07

மூலக்கூற்று உயிரியலும் மீளச்சேர்க்கைக்குரிய தொழில்நுட்பமும்

நியூக்கிளிக்கமிலங்கள் தமது ஒருபாத்துகளில் இருந்து தமக்கே உரிய பின்புறமடிதலை / திரும்பச்செய்தலை மேற்கொள்ளும் திறன் கொண்டவை. பெரும்பாலான அங்கிகளில் DNA பாரம்பரியப் பதார்த்தமாகக் காணப்படுகின்றது. எனினும் பிடிசுர வைரசு (influenza virus) போன்ற சில வைரசுகள் தமது பாரம்பரியப் பதார்த்தமாக RNA ஐக் கொண்டுள்ளன. DNA இன் செம்மையான பின்புறமடிதல், ஒரு சந்ததியிலிருந்து மற்றையதற்கு அதன் கடத்துகை, அதன் சேமிக்கப்படக்கூடிய தன்மை, பாரம்பரியத் தகவல்களை வெளிப்படுத்தல் என்பன அங்கிகளின் மிகமுக்கியமான பாரம்பரியப்பதார்த்தமாக DNA தொழிற்படுவதற்கு வசதியளிக்கின்றன.

DNA இரட்டை விரிபரப்புச்சுருள் மாதிரி : Rosalind Franklin இனால் பெறப்பட்ட DNA மூலக்கூறின் X கதிர்ப்பளிங்கியலை அடிப்படையாகக் கொண்டு James Watson, Francis Crick என்பவர்களால் இரட்டை விரிபரப்புச்சுருள் மாதிரி முன்வைக்கப்பட்டது. ஆறு மூலக்கூறுகளான டீஒட்சிறைபோஸ் வெல்லம், பொஸ்பேற்றுக் கூட்டம் நான்கு வேறுபட்ட நைதரசன் மூலங்கள் என்பன ஒழுங்கமைக்கப்பட்டு DNA மூலக்கூறை ஆக்கும் விதம், DNA இன் இயல்புகள் என்பவற்றை விளக்குவதற்கு இம்மாதிரி பயன்படுகின்றது. இம்மாதிரியின் படி DNA ஆனது முறுக்கப்பட்ட ஏணி ஒன்றின் வடிவம் (சுருளிவடிவ மாடிப்படி) கொண்டது. இதில் கம்பிக்கைபிடியானது பொஸ்பேற்று, வெல்ல மூலக்கூறு என்பவற்றை ஒன்றுவிட்டொன்றாகக் கொண்ட முதுகெலும்பு ஒன்றைக் கொண்டிருக்கும். சோடியாக்கப்பட்ட நைதரசன் மூலங்கள் ஏணிப்படிகள் ஆகும். மூலச்சோடியாதல் விதியின் படி இரண்டு ஐதரசன் பிணைப்புகள் (A=T) அல்லது மூன்று ஐதரசன் பிணைப்புகள் (G ≡ C) மூலம் பியூறின் ஒன்று பிரிமிடீன் ஒன்றுடன் சோடியாகும். T. H. Morgan உம் அவரது குழுவினரும் மேற்கொண்ட பரிசோதனைகளின் மூலம் நிறமூர்த்தங்கள், DNA மற்றும் புரதங்களால் ஆக்கப்பட்டவையெனவும் பரம்பரையலகுகள் நிறமூர்த்தத்தின் பிரதேசங்களெனவும் முடிவுசெய்யப்பட்டது.

நிறமூர்த்தங்களின் வடிவமைப்பு

யூகரியோட்டாவுக்குரிய கலங்களின் கருவில் அல்லது புரோகரியோட்டாவுக்குரிய கலங்களின் குழியவுருவிலுள்ள கருப்பிரதேசங்களில் அல்லது நியூக்கிளியோயிட்டு களில் (nucleoid) DNA மூலக்கூறுகள் ஒழுங்கமைக்கப்பட்டுள்ள விதம் நிற மூர்த்தங்களின் வடிவமைப்பு ஆகும்.

உரு 7.1 யூகரியோட்டுகளில் கருவிலும் புரோகரியோட்டுகளில் நியூக்கிளியோயிட்டுகளிலும் பொதிசெய்யப்பட்ட DNA

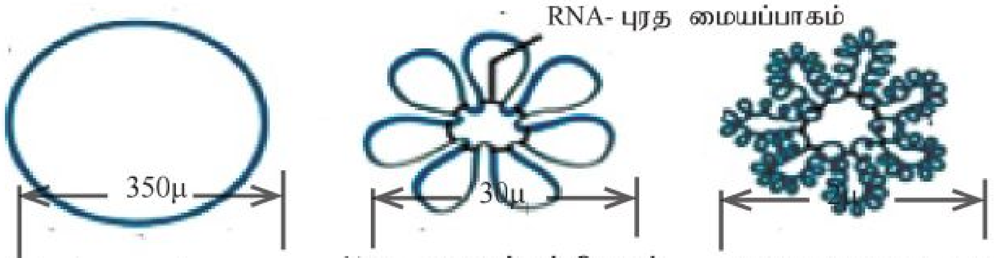
புரோகரியோட்டுகள் மற்றும் யூகரியோட்டுகளின் DNA, நிறமூர்த்தங்கள் என அழைக்கப்படும். எனினும் உண்மையான நிறமூர்த்தங்கள் யூகரியோட்டுகளில் மட்டுமே காணப்படும்.

புரோகரியோட்டாவுக்குரிய (பற்றீரிய) நிறமூர்த்தமானது, தனித்ததும் இரட்டைப் பட்டிகைகளாலாக்கப்பட்டதும் ஒரு சில புரதமூலக்கூறுகளுடன் இணைந்ததுமான வட்ட DNA மூலக்கூறு ஆகும். யூகரியோட்டுகள் பல நிறமூர்த்தங்களைக் கொண்டிருக்கும். அவை ஒவ்வொன்றும் ஒரு தனித்த, இரட்டைப் பட்டிகைகளைக் கொண்ட, நேரிய DNA ஆகும். இது கிஸ்டோன்கள் (histones), வேறு புரத மூலக்கூறுகள் என்பவற்றுடன் இணைந்திருக்கும்.

ஒரு அங்கியின் அனைத்து நிறமூர்த்தங்களினதும் பருமனைக் கருதும்போது, DNA தான் அதிகளவில் காணப்படுகின்றது. யூகரியோட்டுகளின் கருவிலோ அல்லது புரோகரியோட்டுகளின் நியூக்கிளியோயிட்டுகளிலோ DNA ஐ உள்ளடக்குவதற்கு கலமானது பாரிய பிரச்சினைக்கு முகங்கொடுக்க வேண்டியுள்ளதென்பதை இந்த உண்மைகள் விளக்குகின்றன. கருவில் அல்லது நியூக்கிளியோயிட்டில் DNA / ஜீனோம் (genome) உள்ளடக்கப்படுதல் DNA பொதிசெய்தல் என அழைக்கப்படும்.

புரோகரியோட்டுகளின் DNA பொதிசெய்தலை DNA மூலக்கூறுடன் இணைந்திருக்கும் புரதங்கள் எளிதாக்கும். புரதமூலக்கூறுகள் DNA ஐச் சுருளச் செய்து (அல்லது மடித்து அல்லது தடமாக்கி) மிகைச்சுருளடையச் செய்யும். இதனால் DNA மூலக்கூறு நியூக்கிளியோயிட்டினுள் உள்ளடக்கப்படும். DNA மூலக்கூறு ஆரம்பத்தில் தடங்களாகச் சுருளடையும். பின்னர், இத்தடங்கள் டொமைன்களாகச் (Domains) சுயாதீனமாக மிகைச்சுருளலடையும். டொமைன்களை இலத்திரன் நுண்வரையங்களில் இனங்காணலாம். DNA இன் நெருக்கப்பட்ட திணிவாலான தடங்கள் RNA, புரதம் என்பவற்றைக் கொண்ட “மையப்பாகம்” ஒன்றுடன் பிணைந்திருக்கும். “மையப்பாகம்” நிறமூர்த்தங்களையும் மென்சவ்வுடன் இணைத்து வைத்திருக்கும். ஒற்றைப் பட்டிகையில் ஏற்படுத்தப்படுகின்ற சிறுவடுக்கள்

மூலம் மிகைச்சுருளலடைந்த DNA தளர்வு செய்யப்படும். நிறமூர்த்தங்கள் மென்சவ்வுடன் இணைக்கப்பட்டிருப்பதும் அவை மையப்பாகத்தினால் ஒன்றாகப் பிணைக்கப்பட்டிருப்பதும் சுழற்சிக்கான தடையாக அமைகின்றது. டொமைன்கள் சுயாதீனமாகத் தளர்வுறக்கூடியவையாகவும் மிகைச்சுருளலடையக் கூடியவையாகவும் காணப்படும். இது குறிப்பிட்ட பரம்பரையலகுகளின் ரான்ஸ்கிரிப்ஷனில் (transcription) முக்கியமானது. RNA ஐ நீக்கிவிடுதலானது தடங்களின் சுயாதீனத்தன்மையை இழக்கச் செய்துவிடும்.



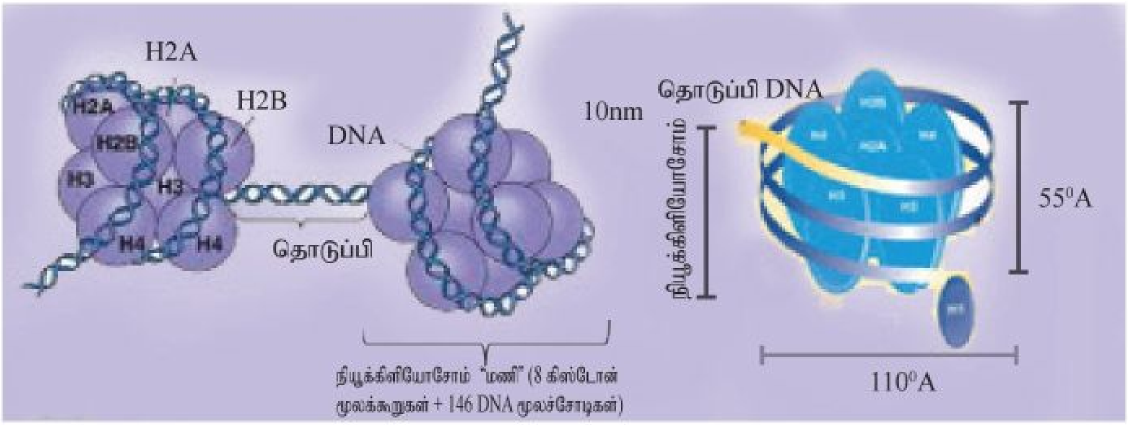
உரு 7.2 புரோகரியோட்டாவுக்குரிய நிறமூர்த்தத்தில் மடிப்படைதலும் மிகைச்சுருளலடைதலும்

சில புரோகரியோட்டுகளில் நிறமூர்த்தத்திற்குரிய DNA க்கு மேலதிகமாக நிற மூர்த்தத்துக்குப் புறம்பான கூறுகளும் காணப்படுகின்றது. இவை பிளாஸ்மிட்டுகள் (Plasmids) என அழைக்கப்படும். இவையும் கூட சுருளடைந்து, மிகைச் சுருளலடைந்துள்ள வட்ட DNA ஆகும்.

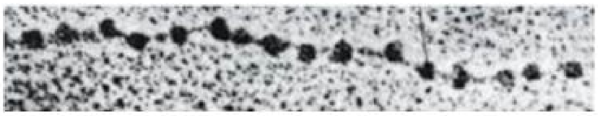
யூகரியோட்டாவுக்குரிய நிறமூர்த்தங்கள், கிஸ்டோன்கள் என அழைக்கப்படும், பெருமளவு எண்ணிக்கையில் காணப்படும் புரதங்களுடன் இணைப்புற்றவை. கருவினுள் DNA ஒழுங்கமைக்கப்படுவதில் இவை உதவும். இந்த DNA புரதச் சிக்கலானது, குரோமற்றின் (Chromatin) என அழைக்கப்படும். குரோமற்றினாது இயூகுரோமற்றினில் (euchromatin) உள்ளதுபோல் ஐதாக அல்லது கெற்றரோகுரோமற்றினில் (heterochromatin) உள்ளதுபோல் நெருக்கமாகப் பொதிசெய்யப்பட்டிருக்கலாம். இயூகுரோமற்றின் பரம்பரையலகுகள் செறிந்ததாகவும் ரான்ஸ்கிரிப்ஷனில் பெரும் பாலும் உயிர்ப்புள்ளதாகவும் காணப்படும். கெற்றரோகுரோமற்றின் பெரும்பாலும் உயிர்ப்பற்ற நியூக்கிளியோரைட் தொடரிகளைக் கொண்டிருக்கும். இவை பரம்பரையலகு ஒழுங்காக்கம், அதிசனனவியலுக்குரிய தலைமுறையுரிமை, நிறமூர்த்த ஒருமைப்பாட்டின் பாதுகாப்பு என்பவற்றில் பங்களிப்புச் செய்யும்.

முதலாவது மட்டத்தில் DNA இரட்டை விரிபரப்புச்சுருள் எட்டு கிஸ்டோன் மூலக்கூறுகளைக் கொண்ட சிக்கல் ஒன்றைச் சுற்றிக்கொள்ளும். இவை நியூக்கிளியோசோம்கள் (Nucleosomes) என அழைக்கப்படும். இவை கழுத்தணி ஒன்றின் மணிகள் போன்று தென்படும். நியூக்கிளியோசோம்களின் அருகருகேயுள்ள மணிகள் நீட்டப்பட்ட DNA : தொடுப்பி DNA ஆல் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். (உரு 7.3)

(a)



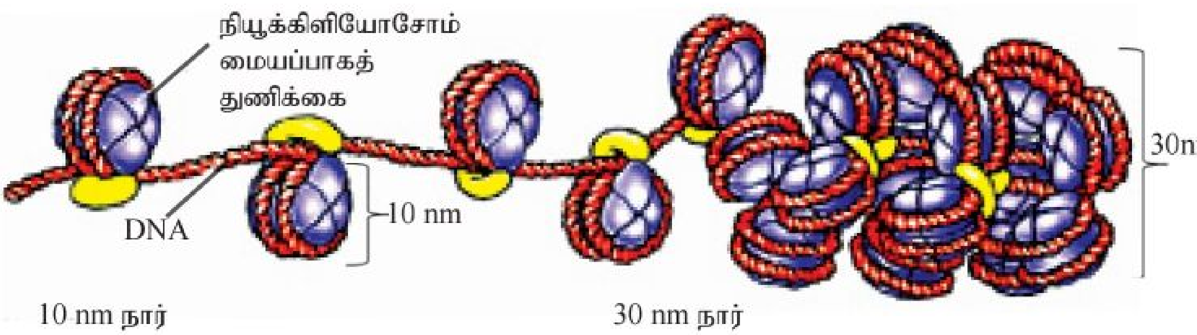
(b)



உரு 7.3 a) பொதிசெய்தலின் முதல் மட்டம் : தொடுப்பி DNA மூலம் நியூக்கிளியோசோம் மணிகள் தொடுக்கப்படல்

b) நியூக்கிளியோசோம் (மணிகள்), தொடுப்பிகள் (கயிறு) என்பவற்றைக் காட்டும் இலத்திரன் நுண்வரையம்

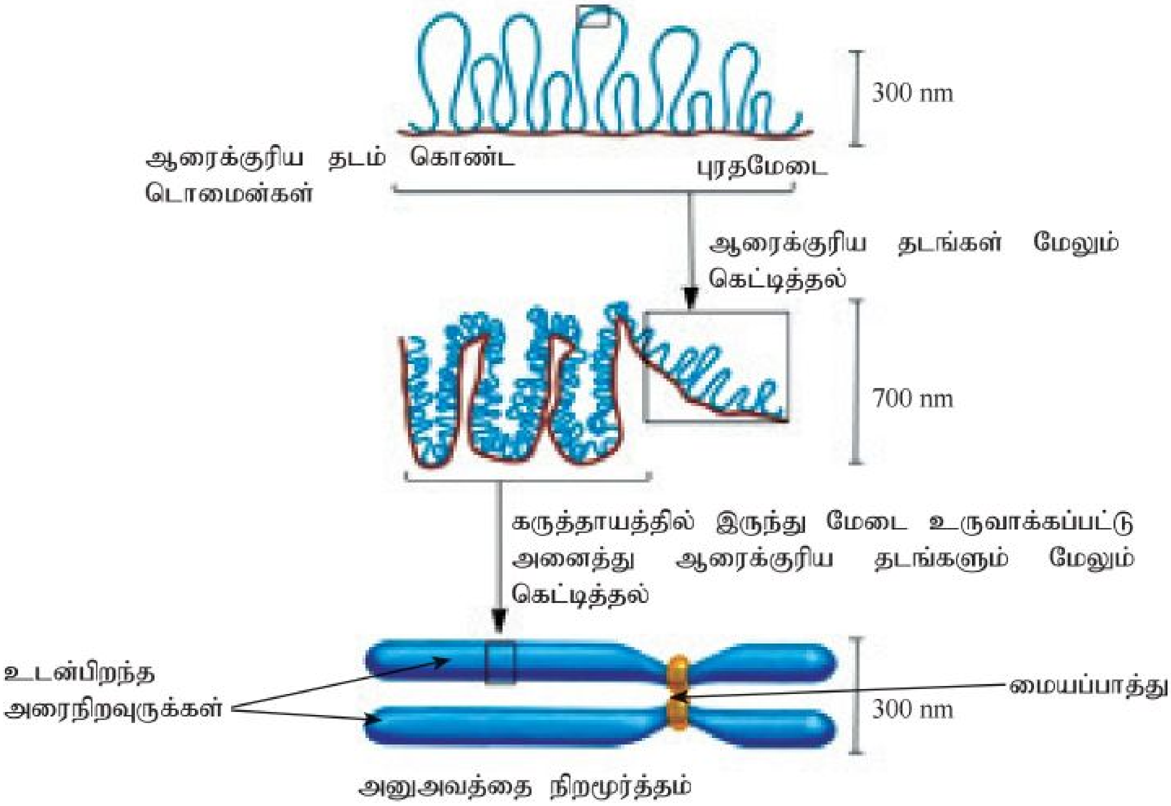
இரண்டாவது மட்டத்தில் நியூக்கிளியோசோம்கள் முறுக்கப்பட்டுச் சுருளிவடிவில் பொதி செய்யப்படும். இது உத்தேசமாக 30 nm விட்டம் கொண்ட குரோமற்றின் நார் ஒன்றைத் தோற்றுவிக்கும் : 10 nm நார்களிலிருந்து 30 nm நார்கள். (உரு 7.4)



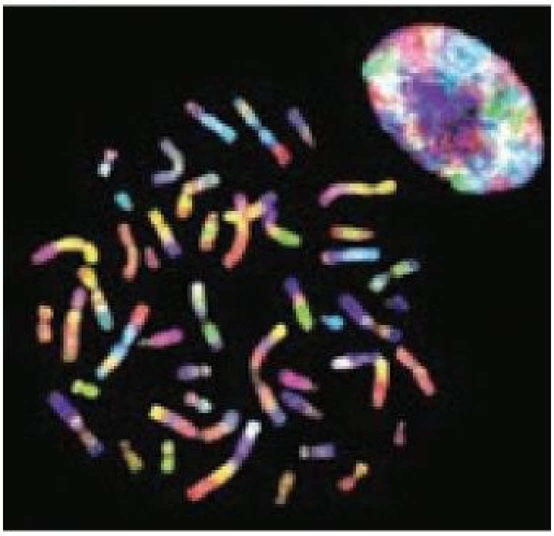
உரு 7.4 30 nm நாரின் உருவாக்கம் (உருளை வடிவில் சுற்றப்பட்ட)

மூன்றாவது மட்டத்தில் 30 nm நார் தடங்களை ஆக்கும். இவை தடம் கொண்ட டொமைன்கள் என அழைக்கப்படும் புரதமேடை ஒன்றுக்கு இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இக்கட்டமைப்பு 300 nm தடிப்புடையது. (உரு 7.5)

இறுதியாக, நான்காவது மட்டத்தில் தடம் கொண்ட டொமைன்கள் சுருளடைந்து, மடிப்படைந்து, மேலும் கெட்டியாக்கப்பட்டு இழையுருப்பிரிவுக்குரிய நிறமூர்த்தத்தைத் தோற்றுவிக்கும். ஒரு அரைநிறவுருவின் விட்டம் ஏறத்தாழ 700nm ஆக இருக்கும். அனுஅவத்தை நிறமூர்த்தத்தில் அரைநிறவுருக்கள் ஏற்கனவே இரட்டிப்படைந்தவையாக இருக்கும். (உரு 7.5)



உரு 7.5 தடம் கொண்ட டொமைன்கள் மேடையில் கெட்டியாக்கப்பட்டு அரைநிறவுருக்களாதல்



உரு 7.6 அனுஅவத்தை நிறமூர்த்தங்களும் (தனித்தியங்கும் அலகுகள்) இடைஅவத்தையில் குரோமற்றின்களும்

DNA திரும்பச் செய்தல் / பின்புறமடிதல்

இரட்டைப் பட்டிகை கொண்ட DNA மூலக்கூறு ஒன்றில் இருந்து இரண்டு ஒத்த பட்டிகைகளைத் தோற்றுவிக்கும் செயன்முறை இதுவாகும். புரோகரியோட்டுகளிலும்

யூகரியோட்டுகளிலும் DNA இன் பின்புறமடிதல் செயன்முறையானது அடிப்படையில் ஒத்தது. எனினும் இரண்டிலும் பங்குபெறும் நொதியங்கள் வேறுபட்டவை. யூகரியோட்டுகளின் கருவிலுள்ள DNA நிறமூர்த்தங்களாக ஒழுங்கமைக்கப்பட்டிருக்கும். பொதிசெய்தலுக்காக கிஸ்டோன் புரதங்களை அவற்றின் கட்டமைப்பில்கொண்டிருக்கும். வழமையாகப் புரோகரியோட்டாவுக்குரிய DNA ஆனது பொதிசெய்தலுக்காக மிகைச் சுருளடைந்த வட்ட மூலக்கூறுகளாகக் காணப்படும்.

DNA பின்புறமடிதலின் முக்கியத்துவம்

- உயிரிக்கான அத்தியாவசியத் தகவல்கள் DNA இல் சேமிக்கப்பட்டுள்ளன. எனவே உருவாக்கப்படும் புதிய கலங்கள் அவற்றின் பெற்றோர்க் கலங்களி லிருந்து DNA ஐப் பெற்றுக்கொள்ள வேண்டும். இருமடியமான அங்கியொன்றின் உடலிலுள்ள ஒவ்வொரு கலங்களும் நுகத்திலுள்ளதைப் போல் ஒத்த பாரம்பரியத் தகவல்களைக் கொண்டிருக்க வேண்டும். பல்கல அங்கி ஒன்றில் புதிய கலங்கள் சேர்க்கப்படுவதன் மூலம் வளர்ச்சி நடைபெறும்.

- சேதமடைந்த அல்லது இறந்த கலங்களும் கூடப் புதிய கலங்களால் பிரதியீடு செய்யப்படும்

- இலிங்கமில் முறை இனப்பெருக்கத்தில் எச்சமானது, பெற்றோர்க்கலத்தை ஒத்திருக்கும். இழையுருப்பிரிவு மூலம் ஒவ்வொரு மகட்கலத்திற்கும் DNA இல் சேமிக்கப்பட்டிருக்கும் பாரம்பரியத் தகவல்களின் ஒத்த தொகுதி ஒன்றைப் பின்புறமடிதல் மூலம் வழங்கக் கூடிய தகைமையை DNA கொண்டிருப்பதால் இது சாத்தியமாகின்றது.

- இலிங்கமுறையில் இனம்பெருகும் அங்கிகளில் ஒடுக்கற்பிரிவு அவற்றின் வாழ்க்கை வட்டத்தின் ஒருநிலையில் நடைபெறுவதால் நிறமூர்த்தங்களின் எண்ணிக்கையானது மாறாது பேணப்படுகின்றது. DNA இன் பின்புறமடிதல் ஒடுக்கற்பிரிவு நடைபெறுவதற்கு முன்னர் நடைபெறும்.

- DNA இன் பின்புறமடிதலானது மிகச் செம்மையான செயன்முறையாதலால் அது ஒத்த பிரதிகளைத் தோற்றுவிக்கும். எனினும் அரிதான தவறுகள் ஏற்பட்டு விகாரங்கள் புகுத்தப்படும். இது மாறலை ஏற்படுத்தும். மாறல் அங்கிகளின் கூர்ப்புக்கு வழிவகுக்கும்.

- எனவே DNA இன் பின்புறமடிதல் ஒரு இனத்தின் தொடர்ச்சியிலும் ஒரு தனிப்பட்ட அங்கியின் வாழ்வைப் பேணுதலிலும் முக்கியத்துவம் பெறுகின்றது.

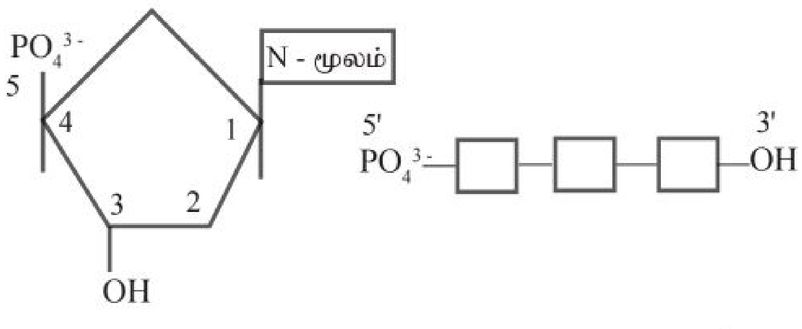
புரோகரியோட்டுகளின் DNA பின்புறமடிதல் செயன்முறை

முழுமையான பின்புறமடிதல் செயன்முறையானது, பல நொதியங்கள், வேறு புரதங்கள் என்பவற்றால் கவனமாகக் கட்டுப்படுத்தப்படுகின்றது.

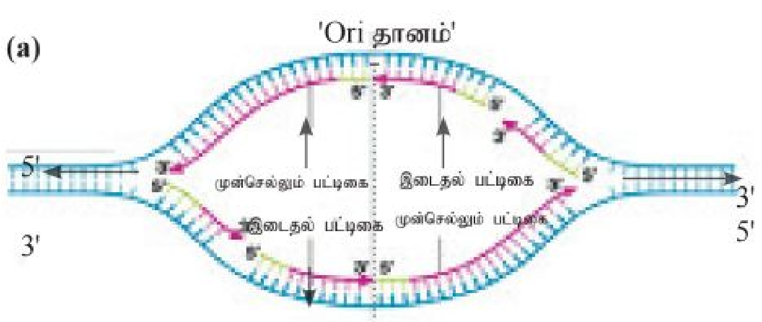
DNA மூலக்கூறின் இரட்டைவிரிபரப்புச் சுருளின் DNA பட்டிகைகளிலிருந்தே DNA தொகுக்கப்படுகின்றது. பெற்றோர்ப்பட்டிகைகள் படித்தகடுகளாகப் பயன் படுத்தப்படுகின்றன. இவ்வாறு புதிதாகத் தொகுக்கப்பட்ட DNA இரட்டை விரிபரப்புச் சுருளில் ஒரு புதிய நிரப்புகின்ற பட்டிகையும் பெற்றோர் DNA பட்டிகை ஒன்றும் காணப்படும்.

எல்லாவற்றுக்கும் முதலாக நெருக்கமாகப் பொதிசெய்யப்பட்ட DNA (புரோகரியோட்டுகளில் மிகைச் சுருளலடைந்த DNA உம் யூகரியோட்டுகளில் குரோமற்றினும்) தளர்வடைய வேண்டும். அப்போது தான் பின்புறமடிதல் பொறித் தொகுதிக்கான நுழைவாயிலைப் பெற்றுக்கொள்ள முடியும்.

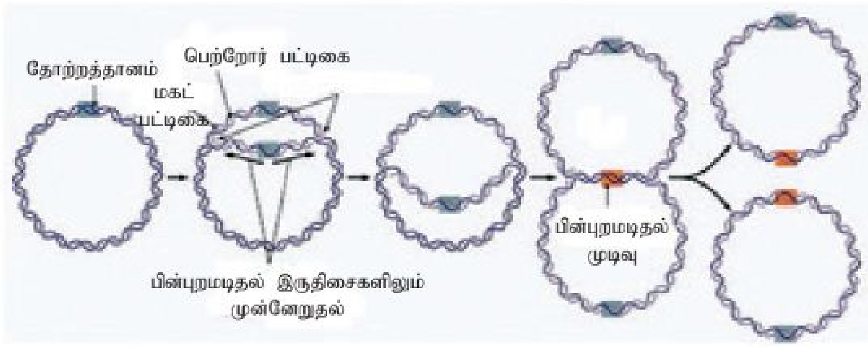
இரட்டை விரிபரப்புச்சுருளின் வேறாக்கலானது பின்புறமடிதலின் தோற்றத்தானத்தில் நடைபெறும். பின்புறமடிதலின் தோற்றத்தானம் அல்லது 'ori' என்பது DNA பின்புறமடிதலை ஆரம்பிக்கும் புரதங்கள் பிணையக் கூடியதும் தற்சிறப்பானதுமான DNA தொடரி ஆகும். இதிலிருந்து ஆரம்பித்து இரு திசைகளின் ஊடாக முழுமையான, வட்ட DNAயும் பின்புறமடிவடையும். புதிய DNAபட்டிகையைத் தொகுக்கும் நொதியம் ஒரு திசையினூடாக மட்டும் நகர்வதால் (5' இலிருந்து 3' க்கு) புதிய இழைகளில் ஒன்று தொடர்ச்சியாகவும் மற்றையது சிறிய துண்டங்களாகவும் தொகுக்கப்படும். இவை முறையே முன்செல்லும் பட்டிகை (leading strand), இடைதல் பட்டிகை (lagging strand) என அழைக்கப்படும். முன்செல்லும் பட்டிகையிலுள்ள சிறிய துண்டங்கள் 'ஒகசாகி' துண்டங்கள் (okazaki fragments) என அழைக்கப்படும். பெரிய DNA மூலக்கூறுகளின் பின்புறமடிதல் பல தோற்றத்தானங்களில் தொடங்குவதால் இச்செயன்முறையானது விரைவுபடுத்தப்படும்.



உரு 7.7 DNA மூலக்கூறு ஒன்றினது 5' பொஸ்பேற்று மற்றும் 3'- OH



(b)



உரு 7.8 (a) DNA பின்புறமடிதலின் விபரம்

(b) சிறிய வட்ட DNA இன் பின்புறமடிதல்

பின்புறமடிதல் பொறித்தொகுதிக்கான பிரதான நொதியங்களினதும் வேறு புரதங்களினதும் தொழில்கள்

DNA இன் பின்புறமடிதலுக்கு பல நொதியங்களும் வேறு புரதங்களும் தேவைப்படும். இப்புரதங்கள் பின்புறமடிதலின் தோற்றத்தானத்தில் ஒன்றுசேரும். DNA இன் பின்புறமடிதலில் பங்குபற்றும் பிரதான நொதியங்களாவன கெலிக்கேசு (helicase), டோபோஜசோமரேசு (Topoisomerase), பிறைமேசு (primase), DNA பொலிமரேசு (DNA polymerase), DNA இலிகேசு (DNA ligase) என்பன. பின்புறமடிதல் பொறித்தொகுதியில் ஒற்றைப் பட்டிகைப் பிணைப்புப் புரதங்கள் (SSB-Single Strand Binding) உட்படப் பல்வேறு புரதங்களும் காணப்படுகின்றன.

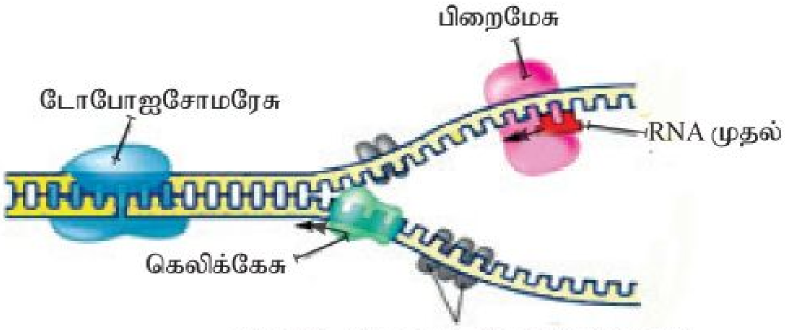
கெலிக்கேசு : DNA மூலக்கூறின் இரட்டை விரிபரப்புச் சுருளைக் குலைத்து, இரண்டு பட்டிகைகளையும் வேறாக்கும் நொதியங்கள் இவையாகும். இது ATP ஐப் பயன்படுத்தும் ஒரு தாக்கமாகும். இரண்டு பட்டிகைகளினதும் மூலச்சோடிகளின் இடையே காணப்படுகின்ற ஐதரசன் பிணைப்புகளை உடைப்பதன் மூலம் இது நடைபெறும். புதிய DNA தொகுப்புக்கான (பின்புறமடிதல்) படித்தகடாகத் தொழிற்படுவதற்கு இரண்டு பட்டிகைகளையும் வெளிப்படுத்தலில் இது முக்கிய மானது.

டோபோஜசோமரேசு : DNA தொகுப்பில் முன்னோக்கிய திசையில் தொழிற்படும் நொதியங்கள் இவையாகும். ஓரிடத்தில் பட்டிகையின் சுருள் குலைதல் நடைபெறும்போது அது வேறொரு இடத்தில் மேலும் சுருளடையச் செய்வதால் அங்கு ஒரு விசையழுத்தம் ஏற்படும். டோபோஜசோமரேசு நொதியங்கள் DNA இன் ஒன்று அல்லது இரண்டு பட்டிகைகளிலும் உடைவை ஏற்படுத்தும். விசையழுத்தத்தை விடுவிக்கும் முகமாக மூலக்கூறு முறுக்கடைந்த பின்னர் வெட்டப்பட்ட முனைகள் மீளப்பொருத்தப்படும்.

ஒற்றைப் பட்டிகைப் பிணைப்புப் புரதங்கள் (SSB): இப்புரத மூலக்கூறுகள் வெளிப்படுத்தப்பட்ட ஒற்றைப் பட்டிகை DNA உடன் பிணைந்து, வேறாக்கப்பட்ட DNA பட்டிகைகளின் மீளச்சோடியாதலைத் தடுத்து, அவற்றை உறுதியாக்கிக்

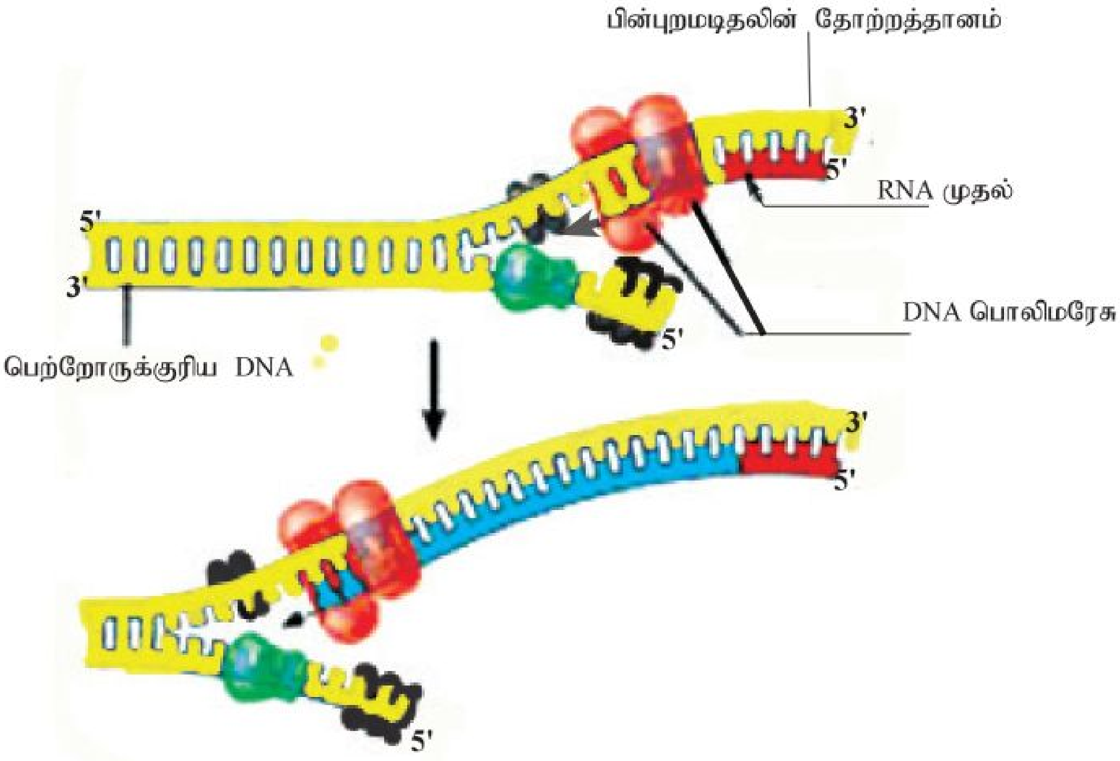
கொள்ளும். இரண்டு பட்டிகைகளும் மீளச் சோடிசேர்ந்தால் அவை புதிய DNA தொகுப்புக்கான படித்தகடாகத் தொழிற்பட முடியாது.

