

# 12th Botany

தாவரவியல்

## அலகு 2. பாரம்பரிய மரபியல்

- மரபியல் எனப்படுவது உயிரினங்களில் பொதுவான பண்புக்கூறுகள் எவ்வாறு மூதாதையர் தலைமுறைகளிலிருந்து பெறப்படுகிறது என்பதைப் பற்றி படிப்பதாகும். கடந்த 50 ஆண்டுகளில் மரபியலைப் போன்று வேறெந்த அறிவியல் பிரிவும் உலகை மாற்றி அமைத்ததில்லை. மரபியல், அறிவியல் மற்றும் தொழில்நுட்ப மேம்பாடுகளினால் வேளாண்மை, மருத்துவம், தடயவியல் போன்ற துறைகளில் பெரும் மாற்றத்தை ஏற்படுத்தியுள்ளது.
- **மரபியல் (Genetics) - பாரம்பரியத்தின் அறிவியல்** - பாரம்பரியப் பண்புகள் எவ்விதம் பெற்றோர்களிடமிருந்து சந்ததிகளுக்குக் கடத்துகிறது எனும் செயல்முறையை எடுத்துரைக்கும் உயிரறிவியலின் ஒரு பிரிவாக மரபியல் திகழ்கிறது. **W. பேட்சன்** 1906ம் ஆண்டு **மரபியல் (Genetics)** எனும் பதத்தை அறிமுகப்படுத்தினார். மரபியலின் நான்கு முக்கியத் துணைப் பிரிவுகள் பின்வருமாறு:
  1. **ஊடுகடத்தல் மரபியல் (Transmission Genetics) / பாரம்பரிய மரபியல் (Classical Genetics)** - மரபணுக்கள் எவ்வாறு பெற்றோர்களிடமிருந்து சந்ததிகளுக்குக் கடத்தப்படுகின்றன என்பதை விளக்கும் ஒரு பிரிவாகும். பாரம்பரிய மரபியலின் அடிப்படை கிரஹெர் மெண்டல் தன் ஆய்வில் பயன்படுத்திய ஏழு மரபணுப் பண்புகளாகும்..
  2. **மூலக்கூறு மரபியல் (Molecular Genetics)** - மரபணுக்கள் புற அமைப்பு மற்றும் உயிர்ச் செயல்களை எவ்வாறு மூலக்கூறு நிலையில் மேற்கொள்கிறது என்பதை விளக்கும் பிரிவாகும்.
  3. **உயிரித்தொகை மரபியல் (Population Genetics)** - தனி உயிரிகளின் தொகுப்பில் தனிப்பட்ட பண்புக்கூறு எவ்வாறு குறிப்பிட்ட மரபணுக்களால் தீர்மானிக்கப்படுகிறது என்பதை விளக்கும் பிரிவு.
  4. **எண்ணிக்கைசார் மரபியல் (Quantitative Genetics)** - ஒரு தொகுப்பிலுள்ள தனி உயிரிகளின் பண்புக்கூறுகள் பல மரபணுக்களால் ஒரே சமயத்தில் தீர்மானிக்கப்படும் முறையை விளக்கும் பிரிவு.

**தோற்றத்தில் காணப்படும் ஒற்றுமைகள், வேற்றுமைகள் மற்றும் தலைமுறையில் பண்புகள் விடுபடுதலுக்கான (skipping) காரணம் என்ன?**

மரபியல் என்பது மரபணு, மரபார்ந்த வேறுபாடுகள் மற்றும் உயிரினங்களில் நடைபெறும் மரபுசார்ந்த பண்புக்கடத்தல் ஆகியவற்றைப் பற்றிய படிப்பாகும். ஜெனிடிக்ஸ் (Genetics) என்பதைத் தமிழில் மரபியல் அல்லது **மரபணுவியல்** என்று எவ்விதமாகக் குறிப்பிடுவது சரியாக இருக்கும்.

- மரபணுக்கள் (Genes) - பாரம்பரியத்தின் செயல்படும் அலகுகள்: பெற்றோர்களிடமிருந்து சந்ததிகளுக்கக் உயிர், வேதியிய, உள்ளமைப்பிய மற்றும் நடத்தை பண்புகளைக் கடத்தும் பாரம்பரியத்தின் அடிப்படை அலகுகள் (உயிரியல் தகவல்)

### பாரம்பரியமும் வேறுபாடுகளும்

- மரபியல் என்பது பாரம்பரியம் மற்றும் வேறுபாடுகள் பற்றி அறியும் ஓர் அறிவியல் என்று வரையறுக்கப்படுகிறது.
- பாரம்பரியம் (Heredity): பெற்றோர்களிடமிருந்து சந்ததிகளுக்குப் பண்புகள் கடத்தப்படுவது பாரம்பரியம் எனப்படுகிறது.
- வேறுபாடு (Variation): இயல்பான ஒத்த இனத்தொகையிலுள்ள உயிரினங்களின் அல்லது அவற்றின் சிற்றினங்களின் பண்புகளுக்கிடையே காணப்படும் வித்தியாசமே வேறுபாடு எனப்படுகிறது. இவ்வேறுபாடு இருவகைப்படும். அவையாவன (i) தொடர்ச்சியற்ற வேறுபாடுகள் (ii) தொடர்ச்சியான வேறுபாடுகள்.

### 1. தொடர்ச்சியற்ற வேறுபாடுகள் (Discontinuous Variation):

- ஓர் உயிரினத்தொகையில் சில பண்புகளில் குறிப்பிட்ட அளவு வேறுபாடுகள் காணப்படுகின்றன. எடுத்துக்காட்டுகள்: பிரைமுலா தாவரத்தின் சூலகத் தண்டின் நீளம். தோட்டப் பட்டாணிச் செடியின் உயரம் (நெட்டை அல்லது குட்டை). இந்தத் தொடர்ச்சியற்ற வேறுபாட்டில் பண்புகள் ஒன்று அல்லது இரண்டு முக்கியமான மரபணுக்களால் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. இம்மரபணுக்கள் இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட அல்லல்களை (இணை மரபணு வடிவங்கள்) கொண்டிருக்கும். இவ்வேறுபாடுகள் மரபியலில் கடத்தும் காரணிகள் மூலம் தீர்மானிக்கப்படுகிறது. இவ்வேறுபாடுகளைப் பெற்ற தனி உயிரிகள் இடைநிலை தோற்றப்பண்புகளற்ற சூழ்நிலைக் காரணிகளால் பாதிக்கப்படுவதில்லை. இது பண்புசார் பாரம்பரியமாதல் (qualitative inheritance) என்றும் அழைக்கப்படுகிறது.

### 2. தொடர்ச்சியான வேறுபாடுகள் (Continuous Variation):

- இவ்வேறுபாடுகள் சூழ்நிலை மற்றும் மரபுக் காரணிகளின் கூட்டு விளைவுகளால் தீர்மானிக்கப்படுபவைகளாக இருக்கலாம். ஓர் உயிரினத்தொகையில் பெரும்பாலான பண்புகள் முழுவதுமாகத் தரம் பிரிக்கப்பட்டு ஒரு நிலையிலிருந்து மற்றொரு நிலை வரை எவ்விதத் தடையுமின்றி வெளிப்படுத்தப்படுகிறது. புறத்தோற்றப் பண்புகளின் பாரம்பரியம் பல மரபணுக்கள் மற்றும் சூழ்நிலைக் காரணிகளின் கூட்டுச்செயல் விளைவுகளால் தீர்மானிக்கப்படுகிறது. இது எண்ணிக்கைசார் பாரம்பரியமாதல் (quantitative inheritance) என்று அறியப்படுகிறது. எடுத்துக்காட்டு: மனிதனின் உயரம் மற்றும் தோல் நிறம்.

## வேறுபாடுகளின் முக்கியத்துவம்

- சில உயிரிகளில் காணப்படும் வேறுபாடுகள் போராடி, வாழ்தலில் சிறந்த உயிரியாக மாறுவதன் அடிப்படையில் அமைகின்றன.
- மாறும் சூழ்நிலைகளுக்கேற்பத் தம்மைத் தகவமைத்துக் கொள்ள உதவுகிறது.
- இது இயற்கைத் தேர்வுக்கான மரபியல் பண்புகளை வழங்குவதாக உள்ளது.
- மேம்படுத்தப்பட்ட உற்பத்தி, விரைவான வளர்ச்சி, அதிக நோய் எதிர்ப்புத்தன்மை மற்றும் குறைவான முதலீடு கொண்ட தாவரங்களை, பயிர் பெருக்க உற்பத்தியாளர்கள் உருவாக்குவதற்கு வேறுபாடுகள் துணை புரிகின்றது.
- பரிணாமத்தின் மூலங்களாக வேறுபாடுகள் அமைகின்றன.

## மெண்டலியம் (Mendelism)

- மரபியலுக்கு மெண்டல் ஆற்றிய பங்கு மெண்டலியம் எனப்படுகிறது. பட்டாணித் தாவரத்தில் அவர் செய்த கலப்புறுத்த ஆய்வுகள் மற்றும் தாவரக் கலப்புயிரி முறைகள் உள்ளடக்கிய கருத்துகள் அனைத்தும் நவீன மரபியலுக்கு அடிப்படையாக அமைந்துள்ளது. எனவே மெண்டல் மரபியலின் தந்தை என்றழைக்கப்படுகிறார்.

## மரபியலின் தந்தை – கிரஹெர் ஜோஹன் மெண்டல் (1822 - 1884)

- முதல் மரபியலாளரான கிரஹெர் ஜோஹன் மெண்டல், பாரம்பரியத்தின் அதிசயங்களடங்கிய பாதையில் முதலில் பயணித்தவர் ஆவார். இவர் ஜூலை 22, 1822-ஆம் ஆண்டு ஆஸ்திரியாவின் ஹெய்சண்டார்.ஃப் என்ற ஊரில், சிலிசியன் எனும் கிராமத்தில் (தற்போது ஹென்சிஸ், செக்கோஸ்லோவாகியா) பிறந்தார். பள்ளிப் படிப்பிற்குப் பிறகு, தாவரவியல், இயற்பியல் மற்றும் கணிதத்தை வியன்னா பல்கலைக்கழகத்தில் பயின்றார். அதன்பிறகு ஆஸ்திரியா (Austria) நாட்டின் புருன் (Brunn) என்ற இடத்திலுள்ள புனிதத் தாமஸ் மடாலயத்தில் தனக்கு விருப்பமான பட்டாணி தாவரக் கலப்புறுதல் சோதனைகளை மேற்கொண்டார். 1849-ம் ஆண்டு தற்காலிகமாக ஆசிரியப் பணியினை மேற்கொண்டு, ஓய்வு நேரத்தில், தன்னுடைய தோட்டத்தில் பட்டாணித் தாவரத்தில் கலப்புறுதல் சோதனைகளைத் தொடர்ந்து மேற்கொண்டார். 1856-ஆம் ஆண்டு வரலாற்று சிறப்பு வாய்ந்த பட்டாணித் தாவர ஆய்வுகளைத் தொடங்கினார். 1856 முதல் 1863 வரை பட்டாணித் தாவரத்தில் கலப்புறுதல் சோதனைகளை இவர் மேற்கொண்டார். அவர் தனது தோட்டத்திலுள்ள பட்டாணித் தாவரத்தில் மேற்கொண்ட ஏழு ஜோடி வேறுபட்ட பண்புக்கூறுகளைக் கொண்டு பாரம்பரியக் கொள்கைகளைக் கண்டறிந்தார். மெண்டல் 24,034 தாவரங்களின் பல சந்ததிகளில் இனக்கலப்பு செய்து, முடிவுகளை அட்டவணைப்படுத்தினார். 1866-ஆம் ஆண்டு “எக்ஸ்பெரிமண்ட்ஸ் ஆன் பிளாண்ட் ஹைபிரிட்ஸ்” (Experiments on Plant Hybrids) என்ற தலைப்பில் “தி புரஃபிங்ஸ் ஆஃப் ப்ரூன் சொசைட்டி ஆஃப் நாச்சுரல் ஹிஸ்டரி”-

ல் தனது ஆய்வுக் கட்டுரையை வெளியிட்டார். நவீன மரபியலின் நிறுவனராக இன்றும் கிரஹர் மெண்டல் விளங்குகிறார். மேலும் இவர் முதல் முறைப்பாடு மரபிய ஆராய்ச்சியாளராகவும் கருதப்படுகிறார்.

### மெண்டலின் வெற்றிக்கான காரணங்கள்:

- உயிரியலில் கணிதம் மற்றும் புள்ளியியல் முறைகளையும், நிகழ்விரைவு முறைகளையும் தனது கலப்புயிரி சோதனைகளில் கையாண்டிருப்பது,
- கையாண்ட அறிவியல் முறைகளின் துல்லியமான, விரிவான பதிவுகளின் எண்ணிக்கைசார் விவரங்களையும் புள்ளியியல் முறையில் பதிவிட்டிருப்பது,
- சோதனைகள் அனைத்தும் மிகவும் கவனமாகவும் திட்டமிடப்பட்டு, அவற்றில் அதிக மாதிரிகள் பயன்படுத்தப்பட்டிருப்பது.
- எடுத்துக்கொண்ட எதிரிடைப் பண்புகள் தனிப்பட்ட குரோமோசோம்களில் உள்ள காரணிகளால் (மரபணுக்களால்) கட்டுப்படுத்தப்பட்டிருப்பது.
- மெண்டலால் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட பெற்றோர் தாவரங்கள் தூயகால் வழி பெற்றோர்களாக இருந்தது. பெற்றோர்களின் தூய்மையானது பல தலைமுறைகளில் தற்கலப்பு செய்து பரிசோதிக்கப்பட்டதாக இருந்தது.

### மெண்டலின் பட்டாணித் தாவர ஆய்வுகள்

- மெண்டலின் பாரம்பரியக் கோட்பாடு, துகள் கோட்பாடு எனவும் அழைக்கப்படுகிறது. இதற்கான நுண்துகள்கள் அல்லது பாரம்பரிய அலகுகள் அல்லது காரணிகள் (hereditary units or factors) தற்போது மரபணுக்கள் (Genes) என அழைக்கப்படுகின்றன. பல தூயகால்வழி பட்டாணித் தாவரங்களைக் கொண்டு செயற்கை மகரந்தச் சேர்க்கை / அயல் மகரந்தச் சேர்க்கை ஆய்வுகளை இவர் மேற்கொண்டார்.

### பட்டாணியின் ஏழு பண்புகள்

பண்பு	மரபணு	ஒங்கு பண்புக்கூறு	ஒடுங்கு பண்புக்கூறு
தாவர உயரம்	Le	நெட்டை	குட்டை
விதை வடிவம்	R	உருண்டை	சுருங்கிய
விதையுறை நிறம்	I	மஞ்சள்	பச்சை
மலர் நிறம்	A	ஊதா	வெள்ளை
கனி நிறம்	GP	பச்சை	மஞ்சள்
கனி	V	வீங்கிய / உப்பிய	இறுக்கிய
மலர் அமைவிடம்	Fa	கோணம்	நுனியிலமைந்த

பட்டாணித் தாவரத்தில் மெண்டலின் ஏழு பண்புகளுடைய, ஏழு குரோமோசோம்கள்

- தூயகால்வழி என்பது, பெற்றோர் முதல் சந்ததிகள் வரை தொடர்ந்து தன்மகரந்தச்சேர்க்கை நடைபெற்று, நிலையான பாரம்பரியப் பண்புகளைக் கொண்ட தாவரங்கள் ஆகும். தூயகால்வழி தாவரங்களுக்குள் நடைபெறும் கலப்புறுதல், பாரம்பரியத்தில் நிலையான, பல தலைமுறைகளில் பிரதிபலிக்கக் கூடிய குறிப்பிட்ட பெற்றோர் பண்புகளைக் கொண்ட சந்ததிகளை உருவாக்குகிறது. தூயகால்வழி என்பது ஒத்தபண்பிணைவு (Homozygosity) தன்மையை மட்டும் குறிப்பிடுகிறது. ஒரு தனித் தாவரத்தினால் உருவாக்கப்படும் ஆண், பெண் இனச் செல்கள் (கேமீட்கள்) இணைவை, தற்கருவுறுதலை (ஒரே தாவரத்திலிருந்து உருவாக்கப்பட்ட மகரந்தம் மற்றும் அண்டச் செல் இணைதலை) இது குறிக்கிறது. மெண்டலின் பட்டாணித் தாவரத்தில் தன்மகரந்தச்சேர்க்கை நடைபெறுகிறது. ஆராய்ச்சியாளர் ஒரு பட்டாணித் தாவரத்திலுள்ள மகரந்தப்பைகளை கருவுறுதலுக்கு முன் நீக்கி (ஆண்மல்டாக்கி) வேறொரு ரகப் பட்டாணித் தாவரத்திலுள்ள மகரந்தங்களை, மகரந்தப்பை நீக்கப்பட்ட மலர்களின் சூலக முடிக்கு மாற்றுவதென்பது அயல்-கருவுறுதல் என்பதாகும். இதன் மூலம் வேறுபட்ட பண்புக்கூறுகளைக் கொண்ட கலப்பினங்கள் உருவாகிறது. மெண்டலின் ஆராய்ச்சிகளின் அடிப்படையில் அமைக்கப்பட்ட விதிமுறைகள் அனைத்தும் தற்போது மெண்டலிய மரபியல் (Mendelian Genetics) எனப்படுகிறது.
- செல்லில் காணப்படும் பாரம்பரிய நுட்பங்களான குரோமோசோம், DNA, மரபணுக்கள் பற்றிய செய்திகள் அறியப்படுவதற்கு முன்பே, பாரம்பரியம் பற்றிய இந்த விதிகளின் சரியான நுட்பங்களை மெண்டல் வகுத்தார். மெண்டலின் இந்தப் பாரம்பரி நுட்பம் பற்றிய உன்னிப்பான நுண்ணறிவு மேம்படுத்தப்பட்டப் பயிர் ரகங்கள் உருவாக்குவதிலும், பயிர் கலப்புயிர் தல் முறையிலும் ஒரு புரட்சியை ஏற்படுத்துவதில் முக்கியப் பங்கு வகிக்கிறது.
- 1884-ஆம் ஆண்டில் மெண்டல் மறைந்த பின்னர், 1900-ஆம் ஆண்டு மெண்டலின் ஆய்வுகள் மூன்று உயிரியல் வல்லுனர்களாகிய, ஹாலந்தின் ஹியூகோ டி விரிஸ், ஜெர்மனியின் கார்ல் காரென்ஸ் மற்றும் ஆஸ்திரியாவின் எரி வான் ஷெர்மாக் ஆகியோரால் மீண்டும் கண்டறியப்பட்டது.

### மெண்டலியத்துடன் தொடர்புடைய கலைச்சொற்கள்

- மெண்டல் இரு எதிரிடைப் பண்புக்கூறுகளின் (traits) வெளிப்பாடுகளை மட்டுமே ஒரே சமயத்தில் கவனத்தில் கொண்டார். எடுத்துக்காட்டு: நெட்டை மற்றும் குட்டை வேறுபட்ட பண்புக்கூறுகள் வெளிப்பாடடைவதற்கான காரணம் ஒரே பண்புக்கூறுக்கான மரபணு இரு வேறுபட்ட வடிவங்களை பெற்றிருப்பது ஆகும். இவை அல்லீல்கள் என்று அழைக்கப்படுகின்றன.

மெண்டலின் வெள்ளை மலர்களுக்கான மரபியல் புதிருக்குத் தற்போது விடை காணப்பட்டுள்ளது. மெண்டலின் பட்டாணித் தாவர வெள்ளை நிற மலர்களை ஒழுங்குபடுத்தக்கூடிய மரபணுவை உங்களால் இனங்காண முடியுமா?

மரபணுவின் பணிகளைப் புரிந்து கொள்ள மூலக்கூறு அளவிலான தீர்வை அறிவோம். 2010-ஆம் ஆண்டு பட்டாணித் தாவர மலர்களின் நிறத்திற்குக் காரணமான மரபணு அகில உலக ஆராய்ச்சியாளர்கள் குழுவினரால் கண்டறியப்பட்டது. பட்டாணியில் இது மரபணு A என்றழைக்கப்பட்டது.

ஒங்குநிலையிலுள்ள இம்மரபணு, படியெடுத்தல் காரணியாகச் செயல்பட்டு ஒரு புரதத்தை உற்பத்தி செய்து அது ஆந்தோசயனின் நிறமி உருவாக்கத்திற்குக் காரணமாகிறது. எனவேதான் பட்டாணித்தாவர மலர்கள் ஊதா நிறத்தைப் பெறுகின்றன. வெள்ளை மலர்களைக் கொண்ட பட்டாணித் தாவரங்கள் ஆந்தோசயனின் உற்பத்தியில் ஈடுபடும் மரபணுவை ஒடுங்குநிலையில் பெற்றிருப்பதால், அவை ஆந்தோசயனின் நிறமியை உருவாக்க முடிவதில்லை.

ஒங்குநிலையிலுள்ள மரபணு A-யின் பிரதிகளை வெள்ளை மலர்களின் அல்லி இதழ்களின் செல்களுக்குள் மரபணு துப்பாக்கி முறையில் (gene gun method) ஆராய்ச்சியாளர்கள் செலுத்தினர். இந்த மரபணு A-வைப் பெற்ற குறைந்த அளவிலான சதவீதத்திலுள்ள வெள்ளை மலர்களின் பூவிதழ் பகுதிகளில் ஆந்தோசயனின் நிறமிகள் குவிக்கப்பட்டு அப்பகுதிகள் ஊதா நிறத்தைப் பெறுகிறது.

வெள்ளை மலர்களில் ஒடுங்குநிலையிலுள்ள மரபணு A-யின் நியூக்ளியோடைடு வரிசையில் மாற்றம் ஏற்பட்டுப் படியெடுத்தல் காரணி செயலற்றுப் போகிறது. இது திடீர் மாற்றம் பெற்ற மரபணு A-வாகக் கருதப்படுகிறது. இம்மரபணு ஆந்தோசயனினை உற்பத்தி செய்யாததால் வெள்ளை மலர்கள் தோன்றுகிறது.

**மரபணு A கொண்ட பட்டாணியின் ஊதா மலர் மற்றும் பட்டாணியின் வெள்ளை மலர்**



- ஒரு உயிரியில் காணப்படும் மரபணு அதற்கான ஒத்த அல்லீல்களை கொண்டிருந்தால் அது ஒத்தபண்பிணைவு (homozygous-TT) எனப்படுகிறது. ஒரு உயிரியில் காணப்படும் மரபணு அதற்கான இருவேறுபட்ட அல்லீல்களைக் கொண்டிருந்தால், அது மாறுபட்டபண்பிணைவு (heterozygous - Tt) என்றழைக்கப்படுகிறது. மெண்டலின் கலப்புறுதல் சோதனைக்குப் பின் உருவாகும் தாவரங்கள் வேறுபட்ட பண்பிணைவுகளைப் பெற்றிருப்பதால் அவை கலப்புயிரிகள் (hybrids) எனப்படுகின்றன.
- ஒங்குபண்பிற்கான மரபணுவின் இரு அல்லீல்கள் (dominant allele) பெரிய எழுத்திலும் (capital letter), ஒடுங்குபண்பிற்கான மரபணுவின் இரு அல்லீல்கள் (recessive allele) சிறிய எழுத்திலும் (Small letter) சிறிய எழுத்திலும் குறிப்பிடப்படுகிறது. ஒரு உயிரியில் இரண்டு ஒடுங்கு அல்லீல்கள் காணப்பட்டால் அது ஒத்தபண்பிணைவைப் பெற்ற ஒடுங்கு அல்லீல்கள் (homozygous recessive) (tt) குட்டைப் பட்டாணித் தாவரங்கள் எனப்படுகின்றன. ஒரு உயிரியில் இரண்டு ஒடுங்கு அல்லீல்கள் காணப்பட்டால் அது ஒத்த பண்பிணைவைப் பெற்ற ஒடுங்குநிலை (homozygous recessive) (tt) குட்டைப் பட்டாணித் தாவரங்கள் எனப்படுகின்றன. ஒரு உயிரியில் இரண்டு ஒடுங்கு அல்லீல்கள் காணப்பட்டால் அது ஒத்தபண்பிணைவைப் பெற்ற

ஒங்குநிலை (homozygous dominant) (TT) நெட்டைப் பட்டாணித் தாவரங்கள் எனப்படுகின்றன. இந்த இரண்டு அல்லீல்களில் ஒன்று ஒங்கு மரபணுவாகவும், மற்றொன்று ஒடுங்கு மரபணுவாகவும் இருப்பின் அது கலப்புற்ற நெட்டை (heterozygous tall) (Tt) பட்டாணித் தாவரங்களைக் குறிக்கின்றன.

### மெண்டலிய பாரம்பரியத்தில் மெண்டலிய விதிகள்

- மெண்டலின் ஒரு பண்புக் கலப்பினைக் கூர்ந்து ஆராய்ந்ததின் விளைவாக இரு முக்கிய விதிகள் உருவாக்கப்பட்டன. (1) ஒங்குதன்மை விதி (The law of Dominance) (2) தனித்துப் பிரிதல் விதி (The law of Segregation). இந்த அறிவியல் விதிகள் பரிணாமச் சரித்திரத்தில் முக்கியப் பங்காற்றுகிறது.
- **ஒங்குத்தன்மை விதி** – பண்புகள், காரணிகள் என்றழைக்கப்படும் தனித்தியங்கும் அலகுகளால் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. எதிரிடைப் பண்புகளுக்கான இணைக் காரணிகளில் ஒன்று ஒங்குதன்மையுடனும் மற்றொன்று ஒடுங்கு தன்மையுடனும் காணப்படும். இவ்விதி, ஒரு பண்புக் கலப்பினை விளக்குகிறது. (அ) முதல் மகவுச்சந்ததியில் (F<sub>1</sub>) ஒரே ஒரு பெற்றோர் பண்பு வெளிப்படுகிறது. (ஆ) இரண்டாம் மகவுச்சந்ததியில் (F<sub>2</sub>) இரு பெற்றோர் பண்புகளும் வெளிப்படுகின்றன. இரண்டாம் மகவுச்சந்ததியில் (F<sub>2</sub>) பண்புகள் 3:1 விகிதாச்சாரத்தில் உருவாகின்றன.
- **தனித்துப்பிரிதல் விதி (கேமிட்களின் தூயத்தன்மை விதி)** – முதல் மகவுச்சந்ததியில் இரு பண்புகளில் ஒன்று மட்டுமே காணப்பட்ட போதிலும், இரண்டாம் மகவுச்சந்ததியில் இரு பண்புகளும் வெளிப்படுகின்றன. எனவே ஒரு மரபணுவில் காணப்படும் இரண்டு அல்லீல்களும் ஒன்றோடொன்று கலப்பதில்லை. கேமிட் உருவாக்கத்தின்போது இந்த இணை அல்லீல்கள் ஒவ்வொரு கேமிட்டிலும் ஒன்று என்ற விதத்தில் தனித்துப் பிரிகின்றன. எனவே தூயகால்வழித் தாவரம் ஒரே மாதிரியான கேமிட்டுகளை உருவாக்குகிறது. ஆனால் ஒரு கலப்புயிரித் தாவரம் இரண்டு விதமான கேமிட்டுகளை உருவாக்குகின்றன. இது ஒவ்வொரு கேமிட்டிலும் ஒரு அல்லீலை பெற்றுச் சமமான விகிதாச்சாரத்தில் உருவாகின்றன. எனவே, கேமிட்டுகள் எப்பொழுதும் கலப்புயிர்களாக இருப்பதில்லை.

### ஒரு பண்புக் கலப்பு (Monohybrid cross)

- ஒரு பண்புக் கலப்பு என்பது, ஒற்றைப் பண்பின் பாரம்பரியமாகும், அதாவது தாவரத்தின் உயரம் பாரம்பரியமடைதல், இது, ஒரு மரபணுவின் இரண்டு அல்லீல்களை உள்ளடக்கியது. ஒரு பண்புக் கலப்பு இரண்டு தூயகால்வழி பெற்றோர் தாவரங்களுக்கிடையே நடைபெறுவதாகும். ஒவ்வொரு பெற்றோரும் இரு எதிரிடைப் பண்புகளை வெளிப்படுத்துகின்றன. முதலாம் மகவுச் சந்ததிகளுக்குள் தற்கலப்பு செய்யப்படுவதன் மூலம், உருவாகும் இரண்டாம் மகவுச்சந்ததியிலுள்ள 1064 தாவரங்களில் 787 தாவரங்கள் நெட்டையாகவும், 277 தாவரங்கள் குட்டையாகவும் இருந்ததை மெண்டல் கண்டறிந்தார். இது 3:1 என்ற விகிதத்தில் இருப்பது குறிப்பிடத்தக்கது. முதலாம் மகவுச்சந்ததியில் மறைந்த குட்டைப் பண்பு இரண்டாம் மகவுச்சந்ததியில் மீண்டும் தோன்றுவது குறிப்பிடத்தக்கது. ஒரு பண்பு கலப்பின் முதல் மகவுச்சந்ததிகளின்

மரபணுவாக்கம் மரபணுவகையைம் (genotype) எனவும், ஒரு உயிரியில் வெளிப்படக்கூடிய பண்புகள் புறத்தோற்றவகையம் (phenotype) எனவும் அறியப்படுகிறது. ஒரு மரபணுக் கலப்பில் கேமிட்டுகளின் கருவறுதலின்போது சந்ததிகளில் தோன்றும் மரபணுவகையத்தையும் புறத்தோற்ற வகையத்தையும், பிரிட்டிஷ் மரபியலாளர் ரெஜினால்டு C. புன்னெட் அவர்களின் பெயரால் உருவான சதுரத்தின் (Punnett's square) உதவியால் எளிதாக அறிந்து கொள்ள முடியும். ஒரு புன்னெட் சதுரம் என்பது மரபியல் கலப்பில் தோன்றும் சந்ததிகளின் சாத்தியமுள்ள மரபணு வகைகளைக் கணக்கிட உதவும் வரைபட விளக்கமாகும். ஒங்குப்பண்பு விதி மற்றும் தனித்துப்பிரிதல் விதி மெண்டலின் ஒருபண்புக் கலப்பை சரியாக விளக்குகிறது.

- **பரிமாற்றக் கலப்பு (Reciprocal cross)** - ஒரு பரிசோதனையில் தூயகால்வழி குட்டைத் தாவரங்களை ஆண் தாவரங்களாகவும், நெட்டை பட்டாணித் தாவரங்களைப் பெண் தாவரங்களாகவும் கொண்டு கலப்பு செய்யும்போது கிடைக்கக்கூடிய அனைத்துத் தாவரங்களும் நெட்டைத் தாவரங்களாகவே இருந்தன. இதே தாவரங்களை மாற்றிக் கலப்பு செய்யும்போது, அதாவது நெட்டைத் தாவரங்களின் மகரந்தத்தைப் பயன்படுத்திக் குட்டைத் தாவரங்களுடன் கலப்புறச் செய்யும்போது கிடைக்கும் சந்ததிகளனைத்தும் மீண்டும் நெட்டைத் தாவரங்களாகவே இருந்தன. **நெட்டை (♀)**  
**X குட்டை (♂) மற்றும் நெட்டை (♂) X குட்டை (♀)** - எனச் செய்யக்கூடிய கலப்பு **பரிமாற்றக் கலப்பு** எனப்படுகிறது. பரிமாற்றக் கலப்பின் முடிவானது ஒரே மாதிரியாக இருந்தது. இதன் மூலம் பண்புக்கூறுகள் பால்தன்மையை சார்ந்ததல்ல என்பது முடிவாகிறது.
- தாவர உயரத்திற்குக் காரணமான மரபணு இரு அல்லீல்களைக் கொண்டது: நெட்டை (T) x குட்டை (t). புறத்தோற்ற மற்றும் மரபணுவாக்கப் பகுப்பாய்வுகளைச் செக்கர் போர்டு முறை (Checkerboard method) அல்லது கவைக்கோடு முறை (Forkline method) மூலம் கண்டறியலாம்.

### மெண்டலின் பகுப்பாய்வு மற்றும் அனுபவ அணுகுமுறை

- மெண்டல் ஒவ்வொரு பண்பிற்கும் இரண்டு வேறுபட்ட பண்புக் கூறுகளைத் தேர்ந்தெடுத்தார். ஆதலால் ஒரு பண்பிற்கு இரு வேறுபட்ட காரணிகள் இருப்பது தெளிவாகிறது. முதல் மகவுச்சந்ததியில் (F<sub>1</sub>) ஒடுங்கிய பண்பிற்கான காரணி மறைக்கப்படுகிறது. இரண்டாம் மகவுச்சந்ததியின் ஒரு கால்பகுதியாக (1/4) மீண்டும் அது தோன்றுகிறது. முதலாம் மகவுச்சந்ததியின் வேறுபட்ட கலப்பினத்தில் உள்ள நெட்டை மற்றும் குட்டை பண்பிற்குரிய அல்லீல்கள் தோராயமாகக் கேமிட்களுக்குள் பிரிந்து செல்கிறது என மெண்டல் முடிவு செய்தார். எனவேதான் 3:1 என்ற விகிதத்தில் ஒங்கு மற்றும் ஒடுங்கு பண்புக்கூறுகளை இரண்டாம் மகவுச்சந்ததியில் அவர் பெற முடிந்தது. இவ்வாறு ஒரு உயிரியல் ஆய்வில் அளவுசார் பகுப்பாய்வைப் பயன்படுத்திய முதலாம் அறிவியலறிஞர் மெண்டலே ஆவார்.



- மெண்டலின் பகுப்பாய்வு அணுகுமுறை உண்மையில் ஒரு முதன்மையான அறிவியல் சாதனையாக இருந்தது. மெண்டலின் கூர்மையான மற்றும் துல்லியமான கலப்பினச் சோதனைகள் மூலம், பாரம்பரியத்தின் தனித்தியங்கும் துகளாலகுகள் ஒரு சந்ததியிலிரந்து அடுத்த சந்ததிகளுக்குக் கடத்தப்படுகிறது என்பதை முன்மொழிந்தார். இந்த துகளாலகுகள் தற்போது மரபணுக்கள் என அழைக்கப்படுகின்றன. எனவே பாரம்பரியம் பண்புகளுக்கான உறவை நிர்ணயிக்க மெண்டலின் திட்டமிடப்பட்ட சோதனைகள் உதவுவதாக உள்ளன. இந்தப் பகுத்தறிதிறன், அனுபவ அணுகுமுறை என்றழைக்கப்படுகிறது. இதன்மூலம் பெறப்படும் விதிகள் அனுபவ விதிகள் (Empirical laws) எனப்படுகின்றன.

### சோதனைக் கலப்பு (Test cross)

- ஒரு உயிரினத்தின் தெரியாத மரபணுவகையத்தை ஒடுங்கு ஒத்தபண்பிணைவுடன் கலப்பு செய்தலுக்குச் சோதனைக் கலப்பு என்று பெயர்.
- மெண்டலின் ஒரு பண்புக் கலப்பில் முதலாம் மகவுச்சந்ததியில் ( $F_1$ ) தோன்றும் தாவரங்கள் அனைத்தும் நெட்டைப் பண்புடையவை. இரண்டாம் மகவுச்சந்ததியில் ( $F_2$ ) நெட்டை மற்றும் குட்டைப் பண்புகள் முறையே 3:1 என்ற விகிதத்தில் உள்ளன. இரண்டாம் மகவுச்சந்ததியில் தோன்றிய குட்டைத் தாவரங்களைத் தன்மகரந்தச்சேர்க்கைக்கு உட்படுத்தப்படும் போது மூன்றாம் ( $F_3$ ), நான்காம் ( $F_4$ ) மகவுச்சந்ததிகளில் அனைத்துத் தாவரங்களும் குட்டைத் தாவரங்களாகவே காணப்பட்டன. இதன்மூலம் குட்டைத் தாவரத்தின் மரபணுவாக்கம் ஒத்தத்தன்மை ( $tt$ ) கொண்டது என்ற முடிவிற்கு வந்தார்.

மெண்டலின் பட்டாணித் தாவரங்கள் ஏன் நெட்டை மற்றும் குட்டைத் தாவரங்களாகக் காணப்படுகின்றன? இதற்கான மூலக்கூறு விளக்கத்தைக் கண்டறி.

மெண்டலின் நெட்டைத் தாவர மரபணுக்குரிய மூலக்கூறு இயல்பாய்வு

தாவரத்தின் உயரம் இரண்டு அல்லீல்களைக் கொண்ட ஒரு மரபணுவால் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. தாவரத்தின் உயரத்தில் காணப்படும் இவ்வேறுபாடு பண்புகளுக்கான உண்மைகள் பின்வருமாறு. (i) பட்டாணி தாவரச்செல்கள் ஜிப்ரலினின் செயல்படும் நிலை ( $GA_1$ )ஐ உருவாக்க வல்ல திறனுடைய முன்னோடி மூலக்கூறாகும். (ii) நெட்டை பட்டாணித் தாவரங்களில் ஒரு அல்லீல் ( $Le$ ) ஜிப்ரலின் உருவாக்கத்தில் பங்குகொள்ளும் புரதம் (செயல்திறன் கொண்ட நொதி). இந்த அல்லீல்  $Le Le$  அல்லது  $Le le$  என்ற மரபணுவாக்கத்தில் உள்ளபோது பட்டாணித் தாவரங்கள் செயல்படும் ஜிப்ரலினை ( $GA_1$ ) உற்பத்தி செய்து நெட்டைத் தாவரங்களாக உள்ளன. இரண்டு ஒடுங்கு அல்லீல்கள் ( $le le$ ) கொண்ட தாவரங்கள் செயலற்ற புரதத்தை உற்பத்தி செய்வதால் அவை குட்டைத் தாவரங்களாக உள்ளன.

- முதலாம் மற்றும் இரண்டாம் மகவுச்சந்ததிகளில் தோன்றிய நெட்டைத் தாவரங்களில் எவை  $TT$  அல்லது  $Tt$  என்ற மரபணுவாக்கத்தை பெற்றவை எனக் கணிக்கமுடியவில்லை. எனவே நாம் நெட்டைத் தாவரங்களில் எவை

ஒத்தபண்பிணைவு பெற்றவை, எவை மாற்றுப்பண்பிணைவு பெற்றவை என்று கூற இயலாது. நெட்டைத் தாவரங்களின் மரபணுவாக்கத்தைக் கண்டறிய முதல் மகவுச்சந்ததியில் தோன்றிய நெட்டைத் தாவரங்களை ஒத்தபண்பிணைவை பெற்ற ஒடுங்கு பெற்றோரோடு கலப்பு செய்தார். இதனைச் சோதனைக்கலப்பு (test cross) என்று அழைத்தார். ஒரு உயிரினத்தின் சோதனைக் கலப்பில் (பட்டாணித் தாவரங்கள்) ஒங்கு புறத்தோற்றவகையத்தை (எதனுடைய மரபணுவகையம் தீர்மானிக்கப்பட்டதோ) தற்கலப்பிற்கு பதிலாக ஒடுங்கு பெற்றோருடன் கலப்பு செய்தலாகும். சோதனைக்கலப்பின் மூலம் தோன்றும் சந்ததிகளைக் கொண்டு சோதனை உயிரியின் மரபணுவாக்கத்தை எளிதில் கணிக்கலாம். ஒரு தனியுரியின் ஒங்கு பண்பின் ஒத்தபண்பிணைவு மற்றும் மாறுபட்ட பண்பிணைவைக் கண்டறியச் சோதனைக் கலப்பு பயன்படுகிறது.

### பிற்கலப்பு (Back cross)

- பிற்கலப்பு என்பது முதல் மகவுச்சந்ததியை (கலப்புயிரி) ஏதேனும் ஒரு மரபணுவாக்கம் பெற்ற பெற்றோருடன் கலப்பு செய்வதாகும். இது இரு வகைப்படும். அவை ஒங்குத்தன்மை பிற்கலப்பு (dominant back cross) மற்றும் ஒடுங்குத்தன்மை பிற்கலப்பு (recessive back cross) எனப்படுகின்றன.
- முதல் மகவுச்சந்ததியை (கலப்புயிரி) ஒங்குத்தன்மை கொண்ட பெற்றோருடன் கலப்பு செய்யும்போது இரண்டாம் மகவுச்சந்ததியில் தோன்றும் தாவரங்கள் அனைத்தும் ஒங்கு பண்பு கொண்டதாக உள்ளன. ஒடுங்குத்தன்மை பெற்ற தாவரங்கள் இதில் தோன்றுவதில்லை.
- மாறாக முதல் மகவுச்சந்ததியை ஒடுங்குத்தன்மை கொண்ட பெற்றோருடன் கலப்பு செய்யும்போது இரண்டு புறத்தோற்றப் பண்புகளும் சமவீதத்தில் (1:1) தோன்றுகிறது. இதற்குச் சோதனைக் கலப்பு என்று பெயர்.
- ஒடுங்குத்தன்மை பிற்கலப்பு, கலப்புயிரியின் மாறுபட்டபண்பிணைவு தன்மையை (heterocytosity) அறிய உதவுகிறது.

### இருபண்புக் கலப்பு (Dihybrid cross)

- இருபண்புக்கலப்பு என்பது இரு எதிரிடைப் பண்புகளைப் பெற்ற தாவரங்களுக்கிடையே நடைபெறும் ஒரு மரபியல் கலப்பாகும். இரு பண்புக்கலப்பு பாரம்பரியமென்பது இரு வேறுபட்ட அல்லீல்களைக் கொண்ட மரபணுக்களிடையே நிகழும் பாரம்பரியம் ஆகும்.
- சார்பின்றி ஒதுங்குதல் விதி (law of Independent Assortment) - இரு பண்புக் கலப்பை அடிப்படையாகக் கொண்டு உருவாக்கப்படும் விதி இதுவாகும். இரண்டு இணைப்பண்புகள் கொண்ட தாவரங்களுக்கிடையே நிகழும் ஒரு கலப்பில், ஒரு இணைப் பண்புக்கான காரணிகள் தனித்துப் பிரிவது மற்றொரு இணைப்பண்புக்கான காரணிகள் தனித்துப் பிரிவதைச் சார்ந்திருப்பதில்லை. இதற்குச் சார்பின்றி ஒதுங்குதல் என்று பெயர். வெவ்வேறு குரோமோசோம்களில் அமைந்துள்ள மரபணுக்கள் குன்றல் பகுப்பின்போது

சார்பின்றிப் பிரிகிறது. இரு பண்புக் கலப்பின்போது கேமீட்டுகளில் பல சாத்தியமான காரணிகளின் சேர்க்கை நிகழலாம்.

### இருபண்புக் கலப்பு – கேமீட்கள் தனித்துப்பிரிதல்

- சார்பின்றி ஒதுங்குதலின் மூலம் மரபியல் வேறுபாடு நிகழ்கிறது. சார்பின்றி ஒதுங்குதலின் விளைவால் ஒரு உயிரி, மரபுசார்தன்மையில் வேறுபட்ட கேமீட்டுகளை உருவாக்குகிறது. சார்பின்றி ஒதுங்குதலின் போது தாய், தந்தை உயிரிகளில் காணப்படும் மரபணுக்கள், கேமீட்டுகளில் பகிரிந்தளிக்கப்படுகின்றன. இதன் மூலம் பல சாத்தியமான குரோமோசோம்களின் கூட்டமைவு உருவாக்கப்பட்டு, மரபியல் வேறுபாடுகள் தோன்றுகின்றன. இம்மரபியல் வேறுபாடுகள் பரிணாமத்தில் முக்கியப் பங்காற்றுகின்றன.

### தோட்டப்பாணியில் இருபண்புக் கலப்பு

- தனித்துப்பிரிதல் விதி ஒரு மரபணுவின் அல்லீல்களோடு தொடர்புடையது. ஆனால் சார்பின்றி ஒதுங்குதல் விதி மரபணுக்களுக்கிடையே உள்ள தொடர்பினை விளக்குகிறது. இரு தாவரங்களுக்கிடையே நிகழும் இரு இணை வேறுபட்ட பண்புக்கூறுகளின் கலப்பிற்கு இருபண்புக்கலப்பு என்று பெயர்.
- இருபண்புக் கலப்பில் இரண்டு பண்புகள் ஒரே நேரத்தில் கருத்தில் கொள்ளப்படுகிறது. மெண்டல் பட்டாணி தாவரங்களில் விதையின் வடிவம் (உருண்டை, சுருங்கியது), விதையிலையின் நிறம் (மஞ்சள், பச்சை) ஆகிய இரண்டு பண்புகளைக் கருத்தில் கொண்டார். உருண்டை வடிவ விதை (R) சுருங்கிய வடிவம் கொண்ட விதைக்கு (r) ஓங்கு பண்பாகவும், மஞ்சள் நிற விதையிலை (Y) பச்சை நிற விதையிலைக்கு (y) ஓங்கு பண்பாகவும் உள்ளன. எனவே மஞ்சள் நிற, உருண்டை விதை கொண்ட தூய பெற்றோர் RRYy – என்ற மரபணுவாக்கத்தால் குறிப்பிடப்படுகிறது. முதல் மகவுச்சந்ததியின் கலப்பினத்தில் (RrYy) கேமீட் உருவாக்கத்தின்போது ஒரு பண்பிற்கான மரபணு இணை (Rr) மற்றொரு பண்பிற்கான மரபணு இணை (Yy) தனித்துப் பிரிவதில் சார்ந்திருப்பதில்லை. இதன் விளைவாக ஒவ்வொரு பெற்றோரும் மரபியல் வேறுபாடு கொண்ட நான்குவிதமான கேமீட்களை உருவாக்க முடிகிறது. அவை

- 1) மஞ்சள் உருண்டை (YR) - 9/16
- 2) மஞ்சள் சுருங்கியது (Yr) - 3/16
- 3) பச்சை உருண்டை (yR) - 3/16
- 4) பச்சை சுருங்கியது (yr) - 1/16

- கருவுறுதல் நிகழ்வின்போது இந்த நான்கு வகை கேமீட்களும் தோராயமாக ஒன்றுடன் ஒன்று இணைந்து இரண்டாம் மகவுச்சந்ததியில் பதினாறு வகையான உயிரிகளை 9:3:3:1 என்ற விகிதத்தில் உருவாக்கின்றன. இருபண்புக்கலப்பில் மெண்டல் மெண்டல் பெற்ற 9:3:3:1 என்ற விகிதம் தனித்துப் பிரிதல், சார்பின்றி ஒதுங்குதல் மற்றும் கருவுறுதலின் அடிப்படையில் பெற்ற சீரான விகிதமாகும். இதனைப் படத்தில் காணலாம். மெண்டலின் இந்த கண்டுபிடிப்புகள்

பாரம்பரியம் பற்றிய புரிதல் மற்றும் உயிரியல் புரட்சிக்கு ஒரு அடித்தளமாக அமைந்தது. இருபண்புக் கலப்பில் மெண்டல் இரண்டாவதாக முன்மொழிந்த ஆய்வு முடிவுகளை நாம் இப்பொழுது சார்பின்றி ஒதுங்குதல் விதி என்று அழைக்கிறோம்.

சுருங்கிய விதைக்கான மரபணு எவ்வாறு மெண்டல் பயன்படுத்திய பட்டாணி விதையில் செயல்படுகிறது? மூலக்கூறு அடிப்படையிலான விளக்கத்தைக் கண்டறிவோம்.

இயற்கையான ஓங்குத்தன்மை கொண்ட அல்லீல் (RR) தரசகிளைத்தல் நொதியை (starch branching enzyme - I - SBEI) உற்பத்தி செய்யக்கூடியது. விதை முதிர்ச்சியுறும் போது இந்நொதி அதிகக் கிளையுடன் கூடிய தரச மூலக்கூறுகள் உற்பத்தியாவதைத் தூண்டுகிறது. ஓங்குத்தன்மையுடைய மரபணு (RR) பெற்ற தாவரத்தில் 0.8 kb -உடைய DNA துண்டம் சடுதி மாற்றத்தின் விளைவால் உள்ளே செறுகப்பட்டதினால் ஓங்கு மரபணுவாக(rr) மாற்றப்படுகிறது. இதனால் இம்மரபணு SBEI -நொதியை உற்பத்தி செய்ய முடிவதில்லை. இதன் விளைவாக விதைகள் கிளைத்த மூலக்கூறுகளுக்குப் பதிலாகச் சக்ரோஸ் மூலக்கூறுகளைச் சேகரித்து மற்றும் அதிக நீரையும் சேகரித்து வைத்துக்கொள்கிறது. இதன் காரணமாகச் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் விதைகளில் அதிகரித்து அதிகமான நீரை உறிஞ்சி இளம்பருவத்தில் நீரை இழந்து சுருங்குகின்றன. வேறுபட்ட மரபணுவாக்கம் கொண்ட (Rr) விதைகளில் ஒவ்வொரு இணை அல்லீல்களிலும் ஒரு ஓங்கு அல்லீல் உள்ளதால் அது விதைகளில் தரசத்தை (அமைலோபெக்டின் - கரையும்தன்மையற்ற கார்போஹைட்ரேட்) சவ்வூடு சமநிலையுடன் குறைவான நீரிழப்பால் உற்பத்தி செய்து உருண்டை வடிவ (சுருக்கமற்ற விதைகளைப் பெறுகிறது).

உருண்டை மற்றும் சுருங்கிய பட்டாணி விதைகளுக்கான மூலக்கூறு அடிப்படையிலான விளக்கம்

**இருபண்பு சோதனைக்கலப்பு (Dihybrid test cross)**

**முப்பண்பு கலப்பு (Trihybrid cross)**

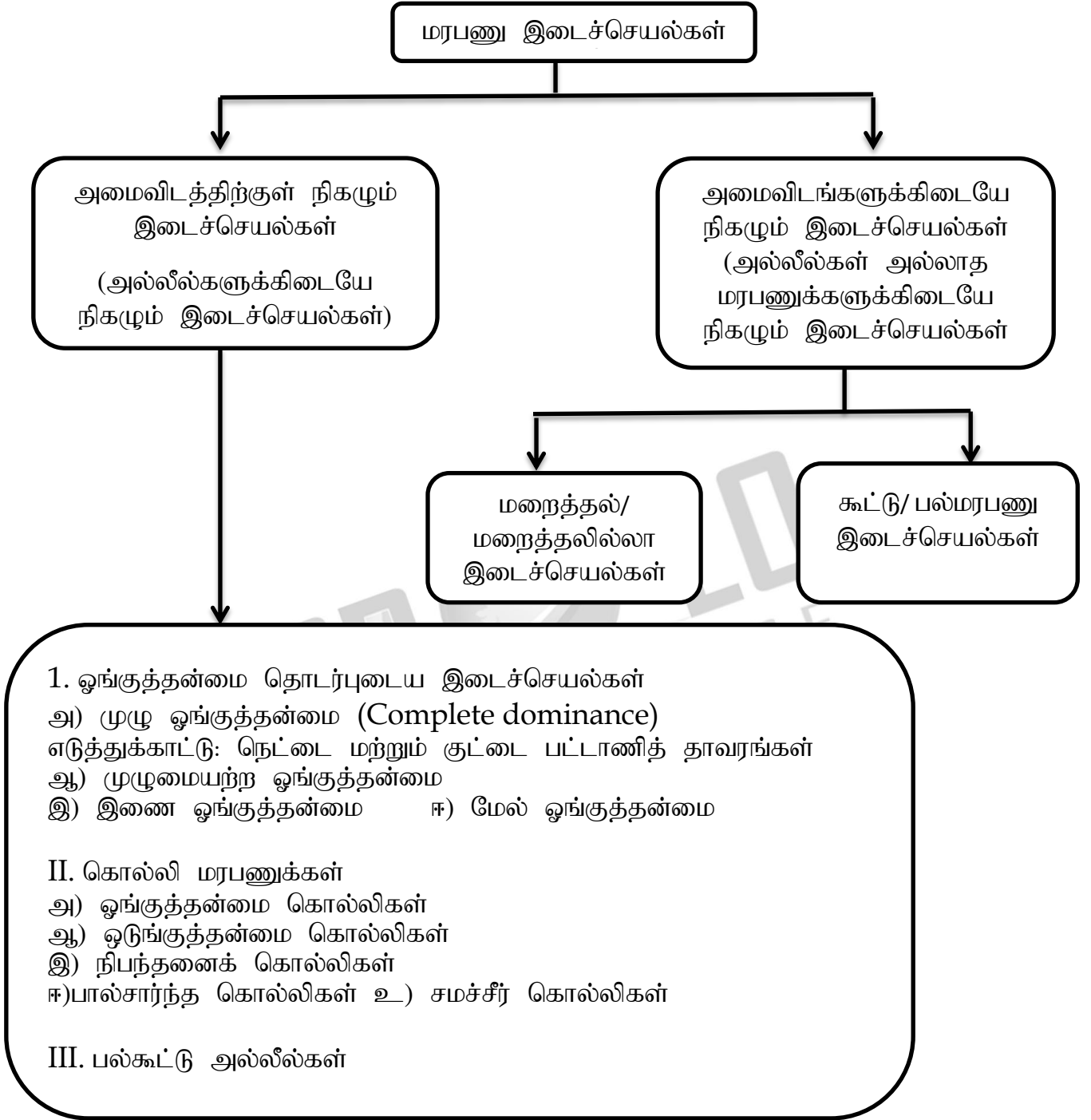
- மெண்டலின் முப்பண்புக் கலப்பு, பல பண்புக் கூறுகளின் பாரம்பரியத்தை விளக்குவதாக உள்ளது. மெண்டலின் தனித்துப் பிரிதல் விதியும், சார்பின்றி ஒதுங்குதல் விதியும் மூன்று இணை எதிரிடைப் பண்புக்கூறுகளைக் கொண்ட முப்பண்பு கலப்பிற்கும் பொருந்தும். மூன்று எதிரிடை பண்புகளுக்கான மரபணு இணைகளைக் கொண்ட தூய பேற்றோர்களுக்கிடையே நடைபெறும் கலப்பு, முப்பண்பு கலப்பு, அதாவது முப்பண்பு கலப்புயிரிகள் உருவாதல் என்று அழைக்கப்படும்.
- இக்கலப்பின் முதல் மகவுச்சந்ததித் தாவரம் தற்கலப்பு அடையும்போது, எட்டு விதமான கேமீட்டுகளையும், 64 விதமான கருச்செல்களையும் உருவாக்குகிறது. இந்தக் கலப்பில் மூன்று எதிரிடைப் பண்புகளுக்கான மரபணுக்கள் ஒன்றாக இணைந்து செயல்படுகின்றன. முப்பண்புக் கலப்பில் உள்ள மூன்று வேறுபட்ட பண்புகளாவன.

பெற்றோர்  
நெட்டை, மஞ்சள், உருண்டை x குட்டை, பச்சை, சுருங்கிய  
TTYRR ↓ ttyrr  
F<sub>1</sub> நெட்டை, மஞ்சள், உருண்டை (தற்கலப்பு)  
F<sub>1</sub> புறத்தோற்ற விகிதம் - 27 : 9 : 9 : 9 : 3 : 3 : 3 : 1

### மெண்டலிய மரபியலின் விரிவாக்கம்

- மெண்டலின் கொள்கைகளில் ஒரு பண்பு, இரு பண்பு மற்றும் முப்பண்பு கலப்புகள் தவிரச் சில விதிவிலக்குகள் உள்ளன. அதாவது, வேறுபட்ட புறத்தோற்ற விகிதங்கள் தோன்றும். சிக்கலான பாரம்பரிய முறைகள், மெண்டலிய மரபியலின் விரிவாக்கமாகக் கருதப்படுகிறது. மரபணுக்களுக்கிடையேயான இடைச் செயல்களின் விளைவாக உயிரிகளில் இந்த வேறுபட்ட புறத்தோற்றப் பண்புகள் தோன்றுகின்றன.
- **மரபணு இடைச்செயல்கள் (Gene interactions)** - ஒரு புறத்தோற்றப் பண்பு ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட மரபணுக்களால் ஒவ்வொன்றும் இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட அல்லல்களைக் கொண்டுள்ள மரபணுத் தொகுப்புகளால் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. இந்நிகழ்வு **மரபணு இடைச்செயல்** என்றழைக்கப்படுகிறது. ஒரு உயிரினத்தின் அமைப்பு மற்றும் வேதிய பண்புகள் உட்பட பல பண்புகள், இரண்டு அல்லது அதற்கு அதிகமான மரபணுக்களின் இடைச்செயல் விளைவாக உருவாகின்றன.
- மெண்டலின் சோதனைகள், ஒரு பண்பை ஒரு மரபணு கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது என்ற கருத்தை நிரூபிப்பதாக உள்ளது. ஆனால் மெண்டலுக்கு பின்பு மரபணுக்களுக்கிடையே பல்வேறு வகையான இடைச் செயல்களின் விளைவால் நிகழும் பல்வேறு விதிவிலக்குகள் அறியப்பட்டது. மரபணுக்களின் இடைச்செயல் பற்றிய கருத்தை அறிமுகப்படுத்தி விவரித்தவர் W. பேட்சன் ஆவார். இக்கருத்து காரணி கருதுகோல் (factor hypothesis) அல்லது பேட்சனின் காரணி கருதுகோல் (Bateson's factor hypothesis) என்று அழைக்கப்படுகிறது. பேட்சனின் காரணிக் கருதுகோள் கூற்றுப்படி மரபணு இடைச்செயல்கள் கீழ்க்கண்ட இரு வகைகளாக வகைப்படுத்தப்படுகிறது.
  - மரபணுக்குள்ளாக நிகழும் அல்லது அல்லல்களுக்குள்ளே நிகழும் இடைச்செயல்கள் (Intraallelic or allelic interactions)
  - மரபணுக்களுக்கிடையே நிகழும் அல்லது அல்லல்களுக்கிடையே நிகழும் மற்றும் அல்லது அல்லல்களல்லாத மரபணுக்களுக்கிடையே நிகழும் இடைச்செயல்கள் (interallelic or non-allelic interactions)

மரபணு இடைச்செயல்கள்



மரபணுக்குள்ளே நிகழும் இடைச்செயல்கள் (Intragenic gene interactions)

- ஒரே மரபணுவினுள்ள இரு அல்லீல்களுக்கிடையே இடைச்செயல் நடைபெறுகிறது. அதாவது ஒரே இடத்தில் அமைந்த அல்லீல்களுக்கிடையே நிகழ்கிறது.

