

APPOLO STUDY CENTRE

GENETICS

10th அறிவியல்
அலகு – 18
மரபியல்















அறிமுகம்:

- ஒரு தலைமுறையிலிருந்து அடுத்த தலைமுறைக்குப் பண்புகள் கடத்தப்படுவது பாரம்பரியம் எனப்படும். ஆனால் வேறுபாடு என்பது ஒரே சிற்றினத்தைச் சார்ந்த உயிரிகளிடையே மற்றும் ஒத்த பெற்றோரிடமிருந்து உருவாகும் சந்ததிகளுக்கிடையே உள்ள மாறுபாடுகளைக் குறிப்பதாகும்.

கிரிகர் ஜோகன் மெண்டல் மரபியலின் தந்தை:

- மெண்டல் (1822 – 1884) என்ற ஆஸ்திரிய துறவி மரபியலின் அடிப்படைத் தத்துவங்களைத் தனது சோதனைகள் மூலம் கண்டுபிடித்தார். அவரது கண்டுபிடிப்புகள் நவீன மரபியலுக்கு அடித்தளமிட்டன. அவர் 1822 ஆம் ஆண்டு செக்கஸ்லோவியாவிலுள்ள சிலிசியன் என்ற ஊரில் ஒரு விவசாயக் குடும்பத்தில் பிறந்தார். உயர்நிலைப் பள்ளிப் படிப்பை முடித்துவிட்டு பதினெட்டாம் வயதில் பிரன் என்ற ஊரில் உள்ள அகஸ்தினியன் துறவி மடத்தில் துறவியாக நுழைந்தார். இங்கிருந்து இயற்பியல், கணிதம் மற்றும் இயற்கை அறிவியலில் பயிற்சி பெற வியன்னா பல்கலைக்கழகத்துக்குச் சென்றார். 1854 ஆம் ஆண்டு மீண்டும் மடத்துக்கு வந்து பாதிரியாராகவும் உயர்நிலைப்பள்ளி ஆசிரியராகவும் பணியாற்றினார்.
- அவர் தனது ஒய்வு நேரத்தில் தோட்டத்தில் உள்ள பட்டாணிச் செடியில் புகழ்மிக்க வரலாற்றுச் சிறப்புடைய அவரது புகழ்மிக்க வரலாற்றுச் சிறப்புடைய அவரது சோதனைகளைச் செய்ய ஆரம்பித்தார். இந்தச் சோதனைகளை மடத்தில் தங்கியிருந்து 1856 முதல் 1865 வரை ஒன்பது வருடங்கள் செய்தார். 34 வகைக்குட்பட்ட 10000 தாவரங்களைத் தனது சோதனைகளுக்கு உட்படுத்தினார். ஒவ்வொரு தாவரமும் மற்ற தாவரத்திலிருந்து பல வகைகளில் வேறுபட்டிருப்பதைக் கண்டுபிடித்தார். இவ்வாறு அவர் ஏழு ஜோடி பண்புகளில் வேறுபட்ட தாவரங்களைத் தனது ஆய்வுக்குக் தேர்ந்தெடுத்தார்.

மெண்டல் பயன்படுத்திய பட்டாணி தாவரத்தின் வேறுபட்டப் பண்புகள்:

ஆய்வுக்கு உட்படுத்தப்பட்ட பண்பு	ஒங்கு பண்பு	ஒருங்கு பண்பு
விதையின் வடிவம்	உருண்டை 	சுருங்கியது 
விதையின் நிறம்	மஞ்சள் 	பச்சை 
விதையுறையின் நிறம்	நிறமுடையது 	வெள்ளை 
கனியின் வடிவம்	உப்பியது 	சுருங்கியது 
கனியின் நிறம்	பச்சை 	மஞ்சள் 
மலரின் அமைவிடம்	கோண மலர் 	நுனி மலர் 
தண்டின் உயரம்	நெட்டை 	குட்டை 

மெண்டலின் வெற்றிக்கான காரணங்கள்:

பட்டாணிச் செடியில் தனது சோதனைக்குத் தேவையான கீழ்க்கண்ட பல பயனுள்ள பண்புகள் இருந்ததால் அவர் தனது ஆய்விற்குப் பட்டாணிச் செடியைத் தேர்ந்தெடுத்தார்.

1. இதில் இயற்கையாகவே தன் மகரந்தச்சேர்க்கை நடைபெறுவதால், தூய தாவரங்களைப் பெருக்கம் செய்வது எளிது.
2. இது ஓராண்டு (ஒரு பருவ) தாவரமாக இருப்பதால் வாழ்க்கைக் காலம் மிகக் குறுகியது. எனவே குறுகிய காலத்தில் பல தலைமுறைகளை விரைவில் அறிந்து கொள்ளலாம்.
3. இதில் அயல் மகரந்தச் சேர்க்கை செய்வது மிகவும் எளிது.
4. ஆழமாக வரையறுக்கப்பட்ட பல வேறுபட்ட பண்புகளைக் கொண்டுள்ளது.
5. மலர்கள் அனைத்தும் இருபால் தன்மை கொண்டவை.

ஒரு பண்புக் கலப்பு – ஒரு ஜீன் பாரம்பரியம்:

ஒரு பண்பின் இரு மாற்றுத் தோற்றங்களைத் தனித்தனியாகப் பெற்ற ஒரு தாவரங்களைக் கலவியுறச் செய்வது ஒரு பண்புக்கலப்பு எனப்படும்.

எடுத்துக்காட்டாக இந்தக் கலப்பிற்காகப் பட்டாணிச் செடியின் உயரம் என்ற பண்பை எடுத்துக் கொண்டு, நெட்டை, குட்டை ஆகிய பண்புகளில் வேறுபட்ட இரு தாவரங்களைக் கலப்புறச் செய்தார்.

மெண்டலின் ஒரு பண்புக் கலப்பு ஆய்வு:

பெற்றோர் தலைமுறை (P): அவர் தனது ஆய்விற்கு ஒரு தூய நெட்டைத் தாவரத்தையும் தூய குட்டைத் தாவரத்தையும் தேர்ந்தெடுத்தார்.

முதல் சந்ததி (F1) பெற்றோர்: தூய பெற்றோர் கலப்பின் மூலம் பெறப்பட்ட விதைகளிலிருந்து தோன்றும் தாவரங்கள் முதல் சந்ததி தாவரங்கள் ஆகும். அனைத்துத் தாவரங்களும் நெட்டைத் தன்மைக் கொண்ட ஒரு பண்புக் கலப்புயிரிகள்.

இரண்டாம் சந்ததி (தலைமுறை) F2 :

F1 சந்ததியின் ஒரு பண்புக் கலப்புயிரிகளைத் தன் மகரந்தச்சேர்க்கைக்கு உட்படுத்தும் போது நெட்டை மற்றும் குட்டைத் தாவரங்கள் 3 : 1 என்ற விகிதத்தில் தோன்றின. அவை 784 நெட்டைத் தாவரங்களும், 277 குட்டைத் தாவரங்களும் ஆகும். ஒரு குறிப்பிட்ட பண்பின் வெளித்தோற்றத்தைப் புறத்தோற்றம் (பீனோ டைப்) என்கிறோம். எனவே புறத்தோற்ற விகிதம் 3 : 1 ஆகும்.

F2 சந்ததியில் மூன்று வகையான தாவரங்கள் தோன்றின.

கலப்பற்ற நெட்டை (ஹோமோசைகஸ்) TT - 1

கலப்பின நெட்டை (ஹெட்டிரோசைகஸ்) Tt - 2

கலப்பற்ற குட்டை tt - 1

தாவரங்களின் ஜீனாக்கம் ஜீனோடைப் எனப்படும். எனவே ஒரு பண்புக் கலப்பின் ஜீனாக்க விகிதம் 1: 2:1

மெண்டலின் ஒரு பண்புக் கலப்பு பற்றி விளக்கம்:

மெண்டல் தன் ஆய்வின் முடிவில் காரணிகள் ஒரு தலைமுறையிலிருந்து மற்றொரு தலைமுறைக்குக் கடத்தப்படுவதைக் கண்டறிந்தார். காரணிகள் தற்போது ஜீன்கள் என அழைக்கப்படுகின்றன. நெட்டை மற்றும் குட்டைப் பண்புகள் வேறுபட்ட ஒரு ஜோடி ஜீன்களைக் கொண்டுள்ளன. நெட்டைத் தாவரத்தில் காணப்படும் ஒரு ஜோடி காரணிகள் % என்ற எழுத்தால் அறிவிக்கப்படுகின்றன. (ஒங்கு பண்பின் (Tall) முதல் எழுத்து) குட்டைத் தாவரத்தின் காரணிகள் (t) என்ற எழுத்தால் குறிக்கப்படுகிறது (ஒங்கு பண்பு) இந்தக் காரணிகள் ஜோடியாகக் காணப்படும். கலப்பற்ற நெட்டை (TT), குட்டை (tt) பெற்றோரில் உள்ளது போல காரணிகள் ஒரே வகையைச் சேர்ந்தவையாக இருப்பின் அவை ஹோமோசைகஸ் (ஒத்த கருநிலை) எனவும் ஒரு பண்புக் கலப்புயிரியில் உள்ளது போல் காரணிகள் வெவ்வேறு வகையைச் (Tt) சேர்ந்தவையாக இருந்தால் ஹெட்டிரோசைகஸ் (வேறுபட்ட கருநிலை) எனவும் அழைக்கப்படுகின்றன.

1. இரு வகையான காரணிகள் ஒரு ஜோடி பண்புகள் தோன்றுவதற்குக் காரணமாக உள்ளன. அவை அல்லீல்கள் அல்லது அல்லீலோமர்.புகள் எனப்படும்.
2. ஒரு பண்பின் இரு வேறுபட்ட நிலைகளுக்கான காரணிகளில் கருவுறுதல் நடைபெறும் போது, ஒரு பண்பு மட்டும் வெளிப்படுகிறது. (நெட்டை) மற்றொன்று மறைக்கப்படுகிறது (குட்டை) வெளிப்படும் பண்பு ஒங்கு பண்பு (dominant) எனவும், மறைக்கப்படும் பண்பு ஒங்கு பண்பு (recessive) எனவும் அழைக்கப்படுகிறது.
3. காரணிகள் அனைத்தும் தூய நிலை உடையன. கேமீட்டுகள் (பாலின செல்கள்) உருவாகும் போது காரணிகள் தனித்தனியாகப் பிரிந்து இரு வேறுபட்ட பண்புகளுக்கான காரணிகளில் ஒன்று மட்டும் ஒரு கேமீட்டுக்குச் செல்கிறது. நெட்டை (T) மற்றும் குட்டை (t) தன்மைக்குரிய காரணிகள் தனியாக உள்ளன. முதல் சந்ததி கலப்புயிரியில் தன் மகரந்தச் சேர்க்கை நடைபெறும் போது இவ்விரு காரணிகளும் பிரிந்து பின்பு சார்பின்றி இணைந்து நெட்டை மற்றும் குட்டைத் தாவரங்களை உருவாக்குகின்றன.

இரு பண்புக் கலப்பு - இரு ஜோடி பண்புகளை உள்ளடக்கிய கலப்பு மற்றும் தனித்துப் பிரிதல் விதி:

இரண்டு இணை எதிரெதிரான பண்புகளைப் பற்றிய இனக் கலப்பு இருபண்பு கலப்பு எனப்படும். மெண்டல், விதையின் நிறம் மற்றும் வடிவத்தைத் தன் ஆய்வுக்குத் தேர்ந்தெடுத்தார். (விதையின் நிறம் மஞ்சள் மற்றும் பச்சை. விதையின் வடிவம் - உருண்டை மற்றும் சுருங்கியது.

மெண்டல் உருண்டை வடிவம் மற்றும் மஞ்சள் நிற விதையுடைய தாவரத்தை சுருங்கிய வடிவம் மற்றும் பச்சை நிற விதையுடைய தாவரத்துடன் கலப்பினம் செய்து கீழ்க்கண்ட முடிவுகளைக் கண்டறிந்தார்.

1. மெண்டல், முதலில் தூய உருண்டை வடிவம் மற்றும் மஞ்சள் நிற விதையுடைய தாவரத்தை தூய சுருங்கிய வடிவம் மற்றும் பச்சை நிற விதையுடைய தாவரத்துடன் கலப்பு செய்யும் போது F1 சந்ததியில் கிடைத்த அனைத்துத் தாவரங்களும் உருண்டை மற்றும் மஞ்சள் நிற விதையுடைய தாவரங்களாகக் காணப்பட்டன. சுருங்கிய பச்சை நிற விதையுடைய தாவரங்கள் F1ல் தோன்றவில்லை. இதிலிருந்து அவர் உருண்டை மற்றும் மஞ்சள் நிற விதையுடைய தாவரங்கள் ஒங்கு பண்புத் தாவரங்கள் எனவும் சுருங்கிய பச்சை நிற விதையுடைய தாவரங்கள் ஒங்கு பண்புத் தாவரங்கள் எனவும் கண்டறிந்தார்.
2. முதல் சந்ததியில் தோன்றிய இரு பண்புக் கலப்புயிரியான உருண்டை வடிவ மஞ்சள் நிற விதைகளைத் தன் மகரந்தச் சேர்க்கைக்குட்படுத்தும் போது நான்கு விதமான தாவரங்கள் தோன்றின. அவை முறையே உருண்டை மஞ்சள் (9), உருண்டை பச்சை (3), சுருங்கிய மஞ்சள் (3), சுருங்கிய பச்சை (1) நிற விதைகளுடைய தாவரங்கள். எனவே இரு பண்புக் கலப்பின் புறத்தோற்ற விகிதம் 9 : 3 : 3 : 1 ஆகும்.

மேற்கண்ட ஆய்வின் அடிப்படையில் பண்புகளுக்கான காரணிகள் தனித்தன்மையுடனும் சார்பின்றியும் கேமிட்டுகளில் காணப்படுகின்றன. இக்காரணிகள் ஒவ்வொன்றும் சார்பின்றி தனித்தன்மை இழக்காமல் அடுத்த சந்ததிக்குச் செல்லும்.

முதல் சந்ததியில் தோன்றிய இரு பண்புக் கலப்புயிரியான உருண்டை வடிவ மஞ்சள் நிற விதைகளைத் தன் மகரந்தச் சேர்க்கைக்குட்படுத்தும் போது நான்கு விதமான தாவரங்கள் தோன்றின. அவை முறையே உருண்டை மஞ்சள் (9), உருண்டை பச்சை (3), சுருங்கிய மஞ்சள் (3), சுருங்கிய பச்சை (1) நிற விதைகளுடைய தாவரங்கள். எனவே இரு பண்புக் கலப்பின் புறத்தோற்ற விகிதம் 9 : 3 : 3 : 1 ஆகும்.

இரு பண்புக் கலப்பின் முடிவுகள்

இரு பண்புக் கலப்பின் இறுதியில் மெண்டல் கீழ்க்காணும் முடிவுகளைக் கண்டறிந்தார்.

1. நான்கு வகைத் தாவரங்கள்:

இரு பண்புக் கலப்பின் முடிவில் F2 சந்ததியில் நான்கு விதமான தாவரங்கள் தோன்றின. அவற்றில் 9 தாவரங்கள் ஒங்கு பண்புடனும் 3 தாவரங்கள் ஓர் ஒங்கு பண்பு மற்றும் ஒங்கு பண்புடனும் அடுத்த மூன்று தாவரங்கள் மற்றொரு ஒங்கு மற்றும் ஒங்கு பண்புடனும், ஒரே ஒரு தாவரம் மட்டும் இரண்டு ஒங்கு பண்புடனும் தோன்றின.

2. புதிய தாவரங்கள்:

இரண்டு புதிய பண்புகளுடைய தாவரங்கள் தோன்றின. அவை உருண்டை வடிவப் பச்சை நிற விதைகள், சுருங்கிய மஞ்சள் நிற விதைகள், இவை இரண்டாம் சந்ததியில் தோன்றிய தாவரங்கள் ஆகும்.

மெண்டலின் விதிகள்:

ஒரு பண்புக் கலப்பு மற்றும் இரு பண்புக் கலப்பு சோதனைகளின் அடிப்படையில் மெண்டல் மூன்று முக்கியமான விதிகளை முன் வைத்தார். அவை இப்பொழுது மெண்டலின் பாரம்பரிய விதிகள் என அழைக்கப்படுகின்றன.

ஓங்கு தன்மையின் விதி:

ஒன்று அல்லது அதிகமான ஜோடி வேறுபட்ட பண்புகளைக் கொண்ட ஹோமோசைகஸ் தனி உயிரிகள் கலப்பு செய்யப்பட்டால் முதல் சந்ததி (F1) கலப்புயிரியில் காணப்படும் பண்பு ஓங்கு பண்பு எனவும், காணப்படாத பண்பு ஒடுங்கு பண்பு எனவும் அழைக்கப்படும்.

தனித்துப் பிரிதலின் விதி அல்லது கேமீட்டுகளின் கலப்பற்ற தன்மையின் விதி:

வேறுபட்ட ஒரு ஜோடி காரணிகள், ஜீன்கள் அல்லது அல்லீல்கள் கலப்புயிரியல் இணைத்து கொண்டு வரப்படும் போது அல்லீலின் இரு அங்கங்களும் கலப்படையாமல் ஒன்றாக இருந்து கேமீட்டுகளின் உருவாக்கத்தின் போது தனித்துப் பிரிந்து ஒரே ஒரு அங்கம் மட்டும் ஒரு கேமீட்டுக்குள் செல்கிறது. இது காமீட்டுகளின் தூய தன்மை அல்லது கலப்பற்ற தன்மை விதி எனப்படும்.

சார்பின்றி ஒதுங்குதலின் விதி:

ஒரே சமயத்தில் இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட வேறுபட்ட ஜோடி பண்புகள் பரம்பரியமாகும் போது, இவற்றைக் கட்டப்படுத்தும் ஜீன் அல்லது காரணிகள் ஒரு ஜோடி மற்றொரு ஜோடியுடன் சார்பின்றி ஒதுங்குகின்றன. இதனால்தான் புதிய பண்புகள் தோன்றுகின்றன.

குரோமோசோம்கள், டி.என்.ஏ. மற்றும் ஜீன்கள்:

மனித உடல் பல மில்லியன் செல்களால் ஆனது. ஒவ்வொரு செல்லின் உட்கருவிலும், குரோமோசோம்கள் என அழைக்கப்படும் மெல்லிய நூல் போன்ற அமைப்புகள் உள்ளன. வால்டேயர் என்பவர் 1888 ஆம் ஆண்டு, "குரோமோசோம்கள்" என்ற சொல்லை முதன் முதலில் உருவாக்கிப்பயன்படுத்தினார். குரோமோசோம்கள் என்பவை பாரம்பரியத் தகவல்களை உள்ளடக்கிய மரபுப் பொருள்களைத் தன்னகத்தே கொண்டவை.

டி.என்.ஏ. வை (1௨ ஆக்ஸி ரைபோ நியூக்ளிக் அமிலம்) உள்ளடக்கிய, நன்கு ஒடுங்கிச் சுருண்ட குரோமோட்டின் இழைகளைக் கொண்ட மரபுப் பொருள், குரோமோசோம் ஆகும். ஒரு குறிப்பிட்ட புறத்தோற்றப் பண்பு கடத்தப்படுவதற்குக் காரணமான டி.என்.ஏ. வின் பகுதி, ஜீன் ஆகும். ஒவ்வொரு ஜீனும் குரோமோசோமில் ஒரு குறிப்பிட்ட அமைவிடத்தில் அமைந்துள்ளன. அந்த அமைவிடம் "லோகஸ்" என்று அழைக்கப்படுகிறது. செல் பிரிதலின் போது, ஜீன்களில் உள்ள மரபுத் தகவல்கள் அடுத்தடுத்த தலைமுறைகளுக்குக் கடத்தப்படுகின்றன.

குரோமோசோம் அமைப்பு:

சகோதரி குரோமேட்டிடுகள் என்று அழைக்கப்படும் இரண்டு ஒத்த இழைகளை உள்ளடக்கிய மெல்லிய, நீண்ட மற்றும் நூல் போன்ற அமைப்புகள், குரோமோசோம்கள் எனப்படும். சென்ட்ரோமியர், இரண்டு குரோமேட்டிடுகளையும் ஒரு குறிப்பிட்ட புள்ளியில் ஒன்றாக இணைக்கிறது. ஒவ்வொரு குரோமேட்டிடும், திருகு போல் சுருட்டப்பட்ட மெல்லிய குரோமோனீமா என்ற அமைப்பால் ஆனது. குரோமோனீமா தன் முழு நீளத்திற்கும் எண்ணற்ற மணி போன்ற

குரோமோமியர்களைக் கொண்டுள்ளது. குரோமோசோம்கள் டி.என்.ஏ, ஆர்.என்.ஏ, குரோமோசோம் புரதங்கள் (ஹிஸ்டோன் மற்றும் ஹிஸ்டோன் அல்லாதவை) மற்றும் சில உலோக அயனிகள் ஆகியவற்றைக் கொண்டது. இந்தப் புரதங்கள் குரோமோசோம் கட்டமைப்பிற்கு ஆதாரமாக விளங்குகின்றன. ஒரு குரோமோசோம் கீழ்க்கண்ட பகுதிகளை உள்ளடக்கியது.

முதன்மைச் சுருக்கம்:

குரோமோசோமின் இரண்டு கரங்களும் இணையும் புள்ளி, முதன்மைச் சுருக்கம் அல்லது சென்ட்ரோமியர் ஆகும். செல் பிரிதலின் போது, ஸ்பின்டில் நார்கள் குரோமோசோம்களுடன் இணையும் பகுதி சென்ட்ரோமியர் ஆகும்.

இரண்டாம் நிலைச் சுருக்கம்:

சில குரோமோசோம்கள் ஏதேனும் சில பகுதிகளில் இரண்டாம் நிலைச் சுருக்கங்களையும் பெற்றிருக்கும். இந்தப் பகுதி உட்கருப் பகுதி அல்லது உட்கருமணி உருவாக்கும் பகுதி (உட்கருவில் உட்கருமணி உருவாக்கம்) என அழைக்கப்படுகிறது.

டீலோமியர்:

குரோமோசோமின் இறுதிப் பகுதி டீலோமியர் என அழைக்கப்படுகிறது. குரோமோசோமின் இரண்டு நுனிகளும் எதிரெதிர்த் தன்மை உடையன. இது அருகில் உள்ள குரோமோசோம்கள் ஒன்றுடன் ஒன்று சேருவதைத் தடுக்கிறது. டீலோமியர் குரோமோசோம்களுக்கு நிலைப்புத் தன்மையை அளித்துப் பராமரிக்கிறது.

சாட்டிலைட்:

சில குரோமோசோம்களின் ஒரு முனையில் நீண்ட குமிழ் போன்ற இணையுறுப்பு காணப்படுகிறது. இந்த இணையுறுப்பு சாட்டிலைட் என அழைக்கப்படுகிறது. சாட்டிலைட்டைப் பெற்றுள்ள குரோமோசோம்கள், சாட் - குரோமோசோம்கள் (satctromosomes) என அழைக்கப்படுகின்றன.

டீலோமியர்கள் ஒவ்வொரு செல்லின் முதுமையை உணர்த்தும் கடிகாரங்களாகச் செயல்படுகின்றன. டீலோமியர்கள், குரோமோசோம்களில் காணப்படும் பாதுகாப்பு நியூக்ளியோடைட் தொடர்வரிசை ஆகும். ஒவ்வொரு முறை செல் பகுப்படையும் போதும் அவை குறுகல் அடைகின்றன. டீலோமியர்கள் மிகவும் குறுகி, தங்கள் வேலையைச் செய்ய முடியாத போது, செல்கள் முதுமையடைய காரணமாகின்றன.

சென்ட்ரோமியரின் நிலைக்கு ஏற்ப குரோமோசோம்களின் வகைகள்:

சென்ட்ரோமியர் அமைந்திருக்கும் நிலைக்கு ஏற்ப குரோமோசோம்கள் டீலோசென்ட்ரிக், அக்ரோசென்ட்ரிக், சப்-மெட்டா சென்ட்ரிக் மற்றும் மெட்டா சென்ட்ரிக் என வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளன.

1. டீலோசென்ட்ரிக் - சென்ட்ரோமியர் குரோமோசோமின் ஒரு முனையில் காணப்படுகிறது. இவை கோல் வடிவ குரோமோசோம்கள்
2. அக்ரோசென்ட்ரிக் - சென்ட்ரோமியர் குரோமோசோமின் ஒரு முனைக்கு அருகில் காணப்படுவதால், ஒரு குட்டையான கரமும் ஒரு நீண்ட கரமும் பெற்றுள்ள இவையும் கோல் வடிவக் குரோமோசோம்கள்

3. சப் - மெட்டா சென்ட்ரிக் - சென்ட்ரோமியர் குரோமோசோமின் மையத்திற்கு அருகில் காணப்படுகிறது. எனவே இரண்டு சமமற்ற கரங்கள் உருவாகின்றன. இவை J வடிவ அல்லது L வடிவக் குரோமோசோம்கள்
4. மெட்டா சென்ட்ரிக் - சென்ட்ரோமியர் குரோமோசோமின் மையத்தில் அமைந்து இரண்டு சம நீளமுள்ள கரங்களை உருவாக்குகிறது. இவை ஏ வடிவக் குரோமோசோம்கள்

பணிகளின் அடிப்படையில் குரோமோசோம்களின் வகைகள்:

யூகேரியோட்டிக் குரோமோசோம்கள், ஆட்டோசோம்கள் மற்றும் அல்லோசோம்கள் என வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளன.

உடல் பண்புகளை நிர்ணயிக்கும் ஜீன்களைப் பெற்றுள்ளவை ஆட்டோசோம்கள் (உடல் குரோமோசோம்கள்) ஆகும். ஆண் மற்றும் பெண் உயிரிகள் சம எண்ணிக்கையில் உடல் குரோமோசோம்களைப் பெற்றுள்ளன.

ஓர் உயிரியின் பாலினத்தை நிர்ணயிக்கின்ற குரோமோசோம்கள், அல்லோசோம்கள் எனப்படும். இவை பால் குரோமோசோம்கள் அல்லது ஹெட்டிரோசோம்கள் எனவும் அழைக்கப்படுகின்றன.

X – குரோமோசோம்கள் மற்றும் Y குரோமோசோம்கள் என இருவகை பால் குரோமோசோம்கள் உள்ளன. மனித இனத்தில், ஆண்கள் ஒரு X குரோமோசோமையும் ஒரு Y குரோமோசோமையும் பெற்றுள்ளனர். பெண்கள் இரண்டு X குரோமோசோம்களைப் பெற்றுள்ளனர்.

கேரியோடைப் (Karyotype):

எந்த ஒரு குறிப்பிட்ட வாழும் உயிரினத்திற்கும் (விலங்கு அல்லது தாவரம்) குரோமோசோம் எண்ணிக்கை மாறிலியாக உள்ளது. ஒவ்வொரு மனித செல்லிலும் பொதுவாக 23 ஜோடி குரோமோசோம்கள் உள்ளன. இதில் 22 ஜோடி ஆட்டோசோம்கள் மற்றும் 23 வது ஜோடி அல்லோசோம்கள் அல்லது பால் குரோமோசோம்கள் ஆகும்.

பொதுவாக, பால் இனப்பெருக்கம் செய்யும் உயிரினங்களின், உடல் செல்களில் குரோமோசோம்கள் ஜோடிகளாக இடம் பெற்றுள்ளன. இந்த நிலை இரு மய நிலை (2n) என அழைக்கப்படுகிறது. இவ்வுயிரினங்கள் உற்பத்தி செய்யும் இனசெல்களில் ஒரு குரோமோசோம் தொகுப்பு மட்டும் இடம் பெற்றுள்ளது. எனவே இன செல்கள் ஒற்றை மய செல்கள் (n) என அழைக்கப்படுகின்றன.

ஓர் உயிரினத்தில் செல் உட்கருவில் உள்ள குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கை, அளவு மற்றும் வடிவம், கேரியோடைப் எனப்படுகிறது. ஒரு சிற்றினத்தின் கேரியோடைப் வரைபட விளக்கம், இடியோகிராம் (idiogram) என அழைக்கப்படுகிறது. இதில் அனைத்து மெட்டாநிலை குரோமோசோம்களும் ஒத்திசைவான குரோமோசோம் ஜோடிகளாக அவற்றின் நீளம், தடிமன், சென்ட்ரோமியரின் நிலை, வடிவம் மற்றும் பல பண்புகளின் இறங்கு வரிசையில் இடம் பெற்றுள்ளன. பால் குரோமோசோம்கள் இவ்வரிசையின் இறுதியில் உள்ளன.

டி.என்.ஏ. அமைப்பு:

டி.என்.ஏ. என்பது மரபுத் தகவல்களை உள்ளடக்கிய பாரம்பரியப் பொருள். இது குரோமோசோமின் மிக முக்கியக் கூறாகும். ஜேம்ஸ் வாட்சன் மற்றும் ஃபிரான்சிஸ் கிரிக் ஆகியோர் வெளியிட்ட டி.என்.ஏ வின் முப்பரிமாண அமைப்பு, பெரும்பாலாக ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்ட டி.என்.ஏ மாதிரி ஆகும். ரோஸலின்ட் ஃபிராங்களின் மற்றும் மெளரிஸ் வில்கின்ஸ் ஆகியோரின் டி.என்.ஏ. X கதிர் விளிம்பு விலகல் ஆய்வின் அடிப்படையில் டி.என்.ஏவின் முப்பரிமாண மாதிரியை வாட்சன் மற்றும் கிரிக் வெளியிட்டனர். நியூக்ளிக் அமிலங்களின் மூலக்கூறு அமைப்பு பற்றி இவர்களின் கண்டுபிடிப்புகளைப் பாராட்டும் விதமாக 1962 ஆம் ஆண்டு மருத்துவத்திற்கான நோபல் பரிசு இவர்களுக்கு வழங்கப்பட்டது.

டி.என்.ஏ. மூலக்கூறின் வேதி இயைபு:

டி.என்.ஏ. என்பது மில்லியன் கணக்கான நியூக்ளியோடைடுகளை உள்ளடக்கிய மிகப் பெரிய மூலக்கூறு ஆகும். எனவே இது பாலி நியூக்ளியோடைடு (poly – பல) எனவும் அழைக்கப்படுகிறது. ஒவ்வொரு நியூக்ளியோடைடுகளும் மூன்று கூறுகளை உள்ளடக்கியது.

1. ஒரு சர்க்கரை மூலக்கூறு – டி ஆக்சிரைபோஸ் சர்க்கரை
2. ஒரு நைட்ரஜன் காரம்
டி.என்.ஏ. வில் உள்ள நைட்ரஜன் காரங்கள் இருவகைப்படும். அவை
 1. பியூரின்கள் (அடினைன் மற்றும் குவானைன்)
 2. பிரிமிடின்கள் (சைட்டோசின் மற்றும் தைமின்)
3. ஒரு பாஸ்பேட் தொகுதி

நியூக்ளியோசைடு மற்றும் நியூக்ளியோடைடு

நியூக்ளியோசைடு = நைட்ரஜன் காரம் + சர்க்கரை
நியூக்ளியோடைடு = நியூக்ளியோசைடு + பாஸ்பேட்

இடம் பெற்றுள்ள பியூரின்கள் மற்றும் பிரிமிடின்களுக்கு ஏற்ப நியூக்ளியோடைடுகள் உருவாகின்றன.

வாட்சன் மற்றும் கிரிக்கின் டி.என்.ஏ. மாதிரி:

1. டி.என்.ஏ. மூலக்கூறு இரண்டு பாலிநியூக்ளியோடைடு இழைகளால் ஆனது.
2. இந்த இழைகள் இரட்டைச் சுருள் அமைப்பை உருவாக்குகின்றன. இவ்விழைகள் ஒன்றுக்கொன்று எதிர் இணை இயல்புடன் எதிரெதிர் திசைகளில் செல்கின்றன.
3. மையத்தில் உள்ள நைட்ரஜன் காரங்கள், சர்க்கரை – பாஸ்பேட் தொகுதியுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இந்தத் தொகுதிகள் டி.என்.ஏ. வின் முதுகெலும்பாக உள்ளன.
4. நைட்ரஜன் காரங்கள் இணைவுறுதல், எப்பொழுதும் ஒரு குறிப்பிட்ட விதத்திலேயே அமைகிறது. அவை எப்பொழுதும் ஹைட்ரஜன் பிணைப்புகளால் இணைக்கப்படுகின்றன.

- அடினைன் (A) தைமினுடன் (T) இரண்டு ஹைட்ரஜன் பிணைப்புகளால் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. (A = T)

• சைட்டோசின் (C) குவாணைனுடன் (G) மூன்று ஹைட்ரஜன் பிணைப்புகளால் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. (C = G)
இத்தகைய இணைவுறுதல் நிரப்பு கார இணைவுறுதல் என்று அழைக்கப்படுகிறது.

5. நைட்ரஜன் காரங்களுக்கு இடையேயான ஹைட்ரஜன் பிணைப்பு டி.என்.ஏ. விற்கு நிலைப்புத் தன்மையைத் தருகிறது.
6. இரட்டைச் சுருள் அமைப்பின் ஒவ்வொரு சுற்றும் 34\AA (3.4nm) அளவிலானது. ஒரு முழு சுற்றில் பத்து கார இணைகள் உள்ளன.
7. இரட்டைச் சுருளில் உள்ள நியூக்ளியோடைடுகள் பாஸ்போ டை எஸ்டர் பிணைப்புகளால் ஒன்றாக இணைக்கப்பட்டுள்ளன.

டி.என்.ஏ. இரட்டிப்பாதல்:

டி.என்.ஏ இரட்டிப்பாதல் என்பது ஒரு செல்லில் நடைபெறும் அடிப்படைச் செயல்பாடுகளில் ஒன்று. இரட்டிப்பாதல் செயல்பாட்டின் பொழுது டி.என்.ஏ. மூலக்கூறு தன் அமைப்பை ஒத்த நகல்களை உருவாக்குகிறது. டி.என்.ஏ மூலக்கூறின் இரு இழைகளும் நிரப்பு கார இணைகளைப் பெற்றுள்ளன. ஒவ்வொரு இழையிலும் உள்ள நியூக்ளியோடைடுகள் புதிய இழை உருவாக்குவதற்கான தகவல்களை அளிக்கின்றன. ஒவ்வொரு முறை செல் பகுப்படையும் பொழுதும் இரண்டு சேய் செல்களும் தாய் செல் போன்றே சரியாக அதே மரபியல் தகவல்களைப் பெற்றுள்ளன. டி.என்.ஏ. இரட்டிப்பாதல் கீழ்க்கண்ட நிகழ்வுகளை உள்ளடக்கியது.

இரட்டிப்பாதலின் தொடக்கம்:

டி.என்.ஏ. வின் குறிப்பிட்ட புள்ளியில் இரட்டிப்பாதல் தொடங்குகிறது. இந்த புள்ளிகள் இரட்டிப்பாதல் தொடங்கும் இடங்கள் ஆகும். இரண்டு இழைகளும் பிரிந்து பின் விலக ஆரம்பித்து இப்புள்ளியில் இரட்டிப்பாதல் கவை உருவாகிறது.

டி.என்.ஏ. மூலக்கூறு பிரிதல்:

இரட்டிப்பாதல் தொடங்கும் இடத்தில், ஹெலிகேஸ் என்ற நொதி இணைகிறது. ஹெலிகேஸ், டி.என்.ஏ. வின் இரண்டு இழைகளையும் பிரிக்கிறது. டோபோஜசோமெரேஸ் நொதி இரட்டிப்பாதல் கவையின் மேலே உள்ள இரட்டைச் சுருளை பிரித்து, அவை பிரியும் பொழுது ஏற்பட்ட முறுக்கல்களை நீக்குகிறது. பிரிந்த ஒவ்வொரு டி.என்.ஏ. இழையும் புதிய டி.என்.ஏ. இழைக்கான “மாதிரி உரு” (template) போன்று செயல்படுகின்றன.

ஆர்.என்.ஏ. பிரைமர் உருவாதல்:

ஆர்.என்.ஏ. பிரைமர் என்பது ஆர்.என்.ஏ நியூக்ளியோடைடுகளின் ஒரு சிறிய பகுதி ஆகும். இரட்டிப்பாதல் தொடங்கும் இடத்திற்கு அருகில் உள்ள டி.என்.ஏ. மாதிரி உரு, ஆர்.என்.ஏ. பிரைமரைத் தோற்றுவிக்கிறது.

பெற்றோர் இழையிலிருந்து புதிய நிரப்பு இழையின் தோற்றம்:

ஆர்.என்.ஏ. பிரைமர் உருவான பின்பு, டி.என்.ஏ. பாலிமெரேஸ் என்ற நொதியின் உதவியுடன் நியூக்ளியோடைடுகள் சேர்க்கப்படுகின்றன. ஒவ்வொரு பெற்றோர் இழையிலிருந்தும் புதிய நிரப்பு டி.என்.ஏ. இழை உருவாகிறது. புதிய இழை உருவாக்கம் ஒற்றைத் திசையில் நடைபெறுகிறது.

ஓர் இழையில், சேய் இழை தொடர்ச்சியான இழையாக உருவாக்கப்படுகிறது. இது வழ நடத்தும் இழை (Leading stand) என அழைக்கப்படுகிறது. மற்றோர் இழையில் டி.என்.ஏ. வின் சிறிய பகுதிகள் உருவாக்கப்படுகின்றன. இந்த இழை பின்தங்கிய இழை (lagging stand) என அழைக்கப்படுகிறது. டி.என்.ஏ. வின் சிறிய பகுதிகள், ஓகசாகி துண்டுகள் என அழைக்கப்படுகின்றன. இந்த துண்டுகள், டி.என்.ஏ. லிகேஸ் நொதியால் ஒன்றிணைக்கப்படுகின்றன.

இரட்டிப்பாதல் கவையின் இரு பக்கங்களும் டெர்மினஸ் என்ற இடத்தில் சந்திக்கும் போது இரட்டிப்பாதல் முடிவடைகிறது. இரட்டிப்பாதல் தொடங்கும் நிலைக்கு எதிர்த் திசையில் டெர்மினஸ் உள்ளது.

டி.என்.ஏ. வின் முக்கியத்துவம்:

- இது மரபியல் தகவல்களை ஒரு தலைமுறையிலிருந்து அடுத்த தலைமுறைக்குக் கடத்துகிறது.
- இது புரதங்கள் உருவாக்கத்திற்குத் தேவையான தகவல்களைப் பெற்றுள்ளது.
- ஒரு உயிரினத்தின் வளர்ச்சி சார் மற்றும் வாழ்வியல் செயல்பாடுகளைக் கட்டுப்படுத்துகிறது.

பாலின நிர்ணயம்:

கருவுற்ற முட்டை, ஆண் அல்லது பெண் உயிரியாக வளர்ச்சியடைவது பாலின நிர்ணயம் எனப்படும். ஒரு உயிரியின் பாலினம் குரோமோசோம்களால் நிர்ணயிக்கப்படுகிறது.

மனிதனில் பாலின நிர்ணயம்:

மனிதனில் உள்ள 23 ஜோடி குரோமோசோம்களில் 22 ஜோடி ஆட்டோசோம்கள் மற்றும் 1 ஜோடி (23வது ஜோடி) பால் குரோமோசோம்கள் என்பதை நினைவில் கொள்ள வேண்டும். பெண் கேமீட்டுகள் அல்லது அண்ட செல்கள் ஒரே மாதிரியான குரோமோசோம் அமைப்பைப் (22 + X) பெற்றுள்ளன. ஆகவே, மனித இனத்தில் பெண் உயிரிகள் ஹோமோகேமீட்டிக் ஆகும்.

ஆண் கேமீட்டுகள் அல்லது விந்தணுக்கள் இரண்டு வகைப்படும். இரண்டு வகைகளும் சம விகிதத்தில் உருவாகின்றன. அவை (22 + X) குரோமோசோம்களை உடைய விந்தணுக்கள் மற்றும் (22 + Y) குரோமோசோம்களை உடைய விந்தணுக்கள். மனித இனத்தில் ஆண்கள் ஹெட்டிரோகேமீட்டிக் என அழைக்கப்படுகின்றனர்.

அண்டம் (X), X = குரோமோசோம் கொண்ட விந்தணுவோடு இணைந்தால், XX உயிரி (பெண்) உருவாகிறது. அண்டம் (X), Y – குரோமோசோம் கொண்ட விந்தணுவோடு, இணைந்தால் XY – உயிரி (ஆண்) உருவாகிறது. தந்தை உருவாக்கும் விந்தணுவே, குழந்தையின் பாலினத்தை நிர்ணயிக்கிறது. குழந்தையின் பாலினத்தை நிர்ணயிப்பதில் தாய்க்கு எவ்விதப் பங்கும் இல்லை.

எவ்வாறு குரோமோசோம்கள் பாலின நிர்ணயித்தலில் பங்கு கொள்கின்றன என்பதைப் பார்ப்போம். (22+ X) அண்டம் (22 + X) விந்தணுவடன் கருவுறும் பொழுது பெண் குழந்தை (22 + X) உருவாகிறது. அண்டம், (22 + Y) விந்தணுவடன் கருவுறும் பொழுது ஆண் குழந்தை (44 + XY) உருவாகிறது.

சூதிமாற்றம்:

ஈனோத்தீரா லாமார்க்கியானா, மாலை நேர பிரிம்ரோஸ் வகை தாவரத்தில், தாம் கண்டறிந்த புறத்தோற்றப் பண்பு மாற்றங்களின் அடிப்படையில் 1901 ஆம் ஆண்டு ஹியூகோ டி விரிஸ் என்பவர் “சடுதிமாற்றம்” என்ற சொல்லை அறிமுகப்படுத்தினார். பரம்பரையாகத் தொடரக்கூடிய, திடீரென ஓர் உயிரியின் மரபுப் பொருளில் (DNA) திடீரென ஏற்படும் மாற்றம் “சடுதிமாற்றம்” எனப்படும்.

சடுதிமாற்றம் இரண்டு வகைப்படும். அவை குரோமோசோம் சடுதிமாற்றம் மற்றும் ஜீன் சடுதிமாற்றம்.

1. குரோமோசோம் சடுதி மாற்றம்:

குரோமோசோம் அமைப்பு அல்லது எண்ணிக்கையில் ஏற்படும் திடீர் மாற்றம், குரோமோசோம் சடுதிமாற்றம் என அழைக்கப்படுகிறது. இதன் விளைவாக கீழ்க்கண்ட நிலைகள் தோன்றலாம்.

1. குரோமோசோம் அமைப்பில் ஏற்படும் மாற்றங்கள்:

பொதுவாக, செல் பகுப்பின் போது ஏற்படும் தவறுகளால் குரோமோசோம் அமைப்பில் மாற்றங்கள் ஏற்படுகின்றன. குரோமோசோம்களில் ஏற்படும் நீக்கமடைதல், இரட்டிப்பாதல், தலைகீழ் மாற்றம் மற்றும் இடம்பெயர்தல் ஆகியவற்றின் விளைவாக ஜீன்களின் எண்ணிக்கை மற்றும் அமைப்பில் மாற்றம் ஏற்படுகிறது.

2. குரோமோசோம் எண்ணிக்கையில் ஏற்படும் மாற்றங்கள்:

இவை, ஒரு செல்லில் இடம்பெற்றுள்ள குரோமோசோம் எண்ணிக்கை அதிகரித்தல் அல்லது குறைதல் ஆகியவற்றை உள்ளடக்கியது. இது பன்மய நிலை (பிளாய்டி) எனப்படுகிறது. பன்மய நிலை இரு வகைப்படும்).

1. யூபிளாய்டி
2. அன்யூபிளாய்டி

யூபிளாய்டி:

உயிரிகள் வழக்கமான இருமய ($2n$) குரோமோசோம்களை விட அதிக எண்ணிக்கையில் பெற்றுள்ள நிலை யூபிளாய்டி எனப்படும். ஒரு உயிரி மூன்று ஒற்றைமய குரோமோசோம் தொகுப்புகளைப் பெற்றிருந்தால் அது மும்மய நிலை ($3n$) எனப்படும். மும்மயத் தாவரங்கள் மற்றும் விலங்குகள் பொதுவாக மலட்டுத்தன்மை உடையவை. ஒரு உயிரி நான்கு ஒற்றைமயத் தொகுப்புகளைப் பெற்றிருந்தால் அது நான்மய நிலை ($4n$) எனப்படும். நான்மய நிலைத் தாவரங்கள் நன்மை பயக்கக் கூடியவை. ஏனெனில் நான்மய நிலை, பெரும்பாலும் அளவில் பெரிய பழம் மற்றும் பூக்களை விளைவிக்கும்.

அன்யூபிளாய்டி:

தொகுப்பில் உள்ள ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட குரோமோசோம்களை இழத்தல் அல்லது கூடுதலாகப் பெறுதல் அன்யூபிளாய்டி எனப்படும். இது மூன்று வகைப்படும். மோனோசோமி ($2n-1$) டிரைசோமி ($2n+1$) மற்றும் நல்லிசோமி ($2n-2$) அன்யூபிளாய்டி நிலைக்கான பொதுவாக அறியப்பட்ட எடுத்துக்காட்டு மனிதனில் ஏற்படும் டவுன் நோய்க் கூட்டு அறிகுறி (syndrome).

டவுன் நோய்க் கூட்டு அறிகுறி:

இந்த நிலை முதன் முதலாக லாங்க்டன் டவுன் என்ற மருத்துவரால் 1866 ஆம் ஆண்டு அடையாளம் காணப்பட்டது. இது 21 வது குரோமோசோமில் ஒரு கூடுதல் நகல் குரோமோசோம் (21 வது டிரைசோமி) உள்ள மரபியல் நிலை ஆகும். மனவளர்ச்சிக் குறைபாடு, தாமதமான வளர்ச்சி, நடத்தை சார்ந்த பிரச்சனைகள், பலவீனமான தசை

அமைப்பு, பார்வை மற்றும் கேட்டல் குறைபாடு ஆகியவை பாதிக்கப்பட்ட குழந்தைகளிடம் காணப்படும் சில நிலைகள்.

2. ஜீன் அல்லது புள்ளி சடுதிமாற்றம்

ஒரு ஜீனின் நியூக்ளியோடைடு வரிசையில் ஏற்படும் மாற்றங்கள் ஜீன் சடுதிமாற்றம் எனப்படும். இது ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட நைட்ரஜன் காரங்களில் ஏற்படும் பதிலீடு செய்தல், நீக்கமடைதல், இடைச்சேர்தல் அல்லது தலைகீழாதல் ஆகியவற்றை உள்ளடக்கியது. ஜீன்களில் ஏற்படும் மாற்றம் ஒரு உயிரியின் இயல்புக்கு மாறான புரத உற்பத்திக்கு வழிவகுக்கிறது.

ஒற்றை ஜீனில் ஏற்படும் திடீர் மாற்றத்தால் கதிர் அரிவாள் இரத்த சோகை நோய் ஏற்படுகிறது. இந்த ஜீனில் ஏற்படும் மாற்றம், ஹீமோ குளோபின் மூலக்கூறில் உள்ள புரதப் பகுதியின் அமைப்பில் மாற்றத்தை ஏற்படுத்துகிறது. புரத மூலக்கூறில் ஏற்பட்ட மாற்றத்தினால், இந்த ஹீமோகுளோபினைக் கொண்டுள்ள சிவப்பு இரத்த செல்கள் கதிர் அரிவாள் வடிவத்தைப் பெறுகின்றன.

நினைவில் கொள்க:

- வேறுபாடு மிகவும் நெருக்கமான விலங்குகளிடமும் காணப்படுகிறது.
- மெண்டல் தனது ஆய்விற்கு 7 பண்புகளைத் தேர்ந்தெடுத்தார் அவை முறையே மலரின் நிறம், அமைவிடம், விதையின் வடிவம், நிறம், கனியின் நிறம் மற்றும் வடிவம், தண்டின் உயரம்.
- ஒவ்வொரு பட்டாணிச் செடியிலும் இரண்டு காரணிகள் ஒரு பண்பு உருவாவதற்குக் காரணமாக உள்ளன.
- பெற்றோரிடமிருந்து பண்புகள் கடத்தப்படும் நிகழ்வு பாரம்பரியம் என்று அழைக்கப்படும்.
- ஒவ்வொரு மனித செல்லும் 23 ஜோடி குரோமோசோம்களைக் கொண்டுள்ளது. இதில் 22 ஜோடி ஆட்டோசோம்கள் மற்றும் ஒரு ஜோடி அல்லோசோம்கள் எனப்படும்.
- ஒரு குரோமோசோம் உள்ளடக்கிய பகுதிகள் முதன்மைச் சுருக்கம், சென்ட்ரோமியர், இரண்டாம் நிலைச் சுருக்கம், டீலோமியர் மற்றும் சாட்டிலைட்
- சென்ட்ரோமியரின் நிலையைப் பொறுத்து குரோமோசோம்கள், டீலோசென்ட்ரிக், அக்ரோசென்ட்ரிக், சப் - மெட்டா சென்ட்ரிக் மற்றும் மெட்டா சென்ட்ரிக் குரோமோசோம்கள் என வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளன.
- டி.என்.ஏ. வின் ஒவ்வொரு நியூக்ளியோடைடும் ஒரு டீ ஆக்ஸி ரைபோஸ் சர்க்கரை, ஒரு நைட்ரஜன் காரம் மற்றும் ஒரு பாஸ்பேட் தொகுதி ஆகியவற்றைக் கொண்டுள்ளன. எப்பொழுதும் பியூரின் மற்றும் பிரிமிடின்களுக்கு இடையே இணைவுறுதல் நிகழ்கிறது.
- தந்தை உருவாக்கும் விந்தணுவே, குழந்தையின் பாலினத்தை நிர்ணயிக்கிறது. குழந்தையின் பாலினத்தை நிர்ணயிப்பதில் தாய்க்கு எவ்விதப் பங்கும் இல்லை.

- ஒரு உயிரியின் மரபுப் பொருளில் திடீரென ஏற்படும். பரம்பரையாகத் தொடரக்கூடிய மாற்றம் சடுதி மாற்றம் எனப்படும்.



