் பெரியதும் சிறியதுமான எழுத்துக்கள் ஓங்கும் அல்லது ஒடுங்கும் ஜீன்களைக்** குறிப்பதில்லை). எந்த லோகசில் இருந்தாலும் எந்த இரு ஜீனும் சம அளவு பலனையே (நிறத்தையே) கொடுக்கும். படிப்படியாகத் திரண்டு வந்த ஜீன்களின் திரட்சிக்குக் குமிலேட்டிவ் ஃபேக்டர்கள் (Cumulative Factors) அல்லது பல்கூட்டு ஃபேக்டர்கள் (Multiple Factors) என்று பெயர்.

எடுத்துக்காட்டாக நீக்ரோ-வெள்ளையர்களின் கலப்புத் திருமணத்தில் பிறக்கும் குழந்தைகளைப்பற்றி ஆராய்வோம். சுத்த கறுப்பு நிறத்திற்கு அவரிடம் $\frac{A}{B}\frac{B}{B}$ ஜீன்களும் வெள்ளையரிடத்தில் $\frac{a}{a}\frac{b}{b}$ ஜீன்களும் இருக்கின்றன. நடுத்தரமான அளவு ஜீன்களைக்கொண்ட ஹைபிரிட் ஜீனேடைப் $\frac{a}{A}\ \frac{b}{B}$ ஆகும். பெரிய எழுத்துக்களால் இரு ஜீன்கள் குறிப்பிடப்பட்டிருக்கின்றன. இந்த ஜீனேடைப்பைக் கொண்டவருக்கு **முலாட்டோ** (Mulatto) என்று பெயர். இவர்களுடைய நிறம் கறுப்பும் வெள்ளையும் கலந்ததாகும். அதாவது நடுத்தரமான நிறமாகும் (படம் *41*).

இதில் முலாட்டோ என்பவர்கள் $\frac{a}{A}\frac{b}{B}$ இரு லோகஸ்களில் ஹைபிரிட்களாவர். இவர்கள் நான்கு வகை இனச்செல்களை உண்டாக்குகிருர்கள். அவையாவன AB, Ab, aB, ab. இரு முலாட்டோக்கள் புணரும்போது அவர்களுடைய இனச்செல்கள் *16* வகையான முறையில் இணைகின்றன. டைஹைபிரிட்களில் காண்பது போலவே இணைகின்றன. இவை சேரும் வகையில் $\frac{A}{A}\frac{B}{B}$ யும் உண்டாகின்றன. இதிலுள்ள விந்துவிலும் அண்டத்திலும் AB இருக்கின்றன. ஆகையால் இவர் அதிகக்

கறுப்பாக இருப்பர். $\frac{a\ b}{a\ b}$ சேர்க்கையும் நிகழ்கிறது. சர்க்இச்சே கையில் a b இரண்டும் விந்துவிலும் அண்டத்திலும் இருப்ப தால் இவர் வெள்ளையாக இருப்பார். $\frac{A\ B}{A\ B}$ $\frac{a\ b}{a\ b}$ ஆகிய இரண்டும் இறுதி நிலையில் இருப்பவையாகும். மற்றவை இடைநிலை நிறங்களாகவும், எவ்வளவு கறுப்பு ஜீன்கள் (பெரிய எழுத்துக்கள்) இருக்கின்றனவோ அவ்வளவைப் பொறுத்தும் காணப்படும். இரு கறுப்பு, இரு வெள்ளை நிறஜீன்கள் மத்திய நிறமாக இருக்கும். $\frac{a\ b}{A\ B}$ $\frac{A\ b}{A\ b}$ $\frac{a\ B}{a\ B}$ ஆகிய மூன்றிலும் இரு கறுப்பு ஜீன்களே உள்ளன. மூன்று கறுப்பு ஒரு வெள்ளை ஜீன்கள் இருந்தால், இடைநிலை முலாட்டோக்களைவிடக்



F1 gametes ♀ \ F1 gametes ♂	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

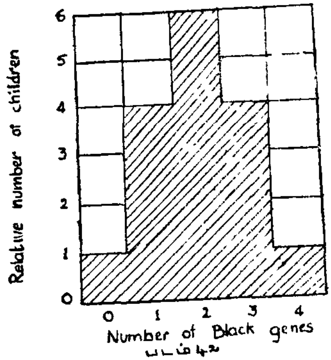
முலாட்டோ தலைமுறைகள்

கறுப்பாக இருப்பார்கள். மூன்று வெள்ளை ஒருகறுப்பு ஜீன்களை யுடையவர்கள் முலாட்டோக்களைவிடச் சற்று வெள்ளையாக இருப்பார்கள். கறுப்பு நிறத்தை வரையரையாகக் கொண்டால் ஐந்துவகைகள் உள்ளன. நான்கு கறுப்பு ஜீன்கள் உள்ளன, மூன்று கறுப்பு ஜீன்கள் உள்ளன, இரண்டு கறுப்பு ஜீன்கள் உள்ளன, ஒரு கறுப்பு ஜீன் உள்ளது, கடைசியாகக் கறுப்பு ஜீன் இல்லாதவை என்பவையாகும்.

குடும்பம் பெரியதாக இருந்தால் மேற்கூறிய ஐந்துவகைக் குழந்தைகளையும் (F_1 F_2 சந்ததிகளிலும்) அக்குடும்பத்தில்

காணலாம். குறைந்தது 16 குழந்தைகள் இருந்தால் அவற்றில் ஒவ்வொன்று இறுதி நிலையில் காணப்படும். சிறுகுடும்பத்தில் இறுதி நிலைகள் காண்பது கடினம் (படம் 42). சராசரி 16ல் 6 குழந்தைகள் முலாட்டோக்களாக இருப்பார்கள். அடுத்து அதிகமாகக் காண்பவர்கள் கறுப்பு ஜீன்கள் மூன்று கொண்டவர்களும் ஒரு கறுப்பு ஜீன் கொண்டவர்களுமாவார்கள். 16ல் 4குழந்தைகள் இவ்வகையாவார்கள். இறுதியாக இரண்டு இறுதிநிலை வகைகளான நான்கு கறுப்பு ஜீன்களுடைய அல்லது கறுப்பு ஜீன்களற்ற குழந்தைகள் காணப்படுவர்.

Number of Black genes	0	1	2	3	4
Relative number of children	1	4	6	4	1



நீக்ரோ வெள்ளையர்களின் 2-ஆம் தலைமுறைகள்

சுருக்கமாக 2ஆம் தலைமுறையில் கறுப்பு ஜீன்கள் உள்ளவர்களைக் கொண்டு பார்த்தால் 1 : 4 : 6 : 4 : 1 என்ற விகிதத்தில் இருப்பது தெரியவரும். இதில் முதல் வகையில் கறுப்பு ஜீன் இல்லாமலும், இரண்டாவது ஒன்றும் ஆக இருப்பதைக் காணலாம். படம் 42 இவற்றைச் சுருக்கி விளக்குகின்றது.

மேற்கூறிய நீக்ரோ-வெள்ளையர் இணைவு முறையைக் "**கலப்புத் தலைமுறையுரிமை மரபுவழியடைதல்** (Blended Inheritance) என்று குறிப்பிடுவது வழக்கம். இது மெண்டலின் தலைமுறையுரிமைக்கு முற்றிலும் வேறுபட்டதே. முலாட்டோக்கள் இடைநிலை நிறத்தைப் பெற்றிருந்தாலும் அவர்களுடைய ஜீன்களும் இடைநிலையிலுள்ளன என்று கூற முடியாது. ஏனெனில் நிறம் என்பது ஒன்று, அவனுடைய ஜீன் என்பது வேறு. மெண்டலின் விதிகள் ஜீன்களுக்குப் பொருந்தும்; ஆனால் மூலக்கூறுகளுக்கல்ல (Traits). இருந்தாலும்கூட உண்மையான மெண்டலின் கொள்கைக்கு ஹைபிரிட்டுகளிலிருந்து அல்லீல்கள் பிரிவது-ஒத்தே இருக்கிறது. மெலானின் (Melanin) என்ற துகல்களின்

அளவைப் பொறுத்தே நிறம் அமைகிறது. மெலானின் ஜீன்களினாலும் ஹார்மோன்களினாலும் ஆளப்படுகிறது.

அளவுசார்ந்த தலைமுறையுரிமை அல்லது மரபு வழியடைதல்: புகையிலை போன்ற தாவர வகைகளில் பயன்படுத்தி நீண்ட பூக்களைப் பயிர்செய்கிறார்கள். நார்வே ரகப் புகையிலைப் பயிருடன் ஜப்பான் ரகப்பயிரைக் கலந்து பல்கூட்டு ஆக்கக் கூற்றளவு தலைமுறையுரிமையின் வழியில் கொண்டுவருகிறார்கள்.

முயலின் காது நீளங்களுக்கும், சோளக்கதிரின் நீளத்திற்கும் இம்முறையையே கையாளுகிறார்கள். ஆடு மாடுகளின் தோல் நிறங்களுக்கும் காரணம் பல்கூட்டு ஆக்கக் கூறேயாகும். சில மாடுகளின் திட்டுத் திட்டான நிறங்களுக்கும்கூடப் பல்கூட்டு ஆக்கக் கூறுகளே காரணமாகும். நிறத்திட்டுக்களின் அளவும், அளவு சார்ந்த மரபு வழியைச் சேர்ந்ததே. டுரோசோஃபைலா என்ற படிப்பூச்சியின் கண்ணின் நிறமும் பல்கூட்டு ஆக்கக் கூற்றைப் பொறுத்திருக்கின்றன என்று கண்டுள்ளார்கள்.

7. பல்கூட்டு அல்லீல்கள்

(Multiple Alleles)

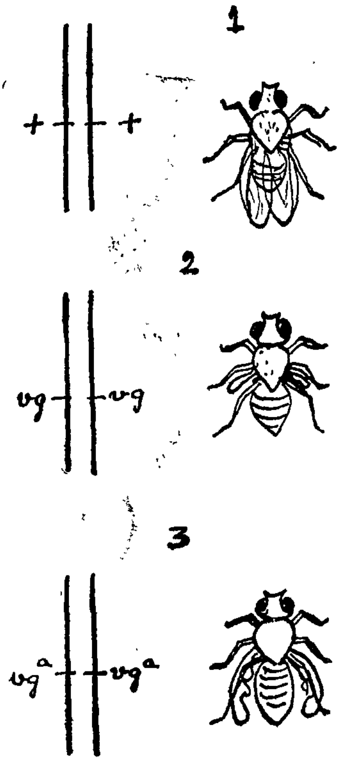
மெண்டலின் கொள்கைப்படி ஒரு குறிப்பிட்ட லோகசில் இரு வகை ஜீன்கள் காணப்படும். ஒன்று நிலையான திடீர் மாற்ற (மியூட்டண்ட்) ஜீன் (Mutant Gene)—பட்டாணியில் வெள்ளைப் பூக்கள். மற்றொன்று அதனுடைய சாதாரண (நார்மல்) ஜீன் (Normal Gene)—சிகப்புப் பூ. ஏன் அந்தச் சாதாரண ஜீன் ஒரு வகைக்கு மேல் (மற்ற எளிய நிறங்களாக) நிலையான திடீர் மாற்ற முறையில் மாறக் கூடாது? அந்த லோகஸ் இரண்டு அல்லது அதற்கு மேலும் நிலையான திடீர் மாற்ற முறையில் மாறக்கூடும்.

இரட்டைஎண் செல்லாக இருந்தால் ஒவ்வொரு வகைக்கும் இரு குரோமோசோம்கள்தாம் இருக்கும். ஆகையால் ஒரு குறிப்பிட்ட லோகசில் இரு ஜீன்களுக்குமேல் இருக்கமுடியாது. ஆகவே ஒரு குறிப்பிட்ட நபரின் ஒரு லோகசில் இருவகை ஜீன்களுக்குமேல் இருக்கமுடியாது. ஒரு நபருக்கு மேல் அதிகமாக எடுத்துக் கொண்டால், அந்த லோகசில் இரு வகை ஜீன்களுக்குமேல் இருக்கும். மூன்று அல்லது அதற்கு மேல் ஜீன் வகைகள் ஒரே லோகசில் அமையப் பெற்றால் அவற்றைப் **பல்கூட்டு அல்லீல்கள்** (Multiple Alleles) என்று கூறுவதுண்டு.

பல்கூட்டு அல்லீல்கள், பல்கூட்டுக் கூறுகளை (Multiple Factors) ஒத்தவை என்று கொள்ளக்கூடாது. பல்கூட்டு அல்லீல்கள் மேற்கூறியதுபோல ஒரே லோகசில் உள்ள ஜீன்களைக் குறிக்கும். ஆனால் பல்கூட்டுக் கூறுகள் வெவ்வேறு லோகசில் உள்ள ஜீன்களைக் குறிப்பதுடன், படிப்படி

யாகச் சேர்த்துக் காணக்கூடிய ஜீன்களையும் (AB ஜீன்கள் நீக்ரோவிடமும், ab ஜீன்கள் வெள்ளையர்களிடமும்) குறிக்கும்.

பல்கூட்டு அல்லீல்களைச் சில உதாரணங்களுடன் இங்கு விளக்குவோம். டுரோசோபைலா என்ற பழப்பூச்சிக்குச் (படம் 8) சாதாரணமாக நீண்ட இறகுகள் காணப்படும். அவற்றிற்கு இரு நிலையான திடீர்மாற்றங்களினால் எஞ்சிய இறகுகளும் (Vestigial Wings), ஆண்ட்லர்டு இறகுகளும் (Antlerd Wings) உண்டாயின. இவ்விரு வகையான இறகுகள், இரு வெவ்வேறு பூச்சிகளின் ஒரே லோகசில் ஏற்பட்ட திடீர் நிரந்தர மாற்றத்தினால் (Mutation) உண்டாயின (படம் 43). ஒரே லோகசில் ஏற்பட்டதினால் இவ்விரண்டும் சாதாரண ஜீன்களுக்கும் ஒன்றிற்கொன்றும் அல்லீல்களாகின்றன. இவ்விரு மியூட்டேஷன்களும் சாதாரண ஜீன்களின் ஒடுங்கும் அல்லீல்களாக (Recessive Genes) இருக்கின்றன. இதை விளக்க இவற்றைச் சாதாரணப் பூச்சிகளுடன் புணரச் செய்தால் 1-ஆம் தலைமுறையில் வரும் மரபுக் கொழுந்துகள் சாதாரணமாகக் (Normal) காணப்படுவதிலிருந்து விளங்கும். கொலம்பியா பல்கலைக்கழகத்தைச் சேர்ந்த டி. எச். மார்கன் (T. H. Morgan) என்பவர் தாம் செய்த, தூண்டும் நிலையான திடீர்மாற்ற முறையினால் (Induced Mutation) பல்வேறு நிறக் கண்களுள்ள பழப்பூச்சிகளை உண்டாக்கினார். சாதாரணமான கண் நிறம் சிவப்பாகும். வெள்ளை நிறமும், இயோசின் (Eosin) நிறமும், தேன் (Honey) நிறமும், தந்த (Ivory) நிறமும், முத்து நிறமும் (Pearl) என்று பல உண்டாயின. இவையாவும்

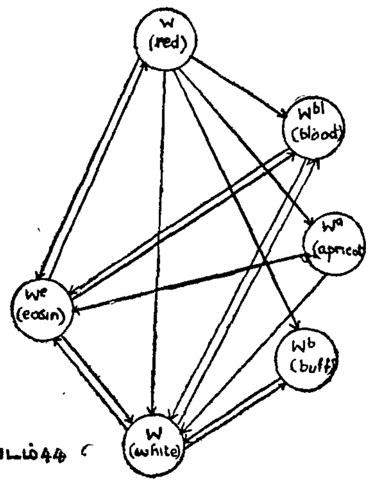


படம் 43

டுரோசோபைலாவில் பல்கூட்டு அல்லீல்கள்

ஒடுங்கும் ஜீன்களின் சேர்க்கையேயாகும் (படம் 44). இது நிலையான திடீர் மாற்றம் உண்டாகும் வழியைக் காட்டுகிறது. இப்படத்தை ஒழுங்கு படுத்தியவர் குலிக் (Gulick) என்பவ ராவார். இதன்படி w என்ற எழுத்து வெள்ளை நிறக் கண்ணை யும், W என்பது சிவப்பு நிறக் கண்ணையும் (Wild Type) குறிக் கின்றன. ஒவ்வொன்றும் கண்டுபிடிக்கும்போது யாவும் சிவப்பிற்கு (ஓங்கும் ஜீன்) ஒடுங்கிய ஜீன்களாகவே தெரிய வந்தன. ஆகையால் அவற்றை, W என்ற எழுத்து ஒரே லோகசைக் குறிக்கவும், பல்வேறு நிறங்களை அவ்வெழுத்தின் தலையின் வலப்புறம் அதற்குத் தக்க எழுத்துக்களால் குறிக்கவும் பட்டன.

W = சிகப்பு (Red), W^w = பழரசம் (Wine), W^{co} = பவழம் (Coral); W^{bl} = இரத்தம் (Blood); W^a = ஏப்ரிகாட் (Apricot);



படம் 44

டுரோசோபைலாவில் குலிக் காட்டிய பல்கூட்டு அல்லீல்களின் தோற்ற வழி.

W^e = இயோசின் (Eosin); W^p = முத்து (Pearl); W^i = தந்தம் (Ivory); w = வெள்ளை (White).

இவ்வாறே முயல்களின் தோல் நிறங்களும், பல் கூட்டு அல்லீல்களால் உண்டாகின்றன. முயலின் சாதாரண (Normal) நிறம் பழுப்பாகும் (Brown). இதிலிருந்து பல நிறங்கள் மியூட்டேஷனால் உண்டாயின. ஆல்பினோ வெள்ளை (Albino)

நிறம், இமாலயன் நிறம் (a^h-Himalayan) போன்றவை உண்டு. இவ்விரண்டும் ஒரே லோகசில் இருக்கின்றன. அதனுடன் ஒடுங்கும் அல்லீல்களாகவும் இருக்கின்றன. ஓங்கும் அல்லீல் இங்குப் பழுப்பு (Brown) ஆகும் (படம் 45). எடுத்துக் காட்டாக இவற்றின் சந்ததிகளைப்பற்றிக் கூறலாம்.

ஆல்பினோ இமாலயன்
Albino × Himalayan

P (பெற்றோர்) a/a × a^h/a^h

	a^h	a
a^h	a^h a^h	a a^h
a	a^h a	a a

F_1 மரபுக்கொழுந்து a/a^h இமாலயன்.

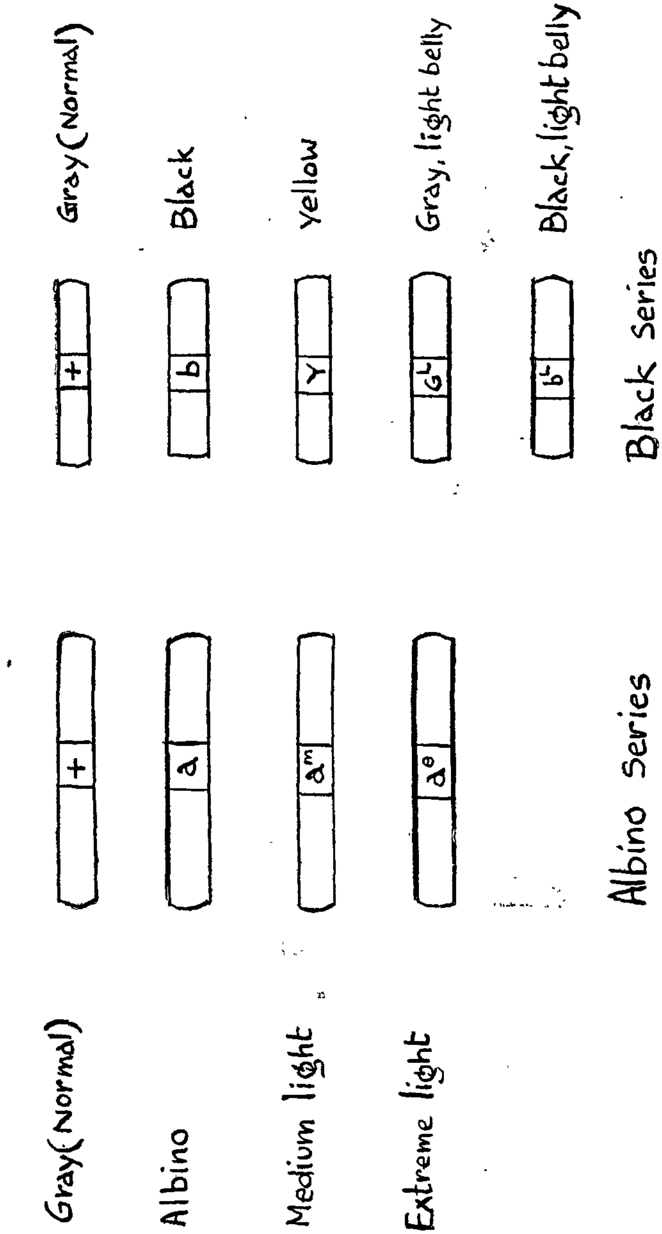
தன் இனப்பெருக்கமுறை (In Breeding).

F_2 மரபுக்கொழுந்துகள்—1 a^h/a^h : 2 a^h/a : 1 a/a
(இமாலயன்) (இமாலயன்) (ஆல்பினோ)
அல்லது **3 இமாலயன் : 1 ஆல்பினோ.**

சுண்டெலிகளில் குறைந்தது இருவரிசை நிறப் பல்கூட்டு அல்லீல்கள் இருக்கின்றன. ஒன்று ஆல்பினோ வரிசையாகும் (Albino Series). இதில் சாம்பல் (Grey) சாதாரண நிறமாகவும், வெள்ளை அல்லது ஆல்பினோ நிறமாகவும் (a), அடுத்து மத்தியச் சாம்பல் நிறமாகவும் (a^m Albino Medium), இறுதி வெள்ளை நிறமாகவும் (a^e Albino Extreme Light) இருக்கின்றன. இம் மூன்று மியூட்டேஷன்களும், ஒடுங்கும் அல்லீல்களே. இவ்வாறே கறுப்பு வரிசையிலும், சாம்பல் (Grey), கறுப்பு (b), மஞ்சள் (Y), எளிய சாம்பல்வயிறு (Light Grey Belly G^L), எளிய கறுப்புவயிறு (Light Black Belly b^L) போன்றவையும் உண்டு (படம் 45).

பல்வண்ணத் தோற்ற ஓங்குநிலை
(Mosaic Dominance)

பல்கூட்டு அல்லீல்கள் பல நிறத் தனிக்கூறுகளை (Traits) அல்லது உடற்பாகங்களைப் பாதிப்பதுண்டு. ஸ்டேட்லர் (Stadler) என்ற விஞ்ஞானி, சோளத்தில் R என்ற ஜீனின் பல்



படம் 45

கண்டெலி: பல்கூட்டு அல்லீல்கள்.

கூட்டு அல்லீல்களின் வரிசை ஊதா நிறத்தை (ஆன்தோசைனின்) நிர்ணயிக்கிறது என்று கூறியுள்ளார். நான்கு அல்லீல்கள் கீழ்க்கண்ட பாதிப்புக்களைக் காட்டுகின்றன.

R^r—நிறமுடைய விதை (அலூரான் = Aleurone)—நிறமுடைய செடி.

R^g—நிறமுடைய விதை (அலூரான் = (Aleurone)—நிறமுடைய செடி.

r^r—நிறமற்ற விதை (அலூரான் = Aleurone)—நிறமற்ற செடி.

r^g—நிறமற்ற விதை (அலூரான் = Aleurone)—நிறமற்ற செடி.

நிறமுடைய நிலை, நிறமற்றதின் ஓங்குநிலையாகும் (Dominant). R^g r^t செடிகளுக்கு நிறமுடைய அலூரானும், இலைகளும் தண்டுகளும் உண்டு. குறைந்தது இரண்டு உள்ளடங்கிய பாகங்களைக் (ஆக்கக்கூறு) கொண்டது போல் இந்த ஜீன்கள் பழகுகின்றன. ஒன்று அலூரான் நிறம், மற்றொன்று செடியின் நிறம். மேலும் அலூரான் நிறம் தனித்து நிரந்தரத் திடீர்மாற்றத்தை (Mutation) உண்டு பண்ணுவது போல் இருக்கிறது. ஆனால் இவ்விரு வேறுபாடுகளும் தனித்து இயங்குவதில்லை.

மனிதனில் இரத்த வகுப்புக்கள்
(The Blood Groups in Man)

விபத்து ஏற்பட்டு மனிதர்கள் தங்கள் இரத்தத்தை இழக்கும்போது உயிருக்கே ஆபத்து நேரிடுகிறது. அவ்வமயம் பிறருடைய இரத்தம் உடலினுள் செலுத்தப்பட்டால் உயிர் பிழைக்க முடியும். பதினெட்டாம் நூற்றாண்டில் பிரான்சு நாட்டிலும், பிறகு இங்கிலாந்திலும் முதன் முதலாக இரத்த ஏற்றம் (Transfusion of Blood) செய்தார்கள். அதில் சிலருக்கு வெற்றியளித்தது. பலருக்கு உயிரே போய்விட்டது. இதற்குக் காரணம் சிலருடைய இரத்தம் (அளிப்போர்-Donar) பெறுபவருக்கு (Recipient) ஒவ்வாததாக அமைந்து விடுவதுதான். அதனால் இரத்தம் பெற்றவர் உடனே இறந்து விடுகிறார். இரத்தத்தை வெளியில் எடுத்து இரத்தச் சோதனை செய்து பார்த்தால் அவ்விருவருடைய இரத்தமும் ஒன்றாக ஒட்டிக் கொண்டு கெட்டியாகி விடுகிறது; அதாவது இரத்த அணுக்கள்

ஒட்டிக் கொண்டு உறைந்து விடுகின்றன (Agglutination). 1900ஆம் ஆண்டு வரை இதற்குரிய காரணங்கள் தெரியாமல் இருந்தன. லாண்ட் ஸ்டீனர் (Landsteiner) என்பவர் முதன் முதலாக இரத்தச் செல்களைப் பிளாஸ்மாவிலிருந்து பிரித்து, திரும்பவும் சேர்த்துப் பார்த்தார். அவ்வமயம் அச்செல்கள் மெதுவாகச் சேருவதையும் கவனித்தார். ஆனால் ஒருவருடைய பிளாஸ்மாவை மற்றொருவருடைய இரத்தச் செல்களுடன் சேர்த்தபோது அக்கலப்புச் சில சமயங்களில் சேர்ந்தும், சில சமயங்களில் ஒன்றோடொன்று பிணைந்தும் (Clumping) காணப் பட்டது. இம்முதல் சோதனையே இரத்த வகுப்புக்களைக் (Blood Groups) கண்டறிய வழி செய்தது. இதனால் எல்லோருடைய இரத்தங்களையும் நான்கு வகுப்புக்களாகப் பிரிக்கலாம் என்றார். இவற்றையே O, A, B, AB வகுப்புக்கள் என்று கூறுவதுண்டு. சுருக்கமாக ABO மண்டலம் (System) என்று குறிப்பார்கள். அவர் நினைவாக "லாண்ட்ஸ்டீனர் வகுப் புக்கள்" (Landsteiner Groups) என்றுகூடச் சொல்வதுண்டு. இவ்வகுப்புக்கள் யாவும் ஜீன்களினால் ஆளப்படுகின்றன.

இரத்த வகுப்புக்களின் மரபியல் பண்புகள் பற்றிக் கூறுவதற்கு முன் இரத்தத்தின் பொதுப் பண்புகள்பற்றிச் சற்று விளக்குவோம். தடைக்காப்புறுதி பெறுதல் (Immunity) என்பது இரத்தத்தின் ஒருவேலையாகும். இக்காப்புறுதி பெற இரத்தத்தில் எதிர் தோன்றி அல்லது ஆண்ட்டிஜென் (Antigens), எதிர்பொருள்கள் அல்லது ஆண்ட்டிபாடிகள் (Antibodies) இருப்பதே காரணமாகும். ஆண்ட்டிஜென்கள் புரோட்டீனால் ஆனவை. இவை ஆண்ட்டிபாடிகளை உண்டாக்கத் தூண்டு கின்றன.

ஆண்ட்டிபாடிகள் என்பது விலங்கினங்களில், வெளி ஆண்ட்டிஜென்களுடன் பட்டதும் தோன்றும் பொருளாகும். இது குறிப்பிட்ட ஆண்ட்டிஜென்களுக்கு எதிர் செயல் புரியும். ஆண்ட்டிபாடி எதிர்ப்பை உண்டாக்கித் தடைக்காப்புறுதி பெறச் செய்கிறது. டைபாய்டு சுரம் வந்தாலோ, டைபாய்டு எதிர்ப்பு ஊசி போட்டுக்கொள்ளும்போதோ உடலில் அதற்கு எதிரான ஆண்ட்டிபாடிகள் உண்டாகின்றன. இவ்வாண்ட்டி பாடிகள் உடலில் இருக்கும்வரை டைபாய்டு கிருமிகள் உட் சென்றால் உடலில் எதிர்ப்புத் தோன்றி அவற்றைக் கொன்று விடுகின்றன. இம்மாதிரியான வேலைகளுக்கு ஆண்ட்டிஜென்- ஆண்ட்டிபாடி எதிர் செயல்கள் (Antigen-Antibody-Reaction) என்று பெயர்.

இம்முறையை அடிப்படையாகக் கொண்டு லாண்ட்ஸ்டீனர், இரத்தத்திலுள்ள சிகப்புக் கார்ப்பசில்களிடத்தில் தெளிவான இரண்டு ஆண்ட்டிஜென் இருப்பதாகக் கண்டார். இவ்விரண்டையும் "A" என்றும் "B" என்றும் குறித்தார். O வகை இரத்தத்தில் AB ஆண்ட்டிஜென்கள் இல்லை. A வகுப்பு மனிதர்களிடத்தில் A ஆண்ட்டிஜெனும், B வகுப்பு மனிதர்களிடத்தில் B ஆண்ட்டிஜெனும், AB வகுப்பு மனிதர்களிடத்தில் இருவகை ஆண்ட்டிஜென்களும் இருக்கின்றன. வைத்தியத் துறையில் இவை மிகவும் பயன்படுகின்றன. ஒரே உடலில் ஆண்ட்டிஜென்களைப் பாதிக்கும் ஆண்ட்டிபாடிகள் இருப்பதில்லை. ஆனால் மற்ற மனிதரின் இரத்தத்தில் அம்மாதிரியான ஆண்ட்டிபாடிகள் இருக்கும். இதையே இரத்தம் கொடுக்கும் போது கவனிக்க வேண்டும். இரத்தக் கார்ப்பசில்களில் A, B அல்லது AB வகுப்புக்களும், இரத்த பிளாஸ்மாவில் முறையே ஆண்ட்டி Bயும், ஆண்ட்டி Aயும், ஆண்ட்டி Aயும் Bயுமில்லாமலும் இருக்கின்றன. 'O' வகுப்பில் ஆண்ட்டி Aயும், ஆண்ட்டி Bயும் இருக்கின்றன. ஆண்ட்டி ஜென்—ஆண்ட்டிபாடி எதிர் செயல்களில்(Antigen-Antibody Reaction) இரத்த அணுச் செல்கள் யாவும் ஒட்டித் திரளாகின்றன. (அக்ளூட்டினேஷன் -Agglutination) சில ஆண்ட்டிபாடிகள் (பிரிசிபிட்டின்கள்–Precipitans) புரதமுடைய ஆண்ட்டிஜெனுடன் சேர்ந்து உறையச் செய்கின்றன. சில எதிர் நச்சுக்கள் அல்லது விடமுறிவுகளாக்குகின்றன (Antitoxins). இன்னும் சில-லைசின்கள் (Lysins) ஆண்ட்டி ஜென்களைக் கரைத்து விடுகின்றன. இரத்த வகுப்புக்கள் பிரிக்கப் பயன்படும் ஆண்ட்டிபாடிகளுக்கு அக்ளூட்டினின்கள் (Agglutinins) என்று பெயர். ஏனெனில் அவை இரத்தக் கார்ப்பசில்களை ஒட்டித் திரளாக்கும் தன்மையைப் பெற்றிருப்பதால் அவ்வாறு கூறுவதுண்டு. எந்த இரத்த வகுப்பைத் தாக்குகிறதோ அவ்வகுப்பின் ஆண்ட்டிஜெனுக்கு அக்ளூட்டினோஜென்கள் (Agglutinogens) என்று பெயர்.

கீழ்க்கண்ட அட்டவணை இரத்தம் கொடுக்கும்போது ஏற்படும் நிகழ்ச்சிகளை விளக்குகிறது (படம் 46, 47).

இரத்த வகுப்பைக் கண்டறிய ஒரு சொட்டு இரத்தத்தைத் தெரிந்த ஆண்ட்டி A, ஆண்ட்டி B சீரத்துடன் சேர்த்தால் அது ஒட்டிக் கொள்ளும் நிலையிலிருந்து தெரிந்து கொள்ளலாம். ஆண்ட்டி Aயுடன் ஒட்டிக் கொண்டு திரளானால், அளிப்பவரின் இரத்தம் A என்றும், ஆண்ட்டி Bயுடன் ஒட்டித் திரளானால்

Donor \ Recipient	O	A	B	AB
O	-	+	+	+
A	+	-	++	+
B	+	++	-	+
AB	+	+	+	-

படம் 46

பிறருக்கு இரத்தம் ஏற்றுவதில் உண்டாகும் விளைவுகள்.

1. ++ = அளிப்பவரின் செல்களில் அடர்த்தியான அக்ளூட்டினேஷன்.
2. + = பெறுபவரின் செல்களில் எளிய அக்ளூட்டினேஷன்.
3. +++ = அளிப்பவர், பெறுபவர் இருவருடைய செல்களிலும் அக்ளூட்டினேஷன் நிகழ்தல்.
4. X = அக்ளூட்டினேஷன் நிகழவில்லை.

பெறுபவர் (Recipient)

அளிப்பவர் (Donor)	O	A	B	AB
O	×	+	+	+
A	++	×	+++	+
B	++	+++	×	+
AB	++	++	++	×

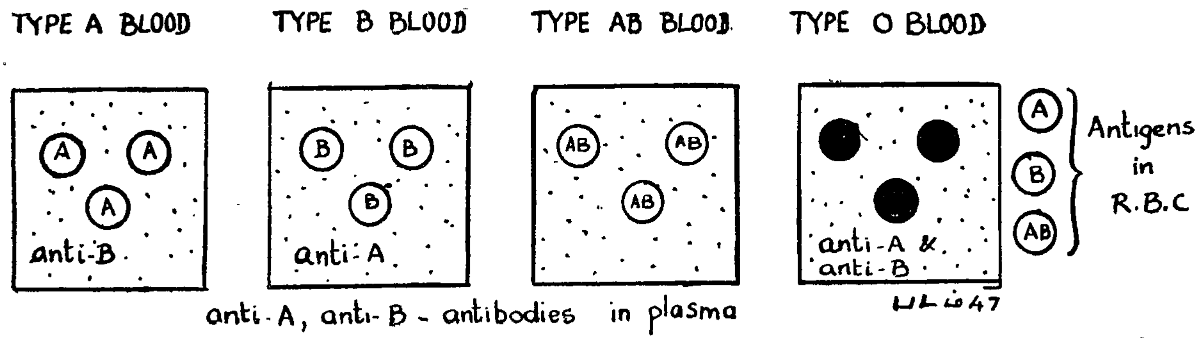
விளக்கம்

1 ++ = அளிப்பவரின் செல்களில் அடர்த்தியான அக்ளூட்டினேஷன்

2 + = பெறுபவரின் செல்களில் எளிய அக்ளூட்டினேஷன்.

3 +++ = அளிப்பவர், பெறுபவர் இருவருடைய செல்களிலும் அக்ளூட்டினேஷன் நிகழ்தல்

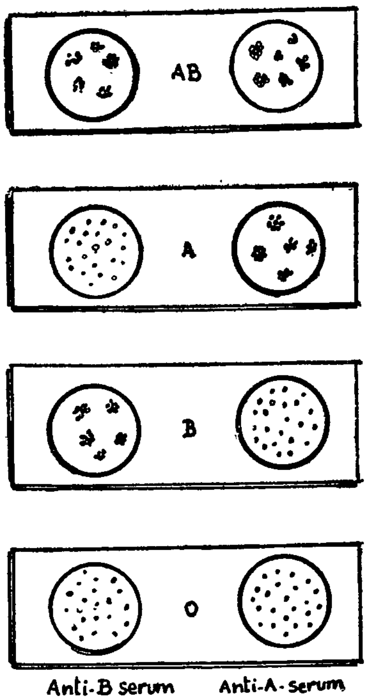
4 × = அக்ளூட்டினேஷன் நிகழவில்லை.



படம் 47

AB ஆண்ட்டிஜென்கள், ஆண்ட்டிபாடிகளின் உறவுமுறைகள். சிவப்பு இரத்தச் செல்களின் ஆண்ட்டிஜென்கள் இரத்த வகுப்புக்களைக் குறிக்கின்றன என்பதைக் கவனிக்க.

அளிப்பவரின் இரத்தம் B என்றும் தெரிந்துகொள்ளலாம். ஒட்டுத் திரள் (அக்ளுட்டினேஷன்) இரண்டிலும் ஏற்பட்டால், அளிப்பவரின் இரத்தம் AB என்றும், இரண்டிலும் ஒட்டுத் திரள் ஏற்படாவிட்டால் O என்றும் தெரிந்து கொள்ள வேண்டும். சோதனைக்குத் தேவையான இரத்தச் சீரத்தைத் தெரிந்த இரத்த வகுப்பிலிருந்து எடுத்துக் கொள்ளலாம். B வகுப்பு இரத்தத்திலிருந்து ஆண்ட்டி Aயும், A வகுப்பு இரத்தத்திலிருந்து ஆண்ட்டி Bயும் தயாரித்துக் கொள்ள வேண்டும். கீழ்க்கண்ட படம் 48 இரத்த வகுப்புப் பிரித்தலை விளக்குகிறது.



படம் 48

இரத்த வகுப்புக்களும், A, B ஆண்ட்டி சீரத்திற்கு அவற்றின் எதிர்விளைவுகளும்.

இரத்த வகுப்புக்களில் காணப்படும் ஆண்ட்டிபாடிகளை (சீரத்தில்) கீழ்க்கண்ட அடையாளங்களினுல் குறிப்பது வழக்கமாகும்.

இரத்த வகுப்புக்கள்	ஆண்ட்டிபாடி (சீரத்தில்)
O	α β (or) ab
A	β (or) b
B	α (or) a
AB	None

ab என்ற எழுத்துக்கள், O வகுப்பு இரத்தத்தில் A, B ஆண்ட்டிஜென்கள் இல்லை என்பதை உணர்த்துகின்றன. அதற்குப் பதிலாக இவ்விரண்டு ஆண்ட்டிஜென்களுக்கு எதிராக ஆண்ட்டிபாடிகளைப் பெற்றுள்ளன என்றும் தெரிவிக்கின்றன. அவ்வாறே Ab என்ற எழுத்துக்கள் (இரண்டாம் வகுப்பு) Aயில் ஆண்ட்டிஜென் Aயும், ஆண்ட்டிபாடி (b) யும் பெற்றுள்ளன என்றும், அதில் B ஆண்ட்டிஜென் இல்லை என்றும் உணர்த்துகிறது. இவ்வாறே மற்றவற்றிற்கும் காண்க. ab வகுப்பின் சீரத்தில் A, B ஆண்ட்டிபாடிகள் இருப்பதும், அதனால் A (Ab), B (aB), AB வகுப்புக்களின் கார்ப்பசில்கள் அழிக்கப்படுகின்றன என்பதும் தெரிகின்றன. ஏனெனில் ஒவ்வொன்றிலும் A அல்லது B அல்லது Aயும், Bயும் இருப்பதே காரணமாகும். ஆனால் O (ab) வகுப்பு மனிதர்களின் இரத்தத்தில் A அல்லது B இல்லாதிருப்பதினால், மற்ற மூன்று வகுப்புக்களும், (A, B, AB) இதை அழிக்க முடியாது. A (Ab) வகுப்பு மனிதர்களின் இரத்தத்தில் b இருப்பதால் அதன் இரத்தச் சீரம் B கார்ப்பசில்களைக் கொண்ட AB, aB வகுப்புக்களை அழிக்கின்றன. Ab வகுப்புக் கார்ப்பசில்களில் A இருப்பதால் அவற்றை O (ab), B (aB) வகுப்புக்கள் அழிக்க முடியும். ஆனால் பெரியது, சிறியதை ஒட்டிக் கொள்ள இயலாது. கீழே மேற்கூறியதின் சுருக்கத்தையும், ஜனத் தொகையில் உள்ள சதவிகிதத்தையும் காண்க.

இரத்த வகுப்பு	ஒட்டிக்கொள்ளச் செய்யும் கார்ப்பசில்கள்.	எந்தச் சீரத்தினால் ஒட்டிக் கொள்ளச் செயகிறது	ஜனத் தொகையில் சதவிகிதம்
O	A, B, AB	None	37·3
A	B, AB	O, B	43·7
B	A, AB	O, A	13·4
AB	None	O, A, B	5·7

ஆகவே இரத்தம் ஏற்றும்போது அளிப்பவரின் (Donor) இரத்தத்தில், பெறுபவருக்கு (Recipient) எதிரான ஆண்ட்டி பாடிகள் இருந்தால் எவ்வித இடையூறும் நிகழாது. ஏனெனில் அளிப்பவரின் இரத்த அள்வு, பெறுபவரின் மொத்த கன அளவைவிட மிகக் குறைவே. ஆகையால் ஆண்ட்டிபாடிகள் நீராளமாக்கப்படுகின்றன (Diluted). ஆனால் பெறுபவரின் இரத்தத்தில் ஆண்ட்டிபாடிகள் இருந்தால் அவை கெடுதலை விளைவிக்கும். ஏனெனில் ஆண்ட்டிபாடியின் அளவு அதிகமாக இருப்பதேயாகும். உதாரணமாக O வகுப்பு இரத்தம் தன்னுடைய வகுப்பு இரத்தத்தைத் தவிர மற்ற வகுப்பு இரத்தத்தைப் பெறமுடியாது. ஏனெனில் இந்தச் சீரம் மற்றக் கார்ப்பசில்களை ஒட்ட வைத்துவிடும். ஆனால் இந்த இரத்தம் மற்ற வகுப்புக்களுக்கு ஒத்துச் சேரும் இயல்புடையது. ஏனெனில் இதிலுள்ள கார்ப்பசில்களுக்கு எதிரான ஆண்ட்டிபாடிகள் அவற்றில் இல்லாதிருப்பதே. அதனாலேயே O வகுப்பு இரத்தத்தைப் பெற்றுள்ளவருக்கு யாவருக்கும் கொடுப்பவர் (யுனிவர்சல் டோனர்–Universal Donor) என்று பெயர். அவ்வாறே AB வகுப்பு இரத்தம் உள்ளவர்களுக்கு யாவரிடமிருந்தும் பெறுபவர் (யுனிவர்சல் ரசிப்பியன்ட்-Universal Recipient) என்று பெயர். ஏனெனில் இந்த வகுப்பு இரத்தத்தில் மற்றக் கார்ப்பசில்களுக்கு எதிரான ஆண்ட்டி பாடிகள் இல்லாதிருப்பதேயாகும்.

ABO இரத்த வகுப்புக்களின் மரபியல் அமைப்பு

நான்கு இரத்த வகுப்புக்களில் எது சாதாரண (நார்மல்-Normal) வகுப்பென்று நமக்குத் தெரியாது. ஆனால் சாதாரணத் தனிக்கூறுகளுடன் (Traits) கூடிய தனி நபர்கள் ஓர் இனத்தில் ஏராளமாகக் காணப்படுகின்றனர். வெள்ளையர்களில் O, A வகுப்புக்கள் அதிகமாகக் காணப்படுகின்றன. இருப்பினும் இவ்விரண்டையும் சாதாரண வகையென்று கருத முடியாது. சௌகரிய விளக்கத்திற்காக O வகுப்பைச் சாதாரண வகை என்று கருதிக் கொள்வோம். அப்படியானால் Aயும், Bயும் O வகுப்பிலிருந்து ஓங்கும் மியூட்டேஷனால் உண்டாகி இருக்கவேண்டும். இம்மியூட்டண்ட் ஜீன்களுக்கு முறையே A, B என்ற அடையாளம் கொடுப்போம். இவ்விரண்டும் Oவகுப்பு இருக்கும் அதே லோகசிலிருந்து உண்டாயின. சாதாரண ஜீனுக்கு l அடையாளம் கொடுப்போம். மூன்று ஜீன்களும் (l, LA, LB) ஒரே லோகசில் இருப்பதால்

அவற்றிற்குப் பல்கூட்டு அல்லீல்கள் (Multiple Alleles) என்று பெயர். முதன் முதலில் இரத்த வகுப்பைக் கார்ல் லாண்ட்ஸ்டீனர் (Karl Landsteiner) கண்டு பிடித்ததால் அவர் நினைவாக 'L' என்ற எழுத்தை முதலில் சேர்த்துக் கூறுவது வழக்கம். 1931ஆம் ஆண்டு இவருக்கு நோபல் பரிசு கொடுக்கப்பட்டது. ஆகையினால் இரத்த வகுப்புக்கள் LA, LB, LALB, ll என்று குறிப்பிடப்பட்டுள்ளன. l வகுப்பு ஒடுங்கும் வகுப்பைச் சேர்ந்தது; ஆகையினால் O வகுப்புக் கலப்பற்றதாகும். அதன் அமைப்பு ll ஆகும். A ஜீன் ஓங்கும் ஜீனாகையால் LA வகுப்பைச்சேரும். B ஜீன், AB ஜீன்கள் யாவும்

Blood Group	Genotype	Blood contains		Red Blood Cells — Reaction with Antibodies	
		Cellular Agglutinogen	Serum Agglutinin	Anti-A	Anti-B
A	A/A A/O	A	Anti-B	+	–
B	B/B B/O	B	Anti-A	–	+
AB	A/B	A B	None.	+	+
O	O/O	None	Anti-A Anti-B	–	–

படம் 49

மனிதனின் ABO இரத்த வகுப்புக்களின் குணங்கள்

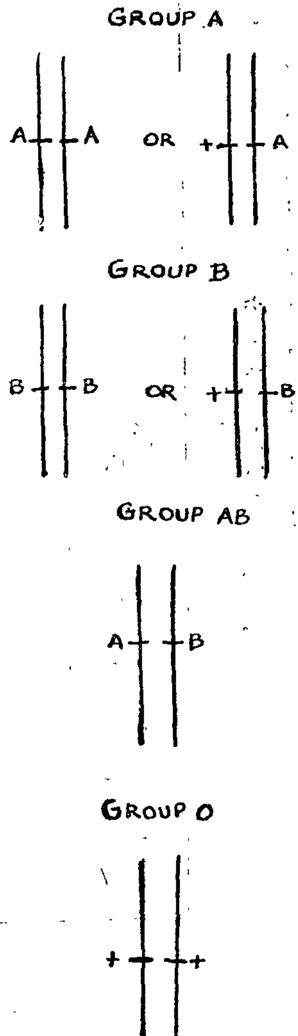
முறையே LB, LALB என்று வழங்கப்படுகின்றன; O, A, B, AB வகுப்புக்கள் தோற்றவழி அமைப்பு (Phenotype) ஆகும். LB, LB, LALB, ll என்பவை மரபு வழியமைப்பு (Genotype) ஆகும். கீழ்க்கண்ட அட்டவணை இரத்த வகுப்புக்களையும், பெற்றோர்களையும் நோக்க எவ்வழி அமைப்புச் சந்ததிகள் தோன்றும் என்றும், எவை தோன்றா என்றும் காட்டுகிறது.

இரத்த வகுப்புக்களின் தலைமுறையுரிமை (Inheritance of Blood Groups) வைத்திய-சட்ட (Medico-Legal) தகராறுகளைத் தவிர்க்கப் பயன்படுகிறது. வைத்தியச் சாலைகளில் பல குழந்தைகள் பிறக்கின்றன.

ஒரு குடும்பத்தினர் தங்கள் குழந்தை என்று வீட்டிற்கு எடுத்துச் சென்றபின், அதேநேரத்தில் பிரசவித்த மற்

ஒருவர் அது தங்களுடையது என்று கூறினால் எவ்வாறு தீர்ப்பதென்று தவிக்கும்போது அவர்களுடைய இரத்தத்தையும், குழந்தையினுடைய இரத்தத்தையும் சோதனை செய்து தீர்க்க முடியும். மேலும் ஓர் இளம் பெண் தனக்குப் பிறந்துள்ள குழந்தைக்குத் தந்தையார் இவர்தாம் என்று ஒருவர்மீது வழக்கு போட்டிருந்தால், அவர்தாமா என்றும், எந்த வகுப்பைச் சேர்ந்தவர் என்றும் இரத்தச் சோதனைமூலம் கூறமுடியும். அந்தப் பெண்ணின் இரத்தத்தையும், குழந்தையினுடையதையும் சோதித்து முடிவு கூறமுடியும் (அட்டவணையைப் பார்க்க). உதாரணமாகக் குழந்தையின் இரத்தம் B வகுப்பு, தாயின் இரத்தம் A வகுப்பு, வழக்குப் போடப்பட்டிருப்பவரின் இரத்தம் O என்றால், அந்த வழக்குச் செல்லாது போய்விடும். ஏனெனில் உண்மையான தந்தைக்கு இரத்தம் B அல்லது AB ஆக இருந்தால்தான் B வகுப்புடைய குழந்தை அவருக்குப் பிறக்க முடியும். யார்மீது வழக்குப் போடப்பட்டிருக்கிறதோ அவர் உண்மையான தந்தை இல்லை. ஏனெனில் அவர் O வகுப்பாவார் இம்மாதிரியான வழக்குக்கள் அமெரிக்க வழக்கு மன்றங்களில் ஏராளமாக நடைபெறுவதைப் பார்க்கலாம்.

தற்காலத்தில் இரத்தத்தைத் தவிரக் கண், காது, உமிழ்நீர், பால் சுரப்பிகளிலிருந்தும் ABO வகுப்புக்களைக் கண்டறிய முடியுமென்றும் கூறுகிறார்கள். மற்றச் செல்களின் மூலம், (ABO ஆண்ட்டிஜென்கள்) கண்டு கொள்ள முடியுமென்றும் ஆராய்ந்துள்ளார்கள். A வகுப்பு



படம் 50

மனிதனின் இரத்த வகுப்புக்களின் குரோமோசோம்களின் படங்கள்

திருமண வகைகள் (Types of marriage)	பிறக்கும் மரபுக்கொழுந்துகள் (Offspring)	பிறக்க முடியாதவை (Impossible)
I. O×O	$\frac{\text{மரபு வழியமைப்பு}}{\text{தோற்ற வழியமைப்பு (Phenotype)}} = \frac{ll \times ll}{O}$	A, B, AB
II. O×A	,, $= \frac{ll \times LA\ LA}{A}, \frac{ll \times LAl}{O,\ A}$	B, AB
III. O×B	,, $= \frac{ll \times LB\ LB}{B}, \frac{ll \times LBl}{B,\ O}$	A, AB
IV. O×AB	,, $= \frac{ll \times LA\ LB}{A \text{ or } B}$	O, AB
V. A×A	,, $= \frac{LA\ LA \times LA\ LA}{A}, \frac{LAl \times LAl}{A,\ O}$	B, AB
VI. A×B	,, $= \frac{LA\ LA \times LB\ LB}{AB}, \frac{LA\ LA \times LBl}{A,\ AB}, \frac{LAl \times LB\ LB}{B,\ AB}$	None
VII. A×AB	,, $= \frac{LA\ LA \times LA\ LB}{A \text{ or } AB}, \frac{LAl \times LA\ LB}{A,\ AB,\ B}$	O
VIII. B×AB	,, $= \frac{LB\ LB \times LA\ LB}{B \text{ or } AB}, \frac{LBl \times LA\ LB}{A,\ AB,\ B}$	O
IX. B×B	,, $= \frac{LB\ LB \times LB\ LB}{B}, \frac{LBl \times LBl}{B,\ O}$	A,AB
X. AB×AB	,, $= \frac{LA\ LB \times LA\ LB}{A,\ AB,\ B}$	O

இரத்த முடையவரின்மேல் ஆண்டீட்டி A சீரத்தையும், A வகுப்பு இரத்தச் செல்களையும் வைத்தால் அவை உறைந்து ஒட்டிக் கொள்ளுகின்றன என்று கூம்ப்ஸ் (Coombs) கண்டுள்ளார். அதே சீரமும், செல்களும் B அல்லது O வகுப்புடைய வரின் தோல்மேல் வைத்தால் அவ்வாறு ஒட்டிக் கொள்வ தில்லை.

MN வரிசை இரத்த வகுப்புக்கள்

(MN Series of Blood Groups)

மேற்கூறிய ABO வரிசைகளைத் தவிர MN வரிசைகளும் இருக்கின்றன. லாண்ட்ஸ்டீனரும் (Landsteiner), லெவீனும் (Levine) 1927ஆம் ஆண்டில் மேலும் மூன்றுவரிசை இரத்த வகுப்புக்கள் இருப்பதாகக் கண்டார்கள். இவ்வரிசைகள் இரத்தம் கொடுக்கும்போது ABO வகுப்புக்களை அவ்வளவாகப் பாதிப்பதில்லை. M, N, MN வகுப்பு ஃபீனோடைப் (Phenotype) இரத்தங்களுக்கு MM, NN, MN ஜீனோடைப்புக்களாகும் (Genotype).

திருமண வகைகள்	பிறக்கும் குழந்தைகள்	காணப்படாத குழந்தைகள்
1. M × M	M	N, MN
2. N × N	N	M, MN
3. M × N	MN	M, N
4. N × MN	MN, N	M
5. M × MN	MN, M	N
6. MN × MN	MN, M, N	—

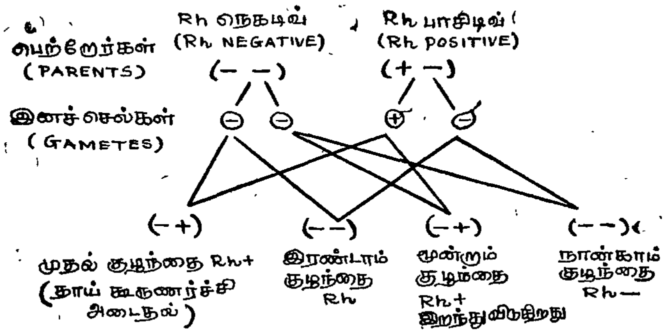
Rh இரத்த வகுப்புக்கள்

(Rh Factors)

1940ஆம் ஆண்டு, லாண்ட்ஸ்டீனர் (Landsteiner), லெவீன் (Levine), வீனர் (Wiener) என்ற மூவரும் மற்றொரு வித

ஆண்ட்டிஜென்களைக் கண்டு பிடித்தார்கள். ரீசஸ் குரங்குகளின் (Rhesus Monkey) இரத்தத்தை முயலுக்கேற்றி அதிலிருந்து எடுத்த இரத்தத்தை, முன்பாகவே தெரிந்த ஆண்ட்டிஜென்களுடன் சோதித்தார்கள். அவ்வாறு செய்யும் போது சுமார் 85% மக்களுடைய இரத்த அணுக்கள் ஒட்டிக் கொண்டன. குரங்குகளுக்குள்ளதுபோல் மனிதர்களின் இரத்தத்திலும் காணப்பட்டது. அவ்வாறு காணப்படுபவர்களிடத்தில் உள்ளதிற்கு Rh+ அடையாளமும், இல்லாத 15% மக்களிடத்தில் உள்ளத்திற்கு Rh– என்ற அடையாளமும், உபயோகிப்பது வழக்கம். மேலும் R. A. ஃபிஷர் (R. A. Fisher) Rh+க்கு D/D என்றும், Rh–க்கு d/d என்றும் பெயர் கொடுத்தார். இதையே மேலும் விளக்கும் வகையில் அவர் CDE என்ற ஜீன்காம்ப்லெக்ஸ் (Gene Complex) கோட்பாட்டை மேலும் ஆராய்ந்து வீனர் விளக்கத்திற்கு ஒப்பிட்டார். லெவீன் என்பவர் Rh– பெண்ணிற்கும் (– –), Rh+ஆணிற்கும் (+ –) பிறக்கும் குழந்தைகளில் முதல் இரண்டும் இறவாமல் மூன்றுவது மட்டும் இறந்துவிடுவதை ஆராய்ந்து, அதற்குக்

வரை படம்



காரணம் எரித்ரோபிளாஸ்டோசிஸ் ஃபீட்டாலிஸ் (Erythroblastosis Foetalis) என்று கூறினர் (வரைபடத்தைப் பார்க்க). இதனுல் இரத்தமின்மை (Anemia) ஏற்படும். முதல் குழந்தை உண்டாகும்போது தாய் கூருணர்ச்சிப்படுத்தப்படுகிருள் (Sensitized). அவளினுள் ஆண்ட்டிபாடிகள் உண்டாகி மேலும் பிறக்கும் Rh+ குழந்தைகளினுல் பலப்படுத்தப்பட்டு மூன்றும் குழந்தையைப் பாதிக்கின்றன. அது இரத்தச் சோகையினுல் இறந்துவிடுகிறது. குதிரைகளிடத்தில் இவ்வாறுன நிலை காணப்படுகிறது.

ஃபிஷரும் (Fisher), வீனரும் (Wiener) Rh காரணிகளைப் பற்றி மேலும் ஆராய்ந்ததில் ஜீன் அல்லீல்களைப் பற்றித் தெளிவுபடுத்தினர். இவர்களுடைய கோட்பாடுகளை முறையே ஜீன்-காம்ப்லெக்ஸ் கோட்பாடு (Gene-Complex Theory) என்றும், பல-அல்லீல் கோட்பாடு (Multiple-Allele Theory) என்றும் கூறினர். இதையே CDE-System என்றும், Rh-System என்றும்கூடக் கூறுவதுண்டு.