இது கீழ்க்கண்டவற்றை உள்ளடக்கியது.

(1) முழுமையற்ற ஓங்குத்தன்மை (2) இணை ஓங்குத்தன்மை (3) பல்கூட்டு அல்லீல்கள் (4) பல பண்புகளை வெளிப்படுத்தும் மரபணுக்கள் ஆகியன மரபணுக்கள் நிகழும் இடைச்செயல்களுக்கான பொதுவான எடுத்துக்காட்டுகளாகும்.

### முழுமையற்ற ஓங்குத்தன்மை – கலப்புறா மரபணுக்கள் (Incomplete dominance - Non blending of genes) ஆய்வு

- ஒத்தபண்பிணைவு பெற்ற தூய தாவரமாக உள்ள ( $R^1R^1$ ) சிவப்பு மலர்களையுடைய அந்தி மந்தாரை (மிராபிலிஸ் ஜலாபா) – 4 மணித்தாவரம் ஒன்றை மற்றொரு ஒத்தபண்பிணைப் பெற்ற ( $R^2R^2$ ) வெள்ளை மலர்களையுடைய தூய தாவரத்துடன் கலப்பு செய்த போது முதல் மகவுச்சந்ததியில் இளஞ்சிவப்பு மலர்கள் பெற்ற கலப்புயிரி தாவரம் உருவானது. இதில் கலப்புயிரி மலர்களின் பண்பில் இரு பெற்றோர்களிடமிருந்து வேறுபட்டிருப்பது குறிப்பிடத்தக்கது. இக்கலப்பு ஓங்குத்தன்மை பெற்றோரின் புறத்தோற்றத்தை வெளிப்படுத்தாமல் இடைப்பட்ட நிறமான இளஞ்சிவப்பு நிறத்தை வெளிப்படுத்துகிறது. எனவே யாதொரு ஓங்கு அல்லீலை கட்டுப்படுத்தப்படவில்லை. இருவகை அல்லீல்களும் கூட்டாகச் செயல்பட்டு இடைப்பட்ட நிறமான இளஞ்சிவப்பு நிறம் தோன்றியுள்ளது. இவ்வகை அல்லீல்களுக்கிடையேயான இடையீட்டு செயலுக்கு முழுமையற்ற ஓங்குத்தன்மை என்று பெயர். முதல் மகவுச்சந்ததி  $F_1$  தாவரங்களை உட்கலப்பு செய்தால் இரண்டாம் மகவுச்சந்ததியில்  $F_2$  புறத்தோற்ற மற்றும் மரபணுவாக்க விகிதங்கள் இரண்டுமே 1:2:1 என இருப்பது குறிப்பிடத்தக்கது. (புறத்தோற்றப் பண்பு விகிதமும் மரபணுவாக்க விகிதமும் முறையே ஒரே மாதிரியாக 1  $R^1R^1$  : 2  $R^1R^2$  : 3  $R^2R^2$  என்றும் உள்ளன) அல்லீல்கள் எவ்வித மாற்றமுமின்றித் தனித்தியங்கும் தன்மையையும் தொடர்ச்சியற்ற தன்மையையும் கொண்டுள்ளன என்பதை இதிலிருந்து நாம் அறிந்து கொள்ளலாம். ஆனால் இதில் மெண்டலின் தனித்துப் பிரிதல் விதி நிரூபணமாகிறது. இரண்டாம் மகவுச்சந்ததியில்  $R^1$  மற்றும்  $R^2$  மரபணுக்கள் தனித்துப் பிரிந்து மற்றும் மறுசேர்க்கைக்கு உட்பட்டுச் சிவப்பு, இளஞ்சிவப்பு, வெள்ளை நிறத்தில் 1:2:1 என்ற விகிதத்தில் பண்புகள் தோன்றுகின்றன.  $R^1$  அல்லீல் சிவப்பு நிறத்திற்குக் காரணமான நொதியை உற்பத்தி செய்கிறது.  $R^2$  அல்லீல் வெள்ளை நிறத்திற்குக் காரணமாக உள்ளது.  $R^1$  மற்றும்  $R^2$  மரபணுவாக்கம் சிவப்பு நிறக் குறைவுடைய நொதிக்குக் காரணமாகி, இளஞ்சிவப்பு நிற மலரைத் தோற்றுவிக்கிறது. எனவே  $R^1 R^2$  இவ்விரு மரபணுக்கள் சேர்ந்திருக்கும்போது மெண்டலின் துகள் பாரம்பரியக் கொள்கை உறுதி செய்யப்பட்டு மீண்டும் தூய நிறங்கள் தோன்றாமல், இரண்டாம் மகவுச்சந்ததியில் இளஞ்சிவப்பு நிற மலர்களைத் தோற்றுவிக்கின்றன.

**ஓங்குத்தன்மையின்றி இடைப்பட்ட மாற்றுக் கருவுடைய புறத்தோற்ற வகையம் உருவாவதை எவ்விதம் விளக்குவாய்?**

மரபணு வெளிப்பாட்டை அளவுசார் நிலையில் விளக்கலாம். இயல்பு நிலையிலுள்ள செயல்படும் அல்லீல்கள், இரு பிரதிகளாக உள்ள நிலையில் ( $R^1 R^1$ ) சிவப்பு நிறத்திற்கான செயல்படும் நொதியைச் சுரக்கிறது. குறைபாடுடைய அல்லீல்களின் இரு நகல்கள் ( $R^2 R^2$ ) சடுதி மாற்றத்திற்குட்பட்ட அல்லீல்களாகத்

திகழ்ந்து சிவப்பு நிறத்திற்கு அவசியமான நொதியை உண்டாக்குவதில்லை. எனவே வெள்ளை நிற மலர்கள் தோன்றுகின்றன. இடைப்பட்ட புறத்தோற்றப் பண்பான இளஞ்சிவப்பு பெற்ற முதல் மகவுச்சந்ததி கலப்புயிரியில் ( $R^1 R^2$ ) 50 சதவீதத் தாவரங்கள் செயல்படும் புரத்தை உற்பத்தி செய்து இளஞ்சிவப்பு நிறத்தைத் தோற்றுவிக்கிறது. இப்புரதம் சிவப்பு நிறத்தைத் தோற்றுவிக்க (புறத்தோற்றத்தை) போதுமானதாக இல்லை. இரு ஓங்கு அல்லீல்களைப் பெற்ற நிலையில் சிவப்பு நிறத்தைத் தோற்றுவிக்க 100% செயல்படும் புரதம் தேவைப்படுகிறது.

### இணை ஓங்குத்தன்மை (Codominance) (1 : 2 : 1)

- மாற்றுப்பண்பிணைவு கொண்ட தாவரத்தில் இரு அல்லீல்களும் ஒரே சமயத்தில் பண்பை வெளிப்படுத்தும் முறை – ஒரு உயிரியில் மாற்றுப் பண்புடைய இரு அல்லீல்களும் ஒரே சமயத்தில் பண்புகளை வெளிப்படுத்தும் நிகழ்விற்கு இணை ஓங்குத்தன்மை என்று பெயர். எடுத்துக்காட்டு: கமீலியாவில் சிவப்பு மற்றும் வெள்ளை மலர்கள், கதிர் அரிவாள் வடிவ ஹீமோகுளோபின், மனிதர்களின் ABO இரத்த வகை மனிதர்களில்  $I^A$  மற்றும்  $I^B$  அல்லீல்கள் I மரபணுவின் இணை ஓங்குத்தன்மை மெண்டலின் தனித்துப் பிரிதல் விதியைப் பின்பற்றுகிறது. இணை ஓங்குத்தன்மை தாவரங்களில் மின்னாற்பிரிப்பு (electrophoresis) அல்லது நிறப்பிரிகை வரைபடத்தில் (Chromatography) புரதம் அல்லது ப்ளேவோனாய்ட் பொருட்களைப் பிரித்தறிவதன் மூலம் இதை விளைவிக்கலாம். எடுத்துக்காட்டு: காஸிப்பியம் ஸ்டர்டியானம், இவற்றின் மூலம் மகவுச்சந்ததி கலப்புயிரியின் இடைப்பட்ட மடியம் (amphiploid) இரு பெற்றோர்களின் விதைப் புரதங்களை மின்னாற்பிரிப்பின் மூலம் பிரிக்கும்போது இரு பெற்றோர்களும், வேறுபட்ட பட்டை அமைப்பிணை (banding pattern) வெளிப்படுத்துகின்றன. கலப்புயிரியில் ஒருங்கிணைந்த பட்டை அமைப்பு வெளிப்படுகிறது. அவைகளின் கலப்புயிரிகளில் பெற்றோர்களைப் போன்றே இவ்விதப் புரதங்களும் காணப்படுகின்றன.
- பெற்றோர்களின் ஒத்த பண்பிணைவிலுள்ள பண்புகளைப் பெற்றிருப்பதுடன், மாற்றுப் பண்பிணைவிலான புதிய பண்பு தோன்றுவது குறிப்பிடத்தக்கது. முதல் மகவுச்சந்ததி கலப்புயிரி இரண்டாம் மகவுச்சந்ததியில் புறத்தோற்ற மற்றும் மரபணு விகிதமாக 1:2:1 பெற்றிருப்பதும் குறிப்பிடத்தக்கது.

### கொல்லி மரபணுக்கள் (Lethal genes)

- “உயிரினத்தைக் கொல்லும் திறனுடைய அல்லீல்களுக்கு கொல்லும் மரபணுக்கள் என்று பெயர்.” 1907-ஆம் ஆண்டு, E. பார் என்பவர் கொல்லி மரபணுவை ஸ்னாப்டிராகன் (snapdragon) என்ற ஆன்டிரைனம் சிற்றினத்தில் கண்டறிந்தார். இது ஒரு ஓங்கு கொல்லி மரபணுவிற்கு எடுத்துக்காட்டாகும். ஆன்டிரைனத்தில் மூன்றுவகை தாவரங்கள் உள்ளன.

1. பச்சை நிறம் கொண்ட பசும் தாவரங்கள். (CC)



2. மஞ்சள் நிறத்துடன் கூடிய பசும்தாவரங்கள் கரோடினாய்டுகளைக் கொண்டிருப்பதால் வெளிநிய பச்சை அல்லது தங்க நிறம் பெற்ற ஆரியா தாவரங்கள் எனப்படுகின்றன. (Cc)

3. பச்சைய நிறமியற்ற வெள்ளை நிறத் தாவரங்கள் (cc)

- ஒத்தபண்பிணைவு பெற்ற பசும் தாவரங்களில் மரபணுவகையம் CC எனவும், ஒத்தபண்பிணைவு பெற்ற வெள்ளைத் தாவரங்களின் மரபணுவகையம் cc எனவும் உள்ளது.
- ஆரியா தாவரங்களின் மரபணுவாக்கம் Cc ஆகும். இவை பச்சை மற்றும் வெள்ளை நிறம் கொண்ட தாவரங்களாக உள்ளன. இரு ஆரியா தாவரங்கள் உண்டாக்கும் இரண்டாம் மகவுச்சந்ததிகளில் புறத்தோற்றவகையம் மற்றும் மரபணுவகையம் விகிதங்களாக 1:2:1 ஆக (முறையே 1 பச்சை (CC) : 2 ஆரியா (Cc) : 1 வெள்ளை (cc) உள்ளது. ஆனால் வெள்ளை தாவரங்கள் பச்சை நிறமியற்றிருப்பதால், அவைகளால் வாழ இயலாமல் போகிறது. எனவே இரண்டாம் மகவுச்சந்ததியின் விகிதம் மாற்றமுற்று 1:2 எனும் விகிதத்தில் உள்ளது. இவ்வகையில் ஒத்த ஒடுங்கு மரபணுவாக்கம் கொண்ட (cc) கொல்லப்படுகிறது.
- முழுவதும் ஒங்கு அல்லது முழுவதும் ஒடுங்கு கொல்லி அல்லீல்களை பெற்ற உயிரினத்தின் அல்லீல்கள் கொல்லி மரபணுக்களாக இருப்பின் அவை உண்டாக்கும் இரண்டாம் மகவுச்சந்ததியின் மரபணுவாக்கம் விகிதமானது முறையே 2:1 அல்லது 1:2 ஆகக் காணப்படுகின்றன.

**பல்பண்புக்கூறு (Pleiotropy) - ஒரு தனி மரபணு, பல பண்புக்கூறுகளைக் கடத்தும் நிகழ்வு இதுவாகும்.**

- பலபண்புக்கூறு தன்மையில், தனியொரு மரபணுவானது பலபண்புகளை ஒரே நேரத்தில் கட்டுப்படுத்தி உயிரினத்தின் புறத்தோற்றப் பண்புகளைத் தீர்மானிக்கிறது. இவ்வகை மரபணு பலபண்புக்கூறுத்தன்மைக் கொண்ட மரபணு என்றழைக்கப்படுகிறது. மெண்டல் பலபண்புக்கூறின் முக்கியத்துவத்தைத் தனது பட்டாணித் தாவர (பைசம் சட்டைவம்) சோதனைகளில் கண்டறிந்தார். பட்டாணியில் ஊதா மலர்கள், பழுப்பு விதைகள் மற்றும் இலை அச்சுகளில் அடர் புள்ளிகள் கொண்ட பண்புகளையுடைய தாவரத்தை வெள்ளை மலர்கள், வெளிநிய நிறமுடைய விதைகள், புள்ளிகளற்ற இலை அச்சு ஆகியவற்றைக் கொண்ட பல பட்டாணித் தாவரங்களோடு கலப்புறச் செய்தபோது, இந்த மூன்று பண்புகளும் ஒற்றை மரபணுவினால் பாரம்பரியமாவதைக் கண்டறிந்தார். மூன்று பண்புக்கூறுகளும் ஒரே ஒரு மரபணுவின் ஒங்கு மற்றும் ஒடுங்கு அல்லீல்கள் மூலம் கட்டுப்படுத்தப்பட்டுப் பாரம்பரியமாவது தெரிய வந்தது. எடுத்துக்காட்டு: கதிர் அரிவாள் சோகை.

**மரபணுக்களுக்கிடையே நிகழும் இடைச்செயல்கள் (Intergenic gene interactions)**

- ஒங்குத்தன்மை மறைத்தல் பாரம்பரியம் (**Dominant Epistasis** – ஓர் இலக்கிலுள்ள ஒரு மரபணுவின் இரு அல்லீல்கள் வேறொரு இலக்கிலுள்ள மரபணுவின் அல்லீல்களுடன் இடைச்செயல் புரிந்து, பண்பு வெளிப்பாடு தடுக்கப்படுவதற்கு அல்லது மறைக்கப்படுவதற்கு **மறைத்தல் பாரம்பரியம்** என்று பெயர். இவ்வாறு மறைக்கும் மரபணு **ஒங்குத்தன்மை மறைத்தல் பாரம்பரியம்** எனப்படுகிறது. பண்பு வெளிப்பாடுகளை தடுக்கும் மரபணு ஒடுக்கும் மரபணு (epistatic) என்றும், ஒடுக்கப்படும் பண்பிற்குரிய மரபணு **மறைக்கப்பட்ட மரபணு** (hypostatic) என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன. இந்த இரு மரபணுக்களில் அல்லீல்கள் சேர்ந்திருக்கும் நிலையில் மறைக்கும் மரபணுவின் பண்பே வெளிப்படுகிறது.
- பூசணி கனி நிறமானது ஒங்கு அல்லீல் 'W' வெள்ளை நிறக் கனிக்கும், ஒடுங்கு அல்லீல் 'w' நிறமுடைய கனிக்கும் காரணமாகிறது. 'W' அல்லீலின் வெள்ளை நிற ஒங்கியும் 'w' அல்லீலின் கனி நிறத்தை ஒடுக்கியும் உள்ளது. மற்றொரு மறைக்கப்பட்ட அல்லீல் 'G' மஞ்சள் கனிக்கும், அதன் மறைக்கப்பட்ட அல்லீல் 'g' மஞ்சள் கனிக்கும், அதன் ஒடுங்கு அல்லீல் 'g' பச்சைக் கனிக்கும் காரணமாகும். முதல் அமைவிடத்தில் வெள்ளை நிறம் ஒடுங்கியும், இரண்டாம் அமைவிடத்தில் மஞ்சள் நிறம் பச்சைக்கு ஒங்கியும் உள்ளது. வெள்ளை நிறக்கனியின் மரபாக்கம் WWgg-யை மஞ்சள் நிறக்கனியின் மரபாக்கம் wwGG உடன் கலப்புறச் செய்தால் முதல் மகவுச்சந்ததி (F<sub>1</sub>) தாவரங்களில் வெள்ளை நிறக் கனி வேறுபட்ட கலப்புயிரி (WwGg)-யும் தோன்றுகிறது. F<sub>1</sub> வேறுபட்ட கலப்பு தாவரங்களில் கலப்புறச் செய்யும்போது F<sub>2</sub> இறுதியில் 12 வெள்ளை: 3 மஞ்சள்: 1 பச்சை என்ற புறத்தோற்ற விகிதமுடைய கனிகளாகத் தோன்றுகிறது.
- மறைக்கும் அல்லீல்களாகவுள்ள W-வானது 'G' மற்றும் 'g', வெள்ளைக்கு ஒங்கியும், மஞ்சள் அல்லது பச்சைக்கு மறைத்தும் காணப்படும். ஒத்த கருவுடைய ஒடுங்கும் ww மரபணுவாக்கங்கள் (4/16) என்ற எண்ணிக்கையிலான நிறங்களை வழங்கும். இரட்டை ஒடுங்கு wwgg பச்சை கனியை (1/16) வழங்கும். தாவரங்களில் 'G' எனும் மரபாக்கம் கொண்ட (wwGg அல்லது wwGG) மஞ்சள் கனியை (3/16) வழங்கும்.

**மரபணுவிற்காக அல்லது அல்லீல்களுக்கிடையே நிகழும் இடைச்செயல்கள்**

வ. எண்	மரபணு இடைச்செயல்	எடுத்துக்காட்டு	F <sub>2</sub> விகிதம் புறத்தோற்ற விகிதம்
1	முழுமைபெறா ஒங்குத்தன்மை	மிராபிலிஸ் ஜலாபா வின் (அந்திமந்தாரை) மலரின் நிறம் ஸ்னாப்ட்ராகன் மலரின் நிறம் (ஆன்டிரைனம் சிற்றினம்)	1:2:1
2	இணை ஒங்குத்தன்மை	மனிதர்களில் ABO இரத்தவகை	1:2:1

மரபணுக்களுக்கு இடையே அல்லது அல்லீல்கள் அல்லாதவற்றிற்கு இடையே நிகழும் இடைச்செயல்

வ. எண்	மறைத்தல் இடைச்செயல்	எடுத்துக்காட்டு	F <sub>2</sub> விகிதம் புறத்தோற்ற விகிதம்
1	ஓங்கு மறைத்தல் (Dominant epistasis)	கோடை பூசணியின் கனி நிறம்	12:3:1
2	ஒடுங்கு மறைத்தல் (Recessive epistasis)	ஆன்டிரைனம் சிற்றின மலரின் நிறம்	9:3:4
3	இரட்டிப்பு மரபணுக்களுடன் கூட்டு விளைவு (Duplicate genes with cumulative effect)	பூசணியின் கனி வடிவம்	9:6:1
4	நிரப்பு மரபணுக்கள் (complementary genes)	இனிப்புப் பட்டாணி மலரின் நிறம்	9:7
5	துணை மரபணுக்கள் (Supplementary genes)	மக்காச் சோள விதையின் நிறம்	9:3:4
6	தடை செய்யும் மரபணுக்கள் (inhibitor genes)	நெல் தாவர இலையின் நிறம்	13:3
7	இரட்டிப்பு மரபணுக்கள்	விதையுறை வடிவம் (கனியின் வடிவம்) ஷெப்பர்டு பர்ஸ் கேப்சில்லா-பர்சா பாஸ்டோரிஸ்	15:1

பல்காரணியப் பாரம்பரியம் - கோதுமையில் பல்மரபணு பாரம்பரியம் (விதையுறை நிறம்) – Polygenic inheritance in Wheat (Kernel colour)

- பல்மரபணு பாரம்பரியம் - பல்வேறு மரபணுக்கள் கூட்டாகச் சேர்ந்து ஒரு பண்பைக் கட்டுப்படுத்துதல்.
- ஒரு உயிரினத்தின் பல மரபணுக்கள் ஒன்று சேர்ந்து ஒரு பண்பைத் தீர்மானிக்கும் முறைக்குப் பல்மரபணு பாரம்பரியம் என்று பெயர். இங்குத் தொடர் பண்புகளின் பாரம்பரிய விளக்கங்கள் மெண்டலின் விதிகளுடன் ஒப்பிட்டு விளக்கப்படுகிறது.
- ஸ்வீடன் நாட்டுத் தாவரவியலறிஞர் H. நில்சன் - ஹீல் (1909) கோதுமை விதையுறைகளில் ஆய்வை நிகழ்த்தி இப்பாரம்பரியத்தை விளக்கினார். விதை நிறம் இரு மரபணுக்களின் இரு அல்லீல்களால் கட்டுப்படுத்தப்படுகின்றன. சிவப்பு விதையுறை நிறம் வெள்ளை நிறத்திற்கு ஒங்குத்தன்மை கொண்டது.
- இவர் தூய சிவப்பு மற்றும் வெள்ளை நிறங்களைப் பெற்ற இரு தாவரங்களைக் கலப்புறச் செய்தார். அடர் சிவப்பு விதையுறைக்கான மரபணுவாக்கம் R<sub>1</sub> R<sub>1</sub> R<sub>2</sub>

$R_2$  எனவும், வெள்ளைநிற விதையுறைக்கான மரபணுவாக்கம்  $r_1 r_1 r_2 r_2$  எனவும் இருந்தன. முதல் மகவுச்சந்ததியில் ( $F_1$ ) மிதமான சிவப்பு நிற விதையுறை  $R_1 r_1 R_2 r_2$  என்ற மரபணுவாக்கத்தில் பெறப்பட்டது. முதல் மகவுச்சந்ததியின் ( $F_1$ ) கோதுமைத் தாவரங்கள்  $R_1 R_2, R_1 r_2, r_1 R_2, r_1 r_2$  என்ற நான்கு வகை கேமீட்டுகளை தோற்றுவித்தன. இரண்டாம் மகவுச்சந்ததியின் ( $F_2$ ) தாவரங்களில் உள்ள  $R$  மரபணுக்கள் எண்ணிக்கையின் அடிப்படையில் சிவப்பு நிறத்தின் தீவிரம் தீர்மானிக்கப்படுகிறது.

- நான்கு  $R$  மரபணுக்கள் ஒரு அடர் சிவப்பு விதையுறை நிறத்தையும், மூன்று  $R$  மரபணுக்கள் மிதமான – அடர் சிவப்பு விதையுறை நிறத்தையும், இரண்டு  $R$  மரபணுக்கள் மிதமான சிவப்பு விதையுறை நிறத்தையும், ஒரு  $R$  மரபணு இலேசான சிவப்பு விதையுறை நிறத்தையும் தோற்றுவிக்கின்றன.  $R$  மரபணு இல்லாமை வெள்ளை விதையுறையாக உள்ளது.
- $R$  மரபணு தொகுப்பு முறையில் சிவப்பு விதையுறை நிறம் தோன்ற உதவுகிறது. ஒவ்வொரு வகை புறத்தோற்றத்தையும், சிவப்பு நிறத்தின் செறிவுகள் தொடர்புபடுத்திக் கிடைக்கும் வரைபடம் மணி வடிவத்தில் அமைந்திருக்கும். புறத்தோற்றப் பண்புகளின் பரவல் முறையை விளக்கும் படமாக இது உள்ளது. பல்மரபணு பாரம்பரியத்திற்கு எடுத்துக்காட்டுகளாக மனிதனின் உயரம், தோல் நிறம் ஆகியவற்றின் பாரம்பரியத்தைக் குறிப்பிடலாம். இப்பண்புகள் மூன்று வெவ்வேறு வகை மரபணுக்களின் அல்லல்களால் தீர்மானிக்கப்படுகின்றன.

### முடிவு

- நில்சன் - ஷீல் ஆய்வு செய்த மரபணுக்கள் பிணைப்புற்றிருக்கவில்லை. அவை சார்பின்று ஒதுக்கமடைகின்றன.
- கோதுமை விதையுறை நிறத்தை மூன்றாவது மரபணுவும் நிர்ணயிக்கிறது என்பதை பின்னர் ஆராய்ச்சியாளர்கள் கண்டறிந்தனர். மூன்று தனித்த இணை அல்லல்கள் இந்த விதையுறை நிறத்தில் பங்கு கொள்கின்றன. நில்சன்-ஷீல்  $F_2$  சந்ததியில் புறத்தோற்ற வகையம் 63 சிவப்பு : 1 வெள்ளை எனவும், மரபணுவாக்க வகையம் 1: 6 : 15 : 20 : 15 : 6 : 1 எனவும் உள்ளது என்று கண்டறிந்தனர்.
- மேற்குறிப்பிட்ட முடிவுகளிலிருந்து நில்சன்-ஹீல் குறிப்பிட்டுள்ள கலப்பு பாரம்பரியம் கோதுமை விதையுறையில் (கர்னலில்) தென்படவில்லை.
- இரண்டாம் மகவுச்சந்ததியில் ( $F_2$ ) அதிக அளவில் நிறவேறுபாடுகள் விதையுறை நிறத்தில் காணப்பட்டது. இதற்குக் காரணம் மரபணுக்களின் தனித்தொதுங்குதல் மற்றும் மறுசேர்க்கை நடைபெறுவதேயாகும். மற்றொரு சாட்சியாகக் கலத்தல் பாரம்பரியத்தில் பெற்றோருடைய புறத்தோற்றங்களாக அடர் சிவப்பு மற்றும் வெள்ளை நிறம் மீண்டும் இரண்டாம் மகவுச்சந்ததியில் இல்லாமல் போனது. ஆதலால் மரபணுக்களில் எவ்விதக் கலப்பும் ஏற்படாமல் புறத்தோற்றத்தில் மட்டுமே தென்பட்டது. பல மரபணு இணைகளின் ஒட்டுமொத்த விளைவால் கோதுமை விதையுறை நிறத்தில் பல்வேறு

நிறச்சாயல்கள் தோன்றுகிறது. அவர் கருதுகோளின்படி இரு அமைவிடங்களும் கூட்டாக இணைந்து கோதமை விதையுறை நிறத்தைத் தோற்றுவிக்கின்றன.

**குரோமோசோம் தவிர்த்த பாரம்பரியம் (Extra Chromosomal Inheritance)**  
**அல்லது உட்கரு தவிர்த்த பாரம்பரியம் (Extra Nuclear inheritance)**  
**(சைட்டோபிளாசம் சார்ந்த பாரம்பரியம் - Cytoplasmic Inheritance)**

- DNA என்பது உலகளாவிய மரபியல் மூலக்கூறாகும். உட்கருவிலுள்ள குரோமோசோம்களில் அமைந்துள்ள மரபணுக்கள் மெண்டலிய பாரம்பரியத்தைப் பின்பற்றுகின்றன. ஆனால் சில பண்புகள் பசுங்கணிகம் அல்லது மைட்டோகாண்ட்ரியாவில் உள்ள மரபணுக்களால் நிர்வகிக்கப்படுகிறது. இந்நிகழ்வு மரபு சாராத பாரம்பரியம் அல்லது உட்கரு தவிர்த்த பாரம்பரியம் (Extra Nuclear Inheritance) எனப்படுகிறது. இது மெண்டலிய தத்துவத்திற்கு அப்பாற்பட்ட ஒரு பாரம்பரிய வகையாகும். இதில் சைட்டோபிளாசம் உறுப்புகளான பசுங்கணிகங்கள் மற்றும் மைட்டோகாண்ட்ரியங்கள் பாரம்பரியத்தின் தாங்கிக்கடத்திகளாக (inheritance vectors) செயல்படுகின்றன. எனவே இது சைட்டோபிளாசம் சார்ந்த பாரம்பரியம் (Cytoplasmic inheritance) என்றும் அழைக்கப்படுகிறது. இந்தச் சைட்டோபிளாசம் நுண் உறுப்புகளிலுள்ள பிளாஸ்மோஜீன்களே (Plasmogenes) இப்பாரம்பரியம் நிகழக் காரணமாக உள்ளன.

**பசுங்கணிக பாரம்பரியம் (Chloroplast inheritance)**

- 4 மணித் தாவரம் என்ற அந்தி மந்தாரை தாவரத்தில் இருவகை வேறுபட்ட நிறமுடைய இலைகள் காணப்படுகின்றன. அவை அடர்பச்சை இலையுடைய தாவரங்கள், மற்றும் வெளிநிறிய பச்சை இலையுடைய தாவரங்கள். அடர் பச்சை இலை கொண்ட (ஆண்) தாவரத்தின் மகரந்தங்களை வெளிநிறிய பச்சை நிற இலையுடைய (பெண்) தாவரத்தின் சூலக முடியில் கலப்புறச் செய்யும் போதும், வெளிப்பச்சை இலைகொண்ட (ஆண்) தாவரத்தின் மகரந்தங்களை அடர் பச்சை நிற இலையுடைய (பெண்) தாவரத்தின் சூலக முடியில் கலப்புறச் செய்யும் போதும், முதல் மகவுச்சந்ததித் தாவரம், மெண்டலிய மரபியல் தத்துவத்தின்படி ஒரே வகை பண்பை வெளிப்படுத்த வேண்டும்.
- ஆனால் இக்கலப்பில் முதல் மகவுச்சந்ததி வேறுபட்ட பண்புகளை வெளிப்படுத்தின. உட்கரு மரபணு சாராது பெண் தாவரத்தின் பசுங்கணிக மரபணு சார்ந்து இப்பாரம்பரியம் நிகழ்வதே இவ்வேறுபாட்டிற்குக் காரணமாக உள்ளது. எனவே தான் இருவகை கலப்பிலும் பெண் தாவரத்தின் பண்பே வெளிப்படுகின்றன.
- இப்பாரம்பரியம் உட்கருவிழி மரபணு சார்ந்ததல்ல. பெண் தாவரத்தின் பசுங்கணிக மரபணு இதற்குக் காரணமாக உள்ளது. ஏனெனில் பெண் தாவரம் கருவுறுதலின் போது சைட்டோபிளாசத்தையும், ஆண் தாவரங்களில் உட்கருவையும் வழங்குகிறது. மைட்டோகாண்ட்ரியா பாரம்பரியம் (Mitochondrial inheritance)

- முத்துச்சோளத்தின் (சொர்க்கம் வல்கர்) ஆண் மலட்டுத்தன்மை மைட்டோகாண்டிரியா பாரம்பரியத்திற்கு ஒரு சிறந்த எடுத்துக்காட்டாகும். தாயின் வழிப் பண்பாக இந்த ஆண் மலட்டுத்தன்மை பாரம்பரியமடைகிறது. இதற்குக் காரணமான மரபணு மைட்டோகாண்டிரியங்களின் DNA-வில் காணப்படுகின்றன.
- இத்தாவரத்தில் இருவகைகள் உள்ளன. ஒன்று இயல்பான சைட்டோபிளாசம் பெற்ற (N) வளமான ஆண் தாவரம், மற்றொன்று இயல்பற்ற சைட்டோபிளாசம் பெற்ற (S) மலட்டு ஆண் தாவரம். அந்திமந்தாரை தாவரத்தைப் போன்றே மேற்குறிப்பிட்ட பாரம்பரியத்திலும் பரிமாற்றக் கலப்பு மாறுபாட்டை வெளிப்படுத்துகிறது.

### மிராபலிஸ் ஜலாபாவில் பல்நிறமுடைய இலையின் புறத்தோற்ற வகையத்திற்கான மூலக்கூறு அடிப்படையிலான விளக்கம்

- தற்காலத்தில் ஆண்மலட்டுத்தன்மைக்கான சைட்டோபிளாச மரபுவழிப் பல தாவரங்களில் இருப்பதாகக் கண்டறியப்பட்டுள்ளது. இவற்றில் ஆண் மலட்டுத்தன்மை, உட்கரு மற்றும் சைட்டோபிளாச மரபணுக்களின் செயல்பாட்டால் தீர்மானிக்கப்படுகிறது. பொதுவாக இரண்டு வகை சைட்டோபிளாசங்கள் N(இயல்பு) மற்றும் S (மலட்டு) காணப்படுகின்றன. இவற்றின் மரபணுக்கள் மைட்டோகாண்டிரியங்களில் காணப்படுகின்றன. இவற்றுடன் வளத்தன்மையை மீட்டெடுக்கும் (Rf) மரபணுக்களும் உட்கருவில் காணப்படுகின்றன. உட்கரு அமைந்த மரபணுவாக இது உள்ளபோதிலும் தனக்கெனத் தனியாக அமைந்த பண்பு எதையும் வெளிப்படுத்துவதில்லை. எனவே Rf மரபணுக்கள் வளத்தன்மையை மட்டுமே மீட்டெடுக்கும் தன்மை கொண்டவை. ஆனால் மலட்டுச் சைட்டோபிளாசம் (S) எப்போதும் ஆண் மலட்டுத்தன்மைக்குக் காரணமாக உள்ளது.
- ஆதலால் இயல்பு (N) மற்றும் மலட்டு (S) சைட்டோபிளாச வகையை, முறையே rfrf மற்றும் RfRf என்ற மரபணு ஆக்கத்தை உட்கருவில் பெற்ற தாவரங்கள் வளமான மகரந்தங்களை உற்பத்தி செய்தபோதிலும், மலட்டு (S) சைட்டோபிளாச வலையை, rfrf என்ற மரபணு ஆக்கத்துடன் பெற்ற தாவரம் ஆண் மலட்டுத் தாவரங்களாகவே உள்ளன.

### சைட்டோபிளாச மரபுவழி ஆண்மலட்டுத்தன்மை

- முதுமரபுமீட்சி என்பது உயிரிகளின் புற அமைப்பில் ஏற்படும் மாற்றமாகும். ஒரு உயிரியில் பல பரிணாம மாற்றங்களுக்குப் பின்னர், இழக்கப்பட்ட பண்பு ஒன்று, மீண்டும் அவ்வயிரியில் தோன்றும் நிகழ்விற்கு முதுமரபு மீட்சி என்று பெயர். புறத்தோற்றப் பண்பு ஓர் உயிரியல் பரிணாம நிகழ்வினால் மறைந்த போதிலும், அதன் DNA-வில் அது மறையாது, மறைக்கப்பட்ட மரபணுக்களாக இருப்பதே இதற்குக் காரணமாகும். DNA-வில் இந்த மரபணு வரிசை செயல்படாத நிலையில் உள்ளது. இந்நிலையிலேயே புலு சந்ததிகளின் மரபணு தொகையத்தில் இவை தொடர்ந்து எடுத்துச் செல்லப்படுகின்றன. ஏதாவது ஒரு தலைமுறை உயிரியில் இது செயல்படும் மரபணுவாக மாறும்போது மறைந்த

பண்பு மீண்டும் வெளிப்படுகிறது. எனவே தான் இது முதுமரபு மீட்சி என அழைக்கப்படுகிறது. தாவரங்களில் நிகழும் முதுமரபு மீட்சிக்கு ஹிரேஷியம் பைலோ செல்லாவில் பாலினப் பெருக்கமடையும் பண்பு திரும்பத் தோன்றுதல் ஒரு சிறந்த எடுத்துக்காட்டாகும்.



12 ஆம் வகுப்பு – தாவரவியல்  
அலகு – 3  
குரோமோசோம் அடிப்படையிலான பாரம்பரியம்

பாரம்பரியத்திற்கான குரோமோசோம் கோட்பாடு

- G.J மெண்டல் (1865) பட்டாணி தாவரத்தில் நன்கு வரையறுக்கப்பட்ட பண்புகளின் பாரம்பரியம் குறித்துத் தீவிர ஆய்வு செய்தார். ஆனால் பல்வேறு காரணங்களினால் 1900-ம் ஆண்டு வரை அவரின் முயற்சிகள் அங்கீகரிக்கப்படவில்லை. மூன்று அறிவியலறிஞர்கள் (டி வெரிஸ், காரன்ஸ் மற்றும் ஷெர்மாக்) தனித்தனியாக, பாரம்பரியப் பண்புகள் குறித்த மெண்டலின் முடிவுகளை மறுஆய்வு செய்தனர். நுண்ணோக்குதலில் ஏற்பட்ட முன்னேற்றம் காரணமாகப் பல்வேறு செல்லியல் வல்லுநர்களால் செல் பகுப்பு ஆராயப்பட்டது. இதன் விளைவாக உட்கருவினுள் (nucleus) உள்ள அமைப்புகள் கண்டறியப்பட்டது. மெய்யுட்கரு (eukaryotic) செல்களில் செல் பகுப்பின் போது தோன்றும் புழு வடிவ அமைப்புகள் குரோமோசோம்கள் (chromosomes) (சாயம் ஏற்றுவதனால் உற்றுநோக்க இயலும் வண்ண உடலங்கள்) என்று அழைக்கப்படும். முழுமையான இரு அடிப்படைத் தொகுதி குரோமோசோம்களை கொண்டுள்ள உயிரினத்திற்கு இருமடிய உயிரி (diploid) என்று பெயர். நீண்ட, தொடர்ச்சியான சுருள் போன்ற DNA வை கொண்ட ஒரு குரோமோசோமில் மரபணுக்கள் சீரான நேர்கோட்டில் அடுக்கி வைத்தாற்போல் அமைந்துள்ளன. ஒவ்வொரு மரபணுவும் குரோமோசோமில் தனக்கென்று ஓர் அமைவிடத்தைப் (locus) பெற்றுள்ளது. இந்த மரபணுக்கள் மரபுவழிப் பரிமாற்ற அலகுகளாகும். மெண்டலிய காரணிகள் (மரபணுக்கள்) குரோமோசோமில் ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தைப் பெற்றிருப்பதோடு ஒரு தலைமுறையிலிருந்து மற்றொரு தலைமுறைக்குப் பண்புகள் கடத்தப்படுகிறது என்பதைக் குரோமோசோம் அடிப்படையிலான பாரம்பரியக் கோட்பாடு கூறுகிறது.

குரோமோசோம் கோட்பாடு வளர்ச்சியின் வரலாறு

- பாரம்பரியத்திற்கான குரோமோசோம் கோட்பாட்டிற்குத் தொடர்புடைய முக்கிய செல்லியல் கண்டுபிடிப்புகள் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.
  - வில்ஹெல்ம் ராக்ஸ் (1886) என்பவர் ஒரு செல்லில் காணப்படும் குரோமோசோம்களை பாரம்பரியப் பண்புகளைக் கடத்துவதற்குக் காரணம் என்பதை வெளியிட்டார்.
  - மோன்ட்கோமெரி (1901) என்பவர் குரோமோசோம்களானது தனித்த இணைகளாக அமைந்துள்ளது என்பதை முதன்முறையாகக் கருதினார், மேலும் தாயிடமிருந்து பெறப்பட்ட குரோமோசோம்களும், தந்தையிடமிருந்து பெறப்பட்ட குரோமோசோம்களும் குன்றல் பகுப்பின் போது மட்டும் இணை சேர்கின்றன எனவும் முடிவு செய்தார்.
  - T. போவேரி (1902) குரோமோசோம்கள் மரபுப்பண்புகளை உள்ளடக்கிய மரபியத் தீர்மானிகளை தன்னகத்தே கொண்டுள்ளது என்ற கூற்றை



ஆதரித்தார். மேலும் பாரம்பரியத்திற்கான குரோமோசோம் கோட்பாடு உருவாகக் காரணமாகத் திகழ்ந்தார்.

- W.S. சட்டன் (1902) என்ற இளம் அமெரிக்க மாணவர் கேமீட்டுகளின் உருவாக்கத்தின் போது நிகழும் குரோமோசோம்களின் செயல்பாடுகளுக்கும், மெண்டலிய காரணிகளுக்கும் இடையே ஒற்றுமை காணப்படுவதைத் தனியே எடுத்துக் கூறினார்.
- சட்டன் மற்றும் போவேரி (1903) பாரம்பரியத்திற்கான குரோமோசோம் கோட்பாட்டினைத் தனித்தனியாக முன்வைத்தனர். சட்டன் என்பவர் குரோமோசோம்களின் தனித்துப் பிரிதலின் கருத்துக்களை மெண்டலிய கொள்கைகளோடு இணைத்தார். இது பாரம்பரியத்திற்கான குரோமோசோம் கோட்பாடு என்று அழைக்கப்பட்டது.

**பாரம்பரியத்திற்கான குரோமோசோம் கோட்பாட்டின் சிறப்பியல்புகள்**

- தொடர்ச்சியான செல் பகுப்பின் (மைட்டாசிஸ்) மூலம் ஒரு உயிரினத்தின் உடலச் செல்களானது, கருமுட்டை (zygote) செல்லிலிருந்து உருவாகிறது. இவைகள் இரண்டு ஒத்த குரோமோசோம் தொகுதிகளைக் கொண்டுள்ளது. இதில் ஒரு தொகுதி ஆண் பெற்றோரிடமிருந்தும் (தந்தை வழி), மற்றொன்று பெண் பெற்றோரிடமிருந்தும் (தாய் வழி) பெறப்பட்டவை. இந்த இரண்டு குரோமோசோம்களும் சேர்ந்து ஒத்திசைவு குரோமோசோம்களை (Homologous pair) உருவாக்குகிறது.
- ஓர் உயிரினத்தின் வாழ்க்கைச் சுழற்சி முழுவதும் குரோமோசோம்கள் அவைகளின் தனித்தன்மையைத் தக்க வைத்துக் கொள்கின்றன.
- ஒவ்வொரு குரோமோசோமும் குறிப்பிட்ட மரபியத் தீர்மானிகள் அல்லது மெண்டலிய காரணிகளை எடுத்துச் செல்கின்றது. இக்காரணிகள் தற்போது மரபணுக்கள் (genes) எனக் குறிப்பிடப்படுகின்றன.
- கேமீட்டுகளின் உருவாக்கத்தின் போது (மியாசிஸ்) குரோமோசோம்களின் செயல்பாடுகள் குரோமோசோம்களின் மீது மரபணுக்கள் அல்லது காரணிகள் காணப்படுகிறது என்ற உண்மையை உறுதிப்படுத்துகிறது.

**பாரம்பரியத்திற்கான குரோமோசோம் கோட்பாட்டின் ஆதரவு**

- உலகெங்கிலும் உள்ள அறிவியலறிஞர்களால் இக்கோட்பாட்டிற்கான எதிர்மறையான கருத்துக்கள் விவாதிக்கப்பட்டது. இருப்பினும் இந்த விவாதமானது தாமஸ் ஹண்ட் மோர்கன் (1910) என்பவரால் டிரோசோ.பிலா மெலனோகாஸ்டர் ( $2n=8$ ) என்ற பழப்பூச்சியில் மேற்கொள்ளப்பட்ட ஆய்வின் மூலம் இறுதியாகத் தெளிவு பெற்றது. இந்தப் பழப்பூச்சியின் வாழ்க்கை சுழற்சி இரண்டு வாரங்களுக்குள் முடிவடைகிறது. இதில் சிவப்பு அல்லது வெள்ளை நிறக் கண்களுக்கான அல்லீல்கள் X-குரோமோசோமில் அமைந்துள்ளது. ஆனால் அதற்கு இணையான மரபணு Y-குரோமோசோமில் காணப்படுவதில்லை

என்றும் தெரிவித்தார். எனவே பெண் பழப்பூச்சியில் கண்களின் நிறத்திற்கான மரபணுவிற்கு இரு அல்லீல்கள் காணப்படுகின்றன. அதே சமயம் ஆண் பழப்பூச்சியில் ஒரு அல்லீல் மட்டுமே பெற்றுள்ளது. இந்த மரபிய முடிவுகள் முழுவதும் குன்றல் பகுப்பு செயல்பாட்டின் போது X மற்றும் Y குரோமோசோம்களின் செயல்பாடுகள் அடிப்படையிலேயே அமைந்துள்ளன. அதே போல் மஞ்சள் நிற உடல் மற்றும் வளர்ச்சி குன்றிய சிறகுகளுக்கான மரபணுக்கள் X-குரோமோசோம்கள் வழியாகவே கடத்தப்படுகின்றன. இந்த ஆய்வுகளின் முடிவுகள் மரபணுக்கள் குரோமோசோம்களில் தான் அமைந்துள்ளன என்ற கருத்தை வலுவாக ஆதரிக்கிறது. பால் குரோமோசோம்களுடன் இணைந்து பிணைப்புற்ற மரபணுக்கள் பால் பிணைப்பு (sex linkage) என்று அழைக்கப்படுகின்றன.

### மரபணுக்கள் மற்றும் குரோமோசோம்களின் செயல்பாடுகளுக்கிடையே ஒப்பீடு

- பொதுவாக ஒரு சிற்றினத்தின் அனைத்துச் செல்களிலும் உள்ள குரோமோசோம்களின் மொத்த எண்ணிக்கை நிலையானது என்று இருபதாம் நூற்றாண்டில் செல்லியல் வல்லுநர்களால் உறுதி செய்யப்பட்டது. ஒரு இருமடிய (diploid) மெய்யுட்கரு செல் இரண்டு ஒருமடியத் தொகுதி (haploid sets) குரோமோசோம்களைக் கொண்டுள்ளது. இதில் உள்ள ஒரு தொகுதி ஒவ்வொரு பெற்றோரிடமிருந்து பெறப்படுகிறது. ஓர் உயிரியின் அனைத்து உடலச் செல்களும் ஒரே வகையான மரபணு நிரப்பிகளைக் (genetic complement) கொண்டுள்ளன. குன்றல் பகுப்பின் போது, குரோமோசோம்களின் செயல்பாடுகள் மெண்டலின் கொள்கைகளை நிரூபிப்பதோடு மட்டுமல்லாமல் பாரம்பரியம் பற்றிய புதுமையான மற்றும் மாறுபட்ட கருத்தகளைப் பெற உதவுகிறது.

	மெண்டலிய காரணிகள்	குரோமோசோம்களின் செயல்பாடுகள்
1	ஒரு காரணியின் அல்லீல்கள் இணையாகவே இருக்கும்.	குரோமோசோம்களும் இணையாகவே இருக்கும்.
2	கேமீட்டுகள் உற்பத்தியின் போது ஒத்த மற்றும் வேறுபட்ட அல்லீல்களையுடைய காரணிகள் பிரிகின்றன.	குன்றல் பகுப்பின் போது ஒத்திசைவு குரோமோசோம்கள் பிரிகின்றன.
3	மெண்டலிய காரணிகள் சுயமாகத் தனித்துப் பிரிய முடியும்.	குன்றல் பகுப்பின்போது ஒத்திசைவு குரோமோசோம்கள் சுயமாகப் பிரிய முடியும். ஆனால் ஒரே குரோமோசோமில் உள்ள பிணைப்புற்ற மரபணுக்கள் வழக்கமாகத் தனித்துப் பிரிவதில்லை

### குரோமோசோம் மற்றும் மரபணு செயல்பாடு – ஓர் ஒப்பீடு

- செல் பகுப்பின் (குன்றல் பகுப்பு) போது நிகழும் குரோமோசோம்களின் செயல்பாடுகள் பற்றி முக்கியக் கூறுகள் பின்வருமாறு.

- ஒத்திசைவு குரோமோசோம்களில் அல்லீல்களின் மரபணுவகையம் (genotype) அதற்கென ஒரு குறிப்பிட்ட அமைவிடத்திலேயே உள்ளது (A/a)
- குன்றல் பகுப்பின் இடைநிலையில் வரும் 'S' நிலையில் ஒவ்வொரு குரோமோசோமும் இரட்டிப்படையும் போது ஒவ்வொரு அல்லீல்களும் இரு நகல்களாக (AA / aa) மாறுகின்றன. ஒவ்வொரு அல்லீலும் ஒரு குரோமேட்டில் (chromatid) காணப்படும்.
- அனாஃபேஸ் 1-ல் ஒத்திசைவு குரோமோசோம்கள் பிரிவதன் மூலம் இரு வேறுபட்ட அல்லீல்களாக (AA) மற்றும் (aa) பிரிதலடைகின்றன.
- குன்றல் பகுப்பின் அனாஃபேஸ் II-ல் ஒத்திசைவு குரோமோசோம்களின் சகோதரி குரோமேட்டிகள் பிரிகின்றன. எனவே ஒவ்வொரு சேய்செல்லும் (கேமீட்) ஒரு பண்பிற்கான ஒரு அல்லீலை (மரபணு) எடுத்துச் செல்கிறது (A), (A), (a) மற்றும் (a).

உயிரினங்கள்	குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கை (2n)
ஆடர் நாக்கு பெரணி (ஓஃபியோகுளோசம்)	1262
குதிரைவால் பெரணி (ஈக்விசிட்டம்)	216
மிகப்பெரிய செகொயா	22
அராபிடாப்சிஸ்	10
கரும்பு	80
ஆப்பிள்	34
அரிசி	24
உருளைக் கிழங்கு	48
மக்காச்சோளம்	20
வெங்காயம்	16
ஹேப்லோபாப்பஸ் கிரேஸிலிஸ்	4

- தாமஸ் ஹண்ட் மார்கன் (Thomas Hunt Morgan - 1933) என்பவர் பாரம்பரியத்தில் குரோமோசோம்களின் பங்கு பற்றிய கண்டுபிடிப்புகளுக்காக மருத்துவம் சார்ந்த துறைக்கான நோபல் பரிசைப் பெற்றார்.

### பிணைப்பு (Linkage)

- ஓர் உயிரினத்தின் தனிப்பட்ட பண்புகளைத் தீர்மானிக்கும் மரபணுக்கள் அடுத்த தலைமுறைக்குக் குரோமோசோம்களால் எடுத்துச் செல்லப்படுகின்றன. பல வகையான பண்புகளுக்குக் காரணமான மரபணுக்கள் ஒரே குரோமோசோமிலோ அல்லது வேறுபட்ட குரோமோசோம்களிலோ அமைந்திருக்கலாம். வேறுபட்ட குரோமோசோம்களில் அமைந்திருக்கும் மரபணுவானது மெண்டலின் தனித்துப்

பிரிதல் விதிப்படி தாமாகவே தனித்துப் பிரியும் தன்மையுடையவை. மெண்டலின் இந்த ஆய்விற்குப் பிறகு பல உயிரியலாளர்கள் வேறு சில தாவரங்களில், சுயமாகப் பிரியாத பண்புடைய நிகழ்வுகளைப் பற்றிய ஆய்வை மேற்கொண்டனர். இவ்வாறு கண்டறியப்பட்டவைகளில் முக்கியமானது இனிப்பு பட்டாணி (லத்தைரஸ் ஒடோரேடஸ்) தாவரத்தில் வில்லியம் பேட்சன் மற்றும் ரெஜினால்ட் சி. புன்னெட் ஆகியோர்களால் 1906-ல் செய்யப்பட்ட ஆய்வாகும். இவர்கள் ஊதா நிற மலர்கள் மற்றும் நீண்ட மகரந்தங்கள் பெற்ற ஒத்தபண்பினையுடைய (Homozygous) இனிப்பு பட்டாணித் தாவரத்தைச் சிவப்பு நிற மலர்கள் மற்றும் வட்ட வடிவ மகரந்தங்கள் பெற்ற ஒத்தபண்பினையுடைய மற்றொரு தாவரத்துடன் கலப்பு செய்தனர். இக்கலப்பின் முதல் மகவுச்சந்ததியில் ( $F_1$ ) அனைத்துத் தாவரங்களும் ஊதா நிற மலர்கள் மற்றும் நீண்ட மகரந்தங்களைப் பெற்ற தாவரங்களே உருவாகின. எனவே ஊதா நிறமுடைய மலர்கள் மற்றும் நீண்ட மகரந்தங்கள் பெற்ற தாவரங்கள் ஒங்குத்தன்மை பெற்றவையாகவும் (PL / PL), சிவப்பு மலர்கள் மற்றும் வட்ட வடிவ மகரந்தங்கள் உடைய தாவரங்கள் ஒடுங்குத்தன்மை பெற்றவையாகவும் அறியப்பட்டன (pl / pl). இவை மீண்டும்  $F_1$  சந்ததியோடு இரட்டை ஒடுங்கு தன்மை பெற்றோருடன் கலப்பு (சோதனை கலப்பு) செய்யப்படும்போது  $F_2$  சந்ததியில், மெண்டலின் தனித்துப் பிரிதல் விதியின் படி, 1:1:1:1 என்ற எதிர்பார்க்கப்பட்ட விகிதத்தில் தாவரங்கள் உருவாகவில்லை. மாறாக  $F_2$  சந்ததியில், ஊதா மலர்கள், நீண்ட மகரந்தங்கள் அல்லது சிவப்பு மலர்கள், வட்ட மகரந்தங்கள் அதிக எண்ணிக்கையில் கிடைத்தன. எனவே இந்த இரு பண்புகளுக்கான மரபணுக்கள் அருகமைந்து ஒரே இணை ஒத்திசைவு குரோமோசோம்களில் அமைந்துள்ளன. இந்த மரபணுக்கள் தங்களுக்குள்ளே பிரியும் தன்மையற்றதால் தனித்துப் பிரிய முடிவதில்லை. குரோமோசோம்கள் பிரிதலின் போது மரபணுக்களின் இந்த ஒருங்கமைந்த தன்மை பிணைப்பு என்று அழைக்கப்படும்.

**குரோமோசோமில் பிணைப்புற்ற அல்லது பிணைப்புறாத மரபணுக்கள் அமைந்துள்ள விதம்**

- ஒரே குரோமோசோமில் காணப்படும் அருகமைந்த மரபணுக்கள் ஒன்றாகவே பாரம்பரியமாவது பிணைப்புற்ற மரபணுக்கள் (linked genes) எனப்படுகிறது. ஆனால், ஒரே குரோமோசோமில் காணப்படும் இரு மரபணுக்கள் குறிப்பிடத்தக்க தொலைவில் அமைந்திருந்தால் அவை பிணைப்புறாத மரபணுக்கள் (unlinked genes) அல்லது சின்டெனிக் மரபணுக்கள் என அழைக்கப்படுகின்றன. இந்த நிலைக்குச் சின்டெனி (synteny) என்று பெயர். இவை நிலைக்குச் சின்டெனிக் மரபணுக்கள் என அழைக்கப்படுகின்றன. இந்த நிலைக்குச் சின்டெனி (synteny) என்று பெயர். இவை இரண்டையும் மறுகூட்டிணைவு நிகழ்விரைவு (Recombination frequency) மதிப்பின் அடிப்படையில் வேறுபடுத்தலாம். மறுகூட்டிணைவு நிகழ்விரைவு மதிப்பு 50% -க்கும் மேல் காணப்பட்டால், இவற்றைப் பிணைப்புறாத மரபணுக்கள் என்றும், 50%-க்கும் குறைவாக இருப்பின் பிணைப்புற்ற மரபணுக்கள் என்றும் வகைப்படுத்தலாம். அருகருகே அமைந்து மரபணுக்கள் வலுவான பிணைப்பையும், தொலைவில் அமைந்த மரபணுக்கள் தளர்ந்த பிணைப்பையும் வெளிப்படுத்துகிறது.

**இணைப்பு மற்றும் விலகல் கோட்பாடு (Coupling and Repulsion theory)**

- ஒரே ஒத்திசைவு குரோமோசோம்களில் காணப்படும் இரு ஒங்குத்தன்மை அல்லீல்கள் ஒரே கேமீட் மூலம் ஒன்றாகவே மரபுவழி அடைந்தால் இணைப்பு அல்லது சிஸ் வகை அமைவு (cis configuration) என்று அழைக்கப்படுகிறது.

### விலகல் அல்லது ட்ரான்ஸ் வகை அமைவு அல்லீல்கள்

- ஒத்திசைவு குரோமோசோம்களில் ஒங்கு மற்றும் ஒடுங்குத்தன்மை கொண்ட அல்லீல்கள் வெவ்வேறு குரோமோசோம்களில் அமைந்து வேறுபட்ட கேமீட்டுகள் மூலம் தனியாகவே மரபுவழி அடைந்தால் அதற்கு விலகல் அல்லது டிரான்ஸ் வகை அமைவு (trans configuration) என்று அழைக்கப்படுகிறது.

### பிணைப்பின் வகைகள் (Kinds of Linkage)

- T.H. மார்கன் இருவகையான பிணைப்புகளைக் கண்டறிந்தார். பிணைப்புற்ற மரபணுக்களில் புதிய மரபணுச்சேர்க்கை இல்லாதிருத்தல் அல்லது இருத்தலின் அடிப்படையில் அவை முழுமையான பிணைப்பு மற்றும் முழுமையற்ற பிணைப்பு என்பனவாகும்.

### முழுமையான பிணைப்பு (Complete linkage)

- பிணைப்புற்ற இரு மரபணுக்களக்கிடையே பிரிந்து செல்லும் வாய்ப்பு மிகக் குறைவாக இருக்கும் பட்சத்தில் அவை ஒரு சேர மரபுவழி அடைவதால் பெற்றோர்களின் சேர்க்கை மட்டுமே காணப்படுகிறது. ஏனெனில் ஒரே குரோமோசோமில் காணப்படும் பிணைப்புற்ற மரபணுக்களின் இருப்பிடம் மிக அருகருகே அமைந்துள்ளதால் குறுக்கேற்றம் நிகழ வாய்ப்பில்லை. இந்நிகழ்வு முழுமையான பிணைப்பு என்று அழைக்கப்படுகிறது. இவை அரிதாக நடைபெற்றாலும் ஆண் டிரோசோ.பிலாவில் (படம்) கண்டறியப்பட்டுள்ளது C.B. பிரிட்ஜஸ் (1919) ஆண் டிரோசோ.பிலாவின் சில சிற்றினங்களில் குறுக்கேற்றம் முற்றிலுமாக நடைபெறுவதில்லை எனக் கண்டறிந்தார்.

