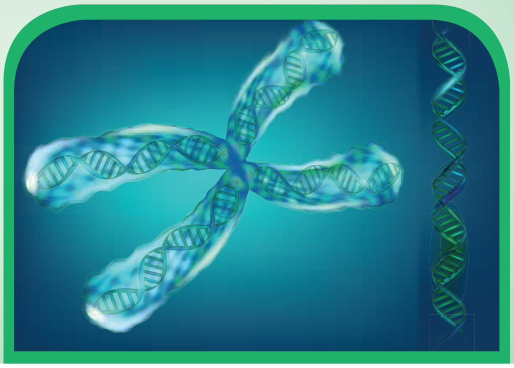
அலகு VII: மரபியல்

பாடம் 3

குரோமோசோம் அடிப்படையிலான பாரம்பரியம்



கற்றல் நோக்கங்கள்

இப்பாடத்தினை கற்போர்

- குரோமோசோம்களின் பாரம்பரியக் கோட்பாடுகளைப் புரிந்து கொள்ளவும்
- முப்புள்ளி சோதனைக் கலப்புகள் பற்றி ஆய்வு செய்து, அதன் முடிவுகளை மரபணு பிணைப்பு வரைபட உருவாக்கத்திற்குப் பயன்படுத்தவும்
- சடுதிமாற்ற வகைகளை எடுத்துக்காட்டுகளுடன் வேறுபடுத்தவும்
- தாவரங்களில் DNA வளர்சிதை மாற்றத்தை விளக்கவும் இயலும்.

SJ6XT1

பாட உள்ளடக்கம்

3.1 பாரம்பரியத்திற்கான குரோமோசோம் கோட்பாடு

3.2 பிணைப்பு – *ட்ரோசோஃபிலா* வில் கண் நிறம் மற்றும் மக்காச்சோளத்தில் விதை நிறம்

3.3 குறுக்கேற்றம், மறுகூட்டிணைவு மற்றும் மரபணு வரைபடம்

3.4 பல்கூட்டு அல்லீல்கள் (multiple alleles)

3.5 சடுதிமாற்றத்தின் வகைகள், காரணிகள் மற்றும் முக்கியத்துவம்

3.6 தாவரங்களில் DNA வளர்சிதைமாற்றம்

3.7 தாவரங்களில் புரதச்சேர்க்கை

மெண்டலிய மரபியல் பற்றி இதற்கு முந்தைய பாடத்தில் கற்றீர்கள். இப்போது இப்பாடப்பகுதியில் மெண்டலிய மரபியல் தொடர்புடைய மாறுபட்ட கருத்துக்கள் மற்றும் குரோமோசோம்களின் பாரம்பரியக் கோட்பாடுகள் பற்றி படிக்க உள்ளீர்கள். இதற்கு முன் பதினொன்றாம் வகுப்பில் கற்ற குரோமோசோம்களின் அமைப்பு மற்றும் செல் பகுப்பு நிலைகள் பற்றி நினைவுகூர்தல் வேண்டும்.

3.1 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.

3.1.1 குரோமோசோம் கோட்பாடு வளர்ச்சியின் வரலாறு

பாரம்பரியத்திற்கான குரோமோசோம் கோட்பாட்டிற்குத் தொடர்புடைய முக்கிய செல்லியல் கண்டுபிடிப்புகள் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

- **வில்ஹெல்ம் ராக்ஸ் (1883)** என்பவர் ஒரு செல்லில் காணப்படும் குரோமோசோம்களே பாரம்பரியப் பண்புகளைக் கடத்துவதற்குக் காரணம் என்பதை வெளியிட்டார்.

TN_GOVT_BOTANY_XII_TM_PAGES_055-087 CH 03.indd 55 4/17/2020 12:29:56 PM

- **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.

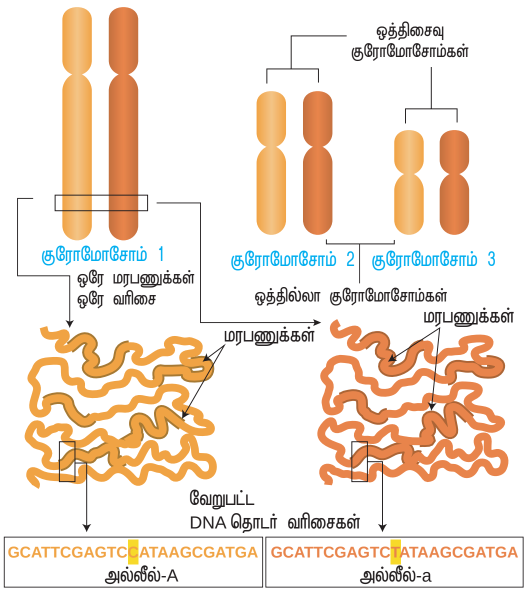
சட்டன் மற்றும் போவேரி (1903) பாரம்பரியத்திற்கான குரோமோசோம் கோட்பாட்டினைத் தனித்தனியாக முன்வைத்தனர். சட்டன் என்பவர் குரோமோசோம்களின் தனித்துப் பிரிதலின் கருத்துக்களை மெண்டலிய கொள்கைகளோடு இணைத்தார். இது பாரம்பரியத்திற்கான குரோமோசோம் கோட்பாடு என்று அழைக்கப்பட்டது.

3.1.2 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 தனித்துவமான அமைப்பு மற்றும் 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.

3.1.3 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 கருத்துகளைப் பெற உதவுகிறது.



படம் 3.1: குரோமோசோம் மற்றும் மரபணு செயல்பாடு – ஓர் ஒப்பீடு

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 பகுப்பின் போது ஒத்திசைவு குரோமோசோம்கள் சுயமாகப் பிரிய முடியும். ஆனால் ஒரே குரோமோசோமில் உள்ள பிணைப்புற்ற மரபணுக்கள் வழக்கமாகத் தனித்துப் பிரிவதில்லை

அட்டவணை 3.1: மெண்டலிய காரணிகளுக்கும், குரோமோசோம் செயல்பாடுகளுக்கும் இடையேயான ஒற்றுமை

TN_GOVT_BOTANY_XII_TM_PAGES_055-088 CH 03.indd 56 4/14/2020 4:22:18 PM

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

அட்டவணை 3. 2: குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கை

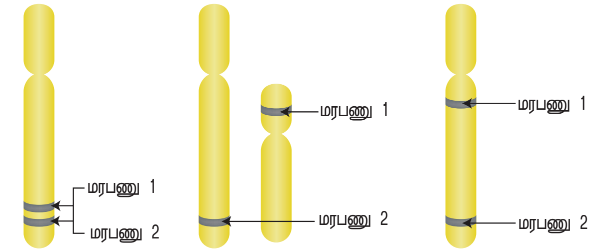
தாமஸ் ஹண்ட் மார்கன் (Thomas Hunt Morgan – 1933) என்பவர் பாரம்பரியத்தில் குரோமோசோம்களின் பங்கு பற்றிய கண்டுபிடிப்புகளுக்காகச் மருத்துவம் சார்ந்த துறைக்கான நோபல் பரிசைப் பெற்றார்.

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

தொல்லுயிர் எச்ச மரபணுக்கள் விரையமாகக் கருதக்கூடிய சில DNA க்கள் பொய்யான மரபணுக்களால் உருவாக்கப்படுகின்றன. இவ்வகையான மரபணுக்கள் கடந்த காலங்களில் உயிரூட்டத்துடன் செயல்பட்டவைகள். ஆனால், தற்போது தகுந்த புரதத்தினை உருவாக்கம் செய்யும் தன்மையை இழந்துவிட்டன. இத்தொல்லுயிர் எச்சப் பகுதிகள் பரிணாமத்திற்கான வரலாற்றைக் கூறுகின்றன.

3.2 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 பண்புளையுடைய 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 ஒத்தபண்பிணையுடைய (Homozygous) இனிப்பு பட்டாணித் தாவரத்தைச் **சிவப்பு நிற மலர்கள்** மற்றும் **வட்ட வடிவ மகரந்தங்கள்** பெற்ற ஒத்தபண்பிணையுடைய 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 ஓங்குத்தன்மை 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.



படம் 3.2: குரோமோசோமில் பிணைப்புற்ற அல்லது பிணைப்புறாத மரபணுக்கள் அமைந்துள்ள விதம்

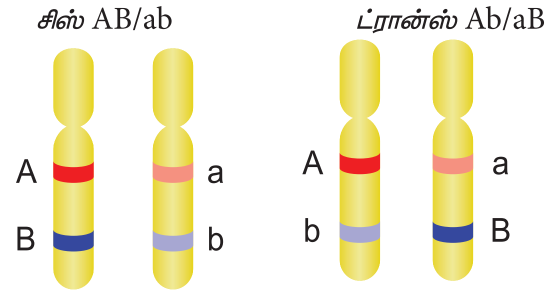
ஒரே குரோமோசோமில் காணப்படும் அருகமைந்த மரபணுக்கள் ஒன்றாகவே பாரம்பரியமாவது **பிணைப்புற்ற மரபணுக்கள்** (linked genes) எனப்படுகிறது. ஆனால், ஒரே குரோமோசோமில் காணப்படும் இரு மரபணுக்கள் குறிப்பிடத்தக்க தொலைவில் அமைந்திருந்தால் அவை **பிணைப்புறாத மரபணுக்கள்** (unlinked genes) அல்லது **சின்டெனிக் மரபணுக்கள்** (படம் 3.2) 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

TN_GOVT_BOTANY_XII_TM_PAGES_055-088 CH 03.indd 57 4/14/2020 4:22:18 PM

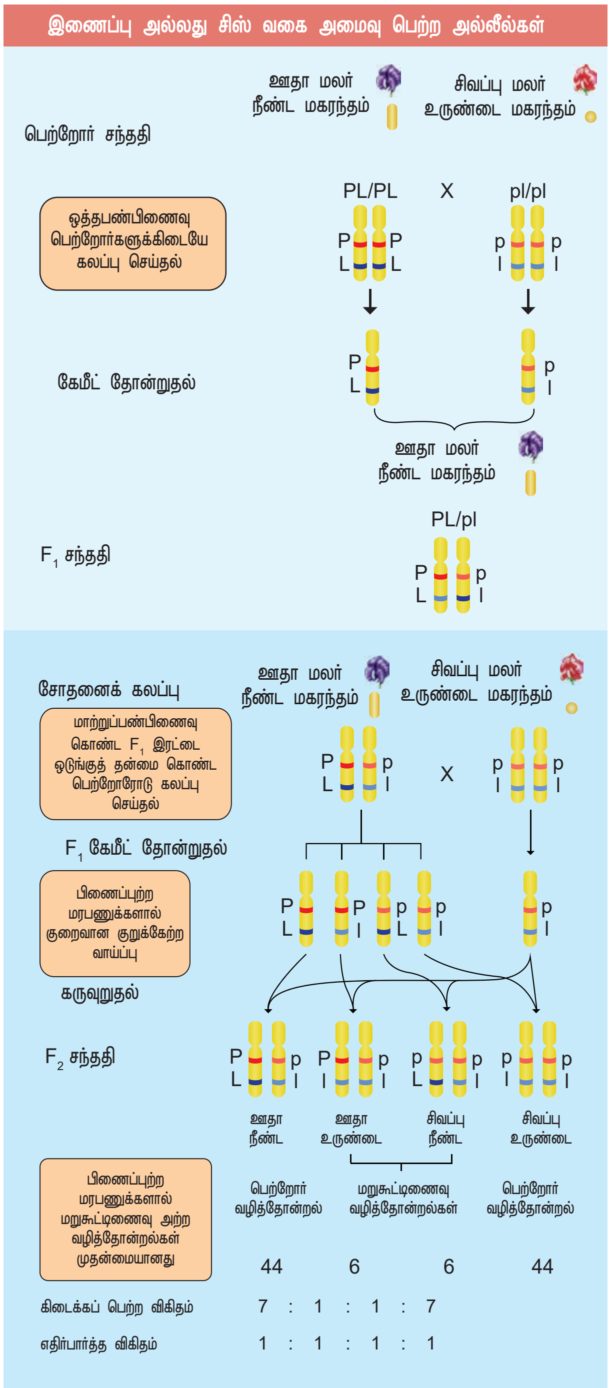
மரபணுக்கள் என்றும், 50%–க்கும் குறைவாக இருப்பின் பிணைப்புற்ற மரபணுக்கள் என்றும் வகைப்படுத்தலாம். அருகருகே அமைந்த மரபணுக்கள் வலுவான பிணைப்பையும், தொலைவில் அமைந்த மரபணுக்கள் தளர்ந்த பிணைப்பையும் வெளிப்படுத்துகிறது.

3.2.1 இணைப்பு மற்றும் விலகல் கோட்பாடு (Coupling and Repulsion theory)

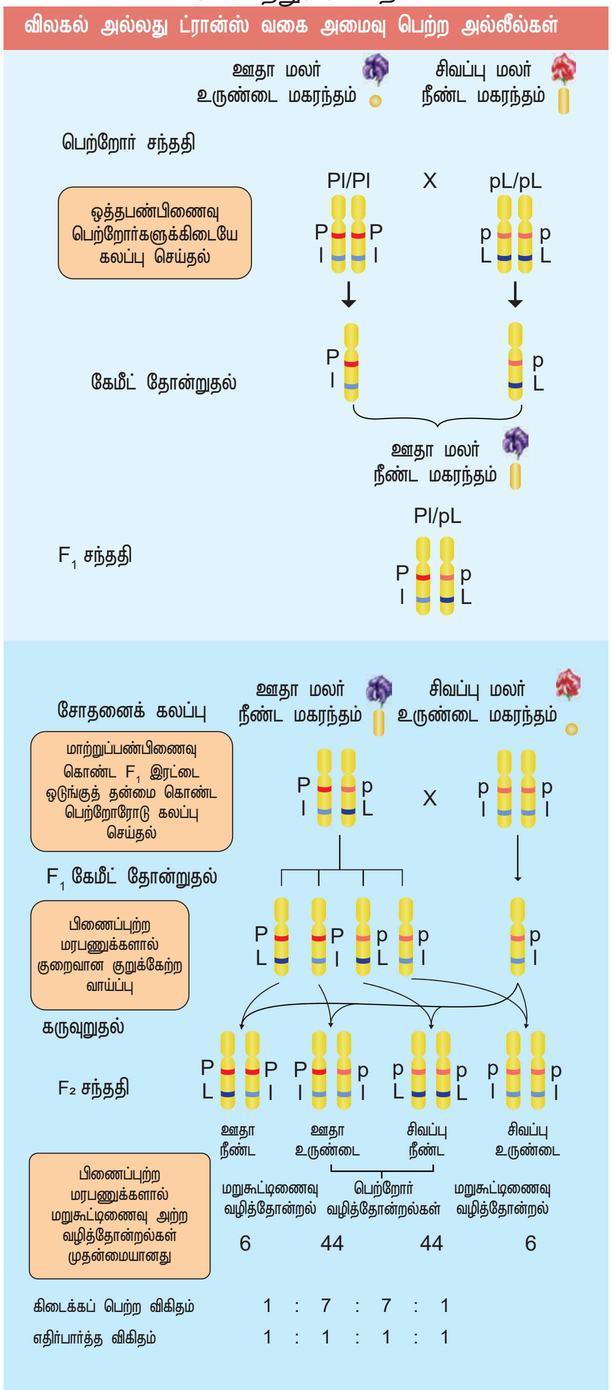
ஒரே ஒத்திசைவு குரோமோசோம்களில் காணப்படும் இரு ஓங்குத்தன்மை அல்லீல்கள் அல்லது ஒடுங்குத்தன்மை அல்லீல்கள் ஒரே கேமீட் மூலம் ஒன்றாகவே மரபுவழி அடைந்தால் **இணைப்பு அல்லது சிஸ் வகை** அமைவு (cis configuration) என்று அழைக்கப்படுகிறது (படம் 3.3).



படம் 3.3: *சிஸ்* மற்றும் *ட்ரான்ஸ்* வகை மரபணுக்கள் அமைந்துள்ள விதம்



படம் 3.4: இணைப்பு அல்லது *சிஸ்* வகை அமைவு பெற்ற அல்லீல்கள்



படம் 3.5: விலகல் அல்லது *ட்ரான்ஸ்* வகை அமைவு அல்லீல்கள்

TN_GOVT_BOTANY_XII_TM_PAGES_055-088 CH 03.indd 58 4/14/2020 4:22:19 PM

ஒத்திசைவு குரோமோசோம்களில் ஓங்கு மற்றும் ஒடுங்குத்தன்மை கொண்ட அல்லீல்கள் வெவ்வேறு குரோமோசோம்களில் அமைந்து வேறுபட்ட கேமீட்டுகள் மூலம் தனியாகவே மரபுவழி அடைந்தால் அதற்கு **விலகல்** அல்லது **டிரான்ஸ் வகை அமைவு** (trans configuration) என்று அழைக்கப்படுகிறது (படம் 3.3).

3.2.2 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 மரபணுக்களுக்கிடையே பிரிந்து செல்லும் வாய்ப்பு மிகக் குறைவாக இருக்கும் பட்சத்தில் அவை ஒருசேர மரபுவழி அடைவதால் பெற்றோர்களின் சேர்க்கை மட்டுமே காணப்படுகிறது. ஏனெனில் ஒரே குரோமோசோசோமில் காணப்படும் பிணைப்புற்ற மரபணுக்களின் இருப்பிடம் மிக அருகருகே அமைந்துள்ளதால் குறுக்கேற்றம் நிகழ வாய்ப்பில்லை. இந்நிகழ்வு **முழுமையான பிணைப்பு** என்று அழைக்கப்படுகிறது. இவை அரிதாக நடைபெற்றாலும் ஆண் டிரோசோஃபிலாவில் கண்டறியப்பட்டுள்ளது. C. B. பிரிட்ஜஸ் (1919) ஆண் டிரோசோஃபிலாவின் சில சிற்றினங்களில் குறுக்கேற்றம் முற்றிலுமாக நடைபெறுவதில்லை எனக் கண்டறிந்தார்.