பிறைமேசு : ஒரு படித்தகட்டில் ஒரு புதிய DNA பட்டிகை தொகுக்கப்பட வேண்டுமெனில், நிரப்புகின்ற டிஒட்சிறைபோநியூக்கிளியோரைட்டுகள் சரியான தொடரொழுங்கில் ஒன்றன் பின் ஒன்றாகச் சேர்க்கப்பட வேண்டும். இது DNA பொலிமரேசு நொதியம் மூலமே நிறைவேற்றப்படும். ஆனால் DNA பொலிமரேசு, ஏற்கனவே தோற்றுவிக்கப்பட்ட நியூக்கிளிக்கமிலச் சங்கிலியில் 3' முனையில் மட்டுமே நியூக்கிளியோரைட்டுகளைச் சேர்க்கக் கூடியது. இதற்கு நியூக்கிளிக் அமிலச் சங்கிலியின் சிறிய துண்டமொன்று போதுமானது. இத்துண்டம் முதல் என அழைக்கப்படும். பிறைமேசு என்பது RNA பொலிமரேசின் ஒரு வகையாகும். இது DNA இன் படித்தகட்டில் றைபோநியூக்கிளியோரைட்டுகளைச் சேர்ப்பதன் மூலம் RNA தொகுப்பை ஆரம்பிக்கும். பிறைமேசு ஒரு குறுகிய RNA முதலை DNA படித்தகட்டில் சேர்த்து DNA - RNA கலப்புப்பிறப்புகளைத் தோற்றுவித்து, DNA பொலிமரேசின் தொழிற்பாட்டிற்கு வசதியளிக்கும். (உரு 7.9)



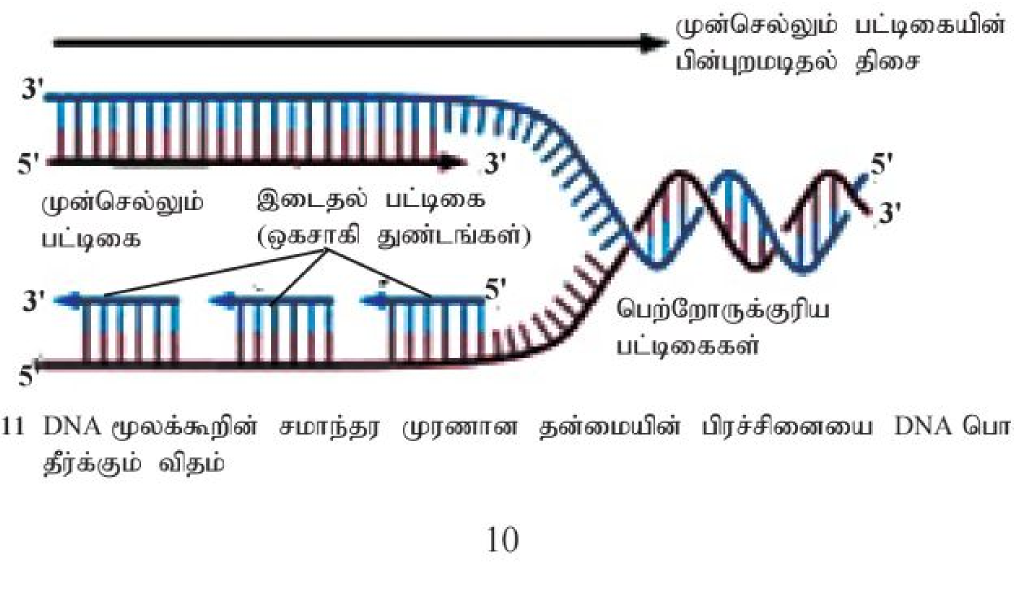
உரு 7.9 பின்புறமடிதல் தோற்றத்தானத்தில் பின்புறமடிதல் குமிழ் தோற்றுவிக்கப்பட்டு நடைபெறும் DNA பின்புறமடிதல்

DNA பொலிமரேசுகள் : பல வகையான DNA பொலிமரேசுகள் உள்ளன. ஒரு வகையான DNA பொலிமரேசு, முதல் ஒன்றின் 3' முனைக்கு DNA பல்பாத்துச்சேர்க்கையை ஆரம்பித்து வைக்கும். நிரப்புகின்ற மூலங்களுடன் டிஒக்சிறைபோநியூக்கியோரைட்டுகள் படித்தகட்டிற்குச் சேர்க்கப்பட்டு, 5' - 3' திசையில் புதிய DNA பட்டிகை நீட்சியடைவதன் மூலம் பல்பாத்துச்சேர்க்கை தொடர்ந்து நடைபெறும். (உரு 7.10)



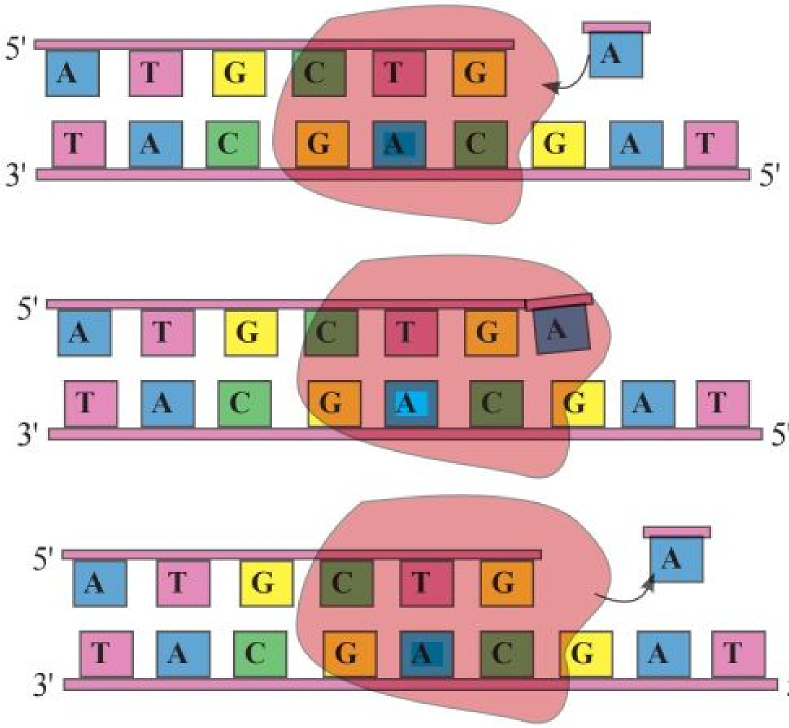
உரு 7.10 RNA முதலின் 3' முனையிலிருந்து ஆரம்பிக்கும் புதிய DNA பட்டிகை, DNA பொலிமரேசுவினால் நீட்சியடைதல்

பெற்றோர் DNA பட்டிகைகளின் நியூக்கிளியோரைட் தொடரிக்கேற்ப, வளரும் பட்டிகைக்குத் திருத்தமான நிரப்புகின்ற நியூக்கிளியோரைட்டுகள் சேர்க்கப்படுவதால் DNA பொலிமரேசு பெரும்பாலம் 100% வழுவற்றது. எனினும் சேர்க்கப்படும் 10^5 நியூக்கிளியோரைட்டுகளில் ஒரு வழு ஏற்படல் சாத்தியமானது. அச்சுப்பார்வைப்படி திருத்துதல் பொறிமுறை (proof reading) மூலம் சொந்தத் தவறுகள் திருத்தப்பட்டு, வழு வீதமானது 100,000 மடங்குகளால் (10^{10}க்கு1) குறைக்கப்படுகின்றது. எனவே, மகள் DNA மூலக்கூறுகள் பெற்றோர் DNA மூலக்கூறுகளைப் பெரும்பாலும் ஒத்திருப்பதுடன் தமக்கிடையேயும் ஒத்திருக்கும்.



உரு 7.11 DNA மூலக்கூறின் சமாந்தர முரணான தன்மையின் பிரச்சினையை DNA பொலிமரேசு தீர்க்கும் விதம்

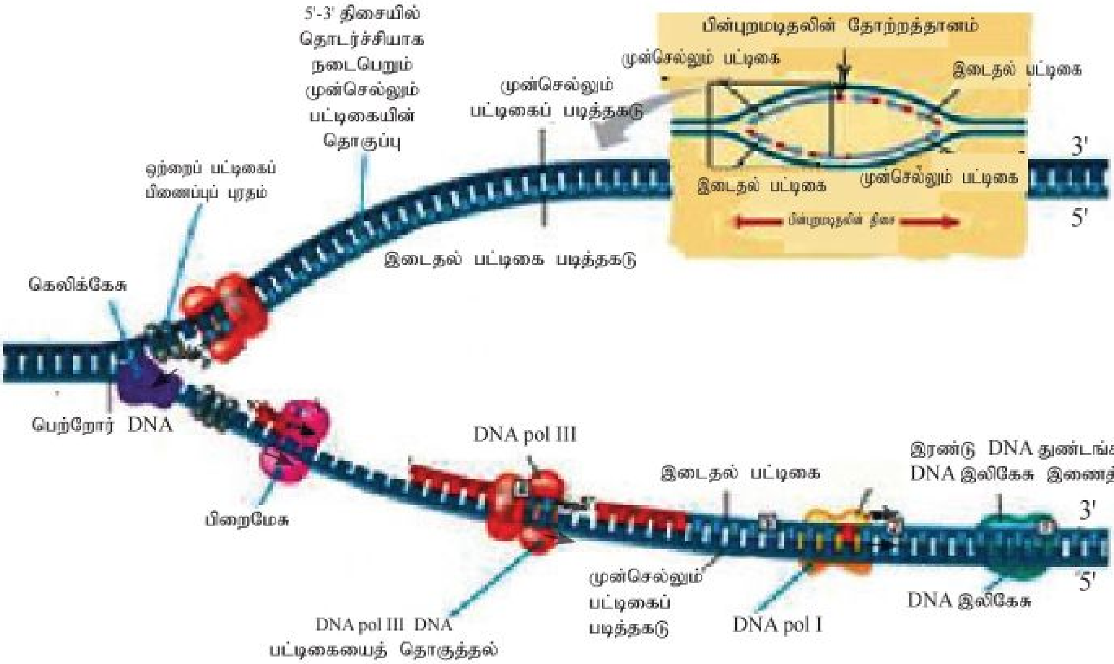
DNA பொலிமரேசு நொதியத்தால் DNA இன் வளரும் பட்டிகைக்குத் தவறான நியூக்கிளியோரைட்டு ஒன்று சேர்க்கப்படும்போது, பொருந்தாமையானது அதே நொதியத்தால் இனங்காணப்படுகின்றது; அடுத்த நியூக்கிளியோரைட்டுச் சேர்க்கப் படுதல் நிறுத்தப்படுகின்றது; எக்சோநியூக்கிளியேசு (exonuclease) தொழிற்பட்டால் தவறான நியூக்கிளியோரைட்டு அகற்றப்படுகின்றது; பொலிமரேசு தொழிற்பாடு மீண்டும் தொடருகின்றது. இது DNA பொலிமரேசின் அச்சுப்பார்வைப்படி திருத்தும் செயற்பாடு (proof reading activity) என அழைக்கப்படும்.



உரு 7.12 DNA பொலிமரேசின் அச்சுப்பார்வைப்படி திருத்தும் செயற்பாடு

இன்னொரு வகை DNA பொலிமரேசு DNA - RNA கலப்புப்பிறப்புகளை இனங் காண்கின்றது; றைபோநியூக்கிளியோரைட்டுகளை அகற்றுகின்றது; அவற்றுக்குப் பதிலாக டீஒட்சி றைபோநியூக்கிளியோரைட்டுகளைப் பிரதியீடு செய்கின்றது; இதனால் RNA முதலை DNA இனால் பிரதியீடு செய்கின்றது. தற்போது DNA துண்டம் பூரணமாக்கப்பட்டுவிட்டது. ஆனால் DNA பொலிமரேசினால் ஒகசாகி துண்டங்களின் முனைகளை இணைக்கமுடியாது. எனவே இடைவெளிகள் காணப்படும்.

DNA லிகேஸ் : DNA தொகுப்பில் புதிதாகத் தொகுக்கப்பட்ட, அருகிலுள்ள துண்டங்களை பொஸ்போஇருஎசுத்தர்ப் பிணைப்பை உருவாக்கி இணைப்பதன் மூலம் DNA இன் பூரண பட்டிகையைத் தோற்றுவிக்கும். புதிதாகத் தொகுக்கப்பட்ட DNA பட்டிகையின் இடைவெளிகளை இது அடைக்கும்.



உரு 7.13 DNA பின்புறமடிதலின் ஒட்டுமொத்தச் செயன்முறை

DNA பின்புறமடிதலின் ஒட்டுமொத்தச் செயன்முறை

நெருக்கமாகச் சுற்றப்பட்ட DNA தளர்வடைதல்

இரட்டை விரிபரப்புச்சுருள் குலைதல் / இழைவரிப்பல்லிணை இழுக்கப்பட்டுத் திறந்து கொள்ளல் (unzipping)

ஒற்றைப் பட்டிகை கொண்ட DNA உறுதியாக்கப்படல்

RNA முதலினால் DNA தொகுப்பு ஆரம்பிக்கப்படல்

புதிய DNA பட்டிகை நீளுதல் - முன்செல்லும் பட்டிகை - தொடர்ச்சியானது இடைதல் பட்டிகை - தொடர்ச்சியற்றது

RNA முதல் அகற்றப்பட்டு RNA (றைபோநியூக்கிளியோரைட்டு), DNA இனால் பிரதியிடப்படல்.

அருகிலுள்ள நியூக்கிளியோரைட்டுகளிற்கு இடையிலுள்ள இடைவெளி அடைக்கப்படல்.

புரோகரியோட்டாவுக்குரிய மற்றும் யூகரியோட்டாவுக்குரிய DNA பின்புறமடிதலிற்கு இடையேயுள்ள ஒற்றுமைகளும் வேற்றுமைகளும்

யூகரியோட்டுகளும் புரோகரியோட்டுகளும் DNA பின்புறமடிதலின் பல இயல்புகளில் ஒத்துள்ளன. அவை கெலிக்கேசைப் பயன்படுத்தி இரட்டைப் பட்டிகை DNA இன் சுருளைக் குலைவடையச் செய்யும்: DNA பொலிமரேசுகளைப் பயன்படுத்திப் பல்பாத்துச் சேர்க்கைத் தாக்கங்களை நடாத்தும். DNA பின்புறமடிதலை ஆரம்பித்து

வைக்க இரண்டிலும் தனித்துவமான தொடரிகள் (பின்புறமடிதலின் தோற்றத்தானம் - 'ஒறி' ('Ori') காணப்படும். பொதிசெய்யப்பட்ட DNA டோபோஐசோமரேசினால் தளர்வுறச் செய்யப்படும். பின்புறமடிதல் செயன்முறை முன்செல்லும் மற்றும் இடைதல் பட்டிகையைக் கொண்டு ஒரே விதமாகவே நடைபெறும். RNA முதல்கள் தோற்றுவிக்கப்பட்டுப் பிரதியீடு செய்யப்படும். இடைவெளிகள் இலிகேசினால் அடைக்கப்படும்.

இச்செயன்முறையானது மேலோட்டமாக ஒத்திருந்தபோதும் பல முக்கியமான வேறுபாடுகளும் அங்கு காணப்படுகின்றன. யூகரியோட்டாவுக்குரிய நிறமூர்த்தத்திலுள்ள DNA மூலக்கூறின் பருமன் பற்றீரியாக் கலமொன்றிலுள்ள வட்ட DNA மூலக்கூறின் பருமனை விட மிகவும் பெரிது. இதனால் புரோகரியோட்டுகள் வழமையாக 'ஒறி' ஒன்றையும் யூகரியோட்டாவுக்குரிய நிறமூர்த்தம் ஒன்று பல 'ஒறி'களையும் கொண்டிருக்கும். யூகரியோட்டுகளினதும் புரோகரியோட்டுகளினதும் DNA பொலிமரேசுகள் தொழிற்பாட்டில் ஒத்திருந்த போதும் அவற்றின் கட்டமைப்பில் ஒன்றிலிருந்து ஒன்று வேறுபட்டவை. புரோகரியோட்டுகளில் DNA பின்புறமடிதல் தொடர்ச்சியாக நடைபெறும். யூகரியோட்டுகளில் கலவட்டத்தின் S அவத்தையில் மட்டும் இது நடைபெறும்.

DNA சீரமைப்பும் அதன் முக்கியத்துவமும்

பல்வேறுபட்ட இரசாயன மற்றும் பௌதிக முகவர்களால் DNA க்கு சேதம் ஏற்படுத்தப் படலாம். இதனால் DNA இன் இரட்டைவிரிபரப்புச் சுருளில் பொருந்தாமையை ஏற்படுத்தும். இது DNA தொடரியில் நிரந்தர மாற்றத்தை ஏற்படுத்தும். இது DNA பின்புறமடிதலில் ஏற்படும் தவறுகள் அச்சுப்பார்வைப்படி திருத்துதலின்போது கவனிக்கப்படாமல் விடப்படுவதாலும் ஏற்படலாம். இது விகாரம் என அழைக்கப் படும். விகாரம் ஒன்று அல்லது விகாரங்களின் தொகுப்புக் கலமொன்றைக் கெடுதி விளைவிக்கின்றதாக்கிப் புற்றுநோயை ஏற்படுத்தலாம். விகாரங்கள் பிறப்புரிமையமைப்பைக் கூட மாற்றலாம். பெரும்பாலும் அவை கொல்லக் கூடியவையாக இருக்கும் இல்லாவிடில் சாதகமற்ற பிறப்புரிமை அமைப்புக்களையாவது தோற்றுவிக்கும். புணரிகளைத் தோற்றுவிக்கும் கலங்களில் விகாரங்கள் ஏற்பட்டால், அவை அடுத்த சந்ததிகளுக்குக் கடத்தப்பட்டு எச்சங்களிடையே மாறல்களை ஏற்படுத்தும்.

அவ்வாறான பொருந்தாமை ஒன்று ஏற்படும்போது இரட்டை விரிபரப்புச்சுருளின் வடிவம் சிதைந்து விடும். உதாரணமாக, UV கதிர்வீச்சு அருகிலுள்ள இரு தயமின் மூலங்களிடையே பங்கீட்டுப் பிணைப்பை ஏற்படுத்திவிடும். இதனால் DNA மூலக்கூறின் வடிவம் சிதைந்துவிடும். சிதைந்த இத்தொடரியால் பிறப்பிக்கப்படும் DNA மூலக்கூறுகளின் இரண்டு பிரதிகளில் ஒன்று அத்தொடரியில் நிரந்தர மாற்றத்தைக் காவும். இது விகாரம் ஆகும். இவ்வாறான சிதைந்த அமைவிடங்கள் வழமையாகக் கலத்தின் DNA சீரமைப்புப் பொறிமுறையால் இனங்காணப்பட்டு, அது நிரந்தரமாவதற்கு முன் சீரமைப்புச் செய்யப்பட்டுவிடும். இது விகாரங்களின் திரட்சியின் இடர்வாய்ப்பைக் குறைக்கும். அங்கிகளின் பிழைத்தலுக்கு DNA சீரமைப்பு

மிக அவசியமானதால் பல்வேறு அங்கிகளில் கூடுதலான எண்ணிக்கையில் DNA சீரமைப்பு நொதியங்கள் காணப்படுகின்றன.

இந்த நொதியங்கள் சேதமுற்ற பட்டிகையில் உள்ள பொருந்தாத தொடரிகளை வெட்டி அகற்றித் திருத்தமான நியூக்கிளியோரைட்டுகளைப் பிரதியீடு செய்யும். வெட்டுதல் (நறுக்கல்) நியூக்கிளியேசு ஒன்றினால் மேற்கொள்ளப்படும். சரியான பட்டிகையைப் படித்தகடாகப் பயன்படுத்தி, இடைவெளி நிரப்பப்படலானது ஒரு வகையான DNA பொலிமரேசினால் மேற்கொள்ளப்படும். இது நியூக்கிளியோரைட் நறுக்கல் சீரமைப்பு (nucleotide excision repair) எனப்படும். DNA இலிகேஸ் பொஸ்போ இருஎசுத்தர்ப் பிணைப்பினால் இடைவெளியை அடைத்து DNA பட்டிகையைப் பூரணப்படுத்தும்.

பரம்பரையலகுகளும் அவை தொழிற்படும் விதமும்

புரோகரியோட்டாவுக்குரிய மற்றும் யூகரியோட்டாவுக்குரிய பரம்பரையலகுகளின் தன்மை

1860ம் ஆண்டு Gregor Mendel தலைமுறையுரிமை விதிகளை முன்வைத்தபோது, அவர் சந்ததிக்குச் சந்ததி கடத்தப்படுகின்ற, தோற்ற அமைப்பில் வெளிக்காட்டப்படும் இயல்புகள் எவ்வாறு கட்டுப்படுத்தப்படுகின்றது என்பதை விளக்கப் பரம்பரைக் காரணிகள் என்ற பதத்தைப் பயன்படுத்தினார். அக்காலத்தில் இவை கற்பனை அலகுகளாகவும் கலக்கட்டமைப்பில் அவற்றின் அமைவிடம் அறியப்படாமலும் இருந்தது. இன்று பரம்பரைக்குரிய பௌதிக மற்றும் தொழிற்பாட்டுக்குரிய அலகுகளாகப் பரம்பரையலகுகள் அடையாளப்படுத்தப்பட்டுள்ளன. இவை நிற மூர்த்தங்களில் தனித்த அலகுகளாக அமைந்துள்ளன.

> பரம்பரையலகு
>
> பரம்பரையின் பௌதிக மற்றும் தொழிற்பாட்டிற்குரிய அடிப்படை அலகு பரம்பரையலகு ஆகும். நிறமூர்த்தமொன்றில் தனித்துவமான தானமொன்றில் அமைந்துள்ள DNA இன் துண்டமொன்றை பரம்பரையலகு உள்ளடக்கி யிருக்கும். இது RNA இன் தொடரியைக் குறிப்பிடுகின்றது.

இந்த வெளிப்படுத்துதல்கள் குழியவியலின் விருத்தி, ஒடுக்கற்பிரிவு மற்றும் இழையுருப் பிரிவுகளில் நிறமூர்த்தங்களின் நடத்தையை அவதானிக்கக்கூடிய தகைமை என்பவற்றுடன் ஆரம்பமாகின. நிறமூர்த்தங்களின் நடத்தையும் மெண்டலின் பரம்பரைக் காரணிகளின் நடத்தையும் ஒத்த கோலங்களைக் காட்டுகின்றன. யூகரி யோட்டுகளில் நிறமூர்த்தங்கள் இருமடியமான மூர்த்தக்கலங்களில் சோடியாகக் காணப்படும். எனவே பரம்பரையலகுகளும் கூடச் சோடியாகவே காணப்படும். இரண்டு பெற்றோர்களிலுமிருந்து பெறப்படும் அதே பரம்பரையலகுகளைக் கொண்ட ஒரு சோடி நிறமூர்த்தங்கள் அமைப் பொத்த நிறமூர்த்தங்கள் என அழைக்கப்படும். பொதுவாகப் புரோகரியோட்டுகள் ஒவ்வொரு கலத்திலும் ஒரு நிறமூர்த்தத்தைக் கொண்டிருக்கும். எனவே அவை ஒருமடியமாகக் கருதப்படலாம்.

நிறமூர்த்தத்தில் ஒரு பரம்பரையலகின் அமைவிடம் தானம் என அழைக்கப்படும். வெவ்வேறு நிறமூர்த்தங்களில் அதே தானத்தில் அமைந்துள்ள பரம்பரையலகுகளின் மாற்று வடிவம் பரம்பரையலகுகளின் எதிருருக்கள் என அழைக்கப்படும். புரோகரியோட்டாவுக்குரிய பரம்பரையலகுகள் வட்ட DNA மூலக்கூறின் தானங்களில் தனித்த DNAத் துண்டங்களாக அமைந்திருக்கும்.

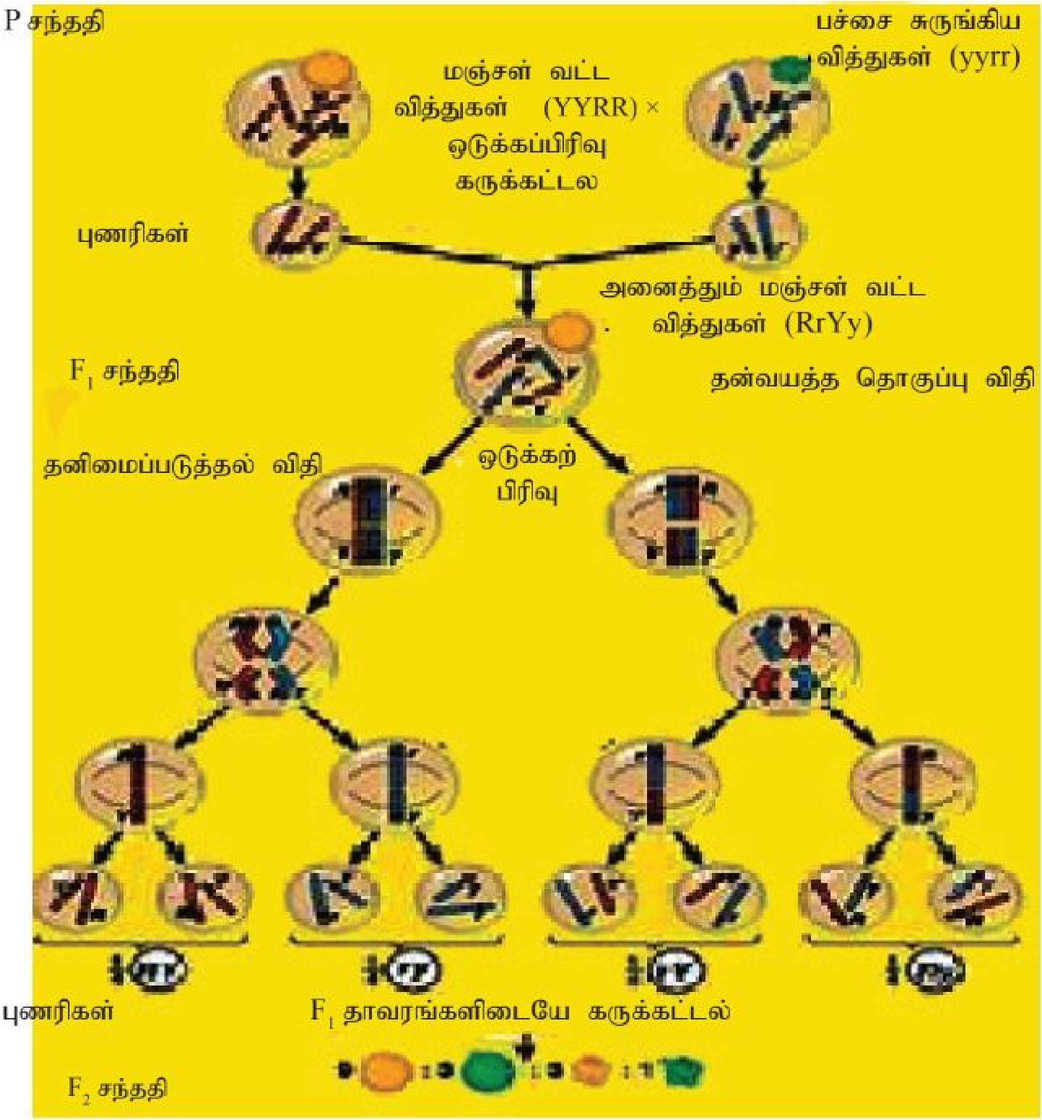
ஒப்பரோன் (Operon) :

பரம்பரையலகுகளின் கூட்டம் ஒன்று, ஒரு தனித்த ரான்ஸ்கிரிப்ஷன் அலகாகத் (transcription unit) தொழிற்படுதல். அது ஒரு கட்டுப்பாட்டுப் பிரதேசத்தையும் (ஒரு செயற்படுத்தி, ஒரு தூண்டி) கட்டமைப்புக்குரிய பரம்பரை அலகுகளையும் கொண்டது. இவை ஒரு mRNA ஆக ரான்ஸ்கிரைப் பண்ணப்படும். பல பெப்ரைட்டுகளைக் குழுக்குறிக்கும்.

ஒரு உயிரிரசாயனப் பாதைவழிக்குப் பல படிகள் இருக்கும். ஒவ்வொரு படியும் ஒரு பரம்பரையலகால் கட்டுப்படுத்தப்படும். எனவே ஒரு குறிப்பிட்ட பிறப்புரிமையமைப்பைக் கட்டுப்படுத்துவதில் பல பரம்பரையலகுகள் பங்கேற்கும். யூகரியோட்டுகளில் இப்பரம்பரை யலகுகள் பல நிறமூர்த்தங்களிடையே பரம்பி யிருக்கும். புரோகரியோட்டுகளில் பரம்பரை யலகுகள், ஒன்றன்பின் ஒன்று கொத்துகளாக நிறமூர்த்தத்தின் அதே பிரதேசத்தில் ஒழுங்கு படுத்தப்பட்டிருக்கும். ஒரு தனித்த கட்டுப்பாட்டுப் பிரதேசத்தினால் இக்கொத்துகள் ஒன்றாகவே வெளிப்படுத்தப்படும்; ஒரு mRNA இல் ரான்ஸ் கிரைப் பண்ணப்படும். இந்த mRNA மூலக் கூறுகள் பல்வேறுபட்ட பெப்தைட்டுகளாக மொழிபெயர்க்கப்படும். புரோகரியோட்டு களில் இவ்வாறு ஒழுங்கமைக்கப்பட்ட பரம்பரையலகுக் கொத்துகள் ஒப்பரோன்கள் (Operons) என அழைக்கப்படும்.

புரோகரியோட்டுகளில் நிறமூர்த்தங்களின் அனைத்து DNA துண்டங்களும் தொழிற் பாட்டுக்குரியவை (mRNA ஆக ரான்ஸ்கிரைப் பண்ணப்படக்கூடியவை அல்லது கட்டுப்பாட்டுப் பிரதேசங்களாகச் செயற்படக் கூடியவை) யூகரியோட்டுகளில் DNA இன் பெரும்பாகம் இனங்காணப்பட்ட தொழில்கள் அற்றவை. பரம்பரை யலகுகளுக்கிடையே காணப்படும் அவ்வாறான DNA துண்டங்கள் பரம்பரையலகிடை DNA என அழைக்கப்படும். அத்துடன் பரம்பரையலகினுள் உள்ள ரான்ஸ்கிரைப் செய்யப்படும் சில தொடரிகள் பல்பெப்தைட்டுகளாக மொழிபெயர்க்கப்படமாட்டாது. அதாவது குழுக்குறிக்கும் தொடரிகளும், குழுக்குறிக்காத தொடரிகளும் பரம்பரையலகின் ரான்ஸ்கிரிப்ற்றில் காணப்படும். பரம்பரையலகினுள் உள்ள குழுக்குறிக்காத தொடரிகள் இன்றோன்கள் (introns) எனவும் பல்பெப்ரைட்டுகளுக்குக் குழுக்குறிக்கும் தொடரிகள் எக்சோன்கள் (exons) எனவும் அழைக்கப்படும். இதன்படி ரான்ஸ்கிரிப்டானது, எக்சோன்களையும் இன்றோன்களையும் கொண்டிருக்கும் ரான்ஸ்கிரிப்ட் ஒரு முன் - mRNA ஆகும். இதில் இன்றோன்கள் வெட்டியகற்றப்பட்டு, எக்சோன்கள் இணைக்கப்பட்டு mRNA தோற்றுவிக்கப்படும்.

தலைமுறையுரிமையின் நிறமூர்த்தக்கொள்கை



உரு 7.14 மெண்டலின் விதிகளின் நிறமூர்த்த அடிப்படை: ஒடுக்கற்பிரிவின்போது அமைப்பொத்த நிறமூர்த்தங்களில் பரம்பரையலகுகளின் எதிருருக்களின் நடத்தை

உரு 7.14 நிறமூர்த்தங்களில் அமைந்துள்ள பரம்பரையலகுகள், அவற்றின் எதிருருக்கள் என்பவற்றினதும் மெண்டலின் பரம்பரைக் காரணிகளினதும் நடத்தை களிடையேயுள்ள சமாந்தரத்தன்மையைக் காட்டுகின்றது. பிறப்புரிமைக் கற்கையில் சேகரிக்கப்பட்ட சான்றுகள் விஞ்ஞானிகளால் கவனிக்கப்பட்டு, அவர்களில் பலரால் தலைமுறையுரிமையின் நிறமூர்த்தக் கொள்கை சுயாதீனமாக விருத்தியாக்கப்பட்டது. மெண்டலின் பரம்பரைக் காரணிகள் அல்லது பரம்பரையலகுகள் நிறமூர்த்தங்களின் தனித்துவமான தானங்களில் அமைந்திருக்கும். எனவே நிறமூர்த்தங்களும் அதிலமைந்துள்ள பரம்பரையலகுகளும் இருமடியமான கலங்களில் சோடியாகக் காணப்படும். முன்அவத்தை I இல் அமைப்பொத்த நிறமூர்த்தங்களின் சோடியாதல் நடைபெறும். அனுஅவத்தை I இல் தாய்க்குரிய மற்றும் தந்தைக்குரிய நிறமூர்த்தங்கள்

ஒரு ஒழுங்கு முறைப்படி வரிசைப்படுத்தப்படுவதில்லை. இது தன்வயத்த தொகுப்பு ஆகும். மேன்முக அவத்தை I இல் தன்வயத்த தொகுப்படைந்த அமைப்பொத்த நிறமூர்த்தங்கள் தனிமைப்படுத்தப்பட்டு நிறமூர்த்தங்களின் எண்ணிக்கை அரைவாசியாகக் குறைக்கப்படும். இது தனிமைப்படுத்தல் ஆகும். நிறமூர்த்தங்களின் தன்வயத்த தொகுப்பு, தனிமைப்படுத்தல் என்பவற்றால் அமைப்பொத்திராத நிறமூர்த்தங்களிலுள்ள பரம்பரையலகுகளின் எதிருருக்கள் அனுஅவத்தை I இல் பல்வேறு சேர்மானங்களில் தன்வயத்த தொகுப்படைகின்றன. மேன்முக அவத்தை I நிறைவுற்ற பின்னர் எதிருருக்கள் தனிமைப்படுத்தப்பட்டு, நான்கு, ஒரு மடியமான கலங்களைச் சமமான விகிதாசாரத்தில் தோற்றுவிக்கும். இவை பல்வேறு எதிருருச் சேர்மானங்களைக் கொண்டிருக்கும். F_1 ஐ எழுந்தமானமான கலப்புக்கு உட்படுத்திய பின்னர் மெண்டலால் அவதானிக்கப்பட்ட F_2 சந்ததியின் தோற்றவமைப்பு விகிதங்கள் இதே நியாயித்தல் மூலம் விளக்கப்படலாம்.

பரம்பரையலகு வெளிப்பாடு

பரம்பரையலகு ஒன்று செயற்படும்போது பரம்பரையலகானது இயல்புகளைக் கட்டுப்படுத்துகின்றன. இது பரம்பரையலகு வெளிப்படுத்தப்படுகின்றது எனக் கூறப்படும். பரம்பரையலகின் வெளிப்பாடானது, ஒரு பரம்பரையலகில் சேமிக்கப் பட்டுள்ள தகவல்களால், தொழிற்பாட்டிற்குரிய பரம்பரையலகு விளைபொருளைத் தயாரிக்கப் பயன்படுத்தப்படும் செயன்முறையாகும். ஒரு பரம்பரையலகின் ஈற்று விளைபொருள் வழமையாக ஒரு பல்பெப்ரைட்டு ஆகும். இது பொருத்தமான திரிபுகளுக்கு உட்பட்ட பின்னர் ஒரு புரதமாக மாறும். எனினும் பல RNA களும் பரம்பரையலகின் ஈற்றுவிளைபொருளாகத் தொழிற்படுகின்றன. உதாரணமாக இறைபோசோமுக்குரிய RNA (rRNA) மற்றும் இடமாற்றும் RNA (tRNA) என்பன நேரடியான தொழிற்பாடுகளைக் கொண்ட அவ்வாறான RNA மூலக்கூறுகள் ஆகும்.

பரம்பரையலகுகள் எவ்வாறு இயல்புகளைக் கட்டுப்படுத்துகின்றன எனப் பரிசீலிக்கப்பட்டபோது (Archibald Garrod இடமிருந்து 1902 இல் முதலாவது பரிந்துரை முன்வைக்கப்பட்டது) தேவையான நொதியங்களை உற்பத்தி செய்ய முடியாமையினால் அனுசேபத்தில் உடன்பிறந்த தவறுகள் ஏற்படுவதன் விளைவாக தலைமுறையுரிமை பெற்ற நோய்கள் ஏற்படும். அல்கப்டோநியூரியா (Alkaptonuria) என்னும் ஒர பரம்பரை நோயின் நோயறிகுறி அல்கப்டோன் (Alkapton) என்ற இரசாயனப்பொருளை அனுசேபத்திற்கு உட்படுத்தக்கூடிய நொதியம் தொகுக்கப்படாமை ஆகும். நோயாளிகளில் அல்கப்டோன் சிறுநீரில் காணப்படுவதுடன் அதன் ஒட்சியேற்றத்தினால் சிறுநீர் கறுப்பு நிறமாகும்.

பரம்பரையலகு வெளிப்பாடானது, ஒரு பரம்பரையலகில் அல்லது DNA துண்ட மொன்றில் சேமிக்கப்பட்ட தகவல்கள் RNA தொடரியாகப் பிரதி பண்ணப்படுவதில் ஆரம்பிக்கின்றது. பல்பெப்ரைட்டுகளின் தொகுப்பில் பரம்பரையலகு நேரடியாகப் பல் பெப்ரைட்டாக மாற்றப்படுவதில்லை. ஆனால் DNA இலுள்ள செய்தியை பல்பெப்ரைட்டிலுள்ள செய்திக்குக் கடத்துவதில் பங்குபற்றுகின்றது. RNA மூலக்

கூறானது DNA இலிருந்து பல்பெப்ரைட்டுகளுக்குத் தகவல்களைத் தொடர்பாடும் செய்திகாவியாகத் தொழிற்படுவதால், இது செய்திகாவும் RNA (mRNA) என அழைக்கப்படும். பல்பெப்ரைட்டுகளின் தொகுப்பில் 2 படிகள் உள்ளன.

அவையாவன;

1) ரான்ஸ்கிரிப்ஷன் (Transcription) - DNA தொடரி ஒன்று mRNA ஆகப் பிரதி பண்ணப்படல்.
2) மொழிபெயர்த்தல் - mRNA இலுள்ள தகவல்களை அமினோஅமிலங்களின் தொடரி ஒன்றுக்கு மாற்றுதல்.

ரான்ஸ்கிரிப்ஷன் பின்புறமடிதலை ஒத்தது. ஏனெனில் DNA பட்டிகை ஒன்று நிரப்புகின்ற mRNA பட்டிகையைத் தோற்றுவிக்கும் ஒரு படித்தகடாகத் தொழிற் படும். ரான்ஸ்கிரிப்ஷனிலுள்ள வேறுபாடானது ஒரு DNA பட்டிகை மட்டும் பிரதி செய்யப்படுவதுடன், பிரதி ஒரு RNA மூலக்கூறாக இருப்பதும் ஆகும். பல்பாத்துச் சேர்க்கையை ஊக்கும் பிரதான நொதியம் RNA பொலிமரேசு ஆகும். இந்த RNA ஆனது பரம்பரையலகில் சேமிக்கப்பட்டுள்ள செய்தியை பல்பெப்ரைட் சங்கிலி தொகுக்கப்படும் இடத்துக்குக் கடத்துவதால் அது mRNA ஆகும்.

mRNA இலுள்ள செய்தி அமினோஅமிலங்களின் தொடரிக்கு மொழிபெயர்க்கப்படும். இச்செயன்முறையானது, சைற்றோசொல்லில் (cytosol) காணப்படுகின்ற இறைபோ சோம்களுடன் கூட்டாக மேற்கொள்ளப்படும்.

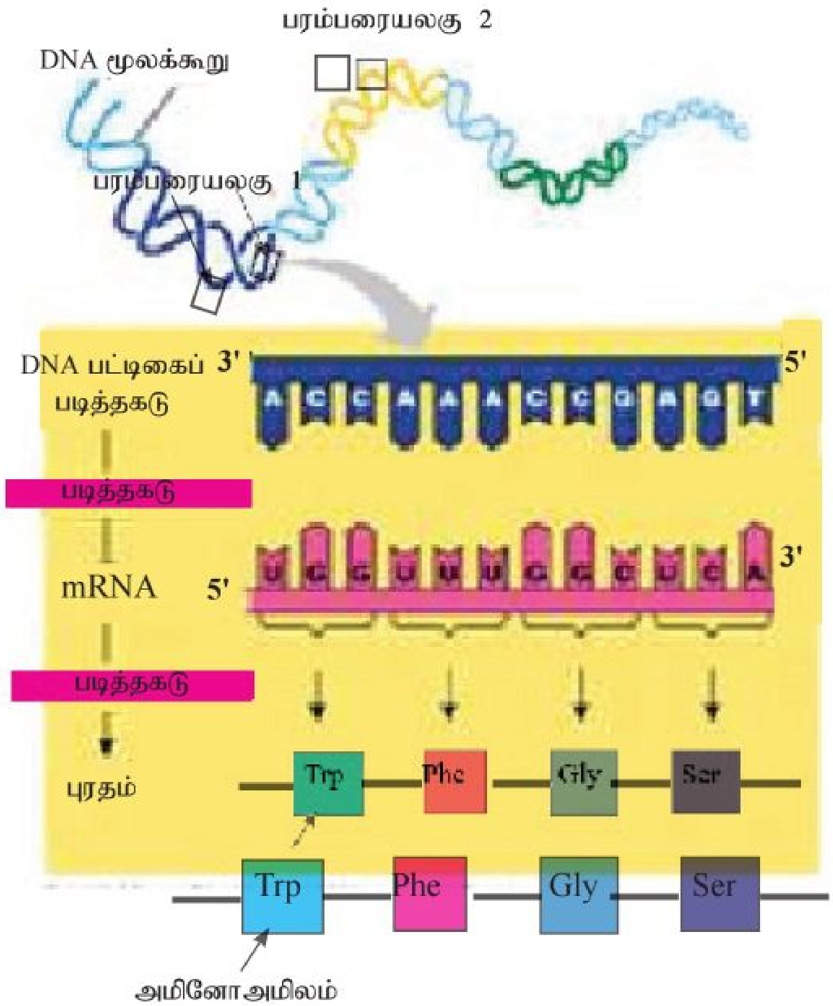
mRNA க்கு மேலதிகமாக, வேறுவகையான RNA களும் நொதியங்களும் பல்பெப்ரைட்டுத் தொகுப்பில் ஈடுபடுகின்றன. புரோகரியோட்டுகளிலும் யூகரியோட்டு களிலும் பல்பெப்ரைட் தொகுப்புச் செயன்முறையின் அடிப்படைப் பொறிமுறை ஒத்தது. சில முக்கியமான வேறுபாடுகள் அதில் காணப்படும்.