### முழுமையற்ற பிணைப்பு (Incomplete linkage)

- பிணைப்புற்ற இரு மரபணுக்கள் மிக விலகி அமைந்திருப்பதால் குறுக்கேற்றம் நிகழ அதிக வாய்ப்புள்ளது. இதன் விளைவாகப் பெற்றோர் அல்லாத சேர்க்கைகள் அறியப்பட்டது. இந்தப் பிணைப்புற்ற மரபணுக்கள் குறுக்கேற்றத்தை வெளிப்படுத்துகிறது. இது முழுமையற்ற பிணைப்பு என்று அழைக்கப்படுகிறது. இந்த நிகழ்வை ஹட்சின்சன் மக்காச்சோளத்தில் முதலில் கண்டறிந்தார் (படம்).

### பிணைப்புத் தொகுதிகள் (Linkage Groups)

- ஒரு குரோமோசோமில் நீள் வரிசையில் அமைந்துள்ள பிணைப்புற்ற மரபணுக்களின் தொகுப்பிற்குப் பிணைப்புத் தொகுதிகள் என்று அழைக்கப்படுகிறது. எந்த ஒரு சிற்றினத்திலும் அதில் காணப்படும் பிணைப்புத்

தொகுதிகளின் எண்ணிக்கை ஒருமடியத் தொகுதி குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கைக்கு நிகராகக் காணப்படும்.

சில உயிரினங்களின் பிணைப்புத் தொகுதிகள்

எடுத்துக்காட்டு :

உயிரினத்தின் பெயர்கள்	பிணைப்புத் தொகுதிகள்
மியூகார்	2
டுரோசோ.பிலா	4
இனிப்பு பட்டாணி	7
நியூ ரோஸ்போரா	7
மக்காச்சோளம்	10

- பிணைப்பு மற்றும் குறுக்கேற்றம் ஆகிய இரு செயல்களும் எதிரெதிர் விளைவுகளைக் கொண்டது. பிணைப்பு என்பது குறிப்பிட்ட மரபணுக்களை ஒன்றாக வைத்திருக்கும். ஆனால் குறுக்கேற்றம் அவற்றைக் கலப்பிற்கு உட்படுத்தும். இவற்றின் வேறுபாடுகள் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

	பிணைப்பு	குறுக்கேற்றம்
1	குரோமோசோம்களில் உள்ள மரபணுக்கள் காணப்படும் அருகமைந்து	இவை பிணைப்புற்ற மரபணுக்களைப் பிரிக்கிறது.
2	இதில் குரோமோசோம்களில் ஒத்திசைவு உள்ள ஒரு குரோமோசோம் மட்டுமே பங்கு பெறும்.	இதில் ஒத்திசைவு குரோமோசோம்களின் சகோதரி அல்லாத குரோமோடிகளுக்கு இடையே உள்ள துண்டுகளின் பரிமாற்றம் நிகழும்
3	புதிய மரபணுச் சேர்க்கைகளை இது குறைக்கிறது.	புதிய மரபணுச் சேர்க்கைகள் தோன்றுவதன் மூலம் வேறுபாடுகளை அதிகரிக்கிறது. புதிய உயிரினம் தோன்ற வழிவகுக்கிறது.

**குறுக்கேற்றம் (Crossing over)**

- ஒத்திசைவு குரோமோசோம் இணைகளின் சகோதரி அல்லாத குரோமோட்டிகளுக்கிடையே இணையான துண்டங்கள் பரிமாற்றப்பட்டுப் புதிய மரபணுச் சேர்க்கை தோன்றும் உயிரிய நிகழ்விற்குக் குறுக்கேற்றம் என்று பெயர். 'குறுக்கேற்றம்' என்ற சொல் மார்கன் (1912) என்பவரால் முன்மொழியப்பட்டது. இது குன்றல் பகுப்பின் புரோபேஸ் 1ல் பாக்கிடன் (Pachytene) நிலையில் நடைபெறுகிறது. வழக்கமாகக் கேமீட்டுகள் உருவாக்கத்தின்போது குறுக்கேற்றம் இனச்செல்களில் நடைபெறுகிறது. இது குன்றல் பகுப்பு குறுக்கேற்றம் அல்லது இனசெல் குறுக்கேற்றம் என்று அழைக்கப்படும். இது பொதுவாகக் காணப்படும் மிகவும் முக்கியத்துவம் பெற்ற நிகழ்வாகும். அரிதாக மைட்டாசிஸ் நிலையின்போது குறுக்கேற்றம் உடலச் செல்களில் நிகழ்கிறது. இது உடலச்செல் குறுக்கேற்றம் அல்லது மைட்டாடிக் குறுக்கேற்றம் என்று அழைக்கப்படுகிறது.

## குறுக்கேற்றத்தின் செயல்முறை (Mechanism of Crossing over)

- குறுக்கேற்றம் என்ற ஒரு குறிப்பிட்ட செயல்முறை இணை சேர்தல், நான்கமை (Tetrad) உருவாதல், குறுக்கேற்றம் மற்றும் முடிவுறுதல் எனப் பல நிலைகளை உள்ளடக்கியது.

### (i) இணை சேர்தல் (synapsis)

- குன்றல் பகுப்பு I புரோபேஸ் I ல் சைகோட்டின் நிலையில் இரண்டு ஒத்திசைவு குரோமோசோம்களுக்கு இடையே நெருங்கிய இணை உருவாகத் தொடங்குகிறது. ஒத்திசைவு குரோமோசோம்கள் ஒன்றுக்கொன்று அருகமைவதால் தோன்றும் ஒரு இணை ஒத்திசைவு குரோமோசோம்கள் இரட்டை இணை அல்லது பைவாலண்ட் (bivalents) அழைக்கப்படுகிறது. இந்த இணைப்பு நிகழ்விற்கு இணை சேர்தல் அல்லது சின்டெசிஸ் (synapsis or syndesis) என்று பெயர். இதை மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கலாம்.

1. மையம் தொடங்கி இணை சேர்தல் (Procentric synapsis) - இணைதல் குரோமோசோமின் மையப்பகுதியில் இருந்து தொடங்குகிறது.
2. நுனி தொடங்கி இணை சேர்தல் (Procentric synapsis) - இணைதல் குரோமோசோமின் மையப்பகுதியில் இருந்து தொடங்குகிறது.
3. இயைபிலா இணை சேர்தல் (Random synapsis)- இணைதல் குரோமோசோம்களின் எந்தப் பகுதியிலிருந்தும் தொடங்கலாம்.

### (ii) நான்கமை உருவாதல் (Tetrad formation)

- இரட்டை இணையில் (bivalent) உள்ள ஒவ்வொரு ஒத்திசைவு குரோமோசோமும் இரண்டு ஒத்த அமைப்புடைய சகோதரி குரோமோட்டிகளை உருவாகத் தொடங்குகிறது. இது ஒரு சென்ட்ரோமியரால் இணைக்கப்பட்டு இருக்கும். இந்த நிலையில் ஒவ்வொரு இரட்டை இணைகளும் நான்கு குரோமோட்டிகளை பெற்றிருக்கிறது. இது நான்கமை நிலை (tetrad stage) என்று அழைக்கப்படுகிறது.

### (iii) குறுக்கேற்றம்

- நான்கமை நிலை உருவான பின்னர், பாக்கிடின் நிலையில் குறுக்கேற்றம் நிகழ்கிறது. ஒத்திசைவு குரோமோசோம்களின் சகோதரி அல்லாத குரோமோட்டிகள் ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட புள்ளிகளில் இணைகிறது. இந்த ஒத்திசைவு குரோமோசோம்களின் சகோதரி அல்லாத குரோமோட்டிகளுக்கு இடையேயான இணைவுப் புள்ளிகள் க்யாஸ்மாக்கள் (ஒருமை-க்யாஸ்மா) என்று அழைக்கப்படுகிறது. க்யாஸ்மா பகுதியில் சிலுவை அமைப்பு அல்லது 'X' வடிவ அமைப்பு உருவாவதோடு, அப்புள்ளியில் இரண்டு குரோமோட்டிகள் உடைதல் மற்றும் மறுஇணைவு நடைபெறும். இதன் விளைவாகச் சகோதரி அல்லாத குரோமோட்டிகளுக்கிடையே சமமான துண்டுகள் பரஸ்பரப் பரிமாற்றம்

செய்யப்படுகிறது. அண்மைக்கால ஆய்வின்படி, மேம்படுத்தப்பட்ட இழை அமைப்பு கொண்ட இணைபிணைப்புக் கூட்டமைப்பு (synaptonemal complex) (படம்) இணை சேர்தல் மற்றும் கயாஸ்மா தோன்றுதலுக்கு வழிவகுக்கிறது. இந்த இணை பிணைப்புக் கூட்டமைப்பு ஒரு சில ஆண்டுகளில் நிரோசோ.பிலா வில் உருவாகாததால் குறுக்கேற்றம் நடைபெறுவதில்லை.

#### (iv) முடிவுறுதல் (Terminalization)

- குறுக்கேற்றம் நடைபெற்ற பின் கயாஸ்மாவானது குரோமோடீட்களின் நுனிப்பகுதியை நோக்கி நகர்கிறது. இந்நிகழ்வே முடிவுறுதல் எனப்படுகிறது. இதன் விளைவாக ஒத்திசைவு குரோமோசோம்கள் முழுமையாகப் பிரிக்கிறது (படம்).

#### குறுக்கேற்றத்தின் வகைகள் (Types of Crossing over)

- குறுக்கேற்றத்தின் போது உருவாகும் கயாஸ்மாக்களின் எண்ணிக்கையின் அடிப்படையில் இது மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கப்படுகிறது. (படம்).
1. ஒற்றைக் குறுக்கேற்றம் : நான்கில் இரு குரோமோடீட்கள் மட்டுமே பங்கேற்று ஒரு கயாஸ்மாவை உருவாக்குகிறது.
  2. இரட்டைக் குறுக்கேற்றம்: இரண்டு அல்லது மூன்று அல்லது அனைத்து நான்கு குரோமோடீட்களும் பங்கேற்று இரண்டு கயாஸ்மாக்களை உருவாக்குகிறது.
  3. பல் குறுக்கேற்றம் : இரண்டிற்கு மேற்பட்ட கயாஸ்மாக்கள் உருவாவதால், குறுக்கேற்ற நிகழ்விரைவு குறைவாக இருக்கும்.

#### குறுக்கேற்றத்தின் முக்கியத்துவம்

- பாக்டீரியங்கள், ஈஸ்ட், பூஞ்சை, உயர் தாவரங்கள் மற்றும் விலங்குகள் ஆகிய அனைத்து உயிரினங்களிலும் குறுக்கேற்றம் நடைபெறும். இதன் முக்கியத்துவங்களாவன,

#### குறுக்கேற்றத்தின் முக்கியத்துவம்

- பாக்டீரியங்கள், ஈஸ்ட், பூஞ்சை, உயர் தாவரங்கள் மற்றும் விலங்குகள் ஆகிய அனைத்து உயிரினங்களிலும் குறுக்கேற்றம் நடைபெறும் இதன் முக்கியத்துவங்களாவன,

#### குறுக்கேற்றத்தின் வகைகள் மற்றும் இதன் மறுகூட்டிணைவு நிகழ்வரைவு (RF)

1. குரோமோடீட் துண்டுகளின் பரிமாற்றம், புதிய மரபணுக்களின் சேர்க்கைக்கு வழிகோலுவதால் இந்நிகழ்வு பரிணாமத்தில் முக்கியப் பங்காற்றுகிறது.



2. குறுக்கேற்றம் பற்றிய ஆய்வின் மூலம் குரோமோசோம்களில் மரபணுக்கள் நேர்க்கோட்டில் அமைந்திருப்பதைத் தெரிந்து கொள்ள முடிகிறது.
3. குறுக்கேற்ற நிகழ்விரைவின் அடிப்படையிலேயே மரபு வரைபடம் உருவாக்கப்படுகிறது.
4. மரபணுவின் தன்மை மற்றும் செயல்பாடுகளை அறிந்து கொள்ளக் குறுக்கேற்றம் உதவுகிறது.
5. ஒரு புதிய நன்மை பயக்கும் சேர்க்கை தோன்றுவதால் தாவரப் பயிர்ப்பெருக்கத்தில் இது பயன்படுத்தப்படுகிறது.

### மறுகூட்டிணைவு (Recombination)

- குறுக்கேற்றத்தின் விளைவாக உருவாகும் புதிய பண்புகளைப் பெற்ற உயிரினங்களே **மறுகூட்டிணைவிகள்** என்று அழைக்கப்படுகிறது. இந்நிகழ்வில் DNAவின் துண்டங்கள் உடைந்து மறுகூட்டிணைவு கொண்ட புதிய அல்லீல்கள் சேர்க்கை உருவாகின்றன. இந்தச் செயல்முறை **மறுகூட்டிணைவு** என்ற அழைக்கப்படுகிறது (படம்).
  - அனைவராலும் ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்ட குறுக்கேற்றத்தின் போது உருவாகும் DNA மறுகூட்டிணைவு மாதிரி ஹாலிடே வின் கலப்பு DNA மாதிரியாகும். முதன் முதலாக 1964ல் ராபின் ஹாலிடே (Robin Holiday) என்பவரால் முன்மொழியப்பட்டது. இவை பல படிநிலைகளைப் பெற்றுள்ளது (படம்).
1. ஒத்திசைவு DNA மூலக்கூறுகள் அதன் இரட்டிப்படைந்த DNA பிரதிகளுடன் அருகமைந்து இணை சேர்கிறது.
  2. **எண்டோநியூக்ளியேஸ்** நொதியின் மூலம் DNA வின் இரண்டு இழைகளில் ஒரு இழை மட்டும் ஒரு இடத்தில் துண்டிக்கப்படுகிறது.
  3. துண்டான இழைகள் குறுக்கமைந்து ஒத்திசைந்த இழையுடன் இணைந்து **ஹாலிடே அமைப்பு அல்லது ஹாலிடே சந்திப்பு (Holiday junction)** ஒன்று உருவாகிறது.
  4. இந்த ஹாலிடே சந்திப்பு தோன்றிய இடத்திலிருந்து இடம் பெயர்கிறது. இதற்குக் **கிளை இடப்பெயர்வு (branch migration)** என்று அழைக்கப்படுகிறது. இதன் காரணமாக வேற்றமைந்த ஈரிழைப் (Heteroduplex) பகுதி ஒன்று உருவாகிறது.
  5. DNA இழைகள் செங்குத்தாகவோ (V வழியாக) அல்லது கிடைமட்டமாகவோ (H வழியாக) துண்டிக்கப்படலாம்.

6. செங்குத்தான துண்டிப்பு நிகழ்ந்தால், மறுகூட்டிணைவுடன் கூடிய வேற்றமைந்த ஈரிழை உருவாகும்.
7. கிடைமட்டத்தில் துண்டிப்பு நிகழ்ந்தால் மறுகூட்டிணைவு அற்ற வேற்றமைந்த ஈரிழை உருவாகும்.

### மறுகூட்டிணைவு நிகழ்விரைவுக் (RF) கணக்கீடு:

- ஒரு கலப்பின்போது தோன்றும் மறுகூட்டிணைவு வழித்தோன்றல்களின் விழுக்காடு மறுகூட்டிணைவு நிகழ்விரைவு எனப்படுகிறது. மறுகூட்டிணைவு நிகழ்விரைவு (RF) (குறுக்கேற்ற நிகழ்விரைவு) கீழ்காணும் சூத்திரத்தினால் கணக்கிடப்படுகிறது. இணைப்பு வகை அமைவு பெற்ற அல்லீல்களிலிருந்து பெறப்பட்ட தரவினைப் பயன்படுத்தி (படம்) மறுகூட்டிணைவு நிகழ்விரைவு கணக்கீடு கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

$$RF = \frac{\text{மொத்த மறுகூட்டிணைவிகளின் எண்ணிக்கை}}{\text{மொத்த வழித்தோன்றல்களின் எண்ணிக்கை}} \times 100$$

$$= \frac{6+6}{44+6+6+44} \times 100$$

$$RF = \frac{12}{100} \times 100$$

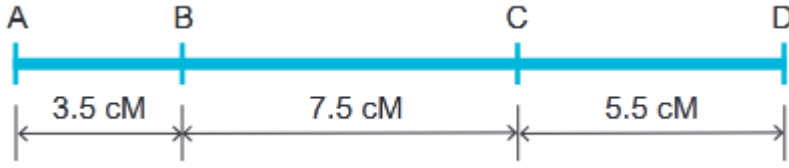
$$= 12\%$$

### மரபணு வரைபடம் (Gene mapping)

- குரோமோசோம்களில் மரபணுக்கள் ஒரே சீரான நேர்க்கோட்டில் அமைந்துள்ளன. இவைகள் அமைந்துள்ள ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்திற்கு அமைவிடம் (locus, pl: loci) என்று அழைக்கப்படுகிறது. மரபணுக்களின் அமைவிடத்தையும், அருகருகே உள்ள மரபணுக்களுக்கு இடையேயுள்ள தொலைவு ஆகியவற்றை குறிக்கும் திட்ட வரைபடமே மரபணு வரைபடம் எனப்படுகிறது. மரபணுக்களுக்கிடையே உள்ள தொலைவு மறுகூட்டிணைவு நிகழ்விரைவிற்கு நேர்விகிதத்தில் உள்ளன. இது பிணைப்பு வரைபடம் (linkage map) எனவும் அழைக்கப்படுகிறது. மரபணு வரைபடம் என்ற கருத்தாக்கத்தை முதன்முதலில் T.H. மார்கனின் மாணவராகிய ஆல்.பிரட் H. ஸ்ட்ரீவ்ஸன்ட் 1913ல் உருவாக்கினார். இது மரபணுக்கள் குரோமோசோமில் அமைந்துள்ளன என்ற குறிப்பினைத் தருகிறது.

## வரைபடத் தொலைவு (Map distance)

- மரபணு வரைபடத்தின் தொலைவைக் குறிக்கும் அலகு **வரைபட அலகு (mapunit) (m.u)** என்று அழைக்கப்படுகிறது. ஒரு வரைபட அலகு என்பது குறுக்கேற்றத்தின் ஒரு விழுக்காட்டிற்குச் சமமாகும். ஒரு வரைபட அலகை ஒரு சென்டிமார்க்ஸ் (Centimorgan) (cM) எனவும் கூறலாம். இது T.H. மார்கன் அவர்களைப் பெருமைப்படுத்தும் விதமாக உள்ளது. 100 சென்டிமார்கன் 1 மார்கனுக்கு (M) சமமாகும். எடுத்துக்காட்டாக A மற்றும் B மரபணுக்களுக்கு இடையேயுள்ள தொலைவு 3.5 வரைபட அலகுகள் எனத் தோராயமாகக் கொண்டால், இது 3.5 சென்டிமார்கன் அல்லது 3.5% அல்லது 0.035 மறுசேர்க்கை நிகழ்விரைவு என்பதற்கு இணையாகும்.



- தொடர்ச்சியான சோதனைக் கலப்புகளிலிருந்து இரு மரபணுக்களின் இணைகளுக்கான மரபணு வரைபடங்கள் கட்டமைக்கப்படுவது **இருப்புள்ளி கலப்புகள் (two-point crosses)** என அழைக்கப்படுகிறது. இவற்றில் இரட்டைக் குறுக்கேற்றம் தவறுவதால் துல்லியமானவை அல்ல.

## முப்புள்ளி சோதனைக் கலப்பு (Three-point test cross)

- முப்புள்ளி சோதனை கலப்பு முடிவுகளின் அடிப்படையில் மிகத் துல்லியமான வரைபட நுட்பம் உருவாக்கப்படுகிறது. இது மூன்று ஒடுங்கு மாற்றுப்பண்பு கருமுட்டையுடன் (heterozygote) மூன்று ஒடுங்கு ஒத்தபண்பு கருமுட்டையினை (homozygote) சோதனை கலப்பு செய்வதால் மூன்று அல்லீல்களின் பாரம்பரிய வகைகளைப் பகுப்பாய்வு செய்வதைக் குறிக்கிறது. இது மூன்று அல்லீல்களுக்கு இடையேயான தொலைவு மற்றும் குரோமோசோமில் எந்த வரிசையில் அமைந்துள்ளது என்பதைத் தீர்மானிக்கப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இரட்டைக் குறுக்கேற்றம் கண்டறியப்படுவதால் இவை மிகத் துல்லியமான வரைபடத் தொலைவைத் தருகிறது.

பின்வரும் எடுத்துக்காட்டினைக் கருத்தில் கொண்டு முப்புள்ளி சோதனைக் கலப்பினைச் சிறப்பாக அறிந்து கொள்ள முடியும்.

மக்காச்சோளத்தில் (corn), உள்ள மூன்று ஒடுங்குத்தன்மை கொண்ட அல்லீல்கள்

1. I என்பது மந்த வளர்ச்சி (lazy) அல்லது நிலம் படர்ந்த வளரியல்பு
2. g என்பது பளபளப்பான (glossy) இலை
3. s என்பது சர்க்கரை சத்துள்ள (sugary) கருவூண் திசு

இந்த மூன்று ஒடுங்கு அல்லீல்களுடன் (I g s) இயல்பான ஒங்குத்தன்மையுடைய அல்லீல்களை (L G S) கலப்பு செய்யும் போது

பெற்றோர்கள் LGS/LGS × lgs/lgs

கேமீட்டுகள் LGS lgs

F<sub>1</sub> முக்கலப்புயிரி LGS/lgs

சோதனைக்கலப்பு

(மாற்றுப்பண்பிணைவு F<sub>1</sub> மூன்று

ஒடுங்குத்தன்மை கொண்ட அல்லீல்களோடு கலப்பு) LGS/lgs × lgs/lgs

- இந்த முப்புள்ளி சோதனைக் கலப்பு 8 வேறுபட்ட ( $2^3 = 8$ ) கேமீட்டுகளின் வகைகளை உருவாக்குகிறது. இதில் 740 வழித்தோன்றல்கள் அறியப்படுகின்றன. பின்வரும் அட்டவணையில் மக்காச்சோளத்தில் மூன்று பிணைந்த மரபணுக்களுக்கான ஒரு சோதனைக் கலப்பிலிருந்து முடிவுகள் தரப்பட்டுள்ளன.

முப்புள்ளி கலப்பிற்கான பகுப்பாய்வு

வ.எண்	சோதனைக் கலப்பு வழித் தோன்றலின் வகையம்	கலப்பு புறத்தோற்ற	கேமீட் வகைகள்	வழித்தோன்றல்களின் எண்ணிக்கை
1	இயல்பானவை (Wild type)		LGS	286
2	மந்தமான		IGS	33
3	புளபளப்பான		LgS	59
4	சர்க்கரை சத்துள்ள		LGs	4
5	மந்தமான, புளபளப்பான		lgS	2
6	மந்தமான, சர்க்கரை சத்துள்ள		IGs	44
7	புளபளப்பான, சர்க்கரை சத்துள்ள		Lgs	40
8	மந்தமான, புளபளப்பான, சர்க்கரை சத்துள்ள		lgs	272
	மொத்தம்			740

- மேற்கண்ட முடிவுகளில் நாம் முக்கியமாகப் பெற்றோர் (P) மற்றும் மறுகூட்டிணைவு வகையினை (R) உற்றுநோக்க வேண்டும். முதலில் பெற்றோர்களின் மூன்று ஒத்த கருவுடைய மரபணுவகையங்களான

வ. எண்	சோதனைக் கலப்பு வழித்தோன்றலின் புறத்தோற்ற வகையம்	கேமீட் வகைகள்	வழித் தோன்றல்களின் எண்ணிக்கை	அமைவிடங்களுக்கான மறுகூட்டிணைவு வகை		
				L மற்றும் G	L மற்றும் S	G மற்றும் S
1	இயல்பானவை (இயற்கை	LGS	286			

	வகை)					
2	மந்தமான	IGS	33	R	R	
3	புளபுளப்பான	LgS	59	R		R
4	சர்க்கரை சத்துள்ள	LGs	4		R	R
5	மந்தமான, புளபுளப்பான	lgS	2		R	R
6	மந்தமான, சர்க்கரை சத்துள்ள	IGs	44	R		R
7	புளபுளப்பான, சர்க்கரை சத்துள்ள	Lgs	40	R	R	
8	மந்தமான, புளபுளப்பான, சர்க்கரை சத்துள்ள	lgs	272			
	மொத்தம்		740	176	79	109

- LGS மற்றும் lgs யையும், பின்னர் இரண்டு மறுகூட்டிணைவு வகை அமைவிடங்களை ஒரே சமயத்தில் LG/lg,LS/lS,GS/gS என வரிசையாகக் குறித்துக் கொள்ள வேண்டும். இந்த இரு சேர்க்கைகளைத் தவிர மற்ற எந்தச் சேர்க்கையையும் மறுகூட்டிணைவு வகை (R) எனக் கருத்தில் கொள்ள வேண்டும்.
- இனி L மற்றும் G என்ற இரு அல்லீல்களின் அமைவிடத்தை கணக்கிட முதலில் தொடங்கலாம். LG மற்றும் lg என்பன பெற்றோர்களின் மரபணுவகையங்களாகும். இவற்றின் மறுகூட்டிணைவு வகைகள் Lg மற்றும் lG ஆகும். இந்த இரு அல்லீல்களுக்கான மறுகூட்டிணைவு நிகழ்விரைவை (RF) பின்வருமாறு கணக்கிடலாம்.

$$RF = \frac{\text{மொத்த மறுகூட்டிணைவிகளின் எண்ணிக்கை}}{\text{மொத்த வழித்தோன்றல்களின் எண்ணிக்கை}} \times 100$$

$$RF = \frac{33 + 59 + 44 + 40}{740} \times 100$$

$$RF = \frac{176}{740} \times 100$$

$$RF = 23.7\%$$

- L மற்றும் S என்ற இரு அல்லீல்களின் அமைவிடத்திற்கான மறுகூட்டிணைவு வகைகள் 1 S ஆகும். இந்த இரு அல்லீல்களுக்கான மறுகூட்டிணைவு நிகழ்விரைவை (RF) பின்வருமாறு கணக்கிடலாம்.

$$RF = \frac{33 + 4 + 2 + 40}{740} \times 100$$

$$RF = \frac{79}{740} \times 100$$

$$RF = 10.7\%$$

- G மற்றும் S என்ற இரு அல்லீல்களின் அமைவிடத்திற்கான மறுகூட்டிணைவு வகைகள் g S ஆகும். இந்த இரு அல்லீல்களுக்கான மறுகூட்டிணைவு நிகழ்விரைவை (RF) பின்வருமாறு கணக்கிடலாம்.

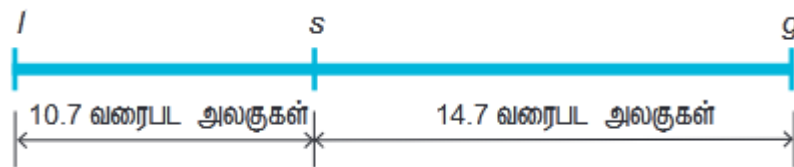
$$RF = \frac{59 + 4 + 2 + 44}{740} \times 100$$

$$RF = \frac{109}{740} \times 100$$

$$RF = 14.7\%$$

- அனைத்து அமைவிடங்களிலும் பிணைப்புற்றவை ஏனெனில் அனைத்து மறுகூட்டிணைவு மதிப்புகளும் 50% க்கும் குறைவானவை. இதில் LG அமைவிடங்கள் அதிக RF மதிப்பினைப் பெற்றுள்ளதால் அதிகத் தொலைவில் தான் அமைய முடியும் ஆகையால் S அமைவிடம் இவை இரண்டிற்கும் இடையில் மட்டும் தான் இருக்க முடியும். ஆகவே மரபணுக்களின் வரிசையானது l s g ஆகும். எனவே மரபணு வரைபடமானது பின்வருமாறு வரைபடமானது பின்வருமாறு வரையலாம் (படம்).

#### மரபணு வரைபடம்

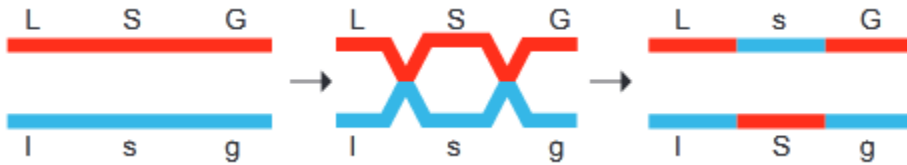


- இறுதியாகக் கருத்தில் கொள்ள வேண்டியது, சிறிய இரு வரைபடத் தொலைவுகளான 10.7 m.u மற்றும் 14.7 m.u இதனைக் கூட்டினால் 25.4 m.u ஆகும். ஆனால் இது 1 மற்றும் g யின் கணக்கிடப்பட்ட தொலைவு 23.7 m.u வை விட அதிகமாக உள்ளது. ஆகவே L மற்றும் G மறுகூட்டிணைவு வகையுடன் தொடர்புடைய இரண்டு குறைந்த எண்ணிக்கை கொண்ட வழித்தோன்றல்களை (மொத்தம் 8 ல்) கண்டறிய வேண்டும். இந்த இரண்டு குறைந்த எண்ணிக்கை கொண்ட வழித்தோன்றல்கள் இரட்டைக் குறுக்கேற்றத்திலிருந்து பெறப்பட்ட இரட்டை மறுகூட்டிணைவு வகைகளாகும். இரண்டு குறைந்த எண்ணிக்கை கொண்ட வழித்தோன்றல்களை ஒரு முறை மட்டுமே கணக்கிடப்படாமல் ஒவ்வொன்றையும் இருமுறை கணக்கிட வேண்டும். ஏனெனில் இவை ஒவ்வொன்றும் இரட்டை மறுகூட்டிணைவு வழித்தோன்றலைக் குறிக்கிறது. ஆகவே இதன் மதிப்பினைச் சரி செய்ய  $33+59+44+40+4+4+2+2 = 188$  இவ்வாறு கூட்ட வேண்டும். மொத்த எண்ணிக்கை 740 ல் இதன் மதிப்பு துல்லியமாக 25.4%, இது இருகூறு மதிப்புகளின் கூடுதலுக்கு ஒத்திருக்கிறது.
- முப்புள்ளி சோதனைக் கலப்பு பெற்றோர் சேர்க்கையைப் பின்வருமாறு மாற்றி எழுத வேண்டும்.

$$LSG/lsg \times lsg/lsg$$

இயல்பான குரோமோசோம்கள்  $\longrightarrow$  குறுக்கேற்றத்திற்கு பின் குரோமோசோம்கள்

இரட்டை மறுகூட்டிணைவில் உள்ள மரபணு வரிசை



**மரபணு வரைபடத்தின் பயன்கள்**

- மரபணுக்களின் வரிசையைத் தீர்மானிக்கவும், ஒரு மரபணுவின் அமைவிடத்தை அடையாளம் காணவும், மரபணுக்களுக்கு இடையேயான தொலைவைக் கணக்கிடவும் இது உதவுகிறது.
- இவை இரு பண்பு கலப்பு மற்றும் முப்பண்பு கலப்புகளின் முடிவுகளைக் கணிக்கப் பயன்படுகின்றன.
- குறிப்பிட்ட உயிரினத்தின் சிக்கலான மரபணுத் தன்மையை மரபியலாளர்கள் புரிந்து கொள்ளவும் இது உதவுகிறது.

## பல்கூட்டு அல்லீல்கள் (Multi alleles)

- ஒரு உயிரினத்தில் கொடுக்கப்பட்டள்ள புறத்தோற்றவகைய பண்புக்கூறு (phenotypic trait) அதிலுள்ள தனி இணை மரபணுக்களைச் சார்ந்துள்ளது. இந்த ஒவ்வொன்றும் ஒத்திசைவு குரோமோசோம்களில் ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் அமைந்துள்ளதற்கு அமைவிடம் (locus) என்று அழைக்கப்படுகிறது. ஒரு இணை ஒத்திசைவு குரோமோசோம்களில் ஒரு மரபணுவின் மூன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட அல்லீல் வகைகள் ஒரே அமைவிடத்தில் அமைந்திருப்பது பல்கூட்டு அல்லீல்கள் என அழைக்கப்படுகிறது.

## பல்கூட்டு அல்லீல்களின் பண்புகள்

- ஒத்திசைவு குரோமோசோம்களில் உள்ள பல்கூட்டு அல்லீல்களின் வரிசை எப்போதுமே ஒரே அமைவிடத்தில் அமைந்துள்ளது. எனவே இந்த அல்லீல்களின் வரிசைகளுக்குள் குறுக்கேற்றம் நடைபெறுவதில்லை.
- பல்கூட்டு அல்லீல்கள் ஒரே பண்பிற்கு மட்டும் காரணமாகும்.
- இயல்பான வகை (wild type) அல்லீல்கள் கொண்ட வரிசை ஒங்குப்பண்பினை வெளிப்படுத்தும் மாறாகச் சடுதிமாற்றமுற்ற தாவரங்களின் அல்லீல்கள் ஒங்கு அல்லது நடுத்தர வகை தன்மையுடைய புறத்தோற்ற விளைவுகளை வெளிப்படுத்துகின்றன.
- இருவகையான சடுதிமாற்றமுற்ற பல்கூட்டு அல்லீல்களைக் கலப்பு செய்யப்படும்போது அதன் புறத்தோற்றவகையம் எப்பொழுதுமே சடுதி மாற்றமுற்ற வகையை ஒத்தே அமைந்திருக்கும், இயல்பான வகையை (wild type) ஒத்திருக்காது.

## நிகோடியானா தாவரத்தில் தன்மலடாதல் (self sterility in *Nicotiana*)

- தாவரங்களில், தன் மலடாதல் அல்லது சுயப்பொருந்தாத்தன்மைக்கு (self incompatibility) பல்கூட்டு அல்லீல்கள் காரணமாக உள்ளன என அறியப்பட்டுள்ளது. தன்மலடாதல் என்பது ஒரு தாவரத்திலிருந்து பெறப்படும் அதன் மகரந்தத்துகள் அதே தாவரத்தின் சூலக முடியில் முளைக்க இயலாத தன்மையினால் முட்டைகளுக்குள் கருவுறுதல் நிகழ்வைச் செய்ய இயலாத நிலையாகும். ஈஸ்ட் (East - 1925) என்பவர் நிகோட்டியானா தாவரத்தில் சுயப்பொருந்தாத்தன்மை அல்லது தன் மலடாதல் தன்மைக்குக் காரணமான பல்கூட்டு அல்லீல்களைக் கண்டறிந்தார். சுயப்பொருந்தாத்தன்மை (Self-incompatibility) பண்பைக் குறிக்கும் மரபணுவை 'S' எனக் கொண்டால், அவற்றின் அல்லீல்களின் வரிசை  $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5$  ஆகும். (படம்)
- அயல் கருவுறுதல் மூலம் உருவாகும் புகையிலை தாவரங்கள் எப்போதும்  $S_1S_1$  அல்லது  $S_2S_2$  போன்ற ஒத்தபண்பிணைவு கொண்டவையாக இருப்பதில்லை



ஆனால் அனைத்துத் தாவரங்களும்  $S_1S_2$ ,  $S_3S_4$ ,  $S_5S_6$  போன்ற மாற்றுப்பண்பிணைவு கொண்டவையாக உள்ளன. வேறுபட்ட  $S_1S_2$  தாவரங்களுக்கிடையே கலப்பு செய்யப்பட்டால், மகரந்தக்குழாய் இயல்பாக வளர்வதில்லை. ஆனால் இதனுடன்  $S_1S_2$  வை தவிர எடுத்துக்காட்டாக  $S_3S_4$  தாவரங்களைக் கலப்பு செய்தால் அவற்றில் மகரந்தக்குழாய் நன்கு வளர்வதைக் காணமுடிகிறது.

### சுயப்பொருந்தாத்தன்மை வழித்தோன்றல்களின் வேறுபட்ட சேர்க்கைகள்

பெண் பெற்றோர் (சூலகமுடி பகுதி)	ஆண் பெற்றோர் (மகரந்த மூலம்)		
	$S_1S_2$	$S_2S_3$	$S_3S_4$
$S_1S_2$	$S_1 S_2$ தன் மலடு	$S_3 S_2$ $S_3 S_1$	$S_3 S_1$ $S_3 S_2$ $S_4 S_1$ $S_4 S_2$
$S_2S_3$	$S_1 S_2$ $S_1 S_3$	தன் மலடு	$S_4 S_2$ $S_4 S_3$
$S_3S_4$	$S_1 S_3$ $S_1 S_4$ $S_2 S_3$ $S_2 S_4$	$S_2 S_3$ $S_2 S_4$	தன் மலடு

- $S_1 S_2$  கொண்ட பெண் பெற்றோருடன்  $S_2 S_3$  கொண்ட ஆண் பெற்றோரைக் கலப்பினம் செய்யும்போது இரு வகை மகரந்தக்குழாய்கள் வேறுபடுத்தப்படுகிறது.  $S_2 S_3$  கொண்ட ஆண் பெற்றோரைக் கலப்பினம் செய்யும் போது இரு வகை மகரந்தக்குழாய்கள் வேறுபடுத்தப்படுகிறது.  $S_2$  வை கொண்டிருந்த மகரந்தத்துகள் திறன் மிக்கவையல்ல ஆனால்  $S_3$  யைக் கொண்ட மகரந்தத்துகள் கருவுறுதலுக்கு ஏற்படையதாக இருந்தது. இவ்வாறாக  $S_1 S_2 \times S_3 S_4$  கலப்பில் அனைத்து மகரந்தத்துகள்களும் திறன் பெற்றதாக அமைகிறது மற்றும் நான்கு வகையான வழித்தோன்றல்களான  $S_1 S_3, S_1 S_4, S_2 S_3$  மற்றும்  $S_2 S_4$  எனப் பெறப்படுகிறது. மேலும் சில புதிய சேர்க்கைகள் அட்டவணையில் தரப்பட்டுள்ளது.

### தாவரங்களில் பால் நிர்ணயம் (Sex determination in Plants)

- ஏறக்குறைய 94% பூக்கும் தாவரங்களில் ஒரே விதமான மலர்களைக் கொண்ட தாவரங்களாக அதாவது ஆண் உறுப்புகள் (மகரந்தத்தாள்கள்) மற்றும் பெண் உறுப்புகளை (சூலக இலைகள்) கொண்ட மலர்களாக மட்டுமே உள்ளன. பால் தன்மை ரீதியாக இவை மோனோமார்ஃபிக் (monomorphic) தாவரங்கள் என அழைக்கப்படுகின்றன. ஆனால் 6% பூக்கும் தாவரங்களில் ஆண் பெண் பாலின உறுப்புகள் தனித்தனியாக அமைந்துள்ளன. இவற்றை டைமார்பிக் (dimorphic) தாவரங்கள் எனக் கருதப்படுகிறது. ஆண் தாவர மலர்களில்

மகரந்தத்தாள்களையும், பெண் தாவர மலர்களில் சூலக இலைகளையும் மட்டுமே உருவாக்குகின்றன. ஆராய்ச்சியாளர்கள் தாவரங்களில் பால் நிர்ணய முறை பற்றி படித்தறிய ஆர்வம் செலுத்தினர். தாவரங்களில் பால் நிர்ணய முறையை C.E. Allen) (1917) என்பவர் முதலில் கண்டறிந்தார். தாவரங்களில் பால் நிர்ணயம் என்பது ஒரு சிக்கலான முறையாகும், இவை மரபணுக்கள், சுற்றுச்சூழல் மற்றும் ஹார்மோன்களால் தீர்மானிக்கப்படுகிறது.

- சைலின் லேட்டிபோலியா (மெலாண்ட்ரியம் ஆல்பம்) தாவரத்தில் பால் நிர்ணயம் பால் குரோமோசோம்களில் மூன்று தனிப்பட்ட பகுதிகளினால் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. அவை,

1. Y குரோமோசோம் ஆண் பாலினத்தைத் தீர்மானித்தல்
2. X குரோமோசோம் பெண் பாலினத்தைக் குறிப்பிடுதல்
3. X மற்றும் Y குரோமோசோம்களில் உள்ள வேறுபட்ட துண்டுகள் (I, II, III, IV, V)

**தாவரங்களில் சுற்றுச்சூழலும் பால் நிர்ணயத்தில் முக்கியப் பங்கு வகிக்கிறது?**

ஆம். குதிரைவால் பெரணி (ஈக்விசிட்டம்) என்ற தாவரம் நல்ல சூழலில் இருந்தல் பெண் தாவரமாகவும் இறுக்கச் சூழலில் இருந்தால் ஆண் தாவரமாகவும் வளர்கிறது.

**பப்பாளி தாவரத்தில் பால் நிர்ணயம்**

- சமீபத்தில் ஹவாய் (Hawaii) நாட்டு ஆராய்ச்சியாளர்கள் பப்பாளி தாவரத்தில் (காரிகா) பப்பாயா,  $2n = 36$ ) பாலினக் குரோமோசோம்களை கண்டறிந்தனர். பப்பாளியானது 17 இணைகள் உடலக் குரோமோசோம்களையும் 1 இணை பால் குரோமோசோம்களையும் பெற்றுள்ளது. இதில் ஆண் பப்பாளித் தாவரம் XY மற்றும் பெண் பப்பாளித் தாவரம் XX குரோமோசோம்களைக் கொண்டுள்ளது. மனிதனின் பால் குரோமோசோம்கள் போல் அல்லாமல், பப்பாளியின் பால் குரோமோசோம்கள் உடலக் குரோமோசோம்கள் போன்றே காணப்படுகின்றன. மற்றும் இதன் பால் குரோமோசோம்கள் உடலக் குரோமோசோம்களிலிருந்து தோன்றியவை. செயல்தன்மையில் பால் குரோமோசோம்கள் தனித்துக் காணப்படுகின்றன ஏனெனில் Y குரோமோசோம்கள் ஆண் இனப்பெருக்க உறுப்பு வளர்ச்சிக்கான மரபணுக்களையும், X குரோமோசோம்கள் பெண் இனப்பெருக்க உறுப்பு வளர்ச்சிக்கான மரபணுக்களையும் பெற்றுள்ளது.
- பப்பாளியில் பால் நிர்ணயம் மூன்று அல்லீல்களால் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. அவை  $m, M_1$  மற்றும்  $M_2$ .

**பப்பாளியில் பால் நிர்ணயம்**

மரபணு வகையம்	ஓங்கு/ஓடுங்குத் தன்மை	மாறுபாடு	பாலினம்
--------------	-----------------------	----------	---------

mm	ஒத்த பண்பிணைவு பெற்ற ஒடுங்குத் தன்மை	ஆண் தன்மையை ஒடுக்குதல்	பெண் தாவரம்
$M_1m$	மாற்றுப் பண்பிணைவு	ஆண் தன்மையை ஊக்குவித்தல்	ஆண் தாவரம்
$M_2m$	மாற்றுப்பண்பிணைவு	ஆண் பெண் தன்மையை ஊக்குவித்தல்	இருபால் தாவரம் (அரிதாக)
$M_1 M_1$ அல்லது $M_2 M_2$ அல்லது $M_1 M_2$	ஒத்த பண்பிணைவு/ மாற்றுப் பண்பிணைவு ஒடுங்குத் தன்மை	நிலையுறா தாவரங்கள்	மலட்டுத் தாவரம்

### ஸ்பீரோகார்ப்பஸில் பால் நிர்ணயம்

- பால் நிர்ணயம் முதன் முதலில் ஸ்பீரோகார்பஸ் டொன்னேலி (*Sphaerocarpos donnellii*) என்ற பிரையோபைட்டா தாவரத்தில் முதன்முறையாக விளக்கப்பட்டது. இது மாற்றுபுற அமைப்பு குரோமோசோமைக் (heteromorphic) கொண்டது. கேமீட்டக தாவரமானது (gametophyte) ஒருமடிய மற்றும் மாற்றுப்புற அமைப்புடையது. ஆண் கேமீட்டக தாவரமும் பெண் கேமீட்டக தாவரமும் 8 குரோமோசோம்களை ( $n=8$ ) கொண்ட ஓர் ஒருமடிய உயிரி ஆகும். இருமடிய வித்தகத் தாவரம் (sporophyte) எப்பொழுதுமே மாற்றுக்கேமீட்டக தன்மை (heterogametic) கொண்டது. ஆண் மற்றும் பெண் கேமீட்டகத் தாவரங்களில் ஏழு உடல குரோமோசோம்கள் ஒரே மாதிரியானவை. ஆனால் பெண் தாவரத்தில் உள்ள எட்டாவது குரோமோசோம் X ஆகும், இது ஏழு உடலக் குரோமோசோம்களை விடப் பெரியதாகும். ஆண் தாவரத்தில் உள்ள எட்டாவது குரோமோசோம் Y ஆகும், இது ஏழு உடலக் குரோமோசோம்களை விடச் சிறியதாகும். XY நிலை பெற்றிருக்கும் வித்தகத் தாவரம் இருவகையான குன்றல்வித்துகளை (meiospores) உருவாக்குகிறது. இது சில X குரோமோசோம்களையும் மற்ற Y குரோமோசோம்களையும் கொண்டுள்ளது. X குரோமோசோம்களை பெற்றுள்ள வித்துகள் பெண் கேமீட்டக தாவரத்தையும் Y குரோமோசோம்களை பெற்றுள்ள வித்துகள் ஆண் கேமீட்டக தாவரத்தையும் உருவாக்குகிறது.

### மக்காச்சோளத்தில் பால் நிர்ணயம்

- சியா மெய்ஸ் (மக்காச்சோளம்) ஒருபால் மலர் தாவரத்திற்கான (monoecious) எடுத்துக்காட்டாகும், அதாவது ஆண் மற்றும் பெண் மலர்கள் ஒரே தாவரத்தில் காணப்படுகின்றன. இது இரண்டு வகையான மஞ்சரிகளைக் கொண்டுள்ளது. தண்டு நுனி ஆக்குத்திசுவிருந்து உருவாகும் நுனி மஞ்சரி மகரந்தத்தாள்களை மட்டும் பெற்ற சிறு மலர்கள் டாசல் (tassel) அல்லது கதிர் குஞ்சம் என அழைக்கப்படுகிறது. கோண மொட்டிலிருந்து உருவாகும்

பக்கவாட்டு மஞ்சரி சூலகம் மட்டும் பெற்ற சிறு மலர்கள் கதிர் (ear or cob) என அழைக்கப்படுகிறது.

- மக்காச்சோளத்தின் ஒருபால்தன்மை கதிர் சிறு மலர்களின் மகரந்தத்தாள்கள் மற்றும் டாசலில் அமைந்த சூலகங்களின் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட சிதைவின் காரணமாக உருவாக்கப்படுகிறது. இரண்டு தனித்தனியான இணை மரபணுக்களுக்குப் பதிலாக, 'ba' என்ற மரபணு கருவுறாத் தாவரத்திற்கும் (Barren plant) 'ts' என்ற மரபணு டாசல் விதைக்கும் (Tassel seed) குறிப்பிடப்படும். இது ஒருபால் தன்மை மற்றும் இருபால் தன்மையின் (அரிதாக) வேறுபாட்டிற்குக் காரணமாக உள்ளது. ஒத்தபண்பிணைவு கொண்ட கருவுறாத் தாவரத்தின் அல்லல் (ba) பட்டிழைகள் மற்றும் கதிர் மஞ்சரியை நீக்குவதுடன் ஆண் மலர்கள் கொண்ட தன்மையாக மாற்றி விடுகிறது. டாசல் விதைக்கான அல்லல் (ts) டாசலை மகரந்தம் அற்ற பெண் மலராக மாற்றி விடுகிறது. அது மகரந்தத்தை உற்பத்தி செய்வதில்லை. அட்டவணையில் இந்த அல்லல்களின் சேர்க்கையின் அடிப்படையில் பால்தன்மை வெளிப்பாடு முடிவு கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. இந்தப் பெரும்பான்மையான சடுதிமாற்றங்கள் ஜிப்ரலின் உற்பத்திக் குறைபாட்டினால் ஏற்படுகின்றன. கதிர்களில் காணப்படும் சிறுமலர்களின் மகரந்தத்தாள் ஒடுக்கத்திற்கு ஜிப்ரலின்கள் முக்கியப் பங்கு வகிக்கிறது.

மக்காச் சோளத்தில் பால் நிர்ணயம் (உயர் அமை குறியீடு (+) ஓங்கு பண்பிணைக் குறிக்கிறது)

மரபணு வகையம்	ஓங்கு/ ஒடுங்குத்தன்மை	மாறுபாடு	பாலினம்
ba/ba ts/ts	இரட்டை ஒடுங்குத் தன்மை	பட்டிழை அற்று காணப்படும் ஆனால் டாசல் சூலகமாக மாற்றப்படுகிறது	வளர்ச்சியுடைய பெண் தாவரம்
ba/ba ts <sup>+</sup> /ts <sup>+</sup>	ஒடுங்கு மற்றும் ஓங்குத் தன்மை	பட்டிழை இருப்பதில்லை ஆனால் டாசல் காணப்படுதல்	ஆண் தாவரம்
ba <sup>+</sup> /ba <sup>+</sup> ts <sup>+</sup> /ts <sup>+</sup>	இரட்டை ஓங்குத் தன்மை	கதிர் மற்றும் டாசல் ஆகிய இரண்டும் கொண்டவை	ஒருபால் மலர்களைப் பெற்ற தாவரம்
ba <sup>+</sup> /ba <sup>+</sup> ts/ts	ஓங்கு மற்றும் ஒடுங்குத் தன்மை	கதிர்கொண்டவை ஆனால் டாசல் அற்றவை	இயல்பான பெண் தாவரம்

### சடுதிமாற்றம் (Mutation)

- உயிரினங்களுக்குள் ஏற்படும் மரபணு வேறுபாடுகள் பரிணாம மாற்றத்திற்கு மூல ஆதாரமாக விளங்குகிறது. சடுதி மாற்றம் மற்றும் மறுகூட்டிணைவு ஆகிய இரண்டும் மரபணு வேறுபாடுகளுக்கான முக்கிய செயல்முறைகளாகும். ஒரு

உயிரினத்தின் மரபுப் பொருளில் திடீரென ஏற்படும் மாற்றம் **சடுதி மாற்றம்** என அழைக்கப்படுகிறது. சடுதி மாற்றம் என்ற சொல் *ஹியூகோ டீவ்ரிஸ்* (1901) என்பவரால் அறிமுகப்படுத்தப்பட்டது. இவர் அந்தி ப்ரிம்ரோஸ் (*சுனோதீரா லாமார்க்கியானா*) என்ற தாவரத்தில் செய்த ஆய்வின் அடிப்படையில் '**சடுதி மாற்றக்கோட்பாட்டை**' வெளியிட்டார். மரபுப்பொருளில் இரு பெரும் வகையான மாற்றங்கள் ஏற்படுகின்றன. அவை புள்ளி சடுதிமாற்றம் மற்றும் குரோமோசோம் சடுதிமாற்றம் ஆகும். தனித்த மரபணுவுக்குள் ஏற்படும் சடுதிமாற்ற நிகழ்வு **மரபணு சடுதிமாற்றம் (Gene mutation)** அல்லது புள்ளி சடுதிமாற்றம் என அழைக்கப்படும். அதே போல், குரோமோசோம்களின் அமைப்பு மற்றும் எண்ணிக்கையில் மாற்றம் ஏற்படின் அவை **குரோமோசோம் சடுதிமாற்றம் (Chromosomal mutation)** எனப்படும். சடுதிமாற்றத்திற்கு காரணமான ஊக்கிகளைச் சடுதிமாற்றிகள் (**Mutagens**) என அழைக்கப்படுகிறது. இது சடுதிமாற்றத்திற்கு காரணமான ஊக்கிகளைச் **சடுதிமாற்றிகள் (Mutagens)** என அழைக்கப்படுகிறது, இது சடுதிமாற்றத்தின் வீதத்தை அதிகரிக்கிறது. சடுதிமாற்றமானது தானாகவோ அல்லது தூண்டப்படுவதாலோ நடைபெறும். இத்தகைய சடுதிமாற்ற உயிரினங்களைச் சடுதிமாற்றிகள் கொண்டு உருவாக்கம் செய்தல் சடுதிமாற்ற உருவாக்கம் (**mutagenesis**) மற்றும் அந்த உயிரினத்திற்குச் **சடுதிமாற்றமுற்ற உயிரினம் (mutagenized)** எனவும் அழைக்கலாம்.

### சடுதிமாற்றத்தின் வகைகள் (Types of mutation)

மரபணு சடுதிமாற்றத்தின் பொதுவான இரு வகுப்புகளைக் காண்போம்.

- DNA வில் உள்ள ஒரு காரம் (base) அல்லது ஒரு இணை காரம் பாதிக்கப்படும் சடுதிமாற்றம் **புள்ளி சடுதிமாற்றம்** என்று அழைக்கப்படுகிறது.
- ஒரு மரபணுவுக்குள் காணப்படும் ஒரு சிறிய நியூக்ளியோடைடு வரிசை பிரதிகளின் எண்ணிக்கையை மாற்றி அமைக்கும் சடுதிமாற்றங்கள்

### சடுதிமாற்றத்தின் முக்கிய வகைகள்

வ. எண்	வகைப்பாட்டின் அடிப்படை	சடுதிமாற்றத்தின் வகைகள்	முக்கிய பண்புகள்
1	தோற்றம்	தன்னிச்சையான தூண்டப்பட்ட	தெரியாத சடுதிமாற்றிகளால் நிகழ்வது தெரிந்த சடுதிமாற்றிகளால் நிகழ்வது
2	செல் வகை	உடல வழி இன வழி	இனப்பெருக்கமல்லாத செல்களில் நிகழ்வது இனப்பெருக்கச் செல்களில் நிகழ்வது
3	பணிகளின் மீது பாதிப்பு	செயல் இழப்பு (வெளியேற்றுதல் (knockout), இன்மை (null)) குறை அமைப்பு நிலை (hypomorphic) (லீக்கி) மிகை அமைப்பு நிலை (hypermorphic) செயல் ஏற்பு (இடமறியா	இயல்பான செயல்பாட்டினை நீக்குவது இயல்பான செயல்பாட்டினை குறைப்பது இயல்பான செயல்பாட்டினை அதிகரிப்பது தவறான நேரத்தில் அல்லது

		வெளிப்பாடு)	பொருத்தமற்ற செல்களில் வெளிப்படுவது
4	மூலக்கூறு அளவில் மாற்றம்	நியுக்ளியோடைடு பதிலீடு	DNA ஈரிழையில் உள்ள ஒரு கார இணைக்குப் பதிலாக மற்றொரு கார இணை இருப்பது
		• ஒத்த பதிலீடு (transition)	பியூரினுக்கு பதிலாகப் பியூரின் (A→G) அல்லது பைரிமிடினுக்கு பதிலாகப் பைரிமிடின் (T→C)
		• வேறுபட்ட பதிலீடு (transversion)	பியூரினுக்கு பதிலாகப் பைரிமிடின் (A→T) அல்லது பைரிமிடினுக்குப் பதிலாக பியூரின் (C→G)
		• இடைசெருகல் (insertion)	ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட நியுக்ளியோடைடுகள் கூடுதலாக இருப்பது
		• நீக்கம் (deletion)	ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட நியுக்ளியோடைடுகள் இல்லாமல் இருப்பது
5	மரபுச்செய்தி பெயர்வினை பாதிப்பது	• அமைதியான (silent) (ஒத்த) (synonymous)	அமினோ அமில வரிசையில் மாற்றம் இல்லை
		• தவறுதலாகப் பொருள்படும் (missense) (ஒத்தில்லா) (non synonymous)	அமினோ அமில வரிசையில் மாற்றம் இருப்பது
		• பொருளுணர்த்தாத (nonsense) (முடிவு)	மரபுச்செய்திபெயர்வினால் முடிவு நிலை மரபுக்குறியினை (UAA, UAG அல்லது UGA) தோற்றுவிப்பது
		• கட்ட நகர்வு (frame shift)	சரியான கட்டத்தில் உள்ள மூன்று மரபுக்குறியினை (codon) நகர்த்துவது.

### புள்ளி சடுதிமாற்றம் (Point mutation)

- DNA வில் உள்ள ஒரு கார இணை அல்லது மிக அருகில் உள்ள கார இணைகளில் மாற்றம் நடைபெறுவதை இது குறிக்கிறது.

### புள்ளி சடுதி மாற்றத்தின் வகைகள் (Types of Point mutation)

- DNA வில் நடைபெறும் புள்ளி சடுதிமாற்றம் இரண்டு முக்கிய வகைகளாக வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளன. கார இணை பதிவேடுகள் மற்றும் கார இணை இடைச்செருகல் அல்லது நீக்குதல் ஆகியவையாகும். கார இணை பதிலீடு சடுதிமாற்றம் என்பது DNA வின் ஒரு கார இணை மற்றொரு கார இணையால் பதிலீடு செய்வதாகும் (படம்). இவை இரு துணை வகைகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. ஒத்த பதிலீடு(Transition), வேறுபட்ட பதிலீடு (transversion) சேர்த்தல் அல்லது நீக்குதல் சடுதிமாற்றம் என்பது நியுக்ளியோடைடு இணைகளின் சேர்த்தல் அல்லது நீக்குதல் மற்றும் கார இணை சேர்த்தல் அல்லது நீக்குதல் எனவும் அழைக்கப்படுகிறது. கூட்டாக, இந்த நிகழ்வுகள் அனைத்தும் **இன்டெல் சடுதிமாற்றம் (indel mutation) (Insertion-deletion)** எனக் குறிப்பிடப்படுகிறது.