முழுமையற்ற பிணைப்பு (Incomplete linkage)

பிணைப்புற்ற மரபணுக்கள் மிக விலகி அமைந்திருந்தால் குறுக்கேற்றம் நிகழ அதிக வாய்ப்புள்ளது. இதன் விளைவாகப் பெற்றோர் மற்றும் பெற்றோர் அல்லாத சேர்க்கைகள் அறியப்பட்டது. இந்தப் பிணைப்புற்ற மரபணுக்கள் குறுக்கேற்றத்தை வெளிப்படுத்துகிறது. இது **முழுமையற்ற பிணைப்பு** என்று அழைக்கப்படுகிறது. இந்நிகழ்வை ஹட்சின்சன் மக்காச்சோளத்தில் முதலில் கண்டறிந்தார்.

3.2.3 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. எடுத்துக்காட்டு:

உயிரினத்தின் பெயர்கள்	பிணைப்புத் தொகுதிகள்
மியூகர்	2
டிரோசோஃபிலா	4
இனிப்பு பட்டாணி	7
நியூரோஸ்போரா	7
மக்காச்சோளம்	10

அட்டவணை 3.3: சில உயிரினங்களின் பிணைப்புத் தொகுதிகள்

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 அருகமைந்து காணப்படும்	இவை பிணைப்புற்ற மரபணுக்களைப் பிரிக்கிறது
2	இதில் ஒத்திசைவு குரோமோசோம்களில் உள்ள ஒரு குரோமோசோம் மட்டுமே பங்குபெறும்.	இதில் ஒத்திசைவு குரோமோசோம்களின் சகோதரி அல்லாத குரோமாட்டிட்களுக்கு இடையே உள்ள துண்டுகளின் பரிமாற்றம் நிகழும்
3	புதிய மரபணுச் சேர்க்கைகளைக் இது குறைக்கிறது.	புதிய மரபணுச் சேர்க்கைகள் தோன்றுவதன் மூலம் வேறுபாடுகளை அதிகரிக்கிறது, புதிய உயிரினம் தோன்ற வழிவகுக்கிறது.

அட்டவணை 3.4: பிணைப்பு மற்றும் குறுக்கேற்றத்திற்கு இடையேயான வேறுபாடுகள்

3.3 குறுக்கேற்றம் (Crossing over)

ஒத்திசைவு குரோமோசோம் இணைகளின் சகோதரி அல்லாத குரோமாட்டிட்களுக்கிடையே இணையான துண்டங்கள் பரிமாற்றப்பட்டுப் புதிய மரபணுச் சேர்க்கை தோன்றும் உயிரிய நிகழ்விற்குக் **குறுக்கேற்றம்** என்று பெயர். 'குறுக்கேற்றம்' என்ற சொல் மார்கன் (1912) என்பவரால் முன்மொழியப்பட்டது. இது குன்றல் பகுப்பின் புரோபேஸ் I ல் பாக்கிடீன் (pachytene) நிலையில் நடைபெறுகிறது. வழக்கமாகக் கேமீட்டுகள் உருவாக்கத்தின் போது குறுக்கேற்றம் இனசெல்களில் நடைபெறுகிறது. இது **குன்றல் பகுப்பு குறுக்கேற்றம்** அல்லது **இனசெல் குறுக்கேற்றம்** என்று

TN_GOVT_BOTANY_XII_TM_PAGES_055-088 CH 03.indd 59 4/14/2020 4:22:19 PM

அழைக்கப்படும். இது பொதுவாகக் காணப்படும் மிகவும் முக்கியத்துவம் பெற்ற நிகழ்வாகும். அரிதாக மைட்டாசிஸ் நிலையின் போது குறுக்கேற்றம் உடலச் செல்களில் நிகழ்கிறது. இது **உடலச் செல் குறுக்கேற்றம்** அல்லது **மைட்டாடிக் குறுக்கேற்றம்** என்று அழைக்கப்படுகிறது.

3.3.1 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.

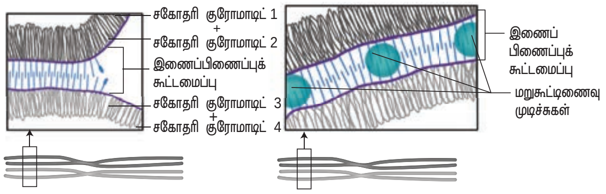
1. **மையம் தொடங்கி இணை சேர்தல்** (Procentric synapsis) – இணைதல் குரோமோசோமின் மையப்பகுதியில் இருந்து தொடங்குகிறது.
2. **நுனி தொடங்கி இணை சேர்தல்** (Proterminal synapsis) – இணைதல் குரோமோசோமின் டீலோமியர்களில் இருந்து தொடங்குகிறது.
3. **இயைபிலா இணை சேர்தல்** (Random synapsis)– இணைதல் குரோமோசோம்களின் எந்தப்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

(ii) நான்கமை உருவாதல் (Tetrad formation)

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

(iii) குறுக்கேற்றம்

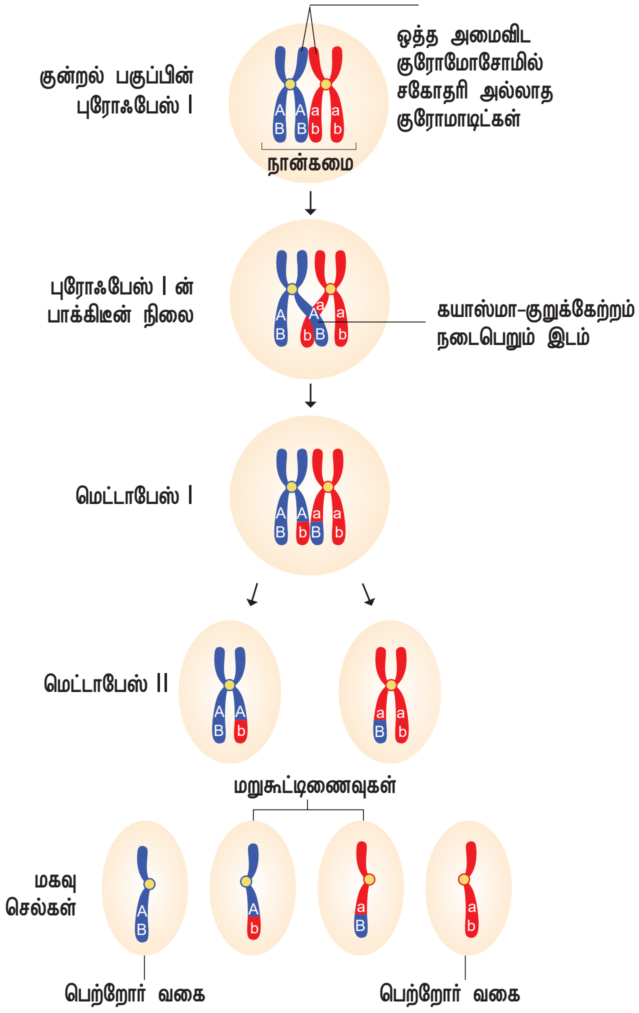
நான்கமை நிலை உருவான பின்னர், பாக்கிடீன் நிலையில் குறுக்கேற்றம் நிகழ்கிறது. ஒத்திசைவு குரோமோசோம்களின் சகோதரி அல்லாத குரோமாட்டிட்கள் ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட புள்ளிகளில் இணைகிறது. இந்த ஒத்திசைவு குரோமோசோம்களின் சகோதரி அல்லாத குரோமாடிட்களுக்கு இடையேயான இணைவுப் புள்ளிகள் **கயாஸ்மாக்கள்** (ஒருமை–கயாஸ்மா) என்று அழைக்கப்படுகிறது. கயாஸ்மா பகுதியில் சிலுவை அமைப்பு அல்லது 'X' வடிவ அமைப்பு உருவாவதோடு, அப்புள்ளியில் இரண்டு குரோமாடிட்கள் உடைதல் மற்றும் மறுஇணைவு நடைபெறும். இதன் விளைவாகச் சகோதரி அல்லாத குரோமாடிட்களுக்கிடையே சமமான துண்டுகள் பரஸ்பரப் பரிமாற்றம் செய்யப்படுகிறது.



படம் 3.6: இணைபிணைப்புக் கூட்டமைப்பு

(iv) முடிவுறுதல் (Terminalization)

குறுக்கேற்றம் நடைபெற்ற பின் கயாஸ்மாவானது குரோமாடிட்களின் நுனிப்பகுதியை நோக்கி நகர்கிறது. இந்நிகழ்வே **முடிவுறுதல்** எனப்படுகிறது. இதன் விளைவாக ஒத்திசைவு குரோமோசோம்கள் முழுமையாகப் பிரிகிறது.



படம் 3.7: குறுக்கேற்றத்தின் செயல்முறை

TN_GOVT_BOTANY_XII_TM_PAGES_055-088 CH 03.indd 60 4/14/2020 4:22:20 PM

3.3.2 குறுக்கேற்றத்தின் முக்கியத்துவம்

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

- குரோமாடிட் துண்டுகளின் பரிமாற்றம், புதிய மரபணுக்களின் சேர்க்கைக்கு வழிகோலுவதால் இந்நிகழ்வு பரிணாமத்தில் முக்கியப் பங்காற்றுகிறது.
- குறுக்கேற்றம் பற்றிய ஆய்வின் மூலம் குரோமோசோம்களில் மரபணுக்கள் நேர்க்கோட்டில் அமைந்திருப்பதைத் தெரிந்து கொள்ள முடிகிறது.
- குறுக்கேற்ற நிகழ்விரைவின் அடிப்படையிலேயே மரபு வரைபடம் உருவாக்கப்படுகிறது.
- மரபணுவின் தன்மை மற்றும் செயல்பாடுகளை அறிந்து கொள்ளக் குறுக்கேற்றம் உதவுகிறது.
- ஒரு புதிய நன்மை பயக்கும் சேர்க்கை தோன்றுவதால் தாவரப் பயிர்ப்பெருக்கத்தில் இது பயன்படுத்தப்படுகிறது.

செயல்பாடு: தீர்வு காண்

உடலக் குரோமோசோமில் 'a' மற்றும் 'b' என்ற இரண்டு ஒடுங்கு மரபணுக்கள் இருப்பதாகக் கருதவும், இதன் மாற்றுப்பண்பு கருமுட்டையோடு (heterozygote) சடுதிமாற்ற இரட்டை ஒத்தபண்பிணைவு பெற்ற வகையுடன் சோதனைக் கலப்பு செய்யப்படுகிறது. இதற்குக் கீழ்க்கண்ட கூற்றுகளை மனதில் கொண்டு புறத்தோற்றவகைய விகிதங்களை (phenotypic ratios) கண்டுபிடிக்கவும்.

1. 'a', 'b' தனித்தனி உடலக் குரோமோசோம்களில் காணப்பட்டால்
2. 'a', 'b' இரண்டும் ஒரே உடலக் குரோமோசோமில் தொலைவில் அமையும் விதத்தில் பிணைப்புற்று ஆனால் இவைகளுக்கிடையே குறுக்கேற்றம் நடைபெற்றால்
3. 'a', 'b' இவை இரண்டும் ஒரே உடலக் குரோமோசோமில் மிக அருகில் அமைந்திருந்து ஆனால் குறுக்கேற்றம் நிகழாதிருந்தால்.

3.3.3 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** என்று அழைக்கப்படுகிறது.

மறுகூட்டிணைவு நிகழ்விரைவுக் (RF) கணக்கீடு:

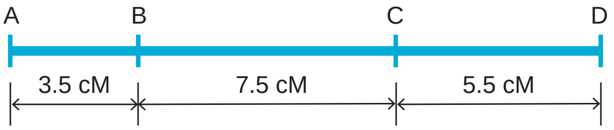
ஒரு கலப்பின் போது தோன்றும் மறுகூட்டிணைவு வழித்தோன்றல்களின் விழுக்காடு மறுகூட்டிணைவு நிகழ்விரைவு எனப்படுகிறது. மறுகூட்டிணைவு நிகழ்வரைவு (RF) (குறுக்கேற்ற நிகழ்விரைவு) கீழ்காணும் சூத்திரத்தினால் கணக்கிடப்படுகிறது. இணைப்பு வகை அமைவு பெற்ற அல்லீல்களிலிருந்து பெறப்பட்ட தரவினைப் பயன்படுத்தி மறுகூட்டிணைவு நிகழ்விரைவு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

3.3.4 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 **ஆல்ஃபிரட் H. ஸ்டர்டீவண்ட்** 1913 ல் உருவாக்கினார். இது மரபணுக்கள் குரோமோசோமில் அமைந்துள்ளன என்ற குறிப்பினைத் தருகிறது.

வரைபடத் தொலைவு (Map distance)

மரபணு வரைபடத்தின் தொலைவைக் குறிக்கும் அலகு **வரைபட அலகு** (map unit) (m.u.) என்று அழைக்கப்படுகிறது. ஒரு வரைபட அலகு என்பது குறுக்கேற்றத்தின் ஒரு விழுக்காட்டிற்குச் சமமாகும். ஒரு வரைபட அலகை ஒரு சென்டிமார்கன் (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.



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.

TN_GOVT_BOTANY_XII_TM_PAGES_055-088 CH 03.indd 61 4/14/2020 4:22:20 PM

- குறிப்பிட்ட உயிரினத்தின் சிக்கலான மரபணுத் தன்மையை மரபியலாளர்கள் புரிந்து கொள்ளவும் இது உதவுகிறது.

3.4 பல்கூட்டு அல்லீல்கள் (Multiple alleles)

ஒரு உயிரினத்தில் கொடுக்கப்பட்டுள்ள 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.

> **கற்றதைச் சோதித்தறிக**
>
> உயிரினத்தொகைக்குள் பல்கூட்டு அல்லீல்கள் இருக்கலாம் ஆனால் தனி உயிரினத்தில் அவற்றில் இரண்டு அல்லீல்களை மட்டுமே கொண்டுள்ளன. ஏன்?

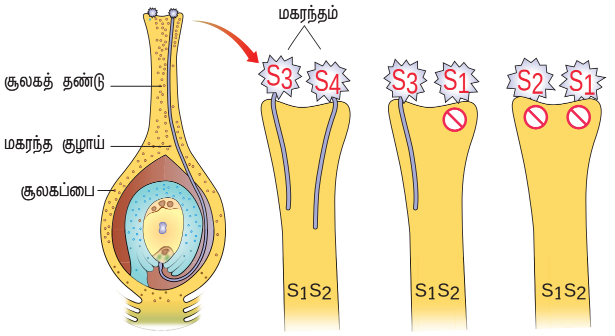
3.4.1 பல்கூட்டு அல்லீல்களின் பண்புகள்

- 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 ஓங்குப்பண்பினை வெளிப்படுத்தும் மாறாகச் சடுதிமாற்றமுற்ற தாவரங்களின் அல்லீல்கள் ஓங்கு 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.

3.4.2 *நிகோட்டியானா* தாவரத்தில் தன்மலடாதல் (Self sterility in *Nicotiana*)

தாவரங்களில், தன் மலடாதல் அல்லது சுயப்பொருந்தாத்தன்மைக்கு (self incompatability) பல்கூட்டு அல்லீல்கள் காரணமாக உள்ளன என அறியப்பட்டுள்ளது. தன்மலடாதல் என்பது ஒரு தாவரத்திலிருந்து பெறப்படும் அதன் மகரந்தத்துகள் அதே தாவரத்தின் சூலக முடியில் முளைக்க இயலாத தன்மையினால் முட்டைகளுக்குள் கருவுருதல் 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 மற்றும் S_5 ஆகும் (படம் 3.8).

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.



படம்: 3.8 புகையிலையில் சுயபொருந்தாதன்மை தொடர்புடைய இதன் மரபணுவகையம்

S_1 S_2 கொண்ட பெண் பெற்றோருடன் 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 கருவுருதலுக்கு ஏற்புடையதாக இருந்தது. இவ்வாறாக S_1 S_2 x 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 அட்டவணை 3.5 ல் தரப்பட்டுள்ளது.

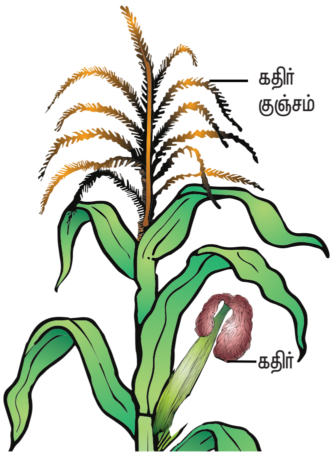
TN_GOVT_BOTANY_XII_TM_PAGES_055-088 CH 03.indd 62 4/14/2020 4:22:21 PM

பெண் பெற்றோர் (சூலகமுடி பகுதி)	ஆண் பெற்றோர் (மகரந்த மூலம்)		
	S_1S_2	S_2S_3	S_3S_4
S_1S_2	தன் மலடு	S_3S_2 S_3S_1	S_3S_1 S_3S_2 S_4S_1 S_4S_2
S_2S_3	S_1S_2 S_1S_3	தன் மலடு	S_4S_2 S_4S_3
S_3S_4	S_1S_3 S_1S_4 S_2S_3 S_2S_4	S_2S_3 S_2S_4	தன் மலடு

அட்டவணை: 3.5 சுயப்பொருந்தாத்தன்மை வழித்தோன்றல்களின் வேறுபட்ட சேர்க்கைகள்

மக்கா சோளத்தில் பால் நிர்ணயம்

சியா மெய்ஸ் (மக்காச்சோளம்) ஒருபால் மலர் தாவரத்திற்கான (monoecious) எடுத்துக்காட்டாகும், அதாவது ஆண் மற்றும் பெண் மலர்கள் ஒரே தாவரத்தில் காணப்படுகின்றன. இது இரண்டு வகையான மஞ்சரிகளைக் கொண்டுள்ளது.