பிறப்புரிமைப் பரிபாடை

ரான்ஸ்கிரிப்ஷனில் படித்தகட்டின் ஒவ்வொரு எழுத்தும் அதனுடன் பொருந்தி இருக்கின்ற எழுத்தாக mRNA இல் பிரதிபண்ணப்படும். mRNA ஆனது, படித்தகட்டிற்கு நிரப்புகின்றதாக அமையும் என்பதைக் கவனிக்க. எனவே இது மற்றைய DNA பட்டிகையின் ஒரு பிரதியாக அமையும். இது வெளிப்படையான, நேருக்கு நேரான பிரதிபண்ணலாகக் காணப்படுகின்றது. மறுபுறம் நியூக்கிளிக்கமிலத்தின் மொழி நான்கு எழுத்துகளையும் (நியூக்கிளியோரைட்டுகள்) புரதத்தின் மொழி 20 எழுத்துகளையும் (அமினோஅமிலங்கள்) கொண்டிருக்கும். ஒவ்வொரு வகையான நியூக்கிளியோரைட்டுகளும் அமினோஅமிலமாக மொழிபெயர்க்கப்பட்டிருப்பின் அங்கு நான்கு அமினோஅமிலங்கள் மட்டுமே குழுக்குறிக்கப்பட்டிருக்கும். எனவே ஒரு அமினோஅமிலத்தைப் குழுக்குறிப்பதற்கு நியூக்கிளியோரைட்டுகளின் சேர்மானம் ஒன்று தேவைப்படும். நியூக்கிளியோரைட்டுகளின் மூன்றன் தொகுதியால் அமினோஅமிலங்கள் குழுக்குறிக்கப்படுகின்றன எனப் பரிசோதனைகளால்

நிரூபிக்கப்பட்டுள்ளது. புரதத்தொகுப்பானது, மூன்றன் தொகுதி ஒன்றை அடிப்படையாகக் கொண்டது. எனவே பிறப்புரிமைப்பரிபாடை என்பது மூன்றன் தொகுதிப் பரிபாடை ஒன்றாகும். மூன்றெழுத்துச் சேர்மானம் அல்லது மூன்றன் தொகுதியைக் கருதும்போது, அங்கு $4^3 = 64$ சாத்தியங்கள் உள்ளன. மூன்றெழுத்துச் சொற்கள் அல்லது மூன்றன் தொகுதிகள் ஒன்றன் பின் ஒன்றாக வாசிக்கப்படும். அத்துடன் இவை மேற்பொருந்தாதவை. அனைத்துச் சொற்களும் மூன்று எழுத்துக்களைக் கொண்டவையாதலால் சொற்களை எல்லைப்படுத்துவதற்கு இடைவெளி தேவை. பரம்பரையலகு ஒன்றிலுள்ள மேற்பொருந்தாத மூன்றெழுத்துக் கொண்ட சொல்லில் சேமிக்கப்பட்டுள்ள பிறப்புரிமைப்பரிபாடை, நிரப்புகின்ற mRNA இல் மூன்றெழுத்துக் கொண்ட, மேற்பொருந்தாத சொல்லாகப் பிரதிபண்ணப்படுகின்றது. ஒரே நேரத்தில் மூன்றெழுத்துகளையும் வாசித்து, ஒவ்வொரு மூன்றெழுத்துகளுக்குப் பொருத்தமான அமினோஅமிலத்தை இனங்காணல் மூலம் அது மொழிபெயர்க்கப்படுகின்றது. (உரு 7.16) mRNA இன் நியூக்கிளியோரைட்டு மூலங்களின் மூன்றன் தொகுதி அல்லது அமினோஅமில உருவாக்கத்திற்கான குழுக்குறித்தல் கோடோன் என அழைக்கப்படும். எனவே பிறப்புரிமைப் பரிபாடையில் 64 கோடோன்கள் உள்ளன.

64 இல் 61 மூன்றன் தொகுதிகள், 20 அமினோஅமிலங்களுக்குக் குழுக்குறிக்கும். ஏனைய மூன்றும் மொழிபெயர்ப்பின் "நிறுத்தல்" சைகையாக அல்லது "முடிவு பெறும்" கோடோன்களாகப் (UAA, UAG, UGA) பயன்படுத்தப்படும். AUG கோடோன் மெதியோனையைக் (Met) குழுக்குறித்துத் "தொடக்கக் கோடோனாக" செயற்பட்டு, mRNA இன் மொழிபெயர்ப்பை இக்கோடோனில் ஆரம்பிப்பதற்குப் புரதத்தைத் தொகுக்கும் இயந்திரத்தொகுதிக்குச் சைகையை வழங்கும். எனவே அனைத்துப் புரதங்களினதும் முதலாவது அமினோஅமிலம் மெதியோனைன் ஆகும். ஆனால் மொழிபெயர்ப்பின் இறுதியில் நொதியச்செயற்பாட்டின் மூலம் மெதியோனைன் அகற்றப்படலாம். உரு 7.16 அனைத்துக் கோடோன்களையும் (64) எந்த அமினோஅமிலத்தை வகைகுறிக்கின்றது என்பதையும் காட்டுகின்றது. ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட கோடோன்களால் சில அமினோஅமிலங்கள் குழுக்குறிக்கப்படுவதை இலகுவாக அவதானிக்கக் கூடியதாகவுள்ளது.



உரு 7.15 பிறப்புரிமைப் பரிபாடையானது மூன்றன் தொகுதிக் கோடோன்களைப் பயன்படுத்தி mRNAக்குப் பிரதிபண்ணப்பட்டு, பல்பெப்ரைட் சங்கிலியிலுள்ள அமினோஅமிலமாக மொழிபெயர்க்கப்படுகின்றது.

செய்தியொன்றைத் திருத்தமாக வாசிப்பதற்குத் தொடக்கப்புள்ளி ஒன்று, முடிவுபெறும் புள்ளி ஒன்று என்பவற்றுடன் எழுத்துகளின் சரியான தொடரியும் இனங்காணப்பட வேண்டும். இது வாசிப்புச் சட்டகம் (reading frame) என அழைக்கப்படும். புரதத்தைத் தொகுக்கும் இயந்திரத்தொகுதியானது மேற்பொருந்தாத வடிவமைப்பில் உள்ள மூன்றன் தொகுதியை ஒன்றின்பின் ஒன்றாக வாசிப்பதுடன் வாசிப்பை துல்லியமான நிலையில் தொடங்கி முடிக்கும். அனைத்துச் சொற்களும் மூன்றெழுத்துக் கொண்டவையாதலால் சொற்களுக்கிடையே இடைவெளி தேவையற்றது. வாசிப்பானது, தவறான இடமொன்றில் ஆரம்பித்தால் தவறான செய்தியொன்று வாசிக்கப்பட்டு, தவறான பல்பெப்ரைட் ஒன்று தொகுக்கப்படும். வாசிப்புச் சட்டகத்தில் ஒரு எழுத்து விடுபட்டாலோ அல்லது சேர்க்கப்பட்டாலோ தவறான செய்தி அப்புள்ளியிலிருந்து வாசிக்கப்பட்டு தவறான பல்பெப்ரைட் தொகுக்கப்படும். மரபுரீதியாகச் செய்தி வாசிப்பானது, எப்போதும் இடமிருந்து வலமாக அமையும்.

பிறப்புரிமைப் பரிபாடையின் இன்னொரு சுவாரசியமான அம்சம் அதனது பொதுமை ஆகும். அதாவது, ஏறத்தாழ எல்லா அங்கிகளுமே ஒத்த பிறப்புரிமைப் பரிபாடையைக் கொண்டிருக்கின்றன. அதன்படி அங்கி ஒன்றிலிருந்து ஒரு பரம்பரையலகு தனிமையாக்கப்பட்டு, அதனுடன் தொடர்புடைய அல்லது தொடர்பற்ற வேறொரு அங்கிக்கு இணைக்கப்படும்போது அதே புரதத்தை வெளிப்படுத்த வேண்டும். இவ்வாறே பற்றீரியாவினால் மனித இன்சுலின் உற்பத்தியாக்கப்படுகின்றது. இன்சுலின் புரதத்திற்கான வாசிப்புச் சட்டகமானது மனிதன், பற்றீரியாக் கலம் இரண்டிலுமே திட்டவட்டமாக அதே முறையிலேயே மொழிபெயர்க்கப்படுகின்றது. மின்மினிப்பூச்சி ஒன்றின் பரம்பரையலகு புகையிலைத் தாவரமொன்றால் வெளிப்படுத்தப்படலாம். இதனால் தாவரம் ஒளியை வெளிவிடும்.

இரண்டாம் எழுத்து

முதலாம் எழுத்து	U	C	A	G	மூன்றாம் எழுத்து
U	UUU Phe	UCU Ser	UAU Tyr	UGU Cys	U
	UUC Phe	UCC Ser	UAC Tyr	UGC Cys	C
	UUA Leu	UCA Ser	**UAA Stop**	**UGA Stop**	A
	UUG Leu	UCG Ser	**UAG Stop**	UGG Trp	G
C	CUU Leu	CCU Pro	CAU His	CGU Arg	U
	CUC Leu	CCC Pro	CAC His	CGC Arg	C
	CUA Leu	CCA Pro	CAA Gln	CGA Arg	A
	CUG Leu	CCG Pro	CAG Gln	CGG Arg	G
A	AUU Ile	ACU Thr	AAU Asn	AGU Ser	U
	AUC Ile	ACC Thr	AAC Asn	AGC Ser	C
	AUA Ile	ACA Thr	AAA Lys	AGA Arg	A
	AUG Met	ACG Thr	AAG Lys	AGG Arg	G
G	GUU Val	GCU Ala	GAU Asp	GGU Gly	U
	GUC Val	GCC Ala	GAC Asp	GGC Gly	C
	GUA Val	GCA Ala	GAA Glu	GGA Gly	A
	GUG Val	GCG Ala	GAG Glu	GGG Gly	G

உரு 7.16 m RNA க்கான கோடோன் அட்டவணை

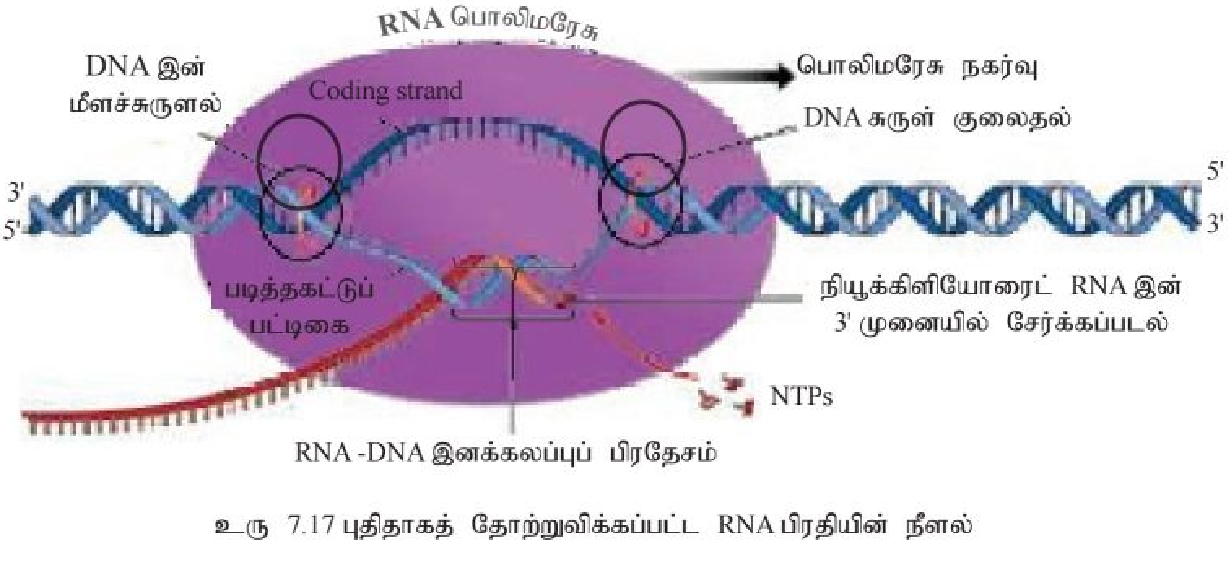
பொலிபெப்ரைட்டுத் தொகுப்புப் பொறிமுறை

I ரான்ஸ்கிரிப்ஷன் (Transcription)

இது DNA ஆல் இயக்கப்படுகின்ற RNA தொகுப்பு ஆகும். மூன்று படிகளில் இது பூர்த்தியாக்கப்படும்.

1) **தொடக்கம்** : தூண்டி என அழைக்கப்படும் ஒரு தனித்துவமான இடத்தில் ரான்ஸ்கிரிப்ஷன் செயன்முறை தொடக்கிவைக்கப்படும். தூண்டித் தானம், ரான்ஸ்கிரிப்ஷன் தொடக்கத் தானத்தையும் பல்வேறு நியூக்கிளியோரைட்டு களையும் உள்ளடக்கியது. இரட்டைப்பட்டிகை கொண்ட DNA இன் ஒரு பட்டிகை மட்டும் ரான்ஸ்கிரிப்ஷனுக்கான படித்தகடாகத் தொழிற்படும். படித்தகட்டுப் பட்டிகை மட்டுமே RNA பொலிமரேசு பிணைக்கப்படலை எளிதாக்கும். சரியான திசைகோட்டுச் சேர்க்கையில் தூண்டித் தொடரியைக் கொண்டிருப்பதே இதற்கான காரணமாகும். RNA பல்பாத்துச்சேர்க்கையில் ஈடுபடும் நொதியம் RNA பொலிமரேசு ஆகும். இது சரியான திசைகோட்டுச் சேர்க்கையில் உள்ள தூண்டித் தானத்தில் பிணையும். RNA பொலிமரேசு இரண்டு DNA பட்டிகைகளினதும் சுருளைக் குலைத்துத் தொடக்கத் தானத்தில் ரான்ஸ் கிரிப்ஷனை ஆரம்பித்து வைக்கும். RNA பொலிமரேசின் ஒரு கூறு கெலிக்கேசின் செயற்பாட்டைக் கொண்டது. இதனால் DNA கெலிக்கேசு ரான்ஸ்கிரிப்ஷனில் பங்குகொள்வதில்லை.

2) **நீளல்** : RNA பொலிமரேசு நொதியங்கள், DNA படித்தகட்டிற்கு எதிராக நிரப்புகின்ற றைபோநியூக்கிளியோரைட்டுகளைச் சேர்க்க ஆரம்பிக்கும். RNA பொலிமரேசு, ரான்ஸ்கிரிப்ஷன் முடிவுபெறும் தானத்தை அடையும்வரை 5' இலிருந்து 3' திசையில் நியூக்கிளியோரைட்டுகளைத் தொடர்ந்து சேர்க்கும். RNA பொலிமரேசு முன்னோக்கி நகரும்போது DNA பட்டிகைகளின் சுருள் குலைந்து DNA படித்தகடு வெளிக்காட்டப்படும். இது றைபோநியூக்கிளியோரைட்டுடன் சோடியாவதை அனுமதிக்கும். மறுமுனையிலுள்ள இரண்டு பட்டிகைகளும் மீளச்சுருளடையும். (உரு 7.17)



உரு 7.17 புதிதாகத் தோற்றுவிக்கப்பட்ட RNA பிரதியின் நீளல்

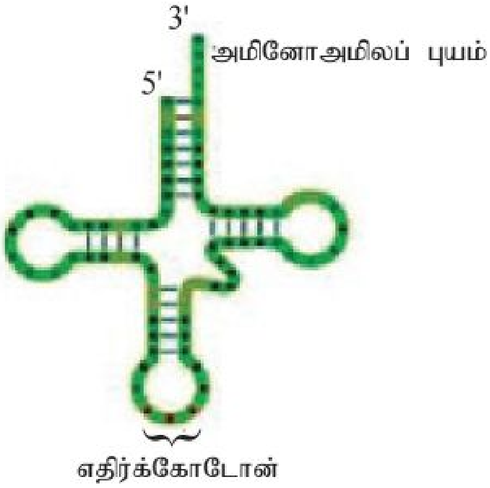
3) **முடிவுபெறல்** : புரோகரியோட்டுகளில் DNA இன் முடிவுபெறும் தொடரியைக் கடந்த பின்னரும் பல்பாத்துச்சேர்க்கை தொடரும். RNA பொலிமரேசு நொதியம் விழுந்து விடுவதுடன் ரான்ஸ்கிரிப்ஷன் முடிவுக்குக் கொண்டு வரப்படும்.

முடிவுபெறலின் பின்னர், யூகரியோட்டுகளில் புதிதாகத் தொகுக்கப்பட்ட முன் mRNA மூலக்கூறுகள் RNA செயன்முறையாக்கத்திற்கு உட்படும். முதிர்ந்த RNA கருவிலிருந்து வெளியேறும்.

II மொழிபெயர்த்தல்

mRNA, சைற்றோசொல்லை அடைந்தவுடன் மொழிபெயர்ப்புச் செயன்முறை ஆரம்பிக்கப்படும். mRNA இல் மூன்றன் தொகுதிக் கோடோன்களின் தொடரியாக எழுதப்பட்டுள்ள செய்தி இறைபோசோம்களினால் வாசிக்கப்படும். இது இடமாற்றும் RNA இன் (tRNA) உதவியுடன் பல்பெப்ரைட்டிலுள்ள அமினோஅமிலங்களின் தொடரியாக மொழிபெயர்க்கப்படும். ஒரு tRNA சைற்றோசொல்லிலுள்ள பொதுக் கூட்டிலிருந்து சரியான அமினோஅமிலம் ஒன்றை இறைபோசோமுக்குக் கொண்டு செல்லும். இறைபோசோம் பெப்ரைட் பிணைப்பை ஆக்குவதன் மூலம் பல்பெப்ரைட் சங்கிலியின் வளரும் முனை அமினோஅமிலத்தைச் சேர்க்கும். மொழிபெயர்ப்பில் மிகமுக்கியமான ஆட்டக்காரர் tRNA களாகும்.

தற்சிறப்பான tRNA மூலக்கூறு ஒன்றுடன் அதன் ஒருமுனையில் தற்சிறப்பான அமினோஅமிலம் ஒன்று இணைந்துகொள்ளும். அது தற்சிறப்பான அமைவிடம் ஒன்றில் நியூக்கிளியோரைட்டுகளின் மூன்றன் தொகுதி ஒன்றையும் காவும். இது mRNA இலுள்ள கோடோன்களுக்கு நிரப்புகின்றதாகக் காணப்படும். இந்த மூன்றன் தொகுதி எதிர்க்கோடோன் எனப்படும். இது mRNA இலுள்ள கோடோன்களுடன் மூலச்சோடியாக்கலுக்கு உள்ளாகும். (உரு7.18) tRNA மூலக்கூறானது, மூன்றன் தொகுதிக் கோடோனுக்கும் அதனால் வகைகுறிக்கப்படும் அமினோஅமிலத்துக்குமிடையே இசைவாக்கி மூலக்கூறாக (adapter molecule) இவ்வாறு மொழிபெயர்ப்பினை மேற்கொள்ளும்.



உரு 7.18 குளோவர் இலைக் கட்டமைப்பைக் காட்டும் tRNA இன் இருபரிமாண மாதிரி

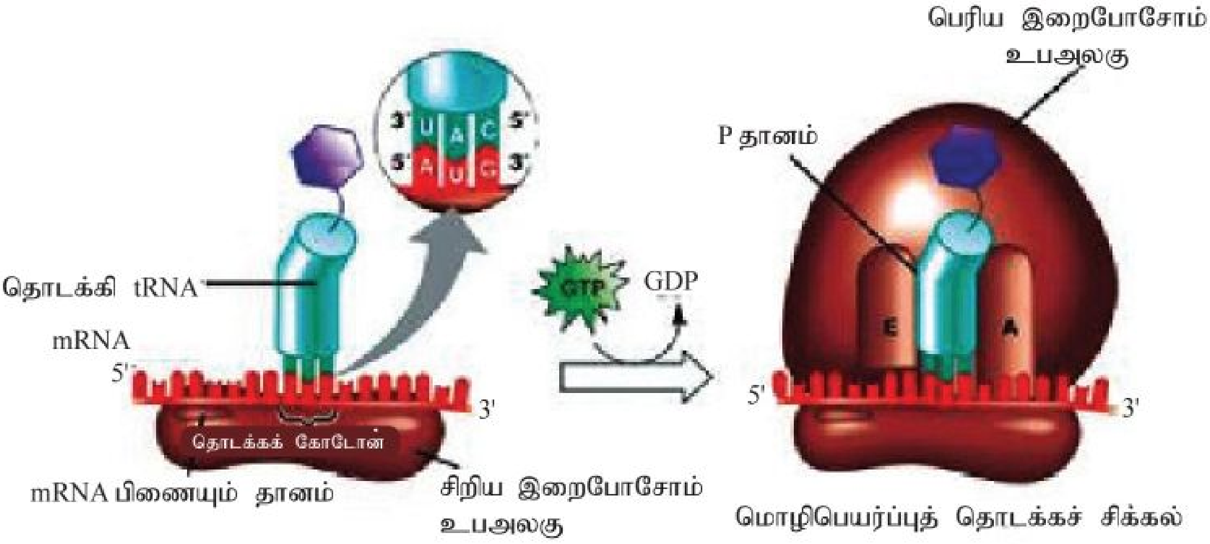
இறைபோசோமின் கட்டமைப்பு

உரு 7.19 இறைபோசோமின் கட்டமைப்பு

மொழிபெயர்ப்புச் செயன்முறை

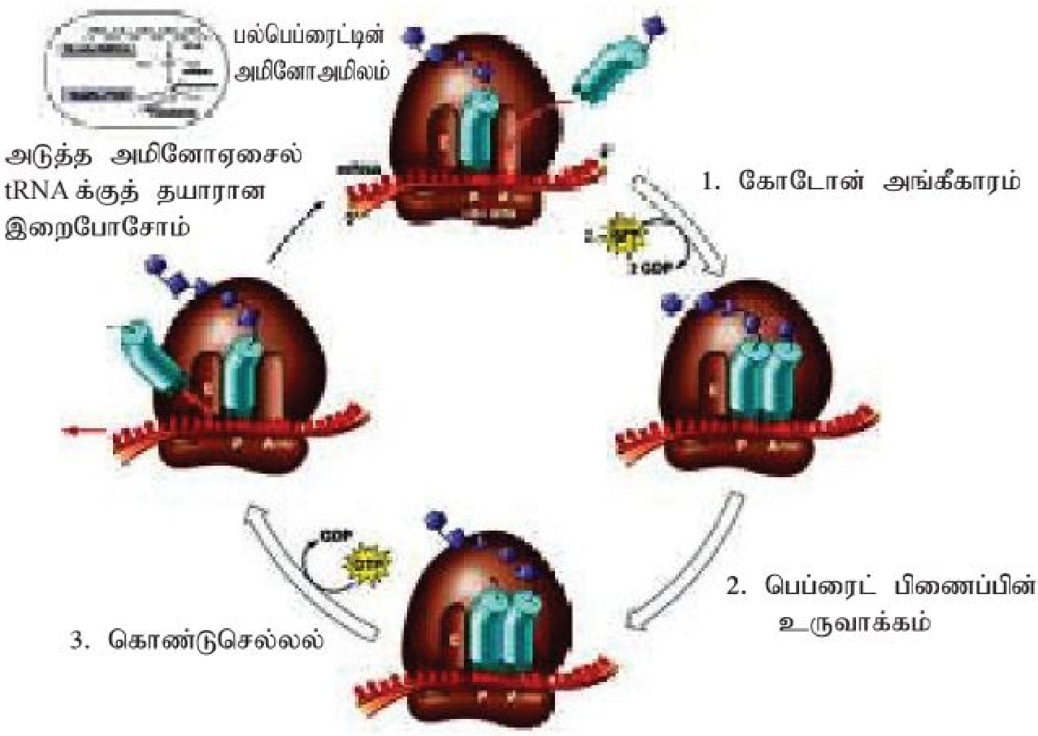
இதுவும் 3 படிகளில் நிறைவேற்றப்படும்.

1) **தொடக்கம் :** தொடக்கத்தின் முதற்படியில் இறைபோசோமின் சிறிய உபஅலகு mRNA உடனும் முதலாவது அமினோஅமிலமான மெதியோனைனைக் காவும் தொடக்கி tRNA உடனும் இணையும். பின்னர் இறைபோசோமின் இரண்டு உபஅலகுகளும் இணைந்து தொழிற்படும் இறைபோசோமைத் தோற்றுவிக்கும். mRNA, தொடக்கி tRNA என்பவற்றைக் கொண்ட இறைபோசோம் உபஅலகுகளின் சிக்கல் மொழிபெயர்ப்புத் தொடக்கச் சிக்கல் என அழைக்கப்படும். (உரு 7.20) AUG தொடக்கக் கோடோனானது பெரிய உபஅலகின் P தானத்துடன் வரிசைப்படுத்தப்படும் வரை mRNA நகரும். அதன் பின்னர் தொடக்கி tRNA இன் எதிர்க்கோடோன் AUG தொடக்கக் கோடோனுடன் ஐதரசன் பிணைப்பை ஏற்படுத்தும். இது மொழிபெயர்ப்புக்கான தொடக்கத்தின் சைகையாகும்.



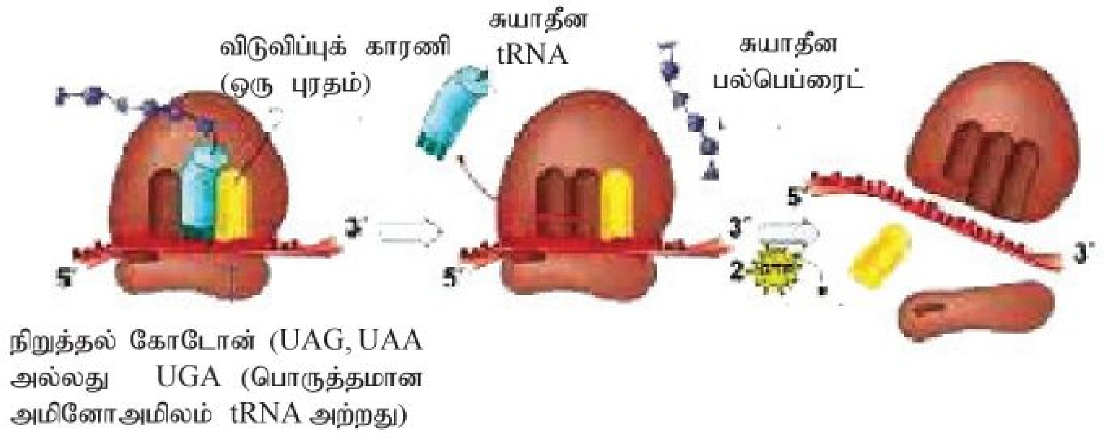
உரு 7.20 மொழிபெயர்ப்புத் தொடக்கச் சிக்கலின் உருவாக்கம்

2) **நீளல் :** இப்படியில், அமினோஅமிலங்கள் வளரும் பல்பெப்ரைட் சங்கிலியின் C - முனையத்திற்கு பெப்ரைட் பிணைப்புகளால் சேர்க்கப்படும். இது மூன்றன் தொகுதிக் கோடோன்களால் ஆளப்பட்டு, ஒன்றன் பின் ஒன்றாக நடைபெறும். நீளல் மூன்று படிகளைக் கொண்ட சக்கரம் மூலம் பூர்த்திசெய்யப்படும். தொடக்கப் படியின் இறுதியில் P தானம் tRNA ஐக் கொண்டிருப்பதுடன் மெதியோனைனுடன் இணைந்துமிருக்கும். A தானம் வெறுமையாக இருப்பதுடன் அயற்கோடோனுடன் வரிசையாக்கப்பட்டிருக்கும். இரண்டாவது tRNA ஆனது பொருந்தி இருக்கின்ற அமினோஅமிலத்துடன் A தானத்துக்குக் கொண்டு வரப்பட்டு, அங்கு கோடோனானது எதிர்க்கோடோனுடன் பொருந்தச் செய்யப்படும். சக்கரத்தின் முதலாவது படி, கோடோன் அங்கீகாரம் (codon recognition) ஆகும். இரண்டாவது படியாக, P தானத்திலுள்ள வளரும் பல்பெப்ரைட் சங்கிலியின் காபொட்சைல் கூட்டத்திற்கும் A தானத்திலுள்ள அமினோஅமிலத்தின் அமைனோ கூட்டத்திற்கும் இடையே பெப்ரைட் பிணைப்பு ஒன்று தோற்றுவிக்கப்படும். இத்தாக்கமானது ஒரு rRNA ஆல் ஊக்குவிக்கப்படும். மூன்றாவது படியானது, mRNA இன் கொண்டு செல்லலாகும். mRNA ஆனது கோடோனிலிருந்து கோடோனுக்கு ஒரு திசைவழியே நகரும். இச்செயன்முறையின் போது A தானத்திலுள்ள வளரும் பல்பெப்ரைட் சங்கிலியுடன் tRNA P தானத்தை நோக்கி நகரும். P தானத்தில் விடுவிக்கப்பட்ட tRNA, அதே நேரத்தில் E தானத்தை நோக்கி நகரும். E தானத்திலிருந்து அது சைற்றோசொல்லுக்கு விடுவிக்கப்படும். A தானம் இப்போது அடுத்த கோடோனுடன் வரிசைப்படுத்தப்பட்டுவிடும். எனவே சக்கரச் செயன்முறை தொடர முடியும். நீளற் செயன்முறைக்கான சக்தித் தேவைக்கு GTP பயன்படுத்தப்படும். (உரு 7.21)



உரு 7.21 மொழிபெயர்ப்பில் நீளற் படியில் சக்கரமாக நடைபெறும் மூன்று படிகள்

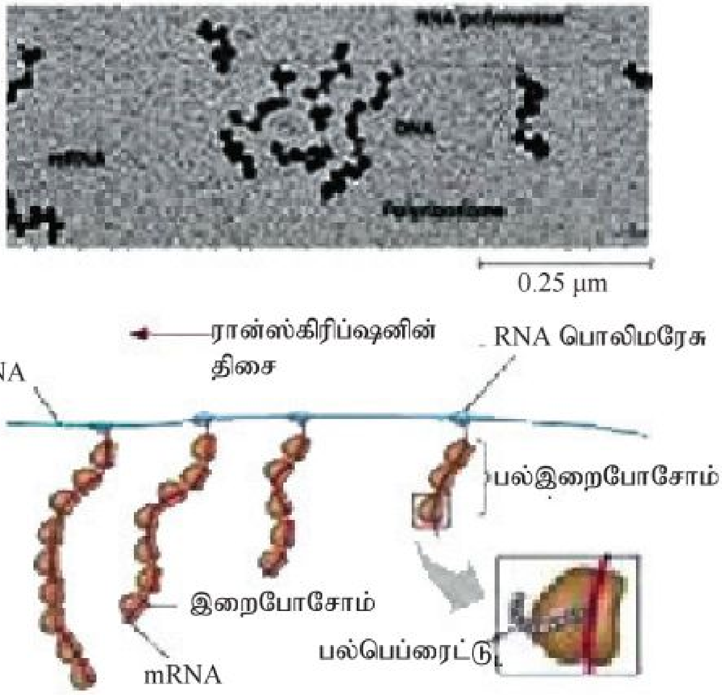
3) முடிவுபெறல் : mRNA நகர்ந்து கொண்டிருக்கும்போது A தானத்திலுள்ள நிறுத்தல் கோடோனான UAG, UAA, UGA போன்ற ஏதாவது ஒன்றுடன் இறுதியில் வரிசைப்படுத்தப்படும். இவை எந்தவொரு அமினோஅமிலத்தையும் குழுக்குறிப்பதில்லை. எனவே A தானத்திற்கு tRNA வருவதில்லை. பூரணப்படுத்தப்பட்ட பல்பெப்ரைட் சங்கிலி சைற்றோசொல்லினுள் விடுவிக்கப் படும். இறைபோசோமும் மீதமாகவுள்ள மொழிபெயர்ப்புக் கூட்டும் பிரிந்து விடும். (உரு 7.22)



உரு 7.22 புரதத்தொகுப்பு முடிவுபெறல்

பல்இறைபோசோம்கள் / பொலிசோம்கள்

mRNA போதியளவு தூரம் நகர்ந்த பின் இரண்டாவது இறைபோசோம் அதனுடன் இணைந்து கொள்ளமுடியும். mRNA இன் நீளத்திற்கேற்ப ஏககாலத்தில் பல இறைபோசோம்கள் இணைந்து கொள்ளமுடியும். அதனால் உயிர்ப்பாக மொழிபெயர்க்கும் mRNAகள், அவற்றின் இழையுடன் பல இறைபோசோம்களை இணைத்துப் பல்இறைபோசோம்களை அல்லது பொலிசோம்களைத் தோற்றுவிக்கும். அவை ஏககாலத்தில் பல இறைபோசோம்களின் மொழிபெயர்ப்புக்கு இடங் கொடுப்பதால் மொழிபெயர்ப்பு வீதம் பொலிசோம்களால் அதிகரிக்கும்.



உரு 7.23 புரோகரியோட்டாவுக்குரிய அங்கியின் பல்இறைபோசோம்கள் - mRNA, DNA உடன் இணைந்த நிலையில் தொடர்ந்தும் வளருதல்

புரதங்களின் விதி

புதிதாகத் தொகுக்கப்பட்ட பல்பெப்ரைட்டானது, பல்பெப்ரைட்டுகளின் முதலான கட்டமைப்பாகும். இவை புரதங்களைப் போன்று தொழிற்பாட்டுக்குரியன அல்ல. பல்பெப்ரைட்டானது, மடிப்படைந்து (அலகு 2 ஐப் பார்க்கவும்) சில சமயங்களில் மொழிபெயர்ப்புக்குப் பின்னான மாற்றங்களுக்கு உட்பட்டுத் தமது தொழிற்பாட்டிற்குரிய வடிவத்தைப் பெற்றுக்கொள்ளும்.

குறித்த சில பெப்ரைட்டுகள் அவற்றின் தொழிற்பாட்டிற்குத் தேவையானதைவிட மேலதிகமான துண்டங்களைக் கொண்டிருக்கும். உதாரணமாக, அமினோ அமிலங்களின் குறுகிய துண்டம் ஒன்று சில பல்பெப்ரைட்டுகளில் காணப்பட்டு, சைகைப் பெப்ரைட்டாகத் தொழிற்படும். சைகைப் பெப்ரைட்டானது பல்

பெப்ரைட்டுகளைக் கலத்தின் குறிப்பிட்ட அமைவிடத்திற்கு அல்லது சுரக்கச் செய்வதற்கு வழிகாட்டும். இது புரதங்களின் கடத்தல் (protein trafficking) எனப்படும். பல்பெப்ரைட்டானது அதன் இடத்துக்கு வந்த பின்னர் பெப்ரைட் சங்கிலியின் மேலதிக துண்டு தேவைப்படுவதில்லை. ஆகவே நொதியங்களின் மூலம் அது அகற்றப்படலாம்.

மொழிபெயர்ப்புக்குப் பின்னான மாற்றங்களானவை சில அமினோஅமிலங்களை வெல்லங்கள் (கிளைக்கோப்புரதங்கள்), இலிப்பிட்டுகள் (இலிப்போபுரதங்கள்), பொஸ்பேற்றுக் கூட்டங்கள் (பொஸ்பரைலேற்றப்பட்ட புரதங்கள்) மற்றும் வேறு சேர்க்கைகள் என்பவற்றுடன் இணைப்பதால் ஏற்படுத்தப்படும் இரசாயன மாற்றங்களை உள்ளடக்கியது. முதலாவது அமினோஅமிலமான மெதியோனைன் நொதியத் தாக்கத்தினால் அகற்றப்படலாம். நொதியங்கள் ஆரம்பப் பல்பெப்ரைட்டுகளையும் கூட இரண்டு அல்லது இரண்டுக்கு மேற்பட்ட துண்டுகளாக வெட்டி, வேறுபட்ட சேர்மானங்களை இணைப்பதன் மூலம் தொழிற்பாட்டுப் புரதத்தைத் தோற்றுவிக்கலாம். உதாரணமாக இன்சுலின் புரதம் ஒரு தனித்த பல்பெப்ரைட்டாகத் தோற்றுவிக்கப்பட்டு, மையத்துண்டு ஒன்று அகற்றப்படுவதற்காக இரண்டு இடங்களில் வெட்டப்படும். தொழிற்பாட்டுக்குரிய இன்சுலினைத் தோற்றுவிப்பதற்கு ஏனைய இரண்டு பல்பெப்ரைட்டுச் சங்கிலிகளும் ஒன்றாக இணைக்கப்படும்.

புரதங்களின் தேர்வுக்குரிய படியிறக்கம் :

ஒரு கலத்திலுள்ள புரதமொனற்றின் அளவானது, தொகுப்பு வீதத்தினாலும் படியிறக்க வீதத்தினாலும் தீர்மானிக்கப்படும். புரதங்களின் தேர்வுக்குரிய படியிறக்கமானது கலத்தொழிற்பாடுகள் ஒழுங்காக்கப்படலில் முக்கியமான ஒரு பொறிமுறையாகும். குறிப்பிட்ட புரதங்கள் தனித்துவமான சைகைகளுக்குத் துலங்கலாகப் படியிறக்கப்படுகின்றன. பல்பெப்ரைட் தொகுப்பில் ஏற்பட்ட தவறுகள் அல்லது மடிப்படைவதில் ஏற்பட்ட தவறுகள் காரணமாக ஏற்படும் கெடுதியான விளைவுகளைத் தவிர்ப்பதற்காகத் தவறான அல்லது சேதமுற்ற புரதங்கள் இனங்காணப்பட்டு விரைவாகப் படியிறக்கப்படுகின்றன. சில புரதங்கள், உதாரணமாக ஒழுங்காக்கும் புரதங்கள் அவற்றின் தொழில் முடிவடைந்தவுடன் விரைவாகப் படியிறக்கப்படல் வேண்டும். கட்டமைப்புப் புரதங்கள் நெடுங்காலம் நிலைத்திருக்கலாம்.

விகாரங்கள்

அங்கியொன்றின் தோற்றவமைப்பு DNAஇல் களஞ்சியப்படுத்தப்பட்டுள்ள பாரம்பரியத் தகவல்களில் அடிப்படையாகத் தங்கியுள்ளது. அவற்றின் இறுதி வெளிப்பாடு, அங்கிகளின் பாரம்பரியம், சூழலின் விளைவுகள் என்பவற்றுக்கிடையிலான இடைத்தொடர்புகளின் விளைவாக அமையும்.

DNA இல் ஏற்படும் மாற்றம், ஒரு இனத்தைச் சேர்ந்த தனியன்களின் இயல்புகளில் குறிப்பிட்ட சில மாற்றங்களைக் கொண்டு வரலாம். இது அங்கிகளுக்கிடையே தோற்றவமைப்பு மாறலை ஏற்படுத்தும். நிரந்தரமாக ஏற்படும் இம்மாற்றங்கள் விகாரங்கள் என அழைக்கப்படும்.

விகாரம்

அங்கியொன்றின் ஜீனோமின் நியூக் கிளியோரைட் தொடரியில் ஏற்படும் மாற்றம்

விகாரங்கள் ஒரு இனத்தைச் சேர்ந்த தனியன்களிடையே காணப்படும் மாறல்களின் மூலங்களாகும்.

விகாரத்தின் விளைவானது, நடுநிலையானதாகவோ, நன்மையளிப்பதாகவோ அல்லது கேடுவிளைவிப்பதாகவோ அமையலாம். கேடுதரும் விகாரங்கள் கொல்லக்கூடியதாகவோ அல்லது அசலான தோற்றவமைப்பை விடக் குறைந்தளவில் சாதகமானதாகவாவது இருக்கலாம். ஒரு விகாரமானது. தொழிற்பாடொன்றின் முற்றான இழப்பைக் கூட ஏற்படுத்தலாம். அரிதான சந்தர்ப்பங்களில் பல்பெப்ரைட் ஒன்றின் தொழிற்பாடு விகாரத்தினால் மேம்படுத்தப்படலாம். இவை நன்மையளிக்கும் விகாரங்களாகும். முற்று முழுதாகப் புதிய தொழிற்பாடுகள் கூட விகாரத்தினால் தோன்றலாம். உதாரணமாக, ஒரு கீழ்ப்படைக்குத் தனித்துவமான நொதியம் விகாரத்தினால் வேறொரு கீழ்ப்படையின் மீது செயற்படுவதற்கு அதன் தனித்துவம் மாறிவிடலாம். அதாவது விகாரத்தினால் ஏற்படும் விளைவு ஒரு புதிய உயிரிரசாயனத் தாக்கத்தை ஊக்குவிக்கக் கூடிய தகவைப் பெறும்.

பாரம்பரியப் பதார்த்தங்களில் ஏற்படும் மாற்றங்களின் அளவுக்கமைய விகாரத்தில் இரண்டு பிரதானமான வகைகள் உள்ளன. பரம்பரையலகு ஒன்றிலுள்ள நியூக்கிளியோரைட்டுகளின் தொடரியில் ஏற்படும் சிறிய அளவு மாற்றங்கள் அல்லது நிறமூர்த்தத்தின் கட்டமைப்பு அல்லது நிறமூர்த்த எண்ணிக்கை என்பவற்றில் ஏற்படும் பெரிய அளவு மாற்றங்கள் என்பனவாகும். இவை முறையே பரம்பரையலகு விகாரங்கள், நிறமூர்த்த ஒழுங்குதவறல்கள் அல்லது நிறமூர்த்த விகாரங்கள் எனப்படும்.

பரம்பரையலகு விகாரங்கள்

பரம்பரையலகு ஒன்றின் DNA தொடரியிலேற்படும் நிரந்தரமான மாற்றங்கள் பரம்பரையலகு விகாரங்கள் என அழைக்கப்படும். DNA பின்புறமடிதலின் போது ஏற்பட்ட அரிதான தவறுகளால் இந்த விகாரங்கள் ஏற்படலாம். இவை தன்னிச்சை விகாரங்கள் என அழைக்கப்படும். மேலும், சில புறக்காரணிகள் கூட உயர்வீதத்தில் விகாரங்களை ஏற்படுத்தும். இக்காரணிகள் விகாரங்களைத் தோற்றுவிப்பதால் இவை விகாரமாக்கிகள் என அழைக்கப்படும். விகாரமாக்கி முகவர்கள் இரசாயன அல்லது பௌதிகக் காரணிகளாக வகைப்படுத்தப்படலாம். விகாரமாக்கிப் பௌதிகக் காரணிகளுக்கு உதாரணமாக X கதிர்கள், UV கதிர்கள் என்பன அமையும்.