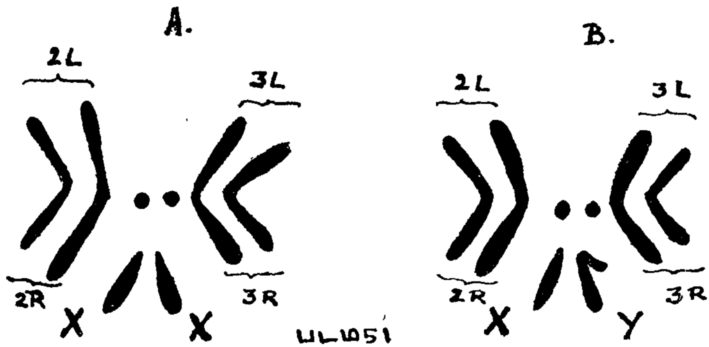
8 பால் நிர்ணயித்தல்

(Determination of Sex)

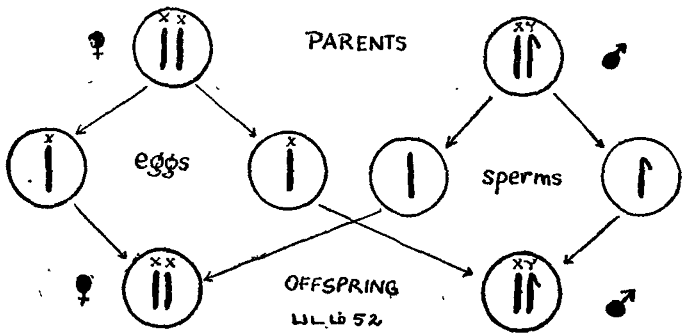
விளக்கம்: பிறக்கப்போகும் குழந்தை ஆணு, பெண்ணு என்று அறிந்து கொள்ளவும், தேவைக்கேற்ப மாற்றியமைக் கவும் பல முயற்சிகள் செய்யப்படுகின்றன. தாய்க்கு உணவு ஊட்டமளித்து அதனுல் முடியுமா என்றும் சோதனைகள் நடத்தப்படுகின்றன. ஆனுல் எல்லா முயற்சிகளும் தோல்வி யடைகின்றன. ஏன்? தோல்விக்குக் காரணம் என்ன வென்ருல் அவர்கள் சோதனைகளை வளர்முறைக்கு (Development) முன்னதாக ஆரம்பிக்காததேயாகும். பல உயிரிகளில் பரிசோதனை ஆரம்பிப்பதற்கு முன்பே வளர்கருவில் பால் நிர்ணயிக்கப்படுகிறது. உண்மையிலே ஆணு, பெண்ணு என்பது கருவுற்ற தருணத்திலிருந்தே நிர்ணயிக்கப்படுகிறது. அதனுலேயே பரிசோதனைகள் யாவும் பயனளிக்கவில்லை.

குரோமோசோம்கள்தாம் பால் நிர்ணயம் செய்கின்றன என்று பிறகு கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இதையே கீழ்மட்ட விலங்குகளில் முதன் முதலாகக் கண்டார்கள். விந்து அல்லது அண்டங்கள் உண்டாகும்போது குரோமோசோம்கள் ஒற்றை எண்ணுகப் (Haploid-n) பிரிவதுபற்றி முன்பே கூறி இருக் கிறேம். கருத்தரிக்கும்போது அவை ஒன்று சேர்ந்து இரட்டை எண்ணுக (Diploid-2n) ஆவதும் நமக்குத் தெரியும். அவ்வாறு காணப்படும் செட்டுக்களில் ஒரு செட் மட்டும் பால்களை நோக்க வேறுபட்டிருக்கிறது. பொதுவாக ஆண்களின் செட்டுக்களில் ஒவ்வாத இரு குரோமோசோம்களும், பெண் களின் செட்டுக்களில் ஒத்த இரு குரோமோசோம்களும் காணப்படுகின்றன. இவ்விரண்டிற்கும் பால் நிர்ணயிக்கும் குரோமோசோம்கள் அல்லது ஆல்லோசோம்கள் (Sex Determining Chromosomes or Allosomes) என்று பெயர். இவற்றை

X, Y குரோமோசோம்கள் என்பார்கள். மற்றக் குரோமோசோம்களை ஆட்டோசோம்கள் (Autosomes) என்று கூறுவர் (படம் 51). இவற்றால் ஆண் பெண் மரபுக் கொழுந்துகள் உண்டாகும் செயலுக்குப் பால் நிர்ணயித்தல் (Sex Determination) என்று பெயர் (படம் 52). பல இனப்பூச்சிகளில் குரோமோசோம்களின் (ஆண்) அமைப்பைப் படம் 53ல் காண்க.



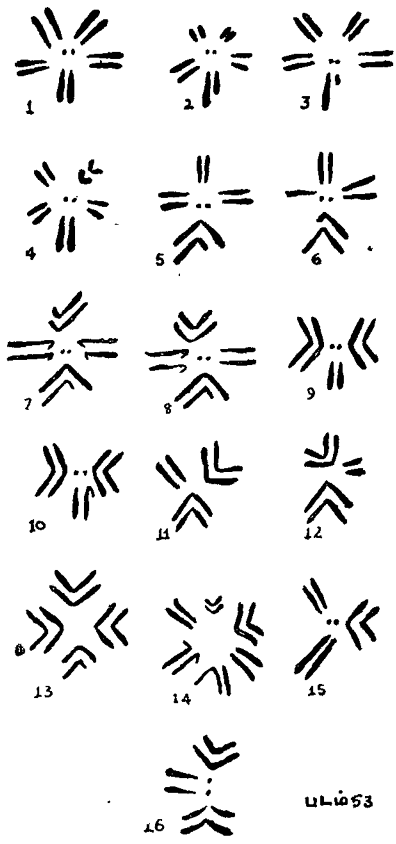
டுரோசோபைலா : பால் குரோமோசோம்களும், ஆட்டோசோம்களும் :
A : பெண் 'XX'
B : ஆண் 'XY'



டுரோசோபைலாவில் X, Y குரோமோசோம்கள் பரம்பரைத் தோன்றல்

1891ஆம் ஆண்டு, ஹென்கிங் (Henking) என்பவர் ஆண் வண்டில் பால் நிர்ணயிக்கும் குரோமோசோம்களில் ஒன்றான X குரோமோசோமைக் கண்டு பிடித்தார்.

அப்போது அதைப்பற்றி அவ்வளவாகத் தெரியாது. 1905ஆம் ஆண்டு மிஸ் N. M. ஸ்டீவன்ஸ் (Miss N. M. Stevens), E. B. வில்சன் (E. B. Wilson) என்ற இருவரும் பால் நிர்ண



படம் 53

டுரோசோபைலாவின் இனங்களில் X, Y குரோமோசோம்கள். ஒவ்வொன்றின் கீழ்வரிசையின் பால்குரோமோசோம்கள் உள்ளன

1. டு. விரிலிஸ்
2. டு. ஃப்யூனிவெரிஸ்
3. டு. ரெப்லீட்டா
4. டு. மாண்ட்டானு
5. டு. சூடோ அப்ஸ்கூரா
6. டு. பிராண்டா
7. டு. அஜ்டீகா
8. டு. அஃபினிஸ்
9. டு. புட்ரீட்டா
10. டு. மெலனோகாஸ்டர்
11. டு. வில்லிஸ்டானி
12. டு. புரோசால் டன்ஸ்
13. டு. அனனுசே
14. டு. காலரேட்டா
15. டு. ஸ்பைனோஃபிமொரா
16. டு. அமெரிக்கானு

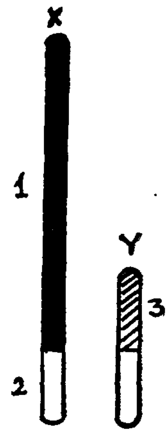
யித்தலின் முழு விவரத்தையும் அளித்தார்கள். ஸ்டீவன்ஸ் கூறியதில் பழப்பூச்சியான டுரோசோபைலாவில் (Drosophila Melanogaster) (படம் 51) எட்டு (நான்கு சோடி) குரோமோ சோம்கள் இருக்கின்றன என்றும், அவற்றில் ஒரு சோடி மட்டும் இரு பால்களிலும் வேறுபட்டிருக்கின்றது என்றும் கூறினர். பெண் பூச்சியில் உள்ள இரண்டு குரோமோசோம் களுக்கு XX என்றும், ஆண் பூச்சியில் உள்ளவற்றிற்கு XY என்றும் பெயரிட்டுள்ளனர். இவைதாம் பால் நிர்ணயிக்கும் குரோமோசோம்களாகும்.

பழப்பூச்சியில் குரோமோ சோம்கள்

♀ = 6AA+XX   AA= ஆட்டோ சோம்கள் 3A+X (Autosomes)

♂ = 6AA+XY   XX, XY = பால் குரோமோ சோம்கள் 3A+XorY (Sex Chromosomes)

ஆண் பெண் பூச்சிகளில் X குரோமோசோம்கள் நேராகவும், ஆண் பூச்சியில் காணப்படும் மற்றொரு குரோமோசோம் வளைந்தும், சமமற்ற கரங்களுடனும் காணப்படும். டி. எச். மார்கன் (T. H. Morgan) என்பவர் கொலம்பியா பல்கலைக்கழகத்தில் இந் நூற்றாண்டு ஆரம்பத்திலிருந்து ஆராய்ச்சிகள் செய்து பல்வேறு ரகப் பழப்பூச்சிகளை உற்பத்தி செய்து அவற்றைப்பற்றி விரிவாகக் கூறியுள்ளார். இவ்வாறே மற்ற விலங்குகளிலும் பால் குரோமோசோம்கள் காணப்படுகின்றன. அவற்றைப்பற்றிப் பின் விவரமாகக் கூறப்படும்.



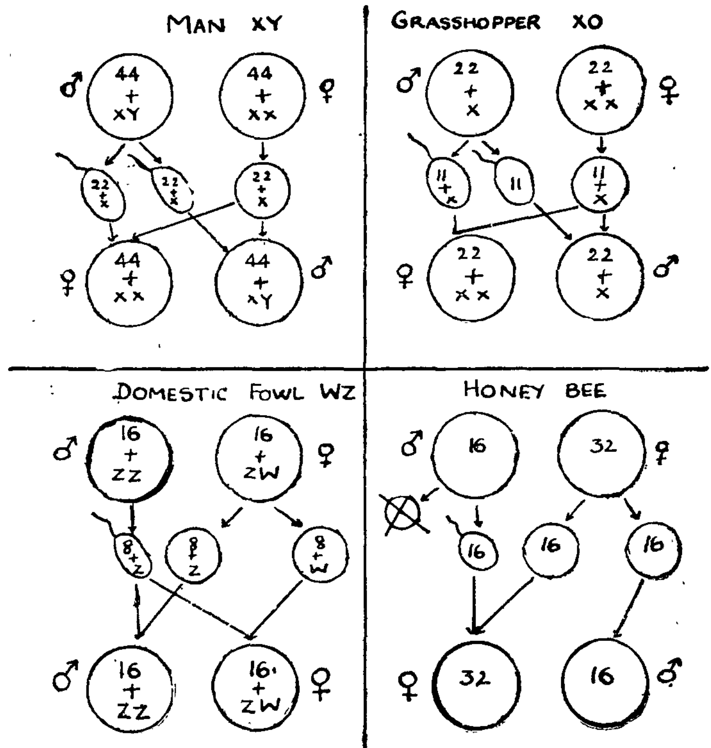
படம் 54
மனிதனின் X. Y குரோமோசோம்கள்

மனிதனில் பால் நிர்ணயித்தல்

ஆண் பெண் வேறுபாடுகள் அவற்றில் காணப்படும் பால் குரோமோசோம்களைப் பொறுத்தவையே (படம் 54). மேலே

குறிப்பிட்டது போலவே XX குரோமோசோம்கள் பெண்களிலும், XY குரோமோசோம்கள் ஆணிலும் இருக்கின்றன. இவற்றுடன் மற்ற 44 ஆட்டோசோம்களும் காணப்படுகின்றன. இவற்றைச் சுருக்கமாகக் கீழே கண்டவாறு கூறுவதுண்டு.

		ஆட்டோ சோம்கள்.	இனச்செல்கள்
மனிதன் ♀ = 22 AA+XX	AA =	(Autosomes)	22 A+X
♂ = 22 AA+XY	XX, XY =	பால் குரோமோசோம்கள் (Sex Chromosomes)	22 A+X or Y



படம் 55

பல்வேறு வகைப் பால் நிர்ணயங்கள்

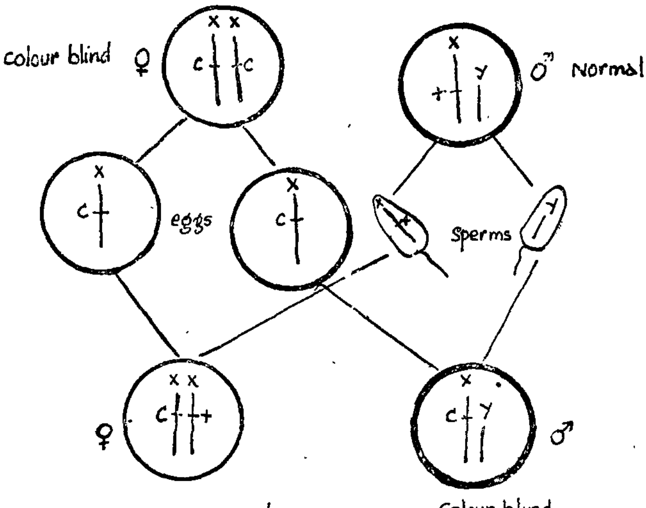
படம் 55 மனிதனில் பால் நிர்ணயித்தலை விளக்குகிறது. பாதிவிந்துக்களில் Xம், மற்றப் பாதியில் Yம் இருப்பதால் அவை அண்டங்களுடன் சேர்ந்து சம அளவு ஆண்களையும் பெண்களையும் (1 : 1) உண்டாக்குகின்றன. ஆனல் ஒரு குறிப்பிட்ட குடும்பத்தில் இம்மாதிரி 1 : 1 என்ற விகிதம் நேராமலும் இருக்கலாம். ஏனெனில் அது கருத்தரிக்கும் இனச் செல்களைப் பொறுத்தே அமைகிறது.

மனிதனில் பால் இணைந்த மரபுவழியடைதல்

(Sex Linked Inheritance in Man)

மனிதனில் நிறக்குருடு (Colour Blindness): கண்ணிலுள்ள கூம்புகள் (Cones) தாக்கப்பட்டால் நிறக்குருடும், கோல்கள் தாக்கப்பட்டால் இரவுக்குருடும் (Night Blindness) உண்டாகின்றன. இவ்வாறு உண்டாவது பால்இணைந்த மரபுவழியடைதலாகும். ஆண்களைவிடப் பெண்கள்தாம் நிறக்குருட்டினல் பாதிக்கப் படாதவர்களாவர். ஆனல் ஒரு பெண்ணிடம் இந்த ஜீன் இருந்து விட்டால், அவள் சாதாரண (Normal) மனிதனை மணந்தால், அவளுடைய பையன்கள் யாவரும் நிறக்குருடர்களாகவும், பெண்கள் பாதிக்கப் படாமலும் இருப்பார்கள். இதை விளக்க அவருடைய X குரோமோசோம்களில் நிறக்குருடு ஜீன் இருப்பதே காரணமாகும் (படம் 56, 57). பால் குணத்திற்கு மட்டுமின்றி மற்ற மூலக் கூறுகளுக்கும் அந்தக் குரோமோசோமில் ஜீன்கள் இருக்கின்றன. உதாரணமாக நிறப் பார்வைக்கும் ஜீன் இருக்கிறது. X குரோமோசோமில் பால் நிர்ணயிக்கும் ஜீன்களுடன் மற்ற மூலக்கூறு (Traits) ஜீன்களும் இருக்கின்றன. அதாவது நார்மல் பார்வை ஜீன்கள், நிறப்பார்வை ஜீன்கள் முதலியன ஆகும். X குரோமோசோமில் ஏற்பட்ட ஒடுங்கும் மியூட்டேஷன் நிறக்குருடுக்குக் காரணமாகும். இதுதான் C (நிறக்குருடு—Colour Blindness) ஜீன் என்று குறிப்பிடப் பட்டிருக்கிறது. இதற்குரிய நார்மல் அல்லீல் + என்றும் குறிப்பிடுவோம். ஒரு நிறக்குருடு பெண் ஒவ்வொரு X-குரோமோசோம் மூலம் C என்ற நிறக்குருடு ஜீனைத் தாங்கிச் செல்கிறுள். அவளுடைய ஜீனேடைப் சூத்திரம் C/C ஆகும். ஒரு நார்மல் மனிதனின் + ஜீனை X குரோமோசோம் தாங்கிச் செல்கிறது. Y குரோமோசோம் எதையும் கொண்டு செல்லாது. ஆகையால் சிறியதாகக் காண்பிக்கப்பட்டிருக்கிறது. அவனுடைய ஜீனேடைப் சூத்திரம் +/.. இவர்களுக்குப்

பிறக்கும் பையன்கள் ஒரு Xஐத் தாயிடமிருந்தும், மற்ெருரு Yயைத் தந்தையிடமிருந்தும் பெறுகிருர்கள். தாயிடமிருந்து வரும் X குரோமோசோம் நிறக்குருடு (C) ஜீனைத் தாங்கிச் செல்வதால் பையன் நிறக்குருடாகிருன். ஆனல் அவர் களுக்குப் பிறக்கும் பெண்கள் தாயிடமிருந்து ஒரு Xகுரோமோ



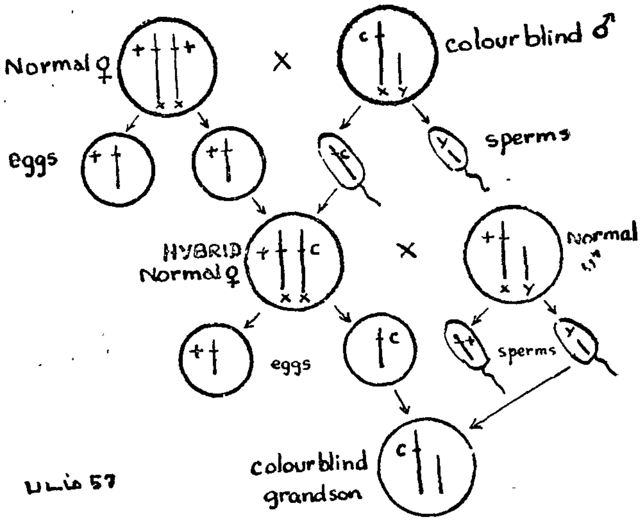
படம் 56

நிறக்குருடு தாய், நிறக்குருடற்ற (நார்மல்) தந்தை சேர்க்கை

சோமையும், தந்தையிடமிருந்து மற்ெருரு X குரோமோ சோமையும் பெறுகிருர்கள். தந்தையிடமிருந்து பெற்ற X குரோமோசோம் நார்மலாக (+) இருப்பதால் தாய்க் குரோமோசோமிலுள்ள நிறக்குருடு (C) ஜீனை அழுத்தி (ஒடுக்கி) வெளிக்காட்டாது செய்துவிடுகிறது. நார்மல் தோற்றமாக இருக்கிருர்கள் (படம் 56). இவ்வாறே மற்றச் சேர்க்கைகளையும் காண்க.

X குரோமோசோமில் உள்ள ஓர் ஒடுங்கும் மியூட்டேஷன் (Recessive Mutation) நிறக்குருட்டை உண்டாக்கியிருக்கிறது. நிறக்குருடு பெண்ணிற்கும், நிறக்குருடற்ற சாதாரண மனிதனுக்கும் பிறக்கும் குழந்தைகள் ஆண், பெண் 1 : 1 விகிதத்தில் காணப்படும். நிறக்குருடு ஜீனுக்கு C (Mutant Gene) என்றும், சாதாரண அல்லது நார்மல் (Normal) அல்லீல்

ஜீனுக்கு + என்றும் அடையாளமிடுவோம். X குரோமோ சோம்கள்தாம் அந்த ஜீன்களைத் தாங்கிச் செல்கின்றனவே யன்றி Y குரோமோசோம்கள் எடுத்துச் செல்லா. ஆகவே நிறக்குருடற்ற தாய் தன் X குரோமோசோம்கள் மூலம் + ஜீனைத்தாங்கிச் செல்கிறாள். ஆகவே அவளுடைய குரோமோ சோம்ஜீன் வாய்பாடு $^{+}/_{+}$ ஆகும். ஆனால் தந்தையின் குரோமோ சோம் நிறக்குருடு ஜீனைத் தாங்கிச் செல்கிறது. Y ஜீன் ஒன்றையும் தாங்கிச் செல்வதில்லை. X குரோமோசோமில் உள்ள C ஜீன் விந்து மூலமாக, நார்மல் அண்டத்துடன சேர்ந்து நார்மல் ஹைபிரிட்களை உண்டாக்குகிறது. இவள் ஒரு நார்மல் மனிதனை மணந்தால் இவர்களுக்கு நார்மல் பெண்களும் (படத்தில் காட்டவில்லை), நிறக்குருடு பையன் களும் பிறக்கிறார்கள். ஏனெனில் பெண் மூலமாக நிறக் குருடு ஜீன் இரண்டாம் தலைமுறையில் (பேரன்) தோன்று கிறது (படம் 57). இதையே ஜீனோடைப் விளக்கத்தில்



படம் 57

தந்தையிடமிருந்து நிறக்குருடு ஜீன் தன் பெண்மூலம் பாத பேரன்களுக்குச் செல்லுதல்

கூறலாம். தாய் $^{+}/_{+}$, தந்தை C/- (வெற்றிடம் Y குரோமோ சோம் எந்த ஜீனையும் தாங்கிச் செல்லவில்லை என்பதைக் குறிக்கிறது). மகள் ஹைபிரிட் நார்மல் $C/_{+}$; மற்ற மகன்கள் $_{+}/-$ (சாதாரணப் படத்தில் காட்டவில்லை). மகள்கள் நார்மல்

மனிதனை மணந்தால் ($C/_+ \times +/-$) அவர்களுக்குப் பிறக்கும் குழந்தைகளில் பாதி பேர்கள் (ஆண்) நிறக்குருடாகவும் (C/-), மற்றப் பாதி பேர்கள் (ஆண்) நார்மலாகவும் (+/-) இருப்பார்கள். இரண்டாம் தலைமுறையில் பெண்கள் (படத்தில் காட்டவில்லை) நார்மல் தந்தையிடமிருந்து ஒரு + ஐப் பெறுவதால், தாயிடமிருந்து +மூலம் C ஜீனைப் பெற்றிருந்தாலும் அவர்கள் நார்மலாக இருப்பார்கள். அவர்கள் தாயிடமிருந்து + அல்லது C பெற்றிருந்தாலும் பாதி பேர் சுத்த நார்மலாகவும் (Pure Normal), பாதி பேர் ஹைபிரிட்களாகவும், தோற்றத்தில் எதுவும் தெரியாமலும் இருப்பார்கள். இதையே *1* $+/_+$: *1* $C/_+$ என்றும் குறிப்பிடலாம். இக்காரணங்களினால்தான் பெண்களிடத்தில் நிறக்குருடு அதிகமாகக் காணப்படுவதில்லை.

மேற்கூறிய விளக்கங்களில் நிறக்குருடு ஜீனுக்குப் (C) பதில் குருதிப்பற்று நோய்க்குரிய (Hemophilia) ஜீனை (h) வைத்துத் தலைமுறையுரிமையைக் காண்க. X குரோமோசோம்களில் ஜீன்களுக்குப் **பால் இணைந்த குரோமோசோம்கள்** (Sex-Linked Chromosomes) என்று பெயர். அவை தலைமுறை வழியாக இணைந்து காணப்படுவதால் இதைப் **பால் இணைவு** (Sex Linkage) என்று கூறுவது வழக்கம்.

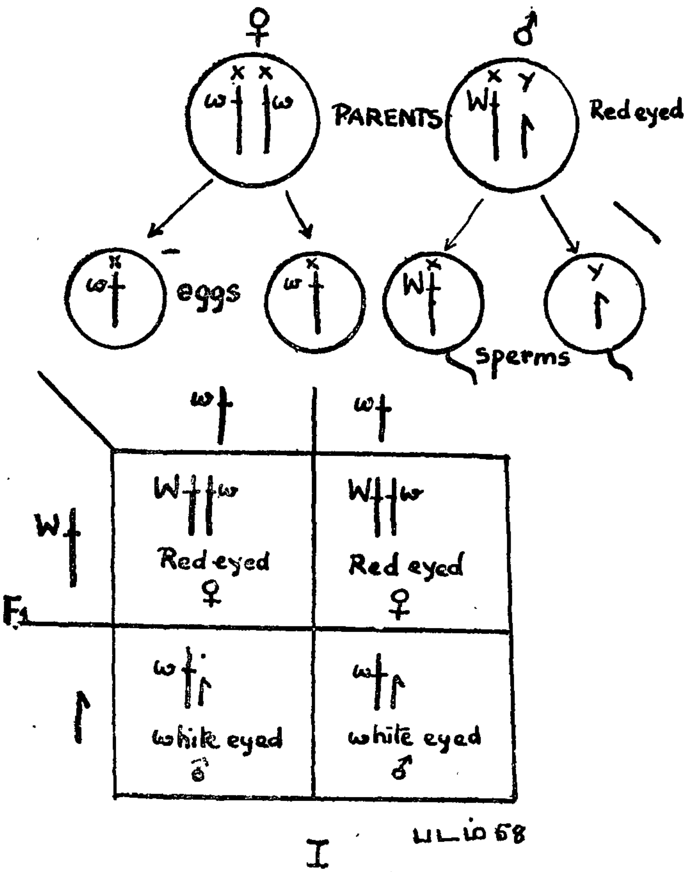
டுரோசோபைலாவில் பால் இணைந்த தலைமுறை யுரிமை

(Sex Linked Inheritance)

மனிதனில் காணப்படும் நிறக்குருடு மரபுவழி வருதலைப் போல், டுரோசோபைலா என்ற பழப்பூச்சியிலும் மற்றக் கீழ்மட்ட விலங்குகளிலும் காணலாம். உதாரணமாகச் சிவப்பு நிறக்கண் வெள்ளை நிறமாவதைக் கூறலாம் (படம் 58, 59). ஓங்கும் அல்லீல் W என்றும், ஒடுங்கும் அல்லீல்-மியூட்டேஷனால் மாறியதை w என்றும் குறிப்பிடுவோம். வெள்ளைநிற பெண் பூச்சியுடன் சிவப்பு நிற ஆண் சேர்ந்தால் ($w/w \times W/-$) அவைகளுக்குப் பிறக்கும் பெண்கள் ஹைபிரிட் சிவப்பாகவும் (w/W), ஆண்கள் வெள்ளையாகவும் (w/-) இருக்கும்.

பால் இணைந்த லீத்தல்கள் (கொல்லிகள்) (Sex Linked Lethels): டுரோசோபைலா பூச்சியின் குடும்பத்தில் சில சமயங்களில் பாதி அளவு ஆண் ஈக்கள் காணமல்போவதுண்டு. பால் விகிதம் 2 பெண் : *1* ஆண் என்று காணப்படும். ஒரு

குடும்பத்தை எடுத்து ஆராய்ந்து பார்த்ததில் தாய்ப் பூச்சியின் X குரோமோசோமில் இறக்கவைக்கும் லீத்தல் ஜீன் இருந்திருக்கிறது. இந்த ஜீன் (l) இருந்தால் இளம்வயதிலேயே இறக்க நேரிடுகிறது. ஆனல் தாய் ஹைபிரிடாக இருந்தால் அதில் ஓங்கும் நார்மல் (+) ஜீனும், மற்ருென்று ஒடுங்கும் லீத்தல் (l) ஜீனும் இருக்கும். இவ்விரண்டும் X குரோமோசோம்களில் காணப்படுகின்றன. அதனுல்தான் இந்த

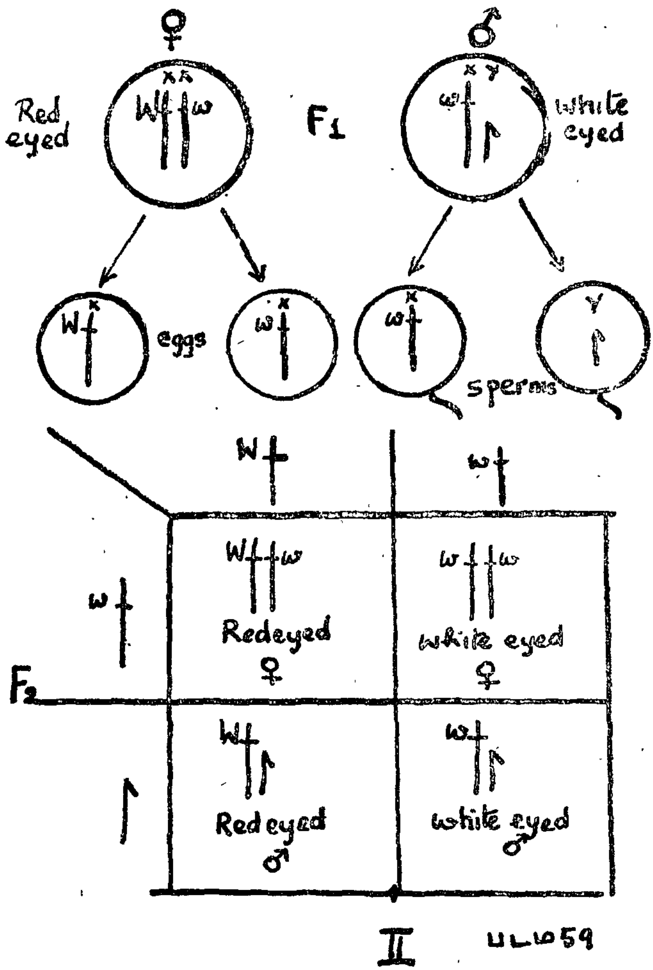


படம் 68

டுரோசோபைலா: நார்மல் 1-ஆம் தலைமுறை

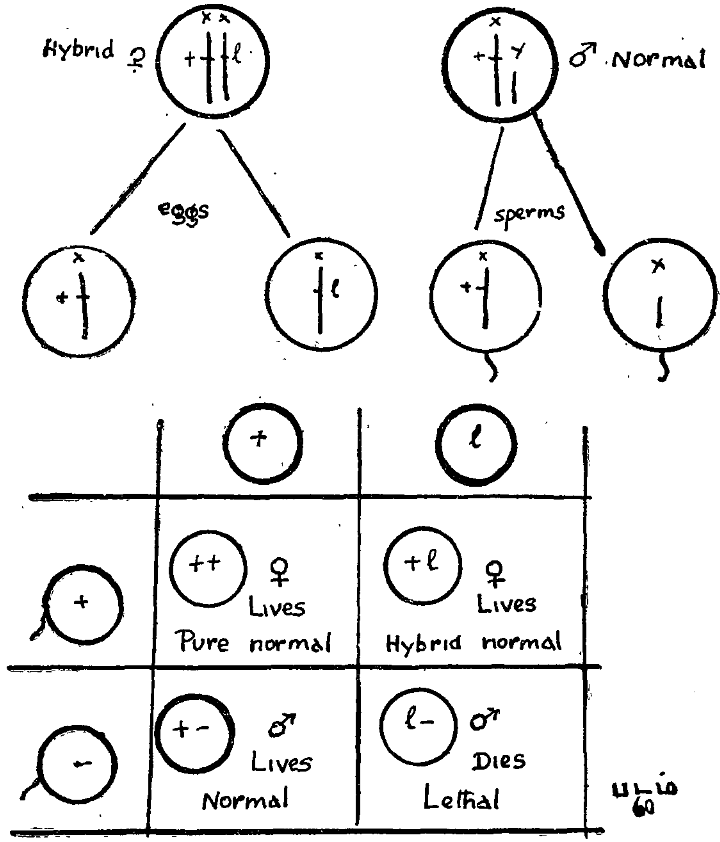
ஹைபிரிட் பூச்சி உயிருடன் இருக்கிறது. ஓங்கும் ஜீன் (+) ஒடுங்கும் ஜீனை (l) அமுத்தி வெளிக்காட்டாமல் வைத்துவிடு

கிறது. ஆனால் நார்மல் தந்தையுடன் சேரும்போது 1 ஐப் பெற்றுள்ள X குரோமோசோம் Y-யுடன் சேர நேரிட்டால், அந்த ஆண் இறக்க நேரிடுகிறது. மற்ற மரபுக் கொழுந்துகள்



டுரோசோபைலா : நார்மல் 2-ஆம் தலைமுறை

ஒரு நார்மல் X-ஐப்பெறுவதால் உயிர் தப்புகின்றன. அதனால் 2♀ : 1♂ என்ற விகிதம் கிடைக்கிறது. இதையே படம் 60 விளக்குகிறது.



படம் 60

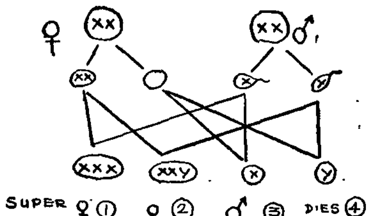
டுரோசோபைலா : பால் இணைந்த லீத்தல்

X குரோமோசோம்களின் இயைபின்மைப் பிரியாநிலை

(Nondisjunction of The X Chromosomes)

டுரோசோபைலாவின் முதல் மையோசிஸ் பிரிவின்போது இயற்கைக்கு மாறாக X குரோமோசோம்கள் பிரியாமல் தனித்தனி ஊசைட்டுக்களுக்குச் செல்லாமல் இரண்டும், இரண்டாம் ஊசைட்டிற்கோ (Secondary Oocyte), போலார் உறுப்புக்களுக்கோ (Polar Bodies) சென்று விடும்.

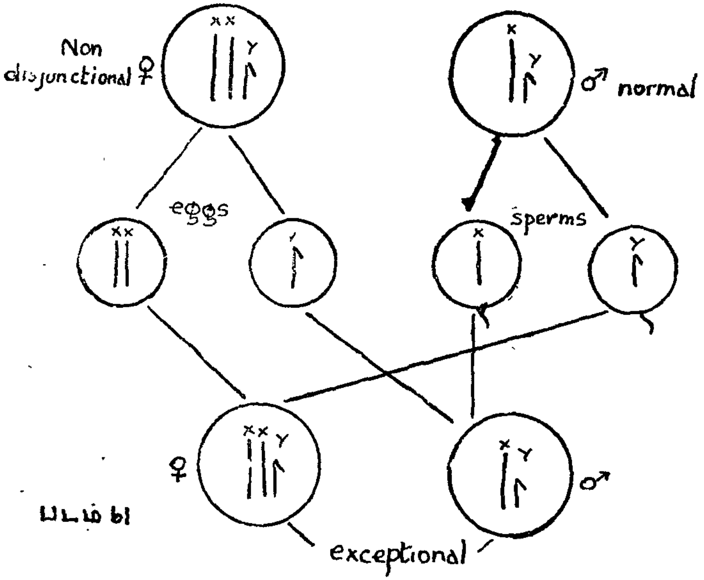
அவ்வமயம் மற்ற ஆட்டோசோம்களுடன் இரு X குரோமோசோம்களும் ஒரே முட்டையினுள் இருக்கநேரிடுகிறது. அல்லது இரு X குரோமோசோம்கள் இல்லாமல் முட்டைகள் இருக்க நேரிடுவதுண்டு. பழக்கத்திற்கு மாருக அவ்வாறு நிகழ்வதற்கு இயைபின்மைப் பிரியாநிலை (Nondisjunction) என்று பெயர். அம்மாதிரியான இரு குரோமோசோமுள்ள அல்லது அற்ற முட்டையைச் சாதாரண ஒரு X அல்லது Y குரோமோசோமுள்ள விந்து கருத்தரிக்கச் செய்தால் மூன்று குரோமோசோம்கள் அப்புதிய உயிரில் காணப்படுகின்றன. அது Y அல்லது X விந்துக்களின் சேர்க்கையைப் பொறுத்து XXX, XXY என்ற மூன்று குரோமோசோம்களுடன் காணப்படும். இவற்றிற்குச் (சூப்பர்) பெண், ஆண் என்று பெயர். X குரோமோசோம் இல்லாத முட்டைகளுடன் X உள்ள விந்து கருத்தரித்தால் ஒரு X உடன் ஆண் பூச்சி உண்டாகும். இதில் Y இல்லாததினுல் அது மலடாக (Sterile) இருக்கிறது. ஆனுல் தோற்றத்தில் எவ்வித வேறுபாடுமிருக்காது. Y குரோமோசோம் மட்டும் அது பெறும்போது அதில் X இல்லாத காரணத்தால் பூரண உடல் பெருமல் இறந்து விடுகிறது.



மேற்கண்ட படத்தை மனிதனிடத்தில் ஏற்படுவதாகக் கொண்டால் 2-ஆவது கிளின்ஃபெல்டர் சிண்ட்ரோமாகவும் (Klinefelter's Syndrome), 3-ஆவது டர்னர்ஸ் சிண்ட்ரோமாகவும் (Turner's Syndrome) மாறி விடுவார்கள். மேற்கண்ட விதி விலக்கான இயைபின்மைப் பிரியாநிலைப் பூச்சியுடன் (Non-disjunctional Fly) நார்மல் பூச்சி சேர்ந்தால் விதி விலக்கான பெண்ணும் (Exceptional Daughter), விதிவிலக்கான ஆணும் (Exceptional Son) பிறக்கின்றனர் (படம் 61).

இயைபின்மைப் பிரியா நிலைப் பெண்ணில் w (வெள்ளைக் கண்கள்) ஜீன், இரு X குரோமோசோம்களிலும் இருக்கின்றன என்று கொள்வோம். இப்பூச்சியுடன் நார்மல் (சிவப்புக்

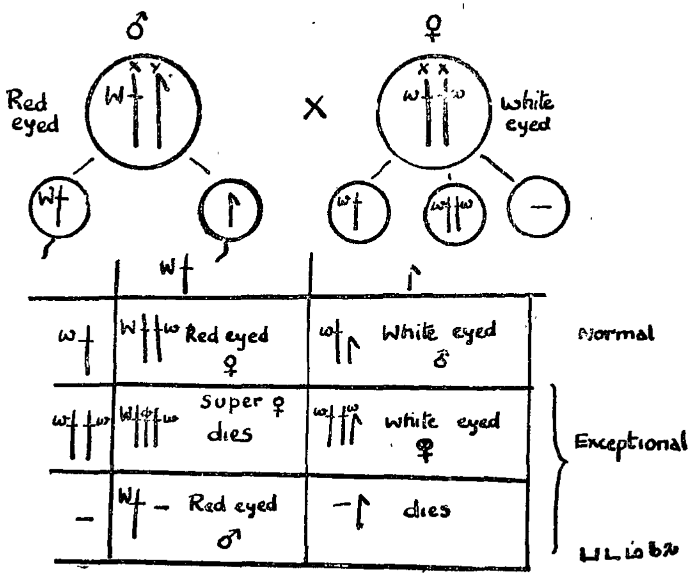
கண்களுடைய) ஆண் சேர்ந்தால் (நார்மல் அல்லீல், +) பல சேர்க்கைகளினுள் 2X அண்டத்துடன் Y உள்ள விந்து சேரும். இது வெள்ளைநிறக் கண்களுடைய மகளாக இருக்கும். தாயிடம் Y குரோமோசோம் இல்லாதிருந்தால் எல்லா மகள்



டுரோசோபைலா: விதிவிலக்கான பெண்ணும், ஆணும் இயைபின்மைப் பிரியா நிலைமூலம் தோன்றுதல்

களுக்கும் சிவப்புநிறக் கண்கள் இருக்கும். ஏனெனில் எல்லோரும் ஒரு X குரோமோசோமைத் தாயிடமிருந்து பெற்றிருப்பார்கள். மற்றொன்று தன் தந்தையிடமிருந்து பெற்றிருப்பார்கள். தாயிடம் Y குரோமோசோம் இருந்தாலும், பெரும்பாலான மகள்களிடத்தில் தந்தையிடமிருந்து வந்த X குரோமோசோம் இருப்பதால் எல்லாம் சிவப்புக் கண்களைப் பெற்றிருக்கும். ஆனல் தாயிடம் ஒரு Y இருந்தால், சுமார் 5% மகள்கள் தாயிடமிருந்து X-ஐயும், தந்தையிடமிருந்து Y-யையும்பெறுகின்றனர். மற்றப்பெண்களைப்போலில்லாமல் இவை வெள்ளை நிறக் கண்ணுடைய பெண்களாக இருப்பதால் விதிவிலக்கு மகள்கள் (Exceptional Daughters) என்று பெயர். X இல்லாத ஓர் அண்டத்துடன் (Y குரோமோசோம் மட்டும் உண்டு) X-ஐக் கொண்ட விந்து, கருத்தரித்தால் சிவப்புக்

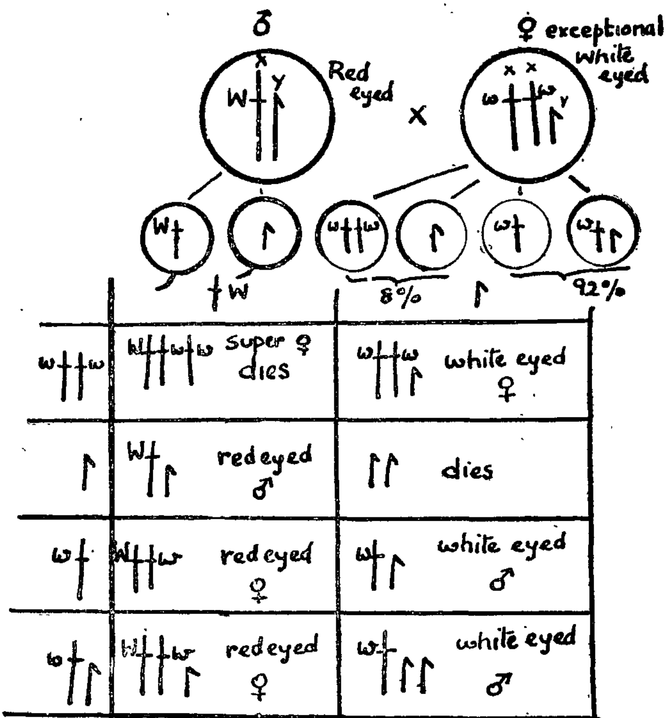
கண்ணுடைய ஆண் (Exceptional Son) உண்டாகும். மேற் கூறியவை இரண்டும் விதிவிலக்குக்களே (படம் 62, 63).



முதல்தர இயைபின்மைப் பிரியா நிலை

நார்மல் பெண் பூச்சியின் X குரோமோசோம் எதிர் பாராத விதமாகப் பிரியாமல் இயைபின்மைப் பிரியாநிலை ஏற்பட்டால் அதற்கு அந்த X-ன் முதல்தர இயைபின்மைப் பிரியாநிலை (Primary Nondisjunction) (படம் 61) என்றும், XXY பெண்ணில் ஏற்படும் இயைபின்மைப் பிரியாநிலைக்கு இரண்டாம்தர இயைபின்மைப் பிரியாநிலை (Secondary Nondisjunction) (படம் 62) என்றும் கூறுவதுண்டு. ஆட்டோசோம்களிலும் இம்மாதிரியான இயைபின்மைப்பிரியாநிலை ஏற்படுவதுமுண்டு.

மேற்கூறியவற்றை உற்றுநோக்கினால் XY குரோமோசோம்கள் ஆட்டோசோம்களுடன் சேர்ந்து பால் நிர்ணயம் செய்கின்றன என்பது புலனாகும். அவை இரண்டு எண்களாக இருந்து (2n) ஒற்றை எண்களாகப் பிரிகின்றன என்றும், அவற்றின் விகிதக்கோட்பாடு (Ration Theory) எவ்வாறு இருக்கின்றன என்றும் தெரிகிறது. இதையே 1932ல்



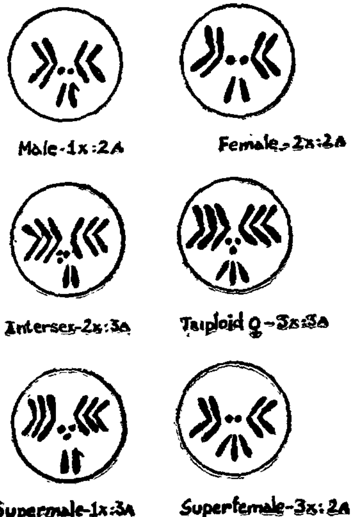
படம் 63

இரண்டாம்தர இயைபின்மைப் பிரியா நிலை

டாக்டர் சி. பி. பிரிட்ஜஸ் (Dr. C. B. Bridges) பால் நிர்ணயிக்கும் விகிதக் கோட்பாடு என்று விளக்கினார். இதை ஜீன்களின் சமநிலைக்கோட்பாடு (Theory of Genetic Balance) அல்லது சமச்சீர்க் கொள்கை என்று கூறுவதுண்டு (படம் 64). அதன் படி

குரோமோசோம்கள்		பால்	விகிதம்
2AXX	—	பெண்	$^{2}X/_{2A} = 1$
2AXY	—	ஆண்	$^{1}X/_{2A} = 0{\cdot}5$
2AXXY	—	சூப்பர்பெண்	$^{3}X/_{2A} = 1{\cdot}5$
2AXXY	—	பெண்	$^{2}X/_{2A} = 1$
3AXY	—	சூப்பர் ஆண்	$^{1}X/_{3A} = 0{\cdot}33$
3AXX	—	இடைநிலை	$^{2}X/_{3A} = 0{\cdot}67$
3AXXY	—	இடைநிலை	
4AXXX	—	இடைநிலை	$^{3}X/_{4A} = 0{\cdot}75$

பெண்ணிற்கு விகிதம் 1 என்றும், ஆணிற்கு விகிதம் 0·5 என்றும் இருக்க வேண்டும். இவ்விகிதத்தில் அதிகமோ குறைவோ நிகழ்ந்தால் அவை சூப்பர் (கூடுதல்) அல்லது இடைநிலைகளாக (Intersexes) உண்டாகும். Y குரோமோசோமிற்கு மதிப்பில்லை. A= ஒரு செட் ஒற்றை எண், X= பெண்பாலை நிர்ணயிக்கும் குரோமோசோம் ஆகும். 1901ஆம் ஆண்டு கோல்ட்ஷ்மிட் (Richard Goldschmidt) என்பவர்



படம் 64.

டுரோசோபைலா: X குரோமோசோம்களுக்கும் ஆட்டோசோம்களுக்கும் இடையே பாலின் சமநிலை

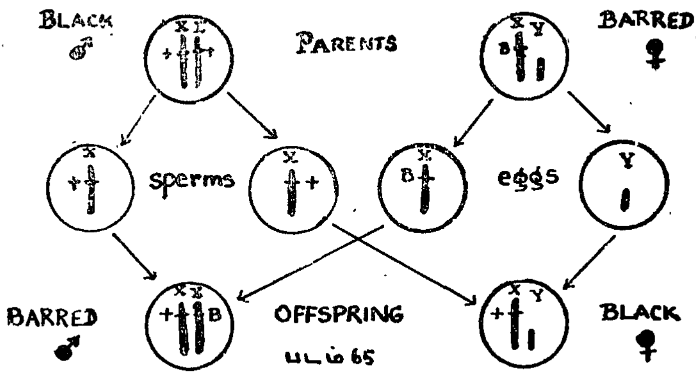
இக்கொள்கையையே பால் நிர்ணயித்தலில் இரட்டைமயம் இடைநிலைப் பூச்சிகளைக் (Diploid Intersexes) கொண்டு, விளக்கினார். லைமாண்ட்ரியா டிஸ்பர் (Lymantria Dispar) என்ற அந்துப் பூச்சியில் (Gypsy Moth) இடைநிலைப்பூச்சிகள் உண்டாவதைப் பற்றிக் கூறும்போது ஜீன்களின் சமநிலைக்குப் பதில் சைட்டோபிளாசத்தின் அளவு கூடுதல், குறைவு (Strong, Weak) என்பதைக் கொண்டு விளக்கினார். (உ. ம்.) ஐரோப்பியப் பெண் பூச்சியுடன் ஜப்பானிய ஆண் பூச்சி சேர்ந்தால் இடைநிலைப் பூச்சிகள் உண்டாகின்றன. (இவை இரண்டும் இருவேறு நாடுகளைச் சேர்ந்தவையாகும்). இவற்றின் ஆற்றலை (Potency) மையமாகக் கொண்டு அவர் விளக்கினார். ஜப்பானியப் பூச்சிகளுக்கு ஆற்றல் அதிகமென்றும், ஐரோப்பியப் பூச்சிகளுக்கு ஆற்றல் குறைவென்றும் அதனால் அதிகமான ஆண்

தன்மையோ (Maleness), பெண் தன்மையோ (Femaleness) நிர்ணயிக்கின்றன என்றும் கூறியுள்ளார். ஒவ்வொன்றிற்கும் திருப்பு முனைகள் (Turning Points) இருக்கின்றன என்றும் விளக்கினார்.

பறவைகளில் பால் நிர்ணயித்தல்

(Sex Determination in Birds)

மீன்கள், பறவைகள், பட்டுப்பூச்சிகள், வண்ணத்துப் பூச்சிகள் முதலியவற்றில் ஆண்பால் நிர்ணயிக்கும் ஜீன்கள் X குரோமோசோம்களில் இருக்கின்றன. குழப்பமேற்படா வண்ணமிருக்க XY-க்குப் பதில் ZW என்ற எழுத்துக்கள் உபயோகப்படுத்தப்பட்டுள்ளன. சேவலுக்கு ZZ என்ற ஒத்த



படம் 65

கறுப்பு X பார்நிறக் கோழியின் சேர்க்கை

குரோமோசோம்களும், பெட்டைக் கோழிக்கு ZW என்ற ஒவ்வாக் குரோமோசோம்களும் இருக்கின்றன. விந்துக்கள் Z குரோமோசோம்களையும், அண்டங்கள் Z அல்லது W குரோமோசோம்களையும் எடுத்துச் செல்லும். பால் நிர்ணயிக்கும் முறையைப் படங்கள் 54, 65 விளக்குகின்றன.

தேனீயில் பால் நிர்ணயித்தல்

(Sex Determination in Bees etc)

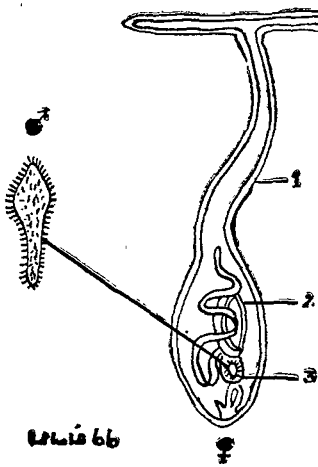
தேனீ, குளவி, எறும்புகளில் பால் நிர்ணயம் வேறு வகையாக அமைந்துள்ளது (படம் 54). P. W. ஒயிட்டிங்கும்,

அண்ணு R. ஒயிட்டிங்கும் (P. W. Whiting and Anna R. Whiting) ஹேப்ரோபிரேகன் (Habrobracon) என்ற குளவியில் எவ்வாறு பால் நிர்ணயம் செய்யப்படுகிறது என்பதை விளக்கியுள்ளார்கள். இந்தக் குளவி புழுவில் (Maleworm) ஒட்டுண்ணி வாழ்க்கை நடத்துகிறது. தேனீ அல்லது குளவிக் கூட்டில் வேலை செய்வன, இராணி, ஆண், காவல் ஈ போன்ற வகைகள் ஆகும். இராணி மட்டும் முட்டையிடும். சில முட்டைகள் கருத்தரித்தவையாகவும், சில கருத்தரிக்காதனவாகவும் அதனுல் இட முடியும். கருத்தரிக்காத முட்டைகளிலிருந்து ஆண்களும், கருத்தரித்தவற்றிலிருந்து பெண்களும் வெளி வரும். சில சமயம் கருத்தரித்ததிலிருந்தும் ஆண் வெளி வருவதுண்டு. இங்கு ஒற்றைஎண் மயமான (Haploid) கருத் தரியாத முட்டைகள் ஆண்களாகின்றன. கருத்தரித்தால் இரட்டை எண் மயமான (Diploid) பெண் ஈக்கள் வருகின்றன. ஆகவே பெண் ஈக்கள் எப்போதும் இரட்டை எண் கொண்டவையேயாகும். இங்குக் குரோமோசோம்களின் விகிதம் ஒன்றேயாகும். இதில் ஒரு வரிசையான ஜீன்கள் அல்லீல்கள்போல் பழகுகின்றன (a, b, c, d etc). ஒரு குறித்த நபரில் இந்த வரிசையின் ஒன்று, தனித்தோ, சேர்ந்தோ காணப்படும். ஒத்ததாக இருந்தால் $^a/_a$ (Hemozygous) ஆணுகவும், ஒவ்வாதனவாக இருந்தால் $^a/_b$ (Heterozygous) பெண்ணுகவும் இருக்கும். ஆனுல் ஒற்றை எண் கொண்ட (a or b) ஆண்களும் உண்டு. தற்கலப்புச் சேர்க்கை (Self-fertilization) ஒத்த இரட்டை மயங்களைக் (Diploid) கொடுக்கும். பெண்பூச்சி $^a/_b$ யாக இருப்பதால் அது (a) யுடன் சேர்வதாகக் கொண்டால் அதிலிருந்து $^a/_a$ என்ற ஆண் உண்டாகும். உறவில்லாத மற்ளுென்றுடன் (c) சேர்ந்தால் $^a/_c$ or $^b/_c$ என்ற ஒவ்வாத கருமுட்டைகள் உண்டாகும். ஆகவே இதில் ஒத்த நிலை (Homozygosity), ஒவ்வாநிலை (Heterozygosity) என்ற இரண்டும் பால் குணத்தை நிர்ணயம் செய்கின்றன. இரண்டிலும் குறிப்பிட்ட பால் லோகஸ்கள் (Sex Locus) அல்லீல்களாக இருக்கின்றன. இங்கு லோகஸ் என்பது X குரோமோசோமின் சிறு பகுதியே (Segment) ஆகும். அதையே a, b, c etc என்ற அல்லீல்களாகவும், அவை ஒரே X குரோமோசோமில் அடுத்தடுத்து வெவ்வேறு லோகஸ்களில் இருக்கின்றன என்றும் விளக்கியுள்ளார்கள். பால் நிர்ணயிக்கும் ஜீன்கள் X செக்மெண்ட்டில் மட்டும் இருக்கின்றன என்று கொள்ளக் கூடாது. மற்ற லோகஸ்களிலும் அவை இருக்கின்றன. அதனுல்தான் ஒற்றைஎண் முட்டைகள் ஆண் வர்க்கத்தை உண்டாக்குகின்றன.

பொனல்லியாவில் பால் நிர்ணயித்தல்

(Sex Determination in Bonellia)

இதுவரை குரோமோசோம்கள்தாம் பால் குணத்தை நிர்ணயம் செய்கின்றன என்று கூறிவந்தோம். ஆனால் சூழ்நிலைகள்கூடப் (Environments) பால் நிர்ணயிக்கும் என்று தெரிகிறது. பொனல்லியா என்ற கடல் வாழ்புழுவில் (படம் 66) ஆண்பால் நிலையைச் சூழ்நிலைதான் நிர்ணயிக்



படம் 66

பொனல்லியா: பெண் புழுவின் உள்தோற்றம்.
ஆண் புழு கருப்பையில் காணுதல்
1. பெண் புழு 2. உள் உறுப்புக்கள்
3. கருப்பை

கிறது. ஆண்புழு சிறியதாகவும், பெண்புழு பெரியதாகவும் இருக்கும். இவ்விரண்டும் நெருங்கியே வாழ்கின்றன. ஆண் புழு முதலில் பெண்புழுவின் உறிஞ்சு குழலிலும் (Proboscis) பிறகு அண்டக்குழாயிலும் வசிக்கும். ஆனால் இளம் புழுக்களாக (லார்வா) இருக்கும்போது அவை ஆணுக இல்லாமலும் பெண்ணுக இல்லாமலும் இருக்கின்றன. அந்நிலையில் ஒன்று பெண்புழுவின் உறிஞ்சு குழலில் செல்ல நேரிட்டால் அது அங்கிருந்து கருப்பையினுள் சென்று பிறகு முழு ஆணுக மாறி விடுகிறது. அதன் வளர்ச்சியும் குறைந்து விடுகிறது. ஆனால் பெண்புழுவின் அளவு பெருப்பதில்லை. அவ்வாறின்றி அந்தப் புழு தனித்து நீரில் வாழும் நிலை ஏற்பட்டால் பெண்

புழுவாகவே வளர்ந்துவிடுகிறது. இந்நிகழ்ச்சியில் ஹார்மோன்களும் பங்குகொள்வதாகத் தெரிகிறது. ஆகவே இங்குச் சூழ்நிலைதான் பால் இனத்தை நிர்ணயிக்கிறது. அநேகமாகப் பொனல்லியாவில் ஆண் தன்மைக்கும் (Maleness) பெண் தன்மைக்கும் (Femaleness) கூறிய இருஜீன்களும் இருக்கலாம் என்றும் கருதுகிறார்கள்.

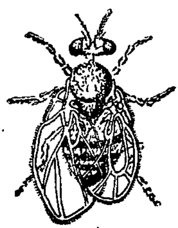
இருபால் பிராணிகள் (Hermaphrodites): மண்புழு, நத்தை போன்றவற்றில் இருபால்களும் ஒன்றிலேயே இருக்கின்றன. பூக்கும் தாவரங்களிலும் இவ்வாறே உள்ளன. இவற்றில் இருபாலுக்குரிய ஜீன்கள் உடலின் எல்லாப் பகுதிகளிலும் காணப்படுகின்றன. ஆனால் ஒரு பாலின் தன்மை ஒரு பகுதியிலும், எதிர் பாலின் தன்மை மற்றொரு பகுதியிலும் உள்சூழ்நிலையைப் பொறுத்து இருக்கின்றன. பொனல்லியாவில் வெளிச் சூழ்நிலையும் (External Environment), இவற்றில் உள் சூழ் நிலையும் (Internal Environment) பால் குணங்களை நிர்ணயிக்கின்றன.

இயங்கா இருபால் ஒன்றிகள் (அர்த்த நாரிகள்)

(Gynadromorphs Gynarders)

(இருபால் இணைப்புயிரிகள்)

சில பூச்சிகளின் (உ-ம்: டுரோசோபைலா) உடல் ஒருபாதி ஆணாகவும், மறுபாதி பெண்ணாகவும் இருக்கும் (படம் 67). அவ்வாறான பூச்சிகளுக்கு அர்த்த நாரிகள் என்று பெயர். சில சமயங்களில் சில உறுப்புக்களே மாறியிருப்பதுமுண்டு. அர்த்தநாரிகள் இரு X குரோமோசோம்களைக்கொண்டு ஆரம்பிக்கின்றன. முதலாவதாகச் செல் பிரியும்போது ஒரு குரோமோசோம் இழக்க நேரிட்டால், அடுத்தடுத்து நிகழும் பிரிவுகளில் இரு குரோமோசோம்கள் ஒரு பாகத்திற்கும், ஒரு குரோமோசோம் மறுபாகத்திற்கும் சென்று விடுகின்றன. உடற்பாகங்கள் அதற்கேற்ப ஆண் பாதியாகவும் பெண் பாதியாகவும் வளர்கின்றன (படம் 68).