சியா மெய்ஸ் தாவர மஞ்சரி

தண்டு நுனி ஆக்குத்திசுவிலிருந்து 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 ஒருபால் தன்மை கதிர் சிறு மலர்களின் மகரந்தத்தாள் 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 அல்லீல் (ba) பட்டிழைகள் மற்றும் கதிர் மஞ்சரியை நீக்குவதுடன் ஆண் மலர்கள் கொண்ட தன்மையாக மாற்றி விடுகிறது. டாசல் விதைக்கான அல்லீல் (ts) டாசலை மகரந்தம் அற்ற பெண் மலராக மாற்றி விடுகிறது. அது மகரந்தத்தை உற்பத்தி செய்வதில்லை. அட்டவணை 3.7ல் இந்த அல்லீல்களின் சேர்க்கையின் அடிப்படையில் பால்தன்மை வெளிப்பாடு முடிவு கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. இந்தப் பெரும்பான்மையான சடுதிமாற்றங்கள் ஜிப்ரெலின் உற்பத்திக் குறைபாட்டினால் ஏற்படுகின்றன. கதிர்களில் காணப்படும் சிறுமலர்களின் மகரந்தத்தாள் ஒடுக்கத்திற்கு ஜிப்ரெலின்கள் முக்கியப் பங்கு வகிக்கிறது.

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

அட்டவணை 3.7: மக்காச் சோளத்தில் பால் நிர்ணயம் (உயர் அமை குறியீடு (+) ஓங்கு பண்பிணைக் குறிக்கிறது)

3.5 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. சடுதிமாற்றம் என்ற சொல் *ஹியுகோ டீவ்ரிஸ்* (1901) என்பவரால் அறிமுகப்படுத்தப்பட்டது.

VXV11B

TN_GOVT_BOTANY_XII_TM_PAGES_055-088 CH 03.indd 63 4/14/2020 4:22:21 PM

இவர் அந்தி ப்ரிம்ரோஸ் (ஈனோதீரா லாமார்க்கியானா) என்ற தாவரத்தில் செய்த ஆய்வின் அடிப்படையில் 'சடுதி மாற்றக் கோட்பாட்டை' வெளியிட்டார்.

சடுதிமாற்றமுற்ற இலை

மரபுப் பொருளில் 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 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.

3.5.1 சடுதிமாற்றத்தின் வகைகள் (Types of mutation)

மரபணு சடுதிமாற்றத்தின் பொதுவான இரு வகுப்புகளைக் காண்போம்.

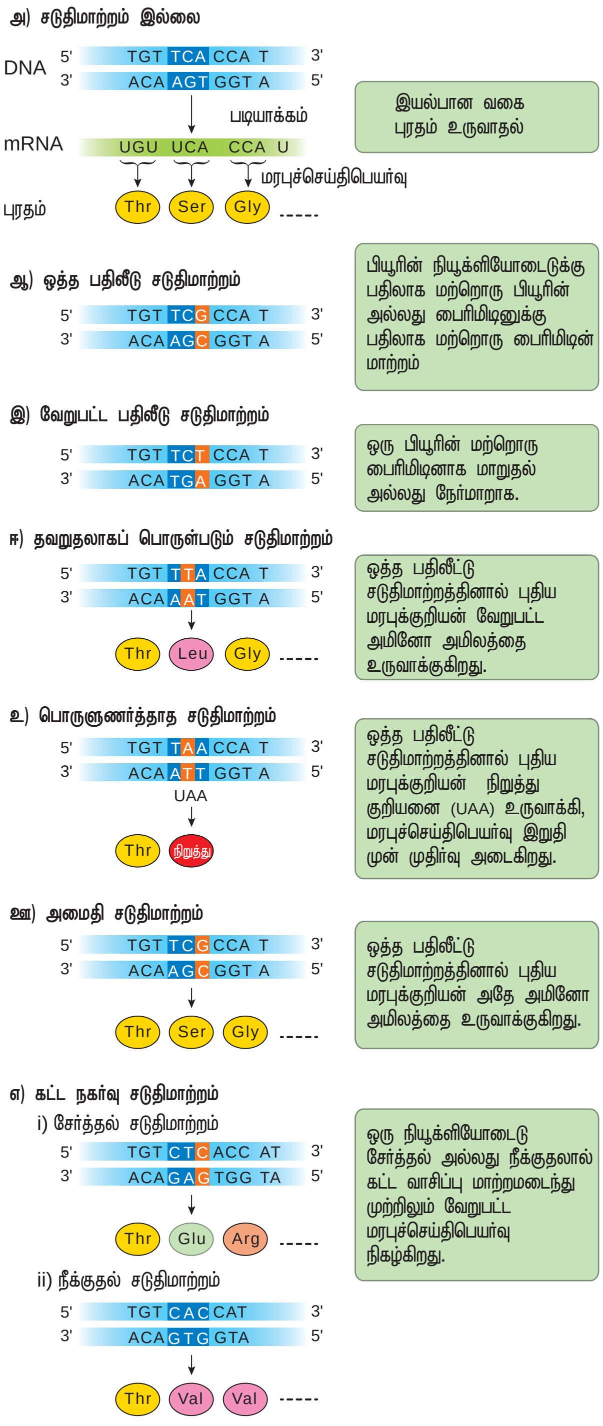
- DNA வில் உள்ள ஒரு காரம் (base) அல்லது ஒரு இணை காரம் பாதிக்கப்படும் சடுதிமாற்றம் **புள்ளி சடுதிமாற்றம்** என்று அழைக்கப்படுகிறது.
- ஒரு மரபணுவுக்குள் காணப்படும் ஒரு சிறிய நியூக்ளியோடைடு வரிசை பிரதிகளின் எண்ணிக்கையை மாற்றி அமைக்கும் சடுதிமாற்றங்கள்

புள்ளி சடுதிமாற்றம் (Point mutation)

DNAவில் உள்ள ஒரு கார இணை அல்லது மிக அருகில் உள்ள கார இணைகளில் மாற்றம் நடைபெறுவதை இது குறிக்கிறது.

புள்ளி சடுதிமாற்றத்தின் வகைகள் (Types of Point mutation)

DNA வில் நடைபெறும் புள்ளி சடுதிமாற்றம் இரண்டு முக்கிய வகைகளாக வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளன. கார இணை பதிலீடுகள் மற்றும் கார இணை இடைச்செருகல் அல்லது நீக்குதல் ஆகியவையாகும். கார இணை பதிலீடு சடுதிமாற்றம் என்பது DNA வின்



படம் 3. 9 புள்ளி சடுதிமாற்றத்தின் வகைகள்

ஒரு கார இணை மற்றொரு கார இணையால் பதிலீடு செய்வதாகும். இவை இரு துணை வகைகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. ஒத்த பதிலீடு (Transition), வேறுபட்ட பதிலீடு (transversion). சேர்த்தல் அல்லது நீக்குதல் சடுதிமாற்றம் என்பது நியூக்ளியோடைடு இணைகளின் சேர்த்தல் அல்லது நீக்குதல் மற்றும் கார இணை சேர்த்தல் அல்லது நீக்குதல் எனவும் அழைக்கப்படுகிறது. கூட்டாக, இந்த நிகழ்வுகள் அனைத்தும் **இன்டெல் சடுதிமாற்றம்** (Indel mutation) (Insertion–deletion mutation) எனக் குறிப்பிடப்படுகிறது.

TN_GOVT_BOTANY_XII_TM_PAGES_055-088 CH 03.indd 64 4/14/2020 4:22:23 PM

வ. எண்	வகைப்பாட்டின் அடிப்படை	சடுதிமாற்றத்தின் முக்கிய வகைகள்	முக்கிய பண்புகள்
1.	தோற்றம்	தன்னிச்சையான	தெரியாத சடுதிமாற்றிகளால் நிகழ்வது
		தூண்டப்பட்ட	தெரிந்த சடுதிமாற்றிகளால் நிகழ்வது
2.	செல் வகை	உடல வழி	இனப்பெருக்கமல்லாத செல்களில் நிகழ்வது
		இன வழி	இனப்பெருக்கச் செல்களில் நிகழ்வது
3.	பணிகளின் மீது பாதிப்பு	செயல் இழப்பு (வெளியேற்றுதல் (knockout), இன்மை (null))	இயல்பான செயல்பாட்டினை நீக்குவது
		குறை அமைப்பு நிலை (hypomorphic) (லீக்கி)	இயல்பான செயல்பாட்டினைக் குறைப்பது
		மிகை அமைப்பு நிலை (hypermorphic)	இயல்பான செயல்பாட்டினை அதிகரிப்பது
		செயல் ஏற்பு (இடமறியா வெளிப்பாடு)	தவறான நேரத்தில் அல்லது பொருத்தமற்ற செல்களில் வெளிப்படுவது
4.	மூலக்கூறு அளவில் மாற்றம்	**நியூக்ளியோடைடு 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 பைரிமிடினுக்கு பதிலாகப் பியூரின் (C⟶G).
		• இடைசெருகல் (insertion)	ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட நியூக்ளியோடைடுகள் கூடுதலாக இருப்பது
		• நீக்கம் (deletion)	ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட நியூக்ளியோடைடுகள் 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 மரபுக்குறியனை (UAA, UAG அல்லது UGA) தோற்றுவிப்பது
		• கட்ட நகர்வு (frame shift)	சரியான கட்டத்தில் உள்ள மூன்று மரபுக்குறியனை (codon) நகர்த்துவது

அட்டவணை 3.7: சடுதிமாற்றத்தின் முக்கிய வகைகள்

TN_GOVT_BOTANY_XII_TM_PAGES_055-088 CH 03.indd 65 4/14/2020 4:22:23 PM

பதிலீடு சடுதிமாற்றம் அல்லது இன்டெல் சடுதிமாற்றங்கள் மரபணுக்களின் மரபுச்செய்திபெயர்வுகளைப் பாதிக்கின்றன. இதன் அடிப்படையில் பல்வேறு வகையான சடுதி மாற்றங்கள் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

ஒரு அமினோ அமிலத்திற்கான ஒரு மரபுக்குறியனை (codon) அதே அமினோ அமிலத்திற்கான வேறொரு மரபுக்குறியனாக மாற்றியமைக்கப்படும் சடுதிமாற்றம் **ஒத்த அல்லது அமைதியான சடுதிமாற்றம்** (Synonymous or Silent mutation) என்று அழைக்கப்படுகிறது. ஒரு அமினோ அமிலத்திற்கான ஒரு மரபுக்குறியனை வேறொரு அமினோ அமிலத்திற்கான மரபுக்குறியனாக மாற்றியமைக்கப்படும் சடுதிமாற்றம் **தவறுதலாகப் பொருள்படும் அல்லது ஒத்திலாச் சடுதிமாற்றம்** (Missense or non–synonymous mutation) என்று அழைக்கப்படுகிறது. ஒரு அமினோ அமிலத்திற்கான மரபுக்குறியன் முடிவு அல்லது நிறுத்துக் குறியனாக மாற்றமடையும் சடுதிமாற்றம் **பொருளுணர்த்தாத சடுதிமாற்றம்** (Nonsense mutation) என்று அழைக்கப்படுகிறது. ஒரு DNA வில் ஒரு கார இணை சேர்த்தல் அல்லது நீக்குதலால் மரபுச்செய்திபெயர்வு கட்டமைப்புகளை மாற்றப்படுவதன் விளைவால் இயல்பான புரதத்தின் அமைப்பு மற்றும் செயல்பாடு இழக்கப்படுவது **கட்ட நகர்வு சடுதிமாற்றம்** (Frame shift mutation) என்று அழைக்கப்படுகிறது.

3.5.2 சடுதிமாற்றக் காரணிகள் (Mutagenic agents)

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

இயற்பிய சடுதிமாற்றிகள் (Physical mutagens):

அறிவியலறிஞர்கள் பல்வேறு தாவரங்கள் மற்றும் விலங்குகளில் சடுதிமாற்றங்களை ஏற்படுத்த வெப்பநிலை மற்றும் கதிர்வீச்சுகளான X–கதிர்கள், காமா கதிர்கள், ஆல்ஃபா கதிர்கள், பீட்டா கதிர்கள், நியூட்ரான்கள், காஸ்மிக் கதிர்கள், கதிரியக்க மாற்றியங்கள் புற ஊதாக் கதிர்கள் ஆகியவற்றைப் பயன்படுத்துகின்றனர்.

வெப்பநிலை: வெப்பநிலை அதிகரிக்கும் பொழுது சடுதிமாற்றத்தின் வீதமும் அதிகரிக்கிறது. வெப்பநிலை அதிகரிக்கும் பொழுது இரண்டு DNA நியூக்ளியோடைடுகளுக்கு இடையே உள்ள ஹைட்ரஜன் பிணைப்புகள் உடைக்கப்பட்டு இரட்டித்தல் (replication) மற்றும் படியாக்கம் நிகழ்வுகளைப் பாதிக்கின்றன.

கதிர்வீச்சுகள்: கண்ணுறு நிறமாலையை விட மின்காந்த நிறமாலையானது குறுகிய மற்றும் நீளமான அலைநீளங்களைக் கொண்ட கதிர்களைக் கொண்டுள்ளது. இவை அயனியாக்கும் மற்றும் அயனியாக்காத கதிர்வீச்சுகளாக வகைப்படுத்தப்படுகின்றன. அயனியாக்கும் கதிர் வீச்சுகளின் குறுகிய அலை நீளம் மற்றும் அணுவிலுள்ள எலக்ட்ரான்களை அயனியாக்கப் போதுமான அதிக ஆற்றலைக் கொண்டுள்ளது. X–கதிர்கள், காமா கதிர்கள், ஆல்ஃபா கதிர்கள், பீட்டா கதிர்கள் மற்றும் காஸ்மிக் கதிர்கள் போன்ற கதிர்வீச்சுகளுக்கு உட்படுத்தப்பட்ட செல்களிலுள்ள குரோமோசோம்களையும் குரோமேடிட்களையும் 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 சொனோரா (Sharbati Sonora)

மெக்சிகன் வகையிலிருந்து (சொனோரா – 64) காமா கதிர்வீச்சின் மூலம் உருவாக்கப்பட்ட சடுதிமாற்ற கோதுமை வகை சார்பதி சொனோரா 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 தூண்டப்படும் சடுதிமாற்றங்கள் வேதிய சடுதிமாற்றிகள் என்று அழைக்கப்படுகிறது. அவையாவன, கடுகு வாயு (mustard gas), நைட்ரஸ் அமிலம், எத்தில் மற்றும் மெத்தில் மீத்தேன் சல்போனேட் (EMS மற்றும் MMS), எத்தைல் யூரித்தேன், மாக்னஸ் உப்பு, ஃபார்மால்டிஹைடு, இயோசின் மற்றும் எந்த்ரோசின். எடுத்துக்காட்டு: நைட்ரஸ் ஆக்ஸைடு DNA வின் நைட்ரஜன் கார இணைகளில் இரட்டித்தல் மற்றும் படியெடுத்தலில் மாற்ற இடையூறு ஏற்படுத்துகின்றன. இதனால் மரபுச்செய்திபெயர்வின் போது முழுமையற்ற, குறையுடைய பாலிபெப்டைடுகள் உருவாக்கப்படுகின்றன.

TN_GOVT_BOTANY_XII_TM_PAGES_055-088 CH 03.indd 66 4/14/2020 4:22:23 PM

இணை சடுதிமாற்றிகள் (Co–mutagens)

சில வேதியல் சேர்மங்கள் அதற்குறிய சடுதிமாற்றி பண்புகளைப் பெற்றிருக்காமல் மற்ற சடுதிமாற்றிகளோடு சேர்ந்து அதன் திறனை அதிகரித்தால் அவை **இணை சடுதிமாற்றிகள்** என்று அழைக்கப்படுகிறது.

எடுத்துக்காட்டு: அஸ்கார்பிக் அமிலம், ஹைட்ரஜன் பெராக்ஸைடு மூலம் ஏற்படும் பாதிப்பை அதிகப்படுத்துகிறது.

இதுபோல் காஃபீன், மிதோட்ரெக்ஷேட்டின் நச்சுத்தன்மையை அதிகமாக்குகிறது.

முதல் உலகப் போரில் 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 மாற்றச் செயல்முறையை C. அயுர்பேக் (C Auerback – 1944) என்பவர் முதன் முதலில் வெளியிட்டார்.

3.5.3 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 சடுதிமாற்றம் 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. குரோமோசோம் 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 பண்பிணை மற்றொரு சிற்றினத்திலிருந்து வேறுபடுத்துவதில்லை ஆனால் குரோமோசோமில் காணப்படும் மரபுப்பொருளின் (மரபணு) தன்மையே சிற்றினத்தின் பண்பிணை 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) என்று பெயர். மடியம் இரு வகைப்படும்.

i) இருமடிய தொகுதிக்குள் தனிக் குரோமோசோம்களால் ஏற்படும் மடியம் **(மெய்யிலாமடியம்)**.

ii) குரோமொசோம்களின் மொத்தத் தொகுதியால் ஏற்படும் மடியம் (**மெய்மடியம்**) (படம் 3.10)

(i) **மெய்யிலா மடியம்** (Aneuploidy)

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.