கலமொன்றில் பின்புறமடிவடையும் DNA க்கு விகாரமாக்கி முகவர்களினால் விகாரங்கள் ஏற்படும். விகாரங்கள் புற்றுநோய்ப்பிறப்பையும் ஏற்படுத்தும். எனவே விகாரமாக்கிகள் புற்றுநோயாக்கிகள்; புற்றுநோயாக்கிகள் விகாரமாக்கிகள். இந்த இரசாயனப் பொருள்களும் கதிர்வீச்சுகளும் அதியுயர் கவனத்துடன் கையாளப்படல் வேண்டும்.

பரம்பரையலகு விகாரங்களின் வகைகள்

ஒன்று அல்லது ஒரு சில நியூக்கிளியோரைட்டுகளின் சோடி மட்டும் ஈடுபடும் சிறிய அளவு விகாரங்கள் இவையாகும். ஒரு சோடி மட்டும் மாற்றப்பட்டால் இவை புள்ளி விகாரங்கள் என அழைக்கப்படும். பரம்பரையலகு விகாரங்களில் மூன்று வகைகள் உள்ளன. அவையாவன;

1. ஒரு தனித்த நியூக்கிளியோரைட் சோடியின் பிரதியீடு - ஒரு நியூக்கிளியோரைட் சோடியை இன்னொன்றால் மாற்றுதல்.

2. நியூக்கிளியோரைட் சோடிகளின் இணைத்தல்கள் - ஒன்று அல்லது மேற்பட்ட நியூக்கிளியோரைட் சோடிகள் சேர்க்கப்படல்.

3. நியூக்கிளியோரைட் சோடிகளின் நீக்கல்கள் : ஒன்று அல்லது மேற்பட்ட நியூக்கிளியோரைட் சோடிகள் அகற்றப்படல்.

ஒரு சோடி நியூக்கிளியோரைட்டுகளைப் பிரதியீடு செய்தல் புள்ளி விகாரமாகும். இணைத்தல்கள் அல்லது நீக்கல்கள் புள்ளி விகாரங்களாக அல்லது ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட நியூக்கிளியோரைட் சோடிகள் பங்குகொள்வதாக இருக்கமுடியும்.

பிரதியீடு :

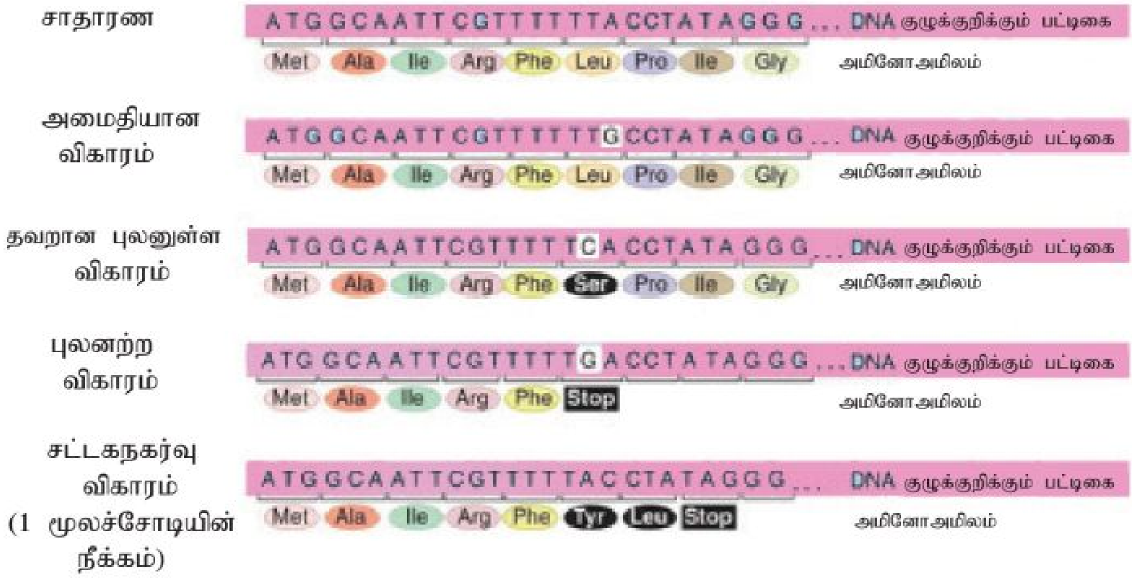
ஒரு நியூக்கிளியோரைட் சோடியானது, இன்னொரு சோடியினால் பிரதியீடு செய்யப்படும். (உரு 7.23) பரம்பரையலகின் நீளத்தில் மாற்றமிராது. சில பிரதியீடுகள் அமைதியான விகாரங்கள் (Silent mutations) ஆகும். பரம்பரையலகு ஒன்றில் ஒரு நியூக்கிளியோரைட்டுச் சோடியின் பிரதியீடு அதனால் குழுக் குறிக்கப்படும் பல்பெப்ரைட்டுகளில் விளைவை ஏற்படுத்தாதிருக்கலாம். ஏனெனில் ஒரு அமினோஅமிலமானது ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட கோடோன்களால் குழுக்குறிக்கப்படலாம். கோடோன் மூன்றன்தொகுதியின் மூன்றாவது எழுத்து ஒரு வொபில் (wobble) கொண்டது. அதாவது கோடோனின் மூன்றாவது எழுத்து இன்னொரு எழுத்தினால் பிரதியீடு செய்யப்பட்டாலும் அதே அமினோஅமிலமே குழுக்குறிக்கப்படும். (உதாரணமாக DNA படித்தகட்டுப் பட்டிகையிலுள்ள 3’- CCG -5’ மூன்றன்தொகுதி G ஐ A யினால் பிரதியீடு செய்வதன் மூலம் 3’-CCA - 5’ ஆக மாற்றப்பட்டால் mRNA இலுள்ள கோடோன் 5’-GGC - 3’, 5’-GGU-3’ க்கு மாற்றப்படும்.)

பிரதியீடு பல்பெப்ரைட்டிலுள்ள ஒரு அமினோஅமிலத்தை மாற்றவும் கூடும். எனவே பல்பெப்ரைட்டின் முதலான கட்டமைப்பு சிறியளவில் மாறும். எனவே இந்த விகாரங்கள் தவறான புலனுள்ள விகாரங்கள் (missense mutations) எனப்படும். அமினோஅமிலமானது வேறொரு அமினோஅமிலத்தால் பிரதியீடு செய்யப்படலானது புரதத்தின் புடையான அல்லது நாற்பகுதியான கட்டமைப்பில் (தொழிற்பாட்டு வடிவத்தில்) குறிப்பிடத்தக்க தாக்கத்தை ஏற்படுத்தலாம் அல்லது ஏற்படுத்தாதிருக்கலாம். இது அவ்வப்போது புரதத்திற்கு ஒரு உயர் தொழிற்பாட்டை அல்லது புதிய இயல்பை வழங்கலாம். எனினும், பெரும்பாலும் இம்மாற்றங்கள் நடுநிலையானதாக அல்லது கேடுவிளைவிப்பதாக அமைந்து புரதங்களைப் பயன்பாடற்றதாக அல்லது குறைந்த வினைத்திறனுள்ளதாக மாற்றிவிடும்.

புள்ளிவிகாரமானது, ஒரு அமினோஅமிலத்துக்குக் குழுக்குறிக்கும் கோடோன் ஒன்றை நிறுத்தல் கோடோனாக மாற்றிவிடக்கூடிய சாத்தியமுடையது. இது புரதத்தொகுப்பின் அகாலமுதிர்வுள்ள முடிவுபெறலை ஏற்படுத்தும். எனவே இது புலனற்ற விகாரம் (nonsense mutation) எனப்படும். (உரு 7.23) இது அசலான பல்பெப்ரைட்டை விடக் குறுகியதாகவும் வழக்கமாகத் தொழிற்பாடற்றதாகவும் காணப்படும்.

இணைத்தல் மற்றும் நீக்கல்

பிரதியீட்டுடன் ஒப்பிடும்போது இவ்வகையான விகாரங்கள் பல்பெப்ரைட்டுகளில் பாரிய மாற்றங்களை ஏற்படுத்தும் (குறிப்பு: பிரதியீட்டினால் ஏற்படும் புலனற்ற விகாரங்களும் பெரிய மாற்றங்களை ஏற்படுத்தலாம்.) நியூக்கிளியோரைட்டு ஒன்றின் அல்லது ஒரு சோடி நியூக்கிளியோரைட்டுகளின் இணைத்தல் அல்லது நீக்கலானது வாசிப்புச் சட்டகத்தில் நகர்வை ஏற்படுத்தி, புள்ளி விகாரத்தின் பின்னால் தவறான கோடோன்களை வாசிக்கும். எனவே, இவ்வாறான விகாரங்கள் சட்டகநகர்வு விகாரங்கள் என அழைக்கப்படும். (frameshift mutations) (உரு 7.23) இது தவறான புலனுள்ள விகாரத்தை விரிவாக ஏற்படுத்திவிடும். இணைத்தல் அல்லது நீக்கல் முடிவுபெறல் கோடோனுக்கு மிக நெருங்கியதாக இருந்தாலொழிய பல்பெப்ரைட்டானது, தொழிற்பாட்டுக்குரியதாக இருக்க முடியாது. இது, அசலான தொடரியில் இல்லாத புதிய நிறுத்தல் கோடோனைக் கூட அறிமுகப்படுத்தலாம். அவ்வாறெனில், மொழிபெயர்ப்பு முடிவுக்கு கொண்டுவரப்பட்டு புலனற்ற விகாரத்தை ஏற்படுத்தும். எனினும், இணைத்தல் அல்லது நீக்கல் ஒன்று அல்லது பல மூன்றன்தொகுதியாக இருந்தால் புள்ளி விகாரத்தின் பின்னர் வாசிப்புச் சட்டகம் உடனடியாக அசலான வாசிப்புச் சட்டகமாக வந்துவிடும் (உரு 7.23). அவ்வாறான சந்தர்ப்பங்களில் ஒன்று அல்லது ஒரு சில அமினோஅமிலங்கள் முழுத் தொடரிக்கு முறையே சேர்க்கப்படலாம் அல்லது நீக்கப்படலாம். பல்பெப்ரைட்டின் விகாரமுற்ற பிரதேசத்தின் முக்கியத்துவத்தைப் பொறுத்து, செய்தியானது சிறிதளவில் மட்டும் மாற்றப்பட்டு, பல்பெப்ரைட்டானது தொழிற்பாடுள்ளதாக இருக்கலாம்.



உரு 7.24 பரம்பரையலகு விகாரங்களின் வகைகள்

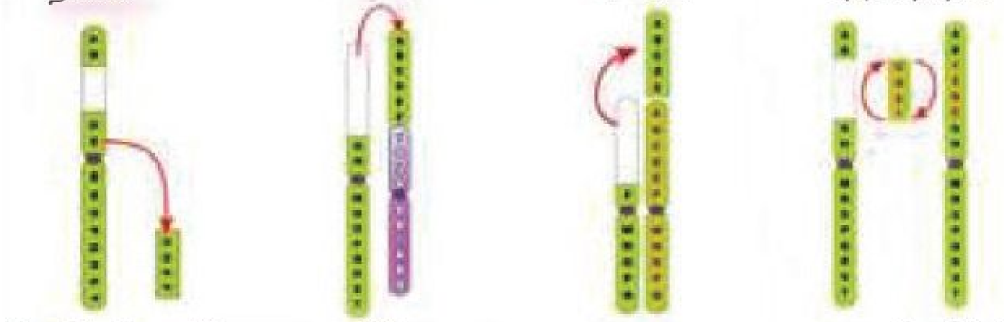
நிறமூர்த்த ஒழுங்குதவறல்கள் / நிறமூர்த்த விகாரங்கள்

பல பரம்பரையலகுகள் இதில் பங்குபற்றுவதால் அனேகமான நிறமூர்த்த விகாரங்கள் கொல்லக்கூடியவை; சில கேடுதருபவை. நிறமூர்த்தங்களின் அசாதாரணக் கட்டமைப்புகள், எண்ணிக்கைகளின் காரணமாக முலையூட்டிகளில் தன்னிச்சையாகக் கருச்சிதைவு அல்லது அகாலப்பிரசவம் ஏற்படும். இவ்வாறான விகாரங்கள் பல்வேறு விருத்தி ஒழுங்கீனங்களை ஏற்படுத்தும். அனுகூலமான நிறமூர்த்த விகாரங்கள் மிகவும் அரிதானவை. தாவரங்களில் சில நிறமூர்த்த விகாரங்கள் அனுகூலமான மாறல்களை ஏற்படுத்தும்.

I. நிறமூர்த்தக் கட்டமைப்பு மாற்றத்தினால் ஏற்படும் விகாரங்கள்

பெரிய நிறமூர்த்தத் துண்டுகள் பல பரம்பரையலகுகளிலிருந்து பல நூற்றுக்கணக்கான பரம்பரையலகுகளைக் கொண்டிருக்கலாம். பெரிய நிறமூர்த்தத் துண்டுகள் இழக்கப் பட்டாலோ அல்லது இன்னொரு நிறமூர்த்தத்துக்கு நகர்த்தப்பட்டாலோ (வெட்டி இணைக்கப்படல்) அல்லது பிரதிபண்ணப்பட்டு இன்னொரு நிறமூர்த்தத்துக்கு நகர்த்தப்பட்டாலோ (பிரதிபண்ணப்பட்டு இணைக்கப்படல்) அல்லது நிறமூர்த்தத்தின் திசைகோட்டுச்சேர்க்கை மாற்றப்பட்டாலோ நிறமூர்த்த விகாரங்கள் ஏற்படும்.

இந்த நான்கு வகையான நிறமூர்த்த விகாரங்களும் நீக்கல், கொண்டுசெல்லல், இரட்டித்தல், நேர்மாறாதல் என அழைக்கப்படும். (உரு 7.24)



நிறமூர்த்தத் துண்டு இழக்கப்பட்டுள்ளது

ஒரு நிறமூர்த்தத்திலிருந்து மற்றையதற்கு ஒரு துண்டு மாற்றப்பட்டுள்ளது.

ஒரு நிறமூர்த்தத்திலிருந்து ஒரு துண்டு அதன் அமைப்பொத்த நிறமூர்த்தத்துக்கு மாற்றப்பட்டதால் சில பரம்பரையலகுகள் இரட்டிப்படைந்துள்ளன

ஒரு நிறமூர்த்தப் புயத்தின் துண்டு நேர்மாறான தாகியுள்ளது

உரு 7.24 நிறமூர்த்த விகாரங்களின் நான்கு வகைகள்

நிறமூர்த்தமொன்றின் ஒரு பகுதி இழக்கப்படும்போது பல பரம்பரையலகுகள் அகற்றப்படுகின்றன. இதனால் இந்த மாற்றங்கள் பல சமயங்களில் கொல்லக் கூடியவை.

கொண்டுசெல்லலில் மொத்த DNA இன் அளவில் இழப்பு ஏற்படுவதில்லை. எனினும் பரம்பரையலகு வெளிப்பாடானது, புதிய அமைவிடத்தில் சூழல் மாறுபடுவதால் மாற்றமடையும். பரம்பரையலகு ஒன்றினுள் துண்டாக்கல் நடைபெற்றால் அப்பரம்பரையலகு தொழிற்படமுடியாது.

இரட்டித்தலில் ஜீனோமின் வேறு அமைவிடத்தில் பல பரம்பரையலகுகளைக் காவும் மேலதிக DNA துண்டு காணப்படும். இச்சந்தர்ப்பமும் பரம்பரையலகு வெளிப்பாட்டில் மாற்றத்தை ஏற்படுத்தி, தோற்றவமைப்பில் கேடுவிளைவிக்கின்ற தாக்கங்களுக்கு வழக்கமாக இட்டுச்செல்லும்.

நேர்மாறாதல் அல்லது நிறமூர்த்தத்தின் பெரிய துண்டின் திசைகோட்டுச் சேர்க்கையில் ஏற்படும் மாற்றமும் பரம்பரையலகு வெளிப்பாட்டில் மாற்றத்தை ஏற்படுத்தும். இவற்றுள் பெரும்பாலானவை கெடுதி விளைவிக்கும் மாறல்களாகும்.

II. நிறமூர்த்த எண்ணிக்கை மாற்றத்தினால் ஏற்படும் விகாரங்கள்

நிறமூர்த்தங்களின் சாதாரண எண்ணிக்கைக்கு மேலதிகமாக ஒரு கலமானது மொத்த நிறமூர்த்தத்தையோ அல்லது நிறமூர்த்தங்களின் தொகுதி ஒன்றையோ கொண்டிருக்கலாம். ஒரு கலத்தின் சாதாரண நிறமூர்த்த எண்ணிக்கையை விட ஒன்று குறைவாகவும் இருக்கலாம். ஒரு கலத்தில் ஒரு நிறமூர்த்தம் அதிகமாகவோ அல்லது குறைவாகவோ இருப்பின் அது கிரமமில்மடியவுண்மை என அழைக்கப்படும். இங்கு மடிய மட்டம் மாற்றப்படவில்லை. ஆனால் நிறமூர்த்தங்களின் பூரண

தொகுதி மேலதிகமாக உள்ளபோது மடியமட்டம் அதிகரித்ததாகக் கூறப்படும். உதாரணம் : மும்மடியம், நான்மடியம், அறுமடியம் போன்றன.

ஒடுக்கற்பிரிவில் ஏற்படும் தவறுகளால் கிரமமில்மடியம் ஏற்படும். இருமடியமான கலமொன்றின் இரு நிறமூர்த்தத் தொகுதிகள் ஒடுக்கற்பிரிவு I இன்போது வேறாக்கப்பட்டு, கலத்தின் இரு முனைவுகளையும் நோக்கி நகர வேண்டும். எனினும் அமைப்பொத்த நிறமூர்த்தங்கள் அசாதாரணமாக ஒழுங்குபடுத்தப்படுவதால் சோடி நிறமூர்த்தங்கள் இரண்டும் ஒரு முனைவை நோக்கி நகரலாம். இதனால் மற்றைய முனைவில் ஒரு நிறமூர்த்தக் குறைவு ஏற்படும். இலிங்கமுறை இனப்பெருக்கத்தின்போது பெறப்படும் புணரிகள் அல்லது விளைவாகக் கிடைக்கும் கலங்கள் என்பவற்றிலும் ஒருமடிய நிறமூர்த்த எண்ணிக்கையை விட ஒரு நிறமூர்த்தம் அதிகமாகவோ அல்லது குறைவாகவோ இருக்கும். நிறமூர்த்தம் ஒன்றின் அரைநிறவுருக்கள் வேறாக்கப்படாது, கலத்தின் ஒரு முனைவை நோக்கி ஒடுக்கற்பிரிவு II இன் போது நகர்ந்தாலும் இதே விளைவு பெறப்படும். ஒடுக்கற்பிரிவின் போது ஒரு சோடி அல்லது பல சோடி நிறமூர்த்தங்களைப் பிரிக்க முடியாது போதல் பிரிவின்மை என அழைக்கப்படும். (உரு 7.25) ஒரு நிறமூர்த்தம் குறைவாகவுள்ள புணரியானது, சாதாரண புணரி ஒன்றுடன் இணையும்போது பெறப்படும் நுகம் 2n-1 நிறமூர்த்தங்களைக் கொண்ட கிரமமில்மடியம் ஆகும். குறித்த நிறமூர்த்தமொன்று சோடியாக அல்லாமல் தனித்துக் காணப்படுவதால் இவ்வகையான கலங்கள் தனியுடலிக்குரிய கலங்கள் என அழைக்கப்படும். ஒருமடியமான நிறமூர்த்தத் தொகுதிகளுக்கு மேலதிகமாக ஒரு நிறமூர்த்தத்தைக் கொண்ட புணரி ஒன்று சாதாரண புணரியுடன் இணையலாம். எனவே நுகமானது 2n+1 நிறமூர்த்தங்களைக் கொண்ட கிரமமில்மடியமாகும். இங்கு குறித்த நிறமூர்த்தமொன்று மும்மடங்காகக் காணப்படுவதால் இக்கிரமமில்மடியநிலை மும்மூர்த்தநிலை என அழைக்கப்படும்.

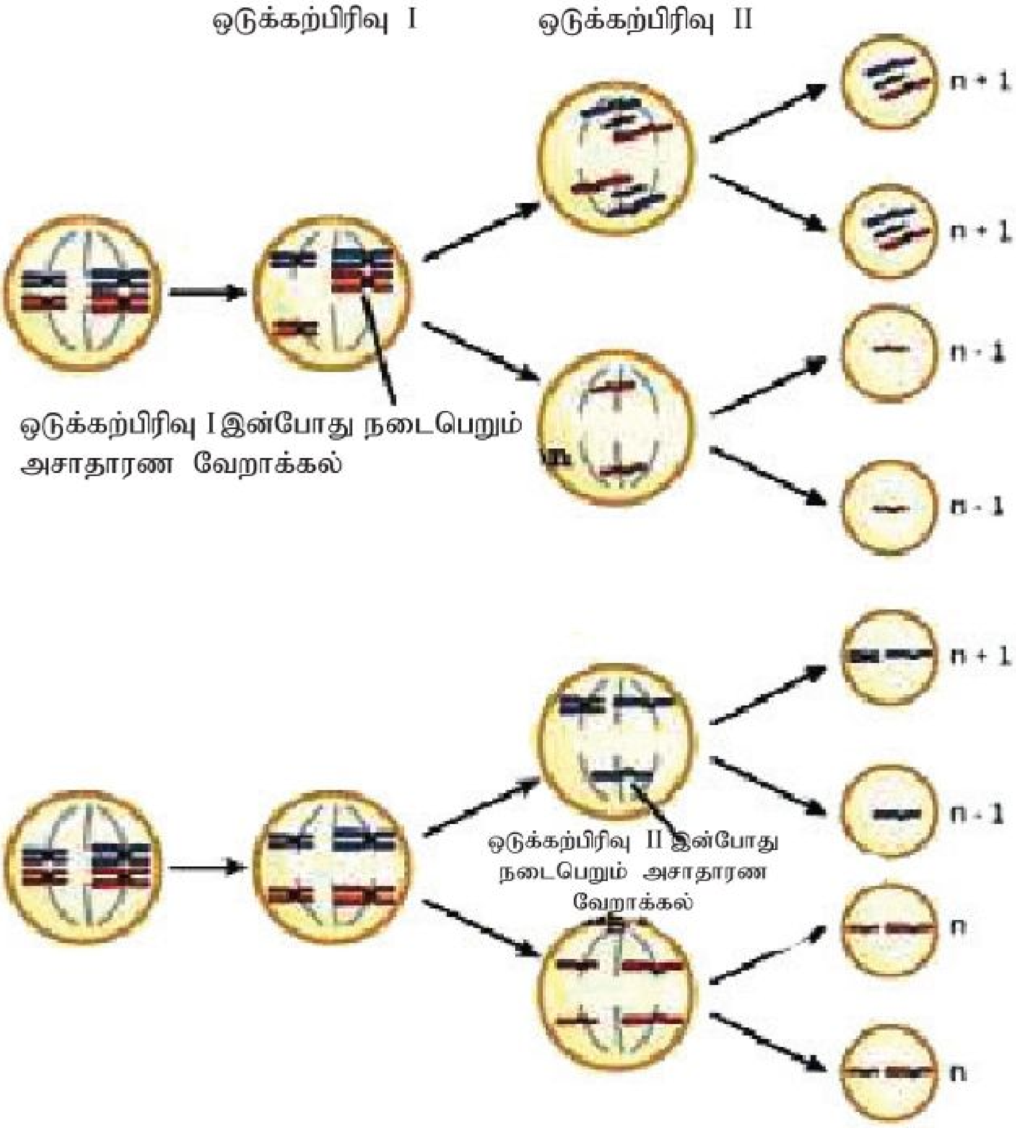
இவ்வாறான அசாதாரணங்கள் இழையுருப்பிரிவின் போதும் ஏற்படலாம். நிறமூர்த்தங்கள் அசாதாரணமாக வேறுபிரிக்கப்படுவதனால் மடியநிலை கூட அதிகரிக்கும். அசாதாரணமான இருமடியமான முட்டை கருக்கட்டப்படுவதன் விளைவாக மும்மடியம் (3n) ஒன்று பெறப்படும். நுகமானது முதலாவது இழையுருப் பிரிவினை அடுத்துப் பிரிவடையாது போனால் அது நிறமூர்த்தங்களின் நான்கு தொகுதிகளைக் காவும். இது நான்மடியமாக (4n) விருத்தியடையும்.

உயர் மடியநிலை கொண்ட விலங்குகள் மிகவும் அரிதானவை. தாவரங்கள் உயர் மடியநிலைகளைச் சகிக்கக் கூடியதாக இருப்பதுடன் அவற்றின் இருமடியமான தனியன்களை விடச் சிறப்பானவையாகவும் இருக்கும்.

உயர் மடிய நிலை கொண்ட தாவரங்களுக்கான உதாரணங்களாவன; வாழை மும்மடியம் (3n), கோதுமை - அறுமடியம் (6n), ஸ்ரோபெரி - எண்மடியம் (8n)

முள்ளந்தண்டுளிகளை விட முள்ளந்தண்டிலிகளில் பன்மடியங்கள் மிகவும் பொதுவானது. முள்ளந்தண்டுளிகளிடையே ஒரு சில மீன்கள் மற்றும் அம்பிபியன்களில் பன்மடியங்கள் அவதானிக்கப்பட்டுள்ளது.

கிரமமில்மடியத்துடன் ஒப்பிடும்போது பன்மடியம் மிகவும் சாதாரணமானது. பன்மடியத்தில் நிறமூர்த்தங்களின் எண்ணிக்கை கூடியளவில் இருப்பினும் கூட அது பிறப்புரிமைச் சமநிலையைப் பேணுகின்றது. கிரமமில்மடியத்தில் பிறப்புரிமைச் சமநிலையானது இழக்கப்பட்டுள்ளது.



உரு 7.25 கிரமமில்மடியத்தை ஏற்படுத்தும் ஒடுக்கற்பிரிவின் அசாதாரணங்கள்

மனிதப் பாரம்பரிய ஒழுங்கீனங்கள்

I பரம்பரையலகு விகாரங்களினால்

பரம்பரையலகு விகாரங்களினால் ஏற்படும் மனிதப் பாரம்பரிய ஒழுங்கீனங்களின் இரண்டு உதாரணங்கள் கீழே விபரிக்கப்படுகின்றன.

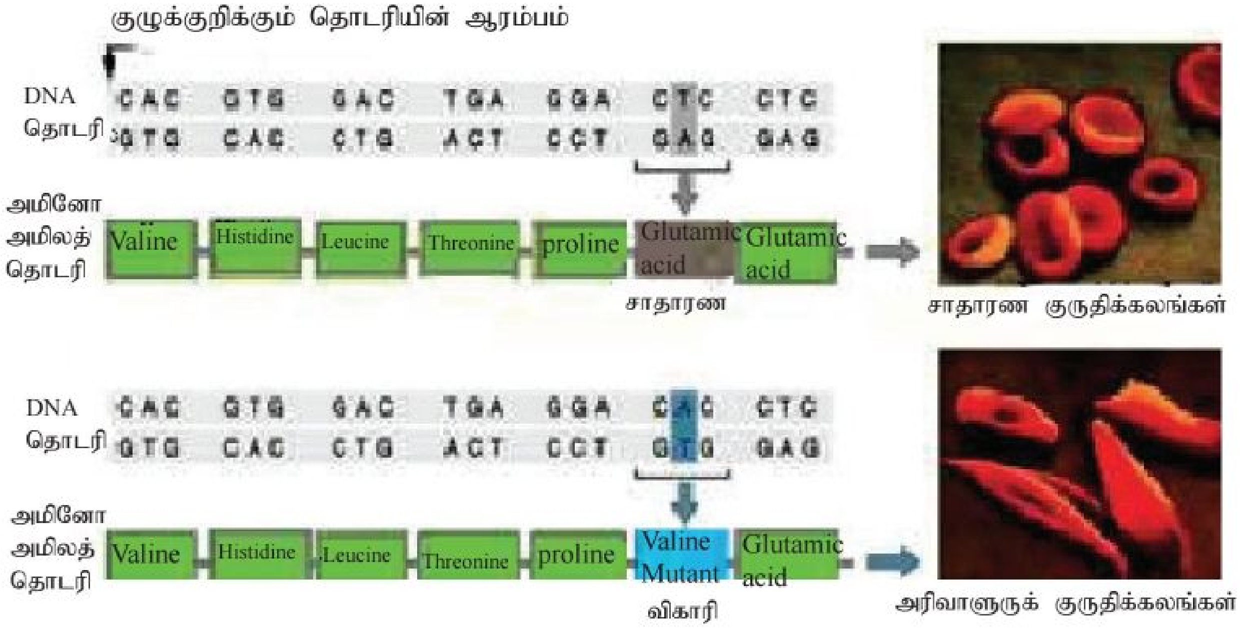
நிறக்குருடு

நிறக்குருடு அல்லது நிறப்பார்வைக் குறைபாடு ஓர் பாரம்பரிய ஒழுங்கீனமாகும். இது பெண்களை விட ஆண்களில் மிகவும் பொதுவானது. X நிறமூர்த்தத்தில் அமைந்துள்ள ஒன்று அல்லது ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட பரம்பரையலகுகளில் ஏற்பட்ட விகாரங்களே இதற்குக் காரணமாகும். இப்பரம்பரையலகுகள், கட்புல ஒளியின் வேறுபட்ட அலைநீளங்களை அகத்துறிஞ்சக் கூடிய புரதங்களைக் குழுக்குறிக்கும். இவை போட்டோப்சின்கள் (Photopsins) என அழைக்கப்படும் பார்வை நிறப்பொருட்களாகும். இவை சிவப்பு, பச்சை அல்லது நீலம் என வகைப்படுத்தப்படும். சாதாரண நிறப்பார்வை கொண்ட மனிதனின் விழித்திரையில் இம்மூன்று வகையான நிறப்பொருட்களும் காணப்படுவதால் வெவ்வேறு நிறங்களையும் அவற்றின் சாயல்களையும் அவனால் பிரித்தறிய முடியும். நிறப்பொருட்களால் அகத்துறிஞ்சப்படும் பல்வேறு அலைநீளங்களின் வெவ்வேறு விகிதங்கள் மூளையால் பொருளின் நிறமாகப் பிரித்தறியப்படும். மனிதனில் சிவப்பு, பச்சை நிறப்பொருட்களைக் குழுக்குறிக்கும் பரம்பரையலகுகள் X நிறமூர்த்தத்திலும் நீல நிறப்பொருளைக் குழுக்குறிக்கும் பரம்பரையலகுகள் 7[வது] நிறமூர்த்தத்திலும் அமைந்திருக்கும். ஆண்கள் ஒரேயொரு X நிறமூர்த்தத்தைக் கொண்டிருப்பதாலும் Y நிறமூர்த்தத்தில் பொருத்தமான பரம்பரையலகுகள் இல்லாமையினாலும் இப்பரம்பரையலகுகளில் இரண்டிற்கும் அல்லது ஏதாவது ஒன்றிற்கு ஏற்படும் குறை தோற்றஅமைப்பில் தவறுகளை ஏற்படுத்தும். பெண்களில் பல்லினநுகநிலையின் போது X நிறமூர்த்தம் ஒன்றிலுள்ள குறை மற்றைய நிறமூர்த்தத்திலுள்ள சரியான எதிருருவினால் மறைக்கப்பட்டுவிடும். எனவே நிறப்பார்வைக்குறைபாடு பெண்களை விட (1 % ஐ விடக் குறைவான பெண்கள்) ஆண்களில் (5 - 8 % ஆண்கள்) அதிகமாகக் காணப்படும். நிறக்குருடு அனேகமாகச் சிவப்பு அல்லது பச்சை நிறங்களின் காணலைப் பாதிக்கின்றது. ஏனெனில் இப்பரம்பரையலகுகள் இலிங்கமிணைந்தவை.

அரிவாளுருக் கலக் குருதிச்சோகை

அரிவாளுருக் கலக் குருதிச்சோகையானது ஆபிரிக்கா மற்றும் உலகின் வெப்பமான பிரதேசங்களில் வாழும் மனிதக் குடித்தொகையில் காணப்படும் ஒரு பாரம்பரிய நோயாகும். ஒட்சிசனைக் காவும் நிறப்பொருளான ஈமோகுளோபினின் உபஅலகான β குளோபினைக் குழுக்குறிக்கும் பரம்பரையலகு ஒன்றின் விகாரமுற்ற எதிருருவினால் ஈமோகுளோபின் மூலக்கூறில் அசாதாரணம் ஏற்படுகின்றது. செங்குருதிக் கலங்களில் காணப்படும் அசாதாரண ஈமோகுளோபின் RBC களின் வடிவத்தை அதன் வட்டத் தட்டு வடிவத்திலிருந்து அரிவாளுருவாக வளையச் செய்துவிடும். இந்த ஒழுங்கீனமுள்ளவர்களில் குறைந்த எண்ணிக்கையில் RBC காணப்படுவதால் குருதிச்சோகை ஏற்படும். இது ஏனெனில் அரிவாளுரு RBC கள் அகாலமுதிர்வுற்றுச் செயலிழந்துவிடும். β குளோபினின் முதலான கட்டமைப்பில் உள்ள ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் விகாரம் வலைனை குளுற்றாமிக்அமிலத்துக்காகப் பிரதியீடு செய்யும். (உரு 7.26)

இதனால் ஈமோகுளோபினில் அசாதாரண மடிப்புகள் ஏற்படும். விகாரமுற்ற எதிருரு இணையாட்சியுள்ளது. அதாவது பல்லினநுகநிலையில் சாதாரண β குளோபினும் விகாரமுற்ற β குளோபினும் தோற்றுவிக்கப்படும். எனவே அவர்கள் நல்ல மற்றும் தீய ஈமோகுளோபின்களைக் கொண்டிருப்பதால் அவர்களின் குருதியில் சாதாரணமான RBCகள் மற்றும் அரிவாளுரு RBC கள் காணப்படும். இவர்கள் சாதாரணமாகச் சுகதேகிகளாகவும் விகாரி எதிருருவின் காவிகளாகவும் இருப்பார்கள். விகாரமுற்ற எதிருருக்கள் பல்லின நுகமுள்ள தனியன்களில் பாதகமான விளைவுகளைக் கடுமையாக ஏற்படுத்துவதால் இயற்கைத் தேர்வால் மனிதக் குடித்தொகையிலிருந்து அவை நீக்கப்படவேண்டும். எனினும் ஆபிரிக்கா போன்ற வெப்பமான நாடுகளில் மலேரியா காணப்படுகின்றது. பல்லினநுகமுள்ளவர்கள், ஓரினநுகமுள்ள வான் வகை எதிருருக்களைக் கொண்டவர்களை விட மலேரியாத் தாக்குதலுக்குப் பிழைக்கக்கூடியவர்கள். ஏனெனில் மலேரியா ஒட்டுண்ணி அரிவாளுரு RBC களில் பிழைக்கமாட்டாதவை. எனவே பல்லினநுகமுள்ளோரில் ஒட்டுண்ணி அடர்த்தி தாழ்மட்டத்தில் காணப்படும்.



உரு 7.26 அரிவாளுருக் கலக் குருதிச்சோகையின் மூலக்கூற்று அடிப்படை

II நிறமூர்த்த விகாரங்களினால்

நிறமூர்த்த விகாரங்கள் நிறமூர்த்த கட்டமைப்பில் அல்லது பாரம்பரியப் பதார்த்தங்களின் அளவில் பாரிய மாற்றங்களைக் கொண்டுவரும். இது முலையூட்டிகளில் முதிர்மூலவுருவின் கருச்சிதைவுக்கு வழிவகுக்கும். அவர்கள் பிழைத்தாலும் தோற்றவமைப்பில் புதுமையான, அசாதாரணமான இயல்புகளை வெளிக்காட்டுவர். இவை சகசங்கள் என அழைக்கப்படும்.

கிரமமில்மடியவுண்மையால் மனிதனில் ஏற்படும் மூன்று பாரம்பரிய ஒழுங்கீனங்கள் விவரிக்கப்பட்டுள்ளன.

டவுண் சகசம் (Down syndrme)

டவுண் சகசம் மும்மூர்த்தநிலை - 21 எனவும் அழைக்கப்படும். ஏனெனில் பாதிப்புற்றவர்களின் கலங்களில் நிறமூர்த்தம் 21 இன் மேலதிகப் பிரதி ஒன்று காணப்படும். இச்சகசம் தனித்தன்மையான முகத்தோற்றங்கள், குறுகிய உடல், இதயக் குறைபாடுகள் (சீர்செய்யப்படலாம்), விருத்தியில் தாமதம் போன்றவற்றை வெளிக்காட்டும். இவர்களுக்குக் குருதிப்புற்றுநோய், அல்சீமெர் நோய் (Alzheimer disease) என்பன ஏற்படுவதற்கான உயர் இடர்வாய்ப்பு உண்டு. டவுண் சகசமுள்ள ஆண்களில் ஏறத்தாழ அனைவரும் பெண்களில் அரைப்பகுதியினரும் இலிங்கரீதியில் குறைவிருத்தி உடையவர்களாகவும் மலடானவர்களாகவும் இருப்பர். அவர்களின் வாழ்காலம் சாதாரணமானவர்களை விடக் குறைவாக இருப்பினும் பொருத்தமான மருத்துவ சிகிச்சை வழங்கப்படின் நடுத்தர வயதைக் கடந்தும் வாழ்வார்கள். எனினும் உயர் குருதி அமுக்கம், ஆதரோசெலரோசிஸ் (நாடி வன்மையாதல்), பக்கவாதம், திண்மக் கழலைகளின் பல வகைகள் என்பன ஏற்படுவதற்கான இடர்வாய்ப்பு குறைந்தளவிலேயே காணப்படும். அவர்களில் அசாதாரணங்கள் இருப்பினும் பலர் சுயாதீனமாக வாழ்வதுடன், வேலையில் அமர்த்தப்பட்டும் உள்ளார்கள். தாயின் வயதுடன் டவுண் சகசக் குழந்தை பிறப்பதற்கான இடர்வாய்ப்பு அதிகரிக்கின்றது. இது ஒடுக்கற்பிரிவு - I இல் நிறமூர்த்தங்களின் பிரிவின்மையால் ஏற்படுகின்றது.

டவுண் சகசம் தன்மூர்த்தமொன்றில் மும்மூர்த்தநிலை காரணமாக ஏற்படுவது போல் இலிங்க நிறமூர்த்தத்திலும் கிரமமில்மடியவுண்மை காரணமாக மனிதப் பாரம்பரிய ஒழுங்கீனங்கள் ஏற்படும். இலிங்க நிறமூர்த்தத்தில் கிரமமில்மடியநிலையான தனிமூர்த்தநிலை டேணர் சகசத்தையும் மும்மூர்த்தநிலை கிளின்பெல்ட்டர் சகசத்தையும் ஏற்படுத்தும்.

டேணர் சகசம் (Turner syndrome)

X நிறமூர்த்தத்தின் தனிமூர்த்தநிலையினால் டேணர் சகசம் ஏற்படும். பெண்கள் மிக அரிதாகவே ஒரு X நிறமூர்த்தத்தை மட்டும் கொண்டிருப்பர். இவ்வாறெனில் அவர்களின் பிறப்புரிமையமைப்பு XO. இதுவே மனிதனில் காணப்படும் அறியப்பட்ட, ஒரேயொரு, வாழ்தகவுள்ள, தனிமூர்த்தநிலையாகும். இவர்கள் தோற்றவமைப்பில் பெண்களாக இருந்தபோதும் இலிங்க அங்கங்கள் முதிர்ச்சியுற்றிராமையால் மலடானவர்கள். டேணர் சகசத்தால் பீடிக்கப்பட்ட பெண் பிள்ளைகள், ஈஸ்தரோஜன் பிரதிவைப்புச் சிகிச்சையால் பரிகரிக்கப்படும் போது துணைப்பாலியல்புகளை விருத்தி செய்வர்.

இவர்கள் குறுகிய உடற்கட்டுடையவர்கள். சிலரின் கழுத்தில் மேலதிகமான தோல் காணப்படலாம். (தோலால் இணைக்கப்பட்ட கழுத்து - webbed neck) கைகள், பாதங்களில் அதைப்பு அல்லது வீக்கம் (லிம்பிடிமா - lymphedema), வன்கூட்டு அறியமங்கள், இதயக் குறைபாடுகள், உயர் குருதி அமுக்கம், சிறுநீரகப் பிரச்சினைகள் என்பனவும் காணப்படும். அவர்களில் பெரும்பாலானவர்கள் சாதாரண நுண்ணறிவு கொண்டவர்களாக இருப்பர்.