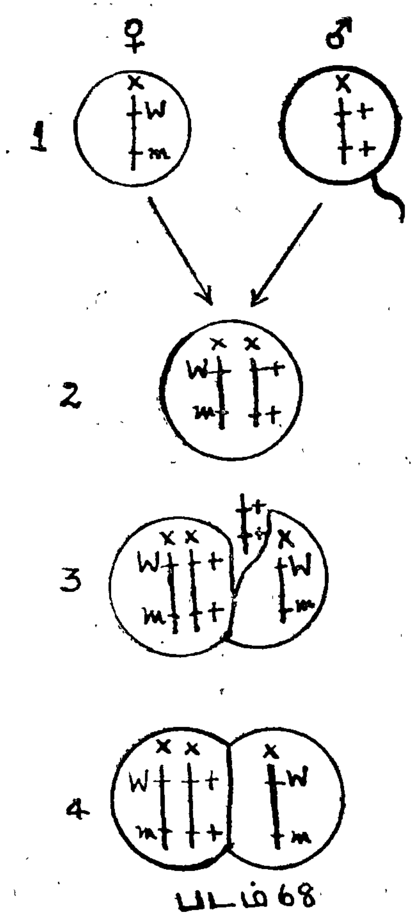


படம் 67

டுரோசோபைலா. இருபால் இணைப் புயிரி

பட்டுப்புழுவில் (Silk worm) பெண் புழுவுக்கு XYகுரோமோசோம்கள் இருக்கின்றன. குன்றல் பிரிவின்போது X-ம் Y-ம்

சாதாரணமாகப் பிரியும்போது X அல்லது Yயை முட்டையிலும், மற்றொன்றைப் போலார் உறுப்பிலும் விட்டுப் பிரிவதுண்டு. ஆனால் சில சமயங்களில் போலார் உறுப்பின்



படம் 68

இருபால் இணைப்புயிரி உண்டாகும் முறை

நியூக்ளியஸ் முட்டையினுள்ளேயே விட்டு விடுவதுமுண்டு. அவ்வாறு நிகழும்போது முட்டையினுள் முட்டை நியூக்ளியசும்,

போலார் உறுப்பின் நியூக்ளியசும் இருக்க நேரிடுகிறது. அதனால் ஒரு நியூக்ளியஸ் X குரோமோசோமுடனும் இருக்கின்றது. கருத்தரிக்கும்போது இரு விந்துக்கள் உட்சென்று ஒவ்வொன்றையும் கருத்தரிக்கச் செய்கின்றன. ஆண் பட்டுப் புழுவில் XX குரோமோசோம்கள் இருக்கின்றன என்று தெரியும். ஆகையால் ஒரு விந்துவின் Xம், அண்டத்தின் Xம் சேர்ந்து ஆண் பகுதித் திசுக்களையும், அவ்வாறே மற்றொன்று (XY) பெண் பகுதித் திசுக்களையும் வளரச் செய்கின்றன.

சில சமயம் தேனீக்களில் இரு நியூக்கிளியஸ்களுடன் (போலார் உறுப்பு நீக்கப்பெருமல்) அண்டம் உண்டாக நேரிடும். ஒரு விந்து மட்டும் அதைக் கருத்தரிக்கச் செய்தால், கருத்தரித்த பாதி, பெண் திசுவாகவும், கருத்தரிக்காத பாதி, ஆண் திசுவாகவும் வளர்கின்றன. இதுவே ஒரு பாதி இரட்டை எண்மயத் திசுவாகவும் (Diploid), மறுபாதி ஒற்றை எண்மயத் திசுவாகவும் வளர்கிறது.

பால் குரோமோசோம்களும் ஹார் மோன்களும்

(Sex Chromosomes and Hormones)

அண்டச் சுரப்பியும், விந்துச்சுரப்பியும் அண்டங்களையும் விந்துக்களையும் உற்பத்திசெய்வதுடன் ஹார்மோன்களையும் வெளிப்படுத்துகின்றன. உடல் வளர்ச்சிக்கு இந்த ஹார்மோன்கள் அவசியமென்ருலும், பால் குரோமோசோம்களைப் பாதிப்பதில்லை. ஆரம்ப வளர்ச்சியில் குரோமோசோம்கள் பாலை நிர்ணயித்தபின், பின்வளர்ச்சி ஹார்மோன்களின் கையில்தான் இருக்கின்றது. ஆகவே ஹார்மோன்கள் வளர்ச்சியில் முக்கியத்துவம் பெறுகின்றன. ஆனல் உடல் வளர்ச்சிக்குப் பல படிகள் இருக்கின்றன. வெளியிலிருந்து ஹார்மோன்கள் ஏற்றப்பட்டாலும் பால்குணம் மாறிவிடுகிறது (ஆண், பெண்ணுக மாறுவது). பசு இரு கன்றுகளை ஈனும் போது (இரட்டைகள்-Twins) அவை வெவ்வேறு பாலாக (Sexes) இருந்தால் அதன் பெண் கன்று இயற்கையாக இராமல் மலடாகி விடும். இவ்விதக் கன்றுக்கு ஃப்ரீமார்ட்டின் (Free Martin) என்று பெயர். இரண்டு கன்றுகளுடைய இரத்தக் குழாய்கள் சந்திப்பதால் இரத்தக் கலப்பு ஏற்படுகிறது. ஆண் கன்றின் ஹார்மோன் (முன்னதாக உற்பத்தி

யாகும்) பெண் கன்றின் உறுப்புக்களைத் தாக்கிப் பால் மாற்றம் (Sex Reversal) உண்டாகிறது. அதனால் பெண் கன்று சரியாக வளர்வதில்லை. ஃப்ராங்க் லில்லி (Frank Lillie) என்பவர் இரட்டைக் கன்றுகள்பற்றி ஆராய்ந்துள்ளார். ஆண் குழந்தைகளின் விந்துச் சுரப்பி வெளி வராமல் (உடலின் உள்ளே இருந்தபடி) பிறப்பதுண்டு. இதற்குக் கிரிப்டார்க்கிசம் (Cryptorchism) என்று பெயர். ஆண் ஹார்மோன் (Male Hormone) குறைவாகச் சுரப்பதே இதற்குக் காரணமாகும். அவ்வாறான குழந்தைகளுக்கு ஆண் ஹார்மோன் (Testosterone) ஏற்றினால் விந்துச்சுரப்பிகள் வெளிவந்துவிடும். சில சமயங்களில் ஒன்றிலேயே அண்ட விந்துச்சுரப்பிகள் (Ovotestis) வளருவதுமுண்டு. ஹார்மோன்களின் கூடுதல் அல்லது குறைவை ஒட்டியே பால்குணம் உண்டாகிறது.

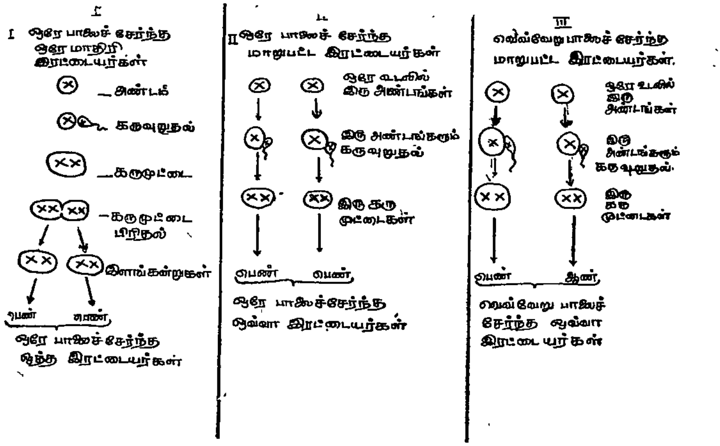
பால் பல்வண்ணத்தோற்றம் (Sex Mosaics)

ஒரு நபரின் இனச் செல்களில் பால் குரோமோசோம்கள் காணப்படுகின்றன. ஆனால் உடலின் மற்றச் செல்களில் வெவ்வேறு குரோமோசோம்கள் இரண்டு அல்லது அதற்கு மேலும் தொகுப்பாகக் காணப்படுவதுண்டு. இதற்குப் பல்வணத் தோற்றம் (Mosaicism) என்று பெயர். முர்ரேபார் (Murray Barr) என்பவர் பல்வணத்தோற்றமுடைய ஒரு பெண்ணைக் கண்டார். அப்பெண்ணின் வாயிலிருந்தும், புண்புழையிலுமிருந்தும் சுரண்டி எடுத்த (Smear) செல்களில் இருதடுக்கப்பட்ட உறுப்புக்கள் (**பார் பாடிகள்**- Barr Bodies) காணப்பட்டன. இவை XXX குரோமோசோம் **காம்ப்ளிமெண்ட்களாகும்** (Complement). சாதாரணப் பெண்ணிடம் XX குரோமோசோமும் ஒரு **பார் பாடியுமுண்டு**. ஆனால் இரத்தச் சோதனை ஆராய்ச்சியில் பால் குரோமேட்டின் இல்லாதிருந்தது. அதாவது XO **காம்ப்ளிமெண்ட்** இருந்தது. (44 Autosomes +X= 45 Chromosomes and No Sex Chromatin). தோற்றவழியமைப்பில் (Phenotypically) அப்பெண்மணிக்கு டர்னர்ஸ் சிண்ட்ரோம் (Turner's Syndrome) இருந்தது. (பெண்ணாக இருந்தாலும் பருவமடைவதில்லை). அதனால் பெண் இனச்செல் சுரப்பியில் XO நிலை காணப்பட்டது. அப்பெண்மணியிடம் பல்வேறு குரோமோசோம் காம்ப்ளிமெண்டுகள் இருந்ததினால் பல்வணத் தோற்றம் என்று கூறுவதுமுண்டு. இவ்வாறே டுரோசோபைலாவிலும் காணப்படுகிறது.

	நோய் தொடர்பு சிண்ட்ரோம் (Clinical Syndrome)	பால் குரோமேட்டின் (Sex Chromatin)
பெண்கள்		
XO/XY	டர்னர் சிண்ட்ரோம் (Turner)	—
XO/XX	,,	—
XO/XYY	,,	—
XO/XXX	மாறுபடக்கூடியது	—
ஆண்கள்		
XX/XX	கிளின்ஃபெல்டர் சிண்ட்ரோம் (Klinefelter)	+
XY/XXY	,,	+
XXXY/XXXXY	சிறிய அண்டச்சுரப்பி; முதிர்ச்சியடையாது; மூளைக்கோளாறு.	3 +
XO/XY	இருபால் ஒன்றி (Hermaphrodite)	—

இரட்டைப் பிறவிகளில் (Twins) **பால்நிர்ணயம்** (**வரைபடம்**)

ஒரே பிறப்பில் இரு குழந்தைகள் பிறந்தால் அவற்றிற்கு இரட்டைப் பிறவிகள் (Twins) என்று பெயர்; இரண்டிற்கு மேலும் பிறப்பதுண்டு. இவ்விரட்டைகள் ஒத்திருந்தால் ஒத்த இரட்டைகள் (Identical Twins) என்றும், மாறுபட்டிருந்தால் ஒவ்வா இரட்டைகள் (Fraternal Twins) என்றும் பெயர் பெறும். ஒத்த இரட்டையர்கள் ஒரே பாலைச் சேர்ந்தவர்களாக இருப்பார்கள். ஆனல் ஒவ்வா இரட்டையர்களின் பால் ஒரே மாதிரியாகவோ, வேறுபட்டோ காணலாம். இவற்றில் குரோமோசோம்களின் அடிப்படையில் பால் நிர்ணயம் செய்யப்படுகிறது. கீழே தரப்பட்டுள்ள படங்கள் எவ்வாறு என்று விளக்குகின்றன.



I ஒரே பாலைச் சேர்ந்த ஒரே மாதிரி இரட்டையர்கள்
அண்டம்
கருவுறுதல்
கருமுட்டை
கருமுட்டை பிரிதல்
இளங்கன்றுகள்
பெண் பெண்
ஒரே பாலைச் சேர்ந்த ஒத்த இரட்டையர்கள்
II ஒரே பாலைச் சேர்ந்த மாறுபட்ட இரட்டையர்கள்
ஒரே உடலில் இரு அண்டங்கள்
இரு அண்டங்களும் கருவுறுதல்
இரு கரு முட்டைகள்
பெண் பெண்
ஒரே பாலைச்சேர்ந்த ஒவ்வா இரட்டையர்கள்
III வெவ்வேறு பாலைச் சேர்ந்த மாறுபட்ட இரட்டையர்கள்.
ஒரே உடலில் இரு அண்டங்கள்
இரு அண்டங்களும் கருவுறுதல்.
இரு கரு முட்டைகள்
பெண் ஆண்
வெவ்வேறு பாலைச் சேர்ந்த ஒவ்வா இரட்டையர்கள்

9. ஜீன் பிணைப்பும் குறுக்கேதிர் மாற்றமும்

(Linkage and Crossing Over)

மரபியல் வல்லுநரான கிரிகர் மெண்டல் (G. Mendel) என்பவர் சில விதிகளின் மூலம், பாரம்பரிய தத்துவங்களை விளக்கினார் என்று முன் விளக்கினோம். அவ்விதிகளுக்குப் பிரிதல் விதி (Law of Seggregation), தனித்து ஒதுங்குதல் விதி (Law of Independent Assortment) என்று பெயர்.

இனச்செல்கள் (Gametes) குன்றல் பிரிவால் (Meiosis) முதிர்ச்சி பெறுகின்றன. அப்போது தாய் வழி, தந்தை வழியாக வரும் ஒரு குரோமோசோம் சோடிகள் (A Pair of Chromosomes) தனித்துப் பிரிந்து இனச்செல்களுக்குச் செல்கின்றன. இவ்வாருகக் குரோமோசோமிலுள்ள ஜீன்களும் இனச்செல்களுக்குச் செல்கின்றன.

ஆனல், பெரும்பாலான உயிர்களில் ஜீன்களின் எண்ணிக்கையானது குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கையை விட மிகவும் அதிகமாக இருக்கின்றது. எடுத்துக்காட்டாக, பழப்பூச்சியான டுரோசோபைலாவில் (Fruit Fly, Drosophila) ஆயிரக்கணக்கான ஜீன்கள் காணப்படுகின்றன; ஆனல் நான்கு குரோமோசோம் சோடிகள்தாம் உள்ளன. எல்லா ஜீன்களும் குரோமோசோமினுள் இருப்பதனல் ஒவ்வொரு குரோமோசோமினுள்ளும் அநேக ஜீன்கள் இருத்தல் வேண்டும். அதனல் ஒரு குரோமோசோமிலுள்ள ஜீன்கள் தனித்து ஒதுங்கும் விதியானது எல்லா விவரங்களையும் உட்கொண்டதாகக் கொள்ளமுடியாது. அவ்விதி வெவ்வேறு குரோமோசோமிலுள்ள ஜீன்களுக்குத்தான் பொருந்தும்.

இவ்வாறு மெண்டலின் தனித்து ஒதுங்கும் விதிக்குட் படாத சிலவகை மரபு வழிகளை 1906-ஆம் ஆண்டு பேட்டிசன்

(Bateson), பன்னட் (Punnet) என்ற இரு மரபியல் நிபுணர்கள் கண்டுபிடித்தார்கள். (உ-ம்) பட்டாணிச் செடியில் (Sweet Pea Plant) இரண்டு சோடி அல்லீல்கள் (Two Pairs of Alleles) இவ்வாறு தனித்து ஒதுங்குவதில்லை. இவை பட்டாணிப்பூவின் நிறத்தையும், மகரந்தத்தூளின் வடிவத்தையும் குறிக்கின்றன. பட்டாணிப் பூவின் நிறங்கள் கருஞ்சிவப்பாகவோ (Purple), சிவப்பாகவோ (Red) இருக்கின்றன. மகரந்தத் தூளின் வடிவம் நீண்டோ (Long-L), உருண்டையாகவோ (Round) இருக்கின்றது. வெவ்வேறு சோதனைகளின் மூலம், பூவின் கருஞ்சிவப்பு நிறமும் (Purple-L), மகரந்தத்தூளின் நீண்ட வடிவமும் (Long-L) ஓங்கியிருப்பதையும் (Dominant), சிவப்பு நிறமும் (Red-P), மகரந்ததத்தூளின வட்டவடிவமும் (Round-l) ஒடுங்கியிருப்பதையும் (Recessive) கண்டறிந்தனர்.

ஓங்கிய பண்புகளான நீண்ட வடிவமுள்ள மகரந்தத்தூளும் கருஞ்சிவப்பு நிறப் பூவும் கொண்ட (PPLL) ஒரு பட்டாணிச் செடியையும், ஒடுங்கிய பண்புகளான உருண்டை வடிவமான மகரந்தத்தூளும் சிவப்புநிறப் பூவும் கொண்ட மற்றொரு பட்டாணிச்செடியையும் (ppll) இனக்கலப்புச் (Cross) செய்தால், 1-ஆம் தலைமுறையில் (F_1) எல்லாச் செடிகளும் நீண்டவடிவ முள்ள மகரந்தத் தூளும், கருஞ்சிவப்பு நிறப்பூவும் கொண்ட செடிகளாகவே காணப்படும். ஆனால் இச் செடி ஒரு கலப்பினம் (Hybrid-PpLl) ஆகும்.

இந்தக் கலப்பினச் செடியை (PpLl) ஒத்த வேறொரு கலப்பினச் செடியுடன் (PpLl) இனக்கலப்புச் செய்தால், மெண்டலின் விதிப்படி, 2-ஆம் தலைமுறையில் (F_2) நான்கு வகைச் செடிகள் 9 : 3 : 3 : 1 என்ற விகிதத்தில் காணப்பட வேண்டும்.

ஆனால் பேட்டிசனும், பன்னட்டும் செய்த சோதனையில் நான்குவகைச் செடிகள் காணப்பட்டபோதிலும், அவை 9 : 3 : 3 : 1 என்ற விகிதத்தில் இல்லை. நீண்ட வடிவமான மகரந்தத்தூளும், கருஞ்சிவப்பு நிறப்பூக்களும் கொண்ட செடிகளும், உருண்டை வடிவமான மகரந்தத்தூளும் சிவப்புநிறப் பூக்களும் கொண்ட செடிகளும் பெருமளவில் இருந்தன. இவை பெற்றோரின் பண்புகளையே கொண்டிருந்ததால் பெற்றோர் பண்புச் சேர்க்கைகள் (Parental Combinations) என்று கூறப்பட்டன. மற்ற இரண்டு வகைகளும் பெற்றோர் பண்புகளைக் கொண்டிராமல் மாறி அமைந்திருந்தன. இவற்றில்

ஒன்று உருண்டை வடிவமான மகரந்தத்தூளும் கருஞ்சிவப்பு நிறப்பூக்களும், மற்றொன்று நீண்ட வடிவமான மகரந்தத் தூளும் சிவப்பு நிறப்பூக்களும் கொண்ட செடிகளாகக் காணப் பட்டன. ஆனால் இவற்றின் எண்ணிக்கை, மற்றதைக் காட்டிலும் குறைவாக இருந்தது. இவை மாறி இணைந்த சேர்க்கைகள் (Recombinations) எனக் கூறப்பட்டன.

அடுத்து, மற்றொரு சோதனையையும் செய்தனர். உருண்டை வடிவமுள்ள மகரந்தத்தூள்களும், கருஞ்சிவப்புப் பூக்களும் கொண்ட ஒரு பட்டாணிச் செடியையும் (PPll), நீண்ட மகரந்தத் தூள்களும் சிவப்புப் பூக்களும் கொண்ட (PPLL) மற்றொரு பட்டாணிச் செடியையும் இனக் கலப்புச் செய்தார்கள். 1-ஆம் தலைமுறையில் காணப்பட்ட கலப்பினங்களைத் தன் மகரந்தச் சேர்க்கையில் (Self-pollination) கலந்து, 2-ஆம் தலை முறைச் செடிகளை வகைப்படுத்தினார்கள். அப்போதும் பெற் றோர் பண்புச் சேர்க்கைகள் அதிகமாகவும், மாறி இணைந்த சேர்க்கைகள் குறைவாகவும் காணப்பட்டன.

மேற்கூறிய பரிசோதனையிலிருந்து, பேட்டிசனும், பன்னட்டும் கண்டறிந்த உண்மைகளாவன :

1. உயிரியானது இரண்டு அல்லீல்களை (P, L) ஒரே பெற்றோரிடமிருந்து (PPLL × ppll) பெறும்போது, அந்த அல்லீல்கள் இணைந்தே செல்கின்றன. இதற்குக் கூடுதல் (Coupling) என்று விளக்கம் கூறினர்.

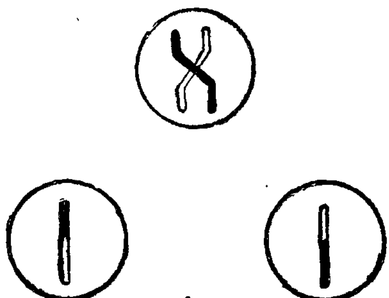
2. ஓர் உயிரியானது அதே அல்லீல்களை (P,L) வெவ் வேறு பெற்றோரிடமிருந்து (PPll, ppLL) பெறும்போது வெவ் வேறு இனச்செல்களை அடைந்து பிரிந்துகாணப்படுகின்றன. இதற்கு விலகுதல் (Repulsion) என்று விளக்கம் கூறினர்.

ஆனால் கூடுதல், விலகுதல் என்ற சொற்கள் தற்போது வழக்கத்திலிருந்து மறைந்து விட்டன. ஏனென்றால் டி. எச். மார்கன் (T. H. Morgan) என்னும் வல்லுநர், இவ்விரண்டு முறைகளும் ஜீன் பிணைப்பின் (Linkage) இருபகுதிகள் (Aspects) தாம் என்று நிரூபித்துக் காண்பித்தார். அவருடைய சோதனைகள் மூலம் கீழ்க்கண்ட உண்மைகள் புலனாயின:

1. சில பண்புகளுக்குரிய ஜீன்கள் ஒரே குரோமோ சோமில் இருப்பதால்தான் அவை தனித்து ஒதுங்காமல் இணைந்தே காணப்படுகின்றன.

2. இந்த இணைப்பின் வலிமையானது (Strength) ஜீன்களுக்கிடையே இருக்கும் தூரத்தைப் பொறுத்தது (மார்கன் 1911).

3. ஜீன்கள் குரோமோசோம்களில் நேர்க்கோட்டில் (Linear) அமைந்துள்ளன. ஆகவே ஜீன்பிணைப்பு (Linkage) என்னும் முறையானது, ஒரே குரோமோசோமிலுள்ள ஜீன்கள் சேர்ந்தே இனச் செல்களுக்குச் செல்லும் தன்மையைக் குறிக்கும். ஒரே குரோமோசோமிலுள்ள ஜீன்களை ஜீன்பிணைப்புத் தொகுதிகள் (Linkage Groups) எனக் கூறலாம். இவ்வாறு ஜீன்கள் இணைந்து இனச்செல்களுக்குச் செல்லும்போது அவை பெற்றோர் பண்புச் சேர்க்கைகளாக வெளிப்படுகின்றன. மேலும் ஜீன்பிணைப்புத்தொகுதிகளின் எண்ணிக்கை, ஒரு செல்லிலுள்ள ஒற்றைஎண் குரோமோசோம்களைப் பொறுத்தது. அதாவது, எவ்வளவு ஒற்றை எண் குரோமோசோம்கள் உள்ளனவோ அவ்வளவு ஜீன்பிணைப்புத் தொகுதிகள் உள்ளன. எடுத்துக்காட்டாகப் பழப்பூச்சியில் நான்கு ஒற்றைஎண் குரோமோசோம்கள் உள்ளன. ஜீன் இணைப்புத் தொகுதிகளும் நான்கு உள்ளன.

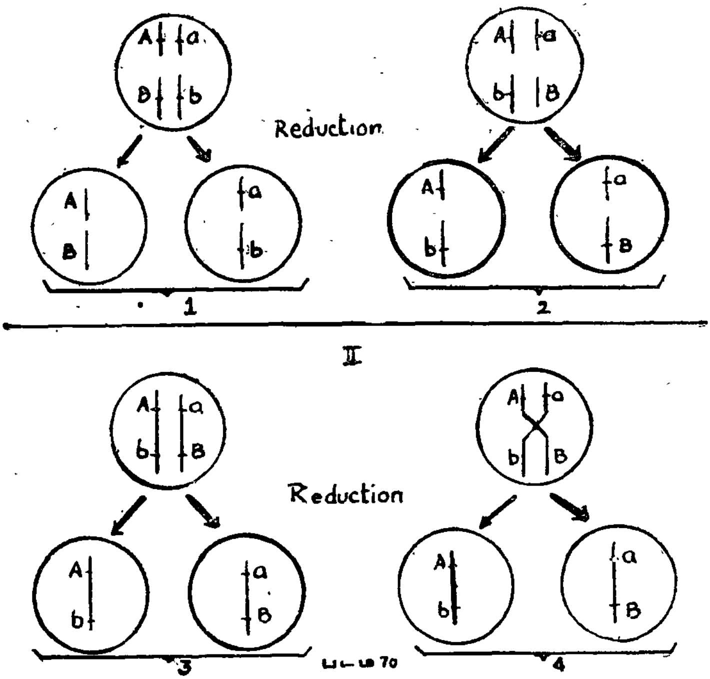


படம் ௬௧

குறுக்கெதிர் மாற்றம்

ஜீன் பிணைப்புப்பற்றிச் சோளச்செடியிலும், பழப் பூச்சியிலும் மிகச்சிறப்பாக விவரிக்கப்பட்டிருக்கின்றது. இவ்விரண்டிற்கும் ஒரு வேறுபாடு உண்டு. சோளச் செடியில் இருபால்களிலும் இணைந்திருக்கும் ஜீன்களுக்கிடையே (Linked Genes) மாறி இணைதல் முறை (Recombination) காணப்படுகின்றது. ஆனால் ஆண் பழப்பூச்சியில் மட்டும் இது காணப்படுவதில்லை. ஆகவே இவற்றில் ஜீன் பிணைப்பு முழுமை

யாகக் காணப்படுகின்றது. குறுக்கேற்றமும் (படம் 69) குரோமோசோம்கள் குன்றல் பிரிவில் பிரிவதும் (படம் 70) கவனிக்க. நான்குவித இனச் செல்கள் உண்டாகின்றன. (பிணைப்பும், தனித்தொதுங்குதலும்: படம் 70 விளக்குகின்றது).

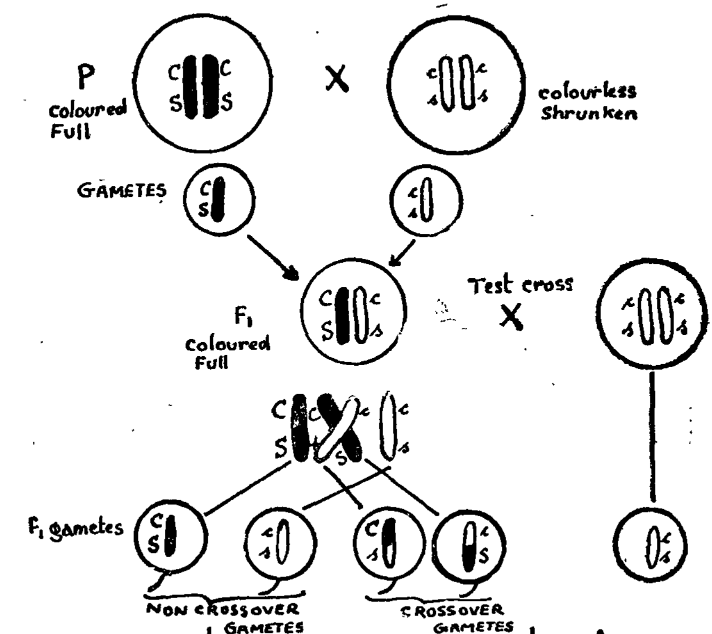


ஜீன் பிணைப்பும் தனித்தொதுங்குதலும் ஒப்பிடுதல்

சோளச்செடியில் ஜீன் பிணைப்பு (Linkage in Maize)

நிறமுள்ளதும் (Coloured-C) பருத்த(Full-S) விதையுடையதுமான சோளச் செடியையும் (CCSS), நிறமற்றதும் (Colourless-c) சுருங்கிய (Wrinkled-s) விதையுடையதுமான சோளச் செடியையும் (ccss) ஹட்சிசன் (Hutchison) என்பவர் இனக்கலப்புச் செய்தார் (படம் 71). அதன் மூலம் நிறப் பண்பின் ஜீனாகிய C-யும், விதையின் பருத்துக் காணப்படும் பண்பின் ஜீனாகிய S-ம் ஓங்கிய தன்மை (Dominant) உடையன

வாயிருக்கக் கண்டார். அதுபோல நிறமற்ற பண்பின் ஜீனாகிய c-யும், விதையின் சுருங்கிக் காணப்படும் பண்பின் ஜீனாகிய s-ம் ஒடுங்கிய தன்மை (Recessive) உடையனவா யிருக்கக் கண்டார்.



OFFSPRING		cs		
NON CROSSOVERS	CS	CcSs - Coloured and full	4,032	96·4%
	cs	ccss - Colourless & shrunken	4,035	
CROSSOVERS	Cs	Ccss - coloured & shronken	149	3·6%
	cS	ccSs - colourless & full	152	

படம் 71

சோளத்தில் ஜீன் பிணைப்பும் குறுக்கெதிர் மாற்றமும்

மேலும் 1-ஆம் தலைமுறைக் கலப்பினத்தின் (F_1-Hybrid) (CcSs) இனச்செல்களின் விகிதத்தைச் சோதிப்பதற்காக ஆய்வுச் சேர்க்கை அல்லது பின்சேர்க்கை (Test Cross or Back

Cross) செய்து பார்த்தார். அதில் மெண்டலின் சோதனைகளில் கிடைத்த 1 : 1 : 1 : 1 என்ற விகிதத்தில் அமைந்த நான்கு வழித்தோன்றிகள் அல்லது இளங்கன்றுகள் (Offspring) கிடைக்கவில்லை. ஆனால் கீழ்க் காணப்படும் எண்ணிக்கையில் அந்த நான்கு வழித்தோன்றிகளும் அமைந்திருந்தன.

1.	நிறமுள்ள, பருத்த விதையுடையவை	CScs =	4032
2.	நிறமுள்ள, சுருங்கிய விதையுடைவை	Cscs =	149
3.	நிறமற்ற, பருத்த விதையுடையவை	cScs =	152
4.	நிறமற்ற, சுருங்கிய விதையுடையவை	cscs =	4035
	மொத்தம்		8368

இவற்றில் பெற்றோரைப் போலவே காணப்பட்ட, நிறமுள்ள, பருத்த விதையுடைய செடிகளும் (CScs), நிறமற்ற, சுருங்கிய விதையுடைய செடிகளும் (cscs) மற்றவற்றைக் காட்டிலும் பெருமளவிலிருந்தன (96·4%) இவை பெற்றோர் பண்புச் சேர்க்கைகளாகும் (Parental Combinations). மற்றவை மாறி இணைந்தவையாகும் (Recombinations). இவை நிறமற்ற பருத்த விதையையும், நிறமுள்ள சுருங்கிய விதையையும் கொண்டிருந்தன. இவை குறைந்த எண்ணிக்கையுடையனவாக இருந்தன (3·6%). ஆகவே இந்த இரண்டு அல்லீல்களும் (c, s) 96·4% பிணைந்தும் (Linked), 3·6% மாறி இணைந்தும் (Recombined) அமைந்துள்ளன.

அடுத்து, நிறமுள்ள, சுருங்கிய விதையுள்ள செடியையும் (CCss), நிறமற்ற பருத்த விதையுள்ள செடியையும் (ccSS) இனக்கலப்புச் செய்தார். 1-ஆம் தலைமுறையில் காணப்பட்ட கலப்பினத்தை (CcSs) ஆய்வுச்சேர்க்கை (Test Cross) செய்த போது கீழ்க்கண்ட நான்குவகை இளங்கன்றுகள் தோன்றின.

1.	நிறமுள்ள, பருத்த விதையுடையவை	$\frac{CS}{cs}$	=	639
2.	நிறமுள்ள, சுருங்கிய விதையுடையவை	$\frac{Cs}{cs}$	=	21379
3.	நிறமற்ற, பருத்த விதையுடையவை	$\frac{cS}{cs}$	=	21906
4.	நிறமற்ற, சுருங்கிய விதையுடையவை	$\frac{cs}{cs}$	=	672
	மொத்தம்			44595

இந்தப் பரிசோதனையிலும் பெற்றோர் பண்புச் சேர்க்கையே பெருமளவில் இருந்தன. அதனால் பெற்றோரின் பண்புகளும், அவற்றைக் குறிக்கும் அல்லீல்களும் எந்தவிதமாகச் சேர்ந்திருந்தாலும், ஜீன்களின் பிணைப்பானது, ஜீன்களை ஒன்றாகச் சேர்த்துச் செல்லும் தன்மையுடையது. இம்முறை மெண்டலின் தனித்து ஒதுங்கும் கொள்கைக்கு மாறுபட்டதாக உள்ளது.

பெரும்பாலானவற்றில், 97% முழுமையான ஜீன் பிணைப்புக்களும், 3% முழுமையற்ற ஜீன் பிணைப்புக்களும் காணப்படுகின்றன (Incomplete Linkage). இதனால்தான் 3% பண்புகள் மாறி இணைந்து அமைகின்றன. இதற்கு T. H. மார்கன் கொடுத்த விளக்கம் கீழ்வருமாறு:

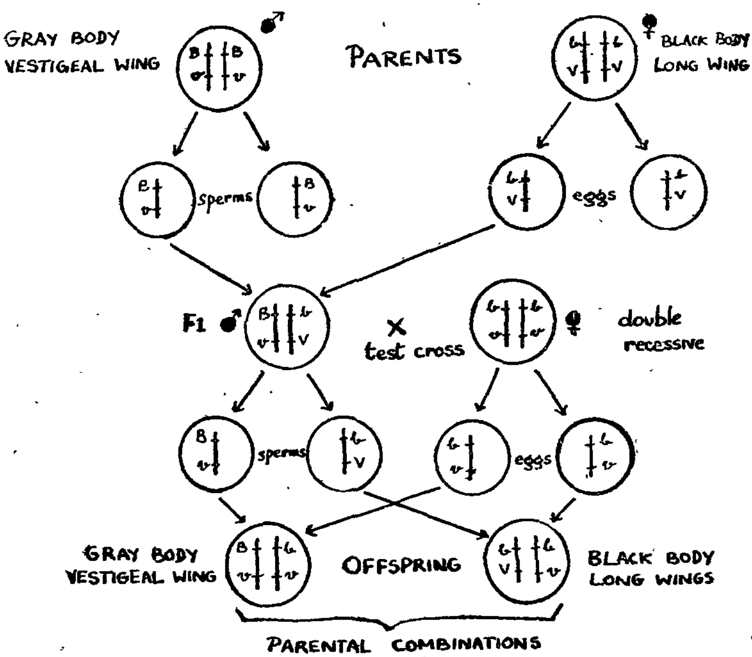
இனச்செல்கள் குன்றல் பிரிவின்மூலம் (Meiosis) முதிர்ச்சி பெறும்போது ஒத்த குரோமோசோம்களிடையே (Homologous Chromosomes) குறுக்கேற்றம் (Cross Over) நடைபெறுகின்றது. அச்சமயத்தில் ஒத்த குரோமோசோம்களின் ஒரு பகுதி, மற்றொன்றுடன் பரிமாற்றம் செய்யப்படுகின்றது. எடுத்துக் காட்டாக C, S ஆகிய ஜீன்கள் கொண்ட குரோமோசோமுக்கும், c, s ஆகிய ஜீன்கள்கொண்ட குரோமோசோமுக்கும் இடையே குறுக்கேற்றம் ஏற்பட்டிருக்கின்றது. இதுவே பண்புகள் மாறி இணைந்து (Recombination) காணப்படுவதற்கும் காரணமாகும். ஆக 3% குறுக்கெதிர் மாற்றம் உள்ளவை; 97% குறுக்கெதிர் மாற்றம் அற்றவை (Non-Cross Over).

ஆனால் இவ்வகையான குறுக்கெதிர்மாற்றம் ஆண்பழுப் பூச்சியில் காணப்படுவதில்லை. ஆகவே இவற்றில் ஜீன் பிணைப்பு முழுமையாகக் (Complete Linkage) காணப்படுகின்றது. பெண்பழுப்பூச்சியில் குறுக்கெதிர் மாற்றமுண்டு. இதனைக் கீழ்க்கண்ட சோதனையின் மூலம் விளக்கலாம்.

ஆண் பழுப்பூச்சியில் காணப்படும் முழுமையான ஜீன் பிணைப்பு: (படம் 72)

ஓங்கிய பண்பான சாம்பல் நிறமுடைய உடலும் (Grey Body-B) ஒடுங்கிய பண்பான குறுகிய இறக்கைகளுமுடைய (Vestigeal Wing-V) ஆண்பழுப் பூச்சியையும், ஒடுங்கிய பண்பான கறுப்பு நிறமுடைய உடலும் (Black Body-b) ஓங்கிய பண்பான நீண்ட இறக்கைகளுமுடைய (Long Wing-L) பெண்

பழப்பூச்சியையும் மார்கன் இனக்கலப்புச் செய்தார். 1-ஆம் தலைமுறையில் காணப்பட்ட ஆண்கலப்பினங்களை (BbVv), இருபண்புகளும் ஒடுங்கியுள்ள பெண்பழப்பூச்சிகளுடன் (bbvv) ஆய்வுச் சேர்க்கை (Test Cross) செய்தார். அப்போது இருவகையான வழித்தோன்றிகளே தோன்றின (Progeny= Bbvv, bbVv). இவை இரண்டும் முழுமையான ஜீன் பிணைப்பின் (Complete Linkage) காரணத்தால் பெற்றோர் பண்புகளையே பெற்றிருந்தன. வேறுவிதமாகக் கூறவேண்டுமென்றால் ஆண் பழப்பூச்சிகள் கலப்பினமாயிருந்தால் மாறி இணைதல் முறை இருக்காது. ஆகவே எல்லாப்பூச்சிகளும் பெற்றோர் பண்புச் சேர்க்கைகளாகவே (Parental Combination) இருக்கும். (படம் 72).



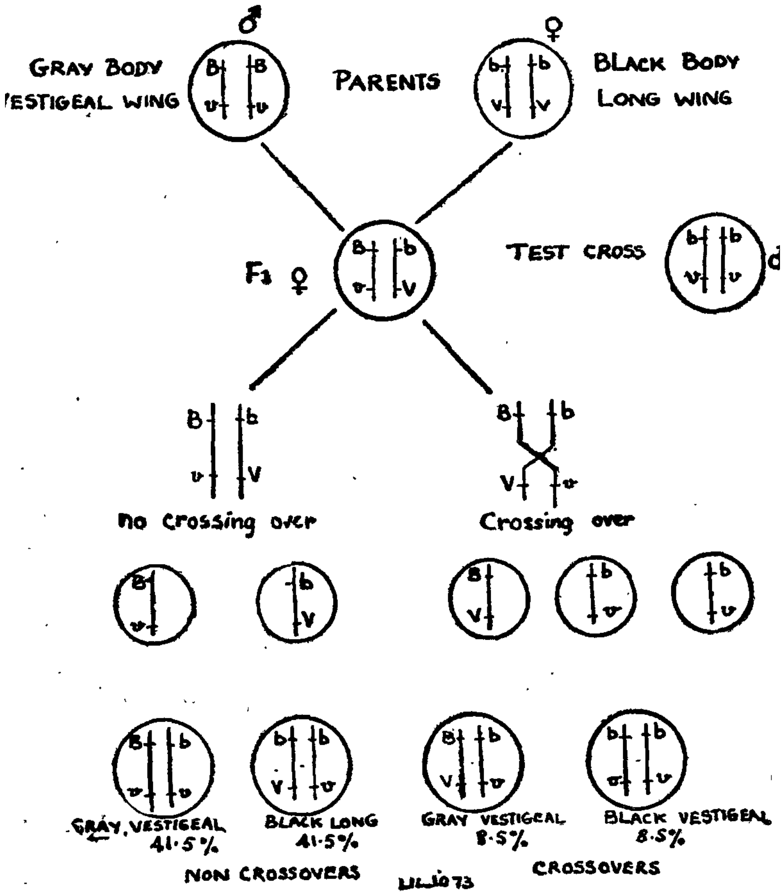
படம் 72

டுரோசோபைலாவில் பூரண ஜீன் பிணைப்பு

பெண்பழப்பூச்சியில் ஜீன் இணைப்பு: (படம் 73)

அடுத்து, மேற்கூறிய சோதனையில், 1-ஆம் தலைமுறைக் கலப்பினத்தில் (BbVv) தோன்றுகின்ற பெண்பூச்சிகளை,

இருபண்புகளும் ஒடுங்கிய ஆண்பழப்பூச்சிகளுடன் (bbvv) ஆய்வுச்சேர்க்கை செய்தார். இதில் கிடைத்த வழித் தோன்றிகள் நான்கு வகைகளாகக் காணப்பட்டன. இரண்டு வகைகள் பெற்றோரைப்போலவும், மற்றிரண்டுவகைகள் பெற்றோருக்கு முற்றும் மாறாகவும் இருந்தன (படம் 73).



படம் 73

டுரோசோபைலாவில் ஜீன் பிணைப்பும் குறுக்கெதிர் மாற்றமும்

பெற்றோரைப் போலுள்ளவை ஜீன் பிணைப்பு முழுமையற்று, குறுக்கெதிர் மாற்றமடைந்து, மாறி இணைந்தவையாகும். ஆனால் பெற்றோர் பண்புச் சேர்க்கைகள் அதிகமாகவும், மாறி

இணைந்த சேர்க்கைகள் குறைவாகவும் தோன்றின. அதாவது எல்லாத் தாய் இனச் செல்லிலும் (Oocyte) மாறி இணைதல் முறை காணப்படுவதில்லை. ஒரு சிலவற்றில்தான் காணப் படுகின்றது.

குரோமோசோம் வரைபடம் வரைதல் :
(Mapping of Chromosome)

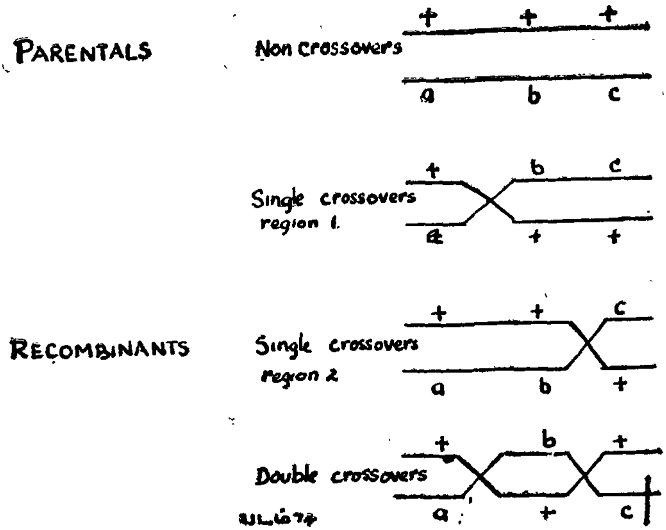
இவ்விதமாக ஆய்வுச் சேர்க்கை முறை (Test Cross) மூலம் ஜீன்களின் பிணைப்புக்களைப்பற்றியும், குறுக்கெதிர் மாற்றங் களைப் பற்றியும் அநேகக் தகவல்கள் கிடைத்துள்ளன. இவற்றைக்கொண்டு, குரோமோசோமில் நேர்க்கோட்டில் அமைந்துள்ள ஜீன்களைப்பற்றியும், அவற்றின் நிலையிடத்தைப் (Locus) பற்றியும் தெளிவாக அறிய முடியும். மேலும், இனச் செல்களில் குறுக்கெதிர் மாற்றங்கள் எத்தனை சதவீதத்தில் அல்லது எத்தனை விகிதத்தில் நடைபெறுகின்றன என்றும் அறியமுடியும். மாறிஇணைந்த வகைகளின் சதவீத எண்ணைக் குறுக்கெதிர் மாற்ற நிகழ்வெண் (Cross Over Frequency) எனக் கூறுவர். அதாவது (மாறி இணைந்தவகை எண்ணிக்கை மொத்த இளங்கன்றுகள்) இந்தச் சதவீதம் ஒரு ஜீனுக்கும், மற்றொரு ஜீனுக்கு முள்ள தூரத்தைக்குறிக்கும். ஜீன்களுக் குள்ள தூரம் குறையக் குறையச் சதவீதம் குறையும்.

இப்படியாக, மூன்று ஜீன்களைக்கொண்டு ஆய்வுச் சேர்க்கை செய்து (3 Point Test Cross) ஏ. எச். ஸ்டர் டிவாண்ட் (A. H. Sturtevant) என்பவர் குரோமோசோம் வரைபடம் வரையும் முறையை விளக்கினர். பழப்பூச்சிக்கும், சோளத் திற்கும் இம்மாதிரியான படங்கள் முழுமையாக வரையப் பட்டிருக்கின்றன. இதில் முக்கியப் பங்கெடுத்தவர்கள் சி. பி. பிரிட்ஜஸும் (C. P. Bridges), கே. ஏ. எமர்சனும் (K. A. Emerson) ஆவர்.

குரோமோசோம் வரைபடம் வரையும் முறை :

a, b, c என்ற 3 ஜீன்கள் வரிசையாக ஒரு குரோமோ சோமில் அமைந்திருக்கின்றன என்றும், குறுக்கேற்ற நிகழ் வெண்கள் (C. O. Frequency) ஜீன்களுக்கிடையே உள்ள தூரத்தைக் குறிக்கின்றன வென்றும் வைத்துக்கொள்வோம்.

+ + +/abc என்ற ஒரு கலப்பினத்தை ஆய்வுச்சேர்க்கை செய்தால் கீழ்க்கண்ட தோற்றவழி அமைப்புக்கள் (Phenotypes) ஏற்படக்கூடும் (படம் 74).



படம் 74

+++/abc-க்கும் abc/abc-க்கும் இடையே செய்த சோதனைக் கலவியில் தோற்றவழி யமைப்புக்கள்

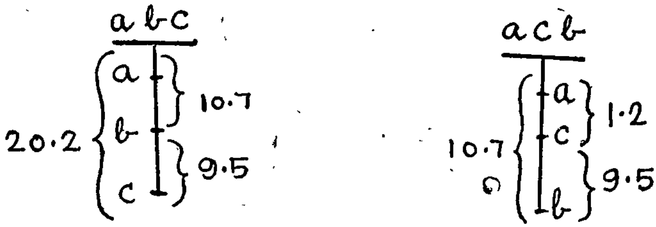
இவற்றில் குறுக்கேற்ற மற்றவையின் நிகழ்வெண் அதிகமாகியும், இரட்டைக் குறுக்கேற்ற முள்ளவையின் நிகழ்வெண் எல்லாவற்றிலும் குறைந்தும் காணப்படும். ஒற்றைக் குறுக்கேற்றங்களின் நிகழ்வெண் a,b-க்கும் b,c-க்கு மிடையே உள்ள தூரத்தைப் பொறுத்து இருக்கும்.

எடுத்துக்காட்டாக, கீழ்க்கண்ட எண்ணிக்கைகள் தோன்றுவதாகக் கொள்வோம்:

1. குறுக்கேற்ற மற்றவை = 1539
2. a,b-க்கு இடையில் ஒற்றைக் குறுக்கேற்ற முள்ளவை = 204
3. b,c-க்கு இடையில் ஒற்றைக் குறுக்கேற்ற முள்ளவை = 180
4. a,b-க்கும், b,c-க்கும் இடையில் இரட்டைக் குறுக்கேற்ற முள்ளவை = 3

மொத்தம் 1926

குறுக்கேற்ற நிகழ்வெண்களைக் கவனிக்கும்போது குறிப்பிட்ட இடத்தில் (ஒற்றைக் குறுக்கேற்றத்திலோ, இரட்டைக் குறுக்கேற்றத்திலோ) ஏற்பட்டிருக்கும் எல்லாக் குறுக்கேற்றங்களையும் எடுத்துக்கொள்ளல்வேண்டும். ஆகவே a-க்கும் b-க்குமிடையே காணப்படும் குறுக்கேற்றங்களின் எண்ணிக்கை $(204+3) = 207$. மொத்தத்தில் $207/1926$ அதாவது $10{\cdot}7\%$. அதுபோல b-க்கும், c-க்கும் இடையே காணப்படும் குறுக்கேற்றங்களின் எண்ணிக்கை 183 $(180+3)$. மொத்தத்தில் $183/1926 = 9{\cdot}5\%$. ஆகவே,



a-க்கும் b-க்கு முள்ள தூரம்	10·7 யூனிட்டுக்கள்
b-க்கும் c-க்கு முள்ள தூரம்	9·5 யூனிட்டுக்கள்
a-க்கும் c-க்கு முள்ள தூரம்	20·2 யூனிட்டுக்கள்

அதாவது $10{\cdot}7 + 9{\cdot}5 = 20{\cdot}2$ (abc)
$10{\cdot}7 - 9{\cdot}5 = 1{\cdot}2$ (acb)

இவற்றைக்கொண்டு வரைந்தபடம் இவ்விதமாகப் பல சோதனைகள் மூலம் ஜீன்களின் நிலையை (Locus) குரோமோசோமில் குறிக்கலாம். ஒவ்வொரு ஜீனின் லோகஸும் ஒரு எண்ணால் குறிக்கப்படுகின்றது. இது இந்த எண்ணாலும், குறுக்கெதிர் மாற்றங்களின் கூட்டுத்தொகையைக்கொண்டும் கணக்கிடப்பட்டதாகும் (மரபியல் வரைபடத்தையும், செல்லியல் வரைபடத்தையும் ஒப்பிடுக).

தோற்றவழி அமைப்பில் (Phenotype) காணக்கூடிய மியூட்டண்ட் ஜீன்களுக்குடைய (Mutant Genes) குரோமோசோம் பகுதிகளுக்குத்தான் இவ்வாறு வரைபடம் வரைய முடியும். மேலும் பொதுவாக இரு ஜீன்களுக்குமிடையே உள்ள தூரம் குறைவாக இருந்தால் மிகவும் நுட்பமாக ஜீன்களின் லோக்கஸைக் கணிக்கலாம். ஏனென்றால் தூரம் அதிகமாக இருந்தால் இரட்டைக் குறுக்கேற்றம் நிகழக்கூடும். அதனால் நிகழ்வெண் மிகவும் குறையும். ஆகவே

ஒன்றுக்கொன்று சமீபத்திலிருக்கும் ஜீன்களைக்கொண்டு வரைவது நல்லதாகும்.

குறுக்கிடுதலும் பொருந்துதலும் (Inteference and Coincidence)

சில நீண்ட குரோமோசோம்களில், ஒரு செல்பிரிவு நிகழ்ச்சியில் (Cell Division Cycle) *10* குறுக்கேற்றங்கள் (Cross Over) நடைபெறக்கூடும். குறுக்கேற்றங்கள் தற்செயலாக (Chance) நிகழ்ந்தாலும், நியதியற்ற முறையில் நடைபெறுவதில்லை. அடுத்தடுத்த பகுதிகளில் ஏற்படக்கூடிய இரண்டு குறுக்கேற்றங்கள் நிகழ்வுத்தகவு விதிப்படி (Law of Probability) அடுத்தடுத்த பகுதிகளில் குறுக்கேற்றம் நிகழக்கூடிய எண்ணிக்கையானது இவ்விரண்டு பகுதிகளிலும் தனித்தனியாகக் குறுக்கேற்றம் நடைபெறக்கூடிய எண்ணிக்கைகளின் பெருக்குத்தொகையாக இருத்தல் வேண்டும். எடுத்துக் காட்டாக, a எனப்படும் ஜீன் *1·5*-லும், b என்ற ஜீன் *13·7*-லும் இருப்பதாகக் கொள்வோம். அதாவது இவை இரண்டும் சுமார் *12·2* யூனிட்டுக்கள் தூரத்தில் இருக்கின்றன. c என்ற ஜீன் b-யிலிருந்து *13·8* யூனிட்டுக்கள் தூரத்தில் இருக்கிறது என்று எடுத்துக்கொள்வோம். a-க்கும் b-க்குமிடையே எதிர்பார்க்கக்கூடிய குறுக்கேற்றம் $0{\cdot}122 \times 0{\cdot}138 = 0{\cdot}0168$ அதாவது *1·68%*

ஆனால் எச். ஜே. முல்லர் (H. J. Mullar 1916) செய்த சோதனையில் எதிர்பார்த்த அளவுக்குக் குறைந்தே குறுக்கேற்றங்கள் காணப்பட்டன. இதிலிருந்து தெளிவாகத் தெரிவது யாதெனில் ஓர் இடத்தில் ஏற்படும் குறுக்கேற்றமானது, அதற்குச் சமீபமான இடங்களில் குறுக்கேற்றம் நடைபெறாமல் ஒடுக்குகின்றது. இதற்குக் குறுக்கிடுதல் (Interference) என்று பெயர். முல்லர் என்பவர் பழப்பூச்சிகளிலும், சோளத்திலும் செய்யப்பட்ட சோதனைகளில் கிடைத்த விளைவுகளை ஆதாரமாகக் கொண்டு, குறுக்கிடுதலை ஒருவிதமாகக் கணக்கிட்டார். அதன்படி நடைபெற்ற இரட்டைக் குறுக்கேற்றங்கள் (Actual Double Cross Over), எதிர்பார்த்த இரட்டைக் குறுக்கேற்றங்கள் (Expected Double Cross Over) என்ற விகிதம் கணித முறைப்படி, குறுக்கிடுதல் முறையைக் குறிக்கிறது. இவ்வாறு கணித முறைப்படி குறுக்கிடுதலைக் குறிக்கும் எண்தான் பொருந்துதல் (Coincidence), முழுமையான குறுக்கிடுதலின் பொருந்துதல் (Complete Interference) எண் *0* ஆகும். குறுக்கிடுதல் இல்லாமல் இருந்தால் (Coincidence) பொருந்துதல் எண் *1* ஆக இருக்கும்.

மேற்கூறியுள்ள எடுத்துக்காட்டையே உதாரணமாகக் கொள்வோம்.

நிகழ்ச்சித்தகவு விதிப்படி (Law of Probability) $0 \cdot 17 \times 0 \cdot 095 = 0 \cdot 0102$ அல்லது சுமார் 1%இரட்டைக் குறுக்கேற்றம் நடைபெற்றிருக்கவேண்டும். ஆனால் உண்மையாக நடைபெற்றதோ 3/1926 அல்லது 0·0016; அப்படியானல் பொருந்துதல் எண் (Coincidence) $0 \cdot 0016 / 0 \cdot 0102 = 0 \cdot 16$. ஆகவே எதிர்பார்த்த குறுக்கேற்றங்களில் 16% குறுக்கேற்றங்கள் தாம் கிடைத்தன. அதாவது 84% குறுக்கிடுதல் (Interference) உள்ளன. ஜீன்கள் ஒன்றுக்கொன்று தூரத்தில் அமைந்திருந்தால் குறுக்கிடுதல் குறையும்.

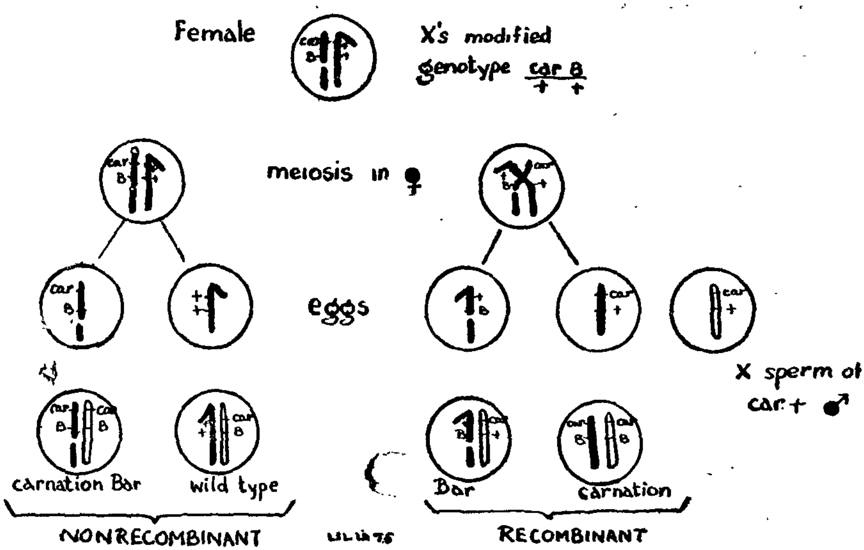
செல் கூற்றின் அடிப்படை

1910ஆம் வருடத்தில், மரபியல் வழிகளில் காணப்படும் ஜீன் பிணைப்பு, குறுக்கெதிர்மாற்றம் ஆகியவை பற்றிச் சிறப்பாகவும் திட்டவட்டமாகவும் விளக்கப்பட்ட போதிலும் செல் கூற்றின் அடிப்படையில் தெளிவாக விவரிக்க இயலவில்லை. ஏனென்றல் ஒத்த குரோமோசோம்கள் (Homologous Chromosomes) நுண்ணோக்கியின் கீழ் வேறுபாடின்றி ஒரேமாதிரியாகவே தோன்றின. ஆகவே குரோமோசோம்களில் குறுக்கேற்றம் நடைபெற்றிருக்கின்றதா இல்லையா என்று அறிய முடியவில்லை. 1931-ல் சி. ஸ்டர்ன் (C. Stern) என்பவர் பழப்பூச்சியிலும் எச். பி. கிரைட்டன் (H. B. Crighten), பி. மெக்கிளின்டாக் (B. Meclintock) என்பவர்கள் சோளத்திலும் செய்த சோதனைகளின் மூலம், குறுக்கேற்றத்தின் தன்மையைச் செல் கூற்றின் அடிப்படையில் விளக்கினர்.

ஸ்டர்னின் செல்லியல் செயல் முறை விளக்கம் (Cytological Evidence of Crossing Over-Stern. C)

கர்ட் ஸ்டர்ன் (Curt Stern) என்ற நிபுணர் தாம் வளர்த்த பழப்பூச்சி ஒன்றில் X குரோமோசோம் வளர்ப்புக்கள் (Cultures) மாறுபட்டிருப்பதைக் கண்டார். இதில் Y குரோமோசோமின் ஒருபாகம் X குரோமோசோமுடன் ஒட்டிக் கொண்டிருந்தது. மேலும் அந்த X குரோமோசோமின் மற்றொரு நுனியிலிருந்து ஒருபாகம் X கதிர்களினுல் முறிந்து (4-ஆம் குரோமோசோமுடையது) ஒட்டிக்கொண்டிருந்தது. அதனுல் ஒரு X குரோமோசோம் மற்றதைவிட நீண்டு காணப்பட்டது.

X குரோமோசோம்களுக்குள் காணப்பட்ட இந்த வேறுபாட்டைக் கொண்டு ஸ்டர்ன் என்பவர் செல்லியல் செயல் முறைப்படி குறுக்கெதிர் மாற்றத்தை விளக்கிக் காட்டினர். இரண்டு பண்புகளைக் குறிக்கின்ற இரண்டு அல்லீல்களை எடுத்துக் கொண்டார். இவை (கருஞ்சிவப்பு) கார்னேஷன் (Carnation) நிறக் கண்ணையும் (Car), குறுகியகோட்டுக் கண்ணையும் (Bar) குறிக்கின்றன (B). இந்த அல்லீல்கள் உள்ள X குரோமோசோம் கதிர்களால் முறித்து, ஒன்றுக்கொன்று வேறுபட்டுக் காணச்செய்தார் (படம் 75).