1. மிகுமடியம் (Hyperploidy)

இருமடியத் தொகுதி குரோமோசோம்களில் ஒன்று அல்லது அதற்கு 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 *டாட்டுரா ஸ்ட்ராமோனியம்* தாவரத்தில் (ஜிம்சன் களை) டிரைசோமி

TN_GOVT_BOTANY_XII_TM_PAGES_055-088 CH 03.indd 67 4/14/2020 4:22:23 PM

நிலையினைக் கண்டறிந்தார். பின்னர் **நிக்கோட்டியானா, பைசம்** மற்றும் **ஈனோதீரா** போன்ற தாவரங்களில் கண்டறியப்பட்டது. சில சமயங்களில் இரு வெவ்வேறு குரோமோசோம் இணைகளிலிருந்து இரு தனிக் குரோமோசோம்கள் சாதரண 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 (Pentasomy)

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

2. **குறைமடியம்** (Hypoploidy)

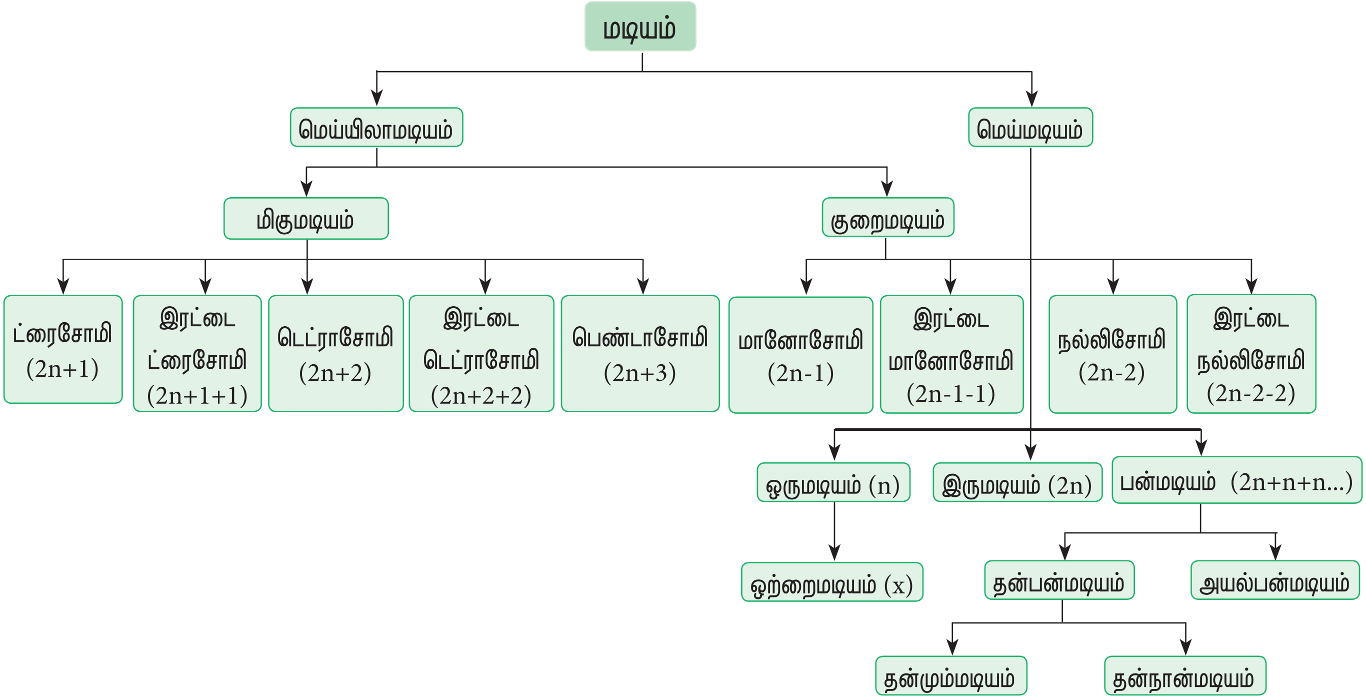
ஒரு செல்லில் உள்ள இருமடிய தொகுதியிலிருந்து ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட குரோமோசோம்கள் இழக்கப்பட்டால் **குறைமடியம்** எனப்படும். இது இரு வகைகளாகப் பிரிக்கப்படுகிறது. அவை

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.

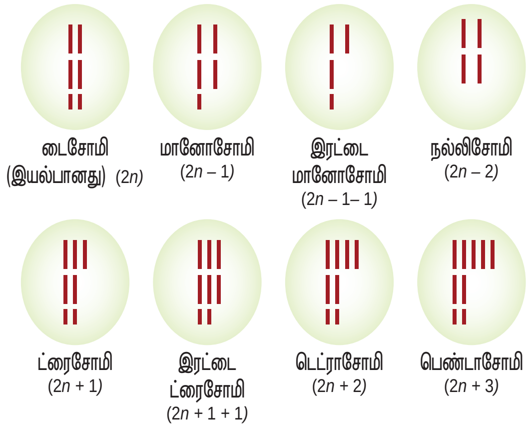
ஆ) நல்லிசோமி (Nullisomy)

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.



படம்: 3.10 மடியத்தின் வகைகள்

TN_GOVT_BOTANY_XII_TM_PAGES_055-088 CH 03.indd 68 4/14/2020 4:22:23 PM



படம்: 3.11 மெய்யிலாமடியத்தின் வகைகள்

(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 12 ஆகும். 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 கானப்படும். 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 தன்பன்மடியம் மற்றும் அயல்பன்மடியம்.

1. தன்பன்மடியம் (Autopolyploidy)

ஒரு உயிரினத்தில் இரண்டிற்கும் மேற்பட்ட ஒருமடிய தொகுதி குரோமோசோம்கள் ஒரே சிற்றினத்திற்குள் இருந்து பெறப்பட்டால் தன்பன்மடியம் எனப்படும். இவை இரு வகைகளாகப் பிரிக்கப்படுகிறது. அவை தன்மும்மடியங்கள் மற்றும் தன்நான்மடியங்கள்.

தன்மும்மடியத் தாவரங்கள் தன்னுடைய 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 மும்மடிய பீட்ரூட் அதிக அளவு சர்க்கரையையும் மற்றும் மோல்டுகளுக்கு (Moulds) எதிரான தன்மையையும் பெற்றுள்ளது. அருகம்புல் (*சயனோடான் டாக்டைலான்*) ஒரு இயற்கையான தன்மும்மடியம். விதைகளற்ற தர்பூசணி, ஆப்பிள், பீட்ரூட், தக்காளி, வாழை ஆகியவை மனிதனால் உருவாக்கப்பட்ட தன்மும்மடியங்களாகும்.

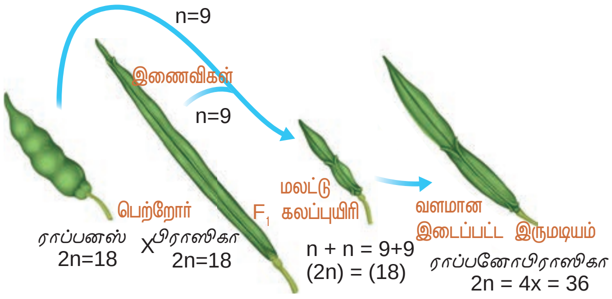
தன்நான்மடியத் தாவரங்கள் தன்னுடைய நான்கு தொகுதி மரபணுதொகையத்தினை பெற்றிருக்கிறது. இருமடியத் தாவரங்களின் குரோமோசோம்களை இரட்டிப்படைய செய்வதின் மூலம் இவை தூண்டப்படுகிறது. எடுத்துக்காட்டு: ரை, திராட்சை, குதிரை மசால் (alfalfa), நிலக்கடலை, உருளைக்கிழங்கு மற்றும் காஃபி.

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

TN_GOVT_BOTANY_XII_TM_PAGES_055-088 CH 03.indd 69 4/14/2020 4:22:23 PM

வைக்கப்படுகிறது. நெருங்கிய சிற்றினங்களுக்கிடையே மட்டும் அயல்பன்மடியத் தாவரங்கள் உருவாக்கப்படுகிறது (படம் 3.12).



படம்: 3.12 ***ராப்பனோபிராஸிகா***

எடுத்துக்காட்டு:1 ***ராப்பனோபிராஸிகா***, G.D. **கார்பெசென்கோ** (1927) ரஷ்ய மரபியலாளர், முள்ளங்கி *(ராப்பனஸ் சட்டைவஸ்,* 2n=18) மற்றும் முட்டைக்கோஸ் *(பிராஸிகா ஒலிரேசியா,* 2n=18) தாவரங்களைக் கலப்பு செய்து முதலாம் மகவுச் சந்ததியில் (F_1) மலட்டுத் தன்மை கொண்ட கலப்புயிரிகளை உற்பத்தி செய்தார். அவர் முதலாம் மகவுச் சந்ததி (F_1) களிடையே குரோமோசோம் இரட்டிப்பு செய்யும் போது 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.

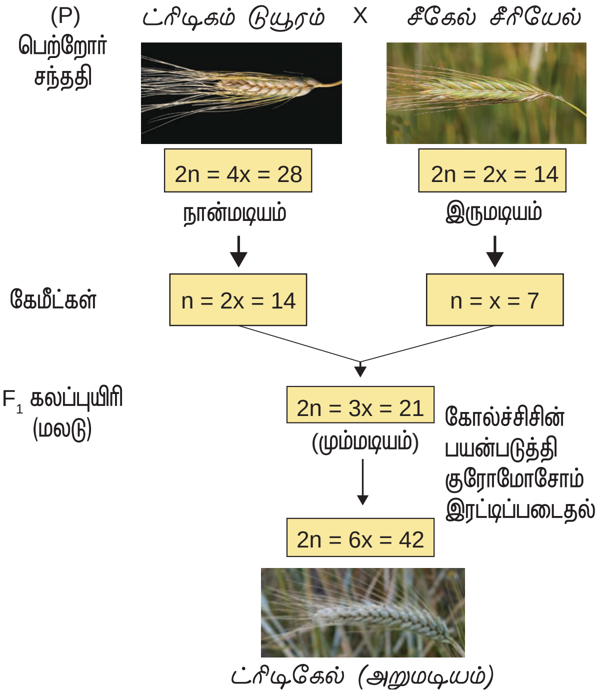
எடுத்துக்காட்டு:2 ***ட்ரிட்டிகேல்,*** *(Triticale)* மனிதனால் முதன்முதலில் உருவாக்கப்பட்ட தானியமாகும். மடியத்தன்மை அடிப்படையில் *ட்ரிட்டிகேல்* மூன்று முக்கியப் பிரிவுகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது.

(i) நான்மடியம்: இருமடிய கோதுமை மற்றும் ரை தாவரங்களுக்கு இடையேயான கலப்பு

(ii) அறுமடியம்: நான்மடிய கோதுமை *ட்ரிடிகம் டியூரம்* (மக்ரோனி கோதுமை) மற்றும் ரை தாவரங்களுக்கு இடையேயான கலப்பு.

(iii) எண்மடியம்: அறுமடிய கோதுமை *ட்ரிடிகம் ஏஸ்டிவம்* (ரொட்டி கோதுமை) மற்றும் ரை தாவரங்களுக்கு இடையேயான கலப்பு.

அறுமடிய *ட்ரிட்டிகேல்* 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 3.13).



படம் 3.13 ட்ரிட்டிகேல்

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

செயல்பாடு: தீர்வு காண்

ஒரே பேரினம் ஆனால் வேறுபட்ட சிற்றினத்தைச் சார்ந்த இரு தாவரங்களை (A மற்றும் B) கலப்பு செய்யும் போது, முதலாம் மகவுச் சந்ததியில் உயிர்த்தன்மையுடனும் அழகிய பூக்களையும் கொண்டிருந்தன. எதிர்பாராமல் இவை மலட்டுக் கலப்புயிரிகளாக காணப்படுகின்றன. மேலும் இவைகள் தழைவழிப் போத்துகள் (vegetative cuttings) மூலம் மட்டுமே பெருக்கம் அடைகின்றன. இந்தக் கலப்புயிரியின் மலட்டுத் தன்மையை விவரிக்கவும். கலப்புயிரியின் மலட்டுத் தன்மையிலிருந்து மீள என்ன செய்ய வேண்டும்?

TN_GOVT_BOTANY_XII_TM_PAGES_055-088 CH 03.indd 70 4/14/2020 4:22:26 PM

மடியத்தின் முக்கியத்துவம்

- இருமடியத் தாவரங்களை விடப் பல பன்மடியத் தாவரங்கள் அதிகத் வீரியத்துடனும் 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

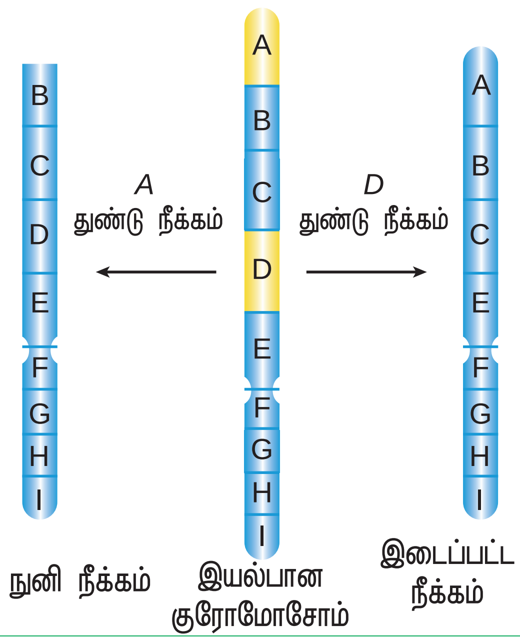
1. நீக்கம் அல்லது குறைபாடு
2. இரட்டிப்பாதல் அல்லது மீளுருவாதல்

ஆ) மரபணு அமைவிட வரிசையில் ஏற்படும் மாற்றங்கள்

3. தலைகீழ்த் திருப்பம்
4. இடம்பெயர்தல்

1. நீக்கம் அல்லது குறைபாடு (Deletion or 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. *டுரோசோஃபிலா* மற்றும் *மக்காச்சோளத்தில்* இது காணப்படுகிறது (படம் 3.14).

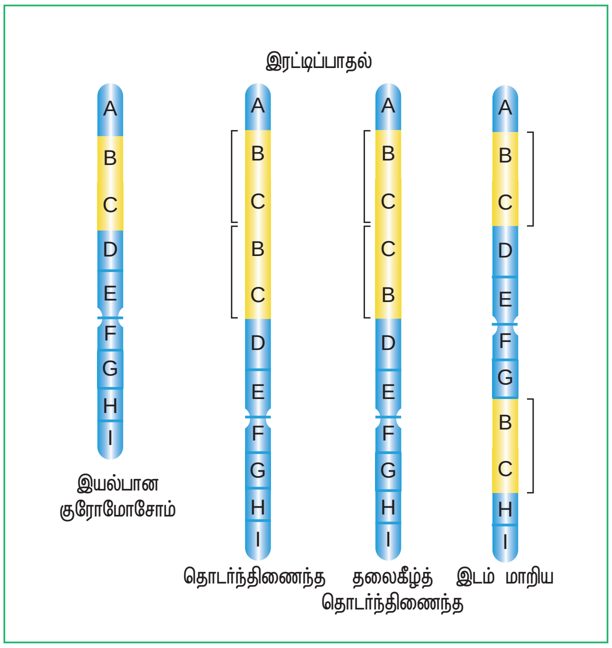


படம் 3.14 நீக்கம்

2. இரட்டிப்பாதல் அல்லது மீளுறுவாதல் (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 *டுரோசோஃபிலா* வில் முதன்முதலில் கண்டறியப்பட்டது. மேலும் எடுத்துக்காட்டுகளாக மக்காச்சோளம் மற்றும் பட்டாணி.

பரிணாமத்தில் இரட்டிப்பாதல் முக்கியப் பங்காற்றுகிறது.



படம் 3.15 இரட்டிப்பாதல்

3. இடம்பெயர்தல் (Translocation)

ஒத்திசைவு அல்லாத குரோமோசோம்களுக்கிடையே குரோமோசோம் துண்டுகள் பரிமாற்றம் நடைபெறுதல் **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**
ii. **நகர்வு இடம்பெயர்தல்**
iii. **பரிமாற்ற இடம்பெயர்தல்**

3.6 தாவரங்களில் DNA வளர்சிதை மாற்றம் (DNA 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 புதிதாகவும், 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.

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

தாவரங்கள் விலங்கினங்களைப்போல், இடர்பாடுகளிலிருந்து உடனடியாக இடம்பெயர்ந்து ஒதுங்க இயலாதவை. இருப்பினும் நாள் முழுதும் 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.