அலகு – 19

உயிரின் தோற்றமும் பரிணாமமும்

அறிமுகம்:

உயிரினங்கள் தனித்துவமான பண்புகளைப் பெற்றிருப்பதோடு அமைப்பு மற்றும் செயல்பாடுகளிலும் தங்களுக்குள் ஒற்றுமையையும் வெளிக்காட்டுகின்றன. மேலும் அவை பன்முகத்தன்மையுடன் தோற்றம் மற்றும் பரிணாமச் செயல் முறைகளுக்கு உட்பட்டு இயற்கையோடு சமநிலையான தொடர்பையும் பராமரிக்கின்றன. தற்போதைய நிலையை முழுமையாகப் புரிந்து கொள்வதற்குக் கடந்த காலத்தைப் பற்றிய அறிவு இன்றியமையாதது என்பதைப் பெரும்பான்மையான பரிணாமத்தின் கூறுகள் உணர்த்துகின்றன. பூமியில் தோன்றிய காலம் முதல் உயிரினங்கள் பெரும் மாற்றங்களைச் சந்தித்துள்ளன. உயிரினங்களின் வரலாறு இரண்டு கூறுகளை உள்ளடக்கியது. அவை

பூமியில் உயிரினங்களின் தோற்றம் மற்றும் உயிரினங்களின் தோற்றக் காலம் முதல் அவற்றில் ஏற்படும் படிப்படியான மாற்றங்களும் தகவமைப்புகளுக்கான நுட்பமும் (பரிணாமம்)

பூமியின் தோற்றம்:

உயிரினங்களின் தோற்றம் பூமியின் தோற்றத்தோடு தொடர்புடையது. பெருவெடிப்புக் கோட்பாடு அண்டத்தின் தோற்றத்தை விளக்குகிறது. இக்கோட்பாடு, அண்டம் ஓர பெரு வெடிப்பினால் 15 பில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன் தோன்றியதாக முன்மொழிகிறது. அண்டமானது விண்மீன்கள், வாயு மேகங்கள் மற்றும் தூசுகளினால் ஆன விண்மீன் மண்டலங்களை உள்ளடக்கியது. வாயு மேகங்கள் தங்களின் ஈர்ப்பு விசை காரணமாக மோதிக் கொள்ளத் தொடங்கி, அணுக்களையும், துகள்களையும் உருவாக்கின. அப்போது சூரிய மண்டலம் உருவாகி இருக்கலாம். அணுக்கள், தூசித் துகள்கள் மற்றும் வாயு அடுக்குகள் திரளாக இணைந்து கோள்களை உருவாக்கின. இவை பால்வழி விண்மீன் திரளில் சூரிய மண்டலத்தை உருவாக்கின. ஏறக்குறைய 4.5 பில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்னால் பூமி உருவாகி இருக்கலாம் எனக் கருதப்படுகிறது. பூமி தோன்றிய 500 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்குப் பின் உயிரினங்கள் தோன்றின.

உயிரினங்களின் தோற்றம் பற்றிய கோட்பாடுகள்:

உயிரினங்களின் தோற்றம் பற்றி விளக்குவதற்காகப் பல்வேறு கோட்பாடுகள் முன்மொழியப்பட்டுள்ளன. உயிரினங்களின் தோற்றம் பற்றிய கருத்துகள் கீழ்க்கண்டவாறு அமைந்துள்ளன.

சிறப்புத் தோற்றக் கோட்பாடு:

இக்கருத்தின்படி பூமியிலுள்ள உயிரினங்கள் யாவும் ஒரு தெய்வீக படைப்பு, மேலும் கடந்த காலத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் நடந்த இயற்கைக்கு அப்பாற்பட்ட நிகழ்வின் காரணாகவும் உயிரினங்கள் தோன்றி இருக்கலாம். உயிரினங்கள் தோன்றியதிலிருந்து இதுவரை அவற்றில் எந்த மாற்றமும் ஏற்படவில்லை என்ற கருத்தை இது வலியுறுத்துகிறது.

சுய படைப்புக் கோட்பாடு (உயிரிலிப் பிறப்பு):

இக்கோட்பாட்டின்படி உயிரற்ற பொருட்களிலிருந்து தன்னிச்சையாக உயிர் தோன்றியது. மீன்கள் சேற்றில் இருந்தும், தவளைகள் ஈரமான மண்ணில் இருந்தும், பூச்சிகள் அழுகும் பொருட்களில் இருந்தும் தோன்றியதாக நம்பப்பட்டது.

உயிர்ப் பிறப்புக் கோட்பாடு:

லூயிஸ் பாஸ்டர் (1862) அவர்களின் ஊகப்படி முன்பிருந்த உயிரியல் இருந்துதான் உயிர் தோன்றியது. கிருமி நீக்கம் செய்யப்பட்ட, காற்றுப்புகாத குடுவையில் இறந்த ஈஸ்ட்களில் இருந்து உயிர் உருவாகவில்லை. ஆனால் காற்று உட்புகும் மற்றொரு குடுவையில் இறந்த ஈஸ்ட்களில் இருந்து புதிய உயிரினங்கள் தோன்றுகின்றன என்பதை நிரூபித்தார்.

வேற்றுக் கிரக அல்லது காஸ்மிக் தோற்றம்:

புவிக்கு அப்பால் விண்வெளியில் இருந்து உயிர் தோன்றியதாக இன்றும் சில அறிவியலாளர்கள் கருதுகின்றனர். இதன்படி, உயிரின் அலகான ஸ்போர்கள் (பான்ஸ்பெர்மியா) புவி உள்ளிட்ட பல்வேறு கோள்களுக்கு இடமாற்றம் செய்யப்பட்டது. சில வானியல் அறிஞர்கள் இன்றும் இக்கருத்தைக் கொண்டுள்ளனர்.

உயிர்களின் வேதிப் பரிணாமம்:

இக்கருத்தை ஓபாரின் (1922) மற்றும் ஹால்டேன் (1929) ஆகியோர் வெளியிட்டனர். இதன்படி, புவியில் நிலவும் சூழலுக்கு ஏற்ப, தொடர்ச்சியான வேதி வினைகள் மூலமாக உயிர் தோன்றியது என்ற கருத்தை முன்மொழிந்தனர். முதலில் தோன்றிய உயிர் ஏற்கெனவே இருந்த உயிரற்ற கனிம மூலக்கூறுகளில் இருந்து உருவாகி இருக்கலாம். இக் கனிம மூலக்கூறுகள் பல்வேறு கரிம மூலக்கூறுகள் உருவாக வழி வகுத்தன. இக்கரிம மூலக்கூறுகள் கூழ்மத் தொகுதிகளாக மாற்றம் அடைந்து உயிர்களை உருவாக்கின. உயிரினத்தின் தோற்றம் பற்றிய வேதிப் பரிணாமத்தின் நவீன கருத்துக்கள் அனைவராலும் ஏற்றுக் கொள்ளப்பட்டன.

புறத்தோற்றவியல் மற்றும் உடற் கூறியல் சான்றுகள்:

தற்போது வாழும் உயிரினங்களுக்கு இடையேயான தொடர்புகளை கூர்ந்து கவனிப்பதன் மூலமும், அழிந்துவிட்ட உயிரினங்களுக்கு இடையேயான ஒற்றுமைகளை தொடர்புபடுத்துவதன் மூலமும் பரிணாமத்தைப் பற்றி நன்றாகப் புரிந்து கொள்ளலாம். உயிரியலின் பல்வேறு துறைகளிலிருந்து கிடைத்த சான்றுகளும் உயிரினங்களுக்கு இடையேயான தொடர்புகளை ஆதரிப்பதாக உள்ளன. அனைத்து உயிரினங்களும் பொது முன்னோர்களில் இருந்து தோன்றின என்ற கருத்தை இச் சான்றுகள் ஆதரிக்கின்றன. தொல்லுயிரியல் சான்றுகள், தற்கால பறவைகளின் தோற்றத்திற்கு ஆதாரமாக உள்ளன.

புறத்தோற்றவியல் மற்றும் உடற்கூறியல் சான்றுகள்:

உயிரினங்களின் புறத்தோற்றவியல் மற்றும் உடல்கூறியல் ஆகியவற்றின் ஒப்பீட்டு ஆய்வுகள் அவை சில பொதுவான பண்புகளைப் பெற்றுள்ளன என்பதை வெளிப்படுத்துகின்றன.

அமைப்பு ஒத்த உறுப்புகள்:

ஒரே மாதிரியான கரு வளர்ச்சி முறை கொண்ட, பொதுவான முன்னோர்களிடம் இருந்து மரபு வழியாக உருவான உறுப்புகள், அமைப்பு ஒத்த உறுப்புகள் எனப்படும். பாலூட்டிகளின் முன்னங்கால்கள், அமைப்பு ஒத்த உறுப்புகள் ஆகும். எடுத்துக்காட்டாக மனிதனின் கை, பூனையின் முன்னங்கால், திமிங்கலத்தின் துடுப்பு மற்றும் வெளவாலின் இறக்கை ஆகியவை பார்க்க வெவ்வேறாகவும், வெவ்வேறு பணிகளை செய்வதற்கேற்பவும் தகவமைக்கப்பட்டுள்ளன. ஆனால் அவற்றின் வளர்ச்சி முறையும் எலும்புகளின் அடிப்படை அமைப்பும் ஒரே மாதிரியாக உள்ளன.

செயல் ஒத்த உறுப்புகள்:

செயல் ஒத்த உறுப்புகள் பார்க்க ஒரே மாதிரியாகவும், ஒரே மாதிரியான பணிகளையும் செய்கின்றன. ஆனால் அவை வெவ்வேறு விதமான தோற்றம் மற்றும் கரு வளர்ச்சி முறைகளை கொண்டதாக உள்ளன.

எச்ச உறுப்புகள்:

விலங்குகளின் உடலில் உள்ள உரு வளர்ச்சி குன்றிய மற்றும் இயங்காத நிலையில் உள்ள உறுப்புகள், எச்ச உறுப்புகள் என அழைக்கப்படுகின்றன. தொடர்புடைய ஒரு சில விலங்குகளில், இதே உறுப்புகள் நன்றாக வளர்ச்சியடைந்தும் இயங்கும் நிலையிலும் காணப்படுகின்றன. குடல்வால், கண்ணிமைப் படலம், வால் முள்ளெலும்பு, தண்டுவட எலும்பின் வால் பகுதி ஆகியவை மனிதனில் காணப்படும் சில எச்ச உறுப்புகள் ஆகும்.

முன்னோர் பண்பு மீட்சி

சில உயிரிகளில் அவற்றின் மூதாதையர்களின் பண்புகள் மீண்டும் தோன்றுவது முன்னோர் பண்பு மீட்சி எனப்படுகிறது. பிறந்த குழந்தைகளில் காணப்படும் வளர்ச்சியற்ற வால், மனித உடல் முழுவதும் அடர்த்தியான ரோமம் போன்றவை முன்னோர் பண்பு மீட்சிக்கான சில எடுத்துக்காட்டுகளாகும்.

கருவியல் சான்றுகள்:

வெவ்வேறு விலங்குகளின் ஒப்பீட்டுக் கருவியல் ஆய்வுகள், பரிணாமம் பற்றிய கருத்துகளுக்கு ஆதரவாக உள்ளன. மீன் முதல் பாலூட்டிகள் வரை அனைத்து வகை கருக்களின் ஆரம்ப வளர்ச்சி நிலை ஒரே மாதிரியாக உள்ளது. அவற்றின் சிறப்புப் பண்புகளின் வேறுபாடு கரு வளர்ச்சியின் பிந்தைய நிலைகளில் ஏற்படுகிறது.

உயிர்வழித் தோற்ற விதி அல்லது வழிமுறைத் தொகுப்பு கொள்கையை என்னஸ்ட் ஹெக்கல் என்பவர் வெளியிட்டார். அவரின் கொள்கைப்படி "தனி உயிரியின் வளர்ச்சி நிலைகள் அவ்வுயிரி சார்ந்துள்ள தொகுதியினுடைய பரிணாம வளர்ச்சி நிலைகளை ஒத்தது.

தொல்லுயிரியல் சான்றுகள்:

புதைபடிவங்கள் பற்றிய அறிவியல் பிரிவு, தொல்லுயிரியல் எனப்படுகிறது. லியோனார்டோ டாவின்சி, "தொல்லுயிரியலின் தந்தை" என அழைக்கப்படுகிறார். பெரும்பாலான முதுகெலும்பற்றவை மற்றும் முதுகெலும்புள்ளவைகளின் பரிணாமப் பாதையைப் புரிந்து கொள்ள புதைபடிவங்கள் பற்றிய ஆய்வுகள் உதவுகின்றன. பரிணாம வளர்ச்சி என்பது எளிய உயிரினங்களில் இருந்து சிக்கலான அமைப்பு கொண்ட உயிரினங்கள் படிப்படியாக தோன்றுவது என்பதை புதைபடிவ ஆவணங்கள் வெளிப்படுத்துகின்றன. தற்காலப் பறவைகளின் தோற்றத்தைத் தொல்லுயிரியல் படிவச் சான்றுகள் ஆதரிக்கின்றன.

ஆர்க்கியாப்டெரிக்ஸ்:

ஆர்க்கியாப்டெரிக்ஸ் என்பது பழங்காலப் புதைபடிவப் பறவை. இது ஜூராசிக் காலத்தில் வாழ்ந்த முற்காலப் பறவை போன்ற உயிரினம். இது ஊர்வன மற்றும் பறவைகளுக்கு இடையேயான இணைப்பு உயிரியாகக் கருதப்படுகிறது. இது பறவைகளைப் போல இறகுகளுடன் கூடிய இறக்கைகளை பெற்றிருந்தது. ஊர்வன போல நீண்ட வால், நகங்களை உடைய விரல்கள் மற்றும் கூம்பு வடிவப் பற்களையும் பெற்றிருந்தது.

பரிமாணக் கோட்பாடுகள்:

பூமியின் பரிணாம வளர்ச்சியோடு சேர்ந்து உயிரினங்களும் தோன்றின என்ற கருத்து 18-ஆம் நூற்றாண்டின் இறுதியில் வலுப்பெறத் தொடங்கியது. பரிணாமம் என்பது கால மாற்றத்திற்கு ஏற்ப உயிரினங்களில் படிப்படியாகத் தோன்றிய மாற்றங்கள் ஆகும். இயற்கைத் தேர்வுக்குத் துலங்கலாக உயிரினங்களின் குறிப்பிட்ட பண்புகளில் பல தலைமுறைகளாக மாற்றங்கள் ஏற்பட்டன. இந்த மாற்றங்கள் காரணமாகப் புதிய சிற்றினங்கள் உருவாகின. இதுவே பரிணாமம் என அழைக்கப்படுகிறது. இத்தகைய இயற்கை மாற்ற நிகழ்வுகளை லாமார்க் மற்றும் டார்வின் ஆகியோரின் பரிணாமக் கோட்பாடுகள் விளக்குகின்றன.

லாமார்க்கியம்:

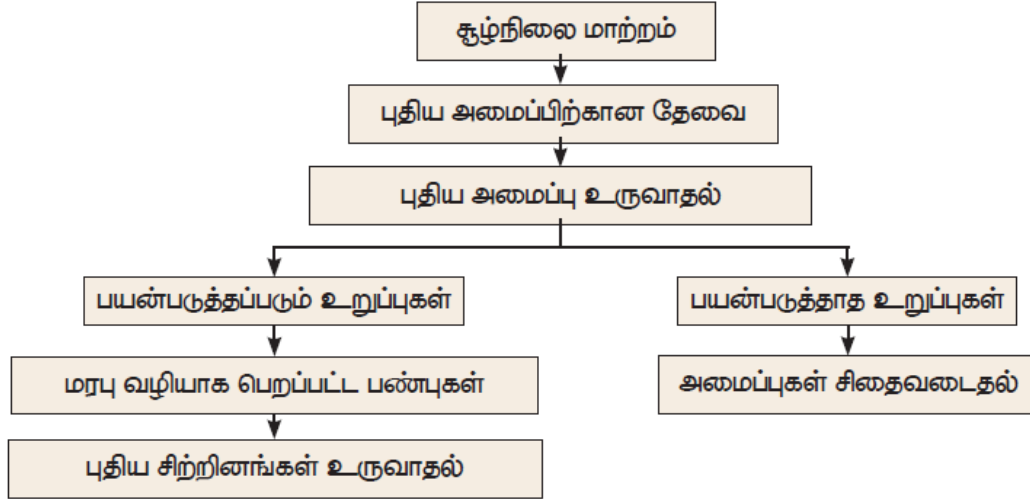
ஜீன் பாப்டிஸ்ட் லாமார்க் (1744 – 1829) என்பார் ஒரு ஃபிரெஞ்சு இயற்கை அறிவியலாளர். அவரின் பரிணாமக் கொள்கைகளுக்காகப் பெரிதும் அறியப்பட்டவர். லாமார்க்கின் பரிணாமக் கோட்பாடுகள் 1809-ஆம் ஆண்டு ஃபிலாசஃபிக் ஜுவாலஜிக் என்ற நூலில் வெளியிடப்பட்டது. இது “மரபுவழியாகப் பெறப்பட்ட பண்புகளின் கோட்பாடு” அல்லது “பயன்பாடு மற்றும் பயன்படுத்தாமைக் கோட்பாடு” அல்லது “லாமார்க்கியம்” எனப் பிரபலமாக அறியப்படுகிறது.

லாமார்க்கியத்தின் கொள்கைகள்:

1. **உள்ளார்ந்த முக்கிய வல்லமை:** உயிரினங்கள் அல்லது அவற்றின் பகுதிகள் தொடர்ச்சியாக அளவில் பெரியதாக வளர்கின்றன. உயிரினங்களின் உள்ளுறைத் திறன் காரணமாக உயிரினங்களின் அளவு அதிகரிக்கின்றது.
2. **சூழ்நிலையும் புதிய தேவைகளும்:** சூழ்நிலையில் ஏற்படும் மாற்றம், உயிரினங்களின் தேவைகளிலும் மாற்றத்தை ஏற்படுத்துகின்றது. மாறும் சூழ்நிலைக்கு ஏற்ப, உயிரினங்கள் சில தகவமைப்புப் பண்புகளை உருவாக்கிக் கொள்கின்றன. இத்தகைய தகவமைப்புகள், உயிரினங்களில் புதிய உறுப்புகள் உருவாவதாக இருக்கலாம்.
3. **பயன்பாடு மற்றும் பயன்படுத்தாமை கோட்பாடு:** லாமார்க்கின் உறுப்புகளின் பயன்பாடு மற்றும் பயன்படுத்தாமைக் கோட்பாட்டின்படி ஓர் உறுப்பைத் தொடர்ச்சியாக பயன்படுத்தும் போது, அவ்வுறுப்பு நன்கு வளர்ச்சியடைந்து வலிமை பெறுகின்றது. ஒரு உறுப்பை, நீண்ட காலம் பயன்படுத்தாத போது அது படிப்படியாகக் குன்றல் அடைகிறது.

ஒட்டகச்சிவிங்கியின் முன்னோர்கள் குட்டையான கழுத்தையும், குட்டையான முன்னங்காலங்களையும் பெற்றிருந்தன. புற்களின் பற்றாக்குறை காரணமாக அவை மரங்களில் உள்ள இலைகளை உண்ண வேண்டிய கட்டாயம் ஏற்பட்டது. தொடர்ச்சியாக கழுத்தையும் முன்னங்காலங்களையும் நீட்டியதால் அவை வளர்ச்சியடைந்து நீளமான கழுத்து மற்றும் நீண்ட முன்னங்கால்கள் உருவாகின. இது தொடர்ச்சியான உறுப்பின் பயன்பாட்டிற்கான எடுத்துக்காட்டு கிவி பறவையின் சிறப்பிழந்த இறக்கைகள் உறுப்பைப் பயன்படுத்தாமைக்கான எடுத்துக்காட்டு

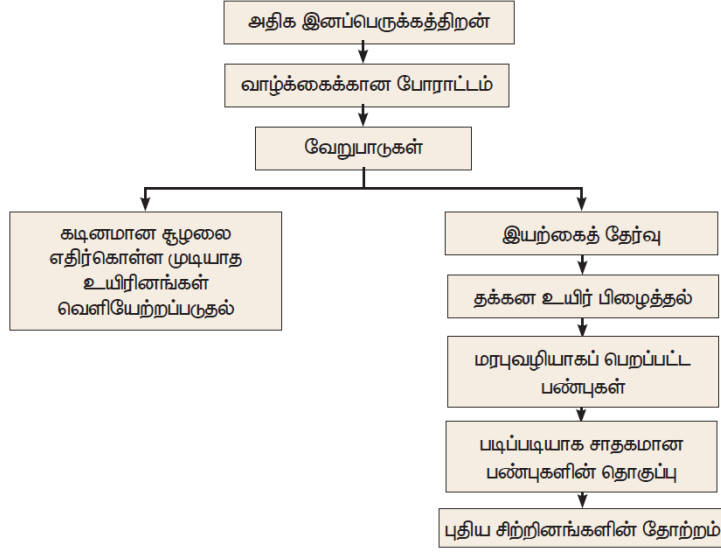
4. **மரபுவழியாகப் பெறப்பட்ட பண்புகளின் கோட்பாடு:** சூழ்நிலையில் மாற்றங்கள் ஏற்படும் போது விலங்குகள் அந்த மாற்றங்களுக்கு எதிர்வினை புரிகின்றன. இந்த எதிர்வினைகள் புதிய தகவமைப்புப் பண்புகளை உருவாக்குகின்றன. சூழ்நிலை மாற்றங்களுக்கேற்ப தங்கள் வாழ்நாளில் விலங்குகள் பெறுகின்ற பண்புகள், பெறப்பட்ட பண்புகள் என அழைக்கப்படுகின்றன. லாமார்க் அவர்களின் கருத்துப்படி, பெறப்பட்ட பண்புகள் அதன் இளம் சந்ததிகளுக்கு மரபு வழியாகக் கடத்தப்படுகின்றன.



டார்வினியம் அல்லது இயற்கைத் தேர்வு கோட்பாடு:

சார்லஸ் டார்வின் (1809 – 1882) என்பவர் 18-ஆம் நூற்றாண்டைச் சேர்ந்த ஒரு சிறந்த இயற்கை அறிவியலாளர் மற்றும் தத்துவஞானி. அவர் 1809-ஆம் ஆண்டு இங்கிலாந்தில் பிறந்தார். அவர் கல்லூரியில் படிக்கும் போது, பேராசிரியர் J.S. ஹென்ஸ்லோ என்பவரின் நட்பின் காரணமாக, இயற்கையின் பால் ஈர்க்கப்பட்டார். அந்த நேரத்தில் பிரிட்டன் கடற்படை, ர்.ஆ.ஞ. பீகல் என்ற கப்பலில் ஐந்து வருடங்கள் (1831 – 1835) தென் அமெரிக்காவைச் சுற்றி ஆய்வுப் பயணம் மேற்கொள்ளத் திட்டமிட்டது. ஒரு இளம் இயற்கை அறிவியலாளரை நியமிக்கும்படி Dr. ஹென்ஸ்லோன கேட்டுக்கொள்ளப்பட்டார். டார்வின் அவர்களுக்கு அந்த வாய்ப்பு வழங்கப்பட்டது. அவர் கேலபாகஸ் தீவு மற்றும் பசிபிக் தீவு உள்ளிட்ட பல தீவுகளையும், உலகின் பல பகுதிகளையும் ஐந்து வருடப் பயணத்தின் போது பார்வையிட்டார். டார்வின், தான் பார்வையிட்ட பகுதிகளின் நிலம், தாவரம் மற்றும் விலங்குகளின் தன்மைப் பற்றி விரிவாகக் கண்டறிந்து பதிவுகளை மேற்கொண்டார். மேலும், அவர் 20 ஆண்டுகள் அப்பணியைத் தொடர்ந்து, இயற்கைத் தேர்வு கோட்பாட்டை வெளியிட்டார்.

டார்வின் தன்னுடைய பதிவுகளையும், முடிவுகளையும் "சிற்றினங்களின் தோற்றம்" (Origin of species) என்ற பெயரில் 1859-ஆம் ஆண்டு வெளியிட்டார். டார்வினுடைய இந்தப் புத்தகம், பரிணாமம் பற்றிய தகவல்களை உறுதிப்படுத்தியது. இது பரிணாம மாற்றங்களுக்கான இயற்கைத் தேர்வுக் கோட்பாட்டை விளக்கியது.



டார்வினின் கொள்கைகள்

அதிக இனப்பெருக்கத்திறன்:

உயிரினங்கள், அதிக அளவு உயிரிகளை இனப்பெருக்கம் செய்து தங்களுடைய சந்ததியை உருவாக்கும் திறன் பெற்றவை. அவை பெருக்கல் விகித முறையில் இனப்பெருக்கம் செய்யும் ஆற்றல் உடையவை. இது இனப்பெருக்கத் திறனை அதிகரித்து அதிக உற்பத்திக்கு வழிவகுக்கிறது.

வாழ்க்கைக்கான போராட்டம்:

அதிக உற்பத்தி காரணமாக, பெருக்க விகித முறையில் இனத்தொகை அதிகரிக்கிறது. உயிரினங்கள் வாழத் தேவையான இடமும், உணவும் அதே அளவில் மாறாமல் உள்ளது. இது உயிரினங்களுக்கான உணவு மற்றும் இடத்திற்கான தீவிர போட்டியை உருவாக்கி, போராட்டத்திற்கு வழிவகுக்கிறது. இது மூன்று வகைப்படும்.

1. ஒரே சிற்றின உயிரினங்களுக்கு இடையேயான போராட்டம்: ஒரே சிற்றினத்தைச் சேர்ந்த உயிரிகளுக்கு இடையேயான போட்டி.
2. இரு வேறுபட்ட சிற்றினங்களுக்கு இடையேயான போராட்டம்: ஒன்றாக ஒரே இடத்தில் வாழக்கூடிய வெவ்வேறு சிற்றினத்தைச் சார்ந்த உயிரிகளுக்கு இடையேயான போட்டி.
3. சூழ்நிலை போராட்டம்: அதிக வெப்பம் அல்லது குளிர், வறட்சி மற்றும் வெள்ளம் போன்ற இயற்கை சூழலும் உயிரினங்களின் வாழ்வியலை பாதிக்கின்றன.

வேறுபாடுகள்:

வேறுபாடுகளுடன் காணப்படுவது அனைத்து தாவரங்கள் மற்றும் விலங்குகளின் சிறப்பு பண்பாகும். பரிணாமத்திற்கு சிறிய வேறுபாடுகள் முக்கியமானவையாக உள்ளன. டார்வின் கூற்றுப்படி சாதகமான வேறுபாடுகள் உயிரினங்களுக்கு உபயோகமாகவும், சாதகமற்ற வேறுபாடுகள் உயிரினத்திற்குத் தீங்கு விளைவிக்கக்கூடிய அல்லது பயன் அற்றவையாகவும் உள்ளன.

தக்கன உயிர் பிழைத்தல் அல்லது இயற்கைத் தேர்வு:

வாழ்க்கைக்கான போராட்டத்தின் போது, கடினமான சூழலை எதிர்கொள்ளக்கூடிய உயிரினங்கள், உயிர் பிழைத்து சூழலுக்கு ஏற்ப தகவமைத்துக் கொள்ளும். கடினமான

சூழலை எதிர்கொள்ள முடியாத உயிரினங்கள் உயிர் பிழைக்கத் தகுதியின்றி மறைந்துவிடும். சாதகமான வேறுபாடுகளை உடைய உயிரினங்களைத் தேர்வு செய்யும் இச்செயல்முறை, இயற்கைத் தேர்வு என அழைக்கப்படுகிறது.

சிற்றினங்களின் தோற்றம்:

டார்வின் கூற்றுப்படி, பல தலைமுறைகளாக படிப்படியாக ஏற்பட்ட சாதகமான வேறுபாடுகளின் தொகுப்பினால் புதிய சிற்றினங்கள் உருவாகின்றன.

வேறுபாடுகள்:

மியாசிலை உள்ளடக்கிய பாலினப் பெருக்கம், இனச் செல்களின் இணைவின் போது ஜீன் (மரபணு) மறு சேர்க்கைக்கு உதவுகிறது. இது இளம் சந்ததிகளின் புறத்தோற்றப் பண்புகள் பெற்றோரிடமிருந்து மாறுபடுவதற்கு வழிவகுக்கின்றன. இத்தகைய மாறுபாடுகள் வேறுபாடுகள் என அழைக்கப்படுகின்றன.

ஒரே பெற்றோரின் இளம் சந்ததிகள் ஆகியவற்றிற்கு இடையே காணப்படும் மாறுபாடுகள், வேறுபாடுகள் எனப்படும். வேறுபாடுகள் மூலப் பொருளாக அமைந்து பரிணாமத்தில் முக்கியப் பங்கு வகிக்கிறது. வேறுபாடுகள் இல்லாமல் பரிணாமம் ஏற்பட சாத்தியமில்லை.

வேறுபாடுகளின் வகைகள்:

உடல செல் வேறுபாடு:

இத்தகைய வேறுபாடுகள் ஒரு உயிரினத்தின் உடல் செல்களை பாதிக்கின்றன. இவை அடுத்த தலைமுறைக்கு கடத்தப்படுவதில்லை. இவை சூழ்நிலைக் காரணிகளால் ஏற்படுகின்றன.

இன செல் வேறுபாடு:

இத்தகைய வேறுபாடுகள் ஒரு உயிரினத்தின் இன செல்களில் உருவாகின்றன. இவை அடுத்த தலைமுறைக்கு கடத்தப்படுகின்றன. இவை முன்னோர்களிடம் இருந்ததாகவோ அல்லது திடீரென ஏற்பட்டவையாகவோ இருக்கலாம். இவை இரண்டு வகைகளாகும்.

1. தொடர்ச்சியான வேறுபாடுகள்
2. தொடர்ச்சியற்ற வேறுபாடுகள்

தொடர்ச்சியான வேறுபாடுகள்: இவை சடுதி மாற்றத்தினால் ஒரு உயிரியல் திடீரென தோன்றுபவை. இவ்வகையில் இடைப்பட்ட உயிரிகள் இருக்காது. இத்தகைய அதிக வேறுபாடு பரிணாம வளர்ச்சிக்குப் பயன் அற்றவை. எடுத்துக்காட்டு: குட்டை கால்களையுடைய ஆன்கான் செம்மறியாடு (Ancon sheep), ஆறு அல்லது அதிக விரல்களையுடைய மனிதன், மற்றும் பல.

தொடர்ச்சியற்ற வேறுபாடுகள் டீ விரிஸ் முன்மொழிந்த சடுதி மாற்றக் கோட்பாட்டிற்கு அடிப்படையாக உள்ளன.

சடுதி மாற்றம் மற்றும் வேறுபாடுகளுக்கு இடையேயான தொடர்பு
பரிணாமம் என்பது சடுதிமாற்றம் மற்றும் வேறுபாடுகள் ஆகிய இரண்டு நிகழ்வுகளை உள்ளடக்கியது. DNA இரட்டிப்பாதலின் போது ஏற்படும் பிழைகள் அல்லது UV கதிர்கள் அல்லது வேதிப்பொருட்களோடு தொடர்புக்கொள்ளும் போது சடுதி மாற்றம் ஏற்படுகிறது. சடுதி மாற்றம் வேறுபாடுகளுக்கு வழிவகுக்கிறது. ஒரு உயிரியில் மாற்றங்களை இது ஏற்படுத்துகிறது.

தொல் தாவரவியல்

தொல் தாவரவியல் (Palaeobotany) என்ற சொல் கிரேக்க மொழியிலிருந்து உருவாக்கப்பட்டது. Palaeon (தொல்) என்னும் சொல்லின் பொருள் தொன்மையான எனவும் Botany (தாவரவியல்) என்னும் சொல் தாவரங்களைப் பற்றிப் படிக்கும் அறிவியல் எனவும் பொருள் தரும். இது தொல் பொருளியலின் ஒரு பிரிவு ஆகும். இதன் மூலம் பல நூற்றாண்டுகளுக்கு முன், பூமியில் புதையுண்ட தாவரப் பாகங்கள் பற்றி அறியலாம்.

தாவரப்புதை உயிர்ப் படிவம் என்பது முன்பு இறந்த தாவரங்களின் ஏதேனும் ஒரு பாதுகாக்கப்பட்ட பகுதி ஆகும். புதைபடிவமானது பல மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பாக மண்ணுக்குள் புதைந்து படிவம் ஆனது. பெரும்பாலும் தாவரப் புதை உயிர்ப் படிவங்கள், தாவரத்தின் ஏதேனும் ஒரு உடைந்த பகுதியாக இருக்கலாம். முழுமையாகக் கிடைப்பது அரிது.

புதை உயிர்ப் படிவங்களின் முக்கியத்துவம்:

1. முந்தைய தாவரங்களைப் பற்றிய வரலாறு மற்றும் பரிணாமத்தைப் பிரதிபலிக்கிறது.
2. தாவர புதை உயிர்ப் படிவங்கள் மூலம் தாவர உலகத்தைப் பற்றிய ஒரு வரலாற்று அணுகுமுறையை அறிய முடிகிறது.
3. தாவர வகைப்பாட்டியலுக்கு இது உதவுகிறது.
4. தாவரப் புதை உயிர்ப் படிவங்கள், தாவரங்களைப் பற்றிய தெளிவான விளக்கத்தையும் உள்ளமைப்பையும் ஒப்பிட உதவுகிறது.

கஸ்பர் மரியா வான் ஸ்டென்பெர்க் (Kaspar Maria Von stemberg) 1761 – 1838

ஐரோப்பாவில் பிறந்த இவர், “தொல் தாவரவியலின் தந்தை” என அழைக்கப்படுகிறார். இவர் பிராகு என்ற ஊரில் பொகிமியன் தேசிய அருங்காட்சியகத்தை நிறுவி, நவீன தொல் தாவரவியலுக்கு அடித்தளமிட்டார்.

பீர்பால் சகனி (Birbal Sahani) 1891 – 1949

இவர் “இந்திய தொல் தாவரவியலின் தந்தை” என அழைக்கப்படுகிறார். இவர் தனது ஆய்வைத் தொல் தாவரவியலின் இரண்டு வேறுபட்ட வகைகளில் மேற்கொண்டார்.

1. பேலியோஸோயிக் பொருந்தாவரங்களின் உள்ளமைப்பு மற்றும் புற அமைப்பியல் பற்றியது.
2. இந்திய கோண்டுவானா தாவரங்கள் பற்றியும் ஆய்வு மேற்கொண்டார்.

படிவமாதல்:

பாறைகளில் புதை உயிர்ப் படிவங்கள் உருவாவதைப் படிவமாதல் என்கிறோம்.

புதை உயிர்ப் படிவமாதலின் வகைகள் பொதுவாகப் புதை உயிர்ப் படிவங்கள் கல்லாதல், அச்சு மற்றும் வார்ப்பு, கார்பனாதல், பதப்படுத்துதல், அழுத்தம் மற்றும் ஊடுருவல் ஆகிய வகைகளில் உருவாகின்றன.

கல்லாதல்:

சிலிக்கா போன்ற கனிமங்கள், இறந்த உயிரியின் உள்ளே ஊடுருவி, திசுக்களை அழித்து ஒரு பாறை போன்ற புதைப் படிவத்தை உருவாக்குகிறது. இந்த வகைப்

படிவமாதலில் கடின மற்றும் மென்மையான பாகங்கள் படிவம் ஆகின்றன. பெரும்பாலும் எலும்புகளும் மரக்கட்டைகளும் இம்முறையில் படிவம் ஆகின்றன.

அச்ச மற்றும் வார்ப்பு:

தாவரம் அல்லது விலங்கு பாதைகளுக்கு இடையே அதே அமைப்பு மாறாமல் பதப்படுத்தப்படுகிறது. படிவுகளுக்கு இடையே உயிரிகள் புதைவுறும்போது நிலத்தடி நீரினால் அவ்வுயிரியின் உடல் சிதைக்கப்பட்டு ஓர் வெற்றிடம் உருவாகிறது. அந்த வெற்றிடத்தில் புதையுண்ட தாவரம் அல்லது விலங்கு போன்ற ஓர் அச்ச ஏற்படுகிறது. இதன் மூலம் நம்மால் அந்த உயிரியின் உள்ளமைப்பை அறிய இயலாது. பின்பு கனிமங்கள் அல்லது படிவங்கள் இந்த வெற்றிடத்தை நிரப்பும், இது வார்ப்பு எனப்படும்.

பதப்படுத்தல்:

பனிக்கட்டி அல்லது மரங்களின் தண்டுப் பகுதியில் கசியும் பிசின் போன்றவற்றில் பதியும் உயிரிகள் அழுகிப் போகாமல் பாதுகாக்கப்படுகின்றன. முழுத்தாவரம் அல்லது விலங்கு இம்முறையில் பதப்படுத்தப்படுகிறது.

அழுத்திய சின்னங்கள்:

கடலுக்கு அடியில் உள்ள இறந்த உயிரினங்களின் கடின உறுப்புகள், படிவுகளால் மூடப்படுகிறது. படிவு உருவாதல் தொடர்ச்சியாக நடபெற்று, புதை உயிர்ப் படிவமாக மாறுகிறது.

ஊடுருவதல் அல்லது பதிலீட்டுதல்:

சில வேளைகளில் கனிமப் படிவமானது செல் சுவரைத் தாண்டிச் செல்கிறது. இந்தக் கனிம ஊடுருவலானது சிலிகா, கால்சியம் கார்பனேட், மெக்னீசியம் கார்பனேட் போன்ற கனிமங்களால் நிரப்பப்படுகிறது. கடினப் பகுதிகள் கரைக்கப்பட்டு அப்பகுதி கனிமங்களால் நிரப்பப்படுகிறது.

வாழும் தொல் உயிர்ப் படிவங்கள் (Living Fossils):

இவை தற்போது உயிருள்ளவை. இவை படிவமாக மாறிய முன்னோரைப் போன்ற தோற்றத்தை ஒத்திருப்பதால் இவற்றை வாழும் தொல் உயிர்ப் படிவங்கள் என்கிறோம்.

எ.கா: ஜிங்கோ பைலோபா

படிவங்களின் வயதினைக் கணக்கிடல்:

படிவங்களின் வயதினை அவற்றில் உள்ள கதிரியக்கத் தனிமங்களால் கண்டுபிடிக்கலாம். அத்தனிமங்கள் கார்பன், யுரேனியம், காரீயம் மற்றும் பொட்டாசியமாக இருக்கலாம். இவை தொல் தாவரவியல் மற்றும் மானுடவியலில் மனிதப்படிவங்களின் வயதினையும் சுவடிகளின் காலத்தையும் அறிய உதவுகின்றன.

கதிரியக்கக் கார்பன் (C_{14})கால அளவு முறை:

இந்தக் கதிரியக்கக் கார்பன் முறையைக் கண்டுபிடித்தவர் W.F. லிபி (1956). உயிரிழந்த தாவரங்களும் விலங்குகளும் கார்பனை உட்கொள்வதில்லை. அதன் பின்பு அவற்றிலுள்ள கார்பன் அழியத் தொடங்குகிறது. உயிரிழந்த தாவரத்தில் அல்லது விலங்கில் உள்ள கார்பன் (C_{14}) அளவைக் கொண்டு அந்தத் தாவரம் அல்லது விலங்கு எப்போது உயிரிழந்தது என்பதை அறிந்து கொள்ளமுடியும்.

திருவக்கரை (விழுப்புரம் மாவட்டம், தமிழ்நாடு) கல்மரப் படிவப் பூங்கா இரண்டாயிரம் மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பு தாவரத் தண்டுப் பகுதியானது ஆற்றங்கரையில் மண்ணில் புதையுண்டு காலப்போக்கில் அதிலுள்ள கரிமப் பொருள்கள் சிலிகாவினால் நிரப்பப்பட்டுப் படிவமாகியுள்ளது. கல்மரமான பின்பும் இத்தாவரங்கள் முந்தைய நிறம், வடிவம் வரித் தன்மை முதலானவற்றைத் தக்கவைத்துக் கொண்டுள்ளன. ஆண்டு வளையம், நிறங்களின் அடுக்கு, கணுப் பகுதிகள் போன்ற அனைத்துப் பண்புகளும்

கல்மரமான பிறகும் புலப்படும் வகையில் அமைந்துள்ளன.

வட்டார இனத் தாவரவியல்:

வட்டார இனத்த தாவரவியல் என்பது ஒரு குறிப்பிட்ட பகுதியில் உள்ள தாவரங்கள் அப்பகுதியில் உள்ள மக்களுக்கு வழி வழியாக எவ்வாறு பயன்படுகிறது என்பதைப் பற்றி அறிவதாகும். வட்டார இன தாவரவியல் என்னும் சொல்லை முதன் முதலில் J.W. ஹார்ஸ்பெர்கர் அறிமுகப்படுத்தினார். பழங்காலத்திலிருந்து அப்பகுதியில் உள்ள மக்கள் தாவரங்களை என்னென்ன வழிகளில் பயன்படுத்தினர் என்பதைப் பற்றி அறிவதாகும். அக்காலத்திலேயே இதைப்பற்றிய கருத்து மக்களிடையே இருந்தபோதிலும் 20 ஆம் நூற்றாண்டில்தான் வட்டார இனத் தாவரவியல் இயற்கை அறிவியலின் ஒரு பகுதியாகத் தோன்றியது.

வட்டார இனத் தாவரவியலின் கூறுகள்:

வட்டார இனத் தாவரவியலானது உணவூட்டப் பிரச்சினை, சுகாதாரம், உடல் இயக்க அமைவு, தாவரங்கள் மேல் உள்ள நம்பிக்கை, குடிசைத் தொழில், பொருளாதார முன்னேற்றம், பன்மயப் பாதுகாப்பு, தொடர் பயன் வேளாண்மை, போன்ற துறைகளுக்கு முக்கியத்துவம் வாய்ந்ததாகக் கருதப்படுகிறது.

வட்டார இனத் தாவரவியலின் முக்கியத்துவம்:

- பரம்பரை பரம்மரையாகத் தாவரங்களின் பயன்களை அறிய முடிகிறது.
- நமக்குத் தெரிந்த மற்றும் தெரியாத தாவரங்களின் பயன்களைப் பற்றிய தகவலை அளிக்கிறது.
- வட்டார இனத் தாவரவியலானது மருந்தாளுநர், வேதியியல் வல்லுநர், மூலிகை மருத்துவப் பயிற்சியாளர் முதலானோருக்குப் பயன்படும் தகவல்களை அளிக்கிறது.
- மழைவாழ் பழங்குடி மக்கள் மருத்துவ இன அறிவியல் மூலம் பலவகையான நோய்களைக் குணப்படுத்தும் மருந்துத் தாவரங்களை அறிந்து வைத்துள்ளனர். எ.கா: வயிற்றுப் போக்கு, காய்ச்சல், தலைவலி, சர்க்கரை நோய், மஞ்சள் காமாலை, பாம்பு கடி மற்றும் தொழு நோய் முதலான நோய்களுக்கு தாவரங்களின் பட்டை, தண்டு, வேர், இலை, பூமொட்டு, பூ, கனி, விதை, எண்ணெய் மற்றும் பிசின் முதலானவற்றைப் பயன்படுத்திக் குணமாக்கினர்.

வான் உயிரியல் / புற மண்டல உயிரியல்:

அண்டலத்தில் உள்ள உயிரினங்களின் தோற்றம், பரிணாம வளர்ச்சி, உயிரிகளின் பரவல் மற்றும் வேற்றுக் கிரகங்களில் உயிரிகள் இருப்பதற்கான ஆய்வு ஆகியவற்றை உள்ளடக்கியது வான் உயிரியல் ஆகும்.

வான் உயிரியலின் முதன்மைக் கருத்து என்னவென்றால் அண்டலத்தில் உயிர்கள் வாழ்வதற்குரிய இடங்கள் தொடர்பானது ஆகும். பிற கிரகங்களில் உயிர் வாழ வேண்டுமானால் இரண்டு முக்கியக் காரணிகள் தேவை.

1. வளி மண்டலத்தைத் தக்க வைத்துக் கொள்ள குறிப்பிட்ட நிறை தேவை.
2. சுற்று வட்டப் பாதையானது சூரியனிலிருந்து சரியான தொலைவில் இருந்தால் நீர்த் துளிகள் இருக்கும். இந்தத் தொலைவானது அதிக வெப்பமும் இல்லாமலும் அதிகக் குளிரும் இல்லாத அளவிலான தொலைவாக இருந்தால் அங்கு

உயிரினங்கள் வாழ்வதற்கு உகந்த சூழல் இருக்கும். இதை கோல்டி லாக் மண்டலம் (Goldilock Zone) எனப் போற்றுவர்.

நமது சூரியக் குடும்பத்தில் உள்ள புவி மட்டும் தான் கோல்டி லாக் மண்டலத்தில் உள்ள கோள் ஆகும். இந்த மண்டலத்தில் அவ்வப்போது மாற்றம் ஏற்படுவதால் நட்சத்திரங்கள் தோன்றுகின்றன. செவ்வாய்க் கிரகத்தில் மக்கள் வாழ உகந்த சூழல் இருப்பதை நாம் அறிந்துள்ளோம்.

சிறிய உயிரிகள் செவ்வாய்க் கிரகத்தில் இருந்ததாகக் கருதப்படுகிறது. அவை மிகக் கடுமையான சூழலைத் தாங்கும் இயல்பு கொண்டவையாக இருக்கலாம். எனவே நமது சூரியக் குடும்பத்தில் ஏராளமான பகுதிகள் புவியிலிருந்து வேறுபட்டுள்ளன. அங்கு எந்தக் கடினச் சூழலையும் தாங்கும் இயல்பு கொண்ட பாக்டீரியாக்கள் இருக்கலாம்.

நாசா 2020 இல் வான் உயிரியல் என்னும் திட்டத்தை உருவாக்கி அதன் மூலம் செவ்வாயின் பழமையான சூழல் குறித்தும் செவ்வாயின் மேற்புறப் புவி அமைப்புக் குறித்தும் செவ்வாயில் உயிரிகள் இருந்தனவா என்பது குறித்தும் அவ்வாறு உயிரிகள் இருந்தால் அவற்றைப் பாதுகாப்பது குறித்தும் ஆய்வு செய்து வருகிறது.

- அடுத்த தலைமுறையின் இளம் சந்ததிகளுக்குப் பெறப்பட்ட பண்புகள் கடத்தப்படுகின்றன என லாமார்க் முன்மொழிந்தார்.
- உள்ளார்ந்த முக்கிய வல்லமை, சூழ்நிலையும் புதிய தேவைகளும், பயன்பாடு மற்றும் பயன்படுத்தாமை கோட்பாடு மற்றும் மரபுவழியாகப் பெறப்பட்ட பண்புகளின் கோட்பாடு ஆகியவை லாமார்க்கின் முக்கிய கொள்கைகள்.
- அதிக இனப்பெருக்கத்திறன், வாழ்க்கைக்கான போராட்டம், வேறுபாடுகள், தக்கன உயிர் பிழைத்தல் அல்லது இயற்கைத் தேர்வு மற்றும் சிற்றினங்களின் தோற்றம் ஆகியவை டார்வினின் முக்கிய கொள்கைகள்.
- ஒவ்வொரு சிற்றினமும் மிக அதிக எண்ணிக்கையிலான இளம் சந்ததியினரை உருவாக்குகிறது. ஆனால் தக்கன மட்டுமே உயிர் பிழைக்கும்.
- அமைப்பு ஒத்த உறுப்புகள், செயல் ஒத்த உறுப்புகள் மற்றும் கருவியல் சான்றுகள் ஆகியவை பரிணாமத்தின் தொடர்புகளை விளக்குகின்றன.
- உயிரினங்கள் சில ஒத்த பண்புகளைப் பெற்றுள்ளன. ஏனெனில் அப்பண்புகள், ஒரு பொதுவான முன்னோரிடம் இருந்து மரபுவழியாகப் பெறப்பட்டவை.
- புதை உயிர்ப் படிவம், பழங்கால உயிரிகளைப் பற்றிய ஆதாரமாக விளங்குகிறது. பழமையான வாழிடங்களை இயற்கை எப்படிப் பாதுகாத்தது என்பதைப் பற்றி விளக்குகிறது.
- பாரம்பரிய அறிவின் மூலம் வட்டார இனத் தாரவங்களின் முக்கியத்துவத்தை அறிந்து கொள்ள முடிகிறது.
- வான் உயிரியல் புற வெளிமண்டல உயிரியல் மூலம் அண்டவெளியில் உயிரினங்கள் வாழ்வது குறித்துத் தெரிந்து கொள்ள முடிகிறது.



அறிவியல்

20 - இனக்கலப்பு மற்றும் உயிரித்தொழில்நுட்பவியல்

அறிமுகம்

- 2050 ஆம் ஆண்டில் இந்தியாவின் மக்கட்தொகை 1.7 பில்லியனை எட்டி விடும். நம் நாட்டின் தற்போதைய உணவு உற்பத்தியானது அந்நாட்களில் 59% மக்களின் உணவுத் தேவையை மட்டுமே பூர்த்திச் செய்ய இயலும். அப்படியாயின் இந்தியாவில் 2050 ஆம் ஆண்டில் 1.7 பில்லியன் மக்களுக்கு எப்படி உணவு அளிக்க முடியும்? இது “தாவரப் பயிர்பெருக்கம்” மற்றும் “கால்நடை வளர்ப்பு” ஆகியவற்றால் மட்டுமே சாத்தியமாகும்.
- தாவரப் பயிர்ப்பெருக்கம் என்பது பொருளாதார முக்கியத்துவம் வாய்ந்த, உயர்ந்த தரமுடைய தாவரங்களை மட்டுமே சாத்தியமாகும்.
- கால்நடை வளர்ப்பு விலங்கினைப் பெருக்கத்தை உள்ளடக்கியது. விலங்குகளின் ஜீனாக்கத்தை மேம்படுத்தி, மனித குலத்துக்கு அதிக பயனுள்ளதாக வளர்ப்பு விலங்கினங்களை மேம்படுத்துவதையே விலங்கினப் பெருக்கம் குறிக்கோளாகக் கொண்டது. உணவு உற்பத்தி மற்றும் தரத்தை அதிகரிக்க, கட்டுப்படுத்தப்பட்ட சூழலில் விலங்குகளைப் பராமரித்து, பெருக்கமடையச் செய்வதை விலங்கினப் பெருக்கம் வலியுறுத்துகிறது.
- நவீன உயிரியலின் அங்கமாக விளங்கும் உயிர் தொழில் நுட்பவியலின் தோற்றம், மற்றுமொரு திருப்புமுனை ஆகும். இது மனித வாழ்க்கைத் தரத்தை உயர்த்துவதற்கு நன்கு மேம்படுத்தப்பட்ட உடல்நலப் பராமரிப்புப் பொருட்கள், நோய் கண்டறியும் கருவிகள் மற்றும் உணவு உற்பத்தி ஆகியவற்றுக்கு வழிவகுத்தது.