டுரோசோபைலாவில் ஸ்டர்ன் செய்த சோதனையின் ஜெனிட்டிக் சைட்டலாஜிகல் குறுக்கெதிர் மாற்றத்தின் செயல்முறை விளக்கம்

சிவப்பு நிறமும் வட்டக் கண்களுமுடைய பெண் பழப் பூச்சியையும் (Car. B/+ +), கார்னேஷன் நிறமும் குறுகிய கண்களையுமுடைய ஆண் பழப்பூச்சியையும் (Car +/) இனக் கலப்புச் செய்தார். பெண் பூச்சியிலுள்ள இரண்டு X குரோமோசோம்களும் குறியிடப்பட்டிருந்ததால் அதாவது ஒன்றுக்கொன்று வேறுபட்டுக் காணப்பட்டதால் ஆண் பூச்சியிலுள்ள X குரோமோசோமிலிருந்து வேறுபட்டுத் தோன்றின. இதை நுண்ணோக்கியின் மூலம் காணவும் முடிந்தது.

இந்த இனக்கலப்பின் வழித்தோன்றிகளை வகைப்படுத்தி நுண்ணோக்கியின் மூலம் அவற்றின் குரோமோசோம்களை ஆராய்ந்தார். தோற்றவழி அமைப்பிலிருந்து (Phenotype) குறுக்கெதிர் மாற்றம் நடைபெற்றிருக்கவேண்டும். அன்று அனுமானித்த பூச்சிகளில் காணப்பட்ட குறுக்கேற்றத்தை நுண்ணோக்கியின் மூலம் கண்டார். இவ்வாறாகக் குறுக் கேற்றம் என்ற தத்துவமானது செல்லியல் செயல் முறைப் படி உறுதிப்படுத்தப்பட்டது.

மேலும் குறுக்கேற்றமானது இனச்செல்கள் குன்றல் பிரிவு முறையில் பிரியும் போது நிகழ்கிறது என்றும், குரோமோசோம்கள் நான்கு இழைகளாக (4 Stand) இருக்கும் நிலையில் நிகழ்கிறது என்றும், இந்நான்கு இழைகளிலும் இரண்டில்தான் காணப்படுகிறது என்றும் தெளிவாகத் தெரிந்தது. குறுக்கேற்றத்தின்போது ஒத்த குரோமோ சோமின் பகுதிகள் பரிமாறப்படுகின்றன என்பதும் திட்ட வட்டமாகத் தெரிந்தது.

குறுக்கேற்றம் இயங்குமுறை (Mechanism of Crossing Over)

குறுக்கேற்றம் இயங்கும் முறை இன்றுவரை தெளிவாகப் புரியவில்லை. இருந்தபோதிலும் சில அடிப்படையான கருத்துக்கள் தெரிந்திருக்கின்றன. அவையாவன :

1. குறுக்கேற்றம் என்பது இரண்டு இழைகளுக்கிடையே நடைபெறும் ஒரு செயல். இது பாச்சினீமாவின் (Pachynema) கடைப்பகுதியில் நடைபெறுகிறது.

2. இது மிகவும் நுட்பமாக நடைபெறும் நிகழ்ச்சியே யாகும்.

3. குறுக்கிடுதல் (Interference) முறையினால் வெகு சமீபத்திலிருக்கும் ஜீன்களுக்கிடையே குறுக்கேற்றம் நடப்பதில்லை.

4. குறுக்கேற்றத்தின் நிகழ்வெண் வயது, பால், மரபு வழித்தோற்றம், வெப்பம் முதலிய வெளிக் காரணங்களாலும் பாதிக்கப்படும்.

5. ஓர் ஈரிணைத்திறனுடைய குரோமோசோமில் (Bivalent Chromosome) இரண்டு அல்லது 2, 3 அல்லது 4 இழைகளில்

ஏற்படக்கூடியது. அதற்கு மேலாகக் குறுக்கேற்றங்கள் ஏற்பட்டால் நிகழ்வெண் நியதியற்ற முறையில் ஏற்படக் கூடும்.

குறுக்கேற்றம் இயங்கும் விதத்தைப் பற்றி விவரிக்கச் சிறப்பாகச் சில முக்கியக் **கொள்கைகளுள்ளன** (Theories) :

முதற் கொள்கை : டார்லிங்க்டன் (Darlington) என்பவரின் கருத்தை அடிப்படையாகக் கொண்டது. குன்றல் பிரிவின் புரோ:பேஸில் (Prophase) குரோமேட்டிட்கள் (Chromatids) உடைந்து திரும்பவும் சேருகின்றன என்பதாகும்.

இரண்டாவது கொள்கை: பெல்லிங் (Belling 1932) என்பவரின் தத்துவத்தை அடிப்படையாகக் கொண்டது. குரோமேட்டிட்கள் இரட்டிப்படைந்து புது குரோமேட்டிட் இழைகள் தோன்றும்போது மாறி இணைதல் நிகழ்கிறது எனக் கூறுகிருர்.

மூன்ருவது கொள்கை : மேலும் அல் (Uhl) என்பவர் கூறுவதாவது : ஒரு செல்பிரிவதற்கு முன்னரே டிஎன்ஏ (DNA) மாலிக்கூல்கள் உண்டாக்கப்படுகின்றன. அப்பொழுது குரோமோசோம்கள் டிஎன்ஏ-யினுல் ஆன துண்டுகளாகக் காணப்படுவதாகவும், அத்துண்டுகள் சங்கிலிப் பிணைப்பினுல் (Links) இணைக்கப்பட்டு இருப்பதாகவும் கொண்டார். டிஎன்ஏ உண்டாக்கப்படுவதற்குமுன் அதன் இரட்டைச் சுருள்கள் பிரிகின்றன. சங்கிலிப் பிணைப்புக்கள் ஏதாவது ஓர் இழையுடன் சேர்கின்றன என்று விளக்கிஞர்.

அதனுல் டிஎன்ஏ பல கூறுகளாகப் பிரிந்திருந்தாலும், சங்கிலிப் பிணைப்புக்கள் ஆங்காங்கு இணைந்திருப்பதால் குரோமோசோம்கள் வெவ்வேறு துண்டுகளாகக் காணப்படுவதில்லை. பின்னர்க் குறுக்கிணை (Synapsis) ஏற்படுகின்றது. அதற்குப் பின் புதுச் சங்கிலிப் பிணைப்புக்கள் உண்டாகி டிஎன்ஏ மாலிக்கூலின் பல கூறுகளை ஒன்ருகச் சேர்க்கின்றன. அப்பொது வெவ்வேறு டிஎன்ஏ மாலிக்கூல்களை அவை இணைக்கக்கூடும் என்றும், அதனுல் விளைவது குறுக்கேற்றம் என்றும் கூறுகிருர்.

நான்காவது கொள்கை : ஒயிட்ஹவுஸ் (Whitehouse) என்பவர் கருத்தின்படி ஒத்த குரோமேட்டிட்கள் ஒவ்வொன்றும் ஒரு

டிஎன்ஏ மாலிக்கூலுக்கு நிகராயுள்ளது. டிஎன்ஏ மாலிக் கூல்கள் நியூக்ளியோட்டைட் சங்கிலிகளால் ஆனவை. ஒரு குரோமேட்டிட்டில் ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் இச்சங்கிலிகள் ஒடிகின்றன. மற்றக் குரோமேட்டிட்டிற்கு இணையாகப் புது நியூக்ளியோட்டைட்கள் (Nucleotides) உருவாகின்றன. அப் பொழுது அவைமாறி இணைந்து விடுகின்றன.

இவ்வாறு குறுக்கேற்றம் இயங்கும்முறையைக் குறித்து அநேகக் கருத்துக்கள் உள்ளன. ஒரு வகைக்கு மேற்பட்ட முறைகள் குறுக்கேற்றத்திற்குக் காரணமாயிருக்கலாம்.

குறுக்கெதிர் மாற்றம் அநேக உயிரினங்களில் காணப் படுகிறது. இம்முறை, மாறுதல்கள் ஏற்படுவதற்குக் காரண மாயிருக்கின்றபடியால் படிமலர்ச்சிக்கொள்கைக்கு (Evolution) அடிப்படையாகவும், இன்றியமையாததாகவும் இருக்கின்றது.

10. நிலையான திடீர் மாற்றங்கள்

(Mutations)

1791-ஆம் ஆண்டு செத்ரைட் (Seth Wright) என்ற ஆங்கில உழவர் தம்முடைய ஆட்டு மந்தையில் ஒரு குள்ள ஆண் ஆட்டைக் கண்டார். அது குறுகிய கால்களுடனும், உடற் கட்டு அழகற்றும் இருந்தது. அக்குள்ளமான ஆட்டைப் போல் எல்லா ஆடுகளும் இருந்தால், கற்சுவரை உயரமாகக் கட்டாமலும், அடைப்புக்களுக்கு அதிகம் செலவு செய்யாமலும் இருக்கலாமே என்று கருதினர். மேலும் அவை தாவிக் குதித்துப் பயிர்களை அழிப்பதும் குறைபடுமே என்றும் எண்ணினர். அம்மாதிரியான குள்ள ஆடுகளை மட்டும் மிகக் கவனமாக இனக்கலப்புச் (Breeding) செய்து பயனும கண்டார். அவ்வாருன குள்ள ஆடுகளுக்கு "அன்கான் வம்சம்" (Ancon Breed) என்று பெயரிட்டார்.

இம்மாதிரியான குள்ள ஆடுகள் உண்டாவதற்கு ஒடுங்கும் நிலையான திடீர்மாற்றங்களே (Recessive Mutations) காரணம் என்றும் அவர் கூறினர். *1925*-ஆம் ஆண்டு நார்வேயிலும் இம்மாதிரி ஆடு ஒன்று மற்ெருரு மந்தையில் காணப்பட்டது. தென் அமெரிக்காவில் ஆரஞ்சு மரக்கிளை ஒன்றில் விதையற்ற ஆரஞ்சுகள் வளர்ந்ததைக் கண்டார்கள். முதலில் வளரும் பூக்களிலிருந்து பழம் உண்டாகி, அது உடையப்பெற்று, அதைச் சுற்றி இரண்டாம் கனிகள் வளர்ந்தன. அவ்வாறு வெடித்த பகுதிக்குமேல் மற்ெருரு பழம் கதுப்பாகவே வளர்ந்தது. இதுவும் மேற்கூறிய குள்ளஆடு போன்றது என்று கருதினர்கள். மேலும் பல புது மாதிரியான சோதனைகள் மூலம் புதுப்புதுச் செடிகள் உண்டாவதுபற்றி *1901*-ஆம் ஆண்டு ஹியூகோடீவரிஸ் (Hugo De Vries) என்ற தாவரவியல் வல்லுநர் நன்கு விளக்கினர். அந்தி மந்தாரை என்ற ஈனேத்

தீரா லெமார்க்கியாஞு (Oenothera Lamarckiana) செடியின் பூவில் அவர் பல வண்ணங்களைக் கண்டார். அவ்வண்ணங்களைக் கொண்டு அவர் பல நிலையான திடீர் மாற்றங்களை விளக்கிஞர். மேலும் 1910-ஆம் ஆண்டு டி. எச். மார்கன் (T. H. Morgan) என்பார் கொலம்பியா பல்கலைக் கழகத்தில் தாம் ஆய்ந்த சோதனைகளின் மூலம் (டுரோசோபைலாவின்) பழப்பூச்சியின் பலவேறு கண்களின் நிறங்களைக் கண்டு காரணத்தையும் விளக்கிஞர். எச். ஜே. முல்லர் (H. J. Muller) X-கதிர்கள் மூலமும், ஆவர்பாக் (C. Auerbach) என்பவர் சில வேதியியற் பொருள் தூண்டிகள் மூலமும் சில பூச்சிகளிலும், தாவரங்களிலும் நிலையான திடீர் மாற்றங்களை உண்டாக்கிஞர்கள். மேற்கூறியவற்றிற்குக் குரோமோசோம் அல்லது ஜீன்களில் ஏற்பட்ட நிலையான திடீர் மாற்றங்களே காரணமென்று எல்லோரும் கூறினர். அக்காலத்தில் இவ்வாருன மாற்றங்களுக்கு ஸ்போர்ட் (Sport) என்று பெயர்.

சுருக்கமாக மியூட்டேஷன் வரலாற்றைக் கூறவேண்டுமாஞல் நான்கு பிரிவுகளாகப் பிரித்து விளக்கலாம்.

I. *முதற்பகுதி (1900-1927)* : மெண்டல் செய்த சோதனைகள், டார்வினின் பான்ஜெனிசிஸ் கோட்பாடு (Pangenesis Theory), டீவரிஸ் கொள்கை, மார்கன்-முல்லரின் ஆய்வுகள்.

II. ***இரண்டாம் பகுதி (1927-1945)*** : முல்லர், ஸ்டேட்லர் X-கதிர்கள் மூலம் மியூட்டேஷன்கள் உண்டு பண்ணல், குரோமோசோம்களின் பிரட்சிகள், ரேடியோ வேதியியற் பொருள்களின் பயன், வேதியியல் தூண்டிகளைப் பயன்படுத்துதல் முதலியன.

III. *மூன்ரும் பகுதி (1945-1953)*: வேதியியல் மியூட்டேஷன்கள், நுண்ணிய உயிரிகளின் மரபியல் (பேக்டீரியா, வைரஸ்களில்), இரண்டாம் உலகப்போரில் பயன்படுத்திய வேதியியற் பொருட்களின் விளைவுகள், மியூட்டேஷன்களுக்கு வேதியியல் விளக்கங்கள், வாட்சன்-கிரிக் கண்ட டிஎன்ஏ-யின் மாற்றங்கள் முதலியன.

IV. ***நான்காம் பகுதி (1953-1969)***: வாட்சன்-கிரிக் விளக்கிய டிஎன்ஏ-யின் மூலம் மியூட்டேஷன் விளக்கம், இரட்டித்தல், பேக்டீரியோ ஃபேஜ்களின் மூலம் விளக்கங்கள்,

மியூட்டேஷன்களைத் தூண்டி வைத்தியத்துறையில் (ஸ்ட்ரெப்டோ மைசின்) பயன்படுத்துதல், rII, T4 ஜீன் களின் விளக்கம்.

ஜீன்களின் திடீர் மாற்றங்கள் இருவகைகளில் ஏற்படும். அவையாவன :

I. **நிலையான தன்னியல் திடீர் மாற்றங்கள்** (Spontaneous Mutation)

II. **நிலையான தூண்டியல் மாற்றங்கள்** (Induced Mutations)

I. **நிலையான தன்னியல் திடீர்மாற்றங்கள்:** தனிப் பண்புகள் ;

(அ) ஒரு குறிப்பிட்ட ஜீனின் (மரபணுவின்) மாற்றம் திரும்பத்திரும்ப நடைபெற்றுக் கொண்டிருக்கும் (Recurrent). காலப் போக்கில் ஒரு குறிப்பிட்ட ஜீனின் மாற்றம் திரும்பவும் நிகழ்வதைக் காணலாம். இன்று காணப்படும் ஒரு குறிப்பிட்ட ஜீனின் மாற்றம் கடந்த காலத்தில் பல தடவைகள் நடந்திருக்கக் கூடும்.

(ஆ) திடீர் மாற்றம் நடைபெறுவது அந்த ஜீனின் நிலை யான தனித்தன்மையைப் பொறுத்தது (Stability).

(இ) திடீர் மாற்றங்கள் சில சமயங்களில் பழைய நிலையை அடையக் கூடியன (Reversible).

(ஈ) இவற்றிலிருந்து ஒரு குறிப்பிட்ட ஜீனின் பல மாற் றங்கள் பல்கூட்டு அல்லீல்களாக மாறுகின்றன (Multiple Alleles).

மேற்கூறிய இருவகைகளில் ஏற்படும் மாற்றங்களையே நிலையான திடீர் மாற்றங்கள் அல்லது மியூட்டேஷன்கள் என்று பழக்கமாகக் கூறுவதுண்டு. ஆனால் வேறு வகை களில் கூட இம்மாற்றங்களை வகைப்படுத்துவதுமுண்டு. அவையாவன :

I. ஜீன்களின் மாற்றங்கள் அல்லது புள்ளி மாற்றங்கள் (Point Mutaions).

II. குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கையில் மாற்றங்கள் (Numerical Changes). இவை கீழ்க்கண்ட முறையினால் நிகழும்.

1. குரோமோசோம் செட்டுக்களின் பலமயம் (Polyploidy), ஒற்றைமயம் (Haploidy) எண்ணிக்கைகள் கூடுவது அல்லது குறைவது.

2. முழுமையான குரோமோசோம்களின் செட்டில் கூடுதல் அல்லது குறைதல் (ஹெட்டிரோ பிளாய்டி-Heteroploidy).

III. குரோமோசோம்களின் பகுதிகளில் (Segments) மாற்றங்கள் (Structural Changes) : இவை கீழ்க்கண்ட முறைகளினால் நிகழும் :

1. ஒரே குரோமோசோமின் பகுதிகள் மாறியமைதல் (Inversions).

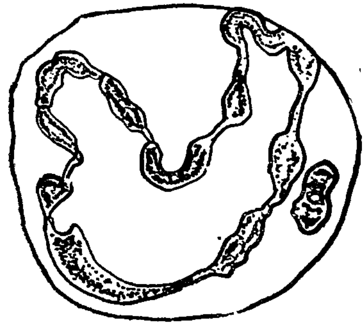
2. குரோமோசோம்களுக்கிடையில் பகுதிகள் மாறியமைதல் (Translocations).

3. குரோமோசோம் பகுதிகள் ஒழிதலும், இரட்டித்தலும் (Deletions and Duplications).

மேற்கூறிய II, III பிரிவுகள் குரோமோசோம் பிரட்சிகள் என்ற தலைப்பில் விளக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இங்குப் பொதுவாக, நிலையான திடீர் மாற்றங்களைப் பற்றிச் சில எடுத்துக் காட்டுக்களுடன் ஆராய்வோம்.

எ. கா. 1 : ஈனோத்தீரா லெமார்க்கியானா (Oenothera Lamarckiana) என்ற செடிகளில் இம்மாதிரியான மாற்றங்களைக்காணலாம். இச்செடிகள் அமெரிக்காவில் முதலில் சாலையோரங்களில் தோன்றினாலும் ஹாலந்து போன்ற மற்ற நாடுகளிலும் காணப்படுகின்றன. அங்கு இவை, களைச்செடிகள் போல் (Weeds) வளர்ந்துள்ளன. டிவரிஸ் என்ற விஞ்ஞானி இச் செடியைப் பயன்படுத்திப் பல்வேறு தோற்றங்களில் மாறுபடச் செய்தார். உயரம், நிறம் போன்ற பண்புகளைக் கொண்டு அவர் ஆராய்ந்தார். சில செடிகள் சாதாரணச் செடியைவிடப் பெரியனவாகவும், (O. Gigas), இன்னும் சில சிறியனவாகவும் (O. Nanella) நிறவேறுபாட்டுடனும் இருந்தன. இவ்வேறுபாடுகளுக்குக் காரணம் ஜீன்களில் ஏற்பட்ட மாற்றங்களே என்றும், அம்மாற்றங்கள் அச்செடியின் வழித் தோன்றிகளில் நிலைத்துவிட்டன என்றும் கண்டார். ஆனால்

அவர் எண்ணியதுபோல் ஜீன்களின் மாறுபாடு காரணம் அன்று என்றும், குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கை மாறுபாடே காரணம் என்றும் பின்னால் தெரியவந்தது (படம் 76). சாதாரணச் செடியின் குரோமோசோம் எண்ணிக்கை 41 ஆகும். பெரிய செடிகளில் குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கை 28 ஆகும். குரோமோசோம்கள் இரட்டிப்பாக இருந்ததினால் பெரியனவாகக் காணப்பட்டன என்று தெரிகிறது. திடீரென்று எண்ணிக்கை மாறுபட்டதே இதற்குக் காரணமென்றும், அப்பெரிய செடியின் வழித் தோன்றிகளில் அவ்வெண்ணிக்கை நிரந்தரமாகத் தென்பட்டது என்றும் தெரிகிறது. இத்திடீர் மாறுபாட்டைத்தான் டிவரிஸ் நிலையான திடீர்மாற்றம் அல்லது மியூட்டேஷன் (Mutation) என்று கூறினார்.



படம் 76

ஈனோத்திராவில் குரோமோசோம் காம்ப்ளக்ஸ்-குன்றல் பிரிவின் முதல் நிலையில் வளையம்போல் 12 & 1 சோடிகள் தோன்றுதல்.

ஏ. கா. 2 : டுரோசோபைலா மெலானோகேஸ்டர் (Drosophila Melanogaster) என்ற பழப்பூச்சியின் கண்கள் சாதாரணமாகச் சிவப்பாக இருக்கும். அவற்றிற்கிடையே வெள்ளைக் கண்களும் காணப்பட்டதை 1909-ஆம் ஆண்டு டி. எச். மார்கன் (T. H. Morgan) என்ற விஞ்ஞானி கண்டார். அவர் அதைப் பற்றி ஆய்ந்ததில் பால் குரோமோசோம்களின் X குரோமோசோமில் ஏற்பட்ட ஒரு ஜீனின் திடீர் மாற்றமே இதற்குக் காரணம் என்று கண்டார். சிவப்பு நிறத்தை உண்டாக்கும் நிறமிகள் (Pigments) உண்டாகாமல் போனதே இதற்குக் காரணமாகும். இதற்குரிய ஜீன்களின் மாற்றம் வெள்ளை நிறக்கண்ணை நிலைத்துவிட்டது. இந்நிறக்கண்கள், வழித்

தோன்றிகளிலும் தென்பட்டதால் சிவப்புநிறக் கண்கள் இனத்துடன், இப்புது இனமும் காணப்பட்டது. இம்மாற்றம் ஜீனில் ஏற்பட்டதால் இதற்குப் புள்ளி மியூட்டேஷன் (Point Mutation) அல்லது ஜீன் மியூட்டேஷன் (Gene Mutation) என்று பெயர். இவ்வாறே மற்ற உறுப்புக்களிலும் கால், உணர் கொம்பு போன்றவற்றிலும் திடீர்மாறுதல்கள் ஏற்படுவதுண்டு.

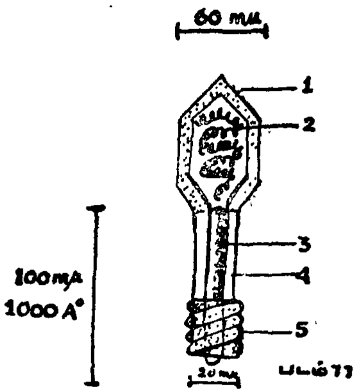
ஏ. கா. 3: **நியூரோஸ்போரா க்ராசா** (Neurospora Crassa) என்ற ரொட்டிக்காளானில் ஏற்படும் திடீர் மாற்றங்களினுல் உயிர் வேதியியல் (Biochemical) முறைப்படி செல்கள் பாதிக்கப்படுகின்றன. இதனுடன், தான் பெறும் உணவின் தன்மையும் மாறிக் கொள்கிறது. பி. ஓ. டாட்ஜ் (B. O. Do dge-1930) என்பவர் இதில் மரபியல் வேறுபாட்டை விளக்கினுர். பீடிலும், டாட்டமும்(G. W. Beadle and E. L. Tatum) 1945-ஆம் ஆண்டு அம்மாற்றங்களைக் காண ஒரு யுக்தியான வழியைக் கண்டுபிடித்தார்கள். சாதாரணமாகத் தேவைப்படும் ஊட்டச் சத்து ஊடகத்துக் காணப்படாத வேதியியற் பொருள் இம் மாற்ற மேற்படும் நியூரோஸ்போராவிற்குத் தேவையான தாகக் கண்டார். வெஸ்டர்கார்டு (Westergaard) என்பவர், அதற்குத் தேவையான வேதியியற் பொருள் என்ன என்று கண்டுபிடித்தார். பல்வேறு வளர்ப்புக்கள் (Culture) மூலம் இவர் எந்த வித வைட்டமின் தேவைப்பட்டது என்றும், அந்த வைட்டமின் எந்த ஜீனுல் ஆளப்படுகிறது என்றும் விளக்கினுர். படிப்படியாக மாறுதலடையும்போது எந்த ஒரு ஜீனுவது இல்லாதுபோனுல் என்னவாகும் என்றும் விளக்கினுர். உதாரணமாக அடினின் இல்லாது போனுல் (Adenineless) அதன் ஸ்போர்கள் (Spores) வளரா. அடினின் சேர்த்தால்தான் காளான்களாக அந்த ஸ்போர்கள் வளரும் என்று கண்டார். இவர்களுடன்கூட உழைத்த J. லீடர்பெர்க் (Lederberg) என்ற விஞ்ஞானியும் 1958ஆம் ஆண்டு இதற் காகக் கொடுக்கப்பட்ட நோபல்பரிசில் பங்கு பெற்ருர். இதிலிருந்தே ஒரு ஜீன் - ஓர் என்சைம் (நொதிப்பொருள்) கொள்கையும் (One Gene-One Enzyme Theory) உருவாயிற்று.

ஏ. கா. 4: **பாக்டீரியா** (Bacteria):- மிகக் குறுகிய காலத் தில் பாக்டீரியாக்கள் பலவாகப் பெருகுகின்றன. இப்பெருக் கத்திருல் பல்வேறு நிலையான திடீர்மாற்றங்களை உண்டு பண்ண முடிகிறது. அதனுல் அவற்றைக்கொண்டு பல மாற் றங்களைக் காணமுடிகிறது. ஆனுல் உயர் விலங்குகளில் வெகு காலங்களுக்குப் பின்பே திடீர் மாற்றங்களைக் காணமுடியும். ஓர் ஊட்டப் பொருளில் வளர்ந்த ஒன்று மற்ருேர் ஊட்டப்

பொருளில் வளராமல் இருந்து, பின் தேவைப்பட்ட பொருளைச் (Vitamin) சேர்த்து வளரவிடுவதால் பல உண்மைகளை உணர முடிகிறது. லூரியா (Luria), டெல்ப்ரக் (Delbruck), டெமரிக் (Demeric), ஃபேனோ (Fano) போன்ற விஞ்ஞானிகள் (1945) ஆராய்ந்து புதிய விளக்கங்களை இதற்கு அளித்துள்ளார்கள்.

எஸ்கேரேக்கியாகோலி (Escherichiacoli) என்ற சிறுகுடல் வாழ் பாக்டீரியாவைப் பயன்படுத்திப்பலவேதியியல், மரபியல் கொள்கைகளை விளக்கியுள்ளனர். இப்பாக்டீரியா குளுகோசுடன் கூடிய சில உப்புக்கள் உள்ள ஊட்ட ஊடகத்திலிருந்து வளர்ச்சிக்குத் தேவையான சர்க்கரை, பாஸ்ஃபேட், வைட்டமின், அமினோ அமிலங்களைத் தயாரித்துக் கொள்கின்றது. இவற்றில் ஏதாவதொன்று இல்லாது போனால் அது வளராது. அவ்விதமான காலனிகள்மீது X கதிர் ஏற்றப்பட்டுப் பின் அவ்வூட்ட ஊடகத்தில் வளரச்செய்தால் ஒரு சில வளரா. காரணம் அதில் சில திடீர்மாற்றங்கள் ஏற்பட்டதேயாகும். அதனால் அதிலுள்ள பொருள்களைக்கொண்டு வைட்டமின் அமினோ அமிலங்களைத் தயாரிக்கமுடியாது போனதேயாகும். இதற்குக் காரணம் ஒரு தனி ஜீன் என்றும் தெரிகிறது.

அலெக்சாண்டர் ஃபிலமிங் (Alexander Fleming) 1920-ல் பென்சிலியம் (Penicillum) என்ற காளானிலிருந்து உயிர் எதிர்கள் அல்லது ஆண்ட்டிபயோட்டிக்கள் (Antibiotics) தயாரித்து அதைப் பயன்படுத்தினார். அவ்வாறே கிரிஃப்த் (Griffith-1928) என்பவரும், சாகரும், ரயானும் (Sagar and Ryan-1961) பாக்டீரியா வளர்ப்புக்களில் புது மியூட்டண்ட்களை உண்டாக்கினார்கள். அவ் வளர்ப்புக்களில் பாக்டீரியாக் கொல்லிகளை (Bacterio Phage) (படம் 77) சேர்க்கும்போது பெரும்பாலான பாக்டீரியாக்கள் அழிந்துவிடுகின்றன. சில அவற்றை எதிர்க்கும் ஆற்றல் பெற்றுத் தப்பிவிடுகின்றன. இவ்வித எதிர்ப்பு ஆற்றல் இருவகைகளில் தோன்றி இருக்கக்கூடும்.



T- ஃபேஜின் அமைப்பு
1. புரொட்டீன் உறை
2. டி என் ஏ
3. வாலின் உட்பகுதி
4. வாலின் உறை
5. வாலின் இழை.

1. பாக்டீரியாக் கொல்லிகளைச் சேர்ப்பதற்கு முன்பே எதிர்ப்புச் சக்தியைக் கொடுக்கும் திடீர்மாற்றங்கள் ஏற்பட்டிருக்கலாம். 2. பாக்டீரியாக் கொல்லிகளைச் சேர்ந்த பின் பாக்டீரியாக்களிலுள்ள ஜீன்களில் ஏற்பட்ட திடீர் மாற்றங்களால் அவை எதிர்ப்புச் சக்தி வாய்ந்தவையாக மாறி இருக்கலாம். அல்ட்ராவயலட், Xகதிர்கள் போன்றவற்றைப் பயன்படுத்தியும் புதுமாற்றங்களை உண்டாக்கியுள்ளனர்.

எ. கா. 5 : மனிதன்

மனிதனில் ஏற்படும் நிலையான திடீர் மாற்றங்களை அவனிடம் காணும் பரம்பரை நோய்களையும், சில இயற்கைக்கு மாறுபட்ட குணங்களையும் கொண்டு விளக்கலாம்.

அ. குருதிப்பற்று நோய் (இரத்த உறைவின்மை நோய்) (Haemophilic)

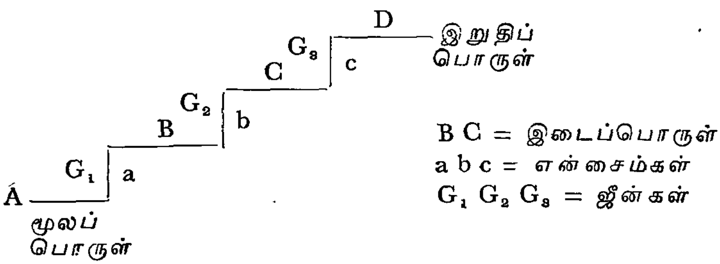
இது ஒரு பரம்பரை நோயாகும். பெரும்பாலும் இந்நோய் ஆண்களிடையே காணப்படுகின்றன. இந்நோயால் பாதிக்கப் பட்டவர்கள் உடலில் ஏற்படும் காயங்களிலிருந்து வரும் இரத்தம் உறைவதில்லை. எனவே இரத்தம் அதிகம் வெளியேறுவதால் அவர்கள் இறந்து விடுகிறார்கள். இந்த இரத்த உறைவின்மைக்கு X குரோமோசோமில் உள்ள ஜீனில் ஏற்படும் திடீர் மாற்றமே காரணமாகும். ஆண்களில் ஒரே ஒரு X குரோமோசோம் மட்டும் இருப்பதால் இந்நோய் அவர்களிடம் மிகுந்தும், பெண்களில் இரு X குரோமோசோம்கள் இருப்பதால் குறைந்தும் காணப்படுகிறது. பெண்களிடம் இந்நோய் காணப்பட்டால் இரு குரோமோசோம்களிலும் மியூட்டேஷன் ஏற்பட்டிருக்க வேண்டும். பொதுவாக இரு குரோமோசோம்களில் ஒன்று தாயிடமிருந்தும், மற்றொன்று தந்தையிடமிருந்தும் வருவதால், இந்த இரண்டும் மாறுபாடு கொண்ட ஜீன்களைக் கொண்டிருக்கும் (Heterozygous Condition). ஆகவே பெரும்பாலான பெண்களிடம் இந்நோய் காணப்படுவதில்லை. பெற்றோர்கள் இருவருக்கும் அந்நோய் இருந்தால் அவர்களுக்குப் பிறக்கும் பெண்களுக்கு அந்நோய் வரக்கூடும்.

ஆ. அல்காப்டோநியூரியா அல்லது சிறுநீர் கருநிறமாதல் (கறுப்புச் சிறுநீர்) (Alcaptonuria-Black Urine)

ஏ. இ. ஜெர்ராட் (Gerrod A. E.) என்ற ஆங்கில மருத்துவர் 1908-ஆம் ஆண்டு இந்நோயைக் கண்டுபிடித்தார். இவரை வேதியியல் மரபியலுக்குத் தந்தை என்றும் கூறுவதுண்டு. இந்

நோய் சிறியவர்களிடத்தே (ஆண்களிடம்) அதிகம் காணப் படும். இதனால் பாதிக்கப்பட்டவர்களின் சிறுநீர், வெளிக் காற்றுப் பட்டதும் கறுப்பாக மாறி விடுகிறது. இந்நோய் திடீர் மாற்றமடைந்த ஒடுங்கிய ஜீனால் உண்டாகிறது என்றும் அவர் உணர்ந்தார்.

பொதுவாக உடலில் பல வேதியியல் பொருள்கள் மாற்ற மடைய என்சைம்கள் அல்லது நொதிகள் (Enzymes) பயன் படுகின்றன. வளர்சிதை மாற்றத்தில் ஒவ்வொரு மாற்றத் திலும் ஒரு பொருள் நன்றாக மாறத்தக்க என்சைம் தேவைப் படுகிறது. ஓர் என்சைம் ஒரு வேலையை மட்டுமே செய்கிறது. அடுத்து மற்றோர் என்சைம் அடுத்த வேலையைச் செய்கிறது. அடுத்து மற்றோர் என்சைம அடுத்த வேலையைச் செய்கிறது. அதாவது $A \xrightarrow[G_1]{(1)} B \xrightarrow[G_2]{(2)} C$ etc என்று படிமுறையாகக் கொண்டால் ஒவ்வொரு படிமுறை நிலையிலும் ஒவ்வோர் என்சைம் செயல்படுகிறது. இங்கு எண்கள் என்சைம்களைக் குறிக்கின்றன. ஒவ்வோர் என்சைமும் ஒவ்வொரு ஜீனால் (G_1, G_2) உண்டாக்கப்படுகிறது (படம்).

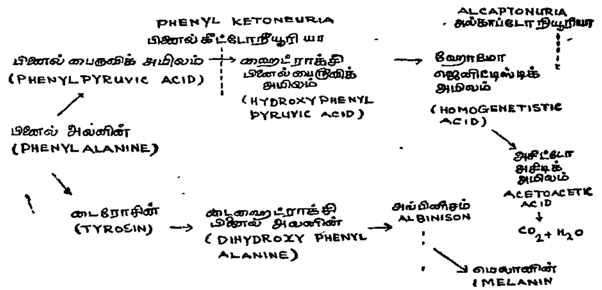


இதற்கு **ஒருஜீன்-ஓர்என்சைம் கொள்கை** (One Gene-one Enzyme Theory) என்று பீடிலும், டாட்டமும் கூறினர். இதையே **ஒரு ஜீன்-ஒரு புரோட்டீன் கொள்கை** (One Gene-One Protein Theory) என்றும் கூறுவதுண்டு.

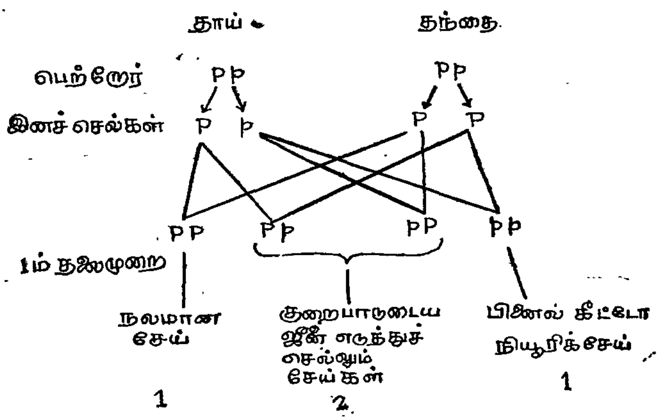
இதைக்கொண்டு மேற்கூறிய நோயைப்பற்றி ஆய்ந்த போது உடலில் கழிவுப்பொருள்கள் உண்டாகும்போது ஹோமோஜெண்டிஸ்டிக் அமிலம் (Homogentistic Acid) அசட்டோஅசிட்டிக் அமிலமாக (Acetoacetic Acid) மாற வேண்டும். இம்மாற்றம் ஏற்படுவது படிப்படியாக வளர்சிதை மாற்றத்தின்போது நடைபெறுகிறது. இதற்குக் காரணம் பினைல் கீட்டோ நியூரியா (Phenyl Ketoneuria)என்ற வேதியியற்

பொருளாகும். இந்நோயுடைய குழந்தைகள் மூளைக்கோளாறு களினால் பாதிக்கப்பட்டு அறிவிலிகளாக PKu (Idiots) இருப்பார்கள். சில சாதாரண மாற்றங்கள்கூட இவர்களின் வளர்சிதை மாற்றங்களில் நடைபெற முடிவதில்லை. பினைல்பைரூவிக் அமிலத்தை ஹைட்ராக்சிபினைல் பைரூவிக் அமிலமாக (Hydraxy Phenyl) மாற்றி அதை நீர் (H_2O), கார்பன் டை ஆக்சைட் (CO_2) என்ற சிறுகழிவுப் பொருள்களாக மாற்றவேண்டும். இம் மாற்றங்கள் நடைபெறுமல் வேதியியல் தடைகள் (Chemical Block) மியூட்டேஷனால் ஏற்படுகின்றன. அது என்சைம் உண்டாவதைத் தடைப்படுத்துகிறது. அதற்குக் காரணம் ஜீன் கட்டுப்பாடேயாகும் (படம்).

இவ்வாறே நிறமற்ற நிலையும் (அல்பினிசம் - Albinism) உண்டாகிறது.



பினைல் கீட்டோநியூரியாவின் மரபுவழி விளக்கம்.



P=சாதாரண ஓங்கிய அல்லீல்.

p=பின்னல் கீட்டோ நியூரியா ஒடுங்கிய அல்லீல்.

நிலையான திடீர் மாற்றங்களின் விளைவுகள் (Effects of Mutations)

நிலையான திடீர் மாற்றங்களினால் உயிரினங்களில் பல விளைவுகள் ஏற்படுகின்றன. திடீர்மாறிகள் (Mutants) எல்லா வகைக் கூறுபாடுகளிலும் (Traits) பெற்றோர்களை விட மாறுபட்டுக் காணப்படுவதுண்டு. இம்மாறுபாடுகள் தோற்றங்களிலும், உள்ளமைப்புக்களிலும் அல்லது உயர் வேதியியல் கூறுகளிலும் காணப்படும். இதன் விளைவுகள் பெரும்பாலும் தீமை பயப்பனவேயாகும். சிலவற்றில் நன்மை விளைவிக்கின்றன. உதாரணமாக டுரோசோபைலாவில் பல்வேறு இனங்கள் உண்டாவது இவ்வித திடீர் மாற்றங்களினாலேயே ஆகும். கண்நிறம், உருவமைப்பு, இறக்கையின்மை போன்றவை உண்டாகின்றன. மேலும் பாற்குணங்கள் (Sex Characters), கருவுறத்தக்கநிலை (Fertility), நீண்ட ஆயுள்தன்மை (Longevity), சீரப்படிவுப் பண்புகள் (Serological-preparation), ஊடல் (Courtship), கூடல் (Mating) போன்றவற்றிலும் மாறுபாடுகள் காணப்படும். சில சமயங்களில் ஜீன்கள் கொல்லிகளாகவும் (Lethals) மாறுவதுண்டு.

நிலையான திடீர் மாற்றங்கள் எந்நிலையில் ஏற்படுகின்றன?

இம்மாற்றங்கள் எந்நிலையிலும் ஏற்படலாம்.

1. முதிர்ந்த இனச்செல்களில் (Mature Gamete) ஏற்பட்டால் இளங் கன்றுகளில் (Offspring) ஒரே உயிரியல் மட்டும் இம்மாற்றங்கள் காணப்படும்.

2. கருவுற்றபின் முதற் பிரிவின்போது சேய்க் குரோமோசோம்களில் ஒன்றில் ஏற்பட்டால், அதிலிருந்து உண்டாகும் உயிரியின் ஒருபாகத்தில் இத்திடீர் மாற்றம் காணப்படும்.

திடீர் மாற்றங்கள் பழையநிலையடைதல் (Reversiblity of Mutation)

எவ்விதத் திடீர் மாற்றங்களும் சில சமயங்களில் பழைய நிலைக்கே மாற்றமடைவதுண்டு. இதற்கு "மரபு மடக்கம்" (Reversion) அல்லது அட்டேவிசம் (Atavism) என்று பெயர்.

A என்ற ஜீன் திடீர் மாற்றத்தால் a என்ருகிறது. பின் a என்ற இந்த அல்லீல் A என்ற பழைய நிலையை அடைகிறது. (உ-ம்) பாக்டீரியா, டுரோசோபைலா. ஆனல் இம் மரபு மடக்கம் மிக அபூர்வமே.

II. தூண்டப்பட்ட திடீர் மாற்றங்கள் (Induced Mutations)

நிலையான திடீர் மாற்றங்களைச் செயற்கை முறையில் உண்டுபண்ணலாம். X கதிர்கள், அல்ட்ராவயலட் கதிர்கள், வேதியியற் தூண்டிகள், வெப்பம் போன்றவற்ருல் தூண்ட முடியும். X கதிர்களை 1895-ஆம் ஆண்டு ஜெர்மன் நாட்டுக் கொன்ராட் ராஞ்சன் (Konrod Roentgen) என்ற உர்ஸ்பர்க் (Wurzburg) பல்கலைக் கழகப் பூதவியல் பேராசிரியர் கண்டு பிடித்தார்.

1. X கதிர்கள்

டெக்ஸாஸ் பல்கலைக்கழகத்தைச் சேர்ந்த எச். ஜே. முல்லர் என்ற மரபியல் வல்லுநர் X அயனக் கதிர்களைக் கொண்டு பல்வேறு மாற்றங்களை டுரோசோபைலாவில் உண்டாக்கினர். இவர் டி. எச். மார்கனின் மாணவர் ஆவார். இயற்கையாக நிகழும் திடீர் மாற்றங்களைக் காட்டிலும் பன் மடங்கு அதிகமாகவே செயற்கை முறையில் உண்டாக்கலாம் என்று கண்டார். ஆனல் யாவும் கெடுதல் விளைவிப்பனவாகவே இருந்தன. எல். ஜே. ஸ்டேட்லர் (L. J. Stadler) என்பவர் பார்லியில் நிலையான திடீர் மாற்றங்களைச் செயற்கை முறையில் உண்டாக்கினர். இதில் ஓர் இரு சந்ததிகளிலேயே X அயனக் கதிர்களின் விளைவைக் கண்டறிய முடியும். 1946-ஆம் ஆண்டு முல்லர் செய்து காட்டிய சாதனைகளுக்காக அவருக்கு நோபல் பரிசு வழங்கப்பட்டது. மெண்டல் செய்த சோதனைகள் போலவே இவரும் திட்டமிட்டுப் பல தெளிவான முடிவுகளைக் கண்டார்.

1. அயனக் கதிர்கள் சில பொருட்கள் வழியாகச் செல்லும்போது அவை வெளிப்புறச் சுற்று வீதியிலுள்ள (Outermost Orbit) சில எலக்ட்ரான்களை இழக்கின்றன. இதனல் அவற்றின் சக்தி குறைகிறது. மேலும் அவை சம நிலையையும் (Neutral) இழக்கின்றன. இவ்வாறு சமநிலை இழந்த அணுவை அயான் (Ion) என்று கூறுகிருேம். அணு என்பது அணுத்திரள் அல்லது மாலிக்கூலில் (Molecule) ஒரு பகுதியாகும். ஒரு பொருளில் அயனக்கதிர்கள் செலுத்தும் போது அதிலுள்ள மாலிக்கூல்கள் வேதியியல் மாற்றங்களை அடைகின்றன. இம்மாலிக்கூல் ஒரே ஜீன்களாக இருந்தால்

அந்த ஜீன்களின் வேதியியல் மாற்றங்களை அடைகிறது. இவ்வாறு X கதிர்கள் ஜீனில் திடீர் மாற்றங்களை உண்டு பண்ணுகின்றன. குரோமோசோம்களிலும் இம்மாதிரியான மாறுபாடுகளை உண்டாக்குகின்றன. இதனால் குரோமோ சோம்களின் சில பகுதிகளை இழக்கவோ, மாற்றியமைக்கவோ நேரிடுகிறது.

2. அல்ட்ரா வயலட் கதிர்கள் (Ultra Violet Rays)

எட்கார் ஆல்ட்டன்பர்க் (Edgar Altenburg) என்பவர் முதன் முதலாக இக்கதிர்களைப் பயன்படுத்தினர். X கதிர்களைப் போல் இல்லாமல் இக்கதிர்கள் பட்ட இடங்களின் மேல் மட்டும் சிறிதளவே தூண்டியியக்கம் செய்ய வல்லதாகும். உதாரணமாக, டுரோசோபைலாவில் இக்கதிர்கள் நியூக்ளி யசை அடைய அதிக அளவுக் கதிர்கள் செலுத்தவேண்டும். ஆனால் X கதிர்களுக்கு அவ்வளவு அதிகமும், நேரமும் தேவைப்படுவதில்லை. இக்கதிர்கள் மகரந்தத் தூள்களில் பாய்ந்தால் அவற்றில் சில மாற்றங்களைச் செய்கின்றன. சோளத்தில் ஸ்டேட்லர் செய்த சோதனை ஒருபெரும் சாதனை யாகும்.

3. வெப்பம் (Temperature)

சில உயிரிகளில் வெப்பமும் நிலையான திடீர் மாற்றங் களைத் தூண்டுகிறது. முல்லரும், ஆல்ட்டன்பர்க்கும் (Muller and Altenberg) செய்த சோதனைகளில் டுரோசோபைலாப் பழப் பூச்சிகளின் நிலையான திடீர் மாற்ற விதம் (Rate) 17 0°C-யில் இருந்ததைவிட 27°C-யில் 2·5 மடங்கு அதிகமாக இருப்ப தாகக் கண்டார்கள். மனிதர்கள்கூட அதிகமான வெளி வெப்பத்தினல் பாதிக்கப்படுகிருர்கள். உடலின் உள்வெப்பம் பாதிக்காமலிருக்கவே விந்துச் சுரப்பிகள் உடலை விட்டு வெளியில் இருப்பதாகக் கூறுகிருர்கள். மேலும் அண்மையில் வாஷிங்டன் செய்தித் தாளில் வெளியான செய்தி கவனிக்கத் தக்க தொன்ருகும். இறுக்கிப்பிடிக்கும் கீழ் அணிகள் (Tight Underwears) அச்சுரப்பிகளை உடலுடன் ஒட்டச் செய்வதால் வெப்பம் தாக்கி விந்துக்களில் மியூடேஷன் ஏற்படக்கூடும் என்று கூறுகிறது. கீழ் மட்ட உயிரிகள், வெப்பத்தினல் பாதிக்கப்படுவது போல் உயர்தர விலங்குகள் பாதிக்கப் படுவதில்லை.

4. **வேதியியல் தூண்டிகள்** (Chemical Agents).

1939-ஆம் ஆண்டு தாமும், ஸ்டீன்பெர்க்கும் (Thom and Steinberg) முதன் முதலாக வேதியியல் தூண்டிகள் செல்களில் மியூட்டேஷன்களை உண்டுபண்ணியதாக வெளியிட்டார்கள். ஆஸ்பர்ஜில்லஸ் (Aspergillus) என்ற காளானில் நைட்ரஸ் வாயு நிலையான திடீர் மாற்றத்தை உண்டாக்கியதாகக் கூறினர்.

ஆர்பாக்கும், ராப்சனும் (Auerbach and Robson) பழப் பூச்சியில் செய்த சோதனைகளின் முடிவை வெளியிட்டபின் தான் வேதியியல் தூண்டிகளின் செயல்கள் நிச்சயிக்கப்பட்டன. 1940–ஆம் ஆண்டு கடுகு எண்ணெய் ஆவியை (நச்சாவி நீர்மம்-Allylisothiocyanate) பழப்பூச்சியில் செலுத்தி அதன் விளைவு களைக் கண்டனர். சுமார் 24% அளவு பால்-இணை மியூட் டேஷன்களை அது உண்டாக்கிற்று. இவ்வாயு இரண்டாம் உலகப்போரின்போது பயன்படுத்தப்பட்டதாகவும், மக்கள் பாதிக்கப்பட்டார்கள் என்றும் தெரிய வருகிறது. மேலும் பார்மால்டிஹைட் (Formaldehyde), ஈத்தைல்யூரித்தேன் (Ethyl-urethane), நைட்ரஸ் அமிலம் (Nitrous Acid), நைட்ரஜன் மஸ்டார்டு (Nitrogen Mustard), ஃபீனல் (Phenol), மாங்கனஸ் குளோரைட் (Manganous Chloride) போன்றவையும் மனிதனில் கேஃபின் (Caffeine) தியோபுரோமின் (Theobromine) அதிக அளவு பயன்படுத்தினாலும் மியூட்டேஷன்கள் ஏற்படும் என்று தெரிகிறது.

உயிரிகளுக்கேற்பவும், அளவிற்கேற்பவும் இவ்வேதியியல் தூண்டிகள் செயலாற்றுகின்றன என்றும் தெரிகிறது.

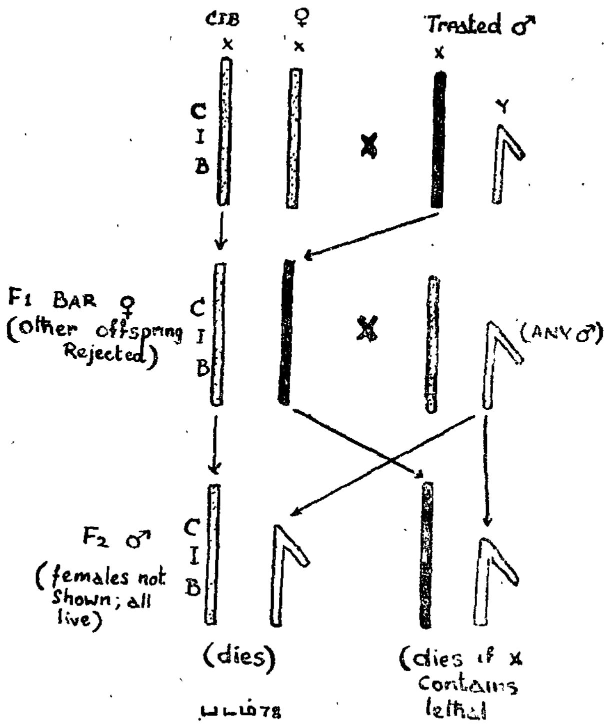
ஹைட்ரஜன் பெர் ஆக்சைட் நியூரோஸ்போராவில் மியூட் டேஷனில் எவ்வித மாறுதலையும் செய்வதில்லை. ஃபீனல், பழப்பூச்சியில் மியூட்டேஷனைத் தூண்டினாலும் நியூரோஸ் போராவில் தூண்டுவதில்லை.

டிஎன்ஏ-யின் அமைப்பிலுள்ள பியூரின் பிரிமிடீன்களின் அமைப்பில் மாற்றங்கள் ஏற்பட்டு இரட்டித்தால் மியூட் டேஷன்கள் உண்டாகின்றன என்று தெரிகிறது. தைமீன்-அடினின் சேர்க்கையில் (T–A), புரோமோயுராசில்-அடினின் (Bu–A) சேர்ந்தால் அவ்வாறு நிகழும். இச்சேர்க்கையின் பல வகைகளை ஈ.ஃபிரிஸ் (E-Freese) என்பவர் தெளிவாக விளக்கியுள்ளார்.

தூண்டப்பட்ட நிலையான திடீர்மாற்றங்களைக் கண்டு கொள்வது எப்படி?

1. ClB முறை (ClB Method)

இது தூண்டப்பட்ட பாலின் (Sex) திடீர் மாற்றங்களைக் கொண்டு கண்டு பிடிப்பதற்கு ஏற்பட்ட முறையாகும். இம்முறையை H. J. முல்லர் என்பவர் *1927*-ல் கண்டு பிடித்தார். டுரோசோபைலாவிலுள்ள X குரோமோசோமில் உண்டான திடீர் மாற்றக் கொல்லிகளைக் (Lethals) கண்டுபிடிப்பதற்கு இம்முறை கையாளப்பட்டது. இம்முறையில் குறிப்பிட்ட பெண் பழப்பூச்சிகள் உபயோகப்படுத்தப்பட்டன. ClB என்ற மூன்று எழுத்துக்களும் X குரோமோசோமில் அமைந்துள்ள மூன்று ஜீன்களைக் குறிக்கின்றன.



படம் 78

செயற்கை முறையில் நிலையான திடீர் மாற்றம் உண்டாக்குதல், ClB முறையில் கொல்லிகளைக் கண்டறிதல்.

C = குறுக்கேற்றத்தைத் தடுக்கும் ஜீன் (ஓங்கும் ஜீன் Cross Over Suppressor-C).

l = ஒடுங்கும் கொல்லி ஜீன் (Recessive Lethal).

B = நீண்ட கோட்டுக்கண்கள் (Bar Eyes) ஓங்கும் ஜீன்.

அப்பெண் பழப்பூச்சியின் மற்ளெரு X குரோமோசோம் சாதாரணமானதாகும் (Normal). இவ்விரு X குரோமோசோம்களும் கொண்ட டுரோசோபைலாவிற்கு ClB பெண் பூச்சிகள் என்று பெயர். சாதாரண ஆண் பூச்சியில் X கதிர் பாய்ச்சியபின் ClB பெண் பூச்சியுடன் இனக்கலப்புச் செய்தால் ஆண் வழித்தோன்றிகளில் சரிபாதி இறந்துவிடுகின்றன. எஞ்சியவற்றில் ஆண்பெண் விகிதம் 2 : 1 என்று தெரிய வந்தது. குறிப்பாக நீண்ட கோட்டுக் கண்களையுடைய பெண் பூச்சிகளிடத்தில் தாயிடமிருந்து பெற்ற ClB குரோமோசோமும், தந்தையிடமிருந்து பெற்ற X கதிர் பாய்ந்த X குரோமோசோமும் இருக்கின்றன (படம் 78). இந்த நீண்ட கோட்டுக்கண்ணுடைய மகள்களுடன் சாதாரண ஆண் பூச்சிகளை இனக்கலப்புச் செய்தால் 2-ஆம் தலைமுறையில் (F_2) பாதி மகன்கள் ClB குரோமோசோம்களைப் பெறுவதால் இறந்துவிடுகின்றன. மற்றப் பாதி X கதிர் ஏற்றப்பட்ட X குரோமோசோமில் கொல்லி ஜீன் (Lethal) பெற்றிருந்தால் அவையும் இறந்துவிடுகின்றன. ஆனல் F_2 பெண்கள்யாவும் தந்தையிடமிருந்து சாதாரண X குரோமோசோமைப் பெறு வதால் உயிர் தப்புகின்றன. 1-ஆம் தலைமுறையில் ClB பெண் பூச்சிகளுக்கு மகன்கள் இல்லாமல் மகள்கள் மட்டும் பிறந்தால் அப்பூச்சிகள் கதிர் ஏற்றப்பட்ட தந்தையிடமிருந்து கொல்லி ஜீனைப் பெற்றிருக்கின்றன என்று தெரிந்து கொள்ள லாம். ஆனல் தன்னியல் மியூட்டேஷன் முறையிலும் இம் மாதிரிநிலை ஏற்படுவதுமுண்டு. இம்முறையினல் பார்வைக்குத் தெரியும் (Visible) மியூட்டேஷனையும் (வெள்ளைக் கண்கள்) அறிந்து கொள்ளமுடிகிறது.

2. முல்லர்-5 முறை (Muller-5 Method)

மேற்கூறிய முறையைப்போல் முல்லர்-5 முறையும் கொல்லிகளைக் காணப் பயன்படுகிறது. முல்லர்-5 பெண் பூச்சிக்கு ஏப்ரிகாட் கண்ணும் (Apricot Eye $^{Wa}/_{wa}$) நீண்ட

கோட்டுக்கண்ணும் (Bar Eye $^B/_B$) உண்டு. இத்துடன் குறுக் கேற்றத்தைத் தடுக்கத் தலைமாற்றமும் (Inversion) காணப் படும்.

தூண்டப்பட்ட மியூட்டேஷன்களின் பயன்கள்

விலங்குகளைவிடப் பயிர்த்தொழில்களில்தான் கதிர் ஏற்றங் கள் மிகவும் பயன்படுகின்றன. சில புதிய பயனுள்ள தானிய வகைகள் உண்டாக்கப்பெற்றன. இருப்பினும் சிறுசதவீதமே பயனுள்ளதாக இருக்கின்றது. உதாரணமாகத் தாவரங் களில் குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கை குறைந்தால் மலட்டுத்தன்மைதான் (Sterility) நிலைபெறுகிறது. ஆனால் வால்ட்டன் சி. கிரிகரி (Walton. C. Gregory) செய்த தாவர வளர்ப்பில் கதிரியக்கங்களினால் வெற்றி கண்டார். பட்டாணி விதைகளில் (Peanuts) கதிர் ஏற்றப்பட்டுப் புதிய மியூட்டண்ட் வகைகளை உண்டாக்கி, அவற்றைப் பின்சேர்க்கை செய்ததில், புதிய, அதிக அளவு விளைச்சலைக் கண்டார். அவ்வாறே ரிச்சர்டு கால்டிகாட் (Richard Caldecott–*1959*) என்பவர் திராட்சைக் கொடியில் கதிர் ஏற்றம் செய்து மலட்டு மகரந் தங்களை உண்டுபண்ணினார். இச்செடிகளில் கொத்தாகத் திராட்சைகள் உண்டாகாமல் தளர்ந்த கொத்துக்களே காய்த்தன. இதனால் அதிக அளவு திராட்சைகள் கிடைத்தன. அவ்வாறே வேறொரு செடியில் விதையற்ற திராட்சைகள் காய்த்தன.