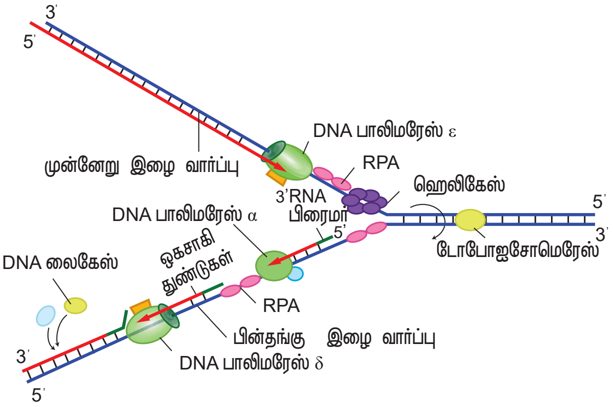
மறுசேர்க்கை (Recombination): ஒரு DNA மூலக்கூறின் உள்ளாகவோ அல்லது DNA மூலக்கூறுகளுக்கிடையிலோ மரபுச் செய்திகள் மாற்றிக் கொள்ளப்படுவது மறுசேர்க்கை செயல் என்ற செயலினால் சாத்தியமாகிறது. குன்றல் பகுப்பின்போது ஒத்திசைவு குரோமோசோம் இணைகளுக்கிடையே குறுக்கேற்றம் என்ற செயல் மூலம் இது நிகழ்கிறது. குறுக்கேற்றத்தின்போது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

3.6.1 மெய்யுட்கரு உயிர்களில் (யூகாரியோட்களில்) 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,

TN_GOVT_BOTANY_XII_TM_PAGES_055-088 CH 03.indd 72 4/14/2020 4:22:26 PM

சக்காரோமைசெஸ் செர்விசியே 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 Sequences – ARS Sites) என அழைக்கப்படுகின்றன. இரட்டிப்பு இலக்கை இனமறிய உதவும் பகுதி இவ்விலக்குகளில் மட்டுமே பிணைந்து கொள்கின்றன.



படம் 3.16: மெய்யுட்கரு உயிரிகளின் DNA இரட்டித்தல் கவட்டை

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 இழைகளாகி விடாமல் தடுக்க இரட்டித்தலுக்கான புரதம்–A (RPA) உதவுகிறது.

முறுக்குத் தளர்வின் காரணமாக இரட்டிப்புக் கவட்டைக்கு அப்பால் ஏற்படும் நேர்மறை முறுக்குச் செறிவின் இறுக்கத்தை அகற்றிட **டோபோஐசோமரேஸ்** 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 பாலிமரேஸ் α** 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 பாலிமரேஸ் நொதி இரட்டிப்பை நிகழ்த்துவதற்கு 3' நுனியில் தனித்துவிடப்பட்ட OH ஒன்று தேவைப்படுகிறது. அப்போதுதான் DNA–யின் 5' முனையிலிருந்து இரட்டிப்பைத் தொடங்க முடியும். இதனை RNA–பிரைமர் தந்து உதவுகிறது.

நியூக்ளியார் (உட்கரு) DNA இரட்டிப்பிற்கு DNA பாலிமெரேஸ் α (ஆல்ஃபா), DNA பாலிமெரேஸ் δ (பீட்டா) மற்றும் DNA பாலிமெரேஸ் ε (எப்சிலான்) என மூன்று வகையான நொதிகள் தேவைப்படுகின்றன. இவற்றுள்

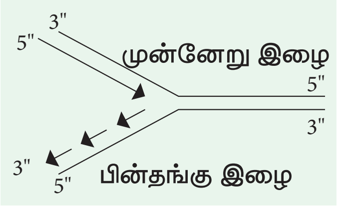
DNA Pol α – பாலிமெரேஸ் RNA பிரைமர் உருவாக்கத்திற்கும்

DNA Pol δ – பாலிமெரேஸ் RNA இரட்டிப்பிற்கான முதன்மை நொதியாகச் செல் உட்கருவில் காணப்படுகிறது

DNA Pol ε – பாலிமெரேஸ் இரட்டிப்புக் கவட்டை விரிவடைய உதவும் நொதியாகவும் செயல்படுகின்றன.

DNA பாலிமெரேஸ் (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 ஒகாசாகி** என்பவரும் அவரது சகாக்களும், புதிதாகத் தோன்றும் இரு இழைகளில் ஒன்று, சிறு துண்டங்களாக உருவாகிறது எனக் கண்டறிந்தனர். இந்தத் தொடர்பற்ற துண்டங்கள் ஒகாசாகி துண்டங்கள் (Okasaki fragments) எனப்படுகின்றன. லைகேஸ் என்ற நொதி தொடர்பற்ற துண்டங்களை ஒட்டுவதற்குப் பயன்படுகின்றன. இவ்வாறு ஒகாசாகி



TN_GOVT_BOTANY_XII_TM_PAGES_055-088 CH 03.indd 73 4/14/2020 4:22:26 PM

துண்டங்கள் பிணையுற்று உருவாகும் இழை பின்தங்கு இழை எனப்படுகிறது.

இது உருவாக்கப்படும் திசை இரட்டிப்புக் கவட்டை முன்னேறி நகரும் திசைக்கு எதிராக அமைந்துள்ளது. மாறாகத் தொடர்ச்சியான இழையாக உருவாகும் முன்னேறு இழை,உருவாக்கப்படும் திசை, இரட்டிப்புக் கவட்டை முன்னேறி நகரும் திசைக்கு ஒப்பானதாக உள்ளது. லைகேஸ் நொதியால் இரு **ஒகாசாகி துண்டங்கள்** பிணைக்கப்படுவது, ஒரு துண்டத்தின் 3' முனையில் உள்ள OH தொகுப்பிற்கும், மற்றொன்றின் 5' தொகுப்பில் உள்ள பாஸ்ஃபேட் 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 கட்டுபாடற்ற 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 இயக்கமுறை எது?

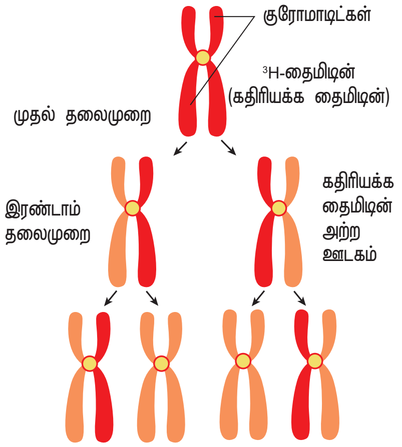
செல்பகுப்பின்போது குரோமோசோம் இரட்டிப்படைந்ததும் அதன் முனைகளில் துரித இரட்டிப்பு நிகழ்கிறது. இதற்கு டீலோமெரேஸ் (telomerase) என்ற நொதி உதவுகிறது. ஒரு சிறிய RNA மூலக்கூறை வார்ப்பாகக் கொண்டு அதாவது பிரைமராகக் கொண்டு, ஒரே வகை நியூக்ளியோடைட்களால் ஆன தொடர்வரிசைகளை இந்நொதி உருவாக்கி டீலோமியர் தோன்றச் செய்கிறது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

DNA இரட்டிப்பு சார் ஆற்றலியல் (The Energetics of DNA Replication)

DNA உற்பத்திக்கான ஆற்றலை டி ஆக் ஸி ரி போ நி யூ க் ளி யோ டை ட் க ளா ன டிஆக்ஸிஅடினோசைன்டிரைபாஸ்ஃபேட் (dATP), டிஆக்ஸிகுவானைசன்டிரைபாஸ்ஃபேட் (dGTP), டிஆக்ஸிசைடோசின்டிரைபாஸ்ஃபேட் (dCTP) மற்றும் டிஆக்ஸிதைமிடின்டிரைபாஃபேட் (dTTP) ஆகியவை கொடுத்து உதவுகின்றன. எனவே இந்த நியூக்ளியோடைட்கள் DNA ஆக்கத்திற்குத் தேவையான தளப்பொருட்களாக விளங்குவதுடன் அதன் பல அலகுகளை உருவாக்கும் செயலுக்குத் தேவையான ஆற்றலையும் தந்து உதவுகின்றன.

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

J.ஹெர்பர்ட் டெய்லர், பிலிப் உட்ஸ் மற்றும் வாலட்ர் ஹீயூஜஸ் ஆகியோர் பாதி பழமை பேணும் DNA பெருகத்தை விசியா ஃபேபா தாவர வேரில் விளக்கியுள்ளனர். DNAவின் கதிரியக்க முன்னோடியான 3H தைமிடின் கொண்டு DNAவைக் குறியிட்டு அதற்குப் பின் ஆட்டோரேடியோகிராபி மேற்கொள்ளப்பட்டது. கதிரியக்கக் குறியிட்டுத் தையமிடினைக் கொண்ட வளரூடகத்தில் வேர் நுனிகளை வளர்த்து அச்செல்களிலுள்ள DNAவில் கதிரியக்கத்தன்மை பெறச் செய்யப்பட்டது. புகைப்படத்தில் இக்குறியிடப்பட்ட குரோமோசோம்களின் வெளிப்பரப்பு கருப்புப் புள்ளிகளில் வெள்ளி துகள்கள் சிதறடிக்கப்பட்டதைப் போன்று காணப்பட்டது.



படம் 3.17: ***விசியா ஃபேபா*வில் டெய்லரின் ஆய்வு**

TN_GOVT_BOTANY_XII_TM_PAGES_055-088 CH 03.indd 74 4/14/2020 4:22:27 PM

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

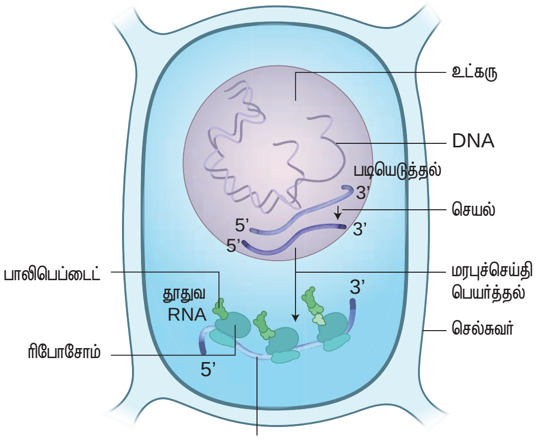
1. கதிரியக்கத்திற்கு உட்படுத்தபட்ட **முதல் தலைமுறை குரோமோசோம்களில் கதிரியக்கமானது இரு குரோமாடிட்களிலும்** காணப்பட்டது. ஏனெனில் பெற்றோர் DNA ஈரிழையில் இக்கதிரியக்கம் குறியிடப்பட்டுள்ளது. ஆனால் சேய் DNA இழையில் கதிரியக்கக் குறியீடுகள் காணப்படுவதில்லை.
2. **இரண்டாம் தலைமுறை குரோமோசோமின் இரு குரோமாடிட்களில்** ஒன்றில் மட்டும் தான் கதிரியக்கக் குறியீடு காணப்பட்டது.

இம்முடிவுகள் பாதி பழமைபேணும் முறையில் DNA இரட்டித்தலை நிரூபிக்கிறது.

3.7 தாவரங்களில் புரதச்சேர்க்கை (Protein Synthesis in Plants)

புரதச்சேர்க்கை செயல் மரபணு படியெடுத்தல் மற்றும் தகவல்பெயர்வு (translation) என்ற இரு நிலைகளில் நடைபெறுகிறது.

தாவர செல்



படம் 3.18: தாவரங்களில் புரதச்சேர்க்கை

3.7.1 மரபணு படியெடுத்தல் (Transcription)

இந்த நிகழ்வின்போது DNA–வின் ஓர் இழை வார்ப்பாகச் செயல்பட்டு அதிலுள்ள கார வரிசைகளுக்கு ஒத்திசைந்த வரிசையைப் பெற்ற mRNA அச்சாக உருவாக்கப்படுகிறது. இந்த நிகழ்வை RNA பாலிமரேஸ் என்ற நொதி ஊக்குவிக்கின்றது.

படியெடுத்தல் செயலும் படியெடுக்கப்பட்ட RNA–வின் வடிவமைப்புச் செயலும் **உட்கருவில்** நிகழ்கின்றன. ஆனால் mRNAவில் உள்ள செய்தியின் (கார வரிசை) **மரபுத் தகவல் பெயர்வு** நிகழ்ச்சி மூலம் **சைட்டோபிளாசத்தில்** காணப்படும் ரிபோசோம்களில் நிகழ்கிறது. மெய்யுட்கரு பெற்ற உயிரிகளில் (Eukaryotes) உருவாக்கம் mRNA–க்கள் ஒற்றைப் புரத உற்பத்திக்கான மரபுச் செய்திகளைப் பெற்று **மானோசிஸ்ட்ரோனிக்** (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)

DNAயின் 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.

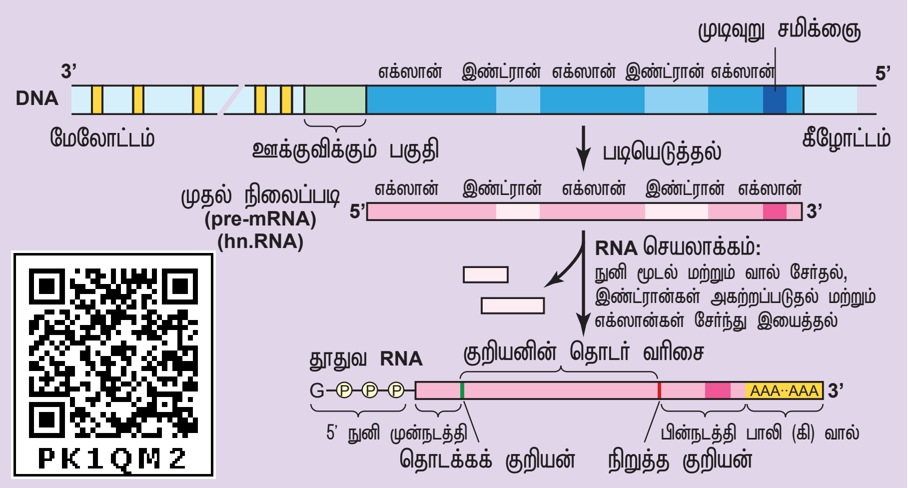
படியெடுத்தல் நிகழ்விற்கு DNAயில் அமைந்த ஒரு குறிப்பிட்ட கார வரிசை **முன்னியக்கியாக** (promoter) தேவைப்படுகிறது. இது TATA என்று அமைந்த கார வரிசையாகும். எனவே இப்பகுதி **TATA பேழை** என அழைக்கப்படுகிறது. இந்த இலக்கிலிருந்து மட்டுமே mRNA படியெடுத்தல் நிகழ முடியும்.

இதே போல் DNAயில் எந்த இலக்கில் mRNA பாலிமரேஸ் நொதி படியெடுத்தல் நிகழ்வை நிறுத்திக் கொள்ள வேண்டும் என்பதை உணர்த்த உதவும் கார வரிசை ஒன்றும் உள்ளது. DNAயின் இந்த இலக்கு **முடிவுநிலை தொடர் வரிசை** (Termination sequences) என அழைக்கப்படுகிறது.

மெய்யுட்கரு பெற்ற உயிரிகளின் அமைப்பு மரபணு ஒன்று தனது நுண்ணியக்கியில் மூன்று பகுதிகளைப் பெற்றுள்ளது.

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

இவற்றுள் படியெடுத்தல் தொடக்க இலக்கு 25 கார வரிசை 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.



படம் 3.19: படியெடுத்தல்

வேறு சில படியெடுத்தல் காரணிகள் ஒழுங்குப்படுத்தும் கூறுகளுடன் இணைந்து பின்னர்ப் படியெடுத்தல் நிகழ்வைத் துரிதப்படுகிறது.

படியெடுத்தல் நிகழ்வு தொடங்க ஒழுங்குபடுத்தும் கூறுகள் உதவியால் RNA பாலிமரேஸ் மைய முன்னியக்கியை அடையாளம் காணுகிறது. இந்த ஒழுங்குப்படுத்தும் 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 பாலிமரேஸ் II** உடன் **வழிநடத்தி** (mediator) ஒன்றும் தேவைப்படுகிறது. இது தூண்டும் தொடர் வரிசை மற்றும் அமைதிபடுத்தும் தொடர் வரிசைகளுடன் RNA பாலிமரேஸ் II–வை பொருத்த உதவுகிறது.

RNA பாலிமரேஸ் DNA–வுடன் நேரடியாகப் பிணைந்து கொள்வதில்லை. மாறாகப் படியெடுத்தல் காரணிகளை அரிய உதவும் முன்னியக்கியுடன் முதலில் இணைந்து பின்னர்ப் படியெடுத்தல் செயலை நிகழ்த்துகிறது. இதில் முன்னியக்கியானது DNA–விலுள்ள புரதத்திற்கான குறியீடு இலக்குகளைக் கண்டறிய உதவுகிறது.

முன்னியக்கியுடன் இணைந்து RNA பாலிமரேஸை வழிநடத்தப் படியெடுத்தல் காரணி முக்கியம் பங்காற்றுகிறது. இதன் பின்னர் mRNA–விற்கான நியூக்ளியோடைட்கள் 5' → 3' திசையில் வரிசைப்படுத்தபட்டு RNA–யின் வளர் இழை உருவாக்கப்படுகிறது.

மெய்யுட்கரு உயிரிகள் மூன்று வகையான RNA பாலிமரேஸ் காணப்படுகிறது. இவை முறையே I, II மற்றும் III எனப் பெயரிடப்பட்டுள்ளன.

நொதி	உற்பத்தி
RNA பாலிமரேஸ் I	ரிபோசோமின் பெரிய வகை RNAக்கள் (5S rRNA–வைத் தவிர)
RNA பாலிமரேஸ் II	mRNA–க்களின் முன்னோடிகள் (இவை hnRNAக்கள் எனப்படுகின்றன)
RNA பாலிமரேஸ் III	tRNA–க்கள், ரிபோசோமின் 5S RNA, உட்கருவின் சிறிய வகை snRNA–க்கள் (இவை snRNAக்கள் 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 பாலிமரேஸ் II உதவுகிறது. **மாற்றுயிரி உட்கருசார் RNA** (heterogenous nuclear RNA) அல்லது hnRNA எனப்படும் முன்னோடி RNA சைட்டோபிளாசத்தை வந்து அடைவதற்கு முன்பு உட்கருவில் பதப்படுத்தபடுகிறது.