- பதிலீடு சடுதிமாற்றம் அல்லது இன்டெல் சடுதிமாற்றங்கள் மரபணுக்களின் மரபுச்செய்தி பெயர்வுகளைப் பாதிக்கின்றன. இதன் அடிப்படையில் பல்வேறு வகையான சடுதி மாற்றங்கள் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.
- ஒரு அமினோ அமிலத்திற்கான ஒரு மரபுக்குறியினை (codon) அதே அமினோ அமிலத்திற்கான வேறொரு மரபுக்குறியினாக மாற்றியமைக்கப்படும் சடுதிமாற்றம் **ஒத்த அல்லது அமைதியான சடுதிமாற்றம் (synonymous or Silent)** என்று அழைக்கப்படுகிறது. ஒரு அமினோ அமிலத்திற்கான ஒரு மரபுக்குறியினை வேறொரு அமினோ அமிலத்திற்கான மரபுக்குறியினாக மாற்றியமைக்கப்படும் சடுதிமாற்றம் **தவறுதலாகப் பொருள்படும் அல்லது ஒத்திலாச் சடுதிமாற்றம் (Missense or non-synonymous mutation)** என்ற அழைக்கப்படுகிறது. ஒரு அமினோ அமிலத்திற்கான மரபுக்குறியின் முடிவு அல்லது நிறுத்துக் குறியினாக மாற்றமடையும் சடுதிமாற்றம் **பொருளுணர்த்தாத சடுதிமாற்றம் (Nonsense mutation)** என்று அழைக்கப்படுகிறது.

### புள்ளி சடுதிமாற்றத்தின் வகைகள்

ஒரு DNA வில் ஒரு கார இணை சேர்த்தல் அல்லது நீக்குதலால் மரபுச்செய்திப்பெயர்வு கட்டமைப்புகளை மாற்றப்படுவதன் விளைவால் இயல்பான புரதத்தின் அமைப்பு மற்றும் செயல்பாடு இழக்கப்படுவது **கட்ட நகர்வு சடுதிமாற்றம் (Frame shift mutation)** என்று அழைக்கப்படுகிறது.

### சடுதிமாற்றக் காரணிகள் (mutagenic agents)

- மரபணு சடுதிமாற்றத்தை உண்டாக்கும் காரணிகள் சடுதிமாற்றக் காரணிகள் அல்லது சடுதிமாற்றிகள் (Mutagens) என்ற அழைக்கப்படுகிறது. இவை இரண்டு வகைப்படும், இயற்பிய சடுதிமாற்றிகள் மற்றும் வேதிய சடுதிமாற்றிகள். முல்லர் (1927) என்பவரால் **டுரோசோ.பிலாவில்** முதன் முதலாக இயற்பிய சடுதிமாற்றியை கண்டறிந்தார்.

### இயற்பிய சடுதிமாற்றிகள் (physical mutagens)

- அறிவியலறிஞர்கள் பல்வேறு தாவரங்கள் மற்றும் விலங்குகளில் சடுதிமாற்றங்களை ஏற்படுத்த வெப்பநிலை மற்றும் கதிர்வீச்சுகளான X-கதிர்கள், காமா கதிர்கள், ஆல்.பா கதிர்கள், பீட்டா கதிர்கள், நீயூட்ரான்கள், காஸ்மிக் கதிர்கள், கதிரியக்க மாற்றியங்கள் புறஊதாக்கதிர்கள் ஆகியவற்றைப் பயன்படுத்துகின்றனர்.
- **வெப்பநிலை:** வெப்பநிலை அதிகரிக்கும் பொழுது சடுதிமாற்றத்தின் வீதமும் அதிகரிக்கின்றது. வெப்பநிலை அதிகரிக்கும் பொழுது இரண்டு DNA நியுக்ளியோடைடுகளுக்கு இடையே உள்ள ஹைட்ரஜன் பிணைப்புகள் உடைக்கப்பட்டு இரட்டித்தல் (replication) படியாக்கம் நிகழ்வுகளைப் பாதிக்கின்றன.

- **கதிர்வீச்சுகள்:** கண்ணுறு நிறமாலையை விட மின்காந்த நிறமாலையானது குறுகிய மற்றும் நீளமான அலைநீளங்களைக் கொண்ட கதிர்களைக் கொண்டுள்ளது. இவை அயனியாக்கும் மற்றும் அயனியாக்காத கதிர்வீச்சுகளாக வகைப்படுத்தப்படுகின்றன. அயனியாக்கும் மற்றும் அயனியாக்காத கதிர்வீச்சுகளாக வகைப்படுத்தப்படுகின்றன. அயனியாக்கும் கதிர்வீச்சுகளின் குறுகிய அலை நீளம் மற்றும் அணுவிலுள்ள எலக்ட்ரான்களை அயனியாக்கப் போதுமான அதிக ஆற்றலைக் கொண்டுள்ளது. X-கதிர்கள், காமா கதிர்கள், ஆல்.பா கதிர்கள், பீட்டா கதிர்கள் மற்றும் காஸ்மிக் கதிர்கள் போன்ற கதிர்வீச்சுகளுக்கு உட்படுத்தப்பட்ட செல்களிலுள்ள குரோமோசோம்களையும் குரோமோட்டிகளையும் உடைக்கிறது. (குரோமோசோம் சடுதிமாற்றம்), அயனியாக்காத கதிர்வீச்சான UV கதிர்கள் நீண்ட அலைநீளங்களையும், குறைவான ஆற்றலையும் கொண்டவையாகும். அவை அயனியாக்கும் கதிர்வீச்சுகளை விடக் குறைந்த ஊடுருவக் கூடிய திறன் கொண்டவை. மேற்புறச் சவ்வுகளுக்கு அருகாமையில் உட்கரு கொண்ட ஒரு செல் நுண்ணுயிரிகள், வித்துகள், மகரந்தத்துகள்களை கதிரியக்கத்திற்கு உட்படுத்தப் பயன்படுகிறது.

### சார்பதி சொனாரா (Sharbati Sonara)

- மெக்சிகன் வகையிலிருந்து (சொனாரா-64) காமா கதிர்வீச்சின் மூலம் உருவாக்கப்பட்ட சடுதிமாற்ற கோதுமை வகை சார்பதி சொனாரா ஆகும். இது முனைவர் **M.S. சுவாமிநாதன்** மற்றும் அவரது குழுவினரால் உருவாக்கப்பட்டது. இவர் **இந்தியப் பசுமைப் புரட்சியின் தந்தை** (Father of Indian green revolution) என அழைக்கப்படுகிறார்.

### ஆமணக்கு அருணா (Castor Aruna)

- ஆமணக்கு தாவரத்தின் சடுதிமாற்ற வகையே ஆமணக்கு அருணா ஆகும். இவை ஆமணக்கு விதைகளில் வெப்ப நியூட்ரான்களைச் செலுத்தி முன் முதிர்ச்சியடையத் தூண்டப்படுகின்றன. (270 நாட்களில் முதிர்ச்சியாகும் சாதாரண ஆமணக்கு, இதன் மூலம் 120 நாட்களில் முதிர்கின்றன).

### வேதிய சடுதிமாற்றிகள் (Chemical Mutagens)

- வேதி பொருட்களின் மூலம் துண்டப்படும் சடுதிமாற்றங்கள் வேதிய சடுதிமாற்றிகள் என்று அழைக்கப்படுகிறது. அவையாவன, கடுகு வாயு (mustard gas), நைட்ரஸ் அமிலம், எத்தில் மற்றும் மெத்தில் மீத்தேன் சல்போனேட் (EMS மற்றும் MMS), எத்தைல் யூரித்தேன், மாக்னஸ் உப்பு, .பார்மால்டிஹைடு, இயோசின் மற்றும் எந்த்ரோசின் எடுத்துக்காட்டு: நைட்ரஸ் ஆக்ஸைடு DNA வின் நைட்ரஜன் கார இணைகளில் இரட்டித்தல் மற்றும் படியெடுத்தலில் மாற்ற இடையூறு ஏற்படுத்துகின்றன. இதனால் மரபுச் செய்திபெயர்வின் போது முழுமையற்ற, குறையுடைய பாலிபெப்டைடுகள் உருவாக்கப்படுகின்றன.



## இணை சடுதிமாற்றிகள் (Co-mutagens)

- சில வேதியல் சேர்மங்கள் அதற்குரிய சடுதிமாற்றி பண்புகளைப் பெற்றிருக்காமல் மற்ற சடுதிமாற்றிகளோடு சேர்ந்து அதன் திறனை அதிகரித்தால் அவை இணை சடுதிமாற்றிகள் என்று அழைக்கப்படுகிறது. எடுத்துக்காட்டு: அஸ்கார்பிக் அமிலம், ஹைட்ரஜன் பெராக்சைடு மூலம் ஏற்படும் பாதிப்பை அதிகப்படுத்துகிறது.
- இதுபோல் கா.பீன், மீதோட்ரெக்ஷெட்டின் நச்சுத்தன்மையை அதிகமாக்குகிறது.

- முதல் உலகப்போரில் இரசாயன ஆயுதமாகக் கடுகு வாயு (Mustard gas) (டைகுளோரோ எத்தில் சல்பைடு) பயன்படுத்தப்பட்டது.
- X-கதிர்களைக் கொண்டு, பழப்பூச்சியில் H J முல்லர் (H J Muller - 1928) என்பவர் முதன் முதலாகச் சடுதிமாற்றத்தினை தூண்டினார்.
- X-கதிர்கள் மற்றும் காமா கதிர்கள் மூலம் L J ஸ்டேட்லர் (L.j. Stadler) என்பவர் தாவரங்களில் ஏற்படும் தூண்டப்படும் சடுதிமாற்றத்தை அறிவித்தார்.
- வேதிய சடுதி மாற்றக் செயல்முறையை C. அயர்பேக் (C. Auerback - 1944) என்பவர் முதன் முதலில் வெளியிட்டார்.

## குரோமோசோம்களின் சடுதிமாற்றம் (Chromosomal mutations)

- குரோமோசோம்களின் அமைப்பு மற்றும் எண்ணிக்கையில் உண்டாகும் மாற்றங்கள், ஒரு செல்லின் மரபணு தொகையத்தில் மிகப்பெரிய மாற்றத்தை ஏற்படுத்துகிறது. இந்த மிகப் பெரிய மாற்றங்களே குரோமோசோம் சடுதிமாற்றங்கள் அல்லது குரோமோசோம் பிறழ்ச்சிகள் (Chromosomal aberrations) எனக் கருதப்படுகிறது. ஒரு மரபணுவிற்குள் நடைபெறும் மாற்றமானது, மரபணு சடுதிமாற்றம் எனவும் அதிக மரபணுக்களைக் கொண்ட குரோமோசோம் பகுதியில் நடைபெறும் மாற்றமானது குரோமோசோம் சடுதி மாற்றம் எனவும் அழைக்கப்படுகிறது. இவை நுண்ணோக்கி ஆய்வு, மரபணு பகுப்பாய்வு அல்லது இரண்டின் மூலமாகவோ கண்டறிய முடியும். மாறாக மரபணு சடுதிமாற்றத்தை நுண்ணோக்கி ஆய்வு மூலம் கண்டறிய இயலாது. குரோமோசோம் சடுதிமாற்றம் இரு வகைகளாகப் பிரிக்கப்படுகிறது. குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கையில் ஏற்படும் மாற்றங்கள் மற்றும் குரோமோசோம் அமைப்பில் ஏற்படும் மாற்றங்கள்.

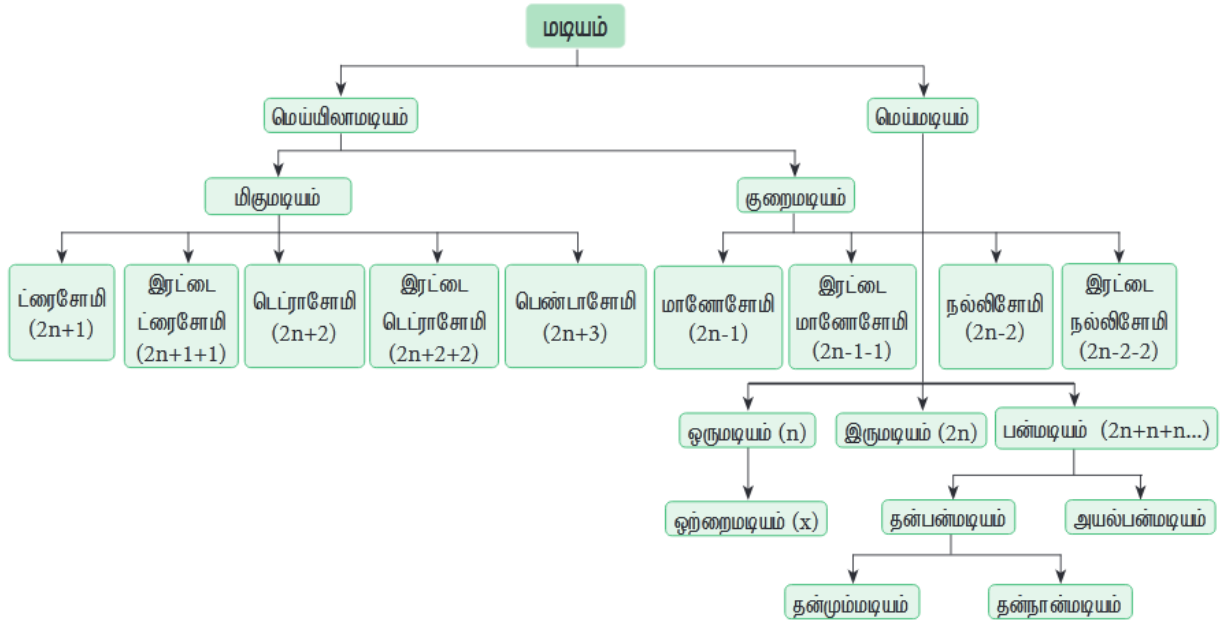
### I. குரோமோசோம் எண்ணிக்கையில் ஏற்படும் மாற்றங்கள்

- உயிரினங்களின் ஒவ்வொரு செல்களிலும் காணப்படும் குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கை நிலையானது. ஆனால் சிற்றினத்திற்கேற்ப இவை மாறுபடும். இருப்பினும், சில தாவர மற்றும் விலங்கு சிற்றினங்களில் ஒரே எண்ணிக்கையிலான குரோமோசோம்களைப் பெற்றிருந்தாலும் கூட ஒரே

மாதிரியான பண்புகளைக் கொண்டிருக்காது. எனவே குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கை சிற்றினத்தின் பண்பினை மற்றொரு சிற்றினத்திலிருந்து வேறுபடுத்துவதில்லை ஆனால் குரோமோசோமில் காணப்படும் மரபுப்பொருளின் (மரபணு) தன்மையே சிற்றினத்தின் பண்பினை நிர்ணயிக்கிறது.

- இயற்கையிலேயே சில சமயம் உடலச் செல்களின் குரோமோசோம் எண்ணிக்கையில் சேர்த்தல் அல்லது நீக்குதலால் தனித்த அல்லது அடிப்படை தொகுதி குரோமோசோம்களில் மாற்றம் ஏற்படுகிறது. இந்த நிலைக்குக் குரோமோசோம் எண்ணிக்கையில் பிறட்சிகள் (numerical chromosomal aberrations) அல்லது மடியம் (ploidy) என்ற பெயர். மடியம் இரு வகைப்படும்.
  - இருமடிய தொகுதிக்குள் தனிக் குரோமோசோம்களால் ஏற்படும் மடியம் (மெய்யிலாமடியம்).
  - குரோமோசோம்களின் மொத்தத் தொகுதியால் ஏற்படும் மடியம் (மெய்மடியம்) (படம்)
  - இருமடிய தொகுதியில் ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட குரோமோசோம்களை சேர்த்தல் அல்லது நீக்குதல் மாற்றத்தினால் ஏற்படும் நிலையாகும். மெய்யிலாமடியம் கொண்டிருக்கும் உயிரிகளுக்கு மெய்யிலாமடிய உயிரிகள் அல்லது மாற்றுமடிய உயிரிகள் (Heteroploidy) என்று பெயர். இது இரு வகைப்படும். மிகு மடியம் மற்றும் குறை மடியம்.

### மடியத்தின் வகைகள்



## 1. மிகு மடியம் (Hyperploidy)

- இருமடியத் தொகுதி குரோமோசோம்களில் ஒன்று அல்லது மேற்பட்ட குரோமோசோம்கள் அதிகரித்துக் காணப்படும் நிலைக்கு **மிகுமடியம்** எனப்படும். இருமடிய தொகுதி குரோமோசோம்களுக்கு டைசோமி (Disomy) எனக் கருதப்படுகிறது. மிகுமடியம் மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கப்படுகிறது. அவை பின்வருமாறு.

### அ) டிரைசோமி (Trisomy)

- இருமடிய குரோமோசோம் தொகுதியில் ஒரு குரோமோசோம் அதிகரித்துக் காணப்படும் நிலை **எளிய டிரைசோமி** ( $2n+1$ ) எனப்படும். **பிளாக்ஸ்லீ** (1910) என்பவர் **டாட்ரூரா ஸ்ட்ராமோனியம்** தாவரத்தில் (ஜிம்சன் களை) டிரைசோமி நிலையினைக் கண்டறிந்தார். பின்னர் **நிக்கோட்டியானா**, **பைசம்** மற்றும் **ஈனோதீரா** போன்ற தாவரங்களில் கண்டறியப்பட்டது. சில சமயங்களில் இரு வெவ்வேறு குரோமோசோம் இணைகளிலிருந்து இரு தனிக் குரோமோசோம்கள் சாதாரண இருமடிய தொகுதி குரோமோசோம்களுடன் அதிகரித்துக் காணப்படும் நிலை **இரட்டை டிரைசோமி** ( $2n+1+1$ ) என்று அழைக்கப்படுகிறது.

### ஆ) டெட்ராசோமி (Tetrasomy)

- ஒரு இணை அல்லது இரண்டு இணை குரோமோசோம்கள் இருமடிய தொகுதியுடன் அதிகரித்துக் காணப்படும் நிலைகள் முறையே **டெட்ராசோமி** ( $2n+2$ ) மற்றும் **இரட்டை டெட்ராசோமி** ( $2n+2+2$ ) என அழைக்கப்படுகிறது. கோதுமையில் அனைத்து விதமான டெட்ராசோமிகளும் காணப்படுகிறது.

### இ) பெண்டாசோமி (Pentacosy)

- வெவ்வேறு குரோமோசோம் இணைகளிலிருந்து மூன்று தனித்த குரோமோசோம்கள் இருமடிய தொகுதியுடன் அதிகரித்துக் காணப்படுவது **பெண்டாசோமி** ( $2n+3$ ) என அழைக்கப்படுகிறது.

## 2. குறைமடியம் (Hypoploidy)

- ஒரு செல்லில் உள்ள இருமடிய தொகுதியிலிருந்து ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட குரோமோசோம்கள் இழக்கப்பட்டால் **குறைமடியம்** எனப்படும். இது இரு வகைகளாகப் பிரிக்கப்படுகிறது. அவை

### அ) மானோசோமி (Monosomy)

- இருமடிய தொகுதி குரோமோசோம்களிலிருந்து ஒரு தனிக் குரோமோசோம் இழக்கப்பட்டால் **மானோசோமி** ( $2n-1$ ) என அழைக்கப்படுகிறது. மேலும் இரண்டு அல்லது மூன்று தனித்த குரோமோசோம்கள் இழக்கப்பட்டால் முறையே **இரட்டை மானோசோமி** (Double monosomy) ( $2n-1-1$ ) மற்றும் **மூன்று மானோசோமி** (Triple monosomy) ( $2n-1-1-1$ ) என அழைக்கப்படுகிறது. இரட்டை மானோசோமி தாவரங்கள் மக்காச்சோளத்தில் கண்டறியப்பட்டுள்ளது.

## ஆ) நல்லிசோமி (Nullisomy)

- ஒரு இணை ஒத்திசைவு குரோமோசோம்கள் அல்லது இரு இணை ஒத்திசைவு குரோமோசோம்கள் இருமடிய தொகுதியிலிருந்து இழக்கப்பட்டால் முறையே நல்லிசோமி ( $2n-2$ ) மற்றும் இரட்டை நல்லிசோமி (Double Nullisomy) ( $2n-2-2$ ) என அழைக்கப்படுகிறது. மானோசோமிக் தாவரங்களைத் தன் கலப்பு செய்வதனால் நல்லிசோமி தாவரங்களை உருவாக்க இயலும். பொதுவாக இவை இறந்து விடுகின்றன.

## (ii) மெய்மடியம் (Euploidy)

- ஒரு உயிரினத்தில் ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட அடிப்படை தொகுதி குரோமோசோம்கள் பெற்றுள்ள தன்மைக்கு மெய்மடியம் என்று பெயர். மெய்மடியமானது ஒற்றைமடியம், இருமடியம் மற்றும் பன்மடியம் என வகைப்படுத்தப்படுகிறது. ஒரு உயிரினத்தில் அல்லது உடலச் செல்லில் இரு தொகுதி குரோமோசோம்களை பெற்றுள்ள தன்மைக்கு இருமடியம் ( $2n$ ) எனப்படுகிறது. உடலக் குரோமோசோம்களின் பகுதியளவு எண்ணிக்கை கேமீட் குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கையைக் குறிப்பிடுகிறது. இது ஒருமடியம்( $n$ ) எனப்படுகிறது. குறிப்பாக ஒற்றைமடியம் (monoploidy) ( $x$ ) ஒருமடியத்திலிருந்து (haploidy) ( $n$ ) வேறுபடுகிறது. எடுத்துக்காட்டாகச் சாதாரணக் கோதுமை தாவரமானது பன்மடியத்தன்மையுடன் (ஹெக்சாபிளாய்டி) கூடிய  $2n=6x=72$  குரோமோசோம்களை கொண்டது. இதன் ஒருமடிய ( $n$ ) குரோமோசோம் எண்ணிக்கை 36, ஆனால் இதன் ஒற்றை மடிய ( $x$ ) குரோமோசோம் எண்ணிக்கை 12ஆகும். ஆகவே ஒருமடிய மற்றும் இருமடியத் தன்மையுடைய குரோமோசோம்களை தலைமுறை தலைமுறையாக ஒத்த எண்ணிக்கையில் தொடர்ச்சியாக நிலைநிறுத்துகிறது. ஒரு உயிரினம் பன்மடியத் தன்மையில் உள்ள போது மட்டும் தான் ஒற்றைமடியத் தன்மை வேறுபடுகிறது. ஒரு உண்மையான இருமடியத்தில், ஒற்றைமடியம் மற்றும் ஒருமடிய குரோமோசோம் ஆகிய இரண்டின் எண்ணிக்கையும் ஒரே மாதிரியாகக் காணப்படும். ஆகையால் ஒற்றைமடியமானது ஒருமடியமாக இருக்க முடியும் ஆனால் ஒருமடியங்கள் அனைத்தும் ஒற்றைமடியமாக இருக்க முடியாது.

## பன்மடியம் (Polyploidy)

- ஒரு உயிரினத்தில் இரண்டிற்கும் மேற்பட்ட அடிப்படை தொகுதி குரோமோசோம்களை பெற்றுள்ள தன்மைக்குப் பன்மடியம் எனப்படுகிறது. மூன்று, நான்கு, ஐந்து அல்லது ஆறு அடிப்படை தொகுதி குரோமோசோம்களை பெற்றுள்ளதற்கு முறையே மும்மடியம் ( $3x$ ), நான்மடியம் ( $4x$ ), ஐம்மடியம் ( $5x$ ) மற்றும் அறுமடியம் ( $6x$ ) என்று அழைக்கப்படுகிறது. பொதுவாகப் பன்மடியம் தாவரங்களில் சாதாரணமாகக் காணப்படுகிறது. ஆனால் விலங்குகளில் அரிதாக உள்ளது. புதிய தாவரச் சிற்றின உருவாக்கத்திற்குக் குரோமோசோம் தொகுதிகளின் எண்ணிக்கை அதிகரிப்பு முக்கியக் காரணியாகும். ஆனால் அதீத மடியத்தன்மை இறப்பினைத் தோற்றுவிக்கும். பன்மடியம் இரு

வகைகளாகப் பிரிக்கப்படுகிறது. அவை தன்மம்மடியம் மற்றும் அயல்பன்மடியம்.

## 1. தன்மம்மடியம் (Autopolyploidy)

- ஒரு உயிரினத்தில் இரண்டிற்கும் மேற்பட்ட ஒருமடிய தொகுதி குரோமோசோம்கள் ஒரே சிற்றினத்திற்குள் இருந்து பெறப்பட்டால் தன்மம்மடியம் எனப்படும். இவை இரு வகைகளாகப் பிரிக்கப்படுகிறது. அவை தன்மம்மடியங்கள் மற்றும் தன் நான்மடியங்கள்.
- **தன்மம்மடியத் தாவரங்கள்** தன்னடைய மூன்று தொகுதி மரபணுதொகையத்தினை பெற்றிருக்கிறது. தன் நான்மடியம் மற்றும் இருமடிய சிற்றினக் கலப்பு செய்வதனால் இவைகளைச் செயற்கையாக உருவாக்க முடியும். இவைகள் குறைபாடுடைய கேமீட்டுகளை உருவாக்குவதால் அதீத மலட்டுத்தன்மை பெற்றுள்ளது. எடுத்துக்காட்டு: சாகுபடி செய்யப்படும் வாழை பொதுவாக மும்மடியங்கள் மற்றும் இருமடியங்களை விட விதைகளற்ற பெரிய கனிகளையுடையது. இருமடியங்களை விட மும்மடிப பீட்ரூட் அதிக அளவு சர்க்கரையையும் மற்றும் மோல்டுகளுக்கு (Moulds) எதிரான தன்மையையும் பெற்றுள்ளது. அருகம்புல் (*சயனோடான் டாக்டைலான்*) ஒரு இயற்கையான தன்மம்மடியம், விதைகளற்ற தர்பூசணி, ஆப்பிள், பீட்ரூட், தக்காளி, வாழை ஆகியவை மனிதனால் உருவாக்கப்பட்ட தன்மம்மடியங்களாகும்.
- **தன்நான்மடியத் தாவரங்கள்** தன்னுடைய நான்கு தொகுதி மரபணுதொகையத்தினை பெற்றிருக்கிறது. இருமடியத் தாவரங்களின் குரோமோசோம்களை இரட்டிப்படைய செய்வதின் மூலம் இவை தூண்டப்படுகிறது. எடுத்துக்காட்டு: ரை, திராட்சை, குதிரைமசால் (alfalfa), நிலக்கடலை, உருளைக்கிழங்கு மற்றும் கா.பி

## 2. அயல்பன்மடியம் (Allopolyploidy)

- இரு வெவ்வேறான சிற்றினங்களிலிருந்து இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட அடிப்படைத் தொகுதி குரோமோசோம்களைப் பெற்ற உயிரினங்களுக்கு அயல்பன்மடியம் என்று பெயர். சிற்றினத்திற்கிடையேயான கலப்புகளால் இதனை உருவாக்க முடியும். மேலும் கோல்ச்சிசினைப் பயன்படுத்தி குரோமோசோம் இரட்டிப்படைய செய்வதால் இதன் வளத்தன்மை தக்க வைக்கப்படுகிறது. நெருங்கிய சிற்றினங்களுக்கிடையே மட்டும் அயல்பன்மடியத் தாவரங்கள் உருவாக்கப்படுகிறது.

எடுத்துக்காட்டு:1 *ராப்போபிராஸிகா* G.D. கார்பேசென்கோ (1927) ரஷ்ய மரபியலாளர், முள்ளங்கி (*ராப்பனஸ் சட்டைவஸ்*,  $2n=18$ ) மற்றும் முட்டைகோஸ் (*பிராஸிகா ஒலிரேசியா*,  $2n=18$ ) தாவரங்களைக் கலப்பு செய்து முதலாம் மகவுச் சந்ததியில் ( $F_1$ ) மலட்டுத் தன்மை கொண்ட கலப்புயிரிகளை உற்பத்தி செய்தார். அவர் முதலாம் மகவுச் சந்ததி ( $F_1$ ) மலட்டுத் தன்மை கொண்ட கலப்புயிரிகளை உற்பத்தி செய்தார். அவர் முதலாம் மகவுச்சந்ததி ( $F_1$ ) களிடையே குரோமோசோம் இரட்டிப்பு செய்யும்போது அவைகள் வளமானதாக (fertile)

மாறின. முள்ளங்கித் தாவர வேரும் முட்டைக்கோஸ் தாவர இலைகளையும் கொண்ட முழுத் தாவரமும் உண்ணக்கூடியதாக இருக்கும் என அவர் எதிர்பார்த்தார், ஆனால் அவரின் எதிர்பார்ப்பிற்கு மாறாக இருந்ததால் பெரிதும் ஏமாற்றமடைந்தார்.

எடுத்துக்காட்டு:2 டிரிட்ரிகேல், (Triticale) மனிதனால் உருவாக்கப்பட்ட தானியமாகும். மடியத்தன்மை அடிப்படையில் டிரிட்ரிகேல் மூன்று முக்கியப் பிரிவுகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது.

- i. நான்மடியம்: இருமடிய கோதுமை மற்றும் ரை தாவரங்களுக்கு இடையேயான கலப்பு
- ii. அறுமடியம்: நான்மடிய கோதுமை ட்ரிடிகம் டியூரம் (மக்ரோனி கோதுமை) மற்றும் ரை தாவரங்களுக்க இடையேயான கலப்பு.
- iii. எண்மடியம்: அறுமடிய கோதுமை ட்ரிடிகம் ஏஸ்டிவம் (ரொட்டி கோதுமை) மற்றும் ரை தாவரங்களுக்கு இடையேயான கலப்பு.

அறுமடிய டிரிட்ரிகேல் கலப்பு தாவரமானது மக்ரோனி கோதுமை மற்றும் ரை தாவரப் பண்புகளைக் கொண்டிருக்கும். எடுத்துக்காட்டாக, கோதுமையின் அதீதப் புரதச் சத்து தன்மையும் ரை தாவரத்தின் அதிக அமினோ அமில லைசினையும் ஒருங்கே பெற்றுள்ளது. ஆனால் இது கோதுமையில் குறைவாக உள்ளது. இது கீழ்க்காணும் விளக்கப்படம் மூலம் கூறப்பட்டுள்ளது (படம்).

*கோல்ச்சிகம் ஆட்டம்னேல் (Colchicum autumnale)* தாவர வேர் மற்றும் கந்தம் (corm) ஆகியவற்றிலிருந்து பிரித்தெடுக்கப்படும் ஆல்கலாய்டு கோல்ச்சிசின் ஆகும். தாவர வளர்நுணிகளில் குறைந்த செறிவில் பயன்படுத்தும்போது பன்மடியத்தை தூண்டுகிறது. ஆச்சரியமூட்டும் விதமாகக் கோல்ச்சிகம் எனும் மூலத் தாவரத்தில் எதிர்கோல்ச்சிசின் இருப்பதால் எவ்விதப் பாதிப்பும் ஏற்படுவதில்லை.

### மடியத்தின் முக்கியத்துவம்

- இருமடியத் தாவரங்களை விடப் பல பன்மடியத் தாவரங்கள் அதிக வீரியத்துடன் அதிக தகவமைப்புடனும் காணப்படும்.
- பெரும்பாலான அலங்காரத் தாவரங்கள் தன்நான்மடியத் தாவரங்கள் ஆகும். இவை இருமடியத் தாவரங்களை விட பெரிய மலர் மற்றும் நீண்ட மலரும் காலத்தைக் கொண்டிருக்கும்.
- அதிகப்படியான நீர் சத்தினைக் கொண்டிருப்பதனால் தன்பன்மடியத் தாவரங்கள் அதிக உயிர் எடையை (fresh weight) பெற்றுள்ளது.
- மெய்யிலா மடியத் தாவரங்கள் வேறுபட்ட குரோமோசோம்களில் இழப்பு மற்றும் சேர்ப்பின் புறத்தோற்ற விளைவுகளைத் தீர்மானிக்க பயன்படுகின்றன.

- பல ஆஞ்ஜியோஸ்பெர்ம் தாவரங்கள் அயல் பன்மடியம் கொண்டவை. அவைகள் பரிணாமத்தில் முக்கியப் பங்காற்றுகிறது.

## II. குரோமோசோம் அமைப்பில் மாற்றங்கள் (குரோமோசோம் அமைப்பில் பிறழ்ச்சி)

- அமைப்பு மாறுபாடுகள் காரணமாகக் குரோமோசோம் பகுதி சேர்த்தல் அல்லது நீக்குதலால் மரபணுக்களின் மறு ஒழுங்கு அமைவிற்குக் குரோமோசோம் அமைப்பு பிறழ்ச்சி என்று அழைக்கப்படுகிறது. இது அயனியாக்கும் கதிர்வீச்சு அல்லது வேதி கூட்டுப் பொருள்களால் ஏற்படுகிறது. குரோமோசோமில் ஏற்படும் பிளவு மற்றும் மறுஇணைவு அடிப்படையில் பிறழ்ச்சிகளின் நான்கு வகைகளைக் கீழ்க்காணும் இரு பிரிவுகளாக வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளது.

### அ) மரபணு அமைவிட எண்ணிக்கையில் மாற்றங்கள்

1. நீக்கம் அல்லது குறைபாடு
2. இரட்டிப்பாதல் அல்லது மீளுருவாதல்

### ஆ) மரபணு அமைவிட வரிசையில் ஏற்படும் மாற்றங்கள்

3. தலைகீழ்த் திருப்பம்
4. இடம்பெயர்தல்

### 1. நீக்கம் அல்லது குறைபாடு (Deletion of Deficiency)

- குரோமோசோமின் ஒரு பகுதி இழப்பு ஏற்படின் அது நீக்கம் எனப்படும். குரோமோசோம் பகுதியில் பிளவு ஏற்படும் பகுதியைப் பொறுத்து நுனி நீக்கம் மற்றும் இடைப்பட்ட நீக்கம் எனப்படும். வேதிப்பொருள்கள், மருந்துகள் மற்றும் கதிர்வீச்சுகளால் இது நிகழ்கிறது. *குரோசோ.:பிலா* மற்றும் *மக்காச்சோளத்தில்* இது காணப்படுகிறது (படம்). நீக்கம் இரு வகைப்படும்.

i. **நுனி நீக்கம்:** ஒரு குரோமோசோமின் ஏதேனும் முனையில் ஒரு பிளவினால் ஏற்படுவது.

ii. **இடைப்பட்ட நீக்கம்:** இடைப்பகுதியில் இரு இடங்களில் பிளவு ஏற்பட்டு இடைப்பகுதியை இழந்து நுனி பகுதிகளின் மறு இணைவு ஏற்படுகிறது.

- பாலிடின் குரோமோசோம் மற்றும் குன்றல் பகுப்பின் பாக்கிடின் நிலையின் போது இவ்விரு நீக்கங்களும் காணப்படுகிறது. குரோமோசோம்கள் இணைசேர்தலின் போது இயல்பான குரோமோசோமின் இணையா வளையத்தால் உருவாகிறது.

- இவ்வகை வளைவுகளுக்குக் குறைபாடுகளுடைய வளைவுகள் (deficiency loops) மற்றும் இவற்றைக் குன்றல் பகுப்பின் புரோபேஸ் நிலையின்போது காணலாம். அதிகப்படியான நீக்கங்கள் இறப்பு விளைவிற்கு வழிவகுக்கும்.

## 2. இரட்டிப்பாதல் அல்லது மீளுவாதல் (Duplication or Repeat)

- ஒரே வரிசையிலான மரபணுக்கள் ஒரு குரோமோசோமில் ஒன்றுக்கும் மேற்பட்ட இடத்தில் இடம் பெறுவதற்கு இரட்டிப்பாதல் எனப்படும். இரட்டிப்பாதலினால் சில மரபணுக்கள் இரண்டிற்கும் மேற்பட்ட நகல்களாக உள்ளன. இது முதலில் பிரிட்ஜஸ் (1919) என்பவரால் *குரோசோ.:பிலா* வில் முதன்முதலில் கண்டறியப்பட்டது. மேலும் எடுத்துக்காட்டுகளாக மக்காச்சோளம் மற்றும் பட்டாணி. இது மூன்று வகைகளாக உள்ளன.

### I. தொடர்ந்திணைந்த இரட்டிப்பாதல் (Tandem duplication)

- குரோமோசோம்களின் இரட்டிப்படைந்த பகுதி உடனடியாக அதன் இயல்பான பகுதிக்குப் பின் அதே வரிசையில் அமைவதாகும்.

### II. தலைகீழ் தொடர்ந்திணைந்த இரட்டிப்பாதல் (Reverse tandem duplication)

- குரோமோசோம்களின் இரட்டிப்படைந்த பகுதி உடனடியாக அதன் இயல்பான பகுதிக்குப் பின் மரபணு தொடர் வரிசை தலைகீழாக அமைவதாகும்.

### III. இடம் மாறிய இரட்டிப்பாதல் (Displaced duplication)

- குரோமோசோம்களின் இரட்டிப்படைந்த பகுதி அதன் இயல்பான பகுதிக்குச் சற்றுத் தொலைவில் அதே வரிசையில் அமைவதாகும்.

## தலைகீழ்த் திருப்பம் (inversion)

- ஒரு குரோமோசோமில் உள்ள மரபணுக்கள்  $180^\circ$  கோணத்தில் தலைகீழாக மாற்றப்படுகிறது. இதில் இரண்டு இடங்களில் பிளவுபட்டு மறு இணைவு நடைபெறுகிறது. இந்நிலையின் போது எவ்வித ஆதாயமும் இழப்பும் ஏற்படுவதில்லை. ஆனால் மரபணு வரிசையில் மறு ஒழுங்கமைவு நடைபெறுகிறது. தலைகீழ்த் திருப்பத்தை முதன் முதலில் ஸ்டர்வண்ட்(1926) என்பவரால் *குரோசோ.:பிலாவில்* கண்டறியப்பட்டது. தலைகீழ்த் திருப்பம் இரு வகைப்படும். அவை பாராசென்ட்ரிக் தலைகீழ்த் திருப்பம், பெரிசென்ட்ரிக் தலைகீழ்த் திருப்பம் (படம்).

i. பாராசென்ட்ரிக் தலைகீழ்த் திருப்பம் (paracentric inversion):  
சென்ட்ரோமியர் அல்லாத பகுதியில் தலைகீழ்த் திருப்பம் நடைபெறுதல்

ii. பெரிசென்ட்ரிக் தலைகீழ்த் திருப்பம் (pericentric inversion)  
சென்ட்ரோமியர் உள்ள பகுதியில் தலைகீழ்த் திருப்பம் நடைபெறுகிறது.

தலைகீழ்த் திருப்பம் பரிணாமத்தில் புதிய சிற்றினங்கள் தோன்ற வழிவகுக்கிறது.

## 4. இடம்பெயர்தல் (Translocation)

- ஒத்திசைவு அல்லாத குரோமோசோம்களுக்கிடையே குரோமோசோம் துண்டுகள் பரிமாற்றம் நடைபெறுவதால் இடம்பெயர்தல் என்று அழைக்கப்படும்.



இடம்பெயர்தலைக் குறுக்கேற்றத்துடன் குழப்பத்தை ஏற்படுத்திக் கொள்ளக் கூடாது. ஏனெனில் குறுக்கேற்றத்தில் ஒத்திசைவு குரோமோசோம்களுக்கு இடையே மரபுப் பொருள் பரிமாற்றம் செய்யப்படுகிறது. இடம்பெயர்தலில் ஒத்திசைவு அல்லாத குரோமோசோம்களுக்கு இடையே குரோமோசோம் துண்டுகள் பரிமாற்றம் செய்யப்படுகிறது. இவை மூன்று வகைப்படும்.

#### i. எளிய இடம்பெயர்தல் (Simple translocation)

- ஒரு குரோமோசோமில் மட்டும் ஒரு பிளவு ஏற்படுகிறது. பிளவுபட்ட துண்டு ஒத்திசைவு அல்லாத குரோமோசோமின் ஒரு முனையில் இணைகிறது. இது மிக அரிதாக நடைபெறும்.

#### ii. நகர்வு இடம்பெயர்தல் (Shift translocation)

- ஒரு குரோமோசோமின் பிளவுபட்ட துண்டு ஒத்திசைவு அல்லாத குரோமோசோமின் இடைச்செருகலாக இணைகிறது.

#### iii. பரிமாற்ற இடம்பெயர்தல் (Reciprocal translocation)

- இது இரு ஒத்திசைவு அல்லாத குரோமோசோம்களுக்கு இடையே குரோமோசோம் துண்டுகள் பரஸ்பரப் பரிமாற்றமடைவதாகும். இது முறையற்ற குறுக்கேற்றம் (illegitimate crossing over) எனவும் அழைக்கப்படும். இது மீண்டும் இரு வகைகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன (படம்).

#### அ) ஒத்தபண்பிணைவு இடம்பெயர்தல் (Homozygous translocation)

- இடம்பெயர்தலில் இரண்டு இணைகளின் இரண்டு குரோமோசோம்களும் பங்கு கொள்கிறது. இரண்டு ஒத்திசைவு குரோமோசோம்களின் இடம்பெயர்ந்த பகுதி ஒரே மாதிரியாக இருக்கும்.

#### ஆ) மாற்றுப்பண்பிணைவு இடம்பெயர்தல் (Heterozygous translocation)

- ஒவ்வொரு இணை ஒத்திசைவு குரோமோசோம்களின் ஒரே ஒரு குரோமோசோம் மட்டும் இடம் பெயர்தலில் பங்கு கொள்கிறது. மற்ற ஒரு குரோமோசோம் இயல்பான நிலையில் உள்ளது.

சிற்றின உருவாக்கத்தில் இடம்பெயர்தல் முக்கியப் பங்காற்றுகிறது.

#### தாவரங்களில் DNA வளர்சிதை மாற்றம் (Metabolism in plants)

- உயிரினங்களின் பெருமூலக்கூறுகளில் மரபுசார் செய்திகளின் களஞ்சியமாகத் திகழும் DNA தனித்துவமான மற்றும் மையப்பொருளாக அமைந்துள்ளது. மரபுசார் செய்திகளைச் சேமித்துவைக்க, ஒரு அதிசயத்தக்க அமைப்பாக DNA திகழ்வதால், அதன் இரட்டிப்பு, பழுதுபார்க்கப்படுதல்,

மறுசேர்க்கையடைதல் போன்ற நிகழ்வுகள் அறிந்து கொள்ளுதல் மிக அவசியமாகும்.

- இவை அனைத்தும் ஒருங்கே DNA வளர்சிதைமாற்றம் என அழைக்கப்படுகிறது. இதைப்பற்றிச் சுருக்கமாக இனிக் காண்போம்.
- **DNA இரட்டிப்பு (DNA Replication):** இந்நிலையின்போது DNA-வின் ஈரிழை பிரிவடைந்து, ஒவ்வொரு தாய் இழையிலிருந்தும் அதற்கு உகந்த கிளை இழை உருவாக்கப்படுகிறது. இந்த இரட்டிப்பு பாதி தக்கவைத்துக் கொள்ளும் இரட்டிப்பு முறையாகும். அதாவது சேய் DNA -களாகத் தோன்றும் இரண்டு இழைகளில் ஒன்று புதியதாகவும், மற்றொன்று தாய் DNA-யின் இழையையும் பெற்றிருப்பதே இதற்குக் காரணமாகும்.
- **DNA பழுது நீக்கம் (DNA Repair):** அனைத்து உயிரினங்களிலும் அவற்றின் மரபணு தொகையம் நிலைத்ததன்மை பெற்றுள்ளது? அவ்வுயிரினங்களின் நீடித்த வாழ்விற்கு DNA எவ்வாறு உதவுகிறது? உயிர் வாழ்வதற்கான தேவைகள் அனைத்துயிரிகளிலும் பேணப்படுகிறது. உயிரினங்கள் பூமியில் நிலைத்திருக்கத் தேவைகள் என்னென்ன? மேலும் அவை நிலைப்பெற்றிருக்க அத்தியாவசியங்கள் யாது?
- DNA தனித்துவம் வாய்ந்தது. ஏனெனில் பழுதுநீக்குதல் முறைமை இதில் மட்டுமே காணப்படுகிறது. ஊறு விளைவிக்கும் சடுதிமாற்றங்கள் நிகழும்போது அதை அறிந்து தானே பழுதுநீக்கிக் கொள்ளும் அதிசயக்கத்தக்க மூலக்கூறாக DNA திகழ்கிறது. சுற்றுச்சூழல் காரணிகள் அல்லது இயற்கையில் உயிரினங்களின் உள்ளார்ந்த நிகழ்வுகளினால் தோன்றும் அபாயகரமான சேர்மங்கள் போன்றவற்றால், DNA -களில் பழுதுகள் ஏற்படுகின்றன. சில புரதங்கள் மற்றும் நொதிகளின் உதவியால் இவை அவ்வப்போது நீக்கப்படுவதன் மூலம் சரிசெய்யப்பட்டு DNA மீட்டெடுக்கப்படுகிறது. இந்தப் பழுது நீக்கம் செயல்களே உயிரிகளின் மரபணு தொகையத்தை நிலையாகத் தக்க வைக்க உதவுகின்றன. மரபணுத்தொகை நச்சு அழுத்தங்களைப் பழுதுபார்க்கும் விதமாக DNA செயல்படுகிறது.

தாவரங்கள் விலங்கினங்களைப்போல், இடர்பாடுகளிலிருந்து உடனடியாக இடம்பெயர்ந்து ஒதுங்க இயலாதவை. இருப்பினும் நாள் முழுவதும் சூரிய ஒளியில் நின்று வாழும் அவை ஒளியின் சில பாதக விளைவுகளிலிருந்து எவ்வாறு தப்பித்துக் கொள்கின்றன?

சூரிய ஒளியின் புற ஊதாக் கதிர்கள் DNA-யில் தைமின் இரட்டை இணைவிகள் தோன்றச் செய்து பாதகமான விளைவுகளை ஏற்படுத்தலாம். ஆனால் தாவரங்களில் உள்ள **ஃபோட்டோலையேஸ்** என்ற நொதி இந்த இரட்டைக் கிளைகளைத் தகர்த்து இயல்புநிலைக்கு DNA மூலக்கூறுகள் மாற உதவுவது குறிப்பிடத்தக்கது.

**மறுசேர்க்கை (Recombination):**

- ஒரு DNA மூலக்கூறின் உள்ளாகவோ அல்லது DNA மூலக்கூறுகளுக்கிடையிலோ மரபுச் செய்திகள் மாற்றிக் கொள்ளப்படுவது மறுசேர்க்கை செயல் என்ற செயலினால் சாத்தியமாகிறது. குன்றல் பகுப்பின்போது ஒத்திசைவு குரோமோசோம் இணைகளுக்கிடையே குறுக்கேற்றம் என்ற செயல் மூலம் இது நிகழ்கிறது. குறுக்கேற்றத்தின்போது நிகழும் இந்தக் குரோமோசோம் பரிமாற்றச்செயலை, முன் பயின்ற வகுப்புகளில் படித்திருப்பீர்கள். குரோமோசோம்களை அமைக்கும் DNA-வின் பாலிநியூக்ளியோடைட் இழை துண்டிக்கப்பட்டு, மறு இணைவு நிகழ்வது மூலக்கூறு அளவில் நிகழும் மறுசேர்க்கைச் செயலாகும்.

### மெய்யுட்கரு உயிர்களில் (பூகாரியோட்டுகளில்) DNA இரட்டிப்பு

- DNA-யின் நியூக்ளியோடைட் தொடர் வரிசையில் ஒரு குறிப்பிட்ட இலக்கிலிருந்து அதன் இரட்டிப்பு தொடங்குகிறது. இது **இரட்டிப்பு தொடங்கும் இலக்கு** எனப்படுகிறது. மெய்யுட்கரு உயிரிகளின் DNA-வில் ஒன்றிற்கு மேற்பட்ட இரட்டிப்பு இலக்குகள் காணப்படுகின்றன. எடுத்துக்காட்டாக, *சக்காரோமைசெஸ் செர்வீசியே* என்ற ஈஸ்ட் பூஞ்சையில் ஏறத்தாழ 400 தொடக்க இலக்குகள் இருப்பதாக அறியப்பட்டுள்ளது. பதினான்கு வெவ்வேறு வகையான புரதங்களின் தொகுப்பு அடங்கிய **இரட்டிப்பு முன்னோடித் தொகுப்பு (prereplication complex - preRC)** ஒன்று இரட்டிப்பு இலக்கில் தொகுக்கப்பட்டுப் பின்னர் இரட்டிப்பு நிகழ்த்தப்படுகிறது. இத்தொகுப்பில் ஆறு புரதங்கள் அடங்கிய பகுதி மெய்யுட்கரு உயிரிகளின் DNA இரட்டிப்பு இலக்கைக் **கண்டறிய உதவும் பகுதி (Origin recognition complex - ORC)** யாக செயல்படுகிறது. ஈஸ்ட்டின் DNA இரட்டிப்பு தொடக்கப்புள்ளிகள், சுயமாக **இரட்டிக்கும் தொடர்வரிசை கொண்ட இலக்குகள் (Autonomously Replicating Sequence - ARS Sites)** என அழைக்கப்படுகின்றன. இரட்டிப்பு இலக்கை இனமறிய உதவும் பகுதி இவ்விலக்குகளில் மட்டுமே பிணைந்து கொள்கின்றன.
- இரட்டிப்பு இலக்கில் DNA-யின் ஈரிழை தளர்ந்து இரு இழைகளாகப் பிரிக்கப்படும் இலக்கு **இரட்டிப்பு கவட்டைப் பகுதி** எனப்படுகிறது. மெய்யுட்கரு உயிரிகளில் பல இரட்டிப்பு இலக்குகள் இருப்பதால் எண்ணற்ற இரட்டிப்பு கவட்டைகள் காணப்படுவது குறிப்பிடத்தக்கது. DNA-வின் ஈரிழைகளுக்கிடையே உள்ள ஹைட்ரஜன் பிணைப்புகளை அகற்றி அதை இரு தனி இழைகளாகப் பிரிக்க ஹெலிகேஸ் என்ற நொதி உதவுகிறது. பிரிக்கப்பட்ட பாலிநியூக்ளியோடைட் இழைகள் மீண்டும் ஹைட்ரஜன் பிணைப்புகளால் இரட்டை இழைகளாகிவிடாமல் தடுக்க **இரட்டித்தலுக்கான புரதம்-A (RPA)** உதவுகிறது.
- முறுக்குத் தளர்வின் காரணமாக இரட்டிப்புக் கவட்டைக்கு அப்பால் ஏற்படும் நேர்மறை முறுக்குச் செறிவின் இறுக்கத்தை அகற்றிட **டோபோஜசோமரேஸ்** என்ற நொதி உதவுகிறது.

- இரட்டிப்பின் மூலம் தோன்றும் இரு இழைகளில் ஒன்று முன்னேறு இழை (தொடர் இழை) (leading strand) என்றும் மற்றொன்று பின்தங்கு இழை (தொடர்பிலா இழை) (lagging strand) என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன. DNA இரட்டிப்பு DNA பாலிமேரேஸ்  $\alpha$  என்ற நொதியினால் தொடக்கி வைக்கப்படுகிறது. இது பிரைமேஸ் எனவும் அழைக்கப்படுகிறது. இரட்டிப்பு தொடங்குவதற்கு முன்பு ஆரம்பத் துண்டமாக ஒரு சிறிய RNA துண்டம் உற்பத்தி செய்யப்படுதல் வேண்டும். இதற்கு RNA பிரைமர் என்று பெயர். இதை உருவாக்கப் பிரைமேஸ் நொதி உதவுகிறது.
- DNA பாலிமேரேஸ் நொதி இரட்டிப்பை நிகழ்த்துவதற்கு 3' நுனியில் தனித்துவிடப்பட்ட OH ஒன்று தேவைப்படுகிறது. அப்போதுதான் DNA-யின் பாலிமேரேஸ் 5' முனையிலிருந்து இரட்டிப்பைத் தொடங்க முடியும். இதனை RNA-பிரைமர் தந்து உதவுகிறது.
- நியூக்ளியார் (உட்கரு) DNA இரட்டிப்பிற்கு DNA பாலிமேரேஸ்  $\alpha$  (ஆல்.பா), DNA பாலிமேரேஸ்  $\beta$  (பீட்டா) மற்றும் DNA பாலிமேரேஸ்  $\epsilon$  (எப்சலான்) என மூன்று வகையான நொதிகள் தேவைப்படுகின்றன.

இவற்றுள்

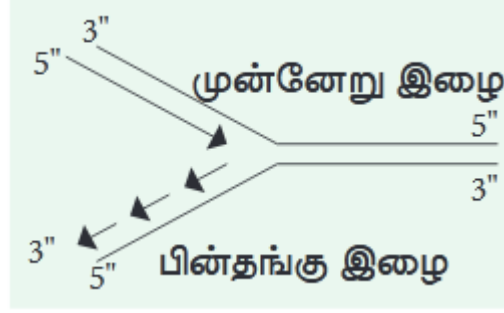
**DNA Pol  $\alpha$**  - பாலிமேரேஸ் RNA பிரைமர் உருவாக்கத்திற்கும்

**DNA Pol  $\beta$**  - பாலிமேரேஸ் RNA இரட்டிப்பிற்கான முதன்மை நொதியாகச் செல் உட்கருவில் காணப்படுகிறது.

**DNA Pol  $\epsilon$**  - பாலிமேரேஸ் இரட்டிப்புக் கவட்டை விரிவடைய உதவும் நொதியாகவும் செயல்படுகின்றன.

DNA பாலிமேரேஸ் (பீட்டா) DNA இரட்டிப்பில் எந்தவிதப் பங்கையும் அளிப்பதில்லை. ஆனால் தவறான நியூக்ளியோடைட்கள் பொருத்தப்பட்டுப் பழுதுபட்ட DNA உருவாகும்போது அவற்றை நீக்கிச் சரியான நியூக்ளியோடைட்களை பொருத்திப் பழுது நீக்க உதவுகிறது.

- DNA இரட்டிப்பு 5' 3' திசையில் நிகழ்கிறது. உருவாகும் (புதிய இழை பாதி தொடர்பில்லா) DNA இழையின் நீட்சி RNA பிரைமரின் 3' முனையில் அதாவது OH-ஐ சுதந்திரமாகப் பெற்ற முனையில் நிகழ்கிறது. 1960-ஆம் ஆண்டு ரெய்ஜி ஓகாசாகி என்பவரும் அவரது சகாக்களும், புதிதாகத் தோன்றும் இரு இழைகளில் ஒன்று, சிறு துண்டங்களாக உருவாகிறது எனக் கண்டறிந்தனர். இந்தத் தொடர்பற்ற துண்டங்கள் ஓகாசாகி துண்டங்கள் (Okasaki fragments) எனப்படுகின்றன. லைகேஸ் என்ற நொதி தொடர்பற்ற துண்டங்களை ஒட்டுவதற்குப் பயன்படுகின்றன. இவ்வாறு ஓகாசாகி துண்டங்கள் பிணையுற்று உருவாகும் இழை பின்தங்கு இழை எனப்படுகிறது.



- இது உருவாக்கப்படும் திசை இரட்டிப்புக் கவட்டை முன்னேறி நகரும் திசைக்கு எதிராக அமைந்தள்ளது. மாறாகத் தொடர்ச்சியான இழையாக உருவாகும் முன்னேறும் இழை, உருவாக்கப்படும் திசை, இரட்டிப்புக் கவட்டை முன்னேறி நகரும் திசைக்கு ஒப்பானதாக உள்ளது. லைகேஸ் நொதியால் இரு ஓகாசாகி துண்டங்கள் பிணைக்கப்படுவது, ஒரு துண்டத்தின் 3' முனையில் உள்ள OH தொகுப்பிற்கும், மற்றொன்றின் 5' தொகுப்பில் உள்ள பாஸ்.பேட் தொகுப்பிற்கும் இடையே பிணைப்பு ஏற்படுவதன் மூலம் இது நிகழ்கிறது.

### அராபிடாப்சிஸ் டீலோமியர் தொடர்வரிசை TTTAGGG

#### தாவரங்களில் டீலோமியர் நேரம் காட்டி இல்லாமை (Plants lacks Telomere Clock)

- தாவர ஆக்குத்திசு செல்களில் டீலோமெரேஸ் நொதி உருவாகிறது. ஆக்குத்திசு செல்கள் கட்டுப்பாடற்ற செல் பகுப்படையும் திறனைப் பெற்றுள்ளன. ஏற்கனவே 11-ஆம் வகுப்பில் அத்தியாயம் 6 மற்றும் 8-இல் டீலோமியர்கள் பற்றி பயின்றிருப்பீர்கள். குரோமோசோம்களின் நுனியில் மாறி மாறி அமைந்த ஒரே வகை நியூக்ளியோடைட் தொடர்வரிசைகள் ஒன்று உருவாக்கப்பட்டு டீலோமியர் தோன்றுகிறது. எடுத்துக்காட்டாக அராபிடாப்சிஸ் தாவரக் குரோமோசோமின் டீலோமியரில் TTTAGGG என அமைந்த நியூக்ளியோடைட் தொடர் வரிசை டீலோமியரை அமைக்கிறது. டீலோமெரேஸ் என்ற நொதி இதன் உருவாக்கத்திற்கு உதவுகிறது. முதுகுநாண் விலங்குகளில் உள்ளது போல் இந்நொதியின் அளவு, தாவர உடலசெல்களில் படிப்படியாகக் குறைவதில்லை. விலங்கினங்களின் வயது அதிகரிக்கும்போது இதன் அளவு படிப்படியாகக் குறைந்து செல்கள் பகுபடும் திறனை இழக்கின்றன. எனவே மூப்படைதலைச் சுட்டிக் காட்டும் நேரம் காட்டியாக உள்ளது. ஆனால் வயதான தாவரங்களின் செல்களிலும் இந்நொதியின் செறிவு குறையாதிருப்பதால் அவற்றில் டீலோமியர் நேரம் காட்டி இல்லாதிருப்பது குறிப்பிடத்தக்கது. இலை போன்ற அதிகப் பகுப்படையும் செல் அமைப்புகளைக் காட்டிலும் தாவரங்களின் வேர்நுனிகள் மற்றும் நாற்றுகளில் (புதுப்பித்தல் திசுக்கள்) அதிக அளவு ஆக்குத்திசு செல்கள் கொண்டுள்ளதால் அவற்றில் டீலோமெரேஸ் நொதி அதிகம் காணப்படுகிறது.