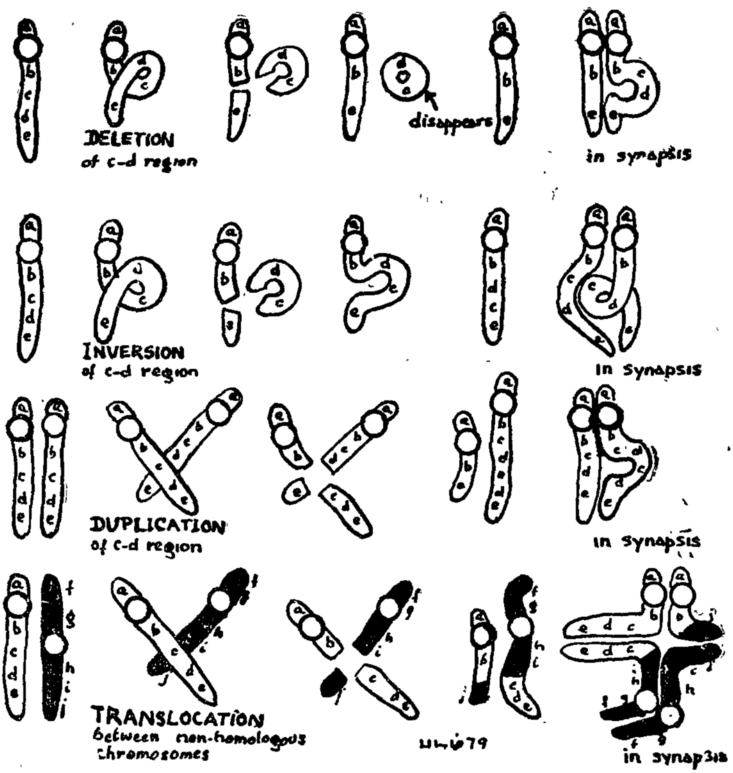
1945-ஆம் ஆண்டு ஜூலை *16*-ஆந் தேதி முதன்முதலாக ஹிரோஷிமாவில் (ஜப்பான்) வெடித்த அணுக்குண்டின் விளைவு என்ன என்பதை எல்லோரும் அறிவர். அக்குண்டிலிருந்து கிளம்பிய கதிர்களினால் பலர் பாதிக்கப்பட்டனர். பின் சந்ததிகள்தாம், மரபியல் தீங்கினால் பாதிக்கப்படுவார்கள். பல ஆண்டுகளுக்கு அவற்றின் தீமைகள் இருக்குமாகையால், அவற்றைப் பற்றி அறிய ஒரு தனி ஆய்வுக்கூடத்தை அணுச் சக்திக் கமிஷன் (Atomic Commission) நியமித்துள்ளது.

கட்டுப்பாட்டுடன் ஏற்றப்பட்ட கதிர்கள் வைத்தியத் துறையில் பயன்படுவது என்பது எல்லோருக்கும் தெரிந்ததே. ரேடியோ செயல்திறன் அயொடின் (Radio Active Iodine) தைராய்டுப் புற்றுநோயைக் குணப்படுத்தப் பயன்படுகிறது. அதிக அளவு கதிர்கள் உடலில் பாயப்பெற்றால் கெடுதல்கள் தாம் விளையும் என்பது தெரிந்ததே. ஐக்கிய நாட்டு ஒப்பந்தப்

படி ஹைட்ரஜன் குண்டு போன்றவற்றை எந்த நாடும் நாச வேலைக்குப் பயன்படுத்தக்கூடாது என்று இருப்பது எவ்வளவோ நன்மை பயப்பதாகும். இல்லையேல் மனித வர்க்கமே, ஏன்? எல்லா உயிரினங்களுமே பாதிக்கப்படுவது திண்ணமாகும். அவ்வாறில்லாமல் இருந்தால் அது எந்த நிலையான திடீர் மாற்றங்களுக்குக் கொண்டு செல்லுமென்று தெரியாது.

11. குரோமோசோம்களின் பிரட்சிகள்

(Chromosomal Aberrations)



படம் 79

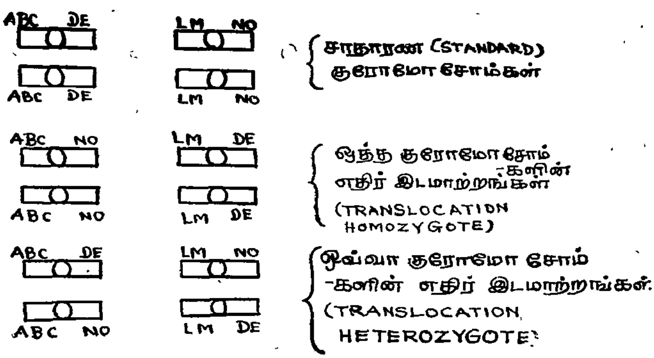
சைனப்சிஸின்போது குரோமோசோம்களின் பிரட்சியும். அவற்றின் பழக்கமும்.

குன்றல் பிரிவின்போது செல்கள் ஒழுங்காகப் பிரிந்து இனச்செல்களை உண்டாக்குகின்றன. செல்களில் உள்ள இரட்டைமயக் குரோமோசோம்கள் ஒற்றைமய மாக்கப் படுவதே இப்பிரிவின் முக்கிய நோக்கமாகும். அவ்வாறு நிகழும்போது குரோமோசோம்கள் கூடியோ, குறைந்தோ, பகுதிகள் முன்பின் மாறியோ, பகுதிகள் இழந்தோ, அதிக மாகியோ குறுக்கேற்றம் போன்ற நிகழ்ச்சிகளால் உண்டாகப் பெறுகின்றன. இவற்றின் விளைவுகள் தோற்றத்தில் வெளிப் படும். குரோமோசோம்களின் அமைப்பில் வேறுபாடுகள் ஏற்பட்டால் அவற்றிற்கு **அமைப்பு வேறுபாடுகள்** (Structural Changes) என்றும், **எண்ணிக்கைகளில்** வேறுபாடுகள் ஏற்பட்டால் அவற்றிற்கு **எண்ணிக்கை வேறுபாடுகள்** (Numerical Changes) என்றும் பெயர்.

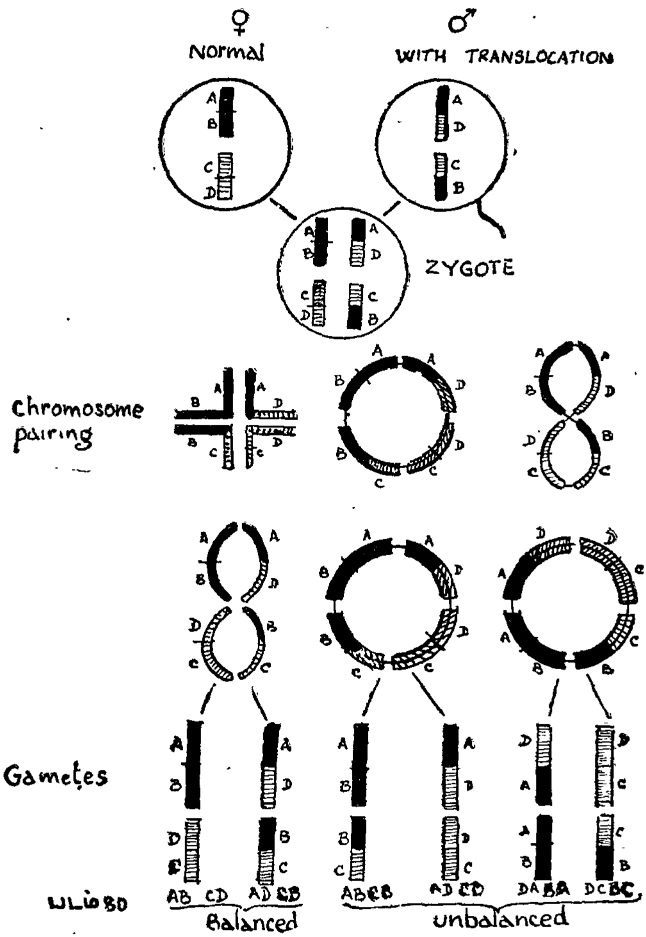
1. அமைப்பு வேறுபாடுகள்

அ. எதிர் இடமாற்றங்கள் (Translocations)

குறுக்கேற்றம் நிகழும்போது குரோமோசோம்கள், ஒடிந்து, ஒடிந்தபகுதி மற்றப் பகுதியுடன் ஒட்டிக்கொண்டு, ஒருபுது அமைப்பை உண்டாக்குவதுண்டு. இந்நிகழ்ச்சிகள் ஒழுங்கான முறையில் நடைபெறும் என்றாலும் ஒழுங்கற்ற முறையிலும் நடைபெறுவதுண்டு. ஒடிந்த பகுதி ஒவ்வாக் குரோமோசோம்களுடன் இணைவதே எதிர்இடமாற்றங்கள் (Reciprocal Translocations) எனப்படும். ஒத்த குரோமோ சோம்களும் எதிர் இடமாற்றம் புரிவதுண்டு.



குரோமோசோம்கள் எதிர் இடமாற்றங்கள் புரியும்போது, குன்றல் பிரிவின் பாச்சிட்டீன் நிலையில் இணைவுமுறை, குறுக்காகவோ, வளைந்துவளைந்தோ (Zig-Zag) காணப்படும். ஏனெனில் ஒத்த ஜீன்களின் இணைவு அப்போதுதான் ஏற்பட முடியும். அதாவது வட்டமாகவோ, '8' என்ற எண் போன்றோ, ╬ போன்றோ ஏற்படமுடியும். இம்முறை டுரோசோபைலாவின் உமிழ்நீர்ச் சுரப்பிக் குரோமோசோம்களில் காணப்படுகிறது (படம் 80).

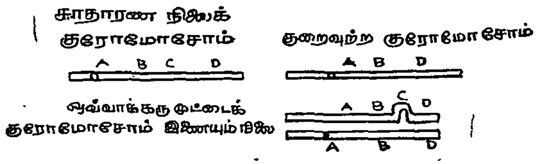


படம் 80
ஒவ்வாக் குரோமோசோம்களின் எதிர் இடமாற்றங்கள்

12 குரோமோசோம்களைக் கொண்ட ஊமத்தையில் (Datura-sp). இம்மாதிரியான எதிர் இடமாற்றங்கள் சாதாரணமாக நிகழும் ஒருநிகழ்ச்சியாகும். அதனுல் ஊமத்தையின் பல்வேறு வகைகள் உலகமெங்கும் காணப்படுகின்றன. சோளக்கதிர்களில் சோளமணிகள் வரிசையாக அசையாமல் சில இடங்களில் இடைவெளி விட்டுக் காணப்படும் நிலேக்குக் காரணம் எதிர் இடமாற்றங்களினுல் ஏற்பட்ட அரைமலட்டுத் தன்மை (Semisterility) என்று கருதுகிருர்கள். டுரோசோபைலாவில் எஞ்சிய இறகுகளும் (Vestigial Wings), நீண்ட முட்களற்றும் (Spineless) காண்பதற்கு மரபியல் காரணம் கொண்டு விளக்கலாம். இவற்றிற்குரிய குரோமோசோம்கள் முறையே இரண்டாவதும் மூன்ருவதுமாகும். எதிர் இடமாற்றங்களை X கதிர்களைக் கொண்டு செயற்கைமுறையில் உண்டு பண்ணலாம்.

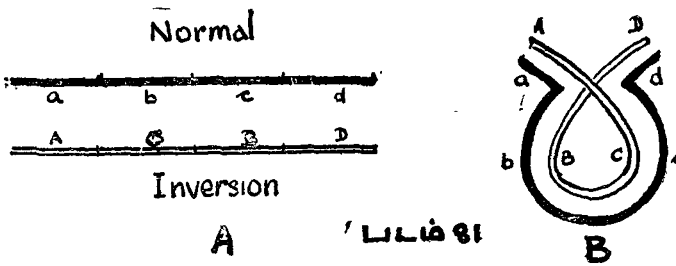
ஆ. குறைவு அல்லது வெறுமையாக்கல் (Deficiency or Deletion)

சென்ட்ரோமியர் இல்லாத ஒருகுரோமோசோம், ஓட்டுநர் இல்லாத காருக்குச் சமமாகும். அதாவது செல்பிரியும்போது ஒழுங்காக நிகழ்வதற்குரிய ஆற்றல் இல்லை என்பதாகும். அதனுல் சென்ட்ரோமியர் உள்ள பகுதி, சைட்டோபிளாசத்திலேயே தங்க நேரிடும். அது போய்ச் சேரவேண்டிய துருவத்திற்கும் (Pole) போய்ச்சேராமல் இருந்துவிடும். அவ்வாறு தங்கநேரிடும் குரோமோசோம் பகுதிகள் சைட்டோபிளாசத்திஞல் உட்கிரகிக்கப்பட்டு விடுகின்றன. அப்பகுதியிலுள்ள ஜீன்களும் இல்லாது போய்விடுகின்றன. அதனுல் குரோமோசோம் முழுமையாக இல்லாமல், சில ஜீன்களைக் கொண்ட குரோமோசோம் துண்டை (பகுதியை) இழந்து, குறையுறுகிறது. அவ்வாறு குறைவுற்ற குரோமோசோமைக் கொண்ட இனச்செல் (Gamete) சாதாரண இனச்செல்லுடன் சேர்ந்து கருமுட்டையை (Zygote) உண்டாக்கினுல் சில பண்புகள் குறைந்து காணப்படும். பிரிட்ஜஸ் (Bridges *1917*) என்பவரும், மோஹர் (Mohr *1923*) என்பவரும் டுரோசோபைலாவின் இறக்கையில் வெட்டு (Notch) ஏற்பட்டுப் பறக்க முடியாமல் இறக்க நேரிடுவதைக் கண்டார்கள். மனிதனில் காணப்படும் மைலாய்டு லூக்காமியா (Myeloid Leukemia) என்ற நோய் இக்குறைவினுல் நிகழ்வதாகத் தெரிகிறது.



இ. தலைகீழ்த் திருப்பங்கள் (Inversions)

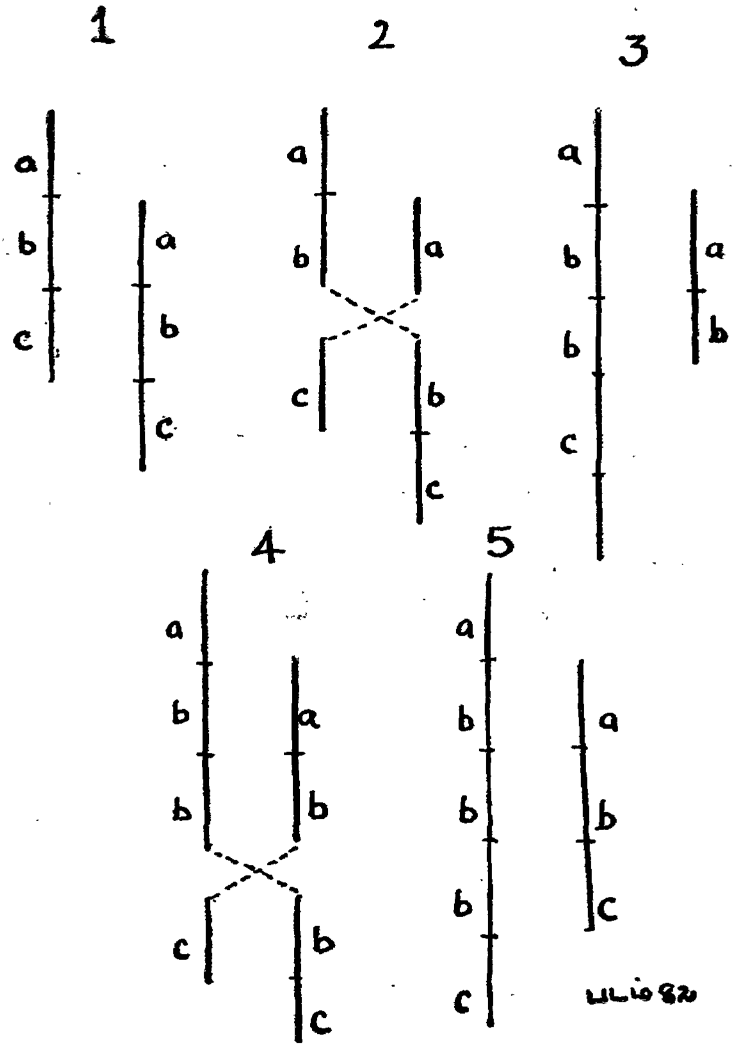
குரோமோசோமில் இரண்டு இடங்களில் ஒடிந்து, பின் இணைவதினால் தலைகீழ்த் திருப்பங்கள் உண்டாகின்றன. X கதிர்கள் மூலமும் தலைகீழ்த் திருப்பங்களை உண்டாக்கலாம் (படம் 81).



படம் 81

ஒவ்வாக் குரோமோசோம்களின் தலைகீழ்த் திருப்பங்கள்
இடம் : சைனப்சின் முன் குரோமோசோம்களின் நிலை
வலம் : சைனப்சின்போது

இத்தலைகீழ்த் திருப்பங்கள் ஒத்த, ஒவ்வா நிலைக் குரோமோசோம்களிலும் நிகழ்வதுண்டு. இணைதலின் போது கீழ்க்கண்ட முறையில்தான் இணையமுடியும். குறுக்கேற்றம் நிகழ்வது மிகவும் சிக்கலானதாகும். சில சமயம் ஒன்றன் மேல் ஒன்றான தலைகீழ்த் திருப்பங்கள் (Overlapping Inversions) நிகழ்வதுமுண்டு. டுரோசோபைலாவின் மூன்றும் குரோமோசோமில் நிகழ்ந்த தலைகீழ்த் திருப்பங்களினால் பல புது இனங்கள் உண்டாயின. 1921-ஆம் ஆண்டு எ. எச். ஸ்டர்ட்டிவாண்ட் என்பவர் டுரோசோபைலாவின் இனங்களில் குறிப்பிட்ட ஜீன்களின் விளைவுகளை விளக்கினார். குறுக்கேற்றத் தடுப்பிகள் பற்றிப் (Cross Over Suppressor) பிறகுதான் விளங்கிற்று.



படம் ௬௨

சமமற்ற குறுக்கெதிர் மாற்றங்கள்.

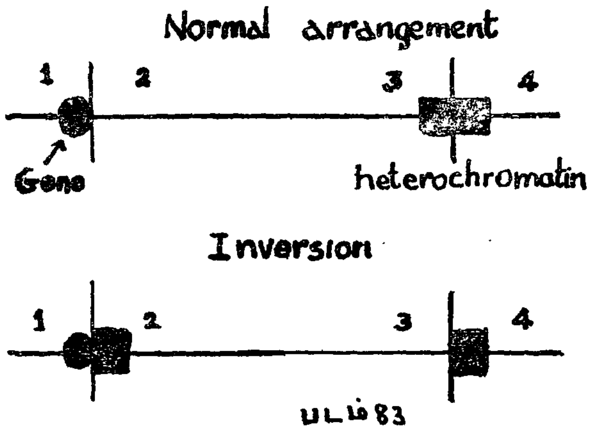
ஈ. இரட்டிப்புக்கள் (Duplication)

சாதாரணமாகக் காண்பதைவிடச் சில சமயங்களில் இரு மடங்கு குரோமோசோம் பகுதிகள் ஒட்டிக் கொண்டு காண்ப

துண்டு; அல்லது குரோமோசோமே இரட்டித்திருப்பதுவு முண்டு. குரோமோசோம் பகுதிகள் திரும்பத் திரும்பக் காணப்பட்டால் அந்நிலைக்குத் திரும்பத் தோன்றல் அல்லது "ரிப்பீட்" (Repeat) என்று பெயர். சமமற்ற குறுக்கேற்றம் (Unequal Crossing Over) ஏற்பட்டால் இந்நிலை உண்டாகிறது (படம் 82). டுரோசோபைலாவின் இரட்டைக் கோட்டுக் கண்கள் (Bar-Eyes Double) இரட்டித்தலினுல் உண்டாகின்றன. இதுவும் ஒரு நிலையான திடீர்மாற்றமே.

இட விளைவுகள் (Position Effect)

எதிர் இட மாற்றங்கள், தலைகீழ்த் திருப்பங்கள் ஆக இரண்டிற்கும் குரோமோசோம் பொருள்களைப் பொறுத்த வரை இலாபமோ, நட்டமோ இல்லை. ஏனெனில் ஜீன்களைக் கொண்ட துண்டுகள் மாறி அமைவது, வெளித் தோன்றக் கூடிய விளைவுகளை உண்டுபண்ணுவதில்லை. ஆனுல் சில சமயங்களில் தெளிவாகத் தோன்றும் விளைவுகளை உண்டு பண்ணுவதுண்டு. அதற்குக் காரணம் இட விளைவுகள் (Position Effects) என்று ஸ்டர்ட்டிவாண்ட் (Sturtevant) கண்டார். இரு "ரிப்பீட்டுக்கள்" குறுகிய கோட்டுக் கண்களை உண்டாக்கியதே உதாரணமாகும். இதற்குக் காரணம் அவ்விடத்தில் இரு ஜீன்களுக்கு மிடையில் ஏற்படும் வேதியியற் செயலும் காரணமென்று கருதுகிருர்கள். மேலும் ஹெட்டிரோ குரோமேட்டினின் (Heterochromatin) இடம் பெயர்ந்து மற்றொரு ஜீனுக்கு அருகில் அமைவதே காரணமாக இருக்கலாம் என்று தெரிகிறது (படம் 83).

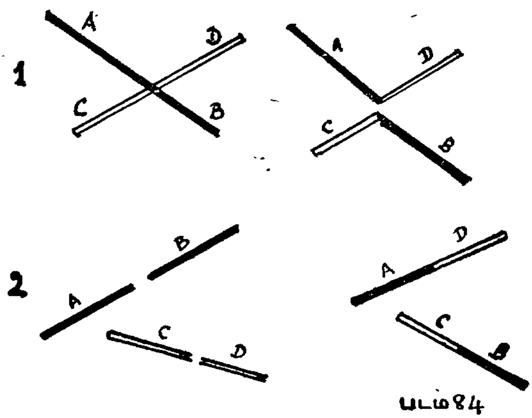


படம் 83

ஹெட்டிரோகுரோமேட்டில் உள்ள செக்மெண்டின் மாற்று ஒழுங்குப்பாடு

குரோமோசோம் மாறியமைந்து ஒங்குறுதலுக்குரிய நுண்ணியக்கம் (The Mechanism of Chromosomal Rearragement)

எதிர் இட மாற்றம் நிகழ்வது, குரோமோசோம் துண்டுகள் பரிமாறிக் கொள்வதைக் குறிக்கிறது. அதனால் இது குறுக்கேற்றம் நிகழ்வது போன்றிருக்கிறது. ஆனால் உண்மையான, ஒவ்வாக் குரோமோசோம்களுக்கிடையே நடப்பது போன்றதில்லை. ஆகையால் இதை "உரிமையற்ற" குறுக்கேற்றம் (Illegitimate Crossing Over) என்று கூறுவதுண்டு.

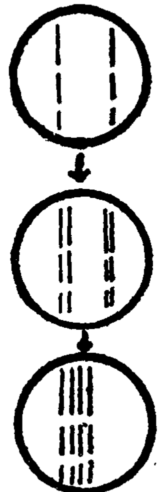


குறுக்கெதிர் மாற்ற நுண்ணியக்கங்களுக்குரிய கோட்பாடுகள்.

இதை விளக்கும் முறையாக இரு கோட்பாடுகள் உண்டு. 1. **செரிபுரோ விஸ்கி** (Sereburovsky) என்பவரின் விளக்கப்படி, இரு குரோமோசோம்கள் முதன்முதலில் குறுக்காகத் தொட்டு அமைந்து, பின் தொட்ட இடத்தில் ஒடிந்து, ஒடிந்த முனைகள் மாற்றி ஒட்டிக்கொள்கின்றன (படம் 84). இதற்குத் '**தொடல்-முதல் கோட்பாடு**" (Contact First Theory) என்று பெயர். 2. முல்லர் (Muller) என்பவரின் விளக்கப்படி முதலில் குரோமோசோம்கள் ஒடிந்து, பின் ஒட்டிக்கொள்கின்றன. இதற்கு "**ஒடிதல்-முதல் கோட்பாடு**" (Breakage First Theory) என்று பெயர். இரண்டாவது கோட்பாடே சரி என்று கருதுகிறார்கள். X-கதிர்கள் மூலம் குரோமோசோம்களை ஒடிக்கவும், ஒட்டவும் முடியும்.

II. எண்ணிக்கை வேறுபாடுகள்

ஒவ்வோர் உயிரினத்திற்கும், குறிப்பிட்ட குரோமோசோம் எண்ணிக்கை உண்டு. இனச் செல்களில் காணப்படும் எண்ணிக்கைகளே முக்கியமாகும். பால் குரோமோசோம்களுடன் (Sex Chromosomes) ஆட்டோசோம்களும் (Autosomes) சேர்ந்து கணக்கிடப்படுகின்றன. இவ்வெண்ணிக்கைகளின் சமநிலையில் வேறுபாடுகள் ஏற்பட்டால் உயிரிகளில் தோற்ற வழி விளைவுகள் ஏற்படுகின்றன. குன்றல் பிரிவின்போது குரோமோசோம்கள் சமமாகப் பிரிகின்றன. இனச் செல்களில் காணப்படும் குரோமோசோம்களுக்கு ஓர் ஒற்றை எண் செல் அல்லது ஜீனோம் (Haploid Set or Genome) என்று பெயர். ஒன்று அல்லது பல குரோமோசோம்களில் மாற்றம் ஏற்பட்டால் அவற்றிற்கு **"அனுபிளாய்டுகள்"** (Aneuploids) என்று பெயர். ஜீனோம்களில் (குரோமோசோம்களில் ஒற்றை எண் செட்டுக்கள்) ஏற்படும் மாற்றங்களுக்குப் **"பாலி பிளாய்டுகள்"** (Polyploids) என்று பெயர் (படம் 85). ஒரு செல்லில் ஒரு செட் குரோமோசோம் அல்லது அதன் பெருக்கத்திற்கு (2, 3, 4) **யூப்ளாய்டுகள்** (Euploids) என்றும், அவ்வாறின்றி (an=not) பெருக்கத்திற்குச் சரியாக வராமலிருந்தால் (உ - ம்: 2n+1) அனுபிளாய்டுகளென்றும் பெயர்.



படம் 85

டெட்ரோப்ளாய்டுவின் தோற்றம்.

யூப்ளாய்டுகளில் ஒரு நியூக்ளியசில் ஒரு ஜீனோம் மானோப்ளாய்டு (Monoploid) இருக்கும். ஒரு நியூக்ளியசில் மூன்று ஜீனோம்கள் (Genome) இருந்தால் டிரிப்ளாய்டு (Triploid) என்றும், நான்கிருந்தால் டெட்ரோப்ளாய்டு (Tetraploid) என்றும், ஆறு இருந்தால் ஹெக்சாபிளாய்டு (Hexaploid) என்றும், எட்டிருந்தால் ஆக்டாபிளாய்டு (Octoploid) என்றும் கூறப்படும். அவ்வாறே அனுபிளாய்டுகளில் குறைவுற்ற ஜீனோம்கள் இருக்கும்போது, டிப்ளாய்டு செட்டிற்கு ஒரு குரோமோசோம் குறைவாக இருந்தால், மானோசோமிக் (Monosomic) என்று பெயர். ஒரு டிரைசோமிக் (Trisomic) செட்டில் இரு முழு ஜீனோம்களும், ஒரு குரோமோசோம்

அதிகமாகவும் (Extra) இருக்கும் (படம் 87). பல்கூறுகளான ஜீனோம்கள் (Multiple Genome) ஒத்தவையாக இருந்தால் ஆட்டோபாலிபிளாய்டுகள் (Autopolyploids) என்று பெயர். பல்கூறுகளான ஜீனோம்கள் ஒவ்வாதனவாக இருந்தால் ஆல்லோபாலிபிளாய்டுகள் (Alloploypoids) என்று பெயர்.

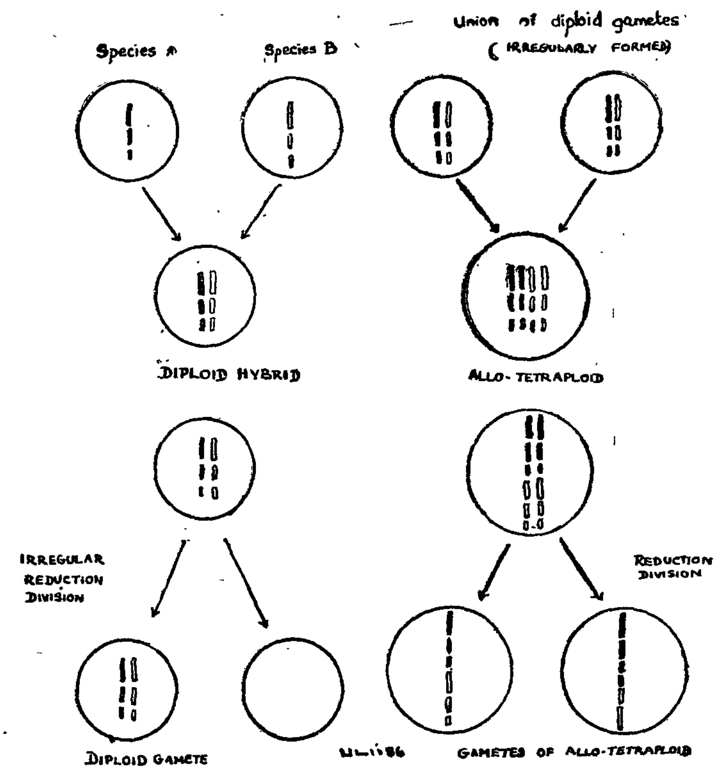
கீழ்க்கண்ட அட்டவணை மேற்கூறியவற்றைச் சுருக்கமாக விளக்குகிறது:

வகையின் பெயர்கள்	சுருக்கவிதி	ஒவ்வாக் குரோமோசோம்களின் சேர்க்கை(கசடத)
I. அனுபிளாய்டி		
மானோசோமிக்	2n − 1	(கசடத) (கசட)
டிரைசோமிக்	2n + 1	(கசடத) (கசடத) (க)
டெட்ராசோமிக்	2n + 2	(கசடத) (கசடத) (க) (க)
இரட்டிப்பு டிரைசோமிக்	2n + 1 + 1	(கசடத) (கசடத) (கட)
II. யூப்ளாய்டி		
மானோபிளாய்டு (ஹேப்ளாய்டு)	n	(கசடத)
டிப்ளாய்டு	2n	(கசடத) (கசடத)
டிரிப்ளாய்டு	3n	(கசடத) (கசடத) (கசடத)
ஆட்டோடெட்ரா பிளாய்டு	4n	(கசடத) (கசடத) (கசடத)
ஆல்லோடெட்ரா பிளாய்டு	4n	(கசடத) (கசடத) ('க', 'ச') ('ட', 'த') ('க', 'ச', 'ட', 'த')

டிப்ளாய்டுச் சேர்க்கை மட்டும் காட்டப்பட்டிருக்கிறது. பாலிபிளாய்டுச் சேர்க்கைக்கும் இவ்வாறே காட்டலாம். (உ-ம்) (கசடத) (கசடத) (கசடத) (க) (படங்கள் 86—88).

விளக்கம்: (கசடத) என்பது ஒரு ஜீனோமாகும். அந்த இனத்திற்குரிய ஜீன்களின் பண்புச் செட்டிற்கு ஜீனோம் என்றுபெயர்.

யூப்ளாய்டி: பால் குரோமோசோம்களை நீக்கி மற்றக் குரோமோசோம்களைக் கணக்கிடும்போது, ஒரு செல்லில்



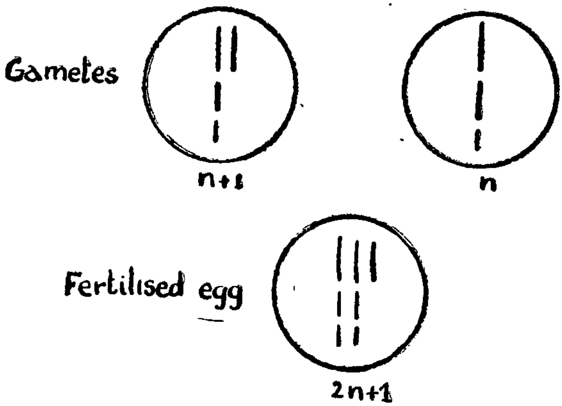
படம் 86

அனூப்ளாய்டுவின் தோற்றம்.

காணப்படும் குரோமோசோம்கள் சமநிலையில் இருக்க வேண்டும். ஆனல் செல்பிரிவின்போது எதிர்பாராத விதமாக முறைமையற்றுப் பிரிவதுண்டு. உதாரணமாக டெட்ரா பிளாய்டு உண்டாவது கீழே காட்டப்பட்டிருக்கிறது. ஒரு செல்லில் இரு செட்டுக்கள் இருக்கின்றன (படம் 85).

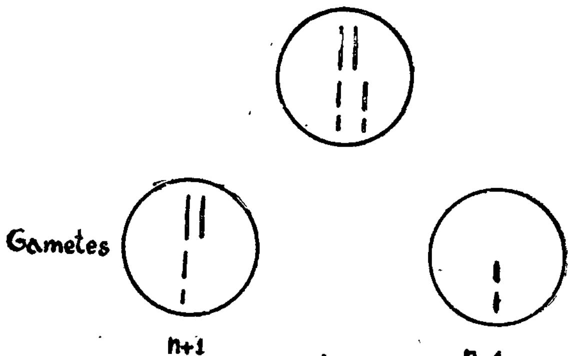
ஒவ்வொன்றிலும் நீளம், நடுத்தரம், குட்டை என்ற மூன்று குரோமோசோம்கள் இருக்கின்றன. இவை இரண்டாகப் பிளவுற்றுப் பின் செல்பிரிவு ஏற்படாமல் அவை ஒன்றிலே தங்கிவிடுவதுண்டு. அவ்வாறு ஏற்பட்டால் நிரந்தரமாக அந்தச் செல்லில் நான்கு செட் குரோமோசோம்கள் நிலைத்துவிடுகின்றன. இதற்கு டெட்ராபிளாய்டு (4n) என்று

பெயர். குரோமோசோம்பிரிவை ஒட்டிச் செல்பிரிவு நிகழ்ந்தால் இவ்வாறு நிகழ்வதில்லை. சாதாரணமாகக் காணப்படும்



படம் 87

டிரைசோமிக்கின் தோற்றம்.



படம் 88

இயைபின்மைப் பிரியா நிலை.

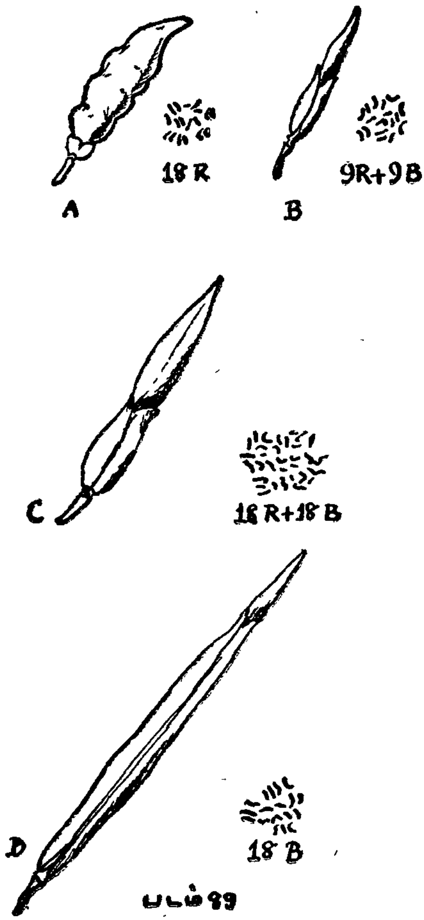
இரட்டை எண்கள் பிரிந்தால் இனச்செல்களில் ஒற்றைஎண்களாகின்றன. இவ்வொற்றை எண்களைக் கொண்ட இனச்செல்கள் கருத்தரித்து இரட்டை எண் உயிரியாவதுபோல் டெட்ராபிளாய்டு உயிரிகளில் இனச் செல்கள் இரட்டை எண்களாக அமைகின்றன. டெட்ராபிளாய்டுகள் தாவரங்களில் காணப்படுவதுபோல் விலங்குகளில் காணப்படுவ

தில்லை. தக்காளி, ஊமத்தை, பிளம், ஸ்ட்ராபெரி போன்ற வற்றில் டெட்ராபிளாய்டுச் செடிகளில் சாதாரணமாகக் காணப்படுகின்றன.

இரு நெருங்கிய இனங்கள் சேரும்போது ஆல்லோடெட்ரா பிளாய்டுகள் உண்டாகின்றன (படம் 86). இவ்விரண்டி லிருந்தும் உண்டாகும் கலப்பினத்திற்கு (Hybrid) **ஆல்லோ டெட்ராபிளாய்டு** என்று பெயர். நான்குசெட்டுக் குரோமோ சோம்கள் இருந்தாலும் டெட்ராபிளாய்டு என்று கூறுமல் ஆல்லோடெட்ராபிளாய்டு என்று கூறுவதற்குக் காரணம் இரு செட்டுக்கள் ஓர் இனத்திலிருந்தும், மற்ற இரு செட்டுக்கள் வேறோர் இனத்திலிருந்தும் வருவதே (Allo=Other) யாகும் மாகும்.

கார்ப்பிசெங்கோ (Karpechenko) என்ற விஞ்ஞானி முள்ளங் கியையும், முட்டைக்கோசையும் சேர்த்து (Raphanus Sativus and Brassica Oleraceae) ஒரு புதுக் கலப்பினத்தை உண்டு பண்ணினார். ஒவ்வொன்றிற்கும் 2n=18 (9R+9R) என்ற குரோமோசோம்கள் உள்ளன. அக்கலப்பில் 1-ஆம் தலை முறையில் 18 குரோமோசோம்கள் நிலைத்தன. 9 குரோமோ சோம்கள் முள்ளங்கியிலிருந்தும், 9 முட்டைக்கோசிலிருந்தும் வந்து சேர்ந்தவையே. குன்றல் பிரிவின்போது சில சமயம் பிரியாமல் 18 குரோமோசோம்களும் அப்படியே இருப்பது முண்டு. அவ்வாறு நேர்ந்தால் டெட்ராபிளாய்டுக் கலப்பினம் உண்டாகிறது. அந்நிலையில் பெற்றோர்களின் குரோமோ சோம்கள் 36-ம் அப்படியே இருந்துவிடுவதுண்டு. இவற்றி லிருந்து 9R+9B வகையும், 18R+18B வகையும் கிடைக்கும். அவ்வாறுன செடிகளில் கீழே முள்ளங்கியும், மேலே முட்டைக் கோசும் வளரும். இச் செடிக்கு முள்ள-கோஸ் என்று பெயர். ஆனால் இச்செடி பெரும்பாலும் மலடாகவே (Sterile) இருந்து விடுகிறது. இதிலிருந்து மக்களுக்குக் கிட்டும் பயன் ஒன்றும் இல்லை என்றாலும், மரபியல் படிப்பிற்கு இது முக்கியமான தொன்றாகும். இதற்கு முள்ளகோஸ் (Raphans-Brassica) (RRCC) என்று பெயர். ஆனால் சில விதைகளே கிடைக் கின்றன. இதில் 36 குரோமோசோம்கள் இருப்பதால் 9 கொண்ட 4 செட்டுக்கள் இருக்கின்றன. குன்றல் பிரிவில் ஒவ்வோர் இனச் செல்லிலும் 9R, 9R குரோமோசோம் களையும், 9C, 9C குரோமோசோம்களையும் உண்டாக்கு

கின்றன. 9R-ம், 9C-யும் சேர்ந்தால் இரட்டை எண் கலப்பினம் (18RC) கிடைக்கிறது. ஆனால் இதன் கருவளமற்றிருக்கும் (Unfertile) (படம் 89).



முள்ளகோஸின் தோற்றம்

A. முள்ளங்கி
B. முட்டை கோஸ்
C. முள்ள கோஸ் (டிப்ளாய்டு ஹைபிரிட்)
D. முள்ள கோஸ் (ஆல்லோடெட்ராபிளாய்டு.)

ஆல்லோடெட்ராபிளாய்டுகளைச் செயற்கை முறையில் கோல்சிசீன் (Colchicine) செலுத்தி உண்டுபண்ணலாம். இவை, டிப்ளாய்டுகளைத் தான் (கலப்பினம்) கொடுக்கின்றன. இந்த டிப்ளாய்டுகளை விதையிலேயே கோல்சிசீன் செலுத்திக் குரோமோசோம்களை இரட்டிக்கச் செய்யலாம். இவற்றிலிருந்து வளருவன ஆல்லோ டெட்ராபிளாய்டுகளாகும்.

தாவரங்களில் பல, பலமயங்களாகவே (Polyploidy) இருக்கின்றன. ஒற்றைமயத் தாவரங்களும் (Haploid) இருக்கின்றன. இவை கன்னி இனப்பெருக்க முறையில் (Parthenogenesis) பெருகுகின்றன. பிளாக்கஸ்லி (Blakeslee) என்பவர் ஊமத்தை போன்ற செடிகளில் பலமயச் செடிகளை உண்டாக்கியுள்ளார். ஆப்பிள், புகையிலை, பருத்தி, கரும்பு, நெல், சோளம் வகைகளில் பலமயம் பற்பல இனங்களைப் பயிர் செய்ய உதவுகின்றன.

அனூபிளாய்டி

மானோசோமிக் நிலைமை இரட்டைமய ஜீனோமில் ஒரு குரோமோசோமை இழப்பதால் உண்டாகிறது (2n-*1*). டுரோசோபைலா, புகையிலை போன்றவற்றில் இந்தநிலையைக் கண்டு பிடித்துள்ளார்கள். இவற்றிலிருந்து n, n-*1* களைக் கொண்ட இனச் செல்கள் உண்டாகின்றன. சில சமயம் குன்றல் பிரிவில் இரு குரோமோசோம் சோடிகளும் ஒரே துருவத்தை அடைந்து இயபின்மைப் பிரியாநிலையை (Non-disjunction) உண்டாக்குகின்றன (படம் 88). மானோசோமிக் நிலைக்கு எடுத்துக் காட்டாக டுரோசோபைலாவின் ஹேப்லா-IV (Haplo-IV) வகையைக் கூறலாம். இதில் நான்காவது குரோமோசோம்களில் ஒன்று இருக்காது. C.B. பிரிட்ஜஸ் என்ற விஞ்ஞானி இதைக் கண்டார். டிரைசோமிக் நிலையில் ஒரு குரோமோசோம் அதிகப்படியாக இருக்கும் (டிரிப்லோ IV-Triplo IV). மனிதர்களின் குரோமோசோம்களில் மிகப் பெரிய ஆட்டோசோம் சோடிக்கு நெம்பர் *1* என்றும், இறுதியாக உள்ள மிகச் சிறிய ஆட்டோம் சோடிக்கு நெம்பர் 22 என்றும் கூறுவதுண்டு. பால் குரோமோசோம்களை நெம்பர் 23 என்று கூறுவது வழக்கம். நெம்பர் 21–ஆம் குரோமோசோம் சோடியில் ஒன்று குறைவதினுல் டவுன்ஸ் சிண்ட்ரோம் (Down's Syndrome) என்ற வியாதி உண்டாகிறது. இதனுல் மங்கோலிசம் அல்லது மங்கோலிய அறிவிலிகள் (Mangolian Idiocy) உண்டாகிறுர்கள்.

பிளாக்கஸ்லீயும், பெல்லிங்கும் (Blakeslee and Belling) ஊமத்தையில், ஜீன்கள் சமநிலை இழப்பதைப்பற்றி ஆராய்ந்து பலவிதமான காய்கள் உண்டாவதை விளக்கியுள்ளார்கள். டெட்ராசோமிக் (Tetrasomic) நிலைகளைப்பற்றியும் சில தாவரங்களில் அதிகம் தெளிவுபடுத்தப்பட்டிருக்கின்றது. விலங்கினங்களில் இது அதிகம் காணப்படுவதில்லை.

மேலே விளக்கப்பட்ட குரோமோசோம் பிறட்சிகள் யாவும் படிமலர்ச்சிக் கொள்கையில் புதுப்புது இனங்களை உண்டாக்குவதற்குப் பயன்படுகின்றன. சில கெடுதல்களாகவும், சில நன்மை பயப்பனவாகவும் இருக்கின்றன. ஆனால் இவை இனத்தோற்றத்திற்கு (Origin of Species) வழிகளாக அமைகின்றன.

12. சேய்ப்பெருக்கமும், தேர்வும்

(Breeding and Selection)

உயிரிகளிடத்தில் காணப்படும் முக்கிய வேலைகளில் சேய்ப் பெருக்கமும் ஒன்றாகும். இதனால் பலவிதமான நுண்ணியக்கங்களை அவற்றிடம் காண்கிறோம். இனப் பெருக்கத்தின் வழியாகத்தான் தன் பரம்பரையைக் காப்பாற்ற முடியும். பலவற்றில் **பால் இனப்பெருக்கமும்**, சிலவற்றில் **பாலிலி இனப்பெருக்கமும்**, இன்னும் சிலவற்றில் **கன்னி இனப்பெருக்கமும்** காணப்படுகின்றன. ஆனால் செயற்கை முறையிலும் இன வளர்ப்புக்கள் நடைபெறுகின்றன. அந்தச் செடி அல்லது விலங்கு வகைகளிலிருந்து மக்களுக்குப் பயன் படும் பொருள்களை அதிகமாகக் கொடுக்கச் செயற்கைமுறை பயன்படுகிறது. உதாரணமாக நல்ல மகசூல் கிடைக்கும் தானியங்களையும், நல்ல உரோம வகைகளைக் கொடுக்கும் ஆடுகளையும், நெல், பருத்தி, கரும்பு போன்றவையையும், நல்லஅளவு பால், தோல் கொடுக்கும் கால்நடை வகைகளையும் அதிகமாக உற்பத்தி செய்யலாம். இவ்வாறு அதிகப் படியாகப் பயன் அளிக்கும் வகைகளை மட்டும் பொறுக்கி எடுத்து உற்பத்தி செய்வது நல்லதாகும்.

சேய்ப்பெருக்கத்தில் இருமுறைகள் உண்டு. (1) **தற்கலப்புச் சேய்ப்பெருக்கம்** (In Breeding), (2) **அயற்கலப்புச் சேய்ப்பெருக்கம்** (Out Breeding). நெருங்கிய உறவுகொண்ட பெற்றோர்களிடமிருந்து இளங்கன்றுகளைப் (Offspring) பெறுவதற்குத் தற்கலப்புச் சேய்ப்பெருக்கம் என்று பெயர். உறவற்ற பெற்றோர்களிடமிருந்து இளங்கன்றுகளைப் பெறுவதற்கு அயற்கலப்புச் சேய்ப்பெருக்கம் என்று பெயர். இவ்விரு முறைகளுக்குமிடையில் பல தரங்கள் இருக்கின்றன. உதாரணமாக அண்ணன்-தங்கை திருமணம் மிகவும்

நெருங்கிய தற்கலப்பாகும். பெற்றோரின் உடன் பிறந்தார்களின் பிள்ளைகளின் (Cousins) மணம் சற்று நெருக்கம் குறைந்ததாகும். எகிப்து நாட்டில் தங்கைகளை மணப்பது பழக்கமாக இருந்திருக்கிறது. பெற்றோரின் உடன்பிறந்தவர்களின் பிள்ளைகளை மணப்பது பல நாடுகளில் பழக்கமாக இருந்துவருகிறது. சில குதிரை, மாடு இனங்களில் தற்கலப்பு முறை மிக்க பலனை அளித்திருக்கிறது. ஆனால் தாவரங்களில் தற்கலப்புமுறை, வெகு காலங்களுக்குப் பிறகு இனச் சிதைவு நிலைக்குக் கொண்டு சென்றுள்ளது. சில பந்தயக் குதிரைகளின் (நாய்கள்கூட) வம்சா வழிகள் உயர்ந்தநிலையில் இருப்பதால் அவற்றின் ஜீன்கள் வெளிச்சென்று பரவி விடாமலிருக்கத் தற்கலப்பு முறையையே கையாளுவதுண்டு. ஆனால் அயற்கலப்பு மற்றொரு வகையில் நன்மையைத் தருகிறது. அதாவது இம்முறையின் வழித் தோன்றிகளிடத்தில் கலப்பினத்திடம் கலப்புயிர் வீரியம் அல்லது ஹைபிரிட் வீரியம் (Hybrid Vigour) அதிகமாவதால் புதுப்புது இனங்கள் உண்டாவதுடன் விளைச்சலும் தரமும் உயர்கின்றன. ஜி. எச். ஷல்லும், ஈஸ்ட்டும் (G. H. Shull and East) 1905-ஆம் ஆண்டு சோளத்தில் செய்த வெவ்வேறு சோதனைகள் மூலம் கீழ்க்கண்ட உண்மைகளைக் கண்டனர். சுயச் சேர்க்கை (Selfing) செய்தால் நாளுக்கு நாள் அவற்றின் வீரியம் குறைகிறதென்றும், அயற் சேர்க்கை (Crossing) செய்தால் வீரியம் அதிகமாகிறதென்றும் கண்டார்கள். இதற்கு **ஹெட்டிரோசிஸ்** (Heterosis) அல்லது **கலப்புயிர் வீரியம்** (Hybrid Vigour) என்று ஷல் பெயரிட்டார்.

தற்கலப்புச் சேய்ப்பெருக்கம் கெடுதலா ?

இரத்தக் கலப்புள்ள உறவினர்கள் மணம் செய்து கொண்டால் குறையுடைய மக்களைப் பெறுவார்கள் என்பதைப் பலரும் கேட்டிருக்கலாம். இக்கருத்து வெகுகாலமாக இருந்து வந்தாலும் நாகரிகமடைந்த நாடுகளில் இன்று இம்முறையைத் தடுக்கச் சட்டங்கள் இயற்றப்பட்டுள்ளன. ஏனெனில் பெற்றோர்கள் சாதாரணமாக (Normal) இருந்தாலும் அவர்களுக்குப் பிறக்கும் குழந்தைகள் குறையுடையவர்களாக இருக்கிறார்கள். ஆனால் அதிக வாய்ப்புக்களுடைய சிறு சமுதாயத்தில் தற்கலப்புச் சேய்ப்பெருக்கம் அறிவிலிகளை அதிகம் உண்டாக்குகிறது. பல்வேறு சமுதாயங்களைக் கொண்ட நகரங்களில் அறிவிலிகள் குறைவே. ஆனால் கீழ் நிலை விலங்குகளில் இம்முறைதான் அதிகமாகக் கையாளப்

படுகிறது. இருபால் ஓர் உயிரிகளில் தம்முடைய இனச் செல்களே கருத்தரிக்கச் செய்கின்றன. இதைத் தடுக்கப் பல வழிகளைக் கையாண்டாலும் பூரணமாகத் தடுக்க முடிவதில்லை. இருப்பினும் நல்ல பண்புகள் கொண்ட குதிரை, நாய், பசு, கோழி போன்றவற்றின் வர்க்கங்களை வெளிச் செல்லாதிருக்கத் தற்கலப்புச் சேய்ப்பெருக்க முறையையே கையாளுவது மிகவும் நல்லதாகும். சில அரசக் குடும்பங்களில்கூட இம்முறையைக் கையாண்டிருக்கிறார்கள்.

ஓர் இனத்தொகையில் மேற்கூறிய இரு முறைகளும் எவ்வாறு பாதிக்கின்றன என்று கணக்கிடுவோம். ஓங்கும் ஜீன்களும் (Dominant Genes), ஒடுங்கும் ஜீன்களும் (Recessive Genes) ஓர் இனக் கூட்டத்தில் இருக்கின்றன. உதாரணமாக இரு குடும்பம் மட்டும் அக்கூட்டத்தில் இருப்பதாகக் கொள்வோம். A என்ற ஒரு குடும்பத்தில் இருபிள்ளைகள் இருக்கிறார்கள் என்றும் அவர்கள் கலப்புயிர்கள் (ஹைபிரிட்கள்) என்றும் கொள்வோம் (i= அறிவிலிகள் ஜீன் (Idiots); + சாதாரணஜீன் (Normal Genes). B என்ற மற்றொரு குடும்பத்தில் அவ்வாறே இருபிள்ளைகளும், அவர்களுக்குச் சாதாரண, தூய +ஜீன்களும் (Pure Normals) இருப்பதாகக் கொள்வோம். இவ்விரு குடும்பங்களும் தற்கலப்பு முறையில் சேய்ப்பெருக்கம் செய்வதாகவும், அயற்கலப்பு முறையில் சேய்ப்பெருக்கம் செய்வதாகவும் இருந்தால் என்னவாகும் என்று பார்ப்போம். முதலில் ஒவ்வொரு குடும்பமும் தற்கலப்புச் சேய்ப்பெருக்கம் செய்வதாகவும் ($^i/_+ \times {}^i/_+$; $^+/_+ \times {}^+/_+$), இரண்டாவதாக அயற்கலப்புச் சேய்ப்பெருக்கம் செய்வதாகவும் ($^i/_+ \times {}^+/_+$; $^i/_+ \times {}^+/_+$) கொள்வோம். ஒவ்வொரு குடும்பத்தின் இனக்கலப்பினுலும் நான்கு பிள்ளைகளே இவற்றிற்கும் பிறப்பதாகக் கொண்டு கணக்கிட்டால் கீழ்க் கண்ட சராசரி முடிவுகள் கிடைக்கின்றன.

தற்கலப்புச் சேய்ப்பெருக்கம்

குடும்பம் A $^i/_+ \times {}^i/_+$ கொடுப்பது $^{1+}/_+ : {}^{2i}/_+ : {}^{1i}/_i$

குடும்பம் B $^+/_+ \times {}^+/_+ \rightarrow {}^{4+}/_+ \leftarrow$ (நான்கு என்று வரையறைப் படுத்திக் கொண்டால்)

மொத்தம் iகள் = 2 (8ல்) அல்லது 25% மொத்தம் iகள் = 4 (16ல்) அல்லது 25%

(சதவீதத்தில் வேறுபாடில்லை.)

அயற்கலப்புச் சேய்ப்பெருக்கம்

குடும்பம் A　　குடும்பம் B

$^{i}/_{+}$ × $^{+}/_{+}$ ⟶ $^{2i}/_{+}$: $^{2+}/_{+}$

$^{i}/_{+}$ × $^{+}/_{+}$ ⟶ $^{2i}/_{+}$: $^{2+}/_{+}$

மொத்தம் iகள் = 2 (8ல்)　　மொத்தம் iகள் = 4 (16ல்)
அல்லது 25%　　அல்லது 25%

(சதவீதத்தில் மாற்றமில்லை.)

மேற்கூறிய கூட்டத்தொகுதியில் இருமுறைகளிலும் 25% i ஜீன்களைக் கொண்டு ஆரம்பித்து 25% ஜீன்களிலேயே முடிகிறது. அதனால் i ஜீன்களின் சதவீதம் அக்கூட்டத்தில் மாறவில்லை. இந்நிலையே பெரிய இனத்தொகையிலும் காணப் படும். [i = (Intelligent) புத்திசாலிகளையும் குறிக்கும்.]

ஒரு கூட்டத்தில் தற்கலப்புச் சேய்ப்பெருக்க முறையே கையாளப்பட்டால் **ஹைபிரிடுகள்** நீக்கப்பட்டு விடுகின்றன. ஆனால் அவற்றிற்குப் பதிலாகத் தூயவகைகளே (Pure Types) அமைகின்றன. உதாரணமாக இருபாலினச் (Hermaphrodite) செடியான மிராபிலிஸ் ஜலப்பாவிற்கு (Mirabilis Jalapa) இளஞ் சிவப்புள்ள (Pink) 1-ஆம் தலைமுறைகள் தோன்றுகின்றன. இதன் பெற்றோர்களுக்குச் (பூக்கள்) சிவப்பாகவும் (+), வெள்ளை (w) யாகவும் இருக்கும். 1-ஆம் தலைமுறையில் 800 இளங்கன்றுகளும், அவை இளஞ்சிவப்பு நிறமென்றும், ஒவ்வொரு செடியும் ஓர் இளங்கன்றுதான் உண்டாக்கு மென்றும் கொள்க. 1-ஆம் தலைமுறையிலிருந்து $^{1+}/_{+}$ சிவப்பு : $^{2w}/_{+}$ இளஞ்சிவப்பு : $^{w}/_{w}$ வெள்ளை என்ற 2-ஆம் தலைமுறை இளங்கன்றுகள் வருகின்றன. அதாவது சராசரிக்கு [$\frac{1}{4}$ பங்கு (200) $^{+}/_{+}$ (சிவப்பு)], [$^{2}/_{4}$ பங்கு (400) $^{w}/_{+}$ இளஞ்சிவப்பு], [$\frac{1}{4}$ பங்கு (200) $^{w}/_{w}$ வெள்ளையாகவும்] இருக்கும். இதில் மொத்தத்தில் 50% ஹைபிரிட்களாகும். 2-ஆம் தலைமுறை சிவப்பும், வெள்ளையும் இனப்பெருக்கம் செய்யும்போது அவ்வாறே 200 சிவப்பும், வெள்ளையுமாக 400 ஹைபிரிட் களும் 1 : 2 : 1 என்ற விகிதத்தில் அதாவது 100 $^{+}/_{+}$ சிவப்பு : 200$^{w}/_{+}$ இளஞ்சிவப்பு : 100$^{w}/_{w}$ வெள்ளை என்றாகிறது. தற்போது மொத்தம் 800ல் 200 இளங்கன்றுகள் ஹைபிரிட் களாகும். அதாவது 25% ஆகும். 1-ஆம் தலைமுறையில் 100%ஆக இருந்தது 2-ஆம் தலைமுறையில் 50% ஆகியும், 3-ஆம் தலைமுறையில் 25% ஆகியும், 4-ஆம் தலைமுறையில் 12½% ஆகியும் குறைந்துகொண்டே வருகிறது. இம்முடிவு களைக் கீழ்க்கண்ட சுருக்க அட்டவணை விளக்குகிறது.

இனக் கூட்டத்தின் சேர்க்கை யமைப்பு

தலைமுறைகள்	சிவப்புக்கள் (+/+)	இளஞ்சிவப்புக்கள் (w/+)	வெள்ளைகள் (W/w)	ஹைபிரிட்கள்	
				எண்ணிக்கை	சதவீதம்
F_1		800 w/+		800	100
F_2	200 +/+	400 w/+	200 w/w	400	50
F_3	200 +/+ 100+/+	200 w/+	100 w/w 200 w/w	200	25

· சுயக் கருத்தரிப்பின் மூலம் ஒவ்வொரு தலைமுறையும் கலப்புயிரிகளின் அல்லது ஹைபிரிட்களின் விகிதத்தைப் பாதியாக்கிக் கொண்டு வருகின்றது. பத்துத் தலைமுறைகளுக்குப்பின் அவ்வினக் கூட்டத்தில் ஹைபிரிட்கள் 100க்கு ஒன்றாகிவிடும். அவ்வமயம் அக்கூட்டத்தில் ($^{+}/_{+}$ (சிவப்பு) $^{w}/_{w}$ என்ற) இருதூய வகைகளே இருக்கும்நிலை ஏற்படுகிறது.

இருபக்கங்களிலும் பிரிந்து ஒதுங்கும் சிவப்புச் செடிகளும், வெள்ளைச் செடிகளும் தூய (சுத்த) வரிசைகள் (Pure Lines) என்று கூறப்படும். ஏனெனில் இதில் கலப்பு என்பதில்லை.

மேலும் இருநிறத்தை மட்டும் கொடுக்கக்கூடிய செடிகளை (உ-ம்: பட்டாணிச் செடி) எடுத்துக்கொண்டால் சிவப்பு (+) வெள்ளை (w) உயரம் (+) குட்டை (d) என்ற பண்புகளையே கொடுக்கும். இடைநிலைப் பண்புகளே இரா. இவ்வகைச் செடிகளுக்கு மரபு வழித் தோற்றமும், அமைப்பு வழித் தோற்றமும் வெவ்வேறே. அமைப்பு வழித் தோற்றம் சிவப்பும் உயரமுமாக இருக்கும்போது அச்செடி ஒங்கும் நிலையிலோ, ஹைபிரிடாகவோ இருக்கலாம். கலப்புயிராக இருந்தால் $\left(\frac{wd}{++}\right)$ மேற்கூறியவாறு தூய வரிசைகளாகப் பிரிகின்றன. $\frac{++}{++}$ (சிவப்பு, உயரம்), $\frac{+d}{+d}$ (சிவப்பு, குட்டை), $\frac{w+}{w+}$ (வெள்ளை, உயரம்), $\frac{wd}{wd}$ (வெள்ளை, குட்டை).