நவீன விவசாய நடைமுறைகள் மற்றும் பயிர் மேம்பாடு

- தாவரங்களைப் பயிரிடுவதில் மேற்கொள்ளப்படும் நவீன விவசாய செயல்பாடுகளே மேம்படுத்தப்பட்ட விவசாய நடைமுறைகள் எனப்படுகின்றன. இதில் மண்ணைப் பண்படுத்துதல், விதைத்தல், இயற்கை உரங்கள் மற்றும் செயற்கை உரங்களைப் பயன்படுத்துதல், சரியான பாசனம், பூச்சிகள் மற்றும் களைகளிலிருந்து பாதுகாத்தல், அறுவடை செய்தல், கதிரடித்தல் மற்றும் சேமிப்பு ஆகியவை அடங்கும்.
- அதிக மகசூல், உயர்ந்த தரம், நோய் எதிர்ப்புத் திறன் மற்றும் குறுகிய சாகுபடி காலம் போன்ற பண்புகளைக் கொண்ட மேம்படுத்தப்பட்ட பயிர் வகைகளை உருவாக்குவதே பயிர் மேம்பாட்டின் குறிக்கோள் ஆகும்.

பசுமைப்புரட்சி

- வளரும் நாடுகளிலும், பொருளாதாரத்தில் பின்தங்கிய நாடுகளிலும் அதிக மகசூல் தரும் பயிர் வகைகள் மற்றும் நவீன விவசாய நுட்பங்கள் மூலம்

உணவு உற்பத்தியை அதிகரிக்கும் செயல்முறையே பசுமைப்புரட்சி ஆகும். “பசுமைப்புரட்சியின் தந்தை” என்று அழைக்கப்பட்ட அமெரிக்க வேளாண் விஞ்ஞானியான டாக்டர். நார்மன் E. போர்லாக் 1970 ஆம் ஆண்டு, அமைதிக்கான நோபல் பரிசைப் பெற்றார். டாக்டர். போர்லாகுடன் இணைந்து இந்தியாவில் டாக்டர். மா.சா. சுவாமிநாதன் மெக்சின் கோதுமை வகைகளை அறிமுகம் செய்து, பசுமைப்புரட்சியைக் கொண்டு வந்தார். இதனால், 1960 – 2000 க்கும் இடையே கோதுமை மற்றும் அரிசி உற்பத்தி அதிக அளவில் அதிகரித்தது.

அதிக மகசூல் மற்றும் உயர் தரத்திற்கான பயிர்ப்பெருக்கம்

- சுதந்திரத்திற்குப் பின்னர் இந்தியா எதிர் கொண்ட மிகப் பெரிய சவால், பெருகி வரும் மக்கட்தொகைக்கு போதுமான உணவை உற்பத்திச் செய்வதே ஆகும். அதிக மகசூலை அளிக்கும் பயிர் வகைகளை உற்பத்திச் செய்ய மேற்கொண்ட முயற்சிகள் பசுமைப்புரட்சிக்கு வழிவகுத்தன.

அரைக்குள் வகைக் கோதுமை மற்றும் நெல்

- மெக்சிகோவின் அதிக மகசூல் தரும், அரைக்குள்ள உயரமுடைய (semidwarf), செயற்கை உரத்தை ஏற்றுக் கொள்ளும் தன்மை கொண்ட கோதுமை வகைகளில் இருந்து, சோனாலிகா மற்றும் கல்யாண சோனா போன்ற அரைக்குள்ள கோதுமை வகைகள் உற்பத்திச் செய்யப்பட்டன. பிலிப்பைன்ஸ் நாட்டைச் சார்ந்த சர்வதேச நெல் ஆராய்ச்சி நிறுவனம் (IPRI), ஐ.ஆர் 8 (அதிசய அரிசி) என்ற அதிக மகசூல் தரும் அரைக்குள்ள நெல் வகையை உற்பத்திச் செய்தது. இது 1966 ஆம் ஆண்டு முதன்முதலில் பிலிப்பைன்ஸ் நாட்டிலும், இந்தியாவிலும் அறிமுகம் செய்யப்பட்டது. இது இந்தோனேசியாவின் அதிக மகசூல் தரும் நெல் வகையான பீட்டா மற்றும் சீனாவின் குள்ளநெல் வகையான டீ - ஜியோ - வூ - ஜென் (Dee - geo - woo - gen - DGWG) ஆகியவை இணைந்து உருவான கலப்பினமாகும்.

டாக்டர் மா.சா. சுவாமிநாதன்

இந்திய பசுமைப்புரட்சியில் முன்னணிப் பங்கு வகித்தவர், இந்திய விஞ்ஞானியான டாக்டர். மான்கொம்பு சாம்பசிவன் சுவாமிநாதன் ஆவார். உருளைக் கிழங்கு, கோதுமை, நெல் மற்றும் சணல் ஆகிய பயிர்களில் அவர் மேற்கொண்ட பயிர்ப்பெருக்க ஆய்வுகள் மிகவும் புகழ்பெற்றவையாகும். அவரது பெரும் முயற்சிகளால் 1960 ஆம் ஆண்டில் 12 மில்லியன் டன்னாக இருந்த கோதுமை உற்பத்தி, தற்போது 70 மில்லியன் டன்னாக உயர்ந்துள்ளது. எனவே, இவர் “இந்திய பசுமைப்புரட்சியின் தந்தை” என பொருத்தமாக அழைக்கப்படுகிறார்.

டாக்டர்.கோ.நம்மாழ்வார்

டாக்டர்.கோ.நம்மாழ்வார் (1938-2013) ஒரு தமிழ் விவசாய விஞ்ஞானி, சுற்றுச் சூழல் ஆர்வலர் மற்றும் இயற்கை வேளாண் வல்லுநர் ஆவார். இவர் “வானகம் - நம்மாழ்வார் உயிர் சூழல் நடுவம், உலக உணவு பாதுகாப்பிற்கான பண்ணை ஆராய்ச்சி மையம்” (NEFFFRGFST - வானகம்) என்ற அறக்கட்டளையை உருவாக்கி, அதன் மூலம் இயற்கை வேளாண்மையின் பயன்கள் பற்றிய விழிப்புணர்வை மக்களிடையே உருவாக்கினார்.

நோய் எதிர்ப்புத் திறனுக்கான பயிர்ப்பெருக்கம்

- வைரஸ்கள், பாக்டீரியாக்கள் மற்றும் பூஞ்சைகள் போன்ற நோய் உயிரிகளால் தாவரங்களில் நோய்கள் ஏற்படுகின்றன. இது பயிர்கள் மகசூலைப் பாதிக்கிறது. எனவே பூஞ்சைக் கொல்லிகள், பாக்டீரியக் கொல்லிகளைக் குறைவாக பயன்படுத்தி, மகசூலை அதிகமாக்கி அதே வேளையில் நோய் எதிர்ப்புத் திறன் பெற்ற பயிர் வகைகளை உற்பத்திச் செய்வது அவசியமாகிறது. பயிர்ப்பெருக்கத்தின் மூலம் உற்பத்திச் செய்யப்பட்ட நோய் எதிர்ப்புத் திறன் பெற்ற சில ரகங்கள் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

நோய் எதிர்ப்புத் திறன் பெற்ற பயிர் ரகங்கள்

பயிர்	ரகம்	எந்த நோய்க்கெதிரான எதிர்ப்புத் தன்மை பெற்றது
கோதுமை	ஹிம்கிரி	இலை மற்றும் பட்டைத் துரு நோய், ஹில் பண்ட்
காலி.பிளவர்	பூசா சுப்ரா பூசா பனிப்பந்து K-1	கறுப்பு அழுகல் நோய்
தட்டைப் பயிறு	பூசா கோமல்	பாக்டீரிய கருகல் நோய்

பூச்சிகள் / தீங்குயிரிகள் எதிர்ப்புத் திறனுக்கான பயிர்ப்பெருக்கம்

- நுண்ணுயிரிகளுடன் ஏராளமான பூச்சிகள் மற்றும் தீங்குயிரிகள் பயிர்களுக்கு சேதம் விளைவிக்கின்றன. எனவே பூச்சி மற்றும் தீங்குயிரி எதிர்ப்புத் திறன் பெற்ற பயிர் வகைகள் உருவாக்கப்பட்டன. அவற்றுள் சில கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

பூச்சிகள் / தீங்குயிரிகள் எதிர்ப்புத் திறன் பெற்ற பயிர் ரகங்கள்

பயிர்	ரகம்	எந்த பூச்சி / தீங்குயிரி வகைகளுக்கான எதிர்ப்புத் தன்மை பெற்றது
கடுகு	பூசா கவுரவ்	உறிஞ்சி உண்ணும் பூச்சியான அசுவினி
அவரைக்காய்	பூசா செம் - 2 பூசா செம் - 3	இலைத் தத்துப்பூச்சி, அசுவினி, கனி துளைப்பான்
வெண்டை	பூசா சவானி பூசா A4	தண்டு மற்றும் கனி துளைப்பான்

மேம்பட்ட ஊட்டச்சத்து தரத்திற்கான பயிர்ப்பெருக்கம்

- உலக மக்கள் அனைவரின் கவனத்தையும் ஈர்த்து கொண்டிருக்கும் மிகப் பெரிய உடல்நலப் பிரச்சினைகள், ஊட்டச்சத்து குறைவு மற்றும் புரதக் குறைபாடு ஆகியவையே. இது மனித உடல் நலத்தை மட்டுமல்லாது ஏனைய பண்ணை விலங்குகளின் உடல் நலத்தையும் பாதிக்கிறது. மனிதர்கள் மற்றும் விலங்குகளின் உடல் நலம், பயிர்களின் ஊட்டச்சத்தின் தரம், உணவூட்டப்

பொருட்களின் அளவு மற்றும் தரத்தைப் பொறுத்தது. பயிர்களின் தரத்தை பின் வரும் தேவைகளைப் பொறுத்து மேம்படுத்தலாம்.

1. புரதத்தின் அளவு மற்றும் தரம்
2. எண்ணெயின் அளவு
3. கனிமங்களின் அளவு

உயிருட்டச்சத்தேற்றம் (Biofortification)

- விரும்பத் தக்க ஊட்டச் சத்துக்களான வைட்டமின்கள், புரதங்கள் மற்றும் கனிமங்கள் நிறைந்த பயிர் தாவரங்களை உற்பத்திச் செய்யப் பயன்படுத்தப்படும் அறிவியல் முறையே உயிருட்டச்சத்தேற்றம் எனப்படும். இதன் மூலம் உருவாக்கப்பட்ட சில பயிர் ரகங்கள் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

1. லைசின் என்ற அமினோ அமிலம் செறிந்த கலப்பின் மக்காச்சோள ரகங்களான புரோட்டினா, சக்தி மற்றும் ரத்னா (இந்தியாவில் உருவாக்கப்பட்டவை)
2. புரதம் செறிந்த கோதுமை ரகமான அட்லஸ் 66
3. இரும்புச் சத்து செறிவூட்டப்பட்ட அரிசி ரகம்
4. வைட்டமின் A செறிந்த கேரட், பூசணி மற்றும் கீரை ரகங்கள்.

பயிர் மேம்பாட்டிற்கான பயிர்ப்பெருக்க முறைகள்

- அதிக மகசூல் தரும் பயிர் ரகங்களை உற்பத்திச் செய்யும் பயிர்ப்பெருக்க முறைகள் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

 1. புதிய வகைத் தாவரங்களின் அறிமுகம்.
 2. தேர்வு செய்தல்
 3. பன்மய பயிர்ப்பெருக்கம்
 4. சடுதிமாற்றப் பயிர்ப்பெருக்கம்
 5. கலப்பினமாக்கம்

புதிய வகைத் தாவரங்களின் அறிமுகம்

- இது அதிக மகசூல் தரும் தாவர வகைகளை ஒரு இடத்தில் இருந்து மற்றொரு இடத்துக்கு அறிமுகம் செய்யும் செயல்முறையாகும். இத்தகைய தாவரங்கள் அயல் இனங்கள் என அழைக்கப்படுகின்றன. இவ்வாறு இறக்குமதி செய்யப்பட்ட தாவரங்களில் நோய்க் கிருமிகளும், பூச்சிகளும் இருக்கலாம். எனவே அவை அறிமுகம் செய்யப்படுவதற்கு முன்னர் தாவர நோய்த் தொற்றுத் தடுப்பு முறைகள் மூலம் முற்றிலும் சோதிக்கப்படுகின்றன. எடுத்துக்காட்டாக பேசியோலஸ் முங்கோ என்ற உளுந்து ரகம் சீனாவில் இருந்து அறிமுகம் செய்யப்பட்டது.

தேர்வு செய்தல்

- புறத்தோற்றத்தை அடிப்படையாகக் கொண்டு சிறந்த தாவர ரகங்களைத் தாவரக் கூட்டத்தில் இருந்து பிரித்தெடுக்கும் பழம் பெரும் முறை “தேர்வு செய்தல்” ஆகும்.

தேர்வு முறைகள்

மூன்று வகையான தேர்வு முறைகள் உள்ளன.

1. கூட்டுத் தேர்வு முறை
2. தூய வரிசைத் தேர்வு முறை
3. போத்துத் தேர்வு முறை (குளோனல் தேர்வு முறை)

1. கூட்டுத் தேர்வு முறை

- பல வகைப் பண்புகள் கொண்ட தாவரங்களின் கூட்டத்தில் இருந்து விரும்பத் தக்க பண்புகளைக் கொண்ட சிறந்த தாவரங்களின் விதைகள் சேகரிக்கப்படுகின்றன. இந்த விதைகளிலிருந்து இரண்டாம் தலைமுறை தாவரங்கள் உருவாக்கப்படுகின்றன. இச்செயல்முறை ஏழு அல்லது எட்டு தலைமுறைகளுக்குத் தொடர்ந்து செய்யப்படுகிறது. இறுதியில் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட விதைகள் அதிக எண்ணிக்கையில் உற்பத்தி செய்யப்பட்டு, விவசாயிகளுக்கு பயிரிடுவதற்காக விநியோகிக்கப்படுகிறது.
- வேர்கடலை ரகங்களான TMV - 2 மற்றும் AK-10 ஆகியவை கூட்டுத் தேர்வுக்கான சில எடுத்துக்காட்டுக்கள் ஆகும். கூட்டுத் தேர்வு முறையின் சுருக்க வரைபடம் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

2. தூய வரிசைத் தேர்வு முறை

- தூய வரிசை என்பது “தனி உயிரியில் இருந்து தற்கலப்பு மூலம் பெறப்பட்ட சந்ததி” ஆகும். இது “தனித்தாவரத் தேர்வு” எனவும் அழைக்கப்படுகிறது. இம்முறையில் தன் மகரந்தச்சேர்க்கைக்கு உட்படுத்தப்பட்ட ஒரு தனித் தாவரத்தில் இருந்து ஏராளமான தாவரங்கள் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டு, தனித்தனியே அறுவடைச் செய்யப்படுகின்றன. அவற்றில் இருந்து தாவர சந்ததிகள் தனித்தனியே மதிப்பீடு செய்யப்படுகின்றன. அவற்றுள் மிகச் சிறந்தது ‘தூய வரிசை’ என வெளியிடப்படுகிறது. இந்த சந்ததிகள், புறத் தோற்றத்திலும் ஜீனாக்கத்திலும் ஒத்தக் காணப்படுகின்றன.

3. போத்துத் தேர்வு முறை (குளோனல் தேர்வு முறை)

- ஒரு தனித் தாவரத்திலிருந்து உடல இனப்பெருக்கம் அல்லது பாலிலா இனப்பெருக்கத்தின் மூலம் உருவாக்கப்பட்ட தாவரங்களின் கூட்டமே குளோன்கள் எனப்படுகின்றன. இதன் மூலம் உருவான அனைத்து தாவரங்களும் புறத்தோற்றத்திலும் ஜீனாக்கத்திலும் ஒத்துக் காணப்படுகின்றன. உடலப் பெருக்கத்தின் மூலம் உருவான பலவகைத் தாவரங்களின் கூட்டத்திலிருந்து விரும்பத்தக்க போத்துகளைத் தேர்வு செய்யும் முறையே “போத்துத் தேர்வு முறை” என அழைக்கப்படுகிறது.

பன்மய பயிர்ப்பெருக்கம்

- பாலினப் பெருக்கம் செய்யும் தாவரங்களின் உடல் செல்களில் இரண்டு முழுமையான தொகுதி குரோமோசோம்கள் உள்ளன. இதுவே இரட்டை மயம்

(2n) எனப்படும். கேமீட்டுகளில் (இனச்செல்களில்) ஒரே ஒரு தொகுதி குரோமோசோம் மட்டுமே உள்ளது. இது “ஒற்றைமயம்” (n) என்று அழைக்கப்படுகிறது. இரண்டுக்கும் மேற்பட்ட தொகுதி குரோமோசோம்களைக் கொண்ட உயிரினம் “பன்மயம்” (Greek : Polys = many + aploos = One fold + eidos=form) எனப்படும். இந்த நிலை “பல தொகுதியாக்கும் இயல்பு” எனப்படும். இது வெப்பம், குளிர், x - கதிர் போன்ற இயற்பியல் காரணிகளாலும், கால்ச்சிசின் போன்ற வேதிக்காரணிகளாலும் தூண்டப்படுகிறது.

பன்மய பயிர்ப்பெருக்கத்தின் சாதனைகள்

பன்மய பயிர்ப்பெருக்கத்தின் சில சாதனைகள் கீழே தரப்பட்டுள்ளன.

- விதைகளற்ற தர்பூசணி (3n) மற்றும் வாழை (3n)
- பெரிய தண்டும், வறட்சி எதிர்ப்புத் தன்மையும் கொண்ட மும்மய தேயிலை TV-29
- டிரிட்டிகேல் (6n) என்பது கோதுமை மற்றும் ரை ஆகிய இரண்டிற்கும் இடையே கலப்பு செய்து பெறப்பட்ட கலப்புயிரி ஆகும். இதை வளமுடையதாக மாற்ற, பன்மயம் தூண்டப்பட்டது. இது அதிக நார்ச்சத்தும் புரதமும் கொண்டது.
- கால்ச்சிசின் சிகிச்சையால் உருவாக்கப்பட்ட ரப்பனோ பிராசிக்கா ஒரு அல்லோடெட்ராபிளாய்டு (4n) ஆகும்.

சடுதிமாற்ற பயிர்ப்பெருக்கம்

- ஒரு உயிரினத்தின் DNA வின் நியூக்ளியோடைடு வரிசையில் திடீரென ஏற்படும், பாரம்பரியத்துக்கு உட்படும் மாற்றமே சடுதிமாற்றம் எனப்படும். இது மரபியல் வேறுபாடுகளை உண்டாக்குவதன் மூலமாக, உயிரினங்களில் மாற்றங்களை ஏற்படுத்தும் செயல் ஆகும். சடுதிமாற்றத்துக்கு உட்படும் உயிரினம் “சடுதிமாற்றமுற்ற உயிரினம்” (mutant) எனப்படும்.

காமாத் தோட்டம்

- காமாத் தோட்டம் அல்லது அணுப் பூங்கா என்பது இரண்டாம் உலகப் போருக்கு பிறகு அணு சக்தி ஆற்றலை பயிர் முன்னேற்றத்திற்காகப் பயன்படுத்தும் ஒரு பிரபலமான கருத்தாக்கம் ஆகும். இது ஒரு தூண்டப்பட்ட சடுதிமாற்ற பயிர்ப்பெருக்க முறையாகும். இதில் கோபால்ட் - 60 அல்லது சீசியம் - 137 இல் இருந்து காமாக்கதிர்கள் பயிர் தாவரங்களில் விரும்பத்தக்க சடுதி மாற்றங்களைத் தூண்டுவதற்குப் பயன்படுத்தப்பட்டன.

- சடுதிமாற்றத்தைத் தூண்டும் காரணிகள் “மியூடாஜென்கள்” அல்லது “சடுதிமாற்றத் தூண்டிகள்” எனப்படும். சடுதி மாற்றத் தூண்டிகள் இரு வகைப்படும். அவை இயற்பியல் சடுதிமாற்றத் தூண்டிகள் மற்றும் வேதியியல் சடுதிமாற்றத் தூண்டிகள் ஆகும்.

i) இயற்பியல் சடுதிமாற்றத் தூண்டிகள்

- சடுதிமாற்றத்தைத் தூண்டும் கதிர் வீச்சுகளான X - கதிர்கள், α , β மற்றும் γ - கதிர்கள், புறஊதாக் கதிர்கள் மற்றும் வெப்பநிலை போன்றவை இயற்பியல் சடுதிமாற்றத் தூண்டிகள் எனப்படும்.

ii) வேதியியல் சடுதிமாற்றத் தூண்டிகள்

- சடுதிமாற்றத்தைத் தூண்டும் வேதிப் பொருட்கள் வேதியியல் சடுதிமாற்றத் தூண்டிகள் எனப்படும். (எ.கா.) கடுகு வாயு மற்றும் நைட்ரஸ் அமிலம்.
- பயிர் மேம்பாட்டிற்கு தூண்டப்பட்ட சடுதி மாற்றத்தைப் பயன்படுத்துவதே “சடுதிமாற்ற பயிர்ப்பெருக்கம்” எனப்படும்.

சடுதிமாற்ற பயிர்ப்பெருக்கத்தின் சாதனைகள்

- சடுதிமாற்ற பயிர்ப்பெருக்கத்தின் சில சாதனைகளைக் கீழே காணலாம்.
 1. ஸொனாரா – 64 என்ற கோதுமை ரகத்தில் இருந்து காமாக்கதிர்களைப் பயன்படுத்தி சர்பதி ஸொனாரா என்ற கோதுமை ரகம் உருவாக்கப்பட்டது.
 2. உவர் தன்மையைத் தாங்கும் திறன் மற்றும் தீங்குயிரி எதிர்ப்புத் தன்மை பெற்ற அட்டாமிட்டா 2 அரிசி ரகம்.
 3. கடினமாக கனி உறை கொண்ட நிலக்கடலை ரகம்.

கலப்பினமாக்கம்

- கலப்பினமாக்கம் என்பது “இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட வகைத் தாவரங்களைக் கலப்பு செய்து, அவற்றின் விரும்பத்தக்க பண்புகளை, “கலப்புயிரி” என்ற ஒரே சந்ததியில் கொண்டு வரும் செயல்முறை ஆகும். கலப்புயிரியானது ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட பண்புகளில் இரண்டு பெற்றோரையும் விட மேம்பட்டதாக இருக்கும். மரபியல் வேறுபாடுகளை ஏற்படுத்தி மேம்பட்ட வகை ரகங்களை உருவாக்கும் பொதுவான முறையே கலப்பினமாக்கம் ஆகும்.

கலப்பின ஆய்வு: டிரிட்டிக்கேல் (மனிதன் உருவாக்கிய முதல் கலப்பின தானியம்)

- டிரிட்டிக்கேல் என்பது மனிதன் உருவாக்கிய முதல் கலப்பின தானியமாகும். இது கோதுமை (டிரிட்டிகம் டியூரம், $2n = 28$) மற்றும் ரை (சீகேல் சிரியேல், $2n = 14$) ஆகியவற்றை கலப்பு செய்ததால் கிடைக்கப் பெற்றது. இதனால் உருவான F_1 கலப்புயிரி வளமற்றது ($2n = 21$). பின்னர் கால்ச்சிசினைப் பயன்படுத்தி, அதன் குரோமோசோம் எண்ணிக்கையை இரட்டிப்படையச் செய்து, உருவாக்கப்பட்டதே டிரிட்டிக்கேல் ($2n = 42$) என்ற ஹெக்சாபிளாய்டு ஆகும்.

- பயிர்ப்பெருக்கம் மற்றும் தேர்ந்தெடுத்தல் ஆகியவற்றின் சுழற்சியானது விரும்பத் தக்க பண்புகளைக் கொண்ட தாவரங்கள் உருவாகும் வரைத் தொடர்கிறது. புதிய ரக பயிர் வகைகளை உற்பத்திச் செய்வது ஒரு நீண்டகால செயல்பாடாகும். இரண்டு தாவரங்களின் பண்புகளை ஒரே தாவரத்தில் ஒன்றிணைப்பதும், அதன் கலப்பின் வீரியத்தைப் பயன்படுத்துவதும் கலப்பினமாக்கலின் இரு முக்கிய அம்சங்களாகும்.

விலங்கினக் கலப்பு

- ஒரே சிற்றினத்திற்குள்ளே, ஒரு பொது மூதாதையரிடமிருந்து தோன்றிய விலங்குகளின் குழு இனம் எனப்படும். இது அச்சிற்றினத்தின் பிற உயிரிகளிடம் காணப்படாத பண்புகளைக் (பொதுத் தோற்றம் மற்றும் சில குறிப்பிடத்தக்க பண்புகள்) கொண்டதாகும்.
- **இனக்கலப்பு** என்பது சில சிறப்பாக பண்புகளைக் கொண்ட வெவ்வேறு வகையான பெற்றோர்களை கலப்பு செய்து அத்தகு விரும்பத்தக்க பண்புகள் அடுத்த சந்ததிக்கு கடத்தப்படுவதாகும்.
- வீட்டு விலங்குகளின் ஜீனாக்கத்தை மேம்படுத்தி அதன் மூலம் உற்பத்தியை அதிகப்படுத்துதல் மற்றும் விரும்பத்தக்க பண்புகளான பால், முட்டை மற்றும் இறைச்சி உற்பத்தியை அதிகப்படுத்துவதே விலங்கின வகைப் பெருக்கத்தின் நோக்கங்களாகும்.
- ஒரே இனத்தை சேர்ந்த தொடர்புடைய விலங்குகளுக்கு இடையே நடைபெறக் கூடிய கலப்பு உட்கலப்பு எனப்படும். **வெளிக்கலப்பு** என்பது தொடர்பற்ற உயிரினங்களை கலப்பு செய்வதாகும்.

உட்கலப்பு

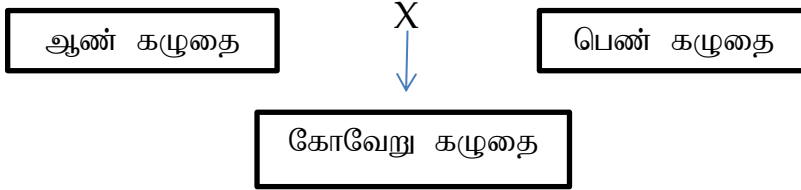
- நெருங்கிய தொடர்புடைய மற்றும் ஒரே இனத்தை சார்ந்த உயிரினங்களை 4 முதல் 6 தலைமுறைகளுக்கு கலப்புச் செய்வதே உட்கலப்பு முறையாகும். இது ஒரே இனத்தைச் சார்ந்த வீரியமிக்க ஆண் மற்றும் வீரியமிக்க பெண் விலங்குகளை இனங்கண்டு, அவற்றை ஜோடியாக இனக்கலப்பு செய்வதாகும். இம்முறையின் மூலம் வீரியமிக்க ஜீன்கள் கலப்பினத்தில் ஒன்றாகக் கொண்டு வரப்பட்டு, விரும்பத்தகாத ஜீன்கள் நீக்கப்படுகின்றன.
- பஞ்சாபைச் சேர்ந்த ஹிஸ்ஸர்டேல் என்ற புதிய செம்மறி ஆட்டினம் பிக்கானிரின் (மாக்ரா) பெண் ஆட்டையும், ஆஸ்திரேலியாவின் மரினோ ஆண் ஆட்டையும் கலப்பினம் செய்து உருவாக்கப்பட்டதாகும்.

உட்கலப்பு வீழ்ச்சி

- தொடர்ச்சியாக ஒரு இனத்தின் தொடர்புடைய விலங்குகளிடையே உட்கலப்பு செய்வது அதன் பாலின வளத்தையும் மற்றும் உற்பத்தித் திறனையும் பாதிக்கும். இது உட்கலப்பு வீழ்ச்சி எனப்படும். இனத் தேர்வில் தவிர்க்கப்பட்ட தீமைச் செய்யும் ஒடுங்கு பண்புக்கான ஜீன்களை உட்கலப்பு வெளிக்கொணர்கிறது.

வெளிக்கலப்பு

- இது தொடர்பற்ற விலங்குகளைக் கலப்புச் செய்வதாகும். இவ்வினக்கலப்பின் மூலம் உருவான புதிய உயிரி கலப்புயிரி என அழைக்கப்படுகிறது. இக்கலப்புயிரி, பெற்றோர்களைவிட பலம் வாய்ந்ததாகவும், வீரியமானதாகவும் இருக்கும். இம்முறையில் பொருளாதார முக்கியத்துவம் வாய்ந்த, விரும்பத்தக்க பண்புகளை கொண்ட இரண்டு சிற்றினங்கள் கலப்பினச் சேர்க்கைக்கு உட்படுத்தப்படுகின்றன. இம்முறையில் கோவேறு கழுதை எவ்வாறு உருவாக்கப்பட்டது என்பதை கீழே காணலாம்.



கோவேறு கழுதையை, குதிரையுடன் ஒப்பிடும் போது அது வலிமை, நுண்ணறிவு, வேலை செய்யும் திறன் மற்றும் நோய் எதிர்ப்புத் திறன் ஆகியவற்றில் வீரியமிக்கதாக காணப்பட்டது. ஆனால் அது மலட்டுத் தன்மை உடையது.

பறவைகளின் குறுக்குக் கலப்பு

வெள்ளை லெக்ஹான் × பிளைமெளத் ராக்



அதிகமுட்டைகளை உற்பத்தி செய்யும் கலப்பினக் கோழி இனம்

பசுக்களின் குறுக்கக் கலப்பு

அயல் இனக் காளைகள் மற்றும் உள்நாட்டு பசு ஆகியவற்றிற்கிடையே நடைபெறும் கலப்பு

பிரவுன் ஸ்விஸ் × சாகிவால்



கரன் ஸ்விஸ் - உள்நாட்டு பசுக்களை விட 2 முதல் 3 மடங்கு அதிகமாக பால் உற்பத்தி செய்பவை.

ஹெட்டிரோசிஸ்

- கலப்பின் சேர்க்கை மூலம் உயர்தரப் பண்புகளை உடைய கலப்பினங்களை உற்பத்தி செய்வது ஹெட்டிரோசிஸ் அல்லது கலப்பின வீரியம் எனப்படும்.

விலங்குப் பெருக்கத்தில் கலப்பின வீரியத்தின் விளைவுகள்

- கால்நடைகளில் பால் உற்பத்தியை அதிகரித்தல்

- கோழிகளில் முட்டை உற்பத்தியை அதிகரித்தல்
- உயர் தர இறைச்சியை உற்பத்திச் செய்தல்
- வீட்டு விலங்குகளின் வளர் வீதத்தை அதிகப்படுத்துதல்

மரபுப்பொறியியல்

- ஜீன்களை நாம் விரும்பியபடி கையாள்வதும், புதிய உயிர்களை உருவாக்க ஜீன்களை ஒரு உயிரியிலிருந்து மற்றொரு உயிரிக்கு இடம் மாற்றுவதும் மரபுப்பொறியியல் எனப்படும். இந்நிகழ்வில் உருவாகும் புதிய டி.என்.ஏ, மறுசேர்க்கை டி.என்.ஏ (rDNA) எனப்படும். மறுசேர்க்கை என்ற பதத்தைப் பயன்படுத்துவதன் காரணம் டி.என்.ஏ இருவகையான மூலங்களிலிருந்து பெறப்பட்டு இணைக்கப்படுகிறது. ஆதலால், மரபுப்பொறியியல், மறுசேர்க்கை DNA தொழில்நுட்பம் எனவும் அழைக்கப்படுகிறது.

மரபுப்பொறியியல் தொழில்நுட்பம் - அடிப்படைத் தேவைகள்

- மறுசேர்க்கை DNA (rDNA) தொழில்நுட்பத்திற்கு படிக்கற்களாக அமைந்த சில முக்கிய கண்டுபிடிப்புகள்
 1. பாக்டீரியாவின் குரோமோசோம் டி.என்.ஏ வுடன் சேர்ந்து தன்னிச்சையாக இரட்டிப்பு அடையும் பிளாஸ்மிட் DNA.
 2. ரெஸ்ட்ரிக்டிவ் நொதிகள் டி.என்.ஏ இழையினை குறிப்பிட்ட இடங்களில் துண்டிக்கின்றன. எனவே இவை மூலக்கூறு கத்திரிக்கோல் என்று அழைக்கப்படுகின்றன.
 3. டி.என்.ஏ லைகேஸ் நொதி துண்டிக்கப்பட்ட டி.என்.ஏ துண்டுகளை இணைக்கப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

பிளாஸ்மிடு

பிளாஸ்மிடு என்பது பாக்டீரிய செல்லின் சைட்டோபிளாசத்தில் காணப்படும், குரோமோசோம் சாராத, சிறிய, வட்ட வடிவ, இரண்டு இழைகளான டி.என்.ஏ ஆகும். இது குரோமோசோம் டி.என்.ஏவிலிருந்து வேறுபட்டது. இது தன்னிச்சையாக இரட்டிப்படையும் திறனுடையது.

ரெஸ்ட்ரிக்டிவ் நொதி டி.என்.ஏ வில் குறிப்பிட்ட இடத்தில் காணப்படும் குறிப்பிட்ட கார வரிசையை (பேலின்ட்ரோம் வரிசை) அடையாளம் கண்டு, அவ்விடத்தில் உள்ள பாஸ்போடைஎஸ்டர் பிணைப்புகளைத் துண்டிப்பதன் மூலம் டி.என்.ஏ-வைத் துண்டிக்கிறது.

ஜீன் குளோனிங்

- குளோன் என்ற சொல்லை கேட்டவுடன் உங்கள் மனதில் தோன்றுவது யாது? நிச்சயமாக டாலி என்ற செம்மறி ஆட்டுக்குட்டி தான். குளோன் என்பது ஒரு உயிரினத்தின் நகல் ஆகும். குளோனிங் என்பது மரபொத்த உயிரிகளை பிரதிகளாக உற்பத்தி செய்யும் முறையாகும்.

ஜீன் குளோனிங் முறையில், ஒரு ஜீன் அல்லது டி.என்.ஏ துண்டானது பாக்டீரிய செல்லினுள் செலுத்தப்பட்டு, பாக்டீரியா செல் பகுப்படையும்போது அதனுடன், உட்செலுத்தப்பட்ட டி.என்.ஏ துண்டு நகல் பெருக்கம் அடைவதாகும்.

டாலி உருவாக்கம்

1996 ஆம் ஆண்டு ஜூலை மாதம் ஸ்காட்லாந்து நாட்டு ரோசலின் நிறுவனத்தினைச் சார்ந்த டாக்டர். அயான் வில்மட் மற்றும் அவரது குழுவினரும் இணைந்து டாலி என்ற குளோனிங் முறையிலான பெண் செம்மறி ஆட்டுக்குட்டியினை முதன்முதலில் உருவாக்கினர். இந்த ஆட்டுக்குட்டி உடல செல் உட்கரு மாற்றிப் பொருத்துதல் முறையில் உருவாக்கப்பட்டதாகும். ஆறரை ஆண்டுகள் உயிர் வாழ்ந்த இந்த ஆட்டுக்குட்டி நுரையீரல் நோயினால் 2003 ஆம் ஆண்டு இறந்தது.

ஜீன் குளோனிங் செயல் நுட்பத்தின் அடிப்படை நிகழ்வுகளாவன.

1. ரெஸ்ட்ரிக்டிவ் நொதியைப் பயன்படுத்தி விரும்பிய டி.என்.ஏ துண்டைப் பிரித்தெடுத்தல்.
2. டி.என்.ஏ துண்டைத் தகுந்த கடத்தியினுள் (பிளாஸ்மிட்) நுழைத்து மறுசேர்க்கை டி.என்.ஏ க்களை (rDNA) உருவாக்குதல்.
3. விருந்தோம்பி பாக்டீரிய செல்லின் உள்ளே மறுசேர்க்கை டி.என்.ஏ வை உட்புகுத்துதல் (உருமாற்றம்)
4. உருமாற்றமடைந்த விரும்புதோம்பி செல்களைத் தேர்ந்தெடுத்து மறுசேர்க்கை டி.என்.ஏ (rDNA)வை பாக்டீரிய செல் பெருக்கம் மூலம் நகல் பெருக்கம் செய்தல்.
5. விருந்தோம்பியின் செல்லில் புதிய ஜீன் தனது பண்புகளை வெளிப்படுத்துதல்.

இம்முறையின் மூலம் பல நொதிகள், ஹார்மோன்கள் மற்றும் மருந்துகளை தயாரிக்கலாம்.

மருத்துவத்தில் உயிர்த்தொழில்நுட்பவியல்

- மரபுப்பொறியியல் தொழில்நுட்பத்தினைப் பயன்படுத்தி மருத்தவ முக்கியத்துவம் வாய்ந்த மதிப்பு மிக்க புரதங்கள் அல்லது பாலிபெப்டைடுகள் உருவாக்கப்படுகின்றன. இவை பல நோய் தீர்க்கும் மருந்துப் பொருட்களை வணிக ரீதியாக உற்பத்தி செய்யப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.
- rDNA தொழில் நுட்பத்தின் மூலம் உருவாக்கப்பட்டுள்ள மருத்தவப் பொருட்கள்
 1. இரத்த சர்க்கரை நோய் சிகிச்சைக்கான இன்சலின்
 2. வளர்ச்சி குறைபாடுள்ள குழந்தைகளின் குறைபாட்டினை நீக்கும் மனித வளர்ச்சி ஹார்மோன்

3. ஹீமோ.பிலியா என்ற இரத்த உறைதல் குறைபாட்டு நோய்க் கட்டுப்பாட்டிற்கான 'இரத்த உறைதல் காரணிகள்'.
4. திசு பிளாஸ்மினோஜன் தூண்டி, (இரத்தம் உறைதலைத் தடுக்கும் காரணி) இரத்தக் கட்டிகளைக் கரைத்து இதய அடைப்பைத் தவிர்க்க உதவுகின்றது.
5. ஹெப்பாடிடிஸ் B மற்றும் வெறி நாய்க்கடி (ரேபிஸ்) நோயைத் தடுக்கும் தடுப்பூசிகள்.

ஜீன் சிகிச்சை

- மனிதனில் குறைபாடுள்ள ஜீன்களுக்கு பதிலாக திருத்தப்பட்ட, செயல்படும் ஜீன்களை இடம் மாற்றி மரபு நோய்களையும், குறைபாடுகளையும் சரி செய்வது ஜீன் சிகிச்சை எனப்படும். குறைபாடு / நோய் உள்ள மனிதரின் ஜீன்கள் மறுசேர்க்கை டி.என்.ஏ தொழில்நுட்பத்திற்கு உட்படுத்தப்பட்டு திருத்தப்படுகின்றன. இம்முறை 1990 ஆம் ஆண்டு வெற்றிகரமாக நடைமுறைப்படுத்தப்பட்டது.
- உடல செல்களில் திருத்தப்பட்ட ஜீன்கள் இடம் மாற்றப்படுதல் உடல செல் ஜீன் சிகிச்சை எனப்படும்.
- கருநிலை அல்லது இனப்பெருக்க செல்களில் (விந்து மற்றும் அண்ட செல்) திருத்தப்பட்ட ஜீன்கள் இடம் மாற்றப்படுதல் இன செல் அல்லது கருநிலை செல் ஜீன் சிகிச்சை எனப்படும்.
- இது நாள் வரை இனப்பெருக்க செல்கள் அல்லாத உடல செல்களில் மட்டுமே ஜீன் சிகிச்சை மேற்கொள்ளப்பட்டுள்ளது. உடல செல்களில் செய்யப்படும் ஜீன் திருத்தம் அந்த திருத்தம் செய்யப்படும் நோயாளிக்கு மட்டுமே நன்மை பயக்கும். அத்திருத்தம் அடுத்த தலைமுறைக்கு எடுத்து செல்லப்படுவதில்லை.

குருத்தணுக்கள் (stem cells)

- நமது உடல் பல்வேறு பணிகளை மேற்கொள்ள ஏதுவாக 200 க்கும் மேற்பட்ட சிறப்பான செல் வகைகளைக் கொண்டுள்ளது. எ.கா. நியூரான்கள் எனப்படும் நரம்பு செல்கள் உணர்வு சமிக்ஞைகளைக் கடத்தவும், இதயத் தசை செல்கள் இதயம் சுருங்கி விரிந்து இரத்தத்தை உந்தித் தள்ளவும், கணைய செல்கள் இன்சலினை சுரக்கவும் செய்கின்றன. இச்செல்கள் மாறுபாடு அடைந்த செல்கள் எனப்படுகின்றன.
- மாறாக மாறுபாடு அடையாத அல்லது சிறப்பு செல் வகைகளாக மாற்றமடையாத செல்களின் தொகுப்பு, குருத்தணுக்கள் எனப்படுகின்றன. இந்த குருத்தணு பல செல் வகைகளாக மாறுபாடு அடையும் மாறுபட்ட திறன் கொண்டவை. ஒரு குருத்தணு எண்ணிலடங்கா வகைகளாக மாற்றங்களை அடைந்து எவ்வகையான மாறுபாடு அடைந்த செல்லாகவும் மாற்றங்களை அடைந்து எவ்வகையான மாறுபாடு அடைந்த செல்லாகவும் மாறும் போக்கு 'திறன்' எனப்படும். பிற வகை வேறுபாடு அடைந்த செல்லாக மாற்றமடையும் குருத்தணு கீழ்க்கண்ட இரு முக்கிய பண்புகளைக் கொண்டது.

- i. பகுப்படைவதன் மூலம் அதிக எண்ணிக்கையிலான குருத்தணுக்களை உற்பத்தி செய்யும் திறன். இது 'சய புதுப்பிததல்' எனப்படுகிறது.
- ii. மாறுபாடு அடைந்த சிறப்பு செல்களாக மாறி குறிப்பிட்ட பணியினை மேற்கொள்ளும் திறன்.

குருத்தணுக்களின் வகைகள்

- கருநிலைக் குருத்தணுக்கள் என்பவை ஆரம்ப நிலை கருக்களிலிருந்து பெறப்பட்டு வளர்க்கப்படலாம். இவை கருக்கோளத்தின் உட்புறத்திலிருந்து பெறப்படுகின்றன. இவ்வகை செல்கள் உடலின் எவ்வகை செல்லாகவும் மாற்றமடையும் திறன் பெற்றவை.
- முதிர் குருத்தணுக்கள் அல்லது உடலக் குருத்தணுக்கள் என்பவை பிறந்த பச்சிளம் குழந்தைகளின் உடலிலும், பெரியவர்களின் உடலிலும் காணப்படும். இவ்வகை செல்கள் உடலின் குறிப்பிட்ட செல் வகைகளாக மட்டும் மாறக்கூடிய திறன் பெற்றவை. அம்னியாட்டிக் திரவம், தொப்புள்கொடி மற்றும் எலும்பு மஜ்ஜை போன்றவை முதிர் குருத்தணுக்களின் மூலங்களாக விளங்குபவை ஆகும்.

குருத்தணு சிகிச்சை

- சில நேரங்களில் நமது உடலின் செல்கள், திசுக்கள் மற்றும் உறுப்புகள் ஜீன் கோளாறுகளினாலோ, நோய்களாலோ அல்லது விபத்தினாலோ நிரந்தரமான சேதமடையலாம். இந்த சூழ்நிலைகளில் மேற்கண்ட குறைபாடுகளை சரிசெய்ய குருத்தணு சிகிச்சை பயன்படும். பார்க்கின்சன் நோய் மற்றும் அல்சீமர் நோய் போன்ற நரம்புச் சிதைவு குறைபாடுகளை குணப்படுத்த நரம்புக் குருத்தணுக்கள் (Neuronal stem cells) பயன்படுத்தப்பட்டு சிதைவடைந்த அல்லது இழந்த நியூரான்களுக்கு பதிலாக பதிலீடு செய்யப்படுகின்றன.

டி.என்.ஏ விரல் ரேகைத் தொழில் நுட்பம்

- மனித ஜீனோம் 3 பில்லியன் கார இணைகளைக் கொண்டது. ஒற்றைக் கரு இரட்டையர்களைத் தவிர எந்த இரு மனிதரின் டி.என்.ஏ அமைவும் ஒன்றாக இருப்பதில்லை என்பது உனக்குத் தெரியுமா? ஒவ்வொரு மனிதரின் டி.என்.ஏ வும் தனித் தன்மை வாய்ந்தது. ஏனெனில் ஒவ்வொரு மனிதரின் டி.என்.ஏ விலும் ஒரு சிறு வேறுபடும் டி.என்.ஏ நியூக்ளியோடைடு வரிசை காணப்படும். எனவே இரு நபர்களின் மரபியல் வேறுபாடுகளை ஒப்பிட டி.என்.ஏ விரல் ரேகைத் தொழில் நுட்பம் எளிதான மற்றும் விரைவான முறையாகும். இம்முறையினை அலக் ஜெ.ப்ரெ என்பவர் வடிவமைத்தார்.
- இம்முறை ஒவ்வொரு தனி மனிதரின் தனித்தன்மை வாய்ந்த டி.என்.ஏ வரிசையமைப்பை பகுத்தாராய்ந்து அந்த நபரின் குறிப்பிட்ட பண்புகளை வெளிக்கொணர்வதால் அந்த நபரை அடையாளம் காண உதவுகின்றது. டி.என்.ஏ வில் உள்ள மாறுபடும் எண்ணிக்கையிலமைந்த தொடர் வரிசை அமைப்பு

(Variable Number Tandem Repeat Sequences - VNTRs), அடையாளம் காண்பதற்கான மூலக்கூறு குறியீடாகத் திகழ்கிறது.

- மனிதரில் 99% டி.என்.ஏ வரிசை தொடர்கள் அனைவருக்கும் பொதுவாகக் காணப்படும். இதற்கு மொத்த ஜீனோமிக் டி.என்.ஏ என்று பெயர். மீதமுள்ள 1% டி.என்.ஏ வின் அளவு மற்றும் நீளம் ஆகியவை வேறுபடுகின்றன.
- மேற்கண்ட படத்தில் AGCT என்ற தொடர், முதல் மனிதரில் 6 முறையும், இரண்டாவது மனிதரில் 5 முறையும், மூன்றாவது மனிதரில் 7 முறையும் திரும்பத் திரும்ப வந்துள்ளது. இதனால் மூன்றாவது மனிதரின் DNA துண்டு மிகப் பெரியதாகவும், அடுத்ததாக, முதல் மனிதரின் DNA துண்டு பெரியதாகவும், அடுத்ததாக, முதல் மனிதரின் DNA துண்டு பெரியதாகவும், இரண்டாவது மனிதரின் DNA துண்டு மூவரில் சிறியதாகவும் காணப்படுகிறது. இதன் மூலம் **சாட்டிலைட் DNA** மனிதனுக்கு மனிதன் வேறுபடுகின்றது என்பது தெளிவாகிறது. DNA வின் பட்டை அமைவு முறை மனிதரிடையே வேறுபாடுகள் உள்ளதைக் காண்பிக்கின்றது.

டி.என்.ஏ விரல் ரேகைத் தொழில்நுட்பத்தின் நடைமுறைப் பயன்பாடுகள்:

1. டி.என்.ஏ விரல் ரேகைத் தொழில்நுட்பமானது தடயவியல் பயன்பாடுகளில் குற்றவாளிகளை அடையாளம் காணப் பயன்படுகிறது. மேலும் இது ஒரு குழந்தையின் தந்தையை அடையாளம் காண்பதில் ஏற்படும் சர்ச்சைகளுக்கு தீர்வு காணவும் பயன்படுகிறது.
2. இது உயிரினத் தொகையின் மரபியல் வேறுபாடுகள், பரிணாமம் மற்றும் இனமாதல் ஆகியவற்றை அறிய உதவுகிறது.

மரபுப் பண்பு மாற்றப்பட்ட உயிரிகள் (GMOs)

- மரபுப் பொறியியலின் ஒரு மிகப் பிரம்மாண்டமான வளர்ச்சி, மரபுப்பண்பு மாற்றப்பட்ட உயிரிகளின் உற்பத்தி ஆகும். மரபுப் பண்பு மாற்றம் என்பது rDNA தொழில்நுட்பம் மூலம் உயிரினங்களில் விரும்பிய பண்புகளை ஏற்படுத்த ஜீனில் மாற்றத்தை ஏற்படுத்துவது அல்லது ஜீன்களை விரும்பியபடி கையாள்வது ஆகும். புதிதாக உள் நுழைக்கப்படும் ஜீன் 'அயல் ஜீன்' எனப்படும். இம்முறையில் மாற்றப்பட்ட ஜீன் அல்லது புதிய ஜீனைப் பெற்ற தாவர, விலங்குகள் மரபுப் பண்பு மாற்றப்பட்ட உயிரிகள் எனப்படும்.
- இவ்விதம் மரபுப் பண்பு மாற்றப்பட்ட தாவரங்கள் அதிக நிலைப்புத் தன்மை, உயர்த்தப்பட்ட உணவூட்ட மதிப்பு, நோய் எதிர்ப்புத் தன்மை மற்றும் மாறுபடும் சுற்றுச் சூழல் நிலைகளுக்குத் தாங்கும் தன்மை கொண்டதாக விளங்குகின்றன. அது போன்றே மரபுப் பண்பு மாற்றப்பட்ட விலங்குகளும் மருத்துவ முக்கியத்துவம் வாய்ந்த புரதங்களை குறைவான செலவில் உற்பத்தி செய்வதன் மூலம் கால்நடைகளின் தர மேம்பாட்டிற்கு உதவுகின்றன.

மரபுப் பண்பு மாற்றம் செய்யப்பட்ட சில தாவரங்கள் மற்றும் விலங்குகளின் விவரங்கள் கீழே தரப்பட்டுள்ளன.