குரோமோசோம் முனைகளின் இரட்டிப்பிற்கான தனிப்பட்ட இயக்குமுறை எது?

- செல்பகுப்பின்போது குரோமோசோம் இரட்டிப்படைந்ததும் அதன்முனைகளில் துரித இரட்டிப்பு நிகழ்கிறது. இதற்கு டீலோமெரேஸ் (telomerase) என்ற நொதி உதவுகிறது. ஒரு சிறிய RNA மூலக்கூறை வார்ப்பாகக் கொண்டு அதாவது பிரைமராகக் கொண்டு, ஒரே வகை நியூக்ளியோடைட்களால் ஆன தொடர்வரிசைகளை இந்நொதி உருவாக்கி டீலோமியர் தோன்றச் செய்கிறது (DNA நியூக்ளியோடைட் பாலிமரைசேஷன்)

## DNA இரட்டிப்பு சார் ஆற்றலியல் (The Energetics of DNA Replication)

- DNA உற்பத்திக்கான ஆற்றலை டி ஆக்ஸிரிபோநியூக்ளியோடைட்களான டிஆக்ஸி அடினோசைன் டிரைபாஸ்.பேட் (dATP), டிஆக்ஸி குவானைசைன் டிரைபாஸ்.பேட் (dGTP), டிஆக்ஸிசைட்டோசின்டிரைபாஸ்.பேட் (dCTP) மற்றும் டிஆக்ஸிதைமிடின்டிரைபாஸ்.பேட் (dTTP) ஆகியவை கொடுத்து உதவுகின்றன. எனவே நியூக்ளியோடைட்கள் DNA ஆக்கத் தேவையான தளப்பொருட்களாக விளங்குவதுடன் அதன் பல அலகுகளை உருவாக்கும் செயலுக்குத் தேவையான ஆற்றலையும் தந்து உதவுகின்றன.

## DNA இரட்டித்தலில் ஆய்வுச் சான்று டெய்லரின் ஆய்வு (Experimental evidence of DNA replication - Taylor's Experiment)

- J. ஹெர்பர்ட் டெய்லர், பிலிப் உட்ஸ் மற்றும் வால்டர் ஹீயூஜஸ் ஆகியோர் பாதி பழமை பேணும் DNA பெருக்கத்தை விசியா டீபோ தாவர வேரில் விளக்கியுள்ளனர். DNAவின் கதிரியக்க முன்னோடியான  $3H$  தைமிடின் கொண்டு DNA வைக் குறியிட்டு அதற்குப் பின் ஆட்டோரேடியோகிராபி மேற்கொள்ளப்பட்டது. கதிரியக்கக் குறியீட்டுத் தையமிடனைக் கொண்ட வளருடகத்தில் வேர் நுனிகளை வளர்த்து அச்செல்களிலுள்ள DNAவில் கதிரியக்கத்தன்மை பெறச் செய்யப்பட்டது. புகைப்படத்தில் இக்குறியிடப்பட்ட குரோமோசோம்களின் வெளிப்பரப்பு கருப்புப் புள்ளிகளில் வெள்ளி துகள்கள் சிதறடிக்கப்பட்டதைப் போன்று காணப்பட்டது.

- இந்தக் குறியிடப்பட்ட குரோமோசோம்களைக் கொண்ட வேர் நுனிகளைக் குறியிடப்படாத கால்சைசன் கொண்ட வளருடகத்தில் வளர்த்து அதன் மூலம் செல் பகுப்பின் மெட்டாநிலையில் அதன் மூலம் செல் பகுப்பின் மெட்டாநிலையில் அதன் வளர்ச்சியைக் கட்டுப்படுத்தி ஆட்டோரேடியோகிராபி மூலம் வளர்ச்சியைக் கட்டுப்படுத்தி ஆட்டோரேடியோகிராபி மூலம் இந்தக் குரோமோசோம்கள் ஆய்வு செய்யப்பட்டது. இந்த ஆய்வின் மூலம் கண்டறிந்தவை,

1. கதிரியக்கத்திற்கு உட்படுத்தப்பட்ட முதல் தலைமுறை குரோமோசோம்களில் கதிரியக்கமானது இரு குரோமோசோம்களிலும் காணப்பட்டது. ஏனெனில் பெற்றோர் DNA ஈரிழையில் இக்கதிரியக்கம் குறியிடப்பட்டுள்ளது. ஆனால் சேய் DNA இழையில் கதிரியக்கக் குறியீடுகள் காணப்படுவதில்லை.

2. இரண்டாம் தலைமுறை குரோமோசோமின் இரு குரோமாட்டிகளில் ஒன்றில் மட்டும் தான் கதிரியக்கக் குறியீடு காணப்பட்டது.

இம்முடிவுகள் பாதி பழமைபேணும் முறையில் DNA இரட்டித்தலை நிரூபிக்கிறது.

### தாவரங்களில் புரதச்சேர்க்கை (Protein synthesis in Plants)

- புரதச்சேர்க்கை செயல் மரபணு படியெடுத்தல் மற்றும் தகவல்பெயர்வு (translation) என்ற இருநிலைகளில் நடைபெறுகிறது.

### மரபணு படியெடுத்தல் (Transcription)

- இந்த நிகழ்வின்போது DNA -வின் வடிவமைப்புச் செயலும் உட்கருவில் நிகழ்கின்றன. ஆனால் mRNAவில் உள்ள செய்தியின்(கார வரிசை) மரபுத் தகவல் பெயர்வு நிகழ்ச்சி மூலம் சைட்டோபிளாசுத்தில் காணப்படும் ரிபோசோம்களில் நிகழ்கிறது. மெய்யுட்கரு பெற்ற உயிரிகளில் (Eukaryotes) உருவாக்கம் mRNA-க்கள் ஒற்றைப் புரத உற்பத்திக்கான மரபுச் செய்திகளைப் பெற்று மாணோசிஸ்ட்ரோனிக் (monocistronic) தன்மை கொண்டவைகளாக உள்ளன.
- மரபணு படியெடுத்தலானது, படியெடுக்க வேண்டிய மரபணுவின் அமைவிடத்தில் உள்ள ஹைட்ரஜன் பிணைப்புகள் அகற்றப்பட்டு ஈரிழை DNA பிரிதலில் துவங்குகிறது.

### வார்ப்பு இழை / குறியீடு செய்யா இழை / வெளிப்பாடடையா இழை (Template Strand / Non coding Strand / Antisense Strand)

- DNA-வில் 3' → 5' திசையில் அமையப்பெற்ற, mRNA படியெடுத்தலுக்கு வார்ப்பாக அமைந்த இழை வார்ப்பு இழை எனப்படுகிறது. இந்த இழை வெளிப்பாடடையா இழை எனவும் அழைக்கப்படுகிறது.

### குறியீடு கொண்ட இழை / வார்ப்பில்லாத இழை / வெளிப்பாடடையும் இழை (Coding Strand / Non-Template Strand / Sense Strand)

- DNA-யின் வார்ப்பு இழைக்கு எதிராக 5' → 3' திசையிலமைந்த இழை குறியீடு உற்ற இழை எனப்படுகிறது.
- படியெடுக்கப்பட்ட mRNAயின் கார வரிசைக்கு இயைந்த கார வரிசையை (தைமினுக்கு பதிலாக யுராசில் கொண்டு) பெற்றிருப்பதே இப்பெயர் வரக் காரணமாகும்.
- படியெடுத்தல் நிகழ்விற்கு DNA-யில் அமைந்த ஒரு குறிப்பிட்ட கார வரிசை முன்னியக்கியாக (promoter) தேவைப்படுகிறது. இது TATA என்று அமைந்த

கார வரிசையாகும். எனவே இப்பகுதி **TATA பேழை** என அழைக்கப்படுகிறது. இந்த இலக்கிலிருந்து மட்டுமே mRNA படியெடுத்தல் நிகழ முடியும்.

- இதே போல் DNA-யில் எந்த இலக்கில் mRNA பாலிமரேஸ் நொதி படியெடுத்தல் நிகழ்வை நிறுத்திக் கொள்ள வேண்டும் என்பதை உணர்த்த உதவும் கார வரிசை ஒன்றும் உள்ளது. DNA-யின் இந்த இலக்கு **முடிவுநிலை தொடர் வரிசை (Termination sequences)** என அழைக்கப்படுகிறது.
- மெய்யுட்கரு பெற்ற உயிரிகளின் அமைப்பு மரபணு ஒன்று தனது முன்னியக்கியில் மூன்று பகுதிகளைப் பெற்றுள்ளது.

1. ஒழுங்குபடுத்தும் கூறுகள்
2. TATA பேழை
3. படியெடுத்தல் தொடக்க இலக்கு

### படியெடுத்தல்

- இவற்றுள் படியெடுத்தல் தொடக்க இலக்கு 25 கார வரிசைகளை இனங்கண்டறிய மேலோட்டத் தொடர்வரிசை TATAAT எனப்படும் TATA அல்லது ஹாக்னஸ் பேழை (Hogness box) மைய முன்னியக்கியாக காணப்படுகிறது. இவை படியெடுத்தல் நிகழ்வைக் கட்டுப்படுத்தும் புரதங்களாகும். இவற்றிற்குப் பொதுவான படியெடுத்தல் காரணிகள் (**General Transcriptional Factor - GTF**) என்று பெயர். சில படியெடுத்தல் காரணிகள் முன்னியக்கியுடன் நேரடியாகப் பிணைந்து கொள்கின்றன.
- வேறு சில படியெடுத்தல் காரணிகள் ஒழுங்குபடுத்தும் கூறுகளுடன் இணைந்து பின்னர் படியெடுத்தல் நிகழ்வைத் துரிதப்படுத்துகிறது.
- படியெடுத்தல் நிகழ்வு தொடங்க ஒழுங்குபடுத்தும் கூறுகள் உதவியால் RNA பாலிமரேஸ் மைய முன்னியக்கியை அடையாளம் காணுகிறது. இந்த ஒழுங்குபடுத்தும் கூறுகள் இரு பகுதிகளாகச் செயல்படுகின்றன.
  1. **தூண்டும் தொடர் வரிசை (Enhancer sequence)**- இது செயலூக்கும் வரிசை எனவும் அழைக்கப்படுகிறது. படியெடுத்தல் நிகழ்வை ஊக்கப்படுத்துவதே இதற்குக் காரணமாகும்.
  2. **அமைதிப்படுத்தும் தொடர் வரிசை (Silencer sequence)** - படியெடுத்தல் நிகழ்வை ஒடுக்க அல்லது குறைக்க உதவும் கார வரிசையாகும்.

**ஒருமித்த தொடர்வரிசை (Consensus sequence)** - ஒரு காரவரிசை மீண்டும் மீண்டும் ஓர் ஏற்கத்தக்க வரிசையில் ஒவ்வொரு அமைவிடத்திலும் அடிக்கடி அமைந்திருத்தல்.



- இதைத் தொடர்ந்து பொதுவான படியெடுத்தல் காரணிகள் (GTF) மற்றும் **RNA பாலிமேரேஸ் II** உடன் **வழிநடத்தி** (mediator) ஒன்றும் தேவைப்படுகிறது. இது தூண்டும் தொடர் வரிசை மற்றும் அமைதிப்படுத்தும் தொடர் வரிசைகளுடன் RNA பாலிமேரேஸ் II-வை பொருத்த உதவுகிறது.
- RNA பாலிமேரேஸ் DNA-வுடன் நேரடியாகப் பிணைந்து கொள்வதில்லை. மாறாகப் படியெடுத்தல் காரணிகளை அரிய உதவும் முன்னியக்கியுடன் முதலில் இணைந்து பின்னர் படியெடுத்தல் செயலை நிகழ்த்துகிறது. இதில் முன்னியக்கியானது
- DNA-விலுள்ள புரதத்திற்கான குறியீடு இலக்குகளைக் கண்டறிய உதவுகிறது.
- முன்னியக்கியுடன் இணைந்து RNA பாலிமேரேஸ் வழிநடத்தப் படியெடுத்தல் காரணி முக்கியப் பங்காற்றுகிறது. இதன் பின்னர் mRNA-விற்கான நியூக்ளியோடைட்கள் 5' → 3' திசையில் வரிசைப்படுத்தப்பட்டு RNA -யின் வளர் இழை உருவாக்கப்படுகிறது.
- மெய்யுட்கரு உயிரிகள் மூன்று வகையான RNA பாலிமேரேஸ் காணப்படுகிறது. இவை முறையே I, II மற்றும் III எனப் பெயரிடப்பட்டுள்ளன.

நொதி	உற்பத்தி
RNA பாலிமேரேஸ் I	ரிபோசோமின் பெரிய வகை RNAக்கள் (5S rRNA-வைத் தவிர)
RNA பாலிமேரேஸ் II	mRNA - க்களின் முன்னோடிகள் (இவை hnRNAக்கள் எனப்படுகின்றன)
RNA பாலிமேரேஸ் III	tRNA-க்கள், ரிபோசோமின் 5S RNA, உட்கருவின் சிறிய வகை snRNA-க்கள் (இவை snRNA-க்கள் எனப்படுகின்றன).

**முன்னோடி mRNA செயலாக்கத்தில் பக்குவப்பட்ட mRNA/RNA உருமாற்றத்தில் மூலக்கூறு செயல்முறை**

- மெய்யுட்கரு உயிரிகளிலுள்ள mRNA, tRNA, rRNA ஆகிய மூன்றும் முதல்நிலைப்படி எனப்படும் (primary transcript) முன்னோடி RNA-விலிருந்து உருவாக்கப்படுகின்றன. இந்த முன்னோடி RNA-வை படியெடுக்க RNA பாலிமேரேஸ் II உதவுகிறது. மாற்றுயிரி உட்கருசார் **RNA (heterogenous nuclear RNA)** அல்லது hnRNA எனப்படும் முன்னோடி RNA சைட்டோபிளாசத்தை வந்து அடைவதற்கு முன்பு உட்கருவில் பதப்படுத்தப்படுகிறது.

## நுனி மூடல் (Capping)

- முதல்நிலை RNA படியின் (hnRNA) 5' முனையில் மெத்தில் குளுக்கோசைன் டிரைபாஸ். :பேட் கொண்டு செய்யப்படும் சில மாற்றங்கள் நுனி மூடல் என்று அழைக்கப்படுகிறது.

### உள் மெத்திலாக்கம்

நுனிமூடலைத் தவிர்த்து mRNAவில் காணப்படும் உள் நியூக்ளியோடைட்களுடன் மெத்தில் தொகுதி இணைகிறது. மரபுச்செய்திப் பெயர்வு, மரபுச்செய்திப் பெயர்வு அல்லாத பகுதிகள், இண்ட்ரான்கள் மற்றும் எக்ஸான்கள் ஆகியவற்றில் உள் மெத்திலாக்க இலக்குகள் காணப்படுகின்றன.

### நுனி மூடலின் தேவை

1. RNA சிதைவைத் தடுக்க உதவுதல்
2. mRNA-யில் முன் அமைந்த முதல் இண்ட்ரான் நீக்க
3. mRNAவை உட்கருவிலிருந்து சைட்டோபிளாசுத்திற்கு கடத்துவதை ஒழுங்குபடுத்த
4. ரிபோசோமூடன் mRNA-வை பிணைக்க

### வால் உருவாக்கம் (Tailing / polyadenylation)

1. hnRNA படியினைத் தகவல்பெயர்வு செய்வதற்கு உதவுதல்
2. பாலிபெப்டைட்களை தோற்றுவிப்பதற்கு உதவுதல்
3. சைட்டோபிளாசுத்தில் mRNA-வின் நிலைத்தன்மையை அதிகரித்தல்

- மெய்யுட்கரு உயிரிகளின் DNA-வில் உள்ள புரதம் ஒன்றைக் குறியிடும் பகுதிகள் தொடர்ச்சியாக இருப்பதில்லை. மாறாகத் தனித் துண்டங்களாக அமைந்து மரபணுக்களாகக் காணப்படுகின்றன. இதனை ரிச்சர்டு J. ராபெர்ட்ஸ் மற்றும் ஃபிலிப் ஸார்ஃப் என்ற இரு அறிஞர்கள் 1977-ல் கண்டறிந்து, இக்கண்டுபிடிப்பிற்காக 1993-ல் நோபல் பரிசு பெற்றனர். ஒரு மரபணுவின் இத்துண்டங்கள் இண்ட்ரான்கள் (Introns) மற்றும் எக்ஸான்கள் (Exons) என்று அழைக்கப்படுகின்றன. இவற்றுள் எக்ஸான்கள் அமினோ அமிலங்களில் தொடர்வரிசைக்கான குறியீடுகளைப் பெற்ற துண்டங்களாகும். இவற்றிற்கிடையே அமைந்துள்ள இண்ட்ரான்கள் அமினோ அமிலங்களின் தொடர்வரிசைக்கான குறியீடுகள் எதையும் பெற்றிருப்பதில்லை. எனவே இவை உருக்கொடுக்கும் புரதங்கள், பாலிபெப்டைடுகள், நொதிகள் போன்ற எவற்றையும் உருவாக்க உதவுவதில்லை. இந்த எக்ஸான்களும் இண்ட்ரான்களும் தற்போது பிளவுபட்ட மரபணுக்கள் என அழைக்கப்படுகின்றன.

- தாவரங்களில் RNA-விலிருந்து புரதத்தை அமைக்க உதவாத இண்ட்ரான்கள் அகற்றப்பட்டு, எக்ஸான்கள் பின்னப்படும் செயலுக்கு RNA இயைத்தல் என்று பெயர். புரதங்கள் பலவற்றின் தொகுப்பாலான கோளவடிவ இயைத்தலுறுப்புகள் (Spliceosomes) என்ற துகள்கள் இதற்கு உதவுகின்றன. ஏறத்தாழ 40 முதல்

60 நானோ மீட்டர் விட்டம் கொண்ட துகள்களாக இவை உள்ளன. இவை, பல சிறிய உட்கரு RNAகளையும் (sn RNAs), சிறிய உட்கரு ரிபோநியூக்ளிய புரதத் துகள்களையும் (snRNPs) பெற்றவை. இவை இண்ட்ரான்களை இனமறியவும் நீக்கவும் உதவுகின்றன.

- ரிசோசைம் (Ribozymes) என்ற நொதியின் உதவியோடு, இயைத்தலுறுப்பு, இண்ட்ரான்களை அகற்றுகிறது. அதன் பின்னர் பக்குவப்பட்ட mRNA இயைத்த உறுப்பைவிட்டு வெளிவந்து, உட்கரு துளை வழியாக உட்கருவை விட்டுச் சைட்டோபிளாஸத்தை அடைந்து அங்குள்ள ரிபோசோம்களுடன், மரபுத்தகவல் பெயர்விற்காக இணைந்து கொள்கிறது. புரதங்கள் RNA-க்கள் ஆகிய அனைத்தும் உட்கருதுளை வழியாகச் சைட்டோபிளாசத்திற்குக் கடத்தப்படுவது ஆற்றல் சார்ந்த ஒரு செயலாகும்.

### மரபுத் தகவல் பெயர்வு (Translation)

- DNA-யில் உள்ள மரபுத் தகவல்களைப் பிரதி செய்து எடுத்துவரும் mRNA ரிபோசோமில் பிணைந்து பாலிபெப்டைடுகளை உருவாக்க உதவுகிறது. mRNA-வில் உள்ள நியூக்ளியோடைட் தொடர் வரிசை குறியீடுகள், புரதத்தில் உள்ள அமினோ அமிலத் தொடர் வரிசைக்கான குறியீடுகளாக, ரிபோசோமின் செயலாக்கத்தால் மாற்றப்படும் நிகழ்விற்கு மரபுத் தகவல் பெயர்வு என்று பெயர்.

### புரதச் சேர்க்கையில் கையாளப்படும் சொல்லாக்கங்கள் குறியன் (Codon):

- DNA-யில் அடுத்தடுத்து அமைந்துள்ள மூன்று நியூக்ளியோடைட்கள் அமினோ அமிலம் ஒன்றிற்குரிய குறியீடாகக் கருதப்படுகிறது. இதற்கு முக்குறியீடு (Triplet code) என்று பெயர். படியெடுத்தலுக்குப்பின் mRNA-யில் உள்ள குறியன்கள் 5' → 3' திசையில் படித்தறியப்பட்டு அமினோ அமிலத் தொடர் வரிசையாக மாற்றப்படுகிறது. மொத்தம் 64 குறியன்கள் உள்ளன. இவற்றுள் 61 குறியன்கள் அமினோ அமிலங்களைக் குறிக்கும் குறியன்களாகும். UAA, UAG மற்றும் UGA ஆகிய குறியன்கள் எந்த அமினோ அமிலங்களைக் குறிப்பதில்லை. எனவே இவை பொருள் உணர்த்தாக் குறியன்கள் எனப்படுகின்றன.

- தொடக்கக் குறியன் (Start codon) – AUG மெத்தியோனின் என்ற அமினோ அமிலத்தைக் குறிக்கும் குறியன் தொடக்கக் குறியன் எனப்படுகிறது.

- நிறுத்த அல்லது இறுதி செய்யும் குறியன் (Stop or Termination codon): ஆக்ரி எனப்படும் UAA, ஆம்பெர் எனப்படும் UAG, ஓபல் எனப்படும் UGA ஆகிய குறியன்கள் எந்தவித அமினோ அமிலத்தையும் குறிக்காத, பொருள் உணர்த்தாக் குறியன்களாகும். இவை நிறுத்த அல்லது இறுதி செய்யும் குறியன்கள் எனப்படுகின்றன.

- எதிர்குறியன்கள் (Anticodons): அமினோ அமிலங்களைத் தாங்கி வரும் t RNA எனப்படும் மாற்று RNA-யில் உள்ள அடுத்தடுத்தமைந்த மூன்று

நியூக்ளியோடைட்கள் எதிர்குறியன் எனப்படுகிறது. இது mRNA-வில் உள்ள ஒவ்வொரு குறியனுக்கும் இணை ஒத்தாக உள்ளது. mRNA-யில் உள்ள குறியன்கள் tRNA-வின் எதிர்க் குறியன்களால் tRNA -யின் 3' → 5' திசையில் இனமறியப்படுகின்றன.

## மரபுத் தகவல் பெயர்வின் செயலாக்கம்

இது கீழ்க்கண்ட முதன்மையான படிகளில் நிகழ்கிறது.

### I. துவக்கமடைதல் (Initiation)

- தூதுவ RNA எனப்படும் mRNA-யின் AUG என்ற குறியன் மரபுத் தகவல் பெயர்வைத் தொடங்கி வைக்கும் குறியன்களாகும். பெரு மூலக்கூறுகள் அடங்கிய ரிபோசோம் என்ற சைட்டோபிளாஸ நுண்உள்ளுறுப்பில் மரபுத்தகவல் பெயர்வு நிகழ்கிறது. பெரிய துணை அலகு சிறிய துணை அலகு என இரு கூறுகளைப் பெற்ற இது சவ்வு சூழப்படாத நுண் உள்ளுறுப்பாகும். தகவல் பெயர்வு சமயத்தில் மட்டுமே இந்த இரு துணை அலகுகளும் இணைந்து, mRNA-வை பிடித்துவைக்க உதவுகின்றன. பின்னர் mRNA-வில் உள்ள குறியன்களை படித்தறிவதன் மூலம் புரதச்சேர்க்கை நிகழ்வு தொடங்குகிறது. அமினோ அமிலங்களை ரிபோசோமிற்குக் கொண்டு வந்து mRNA-வில் உள்ள மரபுத்தகவல்களுக்கு ஏற்ப வரிசைப்படுத்த உதவும் மூலக்கூறு இயக்கிகளாக மாற்று RNA-கள் என்ற tRNAகள் செயல்படுகின்றன. ரிபோசோம் RNA எனப்படும் rRNA அமைப்பு மற்றும் வினையூக்கி செயலாக்கத்தில் முக்கியப் பங்காற்றுகிறது.
- ரிபோசோம் ஒவ்வொன்றும், mRNA-வை பிணைத்து வைக்க உதவும் இலக்கு ஒன்றையும், tRNA-வை பிணைத்து வைக்கத் தேவையான இரு இலக்குகளையும் பெற்றுள்ளது. tRNA-வை பிணைத்து வைக்க உதவும் இரு இலக்குகளில் ஒன்று P-இலக்கு என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன.
  - i. P-இலக்கு-பெப்டிடைல் tRNAவை பிணைக்கும் இலக்கு இதுவாகும். இவ்விலக்கில் உள்ள tRNA, வளரும் பெப்டைடு சங்கிலியின் அடிநுனியுடன் இணைந்துள்ளது.
  - ii. A-இலக்கு – அமினோ அசைல் tRNA பிணைக்கும் இலக்கு இதுவாகும். இவ்விலக்கில் உள்ள tRNA, உள் கொண்டு வரப்படும் அமினோ அமிலங்களான அமினோஅஸில் பிணைப்பின் மூலம் தாங்கி வருகிறது. இந்த இலக்குகளில் tRNAவின் எதிர்க்குறியன்கள் mRNAவின் குறியன்களுடன் இணைந்து கொள்கிறது.

### 2. பாலிபெப்டைட் சங்கிலி நீட்சியடைதல் (Elongation of polypeptide chain)

- ரிபோசோமின் P மற்றும் A இலக்குகள் அருகருகே உள்ளதால் அங்கு அமையும் tRNA-களை, mRNAயின் அருகமைந்த இணை ஒத்த குறியன்களுடன் கார

இணை சேர ஏதுவாகிறது. mRNA-வின் நியூக்ளியோடைட் தொடர்வரிசைக்கு ஏற்பக் குறியன்களும் எதிர்க்குறியன்களும் இணைசேர்ந்து பாலிபெப்டைட் சங்கிலி உருவாகிறது.

- **மரபணு குறியீடு பெயர்ப்பிகள் (Translators of the genetic code - tRNA):** tRNA கள், மரபணுக் குறியீடு பெயர்ப்பிகளாக இருந்து, மரபணுக் குறியீடான நியூக்ளிக் அமிலத் தொடர்வரிசையை அமினோஅமிலத் தொடர் வரிசையாக மாற்றுகின்றன. அதாவது மரபணுவிலிருந்து பாலிபெப்டைட்கள் தோன்ற உதவுகின்றன.
- tRNAவுடன் அமினோ அமிலம் ஒன்று அஸில் தொகுப்பால் இணைந்து, தூண்டப்பட்ட அமினோ அஸில் tRNA முதலில் உருவாகிறது. இந்நிகழ்ச்சிக்குத் தேவையான ஆற்றலை ATP தந்து உதவுகிறது. mRNA-வின் தொடக்கக் குறியான AUG மரபுத் தகவல் பெயர்வைத் தொடங்கி வைக்கிறது. இது மெத்தியோனின் அமினோ அமிலத்திற்குரிய குறியனாகும். இதற்கு இணை ஒத்த எதிர் குறியனைப் பெற்ற tRNA இந்த அமினோ அமிலத்தைத் தாங்கி வந்து ரிபோசோமின் P-இலக்கில் அமர்கிறது.
- அலனின் அமினோ அமிலத்திற்கான எதிர்க்குறியனைத் தாங்கிய இரண்டாவது tRNA மூலக்கூறு, ரிபோசோமின் A-இலக்கில் பிணைந்து அங்கு அமைந்துள்ள mRNA-யின் இணை ஒத்த குறியனுடன் இணை சேரும்போது **மெத்தினோனின்** மற்றும் **அலனைன்** அருகருகே கொண்டு வரப்படுகின்றன. பின்னர் அவற்றிற்கிடையே பெப்டைடு இணைவு தோன்றுகிறது.
- இத்தருணத்தில் P-இலக்கில் உள்ள tRNA –விற்கும் **மெத்தியோனின்** அமினோ அமிலத்திற்குமிடையே உள்ள அஸில் பிணைப்பு துண்டிக்கப்பட்டு முதல் tRNA ரிபோசோமின் p-இலக்கைவிட்டு விலகுகிறது. பின்னர் mRNA இழையின் ஒருகுறியன் தூரம் (மூன்று கார வரிசை தூரம்) ரிபோசோம் நகர்கிறது. இதனால் மெத்தியோனின் - **அலனைன்** தாங்கிய இரண்டாவது tRNA P-இலக்கிற்குக் கொண்டு வரப்படுகிறது. இதற்கிடையில் மூன்றாவது tRNA அதற்குரிய மூன்றாவது அமினோ அமிலமான **சீரானுடன்** A-இலக்கில் வந்தடைகிறது. பின்னர் அலனின் மற்றும் சீரானுக்குமிடையே பெப்டைடு இணைவு ஏற்படுகிறது.
- இதனை அடுத்து ரிபோசோம், mRNA யின் மூன்று கார வரிசை தூரம் நகர்ந்து, A-இலக்கில் உள்ள மூன்று அமினோ அமிலங்களைப் பெப்டைட் இணைவில் பெற்ற பெப்டைடில் tRNA, P-இலக்கிற்குக் கொண்டு வரப்படுகிறது. இதனால் A இலக்கு காலி செய்யப்பட்டு அவ்விடத்திற்கு அடுத்த அமினோஅஸில் RNA கொண்டு வரப்படுகிறது.
- இவ்வாறு tRNA A-இலக்கிலிருந்து, P-இலக்கிற்கு நகர்வது ரிபோசோமல் **இடப்பெயர்வு** எனப்படுகிறது. இந்த இடப்பெயர்விற்குத் தேவைப்படும் ஆற்றலை GTP-கொடுத்து உதவுகிறது.

- பாலிபெப்டைட் உருவாக்கத்திற்காக அமினோ அமிலங்களுக்கிடையே பெப்டைடு பிணைப்பை ஏற்படுத்தும் ரிபோசோமில் உள்ள ரிபோசைம் - பெப்டைடில் டிரான்ஸ்பெரேஸ் என்ற நொதி உதவுகிறது. ரிபோசோம், mRNA-வின் 5' → 3' திசையில் மூன்று காரவரிசை தூரம் படிப்படியாக நகரும்போது அமினோ அமிலங்கள் ஒன்றன்பின் ஒன்றாக, mRNAயின் வழிகாட்டலின்படி, பெப்டைட் இணைவின் மூலம் பிணையுற்று பாலிபெப்டைடாக இடப்பெயர்வடைகிறது. மரபு தகவல் பெயர்வு ஒரு ஆற்றல்சார் தேவை செயலாக்கம். துரிதமாகப் புரதச்சேர்க்கை நிகழும்போது ஒரு mRNA-யில் பல ரிபோசோம்கள் இணைவுற்று கணக்கற்ற பாலிபெப்டைடுகள் உருவாகின்றன. இவ்வாறு பல ரிபோசோம்கள் ஒரு mRNA-யுடன் இணைவு பெற்ற நிலைக்குப் பாலிசோம்கள் அல்லது பாலிரிபோசோம்கள் என்று பெயர்.

### 3. பாலிபெப்டைட் உற்பத்தி முடிவடைதல் (Termination of polypeptide synthesis)

- முடிவுறுத்தம் குறியன்களான UAA, UAG அல்லது UGA இவற்றில் ஏதேனும் ஒன்று ரிபோசோமின் A-இலக்கிற்கு வந்தடையும்போது, சைட்டோபிளாஸ் புரதங்களில் ஒன்றான விடுவிக்கும் காரணி (release factors) அதனை இமறிய உதவுகிறது. இந்த முடிவுறுத்தம் குறியன் ரிபோசோமை அடைந்ததும் புரதச்சேர்க்கை முடிவுக்கு வருகிறது. ஆகவே ரிபோசோம்கள் செல்லின் புரத உற்பத்தி தொழிற்சாலை எனப்படுகிறது. அத்துடன் ரிபோசோமின் இணை துணை அலகுகளும் பிரிந்து, பிணையுற்றிருந்த mRNA விடுவிக்கப்படுவதுடன் உருவான பாலிபெப்டைட் mRNA-வை விட்டு விலகுகிறது.

### தாவரங்களில் மாற்றுமுறை RNA இயைத்தல் (Alternative Splicing in plants)

- தாவரங்களில் சூழல் அழுத்தங்களால் ஏற்படும் விளைவுகளிலிருந்து விடுபடுதலுக்குச் சீராக்கி மரபணு வெளிப்பாடு உதவுகிறது.
- படியெடுக்கப்பட்ட mRNA ஒன்றின், இயைத்தல், களங்களை, வெவ்வேறு இலக்குகளில் தெரிவு செய்து இயைத்தல் செய்யப்பட்ட mRNA-கள் உண்டாகின்றன. இந்நிகழ்விற்கு மாற்றுமுறை RNA இயைத்தல் என்று பெயர். இவ்வாறு உருவான பல்வேறுவகை mRNAகளிலிருந்து வேறுபட்ட புரதமூலக்கூறுகள் தோன்றுதலுக்கு ஒத்த உருபுரதங்கள் என்று பெயர். மாற்றுமுறை RNA இயைத்தலில் பலமுறைகள் காணப்படுகின்றன. ஒரு மரபணுவிலிருந்து உருவாகும் இப்பலதரப்பட்ட புரதங்கள் ஒத்த வகையினப் புரதங்களாகக் கருதப்படுகின்றன அதிக எண்ணிக்கையில் இண்ட்ரான்கள் உள்ள mRNA-வில் இயைத்தல் நடைபெறும்போது இச்செயல் நிகழ்கிறது.

### மாற்று முறை இயைத்தலின் முக்கியத்துவம்

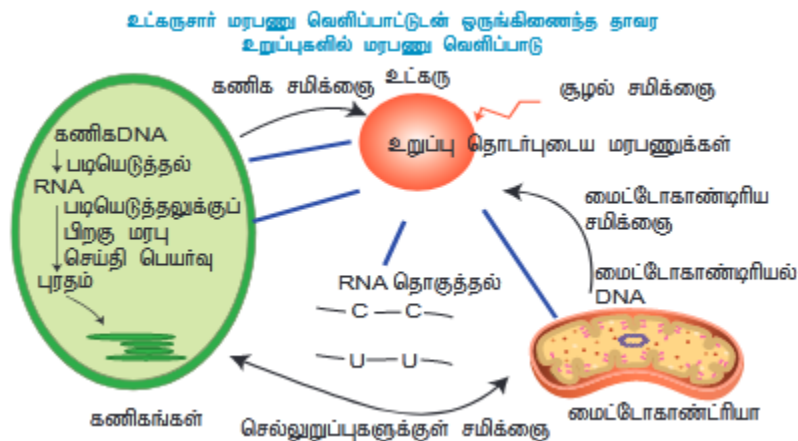
- மாற்றுமுறை இயைத்தலினால் உருவாகும் பலவகைப்பட்ட mRNA களினால், பல்வேறு வகையில் அமினோ அமில வரிசைகளைப் பெற்றும் மேலும் செயல்பாட்டில் வேறுபட்ட புரதங்கள் உருவாகின்றன.

- ஒரு மரபணுவிலிருந்து ஒத்த உரு பெற்ற பல்வேறு புரதங்கள் தோன்றுகின்றன.
- ஒரு மரபணுவிலிருந்து பல mRNA படிக்கள் தோன்றுகின்றன. மரபணு ஒன்றின் விளைபொருட்களின் எண்ணிக்கை அதிகமாகிறது.
- குழல் நிர்பந்தங்களைச் சமாளித்து அதற்கேற்ற தக அமைவுகளைப் பெற இது உதவுகிறது. அதாவது குழலுக்கேற்ற பண்பைத் தேர்வு செய்ய இது உதவுகிறது.

### RNA - திருத்தப்படுதல் (RNA Editing) - தாவரங்களில் படியெடுத்தல் நிகழ்விற்குப் பின் நிகழும் RNA செயலாக்கம் (Post Transcriptional RNA Processing in Plants)

- குறிப்பிட்ட புரதத்தை உருவாக்குவதற்காகப் படியெடுக்கப்பட்ட mRNA-வில் நியூக்ளியோடைட் ஒன்றைச் செருகுதல், நீக்குதல் அல்லது பதிலீடு செய்தல் நிகழ்வுகளின் மூலம், உருவாக்கப்படும் பாலிபெப்டைடின் அமினோஅமில தொடர்வரிசையில் மாற்றங்களை உண்டாக்குவதே இந்நிகழ்வாகும். முடிவாக உருவாகும் RNA-யில் அமினோ அமிலங்களைக் குறியீடு செய்யும் தொடர்வரிசை மாற்றப்படுவதால் தேவையான புரதத்தைப் பெறமுடிகிறது. பசுங்கணிகத்தின் மரபணுத்தொகையத்தில் குறியீடு செய்யப்பட்டு மரபுச்செய்தி, mRNA படியெடுத்தலுக்குப்பின் மாற்றியமைக்கப்படுதல் ஒரு குறிப்பிட்ட இலக்கில் மட்டுமே நிகழ்வது குறிப்பிடத்தக்கது. இந்த இலக்கு C → U இலக்காகும். அதாவது சைட்டோசின் காரத்திற்குப் பதிலாக யுராசில் காரம் அமைவதாகும்.

### RNA - திருத்தப்படுதல் - தாவரங்களில் படியெடுத்தல் நிகழ்விற்குப் பின் நிகழும் RNA வரிசை



இதே போன்ற திருத்தம் மைட்டோகாண்டிரியத்தில் நிகழ்வதும் கண்டறியப்பட்டுள்ளது. இவை இரண்டிலும் நிகழும் திருத்தம் பிரிமிடின் இடமாற்றம் என அழைக்கப்படுகிறது. அதாவது ஒரு பைரிமிடினுக்குப் பதிலாக மற்றொன்று

மாற்றீடு செய்யப்படுதலாகும். இருவகையான RNA திருத்தியமைதல் அறியப்பட்டுள்ளது. (1) பதிலீடு திருத்தம்: மைட்டோகாண்ட்ரியங்கள், பசுங்கணிகங்களில் காணப்படும் பிரிமிடின் இடமாற்றம் இதற்கு எடுத்துக்காட்டாகும். (2) செருகல் அல்லது நீக்கல் திருத்தம்: இங்குப் புதியதாக ஒரு நியூக்ளியோடைட் இடையே செருகப்படுகிறது அல்லது முன்பிருந்த ஒரு நியூக்ளியோடைட் நீக்கப்படுகிறது.

### RNA திருத்தப்படுதலின் வகைகள்

ஆண்டு	Editing வகை	தாவரச்செல்லின் உள்ளூறுப்பு	இலக்கு	முடிவு
1989	C → U	தாவர மைட்டோகாண்ட்ரியா	mRNA	அமினோ அமிலங்களைப் பாதுகாத்தல் கோடான்களில் ஏற்படும் பல வேறுபாடுகள்
1990	U → C	தாவர மைட்டோகாண்ட்ரியா	mRNA	முதல் மேற்கோள் editing (U → C)
1991	C → U	தாவர பசுங்கணிகம்	mRNA	பசுங்கணிகத்தின் முதல் மேற்கோள்

### RNA திருத்தப்படுதலின் முக்கியத்துவம்

1. உயர் தாவரங்களின் பசுங்கணிகத்தில் பேணப்பட வேண்டிய அமினோ அமிலங்களை மீட்டெடுக்க இச்செயல் உதவுகிறது. தொடக்கக் குறியன் மற்றும் முடிவு குறியன் ஆகியவை இதில் உள்ளடங்கும்.
2. செல் நுண்உள்ளூறுப்புசார் மரபுப்பண்பு வெளிப்பாட்டைத் தாவரங்களில் ஒழுங்குபடுத்த உதவுகிறது.
3. பரிணாமத் தோற்ற வளர்ச்சியில் பேணப்பட்ட அமினோ அமில எச்சங்களுக்குரிய மரபு குறியன்களை மீட்டெடுக்க இது உதவுகிறது.

### தாவும் மரபணுக்கள் (Jumping genes)

#### தாவும் மரபணுக்களைப் பற்றி கேள்விப்பட்டிருக்கிறீர்களா?

- ‘இடமாற்றமடையும் மரபணுசார்கூறு’ எனவும் இது அழைக்கப்படுகிறது. மரபணு தொகையத்தில், ஓரிடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்கு இடம்பெயரும் DNA தொடர் வரிசைகள் இவ்வாறு அழைக்கப்படுகின்றன. இதனை 1948-ஆம் ஆண்டு பார்பரா மெக்ளின்டாக் என்ற அமெரிக்க மரபியலாலர், மக்காச்சோளத் தாவரத்தில் கண்டறிந்து ‘இடம்பெயரும் கட்டுப்படுத்திக் கூறுகள்’ எனப் பெயரிட்டார். 20-ஆம் நூற்றாண்டின் மரபணு உருஅமைப்பிற்கான ஆய்வுகளில் பெரியதொரு மாற்றத்தினை இவரின் கண்டுபிடிப்பு ஏற்படுத்தியதால், 1983-ஆம் ஆண்டிற்கான நோபல் பரிசு இப்பெண்மணிக்கு வழங்கப்பட்டது. பார்பரா



மெக்ளின்டாக் சோள விதையுறைகளில் தனித்த அல்யூரான் செல்களை ஆய்வு செய்தபோது வாக்யூலார் ஆந்தோசயனின் உற்பத்தியால் வேறுபட்ட வண்ணங்கொண்ட நீலம், பழுப்பு மற்றும் சிவப்பு புள்ளிகளுடன் நிலையற்ற பாரம்பரியமாதலைக் கண்டறிந்தார்.

- சோளத்தாவரத்தின் மரபணுதொகையத்தில் Ac/Ds என்ற தாவும் மரபணுக்கள் காணப்படுகின்றன. இவற்றுள் Ac செயலூக்கியாகவும், Ds தொடர்புறுக்கும் காரணியாகவும் உள்ளன. இவை இரண்டில் Ac தனித்துவமானது. உடலச் செல்களில் இது Dsவுடன் சேர்ந்துள்ள நிலையில், சோள விதையின் வண்ணத்திற்கான ஒங்கு மரபணு உள்ள இடத்திற்கு இடமாற்றமடைந்து, அதனைச் செயல்படாத மரபணுவாக மாற்றி வண்ணமற்ற விதைகள் தோன்றச் செய்கிறது. எனவே சீரான வண்ணம் கொண்ட விதைக்குப் பதிலாகத் திட்டுத்திட்டான வண்ணம் கொண்ட விதைகள் தோன்றக் காரணமாகிறது. இந்த Ac - Ds கூறுகளை இடம்பெயரும் கட்டுப்படுத்திக் கூறுகள் என மெக்ளின்டாக் எடுத்துரைத்தாலும், சோளம் பற்றிய மரபணு ஆய்வாலான அலெக்ஸாண்டர் பிரிங் என்பவர் இடமாற்றக் கூறுகள் (Transposable elements) எனப் பெயரிட்டார். மரபணுத்தொகையங்கள் நிலைத்தன்மையுடையவை அல்ல, மாறாக நெகிழ்வுத்தன்மையுடையவை என்பதற்கான ஆதாரமாக விளங்கும் சோதனை மெக்ளின்டாக்கின் சோதனையே ஆகும்.

#### இடமாற்றக் கூறுகளின் முக்கியத்துவம்:

1. புலப்படக்கூடிய சடுதி மாற்றங்களை, மற்றும் உயிரினத்தின் சடுதி மாற்ற வீதத்தைக் கண்டறிய இவை உதவுகின்றன.
2. பரிணாமத்தில் மரபணுசார் பன்மங்கள் உண்டாக இவை வழிவகுக்கின்றன.
3. மரபணுசார் ஆய்வுகளில் இவை சடுதிமாற்றிகளாகவும் நகலாக்கத்தின் அடையாளங்களாகவும், ஒரு மாதிரி உயிரினத்தினுள் அன்னிய DNA-வைப் புகுத்த உதவும் தாங்கிக் கடத்திகளாகவும் சிறந்த முறையில் கையாளப்படுகின்றன.

**தாவர மரபணு தொகையம் (Plant genome)** - ஓர் உயிரினத்தில் காணப்படும் மொத்த மரபணுக்கள் மற்றும் அவற்றிற்கிடையே அமைந்த பகுதிகள் ஆகிய அனைத்திற்கும் உரிய ஒட்டு மொத்த DNA அவ்வுயிரியின் மரபணுத்தொகையம் எனப்படுகிறது. உயிரினம் ஒன்றின் உயிரியல்சார் செயல்களுக்கான செய்திகளைக் குறிப்பதாக இது உள்ளது. தாவர மெய்யுட்கரு உயிரிகள் மூன்று தனிப்பட்ட மரபணு தொகையங்களைப் பெற்றுள்ளன. (1) உட்கரு மரபணு தொகையம் (2) மைட்டோகாண்ட்ரிய மரபணுத்தொகையம் (3) பசுங்கணிக மரபணு தொகையம் தாவரங்களில் மட்டும் காணப்படுகிறது.

**அராபிடாப்சிஸ் தாலியானா - சுவரொட்டிக் கொடி வகை (Thale cress) - எலி காது தாவரம்**

1. மரபணுவியல் மற்றும் மூலக்கூறின் படிம வளர்ச்சியை அறிந்து கொள்ள உதவும் ஒரு மாதிரித்தாவரம் இதுவாகும்.
2. மரபணு தொகையம் முழுவதுமாகத் தொடர்வரிசைப்படுத்தப்பட்ட முதல் பூக்கும் தாவரமாகிய இது கடுகு குடும்பத்தைச் சேர்ந்தது.
3. ரிபோசோம் DNA வில் காணப்படும் உட்கருமணி அமைப்பான்களின் இரு பகுதியும் ரிபோசோமல் RNA-வைக் குறிக்கிறது. இது 2 மற்றும் 4-வது குரோமோசோம்களின் விளிம்பில் காணப்படுகிறது.
4. குறைந்த அளவு மரபணுத்தொகையம் பெற்ற அதாவது 10 குரோமோசோம்களை இருமடியாகப் பெற்ற ( $2n = 10$ ) தாவரம் இதுவாகும். ஓராண்டில் பல சந்ததிகளை உண்டாக்கும் தாவரமாகிய இது மரபணுசார் பகுப்பாய்விற்குப் பயன்படக்கூடியதாக உள்ளது. இதன் மரபணு தொகையத்தில் தொடர் DNA (Repetitive DNA)- யின் அளவு குறைவாகவே உள்ளது. 60 விழுக்காட்டிற்கும் மேலான DNA, தாவரத்தின் புரதங்களுக்குரிய குறியீடு பெற்றதாக இருப்பது குறிப்பிடத்தக்கது.
5. ஆய்வகங்களில் எளிதில் வளரக்கூடிய இத்தாவரம் மிகச் சிறியதாகவும், தற் கருவுறும் தாவரமாகவும், ஓராண்டு வாழும் நீள் நாள் தாவரமாகவும், அதிக விதைகளை உருவாக்கும் குறுகிய வாழ்க்கைச்சூழல் பெற்ற தாவரமாகவும் உள்ளது (ஆறு வாரங்கள் மட்டும்). தூண்டப்பட்ட சடுதிமாற்றங்களை இத்தாவரத்தில் எளிதில் மேற்கொள்ளலாம். மரபணுத்தொகைய வளம் இதில் அதிகமிருப்பதால் மரபுத்தோற்ற மாற்றங்களை எளிதில் மேற்கொள்ளலாம்.
6. நுண்புவி ஈர்ப்பு உள்ள இடங்களில் அதாவது விண்வெளியில் இத்தாவரம் வெற்றிகரமாகத் தனது வாழ்க்கைச்சூழலை முடிக்கிறது என்பதை 1982-ஆம் ஆண்டில் செய்யப்பட்ட சோதனைகளே நிரூபித்துள்ளன. மனிதனுடன் கூட்டாளியாக இத்தாவரத்தை அனுப்பி விண்வெளி ஆய்வு செய்ய முடியும் என்பதை இது காட்டுகிறது.

## அலகு - 4

### உயிரிதொழில்நுட்பவியல் நெறிமுறைகளும் செயல்முறைகளும்

- உயிரிதொழில்நுட்பவியல் என்பது பயன்பாட்டு உயிரியல் செயல்முறை அறிவியலாகும். முனித இனத்திற்கும் மற்ற உயிரினங்களுக்கும் பயன்படக்கூடிய அறிவியல் வளர்ச்சி, உயிரியல் செயல்முறைகளின் பயன்பாடு, அமைப்பு மற்றும் தொகுதி எனக் கூறலாம். 1919 ஆம் ஆண்டு ஹங்கேரிய பொறியாளரான கார்ல் ஏர்கி என்பவரால் உயிரிதொழில் நுட்பவியல் என்ற சொல் உருவாக்கப்பட்டது. உயிரிதொழில் நுட்பவியல் என்ற சொல் உருவாக்கப்பட்டது. உயிரிதொழில்நுட்பவியல் என்பது உயிரினங்கள், திசுக்கள், செல்கள், நுண்ணுறுப்புகள் அல்லது தனிமைபடுத்தப்பட்ட மூலக்கூறுகளான நொதிகளை பயன்படுத்தி உயிரியல் அல்லது பிற மூலக்கூறுகளை அதிக மதிப்புடைய பொருட்களாக மாற்றும் செயல்பாடுகளை உள்ளடக்கியதாகும்.

#### உயிர்தொழில்நுட்பவியலின் வளர்ச்சி

- கடந்த நூற்றாண்டுகளில் உயிரிதொழில் நுட்பவியல் மிக அபரிமிதமான வளர்ச்சியைப் பெற்றுள்ளது. இவ்வளர்ச்சியானது வழக்கமான அல்லது பாரம்பரிய உயிரிதொழில்நுட்பவியல் மற்றும் நவீன உயிரிதொழில்நுட்பவியல் எனும் இரு தலைப்புகளின் கீழ் நன்கு புரிந்துக்கொள்ள இயலும்.

#### 1. வழக்கமான அல்லது பாரம்பரிய உயிரிதொழில்நுட்பவியல்

- நம் மூதாதையர்களால் உருவாக்கப்பட்ட சமையலறை தொழில்நுட்பம் தான் இது. இத்தொழில்நுட்பத்தில் பாக்டீரியங்களையும், நுண்ணுயிரிகளையும் பயன்படுத்தி தயிர், நெய், பாலாடைக்கட்டி போன்ற பால்சார் பொருட்களும், இட்லி, தோசை, நாண், ரொட்டி, பிச்சா போன்ற உணவுப் பொருட்களும் தயாரிக்கப்படுகின்றன. பாரம்பரிய உயிரிதொழில்நுட்பம் ஓயின், பீர் போன்ற மதுபானத் தயாரிப்பிலும் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

- 18ஆம் நூற்றாண்டுகளில் அறிவியல் மற்றும் தொழில்நுட்ப முன்னேற்றத்தின் காரணமாக சமையலறைத் தொழில்நுட்பம் அறிவியல் பூர்வ மதிப்பைப் பெற்றது.

#### 2. நவீன உயிரிதொழில்நுட்பவியல்

- நவீன உயிரிதொழில்நுட்பம் இரு முக்கிய அம்சங்களைக் கொண்டுள்ளது. இவை பாரம்பரியத் தொழில்நுட்பத்திலிருந்து வேறுபட்டவை.

(i) மறுகூட்டிணைவு DNA தொழில்நுட்பத்தின் மூலம் குறிப்பிட்ட தேவைக்காக புதியத் தயாரிப்புகள் பெறுவதற்கு மரபணு மாற்றம் செய்யப்படுதல்.

(ii) புதிதாக உருவாக்கப்பட்ட தொழில்நுட்பத்தின் உரிமை மற்றும் அதன் சமூகத் தாக்கம். இன்றையக் காலகட்டத்தில் உயிர்தொழில்நுட்பவியல்

மூலம் உலகெங்கும் ஒரு பில்லியன் டாலர் வர்த்தகம் நடைபெறுகிறது. மருந்து நிறுவனங்கள், மதுபானத் தொழிலகங்கள், வேளாண் தொழிற்சாலைகள் மற்றும் பிற உயிரிதொழில்நுட்பம் அடிப்படையிலான தொழில்கள் அவற்றின் தயாரிப்புகளின் முன்னேற்றத்திற்காக உயிரிதொழில்நுட்பக் கருவிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

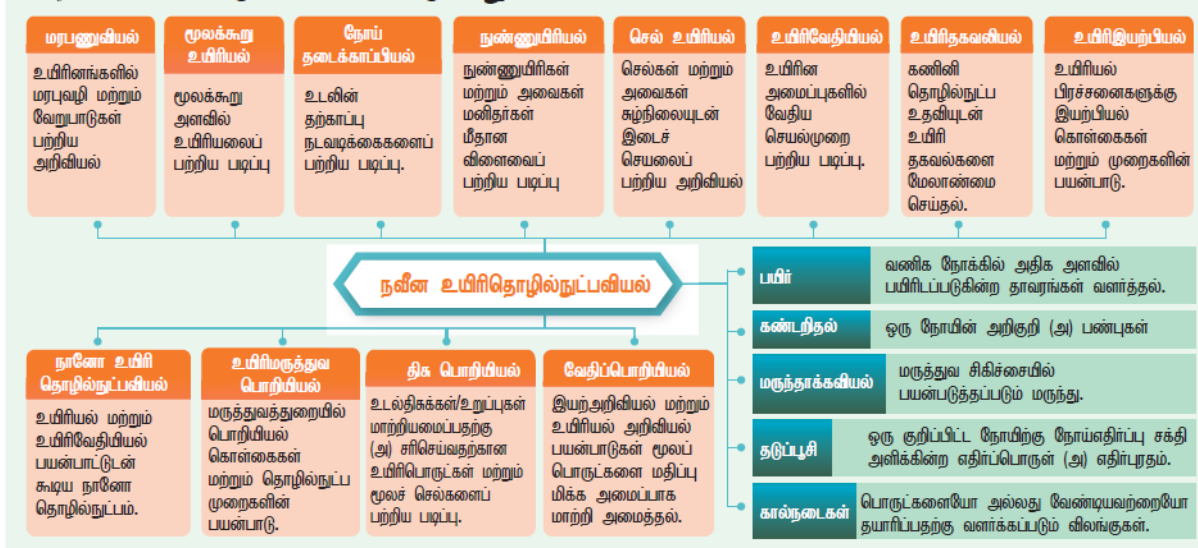
- நவீன உயிரிதொழில்நுட்பவியல் மறுகூட்டிணைவு DNA தொழில்நுட்பம் மூலம் ஏற்படும் மரபணு மாற்றம் மட்டுமின்றி செல்லிணைவுத் தொழில்நுட்பத்தின் அனைத்து வழிமுறைகளையும் உள்ளடக்கியது. உயிரிதொழில்நுட்பவியலின் முக்கிய அம்சங்களாவன பின்வருமாறு:
- நொதித்தல் : அமிலங்கள், நொதிகள், ஆல்கஹால்கள், உயிரி எதிர்ப்பொருட்கள், நுண் வேதியப்பொருட்கள், வைட்டமின்கள் மற்றும் நச்சுப் பொருட்களின் உற்பத்தி.
- ஒற்றை செல் புரதம், ஆல்கஹால் மற்றும் உயிரி எதிர்ப்பு பொருள் பெருமளவில் உற்பத்தி செய்வதற்கான உயிரித்திரள்
- நொதிகள் பதப்படுத்தும் தொழிற்சாலைகளில் உயிரி உணர்விகளாக செயல்படுதல்.
- ஹைட்ரஜன், ஆல்கஹால், மீத்தேன் போன்ற உயிரி எரிபொருள் உற்பத்தியில் நுண்ணுயிரி உட்புகட்டல்கள் (Inoculants) உயிரி உரங்கள் மற்றும் நிலைநிறுத்திகளாக
- இரண்டாம் நிலை வளர்ச்சிதைப் பொருட்கள் மற்றும் மானோகுளோனல் ஆண்டிபாடி (Monoclonal Antibody) உற்பத்திக்கு தாவர மற்றும் விலங்கு செல் வளர்ப்பு.
- நுண்வேதியப்பொருட்கள், நொதிகள், தடுப்பூசிகள், வளர்ச்சி ஹார்மோன்கள், உயிரி எதிர்ப்பொருட்கள் மற்றும் இண்டர்பெரான்களின் உற்பத்தியில் மறுகூட்டிணைவு DNA தொழில்நுட்பம்.
- செயல்முறை பொறியியல் (Process Engineering) நீர் மறு சுழற்சி மற்றும் கழிவுப் பொருட்கள் சுத்திகரிப்பில் பயன்படுத்த உயிரிதொழில் நுட்பவியல் கருவிகளின் பயன்பாடு துறையில் பதப்படுத்தும் பொறியியல்.

இந்த அலகில் நவீன தொழில்நுட்பவியலின் பல்வேறு அம்சங்கள், அதன் உற்பத்திப் பொருட்கள், பயன்பாடு போன்றவை விவரிக்கப்பட்டுள்ளன.

### உயிரி தொழில்நுட்பவியலுடன் இணைந்த துறைகள்

- 21ஆம் நூற்றாண்டில் உயிரி தொழில்நுட்பவியல் பலத் துறைகளில் பயன்படுத்தப்படும் மிக முக்கிய பிரிவாகும். நம்முடைய வாழ்வில் பயன்படுத்தக்கூடிய ஒரு நம்பகமான துறையாகும். உயிரி தொழில்நுட்பவியல்

வேறுபட்ட துறைகளாகிய வேளாண்மை, மருத்துவம், சுற்றுச் சூழல் மற்றும் வணிகம் ரீதியான தொழிற்சாலைகளில் விரிவான பயன்பாடுகளைக் கொண்டுள்ளது.



### வரலாற்றுப் பார்வையில்

பலதரப்பட்ட பயன்பாடுகள் கொண்ட இடைத்தொடர்புடைய அறிவியல் புலமாகத் திகழும் உயிரிதொழில்நுட்பவியல் வளர்ச்சியின் முக்கிய வரலாற்று நிகழ்வுகள் கீழே பட்டியலிடப்பட்டுள்ளன.