கிளின்பெல்ட்டர் சகசம் (Klinefelter syndrome)

மேலதிகமான X நிறமூர்த்தமொன்று காணப்படுவதால் ஏற்படும் அரிதான நிலை இதுவாகும். பிறப்புரிமையமைப்பு XXY ஆக இருக்கும். Y நிறமூர்த்தமொன்றைக் காவுவதால் இவர்கள் ஆண்களாக இருப்பர். இவர்கள் ஆண் இலிங்க அங்கங்களைக் கொண்டிருந்த போதும் மலடானவர்கள். அசாதாரணமான சிறிய விதைகள் காணப்படும். இரண்டு X நிறமூர்த்தங்களில் ஒன்று உயிர்ப்பில்லாதது. இவர்களில் பெரிதான மார்பகங்கள் காணப்படலாம். ஏனைய பெண்ணுக்குரிய உடலமைப்புகளும் விருத்தியடையலாம். இலர்கள் சாதாரண நுண்ணறிவை விடக் குறைவான நுண்ணறிவு கொண்டவர்கள்.

XYY மும்மூர்த்தநிலை ஆண்களையும் XXX மும்மூர்த்தநிலை பெண்களையும் தோற்றுவிக்கும். இவர்கள் சகசத்தைக் காட்டுவதில்லை; இவர்கள் முறையே சாதாரண ஆண் மற்றும் பெண்ணுக்குரிய சிறப்பியல்புகளைக் கொண்டிருப்பர். வளமானவர்கள் சாதாரண மனிதரை விடச் சற்று உயரமானவர்கள்.

பிறப்புரிமைசார் ஆலோசனைகள்

பாரம்பரிய ஒழுங்கீனங்களைக் கொண்ட அல்லது பாரம்பரிய ஒழுங்கீனங்களுக்கான இடர்வாய்ப்புக் கொண்ட குடும்பங்களுக்கு இன்றியமையாத ஒரு சேவை பிறப்புரிமைசார் ஆலோசனை ஆகும். ஒரு தம்பதியினர் பாரம்பரியக் குறைபாடுள்ள குழந்தைதையைக் கருத்தரிப்பதற்கான இடர்வாய்ப்பு மதிப்பீடு செய்யப்பட்டு, அவ்வாறான சந்தர்ப்பங்களைத் தவிர்த்துக் கொள்வதற்கான ஆலோசனை இச்சேவை மூலம் வழங்கப்படுகின்றது. பிறப்புரிமைசார் ஆலோசனையானது ஒருபுறம் மனிதப் பாரம்பரியத்தை விளங்கிக்கொள்ளல், பண்புக்கூறுகள் எவ்வாறு எளிய மெந்தலியப் பாரம்பரிய விதிகளுக்கமைய ஒழுகுகின்றன என்பவற்றில் சிறந்த அறிவு மறுபுறம் பாரம்பரிய ஒழுங்கீனம் கொண்ட குழந்தைக்கான இடர்வாய்ப்பை இழிவளவாக்குவதற்கான ஆலோசனை வழங்கல் என்பன தேவைப்படும் சிறப்புத் தொழிலாகும். குடும்பத்தில் ஏற்கனவே அவ்வாறான பிள்ளை ஒன்று இருப்பின், பிறப்புரிமைசார் ஆலோசனையாளர் நிலமையை முகாமை செய்தல், அடுத்த குழந்தைப் பிறப்பைத் திட்டமிடல் என்பவற்றிற்கும் ஆலோசனை வழங்குவார்.

சில பாரம்பரிய ஒழுங்கீனங்கள் பல்காரணிக்குரியது. பல்காரணிக்குரியது என்பது பல்பரம்பரையலகுப் பாரம்பரியம், அவை சூழலால் பாதிக்கப்படல் என்பன உள்ளடங்கலாகப் பல காரணிகள் ஆகும். உதாரணமாக மாரடைப்பும், நீரிழிவும் தலைமுறையுரிமை பெற்றவையாக இருக்கலாம். இந்நோய் ஏற்படுவதற்கான இடர்வாய்ப்பானது வாழ்க்கை முறை மற்றும் உணவுப் பழக்கங்கள் போன்ற புறச்சூழல் காரணிகளால் பாதிக்கப்படும். இதனால், நோய்களின் தெளிவான பாரம்பரியக் கோலங்களை அடையாளங்காண முடியாதுள்ளது. ஒரு குறிப்பிட்ட ஒழுங்கீனத்தின் குடும்ப வரலாறைக் கற்பதன் மூலம் எளிய மெந்தலின் பாரம்பரிய விதிகளைப் பின்பற்றும் பண்புக்கூறின் இடர்வாய்ப்பின் விளைவைக் குழந்தையில் மதிப்பிடமுடியும். எனவே இது பிறப்புரிமைசார் ஆலோசனையின் பாடப்பரப்பாகியுள்ளது.

ஆட்சியான எதிருருவால் ஒழுங்கீனம் ஏற்படுத்தப்பட்டிருந்தால், அதன் பெற்றோரில் இலகுவாக அவதானிக்கப்பட்டிருக்கும் எனினும் எதிருரு பின்னிடைவானதெனில், சாதாரண தோற்றவமைப்புக் கொண்ட பெற்றோர்கள் ஆட்சியான எதிருருவுக்கு ஓரினநுகமுள்ளவர்களாகவோ அல்லது பல்லினநுகமுள்ள காவிகளாகவோ இருக்கலாம். வம்சப் பகுப்பாய்வைப் பயன்படுத்தி, நோய் தொடர்பான குடும்ப வரலாறைத் தேடுதலானது காவிப் பெற்றோரின் நிகழ்தகவை மதிப்பிடுவதற்கும் அதன்படி ஒழுங்கீனமுள்ள பிள்ளையைப் பெற்றுக் கொள்வதற்கான இடர்வாய்ப்பின் நிகழ்தகவை மதிப்பிடுவதற்கும் இடங்கொடுக்கும். வம்சப் பகுப்பாய்வினூடாகப் பெறப்படும் தகவல்கள் சில சமயங்களில் ஒரு அல்லது இரு பெற்றோர்களினதும் பிறப்புரிமையமைப்பைத் திருத்தமாகத் துணிவதற்குப் போதுமானதாக அமைகின்றது. பிறப்புரிமைசார் ஆலோசனையாளர், பெற்றோர்களுக்கு நிலைமைகளை விளக்கி, பிள்ளையைப் பெற்றுக் கொள்வதற்கு மிகவும் பொருத்தமான விருப்பத்தேர்வைத் தெரிவு செய்து கொள்ள வழிகாட்டுவார்.

ஏற்கனவே கருத்தரித்துள்ள முதிர்மூலவுரு விகாரி எதிருருக்களைக் காவுகின்றதா என்பதைத் தீர்மானிக்கும் தொழில்நுட்பங்கள் தற்போது உள்ளன. இதற்கு ஆரம்ப முதிர்மூலவுருவின் கலங்களின் மாதிரி பெறப்பட்டு DNA தொடரிப்படுத்தப்பட்டு விகாரி எதிருருவின் இருக்கை அல்லது இன்மை கண்டுபிடிக்கப்படும். அத்துடன் விகாரி எதிருரு இருப்பின், முதிர்மூலவுரு ஓரினநுகமா அல்லது பல்லினநுகமா எனவும் அறியப்படும். முதிர்மூலவுருவைக் கருச்சிதைவு செய்வதற்கு அல்லது தக்கவைப்பதற்கான நன்கு தகவலறிந்த தீர்மானத்தை மேற்கொள்வதற்கு இத்தகவல்கள் மிகமுக்கியமானவை. சில நாடுகளின் சட்டங்கள் அவ்வாறான முதிர்மூலவுருக்களின் கருச்சிதைவை அனுமதிக்கின்றன. இல்லாவிடின், அவர்கள் பாரம்பரிய ஒழுங்கீனங்களுடன் பிறக்க நேரிடும். எனினும், இத்தீர்மானத்தை எடுப்பதில் பெற்றோர்களுக்குக் கடினமாக இருக்கும். எனவே பிறப்புரிமைசார் ஆலோசகர் பெற்றோர்களைச் சாத்தியமான, சிறந்த தீர்மானம் எடுப்பதற்கு வழிகாட்ட வேண்டிய கடமைப் பொறுப்புள்ளவராக இருப்பார்.

பரம்பரையலகுத் தொழினுட்பவியல்

பரம்பரையலகுத் தொழினுட்பவியலின் கருவிகள், தொழினுட்பங்கள் மற்றும் முறைகள்

இப்பகுதியானது DNA தனிமைப்படுத்தலில் இருந்து ஆரம்பித்து விருப்புக்குரிய DNA தொடரிகளை இனங்காண்பதன் ஊடாகப் பரம்பரையலகுத் தொழினுட்பவியல் அல்லது மீளச்சேர்க்கைக்குரிய DNA தொழினுட்பவியலுக்கான பரம்பரையலகுத் தொழினுட்பவியல் செயன்முறையை ஆராய்கின்றது. தனிமைப்படுத்தப்பட்ட DNAகள் வெட்டப்பட வேண்டும்; DNA இன் வெவ்வேறு துண்டுகள் இணைக்கப்படவேண்டும்; சிலநேரங்களில் அவை கண்ணாடிக் குழலில் DNA பிரதிபண்ணப்படல் வேண்டும். இவற்றில் DNAமீது தொழிற்படும் பல்வேறு நொதியங்கள் பங்குபற்றும் துண்டங்களின் பருமனின் அடிப்படையில் DNA ஐ வேறாக்கி, அவற்றை இனங்காணலானது தனிப்பட்ட

DNA தொடரியை ஏனையவற்றிலிருந்து வேறுபடுத்துவதற்குத் தேவையானது. பிறப்புரிமை மாற்றியமைக்கப்பட்ட அங்கிகளின் உருவாக்கத்தில் இந்த DNA பொருத்தமான முறையொன்றைப் பயன்படுத்தி வாங்கி அங்கியொன்றிற்கு இடமாற்றப்படும். DNA பிரதிபண்ணப்படல் முளைவகைப் பெருக்கத்தைப் பயன்படுத்தி உயிருடலினுள்ளும் பொலிமரேஸ் சங்கிலித் தாக்கங்களைப் பயன்படுத்தி (PCR) கண்ணாடிக்குழலினுள்ளும் சாத்தியப்படும். DNA தொடரிப்படுத்தல் DNA கற்கைகள் பலவற்றில் மிக முக்கியமான தொழினுட்பமாக வந்துள்ளது.

DNA இன் தனிமைப்படுத்தல்

வழங்கிக் கலங்களின் மொத்த ஜீனோமில் இருந்து இலக்கு DNA தொடரியின் தனிமைப்படுத்தலுடன் பரம்பரையலகுத் தொழினுட்பவியல் ஆரம்பமாகின்றது. DNA கட்டமைப்பு மற்றும் இரசாயனத்தைக் கற்றல், DNA - புரத இடைத்தொடர்புகளைப் பரிசோதித்தல், DNA கலப்புப்பிறப்பாக்கலை மேற்கொள்ளல், தொடரிப்படுத்தல், PCR, பல்வேறு பாரம்பரியக் கற்கைகளை மேற்கொள்ளல், பரம்பரையலகு முளைவகைப்பெருக்கம் போன்ற பல்வேறு பிரயோகங்களுக்குத் தூய்மைப்படுத்திய DNA தேவைப்படுகின்றது.

DNA மூலக்கூறுகள் மிக நீண்டவையாக இருப்பதால் DNA மூலக்கூறு ஒன்றின் முழுநீளமும் தனிமைப்படுத்தப்பட முடியாது. விதிவிலக்காக வைரசுக்குரிய DNA, பிளாஸ்மிட் DNA போன்ற குறுகிய DNA மூலக்கூறுகள் அமையும். எனினும் DNA ஐ உடைத்தல் அல்லது கொய்தல், பிரித்தெடுத்தல் யெசன்முறையின் போது இழிவளவாக்கப்பட வேண்டும்.

DNA தனிமைப்படுத்தலின் அடிப்படைத் தத்துவங்களும் பிரதான படிகளும் பின்வருமாறு

கலங்களை ஓரினமாக்கல் அல்லது சீர்குலைத்தல்:

யூகரியோட்டாவுக்குரிய கலங்களின் கருவில் DNA அமைந்திருக்கும். புரோக்கரியோட்டாவுக்குரிய கலங்களில் நியூக்கிளியோயிட்டுகளில் (nucleoid) செறிவாக்கப்பட்டிருக்கும். DNA தனிமைப்படுத்தலின் முதலாவது படி கலங்களைப் பகுப்புச் செய்வதன் மூலம் அல்லது உடைப்பதன் மூலம் கலங்களில் இருந்து DNA ஐ விடுவித்தலாகும். பற்றீரியாக் கலச்சுவரை உடைப்பதற்கு இலைசோசைம் நொதியம் மூலம் அல்லது அரைத்தல் அல்லது ஓரினமாக்கல்போன்ற பொறிமுறையான முறைகள் மூலம் கலங்கள் பகுப்புச் செய்யப்படும்.

- **DNA ஏஸின் நிரோதிப்பு** : கலங்கள் உடைக்கப்படும் போது டீஒட்சிறைபோநியூக்கிளியேசு (DNAse) போன்ற DNA ஐப் படியிறக்கும் நொதியங்களுடன் தொடுகையுறலாம். கொய்தலை ஏற்படுத்தும் அவ்வாறான நொதியங்களிலிருந்து DNA பாதுகாக்கப்படல் வேண்டும். நியூக்கிளியேசு தொழிற்பாட்டுக்குத் தேவையான உலோக அயன்களை அகற்றுவதற்கு இடுக்குக் கருவிகள் சேர்க்கப்படுகின்றன.

- **நியூக்கிளியோப்புரதச் சிக்கல்களின் கூட்டப்பிரிவு** : DNA உடன் பிணைந் திருக்கும் புரதங்களிலிருந்து DNA விடுவிக்கப்படல் வேண்டும். SDS, பீனோல் அல்லது புரதப்பகுப்பிற்குரிய நொதியங்களால் DNA - புரத இடைத்தொடர்புகள் சீர்குலைக்கப்படுகின்றன

- **அழுக்காக்கும் பதார்த்தங்களை அகற்றல் :** கலத்திலுள்ள DNA தவிர்ந்த அனைத்துப் பதார்த்தங்களும் அழுக்காக்கிகள் ஆகும். இந்த அழுக்காக்கிகள் அகற்றப்படல் சில பிரயோகங்களுக்குத் தேவைப்படுகின்றது.

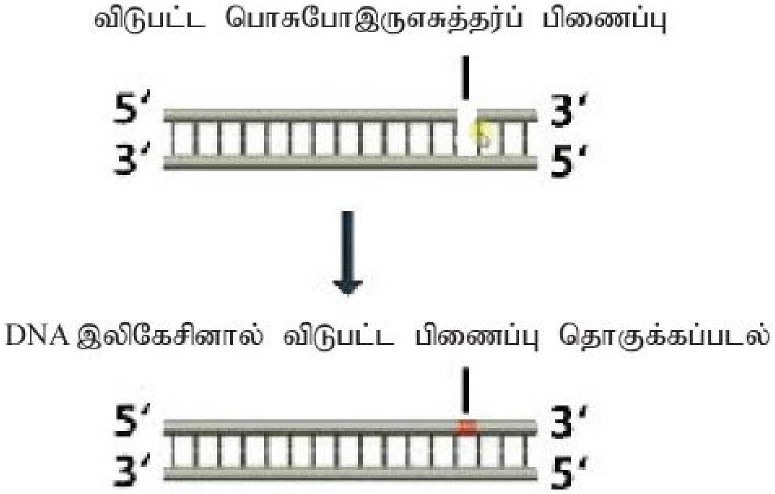
- **DNA இன் வீழ்படிவாக்கல் :** கரைசல் அவத்தையில் கரைந்துள்ள DNA குளிர் எதனோலில் (O^0c) வீழ்படிவாக்கப்படும். இவ்வீழ்படிவானது, வழமையாகத் தாங்கல் ஒன்றில் மீண்டும் கரைக்கப்படும். DNAse, சுயாதீன RNAse (இறைபோநியூக்கிளியேசு) என்பவற்றுடன் வரையறுக்கப்பட்ட பரிகரிப்புச் செய்வதன் மூலம் RNA அகற்றப்படுகின்றது.

DNA உடன் தாக்கமுறும் நொதியங்கள்

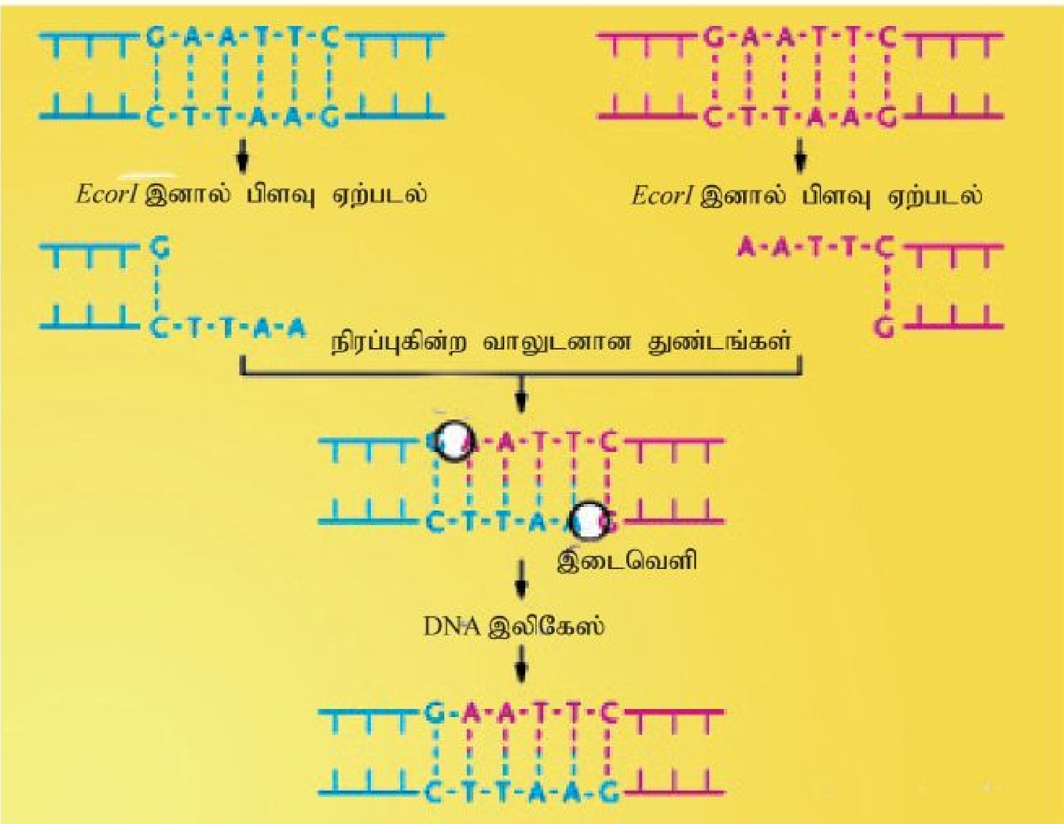
கண்ணாடிக் குழலினுள் DNA இன் வெட்டல், இணைத்தல் மற்றும் பிரதிபண்ணலுக்கு நொதியங்கள் தேவைப்படுகின்றன.

1. **ரெஸ்டிரிக்ஷன் என்டோநியூக்கிளியேசுகள் (Restriction endonucleases)** : கலங்களில் வெவ்வேறு தொழில்களை மேற்கொள்ளும் பல்வேறு வகையான நியூக்கிளியேசுகள் காணப்படுகின்றன. பரம்பரையலகுத் தொழினுட்பவியலில் குறிப்பிட்ட இடத்தில் DNA வெட்டப்படல் மிக முக்கியமானது. DNA இன் தற்சிறப்பான தொடரிகளை இனங்கண்டு அந்த இடத்தில் அல்லது அதற்கு அண்மையில் வெட்டக்கூடிய நொதியங்கள் ரெஸ்டிரிக்ஷன் என்டோநியூக்கிளியேசுகள் எனப்படும். DNA தொடரி வெட்டப்படும் இடம் மட்டுப்படுத்தல் மையம் அல்லது பிளவு மையம் என அழைக்கப்படும். (உரு 7.28) உ-ம்: *EcoRI* மூலம்: *E.Coli*

2. **DNA இலிகேஸ் (DNA ligase) :** மீளச்சேர்க்கைக்குரிய DNA மூலக்கூறுகளைப் பெற்றுக் கொள்வதற்காக வெவ்வேறு மூலங்களிலிருந்து பெறப்பட்ட DNA துண்டங்களை DNA இலிகேஸ் நொதியத்தினால் பொஸ்போஇருஎசுத்தர்ப் பிணைப்பை ஏற்படுத்தி இணைத்தல் (உரு 7.27). பரம்பரையலகுத் தொழினுட்பவியலில் மிகப் பொதுவாகப் பயன்படுத்தப்படும் DNA இணைக்கும் நொதியமாக T_4 DNA இலிகேஸ் காணப்படும். இந்த நொதியத்தின் மூலமாக T_4 பற்றீரியம் விழுங்கி காணப்படுகின்றது.



உரு 7.27 அருகருகேயுள்ள நியூக்கிளியோடைட்டின் இடையேயுள்ள இடைவெளியை நிரப்ப புதிய பொசுபோஇருளசுத்தர்ப் பிணைப்பு தோற்றுவிக்கப்படல்



உரு 7.28 ஒரு மீளச்சேர்க்கைக்குரிய DNA மூலக்கூறைத் தோற்றுவிப்பதற்காக EcoRI மட்டுப்படுத்தல் நொதியத்தைப் பயன்படுத்தி வெவ்வேறு மூலங்களிலிருந்து DNA ஐ வெட்டியெடுத்து, DNA இலிகேஸ் நொதியத்தைப் பயன்படுத்தி வெவ்வேறு DNA துண்டங்களை இணைத்தல்

3. **DNA பொலிமரேசுகள் (DNA polymerases) :** வளரும் DNA பட்டிகையில் படித்தகட்டுப் பட்டிகைக்கு நிரப்புகின்ற டீஒட்சிறைபோநியூக்கிளியோரைட்டுகளைச் சேர்க்கின்ற நொதியம் இதுவாகும். இதனால் இவை DNA ஐப் பிரதி பண்ணுகின்றன. ஆகவே இவை பரம்பரையலகுத் தொழினுட்பவியலில் சிறப்பாக PCR மற்றும் DNA தொடரியாக்கலில் மிக முக்கியமானவை. Taq DNA பொலிமரேஸ் மிகப் பரந்தளவில் பயன்படுத்தப்படும் DNA பொலிமரேசு ஆகும். இது வெப்பவுறுதியான நொதியம்: *Thermus aquaticus* என்ற வெப்பநாடிப் பற்றீரியாவிலிருந்து தனிமைப்படுத்தப்படுகின்றது.

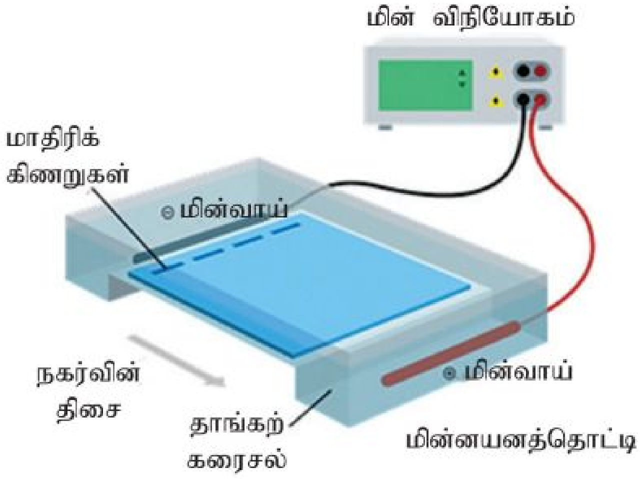
DNA உடன் தாக்கமுறும் நொதியங்களுக்கு மேலதிகமாக RNA படித்தகடு ஒன்றிலிருந்து DNAஐ ஆக்கக்கூடிய நொதியங்களும் பரம்பரையலகுத் தொழினுட்பவியலில் மிகவும் பயனுள்ளது. இந்நொதியங்கள் புறமாற்று மட்டுப்படுத்தலை மேற்கொள்வதால் இவை றிவேர்ஸ் டிரான்ஸ்கிரிப்டேசு (Reverse transcriptase) என அழைக்கப்படும். இது ஒரு mRNA படித்தகட்டிலிருந்து cDNA ஐ (பிரதி DNA அல்லது நிரப்புகின்ற DNA) உருவாக்கப் பயன்படும்.

மட்டுப்படுத்தல் நொதியங்களால் DNA கொய்தல் அல்லது வெட்டல் மூலம் வெவ்வேறு பருமனுள்ள DNA பட்டிகைகள் பெறப்படும். DNA விரலடையாள முறையில் PCR ஐப் பயன்படுத்தி வெவ்வேறு பருமனுள்ள DNA பட்டிகைகள் பெறப்படுகின்றன. எனவே DNAஉடனான பல பிரயோகங்களில் DNA மூலக்கூறுகளை வேறாக்கல் முக்கியமானதாக உள்ளது. ஜெல் தாயமொன்றில் பல்வேறு பருமன் கொண்ட DNA துண்டங்களை வேறாக்கல் இதைச் செயற்படுத்துவதற்கான மிகவும் நடைமுறைக்குரிய வழியாகும்.

அகரெஸ் ஜெல் மின்னயனம் :

மின்புலமொன்றில் அசையுமாற்றலுக்கேற்ப, ஏற்றம் கொண்ட பெரிய மூலக்கூறுகளை (DNA, RNA, புரதம் போன்ற) வேறாக்கும் தொழினுட்பம் மின்னயனம் எனப்படும். மின்புலத்தில் மூலக்கூறு ஒன்றின் அசைவு வேகம் தேறிய ஏற்றத்திலும் பருமனிலும் தங்கியுள்ளது. ஜெல் மின்னயனத்தில் ஜெல் தாயமொன்றிலுள்ள சிறிய துளைகளின் ஊடாக மூலக்கூறுகள் நகருகின்றன. இது மூலக்கூறுகளின் அசைவை மட்டுப்படுத்தி, பருமனுக்கேற்ப வேறாக்கலில் உதவுகின்றது. பெரிய மூலக்கூறுகள் சிறிய மூலக்கூறுகளுடன் ஒப்பிடும் போது மெதுவாக நகரும். நியூக்கிளிக்கமிலங்களைப் பொறுத்தவரை தேறிய ஏற்றம் மூலக்கூறின் நீளத்தில் தங்கியிருப்பதால் வேறாக்கல் பருமனை அடிப்படையாகக் கொண்டது. DNA வேறாக்கலில் அகரொஸ் ஜெல் மின்னயனமே பெரும்பாலும் பயன்படுத்தப்படும் தொழினுட்பமாகும். ஒரு வகைக் கடற்சாதாழையிலிருந்து பெறப்பட்டுச் சுத்திகரிக்கப்பட்ட ஏகாரே அகரொஸ் ஆகும். இது பல்சக்கரைட் தாயத்தை ஏற்படுத்தும்.அகரொஸ் மின்னயன உபகரணத்தில் தாங்கலில் ஜெல் இடப்பட்டு, ஜெல்லின் இரு அந்தங்களிலும் ஒரு கதோட்டும் ஒரு அனோட்டும் வைக்கப்படும். (உரு 7.29 (a)) மின் விநியோகத்தைப் பயன்படுத்தி மின்னோட்டம் வழங்கப்படும்போது எதிராக மின்னேற்றப்பட்ட DNA மூலக்கூறுகள்

ஜெல்லினூடாக அனோட்டை நோக்கி அசையும். ஜெல்லைத் தயார் செய்யும்போது கிணறுகள் ஏற்படுத்தப்படும். DNA மூலக்கூறுகள் ஜெல்லினூடாக அஏனாட்டை நோக்கி அசையும். ஜெல்லைத் தயார் செய்யும்போது கிணறுகள் ஏற்படுத்தப்பட்டு DNA ஆனது இக்கிணறுகளில் சுமையேற்றப்படும். வேறாக்கப்பட்ட DNA எதிடியம் புரோமைட்டால் (Ethidium bromide) சாயமேற்றப்பட்டு, UV ஒளி படவிடப்பட்டுக் காட்சிப்படுத்தப்படும். (உரு 7.29(b))



உரு 7.29 (a) அகரொஸ் ஜெல் மின்னயன உபகரணம்

(b) UV ஒளியைப் பயன்படுத்தி ஜெல்லில் DNA இன் வேறாக்கப்பட்ட பட்டிகளைக் காட்சிப்படுத்தல்

எதிடியம் புரோமைட்டுப் போன்ற சாயங்கள், அகரொஸ் ஜெல்லில் இரட்டைப் பட்டிகை DNA பட்டையின் இருக்கையைக் காட்டிய போதும் இச்சாயங்கள் குறிப்பிட்ட நியூக்கிளியோரைட் தொடரியைக் கொண்ட பட்டையை மற்றையதலிருந்து வேறுபிரித்துக் காட்டாது, அவ்வாறான பட்டை ஒன்றை ஏனைய பட்டைகள் பலவற்றிற்கிடையே இனங்காண்பதற்காக DNA ஆயி ஒன்று பயன்படுத்தப்படும்.

DNA ஆயிகளும் கலப்புப்பிறப்பாக்கமும் :

கலப்புப்பிறப்பாக்கத்தினால் நிரப்புகின்ற நியூக்கிளிக்கமிலத் தொடரிகளின் இருக்கையைக் கண்டறியப் பயன்படுத்தப்படும் தனித்த பட்டிகை கொண்ட, சுட்டியிடப்பட்ட DNA இன் துண்டமொன்று DNA ஆயி ஆகும். சுட்டியிடல் என்பது DNA பட்டிகைகைக் கண்டறிகையைச் செயற்படுத்துவதற்கு சமிக்ஞையைக் கொடுக்கும் விதமாக அந்த DNA பட்டிகையின் திரிபு செய்தல் ஆகும். ஆயியின் கட்டமைப்புக்கு கதிர்த்தொழிற்பாடுடைய சமதானியை இணைத்தல் அல்லது உறிஞ்சியொளிவீசும் மூலக்கூறைச் சேர்த்தல் மூலம் சுட்டியிடல் மேற்கொள்ளப்படும். இத் தனித்த பட்டிகையாலான DNA இழையானது நிரப்புகின்ற, தனித்த பட்டிகையாலான DNA அல்லது RNA உடன் கலப்புப்பிறப்பாக்கம் செய்வதற்கு முன் இரட்டைப்பட்டிகையாலான DNA இயற்கையகற்றப்படல் வேண்டும். ஜெல்லில் உள்ள இயற்கையகற்றப்பட்ட பட்டைகள் சதேர்ன் ஒத்தி (Southern Blotting) என அழைக்கப்படும் செயன்முறை ஒன்றின் ஊடாக நைதரோசெலுலோசு (Nitrocellulose)

அல்லது நைலோன் மென்சவ்வு வடிக்கு இடமாற்றப்படல் வேண்டும். பட்டைகள் பின்னர் மென்சவ்வுக்குப் பொருத்தப்படும். பின்னர் சுட்டியிடப்பட்ட ஆயி மென்சவ்வுக்குச் சேர்க்கப்பட்டு மீளமைப்புச் செய்யவிடப்படும். மென்சவ்வுடன் பொருத்தப்பட்ட நிரப்புகின்ற தொடரிகளுடன் மட்டும் ஆயிகள் வலிமையாகப் பிணைந்துகொள்ளும். மென்சவ்வு கழுவப்படும் போது, இலக்கு நியூக்கிளியோரைட் தொடரியுடனான பட்டையுடன் பிணைந்துள்ள ஆயிகள் தவிர ஏனையவை அகற்றப்படும். ஆயியானது கதிர்த்தொழிற்பாட்டுக்குரிய சுட்டியிடப்பட்டிருந்தால், இலக்குத் தொடரியுடனான பட்டை, மென்சவ்வின் சுயகதிரியல் மூலம் இனங்காணப்படும். ஆயியானது உறிஞ்சியொளிவீசும் சாயத்தினால் சுட்டியிடப்பட்டிருந்தால் பட்டையானது UV ஒளியைப் பயன்படுத்தி இனங்காணப்படும்.

மீளச்சேர்ந்த DNA தொழினுட்பவியல்

> மீளச்சேர்ந்த DNA மூலக்கூறுகள் : இயற்கையாகக் காணப்படாத தொடரிகளை உருவாக்குவதற்காக பிறப்புரிமை மீளச்சேர்க்கைக்குரிய ஆய்வுகூட முறைகளால் வெவ் வேறு மூலங்களில் இருந்து பெறப் பட்ட DNA களை ஒன்றுசேர்த்து உருவாக்கப்பட்ட DNA மூலக்கூறு களாகும்.

புவியில் உள்ள அனைத்து அங்கிகளும் பொதுவான மூதாதை ஒன்றிலிருந்து கூர்ப்ப டைந்தவை. சில வைரசுகள் தவிர, இவற்றின் பாரம்பரியத் தகவல்கள் DNA இல் களஞ்சியப் படுத்தப்பட்டுள்ளன. இரசாயன மட்டத்தில் DNA அனைத்து அங்கிகளிலும் ஒத்தது. மேலும், அனைத்து அங்கிகளும் ஒரே பிறப்புரிமைப் பரிபாடையையே கொண்டுள்ளன. எனவே பற்றீரியாவோ அல்லது தாவரமோ அல்லது விலங்கோ கொண்டிருக்கும் ஒரு பரம்பரையலகின் வெளிப்பாடானது ஒரே பெப்ரைட்டாலேயே குழுக்குறிக்கப்படும். இதுவே மீளச்சேர்ந்த DNA தொழினுட்பவியலின் அடிப்படையாகும். விஞ்ஞானம், மருத்துவம், விவசாயம், கைத்தொழில் மற்றும் சுற்றாடல் பிரயோகங்களில் பெறுமானமுள்ள புதிய, பிறப்புரிமைச் சேர்க்கைகளைப் பெற்றுக் கொள்வதற்காக இரண்டு அல்லது இரண்டுக்கு மேற்பட்ட வேற்றினங்களில் இருந்து பெறப்பட்ட DNA களை ஒன்றாக இணைத்து, அது விருந்துவழங்கியினுள் புகுத்தப்படுகின்றது.

கீழே தரப்பட்ட அனைத்துத் தொழினுட்பங்களும் மீளச்சேர்ந்த DNA மூலக்கூறு (rDNA) ஒன்றைத் தோற்றுவிப்பதற்குத் தேவையானவை. அவையாவன :

- பல்வேறு மூலங்களில் இருந்து DNA ஐத் தனிமைப்படுத்தல்.
- மட்டுப்படுத்தப்பட்ட நொதியங்களால் தனிமைப்படுத்திய DNA இன் மட்டுப் படுத்தப்பட்ட சமிபாடு
- ஜெல் மின்னயனத்தைக் கொண்டு DNA துண்டங்களை வேறாக்கல்
- ஆயிகளைப் பயன்படுத்தி விருப்புக்குரிய நியூக்கிளியோரைட் தொடரிகளின் சரியான துண்டங்களை இனங்காணல்
- DNA இலிகேசைப் பயன்படுத்திப் பல மூலங்களில் இருந்து பெறப்பட்ட DNA துண்டங்களை இணைத்தல்

விருந்துவழங்கிக் கலங்களினுள் DNA மூலக்கூறுகளைச் செலுத்துவது கடினமான படி ஒன்றாகும். கலங்கள் DNA உள்ளெடுத்தலுக்கு எதிர்ப்பைக் காண்பிக்கும் இது அங்கிகளின் பிழைத்தலில் முக்கியமானது. ஏனெனில் உட்புகும் DNA கள் வழமையாகக் கேடுவிளைவிக்கும் பிறப்புரிமை மாற்றங்களை ஏற்படுத்தும்.

எனவே, ஒரு சில விருந்துவழங்கிக் கலங்களாவது மீளச்சேர்ந்த DNA மூலக் கூறுகளின் பிரதிகளைப் பெற்றுக்கொள்வதற்காக அவற்றின் அதிகளவான பிரதிகள் அவசியமானவை.விருப்புக்குரிய DNA துண்டமானது, சிறியதாக இருப்பின் DNA முளைவகைப்பெருக்கம் என அழைக்கப்படும் தொழினுட்பத்தினால் கண்ணாடிக் குழலினுள் பெருக்கல் மேற்கொள்ளப்படுகின்றது.

DNA முளைவகைப்பெருக்கம்

DNA முளைவகைப்பெருக்கத்தில் விருப்புக்குரிய DNA இன் பிரதியாக்கத்திற்கு விருந்துவழங்கிக் கலத்தின் DNA பின்புறமடிதல் பொறியம் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. எனினும், பின்புறமடிதலின் தோற்றத்தானம் (Ori) அங்கு காணப்படாவிடின், விருந்துவழங்கிக் கலத்தினுள் செலுத்தப்படும் DNA துண்டமானது பிரதிபண்ணப்படாது. எனவே, மீளச்சேர்ந்த DNA மூலக்கூறு அல்லது விருப்புக்குரிய DNA ஐ பின்புறமடிவடையச் செய்ய DNA ஆனது Ori உடன் இணைக்கப்பட வேண்டும். எனவே அது நிறமூர்த்தத்திற்குரிய DNA இலிருந்து சுயாதீனமாகிப் பின்புறமடிவடைய முடியும். (நிறமூர்த்தத்திற்குரிய DNA ஒரு கலப்பிரிவின்போது ஒருமுறை மட்டுமே பின்புறமடிவடையும்) பற்றீரிய விருந்துவழங்கியில் பிளாஸ்மிட்டுகளின் பல பிரதிகள் காணப்படும். பற்றீரியம் விழுங்கியால் தொற்றுதல் அடையும் போது பற்றீரியக் கலம் ஒன்றில் வைரசுக்குரிய DNA இன் பெரும் எண்ணிக்கையிலான பிரதிகள் காணப்படும். விருப்புக்குரிய DNA இத்தானாகப் பின்புறமடிவடையும் அலகுகளினுள் ஒருங்கிணைக்கப்படும். தானான பின்புறமடிவடையும் அலகுகள் காவிகள் என அழைக்கப்படும்.

காவிகள்

முளைவகைப்பெருக்கம் அல்லது பெருக்கலிற்காக விருப்புக்குரிய DNA ஐ விருந்துவழங்கியினுள் கொண்டுசெல்லும் ஊடகம் காவிகள் ஆகும். DNA முளைவகைப்பெருக்கத்தில் பயன்படும் காவிகள் முளைவகைப்பெருக்கக் காவிகள் என அழைக்கப்படும். உடலுக்கு வெளியிலுள்ள DNA ஐக் காவும் காவிகள் மீளச்சேர்ந்த காவிகள் என அழைக்கப்படும்.

மீளச்சேர்ந்த DNA மூலக்கூறை ஆக்குவதற்கான அதே செயன்முறை மீளச்சேர்ந்த காவியை ஆக்குவதிலும் பின்பற்றப்படும். விருப்புக்குரிய பரம்பரையலகு மட்டுப்படுத்தல் நொதியமொன்றால் வெட்டப்பட்டு, காவியும் (பிளாஸ்மிட் அல்லது வைரசுக்குரிய DNA) அதே மட்டுப்படுத்தல் நொதியத்தால் வெட்டப்பட வேண்டும். இவை இரண்டும் ஒன்றாகக் கலக்கப்பட்டு, ஒருங்கிணைய விடப்பட்டு DNA இலிகேசைப் பயன்படுத்தி இணைக்கப்படும்.(உரு 7.30) முளைவகைப்பெருக்கம் செய்யப்பட வேண்டிய DNA காவியில் இணைக்கப்படவேண்டிய தானம் முளை

வகைப்பெருக்கத் தானமாகும். DNA யை வெட்டவதற்கு பல மட்டுப்படுத்தல் நொதியங்களைப் பயன்படுத்தவேண்டியுள்ளதால் முளைவகைப்பெருக்கத் தானமானது பல மட்டுப்படுத்தல் நொதியங்களுக்கான தானங்களைக் காவும் தொடரியைக் கொண்டிருக்கும். எனவே இது மடங்கு முளைவகைப் பெருக்கத்தானம் என அழைக்கப்படும். விருந்துவழங்கிக் கலம் ஒன்று, வழமையாகப் பற்றீரிய விருந்துவழங்கி ஒன்று காவியைப் பிரதிபண்ணக்கூடியது. பின்னர், மீளச்சேர்ந்த காவியால் அது மாற்றப்படும். விருந்துவழங்கி பின்னர் விருப்பத்திற்குரிய DNA ஐக் காவும் பிளாஸ்மிட்டைப் பிரதிபண்ணும். பற்றீரிய விருந்துவழங்கிச் சமுதாயத்தின் வழித்தோன்றல் கலங்கள் ஒவ்வொன்றும் ஒரு தொகை மீளச்சேர்ந்த பிளாஸ்மிட்டுகளைக் கொண்டிருக்கும்.