TN_GOVT_BOTANY_XII_TM_PAGES_055-088 CH 03.indd 76 4/14/2020 4:22:28 PM

நுனி மூடல் (Capping)

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

> உங்களுக்குத் தெரியுமா?
>
> **உள் மெத்திலாக்கம்**
>
> நுனிமூடலைத் தவிர்த்து mRNAவில் காணப்படும் உள் நியூக்ளியோடைட்களுடன் மெத்தில் தொகுதி இணைகிறது. மரபுச்செய்திப் பெயர்வு, மரபுச்செய்திப் பெயர்வு அல்லாத பகுதிகள், இண்ட்ரான்கள் மற்றும் எக்சான்கள் ஆகியவற்றில் உள் மெத்திலாக்க இலக்குகள் காணப்படுகின்றன.

நுனி மூடலின் தேவை

1. RNA சிதைவைத் தடுக்க உதவுதல்
2. mRNA–யில் முன் அமைந்த முதல் இண்ட்ரான் நீக்க
3. mRNAவை உட்கருவிலிருந்து சைட்டோபிளாசத்திற்கு கடத்துவதை ஒழுங்குபடுத்த
4. ரிபோசோமுடன் mRNA–வை பிணைக்க

வால் உருவாக்கம் (Tailing / Polyadenylation)

hnRNA (முன்னோடி mRNA)வின் 3' முனையில் எண்டோநியூக்ளியேஸ் நொதியைக் கொண்டு பிளந்து அவ்விலக்கில் அடினைன் நியூக்ளியோடைட்கள் பலவற்றை (Poly A) இணைப்பதற்கு **வால் உருவாக்கம்** அல்லது பாலிஅடினைலேஷன் என்று பெயர்.

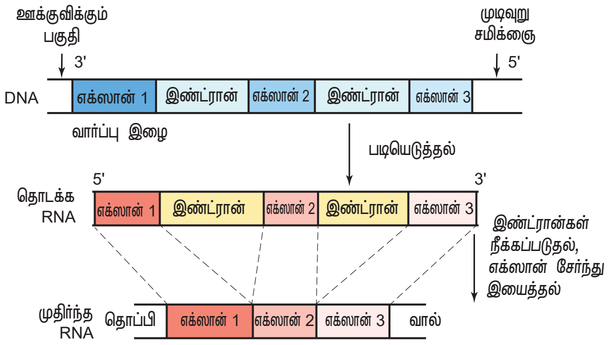
வால் உருவாக்கத்தின் தேவை

1. hnRNA படியினைத் தகவல் பெயர்வு செய்வதற்கு உதவுதல்
2. பாலிபெப்டைட்களை தோற்றுவிப்பதற்கு உதவுதல்
3. சைட்டோபிளாசத்தில் 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 A 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 குறியன்களைப் பெற்ற துண்டங்களாகும். இவற்றிற்கிடையே அமைந்துள்ள இண்ட்ரான்கள் அமினோஅமிலங்களின் தொடர்வரிசைக்கான குறியன்கள் எதையும் பெற்றிருப்பதில்லை. எனவே இவை உருக்கொடுக்கும் புரதங்கள், பாலிபெப்டைட்கள், நொதிகள் போன்ற எவற்றையும் உருவாக்க உதவுவதில்லை. இந்த எக்ஸான்களும் இண்ட்ரான்களும் தற்போது **பிளவுபட்ட மரபணுக்கள்** என அழைக்கப்படுகின்றன.

3.7.2 தாவரங்களில் RNA இயைத்தல் (RNA Splicing in Plants)

படியெடுக்கப்பட்ட mRNA–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.



படம் 3.20: தாவரங்களில் RNA இயைத்தல்

ரிபோஸைம் (Ribozymes) என்ற நொதியின் உதவியோடு, இயைத்தலுறுப்பு, இண்ட்ரான்களை அகற்றுகிறது. அதன் பின்னர்ப் 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 சைட்டோபிளாஸத்திற்குக் கடத்தப்படுவது ஆற்றல் சார்ந்த ஒரு செயலாகும்.

3.7.3 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 ஒன்றிற்குறிய குறியீடாகக் கருதப்படுகிறது. இதற்கு முக்குறியீடு (Triplet code) என்று பெயர். படியெடுத்தலுக்குப்பின் mRNA–யில் இது குறியன் (Codon) என அழைக்கப்படுகிறது. mRNA–யில் உள்ள குறியன்கள் $5' \rightarrow 3'$ 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 அமினோஅமிலத்தையும் 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, ஒபல் எனப்படும் UGA ஆகிய குறியன்கள் எந்தவித அமினோஅமிலத்தையும் 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 ஒத்ததாக உள்ளது. mRNA–யில் உள்ள குறியன்கள் tRNA–வின் எதிர் குறியன்களால் tRNA –யின் $3' \rightarrow 5'$ திசையில் இனமறியப்படுகின்றன.

மரபுத் தகவல் பெயர்வின் செயலாக்கம்

இது கீழ்க்கண்ட முதன்மையான படிகளில் நிகழ்கிறது.

1. துவக்கமடைதல் (Initiation)

தூதுவ RNA எனப்படும் mRNA–யின் AUG என்ற குறியன் மரபுத் தகவல் பெயர்வைத் தொடக்கி வைக்கும் குறியன்களாகும். பெரு மூலக்கூறுகள் அடங்கிய ரிபோசோம் என்ற சைட்டோபிளாஸ நுண்உள்ளுருப்பில் 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. ரிபோசோம்RNA 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 மற்றொன்று A–இலக்கு என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன.

i. P–இலக்கு – பெப்டிடைல் tRNAவை பிணைக்கும் இலக்கு இதுவாகும். இவ்விலக்கில் உள்ள tRNA, வளரும் பெப்டைடு சங்கிலியின் அடிநுனியுடன் இணைந்துள்ளது.

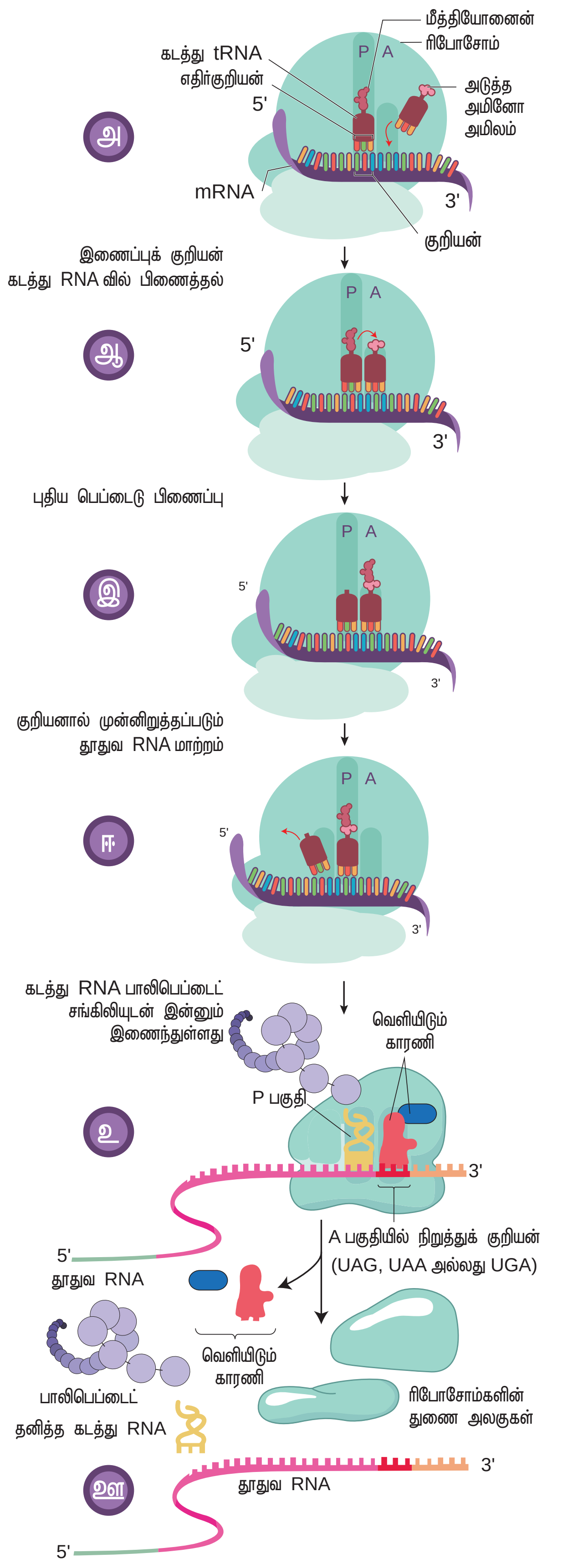
ii. A–இலக்கு – அமினோ அசைல் tRNA பிணைக்கும் இலக்கு இதுவாகும். இவ்விலக்கில் உள்ள tRNA, உள் கொண்டு வரப்படும் அமினோ அமிலங்களான அமினோஅஸில் பிணைப்பின் மூலம் தாங்கி வருகிறது. இந்த இலக்குகளில் tRNAவின் எதிர்குறியன்கள் mRNAவின் குறியன்களுடன் இணைந்து கொள்கிறது.

2. பாலிபெப்டைட் சங்கிலி நீட்சியடைதல் (Elongation of polypetide chain)

ரிபோசோமின் P மற்றும் A இலக்குகள் அருகருகே உள்ளதால் அங்கு அமையும் tRNA–களை, mRNA யின் அருகமைந்த இணை ஒத்த குறியன்களுடன் கார இணை சேர ஏதுவாகிறது. mRNA–வின் நியூக்ளியோடைட் தொடர்வரிசைக்கு ஏற்பக் குறியன்களும் எதிர்குறியன்களும் 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.

TN_GOVT_BOTANY_XII_TM_PAGES_055-088 CH 03.indd 78 4/14/2020 4:22:28 PM



படம் 3.21: மரபுத்தகவல் பெயர்வு

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 குறியனான AUG மரபுத் தகவல் பெயர்வைத் தொடக்கி வைக்கிறது. இது மெத்தியோனின் அமினோ அமிலத்திற்குறிய குறியனாகும். இதற்கு இணை ஒத்த எதிர் குறியனைப் பெற்ற tRNA இந்த அமினோ அமிலத்தைத் தாங்கி வந்து ரிபோசோமின் P–இலக்கில் அமர்கிறது.

அலனின் அமினோ அமிலத்திற்கான எதிர்குறியனைத் தாங்கிய இரண்டாவது tRNA மூலக்கூறு, ரிபோசோமின் A–இலக்கில் பிணைந்து அங்கு அமைந்துள்ள mRNA–யின் இணை ஒத்த குறியனுடன் இணைசேரும்போது **மெத்தியோனின்** 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 அதற்குறிய மூன்றாவது அமினோ அமிலமான **சீரைனுடன்** A–இலக்கில் வந்தடைகிறது. பின்னர் அலனின் மற்றும் சீரைனுக்குமிடையே பெப்டைடு இணைவு ஏற்படுகிறது.

இதனை அடுத்து ரிபோசோம், mRNA யின் மூன்றுகார 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 **ரிபோஸைம் – பெப்டைடில் டிரான்ஃபெரேஸ்** என்ற நொதி உதவுகிறது. ரிபோசோம், mRNA–வின் 5' → 3' திசையில் மூன்று காரவரிசை தூரம் படிப்படியாக நகரும்போது அமினோ அமிலங்கள் ஒன்றன்பின்

TN_GOVT_BOTANY_XII_TM_PAGES_055-088 CH 03.indd 79 4/14/2020 4:22:28 PM

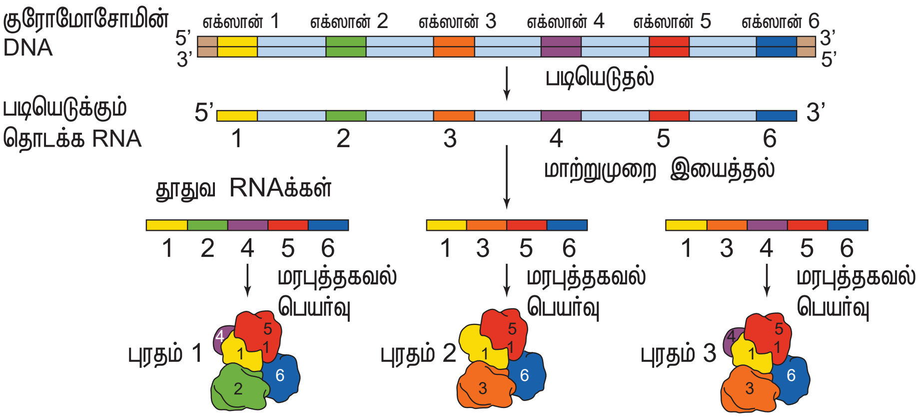
ஒன்றாக, mRNAயின் வழிகாட்டலின்படி, பெப்டைட் இணைவின் மூலம் பிணையுற்று பாலிபெப்டைடாக இடப்பெயர்வடைகிறது. மரபு தகவல் பெயர்வு ஒரு ஆற்றல்சார் தேவை செயலாக்கம். துரிதமாகப் புரதச்சேர்க்கை நிகழும்போது ஒரு mRNA–யில் பல ரிபோசோம்கள் இணைவுற்று கணக்கற்ற பாலிபெப்டைடுகள் உருவாகின்றன. இவ்வாறு பல ரிபோசோம்கள் ஒரு mRNA–யுடன் இணைவு பெற்ற நிலைக்குப் **பாலிசோம்கள் அல்லது பாலிரிபோசோம்கள்** என்று பெயர்.

3. பாலிபெப்டைட் உற்பத்தி முடிவடைதல் (Termination of polypeptide synthesis)

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

3.7.4 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 தெரிவுசெய்து இயைத்தல் நிகழ்த்தப்படும்போது, பல்வேறு வகைகளில் இயைத்தல் செய்யப்பட்ட mRNA–கள் உண்டாகின்றன. இந்நிகழ்விற்கு **மாற்றுமுறை RNA இயைத்தல்** என்று பெயர். இவ்வாறு உருவான பல்வேறுவகை mRNAகளிலிருந்து வேறுபட்ட புரதமூலக்கூறுகள் தோன்றுதலுக்கு **ஒத்த உரு புரதங்கள்** 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. அனைத்து இண்ட்ரான்களும் ஒட்டுமொத்தமாக அகற்றப்படாமல், தனித்தனித் தொகுப்பாக நீக்கப்படும்போது சில சமயம் ஒரு எக்ஸானும் நீக்கப்படுவதால் இது நிகழ்கிறது.



படம் 3.22 : தாவரங்களில் மாற்றுமுறை RNA இயைத்தல்

மாற்று முறை இயைத்தலின் முக்கியத்துவம்

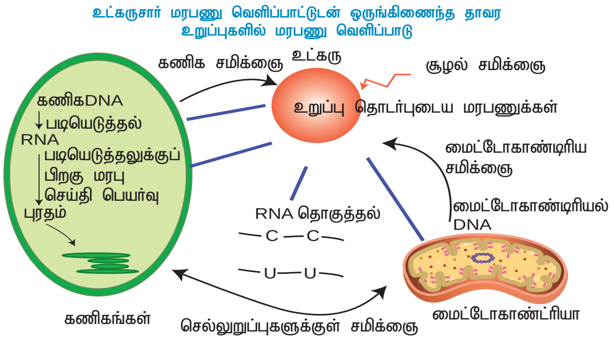
1. மாற்றுமுறை இயைத்தலினால் உருவாகும் பலவகைப்பட்ட mRNA களினால், பல்வேறு வகையில் அமினோ அமில வரிசைகளைப் பெற்றும் மேலும் செயல்பாட்டில் வேறுபட்ட புரதங்கள் உருவாகின்றன.
2. ஒரு மரபணுவிலிருந்து ஒத்த உரு பெற்ற பல்வேறு புரதங்கள் தோன்றுகின்றன.
3. ஒரு மரபணுவிலிருந்து பல mRNA படிகள் தோன்றுகின்றன. மரபணு ஒன்றின் விளைபொருட்களின் எண்ணிக்கை அதிகமாகிறது.
4. சூழல் நிர்ப்பந்தங்களைச் சமாளித்து அதற்கேற்ற தக அமைவுகளைப் பெற இது உதவுகிறது. அதாவது சூழலுக்கேற்ற பண்பைத் தேர்வு செய்ய இது உதவுகிறது.

3.7.5 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 அமினோ அமில தொடர்வரிசையில் மாற்றங்களை உண்டாக்குவதே இந்நிகழ்வாகும். முடிவாக உருவாகும் RNA–யில் அமினோ அமிலங்களைக் குறியீடு செய்யும் தொடர்வரிசை

TN_GOVT_BOTANY_XII_TM_PAGES_055-088 CH 03.indd 80 4/14/2020 4:22:28 PM

மாற்றப்படுவதால் தேவையான புரதத்தைப் பெறமுடிகிறது. பசுங்கணிகத்தின் மரபணுத்தொகையத்தில் குறியீடு செய்யப்பட்டு மரபுச் செய்தி, mRNA படியெடுத்தலுக்குப் பின் மாற்றியமைக்கப்படுதல் ஒரு குறிப்பிட்ட இலக்கில் மட்டுமே நிகழ்வது குறிப்பிடத்தக்கது. இந்த இலக்கு C → U இலக்காகும். அதாவது சைட்டோசின் காரத்திற்குப் பதிலாக யுராசில் காரம் அமைவதாகும்.