#### பொதுவான சகாப்தத்திற்கு முன்பு

6000 கி.மு (பொ.ஆ.மு) – 3000 கி.மு (பொ.ஆ.மு) - ஈஸ்ட்டைப் பயன்படுத்தி ரொட்டித் தயாரித்தல், பழச்சாறு மற்றும் தாவரக் கழிவுகளில் நொதித்தல் மூலம் மதுபானங்கள் தயாரித்தல்

#### 20ஆம் நூற்றாண்டிற்கு முன்பு

- 1770 – ஆண்டோயன் லாவோசியர் வேதிய அடிப்படையிலான ஆல்கஹால் நொதித்தலை தந்தார்.
- 1798 – எட்வர்ட் ஜென்னர் பெரியம்மை நோய்க்கான முதல் வைரஸ் தடுப்பூசியை குழந்தைக்கு உட்செலுத்தினார்.
- 1838 – ஜெரார்டஸ் ஜோன்ஸ் முல்டர் மற்றும் ஜான் ஜேக்கப் பெர்சிலியஸ் ஆகியோரால் புரதம் கண்டுபிடிப்பு, பெயரிடல் மற்றும் பதிவு செய்யப்படல்.
- 1871 – எர்னஸ்ட் ஹோப், செய்லர் ஆகிய இருவரும் நொதி இன்வர்டேசை கண்டுபிடித்தனர். அது தற்போதும் செயற்கை இனிப்பூட்டியாக பயன்படுத்தப்படுகிறது.
- 1876 – லூயிஸ் பாஸ்டர் நொதித்தலில் நுண்ணுயிரிகளின் பங்கினைக் கண்டறிந்தார்.

#### 20ஆம் நூற்றாண்டில்

- 1917 – உயிரிதொழில்நுட்பவியல் என்ற சொல் கார்ல் எர்கி என்பவரால் உருவாக்கப்பட்டது.
- 1928 – அலெக்சாண்டர் பிளம்மிங் என்பவரால் பெனிசிலின் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது.
- 1941 – ஜார்ஜ் பீடில் மற்றும் எட்வர்ட் டாட்டம் ஆகியோரால் நியூரோஸ்போரா

கிராசாவில் மேற்கொள்ளப்பட்ட பரிசோதனையின் விளைவாக ஒரு மரபணு - ஒரு நொதி கருதுகோளை (One gene one enzyme hypothesis) முன்மொழிந்தனர்.

- 1944 - அவேரி, மேக்லியாட், மெக்கார்ட்டி ஆகியோர் DNAவை ஒரு மரபுப் பொருள் என கண்டறிந்தனர்.
- 1953 - ஜேம்ஸ் வாட்சன், பிரான்சிஸ் கிரிக் ஆகியோரால் DNA வின் இரட்டை இழை அமைப்பு கண்டுபிடிக்கப்பட்டது.
- 1972 - ஆர்பர், ஸ்மித், நார்தர்ன்ஸ் ஆகியோரால் தடைகட்டு (Restriction) நொதிகள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டன.
- 1973 - DNAவைத் துண்டித்தல் - பிளாஸ்மிட் DNA உடன் இணைத்தல், DNA மறுகூட்டணைவு தொழில்நுட்பம் - மரபுப் பொறியியல் - ஸ்டான்லி கோஹன், அன்னி சாங்க், இராபர்ட் ஹீலிங் மற்றும் ஹேபர்ட் போயர் ஆகியோரால் மரபணு மாற்றம் செய்யப்படுதல்.
- 1975 - கோஹ்லர், மில்ஸ்டீன் ஆகியோரால் மாணோகுளோனல் ஆண்டிபாடி (Monoclonal antibody) உற்பத்தி செய்யப்பட்டது.
- 1976 - சாங்கர், கில்பர்ட் ஆகியோர் DNA தொடர்வரிசையாக்கத் தொழில் நுட்பத்தை உருவாக்கினார்கள்.
- 1978 - ஈ.கோலையில் மனித இன்சலின் உற்பத்தி
- 1979 - H.G.கோரானா என்பவரால் உயிருள்ள செல்லுக்குள் செயல்படக்கூடிய செயற்கை மரபணு உருவாக்கம்.
- 1982 - ஐக்கிய அமெரிக்க நாடு மனித பயன்பாட்டிற்கான மறுகூட்டணைவு DNA தொழில்நுட்பவியலின் முதல் மருந்தியல் உற்பத்திப் பொருளான ஹியூமுலினை (Humulin) அங்கீகரித்தது.
- 1983 - தாவரங்களின் மரபணு மாற்றத்திற்கு Ti - பிளாஸ்மிட் பயன்பாடு.
- 1986 - கேரி முல்லிஸ் என்பவரால் பாலிமரேஸ் சங்கிலித் தொடர் வினை (PCR) உருவாக்கப்பட்டது.
- 1987 - பையோலிஸ்டிக் மாற்ற முறையில் மரபணு மாற்றம்.
- 1992 - ஈஸ்ட்டின் முதல் குரோமோசோம் தொடர்வரிசைப்படுத்தப்பட்டது.
- 1994 - முதல் மரபணு மாற்றப்பட்ட உணவு: பிளேவர்சேவர் தக்காளியை அமெரிக்கா அங்கீகரித்தது.
- 1997 - அயன் வில்மர்ட் உட்கரு நகலாக்கத்தின் மூலம் முதல் மரபணு மாற்ற விலங்கான பாலூட்டி வகை ஆடு டோலியை உருவாக்கினார்.
- 2000 - முதல் தாவர மரபணு தொகையம் அராபிடாப்சிஸ் தாலியானாவில் தொடர் வரிசைப்படுத்தப்பட்டது.

## 21 ஆம் நூற்றாண்டில்

- 2001 - மனித மரபணுத் தொகைய செயல் திட்டம் மனித மரபணுத் தொகைய தொடர் வரிசையின் முதல் வரைவைக் கொடுத்தது.
- 2002 - ஓரைவா சட்டைவாவில் முதல் பயிர் தாவர மரபணு தொகையம் தொடர் வரிசைப்படுத்தப்பட்டது.
- 2003 - மனித மரபணு தொகைய செயல் திட்டம் நிறைவற்றது. இது மனிதனின் அனைத்து 46 குரோமோசோம்களில் உள்ள மனித மரபணுவின் தொடர்வரிசை மற்றும் இருப்பிடத்தின் தகவல்களை வழங்கியது.
- 2010 - சர் இராபர்ட் G.எட்வர்ட் ஆய்வுக்கூட சோதனை வளர்ப்பு முறையில்

விலங்கு கருவுறுதலை நடத்திக் காட்டினார்.

2016 – பக்கவாத நோயாளிகளில் மீண்டும் நடக்க செய்ய தண்டு செல்கள் (stem cell) உட்செலுத்தப்பட்டது – தண்டு செல் சிகிச்சை.

2017 - இரத்த தண்டு செல்கள் ஆய்வகத்தில் வளர்ப்பு.

2018 – ஜேம்ஸ்அலிசன், டாசுகு ஹோன்ஜோ ஆகிய இருவரும் நோய் தடுப்பு செல்களில் புரதம் இருப்பதை கண்டறிந்தனர். புற்று நோய் சிகிச்சையில் இதற்கு முக்கிய பங்கு காணப்பட்டது.

## பாரம்பரிய உயிரிதொழில்நுட்பவியல் (Traditional Biotechnology)

- ஏற்கனவே விவரித்தது போல் நம்முடைய மூதாதையர்களால் உருவாக்கப்பட்ட இந்த சமையலறை தொழில்நுட்பம் தான் நொதிக்க வைக்கும் பாக்டீரியங்களை பயன்படுத்தியது. எனவே, இது உயிரினங்களில் இயற்கையாக அமைந்த திறன்களை அடிப்படையாக கொண்ட செயல்பாடுகளை உள்ளடக்கியது.

## நொதித்தல் (Fermentation)

- நொதித்தல் எனும் சொல் இலத்தீன் மொழியின் “ஃபெர்வீர் (fervere) லிருந்து பெறப்பட்டது. இது காய்ச்சுதல் (to boil) என்று பொருள்படும். நொதித்தல் என்பது வளர்சிதை மாற்றச் செயலில் கரிம மூலக்கூறுகளை (பொதுவாக குளுக்கோஸ்) ஏதேனும் எலக்ட்ரான் கடத்து சங்கிலி அல்லது ஆக்ஸிஜனற்ற நிலையில் அமிலங்கள், வாயுக்கள் அல்லது ஆல்கஹாலாக மாற்றுவது ஆகும். நொதித்தல் மற்றும் அவற்றின் நடைமுறை பயன்பாடுகளை பற்றிப் படிப்பது சைமோலாஜி ஆகும். இது 1856ஆம் ஆண்டு உருவாக்கப்பட்டது. அந்த ஆண்டில் பிரான்ஸ் நாட்டு வேதியியலார் லூயிஸ் பாஸ்டர் ஈஸ்ட்டினால் நொதித்தல் உண்டாகிறது என்பதை நிரூபித்தார். உயிர் வாழ ஆக்சிஜனற்ற சூழல் தேவைப்படும் போது சில வகை பாக்டீரியங்களும் பூஞ்சைகளும் நொதித்தலை மேற்கொள்கின்றன. உணவு மற்றும் மதுபான தொழில்களில் நொதித்தல் செயல்கள் மிகவும் பயன்படக்கூடியதாக உள்ளன. இங்கு ஆல்கஹால் பானங்களை உருவாக்க சர்க்கரை கரைசல் எத்தனாலாக மாற்றப்படுகின்றன. ரொட்டிகளை உப்பச்செய்ய ஈஸ்டால் வெளியிடப்படும் CO<sub>2</sub> உதவுகிறது; காய்கறிகள் மற்றும் பால்சார் பொருட்களைப் பாதுகாக்கவும் மணமுட்டவும் பயன்படும் கரிம அமிலங்களின் உற்பத்தியிலும் பயன்படுகிறது.

## உயிரி வினைகலன் -Bioreactor (நொதிகலன் - Fermentor)

- உயிரிவினைகலன் (நொதிகலன்) என்பது ஒரு பாத்திரம் அல்லது கொள்கலன் ஆகும். இது வினைபடு பொருட்களுடன் நுண்ணுயிரிகள் அல்லது அவற்றின் நொதிகள் தேவையான பொருட்களை உற்பத்தி செய்வதற்கு வினைபுரியும் வகையில் உகந்த சூழ்நிலையை வழங்கக் கூடியதாக வடிவமைக்கப்பட்டு இருக்கும். இந்த உயிரிவினை கலனில் காற்றோட்டம், கிளர்வூட்டம் (agitation), வெப்பநிலை, pH போன்றவை கட்டுப்படுத்தப்பட்டிருக்கும். நொதித்தல் மேற்கால் பதப்படுத்தம் மற்றும் கீழ்க்கால் பதப்படுத்தம் என இரு செயல்முறைகளை உள்ளடக்கியது.

### i. மேற்கால் பதப்படுத்தம் (Upstream process)

- நொதித்தல் தொடங்குவதற்கு முன்பாக உள்ள அனைத்து செயல்முறைகளும் அதாவது நொதிகலனில் நுண்ணுயிர் நீக்கம், தயார்படுத்துதல், வளர்ப்பு ஊடக நுண்ணுயிர் நீக்கம் மற்றும் பொருத்தமான உட்புகட்டலின் (inoculum) வளர்ச்சி ஆகியவை மேற்கால் பதப்படுத்தம் எனப்படும்.

### ii. கீழ்க்கால் பதப்படுத்தம் (Downstream Process)

- நொதித்தலுக்கு பிறகு உள்ள அனைத்து செயல்முறைகளும் கீழ்க்கால் பதப்படுத்தம் எனப்படும். இச்செயல்முறையில் வாலை வடித்தல் மையவிலக்கல், விசைக்கு உட்படுத்துதல், வடிகட்டுதல் மற்றும் கரைப்பான் மூலம் பிரித்தெடுத்தல் போன்றவை உள்ளடங்கியுள்ளன. பெரும்பாலும் இச்செயல்முறை விரும்பப்படும் விளை பொருளின் தூய்மையை உள்ளடக்கியது.

### நொதித்தல் செயல்முறை

- உற்பத்திப் பொருட்களைச் சார்ந்து உயிரி வினைகலன் தேர்ந்தெடுக்கப்படுகிறது.
- குறிப்பிட்ட வெப்பநிலை, pHல் பொருத்தமான வளர்தளப் பொருள் (substrate) நீர்ம ஊடகத்தில் சேர்க்கப்பட்டு பின்னர் நீர்க்கப்படுகிறது.
- இதில் உயிரினம் (நுண்ணுயிரிகள், விலங்கு / தாவர செல், செல் நுண்ணுறுப்புகள் அல்லது நொதிகள்) சேர்க்கப்படுகிறது.
- இது குறிப்பிட்ட கால அளவிற்கு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் வைக்கப்படுகிறது.
- உயிரினம் காற்றுள்ள நிலையிலோ அல்லது காற்றற்ற நிலையிலோ தேவைகேற்ப வைக்கப்படலாம்.
- கீழ்க்கால் பதப்படுத்துதல் முறையைப் பயன்படுத்தி விளைப்பொருட்கள் பெறப்படுகின்றன.

### தொழிற்சாலையில் நொதித்தலின் பயன்பாடுகள்

நொதித்தல் பின்வரும் தொழில்சார் பயன்பாடுகளைக் கொண்டுள்ளது. அவையாவன:

1. நுண்ணுயிரி உயிரித்திரள் உற்பத்தி: நுண்ணுயிரி செல்களான (உயிரித்திரள்) பாசிகள், பாக்டீரியங்கள், ஈஸ்ட், பூஞ்சைகள் போன்றவை வளர்க்கப்பட்டு உலர்த்தப்பட்டு ஒற்றை செல் புரதம் (SCP) என்றழைக்கப்படும் முழு புரத மூலமாகப் பயன்படுகின்றன. இவை மனித உணவாகவோ, விலங்கு தீவனமாகவோ செயல்படுகின்றன. இதற்கு ஒற்றை / தனி செல் புரதம் என்று பெயர்.



2. நுண்ணுயிரி வளர்சிதை மாற்றப் பொருட்கள் நுண்ணுயிரிகள் மனித மற்றும் விலங்குகளுக்கு பயனுள்ளதாக இருக்கும் வேதியப் பொருட்களை உற்பத்தி செய்கின்றன. இந்த பொருட்கள் வளர்சிதை மாற்றப் பொருட்கள் என்று அழைக்கப்படுகின்றன. இவை இரண்டு பிரிவுகளாகப் பிரிக்கப்படுகின்றன.

- **முதல்நிலை வளர்சிதை மாற்றப்பொருட்கள்:** நுண்ணுயிரிகளின் உயிர் செயல்முறைகளை பராமரிப்பதற்காக உற்பத்தி செய்யக்கூடியவை முதல்நிலை வளர்சிதை மாற்றப்பொருட்கள் எனப்படும். எடுத்துக்காட்டு: எத்தனால், சிட்ரிக் அமிலம், லாக்டிக் அமிலம், அசிட்டிக் அமிலம்.
- **இரண்டாம் நிலை வளர்சிதை மாற்றப்பொருட்கள்:** இரண்டாம் நிலை வளர்சிதை மாற்றப்பொருட்கள் நுண்ணுயிரிகளின் முக்கிய வாழ்க்கை செயல்முறைக்கு தேவப்படுவதில்லை. ஆனால் இவை மதிப்புக்கூட்டும் தன்மையுடையவை. இவற்றில் உயிரி எதிர்ப்பொருட்களும் (Antibiotics) உள்ளடங்கும். எடுத்துக்காட்டுகள்: ஆம்போடெரிசின்-B (ஜ்ரெப்டோமைசஸ் நோடோஸ்), பெனிசிலின் (பெனிசீலியம்கிரைசோஜீனம்), ஸ்ட்ரெப்டோமைசின் (ஸ்ட்ரெப்டோமைசஸ் கிரைசஸ்), டெட்ராசைக்ளின் (ஸ்ட்ரெப்டோமைசஸ் ஆரியோ. பேசியன்ஸ்), ஆல்கலாய்டுகள், நச்சு நிறமிகள், வைட்டமின்கள் மற்றும் பிற.

3. **நுண்ணுயிர் நொதிகள்:** நுண்ணுயிரிகளை வளர்க்கும் போது அவை வளர்ப்பு ஊடகத்தில் சில நொதிகளைச் சுரக்கின்றன. இந்த நொதிகள் சோப்பு, உணவு பதப்படுத்தும், மதுபானம் (brewing), மருந்தியியல் ஆகிய தொழிற்சாலைகளில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. எடுத்துக்காட்டுகள்: புரோட்டீயேஸ், அமைலேஸ், ஐசோமெரேஸ், லைப்பேஸ் போன்றவை.

4. **ஊயிர்-சார் மாற்றம், உயிர்-சார் வேதிய மாற்றம் அல்லது தளப்பொருள் மாற்றம்:** நொதிக்க வைக்கும் நுண்ணுயிரிகள் மதிப்பு மிக்க தயாரிப்புக்களை உற்பத்தி செய்யும் திறனைக் கொண்டுள்ளன. எத்தனாலை அசிட்டிக் அமிலமாக (வினிகர்), ஐசோ புரோப்பனாலை அசிட்டோனாக, சார்பிட்டாலை சார்போஸ் சர்க்கரையாக (வைட்டமின் C உற்பத்திக்கு பயன்படுவது) ஸ்டிராலை ஸ்ராய்டாக மாற்ற நொதித்தல் பயன்படுகிறது.

### தனி செல் புரதம் (Single Cell Protein - SCP)

தனி செல் புரதம் என்பது விலங்கு உணவாக அல்லது மனித துணை உணவாக (supplementary food) பயன்படுத்தப்படும் நுண்ணுயிரிகளின் உலர்ந்த செல்களாகும். தனி செல் புரத உற்பத்தியில் பயன்படுத்தப்படும் நுண்ணுயிரிகள் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

- பாக்டீரியங்கள் - மெத்தைலோபில்லஸ் மெத்தைலோட்ரோபஸ், செல்லுலோமோனாஸ் அல்கலிஜீன்ஸ்.
- பூஞ்சைகள் - அகாரிகஸ் கேம்பஸ்டிரிஸ், சாக்கரோமைசட்ஸ் செர்வீசியே (ஈஸ்ட்), கேண்டிடா யுட்டிலிஸ்.

- பாசிகள் - ஸ்பைருலினா, குளோரெல்லா, கிளாமிடோமோனாஸ்
- தனி செல் புரதங்கள் அவற்றின் புரதச்சத்து, கார்போஹைட்ரேட்கள், கொழுப்புகள், வைட்டமின்கள், தாது உப்புகள் போன்றவற்றின் காரணமாக முக்கியமான உணவாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இவை உணவின் முக்கிய ஆதார அமைப்பாகிறது. மேலும் இது விண்வெளி வீரர்கள் மற்றும் அண்டார்டிக் கா பயணம் மேற்கொள்ளும் விஞ்ஞானிகளால் பயன்படுத்தப்படுகிறது.
- உருளைக்கிழங்கு பதப்படுத்தப்படும் தொழிற்சாலைகளிலிருந்து கிடைக்கும் கழிவுநீர் (தரசம் கொண்டது), வைக்கோல், வெல்ல சக்கைப்பாகு, விலங்கு உரம் மற்றும் கழிவுநீர் போன்ற பொருட்களில் ஸ்பைருலினாவை எளிதில் வளர்த்து அதிகளவில் புரதங்கள் தாது உப்புகள், கொழுப்புகள், கார்போஹைட்ரேட் மற்றும் வைட்டமின்கள் நிறைந்த உணவை உண்டாக்கலாம். மேலும், இத்தகைய பயன்பாடுகள் சுற்றுச்சூழல் மாசுபாட்டைக் குறைக்கிறது. 250 கி மெத்தைலோபில்லஸ் மெத்தைலோட்ரோபஸ், அதனுடைய மிக அதிகளவு உயிரித்திரள் பயன்பாட்டின் மூலம் 25 டன் புரத உற்பத்தியை உருவாக்கக்கூடும்.

#### தனி செல் புரதத்தின் பயன்பாடுகள்

- இது புரதத்திற்கு மாற்றாகப் பயன்படுகிறது.
- இது ஆரோக்கியமான முடி மற்றும் தோலுக்கான அழகுப் பொருட்களில் பயன்படுத்தப்படுகிறது.
- இது புரதத்தின் மற்றும் ஊட்டச் சத்துக்களின் சிறந்த ஆதாரமாக கோழி வளர்ப்பில் பயன்படுகிறது. இது பறவைகள், மீன்கள், கால்நடைகள் போன்றவற்றின் உணவிற்காக பரவலாக பயன்படுத்தப்படுகிறது.
- இது உணவுத் தொழிற்சாலைகளில் மணமுட்டியாக வைட்டமின் கொண்டதாக, அடுமனை பொருட்களின் ஊட்டச்சத்து மதிப்பை அதிகரிக்கும் காரணியாக, சூப்புகள், தயார்நிலை உணவுகள் மற்றும் உணவுக்குறிப்புகளில் பயன்படுத்தப்படுகிறது.
- காகித தயாரிப்பிலும், தோல் பதப்படுத்துதலிலும், நுரை நிலைநிறுத்தியாகவும் இது பயன்படுகிறது.

#### நவீன உயிரிதொழில்நுட்பத்தில் ஏற்பட்டுள்ள முன்னேற்றங்கள்

- நவீன உயிரிதொழில் நுட்பவியல் அனைத்து மரபணு-சார் பையாளுதல் முறைகள், புரோட்டோபிளாச இணைவு தொழில்நுட்பங்கள் மற்றும் பழைய உயிரிதொழில்நுட்பவியல் செயல்முறைகளில் மேற்கொள்ளப்பட்ட மேம்பாடுகள் போன்றவற்றை உள்ளடக்கியுள்ளது. நவீன உயிரிதொழில்நுட்பவியலின் ஒரு சில முக்கிய மேம்பாடுகள் கீழே விவரிக்கப்பட்டுள்ளன.

## மரபணு – சார் பொறியியல்

- மரபணு சார் பொறியியல் அல்லது DNA மறுகூட்டிணைவு தொழில் நுட்பம் அல்லது மரபணு நகலாக்கம் என்பது ஒரு தொகுப்பான சொல்லாகும். இதில் வெவ்வேறு சோதனை செயல்முறைகள் உள்ளடக்கப்பட்டுள்ளன. இவை DNA மாற்றுருவாக்கம் மற்றும் DNA ஐ ஒரு உயிரியிலிருந்து இருந்து மற்றொரு உயிரிக்கு மாற்றுதல் ஆகியவை நடைபெறுகின்றன.
- முன்பே அலகு II ல் பாரம்பரிய மறுகூட்டிணைவிற்கான வரையறையை அறிந்திருப்பீர்கள். பாரம்பரிய மறுகூட்டிணைவு குன்றல் பகுப்பின் போது ஒத்த இணை குரோமோசோம்களுக்கிடையே ஏற்படுத்த மரபணு பரிமாற்றம் அல்லது மறுகூட்டிணைவைக் குறிக்கும். நவீன தொழில்நுட்பத்தைப் பயன்படுத்தி செயற்கையாக மறுகூட்டிணைவை செயல்படுத்தப்படுவது மறுகூட்டிணைவு DNA தொழில்நுட்பம் (rDNA தொழில்நுட்பம்) என்றழைக்கப்படுகிறது. மேலும் இது மரபணு மாற்ற தொழில்நுட்பம் என்றும் அழைக்கப்படும். குறிப்பிட்ட மரபணுவிற்கு குறியீடு செய்யும் DNA ஐ ஒரு உயிரியிலிருந்து இருந்து மற்றொரு உயிரிக்கு மாற்றம் செய்வதை இந்த தொழில்நுட்பமுறை தன்னகத்தே கொண்டுள்ளது. இதில் குறிப்பிட்ட தாங்கிக்கடத்திகள் (Vectors) முகவர்களாக செயல்படுத்தப்படுகின்றன அல்லது மின்துளையிடல் கருவி, மரபணு துப்பாக்கி போன்ற கருவிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன அல்லது இது லிப்போசோம் மூலமோ, வேதியப் பொருட்கள் மூலமோ, நுண் உட்செலுத்துதல் (Microinjection) மூலமோ மேற்கொள்ளப்படுகிறது.

## மறுகூட்டிணைவு DNA தொழில்நுட்பத்தின் படிநிலைகள்

- நிகலாக்கம் செய்யப்பட வேண்டிய, விரும்பத்தகுந்த, மரபணுவை கொண்டுள்ள DNA துண்டைத் தனிமைபடுத்துதல். இதற்கு செருகி (Insert) என்று பெயர்.
- ஒம்புயிர் செல்லுக்குள்ளேயே சுயமாக பெருக்கமடையக்கூடிய தாங்கிக்கடத்தி எனும் ஒரு கடத்தி மூலக்கூறுடன் DNA துண்டுகளை செருகுவதினால் மறுகூட்டிணைவு DNA (rDNA) மூலக்கூறு உருவாக்கப்படுகிறது.
- rDNA மூலக்கூறை தாங்கியிருக்கும் மாற்றப்பட்ட ஒம்புயிரி செல்களைத் தேர்ந்தெடுத்தல் மற்றும் அவற்றை பெருக்கமடைய செய்தல்; இதன் மூலம் rDNA பெருக்கமடைகிறது.
- எனவே, இந்த அனைத்து செயலினால் செருகி அதிகளவு rDNA வையோ அல்லது அதன் பண்புகளை வெளிப்படுத்தும் அதிகளவு புரதங்களையோ உருவாக்குகிறது.
- எங்கெல்லாம் தாங்கிக்கடத்திகள் ஈடுபடுத்தப்படவில்லையோ அங்கெல்லாம் அந்த விரும்பத்தகுந்த மரபணு பாலிமரேஸ் சங்கிலி வினை (PCR) தொழில்நுட்பத்தின் மூலம் பெருக்கமடையச் செய்யப்படுகிறது. இந்த

பெருக்கமடைந்த நகல்கள் ஒம்புயிரி செல்லின் புரோட்டோபிளாஸ்த்தினுள் ஊசி மூலமோ அல்லது மரபணு துப்பாக்கி மூலமோ செலுத்தப்படுகின்றன.

- PCR: பாலிமேரேஸ் சங்கிலி வினை DNA வின் குறிப்பிட்ட பகுதியை நகலாக்கம் (மில்லியன்) செய்யப் பயன்படுத்தப்படும் பொதுவான ஆய்வக தொழில்நுட்பமாகும்.

### மரபணுப் பொறியியலுக்கான கருவிகள் (Tools for Genetic Engineering)

- மேலே விவரிக்கப்பட்டதிலிருந்து இந்த தொழில்நுட்பத்தில் சில அடிப்படைக் கருவிகள் மறுகூட்டிணைவு DNA மூலக்கூறை உற்பத்தி செய்வதற்கு தேவைப்படுகிறது என்பது நமக்கு தெரிய வருகிறது. அடிப்படைக் கருவிகளாவன நொதிகள், தாங்கிக்கடத்திகள் மற்றும் ஒம்புயிரிகள். மரபணுப் பொறியியலில் தேவைப்படும் மிக முக்கிய நொதிகள் தடைகட்டு நொதிகள் (Restriction enzymes), DNA லைகேஸ் மற்றும் ஆல்கலைஞன் பாஸ்.பேடெஸ் ஆகும்.

### தடைகட்டு நொதிகள் (Restriction enzymes)

- 1963 ஆம் ஆண்டு பாக்டீரியோ ஃபாஜின் வளர்ச்சியை கட்டுப்படுத்தக் காரணமான இரண்டு நொதிகள் ஈஸ்டிரிச்சியா கேலையில் இருந்து தனிமைப்படுத்தப்பட்டன. ஒரு நொதி DNA உடன் மெத்தைல் தொகுதியை சேர்க்கிறது. மற்றொரு நொதி DNAஐ துண்டிக்கிறது. DNAஐ துண்டிக்கும் நொதி ரெஸ்ட்ரிக்டிவன் எண்டோ நியுக்ளியேஸ் ஆகும். இவை DNA மூலக்கூறுக்குள் குறிப்பிட்ட அடையாளம் காணக்கூடிய பகுதிக்கு அருகில் அல்லது இடத்தில் DNA ஐ துண்டிக்கின்றன. இதற்கு தடைகட்டுக் களம் (Restriction sites) எனப்படும். இவை செயல்படும் விதத்தின் அடிப்படையில் தடைகட்டு நொதிகள் எக்சோநியுக்ளியேஸ் (Exonuclease) மற்றும் எண்டோநியுக்ளியேஸ் (Endonuclease) என வகைப்படுத்தப்படுகின்றன.

a. எக்சோநியுக்ளியேஸ் நொதி DNA மூலக்கூறின் ஒரு முனையில் இருந்து நியுக்ளியோடைடுகளை நீக்குகிறது. எ-கா: 3', எக்சோ நியுக்ளியேஸ் III.

b. எண்டோநியுக்ளியேஸ் நொதி DNA மூலக்கூறின் உட்புறம் உள்ள ஃபாஸ்.போ டை எஸ்டர் பிணைப்பை நீக்குகிறது. எ-கா: Hind II, EcoRI, PvuI, Bam HI, Taq I

ரெஸ்ட்ரிக்டிவன் (தடைக்கட்டு) நொதி	நுண்ணுயிர் ஆரம்	அங்கீகரிக்கக்கூடிய தொடர்வரிசை	துண்டுகள்
Alu I	ஆர்த்ரோபாக்டர் லூட்டியஸ்	5'AG/CT3' 3'TC/GA5'	A-G C-T மழுங்கிய T-C G-A முனைகள்
BamHI	பேசில்லஸ் அமைலோலிக்யுபேசிய	5'G/GATCC3'	G G-A-T-C ஒட்டும்

	ன்ஸ்	3'CCTAG/G5'	 C-C-T-A-G   G முனைகள்
EcoRI	எஸ்செரிச்சியா கோலை	5'G/AATTC3' 3'CCTAG/G5'	G A-A-T-T-C ஓட்டும்   C-T-T-A-A   G முனைகள்
HaeIII	ஹீமோபில்லஸ் ஏஜியாப்டஸ்	5'GG/CC 3' 3'CC/GG5'	G-G C-C மழுங்கிய C-C G-G முனைகள்
HindIII	ஹீமோபில்லஸ் இன்புளுயென்சா	5'A/AGCTT3' 3'TTCGA/A5'	A A-G-C-T ஓட்டும்   T-T-C-G-A   A

### ரெஸ்ட்ரிக்டிவ் எண்டோநியூக்ளியேஸ்: மூலக்கூறு கத்திரிகோல்கள்

- ரெஸ்ட்ரிக்டிவ் எண்டோநியூக்ளியேஸ் நொதிகள் மூலக்கூறு கத்திரிகோல் எனப்படும். இவை மறுகூட்டிணைவு DNA தொழில்நுட்பத்தின் அடித்தளமாக செயல்படுகின்றன. இந்த நொதிகள் பல பாக்டீரியங்களில் உள்ளன. அங்கு இவை பாதுகாப்பு அமைப்பின் பகுதியாக செயல்படுகின்றன. இவற்றிற்கு தடைகட்டு மாற்றுருவாக்க தொகுதி (Restriction modification system) என்று பெயர்.
- ரெஸ்ட்ரிக்டிவ் எண்டோநியூக்ளியேஸ் மூன்று முக்கிய வகுப்புகளை கொண்டுள்ளது. வகை I, வகை II, வகை III. இவை செயல்படும் விதத்தில் ஒன்றிலிருந்து மற்றொன்று வேறுபடுகின்றன.
- வகை II நொதி மட்டும் மறுகூட்டிணைவு DNA தொழில்நுட்பத்தில் அதிகம் பயன்படுத்தப்படுகிறது. பொதுவாக, இது 4 – 8 bp (base pairs) கொண்டுள்ள ஒரு குறிப்பிட்ட தொடர்வரிசைக்குள்ளே DNAஐ அடையாளம் கண்டறிந்து துண்டிக்கிறது. சில நொதிகளுக்கான எடுத்துக்காட்டுகள் அட்டவணையாக 4.1ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.
- ரெஸ்ட்ரிக்டிவ் நொதி Hind II எப்போதும் குறிப்பிட்ட வரிசையில் 6 காரஇணைகளை அடையாளம் கண்டறிந்து அவ்விடத்தில் DNA மூலக்கூறுகளை துண்டிக்கிறது. அவ்வரிசைகள் அடையாளத் தொடர்வரிசையுடன் கூடிய 900 க்கும் மேற்பட்ட தடைகட்டு நொதிகள் 230 வகை பாக்டீரியங்களில் இருந்து பிரித்து எடுக்கப்படுகின்றன.
- ரெஸ்ட்ரிக்டிவ் எண்டோநியூக்ளியேஸ்கள் தகுந்த வழிமுறைகள் மூலம் பெயரிடப்படுகின்றன. நொதியின் முதல் எழுத்து பேரினப் பெயரையும், அடுத்த இரண்டு எழுத்துக்கள் சிற்றினத்தையும், அடுத்து வருவது உயிரினத்தின் இனக்கூறினையும், இறுதியாக ரோமானிய எண் அந்தக் கண்டுபிடிப்பின் தொடர்வரிசையையும் குறிப்பிடுகிறது.

- எடுத்துக்காட்டாக: EcoRI என்பதில் E – என்ச்சரிசியா, CO – கோலை, R – RY 13 இனக்கூறினையும், I – கண்டுபிடிக்கப்பட்ட முதல் எண்டோநியூக்ளியேஸையும் குறிக்கிறது.
- இது பல தடைகட்டு நொதிகளுக்கான இரு வேறு உயிரிதிர்ப் பொருள் தடுப்பு மரபணுக்களையும், அடையாளக் களங்களையும் (Recognition sites) கொண்டுள்ளது. இந்த தொடர்வரிசை தடைகட்டு களம் எனப்படுகிறது. இது பொதுவாக முன்பின் ஒத்த வரிசை (Palindrome) ஆகும். அதாவது அந்த களத்தில் இரண்டு DNA இழையின் தொடர்வரிசையில் 5' – 3' திசையிலும் வாசிப்பதற்கு ஒன்றாக உள்ளது.

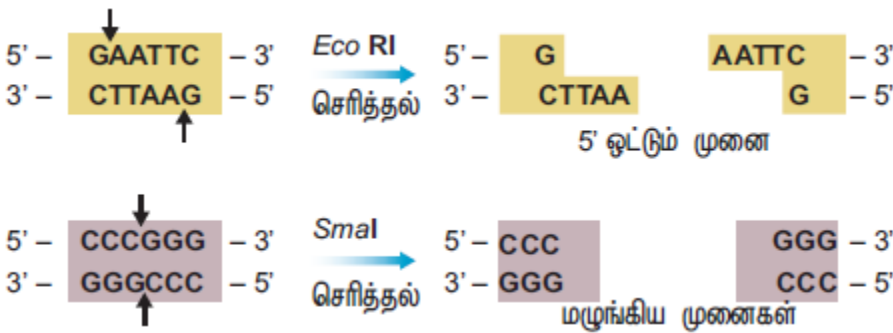
எடுத்துக்காட்டு: MALAYALAM. இந்த சொல்லை எந்த திசையில் படித்தாலும் ஒன்றேயாகும்.

- முன்பின் ஒத்த தொடர்வரிசை மாறிகள் (Palindromic repeats) DNA இழைகளிலுள்ள ஒரு சமச்சீரான மாறி தொடர்வரிசை

5' - CATTATATAATG - 3'  
3' - GTAATATATTAC - 5'

குறிப்பு: கார இணைகளின் தொடர்வரிசை முதல் வரிசையை ஒப்பிடும் போது மறுதலை திசையிலும் (reverse direction) ஒரே மாதிரி உள்ளதைக் காணலாம்.

- ஒரு மரபணு நகலாக்கச் சோதனையின் வடிவமைப்பில் ஒரு தடைகட்டு நொதியினால் உண்டாக்கப்படும் சரியான வகை பிளவு முக்கியமானதாகும். ஒரு சில தடைகட்டு நொதிகள் இரண்டு DNA இழைகளின் மையப்பகுதியின் ஊடே பிளவு ஏற்படுத்துவதன் விளைவாக மழுங்கிய (blunt) அல்லது பறிக்கப்பட்ட முனை (flush end) உண்டாகிறது. இவை சமச்சீர் துண்டிப்புகள் என அழைக்கப்படுகின்றன. சில நொதிகள் DNA ஐ வெட்டும் போது நீட்டிக் கொண்டு காணப்படும் முனைகள் உண்டாகின்றன. இவை ஒட்டும் (Sticky) அல்லது ஒட்டிணைவான (cohesive) முனைகள் என அழைக்கப்படுகின்றன. இத்தகைய வெட்டுகள் சமச்சீர்ற்ற வெட்டுகள் எனப்படுகின்றன.

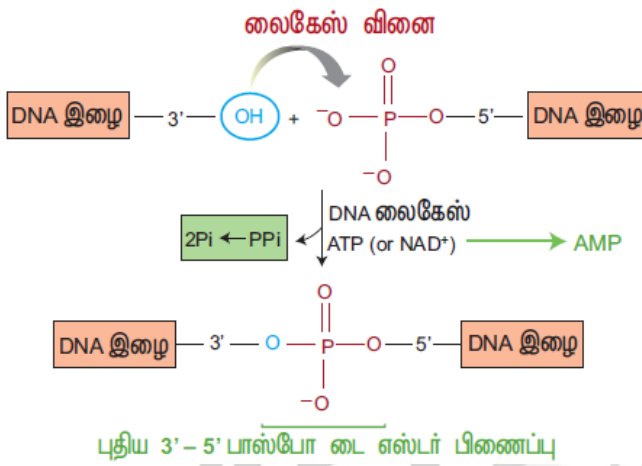


ஒட்டும் மற்றும் மழுங்கிய முனைகள்

- DNA மறுகூட்டிணைவு தொழில்நுட்பத்தில் முக்கிய பங்கு வகிக்கின்ற வேறு இரண்டு நொதிகள் DNA லைகேஸ் மற்றும் ஆல்கலைன் பாஸ்.பேடேஸ் ஆகும்.

## DNA லைகேஸ்

- DNA லைகேஸ் நொதி இரட்டை இழை DNA (dsDNA) வின் சர்க்கரை மற்றும் பாஸ்.பேட் மூலக்கூறுகளை 5' - PO<sub>4</sub> மற்றும் ஒரு 3' - OH உடன், ஒரு அடினோசைன் டிரை பாஸ்.பேட் (ATP) சார்ந்த வினையில் சேர்க்கின்றது. இது T .பாஜிலிருந்து பிரித்தெடுக்கப்படுகிறது.



## DNA லைகேஸ் வினை

### ஆல்கலைன் பாஸ்.பேடேஸ்

- ஆல்கலைன் பாஸ்.பேடேஸ் என்பது DNA வை மாற்றி அமைக்கும் ஒரு நொதியாகும். இது இரட்டை இழை DNA வின் (dsDNA) 5' முனைப் பகுதியில் அல்லது ஒற்றை இழை DNA வில் (ssDNA) அல்லது RNA வில் குறிப்பிட்ட பாஸ்.பேட் தொகுதியை சேர்க்கிறது அல்லது நீக்குகிறது. இதனால் அது சுய-கட்டுறுத்தத்தை (self-ligation) தடுக்கிறது. இது பாக்டீரியங்களிலிருந்தும் கன்றுக்குட்டி சிறுகுடல் பகுதியிலிருந்தும் பிரித்தெடுக்கப்படுகிறது.

### ஆல்கலைன் பாஸ்.பேடேஸ் செயல்பாடு

### தாங்கிக்கடத்தி (Vectors)

மரபணு நகலாக்க சோதனையின் மற்றொரு முக்கியக் கூறு பிளாஸ்மிட் போன்ற ஒரு தாங்கிக்கடத்தியாகும். ஒரு தாங்கிக்கடத்தி என்பது சுய இரட்டிப்படையக் கூடிய ஒரு சிறிய DNA மூலக்கூறாகும். இது ஒரு கடத்தியாக

செயல்படுகிறது மற்றும் நகலாக்கப் பரிசோதனைக்காக அதனுள் செருகப்பட்ட ஒரு DNA துண்டின் கடத்தியாக பயன்படுத்தப்படுகிறது. தாங்கிக்கடத்தி நகலாக்க ஊர்தி (cloning vehicle) அல்லது நகலாக்க DNA (cloning DNA) என்றும் அழைக்கப்படுகிறது. தாங்கிக்கடத்திகளில் இரு வகைகள் உள்ளன. (1) நகலாக்கத் தாங்கிக்கடத்தி (Cloning vector) (2) வெளிப்படுத்தும் (Expression vector) தாங்கிக்கடத்தி. நகலாக்கத் தாங்கிக்கடத்தி பொருத்தமான ஒம்புயிரி செல்லுக்குள் நகலாக்க DNA செலுக்கலை (DNA-Insert) நகலாக்கம் செய்ய பயன்படுத்தப்படுகிறது. வெளிப்படுத்தும் தாங்கிக்கடத்தி ஒம்புயிரினுள் புரதத்தை உண்டாக்குவதற்கான DNA செருகியை வெளிப்பாடடைய உதவுகிறது.

### தடைக்கட்டு நொதிகளின் உதவியுடன் அயல் DNA துண்டு பிளாஸ்மிட் உடன் செருகப்படுகிறது

தாங்கிக்கடத்தியின் பண்புகள்:

- தாங்கிக்கடத்திகள் ஒம்புயிரி செல்லுக்குள் அவற்றுடைய DNA செருகலுடன் கூடவே பல மடங்கு நகல்களின் உற்பத்திக்காக தன்னிச்சையாக பெருக்கமடையும் திறனுடையது.
- இது அளவில் சிறியதாக இருக்க வேண்டும்; குறைந்த மூலக்கூறு எடை கொண்டிருக்க வேண்டும், அதாவது 10 கிலோபேஸிக்கும் (10kb) குறைவான அளவை எடையுடையது. இதன் காரணமாக ஒம்புயிரி செல்லுக்குள் நுழைதல் / மாறுதல் எளிதாகிறது.
- தாங்கிக்கடத்தி பெருக்கமடைதலுக்கான ஒரு தோற்றுவிசை (Origin) கொண்டிருக்க வேண்டும். இதனால் அது ஒம்புயிரி செல்லுக்குள் தன்னிச்சையாக பெருக்கமடையும் திறனைப் பெறும்.
- இது உயிரிஎதிர்ப்பொருள் தடுப்பு போன்ற பொருத்தமான அடையாளக் குறியை (marker) கொண்டிருக்க வேண்டும். இதனால் மரபணு மாற்றமடைந்த ஒம்புயிரி செல்லுக்குள் அதனை அடையாளம் கண்டறிய முடியும்.
- தாங்கிக்கடத்தி DNA செருகல் உடன் ஒருங்கிணைவதற்கு தனிப்பட்ட இலக்குக்களங்களைப் பெற்றிருக்க வேண்டும் மற்றும் அது தாங்கியிருக்கும் DNA செருகல் உடன் சேர்ந்து ஒம்புயிரி செல்லின் மரபணு தொகையத்துடன் ஒருங்கிணையும் திறனைப் பெற்றிருக்க வேண்டும். பெரும்பாலான சாதாரணமாக பயன்படுத்தக்கூடிய நகலாக்கத் தாங்கிக்கடத்திகள் ஒன்றிக்கும் மேற்பட்ட தடைக்கட்டு தளங்களைக் கொண்டுள்ளன. இவை பல நகலாக்க களங்கள் (Multiple Cloning Site MCS) அல்லது பல இணைப்பான்கள் (Polylinker) எனப்படும். பல நகலாக்க களங்களின் (MCS) இருப்பு தேவைப்படும் தடைக்கட்டு நொதிகளை பயன்பாட்டிற்கு வழிவகை செய்கிறது.



ஒரு தாங்கிக்கடத்திக்குள் நகலாக்கத்தை எளிதாக்குவதற்கு பின்வரும் பண்புகள் தேவைப்படுகின்றன.

### தாங்கிக்கடத்தியின் பண்புகள்

1. பெருக்கமடைதலின் தோற்றம் (Origin of replication - Ori): இந்த தொடர்வரிசையிலிருந்து தான் இரட்டிப்பாதல் தொடங்கப்படுகிறது. இந்த தொடர்வரிசையுடன் ஒரு துண்டு DNA இணைக்கப்பட்டால் ஒம்புயிரி செல்லுக்குள் அதனைப் பெருக்கமடையச் செய்ய முடியும்.
2. தேர்ந்தெடுக்கும் அடையாளக்குறி (Selectable marker): Ori ஐயும் சேர்த்து தாங்கிக்கடத்திக்கு ஒரு தேர்ந்தெடுக்கும் அடையாளக்குறி தேவைப்படுகிறது. இது மரபணு மாற்றமடையாத செல்களை அடையாளம் கண்டறிந்து அவற்றை நீக்குவதிலும் மரபணு மாற்றமடைந்த செல்களின் வளர்ச்சியை தேர்ந்தெடுத்து அனுமதிக்கிறது.
3. நகலாக்கக் களம் (Cloning Site): அன்னிய DNA ஐ இணைக்கும் பொருட்டு, தாங்கிக்கடத்திக்கு சில களங்கள் இருப்பினும் ஒரே ஒரு அடையாளக் களம் விரும்பத்தக்கதாக உள்ளது.

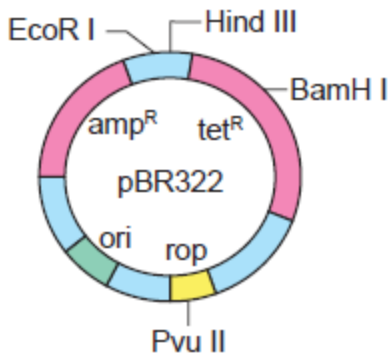
### தாங்கிக்கடத்தியின் வகைகள்

ஒரு சில தாங்கிக்கடத்திகள் கீழே விரிவாக விவரிக்கப்பட்டுள்ளன.

### பிளாஸ்மிட்

பிளாஸ்மிட் என்பது பாக்டீரிய குரோமோசோமைத் தவிர பாக்டீரிய செல்களில் குரோமோசோமிற்கு வெளியே காணப்படும் தன்னிச்சையாக பெருக்கமடையக் கூடிய இரட்டை இழை (ds circular DNA) வட்ட வடிவ DNA மூலக்கூறு ஆகும். பிளாஸ்மிட் அவற்றுடைய சொந்த பெருக்கமடைவதற்கான மரபணுசார் தகவல்களைக் கொண்டுள்ளது.

### pBR 322 பிளாஸ்மிட்



amp<sup>R</sup> - ஆம்பிசிலின் தடுப்பு மரபணு

tet<sup>R</sup> - டெட்ராசைக்ளின் தடுப்பு மரபணு

### pBR 322

- pBR 322 மறுக்கட்டமைக்கப்பட்ட பிளாஸ்மிட் ஆகும். இது நகலாக்க தாங்கிக்கடத்தியாக அதிகமாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இது 4361 bp கொண்டது. pBR ல் p என்பது பிளாஸ்மிட், B மற்றும் R முறையே பிளாஸ்மிட் உருவாக்கிய அறிவியல் அறிஞர்களின் பெயர்களான பொலிவர் மற்றும் ரோட்டிரிகஸ் ஆகிய இருவரையும் குறிக்கின்றன. 322 என்ற எண் அவர்களுடைய ஆய்வகத்தில் உருவாக்கப்பட்ட பிளாஸ்மிட்டின் எண்ணிக்கையாகும். இதில் இரண்டு வேறுபட்ட உயிரிஎதிர்ப்பொருள் தடுப்பு மரபணுக்களும் (amp<sup>R</sup>, tet<sup>R</sup>), பல தடைகட்டு நொதிகளுக்கான (Hind II, EcoRI, BamH I, Sal I, Pvu II, Pst I, Cla I) அடையாளக்களங்களும் மற்றும் Ori மரபணுவும் உள்ளன. பிளாஸ்மிட் பெருக்கமடைவதில் ஈடுபடும் புரதங்களும் Rop குறியீடு செய்கிறது.

### Ti பிளாஸ்மிட்

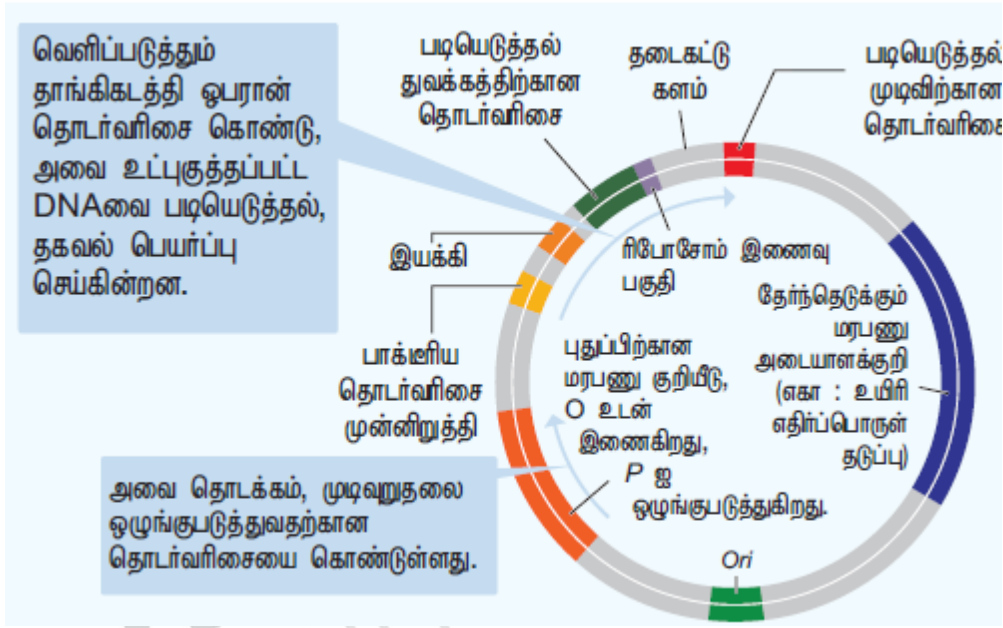
- Ti பிளாஸ்மிட் பல இருவதையிலைத் தாவரங்களில் கழலைகளைத் தூண்டுவதற்கு காரணமான அக்ரோபாக்டீரியம் டியுமிபேசியன்ஸ் பாக்டீரியத்தில் காணப்படுகிறது. இது மாற்றும் (tra) மரபணுவைத் தாங்கியுள்ளது. மற்றும் இது T - DNA வை ஒரு பாக்டீரியத்திலிருந்து மற்றொரு பாக்டீரியம் அல்லது தாவர செல்லிற்கு மாற்றுவதற்கு உதவுகிறது. இந்த பிளாஸ்மிட் மாற்றும் மரபணுவை எடுத்துச் செல்கிறது. இது புற்று நோயுக்கிக்கான Onc மரபணு, பெருக்கமடைதலுக்கு தேவையான ori மரபணு மற்றும் ஒவ்வாத்தன்மைக்கான Inc மரபணுவை இந்த பிளாஸ்மிட் பெற்றுள்ளது. Ti பிளாஸ்மிட்டின் T - DNA தாவர-DNA உடன் நிலையாக ஒருங்கிணைக்கப்படுகிறது. அக்ரோபாக்டீரியம் பிளாஸ்மிட்கள் தாவரங்களில் விரும்பத்தக்க பண்புகளுக்கான மரபணுக்களை நுழைப்பதற்கு பயன்படுகிறது.

### தாங்கி கடத்திகளாக இடமாற்றிக்கூறுகள் (Transposon as Vector)

- இடமாற்றிக்கூறுகள் (இடமாற்றம் செய்யப்பட வேண்டிய கூறு அல்லது இடம்பெயரும் கூறு) ஒரு புதிய அமைவிடத்தில் தம்மைச் செருகிக்கொள்ளத்தக்க DNA தொடர்வரிசையாகும். இந்த நிகழ்வில் இலக்கு அமைவிடத்தோடு எந்த ஒரு தொடர்வரிசை தொடர்பையும் பெற்றிராமல் மரபணுதொகையத்தில் இவை செருகப்பட வேண்டும். எனவே, இடமாற்றிக்கூறுகள் நடக்கும் மரபணுக்கள் (walking genes or jumping genes) எனப்படுகிறது. எனவே மரபணு மற்றும் புரத செயல்பாடுகளை பகுப்பாய்வு செய்வதற்கான மரபணுச் சார் கருவிகளாக இவை பயன்படுகின்றன. இவை ஒம்புயிரி செல்லில் புதிய புறவகையத்தை உண்டாக்குகிறது. அராபிடாப்சிஸ் தாலியானா மற்றும் ஈ.கோலை போன்ற பாக்டீரியங்களில் இடமாற்றிக்கூறுகளின் பயன்பாடு நன்கு ஆய்வு செய்யப்பட்டுள்ளது.
- நடக்கும் மரபணுக்கள் - மரபணு நடத்தலில் 1 kbக்கும் மேற்பட்ட நீண்ட DNA முழுமையாக தொடர்வரிசைப்படுத்தப்படுகிறது.

## வெளிப்பாடுடைய தாங்கிக்கடத்திகள் (Expression Vectors)

- அயல் புரதங்களை வெளிப்படுத்துவதற்கு பொருத்தமான தாங்கிக்கடத்திகள் வெளிப்பாடுடைய தாங்கிக்கடத்திகள் ஆகும். இத்தாங்கிக்கடத்தி ஒம்புயிரியின் புரதங்களுக்கான படியெடுத்தல் மற்றும் தகவல் பெயர்வுக்குத் தேவையான சமிக் கைகளைக் கொண்டுள்ளது. அதிகளவில் அயல் புரதங்களை உற்பத்தி செய்வதற்கு ஒம்புயிரிக்கும் இது உதவுகின்றன. எடுத்துக்காட்டு: pUC 19 Vector.



வெளிப்பாடு தாங்கிக்கடத்தி

தகுந்த ஒம்புயிரி (Competent Host) (மறுகூட்டிணைவு DNA கொண்டு மரபணு மாற்றம் செய்வதற்கான)

- ஒரு உயிர் தொகுதி அல்லது ஒம்புயிருக்குள் மறுகூட்டிணைவு DNA மூலக்கூறுகள் பெருக்கம் அடைய வேண்டும். ஈ.கோலை, ஈஸ்ட் விலங்கு அல்லது தாவர செல்கள் போன்ற பல வகை ஒம்புயிர் செல்கள் மரபணு நகலாக்கத்தில் காணப்படுகின்றன. ஒம்புயிர் செல்களின் வகை நகலாக்கச் சோதனையைச் சார்ந்தது. ஈ.கோலை பெரும்பாலும் அதிகமாக பயன்படுத்தப்படும் உயிரியாகும். ஏனெனில் இதனுடைய மரபணு அமைப்பு விரிவாக ஆய்வு செய்யப்பட்டுள்ளது. இதனை எளிதில் கையாளவும், வளர்க்கவும் முடியும். பல்வேறு வகை தாங்கிக்கடத்திகளை ஏற்கும் மற்றும் பாதுகாப்புமிக்கது. ஓர் ஒம்புயிர் செல்லாக ஈ.கோலையை விருப்பத் தேர்வு செய்வதற்கு ஒரு முக்கியமான பண்பு உகந்த வளர்ப்பு நிலையில் இதன் செல்கள் ஒவ்வொரு 20 நிமிடத்திற்கும் இரண்டாக பகுப்படைகின்றன.

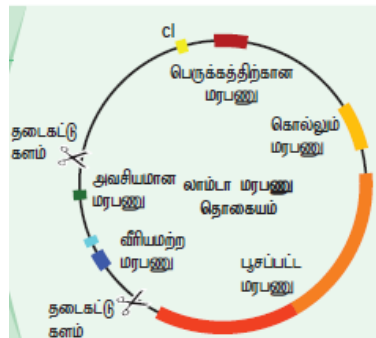
## காஸ்மிட் (Cosmid)

- காஸ்மிட்கள் ஒத்திணைவு நுணியைக் கொண்ட தொடர்வரிசையை அதாவது ஒத்திணைவு நுணியைக் (cohesive terminus - Cos) கொண்டுள்ள பிளாஸ்மிட் ஆகும். இவை அதனுடைய Cos களத்தோடு உள்ள லாம்ப்டா (1) ஃபாஜ் ( $\lambda$  ஃபாஜ்) DNA வின் ஒரு துண்டையும், ஒரு பாக்டீரிய பிளாஸ்மிட்டையும் பெற்றுள்ள பிளாஸ்மிட்களிலிருந்து பெறப்பட்ட கலப்பு தாங்கிக்கடத்திகளாகும்.



## பாக்டீரியோஃபாஜ் தாங்கிக்கடத்திகள் (Bacteriophage Vectors)

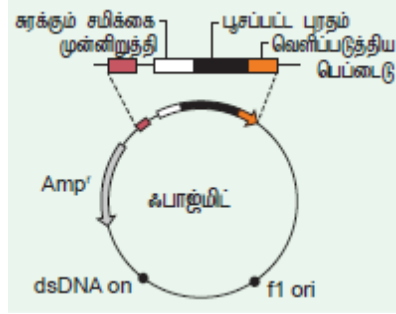
- பாக்டீரியோஃபாஜ் என்பது பாக்டீரியாவைத் தொற்றக்கூடிய வைரஸ்கள் ஆகும். மிகவும் சாதாரணமாக பயன்படுத்தப்படும் ஈ.கோலை ஃபாஜ்கள்,  $e$ -ஃபாஜ் ( $\lambda$  ஃபாஜ்) மற்றும் M13 ஃபாஜ் போன்ற ஃபாஜ் தாங்கிக்கடத்திகள் பிளாஸ்மிட் கடத்திகளை விட அதிக திறனுடையவையாகும். ஃபாஜ் தாங்கிக்கடத்திகளில் 25 kb வரை உள்ள DNA வை இணைக்க முடியும்.
- லாம்ப்டா ஃபாஜ் ( $\lambda$  ஃபாஜ்): ஈஸ்டிரிச்சியா கோலையைத் தொற்றும் ஒரு வகைதொற்றல் நிலை பாக்டீரியோ  $e$ -ஃபாஜ் ( $\lambda$  ஃபாஜ்) ஆகும். லாம்ப்டா ஃபாஜின் ( $\lambda$  ஃபாஜ்) மரபணுத் தொகையம் 48502 bp நீளமுடையது. அதாவது 49 kb மற்றும் 50 மரபணுக்களைக் கொண்டுள்ளது.