நோக்கம்	புகுத்தப்பட்ட ஜீன்	சாதனை
மேம்படுத்தப்பட்ட கம்பளி தரம் மற்றும் உற்பத்தி	சிஸ்மீன் அமினோ அமிலம் உற்பத்திக்கான ஜீன்கள்	அயல் ஜீனைப் பெற்ற செம்மறி ஆடு (ஜீன் வெளிப்படுத்தப்பட்டது)
மீன்களில் அதிக வளர்ச்சி	சால்மன் அல்லது ரெயின்போ ட்ரெளட் அல்லது திலேப்பியா வளர்ச்சி ஹார்மோன் ஜீன்	அயல் ஜீனைப் பெற்ற மீன் (ஜீன் வெளிப்படுத்தப்பட்டது)
மேம்படுத்தப்பட்ட ஊட்டச்சத்து தரத்திற்கான அரிசி	பீட்டா கரோட்டின் ஜீன் (மனிதர்களில் வைட்டமின் A உற்பத்திக்கு பீட்டா கரோட்டின் ஜீன் தேவை)	“கோல்டன் ரைஸ்” (வைட்டமின் A குறைபாட்டைத் தவிர்க்கும், பீட்டா கரோட்டினை உற்பத்திச் செய்யும் மரபணு மாற்றம் செய்யப்பட்ட அரிசி)
அதிக பயிர் உற்பத்தி	பேசில்லஸ் துரிஞ்சியன்சிஸ் பாக்டீரியாவிலிருந்து பெறப்பட்ட Bt ஜீன் (Bt ஜீன் பூச்சிகளுக்கு எதிரான நச்சுத் தன்மையுடைய புரதத்தை உற்பத்திச் செய்கிறது).	பூச்சி எதிர்ப்புத் திறன் பெற்ற தாவரங்கள் (இத்தாவரங்கள் பூச்சிகளுக்கு எதிரான நச்சுத் தன்மை வாய்ந்த புரதத்தினை உற்பத்தி செய்து, பூச்சித் தாக்குதலைத் தடுக்க வல்லவை).

12th உயிரியல்

பாடம்-4

மரபுக் கடத்தல் கொள்கைகள் மற்றும் மாறுபாடுகள்

- உயிரியலின் ஒரு பிரிவான மரபியல் என்பது மரபுவழி மற்றும் மாறுபாடுகளை பற்றி படிப்பதாகும். ஒவ்வொரு தலைமுறையிலும் உயிரிகளின் பண்புகள் எவ்வாறு பெற்றோர்களிடமிருந்து சந்ததிகளுக்குக் கடத்தப்படுகின்றன என்பதை பற்றி இவ்வியல் விவரிக்கிறது. மரபுக்கடத்தலின் அலகு மரபணு எனப்படும். இது, உயிரிகளின் தனித்தன்மையை நிர்ணயிக்கும் மரபியல் காரணியாகும். சந்ததிகளுக்கும் அவர்தம் பெற்றோர்களுக்கும் இடையிலான வேறுபாட்டு தன்மையின் அளவே மாறுபாடு ஆகும்.
- இப்பாடத்தில் மனித இரத்த வகைகளை மேற்கோளாகக் கொண்டு பஸ்கூட்டு அல்லீல்கள், மனிதனின் பூச்சிகள் மற்றும் பறவைகளில் நடைபெறும் பால்நிர்ணய முறைகள் இ பால் சார்ந்த மரபுக் கடத்தல், மரபியல் நோய்கள், குரோமோசோம் அல்லாத மரபுக் கடத்தல் மற்றும் மனித இனத்தை மேம்பாடு அடைய செய்ய உதவும் முறைகளான இனமேம்பாட்டியல், சூழ்நிலையியல் மற்றும் புறத்தோற்ற மேம்பாட்டியல் ஆகியவை பற்றியும் விளக்கப்பட்டுள்ளன.

பஸ்கூட்டு அல்லீல்கள்(Multiple Alleles)

- மெண்டலிய மரபுக் கடத்தலின் படி அனைத்து மரப்பணுக்களும் இருமாற்று வடிவங்களை கொண்டுள்ளன. அவை ஓங்கிய மற்றும் ஒடுங்கிய அல்லீல்கள் ஆகும். (எ.கா) நெட்டை (T) மற்றும் குட்டை (t). இதில் ஓங்கிய அல்லீல்கள் திடீர் மாற்றம் அடைந்தவை. ஒரு மரபணு பலமுறை திடீர் மாற்றமடைந்து பல மாற்று வடிவங்களை உருவாக்குகிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட உயிரினத்தின் ஒத்த குரோமோசோம்களின் ஒரே மட்டத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட பண்பை கட்டுப்படுத்துகின்ற மூன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட அல்லீல்கள் காணப்பட்டால் அவை பஸ்கூட்டு மரப்புக்கடத்தல் என்றும் அழைக்கப்படுகிறது.

மனித இரத்த வகைகள்

- மனிதனிலும் பஸ்கூட்டு அல்லீல்கள் காணப்படுகின்றன. குறிப்பாக பல்வேறு இரத்தவகைகளின் மரபுக் கடத்தலைக் கூறலாம். எதிர்பொருள் தூண்டிகள் (Antigen) மற்றும் எதிர்பொருள்கள் (Antibody) பற்றி அறிந்துகொள்வதன் மூலம் இரத்தவகையின் மரபுக்கடத்தலை அறிந்து கொள்ள முடியும். இரத்தத்தில் காணப்படும் பகுதி பொருட்கள் அதன் வகைகள் (ABO), இரத்த எதிர்பொருள் தூண்டிகள் மற்றும் எதிர்பொருள்கள் பற்றி நாம் ஏற்கனவே பதினொராம் 7 ஆம் பாடத்தில் பயின்றோம்.

ABO இரத்த வகைகள்

பஸ்கூட்டு அல்லீல்களான ABO இரத்த வகைகளின் மரபுக் கடத்தல்:

- ஒரு மனிதனின் இரத்தம் இன்னொரு மனிதனின் இரத்தத்திலிருந்து வேதிப்பொருட்களின் அடிப்படையில் வேறுபடுகிறது. பொருத்தமில்லாத இரண்டு இரத்த வகைகளை ஒன்றாக கலக்கும்போது அதிலுள்ள இரத்த சிவப்பு செல்கள் ஒன்றுடன் ஒன்று இணைந்து இரத்த செல் திரட்சியை ஏற்படுத்துகின்றன. இரத்த சிவப்பு செல்லின் மேற்புறச்சவ்வு மற்றும் எபிதீலியல் செல்களில் காணப்படும் எதிர்ப்பொருள் தூண்டியின் காரணமாக வேதிப்பொருட்களின் வேறுப்பட்ட தன்மை நிர்ணயிக்கப்படுகிறது. டாக்டர் கார்ல் லேண்ட்ஸ்டெய்னர் என்பவர் மனித இரத்தத்தில் உள்ள RBC யின் புறப்பரப்பில் எதிர்ப்பொருள் தூண்டி A மற்றும் எதிர்ப்பொருள் தூண்டி B என்ற இரண்டு வகையான எதிர்பொருள் தூண்டிகள் இருப்பதைக் கண்டறிந்தார். எதிர்ப்பொருள் தூண்டிகள் இருத்தல் அல்லது இல்லாமலிருத்தலின் அடிப்படையில், A இரத்தவகை, B இரத்தவகை மற்றும் O இரத்தவகை என்ற மூன்று வகையான இரத்தவகைகளை (ABO) அவர் கண்டறிந்தார். இதில் 'O' வகை கொண்டோரை 'பொதுகொடையாளர்கள்' என்பர். 1902 ஆம் ஆண்டு லேண்ட்ஸ்டெய்னருடைய மாணவர்களாகிய வான் டி காஸ்டெல் மற்றும் ஸ்டீர்லி என்பவர்கள் மிகவும் அரிதான AB என்ற நான்காவது இரத்த வகையை (பொதுப் பெறுநர்) கண்டுபிடித்தனர்.
- 1925 இல் பெர்னஸ்டின் என்பவர் மனிதனின் பல்வேறு இரத்தவகைகளின் மரபுக் கடத்தல் பல்பூட்டு அல்லீல்களால் நிர்ணயிக்கப்படுகிறது என கண்டறிந்தார். எந்த ஒரு நபரின் இரத்த வகையையும் நிர்ணயிப்பது குரோமோசோம் -9ல் உள்ள மூன்று அல்லீல்கள் ஆகும். இந்த வகையை கட்டுப்படுத்தும் மரபணு L அல்லது I என குறிப்பிடப்பட்கிறது. (L என்பது கண்டுபிடிப்பாளரான லேண்ட்ஸ்டெய்னரையும் I என்பது ஐஸோஅக்ரூட்டிசைசனையும் குறிக்கும்) மரபணு I ஆனது I^A, I^B, I^O என்ற மூன்று அல்லீல் வடிவங்களை கொண்டுள்ளது. I^A அல்லீல் எதிர்பொருள் தூண்டி -A யையும் I^B அல்லீல் எதிர்பொருள் தூண்டி B யையும் குறிக்கிறது. ஆனால் I^O அல்லீல் எந்த ஒரு எதிர்ப்பொருள் தூண்டியையும் குறிக்கவில்லை. சிலரின் கண்ணீர் மற்றும் உமிழ்நீர் போன்ற உடல் திரவத்தில் எதிர்ப்பொருள் தூண்டிகள் காணப்படும். அவர்கள் சுரப்பாளர்கள் என அழைக்கப்படுகின்றனர்.
- ஒவ்வொரு I^A மற்றும் I^B அல்லீலும் டிரான்ஸ்பெரேஸ் நொதியினை உற்பத்தி செய்கின்றது. I^A அல்லீல் N அசிடல்கேலக்டோசமைனைச் (NAG) சேர்க்கிறது. I^B அல்லீல் கேலக்டோஸ் டிரான்ஸ்பெரேஸ் நொதியை சுரந்து கேலக்டோசை ஹர்' பொருள் எனப்படும் மூலப்பொருளோடு சேர்க்கிறது.

ABO இரத்த வகைகளின் மரபியல் அடிப்படை

மரபுவகை	ABO இரத்த வகைகளின் புறத்தோற்றம்	இரத்த சிவப்பணு காணப்படும் எதிர்ப்பொருள் தூண்டிகள் (Antigen)	மீது காணப்படும் எதிர்ப்பொருள்கள் (Antibody)
$I^A I^A$	A வகை	A வகை	எதிர் - B

$I^A I^O$	A வகை	A வகை	எதிர் - B
$I^B I^B$	B வகை	B வகை	எதிர் - A
$I^B I^O$	B வகை	B வகை	எதிர் - A
$I^A I^B$	AB வகை	A மற்றும் B வகை	எதிர்ப்பொருட்கள் இல்லை
$I^O I^O$	O வகை	எதிர்ப்பொருள்தூண்டி இல்லை	எதிர் A மற்றும் B எதிர்

- $I^O \therefore I^O$ அல்லல் டிரான்ஸ்பெரேஸ் நொதி எதையும் சுரப்பதில்லை எனவே வெற்று அல்லல் (Null allele) என்று அழைக்கப்படுகின்றன. மேலும் இவையேயு அல்லது கேலக்டோசை மூலப்பொருளுடன் சேர்ப்பதில்லை.
- புறத்தோற்ற விகித்தில் I^A மற்றும் I^B அல்லல்கள் I^O விற்கு ஒங்கிய தன்மையை கொண்டிருக்கின்றன. ஆனால் இவை இரண்டும் ஒன்றுக்கொன்று ஒங்குதன்மையுடன் ($I^A = I^B$)
- இருப்பதால் இது ‘இணை ஒங்குதன்மை’ என அழைக்கப்படுகிறது. இவற்றின் ஒங்கு பண்புசார்ந்த படிநிலை $I^A = I^B, I^O$ (ஹெமொசைகோட்டிபைஸ்) குழந்தைகள் தங்கள் பெற்றோர்களிடமிருந்து இந்த மூன்று அல்லல்களில் ஏதேனும் ஒன்றைப் பெறுகின்றன. இதனால் ஆறுவகையான மரபணு வகைகளும் நான்குவகையான இரத்தவகைகளும் (புறத்தோற்ற ஆக்கமும்) உருவாகின்றன. $I^A I^A, I^A I^O, I^B I^B, I^B I^O, I^A I^B, I^O I^O$ என்ற ஆறுவகையான மரபு வகைகளை சேய் உயிரிகள் கொண்டுள்ளன.

ரீசஸ் அல்லது சா காரணி

- Rh காரணி அல்லது Rh எதிர்ப்பொருள் தூண்டி இரத்த சிவப்பணுக்களின் மேற்பரப்பில் காணப்படுகின்றன. 1940ல் கார்ல் லேண்ட்ஸ்டெய்னர் மற்றும் அலெக்சாண்டர் வெய்னர் ஆகிய இருவரும் முதலில் மகாகாரீசஸ் என்னும் ரீசஸ் குரங்குகளிலும் பிறகு மனிதனிலும் இதனை கண்டுபிடித்தனர். Rh காரணி என்ற வார்த்தை தடுப்பாற்றல் தருகின்ற D (இம்யூனோஜெனிக் D) எதிர்பொருள் தூண்டியைக் குறிக்கிறது. D எதிர்பொருள் தூண்டியை பெற்றிருப்பவர் Rh D உடையோர் (Rh+) என்றும் D எதிர்ப்பொருள் தூண்டி அற்றவர் Rh D அற்றோர் (Rh-) என்றும் அழைக்கப்படுவர். இரத்தத்தில் காணப்படும் ரீசஸ் காரணியானது ஒங்கு பண்பாக மரபுவழி கடத்தப்படுகிறது. இயற்கையாகவே அனைவரின் பிளாஸ்மாவிலும் Dக்கு எதிரான எதிர்ப்பொருள்கள் இருப்பதில்லை. Rh-(Rh அற்றோர்) இரத்தம் Rh+ (Rh-Dஉடையோர்) இரத்தத்தோடு தொடர்பு ஏற்படுகிறபோது அவர்கள் இரத்தத்தில் Dக்கு எதிரான எதிர்ப்பொருள் உருவாகின்றது. ஆனால் Rh உடையோர் Rh அற்றோரின் இரத்தத்தைப் பெறும்போது எவ்வித விளைவுகளும் உண்டாவதில்லை.

Rh காரணியின் மரபுவழிக் கட்டுப்பாடு (Genetic Control of Rh Factor)

- Rh காரணியின் மூன்று வெவ்வேறு அல்லீல் இணைகள், குரோமோசோம் இணைகளின் நெருக்கமான மூன்று வெவ்வேறு இடங்களில் அமைந்துள்ளன. இன்றைய பயன்பாட்டில் இரத்த அமைப்பு பொதுவாக ஊனந் என்ற பெயர்களில் பயன்படுத்தப்படுகிறது.
- ∴பிஷர் மற்றும் ரேஸ் கருதுகோள் - Rh இரத்தவகை - அமைப்பொத்த குரோமோசோம் இணை 1(3 இருப்பிடங்கள் மற்றும் ஒவ்வொரு இடத்திலும் 2 அல்லீல்கள் நிலையை உணர்த்துதல்).
- மூன்று Rh அல்லீல் இணைகள் (Cc,Dd,Ee) அமைப்பொத்த குரோமோசோம் இணை-1ல் மூன்று வெவ்வேறு அமைவிடங்களில் உள்ளன. ஒவ்வொரு குரோமோசோமும் ஒரு C அல்லது c, ஒரு D அல்லது d, ஒரு E அல்லது e வாய்ப்புக்கான மரபுவகையைப் பெற்றிருக்கும். எடுத்துக்காட்டு CDE/cde, Cde/cDe, cde/cde, CDe/CdE போன்றவை. அனைத்து மரபு வகைகளிலும் உள்ள ஒங்கிய D அல்லீல்கள் Rh⁺ (உடையோர்) புறத்தோற்ற வகையை உருவாக்குகின்றன. அதே போல் இரண்டு ஒடுங்கிய பண்பு கொண்ட மரபுவகையில் (dd) அல்லீல்கள் புறத்தோற்ற வகையை உற்பத்தி செய்கின்றன.

வய்னரின் கருதுகோள்

- ஒரு சானுடைய இருப்பிடத்தில் எட்டு அல்லீல்கள் ($R^1, R^2, R^0, R^2, r, r^1, r^{11}, r^1$) இருக்கின்றன என்ற கருத்தை வெய்னர் முன்மொழிந்தார். ஒங்கிய R அல்லீல்களைக் கொண்ட அனைத்து மரபுவகைகளும் (R^1, R^2, R^0, R^2) R⁺ புறத்தோற்ற வகையை உற்பத்தி செய்கின்றன. அதேபோல் இரண்டு ஒடுங்கிய பண்பு கொண்ட அனைத்து மரபுவகையும் ($r r, r r^1$ இர $r r^{11}$ இர $r y$) Rh⁻ புறத்தோற்றத்தை உற்பத்தி செய்கின்றன.

Rh காரணியின் இணக்கமின்மை வளர்கரு இரத்த சிவப்பணு சிதைவு நேகய்(எரித்ரோபிளாஸ்டோசிஸ்) ∴பீடாலிஸ்- (Erythroblastosis foetalis)

- Rh இணக்கமின்மையானது பிள்ளை பேற்றின் மீது பெரும் முக்கியத்துவத்தை கொண்டுள்ளது. ஒரு Rh⁻ பெண் ஒரு Rh⁺ ஆணை மணந்துக்கொள்ளும் போது அவர்களின் குழந்தை Rh⁺ வாக இருக்கும். இதற்கு தந்தையிடம் இருந்து பெற்ற காரணியே காரணமாகும். இந்த Rh⁻ தாய் தன் உடலின் Rh⁺ குழந்தையை சுமக்கும்போது உணர்வாக்கம் பெறுகிறார். குழந்தை பிறப்பின் போது இரத்தக்குழாய்களில் ஏற்படும் சேதத்தால் தாயின் நோய்த் தடைகாப்பு மண்டலம் Rh எதிர்பொருள் தூண்டிகளை அடையாளம் காண்கின்றன. இதன் விளைவாக Rh எதிர்பொருட்கள் உற்பத்தியாகின்றன. இதனால் உண்டான IgG வகை எதிர்ப்பொருட்கள் மிக சிறியதாக உள்ளதால் அவை தாய்சேய் இணைப்பு திசு (Placenta) வழியாக ஊடுருவி கருவின் இரத்த ஓட்டத்தில் கலக்கின்றன. தாய் உணர்வாக்கம் பெற்று D-எதிர்ப்பொருட்கள் உற்பத்தியாகும் நேரத்தில் குழந்தை பிறந்துவிடும். இதனால் முதல் குழந்தை பிறக்கும் வரை Rh⁺ எதிர்பொருள்

தூண்டிக்கெதிராக தாய் எவ்வித பாதிப்பையும் ஏற்படுத்துவதில்லை. மாறாக அதே தாய் அடுத்தடுத்த Rh^+ எதிர்பொருள் தூண்டிகளைக் கொண்ட கருவைச் சுமக்கின்ற போது அவைகளுக்கெதிராக தாய் உடலானது எதிர்பொருட்களை உற்பத்தி செய்கின்றது. இந்த எதிர்பொருட்கள் தாய் சேய் இணைப்புதிசு மூலம் கருவின் இரத்த சிவப்பணுக்களை அழிக்கின்றன. இதன் விளைவாக இரத்த சோகை மற்றும் மஞ்சள் காமாலை உண்டாகின்றது. இந்நிலை வளர்கரு இரத்த சிவப்பணு சிதைவு நோய் அல்லது சிசு ஹீமோலைடிக் நோய் (HDN) என அழைக்கப்படுகிறது.

வளர்கரு இரத்த சிவப்பணு சிதைவு நோயை தடுக்கும் முறை

- Rh^- தாய் Rh^+ குழந்தையை சுமக்கும் போது D-எதிர்ப்பொருட்களை எதிர்க்க வல்ல பொருளை (Anti D யவெழைமுனை) 28வது வாரமும் 34 வாரமும் கருவுற்ற தாய்க்கு தடுப்பு நடவடிக்கையாக கொடுக்கப்படுகிறது. Rh^- தாய் Rh^+ குழந்தையை பெற்றெடுத்தால் குழந்தை பிறந்த உடனே Dஎதிர்ப்பொருட்களை எதிர்க்க வல்ல பொருளை (Anti D antibodies) தாய்க்கு கொடுக்க வேண்டும். இதனால் இயல்பான நோய் தடைக்காப்பு உருவாவதுடன் கருவின் சிவப்பணுக்களை அழிக்கின்ற D எதிர்பொருள் தாயின் உடலில் உருவாவது தடுக்கப்படுகிறது. மேலும் தாய் கர்ப்பம் தரிக்கும் போதெல்லாம் இம்முறையை மேற்கொள்ள வேண்டும்.

பால் நிர்ணயம் (Sex determination)

- பால் நிர்ணயம் என்பது உயிரினங்களிடையே ஆண், பெண் வேறுபாடுகளை உருவாக்குகின்ற முறைகளாகும். பால் குரோமோசோம்கள் ஒரு பாலின (Dioecious or Unisexual) உயிரிகளில் பாலினத்தை நிர்ணயிக்கின்றன. பால் குரோமோசோம்கள் தவிர மீதமுள்ள அனைத்தும் உடல் குரோமோசோம்கள் (Autosomes) என அழைக்கப்படுகின்றன. பால் குரோமோசோம்கள் ஒரு பாலினத்தில் உருவம் ஒத்த குரோமோசோம் அமைப்பையும் (Homomrophic) மற்றொரு பாலினத்தில் உருவம் வேறுபட்ட குரோமோசோம் அமைப்பையும் (Heteromorphic) கொண்டுள்ளன. ஒத்த பால் குரோமோசோம்கள் கொண்ட பாலினத்தில் ஒரே வகையான (Homogametic) இனச்செல்கள் உற்பத்தியாகின்றன. வேறுபட்ட குரோமோசோம்களை (Heterogametic) கொண்ட பாலினத்தில் இரண்டு வகையான இனச்செல்கள் உற்பத்தியாகின்றன.

Y குரோமோசோம்: மனித Y குரோமோசோமின் அளவு 60ஆடி ஆகும். இதனுள் 60 மரபணுக்கள் செயல்படும் நிலையில் உள்ளன. அதேபோல் 165 ஆடி அளவுள்ள X குரோமோசோமில் 1000 மரபணுக்கள் உள்ளன.

குரோமோசோம் அடிப்படையிலான பால் நிர்ணயம்

- வேறுபட்ட இனச்செல் (Heterogametic) வகை பால் நிர்ணயம் வேறுபட்ட இனச்செல் பால் நிர்ணயத்தில் ஒரு பாலின உயிரி வேறுபட்ட

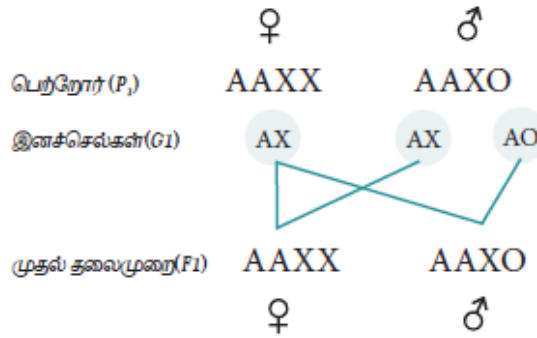
இனச்செல்களையும் உற்பத்தி செய்கின்றன. இதில் சேய் உயிரிகளின் பால், கருவுறுதலின் போது நிர்ணயிக்கப்படுகிறது.

வேறுபட்ட இனச்செல் ஆண் (Heterogametic male)

- இம்முறையில், ஆண் உயிரிகள் வேறுபட்ட இனச்செல்களை உற்பத்தி செய்கின்றன. பெண் உயிரிகள் ஒத்த இனச்செல்களை உற்பத்தி செய்கின்றன. இதனை XX-XO மற்றும் XX-XY வகை என இரண்டு வகையாக பிரிக்கலாம்.

XX-XO வகை

- இவ்வகை கால்நிர்ணயம், மூட்டை பூச்சிகள் மற்றும் பூச்சிகளான கரப்பான் பூச்சிகள் மற்றும் வெட்டுக்கிளிகளில் காணப்படுகின்றன. பெண் உயிரிகள் இரண்டு X குரோமோசோம்களை கொண்டு ஒத்த இனச்செல் (XX) (Homogametic sex), முறையிலும் ஆண் உயிரிகள் ஒரு X குரோமோசோமை கொண்டு வேறுபட்ட இனச்செல் (XO) (Heterogametic sex) முறையிலும் பால் நிர்ணயம் செய்கின்றன. இணை இல்லாமல் இருக்கும் X குரோமோசோம் ஆண் பாலினத்தை நிர்ணயிக்கின்றது.



XX-XO வகை பால் நிர்ணயம்

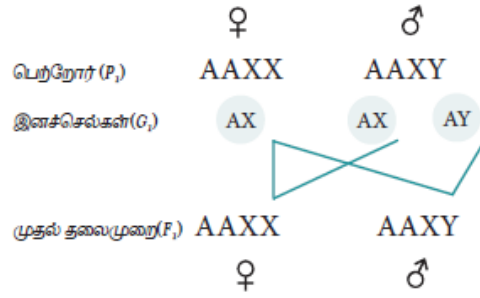
- இணை இல்லாத X குரோமோசோம் கொண்ட ஆணிலிருந்து இரண்டு வகையான விந்துச் செல்கள் உருவாகின்றன. அதாவது விந்து செல்களில் ஒரு பாதி X குரோமோசோமை கொண்டு மற்ற பாதி X குரோமோசோம் அற்றும் காணப்படுகின்றன. இவற்றில் எந்த விந்து செல், அண்ட செல்லை கருவுறச் செய்கிறது என்பதைப் பொறுத்து சேய் உயிரியின் பால் நிர்ணயிக்கப்படுகிறது.

XX-XYவகை(லைகேயஸ் வகை)

- இவ்வகையான பால்நிர்ணயம் மனிதன் மற்றும் பழப்பூச்சி (Drosophila) களில் காணப்படுகின்றன. இதில் பெண் உயிரிகள் இரண்டு X குரோமோசோம்களை கொண்டு ஒத்த இனச்செல் பண்பையும் ஆண் உயிரிகள் ஒரு X மற்றும் ஒரு Y குரோமோசோம்களைக் கொண்டு வேறுபட்ட இனச்செல் பண்பையும் பெற்றுள்ளன. ஒத்த இனச்செல்களை கொண்ட பெண் உயிரிகள் ஒரே

வகையான முட்டையை உற்பத்தி செய்கின்றன. அவைகள் ஒவ்வொன்றும் ஒரு X குரோமோசோமை மட்டுமே கொண்டுள்ளன. வேறுபட்ட இனச்செல்களை கொண்ட பெண் உயிரிகள் ஒரே வகையான முட்டையை உற்பத்தி செய்கின்றன. இவற்றில் சில X குரோமோசோம்களையும் சில Y குரோமோசோம்களையும் கொண்டுள்ளன. கருவுறச் செய்யக் கூடிய விந்துசெல்லின் வகையை கருக்களின் பாலினத்தை நிர்ணயம் செய்கிறது.

எடுத்துக்காட்டாக முட்டை, X குரோமோசோமை கொண்ட விந்து செல்லால் கருவுற்றால் அவை பெண் விந்து வெல்லால் கருவுற்றால் அவை ஆண் உயிரியாகவும் மாறுகின்றன.



ஒல-ஒலு வகை பால் நிர்ணயம்

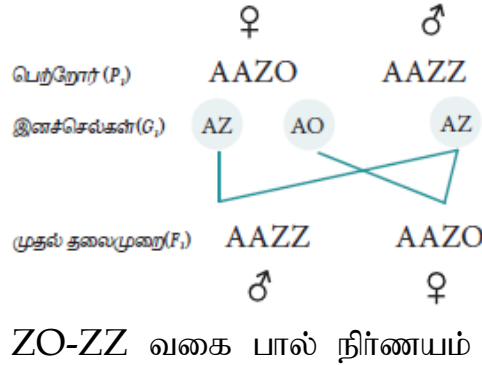
வேறுபட்ட இனச்செல் பெண் உயிரிகள் (Heterogametic Female)

- இவ்வகையான பால் நிர்ணயத்தில் சில பூச்சிகள் மற்றும் சில முதுகெலும்பிகளான மீன்கள் ஊர்வன மற்றும் பறவைகள் இவைகளைச் சேர்ந்த ஆண் உயிரிகள் இரண்டு X குரோமோசோம்களை பெற்றிருக்கின்றன. எனவே இவை ஒத்த இனச்செல்களை உருவாக்குகின்றன. பெண் உயிரிகள் ஒரு X குரோமோசோமை மட்டும் அல்லது X-குரோமோசோமுடன் ஒரு Y-குரோமோசோமை கொண்டுள்ளன எனவே பெண் உயிரிகள் வேறுபட்ட இனச்செல் முறையில் இரண்டு வகையான முட்டைகளை உருவாக்குகின்றன. ஏற்கனவே வேறுபட்ட இனச்செல் ஆண் உயிரிகளில் XX-XO மற்றும் XX-XY வகையில் X மற்றும் Y எழுத்துக்கள் பயன்படுத்தப்பட்டதால் இப்போது குழப்பத்தை தவிர்க்க வேறுபட்ட இனச்செல் பெண்களில் Z மற்றும் W எழுத்து முறையே ஒரேயுக்கு ஈடாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. வேறுபட்ட இனச்செல் பெண்களில் ZO-ZZ மற்றும் ZW-ZZ ஆகிய இரண்டு வகையான முட்டைகள் காணப்படுகின்றன.

ZO-ZZ வகை

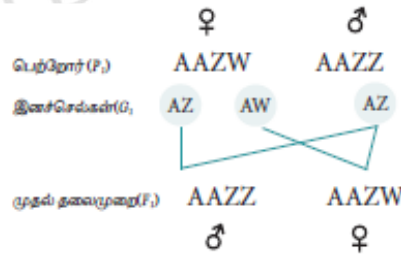
- இவ்வகையான பால் நிர்ணயம் சில அந்திப்பூச்சிகள், வண்ணத்துப் பூச்சிகள் மற்றும் வீட்டுக்கோழிகளில் காணப்படுகின்றன. இவ்வகை பெண் உயிரிகளின் உடல்செல்களில் ஒரு 'Z' குரோமோசோம் மட்டும் உள்ளது. இவை வேறுபட்ட இனச் செல்வகை (ZO) ஆதலால், இரண்டு வகையான முட்டைகளை உற்பத்தி செய்கின்றன. சில முட்டைகள் Z குரோமோசோம் உடனும் அற்றும் (O)

காணப்படுகின்றன. அதே போல் ஒத்த இனச்செல் வகையான ஆண் உயிரிகள் இரண்டு Z குரோமோசோம்களை கொண்டுள்ளன (ZZ).



ZW-ZZ வகை

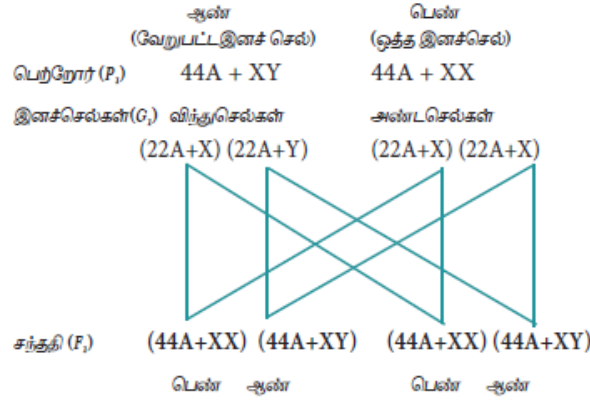
- இவ்வகையான பால்நிர்ணயம் சில பூச்சிகள் (ஜிப்சி அந்திப்பூச்சி) மற்றும் முதுகு நாண் உயிரிகளான சில மீன்களில் ஊர்வன மற்றும் பறவைகளில் காணப்படுகின்றன. இவைகளின் பெண் உயிரிகள் ஒரு Z குரோமோசோமையும் W குரோமோசோமையும் பெற்றுள்ளன (ZW). ஆகவே அவை இரண்டு வகையான முட்டைகளை உற்பத்தி செய்கின்றன. அதில் Z குரோமோசோமையும் மற்றும் சில W குரோமோசோமையும் கொண்டுள்ளன. ஆண் உயிரிகளின் உடல் செல்களில் இரண்டு குரோமோசோம்கள் உள்ளன. இவற்றின் இனச்செல் ஆக்கத்தின் போது ஒரே வகையான விந்து செல்கள் ஒத்த இனச்செல் (ZZ) முறையில் உற்பத்தியாகின்றன.



மனிதனில் பால் நிர்ணயம்

- மனிதனில் பால் நிர்ணயம் செய்யும் மரபணுக்கள் இரண்டு பால் குரோமோசோம்களில் உள்ளன. இக்குரோமோசோம்களுக்கு பால்குரோமோசோம்கள் அல்லது அல்லோசோம்கள் என்று பெயர். பாலூட்டிகளில் பால் நிர்ணயமானது இரண்டு பாலினத்திலும் உள்ள பால் குரோமோசோம்களின் வேறுபாட்டை அடிப்படையாகக் கொண்டு அமைகின்றது. எடுத்துக்காட்டாக பெண்கள் அமைகின்றது. எடுத்துக்காட்டாக இ பெண்கள் XX குரோமோசோம்களையும் ஆண்கள் XY குரோமோசோம்களையும் கொண்டுள்ளனர். மனிதனில் மொத்தம் 23 இணை குரோமோசோம்கள் உள்ளன. அதில் 22 இணை உடல் குரோமோசோம்களும் (44A) ஓர் இணை பால்

குரோமோசோம்களும் (XX அல்லது YY) அடங்கும். பெண்கள் ஒத்த இனச்செல் பண்பு கொண்ட ஒரே வகையான அண்டசெல்லை (இனச்செல்) உருவாக்குகின்றனர். ஒவ்வொரு அண்டசெல்லிலும் ஒரு X குரோமோசோம் மட்டுமே காணப்படும். மாறாக வேறுபட்ட இனச்செல்களை உருவாக்கும் ஆண்கள் இரு வேறுவகை விந்துச்செல்களை அதாவது X மற்றும் Y குரோமோசோம்களைக் கொண்ட விந்து செல்களை உருவாக்குகின்றனர். இதைப்போன்றே, பழப்பூச்சியின் பால் குரோமோசோம்களின் அமைப்பும் மனிதனை போன்றே XX-XY என்று தன்னியல்பாய் பரிணமித்துள்ளது.



மனிதனில் பால் நிர்ணயம்

Y குரோமோசோம் மற்றும் ஆண்களின் வளர்ச்சி

- Y குரோமோசோமில் பல மரபணுக்கள் இருப்பதையும் அப்பகுதிகள் ஆற்றல் மிக்க மரபியல் பணிகளை வெளிப்படுத்தும் திறன் கொண்டவை என்றும் Y குரோமோசோம் பற்றிய தற்போதைய ஆய்வுகள் தெரியப்படுத்துகின்றன. X குரோமோசோமில் இம்மரபணுக்களுக்கான ஒத்த எதிர் இணைகள் இருக்கலாம் அல்லது இல்லாமலும் இருக்கலாம். Y குரோமோசோமின் இருமுனைகளிலும் போலி உடல் குரோமோசோம் பகுதிகள் உள்ளன (5%) (pseudautosomal regions). இதற்கு இணையான பகுதிகள் X குரோமோசோமிலும் உள்ளன. இப்பகுதியில் குன்றல் பகுப்பின் குறுக்கெதிர்மாற்றமும் மறுஇணைவு நடைபெறுகின்றன. மீதம் உள்ள 95% Y குரோசோமினுடைய பகுதிகள் இணையா Y பகுதியாகும் (NRY). இந்த இணையா Y பகுதிகள் செயல்படும் மரபணுக்கள் (Euchromatic) பகுதி மற்றும் செயல்படா மரபணுக்கள் (Heterochromatic) பகுதி என இரண்டு சமமான பகுதிகளாக பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. செயல்படும் மரபணு பகுதியில் பால் நிர்ணயப்பகுதி Y என்னும் (Sex determining region-SRY) மரபணு உள்ளது. மனிதனில் Y குரோமோசோம் இல்லாநிலையில் தவிர்க்க முடியாமல் பெண் உயிராக வளர்ச்சி அடைய வழிவகுக்கிறது. பால் நிர்ணய மரபணுப்பகுதி X குரோமோசோமில் கிடையாது. இந்த பால் நிர்ணயப்பகுதி Y யின் மரபணு விளைபொருள் முதிர்ந்த ஆணின் விந்தகத்தில் காணப்படும் விந்தக நிர்ணயக் காரணியாகும்.

பழப்புச்சிகளில் மரபணு சமநிலை

- C.B. பிரிட்ஜஸ் என்பவர் முதன் முதலில் பழப்புச்சிகளில் மரபணு சமநிலை மூலம் பால் நிர்ணயிக்கப்படுவதைக் கண்டறிந்தார். ஆண்பாலினத்தின் கருவுறுதல் திறனுக்கு Y குரோமோசோம்கள் தேவையானதாகும். ஆனால் அது ஆண் பாலினத்தை நிர்ணயிப்பதில்லை. பெண் பழப்புச்சியில் பெண் தன்மைக்கான மரபணுக்கள் உடல் குரோமோசோம்களில் உள்ளன.
- மரபியலாளரான பிரிட்ஜஸ் தன் ஆராய்ச்சியில் மும்மய (3n) தன்மை கொண்ட பெண் பழப்புச்சியுடன் இயல்பான ஆண் பூச்சியை கலப்பு செய்த போது உருவான சேய் உயிரிகளில் பால் மற்றும் உடல் குரோமோசோம்களில் பலவகை புதிய இணைவுகளைக் கண்டறிந்தார். 1921ல் நடத்தப்பட்ட இச்சோதனைகளில் கிடைத்த முடிவுகளின் அடிப்படையில் பழப்புச்சியின் X குரோமோசோமில் உள்ள பெண் தன்மைக்கான மரபணுக்களும் உடல் குரோமோசோம்களில் உள்ள ஆண் தன்மைக்கான மரபணுக்களும் இடையேயான மரபுச் சமநிலையே இப்பூச்சிகளில் பாலினத்தை நிர்ணயிக்கிறது என பிரிட்ஜஸ் கண்டறிந்தார். எனவே பழப்புச்சியில் உடல் குரோமோசோம்களின் தொகுதிக்கும் X குரோமோசோமுக்கும் இடையே காணும் விகிதமே பாலினத்தை நிர்ணயிக்கின்றன. இவ்விகிதமே பால் குறியீட்டின் எண் எனப்படுகிறது. இதனை கீழ்க்கண்டவாறு வெளிப்படுத்தலாம்.

$$\text{பால் குறியீட்டு எண்} = \frac{X \text{ குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கை}}{\text{உடல் குரோமோசோம் தொகுதிகளின் எண்ணிக்கை}} \left(\frac{X}{A} \right)$$

- குறியீட்டு எண்ணில் ஏற்படுகின்ற மாற்றம், உயிரிகளின் புறத்தோற்ற பால் பண்பில் வெளிப்படுகிறது. மும்மய பெண் பழப்புச்சியை (3A:3X) இரட்டைமய ஆணுடன் (2A:Xy) கலப்புசெய்த ஆய்வின் முடிவுகள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. மும்மய (3A:XXX) பெண் பூச்சிக்கும் இரட்டைமய (2A:XY) ஆண் பூச்சிக்கும் இடையே செய்யப்பட்ட பிரிட்ஜஸின் கலப்பு ஆய்வு முடிவு.

ஆண்.:பெண்	A+X	A+Y
2A+XX	3A+XXX மும்மய பெண்	3A+XXY மும்மய இடைபால் உயிரி
2A+X	3A+XX மும்மய இடைபால் உயிரி	3A+XY மிகை ஆண்
A+XX	2A+XXX மிகை பெண்	2A+XXY இரட்டை மய பெண்
A+X	2A+XX இரட்டை மய பெண்	2A+XY இரட்டை மய ஆண்

- X : A வின் குறியீட்டு எண் 1.00 எனில் அவ்வயிரிகள் இயல்பான பெண்களாக உள்ளன. குறியீட்டு எண் 1.00க்கு மேல் எவ்வளவு கூடினாலும் அவை பெண்களாகவே உள்ளன. குறியீட்டு எண் 0.50 என இருந்தால் அவை இயல்பான ஆண்களாக உள்ளன. மேலும் இம்மதிப்பு 0.50க்கு எவ்வளவு குறைவாக இருந்தாலும் அவை ஆண்களாகவே உள்ளன. குறியீட்டு எண் 0.67 ஆக இருந்தால் இடைபால் உயிரியாக உள்ளன. மிகை ஆண்களுக்கான குறியீட்டு எண் 0.33 ஆகவும் மிகை பெண்களின் குறியீட்டு எண் 1.50 ஆகவும் உள்ளன. இவ்விருவகை உயிரிகளும் வலிமையற்ற மலடுகளாக உள்ளன.

X-குரோமோசோமை ஹென்கிங் என்பவர் 1981 ஆம் ஆண்டு கண்டுபிடித்தார்.
Y-குரோமோசோமை ஸ்டீவன்ஸ் என்பவர் 1902ல் கண்டுபிடித்தார்.

- பலப்பூச்சிகளில் பெண் தன்மை வளர்ச்சியை பால் மாற்றி மரபணு (Sex switch gene) வழிநடத்துகின்றன. இந்த பால் கொல்லி மரபணு (SXL)X குரோமோசோமில் காணப்படுகின்றது.
- பால் கொல்லி மரபணு இரண்டு வகையான நிலைகளைக் கொண்டுள்ளன. இவ்வகையான மரபணு செயல்படும் நிலையில் (திறக்கும் போது) பெண் தன்மை வளர்ச்சியையும் செயல்படாதநிலையில் (மூடுகின்ற போது) ஆண் தன்மை வளர்ச்சியையும் வழிநடத்துகின்றது. மேலும் X குரோமோசோமில்லும் உடல் குரோமோசோமில்லும் உள்ள வேறு சில மரபணுக்கள் பால் மாற்றி மரபணுக்களை கட்டுப்படுத்துகின்றன.
- பழப்பூச்சிகளில் ஆண் தன்மை உருவாவதற்கு Y குரோமோசோமின் இருப்பு கட்டாயமாகும்.

இருபால் உருவம் (Gynandromorph)

- இவ்வகையான உயிரினங்களின் சில உடல் பகுதிகள் ஆண் பண்புகளையும் மற்ற சில உடல் பகுதிகள் பெண் பண்புகளையும் வெளிப்படுத்துகின்றன. ஆண் மற்றும் பெண் மரபுவகைகளைக் கொண்ட திசுக்களால் இவ்வகை உயிரிகள் உடலாக்கம் பெற்றுள்ளன (மொசைக் தன்மை).

அளவு ஈடுசெய்தல்-பார் உறுப்புகள் (Dosage Compensation - Barr Body)

- 1949 ஆம் ஆண்டு பார் மற்றும் பெர்ட்ரம் ஆகிய இருவரும் பெண் பூணையின் நரம்பு செல்லில் ஒரு அடர்த்தியான உறுப்பை கண்டறிந்தனர். அவை ஆண் பூணையில் காணப்படுவதில்லை. இந்த அடர்த்தியான உறுப்பை பால் குரோமேட்டின் (Sex chromatin) என்று அழைத்தார்கள். பின்னர் பார் உறுப்புகள் என அழைக்கப்பட்டன. XY குரோமோசோம் வகை பால் நிர்ணயித்தலில் ஆண் உயிரிகள் ஒரு X குரோமோசோமையும் பெண் உயிரிகள் இரண்டு X குரோமோசோம்களையும் கொண்டுள்ளன. பாலினத்திற்கு இடையேயான இந்த அளவீட்டு வேறுபாட்டை உயிரினம்

எப்படி ஈடு செய்கிறது என்கிற வினா எழுகிறது. பாலூட்டிகளின் பெண் உயிரிகளில் ஒரு X குரோமோசோம் மட்டுமே செயல்படுகின்றன. இன்னொரு X குரோமோசோம் செயல்படாமல் இருப்பதால் அளவீடுகளின் வேறுபாட்டை ஈடுசெய்து கொள்கின்றன. இதனால் ஆண் மற்றும் பெண் ஆகிய இரு பாலின உயிரிகளிலும் ஒரு செல்லுக்கு ஒரு 'X' குரோமோசோம் மட்டுமே செயல்திறன் பெற்றுள்ளது.

- செயலற்ற குரோமோசோமே பார் உடல்களாக உள்ளன என மேரி லியோன் முன்மொழிந்தார். இவை பெண் உயிரிகளில் மிக நெருக்கமாக சுருண்டு குரோமேட்டினின் காணத்தக்க வடிவமான ஹெட்டிரோ குரோமேட்டின் ஆக மாறுகிறது. (லையான் கருது கோள் - Lyon's அலிழ்வாநளனை). ஒரு செல்லில் உள்ள பார் உறுப்பின் எண்ணிக்கை அச்செல்லில் உள்ள X குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கையை விட ஒன்று குறைவாகும். ஒழு வகை ஆண் உயிரிகள் ஒரு பார் உறுப்பை பெற்றுள்ளன.

பார் உறுப்புகளின் எண்ணிக்கை N- விதியைப் பின்பற்றுகிறது. N-1 விதியில் (N லிருந்து ஒன்றை கழித்தல் விதி) N என்பது செல்லில் உள்ள X குரோமோசோம்களின் மொத்த எண்ணிக்கை ஆகும்.

தேனீக்களின் ஒற்றைமய - இரட்டைமய நிலை:

- ஹைமனோப்டிரா வகையைச் சேர்ந்த பூச்சிகளான தேனீக்கள், எறும்புகள் மற்றும் குளவிகளில் பொதுவாக ஒற்றைமய - இரட்டைமய முறையில் பால் நிர்ணயம் நடைபெறுகின்றது. இம்முறையில் சேய் உயிரிகளின் பாலினம், அவை பெறுகிற குரோமோசோம் தொகுதியின் எண்ணிக்கையை பொறுத்து நிர்ணயிக்கப்படுகிறது. கருவுற்ற முட்டைகள் பெண் உயிரிகளாகவும் (இராணி மற்றும் வேலைக்கார தேனீக்கள்) கருவுறாத முட்டைகள் ஆண் தேனீக்களாக கன்னி இனப்பெருக்க முறையிலும் (Parthenogenesis) வளர்ச்சியடைகின்றன. ஆண் தேனீக்களில் குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கை பாதியளவே உள்ளன (ஒற்றைமயம்). பெண் தேனீக்களில் குரோமோசோம்கள் இரு மடங்காக உள்ளன (இரட்டைமயம்). இதனால் இம்முறை பால் நிர்ணயம் என அழைக்கப்படுகிறது.
- இவ்வகையான பால் நிர்ணயம் தேனீக்களின் சமூக வாழ்க்கை பரிணாமத்திற்கு வழிவகுக்குகின்றன. ஒரு இரட்டைமய தன்மை கொண்ட தேனீ இராணித் தேனீயாகி கூட்டத்திற்கான முட்டைகளை இடுகின்றன. கருவுற்ற முட்டையில் இருந்து உருவாகும் பிற பெண் தேனீக்கள் இராணித் தேனீ இடும் முட்டைகளை பராமரிப்பதற்கும் அதன் இனப்பெருக்க வெற்றிக்கும் மறைமுகமாக தங்களுக்காகவும் பங்களிக்கின்றன. எனவே இத்தகைய நிகழ்வு உறவினர் தேர்வு (Kin selection) என அழைக்கப்படுகிறது. ஒரு வகையான ஹார்மோனைச் சுரப்பதன் மூலம் இராணித் தேனீ வேலைக்கார தேனீக்களின் இனப்பெருக்க திறனை ஒடுக்கி தன் சமூக வாழ்க்கை சூழலை கட்டமைத்து கொள்கிறது.

பால் சார்ந்த மரபுக்கடத்தல் (Sex Linked Inheritance)

- ஏதாவது ஒரு பால் குரோமோசோமில் அமைந்துள்ள மரபணு சில பண்புகளின் மரபுகடத்தலை நிர்ணயிக்கின்றது. இதுவே பால் சார்ந்த மரபுக் கடத்தல் ஆகும்.
- **X** அல்லது **Y** குரோமோசோமின் வெவ்வேறு பகுதிகளில் காணப்படும் மரபணுக்கள் பால்சார்ந்த மரபணுக்கள் என்று அழைக்கப்படுகின்றன. **X** குரோமோசோமின் வெவ்வேறு பகுதிகளில் காணப்படும் மரபணுக்கள் **X** சார்ந்த மரபணுக்கள் ஆகும். **Y** குரோமோசோமின் வெவ்வேறு பகுதிகளில் காணப்படும் மரபணுக்கள் **Y** சார்ந்த மரபணுக்கள் அல்லது ஹோலாண்டிக் ஜீன்கள் (**Holandric genes**) என அழைக்கப்படுகின்றன. **Y** சார்ந்த மரபணுக்களுக்கு இணையான அல்லீல்கள் **X** குரோமோசோமில் இல்லை. **Y** சார்ந்த மரபணுக்கள் **Y** குரோமோசோமுடன் சேர்ந்தே கடத்தப்படுவதால் ஆண் பாலினத்தில் மட்டுமே அவை தன் பண்புகளை புறத்தோற்றத்தில் வெளிப்படுத்துகின்றன. பால் சார்ந்த பண்புகளின் மரபுக்கடத்தல் பெண்களை விட ஆண்களில் பொதுவாக அதிகம் காணப்படுகின்றன. ஏனெனில் ஆண்கள் ஹெமிசைகஸ் (**Hemizygous**) தன்மை கொண்டவர்களாக இருப்பதால் ஒரு திடீர் மாற்ற அல்லீல் அடுத்த தலைமுறைக்கு கடத்தப்படும் போது அதற்கான பண்பை வெளிப்படுத்துகின்றது. வெவ்வேறு பகுதிகளில் உள்ள **X** சார்ந்த அல்லது **Y** சார்ந்த மரபணுக்கள் (ஒவ்வாத்தன்மை பகுதிகள்) குன்றல் பகுப்பின் போது இணை சேர்வதோ அல்லது குறுக்கெதிர் மாற்றத்தில் பங்குகொள்வதோ இல்லை. எனவே **X** அல்லது **Y** சார்ந்த மரபணுக்கள் மரபுவழி கடத்தப்படுதலே பால் சார்ந்த மரபுக்கடத்தல் என்று அழைக்கப்படுகின்றது.