ஆகவே பல முறை சுயக் கருத்தரித்தலுக்குப் பின் (Self Fertilization) தூய வரிசைகள் உண்டாகின்றன. தூய வரிசை நிலையை அடைந்தபின் சுயக் கருத்தரித்தல் செய்தால் அதனுடைய மரபுவழித் தோற்றத்தையே உண்டாக்குகின்றது என்பது உறுதியாகிறது.

கலப்புயிர் ஹைபிரிட் வீரியம் (Hybrid Vigour or Heterosis)

பெற்றோர்களைவிட ஹைபிரிட்கள் அதிக வீரியம் உடையனவாக இருக்கின்றன். வெவ்வேறு வகைச் சோளத்தைக் கருத்தரிக்கச் செய்தால் (Cross Fertilization) மிக உயரமானதும், செழிப்பானதும். திடமுள்ளதுமான சோளம் உண்டாகிறது. கதிர்கள் நீளமாக இருக்கும். இரு பெற்றோர்களினின்றும் ஒவ்வொரு கருமுட்டை சேருவதே இதற்குக் காரணமாகும்.

ஆனால் அயற்கலப்புச் செய்தால் இவ்வீரியம் அதிகரிப்பதில்லை. அதன் தரம் குறைந்து கொண்டு வருவதுமுண்டு.

தானிய வகைகளில் கலப்புயிர்தல் அல்லது ஹைபிரடைசேஷன் (Hybridization) முறை ஒரு பெரிய திட்டமாக அமைந்துள்ளது. பல ஆராய்ச்சிகளுக்குப்பின் நல்ல கலப்புயிரிகளைப் பொறுக்கி எடுத்துப் பழக்கத்திற்கு விடுவார்கள். அவ்வாறே உயர் சாதிப் பன்றிகள், மாடுகள், ஆடுகள் முதலியனவற்றை இரட்டை அயற்சேர்க்கை கலப்புயிர்தல் (Double-Cross-Hybridization) செய்து நல்ல பயனளிக்கும் சாதிகளை நிரந்தரப்படுத்தியுள்ளனர். ஆனால் ஆண் கழுதையும், பெண் குதிரையும் இனக்கலப்புச் செய்தால் கோவேறு கழுதை (Mule) பிறக்கிறது. வெவ்வேறு இனச்சேர்க்கையில் இம்மாதிரி புதிய இனமும் உண்டாவதுண்டு. கோவேறு கழுதை ஒரு மலடாகும் (Sterile). இது இனவிருத்தி செய்யமுடியாது. இங்கு ஹைபிரிட்டிடம் காணப்படவில்லை. அதற்குப் பதிலாக மலடாக்கம் தான் நிலைக்கிறது. ஆகவே அயல் இனக்கலப்புப் பெரும்பாலும் நன்மை விளைவித்தாலும் சில தீமைகளையும் விளைவிக்கிறது என்றும் தெரிந்து கொள்ளவேண்டும்.

தேர்வு (Selection) முறையில் தூய வகைகளையும் ஹைபிரிட்களையும் எடுத்து எவை எவை பயனளிக்க வல்லனவோ அவற்றையெல்லாம் பயிர்செய்யவும் வளர்க்கவும் வேண்டும். உழவர்கள் நல்ல பொறுக்கு விதைகளைக்கொண்டு பயிரிட, வேளாண்மைத் துறை மிகவும் பாடுபட்டு வருகிறது. அவ்வாறே கால்நடைகளையும் பொறுக்கி எடுத்துக் கருத்தரிக்கச் செய்து நல்லவற்றை வளர்க்க வேண்டும். மக்களிடையே கூட வெவ்வேறு சாதிகளில் மணம் செய்துகொள்வதில் சில குழந்தைகள் மிகப் புத்திசாலிகளாகப் பிறக்கின்றன. சில அறிவிலிகளாகவும் பிறப்பதுண்டு. ஆனால் இத்தேர்வு முறையினால் புதிய ஜீன்களை உண்டாக்கமுடியாது. நிலையான திடீர் மாற்றங்களினால் (Mutation) ஏற்பட்ட ஜீன்களைக் கொண்டோ, முன்பே நிலைத்துள்ள ஜீன்களைக் கொண்டோதான் தேர்வு நடத்தமுடியும்.

13. சைட்டோபிளாசத்தின் மூலம் மரபுவழியடைதல்

(Cytoplasmic Inheritance)

நியூக்ளியசிலுள்ள குரோமோசோம்கள் மூலம் அதாவது அதிலிடங்கியுள்ள ஜீன்கள் வழியாகப் பரம்பரைப் பண்புகள் வழிவழி வருகின்றன என்று இதுவரை விளக்கிவந்தோம். மெண்டலின் சோதனைகளும் இதையே வலியுறுத்தின. ஆனால் சில உயிரிகளில் நியூக்ளியஸ் மூலம் அன்றிச் சைட்டோ பிளாசத்தின் மூலமும் அப்பண்புகள் பரவுகின்றன என்று தெரிகிறது.

தாவரங்களில் (உ-ம்: மிராபிலிஸ்) பலவித நிற இலைகள் காணப்படுகின்றன. ஆனால் சாதாரணமாகப் பச்சை நிறம் தான் தாவரங்களில் காணப்படும். குளோரோபில் அல்லது பச்சையம். இதற்குப் பிளாஸ்டிட் அல்லது கணிகம் இருப்பதே காரணமாகும். சில கிளைகளில் பச்சை இலைகளும், சிலவற்றில் வெள்ளை அல்லது வெளிர் இலைகளும் இருக்கின்றன அந்தந்தக் கிளைகளின் விதைகளை எடுத்து முளைக்கவிட்டால் அக்கிளையின் நிறமே தோன்றுகின்றது. ஆனால் பச்சையம் இல்லாது உள்ள செடிகள் இறந்துவிடுகின்றன. எக்கிளைகளி லிருந்து மகரந்தத்தூள்கள் கருத்தரிக்கச் செய்கின்றனவோ அக்கிளைகளின் நிறமே அவ்விதைகளிலிருந்தும் உண்டா கின்றன. சைட்டோபிளாசத்தின் மூலம் மரபுவழி அடை தலுக்கு இது ஓர் எடுத்துக் காட்டாகும்.

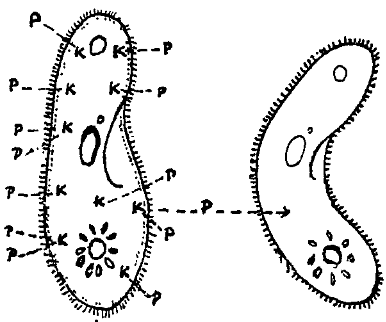
எஃபிஸ்டியா (Ephestia) என்ற மாவுப் பூச்சியில் (Flour Moth) A என்ற ஓங்கும் ஜீன் இருப்பதால் அப்பூச்சியும், அதன் வளர்புழுவும் (Larva) கருநிறமாக இருக்கின்றன.

aa (ஒத்த கருமுட்டை) என்ற ஒடுங்கும் ஜீன் உள்ள பெண் பூச்சியை ஒவ்வாக் கருமுட்டையைக் கொண்ட ஆணுடன் (Aa) புணரச்செய்தால் அவை உண்டாக்கும் ஒரு பாதி பூச்சிகள் கறுப்பாகவும், மற்றப் பாதி பூச்சிகள் வெண்மையாகவும் இருக்கும். மெண்டலின் விதிப்படியே இவை இருக்கின்றன. ஆனால் மாறுத ஒவ்வாக் கருமுட்டையைக் கொண்ட பெண்ணுடன் ஒத்த கருமுட்டையைக் கொண்ட ஆண் புணர்ச்சி செய்தால், வளர்புழுக்கள் முதலில் கறுப்பாகவும், வளரவளர ஒரு பாதி புழுக்கள் நிறத்துகள்களை இழந்து வெளிராகியும், மற்றப் பாதி புழுக்கள் கறுப்பாகவும் இருக்கின்றன. இவ்வாறான நிலைக்குக் காரணம், நிறத்தைக் கொடுக்கக் கூடிய பொருளைச் (ஜீன் A) சுரக்கச் செய்வதேயாகும். இப்பொருள் சைட்டோபிளாசத்தில் சேமித்து வைக்கப்பட்டுப் பெண் புழுக்கள் அப்பொருளை வெளி விடுவதேயாகும். புழு வளர்ந்து கொண்டே செல்லும்போது தோலுரித்து வெளிர் நிலையை அடைகிறது.

தக்க எடுத்துக்காட்டாக, டுரோசோபைலாவில் ஒரு வகையைக் கூறலாம். ஒருவகை மரபுக்கூறு (Strain) பூச்சிகள் கரியமிலவாயுவிற்கு (CO_2) மற்றவற்றை விடக் கூருணர்வுடையனவாக (Sensitive) இருக்கின்றன. அதிக அளவு இவ்வாயு செலுத்தப்பட்டால் அவை மயங்குகின்றன. இவற்றின் வழிவழி வந்தவற்றிற்குச் சிறிதளவு வாயு செலுத்தினால் அவை மயங்கிவிடுகின்றன. இங்குக் குரோமோசோம்கள் மூலம் இத்தன்மை, வழிவழி வராமல் சைட்டோபிளாசத்தின் மூலமே பரவியிருக்கிறது என்றும் தெரிகிறது. மேலும் விந்துக்களைவிட முட்டைகள் மூலமே இத்தன்மை பரவுவதாகத் தெரிகிறது.

இந்தியானு பல்கலைக் கழகத்தைச் சேர்ந்த டி. எம். சானிபார்ன் (T. M. Sonneborn *1943*) என்ற பேராசிரியர் பாரமீசியம் ஆரிலியா (Paramecium Aurelia) என்ற நன்னீர் ஒரு செல் உயிரியில் வியத்தகு சோதனைகள் செய்து காண்பித்துள்ளார். இந்த ஓர்உயிரிப் புரோட்டோசோவா, பிளவு முறையில் (Fission) இனப்பெருக்கம் செய்கிறது. சில சமயங்களில் பாலிகள்போல் இணைவு முறையிலும் (Conjugation) இனப்பெருக்கம் செய்கிறது. இவ்வாறு நிகழும்போது அதன் சைட்டோபிளாசத்திலுள்ள பொருள்கள் அப்படியே பின் சந்ததிகளுக்கும் செல்கின்றன. ஆனால் ஒரு வளர்ப்பில் (Culture) பல சாதி பாரமீசியம்களை வளரவிட்டு இணைவு

முறையில் பெருகவிட்டால் அவற்றில் ஒரு சாதி பாரமீசியங்கள் யாவும் இறந்துவிடுகின்றன. மற்றவை உயிர் வாழ்கின்றன. ஒரு சாதி பாரமீசியம்வெளிப்படுத்தும் கப்பா(Kappa Particles) என்ற ஒரு பொருள் நீர் வழியாகப் பரவி, அதற்குக் கூருணர்வுடையனவாக (Sensitive) இருந்தவை யாவும் இறந்துவிடுகின்றன. இந்நீரில் உயிர்வாழும் சாதியை வளரவிட்டு அதை நீக்கிவிட்டு, அந்நீரில் கூர்உணர்வுடைய சாதியை விட்டால் அது இறந்துவிடுகின்றது. இவ்விரு சாதிகளையும் கொல்லிகள் (Killers), கூருணர்விகள் (Sensitives) என்றும், கொல்லிகள் வெளிவிடும் பொருளிற்குப் பாரமீசின் (Paramecin) என்றும் கூறுவதுண்டு (படம் 90). இந்தப் பாரமீசினைப்



பாரமீசியம் ஆர்லியா

K. கப்பா பொருள்கள்

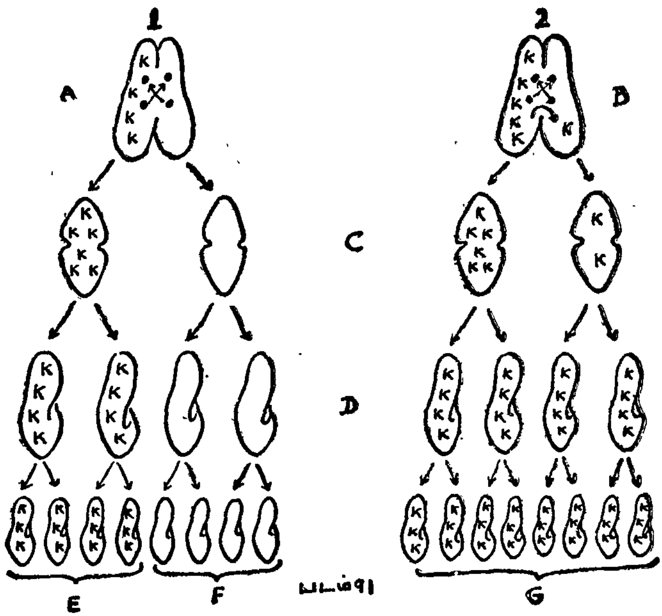
P. பாரமிசின்

A. கொல்லி பாரமிசியத்தின் சைட்டோபிளாசத்திலுள்ள காப்பா பொருள்கள் சுரக்கும் பாரமிசின் சுற்றியுள்ள நீரில் கலந்து விடுகிறது.

B. கொல்லி கூருணர் பாரமீசியம் காப்பா இல்லாததினால் அந்த நீர் பட்டதும் இறந்துவிடுகிறது.

புரோட்டோசோவாவின் எதிர் உயிரிகள் (Antibiotic) என்று கூறுவதுண்டு. மேலும் மெட்டாகான்கள் (Metagons), மியூ பொடிகள் (Mu Particles) போன்றவையும் சைட்டோபிளாசத்தில் இருப்பதாகவும், அவையும் கப்பாக்கள்போல் வழி வருகின்றன என்றும் ஐ. கிப்சன் (I. Gibson) சமீபத்தில் விளக்கியுள்ளார். சைட்டோபிளாசத்தில் காணும் பொருள்களுக்குப் பிளாஸ்மா ஜீன்கள் (Plasma Genes) என்று பெயர்.

இவ்விரு சாதிகளையும் ஒரே கண்ணாடி வட்டில் இட்டு நன்னீரில் வளரவிட்டால் இணைவுமுறைப் பிரிவிற்குப்பின் கொல்லிகள் கொல்லிகளையும், கூருணர்விகள் கூருணர்விகளையும் உண்டாக்குகின்றன. நியூக்ளியஸ்களுக்குள் மாற்றம் ஏற்பட்டால் ஜீன்கள் மூலம் பண்புக் கூறுகள் பரவுகின்றன. ஆனால் சைட்டோபிளாசம் ஒன்றிலிருந்து மற்றொன்றுக்கு வழங்கப்படவில்லை (படம் 91). ஆனால் இணைவுமுறைச்



சைட்டோபிளாசத்தின் மூலம் மரபு வழியடைதல்: பாரமீசியம்

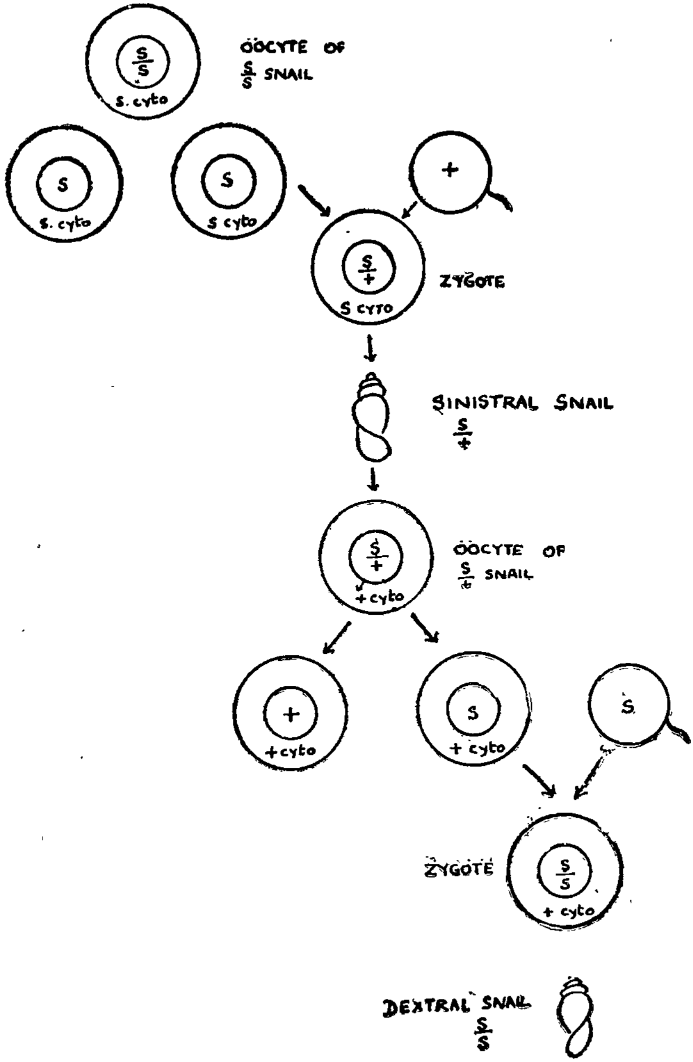
1. சாதாரண இணைவு முறை.
2. அபூர்வ இணைவுமுறை: சைட்டோபிளாசமும் பரிமாறிக் கொள்ளுதல்.
   - A. நியூக்ளியஸ் மட்டும் பரிமாறிக் கொள்ளல்.
   - B. கூருணர்விகளினுள் சில கப்பாபொருட்கள் வந்தடைதல்.
   - C. பிளவு முறை.
   - D. அதிகம் பிளவுறுதல்.
   - E. எல்லாம் கொல்லிகள்.
   - F. எல்லாம் கூருணர்வுகள்.
   - G. எல்லாம் கொல்லிகள்.

சேர்க்கைக்குப் பின் அவை பிரியும்போது கொல்லிகள் உள்ள சைட்டோபிளாசம் மட்டும் பெரும்பாலும் பிரிந்து, கொல்லிகள்

உள்ளவையாகவே ஆகின்றன. சில சமயங்களில் கொல்லிகள் இல்லாமலும் பிரிந்துவிடும். அவ்வாறு வழிவழி வரும் கொல்லிகளுக்குக் கப்பாப் பொருள்கள் (Kappa Particles-K) என்று பெயர். அவ்வாறே கூருணர்விகளிலிருந்தே கொல்லிகளிலுள்ள பாரமீசியங்களையும் உண்டுபண்ண முடியும். அண்மையில் கண்ட முடிவுகள்பற்றி ஆராயும்போது கப்பாப் பொருட்கள் ஒட்டுண்ணிகள் (Parasite) போல் இருப்பதாகக் கருதப்படுகிறது. கப்பாக்களில் டிஎன்ஏ இருக்கிறது. இவை வைரஸ்கள்போல் பழகுகின்றன என்றும் தெரிகிறது.

ஜே. ஜே. பிட்னர் (J. J. Bittner) என்பவர் மார்புப் பால் வழியாக மரபுப் பண்புகள் பரவுகின்றன என்று கண்டுள்ளார். ஒரு சாதி சுண்டெலியின் பால் வழியாக வைரஸ் போன்ற புற்றுநோய்ச் செல்கள் வழிவழியாகப் பரவுகின்றன என்று விளக்கியுள்ளார். இவ்வாறே ஈஸ்ட் (Yeast) என்ற காடிச் சத்தில் பி. எஃப்ருசி (B. Ephrussi) என்ற பிரான்ஸ் நாட்டவரும், கிளாமிடோமோனஸ் (Chlamydomonas) என்ற ஒரு செல் ஆல்காவில் (Alga) ருத்சங்கரும் (Ruth Sangar) பல சோதனைகள் செய்து, சைட்டோபிளாசத்தின் மூலம் மரபுவழியடைதலை விளக்கியுள்ளார்கள்.

பாய்காட், டைவர், கார்ஸ்டாங் (Boycott, Diver and Garstang) என்ற மூவரும் லிம்னயா (Limnaea) என்ற நன்னீர் நத்தையில் செய்த சோதனைகளில் சைட்டோபிளாசத்தின் மூலம் மரபுவழி அடைதலை விளக்கினார்கள் (படம் 92). நத்தையினுடைய ஓடுகள் பெரும்பாலும் வலப்பக்கமாகச் சுருண்டிருக்கும். இதற்கு **டெக்ஸ்ட்ரல்** (Dextral) அல்லது **வலம்புரி** என்று பெயர். ஆனால் இடப் பக்கமாகச் சுருண்டு காணப்படும் ஓடுடைய நத்தைகளும் இருக்கின்றன. இம்மாதிரியானவற்றிற்குச் **சினிஸ்ட்ரல்** (Sinistral) அல்லது **இடம்புரி** என்று பெயர். ஆனால் லிம்னயா போன்ற சில இன நத்தைகளில் இருவகைகளும் காணப்படும். இதில் வலம்புரித்தன்மை மற்றதின் ஓங்கும் அல்லீலாக (Dominant) இருக்கிறது (படம் 92). மேற்கண்டவற்றின் சோதனைக்கு ஸ்டர்ட்டிவாண்டின் விளக்கப்படி அவ்வாறு தெரிகிறது. சுருளும் தன்மை ஒவ்வொன்றின் ஜீன்களைப் பொறுத்தில்லாமல், தாயின் சைட்டோபிளாசத்தின் பிளாஸ்மா ஜீனைப் பொறுத்துள்ளது என்று விளக்கியுள்ளார். தோற்றவழி அமைப்பான வலம்புரிச் சுருள் ஓடு நத்தைகள், இடம்புரி இளங்கன்றுகளையும் உண்டாக்கியுள்ளன. அவ்வாறானவை ஒடுங்கும் இடம்புரி



படம் 92

சைட்டோபிளாசத்தின் மூலம் மரபுவழியடைதல்

ஜீன்களின் ஒத்த கருமுட்டைகளாக இருக்கவேண்டும். வலம்புரித் தன்மை தாயின் வலம்புரி ஜீன்களினால் நிர்ணயிக்கப்படுகிறது; தாயின் பண்பு ஜீன்களினால் அன்று. அத்தாயினுடைய ஜீன்கள் சைட்டோபிளாசத்தில் பதிந்துவிட்டவையாகும். அதுவும் முதிர்நிலை அடைவதற்கு முன் அம்முட்டையில் தோன்றிப் பிளவுறும்வரை நீடிக்கப்பட்ட நிகழ்ச்சியேயாகும். இதையே "தாய் வழிநிர்ணயம்" (Maternal Determination) என்று சிலர் கூறுவார்கள். மற்றும் சிலர் "**கால தாமத விளைவு**" (Delayed Effect) என்று விளக்குவதுமுண்டு.

நத்தையில் காணும் சுருள்ஓட்டுத் தன்மையைக் கீழ்க்கண்ட விளக்கம் தெளிவுபடுத்தும். இடம்புரித் தன்மைக்கு ஒடுங்கிய மியூட்டண்ட் ஜீன் (Mutant Gene) காரணமாயிருக்கும். இதை S என்று குறித்துக் கொள்வோம். இதனுடைய சாதாரண ஜீனை (Normal Gene) + என்று குறிப்போம். இதனுடைய விளைவைச் செல் பிரியும் ஆரம்பத்திலிருந்தே காணலாம். முட்டை ஓர் இரட்டை எண். இது தாய் இனச்செல்லிலிருந்து உண்டானதாகும். தாயின் மற்றக் குன்றாத செல்லைப் போல் இதுவும் மரபுவழி அமைப்பைக் கொண்டதே. தாய், இடம்புரியாகவும் தோற்றவழியமைப்பு S/S ஆகவும் கொள்வோம். எல்லாக் குன்றாத செல்களுக்கும், தாய் இனச்செல்களுக்கும் சேர்த்து இது பொருந்தும். இவ்வாறான ஊசைட்டுக்களின் சைட்டோபிளாசத்தில் S/S என்ற அமைப்பு இருப்பதால் இடப் புறச்சுருள் ஏற்படுகிறது. ஓங்கும் + ஜீன் மூலம் முட்டை கருத்தரித்திருந்தாலும் இடப்புறச்சுருள் ஓடே உண்டாகிறது. கலப்பினத்தில் (Hybrid) குன்றாத முட்டைகளின் நியூக்ளியசில் (ஊசைட்டுக்களில்) +/S அமைப்புக் காணப்படும். இதில் ஓங்கிய + ஜீன் இருப்பதால் சைட்டோபிளாசம் வலம்புரியாக இருக்கிறது. குன்றிய முட்டைகள் (Reduced Eggs) வலம்புரி சைட்டோபிளாசத்தைப் பெற்றிருப்பதால் வலம்புரி இளங்கன்றுகளைக் கொடுக்கின்றன. இக்கலப்பினத்தில் (S/+) பாதி முட்டைகளின் நியூக்ளியசில் S மரபுவழி ஜீன்கள் இருக்கின்றன. சைட்டோபிளாசம் கலப்பினத்தாயிடமிருந்து (+/S) வந்தாலும், முட்டையின் சைட்டோபிளாசம் வலம்புரியாக இருந்தாலும் இதிலிருந்து உண்டாகும் இளம்கன்றுகள் S/S ஆகவே இருக்கின்றன.

சுருக்கமாகக் கூறினால் மேற்கூறிய +/S கலப்பினத்தில் + ஜீனானது வளரும் வளர்கருவில் உடனடியான விளைவுகளை

ஏற்படுத்தாமல், முதிர் நத்தையின் முட்டைகளில் மட்டும் ஏற்படுத்துகிறது. அதாவது கலப்பினம் முதிர்நிலை அடையும் வரையில் ஜீனின் விளைவு காலதாமதமாகிறது (Delayed). இதுவே எல்லா முட்டைகளையும் வலம்புரியாக்குகிறது. மேற்கூறிய தாய்வழி நிர்ணயம்கூடச் சரியில்லை என்று தற்போது தெரிகிறது. ஏனெனில் பரம்பரை வழிவருதல் என்பது இரு பெற்றோர்களையும் பொறுத்ததேயன்றித் தாயினுடையதை மட்டும் பொறுத்ததன்று.

ஆகவே சைட்டோபிளாசத்தில் மரபுவழிக்குரிய பொருள்கள் இருக்கின்றன என்பது மறுக்கமுடியாத தொன்றாகும். ஆனால் மெண்டலின் முறைப்படி மரபுவழியடைவது என்பது நியூக்ளியசிலுள்ள குரோமோசோம்கள் (ஜீன்கள்) மூலமே நிகழ்கிறது என்றும், அதுவே படிமலர்ச்சிக்கு (Evolution) ஆற்றல் வாய்ந்த துணைப் பொருளாக இருக்கிறது என்றும் தெளிவாகக் கொள்ளவேண்டும்.

14. வளர்தலில் ஜீன்கள்

(Genes in Development)

கருத்தரித்தது முதற்கொண்டு கருவளர ஆரம்பிக்கிறது. பெற்றோர்களிடமிருந்து பெற்ற ஜீன்களே அக்கரு மூலம் தொடர்ந்து வருவதால் இளங்கன்றுகளும் அவர்களைப் போன்றே வளர ஆரம்பிக்கின்றன. ஆகவே ஜீன்கள்தாம் அவற்றைக் கட்டுப்பாட்டுடன் வளரச் செய்து பெற்றோர்கள் போன்றே உருவாக்குகின்றன.

இவ்வாறு வளரும் வளர்கருவின் (Embryo) வளர்ச்சிக்கு இரு கருத்துக்கள் இருந்து வந்திருக்கின்றன: *1.* முன் உரு அமைந்த கோட்பாடு (Preformation Theory). *2.* முன் உரு அமையாக் கோட்பாடு (Epigenesis Theory). முதற்கொள்கையின்படி விந்து அல்லது அண்டத்தில் முன்னதாகவே வளர்ச்சி அடைந்து, பின் அது படிப்படியாக விரிவுறுவதாகக் கருதப் படுகிறது. இக் கருத்து உண்மை என்று கொண்டால் வளர் கருவின் (பெண்ணாக இருந்தால்) அண்டத்தில், முட்டைகளும் அம் முட்டைகளுள் கருவும் இருக்கும் என்று விவாதிக்கலாம். ஆனால் இது போல் ஒருபோதும் இருக்கமுடியாது. இரண்டாம் கொள்கைப்படி ஆரம்பநிலையில் முட்டை உருவமற்று இருந்து, பின் படிப்படியாக முதிர்நிலையை அடைகிறது என்று கருதப்படுகிறது. ஆகவே வளர்ச்சி இரண்டாம் கொள்கைக்கு ஒத்தே வருகிறது. இங்கு எவ்வித உருவமும் இல்லாக் கருவுகளிலிருந்து முட்டை வளர்வது என்று கொள்ளாமல் முன்னதாகவே உள்ள ஜீன்கள் குரோமோசோம்களிலிருந்தே வளர்கின்றன என்று கொள்ளவேண்டும். தற்காலம், வளர்ச்சியை உரு அமையாக் கோட்பாட்டின் படியே கருதுகிறார்கள். அதாவது செல்கள் வேறுபடுதல் (Differentiation of

Cells), உறுப்பு உண்டாகுதல் (Sematic Changes) வரையிலு மின்றி, மூல இனச் செல்கள் உண்டாகுதல் வரை (Germinal) அன்று.

வளர்கருவில் ஒரேமாதிரியான ஜீன்கள்தாம் இருக்கின்றன என்று கருதப்படுவது உண்மையானால், அவற்றில் சில ஒருவித உறுப்புக்களாகவும், மற்றும் சில வேறு உறுப்புக்களாகவும் வளர்வதெப்படி? இதற்கு விடைகாணும் வாயிலாக ஆராய முற்பட்டால் முதலில் ஜீன்கள் செல்களை வளரத் தூண்டுவதாகக் கொள்ளாமல் பல்வேறு இலக்குக்களில் வளரச் செயல்திறனை அளிக்கிறது என்று கொள்ளவேண்டும். எந்த ஒரு குறிப்பிட்ட இலக்கில் செல் வளர ஆரம்பிக்கிறதோ அந்த இலக்கைச் சூழ்நிலை நிர்ணயிக்கிறது. இங்கேதான் ஜீன்கள் இணைந்து செயலாற்றுகின்றன. வளர்கருவின் செல்கள் இங்கே இடவேறுபாடடைகின்றன. முன்னிருந்த உள் சூழ்நிலையைவிட்டு மாறுபடுகிறது. உதாரணமாக வளர் கருவின் வெளிப்புறத்திலுள்ள செல்கள் உட்புறத்திலுள்ள செல்களைவிட அதிகமாகப் பிராணவாயுவைப் பெறுவதைக் கூறலாம். இவ்வாறான குறிப்பிட்ட இடவேறுபாடு செல்களைப் பல்வேறு இலக்குக்களில் (Directions) வளரச்செய்கிறது. வளர்கருவின் உட்புறச்சூழ்நிலை வேறுபாடுகள், வரையறை விளக்கத்திற்குக் (Differentiation) காரணமாக இருக்கலாம்.

கருத்தரிப்பதற்கு முன்பே வரையறை விளக்கம் ஆரம்பமாகிறது. அண்டச் சுரப்பியில் அண்டங்கள் இருக்கும் இட அமைப்பைப் பொறுத்தே இது ஆரம்பமாகிறது என்று கூறலாம். தவளை முட்டையின் ஒரு முனை சுத்த இரத்தக் குழாய்களுக்கருகிலும், மற்றொருமுனை அசுத்த இரத்தக் குழாய்களுக்கு அருகிலும் இருப்பதால், முதலாவது வரும் பகுதி யோக் (Yolk) குறைவாகவும், இரண்டாவது வரும் பகுதி யோக் அதிகமாகவும் பெறுகின்றன. அதனால் முதல் முனையில் புரோட்டோபிளாசம் அதிகமாகவும், இரண்டாவது முனையில் புரோட்டோபிளாசம் குறைவாகவும் அமைகின்றன. முன்னதற்குக் கருமுனை (Aninal Pole) என்றும், பின்னதற்கு யோக்முனை (Vegetal Pole) என்றும் பெயர். கருமுனை தலைப் பாகமாகவும், யோக்முனை வால்பாகமாகவும் வளர்கின்றன. ஆனால் ஆரம்பத்தில் தவளை முட்டையில் இருமுனைகளுமே இல்லை. அதாவது வரையறுக்கப்படவில்லை (Undifferenciated). வரையறை விளக்கம் ஆரம்பித்தவுடன் மேலும் வரையறுக்கப்

படுகிறது. வளர்கருவின் ஒரு பகுதியில் உண்டாகும் வேதியியற் பொருட்கள் மற்றொரு பகுதியில் குறிப்பிட்ட இலக்கில் வளரச் செய்கின்றன. இங்கு ஒரு பகுதி மற்றப் பகுதிகளின் சூழ்நிலையாக அமைவதைக் காணலாம். மேற்கூறிய செயல்கள் யாவும் ஜீன்களின் கட்டுப்பாட்டினாலேயே இயங்குகின்றன.

வரையற்ற விளக்கமானது முதன் முதலில் தெளிவான மாற்றங்களைச் செல்களில் உண்டுபண்ணுவதில்லை. ஆனால் அது சைட்டோபிளாசத்தில் நிகழும் ஒரு வேதியியல் மாற்றமேயாகும். இதற்கு வேதியியல் வரையறை விளக்கம் (Chemodifferentiation) என்று பெயர். தவளையின் முட்டையில் இருமுனைகள் தோன்றுவது முதலில் ஏற்பட்ட காணமுடியாத வேதியியல் வரையறை விளக்கத்தின் விளைவேயாகும். தலை முதல் கால்வரை நிலைநாட்டும் முனைஅச்சுத்தான் (Polar Axis) இவ்வேதியியல் வரையறை விளக்கத்தின் முதற்படியாகும். அடுத்து மேல் கீழ்அச்சை (Dorso-Ventral Axis) நிலை நிறுத்துவது இரண்டாம்படியாகும். இப்போது அவ்வளர் கருவை வலம், இடம் என இருபகுதிகளாகப் பிரிக்கலாம். தவளையின் முட்டையில், விந்து உட்செல்லும் புள்ளிக்கு எதிர்பக்கம், மேற்புறமாக வளர்கிறது. இங்கேயும் விந்து நுழைதல் என்ற சூழ்நிலைதான் வேதியியல் வரையறை விளக்கத்திற்குக் காரணமாக இருக்கிறது.

சில இனங்களில், கருத்தரிப்பதற்கு முன்பே வேதியியல் வரையறை விளக்கம் நிர்ணயிக்கப்பட்டுவிடுவதாகத் தெரிகிறது. அம்மாதிரியான இனங்களின் முட்டைகளுக்கு நிர்ணயிக்கப்பட்ட (Determinate) அல்லது மொசேக் (Mosaic) வகை என்று பெயர். சில இனங்களின் முட்டைகளுக்குக் கருத்தரிப்பதற்கு முன் வேதியியல் வரையறை விளக்கம் நிர்ணயிக்கப்படுவதில்லை. அவ்வாறுள்ள முட்டைகளுக்கு நிர்ணயிக்கப்படாத (Indeterminate) வகை என்று பெயர். கடல் முள்ளெலியின் (Sea Urchin) முட்டைகள் நிர்ணயிக்கப்படாதவகையாகும். இருசெல்நிலையிலும்கூட அவ்வாறு நிர்ணயிக்கப்படவில்லை. இந்த இருசெல்களைப் பிரித்தாலும் (Separate) அச்செல்கள் முழுவளர்கருவாக வளரக்கூடிய நிலையில் இருக்கின்றன. ஆகையால் அவற்றைப் **பூரண ஆற்றலுடையன** (Totipotent) என்று கூறுவார்கள். ஆனால் நத்தையின் முட்டையோ இருசெல்நிலையிலேயே வரையறுக்கப்பட்டுள்ளது. அதாவது நிர்ணயிக்கப்பட்ட வகையாகும். முதல்

இருசெல்களைப் பிரித்துவளரவிட்டால் முழுவளர் கருவாக வளராது. இரண்டும் பாதிப்பாதியாகத்தான் வளரும். அதாவது கருத்தரித்த முட்டையிலேயே வேதியியல் வரையறை விளக்கத்தால் நிர்ணயிக்கப்பட்டு விட்டதாகத் தெரிகிறது. ரோக்ஸ் (Roux), ஹென்ஸ் டிரெஷ் (Hans Driesch), ஸ்பீமென் (Speman) போன்றவர்கள் முட்டைகளில் மாற்றி ஒட்டுதல் முறைச் (Transplant) சோதனைகள் மூலம் முள்தோலிகளின் லார்வாக்களிலும், நியூட்களிலும் (Newt) விளக்கியுள்ளனர்.

வரையறை விளக்கம் நிகழ்வதற்குப் பல பொருட்கள் இருக்கின்றன. அவற்றில் வேதியியற் பொருட்கள் முக்கியமானவையாகும். இவற்றிற்குத் "**தூண்டிகள்**" (Induction) என்று பெயர். நியூட் லார்வாவினுடைய கண்ணின் வளர்ச்சியில் இத்தூண்டிகள் செயலாற்றுவதை உதாரணமாகக் கூறலாம். அக்கண்ணின் கிண்ணம் (Optic Cup) வளரும் போது புறஅடுக்கில் பட்டதும், லென்ஸை வளரச்செய்கிறது. அதன் பிறகுதான் அவ்விடத்தில் லென்ஸ் வளர ஆரம்பிக்கிறது. இந்தக் கண்ணின் கிண்ணத்தை வேறோர் இடத்தில் தோலின் கீழ் ஒட்டுதல் செய்தால் அங்கே ஒரு லென்ஸ் வளர ஆரம்பிக்கும். ஆகவே ஏதோ ஒரு வேதியியல் தூண்டி அக்கிண்ணத்தில் இருப்பதால் புறஅடுக்கு (Ectoderm) அவ்வாறு மாற்றுகிறது. இம்மாதிரியான வளர்கருவின் பாகங்களுக்குக் "**கருவுயிர் தூண்டியக்கிகள்**" அல்லது **ஆர்கனைசர்** (Organizer) என்று பெயர். புறஅடுக்கிற்குத் தகுதிகள் (Compctence) என்று பெயர். ஆகவே கண்கிண்ணம் ஒரு கருவுயிர்த்தூண்டியக்கியாகும். தவளையின் வளர்ச்சியில் இரண்டுஅடுக்குக்கருக்கோள் நிலையில் (Gastrula) காணப்படும் மேல் உதடு" (Dorsal Lip), அவ்வாறே நரம்புத்தண்டு, மூளை போன்றவை வளரப் புறஅடுக்கைத் தூண்டுகிறது. இங்கு வேதியியல் பொருள் ஸ்டீராலாக (Sterol) இருக்கலாம் என்று கருதுகிறார்கள். மேலும் இம் மேலுதட்டில் முதுகுத்தண்டுப் பிளேட்டுகளும நடுஅடுக்குத்தகடுகளும் இருக்கின்றன. நடு அடுக்குத தகட்டிலிருந்து தசை, சிறுநீரகம், இரத்தக் குழாய்கள் முதலியன வளர்கின்றன.

மேற்கூறிய தூண்டியக்கியும், அதனுடன் கூடிய தகுதியும் ஜீன்களின் கட்டுபபாட்டிலேயே இயங்குகின்றன. வளர்சிதை மாற்றத்தையும், வளர்ச்சியையும் கட்டுப்பாடு செய்யும் ஹார்மோன்களும் ஜீன்களின் கட்டுப்பாட்டிலேயே இயங்குகின்றன.

15. இனக்கூட்ட மரபியல் அல்லது இனத்தொகைகளில் பரம்பரையியல்

(Population Genetics or Heredity in Population)

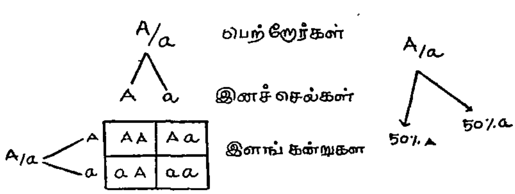
இனக்கூட்ட மரபியல் என்பது ஓர் இனக் கூட்டத்தில் ஒரு ஜீனின் நிகழ்வெண்ணைப் பற்றிப் படிப்பதாகும். இதுவரை கட்டுப்பாட்டுடன் இனக்கலப்புச் செய்த வழித்தோன்றிகளைப் பற்றிக் கூறினோம். ஆனால் நியதியற்ற (Random) முறையில் இனக்கலப்புச் செய்யும் கூட்டத்தைப் பற்றி ஆராய்வோம்.

இனக்கூட்ட மரபியல்பற்றி அறிந்துகொள்ளச் சில அடிப்படை மரபியல் எழுத்துக் கணிதத்தைத் (Genetic Algebra) தெரிந்துகொள்ளவேண்டும். 1908ஆம் ஆண்டு ஜி. எச். ஹார்டி (G. H. Hardy) என்னும் இங்கிலாந்து நாட்டுக் கணித மேதையும், டாக்டர். வியன்பர்க் (Weinberg) எனும் ஜெர்மன் நாட்டு மருத்துவரும் தனித்தனியே மெண்டலின் ஜீன்கள் எவ்வாறு ஓர் இனக் கூட்டத்தில் இயங்குகின்றன என்று தெளிவுபடுத்தினார்கள். பேட்டிசனும் (W. Bateson), மற்றவர்களும், கட்டுப்பாட்டிற்கு இணங்கிய சோடிகளை இனச் சேர்க்கை செய்து அவர்கண்ட விகிதங்களிலேயே மேலும் பல முடிவுகளைக் கண்டனர். ஆய்வுக்கூடத்தில் உண்டாக்கப்படும் இன அமைப்புக்களைவிட, பல்வேறு தோற்றவழி அமைப்புக்களை இயற்கைக் கூட்டத்தில் பார்க்கிறோம். இக்கூட்டத்தில் காண்பவை யாவும், அல்லீல் ஜீன்களினுடைய நிகழ்வெண்களின் (Gene Frequency) சுழற்சியே ஆகும். இதனால் பல்வேறுபட்ட இன அமைப்புக்கள் அக்கூட்டத்தில் காணப்படுகின்றன. இவற்றைக்கொண்டு ஹார்டியும், வியன்பர்க்கும் அக்கூட்டத்தின் நிகழ்வெண்களுக்கிடையே சமநிலையைக் காட்டினர் (Equilibrium).

ஒத்த கரு முட்டைகளின் இனக்கலப்பிலிருந்து கிடைக்கும் பரம்பரையைக் கணக்கிட்டால், அதாவது A, a ஜீன்களின் இனக்கலப்பில் ($^A/_A + ^a/_a$) கீழ்க்கண்டவாறு வழித்தோன்றிகள் (இளங்கன்றுகள்) அமைகின்றன. அட்டவணையைக் கவனிக்க.

	மரபு வழியமைப்பு	ஜீன்கள்	ஒவ்வொன்றின் விகிதம்
P	$^A/_A \times ^a/_a$	2 A 2 a	எல்லாம் A எல்லாம் a
F_1	$^A/_a$	A, a	$\frac{1}{2}$ A : $\frac{1}{2}$ a
F_2	$1^A/_A$ $2^A/_a$ $1^a/_a$	2 A 0 a 2 A 2 a 0 A 2 a	$\frac{1}{4}$ A 0 a $\frac{1}{4}$ A $\frac{1}{4}$ a 0 A $\frac{1}{4}$ a
மொத்தம் F_2		4 A 4 a	$\frac{1}{2}$ A : $\frac{1}{2}$ a

மேற்கூறியவற்றையே ஒவ்வொரு கருமுட்டைகளைக் கொண்ட பெற்றோர்களைக்கொண்டு விளக்கினால் கீழ்க்கண்டவாறு தெளிவுறும் (கட்டப்பலகை மூலம் விளக்குதல்).



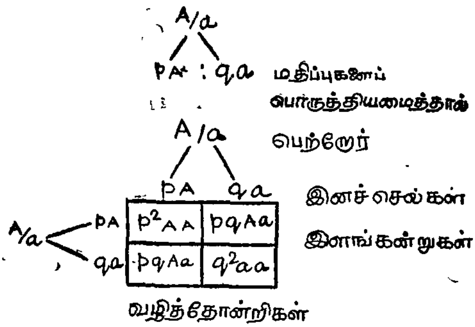
இதைக் கீழ்க்கண்டவாறு நிகழ்வெண்களைக் கொண்டு மாற்றி விளக்கலாம்.

A அல்லீலின் நிகழ்வெண் = p

a அல்லீலின் நிகழ்வெண் = q என்று கொண்டால்

மொத்தக் கருமுட்டைகள் = $p^2(AA) + 2pq(Aa) + q^2(aa)$ இதுவே ஈருறுப்பு விரிவாகும் (Binominal Expansion). ஆகவே

ஓர் இனக்கூட்டத்தில் ஏற்படும் நியதியற்ற இனக் கலப்பியினுல் (Random Mating) பிறந்த இளங்கன்றுகளின்



(Offspring) நிகழ்வுத்தகவை (Probability) மேற்கண்ட சமன் தொடர் (Equation) விளக்குகிறது.

மரபு வழித்தோன்றிகள் (Progeny) எவ்வாறு நிகழ்கின்றன என்று விளக்குவதற்கு இவ்விதக் கட்டப் பலகை பயன் படுகிறது. விந்துக்களும், அண்டங்களும் ஜீன்களை எடுத்துச் செல்கின்றன. இதில் pA என்பது விந்துக்கள் எடுத்துச் செல்லும் நிகழ்வுத்தகவாகவும், qa என்பது அண்டங்கள் எடுத்துச் செல்லும் நிகழ்வுத்தகவாகவும், கொண்டு விளக்கப் பட்டிருக்கிறது. விந்தும், அண்டமும் A அல்லீலை எடுத்துச் செல்கின்றன. இதனுல் A அல்லீல் உள்ள விந்துவும், A அல்லீல் உள்ள அண்டமும் கருத்தரித்தால் p^2AA என்பது உண்டாகும். அவ்வாறே A அல்லீல் உள்ள விந்துவும், a அல்லீல் உள்ள அண்டமும் கருத்தரித்தால் pq Aa உண்டாகும்.

ஆனுல் Aa மரபுவழித் தோன்றிகளின் நிகழ்வுத்தகவுகளைக் கொடுப்பதில்லை. ஏனெனில் மரபுவழித் தோன்றிகள், a எடுத்துச்செல்லும் விந்துக்கள் A எடுத்துச்செல்லும் அண்டத் துடன் சேர்ந்து உண்டாகவும் செய்யும். ஆகவே Aa மரபு வழியமைப்பு இரு முறைகளில் தோன்றுகிறது. ஒவ்வொன்றும் pqAaஐ உண்டாக்குகிறது. மொத்தத்தில் 2pq உண்டாகிறது.

ஆகவே மூன்று வகை மரபுவழி அமைப்புக்கள் உண்டா கின்றன.

$$\frac{AA}{p^2}\quad\frac{Aa}{2pq}\quad\frac{aa}{q^2}$$

AA = ஒத்த கருமுட்டையின் நிகழ்வுத்தகவு p^2
Aa = ஒவ்வாக் ,, ,, $2pq$
aa = ஒத்த ,, ,, q^2

$p = q = 0.5$ என்பது நிகழ்வெண்ணாகும் (Frequency). இதையே சமன்பாட்டில் கூறினால் $p^2 + 2pq + q^2 = 1$ என்றாகும். இரண்டு அல்லீல்கள் மட்டும் செயற்பட்டால் அல்லீல்களின் நிகழ்வெண்கள் p, q என்று ஆகும்.

$$p + q = 1$$

$$p = 1 - q$$

pயின் மதிப்பு மேற்கூறிய சமன்பாட்டுத் தேற்றத்தில் பொருத்தினால்

$(1-q)^2 + 2q(1-q) + q^2$: (இதைக் கொண்டு ஒரு செடி அல்லீல்களின் ஜீன் நிகழ்வெண்களைக் காணலாம்.)

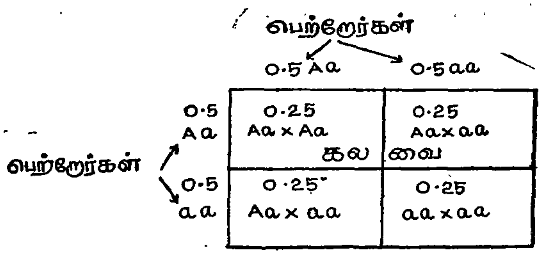
மேலும் கீழ்க்கண்ட நிபந்தனைகளைப் பூர்த்தி செய்தனவாகவும் இருக்கவேண்டும்.

1. எல்லாப் பெற்றோர்களும் ஒவ்வாக் கருமுட்டைகளாக (Heterozygotes) இருக்கவேண்டும்.

2. இரு வகை இனச்செல்களும் ஒத்த நிகழ்வெண்களையே மரபுவழிக் கடத்திகளாக (Transmit) இருக்க வேண்டும்.

3. இனச் செல்களின் கலப்பு முழுதும் நியதியற்றனவாக (Random) இருக்கவேண்டும்.

இம்முறை, இருவித இனச்செல்கள் சமமற்ற நிகழ்வெண்களில் உண்டாகும்போது காணப்படுகிறது. பெற்றோர்கள் ஒத்த வகுப்பாக இராமல், (ஒவ்வாதனவாக) இருக்கும் போது (அதாவது ஒரே ஜீனைப்பாக இல்லாதிருந்தால்) நடைபெறுகிறது. குன்றல்பிரிவு இயற்கைக்கு மாறாக நிகழ்ந்தால் இதுவும் நடைபெறும். எடுத்துக்காட்டாக ஒருசோதனை நடத்துவதாகக் கொள்வோம். பெற்றோர்களின் மரபுவழி அமைப்பு $^{A}/_{a}$-யும், $^{a}/_{a}$-யும் ஆகவும், அவற்றிற்குச் சமவாய்ப்பு இருப்பதாகவும் கொள்வோம். அவ்வாறு கொண்டால் அவற்றிற்கு ஏற்படும் நிகழ்வெண்ணைக் கட்டப்பலகை மூலம் விளக்கலாம்.



இதில் மூன்றுவிதக் கலவைகள் நிகழ்கின்றன.

Aa × Aa = 0·25

Aa × aa = 0·50

aa × aa = 0·25

ஒவ்வொரு கலப்பின் மூலம் கிடைக்கும் சந்ததிகளைக் கட்டப் பலகை மூலம் அறியலாம். இச்சோதனையில் எல்லாவற்றையும் ஒன்றாக நோக்கினால், கீழ்க்கண்ட வகைகளையும், வழித்தோன்றிகளின் நிகழ்வெண்களையும் காணலாம்.

கலவை (Mating)	நிகழ்வெண் (Frequency)	வழித்தோன்றிகளின் நிகழ்வெண் (Frequencies of Progeny)		
		AA	Aa	aa
Aa × Aa	0·25	0·0625	0·1250	0·0625
Aa × aa	0·50	—	0·2500	0·2500
aa × aa	0·25	—	—	0·2500
மொத்தம்	0·0625	0·0625	0·3750	0·5625

இதையே வேறு ஓர் எளிய முறையிலும் விளக்கலாம். இதற்குக் கலவை, நியதியற்ற முறையில் (Random Mating) நடைபெறுவதாகக் கொள்ளவேண்டும்.

இச்சோதனையில் Aa-யும், aa-யும் பெற்றோர்கள் சம அளவில் இருப்பதாகவும், அவை சம அளவே இனச் செல்களை உண்டாக்குவதாகவும் கொள்ளவேண்டும். அவ்வாறு கொண்டால் அவர்களிடமிருந்து வெவ்வேறு வித இனச் செல்கள் உண்டாவதின் நிகழ்வெண்களாவன:

$$\underbrace{0{\cdot}5Aa}_{0{\cdot}25A\,:\,0{\cdot}25a} + \underbrace{0{\cdot}5aa}_{(0{\cdot}5a)}$$

$$0{\cdot}25A : 0{\cdot}75a$$

இவற்றின் மதிப்பை இருவித இனச் செல்களில் (Conjoint Frequencies of Types of Gametes) கட்டப் பலகையால் விளக்கினுல்,

பெற்றோர்கள்	0·25A	0·75a
0·25A	0·0625AA	0·1875Aa
0·75a	0·1875Aa	0·5625aa

இம்மூன்று வழித்தோன்றிகளின் மரபுவழி அமைப்புக்களின் நிகழ்வெண்கள் : $\frac{AA}{0{\cdot}0625}$ $\frac{Aa}{0{\cdot}3750}$ $\frac{aa}{0{\cdot}5625}$

இவ்வெண்களும் முன்பு செய்தமுறையின் முடிவுகளை ஒத்தே இருக்கின்றன. இதையே இன்னும் எளிய முறையில் விளக்க வேண்டுமென்ருல், ஒரு பெற்ரேரின் இனத் தொகையில் மூன்றுவித மரபுவழியமைப்புக்கள் இருப்பதாகக் கொண்டால்,

பெற்ரோர்கள் 0·1AA : 0·8Aa : 0·1aa

இனச்செல்கள் (0·1A) + (0·4A : 0·4a) + (0·1a)

இனத்தொகையின் இனச்செல்களின் நிகழ்வெண்கள் } 0·5A : 0·5a.

நாம் முன்பே கீழ்க்கண்டவாறு ஒப்புத் தகவெண்களைக் கண்டறிந்தோம்.

AA	Aa	aa
0·25	0·50	0·25

Aa × aa குறுக்குக்கலவை செய்தால் இதே முடிவுகள் தாம் வரும். ஆகையால் நாம் அடையும் முடிவாவது: குறுக்குக்

கலவையிலிருந்து நிகழ்வெண்கள் அடைவதில்லை என்றும், பெற்றோர்களின் மரபியல் அமைப்புக்களிலிருந்துதான் அவ் வெண்களைப் பெறுகிறோம் என்றும் தெரியவருகிறது.

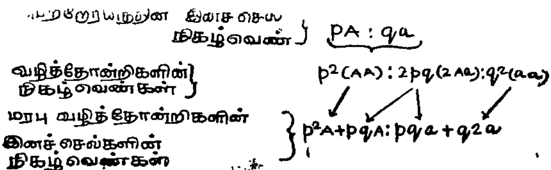
மேற்கூறியவை யாவும் வெறும் கணக்குப் புள்ளிகளே என்றிருந்தாலும் மரபியல் கணக்குக்களுக்கு இழுத்துச் செல்கின்றன என்றும் விளங்குகிறது. ஆகவே பலவித மரபுவழி அமைப்புக்களில் நிகழ்வெண்களைக் கொண்டு ஓர் இனத் தொகையை விளக்கலாம்; அல்லது பலவித இனச்செல்களின் நிகழ்வெண்களைக் கொண்டும் விளக்கலாம். அந்த இனத் தொகை இனப்பெருக்கம் செய்யும் யூனிட்டாக இருக்க வேண்டும்.

ஒரு சோடி ஜீன்கள் இருவித இனச்செல்களை உண்டாக்கலாம் என்று கொண்டால் அவை pA : qa என்ற இரு விகிதத்தில் அவற்றை உண்டாக்குகின்றன. இதையே கட்டப் பலகையில் குறித்தால்,

இனச்செல்கள்	pA	qa
pA	p^2AA	pqAa
qa	pqAa	q^2aa

வழித்தோன்றிகள்

இவற்றிலிருந்து உண்டாகும் மூன்று மரபியலமைப்புக் களின் நிகழ்வெண்கள் $p^2(AA) : 2pq(2Aa) : q^2(aa)$



இதையே ஹார்டி, வியன்பர்க் (Hardy and Weinberg) என்ற இரு விஞ்ஞானிகள் விளக்கும் வாயிலாகக் கீழ்க்கண்ட வாறு கூறினார்கள். "**வழித்தோன்றிகள் உண்டாக்கும் இனச் செல்களும், பெற்றோர்கள் உண்டாக்கும் இனச்செல்களும் ஆக இரண்டின் இரண்டு அல்லீல்களின் ஒப்பீட்டு நிகழ்வெண்கள் ஒத்தனவே**" என்பதாகும்.

ஹார்டி-வியன்பர்க் விதி

இவ்விதியின் இரு கூறுகளாவன:

1. இரண்டு அல்லீல்களின் ஒப்பீட்டு நிகழ்வெண்கள் ஒரு வழித் தோன்றிக்கும், மற்றொன்றிற்கும் மாறாத நிலையில் இருக்கின்றன.

2. மூன்று மரபியல் அமைப்புக்கள் சமநிலையில் இருக்கும் இனத்தொகைகளின் தற்பெருக்க (Quadriatic Proportion) வீதத்தில் நிகழ்கின்றன.

மெண்டல் கண்ட 3 : 1 என்ற தோற்றவழி அமைப்பு வீதத்தின் அதாவது 1 : 2 : 1 என்ற மரபியலமைப்பு வீதத்தின் நிகழ்வெண்ணை மேற்கண்ட விதிப்படி கீழ்க் கண்டவாறு விளக்கலாம். $p=q=0{\cdot}5$ என்று கொள்ளும் போது p^2(AA) : 2pq(2Aa) : q^2(aa) என்பதைப் பொது வாகக் கொள்ளலாம். எடுத்துக் காட்டாக மனித இரத்த வகுப்புக்களைக் (M-N வகுப்பு) கொண்டு விளக்குவோம்: இவ்வகுப்பில் மூன்று வித மரபியல் அமைப்புக்கள் (MM, MN, NN) உண்டு. இம்மூன்றையும் தனித்தனியே புரிந்து கொள்ள முடியும். ரேஸும், சேங்கரும் (Race and Sanger) ஆங்கிலேயர் களின் இனத்தொகையைப் பயன்படுத்தி நிகழ்வெண்களைக் கண்டுள்ளார்.

M	MN	N	Total
363	634	282	1279.

இம்மூன்றும், M, N என்ற இரண்டு அல்லீல்களின் பிரிவே ஆகும். இவற்றிற்கிடையில் கலவை நியதிக்கு மாறாக நடை பெறுவதாகக் கொண்டால் அவற்றின் இனத்தொகை தற்பெருக்க வீதத்தில் இருக்கும். அவற்றின் ஒப்பீட்டு நிகழ் வெண்களாவன :

MM	MN	NN
28·4%	49·5%	22%

MM மரபியல் அமைப்புக்களுள்ள நபர்கள் 28·4% இனச் செல்களை உண்டாக்குகிறார்கள். அவ்வினச் செல்களில் M ஜீன்கள்தாம் இருக்கும். MN மரபியல் அமைப்புள்ள நபர்கள்

45·9% இனச் செல்களை உண்டாக்குகிறார்கள். அவற்றில் பாதி M ஜீன்களைக் கொண்டதாக இருக்கும். ஆகவே M ஜீனைக்கொண்ட அளவினச் செல்களின் நிகழ்வெண் :

$$28{\cdot}4+24{\cdot}7\%=53{\cdot}1\%.$$

அவ்வாறே மற்றவற்றிற்கும் கணக்கிட்டால், N ஜீன்களைக் கொண்ட இனச்செல்களின் நிகழ்வெண்:

$$24{\cdot}7+22{\cdot}1\%=46{\cdot}8\%.$$

எதிர்பார்த்த தற்பெருக்க விகிதங்களாவன :

$$(0{\cdot}53)^2 : 2(0{\cdot}53\times0{\cdot}47) : (0{\cdot}47)^2$$
$$=0{\cdot}28 : 0{\cdot}50 : 0{\cdot}22.$$

இவற்றை நபர்களின் எண்ணிக்கையாக மாற்றினால் எதிர்பார்க்கும் ஒவ்வொரு மரபியல் அமைப்புக்களாவன :

M	MN	N	
361	637	281	எதிர்பார்த்தது.
363	634	282	உண்மையாகக் கிடைத்தது

இவ்விரண்டும் மிக நெருக்கத்திலேயே இருக்கின்றன ஸ்டெர்ன் (Stern 1960) தாம் எழுதிய நூலில் M-ம், N-ம் ஜீன்களின் நிகழ்வெண்கள் தற்பெருக்க வீதத்தில் இருப்பதாகக் கூறியுள்ளார்.