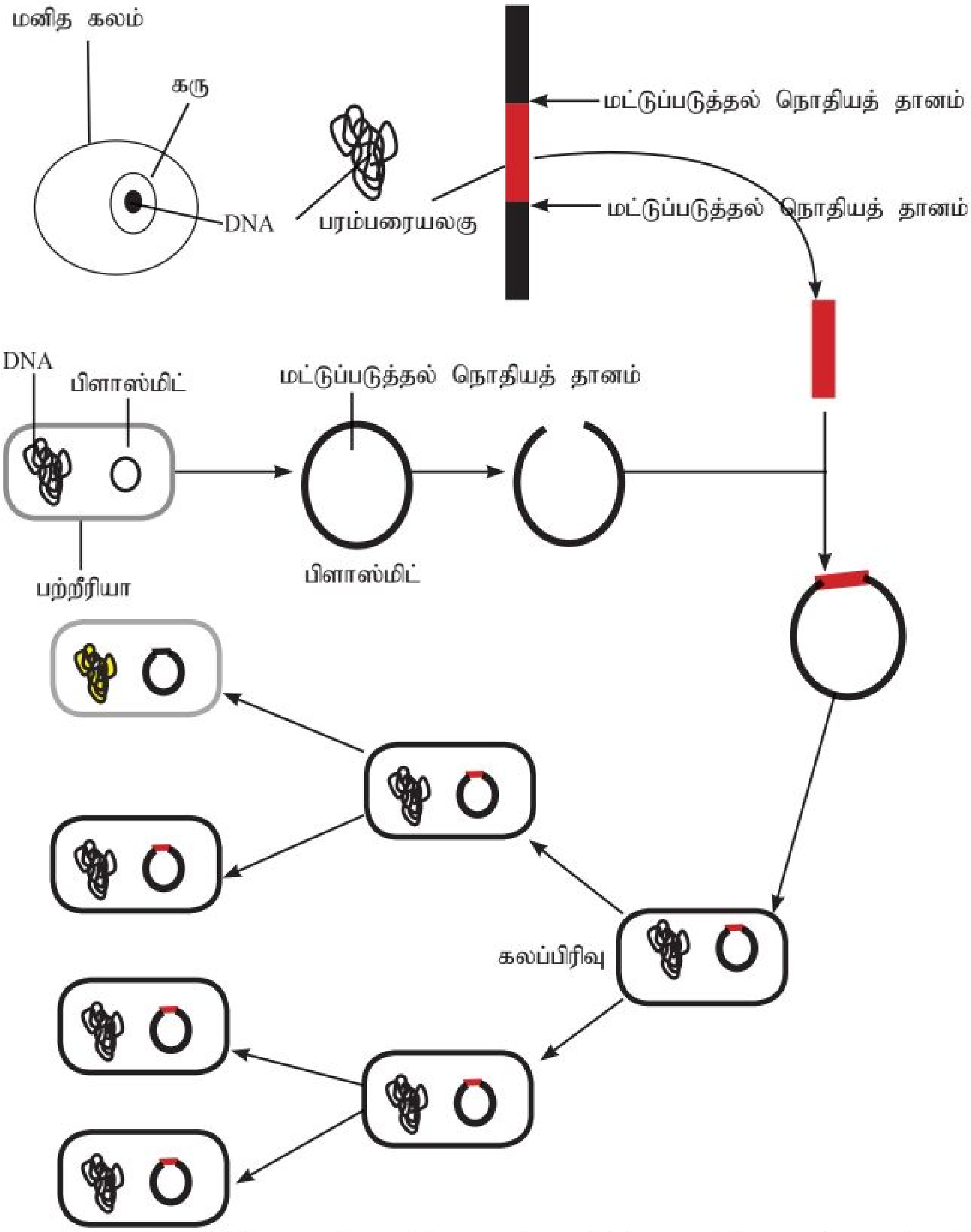
காவிகளின் வகைகளும் அவற்றின் வேறுபாடுகளும்

குறிப்பிட்ட விருந்துவழங்கிக் கலம் ஒன்றிலுள்ள தானாகவே பின்புறமடிவடையும் ஏதாவது அலகுக் காவியாகப் பயன்படுத்தப்படலாம். பற்றீரியாவில் பிளாஸ்மிட்டுகளும் பற்றீரியம்விழுங்கிகளும் காவிகளாகப் பயன்படுத்தப்படலாம். மதுவக் கலங்களிலும் கூட பிளாஸ்மிட்டுகள் காணப்படுகின்றன. எனவே அவையும் கூடக் காவிகளாகப் பயன்படுத்தப்படலாம். மதுவ முளைவகைப்பெருக்கக் காவிகள் மதுவ செயற்கை நிறமூர்த்தங்கள் அல்லது YACs என அழைக்கப்படும். இவை பிளாஸ்மிட்டுகள் ஆனால் மையப்பாத்துகளுக்கான தொடரிகளைக் காவுவதால் இவை நிறமூர்த்தங்கள் என அழைக்கப்படும். இவை நேரியதாக்கப்பட்டால் நிறமூர்த்தங்களாகச் செயலாற்றும். மேலும் இவை தன்னாட்சியாகப் பின்புறமடியும் தொடரிகளைக் கொண்டிருப்பதால் (ARS) பின்புறமடிவடைதலுக்குக் கலப்பிரிவில் தங்கியிருக்காது. இந்தக் காவிகள் அனைத்தும் காவியொன்றுக்கு அவசியமில்லாத பரம்பரையலகுகளைக் காவுகின்றன. இவை அகற்றப்பட்டு, அந்த இடைவெளி விருப்பத்திற்குரிய DNA ஐப் புகுத்துவதற்குப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. மதுவக் காவிகள் தன்னாட்சியாகப் பின்புறமடியும் தொடரிகளையும் (ARS) மையப்பாத்தின் தொடரிகளையும் கொண்டிருக்க வேண்டும்.

மேலே விபரித்தது போல், முளைவகைக் காவியின் பிரதான நோக்கம் உயிருடலினுள் DNA ஐப் பிரதிசெய்தலாகும். இதற்குத் தனித்த விருந்துவழங்கி ஒன்றினுள் உயர்வான எண்ணிக்கையில் பிரதிகள் காணப்படவேண்டும். இந்நிபந்தனையானது, பற்றீரியாவின் பிளாஸ்மிட்டுகள், பற்றீரியம்விழுங்கிகள், YAC கள் என்பவற்றால் நிறைவேற்றப்படும். கலங்களின் மாற்றமானது மிகவும் வினைத்திறனற்ற செயன்முறை ஒன்றாகும். எனினும் பற்றீரியம்விழுங்கிகளைக் காவிகளாகப் பயன்படுத்தி இப்பிரச்சினையானது முறியடிக்கப்படுகின்றது. ஏனெனில் பற்றீரியம்விழுங்கியின் தொற்றுகைப் பொறிமுறையால் விருந்துவழங்கிக் கலத்தினுள் காவியானது உட்புகுத்தப்படலாம் YAC பெரியதாக இருப்பதால் DNA ஆனது பெரியளவில் அவற்றைப் பயன்படுத்திப் பிரதிபண்ணப்படுவது அனுகூலமாகும். அவை யூகரியோட்டாவுக்குரிய தொகுதிகளில் செயலாற்றுவது இன்னொரு அனுகூலமாகும்.

மாற்றம்

விருந்துவழங்கி ஒன்றின் சூழலில் இருந்து அதன் கலமென்சவ்வினூடாகப் புறத்திற்பிறந்த DNA ஆனது நேரடியாக உள்ளெடுக்கப்பட்டு, இணைக்கப்பட்டு, இதன் விளைவாக பிறப்புரிமையியலுக்குரிய மாற்றம் ஒன்றை ஏற்படுத்தல்



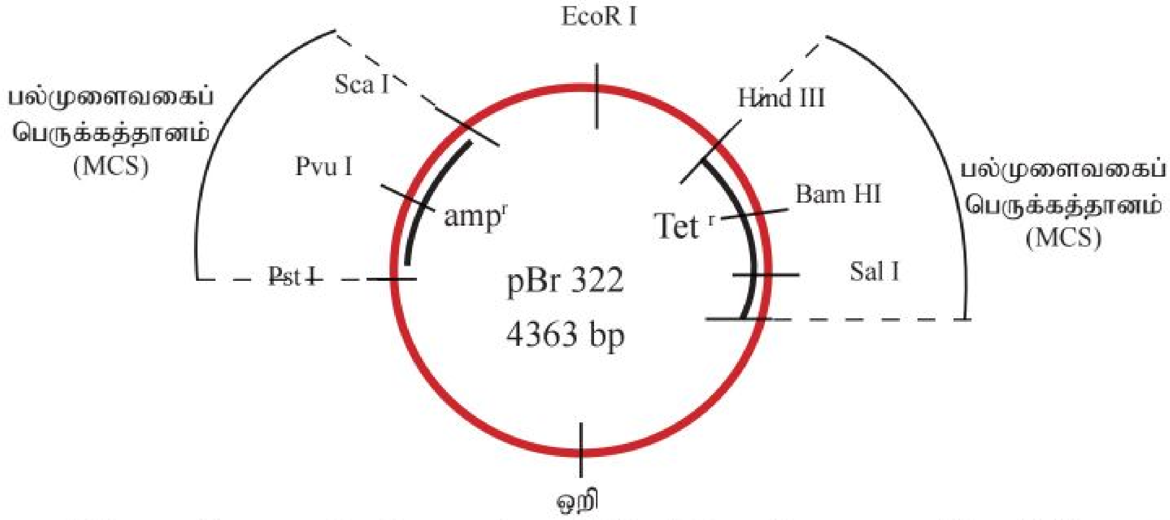
உரு 7.30 பிளாஸ்மிட் காவியையும் பற்றீரியா விருந்துவழங்கியையும் பயன்படுத்தி விருப்புக்குரிய பரம்பரையலகு ஒன்றை முளைவகைப்பெருக்கம் செய்தல்

விருப்புக்குரிய DNA இன் பிரதிகள் அல்லது மீளச்சேர்ந்த DNA ஆனது விருந்துவழங்கிக் கலங்களைச் சேர்த்து, பகுப்பு மூலம் காவிகளை விடுவித்து, காவிகளைத் தனிமைப்படுத்தி, DNA துண்டங்களைத் தனிமைப்படுத்துவதற்குப் பயன்படுத்திய அதே மட்டுப்படுத்தல் நொதியங்களைப் பயன்படுத்தி DNA ஐ வெட்டிப் பெறப்படுகின்றது. மீளச்சேர்ந்த DNA ஆனது மின்னயனத்தின் பின்னர் அகரொஸ் ஜெல்லில் வேறாக்கப்பட்டுப் பின்னர் கண்டறியப்பட்டு தனிமைப்படுத்தப்படுகின்றது.

அடையாளப்படுத்தும் பரம்பரையலகுகளின் பயன்பாடு

மீளச்சேர்ந்த பிளாஸ்மிட் காவியுடனான விருந்துவழங்கிக் கலங்களில் மாற்றத்தின் வினைத்திறனானது மிகவும் குறைவானது. அதாவது மாற்றப்பட்ட விருந்துவழங்கிக் கலம் ஒன்று இருப்பின் அங்கே மில்லியன்கள் கணக்கான கலங்கள் மாற்றப்படாமல் காணப்படும். பொருத்தமான ஊடகம் ஒன்றில் மாற்றப்பட்ட கலங்களும் மாற்றப்படாத கலங்களும் சமுதாயத்தைத் தோற்றுவிக்கும். ஆனால் இவற்றை வேறுபடுத்தியறிய முடியாது. எனவே சில வகையான அடையாளப்படுத்தும் பரம்பரையலகுகள் முளைவகைப்பெருக்கமுறும் காவிகளினுள் வடிவமைக்கப்படவேண்டும். இதனால் மாற்றப்பட்ட கலங்களில் இருந்து தோற்றுவிக்கப்பட்ட ஒருசில சமுதாயங்களை மாற்றப்படாத கலங்களின் சமுதாயங்களில் இருந்து சோதித்து உறுதிப்படுத்தப்படலாம். மிகப் பொதுவான அடையாளப்படுத்திகள் நுண்ணுயிர் கொல்லிக்கு எதிர்ப்புள்ள பரம்பரையலகுகள் ஆகும். விருந்துவழங்கிக்கலம் குறிப்பிட்ட நுண்ணுயிர்க்கொல்லிக்கு உணர்திறனுள்ளது. எனவே குறிப்பிட்ட அந்த நுண்ணுயிர்கொல்லி கொண்ட ஊடகத்தில் வளர்ச்சியடையாது. காவியானது நுண்ணுயிர்கொல்லிக்கு எதிர்ப்புள்ள பரம்பரையலகுகளைக் காவுவதால் மாற்றப்பட்ட கலங்கள் நுண்ணுயிர்கொல்லியுள்ள ஊடகத்தில் வளர்ச்சியடையும். இவ்வாறான அடையாளப்படுத்திகள், மாற்றப்பட்ட கலங்களின் வளர்ச்சியை மட்டும் அனுமதிப்பதால் தேர்ந்தெடுப்பதற்கான குறி (அடையாளப்படுத்தி) என அழைக்கப்படும்.

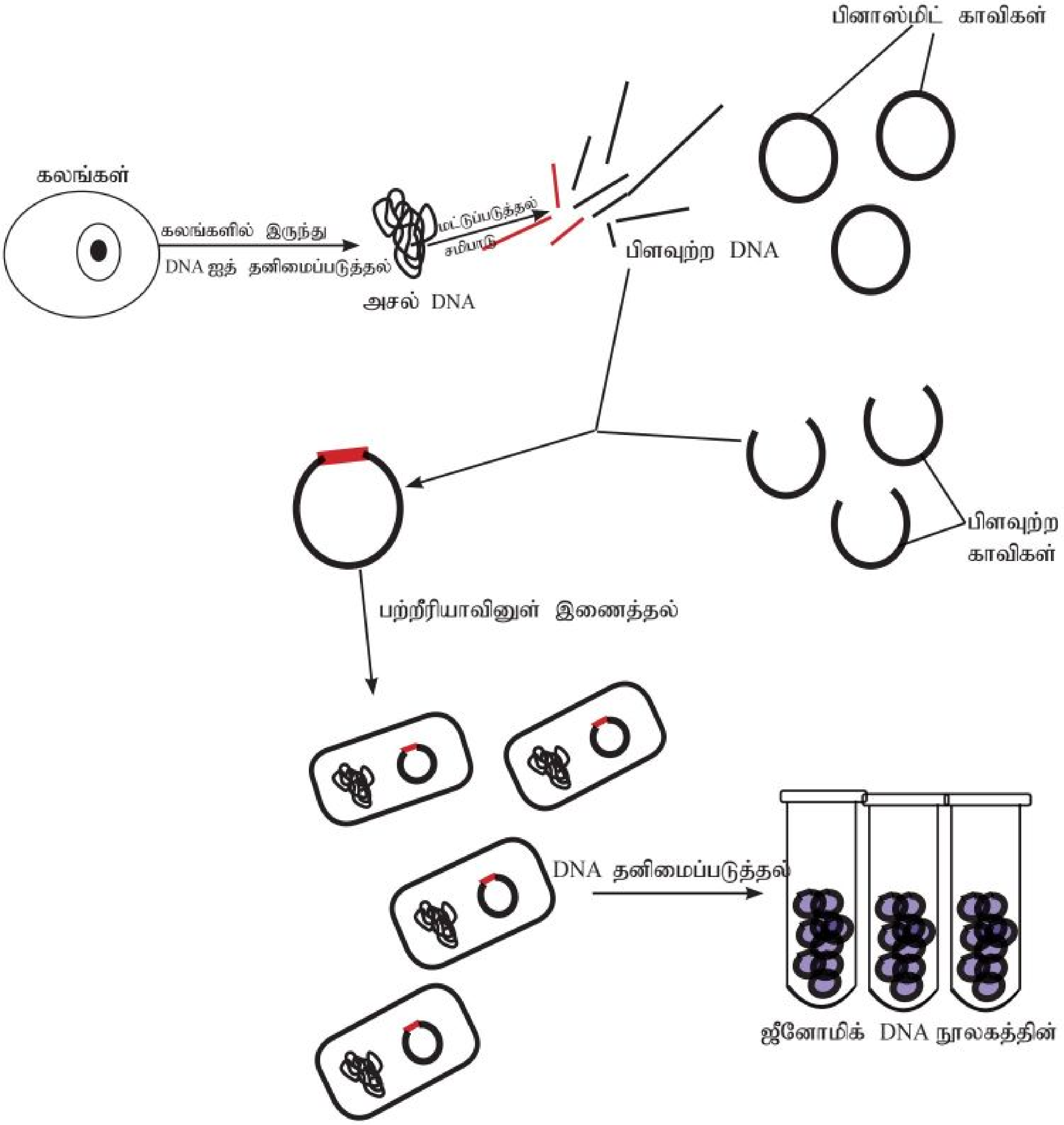
இங்கே தீர்க்கப்பட வேண்டிய வேறொரு பிரச்சினையும் உள்ளது. அனைத்துக் காவிகளும் மீளச்சேர்ந்த, விருப்புக்குரிய பரம்பரையலகைக் கொண்டிருக்காது. எனவே இவற்றை அடையாளங்காண வேறொரு அடையாளப்படுத்தி தேவைப்படும். முளை வகைப்பெருக்கம் செய்யும் காவியில் காணப்படவேண்டிய அவசியமான இயல்புகள் உரு 7.31 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



உரு 7.31 அவசியமான இயல்புகளைக் காட்டும் (Ori, பல்முளைவகைப்பெருக்கம் தானம், அடையாளப்படுத்தி) முளைவகைப்பெருக்கும் காவிக்கான உதாரணம் ஒன்று (pBR 322)

DNA நூலகங்கள்

பொறிமுறை விசையை அல்லது மட்டுப்படுத்தல் நொதியங்களைப் பயன்படுத்திக் கொய்தல் மூலம் ஜீனோமானது எழுமாறான துண்டுகளாக வெட்டப்படுகின்றது. இது ஜீனோமின் பருமனைப் பொறுத்து பல்வேறு தொடரிகளை மிகவும் பெரிய எண்ணிக்கையில் உருவாக்கும் அனைத்துத் துண்டங்களும் முளைவகைப்பெருக்கம் செய்யும் காவியினுள் செலுத்தப்பட்டுப் பெறப்பட்ட மீளச்சேர்ந்த காவிகள் பற்றீரிய விருந்துவழங்கியை மாற்றம் செய்வதில் பயன்படுத்தப்படும். இவ்விருந்துவழங்கிகள் பொருத்தமான ஊடகத்தில் வளர்க்கப்பட்டு மாற்றம் செய்யப்பட்ட கலங்கள் தேர்வு செய்யப்படுவதுடன் மாற்றம் செய்யப்பட்ட கலங்கள் சோதித்து உறுதிப்படுத்தப்படும் (screening). இங்கு குறிப்பிட்ட DNA துண்டமொன்று தேர்வு செய்யப்படாததால் மாற்றம் செய்யப்பட்ட ஒவ்வொரு கலமும் முன்னர் தேர்வு செய்யப்பட்ட ஜீனோமின் வெவ்வேறு DNA துண்டுகளைக் காவும். அனைத்துச் சமுதாயங்களும் தனிமைப்படுத்தப்பட்டு, வெவ்வேறாக வளர்க்கப்பட்டால், இச்சமுதாயங்களின் தொகுப்பு ஜீனோமுக்குரிய DNA நூலகங்கள் எனப்படும். (உரு 7.32) ஒத்த காவிகளின் குடித்தொகையில் முளைவகைப் பெருக்கம் செய்யப்பட்ட, மொத்த ஜீனோமுக்குரிய DNA இன் பல்வேறு துண்டங்களில் ஒவ்வொன்றை இனம்பெருக்குகின்ற நுண்ணுயிர் வளர்ப்புகளின் தொகுப்பு DNA நூலகம் ஆகும். ஜீனோமின் ஒரு பூரணமான தொடரியைப் பெற்றுக் கொள்வதற்காக ஒவ்வொரு புகுத்தப்பட்ட சமுதாயமும் வெவ்வேறாக தொடரியாக்கப்பட்ட வேண்டும். இவ்வாறே மனித ஜீனோம் செயற்றிட்டத்தின் கீழ் மனித ஜீனோம்களின் தொடரிகளின் விளக்கம் ஆரம்பிக்கப்பட்டது.



உரு 7.32 ஜீனோமுக்குரிய DNA நூலகத்தைக் கட்டியெழுப்பும் படிமுறைகள்

cDNA நூலகங்கள் என அழைக்கப்படும் இன்னொருவகை DNA நூலகங்களும் உள்ளன. கலங்கள் /இழையங்களில் இருந்து தனிமைப்படுத்தப்பட்ட mRNA களின் புறமாற்று ரான்ஸ்கிரிப்ஷன் (reverse transcription) மூலம் பெறப்பட்ட நிரப்புகின்ற DNA ஐ இந்த நூலகங்கள் கொண்டிருக்கும். கலமொன்றின் mRNA களின் தொகுப்பு ரான்ஸ்கிரிப்டோம் (transcriptome) என அழைக்கப்படும். mRNA கள் தனிமைப்படுத்தப்பட்டு புறமாற்று ரான்ஸ்கிரிப்ஷனுக்கு உள்ளாக்கப்பட்டு mRNA களுக்கான நிரப்புகின்ற ஒரு DNA பட்டிகையாக்கப்படும். இதற்குப் பயன்படுத்தப்படும் நொதியம் ரிவேஸ் ரான்ஸ்கிரிப்டேஸ் ஆகும். இரட்டைப் பட்டிகை கொண்ட cDNA

ஐப் பெற்றுக் கொள்வதற்காக DNA பொலிமரேசைப் பயன்படுத்தி முதலாவது DNA படித்தகட்டில் இரண்டாவது DNA பட்டிகை பின்புறமடிவடையச் செய்யப்படுகின்றது. DNA துண்டங்கள் முளைவகைப்பெருக்கம் செய்யப்பட்டு, ஜீனோமுக்குரிய DNA நூலகத்திற்கான அதே செயன்முறை பின்பற்றப்பட்டு, cDNA நூலகம் கட்டியெழுப்பப்படும்.

DNA நூலகங்கள் தொடரிப்படுத்தலுக்கான DNA துண்டங்களின் மூலங்களாக அடிப்படையில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. cDNA நூலகங்கள் பரம்பரையலகு வெளிப்பாட்டுக் கோலங்களையும் பிரதிபலிக்கின்றன.

DNA விநியோகிக்கும் தொகுதிகள்

உடலுக்கு வெளியிலுள்ள DNA உடன் தொடர்புள்ள கலம் மாற்றம் செய்யப்பட்ட கலமென அழைக்கப்படும். கலமொன்று உடலுக்கு வெளியிலுள்ள DNA ஐப் பெற்றுக் கொள்ளல் பல்வேறு முறைகள் மூலம் மேற்கொள்ளப்படும்.

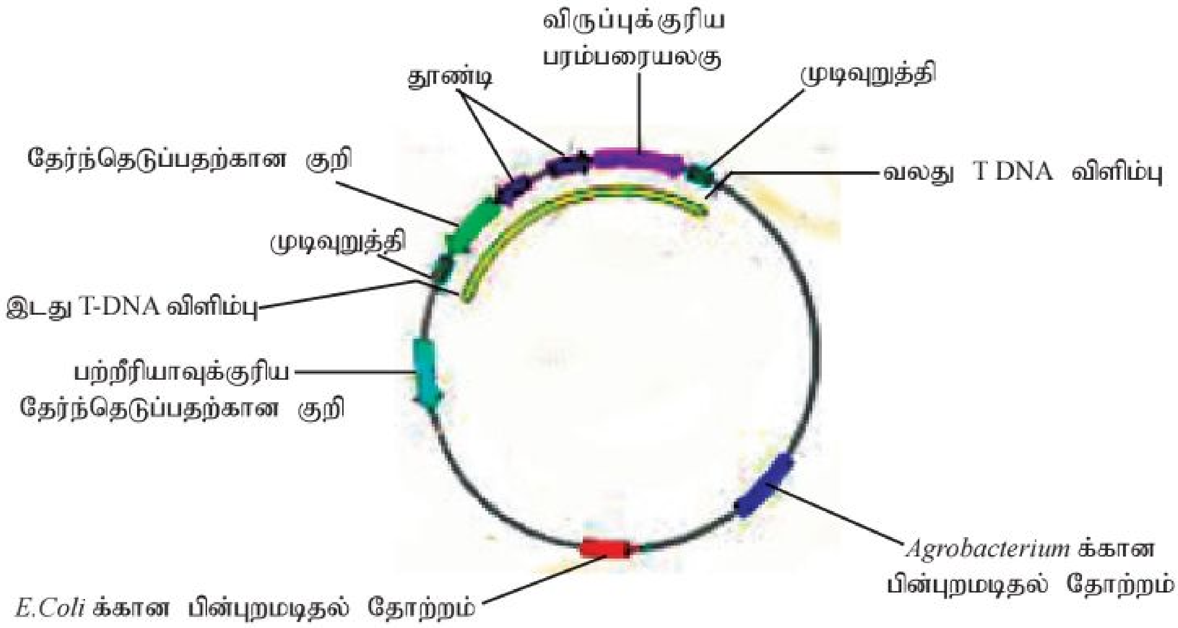
- **மாற்றம் :** இம்முறையில் ஒரு பெரிய எண்ணிக்கையான விருப்புக்குரிய DNA இன் பிரதிகள் (உ+ம்: மீளச்சேர்ந்த காவி) விருந்துவழங்கிக் கலங்களுடன் கலக்கப்படுகின்றது. இது கலமென்சவ்வினூடாகச் சூழலில் இருந்து கலங்கள் DNA ஐ உள்ளெடுக்கும் தகைமையை அடிப்படையாகக் கொண்டது. கலங்களினுள் DNA உள்ளெடுக்கப்படும் வினைத்திறன் மிகவும் குறைவானது. விருந்துவழங்கிக் கலங்களின் தேர்ச்சியானது (வெளியிலிருந்து DNA ஐ உள்ளெடுக்கும் ஆற்றல்) பல்வேறு பரிகரிப்பு முறைகளால் அதிகரிக்கப்படலாம்

- **குறுக்குக் கடத்துகை :** இது பற்றீரியம்விழுங்கிகள் விருந்துவழங்கிக் கலங்களைத் தொற்றும் தகவை அடிப்படையாகக் கொண்ட முறையாகும். தாவரங்கள் மற்றும் விலங்குகளைத் தொற்றும் வைரசுகள், தாவர மற்றும் விலங்குகளின் விருந்துவழங்கிக் கலத்தினுள் உடலுக்கு வெளியிலுள்ள DNA ஐ விநியோகிப்பதற்குப் பயன்படுத்தப்படலாம். விருப்புக்குரிய பரம்பரையலகு, மாற்றியமைக்கப்பட்ட வைரசுக்குரிய ஜீனோமுடன் இணைக்கப்பட்டு, புரதக் கப்சிட்டினுள் (capsid) பொதிசெய்யப்படுகின்றது. இந்த வைரசுத் துணிக்கையானது அதன் சாதாரண தொற்றுதல் செயன்முறையினூடாக மீளச்சேர்ந்த DNA ஐக் கடத்தும். கப்சிட்டானது DNA ஐப் பாதுகாக்கும். இம்முறையானது மாற்றத்தை விட மிகவும் வினைத்திறனானது.

- **பரம்பரையலகுத் துப்பாக்கி :** இம்முறையில் பொன் போன்ற பாரஉலோகமொன்றின் சிறுதுணிக்கைகளால் விருப்புக்குரிய DNA இன் அதிக எண்ணிக்கை கொண்ட பிரதிகள் உறையிடப்படும். மாற்றம் செய்யப்பட வேண்டிய கலத்தினுள் இத்துணிக்கைகள் உயர்வேகத்துடன் சுடப்படும். இதற்குப் பயன்படும் உபகரணம் பரம்பரையலகுத் துப்பாக்கி ஆகும். (உரு 7.33)

உரு 7.33 பரம்பரையலகுத் துப்பாக்கி

***Agrobacterium* மத்தியஸ்தம் வகிக்கும் பரம்பரையலகு இடமாற்றம் :** *Agrobacterium* என்பது ஒரு மண்வாழ் பற்றீரியா. இது தாவரங்களைத் தொற்றக்கூடியது அவை தொற்றும் முறை மிகவும் சிறப்பானது. தொற்றினால் தாவரத்தில் கழலை ஏற்படுத்தப்பட்டு, அதனுள் பற்றீரியா வாழும். இந்நோய் நுனிக்காய்ப்பு நோய் என அழைக்கப்படும். கழலை அல்லது காய்ப்பில் காணப்படும் கலங்கள் *Agrobacterium* இன் பிளாஸ்மிட்டின் துண்டமொன்றால் பிறப்புரிமையில் மாற்றம் செய்யப்பட்டவை. இந்தப் பிளாஸ்மிட் Ti (கழலை தூண்டும்) பிளாஸ்மிட் என அழைக்கப்படும். (உரு 7.34) இப் பிளாஸ்மிட்டின் ஒரு பகுதியானது உண்மையில் தாவர ஜீனோமினுள் இடமாற்றப்பட்டிருக்கும். எனவே இவை இடமாற்றும் DNA அல்லது T-DNA எனப்படும். T-DNA கொண்டிருக்கும் பரம்பரையலகுகள் கழலை உருவாக்கத்தைத் தூண்டுவதுடன் நோய்விளைவிக்கும் இயல்புடனும் தொடர்பானவை. DNA இடமாற்றம் செய்யப்படுவதற்கு T-DNA இன் இடதுபக்க மற்றும் வலதுபக்கமாகவுள்ள தொடரிகள் தேவைப்படும். இதனால் விஞ்ஞானிகள் T-DNA இலிருந்து உக்கிரமான பரம்பரையலகுகள் உட்பட பெரும்பாலான பற்றீரியாவுக்குரிய பரம்பரையலகுகளை அகற்றிவிட்டு, இரண்டு விளிம்புத் தொடரிகளின் இடையேயுள்ள இடைவெளிகளில் விருப்புக்குரிய பரம்பரையலகுகளை உட்புகுத்தியுள்ளனர். *Agrobacterium* அவற்றின் தொற்றும் தகவினால் தாவரக்கலங்களினுள் உட்புகுத்தப்பட்ட பரம்பரையலகால் மாற்றம் செய்யப்பட்ட T-DNAஐ விநியோகம் செய்யும். T-DNA இலிருந்து உக்கிரமான பரம்பரையலகுகள் அகற்றப்பட்டமையால் தாவரக்கலங்கள் நோய்நிலைமைக்கு உள்ளாவதில்லை. இது T-DNA நிராயுதபாணிகளாக்குதல் எனப்படும்.



உரு 7.34 Ti பிளாஸ்மிட் காவி

DNA பகுப்பாய்வு

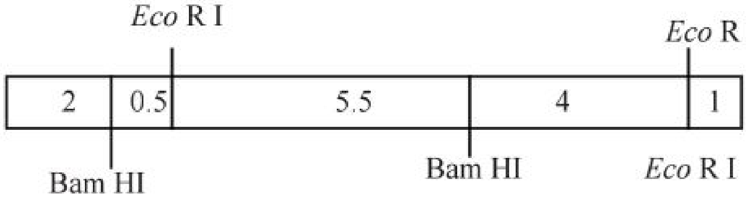
உருவவியலுக்குரிய இயல்புகள் வழமையாக பாகுபடுத்தப் பயன்படுத்தப்படும்போது கிடைக்கக்கூடிய இயல்புகளின் எண்ணிக்கை வரையறைக்குட்பட்டதால் பாகுபாட்டில் இனங்காணப்பட்ட மிகச் சிறிய கூட்டம் இனம் ஆகும். மேலும் இயல்புகள் காணப்பட்டால் உபஇனங்கள், குலவகைகள், பேதங்கள் போன்ற மேலதிகமான பிரிவுகள் சாத்தியமாகும். உயிரிரசாயன இயல்புகள் (அதாவது, நொதியச் செயற்பாடுகள்) அங்கிகளைச் சிறிய கூட்டங்களாகப் பிரிப்பதற்குப் பாகுபாட்டில் பயன்படுத்தப்படலாம். இயல்புகள் அங்கிகளின் பிறப்புரிமையியலுக்குரிய சேர்மானங்களாலும் அவற்றின் சூழலாலும் கட்டுப்படுத்தப்படுவதால் மேலே கூறப்பட்ட இயல்புகள் சூழலைப் பொறுத்து மாறுபடலாம். ஆகவே அங்கிகளின் இரு கூட்டங்கள் பிறப்புரிமையில் ஒத்தவையா அல்லது வேறுபட்டவையா என ஒருவர் அறிந்துகொள்ள அவர் DNA மட்டத்தில் ஆராய வேண்டும்.

அங்கிகளிடையேயுள்ள பிறப்புரிமைக்குரிய ஒற்றுமைகள், வேற்றுமைகள் என்பவற்றின் இனங்காணலுக்கு வசதியளிக்க DNA பகுப்பாய்வுக்கான பல்வேறு தொழில்நுட்பங்கள் விருத்தியாகியுள்ளன. இவற்றுள் சிலவற்றைத் தனியன்களை இனங்காண்பதிலும் கூடப் பயன்படுத்தப்படமுடியும். இத்தொழினுட்பங்கள் DNA தனிமைப்படுத்தல், ஜெல் மின்னயனம், ஆயிகளின் பயன்பாடு போன்ற தொழினுட்பங்களுடன் இணைத்துப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது.

மட்டுப்படுத்தல் வரைபடங்கள்

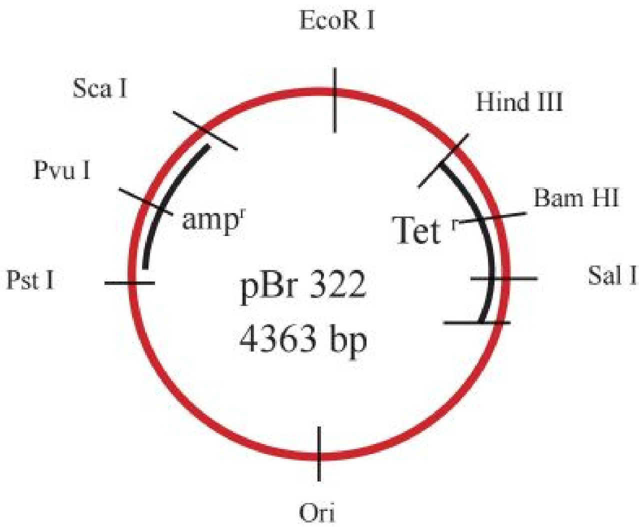
முன்னர் காட்டியது போல் மட்டுப்படுத்தல் நொதியங்கள், ds DNA ஐக் குறிப்பிட்ட தொடரியில் துண்டங்களாக வெட்டுகின்றது. மட்டுப்படுத்தல் தானங்களின்

எண்ணிக்கை, அவற்றின் அமைவிடம் என்பவற்றைப் பொறுத்து வெவ்வேறு பருமன் கொண்ட பல துண்டங்கள் தோற்றுவிக்கப்படும். வெவ்வேறு மட்டுப்படுத்தல் நொதியங்கள் வெவ்வேறு தானங்களில் வெட்டி, வெவ்வேறு பருமனுள்ள துண்டங்களை வேறுபட்ட எண்ணிக்கையில் தோற்றுவிக்கும். மட்டுப்படுத்தல் வரைபடம் என்பது ஒன்றுக்கொன்று சார்பாக ஒவ்வொரு மட்டுப்படுத்தல் தானத்தினதும் அமைவிடம், அத்தானங்களுக்கிடையிலான தூரம் என்பவற்றைக் காட்டும் வரைபடம் ஆகும். (உரு 7.35)



உரு 7.35 DNA இன் சிறிய பகுதியின் மட்டுப்படுத்தல் வரைபடம்

மட்டுப்படுத்தல் வரைபடங்கள் முளைவகைப்பெருக்கம் செய்யும் காவிகளின் நிர்மாணத்திற்கு மிகவும் முக்கிமானவை. முளைவகைப்பெருக்கம் செய்யும் காவிகள் முளைவகைப்பெருக்கம் செய்யும் தானத்தில் மட்டுப்படுத்தல் நொதியத்தால் வெட்டப்பட்டு அதில் வேறு மூலங்களில் இருந்து பெறப்பட்ட DNA இன் துண்டங்கள் இணைக்கப்படுகின்றன. பொதுவாகப் பயன்படுத்தப்படும் பிளாஸ்மிட் காவியின் மட்டுப்படுத்தல் வரைபடம் உரு 7.36 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



உரு 7.36 pBR322 பிளாஸ்மிட் காவியின் மட்டுப்படுத்தல் வரைபடம்

DNA தொடரிப்படுத்தல்

DNA மூலக்கூறு ஒன்று நிரப்புகின்றதும் எதிர்ச் சமாந்தரமானதுமான இரண்டு பட்டிகைகளால் ஆனது. ஒவ்வொரு பட்டிகையிலும் அடினின், குவானின், சைற்றோசின், தைமின் என்ற நான்கு மூலங்கள் நேரியதாக ஒரு தொடரியில்

ஒழுங்குபடுத்தப்பட்டிருக்கும். DNA தொடரிப்படுத்தல் என்பது DNA மூலக்கூறு ஒன்றில் இம்மூலங்களின் துல்லியமான ஒழுங்கைத் துணியும் செயன்முறை ஆகும்.

1977 இல் DNA தொடரிப்படுத்தல் அறிமுகப்படுத்தப்பட்டதில் இருந்து இத்தொழில் நுட்பமானது பெரிதும் மேம்படுத்தப்பட்டு வருகின்றது. 2003 இல் மனித ஜீனோம் செயற்திட்டத்தின் கீழ் மொத்த மனித ஜீனோமின் தொடரி, DNA தொடரிப்படுத்தல் தொழினுட்பவியல் மூலம் பெறப்பட்டது. இது முதலாவது சந்ததித் தொடரிப்படுத்தல் தொழினுட்பவியல் என அழைக்கப்படும். இந்த முறைகள் குறுகிய DNA துண்டங்களின் தொடரிகளை மட்டும் துணியக்கூடியதாகவும் நீண்ட காலம் தேவைப்படுவதாகவும் இருந்தது. அக்காலத்தில் இருந்து அடுத்த சந்ததித் தொடரிப்படுத்தல் அல்லது இரண்டாவது சந்ததித் தொடரிப்படுத்தல், மிக நவீனமான மூன்றாவது சந்ததித் தொடரிப்படுத்தல் எனத் தொழினுட்பவியல் விருத்தியடைந்துள்ளது. மிக நவீனமான தொழினுட்பவியலில் மில்லியன் கணக்கான நியூக்கிளியோரைட்டுகள் கொண்ட பட்டிகையின் நீளத்தைத் தொடரிப்படுத்தக் கூடியதாக இருப்பதால் தொடரிப்படுத்தலுக்குத் தேவையான நேரம் பெரிதும் குறைக்கப்பட்டுள்ளது. மனித ஜீனோம் தொடரிப்படுத்தலைப் பூர்த்தியாக்க மனித ஜீனோம் செயற்றிட்டத்தில் 15 வருடங்கள் தேவைப்பட்ட போதும் தற்போது (2018) ஒருவரால் 1000 US$ பணம் செலவு செய்து பல மணித்தியாலங்களில் தனது தொடரிப்படுத்தப்பட்ட ஜீனோமைப் பெற்றுக்கொள்ள முடியும்.

DNA தொடரிப்படுத்தல் தொழினுட்பவியலின் விருத்தியுடன் அதன் பிரயோகங்களும் விசாலமாக்கப்பட்டுள்ளன.

DNA தொடரிப்படுத்தலின் பிரயோகங்கள்

மூலக்கூற்று உயிரியல் : DNA இன் மூலத் தொடரிகளின் தகவல் DNA இன் தொழிற்பாட்டை விளங்கிக்கொள்ள அவசியமானது. பல்பெப்ரைட் ஒன்றைக் குழுக்குறிக்கும் பரம்பரையலகுகளின் அமைவிடம் DNA தொடரியைக் கற்பதன் மூலம் அறியப்படும். பரம்பரையலகு ஒன்றின் DNA தொடரியிலுள்ள குறிப்பிட்ட டொமைன்கள் (domains) புரதத்தின் தொழிற்பாட்டைக் குறிக்கும். (உதாரணமாக, புரதம் மென்சவ்வுக்குக் குறுக்கான புரதமா அல்லது DNA உடன் பிணையும் புரதமா என) மனித ஜீனோமில் பரம்பரையலகுகளின் மடங்குப் பிரதிகள் இருப்பது DNA தொடரிப்படுத்தலில் வெளிப்படுத்தப்பட்டுள்ளது. அமினோஅமிலத் தொடரிப்படுத்தியைப் பயன்படுத்தி பெப்ரைட் ஒன்றின் அமினோஅமிலத் தொடரியைத் துணியக்கூடியதாக இருந்தபோதும் தற்போது DNA தொடரியினூடாக அமினோஅமிலத் தொடரியை இலகுவாகத் துணியக்கூடியதாக உள்ளது.