## ஃபாஜ்மிட் தாங்கிக்கடத்திகள் (Phagemid Vectors)

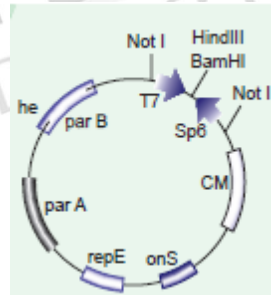
- ஃபாஜ்மிட் தாங்கிக்கடத்திகள் மறுகட்டமைப்பு செய்யப்பட்ட பிளாஸ்மிட் தாங்கிக்கடத்திகளாகும். இவற்றில் சொந்த தோற்றுவிமான  $ori$  மரபணு காணப்படுகிறது. இதை தவிர ஒரு ஃபாஜிலிருந்து பெருக்கமடையும்

தோற்றுவிையும் பெற்றுள்ளது. pBluescript SK (+/-) என்பது .:பாஜ்மிட் தாங்கிக்கடத்திக்கு எடுத்துக்காட்டாகும்.



### பாக்டீரிய செயற்கை குரோமோசோம் (Bacterial Artificial Chromosome Vector - BAC Vector)

- பாக்டீரியாவின் செயற்கை குரோமோசோம் (BAC) என்பது ஒரு குறுகிய தூரம் கடத்தும் பிளாஸ்மிட் தாங்கிக்கடத்தியாகும். இது மிகப்பெரிய அளவிலாக அயல் DNA ஐ நகலாக்கம் செய்ய உருவாக்கப்பட்டதாகும். தாங்கிக்கடத்தி மறுகூட்டிணைவு DNA (rDNA) தொழில்நுட்பத்தில் மிகவும் பயனுள்ள நகலாக்கத் தாங்கிக்கடத்தியாகும். இவை 300 kb வரையிலான DNA செருகிகளை நகலாக்கம் செய்ய முடியும். மேலும் இவை நிலையானவை மற்றும் பயன்படுத்துவதற்கு எளிதானவை.



### ஈஸ்ட் செயற்கை குரோமோசோம் (Yeast Artificial Chromosome Vector - YAC Vector)

- ஈஸ்ட் செயற்கை குரோமோசோம் பிளாஸ்மிட் கடத்தியும் ஈஸ்ட் குரோமோசோம் போன்றே செயல்படுகிறது. இது இரு வடிவங்களில் காணப்படுகிறது. அதாவது வட்ட வடிவ மற்றும் கோடு வடிவம். வட்ட வடிவ ஈஸ்ட் செயற்கை குரோமோசோம் பாக்டீரியங்களிலும், கோடு வடிவம் ஈஸ்ட் செயற்கை குரோமோசோம்கள் ஈஸ்ட் செல்லிலும் பெருக்கமடைகின்றன.

### குறைதாரத் தாங்கிக்கடத்திகள் (Shuttle Vectors)

- இரு வேறுபட்ட சிற்றினங்களின் செல்களிற்குள் பெருக்கமடைவதற்கான வகையில் வடிவமைக்கப்பட்ட பிளாஸ்மிட்கள் தான் குறைதாரத்

தாங்கிக்கடத்திகளாகும். இந்த தாங்கிக்கடத்திகள் மறுகூட்டிணைவு தொழில் நுட்பத்தினால் உருவாக்கப்பட்டவை. இந்த குறைதாரத் தாங்கிக்கடத்திகள் ஒரு ஒம்புயிரி செல்லில் பெருக்கமடைந்து வேறு எந்த மாற்றமும் தேவைப்படாமல் மற்றொரு ஒம்புயிரிக்கு இடம் பெயருகின்றன. பெரும்பாலான உண்மையுட்கரு தாங்கிக்கடத்திகள் இவ்வகையைச் சேர்ந்தவையாகும்.

- DNA ஒரு நீர் விரும்பும் மூலக்கூறு என்பதால் அது செல் சவ்வுகள் ஊடே கடக்க முடியாது. பிளாஸ்மிட்டை கட்டாயமாக பாக்டீரியங்களுக்குள் நுழைக்க, பாக்டீரிய செல்கள் DNA ஐ எடுத்துக்கொள்ள தகுந்தவையாக மாற்ற வேண்டும். இதற்கு கால்சியம் போன்ற இரு பிணைப்பு உடைய நேர் அயனியைக் கொண்ட ஒரு குறிப்பிட்ட செறிவில் பாக்டீரிய செல்கள் வைக்கப்பட வேண்டும். பின்பு மறுகூட்டிணைவு DNA இத்தகைய செல்களில் கட்டாயமாக நுழைக்கப்படுகிறது. இதற்கு இந்த செல்கள் மறு கூட்டிணைவு DNA உடன் பனிக்கட்டியில் வைக்கப்படுகின்றன மற்றும் இதனைத் தொடர்ந்து குறுகிய காலத்திற்கு 42°C (வெப்ப அதிர்ச்சி)ல் வைக்கப்பட்டு மற்றும் அதன் பின்பு மீண்டும் பனிக்கட்டியில் வைக்கப்படுகின்றன. இது மறுகூட்டிணைவு DNA வை பாக்டீரியங்கள் எடுத்துக் கொள்வதற்கு ஏதுவாக்கிறது.
- உண்மையுட்கரு புரதங்களை வெளிப்பாடு அடையச் செய்ய உண்மையுட்கரு செல்கள் விருப்ப பயன்படுத்தப்படுகின்றன. ஏனெனில் ஒரு செயல்திறன் வாய்ந்த புரதத்தை உண்டாக்குவதற்கு அந்த புரதம் சரியாக மடிப்படைய வேண்டும் மற்றும் தகவல் பெயர்விற்கு பின் ஏற்படும் மாற்றங்களும் ஏற்பட வேண்டும். இது தொல்லுட்கரு செல்களில் (ஈ.கோலை) சாத்தியமில்லை.

#### மரபணு மாற்ற முறைகள்

- மறுகூட்டிணைவு DNA மூலக்கூறு உருவாக்கிய பின்னர் அடுத்த படிநிலை அவற்றை பொருத்தமான ஒம்புயிர் செல்லில் நுழைத்தலாகும். மறுகூட்டிணைவு தாங்கிக்கடத்திகளை நுழைப்பதற்கு பல செயல்முறைகள் உள்ளன. அவை தாங்கிக்கடத்தி வகை மற்றும் ஒம்புயிரி செல் போன்ற பல காரணிகளைச் சார்ந்தது.
- தாவரங்களில் மரபணு மாற்றத்தை அடைவதற்கு அடிப்படை முன் தேவையாக தாங்கிக்கடத்தியை கட்டமைப்பு செய்ய வேண்டும். இந்த தாங்கிக்கடத்தி மரபணுவை தாங்கிச் செல்கிறது. இந்த மரபணு அதன் இரண்டு பக்கமும் தேவையான கட்டுப்பாட்டு தொடர்வரிசைகளால் சூழப்பட்டுள்ளது. அதாவது ஒரு முன்னியக்கி (Promotor) மற்றும் ஒரு முடிவுறுத்தி (Terminator) ஆகியவற்றால் சூழப்பட்டுள்ளது. பின்பு இந்த மரபணுக்கள் ஒம்புயிரி தாவரத்தில் வைக்கப்படுகிறது.
- தாவரங்களில் இரண்டு வகையான மரபணு மாற்ற முறைகள் உள்ளன. அவை
  - நேரடி (அ) தாங்கிக்கடத்தி அற்ற மரபணு மாற்றம் (Direct or vectorless gene transfer)
  - மறைமுக (அ) தாங்கிக்கடத்தி வழி மரபணு மாற்றம் (Indirect or vector - mediated gene transfer)

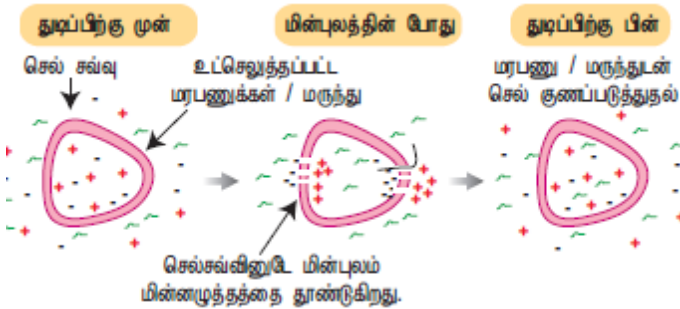
**நேரடி அல்லது தாங்கிக்கடத்தி அற்ற மரபணு மாற்றம்:**

- நேரடி அல்லது தாங்கிக்கடத்தி அற்ற மரபணு மாற்ற முறையில் விரும்பத்தகுந்த அயல் மரபணுவை தாங்கிக்கடத்தி உதவி இல்லாமல் ஒம்புயிர் தாவரத்திற்குள்ளாக செலுத்தப்படுகிறது. பின்வருவன தாவரங்களில் நேரடி மரபணு மாற்றத்திற்கு சில பொதுவான முறைகளாகும்.

**அ. வேதியியல் வழி மரபணு மாற்றம்:** பாலி எத்திலீன் கிளைக்கால் மற்றும் டெக்ஸ்ட்ரான் சல்ஃபேட் போன்ற சில வேதிப் பொருட்கள் தாவரங்களில் புரோட்டோபிளாஸ்ட்களுக்குள் DNA வை எடுத்துக்கொள்ளத் தூண்டுகின்றன.

**ஆ. நுண் உட்செலுத்துதல் (Microinjection):** தாவர செல்களை மரபணு மாற்றம் செய்ய DNAவை நேரடியாக ஒரு மிக நுண்ணிய முனையுடைய கண்ணாடி ஊசி அல்லது நுண் பிப்பெட்டினைப் பயன்படுத்தி உட்கருவினுள் உட்செலுத்தப்படுகிறது. புரோட்டோபிளாஸ்ட்கள் ஒரு திட தாங்கியின் மேல் (நுண்ணோக்கி கண்ணாடி கண்ணாடி தகட்டின் மேல் வைக்கப்பட்ட அகரோஸ்) நகர்வு முடக்கம் செய்யப்படுகின்றன. அல்லது உறிஞ்சு நிலையில் பிப்பெட்டால் நிலைநிறுத்தி வைக்கப்படுகிறது

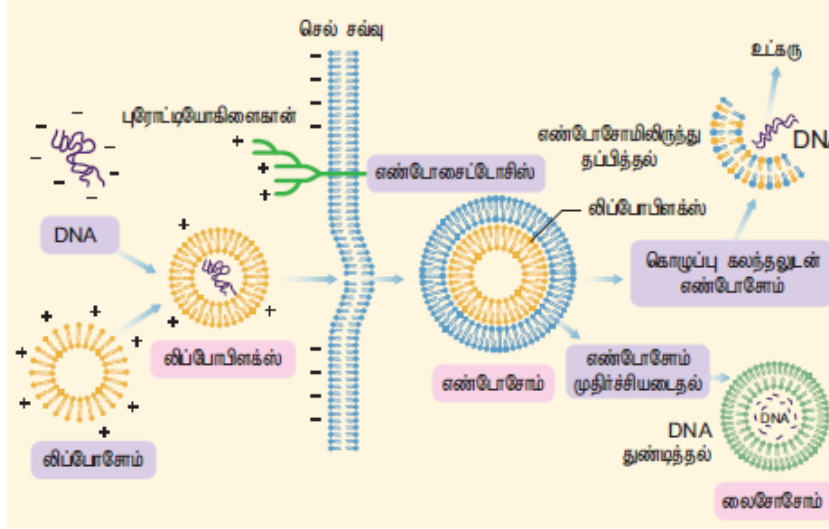
**இ. மின்துணையாக்க முறையில் மரபணு மாற்றம் (Electroporation methods of gene transfer):** புரோட்டோபிளாஸ்ட்கள் செல்கள் அல்லது திசுக்களுக்கு உயர் மின்அழுத்த விசை கொடுக்கப்படுகிறது. இது பிளாஸ்மா சவ்வில் தற்காலிக துளைகளை உண்டாக்குகிறது. இந்த துளைகள் மூலம் அயல் DNA உள்ளெடுக்கப்படுகிறது.



**மின்துணையாக்க முறை மரபணுமாற்றம்**

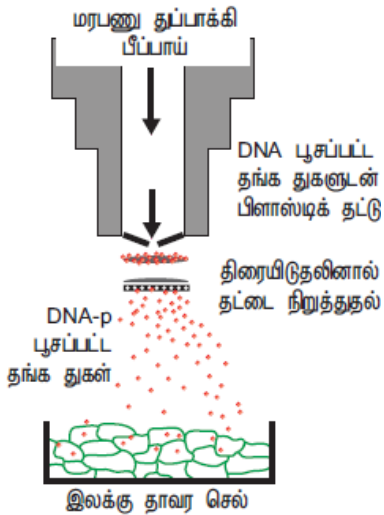
ஈ **லிப்போசோம் வழி மரபணு மாற்ற முறை:** செயற்கை பாஸ்போ லிப்பிடு லிப்போசோம்கள் என்ற நுண்பைகள் மரபணு மாற்றத்தில் பயன் உள்ளவையாக உள்ளன. மரபணு அல்லது DNA லிப்போசோமிலிருந்து தாவர செல்களின் நுண்பைகளுக்கு மாற்றப்படுகின்றது. இது காற்று உறை சூழப்பட்ட DNAவினால் நுண்குமிழ் பைக்குள் தாங்கிச் செல்லப்படுகிறது. இந்த தொழில்நுட்பமுறை அனுசூலமானது, ஏனெனில் லிப்போசோம் நுழைக்கப்பட்ட DNAவை நுண்குமிழ் பைகளிலுள்ள அமில pH, புரோட்டியேஸ் நொதி ஆகியவற்றால் ஏற்படும் சிதைவிலிருந்து பாதுகாக்கிறது. மரபணு மாற்றத்தின் விளைவாக லிப்போசோம்

மற்றும் காற்றுக் குமிழியின் டோனோபிளாஸ்ட் இணைகிறது. இந்த செயல்முறை லிப்போபெக்சன் என்று பெயர்.



லிப்போசோம் மரபணுமாற்றம்

உ. பையோலிஸ்டிக் முறை: நுண்ணிய தங்க அல்லது டங்ஸ்டன் (1–3  $\mu\text{m}$ ) துகள்களால் பூச்சு செய்யப்பட்ட அயல் DNA இலக்கு திசு அல்லது செல்களின் மீது துகள் துப்பாக்கியை (மரபணு துப்பாக்கி (gene gun) / நுண் எறிதல் துப்பாக்கி (micro projectile gun) / வெடிப்புத் துப்பாக்கி (shot gun)) பயன்படுத்தி அதிக விசையுடன் செலுத்தப்படுகிறது. பின்பு தாக்கப்பட்ட செல்கள் அல்லது திசுக்கள் தேர்வு செய்யப்பட்ட ஊடகத்தில் வளர்க்கப்படுகின்றன. இதன் மூலம் மரபணு மாற்றமடைந்த செல்களிலிருந்து தாவரங்களை மீளருவாக்கம் செய்ய முடியும்.



மரபணு துப்பாக்கிவழி மரபணுமாற்றம்

மறைமுக அல்லது தாங்கிக்கடத்தி வழி மரபணு மாற்றம்:

- ஒரு பிளாஸ்மிட் தாங்கிக்கடத்தி உதவியோடு ஏற்படுத்தப்படும் மரபணு மாற்றம் மறைமுக அல்லது தாங்கிக்கடத்தி வழி மரபணு மாற்றம் எனப்படுகிறது. தாவர



மரபணு மாற்றத்திற்கு பயன்படுத்தப்படும் பல்வேறு தாங்கிக்கடத்திகளில் முக்கியமாக பயன்படுத்தப்படுவது அக்ரோபாக்டீரியம் டிபுமிபேசியன்ஸின் Ti பிளாஸ்மிட் ஆகும். இந்த பாக்டீரியம் Ti பிளாஸ்மிட் (கழலையை உண்டாக்கும்) என அழைக்கப்படும் பிளாஸ்மிட்டையும் பெரிய பரிமாற்ற DNAவின் (T-DNA – கடத்து DNA) ஒரு பகுதியையும் கொண்டுள்ளது. இவை தொற்றுதலுக்குள்ளாகும் செல்களின் தாவர மரபணுத் தொகையறத்திற்கு மாற்றப்பட்டு தாவர கழலையை (மகுட கழலை-Crown gall) உண்டாக்குகின்றன. இந்த பாக்டீரியத்திற்கு அதனுடைய பிளாஸ்மிட்டின் T-DNA பகுதியை தாவர மரபணு தொகையத்திற்குள் செலுத்தக்கூடிய இயல்பான திறன் உள்ளதால், காயமடைந்த களங்களில் உள்ள செல்கள் தொற்றுதல் அடைகின்றன. இதன் காரணமாக இது தாவரங்களின் இயற்கை மரபணுப் பொறியாளர் என்றும் அழைக்கப்படுகிறது.

- அயல் மரபணுவும் (எடுத்துக்காட்டாக பூச்சிகளின் தாக்கத்திற்கு தடை ஏற்படுத்தும் Bt மரபணு) தாவர தேர்வு அடையாளக் குறி மரபணுவும் (இது பொதுவாக npt II போன்ற உயிரி எதிர்ப் பொருள் மரபணுவாகும்; இது கேனாமைசீன் என்ற உயிரிஎதிர்பொருளுக்கு தடையை உண்டாக்குகிறது.) Ti பிளாஸ்மிட்டின் T-DNA பகுதியில் நகலாக்கம் செய்யப்படுகின்றன. இவை தேவையற்ற DNA தொடர்வரிசை இடங்களுக்கு பதிலாக நகலாக்கம் செய்யப்படுகின்றன.

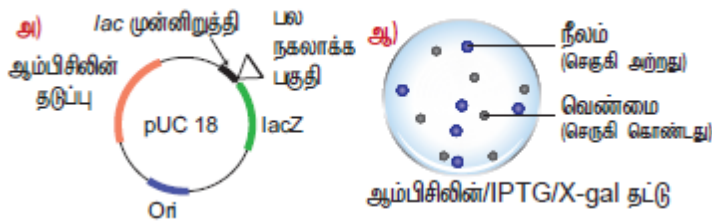
### மறுகூட்டிணைவு செல்களுக்கான சலிக்கை செய்தல் (Screening for Recombinants)

- பொருத்தமான ஒம்புயிர் செல்லில் மறுகூட்டிணைவு DNAவை நுழைத்த உடன் rDNA மூலக்கூறைப் பெற்ற செல்களை அடையாளம் கண்டறிவது மிகவும் அவசியமாகும். இந்த செயல் சலிக்கைச் செய்தல் (Screening) என்று அழைக்கப்படுகிறது. மறுகூட்டிணைவு அடைந்த செல்லில் உள்ள தாங்கிக்கடத்தி அல்லது அயல் DNA பண்புகளை வெளிப்படுத்துகின்றது. மாறாக மறுகூட்டிணைவு அடையாத செல்கள் இந்த பண்புகளை வெளிப்படுத்துவது இல்லை. இதற்காக சில முறைகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. அவற்றில் ஒரு முறை நீலம் வெண்மைத் தேர்வு முறையாகும்.

### உட்செருகுதல் செயலிழப்பு – நீலம் - வெண்மை காலனி தேர்வு முறை

- இது மறுகூட்டிணைவு பிளாஸ்மிட்டை சலிக்கைச் செய்ய பயன்படுத்தப்படும் ஒரு திறன் மிக்க முறையாகும். இம்முறையில் lacZ என்ற ரிப்போர்டர் மரபணு ஐ தாங்கிக்கடத்திற்குள் செருகப்படுகிறது. இந்த lacZ –காலக்டோசிடேஸ் என்ற நொதிக்கு குறியீடு செய்கிறது. மேலும் இது தடைகட்டு நொதிக்கு குறியீடு செய்கிறது. மேலும் இது தடைகட்டு நொதிக்கு பல அடையாளக் களங்களை கொண்டுள்ளது.

- X - gal என்றழைக்கப்படும் (5-புரோமோ -4 குளோரோ - இண்டோலைல் - - D - காலக்டோபைரனோசைட்) செயற்கை தளப்பொருட்களை-காலக்டோசிடேஸ் உடைக்கிறது மற்றும் கரையாத நீல நிற விளைபொருளை உருவாக்குகிறது. lacZ க்குள் அயல் மரபணுவை வைக்கும் போது இந்த மரபணு செயலிழக்கிறது. எனவே நீலநிறம் உண்டாகாது. வெண்மை நிறம் காணப்படுகிறது. ஏனெனில் lacZ செயலிழப்பினால் β-காலக்டோசிடேஸ் உண்டாக்கப்படுவதில்லை. எனவே தளப்பொருளில் வெண்மை நிற காலனிகளை உருவாக்கும். rDNA கொண்ட ஒம்புயிரி செல் X-galஐ பெற்றுள்ளன. மாறாக மறுகூட்டிணைவு DNA பெற்றிராத இதர செல்கள் நீலநிற காலனிகளை உண்டாக்குகின்றன. காலனி நிற அடிப்படையில் மறுகூட்டிணைவு அடைந்த செல்கள் தெரிவு செய்யப்படுகின்றன.



- அ) நீல - வெண்மைக்காக வடிவமைக்கப்பட்ட பிளாஸ்மிட் தாங்கிக்கடத்தி
- ஆ) நீல - வெண்மை காலனி தேர்வு

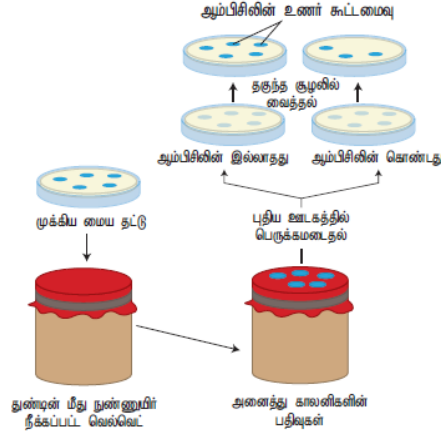
### உயிரி எதிர்ப்பொருள் தடுப்பு அடையாளக் குறி (Antibiotic Resistance Marker)

- உயிரி எதிர்ப்பொருள் தடுப்பு அடையாளக் குறி என்பது ஒரு மரபணுவாகும். இது செல்களில் உயிரி எதிர்ப்பொருளுக்கான எதிர்ப்புத் தன்மையை வழங்கும் ஒரு புரதத்தை உண்டாக்குகிறது. மரபணு மாற்றப்பட்ட DNA கொண்ட பாக்டீரியங்களை உயிரிஎதிர்ப்பொருள் கொண்ட ஒரு வளர்தளத்தில் வளர்ப்பதின் மூலம் அடையாளம் கண்டறியலாம். மறுகூட்டிணைவு அடைந்த செல்கள் இந்த வளர்தளத்தில் வளர்கின்றன. ஏனெனில் ஆம்பிசிலின், குளோரோம்.பினிக்கால், டெட்ராசைக்கிளின் அல்லது கேனாமைசின் கொண்ட எதிர் உயிரி பொருட்களுக்கு தடையைக் குறியீடு செய்யும் மரபணுக்களை இவை பெற்றுள்ளன. மாறாக இதர செல்கள் இந்த வளர்தளத்தில் வளர முடியாது. எனவே இது ஒரு பயனுள்ள தேர்வு செய்யப்படக்கூடிய அடையாளக் குறியாக பயன்படுகிறது.

### நகல் தட்டிடுதல் தொழில்நுட்பமுறை (Replica plating technique)

- இத்தொழில்நுட்பத்தில் வளர்ப்புத் தட்டில் வளர்க்கப்படும் காலனிகள் நகல் எடுக்கப்படுகின்றன. வளர்ப்பு தட்டில் வளரும் காலனிகளின் வளர்ப்பு தட்டின் மீது நுண்ணுயிர் நீக்கப்பட்ட ஒரு வடிதட்டை ஒற்றி எடுக்கப்படுகிறது. பின்னர் வடிகட்டியை இரண்டாவது நுண்ணுயிர் நீக்கப்பட்ட வளர்ப்பு தட்டில் ஒற்றி எடுக்க வேண்டும். இதன் விளைவாக புதிய தட்டு முந்தையத் தட்டில் காலனிகள் இருந்த அதே ஒப்பு அமைவிடங்களில் தொற்று பெற்ற செல்களைக் கொண்டுள்ளது. பொதுவாக இரண்டாவது தட்டில் பயன்படுத்தப்படும் ஊடகம்

முதல் தட்டில் பயன்படுத்தப்படும் ஊடகத்திலிருந்து வேறுபடுகிறது. இதில் உயிரிஎதிர்ப்பொருள் கொண்டுள்ளது அல்லது வளர்ச்சி காரணிகள் இல்லை. இவ்வகையில் மாற்றப்பட்ட செல்கள் தெரிவு செய்யப்படுகின்றன.



நகலாக்க தட்டிடுதல் தொழில்நுட்ப முறை

மூலக்கூறு தொழில்நுட்பமுறைகள் (Molecular Techniques) – மரபணுப் பொருளினை பிரித்தெடுத்தலும், இழும மின்னாற்பிரித்தலும் (Isolation of Genetic Material and Gel Electrophoresis)

- மின்னாற்பிரித்தல் என்பது ஒரு பிரித்தல் தொழில்நுட்பமுறையாகும். இது நேர் மற்றும் எதிர் மின்னூட்டம் கொண்ட வெவ்வேறு உயிரி மூலக்கூறுகளை பிரிக்கப் பயன்படுகிறது.

நெறிமுறை

- மின்சாரம் (DC) செலுத்தும் போது மூலக்கூறுகள் அவற்றின் மின்சமையைப் பொறுத்து இடம் பெயர்கின்றன. வெவ்வேறு மூலக்கூறுகளின் மின்சமையின் வெவ்வேறானவை.

+ve மின்னூட்டம் பெற்ற நேர்மின் அயனிகள் ஆனது (-ve) எதிர்மின்வாய் நோக்கி நகர்கிறது.

-ve மின்னூட்டம் பெற்ற எதிர்மின் அயனிகள் ஆனது (+ve) நேர்மின்வாய் நோக்கி நகர்கிறது

அகரோஸ் இழும மின்னாற்பிரிப்பு (Agarose GEL electrophoresis)

- குறிப்பிட்ட DNA துண்டுகளை தூய்மைப்படுத்த இம்முறை முக்கியமாக பயன்படுத்தப்படுகிறது. சில 100 முதல் 20,000 வரையிலான கார இணைகள் உள்ள DNA துண்டுகளை பிரித்தெடுக்க அகரோஸ் பொருத்தமான DNA துண்டுகளை தூய்மைப்படுத்த பாலிஅக்ரலமைட் இழுமம் (Polyacrylamide)
- உகந்ததாக கருதப்படுகிறது. இந்த இழுமம் பல்படிய சிக்கலான மூலக்கூறுகளால் ஆன கூட்டமைப்பாகும். DNA மூலக்கூறு எதிர் மின்சமையுடைய மூலக்கூறு ஆகும். இது மின் புலத்தில் வைக்கப்படும்போது

இழுமம் வழியாக இடம் பெயர்கிறது. அளவு தெரிந்த அடையாள குறி பெற்ற DNA துண்டுகளில் அடிக்கடி மின்னாற்பிரித்தல் நிகழ்த்தப்படும் போது அது தெரியாத னுயே மூலக்கூறின் இடைசெருகுதலினால் துல்லியமாக அளவிட அனுமதிக்கிறது.

- **அகரோஸ் இழும மின்னாற்பிரித்தலின் நன்மைகளாவன:** அதிக உணர் DNA திறனில் பட்டையானது நன்கு கண்டறியப்படுகிறது. இந்த இழுமத்தில் உள்ள DNA வின் பட்டையானது எத்திடயம் புரோமைட் (Ethidium bromide) என்னும் சாயத்தைக் கொண்டு சாயமேற்றப்படுகிறது. DNA ஐ கண்ணுக்கு புலனாகும் மிளிர் ஒளியில் கண்டறியலாம். அதாவது புறஊதா கதிரில் மிளிர் ஒளி மூலம் ஒளியூட்டும் போது இது ஆரஞ்சு மிளிர் ஒளியை உண்டாக்குகிறது மற்றும் இதை புகைப்படம் எடுக்கலாம்.

- விவசாயத்தில் கண்டறிதல் என்பது தாவரத் திசுக்களில் நோய்க் காரணிகளைக் கண்டறிப் பயன்படுத்தப்படும் பல்வேறு வகைச் சோதனைகளை குறிப்பதாகும். மிகவும் திறன்மிக்க இரண்டு முறைகளாவன.

1. ELISA (Enzyme Linked Immuno Sorbent Assay) நொதிகளுடன் இணைக்கப்பட்ட நோய் தடுப்பைக் கூராய்ந்தறிதல்.

ELISA என்பது எதிர்புரதம் மற்றும் கண்டறிய உதவும் காரணிகளைப் பயன்படுத்தி நோய்க்காரணிக்குரி சிற்றினங்களை அறிய உதவும் முறையாகும் அதிகளவும் நடவுகளிலிருந்து வைரஸ் பாதிக்கப்பட்ட தாவரங்களை தாவர நோய் அறிகுறி உள்ளவற்றை களையெடுக்க ELISA வின் பயன்பாடு நன்கு அறியப்பட்டுள்ளது.

2. DNA துருவி

வைரஸ்கள் மற்றும் பிற நோய் காரணிகளைக் அடையாளம் காண்பதற்கு DNA துருவிகள், கதிரியக்க மற்றும் கதிரியக்கம் அல்லாதவைகள் (நார்தன் மற்றும் சதர்ன் ஒற்றியெடுப்பு) பிரபலமான கருவியாகும்.

### உட்கரு அமில கலப்புறுத்தம் (Nucleic Acid Hybridization) – ஒற்றியெடுப்பு நுட்பமுறைகள்

- அதிக எண்ணிக்கையிலான மூலக்கூறுகளிலிருந்து பிரித்தெடுக்கப்பட்ட தேவைப்படும் DNA அல்லது RNA தூண்டுகளை குறிப்பாக அடையாளம் காண ஒரு பிரித்தறியும் கருவியாக ஒற்றியெடுப்பு முறையானது பரவலாக பயன்படுத்தப்படுகிறது. ஒற்றியெடுத்தல் என்பது வகைகாட்டு (Sample) உட்கரு அமிலங்களை நகரும் முடக்கம் அல்லது திட தாங்கியில் (solid support) நைட்ரோசெல்லுலோஸ் (நைலான்படலம்) ஈடுபடுத்தும் செயல்முறையாகும். ஒற்றியெடுக்கப்பட்ட உட்கரு அமிலங்கள் பின்பு கலப்புறுத்தச் சோதனைகளில் அவற்றின் குறிப்பிட்ட இலக்கை கண்டறியப் பயன்படுகிறது.

## ஒற்றியெடுப்பு தொழில்முறைகளின் வகைகள் (Types of Blotting Techniques)

- **சதர்ன் ஒற்றியெடுப்பு (Southern Blotting):** அகரோஸ் இழுமத்திலிருந்து நைட்ரோசெல்லுலோஸ் சவ்விற்கு DNA-வை மாற்றுவது சதர்ன் ஒற்றியெடுப்பு எனப்படும்.
- **நார்தர்ன் ஒற்றியெடுப்பு (Northern Blotting):** நைட்ரோசெல்லுலோஸ் சவ்விற்கு RNA -வை மாற்றுவது நார்தர்ன் ஒற்றியெடுப்பு எனப்படும்.
- **வெஸ்டர்ன் ஒற்றியெடுப்பு (Western Blotting):** புரதத்தை நைட்ரோசெல்லுலோஸ் சவ்விற்கு மன்னாற்பிரிப்பு மூலம் மாற்றுவது வெஸ்டர்ன் ஒற்றியெடுப்பு எனப்படும்.

## சதர்ன் ஒற்றியெடுப்பு தொழில்நுட்பமுறைகள் (Southern Blotting Techniques) – DNA:

- இந்த செயல்முறை 1975ல் சதர்ன் (Southern) என்பவரால் அறிமுகப்படுத்தப்பட்டது. இதில் இயல்பிழந்த னுபே (Denatured DNA) அகரோஸ் கூழ்மத்திலிருந்து நைட்ரோசெல்லுலோஸ் தாளிற்கு அல்லது வடிகட்டிதாளுக்கு (Filter Paper Technique) மாற்றப்படுகிறது. இந்த தொழில்நுட்பமுறை சதர்ன் ஒற்றியெடுப்பு தொழில்நுட்பமுறை சதர்ன் ஒற்றியெடுப்பு தொழில்நுட்பமுறை (Southern Blotting Technique) என அழைக்கப்படுகிறது.

### படிநிலைகள்

- அகரோஸ் கூழ்மத்திலிருந்து நைட்ரோசெல்லுலோஸ் வடிகாளுக்கு DNA வை மாற்றுவது நுண்புழை செயல்பாட்டின் (Capillar action) மூலம் சாத்தியமாகிறது.

ஒற்றியெடுப்பு தொழில்நுட்பமுறைகளுக்கிடையே உள்ள வேறுபாடுகள்			
	சதர்ன் ஒற்றியெடுப்பு	நார்தர்ன் ஒற்றியெடுப்பு	வெஸ்டர்ன் ஒற்றியெடுப்பு
பெயர்	கண்டுபிடிப்பாளரின் பெயர் சதர்ன் ஆகும்	நார்தர்ன் என்பது ஒரு தவறான பெயராகும்.	வெஸ்டர்ன் என்பது ஒரு தவறான பெயராகும்.
பிரிக்கப்படுவது	DNA	RNA	புரதங்கள்
இயல்பிழத்தல் (Denaturation)	தேவைப்படுகிறது	தேவையில்லை	தேவைப்படுகிறது
சவ்வு	நைட்ரோசெல்லுலோஸ் / நைலான்	அமினோபென்சைலாக்சி மெத்தில்	நைட்ரோசெல்லுலோஸ்
கலப்புறுத்தம்	DNA – DNA	RNA – DNA	புரதம் – எதிர்ப்புரதம் (antibody)
காட்சிப்படுத்துதல் (visualizing)	கதிரியக்க படம் (autoradiogram)	கதிரியக்க படம்	இருள் அறை

- சோடியம் சலைன் சிட்ரேட் (SSC) என்ற தாங்கல் கரைசல் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இதில் DNA அதிகமாக கரைகிறது. இதனை நைட்ரோ செல்லுலோஸ் சவ்விற்கு இழுமம் மூலம் மாற்றப்படுகிறது.
- இந்த நிகழ்வின் காரணமாக ssDNA-வானது சவ்வின் ஊடகத்தில் பிடிக்கப்படுகிறது.
- இந்த DNA உட்கரு அமிலத்துடன் கலப்புறுத்தம் செய்யப்படுகிறது மற்றும் இதை கதிரியக்க படமெடுப்பு மூலம் கண்டுணரலாம்.
- கதிரியக்க படமெடுப்பு (Autoradiography) – கதிரியக்கம் உண்டாக்கும் ஒரு பொருளில் அடையாளமிடப்பட்ட ஒரு கூறு (component) வெளிப்படுத்தப்படாத ஒளிப்படச் சுருளோடு வைக்கப்படும் போது அடையாளமிடப்பட்ட கூறிலிருந்து உமிழப்படும் ஒளி அல்லது கதிரியக்கதால் உண்டாக்கப்படும் ஒரு பிம்பத்தை ஒளிப்படப் பால்மத்தில் (Photographic emulsion) உருவாக்கும் தொழில்நுட்ப செயல்முறையாகும்.

### நார்தர்ன் ஒற்றியெடுப்பு (Northern Blot)

- RNA செல்லுலோஸ் நைட்ரேட்டுடன் பிணைக்கப்படுவதில்லை என்பது அறியப்பட்டுள்ளது. எனவே, ஆல்வின் மற்றும் அவரது குழுவினர் (1979) ஒரு செய்முறையை திட்டமிட்டனர். இதில் RNA பட்டைகள் அகரோஸ் இழுமத்திலிருந்து நைட்ரோஸ் செல்லுலோஸ் வடிதாளிற்கு மாற்றப்படுகின்றன. இழுமத்திலிருந்து சிறப்பு வடித்தாளுக்கு (Special Filter Paper) RNA மாற்றப்படுவது நார்தர்ன் ஒற்றியெடுப்பு கலப்புறுத்தம் எனப்படுகிறது. நார்தர்ன் ஒற்றியெடுப்பு கலப்புறுத்தம் எனப்படுகிறது. நார்தர்ன் ஒற்றியெடுப்பிற்கு பயன்படுத்தப்படும் வடிதாள் வாட்மேன் 540 எனும் தாளில் இருந்து தயாரிக்கப்படும் அமைனோ பென்சைலாக்சிமெத்தில் (Amino Benzyloxymethyl) தாள் ஆகும்.

### வெஸ்டர்ன் ஒற்றியெடுப்பு (Western Blot)

- ஒற்றியெடுப்பு தாளுக்கு மின்னாற்பிரிப்பு முறையில் புரதங்கள் மாற்றப்படுவது வெஸ்டர்ன் ஒற்றியெடுப்பு எனப்படுகிறது. வெஸ்டர்ன் ஒற்றியெடுப்பு தொழில்நுட்பமுறையில் நைட்ரோ செல்லுலோஸ் வடிதாள் பயன்படுத்தப்படுகிறது. கதிரியக்க அடையாளமிடப்பட்ட எதிர்ப்புரதம் (antibody) ஒன்றினால் ஒற்றியெடுப்பு துருவி மூலம் ஆய்வு செய்யும் போது ஒரு குறிப்பிட்ட புரதம் அடையாளப்படுத்தப்படுகிறது. இந்த எதிர்ப்புரதம் ஒரு குறிப்பிட்ட புரதத்துடன் இணைகிறது. இந்த புரதத்திற்கு எதிராகத்தான் இந்த எதிர்ப்புரதம் தயாரிக்கப்பட்டதாகும்.

### இலக்கு மரபணு விளைவை உயிராய்ந்தறிதல் (Bioassay for Target Gene Effect)

- இலக்கு மரபணு என்பது நகலாக்கம் செய்யப்பட வேண்டிய அல்லது சிறப்பாக சடுதிமாற்றம் செய்ய வேண்டிய இலக்கு DNA, அயல் DNA (foreign DNA), பயணி DNA (Passenger DNA), வெளியில் உருவாகும் DNA (exogenous DNA), தேவப்படும் DNA அல்லது செருகல் DNA (insert DNA) ஆகும். மரபணு இலக்கு சோதனைகள் உட்கருக்களை இலக்குகளாக கொண்டுள்ளன. மரபணு வெளியேற்றத்திற்கு (Gene Knock-out). வழிவகுக்கின்றன. நோக்கத்திற்கு இரண்டு வகை இலக்குகள் தாங்கி கடத்திகள் (Vectors) பயன்படுத்தப்படுகின்றன. (i) உள் செருகும் தாங்கிக்கடத்திகள் (insertion vectors) (ii) பதிலீடு அல்லது மாற்றீடு தாங்கிக்கடத்திகள் (replacement vectors.)
- **ஊடுதொற்றுதல் (Transfection):** வைரஸ் அல்லாத முறைகளால் செல்லினுள் அயல் உட்கரு அமிலங்கள் (foreign nucleic acid) நுழைக்கப்படுதலாகும்.
- 1. உட்செருகும் தாங்கிக்கடத்தி (Insertion vectors) ஒத்த இடத்திற்குள் (homologous regions) தாங்கிக்கடத்திகள் நேர்க்கோட்டு அமைப்புகளாக (linearised) மாற்றப்படுவதால் இலக்காக தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட அமைவிடத்தில் முழுவதுமாக செருகப்படுகின்றன. முதலில், இந்த தாங்கிக்கடத்திகள் வட்ட வடிவமாக உள்ளன என்றாலும் நேர் கோட்டு அமைப்புகளாக மாறுகின்றன. தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட அடையாளக்குறிகளுக்கு (selectable markers) அருகில் உள்ள தொடர்வரிசைகளின் இரட்டிப்படைதலுக்கு வழிவகுக்கின்றன.
- 2. மாற்றீடு தாங்கிக்கடத்தி (replacement vector) ஒரே இடத்தைப் பெற்றுள்ளது (Homology region) மற்றும் ஒத்த நேர்க்கோட்டில் (Co-linear) அமைந்ததாகும். இந்த தாங்கிக்கடத்தி ஊடுதொற்றுதலுக்கு (transfection) முன்னர் ஒத்த இடத்திற்கு வெளியே தன்னை நேர்க்கோட்டு அமைப்பாக மாற்றிக் கொள்கிறது. ஒரு குறுக்கேற்றம் ஏற்பட்டு உள் நுழையும் DNA- ஆல் வெளியில் உருவான DNA மாற்றீடு செய்யப்படுகிறது.

### மரபணு தொகையத் தொடர்வரிசையாக்கமும் மற்றும் தாவர மரபணு தொகைய செயல்திட்டங்களும் (Genome sequencing and Plant Genome Projects)

- ஒரு உயிரினத்தின் / செல்லின் அனைத்து பண்புகளையும் நிர்ணயிக்கின்ற அனைத்து மரபணுக்களின் தொகுப்பு மரபணுத் தொகையம் எனப்படும். இந்த மரபணுத் தொகையம் உட்கரு மரபணுத் தொகையமாகவோ, மைட்டோகாண்டிரிய மரபணுத் தொகையமாகவோ அல்லது கணிக மரபணுத் தொகையமாகவோ இருக்கலாம். பல தாவரங்களின் மரபணுத் தொகையம் செயல்படும் மற்றும் வெளிப்பாடு அடையாத DNA (non expressive DNA) புரதங்களைக் கொண்டிருக்கும். மரபணுத் தொகைய செயல் திட்டத்தில் மொத்த தாவரத்தின் மரபணுத் தொகையமும் பகுப்பாய்வு செய்யப்படுகிறது. இதில் தொடர்வரிசையாக்கமும் மற்ற தாவரங்களோடு உள்ள தொடர்வரிசையாக்க ஒப்புமையும் பகுப்பாய்வு செய்யப்படுகிறது. இது போன்ற மரபணுத் தொகைய செயல்திட்டங்கள் கிளாமிடோமோனஸ் (பாசி), அராபிடாப்சிஸ் தாலியானா

(*Arabidopsis thaliana*), அரிசி, மக்காசோளம் போன்ற தாவரங்களில் மேற்கொள்ளப்பட்டுள்ளன.

- ஒரு உயிரினத்தின் மரபணு தொகைய உள்ளடக்கப் பொருள் கார (அடி) இணைகளின் எண்ணிக்கைகளிலோ, அல்லது C-மதிப்பில் குறிப்பிடப்படும் DNAவின் அளவிலோ சொல்லப்படுகிறது.
- மரபணுத் தொகையம் தொடர்வரிசையாக்கம் (Genome sequencing): ஒரு உயிரினத்தின் முழு இருமடிய குரோமோசோம்களில் மரபணுக்களின் அமைவிடத்தை அறியும் முறையாகும்.

### DNAஐப் பயன்படுத்தி பரிணாமப் பாங்கை மதிப்பீடு செய்தல் (Evolutionary Pattern assessed using DNA)

- அண்மை ஆண்டுகளில் பல்வேறு தாவர இனங்களுக்கு இடையேயான பரிணாம உறவுமுறைகள் DNA அளவையும், DNA தொடர் வரிசையில் உள்ள ஒற்றுமை வேற்றுமைகளையும் பயன்படுத்தி மதிப்பீடு செய்யப்படுகின்றன. இத்தகைய பகுப்பாய்வின் அடிப்படையில் உயிரினங்கள் மற்றும் அவற்றின் உறவுமுறைகள் கிளைப் பரிணாம வரைபடத்தில் (cladogram) குறிக்கப்படுகின்றன. இத்தகைய கிளைப் பரிணாம வரைபடம் இரு வேறுபட்ட இனங்களுக்கு இடையேயான மரபணுசார் இடைவெளியைக் (Genetic distance) காட்டும். மேலும் இது ஒரு இனம் மற்றொரு இனத்தை ஒப்பிடும் போது எந்த அளவிற்கு தொல்தன்மை அல்லது அண்மைத் தன்மை கொண்டுள்ளது என்பதைக் காட்டுகிறது.

### மரபணுத் தொகைய சீர்வரிசையாக்கம் (Genome editing) மற்றும் CRISPR - Cas 9

- ஓர் உயிரினத்தின் DNA-வில் மாற்றம் ஏற்படுத்தும் திறன் கொண்ட தொழில்நுட்பங்களின் ஒரு தொகுதி தான் மரபணுத் தொகைய சீர்வரிசையாக்கம் அல்லது மரபணு சீர்வரிசையாக்கமாகும். இந்த தொழில்நுட்பங்கள் மரபணுத் தொகையத்தின் எந்த ஒரு மரபணு சார் பொருட்களை சேர்க்கவோ, நீக்கவோ, மாற்றவோ அனுமதிக்கிறது. மரபணுத்தொகைய சீர்வரிசையாக்கத்தின் பல்வேறு அணுகுமுறைகள் உருவாக்கப்பட்டுள்ளன. இவற்றில் அண்மைக் காலத்தில் உருவாக்கப்பட்ட ஒன்று CRISPR - Cas 9 எனப்படுகிறது. இது ஒன்று திரண்ட ஒழுங்கான இடைவெளி கொண்ட குட்டையான முன்பின் ஒத்த மாறிகள் (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats - CRISPR) மற்றும் CRISPR தொடர்புடைய புரதம் 9 என்பதன் சுருக்க வடிவமாகும். இந்த CRISPR - Cas 9 தொகுதி அறிவியல் சமுதாயத்தில் அதிக அளவிளான ஆர்வத்தை உருவாக்கியுள்ளது. ஏனெனில் முந்தைய, பழைய மரபணுத் தொகை சீர்வரிசையாக்க முறைகளை விட இது வேகமானது, மலிவானது, அதிக துல்லியமானது மற்றும் அதிக செயல் திறனுடையது. CRISPR வழி மேற்கொள்ளப்பட்ட இலக்கு திடீர் மாற்றம் (targeted mutagenesis), மரபணு பதிலீடு (gene replacement) போன்றவற்றில் நடைமுறைச் சாத்தியக்கூறை



எடுத்துக்காட்டுவதற்கு பயன்படுத்தப்பட்ட முதல் தாவரங்களில் முக்கியமானது அரிசி தாவரமாகும். மரபணுத் தொகைய சீர்வரிசையாக்க கருவியான CRISPRஐ பயன்படுத்தி கலப்பின் அரிசியை உருவாக்கலாம்; இவற்றின் விதைகளை நகலாக்கம் செய்ய முடியும். இம்தியாஸ் காண்ட், வெங்கடேசன் சுந்தரேசன் மற்றும் அவர்களுடைய சகாக்களும் ஒரு புதிய ஆய்வின் மூலம் அரிசியை எப்படி பால்நிலையிலிருந்து பாலிலா நிலைக்கு மாற்றுவதற்கு அரிசி தாவரத்தை மறுமாற்றம் செய்யலாம் என்பதைத் தெளிவாக காட்டியுள்ளனர்.

## RNA குறுக்கீடு (RNA Interference - RNA i)

- உயிரினத்தின் அனைத்து பண்புகளும் உட்கரு DNA வின் பகுதிகளிலுள்ள பல்வேறு மரபணுக்கள் வெளிப்பாட்டின் விளைவாகும். இந்த வெளிப்பாடு படியெடுத்தல் (transcription) மற்றும் தகவல் பெயர்வு (translation) ஆகியவை உள்ளடக்கியது. படியெடுத்தல் என்பது DNAவின் ஒரு இழையிலிருந்து (வெளிப்பாட்டையும் இழை) மரபணுசார் தகவல்கள் RNA வால் நகலாக்கப்படும் நிகழ்வாகும். இந்த RNA உருவாக்கப்பட்ட உடனேயே நேரடியாக சைட்டோபிளாசத்திற்கு அனுப்ப முடியாது. அங்கு தகவல் பெயர்வை மேற்கொள்ள முடியாது. இது சீர்வரிசையாக்கம் (edited) செய்யப்பட வேண்டும். தகவல் பெயர்வுக்கு ஏற்ற முறையில் மாற்றப்பட்டு புரதச் சேர்க்கையை மேற்கொள்கிறது. RNA இழையின் ஒரு முக்கிய பகுதியான இண்ட்ரான்கள் (introns) நீக்கப்பட வேண்டும். இந்த அனைத்து மாற்றங்களும் தகவல்பெயர்வுக்கு முன்பு நடைபெறும் இயல்பான மாற்றங்களாகும். அங்கு DNAவின் சில பகுதிகள் செயல்படாமல் உள்ளன. எனினும், ஒரு RNA குறுக்கீட்டு வழித்தடம் (RNA interference pathway / RNAi pathway) காணப்படுகிறது. RNA குறுக்கீடு என்பது ஒரு ஓயிரிய செயல் நிகழ்வாகும். இதில் RNA மூலக்கூறுகள் மரபணு வெளிப்பாட்டை அல்லது தகவல் பெயர்வை தடை செய்கின்றன. இது இலக்கு mRNA மூலக்கூறுகளை செயலிழக்கச் செய்வதன் மூலம் மேற்கொள்ளப்படுகிறது.
- வழித்தடத்திற்கு ஒரு எளிமையாக்கப்பட்ட முன்மாதிரி உள்ளது. இது இரண்டு படிநிலைகளின் அடிப்படையில் நடைபெறுகிறது. ஒவ்வொன்றிலும் ரிபோநியுக்ளியேஸ் நொதி ஈடுபடுகிறது. முதல் படிநிலையில் தூண்டும் RNA [இது dsRNA -ஆகவோ miRNA - இன் முதன்மை படியாக (transcript) இருக்கலாம்] RNAase - II நொதிகளால் ஒரு குட்டையான இடையீட்டு (interfering) RNA ஆக (siRNA) பதப்படுத்தப்படுகிறது. இந்த நொதிகள் டைசர் மற்றும் டிரோசா (Dicer and Drosha) என்று அழைக்கப்படுகின்றன. இரண்டாவது படிநிலையில், siRNA க்கள் வினைவூக்கி கூட்டுப்பொருள் (effector complex), சிக்கலான RNA தூண்டப்பட்டு வெளிப்பாட்டைவதைத் தடுக்கும் (silencing) கூட்டு அமைப்பான RISC (RNA induced silencing complex) - இல் செலுத்தப்படுகின்றன. RISC கோர்த்தலின் போது (assembly) siRNA அதனுடைய சுருள் அமைப்பை இழக்கிறது மற்றும் ஒற்றை

இழையுடைய RNA, mRNA இலக்குடன் கலப்புறுகிறது. இத்தகைய RNAi தாவரத்தை உண்ணும் உருளைப் புழுக்களில் (nematodes) காணப்படுகிறது.

## மரபணு மாற்றப்பட்டத் தாவரங்கள் (Transgenic plants / Genetically modified crops - GM crops)

### களைக்கொல்லி எதிர்ப்புத்தன்மை - கிளைபோசேட் (Glyphosate)

- பயிர் நிலங்களில் எப்போதும் காணப்படும் ஒரு பிரச்சினை களைகளாகும். களைகள் பயிர்களுடன் சூரிய ஒளி, நீர் உணவு மற்றும் நோய்களின் கடத்திகளாக உள்ளன. இவற்றைக் கட்டுப்படுத்தாவிட்டால் களைகள் பயிர்விளைச்சலை குறிப்பிடத்தக்க அளவு குறைத்துவிடும்.
- மரபணு மாற்றப்பட்டத் தாவரங்கள் வேறொரு உயிரியின் புதுமையான DNA நுழைக்கப்பட்ட மரபணுத் தொகையம் பெற்றத் தாவரங்களாகும்.
- கிளைபோசேட் களைக்கொல்லி அமெரிக்க நிறுவனமான மான்சான்டோ (Monsanto) மூலமாக தயாரிக்கப்படுகிறது. இதன் வணிக பெயர் 'ரவுண்ட் அப்' ஆகும். இது தாவரங்களில் 5 ஈனோபைருவேட் சிக்கிமேட் - 3 ஃபாஸ்பேட் சிந்தேஸ் நொதியை (5 enopyrucate shikimate 3, phosphate synthase - EPSPS) தடை செய்வதன் மூலம் தாவரங்களைக் கொல்லுகிறது. இந்த நொதி நறுமணமூட்டும் அமினோ அமிலங்கள், வைட்டமின்கள், பல இரண்டாம் நிலை தாவர வளர்சிதை பொருட்களின் உற்பத்தியில் ஈடுபடுகிறது.
- தாவரப்பயிர்களில் கிளைபோசேட் சகிப்புத்தன்மையை உருவாக்க பல வழிகள் உள்ளன. இவற்றில் ஒரு உத்தி மண்வாழ் பாக்டீரிய மரபணு ஒன்றை நுழைப்பதாகும். இந்த மரபணு ஒரு கிளைப்போசேட் - தாங்கு வகை EPSPS-சை உண்டாக்குகிறது. மற்றொரு உத்தி ஒரு வேறுபட்ட மண்வாழ் பாக்டீரிய மரபணுவை நுழைப்பதாகும். இது கிளைபோசேட் சிதைக்கும் நொதியை உற்பத்தி செய்கிறது.

### களைக்கொல்லியைத் தாங்கும் தன்மையுடைய தாவரங்களின் அனுகூலங்கள் (Advantage of herbicide tolerant crops):

- களைகள் குறைக்கப்படுவதால் விளைச்சல் அதிகரிக்கிறது.
- களைக்கொல்லி தெளிப்பு குறைகிறது.
- தாவரங்களுக்கும், களைகளுக்கும் இடையேயான போட்டி குறைகிறது.
- குறைவான நச்சுப் பொருட்கள் பயன்படுத்தப்படுவதால் அவற்றின் பாதிப்பு மண்ணில் குறைவாகவோ, செய்திறன் குறைவாகவோ காணப்படும்.
- மண்ணின் தன்மையையும், நுண்ணுயிரிகளையும் இதன் மூலம் பாதுகாக்கலாம்

கிளைபோசேட் சகிப்புத் தன்மை கொண்ட உருளைக்கிழங்கு தாவரத்தை உருவாக்கும் வழிமுறை:



∴பாஸ்டா களைக்கொல்லி எதிர்ப்புத் தன்மை (Herbicide Tolerant - Basta)

- ∴பாஸ்பினோத்ரிசின் என்னும் வேதியப் பொருள் அடங்கிய பொதுவாக செயல்படும் களைக்கொல்லியின் வணிகப் பெயர் பாஸ்டா (basta) ஆகும். பாஸ்டா களைக்கொல்லி எதிர்ப்பு மரபணு (PPT) (L-∴பாஸ்பினோத்திரிசின்) மெடிகாகோ சடைவா (Medicago Sativa) எனும் தாவரத்திலிருந்து பிரித்தெடுக்கப்படுகிறது. இது அம்மோனியா உள்ளேர்ப்பில் பங்கேற்கும் குளுட்டமைன் சிந்தேஸ் என்ற நொதியைத் தடை செய்கிறது. PPT மரபணு புகையிலையில் உள்ளுழைக்கப்பட்டது மற்றும் மரபணு மாற்றமடைந்த புளையிலைத் தாவரம் PPTக்கு எதிர்ப்புத் தன்மையுடையது. இதனைப் போன்ற ஒரு நொதி ஸ்ட்ரெப்டோமைசஸ் ஹைக்ரோஸ்கோபிகஸ் (Streptomyces hygroscopicus)-லிருந்தும் பிரித்தெடுக்கப்பட்டுள்ளது. இதிலுள்ள பார் (bar) மரபணு ∴பாஸ்பினோத்ரைசின் அசிட்டைல் ட்ரான்ஸ்-∴பரேஸ் (PAT) என்பதை குறிக்கிறது. இது பருத்தி மற்றும் பீட்ரூட் போன்ற பயிர்த் தாவரங்களில் உள்ளுழைக்கப்பட்டு மரபணு மாற்றம் செய்யப்பட்ட தாவரங்கள் உருவாக்கப்படுகின்றன.

பூச்சிகள் எதிர்ப்புத் தன்மை – Bt ம பயிர்கள்  
(Insect resistance - Bt crops)

i. Bt பருத்தி (Bt Cotton)

- Bt பருத்தி என்பது மரபணு மாற்றப்பட்ட ஒரு உயிரினம் (GMO) அல்லது மரபணுச் சார் மாற்றம் செய்யப்பட தீங்குயிரி (pest) எதிர்ப்பு பெற்ற பருத்தித் தாவர ரகமாகும். இது காய்ப்புழுவிற்கு (bollworm) எதிரான பூச்சி எதிர்ப்புத்தன்மையை கொண்டுள்ளது.

- பேசில்லஸ் துரிஞ்சியென்சிஸ் (*Bacillus thuringiensis*) என்ற பாக்டீரியத்தின் ரகங்கள் 200-க்கு அதிகமான வெவ்வேறு Bt நச்சுப் பொருட்களை உற்பத்தி செய்கின்றன. இவை ஒவ்வொன்றும் வெவ்வேறு பூச்சிகளுக்கு தீங்கிழைக்கின்றன. பெரும்பாலான Bt நச்சுகள் லார்வா நிலையிலுள்ள அந்துப்பூச்சிகள், வண்ணத்துப்பூச்சிகள், வண்டுகள், பருத்திக்காய்ப்பழுக்கள், உண்ணி (*gad flies*) போன்றவற்றை அழிக்கிறது. ஆனால் மற்ற உயிரினங்களுக்கு எவ்வித பாதிப்பையும் ஏற்படுத்துவதில்லை.
- இந்த Cry தொகுதியைச் சேர்ந்த எண்டோடாக்சினில் (*endotoxin*) உள்ள நச்சுப் படிசுக்களுக்கு மரபணு குறியீடு செய்யப்படுகின்றது. பருத்தித் தாவரத்தை தாக்கி அதனை உண்ணும் போது Cry நச்சு பூச்சியின் வயிற்றினுள் சென்று கரைகிறது.
- குடலின் எபிதீலிய சவ்வுகள் ஒரு சில அவசியமான ஊட்டப் பொருட்களின் உள்ளொடுப்பை தடுக்கின்றன. இதன் மூலம் பொட்டாசியம் அயனிகளின் போதுமான அளவு சீரியக்கம் பூச்சிகளில் இழக்கப்படுகிறது. இதனால் சிறுகுடலின் படலத்தில் உள்ள எபிதீலிய செல்கள் இறக்கின்றன. இது பூச்சியின் லார்வாக்கள் இறப்பிற்கு காரணமாகிறது.