	M	MN	N	pM	qN	
ஆஸ்திரேலியப் பழங்குடிமக்கள்	3·0	29·6	67·4	0·18	0·82	1. உண்மையானது.
	3·2	29·3	67·6	,,	,,	2. எதிர்பார்த்தது.
V, S அமெரிக்க வெள்ளையர்கள்	29·2	49·6	21·3	0·54	0·46	1.
	29·2	49·7	21·2	,,	,,	2.
அமெரிக்க இந்தியர்கள்	60·0	35·1	4·9	0·78	0·22	1.
	60·2	34·8	5·0	,,	,,	2.

எஸ்கிமோக்கள்	83·2	15·6	0·9	0·91	0·09	1.
	83·4	15·0	0·8	,,	,,	2.

இது ஹார்டி-வியன்பர்க் விதியின் இரண்டாம் பகுதிக்குத் தக்கதாக இருக்கிறது. இம்மூன்று மரபியல் அமைப்புக்கள் தற்பெருக்க வீதத்தில் இருக்கின்றன. மேலும் நிலையான திடீர்மாற்றங்கள், புலம் பெயரல், தன் இனப்பெருக்கம், தேர்வு போன்றவற்றின் விளைவுகள் எவ்வாறு ஜீன்களின் நிகழ்வெண்களை மாறாத நிலையில் வைத்திருக்கின்றன என்றும், மரபியல் அமைப்பு நிகழ்வெண்கள் தற்பெருக்க வீதத்தில் எவ்வாறு நிகழ்கின்றன என்றும் ஆராயப்பட்டு வருகின்றன.

ஜீன் நிகழ்வெண்ணும் தோற்றவழி அமைப்பு நிகழ்வெண்ணும்
(Gene Frequency and Phenotype Frequency)

மெண்டலின் இனக்கூட்டத்து ஜீன் தொகுதியின் (Gene Pool) ஒரு ஜீனின் நிகழ்வெண்ணைத் தோற்றவழி அமைப்புக்களைக் கொண்டு கணக்கிடலாம். அமெரிக்கர்களில் தோராயமாக 70% மக்கள் பிடிசி (PTC) கசப்பை உணர்ந்தவர்களாவர் என்றும், 30% கசப்பை உணராதோர் என்றும் கணக்கிடப்பட்டுள்ளது.

228 அமெரிக்கப் பல்கலைக்கழக மாணவர்களைப் பினைல் தயோ கார்பமைட் என்ற (PTC = Phenyl Thio Carbamide) உப்பை ருசிக்கச் செய்து கீழ்க்கண்ட முடிவுகளைக் கண்டனர்:

கசப்பை யறியாதவர்களின் எண்ணிக்கை	160	(70%)
கசப்பை உணர்ந்தவர்கள்	68	(30%)

T = ஓங்கிய ஜீன் ருசித்தோர் (Taster)

t = ஒடுங்கிய ஜீன் ருசியார் (Nontaster)

ருசித்தோர்களில் இரண்டு வகை மரபுவழி அமைப்பை உடையவர்கள் உண்டு.

ஒன்று TT என்ற மரபுவழி அமைப்பு

மற்றது Tt என்ற மரபுவழி அமைப்பு

ருசி உணராதோர் tt என்ற மரபுவழி அமைப்பை மட்டும் கொண்டவர்கள்.

ஒத்த கருமுட்டை ஒடுங்கிய தோற்றவழி அமைப்பு=tt (Homozygous Recessive Phenotype): இங்கு ஹார்ட்டி-வியன்பர்க் நியதியைப் பயன்படுத்தலாம்.

tt $(q^2)=68$. இது மொத்த இனக்கூட்டத்தில் 0·30 பங்கைக் குறிக்கிறது.

	ருசிப்போர்	ருசியார்
தோற்றவழியமைப்பு	TT+Tt	tt
நிகழ்வெண்	0·7 (p)	0·3 (q)

$$p+q=1 \text{ (i·e)}$$
$$p^2(TT) : 2pq(2Tt) : q^2(tt)$$
$$q^2=0{\cdot}30$$
$$q=\sqrt{0{\cdot}30}$$
$$q=0{\cdot}55$$

இங்கே இரண்டு அல்லீல்கள், அதாவது T,t என்பன தெரிவதால் ஓங்கிய அல்லீல்=T என்பது புலனாகிறது.

T யின் நிகழ்வெண் $p=1-q$
$$=1-0{\cdot}55$$
$$=T=0{\cdot}45$$

T யின் நிகழ்வெண் $=0{\cdot}45$

t யின் நிகழ்வெண் $=0{\cdot}55$

மேற்கூறிய வீதத்தில் பொருத்தினால்

$$p^2TT : 2pqTt : q^2tt$$
$$(0{\cdot}45)^2 : 2(0{\cdot}45\times0{\cdot}55) : 0{\cdot}55$$
$$0{\cdot}2 : 0{\cdot}5 : 0{\cdot}3=1$$

ஜீன் நிகழ்வெண் தெரிந்தால் இனக்கூட்டத்தில் அடுத்து ஒன்றுபோல் நிகழும் தனிக்கூறுகளைக் (Traits) கணக்கிடலாம்.

ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் (Locus) உள்ள இரண்டு அல்லீல்களை மட்டும் கணக்கிடும்போது $p+q=1$ என்ற சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்துகிறோம். ஆனால் பல அல்லீல்களைக் கணக்கிடும் போது அதற்கேற்ற குறிகளைச் சமன்பாட்டில் சேர்க்க வேண்டும். மனிதனின் இரத்தவகைகள் A, AB, a என்ற அல்லீல்களை உடையன. இவற்றின் நிகழ்வெண்களை முறையே

p, q, r என்று குறிக்க. ஆதலால் $p+q+r=1$ என்ற சமன்பாட்டை விவரிக்க. பல்கூட்டு அல்லீல்களைக் கணக்கிடும் போது,

$p+q+r=1$ என்ற சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்துக. இதனால் ஹார்டி வியன்பர்க் சமநிலையானது,

$p^2AA+q^2AB\ \ AB+r^2aa+.........2pq\ \ AAB+2pr\ \ 2Aa+{}^2qr$ $Aa=1$ என்ற விரிவைக் கொள்ளும். இது மனித இரத்த வகையைக் கொண்டு மக்கள் தொகையைக் கணக்கிடப் பயன்படும்.

மரபியல் சமநிலை (Genetic Equilibrium)

ஹார்டி-வியன்பர்க் விதிப்படி ஓர் இனக்கூட்டத்தில் தனித்துப் பிரிந்து ஒதுங்கும் அல்லீல்கள் தங்களிடையே ஒரு சமநிலையை உருவாக்குகின்றன. உதாரணமாக இரத்த வகுப்பு அல்லது குறுகிய கொம்பு கால்நடைகளைக் கொண்டு விளக்கலாம். இரத்த வகுப்புக்களை எடுத்துக் கொண்டால் 'O' அல்லீல் வகுப்பு இரத்தத்தின் நிகழ்வெண் p ஆகவும், Aயின் நிகழ்வெண் q ஆகவும் கொள்க. இந்தப் புனைவுக் கோளியலில் (Hypothetical) B அல்லீல் இல்லை என்று கொள்ளவேண்டும். மேலும் O வகுப்பு A வகுப்புடன் u நிகழ்வெண்ணுடன் நிலையான திடீர் மாற்றம் (Mutation) செய்வதாகவும், A வகுப்பு O வகுப்புடன் v நிகழ்வெண்ணுடன் நிலையான திடீர்மாற்றம் செய்வதாகவும் கொள்ள வேண்டும். அவ்வாறு கொண்டால் அவை $pu=qv$ என்றாகும். O அல்லீல்கள் A ஆக மாற எவ்வளவு நிலையான திடீர்மாற்றம் ஏற்பட்டிருக்கிறதோ அவ்வளவு முறை A அல்லீல்கள் O ஆக மாற நிலையான திடீர்மாற்றங்கள் நிகழ்ந்திருக்கின்றன என்றாகும். ஆனால் இனத்தொகை மட்டும் சமநிலையிலேயே இருந்திருக்கிறது. மேலும்,

$$p/q = u/v$$

$u = 1/100{,}000$ என்றும் $v = 1/50000$ என்றும் கொண்டால்,

$$p/q = \frac{1}{50{,}000} \Big/ \frac{1}{10{,}0000} = 2\cdot0$$

O வகுப்பின் நிகழ்வெண் $p=0\cdot66$
A வகுப்பின் நிகழ்வெண் $q=0\cdot33$

O வகுப்பு A ஆக நிலையான திடீர்மாற்றம் ஏற்படும் போது A, O ஆக மாறும் அளவில் பாதியளவேயாகும்.

O அல்லீல்கள் இருப்பதுபோல் இருமடங்கு A அல்லீல்கள் இருந்தாலும் அவை சமநிலையடையும். இதையே எடுத்துக் கணித முறையில் விளக்கினால்,

O ⟶ A அல்லது A ⟶ O என்றாகும்.

செவால் ரைட் (Sewall Wright *1917*) என்ற இனக்கூட்ட மரபியல் வல்லுநர், கால்நடைகளில் பலவிதக் கலப்புக்களினால் காணும் தோல் நிறத்தை (சிவப்பு $^{R}/_{R}$ வெள்ளை w/w கபிலை நிறம் $^{R}/_{W}$) விளக்கினார். பிஷ்ஷர் (R. A Fisher *1890-1962*) என்பவரும் கணித முறையை இனக்கூட்ட மரபியலில் புகுத்தி விளக்கினார்.

ஜீன்களின் நியதியற்ற எதிர்பாரா மாற்றம் (Random Genetic Drift)

சிறு இனக்கூட்டத்தில் ஜீன்களுக்கு எதிர்பாரா வாய்ப்பு மாற்றங்கள் ஏற்படுவதால் ஜீன் நிகழ்வெண்களில் விகிதம் மாறுகிறது. அக்கூட்டம் சேய் பெருக்கும் திறன் உடையதாய் இருக்கவேண்டும். மேலே கூறியபடி ஜீன்களின் நிகழ்வெண் மாற்றங்கள், ஜீன்களின் நியதியற்ற எதிர்பாரா மாற்றம் என்று கூறலாம். மிகப் பெரிய இனக்கூட்டத்தில் ஜீன்களின் எதிர்பாரா மாற்றத்தின் பலனைக் (Effect of Genetic Drift) கணக்கிட வேண்டியதில்லை. ஏனென்றால் அது மிகக் குறைவு. ஆனால் சிறு சேய்ப் பெருக்கமுள்ள இனக்கூட்டத்தில் பரம்பரை வழித்தோன்றிகளின் மரபியல் அமைப்பு மாறுபடுகிறது. ஏனென்றால் இது ஜீன்களின் ஒழுங்கு வாய்ப்பு முறை தவறுவதால் ஏற்படுகிறது.

இனக்கூட்டம் பெரியதாகவும், வாய்ப்புத் தவறுதல் குறைவாகவும் இருந்தால் ஜீன் நிகழ்வெண்ணில் எந்தவித மாற்றமும் ஏற்படாது. ஆனால் சிறு இனக்கூட்டத்தில் ஏற்படும் ஜீன் நிகழ்வெண் வாய்ப்பு முறிவுகள் பெரும் மாறுதல்களை உண்டாக்குகின்றன. அதாவது அல்லீல் புதுத் தோன்றிகளை நிலைப்படுத்துகிறது என்பதாகும்.

16. மரபியலும் படிமலர்ச்சியும்

(Genetics and Evolution)

படிமலர்ச்சி அல்லது பரிணாமக் கொள்கை பல முறைகளில் விளக்கப்பட்டிருக்கிறது. மிகச் சுருக்கமாகக் கூறினால் படிமலர்ச்சி என்பது மெதுவாகவும் (Slow), படிப்படியாகவும் (Step-wise) மாறுவதாகும். உயிரிகளில் இமை நிலையாக மாறுபடுவதே படிமலர்ச்சி எனப்படும். மாறுபாடுகளுடன் வழிவழி வருவதைப் படிமலர்ச்சி என்று சார்லஸ் டார்வின் (Charles Darwin) கூறியுள்ளார் (Evolution means Descent with Modification-Charles Darwin).

படிமலர்ச்சி வெகுகாலமாக நடைபெற்றுக்கொண்டே வருகின்றது என்பதற்குப் பல சான்றுகள் இருக்கின்றன. அவற்றில் புதைப் படிவங்களின் (Fossils) சான்றுகளே மிக முக்கியமானவையாகும். (உ-ம்) குதிரைகளின் படிமலர்ச்சி. டார்வின் வெளியிட்ட "*இனத் தோற்றம்*" (Origin of Species) என்ற நூலை ஆராயும்போது அக்காலத்தில் அறிவியல் எவ்வளவு தூரம் முன்னேற்றமடைந்திருக்கின்றது, அதற்குப் பின் எவ்வளவு புதிதாகச் சேர்க்கப்பட்டிருக்கின்றது என்பதை நாம் உணரமுடிகிறது. அவர் காலத்தில் தொல்லுயிரியல் (Paleontology) அவ்வளவாக வளரவில்லை. ஆகையால் அவர் அன்று வாழ்ந்த உயிரிகளைக் கொண்டே அந்நூல் எழுதியுள்ளார் என்றால் அவருடைய அறிவியல் ஆற்றல் எவ்வளவு என்று தெரிந்து கொள்ளலாம். அவ்வாறு மரபியலும் வளர்ந்திருக்கிறது. டார்வின் காலத்தில் கண்ட இனத் தோற்ற விளக்கம் வெறும் கொள்கையாக (Theory) இருந்தது. இன்று அது ஒரு படிமலர்ச்சி அறிவியல் (Science of Evolution) என்ற நிலைக்கு வளர்ந்துள்ளது. தொல்லுயிரியலின் வளர்ச்சியினாலும், மரபியலின் வளர்ச்சியினாலும் படிமலர்ச்சிக்கு

நேரடியான சான்றுகள் ஏராளம் உள்ளன. அது போன்றே லாமார்க்கின் (Lamarck) கொள்கைப்படி சூழ்நிலையினால் ஏற்படும் மாற்றங்களின் பண்புகள் வழிவழியாக வருகின்றன. அவை தற்காலத்தில் ஆராயப்பட்டு ஒதுக்கி வைக்கமுடியாத நிலையில் இருக்கின்றன. இவ்விரு கொள்கைகளுக்கும் மேலாக டீவரிஸ் (Devries) கோட்பாட்டின் முக்கியத்துவம் இன்று பெரிதும் ஏற்றுக் கொள்ளப்படுகிறது. கோட்பாடு மரபியல் சான்றுகளின் வழியாக 'விளக்கப்படுவதால் எவராலும் மறுக்க முடியவில்லை. குரோமோசோம்கள், ஜீன்கள் எவ்வாறு வழித்தோன்றிகளில் அமைகின்றன என்பது இதுகாறும் விளக்கப்பட்டது. ஆகவே மரபியல் சான்றுகளின் விளக்கம் டார்வினுடைய இயற்கைத்தேர்வு (National Selection) கோட்பாட்டிற்கு மாறாக இல்லை. மரபியல் மாற்றங்கள் ஏற்பட்டாலும் இயற்கைத் தேர்வு நடந்து கொண்டே இருக்கின்றன. அம்மாற்றங்கள் கெடுதல் விளைவிப்பனவாக இருந்தாலும் "**தக்கவை தழைக்கும், மற்றவை மடியும்**" (Survival of the Fittest) என்ற கூற்றிற் கிணங்கத் தக்கனவே நிலைக்கின்றன.

படிமலர்ச்சியின் விளைவாகப் புதுப்புது இனங்கள் (Species) உண்டாகின்றன. ஓர் இனக்கூட்டத்தில் மரபியல் வேறுபாட்டுக் காரணமாகவோ, சூழ்நிலையின் காரணமாகவோ புதிய இனம் உண்டானால் அது வாழ்க்கைப் போட்டியில் வெற்றி பெற்றால்தான் தப்பிப் பிழைத்துத் தன்னைப் போல ஓர் இனக்கூட்டத்தை உண்டாக்க முடியும். மரபியில் முறையில் படிமலர்ச்சி ஏற்படுவதெப்படி? சிறப்பாகக் கூறவேண்டுமானால் குரோமோசோம்களின் அமைப்பு மாற்றங்களும், எண்ணிக்கை மாற்றங்களும், ஜீன்களின் புள்ளி மாற்றங்களும் மிக முக்கியமானவையாகும். ஊமத்தைச் செடி, டுரோசோபைலா போன்றனவற்றில் கண்டதுபோல் அமைப்புக்களும், எண்ணிக்கைகளும் புதுப்புது இனங்களை உண்டாக்குகின்றன. எடுத்துக்காட்டாக இங்கே டுரோசோபைலாவின் குரோமோசோம்களினுடைய மாற்றங்களைக் கூறலாம். டுரோசோபைலாவில் உள்ள குரோமோசோம்களின் அமைப்பு (Structure), எதிர்மாற்றங்கள் (Translocation) தலை கீழ்த் திருப்பங்கள் (Inversions) போன்ற மாற்றங்களினால் மாறியமைகிறது என்று கூறினோம். அவ்வாறு மாறியமைவதால் புதுப்புது இனங்கள் உண்டாகின்றன அல்லது எதிர் மாற்றங்களின் மூலம் குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கையும் குறைவதுமுண்டு. (உ-ம்) டுரோசோசைலா மெலனோகாஸ்ட்டரில்

(D. Melano-Gaster) காணப்படும் 'V' உருவ X குரோமோசோம் முதலில் தனித்தனிக் குரோமோசோம்களாக இருந்திருக்கலாம். ஏனெனில் டு.விரிலிஸ் (D. Virilis) என்ற இனத்தில் தனித்தே காணப்படுகிறது. டுரோசோபைலாவில் குரோமோசோம்களின் சாதாரண எண்ணிக்கை எட்டாகும். இவ்வெண்ணிக்கைகளில் கூடவோ, குறையவோ செய்தால் அது தனி இனமாக விளங்குகிறது. உதாரணமாக, டு.மெலனோ காஸ்டர், டு.விரிலிஸ், டு.சூடோ அப்ஸ்கூரா போன்றவற்றைக் கூறலாம். கலப்பினங்கள் (Hybrid) உண்டாகும் போதும் புதுப்புது இனங்கள் உண்டாகின்றன. அவற்றில் சில மலட்டுத் தன்மையாகவும் இருக்கும். மேலும் வெவ்வேறு தேசப் பூச்சிகள் (கிழக்கு, மேற்கு நாடுகள்) இனக்கலப்புச் செய்யும் போதும் (உ-ம் : டு.சூடோ—அப்ஸ்கூரா × டு. பெர்சிமிலிஸ்) ஆண்கள் மலடாக வளர்கின்றன. ஆசியப் பூச்சிகளுடன் அமெரிக்கப் பூச்சிகளை இனக்கலப்புச் செய்தால் இவற்றிற்கிடையில் வளமான பூச்சிகள் உண்டாகின்றன (டு. விரிலிஸ் × டு. அமெரிக்கானு). ஆனல் இது பெற்றோர்களின் பாலைப் (Sex) பொறுத்ததாகும். இவ்வாறே புகையிலை, பருத்திச் செடிகளிலும் இந்நிலைகளைக் காணலாம்.

பொதுவாகக் கூறுவோமானல் பலமயம் (Polyploidy) வெவ்வேறு இனங்களை உண்டாக்குகின்றன. (உ-ம்) முள்ளகோஸ் (Raphaanobrassica), ஆட்டோ, ஆல்லோ பாலிபிளாய்டுகளும் புது இனங்களை உண்டாக்குகின்றன.

செயற்கை முறையில் நிலையான திடீர்மாற்றங்கள் செய்து பார்த்ததிலிருந்துபுதுப்புது இனங்களும் உண்டாயின. இவ்வாராய்ச்சிகள் இயற்கையிலும் நடக்கும் மாற்றங்களைப் பற்றி அறியப் பயன்படுகின்றன. அவ்வாறு மாறிய மியூட்டண்ட் ஜீன்கள் பெரும்பாலும் தீமையையே விளைவிக்கின்றன. சென்ற அரை ஆண்டில் ஆய்வுக்கூடங்களில் நன்மைபயக்கும் ஜீன்களைப் பிரித்தெடுத்துப் (தீமை பயப்பனவற்றை நீக்கி) பார்த்ததில் பல்லாண்டுகளாகப் படிமலர்ச்சிக்கு இயற்கையில் எவ்வளவு மாற்றங்கள் ஏற்பட்டிருக்கக்கூடும் என்பதை யூகிக்க முடிகிறது. முல்லர் (1960) வெள்ளைக்கண் டுரோசோபைலாவுடன் மற்றப் பூச்சிகளை இனக்கலப்புச் செய்து சுமார் 25 சந்ததிகளைப்பற்றி ஆராய்ந்ததில் ஓர் இனக்கூட்டத்தில் வெள்ளைக்கண் ஜீன்கள் இல்லாமலேயே செய்துவிட்டார். இனக்கூட்ட மரபியல் (Population Genetics) பகுதியில் ஜீன்களின் நிகழ்வுத்தன்மை பற்றியும், தகவெண்கள் பற்றியும்

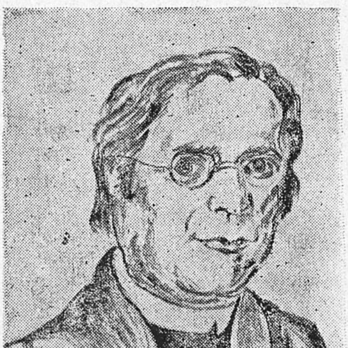
விளக்கமாகக் கூறப்பட்டிருக்கிறது. மரபியல் சமநிலைபற்றி (Genetic Equilibrium) விளக்கியுள்ளனர். ஹார்டி-வியன்பர்க் விதி எவ்வாறு ஓர் இனக் கூட்டத்தில் காணப்படுகிறது என்றும் விளக்கியுள்ளனர்.

ஆகவே நிலையான திடீர்மாற்றம் (Mutation) தான் படி மலர்ச்சிக்கு அடிப்படையாகிறது. அதுவே இனக் கூட்டத்தில் புதிய மியூட்டண்ட் ஜீனை உண்டாக்கி இயற்கைத் தேர்வினால் சோதிக்கப்பட்டு நன்மையானால் நிலைக்கிறது. டார்வின் வாலஸ் கோட்பாடு, மரபியல்பற்றித் தெரியாத காலத்தில் உண்டானதொன்றாகும். மெண்டலின் கண்டுபிடிப்பான ஜீனும், டீவரிஸ் ஆராய்ச்சிகளும் இந்நூற்றாண்டில் எவ்வாறு மியூட்டேஷன் உண்டாகிறது என்பதை விளக்குகின்றன. இவை முன்னும் பின்னும், தெளிவான நிகழ்வெண்களுடன் நிலையான திடீர்மாற்றங்களைச் செய்கின்றன. ஜீன்களைக் கட்டும் துண்டுகளாகக் (Block) கொண்டால் இனக்கூட்டம் மரபியல் (Population Genetics) இருகச் சேர்க்கும் சாந்தாக இருக்கிறது. மியூட்டண்ட் ஜீன்களும், அவை எவ்வாறு இனக் கூட்டத்தில் எதிர்வினைவுறுகின்றன என்பதும் உயிரிகளின் படிமலர்ச்சி நுண்ணியக்கங்களை விளக்குகின்றன. இந்த மியூட்டண்ட் ஜீன்கள் குரோமோசோமில் இருப்பதால் அவை பல மயங்கள் (Polypolid) மூலம் புதுஇனங்களை உண்டாக்கு கின்றன. பலமயம், விலங்கினங்களைவிடத் தாவரங்களின் இனத் தோற்றத்தில் முக்கிய பங்கு கொள்கிறது. குரோமோ சோமின் எண்ணிக்கை மாற்றம் என்பது, இருக்கின்ற மரபியல் பொருள்களைப் பகிர்ந்து கொள்வதேயாகும். ஆனால் மியூட்டேஷனில் மரபியற் பொருள்கள் (Genetic Material) புதிதாகச் சேர்க்கப்பட்டு இனக் கூட்டத்தின் ஜீன் பொதுச் சேர்மத்தில் (Gene Pool of Population) சேர்க்கப்படுகிறது. இச்சேர்க்கையே படிமலர்ச்சி எவ்வாறு நிகழ்கிறது என்று வெளிப்படுத்துகிறது. [சில மரபியல் வல்லுநர்களின் படங்களைப் பார்க்க (93-104)].

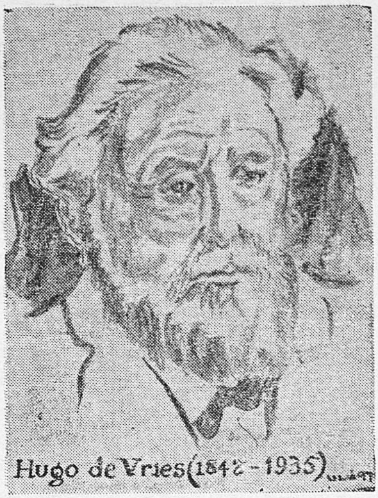
லாமார்க்

சார்லஸ் டார்வின்

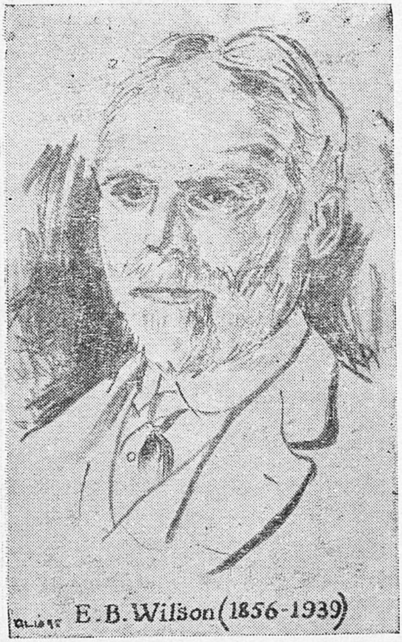
கால்டன்



மெண்டல்



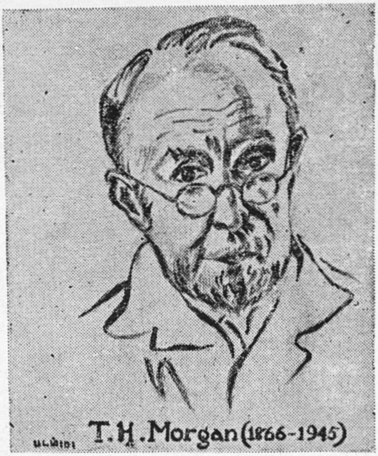
டி வரீஸ்



வில்சன்

பவுரி

பேட்டிசன்



மார்கன்

நில்சன்-ஈல்

கோல்ட் ஷ்மிட்

பிரிட்ஜஸ்

கலைச்சொற்கள் அகராதி

A

Achromatic — அக்ரோமேட்டிக்
Acrocentric — அக்ரோசென்ட்ரிக்
Adenine — அடினின்
Adenosine Triphosphate — அடினோசின் டிரைபாஸ்பேட்டு
Agglutination — அக்ளுட்டினேஷன்
Aggrigata — அக்ரிகேட்டா
Agouti — அகவுட்டி
Albinism — ஆல்பினோ
Alcaptonuria — அல்காப்டோநியூரியா
Alexander Fleming — அலெக்சாண்டர் ஃபிளமிங்
Alfred. E. Mirsky — ஆல்ப்ரட் மிர்ஸ்கி
Algae — ஆல்கா
Alleles — அல்லீல்கள்
Allium Cepa — வெங்காயம்
Allopolyploid — ஆல்லோபாலிபிளாய்டு
Allylisothiocyanate — நச்சாவி நீர்மம்
Amitosis — நேர்முகப்பிரிவு
Amphiaster — ஆம்ஃபியாஸ்டர்
Anaphase — ஆக்கநிலை
Ancon Breed — அன்கான் வம்சம்
Andre Boivin — ஆன்ட்ரு போவின்
Aneuploid — அனுபிளாய்டு
Animal Pole — கருமுனை
Antlerd Wings — ஆண்ட்லர்டு இறகு
Antibodies — ஆண்ட்டிபாடிகள் (எதிர்பொருள்)

Antigens — ஆண்ட்டிஜென்
Antitoxins — எதிர் நச்சுக்கள்
Apis-mellifica — தேனீ
Apus Sp — கிரே ஃபிஷ்
Archibald Garrod — ஆர்ச்பால்டு கொராட்
Arthur L. Korenberg — ஆர்தர் கோரன்பெர்க்
Ascaris — உருளைப்புழு
Aspergillus — ஆஸ்பர்ஜில்லஸ்
Asters — ஆஸ்டர்கள்
Atavism — அட்டேவிசம்
Auerbach — ஆர்பாக்
Autopolyploid — ஆட்டோபாலி பிளாய்டு
Autosome — ஆட்டோசோம்
C. Averbach — ஆவர்பாக்

B

Back Cross — பின் கலவி
Bacteria Phage — பாக்டீரியா கொல்லி
Barr Bodies — பார்பாடிகள்
Base Pairs — அடிப்படை சோடிகள்
Bases — அடிப்படைகள்
Bateson — பேட்டிசன்
G. W. Beadle — பீடில்
Belling — பெல்லிங்
Bio-Chemistry — உயிர் வேதியியல்
J. J. Bittner — ஜே. ஜே. பிட்னர்
Bivalent — இரட்டை
Blackeslee — பிளாக்கஸ்லீ
Blended Inheritance — கலப்புத் தலைமுறையுரிமை (மரபுவழியடைதல்)
Blue Print — நீல அச்சு
Bouguet Stage — பூச்செண்டு நிலை
Boycott — பாய்காட்
Brassica oleracea — கோஸ்
Breakage First Theory — ஒடிதல் முதல் கோட்பாடு
Bridges — பிரிட்ஜஸ்

C

Caffeine — கேஃபின்
Canis familiaris — நாய்
Carassius auratus — தங்கமீன்
Carl Correns — கார்ல்காரென்ஸ்
Cavia Cobaya — பன்றி
Cell Division — செல்பிரிவு
Centrifuge — சுழற்கருவி
Centromere — சென்ட்ரோமியர்
Charles Darwin — சார்லஸ் டார்வின்
Chemodifferentiation — வேதியியல் வரையறை விளக்கம்
Chiasma — கியாஸ்மா
Chironomas — கைரோனோமஸ்
Chlamydomonas — கிளாமிடோமோனஸ்
Chromatic Figure — குரோமேட்டிக் படம்
Chromatids — குரோமேட்டிட்
Chromomere — குரோமோமியர்
Chromosomal Theory Inheritance — மரபுவழி அடைதலின் குரோமோசோம் கோட்பாடு
Chromosome Puff — குரோமோசோம் பஃப்
Chromosome Theory — குரோமோசோம் கோட்பாடு
Cistron — சிஸ்ட்ரான்
Citrus Sinensis — ஆரஞ்சு
Clumping — பிணைந்து
Code-message — கோட் மெஸ்சேஜ்
Code-word — கோட்வேர்டு
Codon — கோடான்
S. Cohen — கோகன்
Colchicine — கோல்சிசீன்
Colette Vendrely — கோலெட் வெண்ட்ரலி
Colin M. Maclieod — மெக்லியாட்
Colour Blindness — நிறக்குருடு
Competence — புறஅடுக்குத் தகுதி
Complementary Genes — காம்ப்ளிமெண்டரி ஜீன்கள்
Constriction — சுருக்கம்
Contact First Theory — தொடல் முதல் கோட்பாடு
Coombs — கூம்ப்ஸ்
Cotyledon — விதையிலை

Coupling — கூடுதல்
Courtship — ஊடல்
F. H. C. Crick — கிரிக்
H. B. Crighten — எச். பி. கிரைட்டன்
Crossing Over — குறுக்கெதிர்மாற்றம்
Cross Over Frequency — குறுக்கெதிர் மாற்ற நிகழ்வெண்
Cross Pollination — அயல் மகரந்தச் சேர்க்கை
Cryptorchism — கிரிப்டார்குசம்
Cuenot — குனெட்
Culex pipiens — கொசு
Cumulative Factors — குமிலேட்டிவ் பேக்டர்கள்
Cytoplasmic Component — சைட்டோபிளாசக் கூறு
Cytosine — சைட்டோசீன்

D

Data — செய்திக் குறிப்புக்கள்
Daughter Cell — சேய்ச்செல்
C. B. Davenport — டேவன் போர்ட்
Delayed Effect — காலதாமத விளைவு
Delbruck — டெல்ப்ரக்
Demeric — டெமரிக்
Development — வளர்தல்
Dextral — டெக்ச்ட்ரல் (வலம்புரி)
Diads — டையட்டுக்கள்
Diakinesis — டையாக்கைனசிஸ்
Differentiation of Cells — செல்கள் வேறுபடுதல்
Diploid — இரட்டை எண்
Diplotene — டிப்ளோடீன் (இருநூல் அகல் நிலை)
Diver — டைவர்
Dorsal Lip — மேல் உதடு
Dorso-ventral Axis — மேல் கீழ் அச்சு
Double Helix — இரட்டைத் திருகுசுழல்
Down's Syndrome — டவுன்ஸ் சின்ட்ரோம்
Drosophila — டுரோசோபைலா
Duplication of DNA — டி. என் ஏ இரட்டித்தல்
D. Virilis — டு. விரிலிஸ்
Dyads — டையட்டுக்கள்

E

East	—	ஈஸ்ட்டு
Ectoderm	—	புற அடுக்கு
Edgar Altenburg	—	எட்கார் ஆல்ட்டன்பர்க்
Emerson	—	எமர்சன்
Ephestia	—	எ.்.பிஸ்டியா
B. Ephrussi	—	பி. எ.்.ப்ருசி
Epigenesis Theory	—	முன் உரு அமைந்த கோட்பாடு
Epistasis	—	மேலாட்சி
Epistatic Gene	—	மேலாட்சி ஜீன்
Equation Division	—	சமநிலைப்பிரிவு
Equator	—	மத்தியக்கோடு
Equatorial Plate	—	மத்தியத்தட்டு
Equus Caballus	—	குதிரை
Erich Tschermak	—	எரிக் ட்செர்மாக்
Erythroblastosis Foetalis	—	எரித்ரோபிளாஸ்டோசிஸ் ஃபீட்டாலிஸ்
Esekerichiacoli	—	ஈகாலை (எஸ்கேரேகியா கோலி)
Ethylurethane	—	ஈத்தைல் யூரித்தேன்
Eupagurus Ochotensis	—	துறவி நண்டு
Euploids	—	யூபிளாய்டுகள்
Evolution	—	படிமலர்ச்சி
Exceptional Daughter	—	விதிவிலக்கான பெண்
Exceptional Son	—	விதிவிலக்கான ஆண்

F

Fano	—	ஃபேனோ
Felis maniculata	—	பூனை
Femaleness	—	பெண்தன்மை
Feulgen	—	பால்கன்
Filaments	—	இழைகள்
R. A. Fisher	—	பிஷ்ஷர்
Foetal Membrane	—	கருவறைச் சவ்வு
Formaldehyde	—	பார்மால்டிஹைட்
Fossils	—	புதைப்படிவங்கள்

Francis Crick — ஃபிரான்சிஸ் கிரிக்
Frank Lillie — ஃபிராங்க் லில்லி
Free Martin — ஃப்ரீ மார்ட்டின்
Freese — ஈ. ஃபிரிஸ்
Friedrich Meischer — ஃப்ரிட்ரிக் மீஷெர்

G

Gametes — இனச்செல்கள்
Garstang — கார்ஸ்டாங்
Gastrula — கருக்கோள்நிலை
Gene Complex — ஜீன் சிக்கல்கள்
Gene Concept — ஜீன் கோட்பாடு
Genetic Code — ஜெனிட்டிக் கோடு/குறியீடு
Genetic Equilibrium — மரபியல் சமநிலை
Genetic Information — மரபியல் விளக்கம்
Genes — ஜீன்கள்
Genetics — ஜெனிடிக்ஸ் (மரபியல்)
Gene Theory — ஜீன் கொள்கை
Genome — ஜீனோம்
Genotype — ஒத்த மரபுவழிப் பொருள்கள்
P. Gerard — கெரார்டு
Germplasam Theory — ஜெர்ம்பிளாசம் கொள்கை
A. E. Gerrod — ஏ. இ. ஜெர்ராட்
Giant Chromosome — பூதக் குரோமோசோம்
J. Gibson — ஜே. கிப்சன்
Gossypium hirsutum — பருத்தி
Gregor Johann Mendel — கிரிகர் ஜான் மெண்டல்
Griffith — கிரிஃப்த்
Guanine — கானின்
Guinea Pig — கினியாபன்றி
Gulick — குலிக்
Gynadromorph — இயங்கா இருபால் ஒன்றிகள்

H

Habrobracon — ஹேப்ரோ பிரேகன்
Haemophilic — குருதிப்பற்றுநோய்

Hans Driesch	—	ஹேன்ஸ் டிரெஷ்
Hans Ris	—	ஹேன்ஸ்ரிஸ்
Haploid	—	ஒற்றை எண்
G. H. Hardy	—	ஜி. எச். ஹார்டி
Hargobind Korana	—	அரிகோவிந்து கோரான
Harris	—	ஹாரிஸ்
Hereditary Unit	—	பரம்பரைத்தனிக்கூறு (யூனிட்)
Hermaphrodites	—	இருபால் பிராணிகள்
Henry Harris	—	ஹென்ரி ஹேரிஸ்
Heterochromatic	—	ஹெட்டிரோ குரோமேட்டிக்
Heterosis	—	ஹெட்டிரோசிஸ்
Heterozygosity	—	ஒவ்வாநிலை
Heterozygous	—	ஹெட்டிரோசைகஸ்
Homologous Chromosome	—	ஒத்த குரோமோசோம்
Homosapiens	—	மனிதன்
Homozygosity	—	ஒத்தநிலை
Homozygous	—	ஹோமோசைகஸ்
R. D. Hotchkies	—	ஹாட்ச்கிஸ்
Hugo de Vries	—	ஹுகோ டெ வரிஸ்
Hutchison	—	ஹட்சிசன்
Hybrid	—	ஹைபிரிட் (கலப்புயிரி)
Hybrid DNA	—	ஹைபிரிட் (கலப்பு) டிஎன்ஏ
Hybridization	—	கலப்பு விதைகள்
Hydraxyphenyl	—	ஹைட்ராக்சி பினேல்
Hydrogen Bond	—	ஹைட்ரஜன் இணைவு
Hypostatic Gene	—	மறைவாட்சி ஜீன்
Hypothetical	—	புனைவுக் கோளியல்

I

Immunity	—	தடை-காப்புறுதி
Inbreeding	—	தற்கலப்புச் சேய்ப்பெருக்கம்
Independant Assortment	—	தனித்து ஒதுங்குதல் நியதி
Induced Mutation	—	தூண்டும் நிலையான திடீர் மாற்ற முறை
Interaction of Genes	—	பரிவர்த்தனச் செயல்கள்
Interference	—	குறுக்கீடு

Interphase Cell — இடைநிலைச் செல்

J

Jacob — ஜேகப்
James Watson — ஜேம்ஸ் வாட்சன்

K

Kalmus — கால்மாஸ்
Karl Landsteiner — கார்ல் லாண்ட் ஸ்டீனர்
Karpechenko — கார்ப்பி செங்கோ
Karyokinesis — கெரியோ கினிசிஸ்
Klinefelter's Syndrome — கிளின் ஃபெல்டர் சிண்ட்ரோம்
Konrad Roentgen — கொன்ராட் ராஞ்சன்

L

Labeled Isotopes — ஐசோடோப் அடையாளத் துண்டுகள்
Lamarch — லாமார்க்
Lamp Brush Chromosome — லேம்ப் பிரஷ் குரோமோசோம்
Landsteiner — லாண்ட்ஸ்டீனர்
Larger Functional Unit — பெரிய செயலாற்றும் தனிக் கூறு
Lathyrus Odoratus — பட்டாணி
Law of Segregation — பிரிதல் விதி
J. Lederberg — ஜெ. லீடர்பெர்க்
Leptotene — லெப்டோடீன் (நீள் நூல் நிலை)
Lethal — கொல்லி ஜீன்
Levine — லெவீன்
Limnaea — லிம்னயா
Linkage — பிணைவுகள்
Locus — லோக்கஸ்
Longitudinal Replication — நீள் முறை நகல் ஆக்கல் முறை
Luria — லூரியா
Lymantria Dispar — லைமாண்ட்ரியா டிஸ்பர்
Lysins — லைசின்ஸ்

M

Macaca Mulatta	—	ரீசஸ் குரங்கு
Macaque Sp.	—	குரங்கு
Maclyn Mecarty	—	மெக்கார்த்தி
Male Hormone	—	ஆண் ஹார்மோன்
Maleness	—	ஆண் தன்மை
Malus sylvestris	—	ஆப்பிள்
Manganous Chloride	—	மாங்கனஸ் குளோரைட்
Marshal Nirenberg	—	மார்ஷல் நிரென்பெர்க்
Maternal Determination	—	தாய்வழி நிர்ணயம்
J. H. Mathaei	—	ஜே. எச். மத்தாயி
Mather	—	மேதர்
Maturation Division	—	முதிர்ச்சிப் பிரிவு
B. Meclintock	—	மெக்கிளின்டாக்
Meal Worm	—	குளவிப் புழு
Meiosis	—	குன்றல் பிரிவு (மியோசிஸ்)
Melanin	—	மெலானின்
Mendel	—	மெண்டல்
Meselson	—	மெசல்சன்
Messenger RNA	—	மெஸன்ஜர் ஆர் என் ஏ
Metacentric	—	மெட்டா சென்ட்ரிக்
Metaphase	—	மாற்று நிலை
Microscopic	—	நுட்ப
Mirabilis Jalapa	—	மிராபிலிஸ் ஜலப்பா
Mitosis	—	மறைமுகப் பிரிவு
Mohr	—	மோஹர்
Molecule of Heredity	—	மரபுவழி மூலக்கூறு
Molecular Basis of Heredity	—	மூலக்கூறு முறை மரபுவழி
Molecular Structure	—	மூலக்கூறு அமைப்பு
Monod	—	மோனாடு
Monohybrid Ratio	—	ஒற்றைக் கலப்பு (ஹைபிரிட் விகிதம்
Monoploid	—	மானோப்ளாய்டு
Monosomic	—	மானோசோமிக்
T. H. Morgan	—	டி. எச். மார்கன்
Mosaic Dominance	—	பல்வண்ணத் தோற்ற ஓங்கு நிலை
Mulatto	—	முலாட்டோ

Mule — கோவேறு கழுதை
Multiple Alleles — பல்கூட்டு அல்லீல்கள்
Multiple Factors — பல்கூட்டு ஆக்கக்கூறுகள்
Murray Bar — முர்ரே பார்
Musa Paradisiaca — வாழை
Mus Musculus — சுண்டெலி
Mutant Gene — மியூட்டண்ட் ஜீன்
Mutation — மியூட்டேஷன்
Muton — மியூட்டான்
Myeloid Leukemia — மைலாய்டு லூக்காமியா
Myopia — கிட்டப்பார்வை
Myopia Dominant — ஓங்கும் மையோப்பியா
Myopia Recessive — ஒடுங்கும் மையோப்பியா

N

Neurospora Crassa — நியூரோஸ்போரா
Nicotiana tabaccum — புகையிலை
Night-Blindness — இரவுக்குருடு
Nilsson-Ehle — நில்சன்-ஈல்
M. W. Nirenberg — எம். டபிள்யூ. நீரன்பெர்க்
Nitrogen Mustard — நைட்ரஜன் மஸ்டார்டு
Nitrous Acid — நைட்ரஸ் அமிலம்
Nondisjunction — இணையின்மைப் பிரியாநிலை
Normal Gene — சாதாரண ஜீன்
Nuclear Component — நியூக்ளியஸ் கூறு

O

Oenothera Lamarckiana — ஈனோதிரா லெமார்க்கியானா
Offspring — இளங்கன்றுகள்
One Gene-one Enzyme Theory — ஒரு ஜீன்-ஒரு என்சைம் கொள்கை
Oocyte — ஊசைட்டு
Ootids — அண்டமாகுகாலம்
Optic Cup — கண்ணின் கிண்ணம்
Organizer — ஆர்கனைசர்
Origin of species — இனத்தோற்றம்
ryctolagus Cuniculus — முயல்

Oryza sativa — நெல்
Oswald T. Avery — ஆவெரி
Ovis aries — ஆடு
Ovo testis — அண்ட விந்துச் சுரப்பிகள்
Ovum — அண்டம்

P

Pachytene — பாச்சிடீன் (குறுகு நூல்நிலை)
Paleuntology — தொல்லுயிரியல்
Pangenesis — பேன்ஜெனிசிஸ்
Paramecin — பாரமிசின்
Paving (or) Synapsis — பலவகை இணைப்பு
Pea Comb — 'பீ' கொண்டை
Penicillum — பென்சிலியம்
Peptides — பெப்டைட்டுக்கள்
Period — கால வட்டம்
Phenol — ஃபீனல்
Phenotype — தோற்றவழி அமைப்பு
Phenyl thiocarbamide — ஃபினைல் தையோகார்பமைட்
Phosphate — பாஸ்பேட்
Pigments — நிறமிகள்
Pisum Sativum — தோட்ட அவரை
Plasma Gene — பிளாஸ்மா ஜீன்
Polar Bodies — போலார் உறுப்புக்கள்
Polyadenylic Acid — பல அடினிலிக் அமிலம்
Polygenes — பாலி ஜீன்கள்
Polyhybrid Ratio — பாலிஹைபிரிட் விகிதம்
Polypeptides — பாலி பெப்டைட்டுக்கள்
Polyploid — பாலி பிளாய்டு
Polyuracil — பல யூராசில்
Polyuridylic Acid — பாலி யூரிடிலிக் அமிலம்
Potency — ஆற்றல்
Preformation Theory — முன்உரு அமைந்த கோட்பாடு
Preleptotene — முன் லெப்டோடீன்
Premeiotic — முன் மையோட்டிக்
Presence-Absence Theory — தோன்றி-தோன்றாக் கோட்பாடு
Primary Constriction — முதலாம் சுருக்கம்

Primary Nondisjunction — முதல்தர இணையபிரிவின்மைப் பிரியாநிலை
Proboscis — உறிஞ்சுகுழல்
Progency — மரபுவழித் தோன்றிகள்
Prophase — முதல்நிலை
Protozoa — புரோட்டோசோவா
Punnet — பன்னட்
Purine — பியூரின்
Pus — சீழ்
Pyrimidine — பிரிமிடின்

Q

Qualitative — பண்பு சார்ந்தவை
Quantitative — அளவு சார்ந்தவை

R

Race — ரேஸ்
Racon — ரேக்கான்
Rana esculenta — தவளை; ராணா எஸ்குலெண்டா
Random Genetic Drift — ஜீன்களின் நியதியற்ற எதிர்பாரா மாற்றம்
Random Mating — நியதியற்ற இனக்கலப்பு
Raphanus Sativns — முள்ளங்கி
Ratio Theory — விகிதக்கோட்பாடு
Recessive Parent — ஒடுங்கும் பெற்றோர்
Recon — ரீகான்
Reduced Eggs — குன்றிய முட்டைகள்
Region — ரீஜின்
Repulsion — விலகுதல்
Resting Stage — ஓய்வுநிலை
Ribonucleic acid (RNA) — ஆர் என் ஏ
Richard Caldecott — ரிச்சர்டு கால்டிகாட்
Richard Goldschemidt — ரிச்சர்டு கோல்ட் ஷ்மிட்
Robert Holley — ராபர்ட் ஹாலி
Robson — ராப்சன்
Roger — ரோஜர்
Rose Comb — ரோஸ்கொண்டை

Roux	—	ரோக்ஸ்
Ruth Sangar	—	ருத்சங்கர்
Ryan	—	ரயான்

S

Sagar	—	சாகர்
Sangar	—	சேங்கர்
Satellite	—	சேட்டிலைட்
Science of Cytogenetics	—	சைட்டோஜெனிட்டிக்ஸ் அறிவியல்
Sea Urchin	—	கடல் முள்ளெலி
Secondary Constriction	—	இரண்டாம் சுருக்கம்
Self-fertilization	—	தற்கலப்புச் சேர்க்கை
Semi-sterility	—	அரை மலட்டுத்தன்மை
Sereburovsky	—	செரிபுரோவிஸ்கி
Serological Preparation	—	சீரப்படிவுப் பண்புகள்
Seth Wright	—	செத்ரைட்
Severo Ochoa	—	செவிரோ ஒச்சோவா
Sewall Wright	—	சீவால்ரைட்
Sex Characters	—	பாற்குணங்கள்
Sex Chromosome	—	இனக் குரோமோசோம்
Sex Determination	—	பால்நிர்ணயித்தல்
Sex Linkage	—	பால் இணைவு
Sex Linked Chromosome	—	பால் இணைந்த குரோமோசோம்
Sex Linked Lethels	—	பால் இணைந்த லீத்தல்கள்
Sex Locus	—	பால் லோகஸ்கள்
Sex Reversal	—	பால் மாற்றம்
Seymour Benzer	—	செய்மர் பென்சர்
Shepherd's Purse	—	ஷெப்பர்ட்ஸ் பர்ஸ்
G. H. Shull	—	ஷல்
Sickle Cell Anemia	—	சிக்கிள் செல் அனீமியா
Silk Moths Bombyx Sp	—	பட்டுப்பூச்சி
Sinistral	—	சினிஸ்ட்ரல் (இடம்புரி)
Solanum Lycopersium	—	தக்காளி
Solanum Tuberosum	—	உருளைக்கிழங்கு
Soluble RNA (Transfer)	—	கரையும் ஆர் என் ஏ (டிரான்ஸ்பர்)

Somatic Changes	—	உறுப்பு உண்டாகுதல்
T. M. Sonneborn	—	டி. எம். சானிபார்ன்
Species	—	இனம்
Spemann	—	ஸ்பீமென்
Spermatids	—	விந்தாகுகலம்
Spermatozoa	—	விந்து
Spindle	—	நூல்சுற்றும் கதிர்
Spineless	—	முட்களற்று
Spores	—	ஸ்போர்கள்
Sport	—	ஸ்போர்ட்
L. J. Stadler	—	எல். ஜே. ஸ்டேட்லர்
E. Stahl	—	ஸ்டால்
Steinberg	—	ஸ்டீன் பெர்க்
Sterile	—	மலடு
Sterility	—	மலட்டுத்தன்மை
C. Stern	—	ஸ்டர்ன்
Sterol	—	ஸ்டீரால்
N. M. Stevens	—	ஸ்டீவன்ஸ்
Structural Gene	—	அமைப்பு ஜீன்
A. H. Sturtevant	—	ஸ்டர்டிவாண்ட்
Submeta Centric	—	சப்மெட்டா சென்ட்ரிக்
Sugar	—	சர்க்கரை
Sutton-Boveri Chromosomal Theory of Inheritance	—	சட்டன்-பவுரியின் குரோமோசோம் கோட்பாடு
Synthetic RNA	—	செயற்கை ஆர் என் ஏ

T

E. L. Tatum	—	டாட்டம்
Telophase	—	முடிவுநிலை
Template	—	வார்ப்பு
Terminal	—	நுனி
Terminalization	—	டெர்மினலைசேஷன்
Tetrads	—	டெட்ராட்கள்
Theory of Genetic Balance	—	ஜீன்களின் சமநிலைக் கோட்பாடு
Thom	—	தாம்
Thymine	—	தைமீன்
Totipotent	—	பூரண ஆற்றலுடையன

Trait — தனிக்கூறு
Trihybrid — மூன்று கலப்பினங்கள்
Triplet of Base Pairs Codings — முப்படி பேஸ் சோடிக் கோடு
Turner's Syndrome — டர்னர்ஸ் சிண்ட்ரோம்

U

Uhl — அல்
Universal Donor — யுனிவர்சல் டோனர்
Universal Recipient — யுனிவர்சல் ரெசிப்பியன்ட்
Uracil — யூராசில்

V

Vegital Pole — யோக்முனை
Vestigial Wings — எஞ்சிய இறகுகள்

W

Walnut Comb — வால்நட் கொண்டை
Watson — வாட்சன்
Watson Grick — வாட்சன் கிரிக்
Weismann — வீஸ்மென்
Westergaard — வெஸ்டர் கார்டு
White House — ஒயிட் ஹவுஸ்
White Wyandotte — வெள்ளை வயன்டோட்டி
Wienberg — வியன்பர்க்
Wiener — வீனர்
Wilhelm L. Johannson — வில்ஹெம் ஜோகான்சென்
M. H. F. Wilkins — வில்க்கின்ஸ்
E. B. Wilson — வில்சன்
Wrinkled — சுருங்கி

Y

Yanofsky — யானஃப்ஸ்கி

Z

Zygote — கருமுட்டை
Zygotene — சைகோடீன் (இணை நூல் நிலை)

கலைச்சொற்கள் குறிப்பகராதி

அ

அக்ளூட்டினின் (ஆண்ட்டி பாடி), 96
அக்ளூட்டினேஷன் (ஒட்டுத் திரள்), 95, 96, 99
அக்ளூட்டிஞே ஜென்கள் (ஆண்ட்டி ஜென்), 96
அக்ரி கேட்டா, 12
அக்ரோ சென்ட்ரிக், 8
அக்ரோசென்ட்ரிக் குரோமோ சோம்
அக்ரோமேட்டிக்
அகவுட்டி, 73
அசட்டோ அசிட்டிக் அமிலம், 161
அச்சு, 20
அட்டேவிசம், 163
அடிப்படைகள், 36, 37
அடிப்படை சோடிகள், 3
அடினின், 36, 37, 41, 158, 166
அடிஞேசின் டிரைபாஸ்பேட், 48
அடையாளத் துண்டுகள்
,, ,, ,, -N 15
அண்டக்குழாய்
அண்டச் சுரப்பி, 21, 24, 27, 130
அண்டம், 1, 14, 20, 25, 33, 34, 56, 115, 121, 130
அண்டமாகுகலம், 32
அண்டவிந்துச் சுரப்பிகள், 131
அந்துப்பூச்சி, 124
அமிஞே அமிலம், 39, 47, 159
அமைப்பு வேறுபாடுகள், 172
அமைப்பு ஜீன், 3
அயல்கலப்புச் சேய்ப் பெருக்கம், 187
அயல் மகரந்தச் சேர்க்கை, 53
அயான், 164
அர்த்த நாரிகள் (இயங்கா இருபால் ஒன்றிகள்), 128
அரிகோவிந்து கொராஞ, 6
அரை மலட்டுத்தன்மை, 174
அல், 151
அல்பினிசம், 162
அல்காப்டோ நியூரியா, 160
அல்ட்ராவயலட் கதிர்கள், 160
அல்லீல்கள், 33,57, 76, 136, 141
—ஓங்கிய, 57
—ஒடுங்கிய, 57
—நார்மல்
அலூரான், 94
அலெக்சாண்டர் ஃபிலமிங், 159
அளவியல் முறைகள், 84
அளவு சார்ந்தவை, 84, 87
அன்கான் வம்சம், 153
அஃபேஸ் (ஆக்கநிலை), 8, 9, 19, 20, 27, 30, 31, 32
அஞரபிளாய்டுகள், 179

ஆ

ஆக்கக்கூறு, 27
ஆக்கநிலை (அஃபேஸ்), 17, 19, 20
ஆக்டாப்ளாய்டு, 179
ஆக்ரோமேட்டிக் படம் (ஆம்ஃபியாஸ்டர்), 19

ஆங்ஸ்ட்ராம் யூனிட் (A°), 41
ஆட்டோசோம், 109, 111, 120
179
ஆட்டோபாலிபிளாய்டு, 180
ஆடு, 12
ஆண்ட்டிபாடிகள் (அக்ளுட்டினோ ஜென்கள், எதிர் பொருள்கள்), 95
ஆண்ட்டிபயோட்டிக்கள் (உயிர் எதிரிகள்), 159, 196
ஆண்ட்டிஜென், அக்ளுட்டினின், எதிர் தோன்றி, 95
ஆண்ட்டிஜென்--ஆண்ட்டிபாடி எதிர் செயல்கள், 95, 96
ஆண்ட்ரூபோவின், 38
ஆண் தன்மை, 125, 128
ஆண் ஹார்மோன், 131
ஆம்ஃபியாஸ்டர், 19
ஆய்வுச்சேர்க்கை, 142, 144
ஆர் என் ஏ, 6
—கரையும், மாறும், டிரான்ஸ்பர்
—செயற்கை
—ரைபோசோமல்
—மெஸன்ஜர்
ஆர்கனேசர், 205
ஆர்ச்பால்டுகெராட், 5
ஆர்தர் கோரன்பெர்க், 37
ஆர்பாக்
ஆல்கா, 42, 198
ஆல்ப்ரட்மிர்ஸ்கி, 38
ஆல்பினோ, 73
ஆலலோபாலிபிளாய்டு, 180
ஆல்லோடெட்ராபிளாய்டு,183
ஆவாபாக், 154, 166
ஆவெரி, 6
ஆற்றல்
ஆன்ட்லர்டு இறகு, 90
ஆன்தோசைனின்
ஆஸ்டர்கள், 18
—சேய் ஆஸ்டர்கள்
ஆஸ்பர் ஜில்லஸ், 165

இ

இடைநிலைக்காலம், 27
இடைநிலை (சூப்பர்), 41, 132, 124
இடைநிலைச்செல்
இணைவு முறை, 195
இணைநூல்நிலை (சைகேர்ட்டீன் [னீமா])
இயங்கா இருபால் ஒன்றிகள் (அர்த்த நாரிகள்), 128
இயைபின்மைப் பிரியாநிலை, 120, 185
—இரண்டாம்தர, 122
—X குரோமோசோம்களின்
—முதல்தர, 122
இயோசின், 90
இரட்டைத் திருகுசுழல், 38
இரட்டைமயம் இடைநிலைப் பூச்சி
இரட்டை ஹைபிரிடுகள் விகிதம், 62
இரட்டை அயற் சேர்க்கை கலப்புயிரி, 193
இரண்டாம் சுருக்கம், 8
இரத்த ஏற்றம், 94
இரத்தக் கார்ப்பசில், 96
இரத்தமின்மை (இரத்தச் சோகை), 106
இரத்த வகுப்புக்கள், 95, 99
இரத்த வகுப்புக்களின் தலைமுறை யுரிமை, 102
இரவுக் குருடு, 113
இருபால் பிராணிகள், 128, 190
இருநூல் அகல்நிலை (டிப்ளோடீன்)
இழைகள், 8, 15
இளஞ்சிவப்பு, 58, 73
இளங்கன்றுகள், 57, 65, 138, 144, 163, 187
இறகுகள், 90
—ஆண்ட்லர்டு, 90
—எஞ்சிய, 90
இனக்கலப்பு, 135, 138, 142, 149, 153, 168
இனக் குரோமோசோம், 15, 34
இனக் கூட்ட மரபியல், 221, 222
இனச் செல், 24, 27, 63, 85, 113, 134, 144, 174, 179, 203
இனத் தோற்றம், 186, 219
இனம், 4, 34