X சார்ந்த மரபணுவின் மரபுக்கடத்தல்

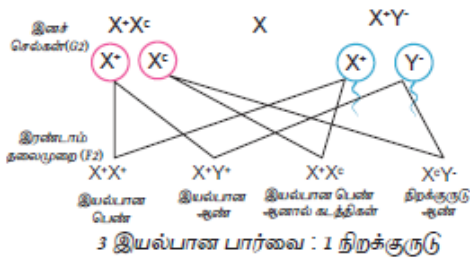
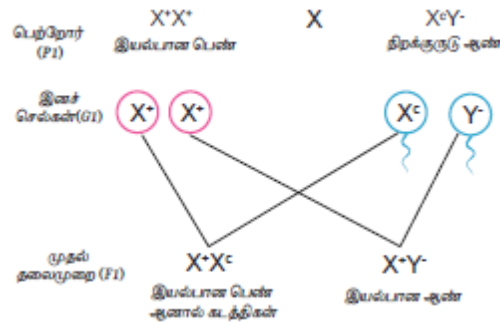
- சிவப்பு – பச்சை நிறக்குருடு அல்லது டால்டோனிசம் இரத்தக்கசிவு நோய் போன்றவை மனிதனில் காணப்படும் X சார்ந்த மரபணுவின் மரபுக்கடத்தலுக்கு எடுத்துக்காட்டுகள் ஆகும்.

இரத்தக்கசிவு நோய் (ஹீமோ.பிலியா)

- ஹீமோபிலியா பொதுவாக இரத்தக்கசிவு நோய் (**டிநநநநசள்** என அழைக்கப்படுகின்றது. இது பொதுவாக பெண்களை விட ஆண்களில் அதிகம் காணப்படுகின்றது. 1803ல் ஜான் கோட்டோ என்பவர் முதன் முதலில் மரபுக்கடத்தல் அடிப்படையிலான இந்நோயினை பற்றிய தகவல்களை அளித்தார். இரத்தக்கசிவு நோய் ஒடுங்கிய X சார்ந்த மரபணுவால் ஏற்படுகிறது. இரத்தக்கசிவு நோய்க்கான ஒடுங்கு மரபணுவைக் கொண்ட நபரின் இரத்தத்தில் இயல்பான இரத்த உறை பொருள் (திராம்போபினாஸ்ட்டின்) காணப்படுவதில்லை. எனவே சிறுகாயங்கள் ஏற்பட்டாலும் இரத்தம் தொடர்ச்சியாக வெளியேறி இறப்புக்கு வழிவகுக்கின்றன. பெண்கள் இந்நோய் கடத்திகளாகவும் ஆண் இயல்பாகவும் இருக்கும் போது பிறக்கின்ற மகன்களில் 50% பேருக்கு இந்நோய் கடத்தப்படுகின்றன. குறுக்குமறுக்கு (உசளை உசழள) மரபுக்கடத்தலை இது பின்பற்றுகிறது.

நிறக்குருடு

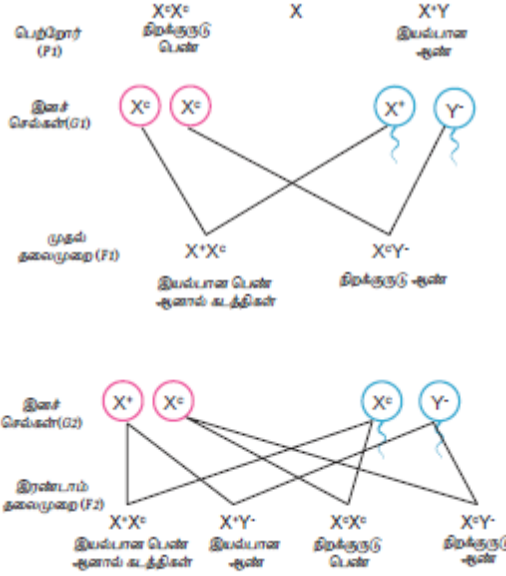
- மனிதனில் ஒங்கு தன்மை கொண்ட X சார்ந்த மரபணுக்களே நிறங்களை பார்பதற்கு உதவும் கூம்பு செல்களின் உற்பத்திக்கு காரணமாக இருக்கின்றன. இம்மரபணுக்கள் ஒடுங்கு நிலையில் இருந்தால் இவற்றால் கூம்பு செல்களை உருவாக்க முடிவதில்லை. ஒத்த தன்மை கொண்ட ஒடுங்கு அல்லீல்களைப் (X^cX^c)பெற்றுள்ள பெண்கள் மற்றும் பாதியளவு ஒடுங்கு அல்லீல்களை (X^cY) பெற்றுள்ள ஆண்கள் ஆகியோர் சிவப்பு மற்றும் பச்சை நிறங்களை வேறுபடுத்தியறிய முடிவதில்லை. கீழ்க்கண்ட இரண்டு வகையான திருமணங்களின் வழியாக நிறக்குருடுவின் மரபுக்கடத்தலை அறியலாம்.
- ஒரு இயல்பான பார்வையுடைய பெண்ணுக்கும் ஒரு நிறக்குருடு உடைய ஆணுக்கும் இடையிலான திருமணம்: ஒரு இயல்பான பார்வையுடைய பெண் ஒரு நிறக்குருடு ஆணை மணக்கும் பொழுது F1 தலைமுறை பெண்கள் கடத்திகளாக உள்ளனர். இந்த F1 தலைமுறையில் கடத்திகளாக உள்ள ஆனால் இயல்பான பார்வையுடைய பெண்ணை ஒரு இயல்பான பார்வையுடைய ஆண் மணக்கும்பொழுது F2 தலைமுறையில் ஒரு இயல்பான பார்வையுடைய பெண் ஒரு இயல்பான பார்வையுடைய கடத்தியாக உள்ள பெண் மற்றும் நிறக்குருடு ஆண் ஆகியோர் பிறக்கின்றன (3:1). நிறக்குருடு பண்பானது தந்தையிடம் இருந்து கடத்திகளாக உள்ள மகள் வழி பேரனுக்கு கடத்தப்படுவது குறுக்கு மறுக்கு மரபுக்கடத்தல் என அழைக்கப்படுகின்றது.



- இயல்பான பார்வையுடைய பெண் நிறக்குருடு ஆணை மணக்கும்பொழுது உண்டாகின்ற நிறக்குருடு மரபுக்கடத்தல்.
- ஒரு இயல்பான பார்வையுடைய ஆணுக்கும் நிறக்குருடு உடைய பெண்ணுக்கும் இடையிலான திருமணம்: ஒரு இயல்பான பார்வையுடைய ஆண் ($X+Y$) ஒரு

நிறக்குருடு பெண்ணை (X^cX^c) மணக்கும்பொழுது கு1 தலைமுறை மகன்கள் அனைவரும் இயல்பான பார்வையுடைய கடத்திகளாகவும் உள்ளனர்.

- இந்த F1 தலைமுறையைச் சேர்ந்த கடத்திகளாக உள்ள பெண் ஒரு இயல்பான பார்வையுடைய ஆண் ஒரு நிறக்குருடு பெண் மற்றும் ஒரு நிறக்குருடு ஆண் ஆகியோர் பிறக்கின்றனர்.



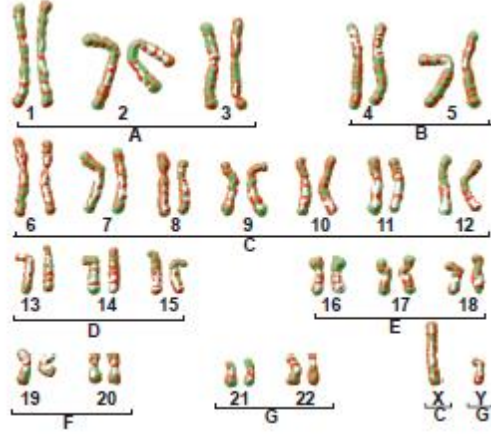
படம் 4.8 இயல்பான பார்வையுடைய ஆண், நிறக்குருடு உடைய பெண்ணை மணக்கும்போது உண்டாகின்ற நிறக்குருடு மரபுக்கடத்தல்

Y-சார்ந்த மரபணுக்களின் மரபுக்கடத்தல்

- Y-குரோமோவோமில் ஒவ்வாதன்மை (Nonhomologous) கொண்ட பகுதிகளில் உள்ள மரபணுக்கள் ஒரு ஆணிடமிருந்து மற்றொரு ஆணுக்கு நேரடியாகக் கடத்தப்படுகின்றன. மனிதனில் Y-சார்ந்த மரபணுக்கள் அல்லது ஹோலாண்ட்ரிக் ஜீன்கள் காது மடலில் மிக அதிகமாக முடிவளர்தலுக்குக் காரணமாகும். (ஹெப்பர்டிரைக்கோசிஸ்) இப்பண்பு தந்தையிடம் இருந்து மகனுக்கு நேரடியாகக் கடத்தப்படுகின்றது. ஏனெனில் ஆண்கள் Y-குரோமோசோமை தந்தையிடம் இருந்து நேரடியாகப் பெறுகின்றனர். X குரோமோசோமை மட்டுமே தந்தையிடம் இருந்து பெறுவதால் பெண்கள் பாதிக்கப்படுவதில்லை.

குரோமோசோம் தொகுப்பு வரைபடம் (Karyotyping)

- ஒரு செல்லில் உள்ள குரோமோசோம் தொகுதியை முழுமையாகப் பிரித்தெடுத்து அவற்றை இணைகளாக வரிசைபடுத்தும் தொழில்நுட்பமே குரோமோவோம் தொகுப்பு வரைபடம் ஆகும். குரோமோசோம் வரைபடம் (ஐனழைபசயஅ) என்ற சொல் குரோமோசோம்களை படமாக காட்சிபடுத்துதலை குறிக்கும்.



மனிதனின் குரோமோசோம் தொகுப்பு வரைபடம் (ஆண்)

குரோமோசோம் தொகுப்பு வரைபடம் தயாரிக்கும் முறை

- ஜியோ மற்றும் லிவான் (Tjio and Levan) (1960) ஆகிய இருவரும் மனித இரத்தத்தில் உள்ள லிம்போசைட்டுகளை எளிய முறையில் வளர்ப்பது குறித்து விளக்கினார். இச்செல்களின் மறைமுகப்பிரிவு தூண்டப்பட்டு மெட்டாபேஸ் நிலையை அடையும்பொழுது அதில் கோல்சிலின் (Colchicine) சேர்த்த உடன் அச்செல்கள் செல் பிரிதல் நிகழ்வை அதே நிலையில் நிறுத்திவிட்டன. பின்னர் மெட்டாபேஸ் நிலையில் உள்ள செல்லின் அனைத்து குரோமோசோம்களும் படமெடுக்கப்பட்டது. படத்திலிருந்து ஒவ்வொரு குரோமோசோமும் தனித்தனியாக வெட்டியெடுத்து அவற்றின் ஒத்த இணைகளோடு (Homologous pair) வரிசையாக அமைத்தனர். இத்தகைய வரிசையமைப்பேயே குரோமோசோம் தொகுப்பு வரைபடம் (Karyotype) என்று அழைக்கப்படுகிறது. குரோமோசோம்களில் அமைப்பு மற்றும் வேறுபாட்டை அறிய முடிகிறது.

குரோமோசோம் தொகுப்பு வரைபடத்தின் பயன்கள்

- பாலினங்களை (ஆண் மற்றும் பெண்) அடையாளம் காண உதவுகின்றது.
- நீக்கம் இரட்டித்தல், இடம்பெயர்தல் மற்றும் குரோமோசோம்கள் பிரியாநிலை போன்ற குரோமோசோம் பிறழ்ச்சிகளை கண்டறிய பயன்படுகின்றது.
- குரோமோசோம் குறைபாடுகளான ஒழுங்கற்ற பன்மயம் (Aneuploidy) போன்றவற்றை கண்டறிய பயன்படுகின்றது.
- சிற்றினங்களுக்கிடையேயான பரிணாம உறவுகளை கணிக்க உதவுகின்றது.
- இத்தொழில்நுட்பத்தின் மூலம் மனிதனில் காணப்படும் மரபியல் நோய்களை கண்டறியலாம்.

மனிதனின் குரோமோசோம் தொகுப்பு வரைபடம்

- சென்ட்ரோமியரின் இடம் மற்றும் இரு கரங்களின் ஒப்பீட்டு நீளம் இவற்றின் அடிப்படையில் மனித குரோமோசோம்களை மூன்று வகையாக பிரிக்கலாம். அவையாவன: மெட்டா சென்ட்ரிக், துணைமெட்டாசென்ட்ரிக் மற்றும் அக்ரோசென்ட்ரிக் ஆகும். குரோமோசோம்களின் புகைப்படத்தை அவற்றின் நீளத்தை அடிப்படையாக கொண்டு இறங்குவரிசையில் A முதல் O வரை குழுக்களாக வகைப்படுத்தப்படுகின்றன.

மரபுக்கால் வழித்தொடர் பகுப்பாய்வு (Pedigree Analysis)

- மரபுக்கால் வழித்தொடர் என்பது பொருத்தமான மரபுக் குறியீடுகளைக் கொண்டு வரையப்பட்ட ஒரு குடும்ப மரமாகும். இதன்மூலம் குறிப்பிட்ட புறப் பண்புகளின் மரபுக்கடத்தல் வழிகளைக் கண்டறியலாம். ஒரு குடும்பத்தொடரில் பண்புகள் எவ்வாறு கடந்த பல தலைமுறைகளாக தோன்றுகின்றன என்பதைப் பற்றியபடிப்பே மரபுக்கால் வழித் தொடர் பகுப்பாய்வு எனப்படும்.

மரபியல் குறைபாடுகள்

- மரபியல் குறைபாடுகள் என்பவை ஒரு நோய் அல்லது சின்ட்ரோம் ஆகும். இவை ஒரு உயிரியின் தனிப்பட்ட டி.என்.ஏ வின் இயல்பற்ற பிறழ்நிலை தன்மையால் அல்லது கோளாறுகளால் உருவாகின்றன. ஒரு மரபணுவில் ஏற்படும் சிறு திடீர்மாற்றம் முதல் குரோமோசோம் தொகுதி அல்லது ஒரு முழுமையான குரோமோசோமுடன் சேர்த்தல் அல்லது இழத்தல் வரையிலான பரந்த வீச்சை மரபியல் குறைபாடுகள் என்கிறோம். மரபியல் குறைபாடுகளை இரண்டு வகையாக பிரிக்கலாம் அவையாவன மென்டலியன் குறைபாடுகள் மற்றும் குரோமோசோம் குறைபாடுகள்.

மென்டலின் குறைபாடுகள் (Mendelian disorders)

- ஒரு மரபணுவில் ஏற்படுகின்ற மறுசீரமைப்பு அல்லது திடீர்மாற்றம், மென்டலின் குறைபாட்டை ஏற்படுத்துகின்றன. மென்டலின் மரபுக்கடத்தல் விதிகளின் படியே இவை சேய் உயிரிகளுக்குக் கடத்தப்படுகின்றன. தலாசீமியா, அல்பினிசம், பினைல்கீட்டோநீயூரியா, அரிவாள் செல் இரத்தசோகை நோய் மற்றும் ஹன்டிங்டன் கோரியா போன்றவை மென்டலியன் குறைபாடுகளுக்க எடுத்துகாட்டுகளாகும் இந்த வகையான குறைபாடுகள், ஒங்கு தன்மை அல்லது ஒடுங்குதன்மை கொண்டோ மற்றும் உடல் குரோமோசோம் அல்லது பால் குரோமோசோம் சார்ந்த பண்பாகவோ இருக்கலாம்.

தலாசீமியா (Thalassemia)

- இது உடல் குரோமோசோமில் உள்ள ஒரு ஒடுங்கு பண்பு மரபணுவின் திடீர் மாற்றத்தினால் ஏற்படும் நோயாகும். இந்நோயினால், இரத்த சிவப்பணுக்கள் அதிகமாக சிதைக்கப்படுகின்றன. இயல்புக்கு மாறான ஹீமோகுளோபின் மூலக்கூறுகள் உருவாவதே இதற்குக் காரணமாகும். இயல்பான ஹீமோகுளோபின் நான்கு பாலிப்பெப்டைடு சங்கிலியால் ஆனது அதில் 2 ஆல்பா மற்றும் 2 பீட்டா குளோபின் சங்கிலிகளாகும். தலாசீமியா நோயால்

பாதிக்கப்பட்டவர்களின் ஆல்பா அல்லது பீட்டா சங்கிலிகளில் ஏதாவதென்று பாதிப்பட்டுள்ளதால் இயல்புக்கு மாறான ஹீமோகுளோபின் மூலக்கூறுகள் உருவாகி இரத்த சோகையை ஏற்படுத்துகிறது.

- பாதிக்கப்பட்டுள்ள ஹீமோகுளோபின் சங்கிலி வகையின் அடிப்படையில் ஆல்பா மற்றும் பீட்டா தலசீமியா என இரு வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். 16-ஆம் குரோமோசோமில் நெருக்கமாக அமைந்த HBA1 மற்றும் HBA2 ஆகிய இரண்டு ஜீன்கள் தலாசீமியாவை கட்டுப்படுத்துகின்றன. திடீர்மாற்றம் அல்லது நீக்கம் அடைந்த ஒன்று அல்லது ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட ஆல்பா மரபணுக்கள் ஆல்பா தலாசீமியா என்பது பீட்டா குளோபின் சங்கிலி உற்பத்தி பாதிப்படைவதால் ஏற்படுகிறது. இதனை குரோமோசோம் 11ல் உள்ள ஒற்றை ஜீன் (HBB) கட்டுப்படுத்துகிறது. பொதுவாக காணப்படும் இவ்வகை தலாசீமியா கூலியின் இரத்தசோகை (Cooley's anaemia) எனவும் அழைக்கப்படுகிறது. இந்நோயினால் ஆல்பா சங்கிலி உற்பத்தி அதிகரித்து இரத்த சிவப்பணுக்களின் சவ்வுகள் சேதமுறுகின்றன.

பினைல்கீடோநியூரியா

- இது பினைல் அலனைன் வளர்சிதை மாற்ற பிறவிக் குறைபாட்டு நோயாகும் (Inborn error of metabolism). உடல் குரோமோசோம்களில் உள்ள ஒரு இணை ஒடுங்கு மரபணுக்களால் இந்நோய் ஏற்படுகிறது. குரோமோசோம் 12ல் அமைந்துள்ள பினைல் அலனைன் ஹைட்ராக்ஸிலேஸ் என்ற கல்லீரல் நொதியை சுரப்பதற்குக் காரணமான PAH மரபணுவின் திடீர்மாற்றத்தால் இந்நோய் உண்டாகிறது. பினைல் அலனைனை டைரோசினாக மாற்ற இந்நொதி அவசியமாகும். இந்நோயால் பாதிக்கப்பட்டவர்களுக்கு இந்நொதி சுரக்காது. இதனால் தேங்கிய பினைல் அலனைன் ஹைட்ராக்ஸிலேஸ் என்ற கல்லீரல் நொதியை சுரப்பதற்குக் காரணமான PAH மரபணுவின் திடீர்மாற்றத்தால் இந்நோய் உண்டாகிறது. பினைல் அலனைனை டைரோசினாக மாற்ற இந்நொதி அவசியமாகும். இந்நோயால் பாதிக்கப்பட்டவர்களுக்கு இந்நொதி சுரக்காது. இதனால் தேங்கிய பினைல் அலனைன்கள் பினைல் பைருவிக் அமிலமாகவும் மற்றும் அதன் வழிப்பொருளாகவும் மாறுகின்றன. இதன் விளைவால் அதிதீவிர மூளை குறைபாட்டு நோய் தோல் மற்றும் முடிகளில் குறைவான நிறமிகள் ஆகியவை உண்டாகின்றன. பினைல் பைருவிக் அமிலம் சிறுநீர் வழியாக வெளியேற்றப்படுகிறது.

நிறமி குறைபாட்டு நோய் (Albinism)

- நிறமிகுறைபாட்டு நோய் ஒரு வளர்சிதை மாற்ற பிறவி குறைபாட்டு நோயாகும். (Inborn error of metabolism). இவை உடற்குரோமோசோமில் உள்ள ஒடுங்கிய ஜீனால் ஏற்படுகிறது. தோலின் நிறத்திற்கு மெலனின் நிறமிகள் காரணமாக உள்ளன. மெலனின் நிறமி இல்லாத நிலை 'நிறமி குறைபாட்டு நோய்' என அழைக்கப்படுகின்றது. ஒரு நபர், ஒடுங்கிய அல்லல்களை பெற்றிருக்கும்போது, டைரோசினேஸ் நொதியை உற்பத்தி செய்ய முடியாது. மெலானோசைட் செயல்களில் உள்ள டைஹைட்ராக்ஸி பினைல்அலனைனை (DOPA) மெலனின் நிறமியாக மாற்ற இந்நொதி தேவைப்படுகின்றது. இந்நோயால் பாதிக்கப்பட்ட நபர்களின் தோல், மயிர், ஐரிஸ் மற்றும் பல

பகுதிகளில் இயல்பான எண்ணிக்கையில் மெலானோசைட் செல்கள் காணப்படும். ஆனால் அவற்றில் மெலானின் நிறமி இருப்பதில்லை.

3-4டைஹைட்ராக்கி

பினைல்அலனைன்(DOPA) $\xrightarrow{\text{டிரோசினேஸ்}}$ மெலானின்

ஹன்டிங்டன் கோரியா

- இது மனிதனில் உடற்குரோமோசோமின் ஒங்கு தன்மை கொண்ட கொல்லி மரபணுவால் ஏற்படுகிறது. தன்னியல்பான உடல் நடுக்கம் மற்றும் படிப்படியான நரம்பு மண்டல சிதைவு, அதனுடன் மனநிலை பாதிப்பு மற்றும் உடல்பலம் குன்றல் ஆகியன இந்நோயின் பண்புகளாகும். இந்நோய் கொண்ட நபர்கள் 32 மதல் 40 வயதுக்கிடையே இறப்பை சந்திக்கிறார்கள்.

குரோமோசோம் பிறழ்ச்சிகள் (Chromosomal Abnormalities)

- மனிதனுடைய ஒவ்வொரு இரட்டைமய(2n) உடல்செல்களும் 46 குரோமோசோம்களை (23 இணைகள்) பெற்றுள்ளன. குரோமோசோமின் அமைப்பு அல்லது எண்ணிக்கையில் ஏற்படுகின்ற மாற்றங்கள் குரோமோசோம் குறைபாட்டு நோய்களை உண்டாக்குகின்றன. பொதுவாக, செல் பிளவில் ஏற்படும் பிழைகளால் குரோமோசோமில் முரண்பாடுகள் உண்டாகின்றன. செல்பிரிவின்போது குரோமோசோம்களின் குரோமட்டிகள் சரிவர பிரியாததால் ஒன்றோ அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கை அதிகரித்தோ அல்லது குறைந்தோ காணப்படுவது ஒழங்கற்ற பன்மயம் (அன்யூப்ளாய்டி) எனப்படும். குரோமோசோம்கள் சரிவர பிரிந்து ஒதுங்காததால் இந்நிலை உண்டாகின்றது. ஒரு குறிப்பிட்ட குறைபாட்டு நோயின் பண்புகளாக வெளிப்படுகிற பல்வேறு அடையாளங்களும் அறிகுறிகளும் சிண்ட்ரோம் எனப்படும். மனிதனில், டவுண் சிண்ட்ரோம், டர்னர் சிண்ட்ரோம், கிளைன்.பெல்டர் சிண்ட்ரோம் மற்றும் பட்டாவ் சிண்ட்ரோம் போன்ற குரோமோசோம் குறைபாட்டு நோய்கள் காணப்படுகின்றன.

(அ) மனிதனில் காணப்படும் உடல் குரோமோசோம் சார்ந்த ஒழங்கற்ற பன்மயம்

- மனிதனில் பல உடல்குரோமோசோம் சார்ந்த ஒழங்கற்ற பன்மயங்கள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளன. (எ.கா) டவுண் சிண்ட்ரோம் (21-டிரைசோமி) பாட்டவ் சிண்ட்ரோம் (13-டிரைசோமி)

டவுண் சிண்ட்ரோம் (21-டிரைசோமி)

- 21-ஆவது குரோமோசோம் டிரைசோமி நிலையில் இருப்பதை டவுண் சிண்ட்ரோம் என அழைக்கிறோம். தீவிர மூளை வளர்ச்சி குறைபாடு, மைய நரம்பு மண்டல வளர்ச்சி பாதிக்கப்படுதல், இரு கண்களுக்கிடையே அதிக தூரம் காணப்படுதல், தட்டையான மூக்கு, செவி குறைபாடு, வாய் எப்போதும் திறந்திருத்தல் மற்றும் நாக்கு வெளியே நீட்டியவாறு இருத்தல் ஆகியவை இந்நோயின் பண்புகளாகும்.

பட்டாவ் சிண்ட்ரோம் (13 – டிரைசோமி)

- 13-ஆவது குரோமோசோம் டிரைசோமி நிலையில் இருப்பதனால் பட்டாவ் சிண்ட்ரோம் உருவாகிறது. குன்றல்பிரிவின் போது குரோமோசோம்களின் குரோமட்டிகள் சரிவர பிரியாததால் இவ்வகையான குரோமோசோம் மாற்றங்கள் உண்டாகின்றன. இதன் விளைவாக அதிகரித்த மற்றும் தீவிரமான உடல் குறைபாடுகள், மனநலக் குறைபாடு, சிறிய கண்களுடன் கூடிய சிறிய தலைகள், பிளவுற்ற அண்ணம், மூளை மற்றும் உள்உறுப்புகளின் குறைவளர்ச்சி ஆகியவை இதன் சில அறிகுறிகளாகும்.

(ஆ) மனிதனில் காணப்படும் பால்குரோமோசோமின் இயல்பு மாற்றம்

- மறைமுகப்பிரிவு அல்லது குன்றல் பிரிவின் போது குரோமோசோம்கள் சரிவர பிரிந்து ஒதுங்காததால் பால் குரோமோசோம் குறைபாட்டு நோய்கள் உண்டாகின்றன. மனிதனில், கிளைன்ட்.பெல்டர் சிண்ட்ரோம் மற்றும் டர்னர் சிண்ட்ரோம் என பல பால் குரோமோசோம் குறைபாட்டு நோய்கள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளன.

கிளைன்ட்.பெல்டர் சிண்ட்ரோம் (XXY-ஆண்கள்)

- இவ்வகை மரபியல் குறைபாட்டிற்கு ஆண்களில் ஒரு X குரோமோசோம் கூடுதலாக இருப்பதே காரணமாகும். இதன் விளைவாக இச்சிண்ட்ரோம் கொண்ட நபர்களுக்கு 44AA+XXY என மொத்தம் 47 குரோமோசோம்கள் உள்ளன. இக்குறைபாட்டுடன் பிறப்பவர்கள் மலட்டு ஆண்களாகவும் நீண்ட கை கால்களுடனும் உரத்த ஒலி கொண்டவர்களாகவும், நெட்டையாகவும், குண்டாகவும், குறைவளர்ச்சியுடைய ஆண் பாலின உறுப்புகள் மற்றும் மாற்பக வளர்ச்சியை (Gynaecomastia) கொண்டும் காணப்படுகின்றனர்.

டர்னர் சிண்ட்ரோம் (XO-பெண்கள்)

- இவ்வகை மரபியல் குறைபாட்டிற்கு பெண்களில் ஒரு X-குரோமோசோம் குறைந்து காணப்படுவது காரணமாகும். இந்த சிண்ட்ரோம் கொண்ட நபர்கள், 45 குரோமோசோம்களை (44 உடல்குரோமோசோம் மற்றும் ஒரு X குரோமோசோம்) மட்டுமே பெற்றுள்ளனர். இக்குறைபாட்டு நோயின் காரணமாக பெண்களுக்கு மலட்டுத்தன்மை, குள்ளத்தன்மை, அகன்ற சவ்வுகளையுடைய கழுத்து, குறை மாற்பக வளர்ச்சி, அண்டச் சுரப்பி வளர்ச்சியின்மை மற்றும் பருவமடையும்போது மாதவிடாய்ச்சுழற்சியின்மை போன்றவை அறிகுறிகளாக காணப்படுகின்றன.

குரோமோசோம் சாரா மரபுக் கடத்தல் (சைட்டோபிளாச வழி மரபு கடத்தல்) (Extra Chromosomal inheritance)

- சில பண்புகள், குளோரோபிளாஸ்ட், மைட்டோகாண்ட்ரியா, தொற்று உயிரி மற்றும் பிளாஸ்மிட் போன்ற உட்கரு சாரா மரபுத் தொகுதிகளால் கட்டுப்படுத்தப்படுகின்றன. இவை மெண்டலின் மரபுக்கடத்தல் விதிகளுக்கு உட்படாதவை. குரோமோசோம் சாராத மரபணுக்களின் மரபுக்கடத்தல் தாயின்

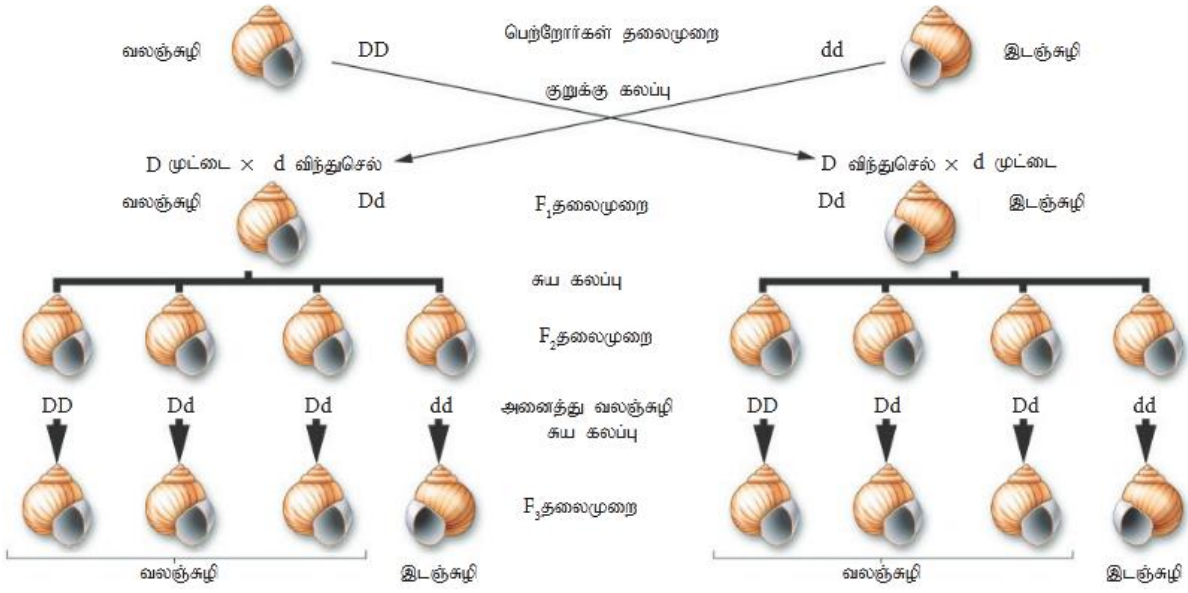
தாக்கத்தைச் சார்ந்தே உள்ளது. கரு வளர்ச்சிக்கு சமச்சீரற்ற பங்களிப்பை அளிப்பதன் மூலம் தாயின் தாக்கம் வெளிப்படுகிறது. ஆண் மற்றும் பெண் ஆகிய இரண்டு பெற்றோர்களும் குரோமோசோம் மரபணுக்கள் மூலம் கருமுட்டைக்கான பங்களிப்பை சமமாக அளித்தாலும் ஆண்களின் விந்து செல்களில் மிகக்குறைந்த சைட்டோபிளாசம் இருப்பதால் பெண் உயிரிகள் தங்கள் பங்களிப்பாக கருமுட்டையின் ஆரம்பநிலை சைட்டோபிளாசம் மற்றும் செல் உள் உறுப்புகள் போன்றவற்றை அளிக்கின்றன. சைட்டோபிளாசத்தில் மரபுக் கடத்தல் அலகுகள் இருந்தால் அவை சேய் உயிரிகளுக்கு முட்டைகள் மூலம் கடத்தப்படுகின்றன. எனவே சேய்கள் தாய்சார்ந்த விளைவைக் கொண்டுள்ளன.

- சைட்டோபிளாசத்தில் காணப்படும் மரபு சாரா மரபணுக்களின் மரபுக்கடத்தல் உட்கருவில் காணப்படும் குரோமோசோம் மரபணுக்களின் மரபுக்கடத்தலுடன் ஒத்துப்போவதில்லை. எனவே, இவை குரோமோசோம் சாராத (அ) உட்கரு சாராத அல்லது சைட்டோபிளாச வழி மரபுக்கடத்தல் என அழைக்கப்படுகின்றன. மேலும் இவை தாய்சார்ந்த தாக்கத்தைக் கொண்டுள்ளன. உட்கரு சாரா மரபுக்கடத்தலில் ஆண் மற்றும் பெண் பெற்றோர்கள் தங்கள் உட்கரு மரபணுக்களுக்கு இணையாக தங்களது பங்களிப்பை சேய்களுக்கு அளிக்கின்றனர். ஆனால் குரோமோசோம் சாராத மரபணுக்களை சமமாக அளிப்பதில்லை. எனவே மெண்டலின் மரபுக்கடத்தல் விதியில் இருந்து மாறுபட்ட முடிவுகள் கிடைக்கின்றன. லிம்னியே நத்தை ஓட்டின் சுருள் தன்மை மற்றும் பாரமீசியத்தின் கப்பா துகள்கள் ஆகியவற்றை எடுத்துக்காட்டாகக் கொண்டு விலங்குகளில் குரோமோசோம்சாரா மரபுக்கடத்தலை அறியலாம்.

லிம்னியே நத்தை ஓட்டின் சுருள் தன்மை

- லிம்னியே பெரெக்ரா ஒரு நன்னீர் நத்தையாகும் இந்நத்தையின் ஓடு சுழல் வடிவில் சுருண்டுள்ளது. இச்சுழல் கடிகாரதிசை (வலஞ்சுழி) அல்லது எதிர்கடிகாரதிசை (இடஞ்சுழி) யாக இருக்கலாம். இந்த இரண்டு வகை சுழல்களும் மரபியல் வழிமுறைகளால் கட்டுப்படுத்தப்படுகிற பிளவிப்பெருகல் வகைகளான வலஞ்சுழி (Dextral) பிளவி பெருகல் மற்றும் இடஞ்சுழி (sinistral) பிளவி பெருகல் முறைகளால் உருவாக்கப்படுகின்றன. லிம்னோயாவில் வலஞ்சுழி சுருள், இயல்பு பண்பாகவும் இடஞ்சுழி சுருள் திடீர்மாற்றம் அடைந்த பண்பாகவும் உள்ளன. இந்நத்தையில் சுருளின் திசையை உட்கருவின் ஓரிணை மரபணுக்களான D மற்றும் d ஆகியவை நிர்ணயிக்கின்றன.

லிம்னேயாவின் ஓட்டு சுருள் தலைமுறையாக்கம்



- இதில் வலஞ்சுழியை நிர்ணயிக்கும் மரபணுக்கள் (D) இடஞ்சுழியை நிர்ணயிக்கும் மரபணுக்களை (d)விட ஒங்கு தன்மையுடன் உள்ளன. படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு வலஞ்சுழி நத்தையிடமிருந்து அண்டத்தையும், இடஞ்சுழி நத்தையிடமிருந்து விந்தையும் பெற்ற F₁ தலைமுறை சேய் உயிரிகள் அனைத்தும் வலஞ்சுழி ஓடுதையவைகளாக உள்ளன (Dd).
- ஹெட்டிரோசைகஸ் கொண்ட F₁ உயிரிகளுக்கிடையே சுயகலப்பு செய்தபோது உருவான F₂ தலைமுறை உயிரிகளில் மூன்று வலஞ்சுழி உயிரிகளும் ஒரு இடஞ்சுழி உயிரியும் இருந்தன. இவை 1DD, 2Dd, 1dd என மரபு வகைகளைக் கொண்டிருந்தன. (படத்தில் இடது) இவ்விரு நத்தைகளுக்கிடையே மீள் கலப்பு செய்த போது (படத்தில் வலது) F₁ தலைமுறை உயிரிகளில் இவற்றின் மரபு வகையையும் ஆனால் பெண் பெற்றோர்கள் போன்று இடஞ்சுழி சுருளையும் கொண்டுள்ளன.
- இந்த இரண்டு வகை கலப்பிலும் F₁ தலைமுறை உயிரிகளில் இவற்றின் மரபு வகை Dd என ஒரே மாதிரியாக இருந்தாலும், அவற்றின் புறத்தோற்றம் பெண் பெற்றோர்கள் போலவே இருந்தன. இவ்வகை முடிவுக்குக் காரணம், தாயின் மரபு வகையே சேய் உயிரிகளின் புறத்தோற்ற பண்பை நிர்ணயிக்கிறது என்பதாகும்.
- ஒரு F₁ இடஞ்சுழி உயிரியை சுயகலப்பு செய்தபோது F₂ தலைமுறையின் ஓட்டுச் சுருளானது அனைத்தும் வலஞ்சுழியாகவே இருந்தன. ஏனெனில் F₂ தலைமுறையின் போது மரபணுக்கள் தனித்து ஒதுங்குவதில்லை. F₃ தலைமுறையின் போது மட்டுமே இம்மரபணுக்கள் தனித்து ஒதுங்குகின்றன. 3வது தலைமுறையின்போது மட்டுமே 3 வலஞ்சுழி மற்றும் : 1 இடஞ்சுழி பண்பு கொண்ட உயிரிகள் உண்டாகின்றன.

- ஏன் இவ்வகையான முடிவுகள் ஏற்படுகின்றன? காரணம், பிளவிப் பெருகலின் வகையானது அண்ட செல்களின் அமைப்பைச் சார்ந்துள்ளது. இவ்வமைப்பு ஊசைட்டின் உட்கரு முதிர்ச்சிப்பிளவு அடையும் முன்பாகவும் தாயின் மரபு வகையின் தாக்கத்தாலும் நிர்ணயிக்கப்படுகிறது. நத்தையின் ஓட்டுச் சுருள் திசையானது முதல் பிளவி பெருகலின்போது மைட்டாட்டிக் கதிர்கள் அமைகின்ற முறையை பொருத்து உருவாகின்றன. தாய்சார்ந்த விளைவுகள் ஒரு தலைமுறையை மட்டுமே கட்டுப்படுத்துகின்றன என்பது வெளிப்படை, ஒவ்வொரு தலைமுறையிலும் சுருளின் திசையானது தாயினுடைய மரபணு வகை ஆக்கத்தை பொருத்தே அமைகின்றன.

பாரமீசியத்தின் கப்பா துகள்கள்

- சன்னிபான் மற்றும் அவரின் உடன் ஆய்வாளர்கள் பாராமீசியம் ஆரிலியாவில் சைட்டோபிளாச கப்பாதுகள்கள் கட்டுப்படுத்தபடுதலை விளக்கியுள்ளனர். சில குற்றிழை கொண்ட பாரமீசிய வகைகளின் சைட்டோபிளாசத்தில் இணை உயிரியான கப்பா துகள்கள் காணப்படுகின்றன. கப்பா துகள்களை கொண்ட பாரமீசிய வகைகள் “கொல்லி பாரமீசியாக்கள்” என அழைக்கப்படுகின்றன. கப்பா துகள்களால் வெளியேற்றப்படும் பாரமீசின் எனும் நச்சு மற்ற உயிரினங்களுக்கு பாதிப்பை (இறப்பை) ஏற்படுத்துவதால் அவை ‘உணர்விகள்’ என அழைக்கப்படுகின்றன.
- கப்பா துகள்கள், விருந்தோம்பிக்கு எந்தவித பாதிப்பையும் ஏற்படுத்தவில்லை. எனவே அவை விருந்தோம்பியில் ஓட்டுண்ணியாகவோ அல்லது இணைவாழ் உயிரியாகவோ உள்ளன. ஒரு கொல்லி பாரமீசியத்தில் நூற்றுக்கணக்கான கப்பா துகள்களும் அதனுள் தனக்கென தனி டி.என்.ஏவையும் கொண்டுள்ளன. இவை பாராமீசியாவினுள் இருப்பதற்கு பாரமீசியாவின் ஓங்குதன்மை கொண்ட K மரபணுவை சார்ந்துள்ளன. kk எனும் ஓடுங்கிய மரபணு ஆக்கத்தை கொண்ட பாரமீசியத்தால் கப்பா துகள்களை உருவாக்க முடிவதில்லை. இந்த கொல்லி வகை மரபுக்கடத்தல் மெண்டலின் மரபுக்கடத்தல் விதிக்கு உட்படுவதில்லை.

பாராமீசியத்தின் கப்பா துகள் மரபுக்கடத்தல்

- கொல்லி பாரமீசியம் KK, உணர்வி பாரமீசியம் kk உடன் இணைவை மேற்கொண்ட பிறகு பிரிந்த உயிரிகள் ஒவ்வொன்றும் ஒவ்வா தன்மைகொண்ட Kk மரபணுக்களை கொண்ட இணைவிகளாக உருவாயின. இவ்விணைவிகள் இரண்டுமே கொல்லும் வகைகளாக இருந்திருக்க வேண்டும். ஆனால், முடிவுகள் அவ்வாறில்லை. இவற்றுக்கிடையே இணைவு நடைபெறுவது சிறிதுநேரமே என்பதால் சைட்டோபிளாச பரிமாற்றம் நடைபெறுவதில்லை. இதன் விளைவாக கொல்லும் வகை (Kk) மற்றும் உணர்வி வகை பாரமீசியங்கள் உருவாயின. பாரமீசியத்தின் இணைவு அதிக நேரம் நீடிக்கும் தருவாயில் சைட்டோபிளாச பரிமாற்றம் நடைபெறுகிறது. இதன் விளைவாக உருவாகக்கூடிய இணைவிகள் கொல்லும் தன்மையைப் பெற்றிருக்கின்றன. இதன் மூலம் கொல்லும் தன்மையை நிர்ணயிப்பது சைட்டோபிளாசத்தில் உள்ள பொருட்களே, என உறுதிப்படுத்தப்படுகிறது. சைட்டோபிளாச கப்பா பொருளின் பராமரிப்புக்கு குரோமோசோமின் ஓங்கிய மரபணுக்கள் (KK) காரணமாகின்றன.

இவ்வோங்கு மரபணுக்கள் இல்லாத நிலையில் விருந்தோம்பி பாரமீசியத்தின் சைட்டோபிளாசத்தில் கப்பா துகள்கள் மறைந்து போகின்றன.

- கப்பா துகள்கள் *சீடோபாக்டர் டீனிபோஸ்பெராலிஸ்* எனும் பாக்டீரியா போன்று உள்ளன. இவற்றுக்கு சொந்தமான போன்று உள்ளன. இவற்றுக்கு சொந்தமான டி.என்.ஏ தன்னிச்சையாக இரட்டிப்படைகின்றன. கப்பா துகள்கள் N மற்றும் B ஆகிய இரண்டு வடிவங்களில் உள்ளன. இதில் N வகை தொற்றும் தன்மையை கொண்டுள்ளது. இது ஒரு பாரமீசியத்தில் இருந்து மற்றொரு பாரமீசியத்தை அடைகின்ற போது அதற்கு கொல்லும் தன்மையை அளிக்கின்றது. N வகை கப்பாத் துகள்கள் பாக்டீரியாபேஜ்களால் தாக்கப்படும்போது அதனுள் Rகூறுகள் தோன்றி N வகையை B வகைக்கு மாற்றுகின்றன. இந்த R கூறுகள் ஒளிச்சிதறல் தன்மையை பெற்றிருப்பதால் ஒளி நுண்ணோக்கி மூலமாக இவற்றைக் காணலாம். B வகை கப்பா துகள்களுக்கு இரட்டிக்கும் தன்மை இல்லாததால், செல்லுக்குள் சிதைக்கப்படுகின்றன. இருந்தபோதிலும் விருந்தோம்பி செல்களுக்கு கொல்லும் தன்மையை வழங்குகிறது. **பாரமீசின்** என்ற நச்சை உருவாக்குவது வைரஸ் டி.என்.ஏவா அல்லது கப்பா டி.என்.ஏவா என இன்றளவும் புரிந்து கொள்ளமுடியவில்லை.

இனமேம்பாட்டியல், புறத்தோற்ற மேம்பாட்டியல் மற்றும் சூழ்நிலை மேம்பாட்டியல் (Eugenics, Euphenics and Euthenics)

அ) இனமேம்பாட்டியல் (Eugenics)

- மனித இனத்தை மேம்படுத்துவதற்காக மரபியல் விதிகளை பயன்படுத்துவது **இன மேம்பாட்டியல் (Eugenics)** எனப்படும். **பிரான்சிஸ் கால்டன்** என்பவர் 1885ஆம் ஆண்டு யூஜெனிக்ஸ் என்ற சொல்லை உருவாக்கினார். இதற்கு “நல்ல பிறப்பு” என்று பொருள். சிறந்த எதிர்கால தலைமுறைக்காக, இன மேம்பாட்டியல் விதிகளைப் பயன்படுத்தி தலைசிறந்த மக்களைக் கொண்ட இனத்தொகையை அதிகப்படுத்துதல் மற்றும் இயல்பற்ற, குறைபாடுடைய மக்களின் இனத்தொகையைக் குறைத்தல் அவசியமாகின்றது.
- இன மேம்பாட்டியலில் இரண்டு முறைகள் உள்ளன. **வளராக்க முறை** அல்லது **நேர்மறை இனமேம்பாட்டியல்**. கட்டுப்படுத்தப்பட்ட முறை அல்லது எதிர்மறை **இனமேம்பாட்டியல்**.

நேர்மறை இன மேம்பாட்டியல்

- நேர்மறை இன மேம்பாட்டியல், சிறந்த அல்லது விரும்பத்தக்க வளர்கரு பிளாசத்தினை தொடர்ந்து நிலையாக அதிகரிக்கவும் சமூகத்தின் சிறந்த வளர்கரு பிளாசத்தினை பாதுகாக்கவும் முயல்கின்றது. கீழ்காணும் நடவடிக்கைகளை ஏற்றுக் கொள்வதன் மூலம் விரும்பத்தகுந்த பண்புகளை அதிகரிக்க முடியும்.

i. விரும்பத்தகுந்த பண்புகளைப் பெற்றவர்களுக்கு மிக குறைந்த வயதிலேயே திருமணம் செய்து வைத்தல்.

- ii. சிறந்த வளர்கரு பிளாசத்தை பெறும் பொருட்டு விந்து மற்றும் அண்ட வங்கிகளை நிறுவமானியம் அளித்தல்.
- iii. மரபியல் மற்றும் இன மேம்பாட்டியல் பற்றிய அடிப்படை கொள்கைகளை போதித்தல்.
- iv. சுற்றுச்சூழல் நிலைகளை மேம்படுத்துதல்
- v. மரபிய ஆய்வுகளை முன்னெடுத்துச் செல்லல்.

எதிர்மறை இன மேம்பாட்டியல்

- குறைபாடுடைய வளர்கரு பிளாசத்தினை சமூகத்திலிருந்து வெளியேற்றும் நிகழ்வே எதிர்மறை இன மேம்பாட்டியல் எனப்படும்.

இதற்கு கீழ்க்காணும் நடவடிக்கைகள் அவசியமாகிறது.

- i. குறைபாடுடையவர்களை பாலின ரீதியில் தனிமைப்படுத்துதல்
- ii. குறைபாடுடையவர்களை மலடாக்குதல்
- iii. உள் வருகையை (Immigration) கட்டுக்குள் வைத்தல்
- iv. திருமணங்களை முறைப்படுத்துதல்

ஆ) புறத்தோற்ற மேம்பாட்டியல் (Euphenics)

- மனித மரபிய நோய்களை, நோய் அறிகுறி சார்ந்து குணப்படுத்துவது புறத்தோற்ற மேம்பாட்டியல் அல்லது மருத்துவ பொறியியல் எனப்படும். யூபெனிக்ஸ் என்ற சொல், 1960 ஆம் ஆண்டு ஜோஸ்வா லெடர்பெர்க் (Joshua Lederberg) என்பவரால் உருவாக்கப்பட்டது. இதன் பொருள் “இயல்பான தோற்றம்” என்பதாகும். இது பல்வேறு மனித பாரம்பரிய நோய்கள் குறிப்பாக பிறப்பு வழி வளர்சிதைமாற்றக் குறைபாடு நோயினை கட்டுப்படுத்துவதில் பங்குபெறுகிறது. எ.கா. பினைல்கீட்டோனூரியா (PKU)

இ) சூழ்நிலை மேம்பாட்டியல் (Euthenics)

- சுற்றுச்சூழல் நிலைகளை மேம்படுத்துவதன் மூலம். தற்போதான மனித இனத்தை மேம்படுத்தும் அறிவியல் சூழ்நிலை மேம்பாட்டியல் எனப்படும். அவர்களுக்கு நல்ல உணவூட்டம், மாசற்ற சுற்றுச்சூழல் நிலைகள், சிறந்த கல்வி மற்றும் போதுமான மருத்துவ வசதிகளை அளிப்பதன் மூலம் சூழ்நிலை மேம்பாட்டினை அடைய முடியும்.