பரிணாம உயிரியல் : DNA சந்ததிக்குச் சந்ததி கடத்தப்படுகின்றது. காலப் போக்கில் DNA இல் மாற்றங்கள் ஏற்பட்டு, திரட்டப்பட்டுள்ளது எனவே, இனத்தின் இடையேயும் வேற்றினங்களின் இடையேயும் தனியன்களில் உள்ள DNA தொடரிகளின் ஒற்றுமைகளும் வேற்றுமைகளும் அவற்றின் கூர்ப்புத்

தொடர்புகளை வெளிப்படுத்துகின்றன. பேணிப் பாதுகாக்கப்பட்ட புராதன மனித எச்சங்களில் இருந்து (உதாரணமாக மம்மிகள், பனியில் புதைந்துள்ள மனித எச்சங்கள், உயிர்ச்சுவடாக்கப்பட்ட எச்சங்கள்) பெறப்பட்ட DNA மாதிரிகளை தொடரிப்படுத்தியதால் *Homo sapiens* கூர்ப்படைந்த காலம், உலகை வெற்றி கொள்ள அவர்கள் குடிபெயர்வடைந்த விதம் என்பன அறியப்பட்டுள்ளது.

மருத்துவம் : சில குடும்பங்கள் சில பிறப்புரிமை ஒழுங்கீனங்களை தலை முறையுரிமை யாக்கியுள்ளன. DNA தொடரிப்படுத்தல் ஆரோக்கியமான மனிதன் ஒரு காவியா இல்லையா என்பதை வெளிப்படுத்துகின்றது. குடும்ப அங்கத்தவர்களிடையே குறிப்பிட்ட நோயை ஏற்படுத்தும் எதிருரு எவ்வாறு பரப்பியுள்ளதென்பது இடர்வாய்ப்பை மதிப்பீடு செய்வதற்கும் முகாமைத்துவத்தைத் திட்டமிடவும் மிகவும் முக்கியமானது. இதேபோல் புற்றுநோய் நிதானிப்புக் கூட DNA தொடரியாக்கலினால் சாத்தியமாகியுள்ளது. நோயாளி ஒருவரின் குருதியில் காவப்படும் DNA ஐத் தொடரியாக்குவதன் மூலம் புற்றுநோய்க்கான மருந்துகளின் துலங்கல்கள் பின்பற்றப்படும். ஒரு மருந்து பதிலளித்தால் குருதியில் புற்றுநோய்க்குத் தொடர்பான DNA தொடரிகள் குறைக்கப்பட வேண்டும். முதிர்மூலவுருவின் சூல்வித்தகத்திலிருந்து தனிமைப்படுத்தப்பட்ட DNA பிறப்புரிமை ஒழுங்கீனங்களின் ஆரம்ப நோய்நிதானிப்பில் பயனுள்ளது.

தடயஅறிவியல் : ஒத்த இரட்டைகள் தவிர, இரு தனியன்கள் DNA இன் ஒத்த தொடரியைக் கொண்டிருப்பது மிகவும் அரிதாகும். குற்ற நிகழ்விடத்தில் காணப்பட்ட (குருதி, மயிர், விந்து, உமிழ்நீர் போன்ற) பதார்த்தங்களில் இருந்து பெறப்பட்ட DNA தொடரியை ஒத்த DNA தொடரி கொண்ட தனியனை அடையாளங்காண DNA தொடரிப்படுத்தல் மூலம் முடியும். இதேபோல் தந்தைமைச் சோதனை DNA தொடரிப்படுத்தலின் இன்னொரு பயனாகும்.

மெற்றாஜீனோமிக்ஸ் : **(Metagenomics):** நுண்ணுயிரினக்கூட்டம் என்பது மனிதவுடல், பல்வேறு சூழல்கள் என்பன உள்ளடங்கலாக ஒரு குறித்த வாழிடத்தில் காணப்படும் மொத்த நுண்ணங்கிகள் ஆகும். ஒரு நுண்ணுயிரினக் கூட்டத்திலுள்ள நுண்ணங்கிகளைக் கற்பதற்கான மரபுமுறையானது தூயவளர்ப்புகளை அடிப்படையாகக் கொண்டது. எனினும், பெருமளவான நுண்ணங்கிகள் வளர்ப்புச் செய்யப்பட முடியாதவை. எனவே இவை பெருமளவில் அலட்சியப்படுத்தப்படுகின்றன. மெற்றாஜீனோமிக்ஸ் என்பது ஒரு சூழலில் காணப்படும் DNA ஐ சாகிய DNA ஆகப் பிரித்தெடுத்து அம்மாதிரியை முழுமையாகக் கற்கும் விஞ்ஞானம் ஆகும். இந்தச் சாகிய DNA இல் உள்ள சில குறிப்பிட்ட தொடரிகளின் தொடரிப்படுத்தலும் பொருத்தமான மென்பொருள்களின் பயன்பாட்டுடனான பகுப்பாய்வும் வேற்றினங்களின் எண்ணிக்கைகளையும் அவற்றின் அடையாளத்தையும் வெளிப்படுத்தும். இவற்றுள் சில தற்போது அறியப்பட்டுள்ளது. ஏனையவற்றுள் அனேகமானவை புதிய இனங்களாக இருக்கலாம். எனவே மெற்றாஜீனோமிக்ஸ் கற்கையானது சூழலியல், தொற்றுநோயியல் போன்றவற்றிற்கு முக்கியமானவை.

DNA விரலடையாளமுறை

தனியன் ஒன்றின் பிறப்புரிமை அடையாளப்படுத்திகளின் தனித்துவமான தொகுதி அதன் விரலடையாளம் அல்லது பிறப்புரிமை விவரக்குறிப்பை உருவாக்கும். தற்போது அடையாளப்படுத்திகளின் இருக்கை அல்லது இல்லாமை அடையாளப்படுத்திக்குத் தனித்துவமான முதல்களைப் பயன்படுத்திப் பெரும்பாலும் PCR இனால் தீர்மானிக்கப்படுகின்றது. (கீழே பார்க்கவும்) இந்த அடையாளப்படுத்திகள் (Small Tandem Markers) STR அடையாளப்படுத்திகள் அல்லது மைக்குரோசற்றலைட் DNA (microsatellite DNA) என அழைக்கப்படும். யூகரியோட்டாவுக்குரிய DNA சில குழுக்குறித்தலற்ற தொடரிகளைக் கொண்டிருக்கும் அதில் இரண்டு முதல் ஆறு வரையான மூலச்சோடிகள் ஒன்றன்பின் ஒன்றாக 100 முதல் 1000 தடவைகள் மீண்டும் மீண்டும் அமைந்திருக்கும். இதனால் இவற்றின் நீளங்கள் வேறுபடும். இவை குழுக்குறித்தலற்றவையாதலால் மாறல்கள் தோற்ற அமைப்பில் தாக்கத்தை ஏற்படுத்தாது. இது தனியன்களில் மாறி ஆகும். இதனால் இவை அடையாளப்படுத்திகளாகப் பயன்படுத்தப்படலாம். STR அடையாளப்படுத்திகளைப் பயன்படுத்துவதன் அனுகூலங்களாவன;

- இவை ஜீனோமில் அடிக்கடி நடைபெறும்
- PCR மூலம் இலகுவாக அதிகப்படுத்தப்படும்
- அதிகளவில் மாறுகின்ற பல்லுருவத்தோற்றம்
- சிறப்பியல்பாக்கப்பட்ட STRகள் கூடுதலான எண்ணிக்கையில் கிடைத்தல்

முன்னர் விவரிக்கப்பட்டது போல் சுட்டியிடப்பட்ட அடையாளப்படுத்திகளைப் பயன் படுத்தித் தனித்துவமான தொடரிகளை ஆய்வு செய்தலே முன்பு பயன்படுத்தப்பட்ட முறையாக இருந்தது (DNA ஆயிகள் மற்றும் கலப்புப்பிறப்பாக்கத்தை மீட்டவும்)

DNA விவரக்குறிப்பில் அடையாளப்படுத்திகளின் தொகுதி ஒன்று (ஆயிகள் அல்லது PCR முதல்கள்) பயன்படுத்தப்படும். ஒரு அடையாளப்படுத்தியைப் பயன்படுத்தி DNA விரலடையாளம் ஒன்று பெறப்படமுடியாது. ஏனெனில் ஒத்த பட்டையாகும் கோலம் கொண்ட பல தனியன்கள் உள்ளன. மேலும் மேலும் அடையாளப்படுத்திகளைச் சேர்மானமாகப் பயன்படுத்தும்போது ஒரே கோலத்தைப் பெற்றுக்கொள்வதற்கான நிகழ்தகவு குறைக்கப்படும். 13 அடையாளப்படுத்திகளைப் பயன்படுத்தினால் நிகழ்தகவானது 10 பில்லியன்களில் இருந்து பல திரில்லியன்கள் வரை இருக்குமெனக் கணிக்கப்பட்டுள்ளது. உலக சனத்தொகையானது ஏழு பில்லியன் வரை இருப்பதால் இரு தனியன்கள் ஒத்த பிறப்புரிமை விவரக்குறிப்பு / விரலடையாளத்தைக் கொண்டிருப்பதற்கான வாய்ப்பு மிகவும் குறைவு.

DNA விரலடையாளமுறையின் பிரயோகங்கள்

குற்றவாளிகளை இனங்காணல் மற்றும் பாதிக்கப்பட்டவர்களை இனம் காணல் (உரு 7.37) சந்தேகநபர்களின் விரலடையாளங்கள் குற்றம் நடைபெற்ற இடத்திலிருந்து கிடைத்த உயிரியலுக்குரிய பதார்த்தங்களின் விரலடையாளங்களுடன் ஒப்பிடப்படும். குற்றவாளிகளை அடையாளம் காண்பதில் நிபுணர்களின் அபிப்பிராயம் நீதிமன்றத்தால் ஏற்றுக்கொள்ளப்படும்.

உரு 7.37 குற்றம் நடைபெற்ற இடத்திலிருந்து கிடைக்கப்பெற்ற மாதிரிகளினதும் மூன்று சந்தேக நபர்களினதும் DNA விரலடையாளங்களை ஒப்பிடல்

(சந்தேக நபர் # 2 இனது விபரக்குறிப்பு குற்றம் நடைபெற்ற இடத்திலிருந்து பெறப்பட்ட மாதிரியினதுடன் ஒத்திருக்கின்றது)

தந்தைமைச் சோதனை (cU 7.38)

பிள்ளை ஒன்றின் DNA விரலடையாளம் ஒருபோதும் அதன் தந்தையுடனோ அல்லது தாயுடனோ ஒத்துப்போவதில்லை. ஆனாலும் தந்தையிலிருந்து சில அடையாளப்படுத்திகளையும் தாயிலிருந்து ஏனைய அடையாளப்படுத்திகளையும் பிள்ளை பகிர்ந்திருக்கும். எனவே குழந்தையின் தந்தையை உறுதிப்படுத்திக்கொள்ள DNA விபரக்குறிப்பாக்கம் திருத்தமாகப் பயன்படுத்தப்படலாம். (உரு 7.38)

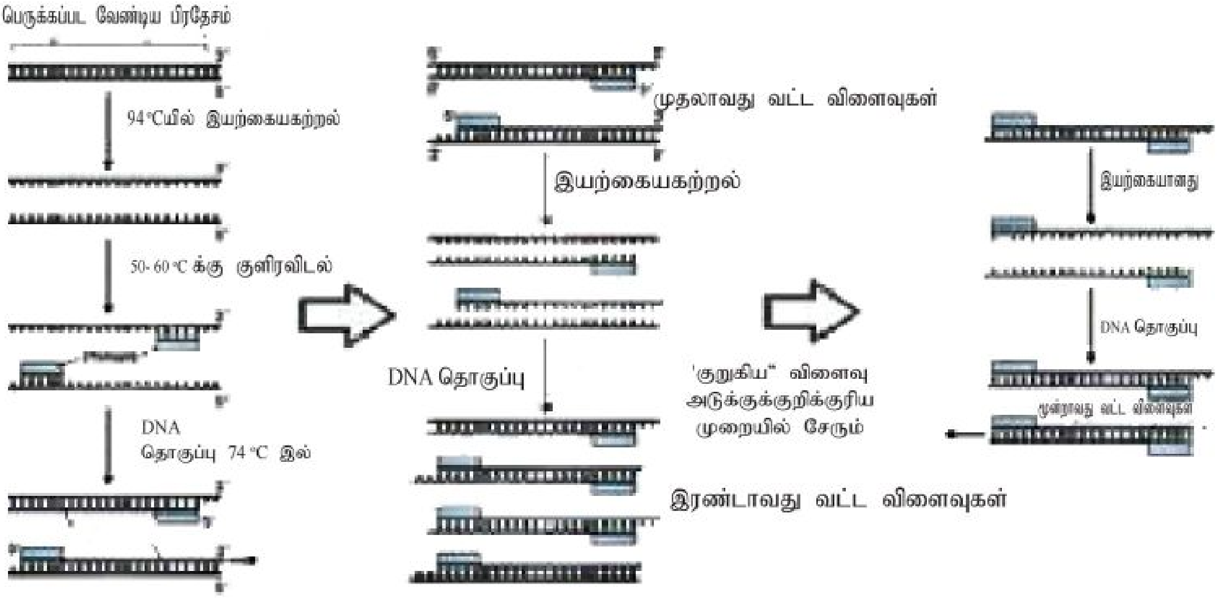
உரு 7.38 தந்தைமைச் சோதனைக்காக DNA விரலடையாள முறையைப் பயன்படுத்தல்

தொற்றும் முகவர்களை இனங்காணல் : தொற்றக்கூடிய நோயாக்கி அங்கியொன்றின் விரலடையாளத்தைப் பெற்றுக்கொள்வதற்கு ஆயிகள் அல்லது முதல்கள் அறியப்படும் போது DNA விரலடையாள முறையானது நோயாளியில் அல்லது உணவில் அல்லது நீரில் இந்த அங்கிகளின் இருக்கை அல்லது இல்லாமையைக் கண்டறியும்.

பொலிமரேஸ் சங்கிலித் தாக்கம் (PCR) : DNA பின்புறமடிதலை அணுகரணப்படுத்திக் கண்ணாடிக் குழலில் DNA தொடரிகளைப் பிரதி செய்வதற்குப் பொலிமரேசு சங்கிலித் தாக்கம் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. பின்புறமடிதலைப் போல், புதிய DNA பட்டிகையின் நீளலுக்கான தாக்கத்தை ஊக்குவிக்க DNA பொலிமரேஸ் நொதியமொன்று தேவைப்படும். இதற்கான மூலப்பொருட்களாக டிஒட்சிறைபோ நியூக்கிளியோரைட் மூபொஸ்பேற் (dNTPs) தேவைப்படும். dATP, dGTP, dTTP, dCTP என்ற நான்கு டிஒட்சிறைபோநியூக்கிளியோரைட்டுகள், ஒற்றைப் பட்டிகை DNA படித்தகடு ஒன்று தேவைப்படும். DNA பொலிமரேஸ் DNA பின்புறமடிதலை ஆரம்பிக்க மாட்டாதாதலால் முதல் ஒன்றும் தேவைப்படும். PCR இல் பிரதிபண்ணப்பட வேண்டிய இலக்கு DNA இன் 3' முனையிலுள்ள தொடரிக்கு நிரப்புகின்ற, சிறிய எண்ணிக்கை கொண்ட நியூக்கிளியோரைட்டுகளுடனான

(ஒலிகோநியூக்கிளியோரைட்டு) தனித்துவமான DNA தொடரியானது முதல் ஆகும். இரு பட்டிகைகளையும் பிரதிபண்ணுவதற்கு 3' முனையில் இரண்டு பட்டிகைகளுடனும் இணையக் கூடிய இரு முதல்கள் பயன்படுத்தப்படும். கலத்தில் முதலானது RNA தொடரி ஒன்றாக இருக்கும். இதற்கு மேலாக Mg++ உம் தேவைப்படும். PCR கலவையின் சேர்மானக் கூறுகளாக இவை காணப்படும்.

dsDNA இல் பிரதிபண்ணப்படவேண்டிய தொடரியின் DNA துண்டம் உள்ளதால் அது இயற்கையகற்றப்பட வேண்டும். PCR கலவையை 95^{0}C க்கு வெப்பமேற்றுவதன் மூலம் இயற்கையகற்றல் மேற்கொள்ளப்படுகின்றது. இவ்வெப்பநிலையில் பெரும்பாலான நொதியங்கள் இயற்கையகற்றப்பட்டு விடப்படுமாதலால் DNA பொலிமரேசு இயற்கையகற்றப்படலின் பின்னர் சேர்க்கப்படுவது அவசியமாகும். எனினும் வெப்பநாடி அங்கிகளின் நொதியங்கள் உயர் வெப்பநிலையைத் தாங்கக்கூடியன. எனவே PCR இல் பொதுவாகப் பயன்படுத்தப்படும் வெப்ப எதிர்ப்புள்ள DNA பொலிமரேஸானது வெப்பநாடிப் பற்றீரியாவான *Thermus aquaticus* இலிருந்து பெறப்படுகின்ற Taq DNA பொலிமரேஸ் ஆகும். இயற்கையகற்றப்பட்ட DNA படித்தகட்டின் நிரப்புகின்ற தொடரியுடன் முதல் இணையும். இது குறைந்த வெப்பநிலையில் நடைபெறும். இப்படியானது காய்ச்சிப்பதனிடல் என அழைக்கப்படும். காய்ச்சிப்பதனிடும் வெப்பநிலையானது முதலின் நீளம் மற்றும் தொடரி என்பவற்றில் தங்கியுள்ளது. முதலின் காய்ச்சிப்பதனிடல் நிறைவேற்றப்பட்ட பின்னர், வேறொரு வெப்பநிலையில் முதல் நீளல் (DNA தொகுப்பு) நடைபெறும். இது DNA பொலிமரேசு பயன்படுத்தப்படக்கூடிய சிறப்பு வெப்பநிலையாகும். போதியளவு நேரம் வழங்கப்படும்போது DNA படித்தகட்டின் நிரப்புகின்ற பிரதி ஒன்று பூர்த்தியாக்கப்படும். முதலாவது வெப்பவட்டத்தின் இறுதியில் (இயற்கையகற்றல், காய்ச்சிப்பதனிடல், நீளல் வெப்பநிலை) ஒவ்வொரு பட்டிகையினதும் ஒரு பிரதி பெறப்படும். எனினும், இலக்கு DNA தொடரியின் கருதப்படும் பிரதியை விட நீளமானதாக இருக்கும். (உரு 7.39) ஒரு சோடி PCR வட்டத்தின் பின்னர், இலக்கு DNA இன் சரியான பிரதியொன்று தொகுக்கப்பட்டிருக்கும். இதன் பின்னர் இலக்கு DNA இன் பிரதிகள் அடுக்குக்குறிக்குரிய முறையில் ஒவ்வொரு வட்டத்தின் முடிவிலும் தொகுக்கப்படும். (ie: 2,4,8,16,32 போன்ற) வகைக்குரிய PCR ஒன்று 35-40 வட்டங்களைக் கொண்டது. இறுதியில், விருப்புக்குரிய DNA தொடரியின் மில்லியன் கணக்கான பிரதிகள் DNA மூலக்கூறின் ஒரு தனித்த படித்தகட்டிலிருந்து தோற்றுவிக்கப்படும்.



உரு 7.39 ஒன்றிலிருந்து மூன்றாவது வட்டங்களின் முடிவில் தோற்றுவிக்கப்பட்ட PCR விளைவுகள்

PCR பொறி ஒன்றில் வெப்ப வட்டவாக்கி (thermal cycler) (உரு 7.40) வட்டங்கள் மீண்டும் மீண்டும் தன்னியக்கமாக நடைபெறும். PCR கலவை PCR குழாய்களில் தயார்செய்யப்பட்டு, PCR பொறியிலுள்ள கிணறுகளினுள் புகுத்தப்படும்.

உரு 7.40 PCR குழாய்கள் புகுத்தப்படும் கிணறுகளைக் காட்டும் PCR பொறி

PCR மிகத் திருத்தமான DNA பிரதிகளைக் கூடுதலான எண்ணிக்கையில் பெற்றுக்கொள்ளும் விரைவான முறை ஒன்றாகும்.

PCR மிகவும் குறைந்தளவான படித்தகட்டுப் பட்டிகையிலிருந்து தூய DNA இன் பெரிய அளவிலான சந்ததிகளைப் பெறக்கூடிய முளைவகைப்பெருக்கச் செயன்முறையிலும் குறிப்பிட்ட பரம்பரையலகின் மேலதிகக் கற்கையிலும் அத்தியாவசியமான ஒரு தொழினுட்பமாகும்.

PCR இன் பிரயோகங்கள்

- தொற்றக்கூடிய முகவர்களின் (உ+ம்: HIV, எப்பற்றைற்றிஸ், மலேரியா) இருக்கையை மருத்துவ மாதிரிகளில் பகுப்பாய்வு செய்தல்.
- பிறப்புரிமையியலுக்குரிய நோய்களை ஏற்படுத்தும் விகாரங்களின் பகுப் பாய்வு. (உ+ம்: சிஸ்ரிக் பைபுரோசிஸ் (Cystic fibrosis), அரிவாளுருக்கலக் குருதிச்சோகை, பீனைல்கீற்றோநியூரியா)
- தடயவியல் ஆய்வுகூடங்களில் பயன்படுத்தப்படும். குறைந்தளவு DNA படித்தகட்டில் இருந்து கூடியளவான பிரதிகளை PCR தோற்றுவிப்பதால் மிகச்சிறியளவு DNA மட்டுமே தேவைப்படுவதன் காரணமாக இது மிகவும் பயனுள்ளது. (உ+ம்: குருதித் துளி அல்லது தனித்த மயிர் ஒன்று)
- மிகவும் குறைந்தளவான படித்தகட்டுப் பட்டிகையிலிருந்து தூய DNA இன் கூடியளவான சந்ததிகளைப் பெறக்கூடிய முளைவகைப்பெருக்கச் செயன்முறையிலும் குறிப்பிட்ட பரம்பரையலகின் மேலதிகக் கற்கையிலும் அத்தியாவசியமான தொழினுட்பமாகும்.
- DNA இன் தொடரிப்படுத்தல் PCR இல் தங்கியுள்ளது.
- பரிணாம உயிரியல் புலங்களில் இனங்களிடையே காணப்படும் இடைத் தொடர்புகளை இனங்கண்டு ஆய்வு செய்வதில் பயன்படும்.
- மானிடவியலில் புராதன மனிதக் குடிப்பெயர்வுக் கோலங்களை விளங்கிக் கொள்வதில் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. தொல்பொருளியலில் புராதன மனிதக் குலத்தைக் கண்டுபிடிக்கப் பயன்படுகின்றது.
- புதைபடிவவியலாளர்களால் அழிந்துவிட்ட இனங்கள் அல்லது மில்லியன் கணக்கான வருடங்களாக உறைபனிக்காப்புச் செய்யப்பட்ட உயிர்ச்சுவடுகளில் இருந்து பெற்ற DNA களைப் பெருக்குவதற்குப் பொதுவாகப் பயன்படுத்தப் படுகின்றது. இவ்வாறு அவற்றின் கூர்ப்புத் தொடர்புகளைத் தெளிவாக்குவதற்கு மேலும் கற்கப்படுகின்றது.

பிறப்புரிமை மாற்றப்பட்ட அங்கிகளின் (GMOs) பிரயோகங்கள்

பிறப்புரிமைப் பொறியியல் தொழினுட்பங்களைப் பயன்படுத்தி மேலதிகமான பண்புக்கூறு புகுத்தப்பட்ட விருந்துவழங்கி பிறப்புரிமை மாற்றப்பட்ட அங்கி (GMO) என அழைக்கப்படும். தொடர்புடைய சில பதங்களாவன, பிறப்புரிமை வடிவமைக்கப்பட்ட நுண்ணங்கிகள் (GEMs), மரபணு திருத்திய அங்கிகள், வாழும் மாற்றப்பட்ட அங்கிகள் (LMOs).

GMO இலிருந்து பெறப்பட்ட உணவு பிறப்புரிமை மாற்றப்பட்ட உணவு (GMF) என அழைக்கப்படும். தற்போது பயன்படுத்தப்படும் பெரும்பாலான பயிர்த்தாவரங்கள் பண்ணை விலங்குகள், செல்லப்பிராணிகள் என்பன கொல்லைப்படுத்தல் மூலம் பிறப்புரிமை மாற்றப்பட்டுள்ளதால் இன்றைய சூழலில் GMO என்பதால்

கருதப்படுவது யாது எனக் குறிப்பிடுவது முக்கியமாகும். இவை முக்கியமாக rDNA தொழினுட்பவியலின் விளைவாகப் பெறப்பட்ட அங்கிகள் ஆகும்.

(குறிப்பு : விலங்குகளின் முளைவகைப்பெருக்கம், பரம்பரையலகுத் தொழினுட்பமல்ல எனப் புரிந்துகொள்ளல் முக்கியமாகும். அது மேலே கூறிய படிமுறைகளைக் கொண்டிருப்பதில்லை.)

பிறப்புரிமை மாற்றப்பட்ட தாவரம் அல்லது விலங்கை உருவாக்கும் செயன்முறையில் பின்வரும் படிமுறைகள் உள்ளடக்கப்பட்டுள்ளன.

1. பொருத்தமான பரம்பரையலகு ஒன்றை இனங்காணல்
2. பரம்பரையலகைத் தனிமைப்படுத்தித் தூய்மையாக்குதல்
3. முளைவகைப்பெருக்கத்தால் பரம்பரையலகைப் பெருக்கல்
4. விருப்புக்குரிய பரம்பரையலகைக் கண்ணாடிக்குழலில் மாற்றியமைத்தல்
5. மாற்றப்பட்ட பரம்பரையலகை முளைவகைப் பெருக்கம் மூலம் பெருக்கல்
6. வாங்கிக் கலங்களை (நுண்ணங்கிக் கலங்கள், தாவரங்களின் அல்லது விலங்குகளின் கருக்கட்டப்பட்ட முட்டைகளின் கலங்கள் அல்லது முதலுருவங்கள்) மாற்றுதல்
7. புகுத்தப்பட்ட பரம்பரையலகுகளின் வெளிப்பாட்டிற்குச் சோதித்து உறுதிப் படுத்தப்படும்.
8. மாற்றப்பட்ட பரம்பரையலகின் உறுதியான ஒருங்கிணைப்பைக் கண்காணித்தல்
9. விலங்கு வருக்கங்கள், பயிர்களின் பேதங்கள் என்பவற்றிற்குப் புதிய பண்புக்கூறை அறிமுகப்படுத்துவதற்குப் பின்முகக்கலப்பைச் செய்தல்

பரம்பரையலகுத் தொழினுட்பவியலின் பிரயோகங்கள் விவசாயம், மருத்துவம், கைத்தொழில் போன்ற பல புலங்களில் பயன்படுத்தப்படுகின்றது.

விவசாயத்தில் GMO இன் பிரயோகங்கள்

அதிகரித்துவரும் மனிதக் குடித்தொகை, விவசாய நிலத்தில் குறைவு என்பவற்றால் அலகுப் பரப்புக்கான பயிர் விளைச்சல் அதிகரிக்கப்படல் அவசியமென்பது தெளிவாகியுள்ளது. பொருளாதாரரீதியில் நீடித்திருக்கும் விவசாயத்தைப் பெற்றுக் கொள்ள உயர் பயிர் விளைச்சலானது குறைந்த உற்பத்திச் செலவுடன் பெற்றுக்கொள்ளப்பட வேண்டும். விவசாயத்தில் அளவுக்கு மேலதிகமாக உணவின் தரமும் மேம்படுத்தப்படல் பிரதான விடயமாகும். 1930 இலிருந்து 1960 வரை நடைபெற்ற பசுமைப்புரட்சியானது உயர் விளைச்சல் கொண்ட பயிர்களின் அறிமுகம் மற்றும் செயற்கைப் பசளைகள், பீடைகொல்லிகளின் பாவனையால் பயிர்விளைச்சலை அதிகரிக்கச் செய்தது. எனினும் பசுமைப்புரட்சியின் தாக்கமும் கூட வரையறைக்குட்பட்டது. இது பிறப்புரிமை மாற்றப்பட்ட தாவரங்களால் (GM பயிர்கள்) வெற்றிகொள்ளப்பட்டது. தனித்த தாவரக்கலம் ஒன்று பிறப்புரிமை

மாற்றப்படும் போது, தாவரக்கலங்கள் அனைத்துவல்லமையுடையவை ஆதலால் அவை தாவரமொன்றில் மீள்பிறப்பாக்கப்படும் பயிர் ஒன்றினுள் பயனுள்ள பண்புக்கூறு புகுத்தப்படும் போது தாவர இனவிருத்தியால் அதே பயிரின் வேறு பேதங்களுக்கும் அது அறிமுகப்படுத்தப்படும்.

விவசாயத்தில் பரம்பரையலகுத் தொழினுட்பவியல் மூலம் பயிர் விளைச்சல் மேம்பாட்டில் மிக முக்கியமான பங்களிப்பு GM பயிர்களின் உற்பத்தியாகும். இது பின்வருவனவற்றிற்கு எதிர்ப்புள்ள GM பயிர்களை உற்பத்தியாக்குவதால் நடைபெறும்.

- பீடைகள் மற்றும் நோய்கள்
- பூண்டுகொல்லிகள்
- சூழலியல் தகைப்புகள்

மேலும், உயர் போசணைப் பெறுமானமுள்ள பயிர்கள் கூட தற்போது கிடைக்கக் கூடியதாகவுள்ளது. உ+ம் : விற்றமின் A செறிப்பூட்டப்பட்ட தங்க அரிசி, மூகிளிசரைட்டின் கூடிய உள்ளடக்கம் கொண்ட கனோலா எண்ணெய்.

பீடை எதிர்ப்புள்ள தாவரங்கள்

நச்சுத்தன்மையுள்ள புரதங்களைத் தோற்றுவிக்கக் கூடிய பரம்பரையலகால் பல GM பயிர்கள் வடிவமைக்கப்பட்டிருக்கும். இப்புரதங்கள் சில லெப்பிடொப்தெராவுக்குரிய மற்றும் கோலியொப்தெராவுக்குரிய பூச்சிகளின் தாவரமுண்ணும் குடம்பிப் பருவங்களைக் கொல்லக்கூடியவை. பருத்தி, சோளம், கனோலா, உருளைக்கிழங்கு என்பன மிகவும் பரவலாகப் பயிரிடப்படும் பீடை எதிர்ப்புள்ள GM தாவரங்களாகும். லெப்பிடொப்தெராவுக்குரிய பூச்சிகளுக்கு எதிர்ப்புள்ள GM அரிசியின் பேதமொன்றும் கிடைக்கக்கூடியதாக உள்ளது.

இப்புரதம் Bt தொட்சின் என அழைக்கப்படும். *Bacillus thuringiensis* என்ற பற்றீரியாவில் இருந்து இப்புரதம் அசலாகப் பெற்றுக்கொள்ளப்படும். இப்பற்றீரியாவில் வெவ்வேறு குலங்கள் பல்வேறுபட்ட Bt தொட்சின்களை உற்பத்தியாக்கும். Bt தொட்சின் வெளிப்பாடுள்ள தாவரப்பகுதிகளைக் குடம்பிகள் உட்கொள்ளும்போது தொட்சின்கள் உள்ளெடுக்கப்படுவதால் அவை இறக்கும்.

Bt தொட்சின்கள் முலையூட்டிகளுக்குக் கேடுவிளைவிக்காதவை. எனவே மனித நுகர்ச்சிக்குப் பாதுகாப்பானதாகக் கருதப்படுகின்றது. எனினும் Bt சோளம் விலங்குணவாகவும் உயிர் எரிபொருளாகவும் பயன்படுத்தப்படுவதற்காகவே பெரும்பாலும் பயிரிடப்படுகின்றது. தாவர இழையங்களில் Bt தொட்சின் காணப்படும்போது தாவரப் பூச்சிப் பீடைகள் மட்டுமே கொல்லப்படும். எனவே Bt பயிர்களும் அனுகூலமான பூச்சிகளுக்குப் பாதுகாப்பானதாகக் கருதப்படும். உரு 7.41 இல் பருத்தி மற்றும் சோளப் பூச்சிப் பீடைகள் சில காட்டப்பட்டுள்ளன. Bt தொட்சின்கள் இயற்கையானவையாதலால் உயிர்ப்படியிறக்கம் அடையக்கூடியவை.

எனினும் பூச்சிகள் அதே தொட்சினுக்கு நீண்டகாலம் வெளிக்காட்டப்படும்போது, அந்த தொட்சினுக்கு எதிர்ப்புள்ளதாக மாறி, GM பயிரை பயனற்றதாக்கி விடும். பூச்சிகளில் எதிர்ப்பு விருத்தியாக்கப்படலைத் தாமதப்படுத்தும் பல தீர்வுகள் முன்மொழியப்பட்டுள்ளன. Bt பயிர் பயிரிடப்பட்ட வயலிலிருந்து தொட்சினைக் கொண்ட மகரந்தமணிகள் தப்பித்துச் செல்லக்கூடியதாக இருப்பதால், அம்மகரந்தமணிகளைத் தற்செயலாக உண்ணும், அப்பயிரை உணவாக உட்கொள்ளாத பூச்சிகளும் கூடக் கொல்லப்படும். எனவே Bt பயிர்களால் இலக்கற்ற பூச்சிகளுக்கும் சாத்தியமான ஆபத்து உண்டு.

(a)

(b)

(c)

(d)

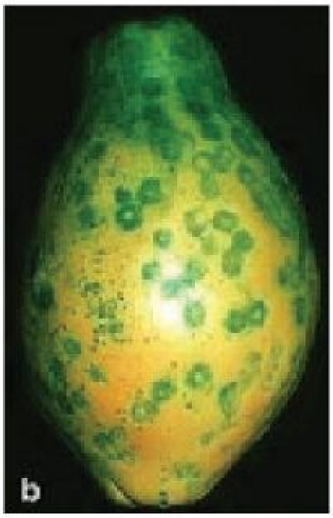
உரு 7.41 சோளத்தின் பூச்சிப்பீடைகள் சில a) சோளச் செவிப்புழு b) ஐரோப்பிய சோளத்துளைப்பான் c) சோள வேர்ப்புழு d) பருத்திப் பந்துப்புழு

நோய் எதிர்ப்புள்ள தாவரங்கள்

பிறப்புரிமைப் பொறியியல் மூலம் விருத்தி செய்யப்பட்ட, நன்கறிந்த நோயெதிர்ப்புப் பயிருக்கான உதாரணமாகப் பப்பாசியின் புதிய வருக்கமான பப்பாசி வளையப்புள்ளி வைரசுக்கு (PRSV) எதிர்ப்பான வருக்கம் காணப்படுகின்றது. இவ் வைரசு, உலகளாவிய ரீதியில் வெற்றிகரமான பப்பாசிப் பயிர்ச்செய்கையை மட்டுப்படுத்துகின்றது. இதே

வைரசு குக்கர்பிற்றுகளைத் (Cucurbits) தாக்கக்கூடியது. வைரசுக்கு எதிர்ப்புள்ள squash வெற்றிகரமாக விருத்தி செய்யப்பட்டு பயிரிடப்பட்டுள்ளது.

உருளைக்கிழங்கு வைரஸ் Y (PVY), உருளைக்கிழங்கு இலைச்சுருளல் வைரஸ் (PLRV), பின்வெளிறல் நோய் என்பவற்றிற்கு எதிர்ப்புள்ள உருளைக்கிழங்கு வருக்கங்கள் நோய் எதிர்ப்புள்ள பயிர்களுக்கான வேறு உதாரணங்களாகும்.



உரு 7.43 பப்பாசி வளையப் புள்ளி வைரசால் தொற்றப் பட்ட பப்பாசிப்பழம்

பூண்டுக்கொல்லி எதிர்ப்புள்ள தாவரங்கள்

பயிர்கள் வயலில் பயிரிடப்படும்போது களைகளைக் கட்டுப்படுத்தப் பரந்தளவிலான பூண்டுக்கொல்லிகளை விசிறக்கூடியதாக இருப்பதற்குப் பூண்டுக்கொல்லியைச் சகிக்கின்ற பயிர்கள் (HTCs) விருத்தியாக்கப்பட்டமையே காரணமாகும். விசிறப்படுகின்ற பூண்டுக்கொல்லிக்குப் பயிர்கள் எதிர்ப்புள்ளதாக இருக்கும்போது, பயிருக்குச் சேதம் விளைவிக்காது அனைத்துக் களைகளும் கொல்லப்படும். களைகள் பிரச்சினைக்குரியதாக வந்துவிட்டதா என்பதை விவசாயிகள் காத்திருந்து அவதானித்துத் தேவையானபோது மட்டுமே பூண்டுக்கொல்லியைப் பயன்படுத்தக்கூடியதாக இருப்பது இதன் அனுகூலமாகும். இது பூண்டுக்கொல்லிப் பாவனையைக் குறைக்கும். எனினும் அதே பூண்டுக்கொல்லி மீண்டும் மீண்டும் பயன்படுத்தப்பட்டால் களைகள் குறிப்பிட்ட பூண்டுக்கொல்லிக்கு எதிர்ப்புள்ளதாக விருத்தியடையும். இவை மிகைகளைகள் என அழைக்கப்படும். ஒரு பூண்டுக்கொல்லிக்கு எதிர்ப்புள்ள GM பயிரின் பின் அதே பூண்டுக்கொல்லிக்கு எதிர்ப்புள்ள பயிர் நாட்டப்பட்டால், முன்னைய எஞ்சிய வித்துகள் முளைத்து அதே பூண்டுக்கொல்லியால் கட்டுப்படுத்தப்பட முடியாது போகலாம். இப்பிரச்சினையைத் தவிர்ப்பதற்கு வெவ்வேறு பூண்டுக்கொல்லிகளைச் சகிக்கக்கூடிய பயிர்களின் சுழற்சிமுறைப் பயிர்ச்செய்கை நடைமுறைப்படுத்தப்பட வேண்டும்.

பூண்டுக்கொல்லிக்குச் சகிப்புத்தன்மையுள்ள பயிர்களுக்கு (HTCs) நன்கறிந்த உதாரணங்களாகக் கிளைபோசேற் (glyphosate) பூண்டுக்கொல்லிக்குச் சகிப்புத் தன்மையுள்ள, மாற்றப்பட்ட பயிர்கள் அமையும். இத்தாவரங்கள் 'ரவுண்ட்அப்ரெடி' '(Round Up Ready)' பயிர்கள் எனப்படும். ஏனெனில் கிளைபோசேற்றின் வர்த்தகப் பெயர் 'ரவுண்ட்அப்' ஆகும். வர்த்தகரீதியில் கிடைக்கத்தக்க 'ரவுண்ட்அப்ரெடி' பயிர்களுக்கான உதாரணங்களாவன பருத்தி, சோளம், கனோலா, சோயாஅவரை, பீற்றூட், கோதுமை என்பன.

பிரசித்தமான இன்னொருவகை பூண்டுக்கொல்லி சகிப்புத்தன்மையான பயிர்கள் 'லிபர்ட்டி லிங்க' '(liberty ink)' மற்றும் 'இன்விகர்' ('In Vigor') ஆகும். இவை குளுபோசினேற் (Glufosinate) எதிர்ப்புள்ளவை ஆகும். குளுபோசினேற் எதிர்ப்புள்ள பயிர்களுக்கு உதாரணங்களாவன பருத்தி, சோளம், கனோலா, சோயாஅவரை, பீற்றூட், நெல் என்பன.

புரோமோக்சினோல் (Bromoxinol) சகிப்புத்தன்மையாக மாற்றப்பட்ட பருத்தி BXN பருத்தி ஆகும்.

வேறு முக்கியமான பண்புக்கூறுகளைக் கொண்ட GM தாவரங்கள்

ஏனைய விவசாயரீதியில் முக்கியமான பண்புக்கூறுகளானவை மேம்படுத்தப்பட்ட உற்பத்தித் தரத்தை உள்ளடக்கியது. பயிர்களின் போசணைப் பெறுமானத்தை அதிகரித்தல் இப்பரப்பின் முன்னுரிமைகளில் ஒன்றாகும்.

- GM கனோலா வருக்கங்கள் - அதிகரிக்கப்பட்ட ழூகிளிசரைட்டு கூறுகள், சமிபாடடைய முடியாத தாவர பைற்றேற்றில் (phytate) இருந்து பொஸ்பரசை விடுவிப்பதற்கான கூடியளவு பைற்றேசு நொதியம் என்பவற்றைக் கொண்டிருக்கும். Gm உருளைக்கிழங்கு - குறைந்தளவு அமைலோசும் கூடியளவு அமைலோபெக்டின் உள்ளடக்கமும் கொண்டது. சோயாஅவரை - வித்தில் கூடுதலான ஒலேயிக் அமில உள்ளடக்கம் கொண்டது. இவை யாவும் வர்த்தகரீதியில் கிடைக்கக்கூடியன.

- தங்க அரிசி எனப் பெயரிடப்பட்ட நெல் வருக்கம் புரோவிற்றமின் A ஐ அதிகளவில் கொண்டது. இது விளைபொருட்களின் தர மேம்பாட்டிற்கான சுவாரஸ்யமான உதாரணமாகும். மஞ்சள் நிறப்பொருளைக் கொண்ட, தாவர நோயாக்கிப் பற்றீரியாவான *Pantoea ananatis* இன் பரம்பரையலகுகளால் மாற்றப்பட்டதும் வர்த்தகரீதியில் கிடைக்கக்கூடியதுமான வருக்கம்.