படம் 3.23: RNA – திருத்தப்படுதல் – தாவரங்களில் படியெடுதல் நிகழ்விற்குப் பின் நிகழும் RNA வரிசையை

இதே போன்ற திருத்தம் மைட்டோகாண்ட்ரியத்தில் நிகழ்வதும் கண்டறியப்பட்டுள்ளது. இவை இரண்டிலும் நிகழும் திருத்தம் பிரமிடின் இடமாற்றம் என அழைக்கப்படுகிறது. அதாவது ஒரு பிரமிடினுக்குப் பதிலாக மற்றொன்று மாற்றீடு செய்யப்படுதலாகும். இருவகையான RNA திருத்தியமைதல் அறியப்பட்டுள்ளது. (1) **பதிலீடு திருத்தம்:** மைட்டோகாண்ட்ரியங்கள், பசுங்கனிகங்களில் காணப்படும் பிரமிடின் இடமாற்றம் இதற்கு எடுத்துக்காட்டாகும். (2) **செருகல் அல்லது நீக்கல் திருத்தம்:** இங்குப் புதியதாக ஒரு நியூக்ளியோடைட் இடையே செருகப்படுகிறது அல்லது முன்பிருந்த ஒரு நியூக்ளியோடைட் நீக்கப்படுகிறது.

RNA திருத்தப்படுதலின் முக்கியத்துவம்

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

3.7.6 தாவும் மரபணுக்கள் (Jumping genes)

படம் 3.24: பார்பரா மெக்ளின்டாக்

தாவும் மரபணுக்களுக்களைப் பற்றி கேள்விப்பட்டிருக்கிறீர்களா?

'இடமாற்றமடையும் மரபணுசார்கூறு' எனவும் இது அழைக்கப்படுகிறது. மரபணு தொகையத்தில், ஒரிடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்கு இடம்பெயரும் DNA தொடர் வரிசைகள் இவ்வாறு அழைக்கப்படுகின்றன. இதனை 1948–ஆம் ஆண்டு பார்பரா மெக்ளின்டாக் என்ற அமெரிக்க மரபியலாலர், மக்காச்சோளத் தாவரத்தில் கண்டறிந்து 'இடம்பெயரும் கட்டுப்படுத்திக் கூறுகள்' எனப்

ஆண்டு	Editing வகை	தாவரச் செல்லின் உள்ளுறுப்பு	இலக்கு	முடிவு
1989	C → U	தாவர மைட்டோகாண்டிரியா	mRNA	அமினோ அமிலங்களைப் பாதுக்காத்தல், கோடான்களில் ஏற்படும் பல வேறுபாடுகள்
1990	U → C	தாவர மைட்டோகாண்டிரியா	mRNA	முதல் மேற்கோள் editing (U → C)
1991	C → U	தாவரப் பசுங்கணிகம்	mRNA	பசுங்கணிகத்தின் முதல் மேற்கோள்

அட்டவணை 9: RNA திருத்தப்படுதலின் வகைகள்

TN_GOVT_BOTANY_XII_TM_PAGES_055-088 CH 03.indd 81 4/14/2020 4:22:29 PM

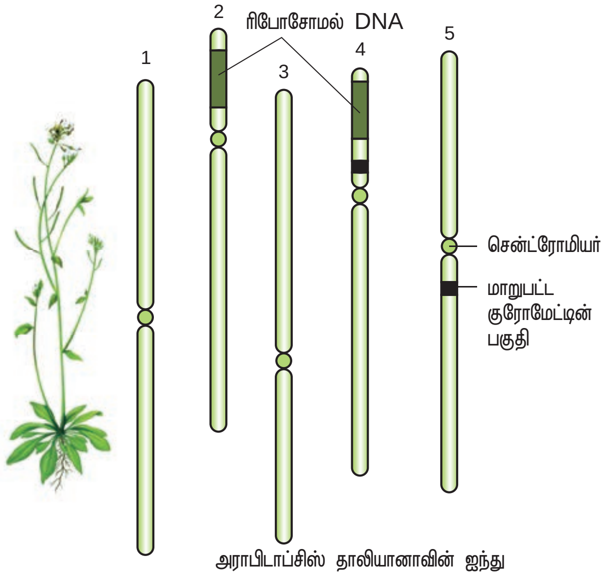
பெயரிட்டார். 20–ஆம் நூற்றாண்டின் மரபணு உருஅமைப்பிற்கான ஆய்வுகளில் பெரியதொரு மாற்றத்தினை இவரின் கண்டுபிடிப்பு ஏற்படுத்தியதால், 1983–ஆம் ஆண்டிற்கான நோபல் பரிசு இப்பெண்மணிக்கு வழங்கப்பட்டது. பார்பரா மெக்ளின்டாக் சோள விதையுறைகளில் தனித்த அல்யூரான் செல்களை ஆய்வு செய்தபோது வாக்யூலார் ஆந்தோசயனின் உற்பத்தியால் வேறுபட்ட வண்ணங்கொண்ட நீலம், பழுப்பு மற்றும் சிவப்பு புள்ளிகளுடன் நிலையற்ற பாரம்பரியமாதலைக் கண்டறிந்தார்.

சோளத்தாவரத்தின் மரபணுதொகையத்தில் Ac/Ds என்ற தாவும் மரபணுக்கள் காணப்படுகின்றன. இவற்றுள் Ac செயலூக்கியாகவும், Ds தொடர்பறுக்கும் காரணியாகவும் உள்ளன. இவை இரண்டில் Ac தனித்துவமானது. உடலச் செல்களில் இது Dsவுடன் சேர்ந்துள்ள நிலையில், சோள விதையின் வண்ணத்திற்கான ஓங்கு 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 ஆய்வாலரான அலெக்ஸாண்டர் பிரிங் என்பவர் இடமாற்றக் கூறுகள் (Transposable elements) எனப் பெயரிட்டார். மரபணுத்தொகையங்கள் நிலைத்தன்மையுடயவை 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 உயிரினத்தின் 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 மரபணுத்தொகையங்களைப் பெற்றுள்ளன. (1) உட்கரு மரபணு தொகையம் (2) மைட்டோகண்ட்ரிய மரபணுத்தொகையம் (3) பசுங்கணிக மரபணு தொகையம் தாவரங்களில் மட்டும் காணப்படுகிறது.



அராபிடாப்சிஸ் தாலியானாவின் ஐந்து குரோமோசோம்கள் (ரிபோசோம் RNA, குறியனில் குரோமோசோமின் 2 மற்றும் 4ம் பகுதி)

படம் 3.25: அராபிடாப்சிஸ் தாலியானா

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 தொடர்வரிசைபடுத்தப்பட்ட முதல் பூக்கும் தாவரமாகிய இது கடுகு குடும்பத்தைச் சேர்ந்தது.
3. ரிபோசோம் DNA வில் காணப்படும் உட்கருமணி அமைப்பான்களின் இரு பகுதியும் ரிபோசோமல் RNAவைக் குறிக்கிறது. இது 2 மற்றும் 4–வது குரோமோசோம்களின் விளிம்பில் காணப்படுகிறது.
4. குறைந்த அளவு மரபணுத்தொகையம் பெற்ற அதாவது 10 குரோமோசோம்களை இருமடியமாகப் 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 புரதங்களுக்குறிய குறியீடு

TN_GOVT_BOTANY_XII_TM_PAGES_055-088 CH 03.indd 82 4/14/2020 4:22:29 PM

பெற்றதாக இருப்பது குறிப்பிடத்தக்கது.

5. ஆய்வகங்களில் எளிதில் வளரக்கூடிய இத்தாவரம் மிகச் சிறியதாகவும், தற் கருவுறும் தாவரமாகவும், ஓராண்டு வாழும் நீள் நாள் தாவரமாகவும், அதிக விதைகளை உருவாக்கும் குறுகிய வாழ்க்கைச்சுழல் 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 வாழ்க்கைச்சுழலை முடிக்கிறது என்பதை 1982–ஆம் ஆண்டில் செய்யப்பட்ட சோதனைகளே நிரூபித்துள்ளன. மனிதனுடன் கூட்டாளியாக இத்தாவரத்தை அனுப்பி விண்வெளி ஆய்வு செய்ய முடியும் என்பதை இது காட்டுகிறது.

பாடச் சுருக்கம்

மெண்டலிய காரணிகள் (மரபணுக்கள்) குரோமோசோமில் ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தைப் பெற்றிருப்பதோடு ஒரு தலைமுறையிலிருந்து மற்றொரு தலைமுறைக்குப் பண்புகள் கடத்தப்படுகிறது என்பதைக் குரோமோசோம் அடிப்படையிலான பாரம்பரியக் கோட்பாடு கூறுகிறது. ஒரே குரோமோசோமில் காணப்படும் அருகமைந்த மரபணுக்கள் ஒன்றாகவே பாரம்பரியமாவது பிணைப்புற்ற மரபணுக்கள் எனப்படுகிறது. இந்த ஒருங்கமைந்த தன்மைக்குப் பிணைப்பு என்று அழைக்கப்படும். இருவகையான பிணைப்புகள் உள்ளது. அவை முழுமையான பிணைப்பு மற்றும் முழுமையற்ற பிணைப்பு என்பனவாகும். ஒரு குரோமோசோமில் நீள் வரிசையில் அமைந்துள்ள பிணைப்புற்ற மரபணுக்களின் தொகுப்பிற்குப் பிணைப்புத் தொகுதிகள் என்று அழைக்கப்படுகிறது. ஒத்திசைவு குரோமோசோம் இணைகளின் சகோதரி அல்லாத குரோமாட்டிட்களுக்கிடையே இணையான துண்டங்கள் பரிமாற்றப்பட்டுப் புதிய மரபணுச் சேர்க்கை தோன்றும் உயிரிய நிகழ்விற்குக் குறுக்கேற்றம் என்று பெயர். இந்நிகழ்வில் DNAவின் துண்டங்கள் உடைந்து மறுகூட்டிணைவு கொண்ட புதிய அல்லீல்கள் சேர்க்கை உருவாகின்றன. இந்தச் செயல்முறை மறுகூட்டிணைவு என்று அழைக்கப்படுகிறது. மரபணுக்களின் அமைவிடம் மற்றும் அருகருகே உள்ள மரபணுக்களுக்கு இடையேயுள்ள தொலைவு ஆகியவற்றை வெளிப்படுத்தும் வரைபடமே மரபணு வரைபடம் எனப்படுகிறது. ஒரு இணை ஒத்திசைவு குரோமோசோம்களில் ஒரு மரபணுவின் மூன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட அல்லீல்கள் ஒரே அமைவிடத்தில் அமைந்திருப்பது பல்கூட்டு அல்லீல்கள் என அழைக்கப்படுகிறது. அவை m, M1 மற்றும் M2. தனித்த மரபணுவுக்குள் ஏற்படும் சடுதிமாற்ற நிகழ்வு மரபணு சடுதிமாற்றம் அல்லது புள்ளி சடுதிமாற்றம் என அழைக்கப்படும். அதே போல், குரோமோசோம்களின் அமைப்பு மற்றும் எண்ணிக்கையில் மாற்றம் ஏற்படின் அவை குரோமோசோம் சடுதிமாற்றம் எனப்படும். சடுதிமாற்றத்திற்கு காரணமான ஊக்கிகளைச் சடுதிமாற்றிகள் என அழைக்கப்படுகிறது.

DNA வளர்சிதை மாற்றம் என்பது அதன் இரட்டிப்பு, பழுது நீக்கம் மற்றும் மறுசேர்க்கையடைதல் ஆகிய மூன்றையும் குறிக்கிறது. மெய்யுட்கரு உயிர்களின் புரதச் சேர்க்கை தனித்துவம் பெற்றது. ஏனெனில் இச்செயிலின் போது, படியெடுக்கப்படும் mRNA–வில் தொப்பியிடல், வால் இணைத்தல் மற்றும் இயைத்தல் என்ற நிகழ்வுகள் ஏற்படுகின்றன.

புரதச்சேர்க்கையின் இரு முதன்மைச் செயல்களில் படியெடுத்தல் செயல் உட்கருவினுள்ளும், மரபுத்தகவல் பெயர்வு சைட்டோபிளாசத்திலும் நிகழ்கின்றன. AUG மெத்தியோனைக் குறிக்கிறது. மேலும் யூகேரியோட்களில் மோனோசிஸ்டானிக்கைக் புரதச்சேர்க்கை நடைபெறுகிறது. மாற்று முறை RNA இயைத்தல் நிகழ்வு, தாவரங்களில் சுற்றுச்சூழலினால் ஏற்படும் அழுத்தங்களைச் சமாளிக்க உதவுகிறது. தாவரங்களில் RNA திருத்தம் என்ற நிகழ்வு ப சு ங க ணி க ங க ளி லு ம் , மைட்டோகாண்ட்ரியங்களிலும் காணப்படுகிறது. இது பரிணாமத் தோற்ற வளர்ச்சியில் முக்கியப் பங்காற்றுகிறது. தாவும் மரபணுக்கள் என்ற கட்டுப்படுத்தும் கூறுகளின் கண்டுபிடிப்பு, மரபணு ஆக்கத்திற்கான ஆய்வில் முக்கிய திருப்பத்தை ஏற்படுத்தி, DNA நிலைத்தன்மை பெற்ற ஒன்று அல்ல, மாறாக நெகிழ்வுத் தன்மை பெற்ற ஒன்று என்பதை நிரூபித்தது. மரபணு தொகையம் முழுவதும் படித்தறியப்பட்ட பூக்கும் தாவரமாக உள்ள அராபிடாப்சிஸ் தாவரம், மரபியல் ஆய்விற்கு உகந்ததாக விளங்கி, தாவரம் ஒன்றின் புத்தாக்கம், வளர்சிதைமாற்ற நிகழ்வுகள் ஆகியவற்றை நன்கு படித்தறிய உதவுகிறது.

TN_GOVT_BOTANY_XII_TM_PAGES_055-088 CH 03.indd 83 4/14/2020 4:22:29 PM

மதிப்பீடு

AYKCTI

1. ஒரு அயல்அறுமடியம் கொண்டிருப்பது

அ) ஆறு வேறுபட்ட மரபணுத்தொகையம்

ஆ) மூன்று வேறுபட்ட மரபணுத்தொகையம் ஆறு நகல்கள்

இ) மூன்று வேறுபட்ட மரபணுத்தொகையத்தின் இரண்டு நகல்கள்

ஈ) ஒரு மரபணுத்தொகையத்தின் ஆறு நகல்கள்

2. பட்டியல் I ஐ பட்டியல் II உடன் பொருத்துக.

பட்டியல் I	பட்டியல் II
அ) இரு மடியத்துடன் ஒரு இணை குரோமோசோம்கள் அதிகமாகக் காணப்படுவது	i) மோனோசோமி
ஆ) இருமடியத்துடன் ஒரு குரோமோசோம் அதிகமாகக் காணப்படுவது	ii) டெட்ராசோமி
இ) இருமடியத்தில் ஒரு குரோமோசோம் குறைவாகக் காணப்படுதல்	iii) ட்ரைசோமி
ஈ) இருமடியத்திலிருந்து இரண்டு தனித்தனி குரோமோசோம் குறைவாகக் காணப்படுதல்	iv) இரட்டை மானோசோமி

அ) அ–i, ஆ–iii, இ–ii, ஈ–iv

ஆ) அ–ii, ஆ–iii, இ–iv, ஈ–i

இ) அ–ii, ஆ–iii, இ–i, ஈ–iv

ஈ) அ–iii, ஆ–ii, இ–i, ஈ–iv

3. பின்வரும் எந்தக் கூற்றுகள் சரியானவை?

1. முழுமையற்ற பிணைப்பினால் பெற்றோர் சேர்க்கை வழித்தோன்றல்கள் மட்டுமே வெளிப்படுத்துகின்றன.

2. முழுமையான பிணைப்பில் பிணைந்த மரபணுக்கள் குறுக்கேற்றத்தை வெளிப்படுத்துகின்றன.

3. முழுமையற்ற பிணைப்பில் இரண்டு பிணைந்த மரபணுக்கள் பிரிவடையலாம்.

4. முழுமையான பிணைப்பில் குறுக்கேற்றம் நடைபெறுவதில்லை.

அ) 1 மற்றும் 2　　ஆ) 2 மற்றும் 3

இ) 3 மற்றும் 4　　ஈ) 1 மற்றும் 4

4. மக்காச்சோளத்தில் முழுமையற்ற பிணைப்பின் காரணமாக, பெற்றோர் மற்றும் மறுகூட்டிணைவு வகைகளின் விகிதங்கள்

அ) 50: 50　　ஆ) 7 :1: 1:7

இ) 96.4: 3.6　　ஈ) 1 :7 :7 :1

5. புள்ளி சடுதிமாற்றத்தால் DNA வின் வரிசையில் ஏற்படும் ஒத்த பதிலீடு, ஒத்த பதிலீடு வேறுபட்ட பதிலீடு, வேறுபட்ட பதிலீடு முறையே

அ) A → T,　T → A, C → G மற்றும் G → C

ஆ) A → G,　C → T, C → G மற்றும் T → AW

இ) C → G,　A → G, T → A மற்றும் G → A

ஈ) G → C,　A → T, T → A மற்றும் C → G

6. ஒரு செல்லில் ஒருமடிய குரோமோசோமின் எண்ணிக்கை 18 எனில், இரட்டை மானோசோமி மற்றும் ட்ரைசோமி நிலையில் குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கை

அ) 35 மற்றும் 37　　ஆ) 34 மற்றும் 35

இ) 37 மற்றும் 35　　ஈ) 17 மற்றும் 19

7. மரபுக்குறியன் AGC யானது AGA வாக மாற்றமடையும் நிகழ்வு

அ) தவறுதலாகப் பொருள்படும் சடுதிமாற்றம்

ஆ) பொருளுணர்த்தாத சடுதிமாற்றம்

இ) கட்ட நகர்வு சடுதிமாற்றம்

ஈ) நீக்குதல் சடுதிமாற்றம்

8. **கூற்று:** காமா கதிர்கள் பொதுவாகக் கோதுமை வகைகளில் சடுதிமாற்றத்தைத் தூண்டப் பயன்படுகிறது.