பாடம் - 5

மூலக்கூறு மரபியல்

- ஒரு தலைமுறையிலிருந்து இன்னொரு தலைமுறை உருவாகும் போது சில பண்புகள் வெளிப்படுகின்றன. சில மறைந்து விடுகின்றன. இதற்கான மர்மத்திரையை விலக்கி விடை ஈந்தது மெண்டலின் கோட்பாடேயாகும். பெற்றோரிடமிருந்து பரிணமித்த செய்திகள் சேய் உயிரிகளில் பிரதிபலித்தல் மற்றும் பண்புகள் கடத்தப்படும் முறை ஆகியவற்றை மெண்டலின் ஆய்வுகள் வெளிக்கொணர்ந்தன. இச்செய்திகள் குரோமோசோம்களில் அமைந்துள்ளன.
- நம்முடைய சிறப்புப் பண்புகள் யாவும் டி.என்.ஏ மூலக்கூறுகளில் குறிக்கப்பட்டுள்ளன என்பது தான் மனித அறிவின் விசாலத்தினால் இன்று வரை அறியப்பட்டதாகும். டி.என்.ஏ ஒரு மரபணுப் பொருள் என்று கண்டறியப்பட்டிருந்தாலும் அது பல கேள்விகளை விடையற்றதாகவே வைத்திருக்கிறது. டி.என்.ஏவில் உள்ள செய்திகள் எவ்வாறு பயன்படுத்தப்படுகின்றன? டி.என்.ஏவின் வழிகாட்டுதலிலேயே புரதங்கள் கட்டமைக்கப்படுகின்றன என்பதை இன்றைய அறிவியல் அறிஞர்கள் அறிந்துள்ளனர். வளர்சிதை மாற்றம் மற்றும் ஒளிச்சேர்க்கையின் போது நடைபெறும் அனைத்து வேதிவினைகளின் வேகத்தையும், செல்களின் வடிவத்தையும் புரதங்களே நிர்ணயிக்கின்றன. ஒவ்வொரு உயிரியின் பாரம்பரியம் இயல்பையும் அதன் மரபணுத் தொகுதிகளே வரையறுக்கின்றன. மேலும் ஒரு உயிரியை கட்டமைப்பதற்கான அனைத்து செய்திகளையும் இவைதான் தருகின்றன. எந்தவொரு உயிரியின் பாரம்பரியம் தொடர்பான முழுமையான செய்திகளும் மரபணுத் தொகுதிகளில் அடங்கியுள்ளன.
- மரபணுத் தொகுதி, பல்வேறு நியூக்ளிக் அமில மூலக்கூறுகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. ஒவ்வொரு நியூக்ளிக் அமில மூலக்கூறிலும் பெரும் எண்ணிக்கையிலான மரபணுக்கள் உள்ளன. ஒவ்வொரு மரபணுவும் நியூக்ளிக் அமிலத்தினுள் உள்ள குறிப்பிட்ட புரதத்திற்கான வரிசையமைப்பு ஆகும். டி.என்.ஏ வின் அமைப்பு, அது இரட்டிப்பாதல், அதிலிருந்து ஆர்.என்.ஏ உருவாக்கம் (படியெடுத்தல்), புரத உற்பத்தியின்போது அமினோ அமிலங்களின் வரிசையை நிர்ணயிக்கும் மரபணு குறியீடுகள் (மொழிபெயர்த்தல்) மரபணு வெளிப்பாட்டினை நெறிப்படுத்துதல் மற்றும் மனித மரபணு தொகுப்பை வரிசைப்படுத்துதலின் முக்கியத்துவம் ஆகியவற்றை இப்படம் உள்ளடக்குகிறது.

மரபு கடத்தலின் செயல் அலகாக மரபணு

- மரபணு என்பது, மரபுக் கடத்தலுக்கான இயற்பிய மற்றும் செயலிய அடிப்படை அலகாகும். 1860ல் கிரிகெர் மெண்டல், மரபணு கோட்பாடுகளை முதன் முதலாக விளக்கினார். ஆனால் அவர் ஜன் (அல்லது) மரபணு என்ற சொல்லை பயன்படுத்தவில்லை. அதை அவர் 'காரணி' (factor) என்றே அழைத்தார். 1909ல் டேனிஷ் உயிரியலாளரான வில்ஹெல்ம் ஜோஹன்சென் என்பவர் மரபணு (ஜன்) என்ற சொல்லை உருவாக்கினார். பாரம்பரியமாக கடத்தப்படும் பண்புகளை இவை நிர்ணயிக்கின்றன என்பதை இது குறிக்கிறது.

- 1902-ல் சட்டன் (Sutton) என்பவரால் அறிமுகப்படுத்தப்பட்ட கோட்பாட்டில் கீழ்க்கண்டவாறு மரபணு வரையறுக்கப்பட்டுள்ளது. குரோமோசோம்களில் நிலையான இடத்தை ஆக்கிரமித்துள்ள, மெண்டலின் மரபு கடத்தல் விதிகளை பின்பற்றுகின்ற மற்றும் புற பண்புகளின் வெளிப்பாட்டிற்கு காரணமாகவும் அமைகின்ற தனித்துவ துகள்களே மரபணுக்கள் எனப்படும். இவை கீழ்க்கண்ட பண்புகளைப் பெற்றுள்ளன.
- ஒவ்வொரு உயிரியிலும் உள்ள குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கையைவிட, மரபணுக்களின் எண்ணிக்கை அதிகம். எனவே, ஒரே குரோமோசோமில் பல மரபணுக்கள் இடம் கொண்டுள்ளன.
- மணிகோர்த்த மாலையில் உள்ள மணிகளைப் போல, ஒற்றை நீள் வரிசையில் மரபணுக்கள் வரிசைப்படுத்தப்பட்டுள்ளன.
- ஒவ்வொரு மரபணுவும் தமக்குரிய மரபணு அமைவிடத்தைக் (Locus) கொண்டுள்ளன.
- மரபணுக்கள் அல்லீல்கள் எனப்படும் பல மாற்று வடிவங்களைக் கொண்டிருக்கலாம்.

ஒரு மரபணு – ஒரு நொதி கோட்பாடு (One gene-one enzyme hypothesis)

1940-ல், ஜார்ஜ் பீடில் மற்றும் எட்வர்டு டாடம் ஆகியோர், சிவப்பு ரொட்டி பூஞ்சை என்றழைக்கப்படும் நியூரோஸ்போரா கிரஸ்ஸா (*Neurospora crassa*) வில் செய்த சோதனைகளின் அடிப்படையில் ஒரு மரபணு – ஒரு நொதிக்கோட்பாடு உருவானது. இக்கோட்பாட்டின் படி ஒவ்வொரு நொதியின் உற்பத்தியையும் ஒரு மரபணு கட்டுப்படுத்துகிறது.

ஒரு மரபணு – ஒரு பாலிபெப்டைடு கோட்பாடு (One gene - one poly peptide hypothesis)

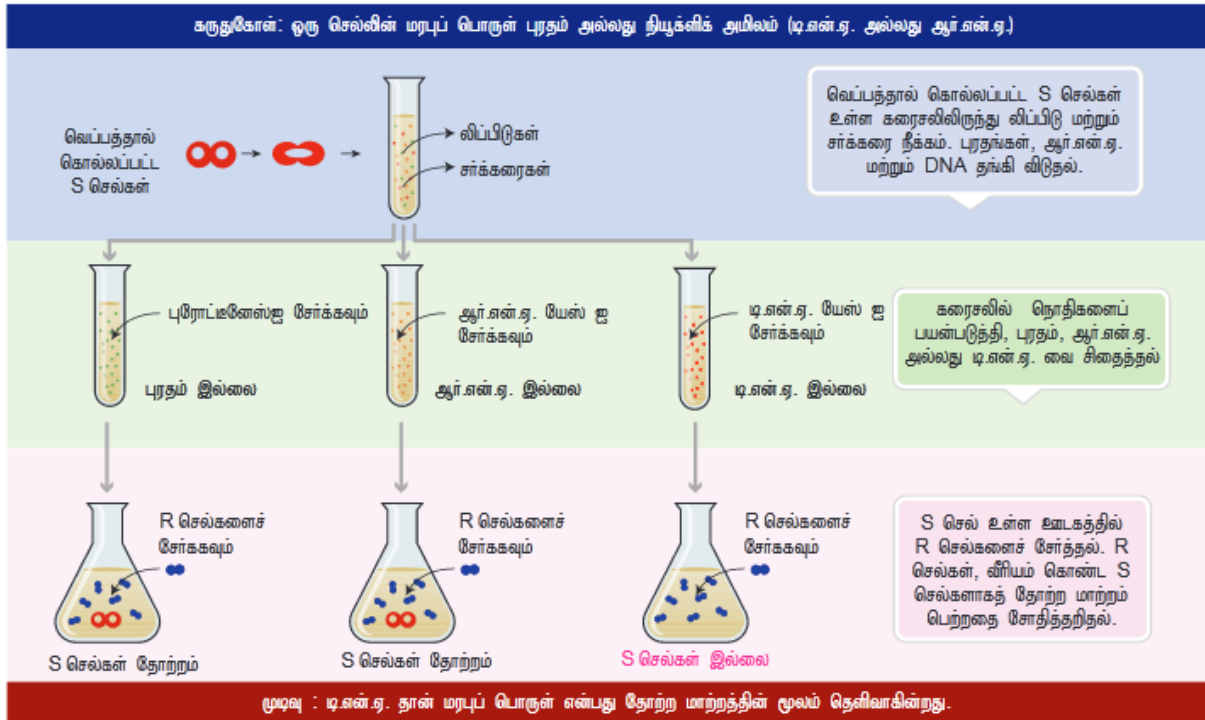
ஒரு நொதியென்பது ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட பாலிபெப்டைடு சங்கிலியால் ஆக்கப்பட்டது என அறியப்பட்டுள்ளது. ஒரு பாலிபெப்டைடு மட்டுமே ஒரு மரபணு உருவாக்கலாம். இதனால், ஒவ்வொரு மரபணுவும் நொதியின் மூலக்கூறில் உள்ள ஒரேயொரு பாலிபெப்டைடு சங்கிலியின் உற்பத்தியை மட்டுமே கட்டுப்படுத்தும் என ஒரு மரபணு – ஒரு பாலிபெப்டைடு கோட்பாட்டில் குறிக்கப்பட்டுள்ளது.

- திடீர் மாற்றம் என்றழைக்கப்படும் நிகழ்வின் மூலம் இருப்பிடம் மற்றும் உள் பொருட்களில் மரபணுக்கள் திடீரென மாற்றம் பெறுகின்றன.
- மரபணுக்கள், தன்னிய நகலாக்கத்திறன் (Self-Duplication) கொண்டவை ஆதலால் தன் நகலை தாமே உற்பத்தி செய்து கொள்கின்றன.

மரபணு பொருளுக்கான தேடல்

- செல்களில் நடைபெறும் குன்றல் பிரிவின் போது அச்செயலில் ஈடுபட்டுள்ள உட்கரு, தமக்குத் தாமே சிறிய தண்டு போன்ற உறுப்புகளாக சீரமைத்துக் கொள்கிறது. இதற்கு குரோமோசோம் என்று பெயர். இக்கருத்துக்களை 1848 லேயே, ஜெர்மனியைச் சேர்ந்த தாவரவியல் அறிஞரான வில்ஹெல்ம் ஹோஃப்மீஸ்டெர் (Wilhelm Hofmeister) குறிப்பிட்டுள்ளார். 189-ல், லிவிஸ் நாட்டைச் சேர்ந்த மருத்துவரான பிரெடெரிக் மீஸ்ஷர் (Friedrich Meicher) செல்லின் உட்கருவிலிருந்து நியூக்ளின் (Nuclein) எனும் பொருளை பிரித்தெடுத்தார். இப்பொருளுக்கு 1889-ல் ஆல்ட்மன் (Altman) என்பவர் நியூக்ளிக் அமிலம் என பெயர் மாற்றினார். இதுவே தற்போது டி.என்.ஏ என்றழைக்கப்படுகிறது.
- புரதங்கள் மற்றும் டி.என்.ஏ ஆகியவற்றால் குரோமோசோம்கள் ஆக்கப்பட்டுள்ளன என்பது 1920-வாக்கில் தெளிவானது. மரபுசார்ந்த செய்திகளை எடுத்துச் செல்லும் உண்மையான கடத்திகளை அறிவதற்காக பல சோதனைகள் மேற்கொள்ளப்பட்டன.

ஏவரி குழுவின் தோற்ற மாற்ற சோதனை (1944)



- டி.என்.ஏ தான் மரபணுப்பொருள் என்பதை நிரூபித்த கிரிஃபித் (Griffith) சோதனை, ஏற்கெனவே பதினோராம் வகுப்பு பாட நூலில் விளக்கப்பட்டுள்ளது. பாக்டீரியாவின் மரபணுப் பொருள் டி.என்.ஏ தான் என்பதற்கு பாக்டீரிய தோற்றமாற்றமே (Bacterial Transformation) முதல் சான்று என்பதற்கு என்றாலும் இத்தோற்றமாற்றத்திற்கான காரணத்தை கிரிஃபித்தால் விளங்கிக் கொள்ள முடியவில்லை. அவரின் சோதனைகளால் மரபணுப் பொருளின் வேதிப்பிணைப்பையும் வரையறுக்க இயலவில்லை.

- பின்னர் 1944-ல், ஆஸ்வால்டு ஏவரி (Oswald T.Avery) காலின் மேக்லியாட் (Colin M.Macleod) மற்றும் மேக்லின் மெக்கார்டி (Maclyn J.Mc Carty) ஆகியோர், 'உடல்வெளி' (invitro) முறை மூலம் கிரிஃபித்தின் சோதனைகளை மீள மேற்கொண்டனர். இதன் மூலம், வீரியமற்ற பாக்டீரியாவை வீரியம் கொண்டதாக மாற்றுகிற தோற்றமற்ற நிகழ்வுக்குக் காரணமான பொருட்களை அடையாளம் காண முயன்றனர். இவ்வாய்வின் போது, வெப்பத்தினால் கொல்லப்பட்ட S-வகை பாக்டீரியாவிலிருந்து டி.என்.ஏ, ஆர்.என்.ஏ மற்றும் புரதங்கள் பிரித்தெடுக்கப்பட்டு அவை R-வகை பாக்டீரியாவின் சேர்க்கப்பட்டன. இதன் விளைவாக R-வகையின் சொரசொரப்பான புறப்பரப்பு மென்மையாக மாறியது மட்டுமல்லாமல், அவை, நோயூக்கியாகவும் மாறின. ஆனால், டி.என்.ஏ.யேஸ் (டி.என்.ஏ சிதைவு நொதி) அல்லது புரோட்டினேஸ் (புரத சிதைப்பு நொதி) ஆகியவை எதுவும் தோற்றமாற்ற நிகழ்வை பாதிக்கவில்லை. எனவே, தோற்றமாற்ற நிகழ்விற்கு டி.என்.ஏ.வே காரணம் என்பது, டி.என்.ஏ.யேஸால் செரிக்கப்பட்டதால் ஏற்பட்ட தோற்றமாற்ற பண்பு இழப்பிலிருந்து, தெரிய வருகிறது. இச்சோதனைகள் டி.என்.ஏ.வே மரபணுப் பொருளாகவும் புரதம் அல்ல என்பதையும் காட்டுகின்றன. ஒரு வகை செல்லிலிருந்து (R-வகை) யின் சில பண்புகள் மீளக்கிடைக்கின்றன. இம்மொத்த நிகழ்வே தோற்றமாற்றம் (Transformation) எனப்படும்.

மரபணுப்பொருளாக டி.என்.ஏ

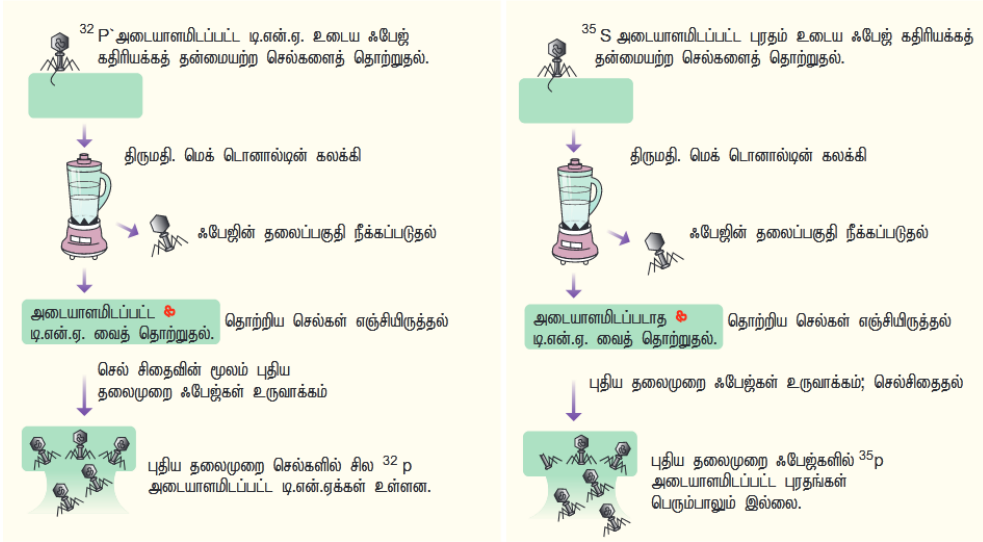
- கிரிஃபித், எவரி போன்றவர்களின் சோதனைகளுக்கு அப்பால் உயிரியலாளர்கள் செல்லில் உள்ள புரதங்களே மரபுப் பண்புகளை கடத்தும் பொருட்கள் என்றும் டி.என்.ஏக்கள் அல்ல என்றும் உறுதியாக நம்பினார்கள். யுகேரியோடிக் குரோமோசோம்களில் டி.என்.ஏவும் புரதமும் ஏறத்தாழ சமஅளவில் இருக்கின்றன. மரபுப்பொருளாக இருக்க தேவையான ஒரு பண்பு, செய்திகளை மொழிபெயர்க்கும் திறனாகும். இத்திறனுக்கு தேவையான வெதிப்பல்வகைமையையும், கூட்டுத்தொகுதி அமைப்பையும் புரதங்களே பெற்றுள்ளன என்று அவர்கள் கருதினர். என்றாலும், 1952-ல் செய்யப்பட்ட ஹார்ஷே-சேஸ் (Harshey-Chase) சோதனைகளின் முடிவுகள், டி.என்.ஏ.வே மரபணுப் பொருள் என்பதற்கான, அனைவராலும் ஏற்றுக் கொள்ளக்கூடிய, சான்றுகளை அளித்தன.

பாக்டீரியோஃபேஜை பயன்படுத்தி செய்யப்பட்ட ஹார்ஷே மற்றும் சேஸ் சோதனைகள்

- பாக்டீரியாக்களை தாக்கும் தன்மை கொண்ட T2 - பாக்டீரியோஃபேஜ்களை பயன்படுத்தி, 1952ல் ஆல்பிரெட் ஹார்ஷே மற்றும் மார்தா சேஸ் ஆகியோர் பல சோதனைகளை செய்தனர். உண்மையில் T-2 பாக்டீரியோஃபேஜ் என்பது, எஸ்சரிச்சியா கோலை (எ.கோலை) என்ற பாக்டீரியாவை தாக்கும், வைரஸ் ஆகும். பாக்டீரியங்களோடு இவ்வைரஸ்களை கலந்தால், பாக்டீரியாவின் பரப்பின் மீது வைரஸ்கள் மெல்லிய படலமாக படர்கின்றன. பின், அவற்றிலிருந்து பாக்டீரியாவிற்குள் சில பொருட்கள் செலுத்தப்படுகின்றன. பிறகு, ஒவ்வொரு பாக்டீரியமும் உடைந்து பெரும் எண்ணிக்கையிலான புது ஃபேஜ்களை வெளியேற்றுகின்றன. டி.என்.ஏ மற்றும் புரதம் ஆகிய இவ்விரண்டில் எது பாக்டீரியாவுக்குள் சென்ற பொருள்? என்பதை ஹார்ஷேயும்

சேஸும் கண்டறிய விரும்பினர். எல்லா நியுக்ளிக் அமிலங்களிலும் பாஸ்பரஸ் உண்டு ஆனால் புரதங்களில் இப்பொருள் இல்லை. அதைப்போலவே பெரும்பாலான புரதங்களில் (சிஸ்டீன் மற்றும் மெதியோனைன்) கந்தகம் உண்டு. ஆனால் நியுக்ளிக் அமிலத்தில் இப்பொருள் இல்லை.

ஹர்ஷே மற்றும் சேஸ் (கலக்கி) பரிசோதனை



- ஆகவே இதனை அடிப்படையாகக் கொண்டு, கதிரியக்க தன்மை கொண்ட ஐசோடோப்புகளான கந்தகத்தின் ³⁵S, பாஸ்பரஸின் ³²P ஆகியவற்றை பயன்படுத்தி ஹர்ஷேவும் சேஸும் சோதனைகளை வடிவமைத்தனர். இதன் மூலம் தொற்று ஏற்படுத்தும் போது வைரஸின் புரதம் மற்றும் நியுக்ளிக் அமிலங்களை தனித்தனியான பாதைகளில் கண்காணிக்க இயலும். ³⁵S, அல்லது ³²P ஐசோடோப்புகள் உள்ள வளர் ஊடகத்தில் உள்ள பாக்டீரியாக்களில் தொற்று ஏற்படுத்த .:பேஜ்கள் அனுமதிக்கப்பட்டன. ³⁵S உள்ள ஊடகத்தில் வளரும் பாக்டீரியோபேஜ்ஜில் புரதங்களும், ³²P உள்ள ஊடகத்தில் வளரும் .:பேஜ்களில் டி.என்.ஏ.க்களும் அடையாளமிடப்பட்டிருந்தன. இவ்வாறு .:பேஜ்களின் டி.என்.ஏ.வும் புரதமும் வெவ்வேறு அடையாளங்களை பெற்றிருப்பதால் இனம் காண்பது எளிதாகிறது.
- இவ்வாறு அடையாளமிடப்பட்ட .:பேஜ்களை, அடையாளமிடப்படாத எ.கோலை பாக்டீரியங்களோடு ஹர்ஷேவும் சேஸும் கலந்தனர். இதனால் .:பேஜ்கள் பாக்டீரியங்களை தாக்கி அவற்றின் மரபணுப் பொருட்களை பாக்டீரியாவின் செலுத்தின. இவ்வாறு தொற்றுக்கு உள்ளான பாக்டீரியங்களை (பாக்டீரிய சிதைவுக்கு முன்பு) மிதமான குலுக்கலுக்கு ஆட்படுத்தி அதில் ஓட்டியுள்ள பொருட்கள் விடுவிக்கப்பட்டன. பின்னர், பாக்டீரியங்களை ஆய்வு செய்ததில், ³²P இணைந்த பொருட்கள் மட்டுமே இருந்தன. வெளியில் உள்ள ஊடகத்தில் ³⁵S இணைந்த பொருட்கள் இருந்தன. புதிய தலைமுறை .:பேஜ்களில் கதிரியக்க சோதனை செய்தபோது அவற்றில் வெறும் ³²P மட்டுமே இருந்ததும், ³⁵S இல்லாமலிருந்தும் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. எனவே இம்முடிவுகள் மூலம், பாக்டீரியா செல்களுக்குள் சென்றவை டி.என்.ஏ பொருட்கள் மட்டுமே, புரத

உறை பொருட்கள் அல்ல என்பது தெளிவாக்கப்பட்டது. இவ்வாறு, ஹர்ஷேஷம் சேஸும், வைரஸிடமிருந்து பாக்கிரியாவுக்கு பாரம்பரிய செய்தியைக் கொண்டு சென்றது புரதங்கள் அல்ல டி.என்.ஏ மட்டுமே என இறுதியாக நிரூபித்தனர்.

நியுக்ளிக் அமிலங்களின் வேதியியல்

- நியுக்ளிக் அமிலங்களான, டி.என்.ஏக்களே (அல்லது ஆர்.என்.ஏ) மரபணுப் பொருட்கள் என்று அடையாளம் கண்ட பின்பு, அம்மூலக்கூறுகளின் வேதி அமைப்பினை ஆய்வு செய்வதில் நாம் இனி முனைய வேண்டும். பொதுவாக, நியுக்ளிக் அமிலங்கள் நீண்ட சங்கிலியாகும். இதில் நியுக்ளியோடைடுகள் எனும் அடுத்தடுத்து அமைந்துள்ள துணை அலகுகளின் பாலிமெர்கள் உள்ளன. ஒவ்வொரு நியுக்ளியோடைடு துணை அலகும், மூன்று பகுதிகளைக் கொண்டது. அவை, நைட்ரஜன் கொண்ட கார்ப்பொருள், பென்டோஸ் என்னும் ஐந்து கார்பன்களைக் கொண்ட சர்க்கரை மற்றும் பாஸ்பேட் குழு ஆகியனவாகும்.

பென்டோஸ் சர்க்கரை

- பென்டோஸ் சர்க்கரையின் வகைக்கேற்ப, நியுக்ளிக் அமிலங்கள் இரண்டு வகைகளாக உள்ளன. டி-ஆக்ஸி-ரிபோஸ் சர்க்கரை மூலக்கூறைக் கொண்ட நியுக்ளிக் அமிலம் டி-ஆக்ஸி-ரிபோ நியுக்ளிக் அமிலம் (டி.என்.ஏ) எனவும், ரிபோஸ் சர்க்கரையைக் கொண்ட நியுக்ளிக் அமிலம், ரிபோநியுக்ளிக் அமிலம் (ஆர்.என்.ஏ) எனவும் அழைக்கப்படுகின்றன. புரோகேரியோட்டுகளின் உட்கரு ஆகியவற்றில் டி.என்.ஏ காணப்படுகிறது. இவ்விரு சர்க்கரைப் பொருள்களுக்கிடையேயுள்ள ஒரே வேறுபாடு டி-ஆக்ஸி ரிபோஸில் ஒரு ஆக்ஸிஜன் குறைவாக இருப்பது மட்டுமே ஆகும்.

நைட்ரஜன் கார்ப்பொருள்

- நைட்ரஜனை உள்ளடக்கிய கார்ப்பொருளின் மூலக்கூறுகள் காரங்களுக்கான அடிப்படை வேதிப்பண்பைப் (ஒரு கரைசலில் உள்ள புரோட்டான் அல்லது H+ அயனியை ஏற்றுக்கொள்ளும் பொருள்) பெற்றுள்ளன. டி.என்.ஏ மற்றும் ஆர்.என்.ஏ ஆகிய இரண்டின் நியுக்ளியோடைடு சங்கிலியிலும் நான்கு கார்ப்பொருள்கள் (இரண்டு பியூரின்கள் மற்றும் இரண்டு பைரிமிடின்கள்) உள்ளன. அடினைன்(A) மற்றும் குவானைன் (G) ஆகிய இரு காரங்களும், இரண்டு கார்பன்-நைட்ரஜன் வளையங்களை பெற்றுள்ளன. இவ்விரு காரங்களும் பியூரின்கள் எனப்படுகின்றன. மற்ற காரப் பொருட்களான தைமின் (T), சைடோசின் (C) மற்றும் யுரேசில் (U) ஆகியவற்றில் ஒற்றை வளையம் மட்டுமே உள்ளது. இவற்றுக்கு பைரிமிடின்கள் என்று பெயர். தைமின் டி.என்.ஏவுக்கு மட்டுமே உரியது. அதைப்போலவே யுரேசில் ஆர்.என்.ஏவுக்கு மட்டுமே உரியதாகும்.

பாஸ்பேட்டின் செயலாக்கக் குழு

- பாஸ்பாரிக் அமிலத்திலிருந்து (H₃PO₄) தோன்றும் இவ்விளைபொருளில் மூன்று செயல்திறன் மிக்க OH குழுக்கள் உள்ளன. இவற்றில் இரண்டு குழுக்கள் இழை உருவாக்கத்தில் பங்கேற்கின்றன. டி.என்.ஏ மற்றும் ஆர்.என்.ஏக்கள் பெறுவதற்கு பாஸ்பேட்டின் செயலாக்கக் குழு (PO₄) வே காரணமாகும். (ஒரு

கரைசலில் புரோட்டான்களையோ அல்லது H^+ அயனிகளையோ விடுவிக்கும் பொருள்) பாஸ்பேட்டுகளால் உருவாக்கப்பட்ட பிணைப்புகள் எஸ்டர்கள் ஆகும். பாஸ்போ-டை-எஸ்டர் பிணைப்பு உருவான பின்பு, பாஸ்பேட் குழுவினிலுள்ள ஆக்ஸிஜன் அணு, எதிர்மறை மின் தன்மையைப் பெறுகின்றது. இவ்வாறு எதிர்மறை மின்தன்மை பெற்ற பாஸ்பேட், உட்கரு சவ்வு அல்லது செல்லுக்குள் நியுக்ளிக் அமிலங்களின் இருப்பை உறுதி செய்கிறது.

நியுக்ளியோசைடு மற்றும் நியுக்ளியோடைடு

- நைட்ரஜன் கார்ப்பொருள், ஒரு சர்க்கரை மூலக்கூறோடு செய்யும் வேதி பிணைப்பின் விளைவாக (சர்க்கரையின் 1வது கார்பனோடு) **நியுக்ளியோசைடு** உருவாகிறது. அதே சர்க்கரையின் 5-வது கார்பனோடு பாஸ்பேட் குழு இணைவதால், நியுக்ளியோசைடு நியுக்ளியோடைடாக மாறுகிறது. சுருக்க (திண்மை) வினையினால் **நியுக்ளியோடைடுகள்** ஒன்றுடன் ஒன்று இணைந்து பல நியுக்ளியோடைடுகளைக் கொண்ட சங்கிலியை உருவாக்குகிறது. ஒரு நியுக்ளியோடைடுவின் சர்க்கரையின் 3-வது கார்பனோடு பிணைந்துள்ள ஹைட்ராக்சைல் (OH) குழு அடுத்த நியுக்ளியோடைடுவின் பாஸ்பேட்டுடன் எஸ்டர் பிணைப்பை ஏற்படுத்துகிறது. அடுத்தடுத்து உள்ள நியுக்ளியோடைடுகளின் சர்க்கரைப் பகுதியை இணைக்க உதவும் வேதிப் பிணைப்பிற்கு **பாஸ்போ-டை-எஸ்டர் பிணைப்பு ($5' \rightarrow 3'$)** என்று பெயர். இது $5' \rightarrow 3'$ இழையின் துருவத்துவத்ததை குறிப்பிடுகின்றது.
- டி.என்.ஏ மற்றும் ஆர்.என்.ஏக்களின் தெளிவான இரண்டு முனைகள் $5'$ மற்றும் $3'$ எனும் குறிகளால் குறிக்கப்படுகின்றன. $5'$ என்பது, பாஸ்பேட்டின் செயலாக்கக் குழு இணைந்துள்ள சர்க்கரையின் கார்பன் இடத்தையும் $3'$ என்பது, ஹைட்ராக்சைல் (-OH) குழு இணைந்துள்ள சர்க்கரையின் கார்பன் இடத்தையும் குறிக்கிறது. ஆர்.என்.ஏவில் உள்ள ஒவ்வொரு நியுக்ளியோடைடின் ரிபோஸ் சர்க்கரையின் இரண்டாவது இடத்தில் கூடுதலாக ஒரு OH குழு இணைந்துள்ளது. $5' \rightarrow 3'$ திசையை புரிந்து கொள்வதன் மூலம் இரட்டிப்பாதல், படியெடுத்தல் ஆகியவற்றின் நுட்பங்களை எளிதில் புரிந்து கொள்ளலாம்.
- **மெளரில் வில்கின்ஸ்** மற்றும் **ரோசலிண்ட் .:பிராங்ளின்** ஆகியோர் செய்த எக்ஸ் - கதிரியக்க சிதறல் வழி பெறப்பட்ட படங்களின் ஆய்வினை அடிப்படையாகக் கொண்டு, ஜேம்ஸ் வாட்சன் மற்றும் .:பிரான்சிஸ் கிரிக் ஆகியோர், 1953-ல் டி.என்.ஏவின் இரட்டை இழை கோட்பாட்டினை உருவாக்கினர். இரண்டு பாலிநியுக்ளியோடைடு கொண்ட சங்கிலிகளுக்கு இடையேயான கார பிணைப்பு முக்கியத்துவம் உடையதாகும். இது எர்வின் சார்காப்பின் (Erwin Chargaff) கண்டுபிடிப்புகளை அடிப்படையாகக் கொண்டதாகும். அடினைன், தைமின் உடன் ($A=T$) இரண்டு ஹைட்ரஜன் பிணைப்புகளாலும் குவானைன் சைட்டோசினுடன் ($G=C$) மூன்று ஹைட்ரஜன் பிணைப்புகளாலும் பிணைக்கப்பட்டு இணைகள் உருவாக்கப்பட்டுள்ளன என்பதை அவர் நிரூபித்தார். அடினைனுக்கும் தைமினுக்கும் மற்றும் குவானைனுக்கும் சைட்டோசினுக்கும் இடையிலான விகிதம் நிலையானதாகவும் சமமாகவும் இருக்கின்றது. பாலிநியுக்ளியோடைடு சங்கிலியின் சிறப்புப் பண்பாக இக்கார இணை உருவாக்கம் உள்ளது. இவை ஒன்றுக்கொன்று நிரப்புக் கூறுகளாக

(Complementary) இருக்கின்றன. ஒரு இழையின் கார வரிசை தெரிந்தால் இன்னொரு இழையின் வரிசையை கணிக்க முடியும். டி.என்.ஏவின் அமைப்பு பற்றிய சிறப்புப் பண்புகள் பதினோராம் வகுப்பு பாட புத்தகத்தில் ஏற்கனவே விளக்கப்பட்டிருக்கிறது.

ஆர்.என்.ஏ உலகம்

- மாதிரி செல் ஒன்றுக்குள் டி.என்.ஏவை விட பத்து மடங்கு அதிக அளவில் ஆர்.என்.ஏ இருக்கிறது. செல்களில் அதிக அளவில் ஆர்.என்.ஏ இருப்பதற்குக் காரணம், செல்லின் செயல்பாடுகளில் அதன் பரந்துபட்ட பங்களிப்பாகும். ஆர்.என்.ஏவைக் கொண்ட புகையிலை மொசைக் வைரஸ் (TMV) போன்ற வைரஸ்களில் ஆர்.என்.ஏ மரபணுப் பொருளாக உள்ளது என்று முதன் முதலாக 1957-ல், ஃபிரன்செல் - கான்ப்ரட் (Fraenkel-Conrat) மற்றும் சிங்கர் (Singer) ஆகியோர் விளக்கினார். இவர்கள் TMV வைரஸின் புரத்திலிருந்து ஆர்.என்.ஏவை பிரித்தெடுத்தனர். லெஸ்லி ஆர்ஜெல் (Leslie Orgel), பிரான்சிஸ் பிரிக் (Francis Brick) மற்றும் கார்ல் வோயஸ் (Carl Woese) ஆகிய மூன்று மூலக்கூறு உயிரியலாளர்கள் பரிணாமத்தின் முதல் நிலையாக, ஆர்.என்.ஏ உலகம் என்று அறிமுகப்படுத்தினார். உயிரின வாழ்க்கையின் முக்கிய செயல்கள் (வளர்சிதை மாற்றம், மொழியாக்கம், பிளவுறுதல் போன்ற இன்னும் பிற) அனைத்தும் ஆர்.என்.ஏவை சுற்றியே நடைபெறுகின்றன என்பதற்கு தற்போது தேவையான அளவிற்கு சான்றுகள் உள்ளன. மரபணுப்பொருள், வினையூக்கி ஆகிய இரண்டாகவும் செயலாற்றக்கூடிய திறன் கொண்டதாக ஆர்.என்.ஏ இருக்கிறது. உயிரிய மண்டலத்தின் பல உயிர்வேதிய வினைகளுக்கு ஆர்.என்.ஏ வினையூக்கியாக செயல்படுகிறது. இத்தகைய வினையூக்கி ஆர்.என்.ஏவுக்கு நிலைப்புத் தன்மை குறைவாகவே இருக்கிறது. இதனால், சில வேதிப்பொருள் மாற்றங்களுடன் இதை விட அதிக நிலைப்புத் தன்மை கொண்ட, டி.என்.ஏ பரிணமித்தது. இரட்டை திருகுகழல் அமைப்பைக் கொண்ட டி.என்.ஏ நிரப்புக் கூறு இழைகளால் ஆக்கப்பட்டிருப்பதாலும், பழுதுநீக்க பண்பின் தோற்றத்தாலும், மாற்றங்களை எதிர்த்து நிற்கும் ஆற்றலைப் பெற்றுள்ளது. சில ஆர்.என்.ஏ மூலக்கூறுகள், டி.என்.ஏவுடன் பிணைந்து, மரபணுக்களின் வெளிப்பாட்டை நெறிப்படுத்துகின்ற வேலையையும் செய்கின்றன. சில வைரஸ்கள் ஆர்.என்.ஏவை மட்டுமே மரபுப் பொருளாகப் பயன்படுத்துகின்றன. 2006-ல் நோபல் பரிசு பெற்ற, ஆன்ட்ரியு பையர் மற்றும் கிரேக் மெல்லோ ஆகியோர், உயிர்களின் வேதியியலில் செயல்மிகு உட்பொருளாக ஆர்.என்.ஏ இருக்கிறது என கருதினர். ஆர்.என்.ஏக்களின் வகைகள் மற்றும் அவற்றின் பங்கு பற்றி பதினோராம் வகுப்பு பாடநூலில் வரிவாக விளக்கப்பட்டுள்ளது.

மரபணுப் பொருட்களின் பண்புகள் (டி.என்.ஏ மற்றும் ஆர்.என்.ஏக்கு இடையே)

- ஹெர்ஷே மற்றும் சேஸ் ஆகியோர் தம் சோதனைகள் மூலம், டி.என்.ஏ தான் மரபுப் பொருளாக செயலாற்றுகிறது என காட்டினார். இருப்பினும், புகையிலை மொசைக் வைரஸ், பாக்டீரியோஃபேஜ் θB , போன்ற வைரஸ்களில் ஆர்.என்.ஏ மரபணுப் பொருளாக செயலாற்றுகிறது. ஒரு மூலக்கூறு மரபணுப்பொருளாக செயலாற்ற வேண்டுமென்றால் அதற்கான சில பண்புகள் தேவைப்படுகின்றன. அவையாவன:

- **தன்னிய இரட்டிப்பாதல்:** தன்னிய இரட்டிப்பாகக் கூடிய திறன் இருக்க வேண்டும். நிரப்புதல் மற்றும் காரண இணைகள் உருவாதல் விதிகளின்படி, இரு வகை நியுக்ளிக் அமிலங்களுக்கும் (ஆர்.என்.ஏ மற்றும் டி.என்.ஏ) நேரடி நகலாக்க திறனுண்டு. புரதத்திற்கு இப்பண்பு கிடையாது.
- **நிலைப்புத் தன்மை:** கட்டமைப்பு மற்றும் வேதித்தன்மை ஆகியவற்றில் நிலைப்புத் தன்மை வேண்டும். உயிரினத்தின் வயது, வாழ்க்கை சுழற்சி நிலைகள் மற்றும் மாறும் உடற்செயலியல் செயற்பாடுகள் ஆகியவற்றால் பாதிக்கப்படாத நிலைப்புத் தன்மையை மரபணுப்பொருள் பெற்றிருக்க வேண்டும். கிரி.ஃப்பித்தின் தோற்றமாற்றக் கோட்பாட்டில் மரபுப்பொருளின் முக்கியமான பண்பு நிலைப்புத் தன்மை என்பதற்கான தெளிவான சான்றுகள் உள்ளன. பாக்டீரியாவை கொல்லக்கூடிய வெப்பம்கூட மரபுப் பொருளின் சில பண்புகளை அழிப்பதில்லை. டி.என்.ஏவின் இரு இழைகளும் நிரப்புக் கூறுகளைக் கொண்டவை. அவற்றை வெப்பத்தால் பிரித்தாலும், மீண்டும் இயல்பு சூழலில் இணைந்து விடுகின்றன. மேலும், ஆர்.என்.ஏவில் உள்ள ஒவ்வொரு நியுக்ளியோடைடுவிலும் 2' நிலையில் OH குழு இருக்கிறது. இது எதிர் வினைபுரியும் குழுவாகும். ஆதலால் எளிதில் சிதைகிறது. அதனால்தான் ஆர்.என்.ஏவை வினையூக்கியாகவும் எதிர் வினையாற்றியாகவும் அறிகிறோம். ஆர்.என்.ஏவை ஒப்பிடுகையில், வேதியியல் ரீதியாக டி.என்.ஏ அதிக நிலைப்புத் தன்மையையும் குறைவான எதிர் வினையாற்றும் பண்பையும் பெற்றுள்ளது. யுரேசிலுக்கு பதிலாக தைமின் இருப்பது டி.என்.ஏவின் நிலைப்புத் தன்மைக்கு கூடுதல் உறுதியைத் தருகின்றது.
- **தகவல் சேமிப்பு:** மரபுப்பொருள், மெண்டலின் பண்புகள் வடிவில் தன்னை வெளிப்படுத்திக் கொள்ளும் திறன் பெற்றிருக்க வேண்டும். ஆர்.என்.ஏவை பொறுத்த அளவில், புரத உற்பத்திக்கான தகவல்களைத் தருவதில் நேரடியாக பங்கேற்பதால் பண்புகளை வெளிப்படுத்துவது எளிதானதாகும். ஆனால், டி.என்.ஏ. புரத உற்பத்திக்கு ஆர்.என்.ஏவை சார்ந்தே இருக்கிறது. டி.என்.ஏ மற்றும் ஆர்.என்.ஏ ஆகிய இரண்டுமே மரபணுப்பொருள்கள் தான், ஆனால் டி.என்.ஏ அதிக நிலைப்புத்தன்மை கொண்டதால், மரபுத் தகவல்களை சேமிக்க முடியும். ஆர்.என்.ஏ அத்தகைய மரபுத் தகவல்களை கடத்தும்.
- **திடீர் மாற்றம் மூலம் மாறுபாடுகள்:** மரபுப்பொருட்கள், திடீர்மாற்றத்திற்கு ஆட்பட வேண்டும். டி.என்.ஏ மற்றும் ஆர்.என்.ஏ ஆகிய இரண்டுமே திடீர் மாற்றமடையும் திறன் பெற்றவை. இதில், நிலைப்புத் தன்மை குறைவாக உள்ளதால் ஆர்.என்.ஏ எளிதில் வேகமாக திடீர் மாற்றமடைகிறது. இவ்வாறே, ஆர்.என்.ஏ மரபுத் தொகுதியையும் குறுகிய வாழ்நாளையும் கொண்ட வைரஸ்கள் வேகமாக திடீர் மாற்றமடைகிறது. இவ்வாறே, ஆர்.என்.ஏ மரபுத் தொகுதியையும் குறுகிய வாழ்நாளையும் கொண்ட வைரஸ்கள் வேகமாக திடீர் மாற்றமடைந்து, பரிணமிக்கின்றன. மேற்கண்ட கருத்துக்களின் அடிப்படையில் பார்த்தால், ஆர்.என்.ஏ மற்றும் டி.என்.ஏ ஆகிய இரண்டுமே மரபணுப் பொருளாக பணியாற்றும் திறன் பெற்றவையே, என்றாலும் டி.என்.ஏவில் நிலைப்புத் தன்மை அதிகம் என்பதால், மரபுத் தகவல்களை சேமிக்க அதற்கு அதிக முன்னுரிமை தரப்பட்டுள்ளது.

டி.என்.ஏ திருகுச் சுழலின் பொதிவு

- ஒரு பாலூட்டியின் செல்லில் உள்ள டி.என்.ஏவின் இரட்டைவட திருகுசுழலில், அடுத்தடுத்துள்ள கார இணைகளுக்கிடையேயான இடைவெளி $0.34\text{nm}(0.34 \times 10^{-9}\text{m})$ ஆகும். மொத்த கார இணைகளின் எண்ணிக்கையை இவ்விடைவெளி அளவால் பெருக்கினால் $(6.6 \times 10^{-9} \times 0.34 \times 10^{-9}\text{m/bp})$, வரும் ஒரு இரட்டைவட திருகுச்சுழலின் நீளம் ஏறத்தாழ 2.2மீ ஆகும். (டி.என்.ஏவின் இரட்டை வட திருகுச்சுழலின் மொத்த நீளம் = மொத்த கார இணைகளின் எண்ணிக்கை \times அடுத்தடுத்துள்ள கார இணைகளுக்கு இடையேயான இடைவெளி). எ.கோலை பாக்டீரியாவில் உள்ள டி.என்.ஏவின் நீளம் ஏறத்தாழ 1.36 மி.மீ எனில், அதில் உள்ள கார இணைகளின் 4×10^6 மீ $(1.36 \times 10^3 \text{ மீ} / 0.34 \times 10^{-9})$ ஆகும். மாதிரி பாலூட்டி உட்கருவின் அளவை (ஏறத்தாழ 10^{-6} மீ) விட டி.என்.ஏவின் இரட்டை வட திருகுச்சுழலின் நீளம் மிக அதிகம். ஒரு செல்லுக்குள் இவ்வுளவு நீளமான டி.என்.ஏ பாலிமர் எவ்வாறு பொதித்து வைக்கப்பட்டுள்ளது?

- மரபணுக்களை தன்னகத்தே வைத்துள்ள குரோசோம்கள், ஒரு தலைமுறையிலிருந்து இன்னொரு தலைமுறைக்கு பல்வேறு பண்புகளை கடத்துகின்றன. டுப்ரா (1965) என்பவர் ஒற்றை இழை மாதிரி (U nineme) ஒன்றை முன்மொழிந்தார். அதன்படி யூகேரியோட்டுகளில், நீண்ட சுருள் தன்மை கொண்ட மூலக்கூறான ஒற்றை இழை டி.என்.ஏ மாதிரி ஹிஸ்டோன் புரதங்களுடன் இணைந்துள்ளன. பாக்டீரியங்களை விட, தாவரங்களிலும் விலங்குகளிலும் அதிகமான டி.என்.ஏ பொருள் உள்ளது. எனவே செல்லின் உட்கருவுக்குள் பொருந்துவதற்கேற்ப பல மடிப்புகளாக்கப்பட்டு வைக்கப்பட்டுள்ளன. எ.கோலை போன்ற புரோகேரியோட்டுகளில் தெளிவான உட்கரு கிடையாது என்றாலும் டி.என்.ஏ செல்லினுள் சிதறி காணப்படுவதில்லை. எதிர்மறை மின்தன்மை கொண்ட சில புரதங்களோடு இணைந்து 'நியூக்ளியாய்டு (Nucleoid)' எனும் பகுதியில் காணப்படுகின்றன. இப்பகுதியில் புரதத்தால் கட்டப்பட்டுள்ள டி.என்.ஏ பல பெரிய மடிப்பு வளையங்களாக உள்ளன. புரோகேரியோட்டுகளின் டி.என்.ஏ ஏறத்தாழ வட்ட வடிவமானது. மேலும் அதில் குரோமேட்டின் அமைப்பு இல்லாததால் அவை ஜீனோ.போர் (Genophore) என்று அழைக்கப்படுகின்றன.

டி.என்.ஏ இறுக்கமாதல் அ) டி.என்.ஏ ஆ) நியூக்ளியோசோம்கள் மற்றும் ஹிஸ்டோன்கள் இ) குரோமேட்டின் இழை ஈ) சுருண்ட குரோமேட்டின் இழை உ) சுருண்ட இழை ஊ) மெட்டாநிலை குரோமேட்டின்

- யூகேரியோட்டுகளில் அதிக சிக்கலான அமைப்பு காணப்படுகிறது. தொடர்ச்சியான மீள்தோன்று அலகுகளான நியூக்ளியோசோம்களால் (Nucleosomes) குரோமேட்டின் உருவாக்கப்பட்டுள்ளது. நியூக்ளியோசோமிற்கான மாதிரியை கோர்ன்பெர்க் (Kornberg) என்பவர் முன்மொழிந்துள்ளார். அதில் H2A, H2B, H3 மற்றும் H4 எனும் நான்கு ஹிஸ்டோன் புரதங்களின் இரண்டு மூலக்கூறுகள் வரிசையாக அமைந்து எட்டு மூலக்கூறுகளை உடைய அலகை உருவாக்குகின்றன. இவ்வலகிற்கு ஹிஸ்டோன் எண்மம் (Histone Octamere) என்று பெயர். நேர்மறை மின்தன்மை கொண்ட ஹிஸ்டோன் எண்மத்தை சுற்றி, எதிர்மறை மின்தன்மை கொண்ட டி.என்.ஏ உறையாக அமைந்து நியூக்ளியோசோம் எனும் அமைப்பை

உருவாக்குகிறது. மாதிரி நியுக்ளியோசோம் ஒன்றில் டி.என்.ஏ இரட்டை வட திருகு சுழற்சியின் 200 கார இணைகள் அடங்கியுள்ளன. ஹிஸ்டோன் எண்மம் நெருக்கமாக அமைந்து, நியுக்ளியோசோமின் வெளிப்புறத்தில் டி.என்.ஏ சூழ்ந்து சுருளாகக் காணப்படுகிறது. அடுத்தடுத்துள்ள நியுக்ளியோசோம்களை, நொதிகளின் உதவியுடன் இணைப்பு டி.என்.ஏக்கள் இணைகின்றன. ஹிஸ்டோன் எண்மத்தைச் சுற்றி டி.என்.ஏ இரு முழுமையான திருகுகளை உருவாக்கியுள்ளன. இரண்டு திருகுகளையும் H1 மூலக்கூறு (இணைப்பு டி.என்.ஏ) மூடுகிறது. H1 இல்லாத நிலையில் குரோமேட்டின் மணிகோர்த்த மாலையைப் போல தோன்றுகிறது. இவ்வமைப்பின் எந்த இடத்திலும் டி.என்.ஏ உட்செல்லவும், நியுக்ளியோசோமை விட்டு வெளியேறவும் முடியும். ஒரு நியுக்ளியோசோமின் H1, அடுத்துள்ள நியுக்ளியோசோமின் H1 உடன் வினைபுரிவதால் இழை, மேலும் மடிகிறது. இடைநிலையில் உள்ள உட்கருவின் குரோமேட்டின் இழை மற்றும் குன்றல் பிரிவின் போதான குரோமோசோம் ஆகியவற்றின் விட்டம் 200nm முதல் 300nm வரை இருக்கும். இது செயலற்ற குரோமேட்டின் ஆகும். நியுக்ளியோசோமின் மடிப்பிலிருந்து தோன்றும் 30nm நீளமுள்ள இழை, ஒரு சுற்றுக்கு ஆறு நியுக்ளியோசோமைக் கொண்ட வரிச்சுருளமைப்பைத் (Solenoid) தோற்றுவிக்கிறது. வெவ்வேறு H1 மூலக்கூறுகளுக்கு இடையேயான வினையால் இவ்வமைப்பு நிலைப்புத் தன்மையைப் பெறுகிறது. தற்போது டி.என்.ஏ வரிச்சுருள் அமைப்புடன் சுமார் 40 மடிப்புகளைக் கொண்டு பொதிக்கப்படுகிறது. குரோமோசோம் அமைப்பின் உயர்படிநிலையின் வரிசைக்கிரமம் தரப்பட்டுள்ளது. மேலும் உயர்நிலை குரோமேட்டின் பொதிவுக்கு கூடுதலான புரதத் தொகுதிகள் தேவையாய் உள்ளன. இப்புரதங்கள், ஹிஸ்டோனற்ற குரோமோசோம் புரதங்கள் (Non-hostone chromosomal proteins - NHC) எனப்படுகின்றன. மாதிரி உட்கருவில், குரோமேட்டினின் சில பகுதிகள் தளர்வாக பொதிக்கப்பட்டுள்ளன. (குறைவான நிறமேற்பி) இதற்கு யுகரோமேட்டின் என்று பெயர். இறுக்கமாக பொதிக்கப்பட்ட (அடர்நிறமேற்பரப்பி) குரோமேட்டின் பகுதி ஹெட்டிரோகுரோமேட்டின் எனப்படும். யுகரோமேட்டினில் படியெடுத்தல் நிகழ்வு தீவிரமாக நிகழும் ஆனால் ஹெட்டிரோகுரோமேட்டினில் படியெடுத்தல் நிகழ்வதில்லை.