- தக்காளியின் GM பயிர்களில் பழம் பழுத்தல் தாமதமாவதால் மணம் அதிகரிப்பதுடன் மென்மையாதல் வீதம் குறையும். இதுவும் GM பயிர்களின் மற்றொரு சுவாரஸ்யமான உதாரணமாகும். தக்காளியே பரம்பரையலகுகளின் மூலம் ஆகும். பரம்பரையலகின் ஒரு பகுதி, தூண்டியின் திசைகோட்டுச்சேர்க்கையை மாற்றுவதனால் பிற்புறமான திசையில் பிரதி பண்ணப்படுகின்றது.

- பல்பீனோல் ஒட்சியேற்றத்தைக் குறைப்பதனால் கபிலநிறமாகாத அப்பிள்கள், உயிர்எதனோல் உற்பத்தியில் உதவும் அமைலேசின் அதிகரித்த வெப்ப உறுதித்தன்மை கொண்ட சோளம் என்பன வேறு உதாரணங்களாகும்.

- பிறப்புரிமை மாற்றப்பட்ட சூழலியல் தகைப்பைச் சகிக்கக்கூடிய தாவரங்களி னிடையே வரட்சி எதிர்ப்புடைய சோளமும் சோயாஅவரையும் மட்டுமே வர்த்தக மயமாக்கப்பட்டுள்ளன.

மருத்துவப் பிரயோகங்கள்

மனித இன்சுலின், வக்சின்கள், வேறு சிகிச்சைப்பொருட்கள் என்பவை GMO களைப் பயன்படுத்தித் தயாரிக்கப்படுகின்றன. GMO ஆல் உற்பத்தியாக்கப்படும் மருந்துப்பொருட்கள் மலிவானவை எனவே குறைந்த செலவில் அதிக உற்பத்தி சாத்தியமாகும். அத்துடன் இது பாதுகாப்பானதாகவும் கருதப்படுகின்றது.

மருந்துப்பொருட்களை உற்பத்தி செய்தலில் பிறப்புரிமை மாற்றப்பட்ட அங்கிகளின் பயன்பாட்டில் நன்கறிந்த உதாரணமாகப் பிறப்புரிமை வடிவமைக்கப்பட்ட *E-coli* இனால் மனித இன்சுலின் உற்பத்தியாக்கல் அமையும். விலங்குகளில் இருந்து பிரித்தெடுக்கப்பட்ட இன்சுலின் நீரிழிவு நோயாளிகளில் பல்வேறு பக்கவிளைவுகளை ஏற்படுத்தியது. இன்சுலின் பிரித்தெடுப்பதற்கான மூலம் வரையறுக்கப்பட்ட அளவில் உள்ளதால் உற்பத்திச் செலவும் கூட மிக உயர்வானது. இவை மனித இன்சுலினை ஒத்திருக்காததால் வினைத்திறன் குறைவானவை. தற்போது மனிதனிலிருந்து பெறப்பட்ட இன்சுலின் பரம்பரையலகைப் புகுத்திப் பிறப்புரிமை வடிவமைக்கப்பட்ட *E-coli* இலிருந்து முழு இன்சுலினும் விநியோகிக்கப்படுகின்றது. எனவே பற்றீரியாவில் இருந்து பெறப்பட்ட இன்சுலின் அதன் அசல் உற்பத்திப்பொருளைச் சரியாக ஒத்திருக்கும்.

தற்போது பயன்படுத்தப்படும் கெப்பற்றற்றில் B வக்சின் மதுவத்தில் உற்பத்தியாக்கப்படுகின்ற மீளச்சேர்ந்த வக்சின் ஆகும். வடிவமைக்கப்பட்ட தாவரங்களின் உண்ணக்கூடிய பகுதிகளில் இருந்து வக்சினை உற்பத்தியாக்கும் எண்ணக்கரு பரீட்சிக்கப்படுகின்றது. தாவரக்கலங்கலங்களில் பிறபொருளெதிரி யாக்கிக்குரிய புரதமொன்றை வெளிப்படுத் துவதே இதன் திட்டம் ஆகும். பிறபொருளெதிரியாக்கியுடன் உண்ணக்கூடிய பகுதி (உ+ம்: பழம்) மனிதனால் நுகரப்படும்போது, இப்பிறபொருளெதிரியாக்கிக்குரிய பிறபொருளெதிரிகளை விருத்தியாக்கி அக்குறிப்பிட்ட நோய்க்கெதிரான நிர்ப்பீடனம் அம்மனிதனில் விருத்தியாகும். இவை உண்ணக்கூடிய வக்சின்கள் என அழைக்கப்படும். இம்முறையானது வெற்றியளித்தால், குறைந்த செலவில் பாதுகாப்பான வக்சின்கள் உற்பத்தியாக்கப்படுவதுடன் வக்சின் விநியோகமும் வலியற்றது. களஞ்சியப்படுத்தல் கூட ஒரு பிரதான பிரச்சினையல்ல உலகின் குறைந்தளவில் அபிவிருத்தியடைந்த பிரதேசங்களில் இவை மிகமுக்கியமானவை.

கலவளர்ப்பில் வளர்க்கப்பட்ட GM முலையூட்டிக்கலங்கள் காரணி viii இன் பிரித்தெடுப்பில் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. இது குருதியுறையாநோயாளிக்குச் சிகிச்சையளிக்கவும் மாரடைப்பு மற்றும் பக்கவாத நோயாளிகளுக்குச் சிகிச்சையளிக்கப் பயன்படும் இழையப் பிளாஸ்மினோஜன் ஏவி (tissue plasminogen activator) tPA என்பவற்றில் பயன்படும்.

மனித ஜீனோம் செயற்றிட்டம் பூர்த்தியடைந்தபின் பல்வேறு பிறப்புரிமை நோய்களுக்கான காரணங்கள் இலகுவாகவும் விரைவாகவும் இனங்காணப்பட்டுள்ளன. காரணம் அறியப்பட்டால் குறையுள்ள பரம்பரையலகுகளிலுள்ள தவறுகள்

எவ்வாறு திருத்தப்படலாமெனத் திட்டமிட முடியும். தவறான பரம்பரையலகு பரம்பரையலகுத் தொழினுட்பவியல் மூலம் சரியான பரம்பரையலகால் பிரதியீடு செய்யப்படமுடியும். பிரச்சினையானது, குறிப்பிட்ட பரம்பரையலகின் வெளிப்பாடாக இருப்பின் இத்தொழினுட்பம் அப்பரம்பரையலகின் வெளிப்பாட்டில் செல்வாக்குச் செலுத்தும். இம்முறைப் பரிகரிப்பு, பரம்பரையலகுச் சிகிச்சை அல்லது மனிதப் பரம்பரையலகு மாற்றம் என அழைக்கப்படும். பல்வேறு தொழினுட்பங்களைப் பயன்படுத்தி நிர்வாண DNA ஆக அல்லது வைரசுக் காவி மூலம் நோயாளியிலிருந்து பிரித்தெடுக்கப்பட்ட இலக்குக் கலங்களுக்கு DNA விநியோகம் செய்யப்படுகின்றது. திருத்தப்பட்ட பரம்பரையலகைக் கொண்ட கலங்கள் நோயாளியின் பொருத்தமான இழையங்களினுள் மீள்புகுத்தப்படுகின்றன.

1972ம் ஆண்டிலிருந்து பரம்பரையலகுச் சிகிச்சை எண்ணக்கரு நீண்ட வரலாற்றைக் கொண்டிருந்தபோதும் தற்போது வரை ஒரு சில பிரயோகங்களே உள்ளன.

USA இல் முதன்முதலாக குருதிப்புற்றுநோயைப் பரிகரிக்கப் பரம்பரையலகுச் சிகிச்சை மேற்கொள்ளப்பட்டது. வேறொரு உதாரணமாக அரிவாளுருக்கலக் குருதிச்சோகையை ஏற்படுத்தும் விகாரமுற்ற பீற்றா குளோபின் பரம்பரையலகைச் சரியான பரம்பரையலகால் பிரதியீடு செய்யும் பரம்பரையலகுச் சிகிச்சை உள்ளது. இச்செயன்முறையின் போது என்புமச்சையிலிருந்து பெறப்பட்ட கீமற்றோபொயிற்றிக் மூலக்கலங்கள் (haematopoietic stem cell) நோயாளியில் இருந்து பிரித்தெடுக்கப்பட்டு, சாதாரண பீற்றா குளோபின் பரம்பரையலகு இக்கலங்களினுள் பிரதியீடு செய்யப்பட்டு, நோயாளிக்கு மாற்றப்பட்ட கலங்கள் செலுத்தப்படும். திருத்தப்பட்ட என்புமச்சை மூலக்கலங்கள் சாதாரண செங்குழியங்களைத் தோற்றுவிக்கும். உடைமையாக்கப்பட்ட (personalised) மருந்து என்னும் எண்ணக்கரு தற்போது விருத்தியாக்கப்படுகின்றது. இது நோயாளியின் பிறப்புரிமைத் தகவல்களை அடிப்படையாகக் கொண்டு நோய்களைத் தடுத்தல் அல்லது பரிகரித்தல் ஆகும்.

பூச்சிக் காவிகளால் பரவும் நோய்களைக் கட்டுப்படுத்த GM பூச்சிகள் பயன் படுத்தப்படுகின்றன. GM நுளம்புகள் அவற்றின் குடலில் மலேரியா ஒட்டுண்ணிகளைத் தடுக்கும் விதமாக வடிவமைக்கப்பட்டுள்ளன. இதனால் ஒட்டுண்ணியின் வாழ்க்கைவட்டம் உடைக்கப்படும். இந்த நுளம்புகளை வெளியில் விடுவிக்கும்போது மலேரியா ஏற்படும் சந்தர்ப்பம் குறைக்கப்படும். இன்னொரு உதாரணமாக மலடான ஆண் பரம்பரையலகு ஒன்றைக் காவும் GM ஆண்நுளம்புகளைத் தோற்றுவித்தல் அமையும். மலடான ஆண் பூச்சிகள் பெருமளவில் விடப்படும்போது பெண்களுடன் இனங்கலந்து எச்சத்தைத் தோற்றுவிக்காது. இத்தொழினுட்பமானது "மலட்டுப் பூச்சித் தொழினுட்பவியல் (SIT) என அழைக்கப்படும். பிறேசில் நாட்டில் கள முயல்வுகளில் *Aedes aegypti* குடித்தொகையானது மலடான GM ஆண்களின் அறிமுகத்தினால் 95% ஆகக் குறைந்துள்ளது.

கைத்தொழில் பிரயோகங்கள்

கைத்தொழிலில் GMO களின் பயன்பாடு சூழலியல் தாக்கங்களை இழிவளவாக்கி, குறைந்த செலவுள்ள சிறந்த உற்பத்திப் பொருட்களைத் தயாரிப்பதைச் சாத்தியமாக்கியுள்ளது. அங்கிகளை அல்லது அவற்றின் விளைபொருட்களை அடிப்படையாகக் கொண்ட கைத்தொழிலானது வீச்சுவெப்பத்திலும் அமுக்கத்திலும் நடைபெறுவதால் குறைந்த சக்தியே தேவைப்படுகின்றது.

GMOs மற்றும் GM பயிர்க் கைத்தொழில் என்பவற்றை அடிப்படையாகக் கொண்டு வளர்ந்துவரும் மருந்துக் கைத்தொழிலுக்குப் புறம்பாக, GMO களால் உற்பத்தியாக்கப்படும் விளைபொருட்களில் சில கைத்தொழில் ரீதியில் தயாரிக்கப்படுகின்றன.

உணவு பதப்படுத்தலிற்கான சில நொதியங்கள், துப்புரவாக்கிகள் என்பன GEM களின் உற்பத்திகள் ஆகும். GMO ஆல் உற்பத்தியாக்கப்பட்டதும் முதன்முதலாக அங்கீகரிக்கப்பட்டதுமான நொதியம் கைமோசின் (றெனின் அல்லது றெனெற்) ஆகும். இது பாற்கட்டிக் கைத்தொழிலில் மோரை வேறாக்கிப் பாலைத் திரளச் செய்வதில் பயன்படுத்தப்படும். முன்னர் அறுக்கப்பட்ட கன்றுகளின் இரைப்பையிலிருந்து கைமோசின் வேறாக்கப்பட்டு வந்தது. இது செலவு உயர்வானது; பண்ணைக் கைத்தொழிலைப் பாதிப்பது, இதன் விநியோகம் மட்டுப்படுத்தப்பட்டது.

மந்தையில் இருந்து பெற்ற கைமோசின் பரம்பரையலகை மதுவக்கலத்தினுள் வடிவமைத்துப் பெறப்பட்ட மீளச்சேர்ந்த மதுவங்கள் கைமோசினின் மூலமாகத் தற்போது பயன்படுத்தப்படுகின்றது. இதனால் விலை கணிசமாகக் குறைந்துள்ளது; உற்பத்திப் பொருட்கள் தூய்மையானவை; விலங்குகளில் இருந்து பெறப்படும் மாசாக்கிகள் அற்றது.

GM *Bacillus sp* இனால் உற்பத்தியாக்கப்படும் வேறொரு நொதியம் அமைலோ மோல்ற்றேசு ஆகும். இந்த நொதியம் பாற்பண்ணைக் கைத்தொழிலில் சேர்மானக் கூறாகப் பயன்படுத்தப்படும் மாப்பொருளை மாற்றும்.

GM *E.coli* இனால் உற்பத்தியாக்கப்படும் உணவுச் சேர்க்கைகள் வலுவான இனிப்பூட்டியான அஸ்பாட்டேம் (Aspartame) ஆகும்.

GMO களின் பயன்பாட்டினால் எழுந்துள்ள பிரச்சினைகள்

GMO களின் பயன்பாட்டிலுள்ள மிகமுக்கியமான இடராபத்துக் காரணி, அவற்றின் சாத்தியமான, திட்டமிடப்படாத விளைவுகள் ஆகும். இது ஒப்பீட்டு ரீதியில் புதிய தொழினுட்பவியலாக இருப்பதால், பொதுமக்கள் அவற்றை அவ்வாறே ஏற்றுக்கொள்ளத் தயங்குகின்றனர். எனினும் பொதுமக்கள் GMO களின் வரையறையற்ற ஆற்றல்களையும் ஏற்றுக்கொள்கின்றனர். GMO சார்பான, GMO எதிர்ப்பானகுழுக்கள் நிறுவனங்கள் தனியன்கள் என்பவற்றுக்கு இடையேயான விவாதம் தீவிரமானது.

GMO கள் பற்றிய சில பிரச்சினையுள்ள விவகாரங்கள் கீழே தரப்பட்டுள்ளது.

சுகாதாரப் பிரச்சினைகள்

1. எலிகள், சுண்டெலிகள், வேறு விலங்குகளைக் கொண்டு செய்யப்பட்ட சில பரிசோதனைகள் மூலம் பிறப்புரிமை மாற்றப்பட்ட உருளைக்கிழங்கு, சோளம், தக்காளி, சோயாஅவரை போன்றவற்றை உணவுவாக உள்ளெடுத்த பின்னர் சில சுகாதாரத் தாக்கங்களைக் காட்டியதாகத் தகவல் கிடைத்துள்ளது. அறிக்கையில் இரைப்பை, ஈரல், சிறுநீரகம் போன்ற பல்வேறு இழையங்களில் சேதம், அதிகரித்த இறப்புகள் என்பனவும் இடம்பெற்றிருந்தன. எனினும், வேறு விஞ்ஞானிகள் பலரால் அப்பரிசோதனைகளில் பயன்படுத்தப்பட்ட முறைமையியல் கேள்விக்குள்ளாக்கப்பட்டது. அத்துடன் தாம் அவ்வாறான முடிவுகளைப் பெற்றிருக்கவும் இல்லையென அவர்கள் கூறுகின்றனர். எனவே அவ்வாறான கூற்றுக்களை உறுதிப்படுத்தவோ அல்லது நிராகரிக்கவோ மிகவும் சுயாதீனமான ஆய்வுகள் மேற்கொள்ளப்பட வேண்டும்.

2) இன்னுமொரு சுகாதாரப் பிரச்சினையாக GM உணவு நுகர்வு அல்லது GM பயிர்களின் மகரந்தமணிகளை உள்ளெடுத்தல் என்பனவற்றால் ஏற்படும் ஒவ்வாமை விருத்தி கலந்துரையாடப்படுகின்றது. விருந்துவழங்கிக் கலங்களில் உடலுக்கு வெளியிலுள்ள DNA களின் ஒருங்கிணைப்பு பரம்பரையலகு வெளிப்பாட்டை மாற்றலாம் அல்லது விகாரங்களை ஏற்படுத்தலாம். இது எதிர்வு கூறமுடியாத விளைபொருட்களுக்கு இட்டுச் செல்லலாம். இவற்றுள் சில ஒவ்வாமைஊக்கிக்குரியது, நச்சுக்குரியது அல்லது புற்றுநோய்ப்பிறப்பிற்குரியது. எனினும், உறுதியான விஞ்ஞானமுறை ஆய்வு முடிவுகள் கிடைக்கவில்லை அல்லது அவை சந்தேகத்துக்குரியனவாக உள்ளன. தற்போது தொழினுட்பவியல் விருத்தியடைந்துள்ளது. இதனால் விருந்து வழங்கியின் வேறு தொழிற்பாடுகளுக்கு இடையூறு விளைவிக்காது திட்பமான அமைவிடத்தில் இணைத்தலை மேற்கொள்ளலாம்.

3) அடையாளப்படுத்திப் பரம்பரையலகாகப் பயன்படுத்தப்படும் நுண்ணுயிர் கொல்லிக்கு எதிர்ப்புள்ள பரம்பரையலகுகளின் கிடையான பரம்பரையலகு இடமாற்றத்திற்கான சாத்தியமும் கூடச் சுகாதாரப் பிரச்சினைகளாகச் சுட்டிக்காட்டப்பட்டுள்ளன. GM உணவுகள் அவ்வாறான பரம்பரையலகு களைக் கொண்டிருப்பதால் அதனை நுகர்வோரால் பெருமளவில் உள்ளெடுக்கப்படுகின்றது. அனைத்து அங்கிகளுக்கும் கிடையான பரம்பரையலகு இடமாற்றத்திற்கான தடைகள் நிலவும் சாத்தியம் இருப்பினும் பற்றீரியாக்களிடையே மனிதனில் கிடையான பரம்பரையலகு இடமாற்றத்திற் கான வாய்ப்பு மிகவும் குறைவு. ஆனால் கிடையான பரம்பரையலகு இடமாற்றத்திற்கான நிகழ்தகவு அதிகம். எனவே நோயாக்கிக்கு நுண்ணுயிர் கொல்லி எதிர்ப்புள்ள பரம்பரையலகுகளின் இடமாற்றமானது ஏற்படும்போது சில சுகாதாரம் தொடர்பான பிரச்சினைகளை ஏற்படுத்தலாம். எனினும் rDNA தொழினுட்பத்தில் பயன்படுத்தப்படும் நுண்ணுயிர்கொல்லிகள் இரசாயன சிகிச்சையில் பயன்படுத்தப்படுவதில்லை.

மறுபுறம் மனிதர்களும் ஏனைய அனைத்து விலங்குகளும் விலங்கு அல்லது தாவர உணவுகளையே அவை கூர்ப்படைந்த காலம் முதற்கொண்டு உண்டு வருகின்றன. ஆனால், உணவை உண்பதால் பரம்பரையலகு இடமாற்றம் நடைபெற்றதாகக் காட்டுவதற்குச் சான்றுகள் எதுவும் இல்லை.

சுற்றாடல் பிரச்சினைகள்

1) பூச்சிக்குச் சகிப்புத்தன்மையுள்ள பயிர்களின் விருத்தியானது, GM பயிர்களில் உற்பத்தியாக்கப்படும் தொட்சின்களை தற்செயலாக உள்ளெடுப்பதால், இலக்கற்ற பூச்சிகளுக்கும் சேதத்தை விளைவிக்கும். தொட்சினானது மகரந்தமணியின் ஊடாகப் பரவிப் பயிரற்ற தாவரங்களில் விடப்படும்போது அதனைப் பூச்சிகள் உணவாக உட்கொள்ளலாம். மொனார்ச் (Monarch) வண்ணத்துப்பூச்சிக் குடம்பிகள் GM பயிரிலிருந்து பெறப்பட்ட மகரந்தமணிகள் தூவப்பட்ட பாற்களையின் இலைகளை உட்கொண்டபோது இறந்தமை பரிசோதனை மூலம் காட்டப்பட்டுள்ளது. எனினும் தூவப்பட்ட மகரந்தமணிகளின் அளவானது இயற்கையாகப் போடப்பட்டிருக்கும் அளவை விட மிகவும் அதிகமாகுமென GM ஆதரவாளர்கள் வாதிடுகின்றனர்.

2) அயன் மகரந்தச்சேர்க்கையானது திருத்திய மரபணுவை (அயல் பரம்பரை யலகை) GM அல்லாத அதே பயிரின் வேறு வருக்கங்கள் மற்றும் பயிரின் வான்வகை உறவினர்களுக்கும் சுட இடமாற்றும். எனவே அது சேதன அல்லது GM அல்லாத பயிர்ச்செய்கையையும் கூடத் தொற்றிவிடும்.

3) Bt பரம்பரையலகு வான்வகைத் தாவரங்களுக்கு இடமாற்றப்படும்போது அவற்றை உணவாகக் கொள்ளும் பூச்சிகள் இறப்பதால் சூழற் சமமின்மையை ஏற்படுத்தும்.

4) பூண்டுக்கொல்லிக்கு எதிர்ப்பான பரம்பரையலகுகள் களைகளுக்கு இட மாற்றப்படும்போது, அதே பூண்டுக்கொல்லியைப் பயன்படுத்தி அவற்றைக் கட்டுப்படுத்த முடியாது. எனவே அவை மிகைகளைகளாக வந்துவிடும்.

5) இயற்கையாக வளரும் தாவரங்களில் அயல் பரம்பரையலகுகளின் பரம்பலானது பரம்பரையலகு அழுக்காக்கல் எனப்படும்.

6) பூண்டுக்கொல்லிக்குச் சகிப்பான பயிர்கள் ஒரு குறிப்பிட்ட களைகொல்லிக்கு எதிர்ப்புத்தன்மை உள்ளதால் விவசாயிகள் தமது வயலைச் சுத்தமாகப் பேணுவதற்கு இப்பூண்டுக்கொல்லியை மிகையாகப் பயன்படுத்தலாம். அது வழக்கு என்றால் அதே பூண்டுக்கொல்லிக்குக் களைகள் அடிக்கடி வெளிப்பாடாகும்போது பூண்டுக்கொல்லிக்கு சகிப்பான களைகள் விருத்தியடையும். முற்காப்பாக பூண்டுக்கொல்லிகளை விசுறுவதை விடுத்து, 'காத்திருந்து பார்த்தல் அணுகுமுறை'யைப் பயன்படுத்தித் தேவையான போது மட்டும் பூண்டுக்கொல்லிகளை விசிறிச் சுத்தமான வயலைப் பேணுவதற்கு

விவசாயிகள் பணத்தைச் செலவு செய்யலாமென்று விவாதிக்கப்படுகின்றது. பல்வேறு பூண்டுக்கொல்லிகளுக்கு சகிப்புத்தன்மையுள்ள பயிர்களை சுழற்சி முறைக்கு உட்படுத்துவதன் மூலம் அவ்வாறான மிகைகளைகளின் விருத்தியைத் தவிர்க்கலாம்.

7) GM பயிர்கள் விவசாயிகளினாலும் நுகர்வோரினாலும் ஏற்றுக்கொள்ளப்படுவதால் பயிர்ச்செய்கைக்கான நிலத்தின் பரப்பளவு ஒரு சில வருக்கங்களுக்கு மட்டுப்படுத்தப்பட்ட GM பயிர்களால் ஆதிக்கம் செலுத்தப்படும். இவ்வாறு பயிர்ப் பல்வகைமை சிறிய எண்ணிக்கையாகக் குறைவடையும் போது சூழலியல் தாக்கங்களைச் சகித்தலும் குறைவடையும். ஒரு தனித்த சூழலுக்குரிய நிகழ்வு முழுப்பயிர்களையுமே அழித்து உணவுப்பற்றாக்குறைக்கு இட்டுச் செல்லும்

8) பயிர்ப் பல்வகைமையானது குறைந்து செல்லல் பயிரின் ஜீன்பொதுக்கூட்டில் இருந்து பரம்பரையலகு இழக்கப்படலில் பங்களிப்புச் செய்யும்.

சமூக பொருளாதாரப் பிரச்சினைகள்

1) புதிதாக விருத்தி செய்யப்பட்ட GM பயிர் வருக்கங்கள், விருத்தியாளர்களால் சொந்தமாக்கப்பட்டு, காப்புரிமை செய்யப்படுகின்றது. எனவே விவசாயிகள் ஒவ்வொரு வருடமும் தமக்குத் தேவையான விதைகளை ஏகாதிபத்தியம் கொண்ட பெரிய கம்பனிகளிடமிருந்து கூடுதலான பணத்தைச் செலவு செய்து வாங்குவதற்கு நிர்ப்பந்திக்கப்படுகிறார்கள். ஏழை விவசாயிகளுக்கு இந்த வித்துகளை வாங்கமுடியாமல் போகும் இதனால் பணக்கார மற்றும் ஏழை விவசாயிகளுக்கு இடையிலான இடைவெளி அதிகரிக்கும் இடராபத்து உண்டு.

2) இயற்கையாகக் காணப்படும் பரம்பரையலகுகள் உள்ளடங்கலாக உயிரியல் வளங்கள் மற்றும் பயிர்களைக் காப்புரிமை செய்தல் ஒழுகக்வியல் ரீதியில் சரியானதா என மக்களிடையே கவலை அதிகரித்துள்ளது. சில பயிர்களும் உற்பத்திப்பொருட்களும் மரபுவழி விருத்தியாகி உண்ணாட்டு மக்களால் பயன்படுத்தப்பட்டு வந்தது. இவையும் கூடச் சில உயிர்த்தொழினுட்பவியல் கம்பனிகளின் கீழ் காப்புரிமை செய்யப்பட்டுள்ளன.

3) நுகர்வோருக்கு GM உணவு அல்லது GM அல்லாத உணவுகளை வாங்குவதைத் தீர்மானிப்பதற்கான உரிமை உள்ளது. இந்த உரிமையைப் பாதுகாக்க ஒழுங்காக்கும் முகாமைகள் உற்பத்திப் பொருட்கள் GM பொருளா அல்லது இல்லையா, GM எனில் எவ்வாறான மாற்றங்கள் ஏற்படுத்தப்பட்டுள்ளன என்பவற்றைத் தெளிவாகக் குறிப்பிட்டு, சுட்டியிடும் முறையை அமுல்படுத்தவேண்டும். சில நாடுகளில் சுட்டியிடல் கட்டாயமானதாகும். எனினும் GM அல்லாதவை எனச் சுட்டியிடப்பட்டிருந்தபோதும், சோதிக்கப்படும்போது GM உடன் மாசுபடுத்தப்பட்டுள்ளமை கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது.

4) உயர் உயிர்ப்பல்வகைமையுள்ள பிரதேசத்தின் அல்லது நாட்டின் உயிரியல் வளங்கள் மற்றும் மரபுவழி அறிவு என்பன உயிர்த்தொழினுட்பவியற் கம்பனிகளால் உற்பத்திப்பொருள் விருத்திக்கான இழப்பீடுகள் வழங்கப்படாமல் அல்லது நாடு மற்றும் மக்களால் எவ்வித அங்கீகாரமும் அளிக்கப்படாமல் எடுத்துச் செல்லப்படுகின்றது. இது உயிர்த்திருட்டு (biopiracy) என அழைக்கப்படும்.

5) GMO களை தயார் செயதலில் இயற்கையைக் கையாளுதல் சில சமய நம்பிக்கைகளுடன் முரண்படுகின்றது.

GMO, GMF என்பவற்றினதும் அவற்றுடன் இணைந்த செயன்முறைகளினதும் சாத்தியமான இடராபத்துகளும் அபாயமும் பற்றிப் பேசுவதற்காக முற்றான சோதிக்கும் மற்றும் திரையிடல் செயன்முறைகள் நடைமுறையில் வந்துள்ளன. அதனால் சுற்றாடல், சமூகம், நுகர்வோரைப் பாதுகாப்பதற்காக GMO மற்றும் GMF இன் உற்பத்தியாக்கல் மற்றும் வணிகமயமாக்கல் செயன்முறைகள் என்பன பல்வேறு சட்டங்கள் அங்கீகாரங்கள் என்பவற்றின் கடுமையான கட்டுப்பாட்டின் கீழ் உள்ளது. சில GMO களின் ஒப்புதலைப் பெற்றுக்கொள்ள (உற்பத்தியாக்கத்தில் இருந்து சந்தைக்கு) 25 வருடங்கள் எடுக்கின்றன (உ+ம்: GM அத்திலாந்திக் சமன் மீன் GM அல்லாததை விட இருமடங்கு வளரும்)

சர்வதேச ஒப்பந்தத்திற்கு ஒரு உதாரணமாக கார்ட்டஜீனா வரைவேடு (cartagena protocol) உள்ளது. இலங்கையில் தேசிய உயிர்காப்புச் சட்டகம் போன்று பல நாடுகள் தமது சொந்தச் சட்டங்களைக் கொண்டிருக்கின்றன.

உயிர்காப்பின் கார்ட்டஜீனா வரைவேடு

உயிர்ப்பல்வகைமைச் சமவாயத்துக்கான உயிர்காப்பின் கார்ட்டஜீனா வரைவேடு என்பது 2000ம் ஆண்டு மே மாதம் 15ம் திகதி மொன்றியல், கனடாவில் கையொப்பமிடப்பட்ட சர்வதேச ஒப்பந்தமொன்றாகும். இது 1992ல் றியோ - புவி உச்சிமாநாட்டில் கையொப்பமிடப்பட்டு 1993 ஆம் ஆண்டு முதல் நடைமுறையிலுள்ள உயிர்ப்பல்வகைமை சமவாயத்தின் (CBD) துணைப்பதிப்பாகும். உயிர்க்காப்பின் கார்ட்டஜீனா வரைவேடு 2003ம் ஆண்டு செப்டெம்பர் மாதம் 11ம் திகதி முதல் நடைமுறையில் உள்ளது. அது ஆரம்பத்தில் கொலம்பியாவில் உள்ள கார்ட்டஜீனாவில் கையொப்பமிடத் திட்டமிடப்பட்டிருந்ததால் உயிர்க்காப்பின் கார்ட்டஜீனா வரைவேடு என அழைக்கப்படுகின்றது. CBD இலுள்ள விதிகள் GMO களுடன் தொடர்புபட்ட உயிர்ப்பல்வகைமையின் பல அம்சங்களை உள்ளடக்குவதற்குப் போதுமானதாக இல்லை. கார்ட்டஜீனா வரைவேட்டில் 100க்கு மேற்பட்ட நாடுகள் கையெழுத்திட்டுள்ளன. இலங்கை 2004ம் ஆண்டு ஏப்பிரல் 28ம் திகதி வரைவேட்டிற்கு முறையான ஒப்புதலை வழங்கியது.

உயிர்க்காப்பில் கார்ட்டஜீனா வரைவேட்டின் இலக்கு நவீன உயர்தொழினுட்பத்தின் விளைவாகத் தோற்றுவிக்கப்பட்ட பிறப்புரிமை மாற்றப்பட்ட அங்கிகள் அல்லது

வாழும் மாற்றப்பட்ட அங்கிகளால் (LMO) ஏற்படுத்தப்படும் சாத்தியமான இடராபத்துகளிலிருந்து உயிர்ப்பல்வகைமையைப் பாதுகாத்தலாகும். தற்சிறப்பான பாவனைக்கான உற்பத்திப் பொருட்கள் அல்லது செயன்முறைகள் மாற்றப்படுவதற்கு அல்லது தயாரிப்பதற்கு உயிரியல் தொகுதிகள், உயிர் அங்கிகள் அல்லது பெறுதிகளைப் பயன்படுத்தும் எந்தத் தொழினுட்பமும் உயிர்த்தொழினுட்பவியல் என CBD வரையறுக்கின்றது. வரைவேடு, CBD இன் 'முற்காப்பு தத்துவத்தை' அடிப்படையாகக் கொண்டது. எனவே புதிய உயிர்த்தொழினுட்பவியலின் உற்பத்திப் பொருட்கள், சூழல் அல்லது மனித சுகாதாரத்துக்கு ஏற்படும் எந்தவொரு சாத்தியமான ஆபத்துக்களையும் தவிர்ப்பதற்குக் கடுமையான கட்டுப்பாட்டு நடவடிக்கைகளைப் பின்பற்ற வேண்டும். அது உயிர்ப்பல்வகைமையின் நீடித்த பாவனை மற்றும் காப்பில் கெடுதியான விளைவை ஏற்படுத்தும் LMO களின் பாவனை, கையாளல், இடமாற்றம் எல்லைகளுக்கூடான நகர்வு என்பவற்றில் பிரயோகிக்கப்படும். இது மனித சுகாதாரத்தின் இடராபத்துகளுக்கும் பிரயோகிக்கப்படும் வரைவேட்டின் விதிகள் விருத்தியடையும் நாடுகளைப் பொருளாதார நன்மைகளுக்கு எதிராகப் பொதுசன சுகாதாரத்தைச் சமநிலைப்படுத்துவதை அனுமதிக்க உத்தேசித்துள்ளது. நாடுகளும் மாநிலங்களும் சூழலுக்கு அல்லது மனித சுகாதாரத்திற்குப் பாதுகாப்பான LMO என்பதை உறுதிப்படுத்தும் விஞ்ஞானத் தகவல்களை கொண்டிருக்கவில்லையென உணர்ந்தால் அவர்களின் பிரதேசங்களுக்குள் LMO நுழைவதை மட்டுப்படுத்தப் பொருத்தமான நடவடிக்கைகளை எடுக்கமுடியும். LMO கள் சூழலில் அறிமுகப்படுத்துவதற்கு அல்லது உணவாகப் பயன்படுத்தப்படுவதற்கு உத்தேசிக்கப்பட்டிருக்கலாம். சரக்குப் பொருட்களுடன் LMO வை இனங்காணவும் மேலதிக தகவல்களுக்கு அணுகவேண்டிய நபர் போன்ற தகவல்களைக் கொண்ட பொருத்தமான ஆவணங்கள் இணைக்கப்படல் வேண்டும். இறக்குமதியாளர் அல்லது ஏற்றுமதியாளரால் LMO இறக்குமதிப் பொருட்களை ஏற்றுக்கொள்ளல் அல்லது தவிர்த்தல் என்ற முடிவிற்கு வருவதற்கு அவற்றைப் பாதுகாப்பான முறையில் கையாளவும் போதியளவு தகவல்களை இறக்குமதி செய்யும் குழுவுக்கு வழங்கப்படல் வேண்டும்.

வரைவேடு 'உயிர்க்காப்பு தெளிவாக்கும் இல்லம்' (BCH) ஒன்றை நிறுவியுள்ளது. இது LMO களின் நகர்வில் விஞ்ஞான, தொழில்நுட்ப, சுற்றாடல் மற்றும் சட்ட ரீதியான தகவல்களையும் அனுபவங்களையும் பரிமாற்றி உதவி அளிப்பதன் மூலம் வரைவேட்டை அமுல்படுத்துவதற்குக் கட்சிகளுக்கு உதவும்.

வரைவேடு இலங்கையினால் மே மாதம் 2000ம் ஆண்டு கைச்சாத்திடப்பட்டு ஜுலை 2004ம் ஆண்டிலிருந்து அமுலில் உள்ளது. சுற்றாடல் மற்றும் இயற்கை வளங்கள் அமைச்சு, வரைவேடு தொடர்பாகச் செயற்பாடுகளை இயைபாக்குவதற்கான பொறுப்பு வாய்ந்த நிறுவனமாக இனங்காணப்பட்டுள்ளது.

இலங்கையின் தேசிய உயிர்காப்புச் சட்டகம்

இலங்கையின் தேசிய உயிர்காப்புச் சட்டக வரைவு (NBFSL) 2005ம் ஆண்டில் சுற்றாடல் மற்றும் இயற்கை வளங்கள் அமைச்சினால் (தற்போதைய மகாவலி அபிவிருத்தி மற்றும் சுற்றாடல் அமைச்சு, (MoMDE) பூர்த்தியாக்கப்பட்டது. இது உயிர்க்காப்பின் கார்ட்டஜீனா வரைவேட்டிற்கிணங்க முன்னுரிமை அணுகுமுறையை அடிப்படையாகக் கொண்டது.

இதன் இலக்கு : நவீன உயிர்த்தொழினுட்பவியலால் ஏற்படுத்தப்படும் இடராபத்துகளை உறுதிப்படுத்தல், அவற்றின் உற்பத்திப்பொருட்கள் குறைக்கப்படல் என்பவற்றுடன் பொருத்தமான கொள்கைகள், கட்டுப்பாடடு விதிமுறைகள், தொழினுட்ப வழிகாட்டிகள், முகாமைத்துவ அலகுகளை நிறுவுதல், மேற்பார்வைப் பொறிமுறைகள் என்பவற்றை உருவாக்குவதன் ஊடாக எல்லைகளூடான நகர்வுகளை ஒழுங்காக்கும் சிறந்த முறைகளின் ஊடாக உயிர்ப்பல்வகைமை, மனிதசுகாதாரம், சுற்றாடல் என்பன பாதுகாக்கப்படல்.

இலங்கையில் தேசிய உயிர்க்காப்புச் சட்டகம் என்பது இலங்கையில் உயிர்க்காப்புக்கான நிரந்தரமான சட்டமன்ற சட்டகத்திற்கான ஆரம்பப் புள்ளியாகும். NBFSL ஐ அடிப்படையாகக் கொண்டு இரண்டு கொள்கைகள் முன்வைக்கப் பட்டுள்ளன.

தேசிய உயிர்க்காப்புக் கொள்கை, 2005 : உயிர்க்காப்புக் கொள்கை ஒட்டு மொத்தக் கட்டமைப்பை அமைக்கிறது. இதில் போதிய பாதுகாப்பு ஏற்பாடுகள் விருத்தியாக்கப்பட்டு, சுற்றாடலுக்கும் மனித சுகாதாரத்துக்கும் சாத்தியமான இடராபத்துகள் இழிவளவாக்கப்படும். அதேவேளை நவீன உயிர்த்தொழினுட்ப வியலால் உச்சளவான நன்மைகள் பெற்றுக்கொள்ளப்படும்.

- 'உயிரியல் வளங்கள், நீடித்த பயன்பாடு, நன்மைகளைப் பகிரலுக்கான அணுகலின் தேசிய கொள்கை' 2013 இல் MoMDE இனால் முன்வைக்கப்பட்டது. இதன் இலக்கு உயிரியல் வளங்களின் நீடித்த பயன்பாட்டையும் காப்பையும் உறுதிப்படுத்தல் மற்றும் அவற்றிலிருந்து கிடைக்கும் நன்மைகளைச் சமமாகவும் நியாயமாகவும் பகிர்ந்து கொள்ளல் இது இலங்கையின் தேசிய உயிர்க்காப்புச் சட்டகம், உயிர்க்காப்பின் கார்ட்டஜீனா வரைவேடு என்பவற்றிற்கு இணங்கியது.
- எனினும் இக்கொள்கைகள் இன்னும் சட்டமாக இயற்றப்படவில்லை MoMDE இன் உயிர்ப்பல்வகைமை செயலகம் 2016 - 2022க்கான தேசிய உயிர்ப்பல்வகைமை மூலோபாய நடவடிக்கைத் திட்டத்தின் இலக்கு 12இல் '' 2022 இல் உயிர்க்காப்பு உறுதிப்படுத்தப்படும்'' எனக் குறிப்பிடுகின்றது.

எடுக்கப்பட வேண்டிய நடவடிக்கைகள்

1. உயிர்க்காப்பின் கொள்கையை வலுவூட்டல்

2. உயிர்க்காப்பு முதன்மைத் திட்டங்களை அமுல்படுத்தலும் உயிர்க்காப்புச் சட்டங்களை உருவாக்கலும்

3. புதிய தொழினுட்பங்களுக்கு இடர் மதிப்பீட்டுச் செயன்முறைகளை வலுவூட்டல்

4. இடர் மதிப்பீட்டுக்கான தகைமையை வலுவூட்டல்

5. நாட்டுக்குரிய உயிர்ப்பல்வகைமை, GMO களால் அசுத்தமாதலில் இருந்து உள் நாட்டுக்குரிய பயிர்கள் என்பவற்றைப் பாதுபாப்பதற்குச் சட்டங்களை விருத்தியாக்கி, அமுல்படுத்தல்

6. இலங்கையில் உயிர்க்காப்பில் விஞ்ஞானத் தகைமையை மேம்படுத்தல்

References

1. Biology, A Global Approach, 10th edition, Campbell Reece, Urry, Cain,Wasserman. Minorsky, Jackson.

2. NCBI