#### நன்மைகள்

Bt பருத்தியின் நன்மைகள் பின்வருமாறு

- பருத்தி விளைச்சல் அதிகரிக்கிறது, ஏனெனில் காய்ப்புழுக்களின் தாக்குதல் நன்கு கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது.
- Bt பருத்தி பயிரிடுவதில் பயன்படுத்தப்படும் பூச்சி மருந்து குறைக்கப்படுகிறது.
- பயிர் வளர்ப்பில் உண்டாக்கும் செலவு குறைகிறது.

#### தீமைகள்

##### Bt பருத்தியின் தீமைகள் பின்வருமாறு

- Bt பருத்தி விதையின் விலை அதிகம்.
- இதன் வீரியம் முதல் 120 நாட்கள் மட்டுமே. பின்னர் இதன் வீரியம் குறைகிறது.
- சாறு உறிஞ்சும் தத்துப்பூச்சிகள் (*Jassids*), அசுவினிப் பூச்சிகள் (*aphids*), வெள்ளை ஈக்கள் (*white flies*) போன்றவற்றிற்கு எதிராக இது செயல்படுவதில்லை.
- மகராந்தச்சேர்க்கையில் துணை புரியும் பூச்சிகளை பாதிக்கிறது. இதனால் விளைச்சல் குறைகிறது.

#### ii. Bt கத்திரிக்காய் (Bt Brinjal)

- மற்றொரு மரபணு மாற்றமடைந்தத் தாவரம் இதுவாகும். இது வெவ்வேறு வகை கத்திரிக்காய் பயிர் ரகங்களின் மரபணுத் தொகையத்திற்குள் பேசில்லஸ்

துரிஞ்சியென்சிஸ் எனும் மண்வாழ் பாக்டீரியத்திலிருந்து பிரித்தெடுக்கப்பட்ட படிசு புரத மரபணு (Cry1Ac) என்ற மரபணுவை நுழைப்பதால் உருவாக்கப்பட்டதாகும். இந்த மரபணுவடன் சேர்ந்து முன்னியக்கிகள் (promoters), முடிவுறுத்தி (terminator) ஒரு உயிரிஎதிர்ப்பொருள் தடை (antibiotic resistance), அடையாளக் குறி மரபணு (marker gene) போன்றவை அக்ரோபாக்டீரியம் வழி ஏற்படுத்தப்படும் உள்நுழைத்தல் மூலம் மரபணு மாற்றம் செய்யப்படுகிறது. Bt கத்திரிக்காய் லெபிடோப்டெரா (lepidoptera) வளை பூச்சிகளுக்கு குறிப்பாக கத்திரிக்காய் மற்றும் தண்டு துளைப்பானுக்கு (leucinodes orbonalis) எதிராக உருவாக்கப்பட்டுள்ளது.

### iii. தாரா கடுகு கலப்பினம் (Dhara mustard Hybrid - DMH)

- அரசு உதவி செயல்திட்டத்துடன் டில்லி பல்கலைக்கழகத்தைச் சேர்ந்த பயிர்களில் மரபணுச்சார் மாற்றங்களை கையாளும் அறிவியல் மையத்தின் அறிவியல் அறிஞர் குழுவினரால் மரபணு மாற்றமடைந்த DMH - 11 என்ற கடுகு ரகம் உருவாக்கப்பட்டது. இது களைக்கொல்லி எதிர்ப்புத்தன்மை பெற்ற (Herbicide tolerant - HT), மரபணு மாற்றப்பட்ட தாவரமாகும். இது பர்னேஸ் / பார்ஸ்டார் (Barnase / Barstar) என்னும் தொழில்நுட்பத்தைப் பயன்படுத்தி மண்ணில் வாழும் பாக்டீரியத்தின் மரபணு சேர்க்கப்பட்டு உருவாக்கப்படும் கடுகு வகையாகும். இது ஓர் தன்மகரந்தச்சேர்க்கை தாவரமாகும். மண்வாழ் பாக்டீரியத்திலிருந்து DMH - 11 மூன்று மரபணுக்களைக் கொண்டுள்ளது. அவை :பார் மரபணு (Bar gene), பர்னேஸ் மரபணு (Barnase gene) மற்றும் :பார்ஸ்டார் மரபணு (barstar gene). இந்த பார் மரபணு, தாவரத்தை :பாஸ்டா என்னும் களைக்கொல்லிக்கு எதிர்ப்புத்தன்மை உடையதாக்குகிறது.

### வைரஸ் எதிர்ப்புத்தன்மை (Virus Resistance)

- பல தாவரங்கள் வைரஸ் தாக்குதலால் பாதிக்கப்படுகின்றன. இதனால் அதிக இழப்பும் மற்றும் இறப்பும் உண்டாகின்றன. உயிரி தொழில்நுட்பம் பயன்படுத்தப்பட்டு வைரஸிற்கு எதிரான மரபணுக்கள் ஓம்பியிரினுள் செலுத்தப்படுகின்றன. இதன் மூலம் வைரஸ் எதிர்ப்புத் தன்மை உருவாக்கப்படுகிறது. வைரஸ் DNA வைச் செயலிழக்கச் செய்யக்கூடிய தடை மரபணுக்களை நுழைப்பதன் மூலம் இது சாத்தியமாகிறது.

### :பிளேவர்சேவர் தக்காளி (FlavorSavr tomato)

- அக்ரோபாக்டீரியத்தைப் பயன்படுத்தி மேற்கொள்ளப்பட்ட மரபணுப் பொறியியல் மூலமாக FlavorSavr தக்காளி உருவாக்கப்படுகிறது. அதாவது, தக்காளி நீண்ட நாட்களுக்கு இயல்பான நிறம் மற்றும் மணம் மாறாமல் நிலைநிறுத்தி வைக்கப்படுகிறது.
- மரபணுப் பொறியியலின் மூலம் தக்காளிக்காய் பழுத்தல் தாமதப்படுத்தப்படுகிறது மற்றும் இதன் மூலம் கனி மென்மையாவது தடுக்கப்படுகிறது மற்றும் நீண்ட நாட்கள் கெடாமல் பாதுகாக்கப்படுகிறது.

உணர்தடை மரபணு (anti sense gene) அக்ரோபாக்டீரிய வழி மரபணு மாற்ற செயல்பாட்டு முறையால் நீண்ட நாட்கள் கெடாமல் இருக்கும் தக்காளி உருவாக்கப்படுகிறது. இதில் வெளிப்பாட்டிற்கு எதிரான மரபணு (antisense gene) நுழைக்கப்படுகிறது.

- இந்த மரபணு பாலிகேலக்டுரோனேஸ் (polygalacturonase) நொதியின் உற்பத்தியை இடையீடு (interferes) செய்கிறது. இதனால் காய் கனியாவது தாமதமாகிறது. இதன் மூலம் தக்காளியை நீண்ட நாள் சேமிப்பின் போதும் நெடுந்தூரம் எடுத்துச் செல்லும் போதும் தக்காளியை கெடாமல் பாதுகாக்கலாம்.

### பொன்றிற அரிசி – உயிரிவழி ஊட்டம் சேர்த்தல் (Golden rice - Biofortification)

- இது மரபணு பொறியியலைப் பயன்படுத்தி உருவாக்கப்பட்ட பொன்றிற அரிசி (ஓரைசா சட்டைவா - அரிசி) இன் ஒரு ரகமாகும். உயிரிச் செயல் மூலம் உருவாக்கப்பட்ட வைட்டமின் A-வின் முன்னோடியான பீட்டா கரோட்டின் அரிசியின் உண்ணும் பகுதியில் நுழைக்கப்படுவதாகும். இது இங்கோ போட்ரிகஸ் (Ingo Potrykus) மற்றும் அவரது குழுவினரால் உருவாக்கப்பட்டது. இதன் நோக்கம் நெல் பயிரிடப்படும் பகுதி மற்றும் பயன்படுத்தப்படும் பகுதிகளில் நிலவும் வைட்டமின் A குறைப்பாட்டை நீக்குதலாகும். இதனால் ஐந்து வயதிற்குட்பட்ட அதிக அளவிலான குழந்தைகளின் இறப்பு குறைக்கப்படும். பொன்றிற அரிசி அதன் பெற்றோரை விட கூடுதலாக சேர்க்கப்பட்ட மூன்று வகையான பீட்டா – கரோட்டின் உருவாக்க மரபணுக்களைக் கொண்டுள்ளது. அவையாவன நார்சிஸ்ஸஸ் குடோநார்சிஸ்ஸஸ் (Narcissus pseudonarcissus) என்ற தாவரத்திலிருந்து (daffodil) பெறப்பட்ட 'psy' என்ற (phytoene synthase) மரபணு, எர்வினியா யுரிடோவோரா (Erwinia uredorara) என்ற மண்-வாழ் பாக்டீரியாத்திலிருந்து பெறப்பட்ட 'crt.1' என்ற மரபணு மற்றும் இயல் நெல் ரகத்தின் (wild rice) கருவூண் திசுவிருந்து பெறப்பட்ட 'lyc' (lycopene cyclase) என்ற மரபணு போன்றவை ஆகும்.

- சாதாரண அரிசி ரகத்தின் கருவூண் திசு பீட்டா கரோட்டினைக் கொண்டிருப்பதில்லை. பொன்றிற அரிசி மரபணு மாற்றப்பட்ட அரிசி வகையாகும். இதனால் தற்போது இதன் கருவூண் திசுவில் பீட்டா கரோட்டின் சேர்க்கையறுகிறது. இது மறுகூட்டிணைவு DNA தொழில்நுட்பத்தைப் பயன்படுத்தி செய்யப்படுகிறது. பொன்றிற அரிசி குழந்தைகளில் நிலவும் குருட்டுத் தன்மை (blindness), விழிவெண்படல வறட்சி (Xerophthalmia) ஆகியவற்றை கட்டுப்படுத்துகிறது.

### மரபணு மாற்றப்பட்ட உணவுகள் (GM food) – நன்மைகள்

- தீங்குயிரி (pest) அற்ற அதிக விளைச்சல்
- பூச்சிக் கொல்லி பயன்பாடு 70% அளவு குறைப்பு
- மண் மாசுப்பாடு பிரச்சனையைக் குறைக்கிறது.

- மண் நுண்ணுயிரித் தொகை பேணப்படுகிறது.

### ஆபத்துகளாக நம்பப்படுபவை

- கல்லீரலை பாதிக்கிறது, சிறுநீரக செயல்பாட்டை பாதிக்கிறது, புற்றுநோயை உண்டாக்குகிறது.
- ஹார்மோன் சமமின்மை மற்றும் உடல்நிலை சீர்குலைவு (physical disorder)
- பாக்டீரிய புரதத்தின் காரணமாக நோய் எதிர்ப்புத்தன்மை தொகுதியில் மோசமான விளைவுகள் ஏற்படுகின்றன.

### எதிர்ப்புத்தன்மை தொகுதியில் மோசமான விளைவுகள் ஏற்படுகின்றன

- பிறழ்ச்சியடைந்த அதிர்ச்சி (திமீர் மிகையுணர்வு வினை) (Anaphylactic shock) மற்றும் ஒவ்வாமை.
- விதைகளின் உயிர்ப்புத் தன்மை இழப்பு GM பயிர்களின் முடிவுறுத்தி விதைத் தொழில்நுட்பத்தில் (Terminator seed technology) காணப்படுவது.

### பாலிஹைட்ராசிபியுட்டரேட் (Polyhydroxybutyrate - PHB)

- செயற்கைப் பாலிமர்கள் (synthetic polymers) எளிதில் சிதைவடையாமலும், மண் மாசுறுத்தியாகவும், எரிக்கும் போது சூழலில், புற்றுநோய் உண்டாக்கும் டையாக்சின் (dioxin) சேர்க்கையுறுத்திகளாகவும் உள்ளன. எனவே, சூழல் மாசுறுத்தாத மாற்று பாலிமர்களை பெறுவதற்கான முயற்சிகள் மேற்கொள்ளப்பட்டன. பாலிஹைட்ராசுலி ஆல்கனோவேட்கள் (Polyhydroxyalkanoates - PHAS), பாலிஹைட்ராசிபியுட்டரேட்கள் (PHB) ஆகிய இரண்டும் சிதைவடைய கூடிய உயிரி பாலிமர்களாகும். இவற்றிற்கு பல மருத்துவப் பயன்பாடுகள் உள்ளன. எடுத்துக்காட்டாக சரியான ஏற்பிடத்தில் மருந்து சேர்க்கப்படுதல் (drug delivery), சாரக்கட்டு அமைக்க (scaffold) மற்றும் இதய வால்வுகள் அமைக்க இவை உதவுகின்றன. PHAs பொதுவாக உயிரிய பெரு மூலக்கூறுகளாகவும் (biological macro molecules) வெப்ப பிளாஸ்டிக்ஸ்களாகவும் (thermoplastics) செயல்படுகின்றன. இவை உயிரிய சிதைவடையக் கூடியவை. உயிரிய ஒத்துபோகும் தன்மை உடையவை.
- பல்வேறு வகையான நுண்ணுயிர்கள் பயன்படுத்தப்பட்டு பல்வேறு வகையான PHA –க்கள் உருவாக்கப்படுகின்றன. இவற்றில் கிராம நேர் பாக்டீரியங்களான பேசில்லஸ் மெகாஸ்டிரியம், பேசில்லஸ் சப்டைலிஸ், கார்னிபாக்டீரியம்
- குளுடேனிக்கம் போன்றவையும், கிராம் எதிர் பாக்டீரியங்களான சூடோமோனாஸ் சிற்றினங்கள், ஆல்கலிஜீன்ஸ் யூட்ரோபாஸ் (Alcaligenes utrophus) போன்றவையும் அடங்கும்.

## பாலிலாக்டிக் அமிலம் (polylactic acid - PLA)

- பாலிலாக்டிக் அமிலம் அல்லது பாலிலாக்டைடு (polylactide) உயிரிய சிதைவடையக்கூடியது. உயிரிய செயல்பாடுடைய வெப்ப பிளாஸ்டிக் ஆகும்.
- இது மக்காச் சோள தரசம் (corn starch), மரவள்ளிக் கிழங்கு வேர்கள் (cassava roots), சீவல்கள், தரசம் அல்லது கரும்பு போன்ற மீள்புதுப்பிக்கத்தக்க மூலப்பொருட்களிலிருந்து பெறப்படும் கரிம வளைய (aliphatic), பாலியெஸ்டர் (polyester) ஆகும். PLA தயாரிப்பில் இரண்டு முக்கிய ஒற்றை அலகுகள் (monomers) பயன்படுத்தப்படுகின்றன. லாக்டிக் அமிலம் மற்றும் லாக்டைட் என்ற சுழல் டையெஸ்டர் (cyclic diester) கரைநிலையிலுள்ள தகர ஆக்டோவேட போன்ற உலோக வினையூக்கி (catalyst) போன்றவற்றின் உதவியோடு இந்த வேதிப்பொருளின் வளைய அமைப்பை திறத்தல் தான் மிகவும் சாதாரணமான வழிமுறையாகும். உலோக வினையூக்கி வினை  $\alpha$  மற்றும் | பாலிலாக்டிக் அமிலத்தின் சம அளவுகளில் முடிவடைகிறது.

## பச்சை மிளர்வொளிப் புரதம் (Green fluorescent protein - GFP)

- இது 238 அமினோ அமில எச்சங்களால் (26.9 kDa) ஆக்கப்பட்டுள்ளது. நீலம் முதல் புற ஊதா கதிர்களால் ஒளியூட்டப்படும் போது (395 nm) இது ஆழ்ந்த பச்சை நிறமாக ஒளிர்கிறது.

### செயல்வழிமுறை

பச்சை மிளர்வொளிப் புரதம் (Green Fluorescent Protein - GFP)



அக்குவாரியா விக்டோரியாவிலிருந்து (ஜெல்லி மீன்) பிரித்தெடுத்தல்



மரபணு இயைத்தல் (gene splicing)

தொழில்நுட்பமுறை → மரபணு குறியத்தில் (codon)

மாற்றம் செய்தல்



அராபிடாப்சிஸ் தாலியானா (Arabidopsis thaliana)

தாவரத்தில் நுழைத்தல்



அராபிடாப்சிஸ் தாலியானா தாவரத்தில் வெளிப்பாடடைதல்

- உயிரியலில் GFP மூலக்கூறு ஆக்ஸிஜன் தவிர வேறு எந்த கூடுதல் துணைக் காரணிகள் (cofactor), மரபணுசார் விளைப்பொருட்கள் (gene products), நொதிகள், தள பொருட்கள் (substrators) போன்றவை தேவைப்படாமல் அக நிறமித்தாங்கிகளை (chromatophores) உண்டாக்கும் இதனால் GFP ஒரு மிகச்சிறந்த உயிரியல் கருவியாகச் செயல்படுகிறது.



- GFP முதன்முதலில் அக்குவாரியா விக்டோரியா (*Aequorea victoria*) என்னும் ஜெல்லி மீனில் இருந்து பிரித்தெடுக்கப்பட்ட ஓர் புரதமாகும். செல் மற்றும் மூலக்கூறு உயிரியலில் GFP மரபணு அடிக்கடி ஒரு மரபணு வெளிப்பாட்டு அறிவிப்பாளர் (reporter) கருவியாக பயன்படுத்தப்படுகிறது. இது உயிரி உணர்விகளை (biosensor) உருவாக்க மாற்றுரு பெற்ற வடிவங்களில் பயன்படுகிறது.

### உயிரி மருந்தாக்கம் (Biopharming)

- மூலக்கூறு மருந்தாக்கம் எனவும் அழைக்கப்படும் உயிரி மருந்தாக்கம் மனித பயன்பாட்டுக்காக மருந்து சார் பொருட்களை உண்டாக்க மரபணுப் பொறியியல் மூலம் மரபணு மாற்றமடைந்த தாவரங்களை உருவாக்கிப் பயன்படுத்துவதாகும். இது “மூலக்கூறு வேளாண்மை அல்லது மூலக்கூறு மருந்தாக்கம்” எனவும் அறியப்படுகிறது. இயல்பான மருத்துவத் தாவரங்களிலிருந்து இவை மாறுபட்டவை. தாவரங்களை உயிரி வினைக்கலன்களாக (bioreactors) மாற்றிப் பயன்படுத்துதல் நவீன உயிரி தொழில்நுட்பத்தில் அதிக முக்கியத்துவம் பெற்று வருகிறது. மரபணு மாற்றமடைந்த தாவரங்களைப் பயன்படுத்திப் பல வகையான மருந்துப் பொருட்களை பெறலாம். எடுத்துக்காட்டு : பொன்றிற அரிசி.

### உயிரி வழித்திருத்தம் (Bioremediation)

- சூழல் மாசுறுதலை சுத்தம் செய்ய நுண்ணுயிர்கள் அல்லது தாவரங்களைப் பயன்படுத்துவது உயிரி வழித்திருத்தம் எனப்படுகிறது. கழிவுநீர், தொழிற்சாலை கழிவு, திடக்கழிவுகள் போன்றவற்றை உள்ளடக்கிய கழிவுகளை சரிசெய்ய இந்த அணுகுமுறை பயன்படுத்தப்படுகிறது. உயிரி வழித்திருத்தம் மண், நிலத்தடி நீர் ஆகியவற்றில் இருக்கும் எண்ணெய் கசிவு, பெட்ரோலிய வேதிய எச்சங்கள், பூச்சிக்கொல்லிகள் அல்லது வன்உலோகங்கள் போன்றவற்றை நீக்குகிறது. பல எடுத்துக்காட்டுகளில் இயற்பிய மற்றும் நீரில் பயன்படுத்தப்படும் உயிரிவழித்திருத்த உத்திகள் பின்வருமாறு:

- உயிரி வழித்திருத்தம் செயல்பாட்டிற்கு சூழல் சிற்றினங்களாக உள்ளாட்டு நுண்ணுயிர்த் தொகையைப் (microbial population) பயன்படுத்துதல்.
- தகவமைப்பு மேற்கொண்ட அல்லது வடிவமைப்பு செய்யப்பட்ட நுண்ணுயிரி உட்புகட்டல்களை (Inoculants) கொண்டு உயிரி வழித்திருத்தம் செய்தல்.
- பசுமைத் தொழில்நுட்பம் - தாவரங்களை உயிரி வழித்திருத்தத்திற்கு பயன்படுத்துதல்.

### உயிரி வழித்திருத்த தொழில்நுட்பத்திற்கான சில எடுத்துக்காட்டுகள்:

- தாவர வழித்திருத்தம் (Phytoremediation) - சூழல் மாசுறுத்திகளை தாவரங்களைப் பயன்படுத்தி திருத்தம் செய்தல்.

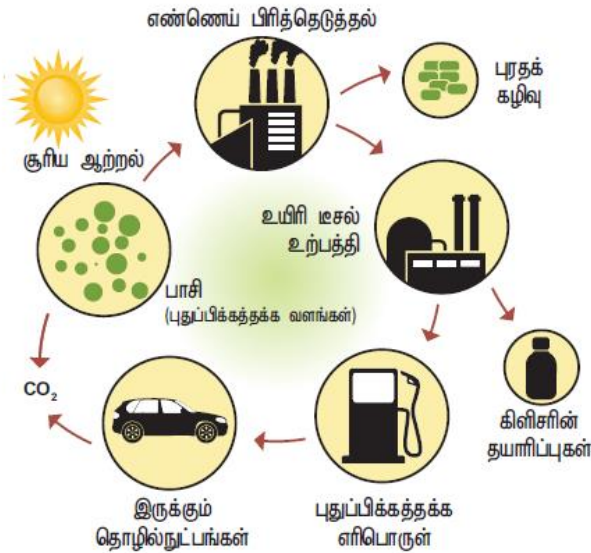
- பூஞ்சை வழித்திருத்தம் (Mycoremediation) – பூஞ்சைகளைக் கொண்டு சூழல் மாசுறுத்திகளை திருத்தம் செய்தல்.
- உயிரிவழி காற்றோட்டமளித்தல் (Bioventing) - இது ஆக்சிஜன் அல்லது காற்றோட்டத்தை அதிகரிக்கும் ஒரு செயலாகும். இதன் மூலம் சூழல் மாசுறுத்திகளின் சிதைவைத் துரிதப்படுத்தலாம்.
- உயிரி வழி கரைத்துப் பிரித்தல் (Bioleaching) – மாசுறுத்தப்பட்ட இடங்களிலிருந்து கரைசல் உலோக மாசுறுத்திகளை (metal pollutant) கரைசல் நிலையில் நுண்ணியிரிகளைப் பயன்படுத்தி மீட்டல்.
- உயிரி வழி பெருக்குதல் (Bioaugmentation) – ஒரு சில தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட நுண்ணியிரிகளை சேர்ப்பதன் மூலம் சிதைவடையும் வேகத்தினை அதிகரிக்கச் செய்யும் செயல்முறை.
- உரமாக்குதல் (Composting) – நுண்ணியிரிகளைக் கொண்டு திட கழிவுகளை உரமாக மாற்றும் செயல்முறை. இது தாவர வளர்ச்சிக்கு ஊட்டப் பொருளாக பயன்படும்.
- வேர்ப்புல வடிகட்டல் (Rhizofiltration) – நுண்ணியிரிகளைக் கொண்டு உள்ளெடுத்தல் அல்லது கரிம சேர்மங்களை சிதைத்தல்.
- வேர்ப்புல நுண்ணுயிரித் தூண்டல் (Rhizostimulation) – தாவர வளர்ச்சியை வேர்ப்புல நுண்ணுயிரிகள் மூலம் தூண்டல்; இது சிறந்த வளர்ச்சி சூழ்நிலைகளை கொடுப்பதன் மூலமாகவோ நச்சுப் பொருட்களை குறைப்பதனாலோ தூண்டப்படுகிறது.

### வரம்புகள் (Limitations)

- உயிரி வழித்திருத்த முறையில் உயிரியசிதைவிற்குள்ளாகும் மாசுறுத்திகளை மட்டுமே மாற்ற இயலும்.
- மாசுறுத்தப்பட்ட இடங்களில் உள்ள சூழ்நிலைகளுக்கு ஏற்ப மட்டுமே உயிரி வழித்திருத்த செயல்முறைகளைக் குறிப்பாக செய்ய முடியும்.
- மாசுறுத்தப்பட்ட இடத்தில் பெரிய அளவிலான செயல்பாடுகளை சிறிய அளவிலான முன்சோதனைகள் செய்த பின்னரே பின்பற்ற வேண்டும்.
- உயிரி வழித்திருத்தம் செயலுக்காக மரபணுப் பொறியியல் தொழில்நுட்பத்தின் பயன்பாடு மரபணு மாற்றமடைந்த நுண்ணுயிரிகளை உருவாக்க அல்லது நுண்ணுயிரிக் கூட்டமைப்புகளை உருவாக்க மிகவும் அதிக திறன் வேண்டியிருத்தல்.

## உயிரிஎரிபொருள் (Bio fuel) / பாசி உயிரிஎரிபொருள் (Algal Biofuel)

- பாசி உயிரி வழி எரிபொருள் அல்லது பாசி வழி எண்ணெய் என்றும் அழைக்கப்படும் பாசி எரிபொருள் பெட்ரோலிய எண்ணெய் என்ற தொல்லையில் எச்ச திரவ எரிபொருளுக்கு ஒரு மாற்றாக உள்ளது. அது பாசிகளை அதிக ஆற்றலைக் கொண்ட எண்ணெய்யின் மூலப்பொருளாக பயன்படுத்துகிறது. மேலும் பாசி எரிபொருட்கள் பொதுவாகப் பயன்படுத்தப்படும் மூலங்களான மக்காச் சோளம், கரும்பு போன்றவற்றிலிருந்து பெறப்படும் ஆற்றலுக்கு ஒரு மாற்றாக விளங்குகின்றன. ஆற்றல் நெருக்கடியும் உலக உணவு நெருக்கடியும் பாசி வளர்ப்பில் (Algal culture) ஒரு ஆர்வத்தை தூண்டியுள்ளன. இந்த வளர்ப்பு உயிரி டீசல் உற்பத்திக்காகவும், இதர உயிரி எரிபொருட்களின் உற்பத்திக்காகவும் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இந்த உற்பத்தி வேளாண்மைக்குப் பயன்படாத நிலத்தைப் பயன்படுத்துகிறது. போட்ரியோகாக்கஸ் பிரானிஜ் (*Botryococcus braunii*) என்ற பாசி பொதுவாக உயிரிஎரிபொருள் தயாரிப்பிற்கு பயன்படுத்தப்படுகிறது.



### பாசி உயிரிஎரிபொருள்

## பாசிகளால் உயிரிய ஹைட்ரஜன் உற்பத்தி (Biological hydrogen production by algae)

- உயிரிய ஹைட்ரஜன் உற்பத்தி பாசிகளில் ஒளி உயிரிய முறையில் நீர்பிளக்கும் செயல் முறையாகும். பொதுவான ஒளிச்சேர்க்கையின் போது கிளாமிடோமோனஸ் ரீன்ஹார்டிஜ் (*Chlamydomonas reinhardtii*) என்ற பாசி ஆக்சிஜனை வெளியேற்றுகிறது. இதற்கு கந்தகம் கொடுக்கப்படாத போது ஒளிச்சேர்க்கை நிகழ்வில் இது ஹைட்ரஜன் உற்பத்திக்கு மாறுகிறது மற்றும் எலக்ட்ரான்கள்  $\therefore$  பெர்ரடாக்சினுக்கு கடத்தப்படுகின்றன. (Fe) – ஹைட்ரோஜினைஸ் நொதிகள் இவற்றை இணைத்து ஹைட்ரஜன் வாயு உற்பத்தி செய்கின்றன.

## உயிரிவளம் நாடல் (Bioprospecting)

- உயிரி வளம் நாடல் என்பது உயிரிய மூலப்பொருட்களிலிருந்து புதிய விலை பொருட்களை கண்டறிதல் மற்றும் வணிகமயமாக்கல் ஆகும். உயிரிவளம் நாடலில் உயிரிபொருள் கொள்ளையும் சேரலாம். இதில் உள்ளூர் மக்களிடமிருந்து தோன்றும் இயற்கை பற்றிய வட்டார அறிவு இதர மக்களால் ஆதாயத்திற்காக உள்ளூர் மக்களின் ஒப்புதல் இன்றியோ அவர்களுக்கு எவ்வித இழப்பீடும் கொடுக்காமல் சுரண்டப்பட்டு பயன்படுத்தப்படுகிறது.

### உயிரிப்பொருள் கொள்ளை (Biopiracy)

- தேசிய மரபணு வளங்களின் மீது தனிப்பட்ட கட்டுப்பாட்டை பெறும் நிறுவனங்களினால் அவ்வளங்களின் உண்மையான உரிமையாளர்களுக்கு போதுமான அங்கீகாரம் அல்லது ஊதியம் வழங்காமல் அறிவுசார் சொத்துரிமை சட்டங்களை கையாளுதல் உயிரிப் பொருள் கொள்ளை என வரையறுக்கப்படுகிறது. உயிரிப் பொருள் கொள்ளைக்கு எடுத்துக்காட்டாக மஞ்சள், வேம்பு மற்றும் மிகவும் நன்கறிந்த பாசுமதி அரிசியின் அமெரிக்க நிறுவனங்களுக்கு அமெரிக்க காப்புரிமை மற்றும் வணிக முத்திரை அலுவலகத்தினால் வழங்கப்பட்ட சமீபத்திய காப்புரிமை. இந்த மூன்று உற்பத்திப் பொருட்களும் இந்திய – பாகிஸ்தான் துணைக் கண்டத்தின் உள்நாட்டுக்குரியதாகும்.

### வேம்பில் உயிரிப்பொருள் கொள்ளை (Biopiracy of Neem)

- இந்திய மக்கள் பூஞ்சை மற்றும் பாக்டீரிய தோல் நோய் தொற்றல்களை கட்டுப்படுத்த பல வழிகளில் வேம்பினையும் அதன் எண்ணெய்யையும் பயன்படுத்தி வந்தனர். வேம்பின் பண்புகளை இந்தியர்கள் உலகம் முழுவதும் உள்ள மக்களுடன் பகிர்ந்து கொண்டனர். W.R. கிரேஸ் (W.R. Grace) என்ற அமெரிக்க பன்னாட்டு நிறுவனமும் (MNC) அமெரிக்க வேளாண்துறையும் (USDA – United States Department of Agriculture) 1990 ஆம் ஆண்டின் முற்பகுதியில் இந்த அறிவைத் திருடி ஐரோப்பிய காப்புரிமை நிறுவனத்தில் (EPO) ஓர் காப்புரிமை உரிமை “பிரித்தெடுக்கப்பட்ட நீர் வெறுப்பு (hydrophobic) வேப்ப எண்ணெய்யின் உதவியுடன் தாவரங்களின் மேல் ஏற்படும் நோய்களைக் கட்டுப்படுத்தும் ஒரு செயல்முறைக்காக கோரப்பட்டது”. வேம்பின் பூஞ்சை எதிர்ப்பு மற்றும் பாக்டீரிய எதிர்ப்பு பண்புகளை காப்புரிமை செய்வது உயிரிப் பொருள் கொள்ளைக்கு ஓர் எடுத்துக்காட்டாகும். எனினும் இந்தியர்களின் பாரம்பரிய அறிவானது இறுதியில் பாதுகாக்கப்பட்டு, காப்புரிமை இரத்து செய்யப்பட்டது.

### மஞ்சளில் உயிரிப்பொருள் கொள்ளை (Biopiracy in Turmeric)

- 1995-ஆம் ஆண்டு அமெரிக்க ஐக்கிய நாட்டின் காப்புரிமை மற்றும் வணிக குறியீடு அலுவலகம் (United States Patent and Trademark Office) மஞ்சளை ஒரு கிருமி நாசினியாக பயன்படுத்துவதற்கு காப்புரிமையை வழங்கியது. மஞ்சள் இந்திய மக்களால் புண்களை வேகமாக குணப்படுத்தவும், புண் தடிப்புகளை குணப்படுத்தவும், ஒரு வீட்டுமருந்தாக பயன்படுத்தப்பட்டு வருகிறது. மஞ்சள் இந்திய மக்களால் புண்களை வேகமாக குணப்படுத்தவும், புண் தடிப்புகளை குணப்படுத்தவும் ஒரு வீட்டு மருந்தாக பயன்படுத்தப்பட்டு

வருகிறது. 1953-ல் இந்திய மருத்துவ கழகத்தால் ஒரு சஞ்சிகை கட்டுரை (Journal article) வெளியிடப்பட்டது. அதில் இந்த மருத்துவக் குறிப்பு உள்ளது. எனவே, இதன் மூலம் மஞ்சளின் கிருமி நாசினிப் பண்பு உலகத்திற்கு புதியதல்ல என்பதும், இது ஒரு புதிய கண்டுபிடிப்பல்ல என்பதும், இந்தியர்களின் பாரம்பரிய அறிவின் ஒரு பகுதி என்பதும் நிரூபணமானது. US காப்புரிமை மற்றும் வணிகக் குறியீடு அலுவலகத்திற்கான எதிர்ப்பு இந்த எடுத்துக்காட்டில் ஒப்புக்கொள்ளப்பட்டது மற்றும் இந்தியர்களின் பாரம்பரிய அறிவு பாதுகாக்கப்பட்டது. இது உயிரிப் பொருள் கொள்ளைக்கான மற்றொரு எடுத்துக்காட்டாகும்.

### பாசுமதி அரிசியில் உயிரிப்பொருள் கொள்ளை (Biopiracy of Basmati Rice)

- 1997 ஆம் ஆண்டு செப்டம்பர் 2-ஆம் தேதி US காப்புரிமை மற்றும் வணிகக்குறி அலுவலகம் “பாசுமதி அரிசி கால்வழிகள் மற்றும் தானியங்கள் தொடர்பான காப்புரிமத்தை ரைஸ் டெக் (Rice tec) என்ற டெக்சாஸ் நிறுவனத்திற்கு பல உரிமைகளைக் கொடுக்கிறது. இதில் “பாசுமதி” என்ற சொல்லை இந்நிறுவனம் மட்டுமே பயன்படுத்தும் உரிமையும் அடங்கும். மேலும் எந்த ஒரு கலப்புறுத்தங்களின் விளைவாகத் தோன்றும் விதைகளை பயன்படுத்துதல் சார்பான உரிமையும் அடங்கும். தாவர மேம்படுத்தும் செயலையும் இந்த காப்புரிமை வழங்குகிறது. RiceTec-ன் புதிய அரசி கால்வழிகளும் சமையல் பண்புகள், தரசப் பொருளின் அளவு, அரிசி தானியங்களில் எவ்வளவு உள்ளது என்பனவற்றை நிர்ணயிக்கும் வழிமுறைகளும் இந்த காப்புரிமத்தில் அடங்கும்.
- இந்தியா இந்த பாஸ்மதி அரிசி உயிரிகொள்ளையை WTOவிற்கு TRIPS ஒப்பந்தத்தை மீறிய செயல் என எடுத்துச் சென்றது. இதனால் 2002ஆம் ஆண்டு US காப்புரிமை அலுவலகம் ரைஸ் டெக் நிறுவனத்திடமிருந்து 15 உரிமைக் கோருதல்களை ரத்து செய்தது. அதில் முக்கியமாக பாஸ்மதி என்ற பெயரும் அடங்கும். காப்புரிமை நிறுவனம் ரைஸ் டெக் நிறுவனத்தின் ரகத்தை ‘ரைஸ் லைன் 867’ (Rice line 867) என்று மாற்றியது. இதன்மூலம் இந்திய பாஸ்மதி ரகத்தின் வெளிநாட்டு ஏற்றுமதிக்கான உரிமை பாதுகாக்கப்பட்டது.

### உயிரிதொழில்நுட்பவியலின் பயன்பாடுகள் (Applications of Biotechnology)

- 21ஆம் நூற்றாண்டின் மிகவும் முக்கியமான பயன்பாட்டு தொடர்புடைய அறிவியல்களில் ஒரு முக்கியத்துவம் வாய்ந்த துறை உயிரிதொழில்நுட்பமாகும். இது நம் வாழ்க்கையை ஒரு பயனுள்ள முறையில் செலவிட நமக்குள்ள ஒரு நம்பத்தகுந்த துறையாகும்.
- உயிரிதொழில்நுட்பவியலின் பயன்பாடுகள் வேளாண்மை, மருத்துவம், சூழல், வணிக தொழில்கள் போன்ற பல துறைகளில் அதிகமாக பயன்படுகிறது.
- இந்த அறிவியல் மரபணு மாற்றத் தாவர வகைகளைப் பெறுவது போன்ற அதிக மதிப்புள்ள விளைவுகளைப் பெற்றுள்ளது. எடுத்துக்காட்டுகளாக மரபணு

மாற்றமடைந்த பருத்தி (Bt - பருத்தி), அரிசி, தக்காளி, புகையிலை, காலிஃபிளவர், உருளைக்கிழங்கு, வாழை போன்றவற்றைக் குறிப்பிடலாம்.

- வேளாண் பயிர்களில் களைக்கொல்லி எதிர்ப்புத்தன்மை, இறுக்க எதிர்ப்புத் தன்மை (strees resistant), நோய் எதிர்ப்புத்தன்மை போன்றவற்றைக் கொண்ட வகைகளை உருவாக்குவது உயிரிதொழில்நுட்பத்தின் மகத்தான விளைவு ஆகும்.
- மனிதர்களில் இன்சலின் குறைப்பாட்டு நோயை சரி செய்யவும் ஈகோலையை பயன்படுத்தி மனித இன்சலின் மற்றும் இரத்த புரதத்தை உருவாக்க மருத்தவ உயிரி தொழில்நுட்ப தொழிற்சாலைகள் பயன்படுகின்றன.
- உயிரிதொழில்நுட்ப தொழிற்சாலை மூலம் தடுப்பூசி மருந்து (Vaccine), நொதிகள், உயிர் எதிர்ப்பொருட்கள், பால் சார்ந்த தயாரிப்புகள், பானங்கள் (Beverages) போன்றவற்றை உற்பத்தி செய்யப்படுகிறது.
- உயிரிதொழில்நுட்பத்தின் மூலம் உயிரி சில்லுகளை (biochips) அடிப்படையாக கொண்ட உயிரிய கணினி உருவாக்குதல் மேலும் ஓர் சாதனையாகும்.
- மரபணு பொறியியல் மரபணு கையாளுதலை உள்ளடக்கியது; திசு வளர்ப்பு முழுஆக்குத் திறன் பெற்ற (totipotent plant cell) தாவர செல்லை நுண்ணுயிரி நீக்கப்பட்ட முறையில் கட்டுப்படுத்தப்பட்ட சூழலில் தாவர நகலாக்கம் செய்வதாகும்.
- உணவுத் தொழிற்சாலையில் ஸ்பைருலினா (Spirulina)-வைப் பயன்படுத்தி தனி செல் புரதம் பெறப்படுகிறது.
- இரண்டாம் நிலை வளர்சிதைப் பொருட்கள், உயிரி உரங்கள், உயிரி தீங்குயிரிக் கொல்லிகள், நொதிகள் போன்றவை உற்பத்தி செய்யப்படுகிறது.
- சூழல்சார் உயிரிதொழில்நுட்பத்திற்காக, உயிரித்திரள் ஆற்றல் (Biomass energy), உயிரி எரிபொருள், உயிரிவழி திருத்தம், தாவர வழிதிருத்தம் போன்றவை உருவாக்கப்பட்டுள்ளன.

## அலகு – 5

### தாவரத் திசு வளர்ப்பு

- தாவரப் புரோட்டோபிளாஸ்ட்கள், செல்கள், திசுக்கள் அல்லது உறுப்புகளை அவற்றின் இயல்பான அல்லது சாதாரணச் சூழலில் இருந்து பிரித்தெடுத்துச் செயற்கையான சூழ்நிலையில் வளர்த்தலைத் திசு வளர்ப்பு என்கிறோம். இவை சோதனை கலத்தில் தாவரப் புரோட்டோபிளாஸ்ட்கள், செல்கள், திசுக்கள் மற்றும் உறுப்புகள் வளர்ப்பு என்றும் அழைக்கப்படும் (in vitro (லத்தீன்) – கண்ணாடி / சோதனை குழாயினுள்) ஒரு தினப் பிரிகுறு குறுகிய காலத்திலும், இடத்திலும் கட்டுப்படுத்தப்பட்ட சூழ்நிலையில் பல்லாயிரக்கணக்கான தாவரங்களாகப் பெருக்கமடைகிறது. திசு வளர்ப்பு தொழில் நுட்பம் வணிக நோக்கில் தாவர உற்பத்தி மட்டுமின்றித் தாவர ஆராய்ச்சிகளுக்கும் பயன்படுகிறது. தாவரத் திசு வளர்ப்பு மரபணு மாற்றப்பட்ட தாவரங்களின் மீளருவாக்கத்தில் தவிர்க்க முடியாத கருவியாகப் பங்காற்றுகிறது. இது தவிர்த்து, தாவரத் திசு வளர்ப்பின் சில முக்கியப் பயன்பாடுகளாக அரிய தாவரப் பெருக்கம், உயர்தர (elite varieties) தாவரங்களின் பாதுகாப்பு, வைரஸ் அற்ற தாவர உற்பத்தி, மரபணு வளக்கூறு (Germplasm) பாதுகாத்தல், தொழிற்சாலையில் இரண்டாம் நிலை வளர்ச்சிதை மாற்றப் பொருள்கள் உற்பத்தி மற்றும் பல உள்ளன. இந்தப் பாடத்தில் திசு வளர்ப்பின் வரலாறு, தொழில் நுட்பம், வகை, பயன்பாடு மற்றும் அறநெறி பிரச்சினைகளுக்கான விழிப்புணர்வு ஆகியன விவாதிக்கப்படுகின்றன.
- ஜெர்மனி நாட்டுத் தாவரவியலார் காட்லிப் ஹேபர்லேண்ட் (1902) முழு ஆக்குத் திறன் கருத்தை முன்மொழிந்தார். மேலும் அவர் வளர்ப்பு ஊடகத்தில் லேமியம் பர்பியூரியம் தாவர இலையிடைத் திசு செல்களைப் பயன்படுத்திச் செயற்கையான சூழலில் தாவரச் செல்களை முதன் முதலில் வளர்த்துப் பெருக்கமடைந்த செல்களைப் பயன்படுத்திச் செயற்கையான சூழலில் தாவரச் செல்களை முதன்முதலில் வளர்த்துப் பெருக்கமடைந்த செல்களைக் கிடைக்கப் பெற்றார். இவர் தாவரத் திசு வளர்ப்பின் தந்தையாகக் கருதப்படுகிறார்.

### திசு வளர்ப்பின் அடிப்படைக் கொள்கைகள்:

- தாவரத் திசு வளர்ப்பின் அடிப்படைக் கருத்துக்களாவன முழு ஆக்குத்திறன், வேறுபாடுறுதல், மறுவேறுபாடு அடைதல், வேறுபாடு இழத்தல் போன்றவையாகும்.

### முழு ஆக்குத்திறன் (Totipotency):

- மரபியல் திறன்களைக் கொண்டுள்ள உயிருள்ள தாவரச் செல்களை ஊட்ட (கரைசல்) ஊடகத்தில் வளர்க்கும் போது அவை முழுத் தனித் தாவரமாக வளர்ச்சியடையும் பண்பே முழு ஆக்குத்திறன் எனப்படும்.

### வேறுபாடுறுதல் (Differentiation):

- செல்களில் உயிரி வேதியிய மற்றும் அமைப்பிய மாற்றங்கள் ஏற்படுத்தி அவற்றைச் சிறப்பான அமைப்பு மற்றும் பணியினை மேற்கொள்ளச் செய்தல்.

### மறுவேறுபாடுறுதல் (Redifferentiation):

- ஏற்கனவே வேறுபாடுற்ற ஒரு செல் மேலும் வேறுபாடுற்று மற்றொரு செல்லாக மாற்றமடைதல். எடுத்துக்காட்டு: ஊட்டச் சத்து ஊடகத்தில் கேலஸ் திசுவின் செல்கூறுகள் முழுத்தாவர அமைப்பை உருவாக்கும் திறன் பெற்றுள்ளதை மறுவேறுபாடுறுதல் எனலாம்.

### வேறுபாடிழத்தல் (Dedifferentiation):

- முதிர்ச்சி அடைந்த செல்கள் மீண்டும் ஆக்குத்திசுவாக மாறிக் கேலஸ் போன்ற திசுவை உருவாக்கும் நிகழ்ச்சி வேறுபாடு இழத்தல் என அழைக்கப்படுகிறது. உயிருள்ள தாவரச் செல்களின், திசுக்களின் வேறுபாடுறுதலும், வேறுபாடிழத்தலும் உள்ளார்ந்து ஒரு சேரக் காணப்பட்டால் அவை முழு ஆக்குத்திறன் பெற்றதாகக் கருதப்படும்.

### தாவரத் திசு வளர்ப்பு (Plant Tissue Culture - PTC):

- தாவரத் திசு வளர்ப்பு என்பது ஆய்வு கூடச் சோதனை வளர்ப்பு முறை மற்றும் நுண்ணுயிர் நீக்கிய நிலையில் திசு வளர்ப்பு ஊடகத்தில் ஏதேனும் தாவரப் பகுதிகளை வளர்த்தல் என வரையறுக்கப்படுகிறது. இத்தொழில்நுட்பச் செயல்முறை மூன்று அடிப்படை நெறிமுறைகளைக் கொண்டுள்ளது.
  - தேவையான தாவரப்பகுதி அல்லது அதன் பிரிகூறு தேர்வு செய்யப்பட்டு, பின்பு இதர உடலப் பகுதியிலிருந்து பிரித்தெடுக்கப்படுகிறது.
  - இது கட்டுப்படுத்தப்பட்ட இயற்பியல் சூழ்நிலையிலும், வரையறுக்கப்பட்ட வேதியிய (ஊட்ட ஊடகம்) சூழலிலும் பராமரிக்கப்படுகிறது.
- பிரிகூறு என்பது தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட தாவரத்தை உருவாக்குவதற்கு வளர்ப்பு ஊடகத்தில் வைத்து வளர்க்கத் தேவைப்படும் தாவரத் திசு.

### தாவரத் திசு வளர்ப்பிற்கான அடிப்படை ஆய்வக வசதிகள்:

- தாவரத் திசு வளர்ப்பிற்கு ஆய்வகம் பின்வரும் வசதிகளைக் கொண்டிருக்க வேண்டும்.
- கண்ணாடிக் கலன்களைக் கழுவுவதற்கான வசதி மற்றும் அவற்றை உலர்த்துவதற்கான நுண்ணலை அடுப்பு (oven) வசதி.
- தன்னழுத்தக் கலன் (Autoclave), எலக்ட்ரானிய தராசு மற்றும் pH மீட்டருடன் கூடிய வளர்ப்பு ஊடகம் தயாரிப்பதற்கான அறை



- **நுண்ணுயிர் நீக்கப்பட்ட அறை:** இது ஒரு சீரூக்கு காற்று பாய்வு அமைப்பும், உயர்திறன் துகள் காற்று (HEPA-High Efficiency Particulate Air) வடிப்பான் என்றழைக்கப்படும் அழுத்தக் காற்றோட்ட அலகும் உள்ளன. இவற்றின் வேலை நுண்ணுயிர் அற்ற ஒரு சூழலை உருவாக்குவதாகும்.
- **வளர்ப்பு வசதி:** பிரிகூறு வளர்ப்புக் குழாயில் பொதிக்கப்பட்டு 22 - 28°C வெப்ப நிலையிலும், 24000 லக்ஸ் ஒளிச்செறிவிலும், 8 - 16 மணி நேரம் ஒளிக்காலத்துவத்திலும், ஏறத்தாழ 60% ஈரப்பதத்திலும் வளர்க்கப்படுகிறது.

**தாவரத் திசு வளர்ப்பில் அடங்கியுள்ள அடிப்படைத் தொழில்நட்ப முறை:**  
**நுண்ணுயிர் நீக்கம்: (Sterilization):**

- நுண்ணுயிர் நீக்கம் என்பது வளர்ப்பு ஊடகம், வளர்ப்பு கலன்கள், பிரிகூறு போன்றவற்றிலிருந்து நுண்ணுயிர்களான பாக்டீரியங்களையும், பூஞ்சைகளையும் நீக்கும் தொழில்நட்பம்.
1. **நுண்ணுயிர் நீக்கப்பட்ட நிலையைப் பராமரித்தல்:** ஆய்வகச் செயற்கை வளர்ப்பில் நுண்ணுயிர் நீக்கப்பட்ட நிலையைப் பராமரிக்கப் பின்வரும் முறைகள் பின்பற்றப்படுகின்றன. கண்ணாடிக் கலன்கள், இடுக்கி, கத்தி, அனைத்து உபகரணங்கள் ஆகியவை தன்னழுத்தக்கலனில் 15 psi (121°C வெப்பநிலை) அழுத்தத்தில், 15 - 30 நிமிடங்களுக்கு உட்படுத்தப்படுகிறது அல்லது 70% ஆல்கஹாலில் நனைக்கப்படுகிறது. இதைத் தொடர்ந்து வெப்பமூட்டலும் குளிர்வித்தலும் நடைபெற்று நுண்ணுயிர்நீக்கம் செய்யப்படுகின்றன.
  2. **வளர்ப்பு அறை நுண்ணுயிர் நீக்கம் செய்தல்:** முதலில் தரை மற்றும் சுவர்களைச் சோப்பு கொண்டும் பிறகு 2% சோடியம் ஹைப்போகுளோரைட் அல்லது 95% எத்தனால் கொண்டும் கழுவ வேண்டும். சீரூக்கு காற்று பாய்வு அறையின் மேற்பரப்பு 95% எத்தனால் கொண்டு நுண்ணுயிர் நீக்கம் செய்யப்பட வேண்டும். பிறகு 15 நிமிடங்களுக்குப் புறஊதாக் கதிர் வீச்சிற்கு உட்படுத்தப்பட வேண்டும்.
  3. **ஊட்ட ஊடகத்தை நுண்ணுயிர் நீக்கம் செய்தல்:** வளர்ப்பு ஊடகம் கொண்டுள்ள கண்ணாடிக் கலனை ஈரம் உறிஞ்சாத பருத்தி அல்லது பிளாஸ்டிக் கொண்டு மூடி, தன்னழுத்தக்கலனில் 15 psi (121°C) ல் 15 - 30 நிமிடங்களுக்கு நுண்ணுயிர் நீக்கம் செய்யப்படுகிறது. தாவரச் சாறு, வைட்டமின்கள், அமினோ அமிலங்கள் மற்றும் ஹார்மோன்கள் ஆகியவை 0.2 µm துளை விட்டமுடைய மில்லிபோர் வடிகட்டி வழியாகச் செலுத்தப்பட்டு நுண்ணுயிர் நீக்கம் செய்யப்படுகின்றன. நுண்ணுயிர் நீக்கிய சீரூக்கு காற்று பாய்வு அறையில் நுண்ணுயிர் நீக்கிய வளர்ப்பு ஊடகம் வைக்கப்படுகிறது.
  4. **பிரிகூறுக்கு நுண்ணுயிர் நீக்கம் செய்தல்:** திசு வளர்ப்பிற்குப் பயன்படும் தாவரப் பொருளை முதலில் ஓடுகின்ற குழாய் நீரில் வைத்து நுண்ணுயிர்

நீக்கம் செய்யப்படுகிறது. அதற்குப் பின் 0.1% மெர்குரிக் குளோரைடு, 70% ஆல்கஹால் போன்றவற்றைப் பயன்படுத்தி நுண்ணுயிர் அற்ற நிலையில் சீரடுக்கு காற்று பாய்வு அறையில் புறப்பரப்பு நுண்ணுயிர் நீக்கம் செய்யப்படுகிறது.

### ஊடகம் தயாரித்தல் (Preparation of Culture medium):

- திசு வளர்ப்பின் வெற்றி, வளர்ப்பு ஊடகத்தின் கூறுகள், தாவர வளர்ச்சி சீரியக்கிகள், வெப்பநிலை, pH, ஒளி மற்றும் ஈரப்பதம் போன்றவற்றைப் பொறுத்து அமையும். எந்தத் தனி ஊடகமும் அனைத்துத் தாவரத் திசுவின் உகந்த வளர்ச்சிக்கு உகந்தல்ல. திசு வளர்ப்பு நெறிமுறைக்கேற்பத் தகுந்த ஊட்ட ஊடகம் தயாரிக்கப்பட்டுப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.
- MS ஊட்ட ஊடகம் (முராஷிகி மற்றும் ஸ்கஜ் 1962) தாவரத் திசு வளர்ப்பில் பொதுவாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இது தகுந்த வைட்டமின்கள் மற்றும் ஹார்மோன்களுடன் தகுந்த கார்பன் மூலங்களையும் கொண்டுள்ளன. MS ஊடகத்தைத் தவிரத் தாவரத் திசு வளர்ப்பிற்காக B5 ஊடகம் (கேம்போர்க் குழுவினர் 1968), ஓயிட் ஊடகம் (ஓயிட் 1943) நீட்ச் ஊடகம் (நீட்ச் மற்றும் நீட்ச் 1969) போன்றவை உள்ளன. ஒரு ஊடகம் திட, பகுதிதிட அல்லது நீர்ம நிலையில் இருக்கலாம். ஊடகத்தைத் திடப்படுத்துவதற்குக் கூழ்மக் காரணியான அகார் சேர்க்கப்படுகிறது.
- அகார்: ஊடகத் தயாரிப்பில் திட நிலைப்படுத்துவதற்கு பயன்படுத்தப்படும் கடல் பாசிகளிலிருந்து (sea weeds) கிடைக்கும் ஒரு சிக்கலான மியூசிலேஜ் (mucilaginous) பாலிசாக்காரைடுகளாகும்.

### வளர்ப்பு சூழல்:

#### pH

- சிறந்த முடிவினைப் பெறுவதற்கு ஊடகத்தின் pH ஐ 5.6 முதல் 6.0 வரை வைக்க வேண்டும்.

### வெப்பநிலை:

இவ்வளர்ப்பிற்கு 25°C ± 2°C நிலையான வெப்பநிலை உகந்தது.

### ஈரப்பதம் மற்றும் ஒளிச்செறிவு:

- 50 - 60% ஒப்பு ஈரப்பதமும், தோராயமாக 1000 லக்ஸும், 16 மணி ஒளிக்காலத்துவமும் வளர்ப்பதற்குத் தேவைப்படுகின்றன.

### காற்றோட்டம்:

- சோதனைக் குழாய் அல்லது குடுவையில் காற்றோட்டம் தானியங்கி குலுக்கியின் மூலம் கொடுக்கப்படுகிறது. இது காற்று வடிகட்டி மூலம் நுண்ணுயிர் நீக்கப்பட்டு ஊடகத்தில் செலுத்தப்படுகிறது.

### கேலஸ் தூண்டப்படுதல் (Induction of callus):

- கேலஸ் : தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட இலை, தண்டு, கிழங்கு மற்றும் வேரின் 1 – 2 செ.மீ நோய் கிருமி நீக்கப்பட்ட துண்டுகளின் பிரிகூறுகள் ஆக்ஸின் கூடுதலாகச் சேர்க்கப்பட்ட MS ஊட்டக் கரைசலில் வைக்கப்படுகிறது. இவை  $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  வெப்பநிலையில் 12 மணி நேரம் ஒளி மற்றும் 12 மணி நேரம் இருள் என மாறி மாறி வைக்கப்படும் போது செல் பிரிதல் தூண்டப்பட்டுப் பிரிகூறின் மேற்பரப்பில் கேலஸ் வளர்ச்சி நடைபெறுகிறது. கேலஸ் என்பது ஆய்வுகூடச் சோதனை வளர்ப்பு ஊடகத்தில் தாவரச் செல்கள் அல்லது திசுக்களின் முறையற்ற வளர்ச்சி ஆகும்.

### MS (முராஷிகி, ஸ்கஜ் 1962) ஊடகத்தின் கூறுகள்:

பெரும் ஊட்டப் பொருள்கள் அமோனியம் நைட்ரேட் ( $\text{NH}_4 \text{NO}_3$ )	1650.0
மிகி/லி	
பொட்டாசியம் நைட்ரேட் ( $\text{KNO}_3$ )	1900.0
மிகி/லி	
கால்சியம் குளோரைடு ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )	440.0
மிகி/லி	
மெக்னீசியம் சல்ஃபேட் ( $\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )	370.0
மிகி/லி	
பொட்டாசியம் டை ஹைட்ரஜன் ஃபாஸ்ஃபேட் ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ )	170.0
மிகி/லி	

### நுண் ஊட்டப் பொருள்கள்:

மாங்கனீஸ் சல்ஃபேட் ( $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ )	22.3 மிகி/லி
துத்தநாகச் சல்ஃபேட் ( $\text{ZnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ )	8.6 மிகி/லி
போரிக் அமிலம் ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )	6.2 மிகி/லி
பொட்டாசியம் அயோடைடு (KI)	0.83 மிகி/லி

### சிறிய ஊட்டப் பொருள்கள்

சோடியம் மாலிப்டேட் ( $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )	0.250
மிகி/லி	
கியூப்ரிக் சல்ஃபேட்	

### கருவுருவாக்கம் (Embryogenesis):

- கேலஸ் செல்கள் வேறுபாடுகளுக்கு உள்ளாகி உடலக் கருக்களை உருவாக்குகின்றன. இவை கருவுருக்கள் (Embryoids) எனப்படும். இந்தக் கருவுருக்களை துணை வளர்ப்பிற்கு உட்படுத்தி நாற்றுருக்கள் (Plantlets) உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றன.