காரணம்: ஏனெனில் அணுவிலிருந்து வரும் எலக்ரான்களை அயனியாக்க இயலாத குறைவான ஆற்றலை எடுத்துச் செல்கிறது.

அ) கூற்று சரி. காரணம் கூற்றுக்குச் சரியான விளக்கம்

ஆ) கூற்று சரி. காரணம் கூற்றுக்குச் சரியான விளக்கமல்ல

இ) கூற்று சரி. காரணம் கூற்றுக்குச் தவறான விளக்கம்

ஈ) கூற்று காரணம் இரண்டும் தவறு

9. கீழ்கண்ட எக்குறியன்களின் பயன்பாடுகள் அல்லது இணையான ஒரு குறிப்பிட்ட அமினோ அமில சமிஞ்கையை குறிக்கிறது?

அ) UUA, UCA – லியூசின்

ஆ) GUU, GCU – அலனைன்

இ) UAG, UGA – நிறுத்தம்

ஈ) AUG, ACG – தொடக்க / மெத்தியோனைன்

TN_GOVT_BOTANY_XII_TM_PAGES_055-088 CH 03.indd 84　4/14/2020 4:22:29 PM

10. படியெடுத்தலின் போது இண்ட்ரான்களை வெளியேற்றியும், எக்சான்களை பிணைக்கும் இச்செயலாக்கத்திற்கு

அ) இயைத்தல் ஆ) வளைவாக்குதல்

இ) தூண்டுதல் ஈ) நறுக்குதல்

11. DNA ஓரிழையில் உள்ள நைட்ரஜன் காரத் தொடர்வரிசை ATCTGயின் நிரப்பு RNA இழை தொடர்வரிசையின் காரங்கள் யாது?

அ) ATCGU ஆ) TTAGU

இ) UAGAC ஈ) AACTG

12. நியூக்ளியோபிளாசத்தில் காணபடும் RNA பாலிமரேஸ் IIIஐ நீக்குவதால் எதன் உற்பத்தி பாதிக்கிறது?

அ) rRNA ஆ) tRNA

இ) hnRNA ஈ) mRNA

13. DNAவின் ஓரிழையில் DNA சார்ந்த RNA பாலிமரேஸ் நொதி படியெடுத்தலின் செயலூக்கியாக காணப்படும் இழையின் பெயர் என்ன?

அ) ஆல்ஃபா இழை ஆ) எதிர் இழை

இ) வார்ப்பு இழை ஈ) குறியீட்டு இழை

14. கீழ்காண்பவைகளில் எது மரபிய செய்தியின் சரியான வரிசையை குறிக்கிறது.

அ) DNA → RNA → புரதம்

ஆ) RNA → DNA → புரதம்

இ) RNA → புரதம் → DNA

ஈ) புரதம் → RNA → DNA

15. தொடக்கக் குறியன் என்பது?

அ) UUU ஆ) UGA

இ) AUG ஈ) UAG

16. புரத உற்பத்தியில் ஈடுபடும் மெய்யுட்கரு மரபணுவ்விலுள்ள எவ்விரண்டு கார தொடர்வரிசை முக்கியப் பங்காற்றுகிறது?

அ) இண்ட்ரான்கள்

ஆ) எக்சான்கள்

இ) அ மற்றும் ஆ இரண்டும்

ஈ) இவற்றுள் ஏதுமில்லை

17. குறியன் – எதிர்குறியன் இடைச்செயல்கள் காணப்படுவது எதனால்?

அ) சகப்பிணைப்பு

ஆ) நிலைமின்னியல் இடைச்செயல்கள்

இ) ஹைட்ரஜன் பிணைப்புகள்

ஈ) நீர் வெறுக்கும் இடைச்செயல்கள்

18. மெய்யுட்கரு உயிரிகளில் உள்ள எந்த RNA பாலிமரேஸ் புரத குறியீட்டு மரபணுக்களில் RNA படியெடுக்க காரணமாகிறது?

அ) RNA Pol I ஆ) RNA Pol II

இ) RNA Pol III ஈ) RNA Pol IV

19. உட்கருவிலிருந்து RNA மூலக்கூறுகள் எவ்வாறு இடம் பெயர்கின்றன?

அ) சவ்வின் வழியே உயிர்பற்ற பரவலால்

ஆ) சவ்வின் துளை வழியே ஆற்றல் சாரா நிகழ்வு

இ) சவ்வின் துளைகள் வழியே நிகழும் ஆற்றல்சார் நிகழ்வு

ஈ) சவ்விலுள்ள கால்வாய் மூலம் வழிகோலும் எண்டோபிளாச வலைப்பின்னல்

20. mRNA வின் மரபுச் செய்திப் பெயர்வின் போது அறியப்படும் குறியன்?

அ) ரிபோசோமில் காணும் 'A' இலக்கு

ஆ) ரிபோசோமில் காணும் 'P' இலக்கு

இ) tRNAவில் காணப்படும் எதிர்குறியன்

ஈ) அமினோ அமிலத்தின் எதிர்குறியன்

21. ஓரிழை RNA உள்ள ரிபோசோம் கூட்டமைப்பு எவ்வாறு அழைக்கப்படுகிறது?

அ) பாலிசோம் ஆ) பாலிமர்

இ) பாலிபெப்டைட் ஈ) ஒகாசாகி துண்டு

22. கீழ்காண்பவைகளில் எது துவக்கக் குறியன்?

அ) AUG ஆ) UGA

இ) UAA ஈ) UAG

23. tRNAவை பொறுத்தமட்டில் உண்மையான கூற்று எது?

அ) 3' இறுதியில் பிணையும் அமினோ அமலம்

ஆ) இவைகளில் உள்ள 5' ஈரிழையிலானது

இ) இதிலுள்ள குறியனின் ஒரு முனை mRNAவின் எதிர்குறியனுடன் அடையாளம் காணும்

ஈ) முப்பரிமாண அமைப்பில் இது கிளாவர் இழையை ஒத்துள்ளது

24. கீழ்காண்பவைகளுள் பாலிநியூக்ளியோட் சங்கிலியில் உள்ள பாஸ்போடையெஸ்டர் பிணைப்பை நீராற்பகுக்கும் நொதி எது?

அ) லைபேஸ்

ஆ) எக்சோநியூகிளியோஸ்

இ) எண்டோநியூக்ளியோஸ்

ஈ) புரோட்டியேஸ்

25. DNA கூறின் இடமாற்றும் திறனுக்கு என்ன பெயர்?
அ) சிஸ்ட்ரான்
ஆ) டிரான்ஸ்போசான் (இடமாற்றக் கூறு)
இ) இண்ட்ரான்
ஈ) ரெக்கான்

26. இயைத்தலுறுப்புகள் காணப்படா செல்கள்
அ) தாவரங்கள் ஆ) பூஞ்சைகள்
இ) விலங்குகள் ஈ) பாக்டீரியா

27. DNA இரட்டிப்பாதலில் ஒகாசாகி துண்டங்களில் நீட்சியுறப் பயன்படுவது எது?
அ) இரட்டித்தல் கவையை நோக்கிய முன்செல் இழை
ஆ) இரட்டித்தல் கவையை நோக்கிய பின்செல் இழை
இ) இரட்டித்தல் கலவையிலிருந்து விலகிய முன்செல் இழை
ஈ) இரட்டிப்பு கவையிலிருந்து விலகிய பின்செல் இழை

28. ஒரே பெற்றோரிடமிருந்து பெறப்படும் வேறுபட்ட மரபணுக்கள் ஒன்றாகவே காணப்படும் பொழுது,
i) நிகழ்வின் பெயர் என்ன?
ii) தகுந்த எடுத்துக்காட்டுடன் கலப்பினை வரைக.
iii) புறத்தோற்ற விகிதத்தை எழுதுக.

29. PV/PV என்ற ஓங்கு மரபணு கொண்ட ஆண் *டுரோசோஃபிலா*வை இரட்டை ஒடுங்கு மரபணு கொண்ட பெண் *டுரோசோஃபிலா*வுடன் கலப்பு செய்து F_1 ஐ பெறுக. பின்பு F_1 ஆண் பழப்பூச்சியை இரட்டை ஒடுங்கு பெண் பழப்பூச்சியுடன் கலப்பு செய்க.
i) எந்த வகையான பிணைப்பை காணமுடியும்
ii) சரியான மரபணு வகைய கலப்பிணை வரைக.
iii) F_2 சந்ததியின் சாத்தியமான மரபணு வகையம் என்ன?

30. தவறுதலாகப் பொருள்படும், பொருளுணர்த்தாத சடுதிமாற்றத்திற்கு இடையேயான வேறுபாடு என்ன?

31.

மேலே கொடுக்கப்பட்ட படத்தின் மூலம் சடுதிமாற்ற வகையைக் கண்டறிந்து விளக்குக.

32. சட்டன் மற்றும் பொவேரி கோட்பாட்டின் சிறப்பு அம்சங்களை எழுதுக.

33. குறுக்கேற்ற செயல்முறையை விளக்குக.

34. நிக்கோட்டியானா தாவரம் சுயப் பொருந்தாத் தன்மையை எவ்வாறு வெளிப்படுத்துகிறது? அதன் செயல்முறையை விளக்குக.

35. ஒருபால் மலர்த் தாவரங்களில் பால் நிர்ணயம் எவ்வாறு தீர்மானிக்கப்படுகிறது? அதில் பங்குபெறும் மரபணுக்களை எழுதுக.

36. மரபணு வரைபடம் என்றால் என்ன? இதன் பயன்களை எழுதுக.

37. மெய்யிலாமடியத்தின் வகைகளை படம் வரைக.

38. மனிதனால் உருவாக்கப்பட்ட தானியத்தின் பெயரை எழுதுக. இது எவ்வாறு உருவாக்கப்படுகிறது

39 DNA பழுது பார்த்தல் என்றால் என்ன?

40. இரட்டிப்பாதல் கவை என்றால் என்ன?

41. ஆற்றல்சார் DNA இரட்டிப்பாதல் குறித்து எழுதுக.

42. TATA பேழை என்றால் என்ன?

43. மாற்று இயைத்தல் என்றால் என்ன?

44. குறியீட்டு இழை என்றால் என்ன?

45. யுகேரியோட்களின் DNA இரட்டிப்பாதலில் பங்குபெறும் நொதிகள் யாவை?

46. குறியீடு மற்றும் குறியீடற்ற இழையுடன் வேறுபடுத்துக.

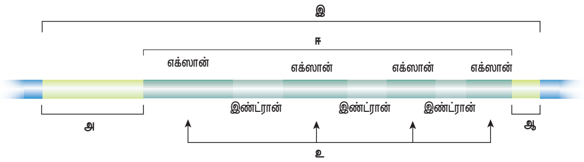
47. இயைத்தலுறுப்பு என்றால் என்ன?

48. நுனி மூடல் மற்றும் வாலாக்கம் என்றால் என்ன?

49. RNA திருத்தம் என்றால் என்ன?

50. யுகேரியோட்களின் DNA இரட்டிப்பாதலை விளக்குக.

51. கீழ்காணும் வரைபடத்தில் சரியான இணைக்கான விடையை பொருத்தியெழுதவும்.



வரிசை I	வரிசை II
A	படியெடுத்தல் பகுதி
B	படியெடுத்தலுக்கான துவக்கத்தை ஒழுங்குபடுத்துதல்
C	புரத குறியீட்டு தொடர் வரிசை
D	படியெடுத்தலின் இறுதி நிலை
E	மரபணு

TN_GOVT_BOTANY_XII_TM_PAGES_055-088 CH 03.indd 86 4/14/2020 4:22:29 PM

52. மூலக்கூறு மரபியலாய்வில் அராபிடாப்சிஸ் ஒரு தகுந்த மாதிரி தாவரம் என்பதற்கான பண்புகள் யாவை?

53. RNA உருமாற்றதில் மூலக்கூறு செயல்முறையை விவரித்தெழுதுக.

54. புரதச் சேர்க்கையில் ரிபோசோமல் இடப்பெயர்வை விளக்குக.

55. இடப்பெயர்வு கூறுகளை விவரிக்கவும்.

56. தாவரங்களில் RNA திருத்தங்களை விவரி.

கலைச்சொல் அகராதி

எதிர் உணர் இழை: இதற்கு வார்ப்பு இழை என்று பெயர், RNA படியெடுத்தலுக்கு இவ்விழை வார்ப்பாகச் செயல்படுகிறது.

கிளை இடப்பெயர்வு: ஒத்திசைவு இழைகளின் கார இணைகள் பரிமாற்றம் அடைந்து ஹாலிடே சந்திப்பில் DNA தொடர்வரிசை மேலோ அல்லது கிழோ நகரும் கிளைப்பகுதி.

சிஸ் அமைவு: இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட இணைகளின் ஓங்கு அல்லீல்களை ஒரு குரோமோசோமிலும் மற்றும் ஒத்திசைவான குரோமோசோமில் ஒடுங்கு அல்லீல்களையும் பெற்றிருப்பது.

எக்ஸான்கள்: DNA வின் ஒரு பகுதி RNA வைப் படியெடுத்தல் மற்றும் மரபுச் செய்தி பெயர்த்து புரதத்தை உற்பத்திச் செய்கிறது.

ஆணாக மாறுதல் மற்றும் பெண்ணாக மாறுதல்: ஆணில் பெண் பண்புகளைத் தூண்டுவது, பெண்ணில் ஆண் தன்மையைத் தூண்டுவது.

வேற்றமைந்த ஈரிழை: பல்வேறு மூலங்களிலிருந்து உண்டாகும் மரபிய மறுகூட்டிணைவால் தோன்றிய நியூக்ளிக் அமிலத்தின் ஒரு ஈரிழை முலக்கூறு.

இண்ட்ரான்கள்: மெய்யுட்கரு உயிரிகளில் அமினோ அமிலத்தை உருவாக்காத தொடர் வரிசை மரபுக்குறியன்களை கொண்டிருப்பது

மானோசிஸ்ட்ரோனிக்: ஒரு மரபணுவில் இருந்து மெய்யுட்கரு உயிரி mRNA வில் அமினோ அமில குறியீட்டு செய்திகள் உருவாவது

ஒகாசகி துண்டங்கள்: தொடர்பிலா இழை இரட்டிப்பால் DNA வின் சிறிய துண்டு உருவாகிறது. 5' 3' திசைக்கு சற்று தூரத்தில் இரட்டிப்பாதல் நீட்சியடைகிறது.

பிரைமேஸ்: இது RNA பாலிமரேஸின் ஒரு வகை நொதி. ரைபோநியூக்ளியோடைடுகளின் பல்படியாக்கத்தினால் RNA வாக ஒடுக்கமடைகிறது. இது DNA உற்பத்தியின் பிரைமரை உருவாக்குகிறது.

முன்னியக்கி: குறிப்பிட்ட நியூக்ளியோடைடு வரிசையில் RNA பாலிமரேஸானது ஒரு மரபணுவிலிருந்து mRNA வின் படியாக்கத்தை துவக்குகிறது.

சுயபொருந்தாத்தன்மை: தன் கருவுறுதலை தடுத்தும் வெளியினக் கலப்பை ஊக்குவிக்கும் ஒரு மரபிய செயல்நுட்பம்

இணை சேர்தல்: குன்றல் பகுப்பின் போது நடைபெறும் இரண்டு ஒத்திசைவு குரோமோசோம்களின் இணைதல்

கதிர்குஞ்ச விதை: கதிர்குஞ்சம் பெண் தன்மை அடைவது

முடிவுறுதல்: குன்றல் பகுப்பின் போது இணை குரோமோசோம்களுக்கு இடையே உள்ள கிடைமட்ட பிணைப்புகளின் தொடக்கத்திலிருந்து குரோமோசோமின் நுனி பகுதியை நோக்கி நகர்வது

முடிவு மரபுக்குறியன்: ஒரு நிறுத்து மரபுக்குறியன்

ட்ரான்ஸ் அமைவு: ஒரு இணை மரபணுக்களின் ஓங்கு அல்லீல் மற்றும் மற்ற இணையின் ஒடுங்கு அல்லீல் அதே குரோமோசோமில் அமைந்திருப்பதாகும்.

படியாக்கம்: DNA வானது RNA வாக படியெடுக்கின்றது என்றும் அந்த RNA படியெடுப்பன் என்று அழைக்கப்படுகிறது.

மாற்று எஸ்டராக்குதல் வினை: ஒரு வினையின் ஒருங்கிணைந்த மாற்றத்தின் பொழுது வேதிப்பிணைப்பு பிளவுறுதல் மற்றும் உருவாதல் நிகழ்கிறது. இந்த மாற்றத்திற்கு ஆற்றல் தேவைப்படுவதில்லை.

இடம்பெயரும் கட்டுப்படுத்திக் கூறுகள்: மரபணு தொகையத்தில், ஓரிடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்கு இடம்பெயரும் DNA தொடர் வரிசைகள் இவ்வாறு அழைக்கப்படுகின்றன.

எச்ச உறுப்புகள்: பரிணாம வளர்ச்சியின் காலப்போக்கில் உடலின் முதிர்ச்சிபெறா உறுப்பு செயலற்று போகின்றன.