டி.என்.ஏ இரட்டிப்பாதல்

- செல்சுழற்சியின் S-நிலையின் போது டி.என்.ஏ இரட்டிப்பாதல் நிகழ்கிறது. இரட்டிப்பாதலின் போது, ஒவ்வொரு டி.என்.ஏ மூலக்கூறும், ஒன்றுக்கொன்று ஒத்த தன்மை கொண்ட இரண்டு இழைகளைத் தருகின்றன. இவை பெற்றோரின் இழைகளையும் ஒத்திருக்கின்றன. டி.என்.ஏ இரட்டிப்பாதல் தொடர்பாக மூன்று கோட்பாடுகள் முன்மொழியப்பட்டுள்ளன. அவையாவன: பழையன காத்தல் முறை இரட்டிப்பாதல், சிதறல் முறை இரட்டிப்பாதல் மற்றும் பாதி பழையன காத்தல் முறை இரட்டிப்பாதல்.
- பழையன காத்தல் இரட்டிப்பாதலில், மூல இரட்டை வட திருகுச்சுழல் வார்ப்புருவாகப் பணியாற்றுகிறது. மூல மூலக்கூறுகள் பாதுகாக்கப்பட்டு, முழுதும் புதிதான இரு இழைகளாக டி.என்.ஏ மூலக்கூறுகள் உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றன. சிதறல் முறை இரட்டிப்பாதலில், மூல மூலக்கூறு பல துண்டுகளாக உடைந்து, ஒவ்வொரு துண்டமும் வார்ப்புருவாக செயல்பட்டு அதற்கு ஈடான இழைகளை புதிதாய் உருவாக்குகின்றன. இறுதியாக இரண்டு

புதிய மூலக்கூறுகள் உருவாகின்றன அதில் பழைய மற்றும் புதிய துண்டங்கள் இணைந்தேயுள்ளன.

பாதி பழையன காத்தல் - டி.என்.ஏ இரட்டிப்பாதல் முறை

- 1953ல் வாட்சன் மற்றும் கிரிக் ஆகியோர், பாதி பழையன காத்தல் முறை இரட்டிப்பாதலை முன்மொழிந்தனர். இது டி.என்.ஏவின் மாதிரி வடிவத்தை அடிப்படையாகக் கொண்டதாகும். டி.என்.ஏவின் இரு இழைகளும் ஒரு முனையிலிருந்து தொடங்கி பிரியத் தொடங்குகின்றன. இந்நிகழ்வின் போது ஹைட்ரஜன் பிணைப்புகள் உடைகின்றன. இவ்வாறு பிரிக்கப்பட்ட ஒவ்வொரு இழையும், புதிய இழையின் வார்ப்புருவாக செயல்படுகிறது. இதன் தொடர்ச்சியாக உருவாகும் இரண்டு இரட்டை திருகுச்சுழல் இழைகள் ஒவ்வொன்றிலும் வார்ப்புருவாக செயல்பட்ட ஒரு பெற்றோர் (பழைய) பாலி நியுக்ளியோடைடு சங்கிலி இழையும் ஒரு புதிய நிகரொத்த பாலி நியுக்ளியோடைடு சங்கிலி இழையும் ஒரு புதிய நிகரொத்த பாலி நியுக்ளியோடைடு சங்கிலி இழையும் உள்ளன.

டி.என்.ஏ இரட்டிப்பாதலுக்கான சோதனை வழி உறுதியாக்கம்

- மெசெல்சென் மற்றும் ஸ்டால் ஆகியோர் 1958-ல், டி.என்.ஏ இரட்டிப்பாதல் வழிமுறைகளை வடிவமைத்தனர். இவ்வடிவமைப்பின் மூலம், பாதி பழையன காத்தல் மற்றும் சிதறல் முறைகளை வேறுபடுத்திப் பார்க்கவும் முயன்றனர். இச்சோதனையின் போது எ.கோலை பாக்டீரியாவின் இரு குழுக்களை ஊடகத்தில், தனித்தனியாக பல தலைமுறைகளுக்கு வளர்த்தனர். கன நைட்ரஜன் ஐசோடோப்பான ^{15}N அடங்கிய நைட்ரஜன் ஐசோடோப்பான ^{14}N அடங்கிய ஊடகத்தில் இன்னொரு குழுவும் பல தொடர் தலைமுறைகளாக வளர்க்கப்பட்டன. இறுதியில், கன நைட்ரஜனில் வளர்ந்த பாக்டீரியாக்களின் டி.என்.ஏ வில் ^{15}N ம், இலகு நைட்ரஜனில் வளர்ந்தவைகளில் ^{14}N மட்டுமே இருந்தன. ^{15}N ஐ ^{14}N லிருந்து வேறுபடுத்தி அறிய சீசியம் குளோரைடு (CsCl) அடர்த்தி வேறுபாட்டு மைய விலக்குசுழற்சிக்கு (Cesium chloride density gradient centrifugation) உட்படுத்தப்படுகிறது. இச்செயற்பாட்டின் போது, இரு செல் குழுக்களிலிருந்து பிரித்தெடுக்கப்பட்ட கன மற்றும் இலகு டி.என்.ஏக்கள் இரு தனித்தனி பட்டைகளாகப் படிந்தன. (கலப்பு டி.என்.ஏ).
- பிறகு கன நைட்ரஜன் (^{15}N) வளர்ப்பிலிருந்து, பாக்டீரியாக்கள், அம்மோனியம் குளோரைடு (NH_4Cl) மட்டுமே உள்ள ஊடகத்திற்கு மாற்றப்பட்டு, அதிலிருந்து ஒவ்வொரு 20 நிமிட இடைவெளியில் மாதிரிகள் எடுக்கப்பட்டன. முதல் இரட்டிப்பாதலுக்குப் பிறகு பிரித்தெடுக்கப்பட்ட டி.என்.ஏ பட்டை, இதற்கு முன்பு படிந்த கன மற்றும் இலகு பட்டைகளுக்கு இடையில் அமைந்தது. இரண்டாம் இரட்டிப்பாதலுக்குப் பிறகு (40 நிமிடங்களுக்குப்பின்) பிரித்தெடுக்கப்பட்ட டி.என்.ஏ, இம்முறை இரு பட்டைகளாக படிந்தது. ஒன்று இலகு பட்டை நிலையிலும் மற்றொன்று இடைநிலையிலுமாய் இருந்தன. இம்முடிவுகள், வாட்சன் மற்றும் கிரிக் ஆகியோரின் பாதி பழையன காத்தல் இரட்டிப்பாதல் கோட்பாட்டினை மெய்ப்பித்தன.

நொதிகளும் இரட்டிப்பாதல் முறையும்

மெசெல்சென் மற்றும் ஸ்டால் பரிசோதனை வழி/மூலம் பாதி பழையன காத்தல் முறையை உறுதி செய்தல்

- புரோகேரியாட்டுகளில் இரட்டிப்பாதலுக்காக மூன்று வகையான டி.என்.ஏ பாலிமெரேஸ் நொதிகள் தேவைப்படுகின்றன. (டி.என்.ஏ பாலிமெரேஸ் I, II மற்றும் III). இவற்றில் டி.என்.ஏ பாலிமெரேஸ் III எனும் நொதி இரட்டிப்பாதலில் மிக முக்கிய பங்காற்றுவதாகும். 'கோரன்பெர்க் நொதி' என்று அழைக்கப்படும் டி.என்.ஏ.பாலிமெரேஸ் I மற்றும் டி.என்.ஏ.பாலிமெரேஸ் II ஆகியவை டி.என்.ஏ பழுது நீக்கத்தில் பங்காற்றுவவை ஆகும். யுகேரியோட்டுகளில் ஐந்து வகையான டி.என்.ஏ பாலிமெரேஸ்கள் உள்ளன. இவை குறுகிய காலத்தில் புதிய இழையின் 3' OH- இடத்தில் நியூக்ளியோடைடுகளின் பல்படியாக்கல் நிகழ்வில் வினை மாற்றியாக செயல்படுகின்றன. 4x10⁶bp நீளமுள்ள எ.கோலையில், இரட்டிப்பாதல் நிகழ்வு, 38 நிமிடங்களில் முழுமை பெறுகிறது. மிக வேகமாகவும், துல்லியமாகவும் நடைபெறும் இரட்டிப்பாதல் நிகழ்வில் சிறு பிழை ஏற்பட்டாலும் அது திடீர்மாற்றத்திற்கு வழி வகுக்கும். இருப்பினும், நியூக்ளியேசஸ் எனும் நொதிகள் இத்தகைய பிழைகளை சீர்படுத்த உதவுகின்றன. இந்த பல்படியாக்க (Polymerization) நிகழ்வுக்கு, டி-ஆக்ஸி-நியூக்ளியோடைடு-டிரைபாஸ்பேட், தளப்பொருளாக செயலாற்றி தேவையான ஆற்றலை அளிக்கிறது.
- இரட்டிப்பாதலுக்கான இடத்திலிருந்து (அதாவது தொடக்க இடம் (Initiation site)) இரட்டிப்பாதல் தொடங்குகிறது. புரோகேரியோட்டுகளில் 'தொடக்க இடம்' என்பது ஒன்று மட்டுமே. ஆனால், பெரிய அளவிலான டி.என்.ஏ மூலக்கூறுவைக் கொண்ட யுகேரியோட்டுகளில், பல தொடக்க இடங்கள் (replicons) காணப்படுகின்றன. டி.என்.ஏவின் நீளமான இரு இழைகளும் முழுவதுமாக ஒரே நேரத்தில் இரட்டிப்பாதலுக்கு பிரிய வாய்ப்பில்லை. ஏனெனில், அதற்கான ஆற்றல் தேவை அதிகம். எனவே, டி.என்.ஏ திருகுச்சுழலில் சிறு திறப்பின் வழி இது தொடங்குகிறது. இத்திறப்பிற்கு 'இரட்டிப்பாதல் பிளவு' (Replication fork) என்று பெயர். டி.என்.ஏவின் சுருள் நீக்கத்தை டி.என்.ஏ ஹெலிகேஸ் (DNA helicase) எனும் நொதி செயல்படுத்துகிறது. இவ்வாறு ஒரு இழையின் 3' 5' திசை கொண்ட வார்ப்புரு இழையில், இரட்டிப்பாதல் தொடர்ச்சியாக நடைபெறும். இவ்விழைக்கு தொடர் இழை அல்லது வழிகாட்டு இழை என்று பெயர். மற்றொரு 3' 5' திசை கொண்ட இழையின் இரட்டிப்பாதல் தொடர்ச்சி அற்றதாகும். இவ்விழைக்கு தொடர்ச்சியற்ற இழை அல்லது பின்தங்கு இழை (lagging strand) என்று பெயர். பின் தங்கு இழையால் உருவாக்கப்பட்ட தொடர்ச்சியற்ற புதிய துண்டங்களை (ஒகேசாகி துண்டங்கள்) டி.என்.ஏ. லிகேஸ் நொதி ஒன்றிணைக்கிறது.
- இப்பிளவு இரு எதிர்த்திசைகளில் நகர்கிறது. இதனால் உருவாக்கப்படும் புதிய நிரப்பு நியூக்ளியோடைடுகளுடன், டி.என்.ஏ பாலிமெரேஸ் நொதியால் இணைதிறன் பிணைப்பு (Covalent bond) கொண்டு பிணைக்கப்படுகின்றன. புதிய இழையின் உருவாக்கம் தொடங்க ஆர்.என்.ஏவின் சிறு பகுதியான, தொடக்க இழை (Primer) தேவைப்படுகிறது. தொடக்க இழை முதலில் 3'-OH முனையின் மீது ரிபோ நியூக்ளியோடைடு வரிசையை உருவாக்கிய பின்னர்

டி.ஆக்ஸி ரிபோ நியுக்ளியோடைடுகள் சேர்க்கப்படுகின்றன. ஆர்.என்.ஏ தொடக்க இழை இறுதியில் நீக்கப்படுவதால், புதிய டி.என்.ஏ இழையில் சிறு இடைவெளி ஏற்படுகிறது. டி.என்.ஏ பாலிமேரேஸ் நொதியின் புற நியுக்ளியேஸ் (exnuclease) வகை செயல்பாட்டினால், 5' முனையில் இவை ஒன்றன் பின் ஒன்றாக நீக்கப்படுகின்றன.

இரட்டிப்பாதல் முறை இரட்டிப்பாதல் பிளவை காட்டுகின்றது.

- இறுதியில், எல்லா நியுக்ளியோடைடுகளும் அவற்றுக்குரிய இடத்தில் நிலைத்த பின், டி.என்.ஏ. லிகேஸ் நொதியால் இடைவெளிகள் மூடப்படுகின்றன.
- இரட்டிப்பாதலின் தொடக்க இடத்தில், ஹெலிகேஸ் மற்றும் டோபோஐசோமேரேஸ் நொதிகள் (டி.என்.ஏ. கைரேஸ்) டி.என்.ஏவின் சுருளை நீக்கி, இரு இழையையும் பிரித்து 'Y' வடிவ அமைப்பான, 'இரட்டிப்பாதல் கவையை' தோற்றுவிக்கின்றன. ஒவ்வொரு தொடக்கத்திலும் இரண்டு 'இரட்டிப்பாதல் கவைகள்' உண்டு. டி.என்.ஏவின் இரு இழைகளும் எதிர் அமைப்பைக் கொண்டவை. புதிய இழையின் 5' 3' திசையில் புதிய நியுக்ளியோடைடுகளை சேர்க்கும் வினைக்கு டி.என்.ஏ.பாலிமேரேஸ் மட்டுமே வினையாற்றியாகச் செயல்படுகிறது. அது 3' நிலை கார்பனில் நியுக்ளியோடைடுகளை இணைக்கின்றது.

படியெடுத்தல் (Transcription)

- மூலக்கூறு உயிரியலின் மையக்கருத்தை (Central dogma) பிரான்சிஸ் கிரிக் என்பவர் உருவாக்கினார். அதன்படி, மரபியல் தகவல்கள் கீழ்க்கண்டவாறு கடத்தப்படுகின்றன.



- டி.என்.ஏ. வின் ஒரு இழையிலிருந்து ஆர்.என்.ஏ இழைக்கு செய்திகள் நகலெடுக்கப்படும் செயல்முறைகளே படியெடுத்தல் எனப்படும். டி.என்.ஏ சார்ந்த ஆர்.என்.ஏ பாலிமேரேஸ் என்ற நொதியின் முன்னிலையில் இந்நிகழ்ச்சி நடைபெறுகிறது. ஆர்.என்.ஏவை மரபுப்பொருளாகக் கொண்ட ரெட்ரோவைரஸ்களில் இத்தகவல் ஓட்டம் (அ) பாய்வு தலைகீழாக நடைபெறும். (எ.கா. HIV). தலைகீழ் படியெடுத்தல் மூலம் ஆர்.என்.ஏ, டி.என்.ஏவை உருவாக்குகிறது. பின் தூது ஆர்.என்.ஏவாக படியெடுக்கப்பட்டு, மொழிபெயர்த்தல் மூலம் புரதமாகிறது.
- மரபணுக்கள், தங்களின் பண்புகளை வெளிப்படுத்தினால் மட்டுமே ஒரு செல் திறனுடன் செயல்பட முடியும். அதாவது, புரதம் அல்லது ஆர்.என்.ஏ

மூலக்கூறுகள் பொன்ற மரபணு பொருட்கள் உருவாக்கப்பட வேண்டும். மரபணுவிலிருந்து புரதத்திற்கான தகவல்களை குறியீடாகச் செல்லுக்குக் கொண்டுசெல்லும் ஆர்.என்.ஏவை தூது ஆர்.என்.ஏ (mRNA) என்றழைக்கப்படும். மரபணு படியெடுக்கப்பட வேண்டுமென்றால், இரட்டைத் திருகுச்சுழலமைப்புக் கொண்ட டி.என்.ஏவின் இழைகள் தற்காலிகமாகப் பிரிய வேண்டும். பின் டி.என்.ஏ வின் ஒரு வார்ப்புரு இழையிலிருந்து ஆர்.என்.ஏ பாலிமெரேஸ் நொதியின் உதவியுடன் ஆர்.என்.ஏ உற்பத்தி செய்யப்பட வேண்டும். இந்நொதி மரபணுவின் ஆரம்பத்தில் டி.என்.ஏவுடன் இணைந்து, திருகுச்சுழல் அமைப்பை திறக்கிறது. இறுதியில் ஆர்.என்.ஏ மூலக்கூறு உற்பத்தியாகிறது. ஆர்.என்.ஏவின் நியுக்ளியோடைடுகள், அது உருவான டி.என்.ஏ வார்ப்புரு இழையின் நிகரொத்த அமைப்பாகும்.

- படியெடுத்தலின் போது டி.என்.ஏ வின் இரு இழைகளும் படியெடுக்கப்படுவதில்லை. இதற்கு இரண்டு காரணங்கள் உண்டு.

1. இரு இழைகளும் வார்ப்புருவாக செயலாற்றாமேயானால் ஆர்.என்.ஏவிற்கான குறியீடு இரண்டிலும் வெவ்வேறு வரிசையில் இருக்கும். இதனால் புரதத்தின் அமினோ அமில வரிசையிலும் பாதிப்பு ஏற்படும். இதனால் டி.என்.ஏவின் ஒரு பகுதியிலிருந்து இரு வேறு புரதங்கள் உற்பத்தியாகி மரபுத் தகவல் பரிமாற்ற நிகழ்முறையில் சிக்கல் ஏற்படுகின்றது.
2. இரு வித ஆர்.என்.ஏ மூலக்கூறுகள் ஒரே நேரத்தில் உற்பத்தியாகாமேயானால், ஆர்.என்.ஏவின் இரு இழைகளும் ஒன்றுக்கொன்று நிகரொத்ததாக இருக்கும். இதனால் புரதத்தின் அமினோ அமில வரிசையிலும் பாதிப்பு ஏற்படும். இதனால் டி.என்.ஏவின் ஒரு பகுதியிலிருந்து இரு வேறு புரதங்கள் உற்பத்தியாகி மரபுத் தகவல் பரிமாற்ற நிகழ் முறையில் சிக்கல் ஏற்படுகின்றது.

படியெடுத்தல் அலகு மற்றும் மரபணு

- படியெடுத்தல் அலகு மூன்று பகுதிகளால் வரையறுக்கப்பட்டுள்ளது. அவை ஊக்குவிப்பான், அமைப்பு மரபணு மற்றும் நிறைவி ஆகியனவாகும். 5'முனையையொட்டி ஊக்குவிப்பான் அமைந்துள்ளது. ஆர்.என்.ஏ பாலிமெரேஸ் நொதிக்கான பிணைப்பு இடத்தை அளிக்கும் டி.என்.ஏ தொடரே ஊக்குவிப்பான் ஆகும். படியெடுத்தல் அலகில் ஊக்குவிப்பான் இருப்பதால் தான், பார்ப்புரு மற்றும் குறியீட்டு இழைகள் தெளிவாகின்றன. குறியீட்டு இழையின் 3' முனையில் நிறைவி பகுதி அமைந்துள்ளது. அதற்கேற்ப, அதில், ஆர்.என்.ஏ. பாலிமெரேஸின் செயல்பாடுகளை நிறுத்திவைக்கும் டி.என்.ஏ வரிசையமைப்பு காணப்படுகிறது. யூகேரியோட்டுகளில், ஊக்குவிப்பான் பகுதியில் அதிக எண்ணிக்கையிலான அடினைன் (A) மற்றும் தைமின் (T) ஆகியவை உள்ளன. இப்பகுதி “டாடா பெட்டி” (TATA Box) அல்லது “கோல்ட்பெர்க்-ஹோக்னெஸ் பெட்டி” (Goldberg-Hogness box) என்று அழைக்கப்படுகிறது. புரோகேரியோட்டுகளில் இப்பகுதியை, “பிரிப்னோ பெட்டி” (Prinbnow box) என்பர். ஊக்குவிப்பானைத் தவிர, யூகேரியோட்டுகளுக்கு அதிகரிப்பான்களும் தேவைப்படுகின்றன.



- படியெடுத்தல் அலகில் உள்ள டி.என்.ஏவின் இரு இழைகளும் எதிரெதிர் துருவத்துவம் பெற்றவை. டி.என்.ஏ சார்ந்த ஆர்.என்.ஏ. பாலிமேரேஸ், ஒரு திசையில் மட்டுமே பல்படியாக்கம் செய்யக் கூடியதாகும். வார்ப்புருவாக செயல்படும் இவ்விழை 3' → 5' துருவத்துவம் கொண்ட இன்னொரு இழையில், தைமினுக்கு பதில் யுரேசில் உள்ள ஆர்.என்.ஏ வரிசைக் காணப்படும். இவ்விழை குறியீட்டு இழை எனப்படும்.
- அமைப்பு மரபணுக்கள், யுகேரியோட்டுகளில் உள்ளது போல மோனோசிஸ்ட்ரானிக் ஆகவோ அல்லது புரோகேரியோட்டுகளில் உள்ளது போல பாலிசிஸ்ட்ரானிக் ஆகவோ இருக்கலாம். யுகேரியோட்டுகளில், ஒவ்வொரு தூது ஆர்.என்.ஏவும் ஒரு மரபணுவை மட்டும் தாங்கி உள்ளன. அதனால் அவை ஒற்றை புரதத்தை மட்டுமே குறிக்குமாதலால், அது மோனோசிஸ்ட்ரானிக் தூது ஆர்.என்.ஏவாகும். புரோகேரியோட்டுகளில், தொடர்புடைய மரபணுக்களின் கூட்டமான ஓபரான், குரோமோசோமில் அடுத்தடுத்து அமைகின்றன. எனவே படியெடுத்தலின் போது அவை கூட்டமாக படியெடுக்கப்பட்டு ஒற்றை தூது ஆர்.என்.ஏவை உற்பத்தி செய்கின்றன. எனவே, இத்தகைய தூது ஆர்.என்.ஏக்கள் பாலிசிஸ்ட்ரானிக் என்று அழைக்கப்படுகின்றன.
- படியெடுத்தல் தொடங்குவதற்கு முன்பு, மரபணுவின் முன்பகுதியிலுள்ள ஊக்குவிப்பானுடன், ஆர்.என்.ஏ பாலிமேரேஸ் பிணைகிறது. புரோகேரியோட்டான பாக்டீரியாவின் ஆர்.என்.ஏ பாலிமேரேஸில் இரு முக்கிய உட்பொருட்கள் உள்ளன. அவை 'முக்கிய நொதி' மற்றும் 'சிக்மா துணை அலகு' ஆகியனவாகும். முக்கிய நொதி (β_1 , β மற்றும் α) ஆர்.என்.ஏ உற்பத்திக்கும் முக்கியமானது. அதைப்போல் சிக்மா துணை அலகு ஊக்குவிப்பான்களின் அங்கீகாரத்திற்கு பொறுப்பாகும். உயிரினங்களுக்கு ஏற்ப, ஊக்குவிப்பானின் வரிசையிலும் மாற்றம் காணப்படுகிறது. ஆர்.என்.ஏ பாலிமேரேஸ் டி.என்.ஏவை திறப்பதால் படியெடுத்தல் குமிழ் உருவாகிறது. ஊக்குவிப்பான் பகுதியில் முன்நகரும் முக்கிய நொதி ஆர்.என்.ஏவை உற்பத்தி செய்து சிக்மா துணை அலகை ஊக்குவிப்பான் பகுதியிலேயே விட்டு விடுகிறது. ஆர்.என்.ஏவில் கொண்டை ஊசி வளைவு அமைப்பை உருவாக்கும் நிறைவி வரிசையால் மரபணுவின் முடிவு குறிக்கப்படுகிறது. இவ்வாறான நிறைவியின் துணை அலகின், முழுமையான செயல்பாட்டிற்கு அங்கீகாரப் புரதமான 'ரோ' (ρ) தேவைப்படுகிறது.

படியெடுத்தல் நிகழ்முறை

- தூது ஆர்.என்.ஏ (mRNA), கடத்து ஆர்.என்.ஏ (tRNA) மற்றும் ரிபோசோம் ஆர்.என்.ஏ (rRNA) என மூன்று வகையான ஆர்.என்.ஏக்கள் புரோகேரியோட்டுகளில் காணப்படுகின்றன.

புரோகேரியோட்டுகளில் படியெடுத்தல் நடைபெறும் விதம்

- செல்லில் நடைபெறும் புரத உற்பத்திக்கு இம்மூன்று வகை ஆர்.என்.ஏக்களும் தேவையாயிருக்கின்றன. தூது ஆர்.என்.ஏ, வார்ப்புருவாகவும், மரபணுவின் முக்கியக்குறியீட்டைப் படிப்பதற்கும் அமினோ அமிலங்களைக் கொண்டு வருவதற்கும் பயன்படுகிறது. கடத்து ஆர்.என்.ஏ மொழிபெயர்ப்பின்போது பயன்படுகிறது. அமைப்பு மற்றும் வினை மாற்றியாக ரிபோசோம் ஆர்.என்.ஏ செயல்படுகிறது. அனைத்து ஆர்.என்.ஏ க்களின் படியாக்க செயல்களின் வினைமாற்றியாக டி.என்.ஏ சார்ந்த ஆர்.என்.ஏ. பாலிமேரேஸ் எனும் ஒற்றை நொதி மட்டும் செயல்படுகிறது. இந்நொதி, ஊக்குவிப்பானுடன் பிணைந்து பின்பு படியெடுத்தலை தொடங்கி வைக்கிறது. பல் படியாக்க பிணைப்பு இடங்களே ஊக்குவிப்பான்கள் ஆகும். இவை நியுக்ளியோசைடு டிரைபாஸ்பேட்டை தளப்பொருளாகவும், நிரப்புக்கூறு விதியைப் பின்பற்றி, பாலிமேரேஸ்களை வார்ப்புரு சார்ந்த முறையிலும் பயன்படுத்திக் கொள்கின்றன. படியெடுத்தல் தொடங்கப்பட்டதும் நியுக்ளியோடைடுகளை வளரும் ஆர்.என்.ஏ வோடு அடுத்தடுத்து இணைப்பதன் மூலம் பாலிமேரேஸ், ஆர்.என்.ஏ வின் நீளத்தை அதிகரிக்கிறது. மரபணுவின் முடிவில், பாலிமேரேஸ் நிறைவியை அடையும்போது ஆர்.என்.ஏவின் சிறு பகுதி மட்டுமே நொதியுடன் பிணைந்து காணப்படுகின்றது. முடிவில் தனி ஆர்.என்.ஏவும் ஆர்.என்.ஏ பாலிமேரேஸும் உதிர்க்கப்படுகின்றன.
- தொடங்கி வைத்தல், நீட்டுதல் மற்றும் முடித்துவைத்தல் ஆகிய மூன்று படிநிலைகளிலும் ஆர்.என்.ஏ. பாலிமேரேஸ் எவ்வாறு வினைமாற்றியாக செயல்படுகிறது என்பத மிகப்பெரிய வினாவாகும். ஆர்.என்.ஏ பாலிமேரேஸ், ஆர்.என்.ஏ நீட்டுதலுக்கு மட்டுமே வினைமாற்றியாக செயல்படுகிறது. தொடக்கத்தில் சிக்மா (σ) வுடனும், நிறைவிக் காரணியான 'ரோ' (ρ) வுடனும் ஆர்.என்.ஏ பாலிமேரேஸ் இணைந்து செயலாற்றி படியெடுத்தலின் முறையே, தொடக்குதல் மற்றும் முடித்தல் நிகழ்வுகளை நிகழ்த்துகின்றது. இக்காரணிகளுடனான ஆர்.என்.ஏவின் தொடர்பின் மூலம் படியெடுத்தல் நிகழ்வை தொடங்குவதா? முடிப்பதா என்னும் தகவலை ஆர்.என்.ஏ பாலிமேரேஸ் பெறுகிறது.
- பாக்டீரியாவில் தூது ஆர்.என்.ஏ செயல்திறன் பெற எந்த நிகழ்முறையும் தேவையில்லை. மேலும், பாக்டீரியாவில் சைட்டோசோல், உட்கரு ஆகிய பிரிவுகள் இல்லையாதலால், படியெடுத்தலும் மொழிபெயர்த்தலும் ஒரே இடத்தில், ஒரே நேரத்தில் நடைபெறுகிறது. பல நேரங்களில் தூது ஆர்.என்.ஏ படியெடுத்தல் முடியும்முன்பே, மொழிபெயர்த்தல் தொடங்கிவிடுகிறது. ஏனெனில், பிற செல் உறுப்புகளிலிருந்து மரபுப்பொருட்கள் உட்கரு சவ்வினால் பிரிக்கப்பட வில்லை. இதன் விளைவாகவே பாக்டீரியாவில் படியெடுத்தலும், மொழிபெயர்த்தலும் இணைந்தேயுள்ளன.

- யூகேரியோட்டுகளின் உட்கருவில் குறைந்தது மூன்று வகை ஆர்.என்.ஏ. பாலிமெரேஸ்கள் காணப்படுகின்றன. (செல் உட்பொருட்களில் உள்ள ஆர்.என்.ஏ பாலிமெரேஸ்கள் இல்லாமல்) இம்மூன்று பாலிமெரேஸ்களும் வெவ்வேறு பணிகளைச் செய்கின்றன. ஆர்.என்.ஏ பாலிமெரேஸ்-I, tRNA வை (28S 18S 58S) படியெடுக்கிறது. ஆர்.என்.ஏ பாலிமெரேஸ்-III கடத்து ஆர்.என்.ஏ, 5S ரிபோசோம் ஆர்.என்.ஏ மற்றும் snRNA க்களை படியெடுக்கிறது.

யூகேரியோட்டுகளில் படியெடுத்தல் நடைபெறும் முறை

- ஆர்.என்.ஏ பாலிமெரேஸ்-II, தூது ஆர்.என்.ஏவின் முன்னோடியான hnRNA வை (வேறுபட்ட தன்மையுடைய உட்கரு ஆர்.என்.ஏ) (Heterogenous RNA) படியெடுக்கிறது. யூகேரியோட்டுகளில், வெளிப்பாட்டு வரிசையமைப்பின் குறியீடுகளான எக்ஸான் (Exon) மற்றும் வரிசையமைப்பின் குறியீடுகளற்ற இன்ட்ரான் (Intron) ஆகியவற்றிற்கு, மோனோசிஸ்ட்ரானிக் அமைப்பு மரபணுக்கள் இடையூறு செய்கின்றன. பிளத்தல் (Splicing) நிகழ்வால், இன்ட்ரான்கள் நீக்கப்படுகின்றன. hnRNA வில் கூடுதலாக அதன் 5' முனையில், மீதைல் குவானோசைன் ட்ரைபாஸ்பேட் இணைக்கப்படுகிறது. இச்செயல்முறை காப்புறையாக்கம் (Capping) எனப்படுகிறது. அதே வேளையில் 3' முனையில், அடினைலைட் எச்சங்கள் (300-200PolyA) இணைக்கப்படுகின்றன. இந்நிகழ்வு 'வாலாக்கம்' (tailing) எனப்படும். இவ்வாறான செயல்முறைகளுக்கு ஆட்பட்ட hnRNA, தற்போது தூது ஆர்.என்.ஏ என அழைக்கப்படுகிறது. இது உட்கருவிலிருந்து மொழியாக்கத்திற்காக வெளியேற்றப்படுகிறது.
- புரோகேரியோட்டுகளில், யூகேரியோட்டுகளில் உள்ளதைப் போல மரபணு பிளத்தல் பண்பு இல்லை. ஒவ்வொரு எக்ஸானும் குறிப்பிட்ட வேலையைக் கொண்ட ஒரு பாலிபெப்டைடுக்கான குறியீட்டினை பெற்றுள்ளன. எக்ஸான் வரிசையமைப்பு, இன்ட்ரான் நீக்கம் ஆகியவை எளிதில் நெகிழ்ந்து கொடுக்கும் தன்மையுடையவையாதலால், பாலிபெப்டைடு துணை அலகுக்கான குறியீடுகளைக் கொண்ட எக்ஸான், செயல்மிகு இடமாகி பலவழிகளில் இணைந்து புதிய மரபணுக்களை உருவாக்குகின்றன. ஒரே மரபணு, தன் எக்ஸான்களை மாற்றுபிளவு முறைகளில் பல்வேறு விதமாக வரிசைப்படுத்துவதன் விளைவாக வெவ்வேறு வகை புரதங்களை உற்பத்தி செய்கின்றது. விலங்குகளில், புரதம் மற்றும் செயல்பாடுகளின் பல்வகைத் தன்மைக்கு இது முக்கியப் பங்காற்றுகிறது. யூகேரியோடிக் மரபணுக்கள் தோன்றுவதற்கு முன்போ அல்லது பின்போ இன்ட்ரான்கள் தோன்றியிருக்க வேண்டும். பின்னால் தோன்றியிருப்பின் யூகேரியோட் மரபணுக்களுக்குள் எவ்வாறு அது உள்ளேற்றப்பட்டது? தானாகவே பிளவுறும் தன்மை கொண்ட டி.என்.ஏ வரிசையமைப்பை இன்ட்ரான்கள் பெற்று, கிடைமட்ட மரபணுமாற்றத்திற்கு (உயிரிகளுக்கு இடையேயான கிடைமட்ட மரபணு மாற்றம் - HGT) உதவி புரிகிறது. புரோகேரியோட் செல்களுக்கிடையே அல்லது புரோகேரியோட்டிலிருந்து யூகேரியோட்செல்கள் மற்றும் யூகேரியோட் செல்களுக்கிடையேயான கிடைமட்ட மரபணு மாற்றம் நிகழலாம். புவியில் உள்ள உயிரிகளின் பரிணாமத்திற்கு கிடைமட்ட மரபணு மாற்றம் பெரும்பங்கு ஆற்றியுள்ளது எனும் கோட்பாடும் தற்காலத்தில் நிலவி வருகிறது.

மரபணுக் குறியீடுகள்

- மரபுப்பொருளான மரபணுக்கள், செல்லில் மரபுச் செய்திகளை வைத்திருப்பதோடு, அடுத்த தலைமுறைகளுக்கும் இச்செய்திகளை கடத்தக்கூடியனவாகும். டி.என்.ஏ மூலக்கூறுகளில் இம்மரபுச் செய்திகள் எவ்வாறு வைக்கப்பட்டுள்ளன? டி.என்.ஏ மூலக்கூறுகளில் குறியீட்டு முறையில் எழுதப்பட்டுள்ளதா? அவ்வாறெனில் மரபணுக் குறியீடுகளின் தன்மை என்ன? என்பதற்கான தேடல் அவசியமாகிறது.
- புரதமொழியாக்கம் முக்குறியியங்கள் விதியை பின்பற்றுகிறது. தூது ஆர்.என்.ஏ வின் மூன்று காரப்பொருட்களின் வரிசை ஒரு அமினோ அமிலத்தை குறிக்கிறது. இவ்வாறு புரத உற்பத்திக்குத் தேவையான வெவ்வேறு வகையான 20 அமினோ அமிலங்களுக்கான குறியீடுகள் உண்டு.
- மரபணுக்குறியீடு என்பது மரபணுவிலுள்ள நியுக்ளியோடைடுகளுக்கு இடையேயான தொடர்பையும் அவை குறியீடு செய்யும் அமினோ அமிலங்களையும் குறிக்கக் கூடியதாகும். மொத்தத்தில் 64 முக்குறியியங்களுக்கு வாய்ப்புள்ளன. அதில் 61 முக்குறியியங்கள் அமினோ அமிலங்களைக் குறிக்கும். மற்ற மூன்றும் பாலிபெப்டைடு சங்கிலியின் முடிவுக்கான நிறைவு முக்குறியியங்களாகும். மொத்தத்தில் 20 அமினோ அமிலங்கள் மட்டுமே புரத உற்பத்தியில் பங்கேற்பதால் பல அமினோ அமிலங்கள் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட முக்குறியியங்களால் குறியீடு செய்யப்படுகின்றன. இவ்வாறான பல குறியீட்டு முறையை இரண்டு உண்மைகள் சாத்தியமாக்குகின்றன. முதலாவதாக, பெரும்பாலான அமினோ அமிலங்களுக்கு ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட கடத்து ஆர்.என்.ஏ க்கள் உண்டு. ஒவ்வொன்றிலும் வெவ்வேறு எதிர்க்குறியீடுகள் (anticodon) உள்ளன. இரண்டாவதாக, ஒவ்வொரு முக்குறியியத்தின் இரண்டு பகுதிகள், வாட்சன் - கிரிக்கின் கார இணைகள் (A-U மற்றும் G-C) உருவாக அனுமதிக்கிறது. ஆனால், மூன்றாவது நிலை அதிக நெகிழ்வுத் தன்மைக் கொண்டு எல்லா காரணிகளும் ஏற்றுக் கொள்ளும் வகையில் உள்ளன. பெரும்பாலான மரபுக்குறியீடுகள் புரோகேரியோட்டுகள் மற்றும் யூகேரியோட்டுகளில், பொதுவானவையாக உள்ளன.
- டி.என்.ஏ மூலக்கூறில் உள்ள கார இணைகளின் வரிசையமைப்பு, உயிரிகளின் புரதங்களில் உள்ள அமினோ அமிலங்களின் வகையையும் வரிசையையும் தீர்மானிக்கிறது. கார இணைகளின் இத்தகைய வரிசையே மரபணுக் குறியீடு எனப்படும். உயிரினத்தின் தனித்துவத்தை நிர்ணயிக்கும் புரதவகைகளை உற்பத்தி செய்வதற்கான வரைபடமாக இக்குறியீடு விளங்குகிறது.
- மார்ஷல் நிரன்பெர்க் (Marshall Nirenberg), சவிரோ ஓச்சோவா (Saverio Ochoa) (பாலி நியுக்ளியோடைட் பாஸ்பாரிலேஸ் எனும் நொதி இவர் பெயரால், ஓச்சோவாநொதி என்றழைக்கப்படுகிறது), ஹர்கோபிந்த் கொரானா, ஃபிரான்சிஸ் கிரிக் மற்றும் இவர்களைப் போன்ற பல அறிவியலாளர்கள் மரபணு குறியீடுகளுக்காக தங்கள் பங்கினை ஆற்றியுள்ளனர். தூது ஆர்.என்.ஏவில் அமைந்துள்ள காரவரிசையே, புரதங்களின் அமினோ அமில வரிசையை முடிவு செய்கிறது. இறுதியாக வடிவமைக்கப்பட்ட மரபணுக் குறியீடுகளுக்கான அகராதி அட்டவணை கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

மரபணுக் குறியீடுகளின் சிறப்புப் பண்புகள்

- மரபணுக் குறியீடுகள் முக்குறியங்கள் ஆகும். 61 முக்குறியங்கள் அமினோ அமிலங்களுக்கான குறியீடுகள் ஆகும். எந்த அமினோ அமிலத்தையும் குறிக்காத மூன்று முக்குறியங்கள் நிறுத்துக் குறியீடுகளாக (stop codon) உள்ளன.
- மரபணுக் குறியீடுகள் பொதுவானவைகள் ஆகும். எல்லா உயிரின மண்டலங்களும் உட்கரு அமிலங்களையும் அதே முக்குறியங்களையும் பயன்படுத்தி, அமினோ அமிலங்களிலிருந்து புரதத்தை உற்பத்தி செய்கின்றன. எடுத்துக்காட்டாக, தூது ஆர்.என்.ஏவில் உள்ள UUU எனும் முக்குறியம் எல்லா உயிரிகளிலும் பினைல் அலனைன் எனும் அமினோ அமிலத்துக்கானது. எனினும், புரோகேரியோட்டுகளில், மைட்டோகாண்டிரியா, குளோரோபிளாஸ்ட் ஆகியவற்றின் மரபுத் தொகுதியில் இதற்கு சில விதி விலக்குகள் இருக்கின்றன. இருப்பினும் இத்தகைய வேறுபாடுகள், ஒற்றுமைகளை ஒப்பிடுகையில் மிகச் சிலவேயாகும்.
- ஒரே மாதிரியான எழுத்துகள், வெவ்வேறு முக்குறியங்களுக்குப் பயன்படுத்தப்படுவதில்லை. எடுத்துக்காட்டாக GUU GUC ஆகிய நியுக்ளியோடைடு வரிசை இரண்டு முக்குறியங்களை மட்டுமே குறிக்கும்.
- இரு முக்குறியங்களுக்கிடையே காற்புள்ளி அவசியமில்லை. ஏனெனில், செய்திகள் ஒரு முனையிலிருந்து இன்னொரு முனைவரை வரிசையாக படிக்கப்படுகின்றன.
- ஒரு குறிப்பிட்ட அமினோ அமிலத்திற்கு, ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட முக்குறியங்கள் இருக்குமானால் அக்குறியீடுகள் சிதைவு குறியீடுகள் எனப்படும். எடுத்துக்காட்டாக GUU, GUC, GUA மற்றும் GUG ஆகிய அனைத்து முக்குறியங்களும் வேலைன் எனும் அமினோ அமிலத்தை குறிப்பனவாகும்.
- இக்குறியீடுகள் குழப்பமற்றவை. ஏனெனில் ஒவ்வொரு குறியீடும் ஒரே ஒரு அமினோ அமிலத்தை மட்டுமே குறிக்கின்றது.
- துருவத்துவம் என்றழைக்கப்படும் 5' → 3' திசையிலேயே எப்போதும் குறியீடுகள் படிக்கப்படுகின்றன.

மரபணு குறியீடு அகராதி

குறியீட்டுமொழியின் இரண்டாம் நியுக்ளியோடைடு

	U	C	A	G	
U முதல் நியுக்ளியோடைடு ('end)	UUU Phe F பினைல்அலனைன்	UCU Ser S சீரைன்	UAU Tyr Y தைரோசின்	UGU Cys C சிஸ்தீன்	U C A G
	UUC Phe F பினைல்அலனைன்	UCC Ser S சீரைன்	UAC Tyr Y தைரோசின்	UGC Cys C சிஸ்தீன்	
	UUA Leu L லியூசின்	UCA Ser S சீரைன்	UAA முடிவுறுதல்	UGA முடிவுறுதல்	
	UUG Leu L லியூசின்	UGC Ser S சீரைன்	UAG முடிவுறுதல்	UGG Trp W ட்ரிப்டோபைன்	
C முதல் நியுக்ளியோடைடு	CUU Leu L லியூசின்	CCU Pro P புரோலைன்	CAU His H ஹிஸ்டிடின்	CGU Arg R அர்ஜினைன்	U C A G
	CUC Leu L லியூசின்	CCC Pro P புரோலைன்	CAC His H ஹிஸ்டிடின்	CGC Arg R அர்ஜினைன்	
	CUA Leu L லியூசின்	CCA Pro P புரோலைன்	CAA Gln Q குளுட்டாமைன்	CGA Arg R அர்ஜினைன்	
	CUG Leu L லியூசின்	CCG Pro P புரோலைன்	CAG Gln Q குளுட்டாமைன்	CGG Arg R அர்ஜினைன்	
A முதல் நியுக்ளியோடைடு	AUU Ile I ஐலீசா லியூசின்	ACU Thr T திரியோனைன்	AAU Asn N அஸ்பராஜின்	AGU Ser S சீரைன்	U C A G
	AUC Ile I ஐலீசா லியூசின்	ACC Thr T திரியோனைன்	AAC Asn N அஸ்பராஜின்	AGC Ser S சீரைன்	
	AUA Ile I ஐலீசா லியூசின்	ACA Thr T திரியோனைன்	AAA Lys K லைசின்	AGA Arg R அர்ஜினைன்	
	AUG Met M மெத்தியோனின்	ACG Thr T திரியோனைன்	AAG Lys K லைசின்	AGG Arg R அர்ஜினைன்	
G முதல் நியுக்ளியோடைடு ('end)	GUU Val V வேலைன்	GCU Ala A அலனைன்	GAU Asp D அஸ்பார்டிக் அமிலம்	GGU Gly G கிளைசின்	U C A G
	GUC Val V வேலைன்	GCC Ala A அலனைன்	GAC Asp D அஸ்பார்டிக் அமிலம்	GGC Gly G கிளைசின்	
	GUA Val V வேலைன்	GCA Ala A அலனைன்	GAA Glu E குளுட்டாமிக் அமிலம்	GGA Gly G கிளைசின்	
	GUG Val V வேலைன்	GCG Ala A அலனைன்	GAG Glu E குளுட்டாமிக் அமிலம்	GGG Gly G கிளைசின்	

குறியீடு

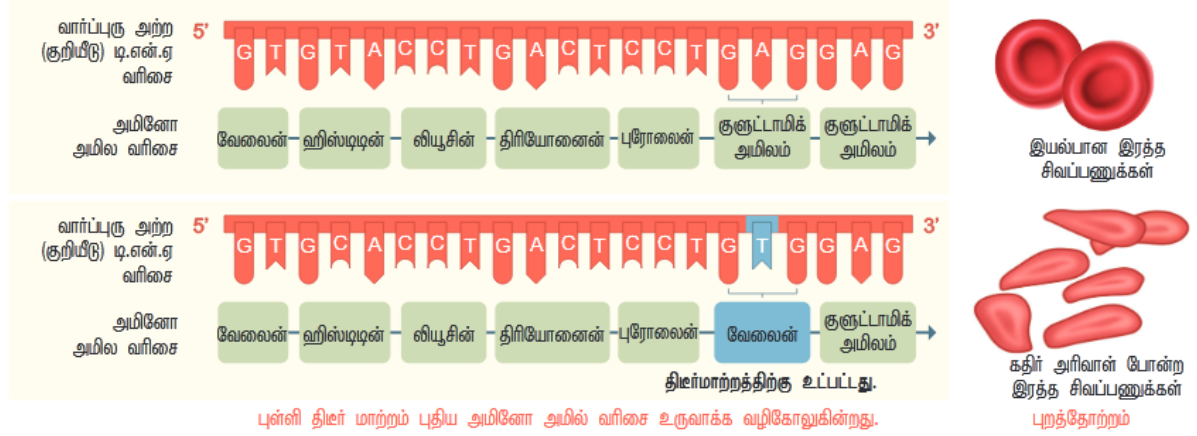
மூன்றெழுத்து மற்றும் ஒரெழுத்து விரிவாக்கம்

- AUG எனும் குறியீடு இரண்டு வேலைகளைச் செய்கின்றன. இது தொடக்கக் குறியீடாக உள்ள அதே நேரத்தில் மெதியோனின் அமினோ அமிலத்திற்கான குறியீடாகவும் உள்ளது.
- UAA, UAG (டைரோசின்) மற்றும் UGA (டிரிப்டோ.:பேன்) ஆகியவை நிறைவுக் குறியீடுகளாக செயல்படுகின்றன. இவற்றை 'பொருளற்ற குறியீடுகள்' என்றும் அழைப்பர்.

திடீர் மாற்றமும் மரபணு குறியீடும்

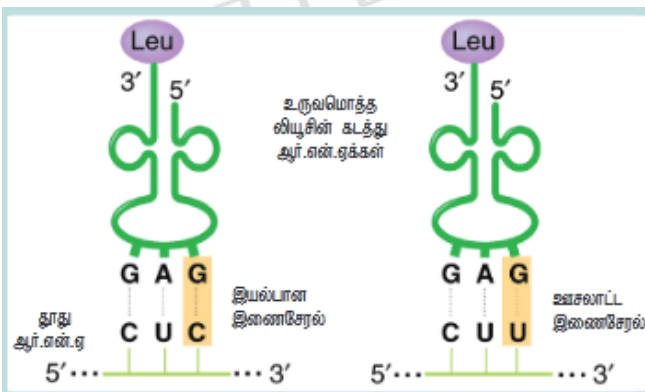
- திடீர்மாற்றத்தையும், அதனால் குறிப்பிட்ட புரதத்தின் அமினோ அமில வரிசையில் ஏற்பட்ட மாற்றத்தையும் ஒப்பிட்டதில், மரபணுக் குறியீட்டின் மதிப்பு உறுதிப்படுத்தப்பட்டது. திடீர்மாற்றம் பற்றிய ஆய்வுகள் மூலம் மரபணுவிற்கும் டி.என்.ஏவிற்கும் உள்ள தொடர்பு நன்கு புரிந்துகொள்ளப்பட்டிருக்கிறது. ஒரு நியுக்ளியோடைடுவில் உள்ள காரத்திற்கு பதிலியாக இன்னொரு காரப் பொருளை மாற்றியமைத்தலே எளிமையான திடீர்மாற்றமாகும். இத்தகு மாற்றங்கள் சுயமாகவோ அல்லது திடீர் மாற்றத் தூண்டிகளாலோ நடைபெறுகின்றன. இதற்கான சிறந்த எடுத்துக்காட்டு, அரிவாள் வடிவ செல்களைக்கொண்ட இரத்தசோகையாகும். இது, β ஹீமோகுளோபின் மரபணு (βHb) வில் ஏற்படும் புள்ளி திடீர் மாற்றத்தால் உருவாகிறது. ஒவ்வொரு 'ஹீமோகுளோபின் மூலக்கூறிலும் இரண்டு α-சங்கிலிகள் மற்றும் இரண்டு β சங்கிலிகள் என மொத்தம் நான்கு பாலிபெப்டைடு சங்கிலிகள் உள்ளன. ஒவ்வொரு சங்கிலியிலுள்ள 'ஹீம்' பகுதியில் ஆக்ஸிஜன் பிணைதல் நடைபெறும். இயல்பற்ற ஹீமோகுளோபினால், அரிவாள் வடிவ செல் இரத்தசோகை ஏற்படுகிறது. ஹீமோகுளோபின் இயல்பற்ற தன்மைக்குக் காரணம் பீட்டா குளோபின் சங்கிலியிலுள்ள β குளோபின் மரபணுவின் ஆறாவது குறியீடு CAG என்பதற்கு GTG என மாறியதே ஆகும்.