ஈ

ஈ∴பிரிஸ், 166
ஈ∴காலே, 42
ஈத்தைல் யூரித்தேன், 166
ஈரிணைத்திறன் குரோமோசோம், 150
ஈனோதிரா லெமார்க்கியானா, 154, 156
ஈஸ்ட், 84, 198
ஈஸ்ட்டு, 76
ஈருறுப்பு விரிவு, 207

உ

உயிர், 1
உயிர் வேதியல், 5, 158
உருளைப்புழு, 5
உறிஞ்சுகுழல், 127
உறுப்பு உண்டாகுதல், 203
உர்ஸ்பர்க், 164
உரிமையற்ற குறுக்கேற்றம், 178

ஊ

ஊசைட்கள், 10, 31
—இரண்டாம், 119
—ஒன்றும்
ஊடகம்
—வளர் நுண்ம ஊடகம்
ஊடல்
ஊமத்தை, 174

எ

B. எ∴ப்ருசி, 198
எ∴பிஸ்டியா, 194
எஞ்சிய இறகு, 90, 174
எட்கார், ஆல்ட்டன்பர்க், 165
எண்ணிக்கை வேறுபாடு, 172
எதிர்தோன்றி (ஆண்ட்டிஜென்)
எதிர் உயிரிகள், 197
எதிர் நச்சு, 96
எதிர் பொருள்கள் (ஆண்ட்டிபாடிகள்), 95, 96,
எதிர்மாற்றங்கள், 220
எதிருக்கள் (அல்லீல்கள்), 34
எமர்சன், 73, 76, 144
எரிக்ட்செர்மாக், 53
எரித்ரோ பிளாஸ்டோசிஸ் ∴பீட்டாலிஸ், 106
எறும்பு
எஸ்கேரேகியாகோலி, 50, 159

ஐ

ஐசடோப்
—அடையாளத்துண்டுகள், 42

ஒ

S. ஒச்சோவா, 50
ஒட்டுண்ணிகள், 198
ஒடிதல் முதல் கோட்பாடு, 178
ஒடுங்கும் பெற்ருேர், 67
ஒடுங்கும் மியூட்டேஷன், 73, 114
ஒடுங்கும் மையோப்பியா
ஒத்த குரோமேட்டிட், 29
ஒத்தநிலை ஒடுங்கும் ஜீன், 818
ஒத்த மரபு வழிப்பொருள்கள்
ஒத்த குரோமோசோம், 15, 28 141, 148, 175
ஒயிட்டிங்கும் அன்று R. ஒயிட்டிங்கும், P. W., 126
ஒயிட்ஹவுஸ், 151
ஒரு ஜீன் - ஓர் என்சைம் கொள்கை, 158, 161
ஒவ்வாநிலை
ஒற்றை எண், 5, 15, 20, 28, 108, 126, 185
ஒற்றைக்கொண்டை, 71
ஒற்றை ஹைபிரிட் விகிதம் (பிரிதல் விதி), 55, 56

ஓ

ஓங்குநிலை
ஓங்கும் அல்லீல், 198
ஓங்கும் மியூட்டேஷன், 71
ஓங்கும் மையோப்பியா
ஓங்கும் ஜீன், 189
ஓய்வுநிலை, 20
ஓரினக்கூட்டு, 15

ஃ

ஃப்ராங்க்லில்லி, 131
ஃப்ரிட்ரிக் மீஷெர், 6
ஃப்ரீமார்ட்டீன், 130
ஃபால்கன், 6
ஃபிரான்சிஸ் கிரிக், 6
ஃபினைல் தையோ கார்பமைட் (PTC), 59, 215
ஃபினோடைப் (பலதோற்ற வழிப்பொருள், தோற்ற வழி அமைப்பு), 56
A. ஃபிஷர் Dr., 106, 107
ஃபினைல், 166
ஃபேக்டர்கள், 56
ஃபேனோ, 159

க

கடல் முள்ளெலி, 204
கண்ணின் கிண்ணம், 205
கர்ட்ஸ்டர்ன், 148
கருக்கோள்நிலை,
கப்பா, 196, 198
கருமுட்டை, 4, 56, 174
கருமுனை, 203
கருவறைச் சவ்வு, 17
கலப்பு டிஎன்ஏ, 44
கலப்புத தலைமுறையுரிமை (மரபுவழியடைதல்), 87
கலப்பு விதைகள், 52
கலவி (புணர்ச்சி), 79
—பின்
—சோதனை

கா

காம்ப்ளிமெண்ட், 131
காம்ப்ளிமெண்டரி ஜீன்கள், 73
கார்ப்பி செங்கோ, 183
கார்ல் காரென்ஸ், 53
கார்ல் லான்ட் ஸ்டீனர், 102
கார்னேஷன், 149
கார்ஸ்டாங், 198
கால்மாஸ், 61
காலதாமத விளைவு, 200
கானின், 36, 37, 41

கி

கிட்டப்பார்வை (மையோப்பியா), 61
—ஒங்கும் மையோப்பியா, 61
—ஒடுங்கும் மையோப்பியா, 61
கிப்சன், J., 196
கியாஸ்மா, 29
கியாஸ்மேட்டா, 30
கிரிஃப்த், 159
கிரிக், F.H.C., 38, 41, 44
கிரிகர் ஜான்மெண்டல், 52, 134
கிரிப்டார்கிசம், 131
கிரேஃபிஷ், 12
கிரைட்டன், H. B., 148
கிளாமிட்டோ மோனஸ், 198
கிளின் ஃபெல்டர் சிண்ட்ரோம், 120
கினியா பன்றி, 58

கு

குடல் மேலுறை, 12
குதிரை, 12
குமிலேட்டிவ் பேக்டர்கள், 85
குரங்கு, 12
குருதிப்பற்றுநோய், 116, 160
குரோமேட்டின்
குரோமேட்டிக்படம், 19
குரோமோசோம், 134, 13 144, 175, 178
—அக்ரோ சென்ட்ரிக்
—இன
—ஒத்த
—சப்மெட்டா சென்ட்ரிக்
—பால் இணைந்த
—பால் நிர்ணயிக்கும் (ஆல் லோ சோம்)
—பூத
—லேம்ப் பிரஷ்
குரோமோசோம்களின் அமைப்பு
குரோமோசோம்களின் இயை பின்மைப் பிரியாநிலை, 119
குரோமோசோம் எண்ணிக்

கை, 14, 16, 22, 26, 28, 31
குரோமோசோம் கோட்பாடு, 4
குரோமோசோம் சோடிகள் (டெட்ராட்கள்), 134
குரோமோசோம் பஃப், 12
குரோமோசோம்களின் பிரட்சி, 154, 171
குரோமோட்டிடு, 18, 19, 20, 151
குரோமோமியர், 10, 28
குரோமோனிமா, 8, 10
குலிக், 91
குளவி, 126
குறுக்கீடு, 29, 147, 150
குறுக்கு எதிர் மாற்றம் (குறுக்கேற்றம்), 21, 24, 29, 30, 63, 134, 138, 141, 143, 146, 148, 150, 178
குறுக்கெதிர்மாற்ற நிகழ்வெண், 144, 145, 146
குறுக்கேற்றம் இயங்கும் முறை, 150
குறுகு நூல்நிலை (பாக்கிடீன் [னீமா])
குறைவு (வெறுமையாக்கல்), 174
குன்றிய முட்டைகள், 200
குன்றல்பிரிவு (மையோசிஸ்), 10, 17, 21, 25, 26, 27, 31, 134, 138, 141, 151, 179
குஞட், 80

கூ

கூடுதல், 136
கூம்ப்ஸ், 105
கூம்புகள்
கூருணர்ச்சிப் படுத்தப்படுதல், 106

கெ

கெரார்டு, P., 50
கெரியோகினிசிஸ் (நியூக்ளியஸ் நகர்தல்), 17

கே

கேஃபின், 166

கை

கைநெட்டோகோர், 8, 30, 32
கைரோஞமஸ், 12

கொ

கொசு,12
கொண்டை
—சிங்கிள்
—பீ
—ரோஸ்
—வால்நட்
கொல்லி ஜீன், 163, 168
கொழுப்பு உறுப்புக்கள், 12
கொன்ராட் ராஞ்சன், 164

கோ

கோகன், 50
கோட் மெஸ்சேஜ், 3
கோட்வேர்டு, 3
கோடான், 3
கோல்கள்
கோல்சிசீன், 185
கோல்ட்ஷ்மிட் ரிச்சர்டு, 124
கோலெட் வெண்ட்ரலி, 38
கோவேறு கழுதை, 193
கோர்ஸ், 12

ச

சட்டன்-பவுரியின் குரோமோசோம் கோட்பாடு, 5
சப்மெட்டா சென்ட்ரிக் குரோமோசோம், 8
சமச்சீர்க் கொள்கை, 123
சமநிலைப்பிரிவு (சமப்பிரிவு), 24, 25, 32
சமமற்ற குறுக்கேற்றம், 177
சர்க்கரை, 36, 39

சா

சாகர், 159
சாதாரண அல்லீல், 114
சாதாரண ஜீன், 89, 90
சார்லஸ் டார்வின், 2, 219
சானிபார்ன், T. M., 195

சி

சிக்கிள் செல் அனீமியா, 81
சினிஸ்டரல், 198
சிஸ்ட்ரான்

சீ

சீரப்படிவுப்பண்புகள், 163
சீரம்
சீவால்ரைட்
சீழ், 6

சு

சுகர், 41
—டி ஆக்சிஸ்ரபோஸ்
—ரைபோஸ்
சுண்டெலி, 12
சுரிப்பு, 62, 65
சுருக்கம், 17
சுழற்கருவி, 43

சூ

சூப்பர் மாலிக்கூல், 41
—பெண், 120
—ஆண், 120

செ

செத்ரைட், 153
செரிபுரோவிஸ்கி, 178
செய்திக் குறிப்புக்கள், 53
செய்மர் பென்சர், 3
செயல் இயக்கிகள், 51
செயற்கை ஆர்என்ஏ, 50
செயற்கைப் பாலி நியூக்ளியோடைட், 50
செல்
—ஒற்றை எண் செல்
—இரட்டை எண் செல்
—இனச் செல்
—சேய்ச் செல்
செல் இயக்கம், 31
செல்லியல் செயல்முறை, 148, 150
செல் திரள்
செல் பிரிவு, 14, 147
செல்கள் வேறுபடுதல், 202
செவால்ரைட், 218
செவிரோ ஒச்சோவா, 37
சென்ட்ரிபியூக் கருவி
சென்ட்ரியோல், 28, 31
சென்ட்ரோசோம், 18
சென்ட்ரோமியர், 19, 24

சே

சேங்கர், 213
சேட்டிலைட் (துணை), 8
சேய்க் குரோமோசோம், 19, 20
சேய்ச் செல், 20
சேய்ச் சென்ட்ரோசோம், 18

சை

சைகோட்டீன் (னீமா) (இணை நூல்நிலை), 28
சைட்டோசீன், 36, 39, 41
சைட்டோபிளாசக் கூறு (சைட்டோ கைனெசிஸ்), 6, 31
சைட்டோபிளாசத்தின் மூலம் மரபுவழியடைதல், 194
சைட்டோ ஜெனிட்டிக்ஸ் அறிவியல், 5
சையனேட், 78, 81
சைஞோஜெனிக்குளுக்கோசைட், 81

சோ

சோதனைக்கலவி (புணர்ச்சி), 66

ட

டர்னர்ஸ் சிண்ட்ரோம், 120, 131
டவுன்ஸ் சிண்ட்ரோம், 185

டா

டாட்டம், E. L., 158, 161

பி. ஓ. டாட்ஜ், 158
டார்லிங்க்டன், 151

டி

டி ஆக்சிரிபோஸ், 39, 41
டி ஆக்சிரிபோ நியூக்ளியார் அமிலம், 6
டி என் ஏ (மரபுவழிப் பொருள்)
டி என் ஏ இரட்டித்தல்
டி என் ஏ சேர்க்கை, 27
டிப்ளோடீன் (இருநூல் அகல் நிலை), 29
டிரான்ஸ்பர் ஆர் என் ஏ, 47
டிரிப்ளாய்டு, 179
டிரைசோமிக், 179

டீ

டீலோ:பேஸ் (முடிவுநிலை), 20, 27, 31, 32, 35
டீ வரிஸ், 156, 220
டீ வரிஸ் கொள்கை, 154

டு

டுரோசோபைலா, 10, 12, 33, 88, 90, 134, 163, 168, 220
டு. விரிலிஸ்

டெ

டெக்ச்ட்ரல் (வலம்புரி), 198
டெட்ராட்கள் (குரோமோசோம் சோடிகள், பைவேலன்ட்), 28, 30
டெட்ரோசோமிக், 186
டெட்ரோப்ளாய்டு, 179
டெமரிக், 159
டெர்மினலைசேஷன், 30
டெல்ப்ரக், 159
C. B. டெவான் போர்ட்

டே

டேவன் போர்ட், 84

டை

டைபாய்டு, 95
டையக்னிசிஸ், 30
டையட்டு, 31
டைவர், 198

ட்

ட்ரெய்ட் (தனிக்கூறு), 52, 163, 216

த

தக்காளி, 12
தங்க மீன், 12
தடைக் காப்புறுதி பெறுதல், 95
தயாராகும் நிலை, 27
தலை கீழ் மாற்றங்கள், 220
தலைமாற்றம், 169
தலைமுறையுரிமை
தவளை, 12
தற்கலப்புச்சேய்ப் பெருக்கம், 68, 187
தற்கலப்புச் சேர்க்கை, 126
தனிக்கூறு (ட்ரெய்ட், மூலக் கூறு), 33, 216
தனித்தன்மை, 155
தனித்து ஒதுங்குதல் (மெண்டலின் இரண்டாம் விதி), 61, 69, 134

தா

தாம், 53
தாய்வழி நிர்ணயம், 200
தாவர ஹைபிரிடைசேஷன் சோதனைகள், 53

தி

திடீர் மாறிகள், 163
தியோ புரோமின், 166
திரும்பத் தோன்றல், 177

து

துருவம், 174
துறவிநண்டு, 12

தூ

தூண்டிகள், 205
தூண்டும் மியூட்டேஷன் முறை, 90

தெ

தெரிந்தும் தெரியாததும் கோட்பாடு

தே

தேன், 90
தேனீ, 12

தை

தைமீன், 36, 37, 39, 41, 166

தொ

தொடர்வரிசை, 42
தொடல் முதல் கோட்பாடு, 178
தொல்லுயிரியல், 219

தோ

தோட்ட அவரை, 12, 52
தோற்றவழி
தோற்ற வழியமைப்பு (ஃபினோடைப்), 56, 102, 144, 146
தோன்றி - தோன்றாக் கோட்பாடு, 73

ந

நச்சாவி நீர்மம், 166

நா

நாக்குப்பூச்சி, 12
நாய், 12
நார்மல் ஜீன், 200
நான்கெழுத்துக் கோட்
நான்கெழுத்து ஜெனிட்டிக் கோட் (குறியீடு), 41

நி

நிகழ்வுத்தகவு விதி, 147, 148
நியதியற்ற இனக்கலப்பு, 206
நியூக்ளியைகள்
நியூக்ளிக் அமிலம், 36
நியூக்ளியஸ், 6, 7, 129
நியூக்ளியஸ் கூறு, 6
நியூக்ளியஸ் சவ்வு, 7
நியூக்ளியஸ் நகர்தல், 17
நியூக்ளியோடைட்கள், 39, 40, 45, 152
நியூக்ளியோ பிளாசம், 8
நியூக்ளியோ புரோட்டீன், 6
நியூக்ளியோலஸ், 8, 32, 46
நியூரோஸ் போரா, 158, 166
நிரந்தரத் திடீர் மாற்றம், 94, 153, 155, 156
நிரென்பெர்க்
நில்சன்-ஈல், 84
நிலையிடம் (லோகஸ்), 33, 144, 146
நிறக்குருடு, 113
நிறக்குருடு ஜீன், 114
நிறம்
—ஆல்பினோ வெள்ளை, 91
—இமாலயன், 92
—இயோசின், 90, 91
—ஏப்ரிகாட், 91
—கருப்பு, 92
—சிகப்பு மஞ்சள்
—தந்தம், 90
—தேன், 90
—சாம்பல், 92
—பவழம், 91
—பழரசம், 91
—முத்து, 90
—வெள்ளை, 90
நிறமிகள், 157
நிறமேற்றிகள், 6

நீ

M. W. நீரன்பெர்க், 50
நீல அச்சு, 36
நீள்முறை நகல் ஆக்கல்முறை, 4

நு

நுண்மத் தொகுதி
நுனி

நூ

நூல் சுற்றும் கதிர், 18

நே

நேர்க்கோடு, 137
நேர்முகப்பிரிவு, 17
நேர்முகவழி, 66

நை

நைட்ரஸ் அமிலம், 166
நைட்ரஜன் மஸ்டார்டு, 166
நைரன்பெர்க் M. W.
நைரன் பெர்க்கும் (M. W.) மத்தாயியும் (J. H.)

நோ

நோய்த் தொடர்பு சிண்ட்ரோம்

ப

பட்டாணி, 12, 52, 54
பட்டுப்புழு, 128
பட்டுப்பூச்சி, 12
படிமலர்ச்சி, 201
படிமலர்ச்சி அறிவியல், 219
படிமலர்ச்சிக் கொள்கை, 152
பண்பு சார்ந்தவை, 84
பரம்பரைத் தனிக்கூறு, 2
பரிவர்த்தனச் செயல்கள்
பல்கூட்டு அல்லீல்கள், 89, 102, 155
பல்கூட்டு ஆக்கக்கூறுகள், 84, 88
பல்கூட்டு ஃபேக்டர்கள் (குமிலெட்டிவ் ஃபேக்டர்கள்), 85
பல்கூறுகளான ஜீனோம், 180
பல்வண்ணத்தோற்ற ஒங்கு நிலை, 92
பல்வண்ணத்தோற்றம், 131
பல அடினிலிக் அமிலம், 37
பல அல்லீல் கோட்பாடு, 107
பல தோற்ற வழிப்பொருள் (ஃபினோடைப்), 45
பல யூராசில், 37
பறவைகளில் பால் இணைப்புக்கள்
பன்றி, 12
பன்னட், 71, 135

பா

பாக்கிடீன் (னீமா) குறுகு நூல்நிலை, 28, 150
பாக்டீரியா கொல்லி, 51, 159
பாய்காட், 198
பார்பாடிகள், 131
பார்மால்டிஹைட், 166
பாரமிசின், 196
பாரமீசியம் ஆறிலியா, 195
பால் இணைதல், 116
பால்இணைந்த குரோமோசோம், 116
பால்இணைந்த லீத்தல்கள், 116, 119
பால் குரோமோசோம்களும் ஹார்மோன்களும், 130
பால் நிர்ணயித்தல், 108, 109
—டுரோசோபைலாவில்
—தேனீயில்
—பொனல்லியாவில், 126
—மனிதனில், 113
பால் பல்வண்ணத்தோற்றம், 131,
பால்மாற்றம், 130
பால் லோகஸ்கள், 126
பாலிஅடினிலிக் அமிலம் (அல்லது) பாலியூராசில்
பாலிபிளாய்டுகள், 179, 185
பாலிபெப்டைட், 48
பாலியூரிடிலிக் அமிலம் (செயற்கை ஆர் என் ஏ), 50
பாலிஹைபிரிட் விகிதம், 69
பாலி ஜீன்கள், 84
பான் ஜெனிசிஸ் கோட்பாடு, 154
பாஸ்பேட், 36, 39, 41, 46
—பாண்டு

பி

ஜே. ஜே. பிட்னர், 198
பிணைத்தல் முறை, 68
பியூரின், 166
பிரன் (ஜோ)
பிரன் இயற்கை வரலாற்றுச் சங்கம், 53
பிரிசி பிட்டின், 96
பிரிட்ஜஸ், Dr. C. B., 123, 144, 174
பிரிதல் விதி (மெண்டலின் முதல்விதி), 54, 56, 134
பிரிமிடின், 39, 166
பிரிலெப்டோடீன் (பிரிமை யோட்டிக் ஸ்பைரல் புரோ :.பேஸ் நிலை)
பிளவுமுறை, 195
பிளாக்கஸ்லீ, 185, 186
பிளாஸ்மாஜீன், 196
பின்கலவி, 53, 67
பின்சேர்க்கை, 138
பினைல்கீட்டோ நியூரியா, 161
பிஷ்ஷர்

பு

புணர்ச்சி (சோதனைக்கலவி), 57
புதைப்படிவங்கள், 219
புரதச் சேர்க்கை, 48, 50
புரோ:.பேஸ் (முதல்நிலை), 18, 19, 27, 32, 151
புரோட்டீன் (புரதம்)
புரோட்டோசோவா, 12,17
புரோமோயுராசில், 166
புள்ளி மாற்றங்கள், 155
புள்ளிமியூட்டேஷன், 158
புறஅடுக்குத் தகுதி, 205
புனைவுக்கோளியல், 217

பூ

பூச்செண்டு நிலை, 28
பூதக் குரோமோசோம்கள், 10
பூரண ஆற்றல், 204
பூனை, 12

பெ

பெண் தன்மை, 125, 128
பெப்டைட்கள், 48
பெரிய செயலாற்றும் தனிக் கூறு, 3
பெல்லிங், 157, 186
பெற்றோர் பண்புச் சேர்க்கைகள், 135, 137, 140
பென்சர், 3
பென்சிலியம், 159

பீ

'பீ' கொண்டை, 71
பீடில், 158, 161

பே

பேட்டிசன், 71, 135, 206
பேன் ஜெனிசிஸ், 2
பேஸ்கள்,

பை

பைவேலன்ட் (டெட்ராடுகள்), 29, 31

பொ

பொருந்துதல், 147, 148
பொனல்லியா, 127

போ

போலார் உறுப்புக்கள், 21, 24, 33, 119

ம

மகரந்தச்சேர்க்கை
—அயல்
—தன்
மத்தாயி, J. H., 50
மத்தியக்கோடு, 19, 30
மத்தியத்தட்டு, 19, 32
மரபியல் சமநிலை, 206,217,222
மரபியல் விளக்கம், 45
மரபுக்கொழுந்துகள் (இளம் கொழுந்துகள்)
மரபுமடக்கம், 163
மரபுவழி அடைதலின் குரோ

மோசோம் கோட்பாடு
மரபுவழியடைதல் (கலப்புத் தலை முறையுரிமை)
மரபுவழியமைப்பு (ஜீ னோடைப்) 45, 56, 102
மரபுவழித்தோன்றிகள், 208
மரபுவழி மூலக்கூறு, 6
மலட்டுத்தன்மை, 169, 183
மறைமுகப் பிரிவு (மைடோசிஸ்), 17
மறைமுகவழி, 66
மறைவாட்சி ஜீன், 76
மறை ஜீன், 76
மனிதன், 12, 20

மா

மாங்கனஸ் குளோரைட், 166
மார்கன், T. H., 90, 111, 136, 154, 157, 164,
மார்கன்-முல்லரின் ஆய்வுகள், 154
மார்ஷல் நிரென்பெர்க், 6
மால்பிஜியன் குழாய்கள், 12
மாலிக்கூல், 164
மாலிக்கூல் முறை மரபுவழி
மாவுப்பூச்சி, 194

மாற்றுநிலை (மெட்டா:பேஸ்), 17, 19
மாறி இணைந்த சேர்க்கைகள், 136, 137, 140
மாஞே சோமிக், 179
மாஞேப்ளாய்டு, 179

மி

மியூட்டண்ட் ஜீன், 89, 101, 146, 200
மியூட்டான், 3
மியூட்டேஷன், 2, 90, 94, 153, 155, 156, 193, 217, 222
மியூட்டேஷன் கொள்கை
மியூப்பொடிகள், 196
மியோசிஸ், 5
—ஒங்கும், 71, 101
—ஒடுங்கும், 73, 114
மிராபிலிஸ் ஜல்பா, 58, 190

மு

முட்கள்
முடிவுநிலை (டீலோ:பேஸ்), 18, 20
முதல்தர இயைபின்மைப் பிரியா நிலை
முதல்நிலை (புரோ:பேஸ்), 10, 17, 19
முதலாம் சுருக்கம், 8
முதிர்ச்சிப் பிரிவு, 21, 25
முப்படி பேஸ் சோடிக்கோடு, 3
முயல், 12
முர்ரேபார், 131
முல்லர் எச். ஜே., 147, 154, 164, 167, 178
முலாட்டோ, 85
முள்ளங்கி, 12
முள்ளெலி, 204
முன் உரு அமைந்த கோட்பாடு, 202
முன் உரு அமையாக் கோட்பாடு, 202
முன் மையோட்டிக் ஸ்பைரல் முதல்நிலை, 28
முன்லெப்டோடீன், 28
முனை அச்சு, 204

மூ

மூலக்கூறு (ட்ரெய்ட், தனிக் கூறு), 36, 50, 73, 87, 92, 101, 113
மூலக்கூறு அமைப்பு, 5
மூலக்கூறு முறை மரபுவழி, 5
மூன்று கலப்பினங்கள், 69

மெ

மெக்கார்த்தி, 6
மெக்கிளின்டாக், 148
மெக்லியாட், 6
M. மெசல்சன், 42
மெட்டா:பேஸ் (மாற்றுநிலை), 8, 9, 19, 27, 30, 32
மெட்டாகான்கள், 196
மெட்டா சென்ட்ரிக், 8

மெண்டல்-கிரிகர் ஜான் மெண்டல் (மரபியலின் தந்தை), 2, 52
மெண்டலிசம், 52
மெலானின், 87
மெஸன் ஜர் ஆர் என் ஏ, 46, 47

மே

மேதர், 84
மேல் உதடு, 205
மேல் கீழ் அச்சு, 204
மேலாட்சி, 76
மேலாட்சி ஜீன், 76

மோ

மோஹர், 174

மை

மைக்ரான்
மைட்டோ காண்டிரியா
மைட்டோசிஸ் (மறைமுகப் பிரிவு), 4, 17, 21, 27, 46
மையோசிஸ் (குன்றல் பிரிவு), 10, 17, 27
மைலாய்டு லூக்காமியா, 174

யா

யாஞ.்ப்ஸ்கி, 3

யு

யுனிவர்சல் ரெசப்பியண்ட், 101
யுனிவர்சல் டோனர், 101

யூ

யூகுரோமேட்டிக் பகுதி, 10
யூபிளாய்டுகள், 179
யூராசில், 36, 46

யோ

யோக், 203
யோக் முனை, 203

ர

ரயான், 159

ரா

ராப்சன், 166
ராபர்ட் ஹாலி, 6

ரி

ரிச்சர்டு கால்டிகாட், 169
ரிபோஸ், 40

ரீ

ரீகான்
ரீசஸ் குரங்கு, 12, 106
ரீஜின்

ரு

ருத்சங்கர், 198

ரே

ரேக்கான், 3
ரேடியோ செயல்திறன் அயொடின், 169
ரேஸ், 213

ரை

ரைபோசோம், 48
ரைபோசோம் கோட், 47
ரைபோசோமல் ஆர் என் ஏ, 46
ரைபோஸ் சர்க்கரை, 46

ரோ

ரோக்ஸ், 205
ரோஸ் கொண்டை, 71
ரோஜர், 38

லா

லாண்ட் ஸ்டீனர், 95
லாண்ட் ஸ்டீனரும் லெவினும் 105

—வகுப்புக்கள், 95
லமார்க், 220
லார்வா (இளம் புழுக்கள்), 25, 127, 194

லி

லிம்னயா, 198

லீ

லீடர் பெர்க், J., 158
லீத்தல் ஜீன், 80

லூ

லூரியா, 159

லெ

லெப்டோடீன், (னீமா) (நீள் நூல்நிலை), 28
லெவீன், 105

லே

லேம்ப் பிரஷ் குரோமோசோம், 10

லை

லைசின்கள், 96
லைமாண்ட்ரியாடிஸ்பர், 124

லோ

லோகஸ் (நிலையிடம்), 33, 63, 65, 85, 101, 144, 216

வ

வகுப்பினங்கள்
—சுத்த
வளர்சிதை மாற்றம், 7, 162
வளர்தல், 5, 108, 202

வா

வாட்சன் J. D., 38, 41, 44
வாட்சன் கிரிக் மாடல், 6
வார்ப்பு
வால்ட்டன் சி. கிரிகரி, 169
வால்நட் கொண்டை, 71

வி

விகிதக் கோட்பாடு, 122
விடமுறிவு
விதி விலக்கான ஆண், 120
விதி விலக்கான பெண், 120
விதையிலைகள் (காட்டிலிடன்கள்), 53
விந்தாகு கலம், 32
விந்து 1, 14, 20, 25, 32, 34, 56, 115, 121, 130
விந்துச் சுரப்பி, 21, 27, 130, 165
விநியோகிக்கும் நிலை, 27
வியன்பர்க், Dr. W., 206, 212
விரிலிஸ். டு, 221
வில்க்கின்ஸ், 6
வில்சன், E. B., 110
வில்ஹெம் ஜோகான்சென், 2
விலகுதல், 136
விலங்குச் செல், 6

வீ

வீனர், 105, 107
வீஸ்மென், 38

வெ

வெங்காயம், 12
வெட்டு, 174
வெள்ளை லெக்கார்ன், 76
வெள்ளை வயன்டோட்டி
வெறுமையாக்கல் (குறைவு), 174
வெஸ்டர் கார்டு

வே

வேதியல், 1, 36
வேதியல் தூண்டிகள், 166
வேதியல் வரையறை விளக்கம், 204

ஹ

ஹட்சிசன், 138

ஹா

ஹாட்ச்கிஸ், R. D., 50
ஹார்டி, G. H., 206, 212
ஹார்மோன்கள், 130
ஹாரிஸ், 61

ஹி

ஹிட்டிரோ சைகஸ் (ஒவ்வாத கருமுட்டை)
ஹிஸ்டோன், 10

ஹூ

ஹூயூகோ டீ வரிஸ், 53, 153

ஹெ

ஹெக்சாப்ளாய்டு, 179
ஹெட்டிரோ குரோமேட்டிக் பகுதி, 10
ஹெட்டிரோ குரோமேட்டின், 177
ஹெட்டிரோசிஸ், 188
ஹெட்டிரோசைகஸ், 56, 61, 126
ஹெட்டிரோசைகோட், 75, 126
ஹெட்டிரோபிளாய்டி
ஹெய்ஸ், 76
ஹென்கிங், 109
ஹென்றி ஹேரிஸ், 3

ஹே

ஹேப்ரோ பிரேகன், 126
ஹேன்ஸ்ரிஸ், 38
ஹேன்ஸ் டிரெஷ், 205

ஹை

ஹைட்ரஜன்
—இணைவு, 42
ஹைட்ராக்சி பினைல், 162
ஹைபிரிட், 54, 57, 67, 115, 135, 221
—இரட்டை
—ஒற்றை
—மூன்று
—வீரியம், 188
ஹைபிரிடைசேஷன் (கலப்பு முறை), 52, 193
ஹைபி

ஹோ

ஹோமோசைக்ஸ் (ஒத்த கருமுட்டை), 56, 61, 80, 126
ஹோமோஜெண்டிஸ்டிக் அமிலம், 161

ஸ்

ஸ்ட்ரெப்டோ மைசின், 155
ஸ்டர்ட்டி வாண்ட், 144, 177
ஸ்டர்ட்டி வாண்ட், A. H., 175
ஸ்டர்ன், C., 148
ஸ்டால், F., 42
ஸ்டீரால், 205
ஸ்டீவன்ஸ், Miss. N. M., 110
ஸ்டீன்பெர்க், 165
ஸ்டேட்லர், L. J, 92, 154, 164
ஸ்பிண்டில், 18, 27, 32
ஸ்பிண்டில் இணைவு, 19
ஸ்பீமென், 205
ஸ்பெர்மெட்டோசைட், I, II, 31
ஸ்போர்கள், 158
ஸ்போர்ட், 154

ஜீ

ஜீன்
—கருப்பு, 34
—காம்ப்ளிமெண்டரி
—நார்மல்
—நிற
—பாலி
—பிணைப்பு, 136, 137, 141
—மறை
—மறைவாட்சி
—மியூட்டண்ட்
—மேலாட்சி

—லீத்தல்
—H
—L
ஜீன்களின் அமைப்பு
ஜீன்களின் சமநிலைக் கோட்பாடு, 123
ஜீன்களின் செயல் எதிர்ச்செயல் (டைஹைபிரிட் விகிதமாறுபாடுகள்)
ஜீன்களின் நியதியற்ற எதிர்பாரா மாற்றம், 218
ஜீன் காம்ப்லெக்ஸ், 3, 106
ஜீன் காம்ப்லெக்ஸ் கோட்பாடு, 107
ஜீன் கொள்கை, 2
ஜீன் சிக்கல்கள், 3
ஜீன்நிலையிடம் (லோகஸ்) 63, 65
ஜீன்பிணைப்பும் குறுக்கெதிர் மாற்றமும், 134
ஜீன்மியூட்டேஷன் 158
ஜீன்யூனிட்
ஜீ னோடைப் (மரபுவழி அமைப்பு), 45, 57, 62, 68, 113
—ஒத்த (ஒத்த மரபுவழிப் பொருள்)
—நிகழ்வெண்
ஜீனோம், 179

ஜெ

ஜெர்ம் பிளாசம் கொள்கை, 38
ஜெர்ராட், A. E., 160
ஜெனிட்டிக் கோட், 3, 6, 45
—தொடர் வரிசை
ஜெனிட்டிக் செய்தி
ஜெனிட்டிக்ஸ், மரபியல், 1

ஜே

ஜேகப்பும் மோனாடும், 3
ஜேம்ஸ் வாட்சன், 6

ஜோ

ஜோகான்சன்

ஷ

ஷல், G. H., 76, 188

ஷெ

ஷெப்பர்ட்ஸ்பர்ஸ், 76

கல்லூரி நூல் வெளியீட்டு இயக்குநரகம்

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

சென்னை

1970 ஜனவரிவரை வெளியிட்டுள்ள நூல்கள்

பொருளாதாரம்

			ரூ.	பை.
*1.	பொருளாதாரம்—I	சி. வேலாயுதம்	6	50
*1-A	,, II	,,	9	00
*2.	சோவியத் பொருளாதார வளர்ச்சி	டாக்டர் எம். ஜே. கே. தவராஜ்	4	25
*3.	அமெரிக்கப் பொருளாதாரம்	,,	4	50
*4.	பொருளாதாரச் சிந்தனை வரலாறு	சோணாசலம்	7	00
*5.	பன்னாட்டு வாணிபம்	மு. ஆரோக்கியசாமி	6	00
6.	புதுமைப் பொருளாதாரக் கூறுகள்	திருமதி ஆர். தாமரஜாட்சி	12	00
7.	பொருளாதாரம்—ஓர் அறிமுகம்—I	தி. சி. மோகன்	12	00
8.	,, II	எம். ஏ. அபூர்வசாமி, பி. வி. ஸ்ரீநிவாசன்	10	75
9.	பொருளாதாரக்கோட்பாடு வளர்ந்தவரலாறு	க. முத்தையன்	7	00
10.	பணவியலும் பாங்கியலும்—I	சி. வேலாயுதம்	6	75
*11.	,, II	,,	11	50
*12.	நவீன பாங்கு இயல்	க. வெற்றிவேல்	7	50
*13.	இந்தியச் செலாவணியும் பாங்கு முறையும்	பி. வி. ஸ்ரீநிவாசன்	5	50
*14.	அரசாங்க நிதி இயல்	அர. சேஷாசலம்	4	75
15.	இந்தியப் பொருளியல்—I	எம். பாலசுப்பிரமணியன்	10	00
16.	,, II	எம். லூர்துநாதன்	4	25

*மூல நூல் (Original Book)

பொருளாதாரம்—தொடர்ச்சி

எண்	நூல்	ஆசிரியர்	ரூ.	பை.
17.	நமது பொருளாதாரப் பிரச்சினை—I	சி. சுந்தரராஜன்	10	75
18.	,, II	எஸ். குழந்தைநாதன்	10	50
19.	இங்கிலாந்தின் பொருளாதார வரலாறு—I	கி. சீ. இராமசாமி	6	00
20.	,, II	,,	6	00
21.	அமெரிக்காவின் நவீன பொருளாதாரவளர்ச்சி	தி. சி. மோகன்	5	00
22.	அமெரிக்கப் பொருளாதார வரலாறு—I	மு. க. சுப்பிரமணியம்	11	00
23.	,, II	பி. வி. சீனிவாசன்	6	00
24.	,, III	,,	6	50
25.	அரசாங்க நிதியியலின் பொருளாதாரம்—I	மா. குமாரசாமி	10	00
26.	,, II	அர. சேஷாசலம்	9	50
27.	இந்தியாவின் பொருளாதார வளர்ச்சி—I	தே. வேலப்பன்	10	00
28.	,, II	ஜி. சிதம்பரம்	8	00
29.	பணம்—சிறு விளக்கம்	கோ. இராதாகிருஷ்ணன்	10	00
30.	வணிக இயலின் தத்துவங்கள்	கு. ஆளுடைய பிள்ளை	9	50
31.	பத்தொன்பதாம் நூற்றுண்டில் கிரேட் பிரிட்டனில் தொழில்-வணிகப் புரட்சி	சூ. ரா. கருப்பண்ணன்	11	00
32.	பென்ஹாம் பொருளாதாரம்—I	ஏ. குழந்தை	11	00
33.	,, II	எஸ். குழந்தைநாதன்	7	00
34.	வரவு செலவுத் திட்டம்	ஆர். ரங்காச்சாரி	6	00
35.	பன்னாட்டுப் பொருளாதாரம்—I	ஏ. குழந்தை	7	50
36.	,, II	கே. எஸ். இராமசாமி	9	00
37.	பொருளாதார ஆய்வு நூல்—I	கோ. இராதாகிருஷ்ணன்	7	75
38.	,, II	,,	7	00
39.	வளர்ச்சியுறுத நாடுகளின் அரசாங்கநிதியியல்	க. வெற்றிவேல்	4	25
40.	வளர்ச்சி குறைந்த நாடுகளின் முதலாக்கம் பற்றிய சிக்கல்கள்	மா. குமாரசாமி	5	50
41.	1939 முதல் இந்தியாவில் பணவீக்க விலைப் போக்குகள்	சி. சுந்தரராஜன்	7	50

42.	பொருளாதார வளர்ச்சிபற்றிய கட்டுரைகள் ...	எம். கே. சுப்பிரமணியம் ...	7	75
43.	இந்தியப் பொருளாதார வரலாறு (1857—1956)—I ...	ம. திருநாவுக்கரசு ...	7	00
44.	பொருளாதாரம்—ஓர் அறிமுகம் ...	பு. வி. சீனிவாசன் ...	6	25
வரலாறு				
*45.	பிரிட்டன் வரலாறு—I ...	கி. ர. அனுமந்தன் ...	4	50
*46.	,, II ...	,, ...	3	50
*47.	,, III ...	,, ...	7	25
*48.	ஐரோப்பிய வரலாறு—I ...	டி. வி. சொக்கப்பா ...	4	50
49.	ஐரோப்பா—கடந்த ஐந்து நூற்றுண்டுகாலச் சரித்திரம் ...	வை. விருத்தகிரீசன் ...	15	00
50.	இங்கிலாந்து வரலாறு—I ...	இரா. அண்ணுமலை ...	13	00
51.	,, II ...	பா. மாணிக்கவேலு ...	13	00
52.	,, III ...	என். ஜே. ராஜகோபால் ...	8	00
53.	,, IV ...	,, ...	8	00
54.	இங்கிலாந்தின் வரலாறு—I ...	க. த. திருநாவுக்கரசு ...	15	00
55.	,, II ...	எம். எக்ஸ். மிராண்டா ...	8	00
56.	,, III ...	,, ...	5	00
57.	இந்தியாவின் சிறப்பு வரலாறு—I ...	தி. வெ. குப்புசாமி ...	7	50
58.	,, II ...	ஏ. உஸ்மான் ஷெரீப் ...	9	00
59.	,, III ...	அ. பாண்டுரங்கன் ...	11	00
60.	கிரேக்கநாட்டு வரலாறு—I ...	சைமன் ஐ. எஸ். பாக்கியநாதன் ...	7	50
61.	,, II ...	,, ...	7	00
62.	,, III ...	பி. இராமானுஜம் தேவதாஸ் ...	7	75
63.	ஆக்ஸ்ஃபோர்டின் இந்தியவரலாறு—I ...	தி. வெ. குப்புசாமி ...	8	25
64.	,, II ...	ஏ. உஸ்மான் ஷெரீப் ...	7	50
65.	,, III ...	க. த. திருநாவுக்கரசு	10	50

*மூலநூல் (Original Book)

வரலாறு—தொடர்ச்சி

			ரூ.	பை.
66.	முகலாயப் பேரரசு—I	... ஏ. உஸ்மான் ஷெரீப், எம். எக்ஸ். மிராண்டா ...	7	50
67.	,, II	... எம். எக்ஸ். மிராண்டா, பா. மாணிக்கவேலு ...	7	75
68.	ஆங்கில அரசியலமைப்பின் வரலாறு—I	... வை. விருத்தகிரீசன் ...	7	50
69.	,, II	... வை. விருத்தகிரீசன், இரா. அண்ணமலை ...	6	75
70.	,, III	... இரா. அண்ணமலை, பா. மாணிக்கவேலு ...	6	50
71.	,, IV	... பா. மாணிக்கவேலு ...	7	00
72.	ஆங்கிலேயரின் சமுதாய வரலாறு—I	... சி. ஈ. இராமச்சந்திரன் ...	6	50
73.	,, II	... சி. ஈ. இராமச்சந்திரன், இர. ஆலாலசுந்தரம் ...	6	75
74.	,, III	... ஆர். ஆலாலசுந்தரம் ...	6	50
75.	இந்தியாவில் முகலாயரின் ஆட்சி—I	... பா. மாணிக்கவேலு ...	5	00
76.	,, II	... ஏ. உஸ்மான் ஷெரீப் ...	6	00

அரசியல்

*77.	அரசியல் அமைப்புகள்	... ஜே. இராமச்சந்திரன் ...	4	62
78.	அரசாங்கத்தின் வரலாறு	... மோ. கிளாரன்சு, டி. டி. பெலிக்ஸ் ...	7	50
79.	இந்திய அரசியலமைப்பு	... வீ. கண்ணையா ...	4	75
80.	அரசியலுக்கு ஓர் அறிமுகம்	... டி. செல்லப்பா ...	8	50
81.	தற்கால அரசியல் அமைப்புகள்	... மோ. வள்ளுவன் கிளாரன்சு ...	8	50
82.	பன்னாட்டு அரசியல்—I	... திருமதி நூர்ஜஹான் பாவா ...	16	00
83.	,, II	... ,, ...	13	25
84.	பொதுத்துறை ஆட்சி இயல்—I	... வீ. கண்ணையா ...	9	00
85.	,, II	... இ. ஜெகதீசன் ...	7	25

86.	பொதுத்துறை ஆட்சியியலுக்கு ஓர் அறிமுகம்—I	வீ. கண்ணையா	7	50
87.	,, II	டி. செல்லப்பா	7	50
88.	இந்திய அரசியலமைப்புத் திட்டம்	தி. வெ. குப்புசாமி, எஸ். சுப்பிரமணியன்	9	25
89.	இந்திய ஆட்சி அமைப்புமுறை வளர்ச்சி—I	வீ. கண்ணையா	6	25
90.	,, II	வீ. கண்ணையா, கி. ர. அனுமந்தன்	5	75
91.	,, III	கி. ர. அனுமந்தன்		
*92.	மக்கள் ஆட்சி	க. சந்தானம்	4	25
93.	1919 முதல் சர்வதேச உறவுகளும் உலக அரசியலும்	என். ஜே. ராஜகோபால்	7	75
94.	சமூக, அரசியல் கொள்கையின் அடிப்படைகள்	மோ. வள்ளுவன் கிளாரன்சு	7	00
95.	அரசியலமைப்புச் சட்ட ஆய்வுக்கு ஓர் அறிமுகம்—I	பா. சூரியநாராயணன்	5	75
96.	,, II	பா. சூரியநாராயணன், கி. ர. அனுமந்தன்	6	00
97.	,, III	கி. ர. அனுமந்தன்	5	75

உளவியல்

98.	குழந்தை உளவியல்—I	கி. ர. அப்புள்ளாச்சாரி	8	00
99.	,, II	,,	7	00
100.	உட்கவர் மனம்	சி. ந. வைத்தீஸ்வரன்	7	00
101.	இளையோர் உளவியல்—I	தி. இரா. அரங்கராசன்	12	00
102.	,, II	,,	9	00
103.	சமூக உளவியல்	என். வேதமணி மானுவேல்	9	25
104.	பிறழ்நிலை உளவியல்	அ. பெசன்ட் கிரீப்பர்ராஜ்	11	00
105.	பித்தரின் உள்ளம்	,,	3	00
106.	குமர உள்ளம்	டாக்டர் மு. அறம்	6	25

*மூல நூல் (Original Book)

தத்துவம்

				ரூ.	பை.
*107.	இந்து சமயத் தத்துவம்	...	ஞா. ராஜாபகதூர்	... 5	50
*108.	அறிவு ஆராய்ச்சி இயல்	...	ஆர். ராமானுஜாச்சாரி	... 3	50
109.	மேலைநாட்டுத் தத்துவம்	...	ஆர். எஸ். தேசிகன்	... 3	50
110.	அத்துவித தத்துவம்	...	கோ. மோ. காந்தி	... 6	50
111.	ஆங்கிலேயப் பயன்வழிக் கொள்கையினர்	...	மோ. வள்ளுவன் கிளாரன்சு	... 5	50
112.	இந்தியத் தத்துவம்—I	...	வ. அ. தேவசேனபதி, பா. நா. சண்முகசுந்தரம்	... 3	50
113.	,, II	...	,,	... 6	00
114.	மெய்ப்பொருளியல்—ஓர் அறிமுகம்—I	....	சி. இராமலிங்கம்	... 6	00

அறவியல்

115.	அறவியல்—ஓர் அறிமுகம்	...	கோ. மோ. காந்தி	... 8	50

அளவையியல்

116.	அளவையியல் தொடக்க நூல்	...	கி. ர. அப்புள்ளாச்சாரி	... 2	50

மானிடவியல்

117.	மானிடவியல்	...	ம. சு. கோபாலகிருஷ்ணன்	... 4	75
118.	பண்பாட்டுக் கோலங்கள்	...	கி. பூ. சுப்பிரமணியம்	... 5	50
*119.	இந்தியாவில் குடியானவர் வாழ்க்கை	...	எஸ். இலட்சுமி	... 3	50

சமூகவியல்

120.	சமூகவியலின் அடிப்படைக் கோட்பாடுகள் ...	ஜே. நாராயணன்	10	50

புவியியல்

121.	ஆசியா—I ...	கொ. சேஷ. நரசிம்மன் ...	9	50
122.	,, II ...	,, ...	8	75
123.	ஐரோப்பாக் கண்டத்தின் புவியியல் ...	ஏ. எஸ். நாராயணன் ...	8	50
*124.	தென்கிழக்கு ஆசியா ...	ஜி. கிருஷ்ணமூர்த்தி ...	8	50
*125.	வட அமெரிக்கா ...	குமாரி இரா. அலமேலு ...	8	25
*126.	தென் அமெரிக்கா ...	எம். என். பத்மநாபன் ...	9	00
*127.	தென் கண்டங்கள்—ஆஸ்திரேலியா ...	திருமதி எச். நியூமன் ...	4	00
*128.	,, —ஆஃப்ரிக்கா ...	எஸ். முத்துகிருஷ்ணக் கரையாளர் ...	3	25
*129.	புவிப்பிறவியல்—II ...	நா. அனந்தபத்மநாபன் ...	6	00
*130.	செய்முறைப் புவியியல் ...	சு. ஜெயச்சந்திரன் ...	9	00
*131.	மக்கட்பரப்பியல் ...	வி. எஸ். அனந்தபத்மநாபன் ...	6	25
*132.	சமுத்திரவியல் ...	கோ. இராமசாமி ...	6	50
133.	காலநிலை இயல்—I ...	கொ. சேஷ. நரசிம்மன் ...	10	00
134.	,, II ...	,, ...	5	00
135.	காலநிலை இயல் ...	திருமதி இராதா ...	10	00
136.	வளியியலுக்கு ஓர் அறிமுகம் ...	கோ. இராமசாமி ...	11	00
137.	புவி அமைப்பு இயல் ...	சி. விஸ்வநாதன் ...	4	75
138.	பௌதிகப் புவியியலும் புவியமைப்பியலும் ...	கோ. இராமசாமி ...	6	00
139.	சிஷோமின வாணிகப் புவியியல்—I ...	எஸ். மாணிக்கம் ...	9	50
140.	,, II ...	எம். கார்த்திகேயன் ...	12	00
141.	,, III ...	சி. எஸ். நரசிம்மன் ...	5	75

*மூலநூல் (Original Book)

			ரூ.	பை.
புள்ளியியல்				
*142.	புள்ளியியல்—அறிமுகம்	சு. வைத்தியநாதன்	10	00
143.	புள்ளியியல் முறைகள்—I	கோ. சண்முகசுந்தரம்	10	00
144.	,, II	இராஜகோபாலன்	14	00
145.	நம்மைச் சுற்றியுள்ள பேரண்டம்	தி. வி. லட்சுமிநரசிம்மன்	6	50
உயிர்கணிதம்				
*146.	ஆயத்தொலை வடிவகணிதம்	டி. கே. மாணிக்கவாசகம் பிள்ளை	12	50
*147.	வகை நுண்கணிதம்	,,	8	00
*148.	தொகை நுண்கணிதம்	தி. கோவிந்தராசன்	9	00
விலங்கியல்				
*149.	விலங்கியல்	பெ. மா. அண்ணாமலை, இரா. முருகேசன்	12	00
பௌதிகவியல்				
150.	ஒளி நூல்	ச. சம்பத்து	10	00
விஞ்ஞானம்				
*151.	வானவெளி வெற்றி	டாக்டர் எம். ஏ. தங்கராஜ்	6	00
*152.	ரேடியோ	டாக்டர் பி. திருஞான சம்பந்தம்	4	75
*153.	எக்ஸ்-கதிர்கள்	பெ. நா. அப்புசாமி, ஜே. பி. மாணிக்கம்	4	50
*154.	பாம்புகள்	பெ. மா. அண்ணாமலை	3	50
*155.	தாவரம்—வாழ்வும் வரலாறும்	டாக்டர் கு. சீனிவாசன்	8	00
*156.	கரும்பு	கு. பெரியசாமி	4	00
*157.	தாவரங்களின் வாழ்வியல்	எஸ். சுந்தரம்	6	50

மருத்துவம்

*158.	நீரிழிவு—க்ஷயரோகம்	டாக்டர் ஜி. வேங்கடசாமி, டாக்டர் ஏ. கதிரேசன்	2	50
159.	மகப்பேறும் மாதர் நோயும்	டாக்டர் (குமாரி) மணிமேகலை	8	25
*160.	பாக்டீரியா	சு. சுந்தரம்	2	50
161.	புற்றுநோய்	அ. கதிரேசன்	3	50
162.	உடலியங்கியல்—I	டாக்டர்கள் ஜி. வேங்கடசாமி, டி. சரோஜினி, எஸ். கே. துரைராஜ், ஆர். சேது	6	75
163.	,, II	,,	5	50
164.	என்புருக்கி நோய்	டாக்டர் அ. கதிரேசன்	7	25

பொறியியல்

165.	நீங்களே உங்கள் வீட்டைக் கட்டலாம்	கே. வி. கிருஷ்ணராஜ், சி. ஆர். சுப்பிரமணியம், ஆர். இராமசாமி, கே. வேணுகோபால்	8	50

கூட்டுறவு

166.	உலகக் கூட்டுறவு இயக்கம்	அ. வேல்மணி	5	50

சட்டம்

*167.	குற்றவியல் சட்டம்	எம். சண்முகசுப்பிரமணியம்	10	00

*மூலநூல் (Original Book)

பொது நூல்கள்			ரூ.	பை.
168.	மகாத்மா காந்தி	சரஸ்வதி தங்கையன்	3	25
169.	விவசாயப் புரட்சி	வி. கார்த்திகேயன்	8	00
*170.	சேமக்கை-நூல்	ஆ. சுப்பிரமணியம்	2	50
*171.	முற்காலச் சோழர் கலையும் சிற்பமும்	எஸ். ஆர். பாலசுப்பிரமணியம்	9	00
*172.	உணவும் ஊட்டமும்	தி. வேங்கட கிருஷ்ணய்யங்கார்	4	50

புகுமுக (P.U.C.) வகுப்புகளுக்குரியவை

			ரூ.	பை.
*173.	உலக வரலாறு	டி. ஆர். இராமச்சந்திரன்	4	00
*174.	பொருளாதாரம்	ஜி. சிதம்பரம்	2	75
*175.	வணிகவியலுக்கு ஓர் அறிமுகம்—I	கு. ஆளுடைய பிள்ளை	2	50
*176.	,, II	,,	2	25
*177.	பௌதிகம்	டாக்டர் பி. திருஞானசம்பந்தம், ஆர். நாகராஜன்	7	50
*178.	புகுமுக பௌதிகம்	டாக்டர் எம். ஏ. தங்கராஜ்	5	75
*179.	புகுமுக வகுப்புக் கணிதம்—I	கே. ராஜகோபாலன்	7	00
*180.	,, II	,,	3	00
*181.	புகுமுக வகுப்புக் கணிதநூல்—I	டி. கோவிந்தராஜன், முத்துசாமி	7	00
*182.	,, II	,,	4	50
*183.	கணிதம்—ஓர் அறிமுகம்—I	ஆர். மகாதேவன்	4	75
*184.	,, II	,,	3	25
*185.	வேதியியல்	பி. டி. முனியப்பா, ஆர். முத்துலட்சுமி	7	00
*186.	புகுமுக வேதியியல்	சி. ஏ. பத்மநாபன்	5	50
*187.	விலங்கியல்	எஸ். ஆப்ரகாம்	4	00
*188.	புகுமுக விலங்கியல்	பெ. மா. அண்ணாமலை	7	25
*189.	புகுமுக வகுப்புத் தாவரவியல்	எஸ். சுந்தரம்	4	50

பட்டப்படிப்பிற்குரிய (B.Sc.,) நூல்கள்

பௌதிகம் (Physics)

			ரூ.	பை
*190.	எந்திரவியல்—சிறப்புப்பாடம் (Book I)	ஆர். நாகராசன்	6	25
*191.	வெப்பவியல்—சிறப்புப்பாடம்	கே. நாச்சிமுத்து	5	25
192.	செய்முறை பௌதிகம்—சிறப்புப்பாடம் (Book I)	டி. கமலக்கண்ணன், எஸ். கிருட்டிணசாமி	4	50
*193.	பௌதிகம்—துணைப்பாடம்—I (Book I)	பி. தங்கராஜன்	4	00
*194.	,, (Book II)	,,	3	00
*195.	செய்முறை பௌதிகம்—துணைப்பாடம்	கே. பாசுகரன், இரா. செயராம்	4	50
*196.	மின்னியல் காந்தவியல் (Book I)	டி. ஏ. கருப்பண்ணன்	4	75
*197.	ஒளியியல் சிறப்புப்பாடம்	டாக்டர் வி. சண்முகசுந்தரம், டாக்டர் ஆர். சபேசன்	7	75

வேதியியல் (Chemistry)

*198.	செய்முறைக்கனிமவேதியியல்—சிறப்புப்பாடம்	டி. இராமலிங்கம்	2	25
*199.	பௌதிக வேதியியல் (Book I)	டி. சக்திவேலு	4	00
*200.	கனிம வேதியியல்-துணைப்பாடம்	சி. ஏ: பத்மநாபன்	6	50
*201.	கனிம வேதியியல் (Book I)	பி. டி. முனியப்பா	4	00
*202.	பொது பௌதிக வேதியியல்-துணைப்பாடம்	ஆர். துளசிதாஸ்	4	75

கணிதம் (Mathematics)

*203.	இயற்கணிதம்—சிறப்புப்பாடம் (Book I)	டி. கோவிந்தராஜன், கே. முத்துசாமி	4	25
*204.	தொகுமுறைவரைகணிதம்—சிறப்புப்பாடம்	ஆர். மகாதேவன்	2	00

* மூல நூல் (Original Book)

கணிதம்-தொடர்ச்சி

			ரூ.	பை.
*205.	எண்சார் கணிதம்—சிறப்புப்பாடம்	எம். எம். இராமசாமி	5	50
*206.	திரிகோண கணிதம்—சிறப்புப்பாடம்	வி. அரங்கநாதன்	3	25
*207.	கணிதம்—துணைப்பாடம்	ஆர். அனுமந்தராவ்	6	00
*208.	நிலையியல்—சிறப்புப்பாடம்	கே. இராஜகோபாலன்	5	00

புள்ளியியல் (Statistics)

*209.	புள்ளியியல்—துணைப்பாடம்	எஸ். கருப்பையா	3	50

விலங்கியல் (Zoology)

*210.	முதுகெலும்பற்றவை I—சிறப்புப்பாடம்	ஆர். முருகேசன்	11	50
*211.	,, II—சிறப்புப்பாடம்	திருமதி எஸ். கே. வள்ளி	11	25
*212.	முதுகுநாணுள்ளவை I—சிறப்புப்பாடம் (Book I)	திருமதி ராணி கந்தசுவாமி	8	00
*213.	,, (Book II)		9	75
*214.	முதுகுத்தண்டுள்ளவை—II—சிறப்புப்பாடம்	திருமதி கிருஷ்ணவேணி நாராயணன்	11	75
*215.	முதுகெலும்பற்றவை—துணைப்பாடம்	என். இராமலிங்கம்	9	00
*216.	முதுகுநாணுள்ளவை—துணைப்பாடம்	வி. சேது	10	00

தாவரவியல் (Botany)

*217.	தாவர வெளி உள்ளமைப்பியல்களும் வகைப்பாட்டியலும்—சிறப்புப்பாடம்	கே. ராஜசேகரன்	11	00
*218.	தாவரப் புற அமைப்பியல்	கே. பாலச்சந்திரகணேசன்	9	25
*219.	தாவர உள்ளமைப்பியல்	டாக்டர் ஏ. கோவிந்தராஜுலு	7	25

*மூலநூல் (Original Book)

ANN;1