டி.என்.ஏ புள்ளி திடீர்மாற்றம்



இதன் விளைவாக, β-சங்கிலியின் 6-வது இடத்தில் குளுட்டாமிக் அமிலம் என்பதற்கு பதிலாக வேலைன் எனும் அமினோ அமிலம் மாற்றி இணைக்கப்படுகிறது. இது புள்ளி திடீர்மாற்றத்தினால் அமினோ அமிலம் மாற்றப்பட்டதற்கான சிறந்த எடுத்துக்காட்டாகும். இவ்வாறு CAG என்பதற்கு பதில் GTG என மாறியதே ஆகும். இதன் விளைவாக, β-சங்கிலியின் 6வது இடத்தில் குளுட்டாமிக் அமிலம் என்பதற்கு பதிலாக வேலைன் என்னும் அமினோ அமிலம் மாற்றி இணைக்கப்படுகிறது. இது புள்ளி திடீர் மாற்றத்தினால் அமினோ அமிலம் மாற்றப்பட்டதற்கான சிறந்த எடுத்துக்காட்டாகும். இவ்வாறு திடீர்மாற்றமடைந்த ஹுமோகுளோபின், ஆக்ஸிஜனின் அழுத்தத்தால் பாலிமெரைசேஷனுக்கு ஆட்படுவதால், இரத்த சிவப்பணுக்கள், இருபக்க குழிவு தன்மையை இழந்து அரிவாள் வடிவத்தைப் பெறுகின்றன.

ஊசலாட்டக் கோட்பாடு (Wobble hypothesis)



1966-ல் கிரிக் என்பவரால் இக்கோட்பாடு உருவாக்கப்பட்டது. இக்கோட்பாட்டின்படி, கடத்து ஆர்.என்.ஏவின் எதிர் குறியீடு தன் 5' முனையில் தூது ஆர்.என்.ஏவின் பொருந்தாகுறியீடோடு இணைந்து ஊசலாட்டத்தன்மையைப் பெறுகிறது. இக்கோட்பாட்டின்படி, குறியீடு - எதிர்குறியீடுகள் இணையாகும்போது மூன்றாவது

காரம் இணையற்றதாக உள்ளது. குறியீட்டின், இம்மூன்றாவது காரமான ஊசலாட்ட காரம் உள்ள இடம் ஊசலாட்ட நிலை' (Wobble position) எனப்படும். முதல் இரண்டு இடங்களில் மட்டுமே காரங்கள் நிரப்புகின்றன. ஒரு பாலிபெப்டைடை உருவாக்க கடத்து ஆர்.என்.ஏக்களின் அளவு குறைக்கப்படுகிறது. சிதைதல் குறியீடுகளின் விளைவிலிருந்து விரைவில் வெளிவருகிறது. இவை இக்கோட்பாட்டின் முக்கியத்துவம் ஆகும். மேற்கண்ட எடுத்துக்காட்டில் குறியீடும், எதிர்குறியீடும் ஒன்றுக்கொன்று மிகச்சரியாக பொருந்தவில்லை எனினும் தேவையான அமினோ அமிலம்

கொணரப்படுகிறது. வேலைனுக்கான குறியீடுகளாகிய GUU, GUC, GUA, மற்றும் GUG ஆகியவற்றை கடத்து ஆர்.என்.ஏ பயன்படுத்திக் கொள்கிறது.

கீழ்க்கண்ட எடுத்துக்காட்டு மூலம் புள்ளி திடீர்மாற்றத்தை மேலும் தெளிவாகப் புரிந்து கொள்ளலாம்.

ABC DEF GHI JKL

DEF GHI ஆகியவற்றுக்கிடையே 'O' எழுத்து சேர்க்கப்பட்டால் வரிசையமைப்பு,
ABC DEF OGH IJK L

என மாறும். அதே இடத்தில் O வுடன் Q எழுத்தை சேர்க்க, வரிசையமைப்பு,

ABC DEF OQG HIJ KL என மாறும்.

- மேற்கண்ட செய்திகளால், ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட காரங்கள் சேர்க்கப்பட்டாலும் அல்லது நீக்கப்பட்டாலும் சேர்க்கப்பட்ட அல்லது நீக்கப்பட்ட புள்ளியில் காரங்களின் படிப்பு வரிசையில் மாற்றம் ஏற்படுகிறது. இக்குறியீடுகள் முக்குறியங்களாக படிக்கப்படுகின்றன என்பதற்கும் மற்றும் அவை தொடர்ச்சியாகப் படிக்கப்படுகின்றன என்பதற்கும். இது சிறந்த மரபு அடிப்படையிலான மெய்ப்பிப்பு ஆகும்.

கடத்து ஆர்.என்.ஏ (tRNA) இணைப்பு மூலக்கூறு

- செல்லின் சைட்டோபிளாசத்தில் சிதறி காணப்படும் அமினோ அமிலங்களை எடுத்து வரும் கடத்தியாக செயல்படுத்தலும், தூது ஆர்.என்.ஏ மூலக்கூறில் உள்ள குறியீட்டை குறியீடுகளைப் படிப்பதாகவும் கடத்து ஆர்.என்.ஏக்களின் வேலையாகும். எனவே அவை 'இணைப்பு மூலக்கூறுகள்' எனப்படுகின்றன. இந்த சொற்களை :.பிரான்சிஸ் கிரிக் உருவாக்கினார்.
- ராபர்ட் ஹோலே (Robert Holley) கடத்து ஆர்.என்.ஏவின் கிராம்பு இலை வடிவ மாதிரியை (Clover leaf model) இரு பரிமாண வடிவில் முன்மொழிந்தார். படத்தில் கொடுக்கப்பட்ட கடத்து ஆர்.என்.ஏவின் இரண்டாம் நிலை கட்டமைப்பு கிராம்பு இலை வடிவத்தை ஒத்திருக்கிறது. உண்மையில் இறுக்கமான மூலக்கூறான கடத்து ஆர்.என்.ஏ, தலைகீழ் 'L' வடிவத்தைப் பெற்றதாகும். கடத்து ஆர்.என்.ஏவில் DHU கரம், நடுகரம் மற்றும் TyC கரம் என மூன்று கரங்கள் உள்ளன. இக்கரங்களில், அமினோ அசைல் பிணைப்பு வளையம், எதிர் குறியீட்டு வளையம் மற்றும் ரிபோசோம் பிணைப்பு வளையம் என மூன்று வளையங்கள் (loops) காணப்படுகின்றன. இவற்றுடன் மிகச்சிறிய கூடுதல் கை அல்லது மாறி வளையம் ஒன்றும் உண்டு. அமினோ அமில ஏற்புமுனைப் பகுதியில் அமினோ அமிலமும் அதன் எதிர்முனையில் எதிர் குறியீட்டிற்கான மூன்று நியுக்ளியோடைடுகளும் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. தூது ஆர்.என்.ஏ வில் உள்ள குறியீட்டுடன் எதிர் குறியீடு பொருந்தி, வளரும் பாலிபெப்டைடு சங்கிலியில் சரியான அமினோ அமிலம் இணைக்கப்பட்டிருப்பதை உறுதி செய்கிறது. மடித்தல் நிகழ்வின் போது ஈரிழை ஆர்.என்.ஏவில் நான்கு வெவ்வேறு பகுதிகள் தோன்றுகின்றன. காரங்கள் மாறுவதென்பது கடத்து ஆர்.என்.ஏவில் சாதாரணமானது ஆகும். குறியீடு மற்றும் எதிர்

குறியீடுகளுக்கிடையேயான ஊசலாட்டத்தின் காரணமாக, ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட குறியீடுகளை கடத்து ஆர்.என்.ஏ படிக்கிறது.

- கடத்து ஆர்.என்.ஏவுடன் கூடுதலாக அமினோ அமிலம் சேர்க்கப்படும் செயல்முறை அமினோஅசைலேசன் அல்லது ஆற்றலேற்றம் என்று அழைக்கப்படுகிறது. இதன் விளைவாக பெறப்படும் விளைபொருள் அமினோ அசைல் கடத்து ஆர்.என்.ஏ (ஆற்றலேற்றம் பெற்ற கடத்து ஆர்.என்.ஏ) எனப்படும். அமினோ அசைல் ஏற்றம்பெறாத ஆர்.என்.ஏக்கள் ஆற்றலற்றவை எனப்படும்.

ஹாலி உருவாக்கிய கடத்து ஆர்.என்.ஏயின் இரு பரிமாண கிராம்பு இலை மாதிரி

- இவ்வாறான இரண்டு கடத்து ஆர்.என்.ஏக்களை ஒன்று சேர்க்கும்போது ஆற்றல் மிக்க பெப்டைடு பிணைப்பு உருவாகிறது. பெப்டைடு பிணைப்புகளைக் கொண்டு அமினோ அமிலங்கள் இணைக்கப்பட்டுப் பாலிபெப்டைடு சங்கிலி உருவாக்கப்படுகிறது. அமினோ அசைல்கடத்து ஆர்.என்.ஏ சிந்தடேஸ் என்னும் நொதி, அமினோ அசைலேஷன் வினைக்கு வினை வேகமாற்றியாக செயல்படுகிறது. வெப்பம் கொள்வினையான இதில், ATP, நீரால் பகுக்கப்படுகிறது. 20 வெவ்வேறு வகையான அமினோ அசைல் கடத்து ஆர்.என்.ஏ சிந்தடேஸ் நொதிகள் கண்டறியப்பட்டுள்ளன. தூது ஆர்.என்.ஏவில் உள்ள குறியீடுகளை அடையாளம் காணும் திறன் கடத்து ஆர்.என்.ஏவில் இருக்கிறதே தவிர, இணைந்துள்ள அமினோ அமில மூலக்கூறுகளில் இல்லை.
- அமினோ அமிலங்களால் ஆற்றலேற்றம் பெற்ற கடத்து ஆர்.என்.ஏ இணைப்பு மூலக்கூறாக செயல்பட்டு, தூது ஆர்.என்.ஏவில் உள்ள செய்திகளை குறியீடுகளிலிருந்து விளக்கிக் கொள்கின்றன. கடத்து ஆர்.என்.ஏவுக்கும் தூது ஆர்.என்.ஏவுக்கும் இடையிலான உள்வினையே இதற்குக் காரணமாகும். தூது ஆர்.என்.ஏவில் உள்ள குறியீடுகளுக்கு நிரப்புக் கூறுகளாக கடத்து ஆர்.என்.ஏவில் காரங்கள் உள்ளன. புரத உற்பத்தியை தொடங்குவதற்காக தனிப்பட்ட கடத்து ஆர்.என்.ஏ உண்டு. அதற்குத் 'தொடக்கி கடத்து ஆர்.என்.ஏ' என்று பெயர். நிறைவுக் குறியீடுகளைக் கொண்ட கடத்து ஆர்.என்.ஏ எதுவுமில்லை.

ஆர்.என்.ஏயின் ஆற்றலேற்ற படிநிலைகள்.

X என்பது ஒவ்வொரு அமினோ அமிலத்திற்கு குறிப்பிட்ட கடத்தி ஆர்.என்.ஏ மற்றும் குறிப்பிட்ட அமினோ அசைல் கடத்தி ஆர்.என்.ஏ சிந்தடேஸ் நொதி ஆற்றலேற்றத்தில் ஈடுபடுவதை குறிக்கிறது.

மொழிபெயர்த்தல்

- பாலிபெப்டைடு சங்கிலியை உருவாக்குவதற்காக அமினோ அமிலங்கள் பல்படியாக்கம் ஆகும். செயல்பாடுகளே மொழிபெயர்த்தல் எனக் குறிப்பிடப்படுகின்றது. ரிபோசோமினால் முக்குறி நீக்கம் நடைபெறுகிறது. ரிபோசோம் தூது ஆர்.என்.ஏ மற்றும் ஆற்றலேற்றம் பெற்ற கடத்து ஆர்.என்.ஏக்கள் மூலக்கூறுகளுடன் இணைகின்றன. தூது ஆர்.என்.ஏயின் 5' முனையிலிருந்தே மொழிபெயர்ப்பு தொடங்குகிறது. தூது ஆர்.என்.ஏ உடன், இணைந்த பிறகு, ரிபோசோம்கள் தூது ஆர்.என்.ஏ மேல் நகர்ந்து சென்று,

குறியீட்டைப் படிக்கும் ஒவ்வொரு முறையும் பாலிபெப்டைடு சங்கிலியுடன் ஒரு புதிய அமினோ அமிலத்தைச் சேர்க்கின்றன.

- ஒவ்வொரு குறியீடும் அதற்கென தனித்த, அதோடு பொருந்தக்கூடிய எதிர்குறியீட்டால் படிக்கப்படுகின்றன. எனவே அமினோ அமிலங்களின் வரிசை தூது ஆர்.என்.ஏக்களின் கார வரிசையைச் சார்ந்தது.

மொழிபெயர்த்தல் முறை

- செல்லில் புரத உற்பத்தி செய்யும் தொழிற்சாலை, ரிபோசோம் ஆகும். ரிபோசோமில் அமைப்பு ஆர்.என்.ஏக்களும், 80க்கும் மேற்பட்ட பல்வகைப் புரதங்களும் உள்ளன. செயலற்ற நிலையில் ரிபோசோமில் இரு துணை அலகுகள் உள்ளன. அதில் ஒன்று பெரியதாகவும் மற்றொன்று சிறியதாகவும் உள்ளன. துணை அலகுகளை தூது ஆர்.என்.ஏ சந்திக்கும்போது புரத உற்பத்தி தொடங்குகிறது. 70S அளவுள்ள புரோகேரியோட்டுகளின் ரிபோசோமில் 50S அளவுள்ள பெரிய துணை அலகும் 30S அளவுள்ள சிறிய துணை அலகும் உள்ளன. யூகேரியோட்டுகளின் ரிபோசோம் பெரியதாகவும் (80S). 60S மற்றும் 40S ஆகிய துணை அலகுகளைக் கொண்டும் காணப்படுகின்றன. 'S' என்பது வீழ்படிவுத் திறனை குறிப்பதாகும். இது, ஸ்வெட்பெர்க் அலகால் (S) குறிக்கப்படுகிறது. 30S துணை அலகு கொண்ட பாக்டீரியாவின் ரிபோசோமில் 16S rRNA வும், 50S துணை அலகில் 5S rRNA மூலக்கூறுகளும் மற்றும் 23S rRNA மற்றும் 31 ரிபோசோம் புரதங்களும் உள்ளன. யூகேரியோட்டின் சிறிய துணை அலகில் 18S rRNA வும் மற்றும் 33 புரதங்களும் உள்ளன.
- டி.என்.ஏ அல்லது ஆர்.என்.ஏவில் உள்ள கார வரிசைகளை பிரித்து குறியீடுகளாக மாற்றும் மாற்றுவழிகளில் ஒன்று, 'சட்டகம் படித்தல்' (Reading frame) எனப்படும். புரதமாக மொழிபெயர்ப்பு செய்யக்கூடிய தொடக்கக்குறியீட்டைக் கொண்ட டி.என்.ஏ அல்லது ஆர்.என்.ஏ வரிசை, 'வெளிப்படை சட்டகம் படித்தல்' (Open reading frame) எனப்படும். தூது ஆர்.என்.ஏவில் உள்ள மொழிபெயர்ப்பிற்கான அலகில் உள்ள ஆர்.என்.ஏ வரிசையில் இருபக்கத்திலும் தொடக்கக் குறியீடு (AUG), நிறைவுக்குறியீடு மற்றும் பாலிபெப்டைடுகளுக்கான குறியீடுகள் ஆகியவை உள்ளன. தூது ஆர்.என்.ஏவில் உள்ள சில வரிசைகள் மொழிபெயர்ப்பு செய்யப்படுவதில்லை. இது, மொழிபெயர்க்கப்படாத பகுதிகள் (UTR) எனக் குறிக்கப்படும். இப்பகுதி 5' முனை (தொடக்க குறியீடுக்கு முன்) மற்றும் 3' முனை (நிறைவுக் குறியீடுக்குப்பின்) ஆகிய இடங்களில் அமைந்துள்ளன. தொடக்கக் குறியீடு (AUG), குறியீட்டு வரிசையை தொடங்கி வைக்கிறது. மெத்தியோனைன் (met) க்கான சிறப்பு கடத்து ஆர்.என்.ஏவால் இது படிக்கப்படுகிறது. மெத்தியோனைனை தாங்கிய தொடக்கி கடத்து ஆர்.என்.ஏ. தொடக்கக்குறியீடான AUG யுடன் பிணைகிறது. புரோகேரியோட்டுகளில், N-பார்மைல் மெத்தியோனைன் (f^{met}), தொடக்கி கடத்து ஆர்.என்.ஏவுடன் இணைந்துள்ளது. ஆனால், யூகேரியோட்டுகளில் மாறுபாடடையாத மெத்தியோனைன் பயன்படுத்தப்படுகிறது. புரோகேரியோட்டுகளின் தூது ஆர்.என்.ஏவின் 5' முனையில் தொடக்கக்குறியீடான AUG க்கு முன்பு சிறப்பு

வரிசையமைப்பு ஒன்று உண்டு. ரிபோசோம் இணைப்புப் பகுதியான இதனை ஷைன் - டால்கார்னோ வரிசை (Shine - Dalgarno sequence or S-D sequence) என்று அழைப்பர். சிறிய ரிபோசோமின் துணை அலகான 16S rRNA யின் இவ்வரிசை மொழிபெயர்ப்பை தொடங்குகிறது. மொழிபெயர்ப்பில் ஈடுபடாத நிலையில் ரிபோசோமின் துணை அலகுகள் (30S மற்றும் 50S) பிரிந்தநிலையில் இருக்கும். (படம்-அ)

அ. மொழிபெயர்ப்புக் கூறுகள்

- எ.கோலையில் மொழிபெயர்த்தலின் தொடக்கமாக, தொடக்கி கூட்டமைப்பு உருவாகிறது. இக்கூட்டமைப்பில் ரிபோசோமின் 30 S துணை அலகுகள், தூது ஆர்.என்.ஏ ஆற்றலேற்றம் பெற்ற N-ஃபார்மைல் மெத்தியோனைன் கடத்து ஆர்.என்.ஏ (f_{met} -rRNA f_{met}), IF1, IF2, IF3 ஆகிய மூன்று புரதத் தன்மை கொண்ட தொடக்கக் காரணிகள், GTP மற்றும் மக்னீசியம் (Mg^{+2}) ஆகியவை அடங்கியுள்ளன.
- தொடக்கி கூட்டமைப்பின் உட்கூறுகள், தொடர்ச்சியாக வினைபுரிகின்றன. IF30, 3S ரிபோசோமோடு இணைவதால் 30S துணை அலகு தூது ஆர்.என்.ஏவோடு இணைகிறது. மற்றொரு தொடக்கக் காரணியான IF2, AUG முக்குறியத்திற்கான பதில் வினையாக, ஆற்றலேற்றம் பெற்ற ஃபார்மைல் மெத்தியோனைன் கடத்து ஆர்.என்.ஏ வுடனான சிறு துணை அலகுகளின் பிணைப்பை மேம்படுத்துகிறது. இச்செயலினால் படிப்புச் சட்டகம் அதற்குரிய இடத்தில் பொருந்தி அமைகிறது. இதனால் அடுத்துவரும் மூன்று ரிபோ நியுக்ளியோடைடுகள் துல்லியமாக மொழிபெயர்க்கப்படுகின்றன.

ஆ) தொடங்கிவைத்தல்

- ரிபோசோம் துணை அலகுகள், தூது ஆர்.என்.ஏ மற்றும் கடத்து ஆர்.என்.ஏ ஆகியவை சேர்ந்த அமைப்பு, 'தொடக்கிக் கூட்டமைப்பு' எனப்படும். தொடக்கிக் கூட்டமைப்பு உருவானவுடன், IF3 விடுவிக்கப்படுகிறது. இதனால், இக்கூட்டமைப்பு 50S ரிபோசோம் துணை அலகுடன் இணைந்து முழுமையான 70S ரிபோசோம் உருவாகிறது. இந்நிகழ்வின்போது, ஒரு GTP மூலக்கூறு நீராற்பகுக்கப்பட்டுத் தேவையான ஆற்றலை அளிக்கிறது. இறுதியாக தொடக்கக் காரணிகள் (IF1, IF2, GDP) விடுவிக்கப்படுகின்றன. படம் (ஆ).

மொழிபெயர்ப்பின் போது வளர்ந்து வரும் பாலி பெப்டைடு சங்கிலி நீட்சியடைதல் (இ)

- மொழிபெயர்த்தலின் இரண்டாம் நிலை நீட்சியடைதல் ஆகும். தூது ஆர்.என்.ஏவுடன் ரிபோசோமின் இரு துணை அலகுகளும் சேர்ந்தவுடன், இரு ஆற்றலேற்றம் பெற்ற கடத்து ஆர்.என்.ஏ மூலக்கூறுகளுக்கான பிணைப்பிடங்கள் தோன்றுகின்றன. ரிபோசோமில் உள்ள இப்பகுதிகள் அமினோ அசைல் பகுதி (A-இடம்) என்றும், பெப்டைடில் பகுதி (P-இடம்) என்றும் மற்றும் வெளியேற்றும் பகுதி (E-இடம்) என்றும் குறிக்கப்படுகின்றன. ஆற்றலேற்றம் பெற்ற தொடக்கிக் கடத்து ஆர்.என்.ஏ P-இடத்தில் பிணைகிறது. புரோகேரியோட்டுகளின்

மொழிபெயர்த்தலின் அடுத்தநிலை இரண்டாவது கடத்து ஆர்.என்.ஏ வை ரிபோசோமின் 'A' இடத்தில் பொருத்துவதாகும். இதனால், தூது ஆர்.என்.ஏவின் இரண்டாவது குறியீடு மற்றும் எதிர் குறியீடு ஆகியவற்றிற்கிடையே ஹைட்ரஜன் பிணைப்பு உருவாகிறது (படிநிலை-1). இப்படிநிலைக்கு, சரியான கடத்து ஆர்.என்.ஏ, இன்னொரு GTP மற்றும் நீட்சிக் காரணிக்கான இரு புரதங்கள் (EF-TS மற்றும் EFTu) ஆகியவை தேவைப்படுகின்றன.

- கடத்து ஆர்.என்.ஏ மூலக்கூறு A-இடத்தில் பொருந்தியவுடன் இரு அமினோ அமிலங்களை இணைப்பதற்கான பெப்பைடு பிணைப்புகள் உருவாக்கப்படுகின்றன. (படிநிலை-2). இவ்வினைக்கு பெப்பைடில் டிரான்ஸ்-பெரேஸ் நொதி வினைவேக மாற்றியாக செயல்படுகிறது. அதே நேரத்தில் P-இடத்தில் உள்ள கடத்து ஆர்.என்.ஏ வுக்கும் அமினோ அமிலத்திற்கும் இடையேயான சகபிணைப்பு நீராற்பகுக்கப்பட்டு உடைகிறது. இவ்வினையின் விளைபொருளான டைபெப்பைடு, A-இடத்திலுள்ள கடத்து ஆர்.என்.ஏ வின் 3' முனையில் இணைக்கப்படுகிறது. நீட்சியடைதல் மீண்டும் நிகழ, P-இடத்திலுள்ள கடத்து ஆர்.என்.ஏ ஆற்றல் நீக்கம் பெற்று, பெரிய துணை அலகிலிருந்து விடுவிக்கப்படுகிறது. ஆற்றல் நீக்கம்பெற்ற கடத்து ஆர்.என்.ஏ ரிபோசோமின் E-இடத்திற்கு செல்கிறது.

(ஈ) மொழிபெயர்ப்பு செயல்முறைகள் நிறைவடைதல்

- தூது ஆர்.என்.ஏ - கடத்து ஆர்.என்.ஏ - அ.அ1 - அ.ஆ.2 கூட்டமைப்பு முழுவதும் மூன்று நியுக்ளிகைட் தொலைவில் P-இடம் உள்ள திசைநோக்கி இடம்பெயர்கிறது. (படிநிலை - 3). இந்நிகழ்வுக்கு நீட்சிக் காரணிகள் பலவும் நீராற் பகுக்கப்பட்ட GTP தரும் ஆற்றலும் தேவைப்படுகின்றன. இதன் விளைவாக தூது ஆர்.என்.ஏவின் மூன்றாவது முக்குறியம், ஆற்றலேற்றம் பெற்ற கடத்து ஆர்.என்.ஏவை A-இடத்தில் அனுமதிக்கிறது (படிநிலை - 4).
- இவ்வகையில் வரிசை நீட்சி தொடர்ந்து அடுத்தடுத்து நடைபெறுகிறது (படிநிலை 5 மற்றும் படிநிலை 6). ரிபோசோம் வழியாக தூது ஆர்.என்.ஏ முன்னேறும் ஒவ்வொரு முறையும் வளரும் பாலிபெப்பைடு கூடுதல் அமினோ அமிலங்கள் இணைக்கப்படுகின்றன. பாலிபெப்பைடு சங்கிலி சேர்க்கை முடிந்தவுடன், பெரிய அலகிலிருந்து அது விடுவிக்கப்படுகிறது. (படம் - இ)
- மொழிபெயர்த்தலின் மூன்றாம் நிலை, 'நிறைவடைதல்' ஆகும். ரிபோசோமின் A -இடத்தில் மூன்று நிறைவுக் குறியீடுகளில் ஏதாவதொன்று வரும் போது புரத உற்பத்தி நிறைவடைகிறது.

விருந்தோம்பி விலங்குகளில், நோயூக்கி பாக்டீரியங்கள் பெருகுவதற்கு பெரும்பாலான எதிர்ப்பொருட்கள் அனுமதியில்லை. ஏனெனில், அவை பாக்டீரியாவின் புரத உற்பத்தியை ஏதாவதொரு நிலையில் தடுத்துவிடுகின்றன. அமினோஅசைல் கடத்து ஆர்.என்.ஏவும் தூது ஆர்.என்.ஏவும் இணைவதை எதிர்பொருளான டெட்ராசைக்ளின் தடை செய்கிறது. கடத்து ஆர்.என்.ஏ மற்றும் தூது ஆர்.என்.ஏ ஆகியவற்றுக்கு இடையேயான வினையை நியோமைசின் தடுக்கிறது. ரிபோசோமில் தூது ஆர்.என்.ஏ இடமாற்றத்தை எரித்ரோமைசின் தடை செய்கிறது. ஸ்ட்ரெப்டோமைசின் மொழிபெயர்த்தலின் தொடக்கத்தைத்

தடுத்துத் தவறான படித்தலுக்கு உட்படுத்துகிறது. குளோரம்பெனிக்கால், பெப்டிடைல் டிரான்ஸ்-பரேஸ் நொதி மற்றும் பெப்டிடைல் பிணைப்பு உருவாதல் ஆகியவற்றைத் தடை செய்கிறது.

- GTP- சார்ந்த விடுவிப்பு காரணியை இக்குறியீடு செயலாக்கப்படுத்துவதால், பாலிபெப்டைடு சங்கிலி உடைக்கப்பட்டு, மொழிபெயர்ப்பு கூட்டமைப்பிலிருந்து (படிநிலை-1), கடத்து ஆர்.என்.ஏ விடுவிக்கப்படுகிறது. பிறகு, கடத்து ஆர்.என்.ஏ ரிபோசோமிலிருந்து விடுவிக்கப்பட்டவுடன் ரிபோசோம்கள் துணை அலகுகளாகப் பிரிக்கின்றன. (படிநிலை 2) (படம்-ஈ)

மரபணு வெளிப்படை நெறிப்படுத்துதல்

- டி.என்.ஏ மரபணுக்காக அமைந்திருப்பதையும், அதில் எவ்வாறு மரபுத்தகவல்கள் சேமிக்கப்பட்டுள்ளன என்பதையும், அத்தகவல் எவ்வாறு வெளிப்படுகிறது என்பதையும் முந்தைய பாடங்கள் விளக்கின. மூலக்கூறு மரபியலின் அடிப்படை சிக்கலான, மரபணு வெளிப்பாட்டை நெறிப்படுத்துதல் குறித்து இனிக் காணலாம். மரபணுக்களை உசப்பவும் அணைக்கவும் இயலும் என்னும் கருத்துருவிற்கான சான்று மிகுந்த நம்பிக்கையை அளிக்கிறது. மரபணு வெளிப்பாடு மற்றும் அதை நெறிப்படுத்துதல் குறித்து புரோகேரியோட்டுகளில் அதிலும் குறிப்பாக எ.கோலையில் விரிவாக ஆராயப்பட்டுள்ளது. படியெடுத்தல் அல்லது மொழிபெயர்த்தல் நிகழ்வின்போது மரபணுவின் வெளிப்பாடு, கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது அல்லது நெறிப்படுத்தப்படுகிறது. தற்போது படியெடுத்தலின்போது, மரபணு வெளிப்பாடு நெறிப்படுத்தப்படுவதை விரிவாக விவாதிக்கலாம்.
- வழக்கமாக மரபணு வெளிப்பாட்டைத் தூண்டுதல் அல்லது தடை செய்தல் ஆகியவற்றைச் செல்வெளி அல்லது செல் உள்வளர்சிதை மாற்ற பொருட்கள் செய்கின்றன. தொடர்புடைய வேலைகளைச் செய்கின்றன கூட்டத்திற்கு **ஓபரான்கள் (Operons)** என்று பெயர். அவை பொதுவாக ஒரு தூது ஆர்.என்.ஏ மூலக்கூறைப் படியெடுக்கின்றன. அவை பொதுவாக ஒரு தூது ஆர்.என்.ஏ மூலக்கூறைப் படியெடுக்கின்றன. எ.கோலையின் ஏறத்தாழ 260 மரபணுக்கள், 75 வெவ்வேறு ஓபரான் குழுக்களாக உள்ளன.

ஓபரான் அமைப்பு

- மரபணு வெளிப்பாடு மற்றும் நெறிப்படுத்துதலுக்கான மற்றும் நெறிப்படுத்துதலுக்கான அலகே ஓபரான் ஆகும். இவ்வலகில் ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட மரபணுக்களும் அதனை அடுத்து அமைப்பு மரபணுவின் படியெடுத்தலைக் கட்டுப்படுத்தும் இயக்கி மரபணுவும் அடங்கியுள்ளன.
- செல்லுக்கு தேவைப்படும் புரதங்கள் ரிபோசோம் ஆர்.என்.ஏ மற்றும் கடத்து ஆர்.என்.ஏ ஆகியவற்றை அமைப்பு மரபணுக்கள் குறியீடு செய்கின்றன.
- ஆர்.என்.ஏ உற்பத்தியைத் தொடங்கி வைக்கின்ற டி.என்.ஏவில் உள்ள சமிக்ஞை வரிசைகள், ஊக்குவிப்பான்கள் ஆகும். படியெடுத்தல் தொடங்குவதற்கு முன்பு, ஊக்குவிப்பானுடன் ஆர்.என்.ஏ பாலிமெரேஸ் இணைகிறது.

- அமைப்பு மரபணுக்களுக்கும் ஊக்குவிப்பான்களுக்கும் இடையே இயக்கிகள் அமைந்துள்ளன. ஓபரானின் இயக்கி பகுதியில் அடக்கி புரதம் பிணைகிறது.

லேக் (லேக்டோஸ்) ஓபரான்

- செல்களில் லேக்டோஸ் வளர்சிதை மாற்றத்திற்கு, பெர்மியேஸ், β -கேலக்டோசிடோசிஸ் (β -கேல்) மற்றும் டிரான்ஸ்அசிடேலேஸ் ஆகிய மூன்று நொதிகள் தேவைப்படுகின்றன. செல்லுக்குள் லேக்டோஸ் நுழைவதற்கு பெர்மியேஸ் நொதியும், லேக்டோசை குளுக்கோஸ் மற்றும் கேலக்டோஸாக மாற்றும் நீராற்பகுப்பு வினைக்காக β -கேலக்டேசிடேஸுக்கு அசிடேல் குழுவை இடமாற்றம் செய்ய டிரான்ஸ்அசிடேலேஸ் நொதியும் தேவைப்படுகின்றன.
- லேக் ஓபரானில், ஒரு நெறிப்படுத்தி மரபணு (i-என்பது தடைப்படுத்தியை குறிக்கும்), ஊக்குவிப்பான் இடம் (p) மற்றும் இயக்கி இடம் (O) ஆகியவை உள்ளன. இவை முறையே இவையன்றி, லேக் z, லேக் y மற்றும் லேக் a என மூன்று அமைப்பு மரபணுக்களும் உள்ளன. இவை முறையே β -கேலக்டோசிடேஸ், பெர்மிலேஸ் மற்றும் டிரான்ஸ் அசிடேலேஸ் நொதிகளுக்கான குறியீடுகளைக் கொண்டுள்ளன.
- ஜோகோப் மற்றும் மோனாடு (Jacob and monod) ஆகியோர், மரபணு வெளிப்பாட்டையும் நெறிப்படுத்தப்படுவதையும் விளக்க எ.கோலையை கொண்டு லேக் ஓபரான் மாதிரியில், பாலிசிஸ்ட்ரானிக் அமைப்பு மரபணுவின் செயலை, ஒரு ஊக்குவிப்பான் மற்றும் ஒரு நெறிப்படுத்தி மரபணு ஆகியவை நெறிப்படுத்துகின்றன. வழக்கமாகக் குளுக்கோசை ஆற்றல் மூலமாக செல் பயன்படுத்துகிறது. i- மரபணு அடக்கி தூது ஆர்.என்.ஏ வை படியெடுக்கிறது. இது, மொழிபெயர்ப்பு செய்யப்படுவதன் விளைவாக 'அடக்கி புரதம்' உற்பத்தியாகிறது.

லாக் ஓபரான் மாதிரி

- இப்புரதம், ஓபரானின் இயக்கி பகுதியில் பிணைவதால் மொழிபெயர்ப்பு தடுக்கப்படுகிறது. இதனால் β -கேலக்டோசிடேஸ் உற்பத்தியாவதில்லை. கார்பன் மூலமாக குளுக்கோஸ் இல்லாத நிலையில், ஆற்றல் மூலமாக லேக்டோஸ் கிடைத்தால், லேக்டோஸானது பெர்மியேஸ் நொதியால், பாக்டீரியா செல்லின் உள்ளே நுழைகிறது. லேக்டோஸ் தூண்டியாக செயல்பட்டு, அடக்கியுடன் இணைந்து அதனை செயலற்றதாக மாற்றுகிறது. ஓபரானின் இயக்கியுடன் பிணையும் அடக்கி புரதம் ஆர்.என்.ஏ பாலிமேரேசை தடுப்பதன் மூலம், ஓபரானின் படியெடுத்தல் நிகழ்வை தடுக்கிறது. லேக்டோஸ் அல்லது அல்லோ லேக்டோஸ் போன்ற தூண்டிகளுடனான வினையின் காரணமாக அடக்கி செயலற்றதாகிறது. இதனால், ஆர்.என்.ஏ பாலிமேரேஸ் இயக்கி இடத்தில் தானாகவே இணைந்து, இயக்கியைப் படியெடுத்து லேக் தூது ஆர்.என்.ஏ வை உற்பத்தி செய்கிறது. இதன் விளைவாக லேக்டோஸ் வளர்சிதை மாற்றத்திற்குத் தேவையான அனைத்து நொதிகளும் உருவாக்கப்படுகின்றன. அடக்கி மூலம் லேக் ஓபரானின் செயல்பாடு நெறிப்படுத்தப்படுதல், படியெடுத்தலின் தொடக்கத்தை கட்டுப்படுத்தும் எதிர்மறை

நிகழ்வாகும். அதே போல நேர்மறை நிகழ்வாலும் லேக் ஒபரான் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது.

மனித மரபணுத் திட்டம் (Human Genome Project - HGP)

- சர்வதேச மனித மரபணுத் திட்டம் 1990ஆம்ஆண்டு தொடங்கப்பட்டது. இந்த மாபெரும் திட்டம் நிறைவுற 13-ஆண்டுகள் எடுத்துக் கொண்டது. இன்றைய தேதி வரை வரிசைப்படுத்தப்பட்ட உயிரினங்களின் மரபணுவினை விட மனித மரபணுத் திட்டம் 25 மடங்கு பெரியதாகும். முதன்முதலில் நிறைவு செய்யப்பட்ட முதுகெலும்பி மரபணு, ஏறத்தாழ 3×10^9 கார இணைகளைக் கொண்டுள்ளதாக கூறப்படுகிறது. மனித மரபணு திட்டம் வேகமாக வளர்ந்து வரும் உயிரியலின் புதிய துறையான உயிரிதகவலியலுடன் நெருங்கிய தொடர்புடையது ஆகும்.

மனித மரபணு திட்டத்தின் இலக்குகள் மற்றும் வழிமுறைகள்

மனித மரபணு திட்டத்தின் முக்கிய இலக்குகள்

- மனித டி.என்.ஏவில் உள்ள அனைத்து மரபணுக்களையும் (ஏறத்தாழ 30,000) கண்டறிதல்.
- மனித டி.என்.ஏவை உருவாக்கிய மூன்று பில்லியன் வேதி கார இணைகளின் வரிசையை தீர்மானித்தல்.
- இந்த தகவல்களை தரவுதளங்களில் சேமித்தல்.
- தரவுகளை ஆய்வு செய்வதற்கான கருவிகளை மேம்படுத்துதல்.
- தொடர்புடைய தொழில்நுட்பங்களை தொழிற்சாலைகள் போன்ற பிற துறைகளுக்கு இடமாற்றுதல்
- இந்த திட்டத்தில் எழும் அறம், சட்டம் மற்றும் சமூக இடர்ப்பாடுகளைத் (ELSI) தெரிவித்தல்.
- மனித மரபணு திட்ட வழிமுறைகள் இரண்டு முக்கிய அணுகுமுறைகளை உள்ளடக்கியுள்ளது. ஒரு அணுகுமுறை, ஆர்.என்.ஏ வாக வெளிப்படும் அனைத்து மரபணுக்களையும் கண்டறிதலை குறிக்கிறது. (ETSs) வெளிப்பாடு வரிசை முத்திரைகள்). மற்றொரு அணுகுமுறை மேற்கொள் வரிசையாக்கம் (Annotation) ஆகும். இங்கு குறியீடுகள் உடைய மற்றும் குறியீடுகள் அற்ற வரிசைகளைக் கொண்ட முழுத் தொகுப்பு மரபணுக்களும் வரிசையாக்கத்திற்கு எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. பின்னர் வரிசையில் உள்ள பல்வேறுபட்ட பகுதிகளை அதன் பணிகளுடன் ஒதுக்கப்படுகிறது. வரிசைப்படுத்துவதற்காக ஒரு செல்லில் உள்ள அனைத்து டி.என்.ஏக்களும் பிரித்தெடுக்கப்பட்டு, சிறிய அளவுள்ள துண்டுகளாக மாற்றப்படுகிறது. மேலும், இவை சிறப்பு வாய்ந்த கடத்திகளைப் (Vectors) பயன்படுத்தித் தகுந்த விரும்புதோம்பிகளில் நகலாக்கம் செய்யப்படுகிறது. இந்த நகலாக்கம்

டி.என்.ஏ துண்டுகளை பெருக்கமடையச் செய்கின்றன. இது வரிசையாக்க நிகழ்வினை எளிதாக்குகின்றது. பாக்டீரியா மற்றும் ஈஸ்ட் ஆகிய இரண்டும் பொதுவாக பயன்படுத்தப்படும் விருந்தோம்பிகள் ஆகும். இந்தக் கடத்திகள் BAC (Bacterial artificial chromosomes - பாக்டீரிய செயற்கை குரோமோசோம்கள்) மற்றும் YAC (Yeast artificial Chromosomes - ஈஸ்ட் செயற்கை குரோமோசோம்கள்) எனப்படுகின்றன. இந்த துண்டுகள் தானியங்கி டி.என்.ஏ வரிசைப்படுத்திகளைப் (ப்ரெட்ரிக் சாங்கரால் உருவாக்கப்பட்டது) பயன்படுத்தி வரிசைப்படுத்தப்படுகிறது. இந்த வரிசைகள் பின்னர், சிறப்பு வாய்ந்த கணினி நிரல்களைப் பயன்படுத்தி ஒன்றின் மீது ஒன்றமைந்த சில பகுதிகளின் அடிப்படையில் அடுக்கப்படுகிறது. இந்த வரிசையாக்கம் ஒவ்வொரு குரோமோசோமிலும் முறையாக மேற்கொள்ளப்படுகிறது. வரையறுக்கப்பட்ட எண்டோநியூக்ளியேஸ் (Restriction endonuclease) நொதியால் அடையாளம் காணப்பட்ட பகுதிகள் மற்றும் மைக்ரோசாட்டிலைட்டுகள் (நுண்துணைக்கோள்) எனப்படும் அடுத்தடுத்துக் காணப்படும் சில டி.என்.ஏ வரிசைகளைப் பயன்படுத்தி மரபணுவின் மரபிய மற்றும் அமைப்பு வரைபடங்கள் உருவாக்கப்படுகிறது.

- மீத்திறனுள்ள கணினிகளைப் (Super computers) பயன்படுத்தி, சிறுதுப்பாக்கி வரிசையாக்கம் (Shotgun sequencing) என்ற முறையின் மூலம் நீளமான துண்டுகளையும் வரிசைப்படுத்துவது சமீபத்திய முறையாகும். இது பாரம்பரிய வரிசையாக்க முறைகளுக்குப் பதிலாக பயன்படுத்தப்படும் முறையாகும்.

மனித மரபணு திட்டத்தின் சிறப்பியல்புகள்

- மனித மரபணு 3 பில்லியன் நியூக்ளியோடைடு கார மூலங்களைக் கொண்டிருந்த போதிலும், மரபணுவின் 5% மட்டுமே புரதத்தைக் குறியீடு செய்யக்கூடிய டி.என்.ஏ வரிசைகளால் ஆக்கப்பட்டுள்ளது.
- மரபணு சராசரியாக 3000 கார மூலங்களைக் கொண்டுள்ளது. மிகப்பெரிய மனித மரபணு, டிஸ்ட்ரோஃபின்(Dystrophin) 2.4 பில்லியன் கார மூலங்களைக் கொண்டுள்ளது.
- மரபணுவின் 50% பணி, LINE மற்றும் ALU வரிசைகள் போன்ற இடமாறும் கூறுகளிலிருந்து பெறப்படுகிறது.
- மரபணுக்கள் 24 குரோமோசோம்களில் பரவியுள்ளது. 19வது குரோமோசோம் அதிக மரபணு அடர்வினைக் கொண்டுள்ளது. 13 மற்றும் Y குரோமோசோம் ஆகியவை மிகக் குறைந்த மரபணு அடர்வினைக் கொண்டுள்ளன.
- மனித குரோமோசோம் அமைப்பில் மரபணுக்கள் பல்வகைத் தன்மையைக் காட்டுகின்றன.

- மரபணு தொகுதியில் 35000-40000 மரபணுக்கள் இருந்தாலும், ஏறக்குறைய 99.9 நியூக்ளியோடைடு கார மூலங்கள் அனைத்து மக்களிடமும் ஒரே மாதிரியாக உள்ளன.
- கண்டுபிடிக்கப்பட்ட மரபணுக்களில் 50 விழுக்காட்டிற்கும் மேற்பட்ட மரபணுக்களின் பணிகள் தெரியவில்லை.
- 2 விழுக்காட்டிற்கும் குறைவான மரபணுக்கள் மட்டுமே புரதங்களை குறியீடு செய்கின்றன.
- திரும்ப திரும்ப காணப்படும் வரிசைகள் மனித மரபணுவில் மிகப் பெரிய பகுதியை உருவாக்குகிறது. இந்த வரிசைகள் நேரடியாக குறியீட்டு செல்களில் பங்கேற்பதில்லை. ஆனால், குரோமோசோம்களின் அமைப்பு, செயல் மற்றும் பரிணாமத்தைத் தீர்மானிக்கிறது (மரபிய பல்வகைத் தன்மை)
- திரும்ப திரும்ப காணப்படும் வரிசைகள் மனித மரபணுவில் மிகப் பெரிய பகுதியை உருவாக்குகிறது. இந்த வரிசைகள் நேரடியாக குறியீட்டு செயல்களில் பங்கேற்பதில்லை. ஆனால், குரோமோசோமின் அமைப்பு, செயல் மற்றும் பரிணாமத்தைத் தீர்மானிக்கிறது. (மரபிய பல்வகைத் தன்மை)
- 1வது குரோமோசோம் 2968 மரபணுக்களை கொண்டுள்ளது. அதேபோல் Y குரோமோசோம் 231 மரபணுக்களை கொண்டுள்ளது.
- மனிதனில் பல்வேறுபட்ட ஒற்றை கார மூல டி.என்.ஏக்கள் காணப்படக்கூடிய 1.4 மில்லியன் இடங்களை அறிவியலாளர்கள் கண்டறிந்துள்ளனர். (SNPs - Single Nucleotide Polymorphisms - ஒற்றை நியூக்ளியோடைடு பல்லுருவமைப்பு - இது SNIPS என உச்சரிக்கப்படுகிறது). SNIPS-ஐ கண்டறிதல், நோய்களுடன் தொடர்புடைய வரிசைகளுக்கான குரோமோசோம் இடங்களை கண்டுபிடித்தல் மற்றும் மனித வரலாற்றை தேடவும் உதவி புரிகிறது.

பயன்பாடுகள் மற்றும் எதிர்கால சவால்கள்

- மனித குரோமோசோம் வரைபடமாக்கம் ஒருவரின் டி.என்.ஏவை ஆய்வு செய்வதற்கும் மற்றும் மரபிய கோளாறுகளை கண்டறிவதற்கான வாய்ப்பினையும் அளிக்கிறது. இது நோய்களை கண்டறிவதற்கும், குழந்தையைப் பெற்றுக்கொள்ள திட்டமிடுபவர்களுக்கான மரபிய ஆலோசனையை வழங்குவதற்கும் பேருதவியாக உள்ளது. இந்த வகையான தகவல், புதுமையான மரபணு சிகிச்சைகளுக்கான வாய்ப்புகளை உருவாக்குகிறது. மேலும் மனித உயிரியலைப் பற்றி புரிந்து கொள்வதற்கும், மனிதன் அல்லாத பிற உயிரினங்களைப் பற்றி அறிந்து கொள்வதற்கும் தீர்வுக் குறிப்புகளை வழங்குகிறது. டி.என்.ஏ வரிசைகள் அதனுடைய இயற்கை திறன்களைப் பற்றி அறிந்து கொள்ளவும் அவற்றை உடல்நலம், விவசாயம், விவசாயம், ஆற்றல் உற்பத்தி மற்றும் சுற்றுச்சூழல் தீர்வு போன்றவற்றில் உள்ள சவால்களைத் தீர்ப்பதற்கும் பயன்படுத்தப்படுகிறது. நோய்களின் அறிகுறிகளுக்குச் சிகிச்சையளிப்பதைவிட நோய்க்கான அடிப்படைக் காரணங்களைக் கண்டறிந்து,

அவற்றுக்குச் சிகிச்சையளிப்பதே மூலக்கூறு மருத்துவத்தின் முக்கியமான முன்னேற்றமாக இருக்கும்.

- மரபணு வரிசையாக்கம் எளிமையாக்கப்பட்டதைத் தொடர்ந்து, சிலர் இத்தகவல்களை சுய லாபத்திற்காகவோ அல்லது அரசியல் ஆதாயத்திற்காகவோ பயன்படுத்தக்கூடும்.
- காப்பீட்டு நிறுவனங்கள் தங்களுடைய எதிர்கால மருத்துவ செலவினங்களில் இருந்து காப்பாற்றிக் கொள்ள 'மரபிய கோளறுகளையுடைய' மக்களுக்கு காப்பீடு வழங்குவதை மறுக்கலாம்.
- சரியான இனத்தைத் தோற்றுவிக்க வேண்டும் என்ற நோக்கத்தில், மனித கூட்டத்திலுள்ள பலரிடம் இருந்து ஜீன்களைப் பெற்று இணைத்து இனவிருத்தி செய்ய தொடங்கிவிடுவார்களோ என்ற அச்சமும் உள்ளது.

ஒரு நபரின் மருந்துகளுக்கான துலங்கல் எவ்வாறு மரபணுக்களை பாதிக்கிறது என்பதைப் பற்றி படிக்கும் அறிவியல் 'மருந்திய மரபணுவியல்' (Pharmacogenomics) ஆகும். இது 'மருந்தியல்' (Pharmacology மருந்தைப் பற்றிய அறிவியல்) மற்றும் 'மரபணுவியல் (Genomics-மரபணுக்கள் மற்றும் அவற்றின் செயல்கள் பற்றிய அறிவியல்) இணைந்து உருவான புதிய துறை ஆகும். ஒரு நபரின் மரபணு உருவாக்கத்திற்கு ஏற்ப மருந்துகளை சரியான அளவில் நன்கு செயல்படக்கூடிய, பாதுகாப்பான முறையில் அளிக்க இத்துறை உதவுகிறது.

டி.என்.ஏ ரேகை அச்சிடல் தொழில் நுட்பம் (DNA finger printing technique)

- டி.என்.ஏ ரேகை அச்சிடல் தொழில்நுட்பம் முதலில் 1985 ஆம் ஆண்டு அலெக் ஜே.ஃப்ரேஸ் (Alec Jeffreys) என்பவரால் உருவாக்கப்பட்டது. (2014 ஆம் ஆண்டு ராயல் சொசைட்டி வழங்கிய கோபுலே பதக்கத்தைப் பெற்றவர்). ஒவ்வொரு நபரும் ஒரே மாதிரியான வேதிய அமைப்புடைய டி.என்.ஏவைப் பெற்றுள்ளனர். ஆனால் டி.என்.ஏ வரிசையில் உள்ள A, T, C மற்றும் G என்ற குறியீடு கொண்ட கார இணைகளில் மில்லியன் மில்லியன் கணக்கான வேறுபாடுகள் உள்ளன. இது நம்மிடையே தனித்தன்மையைத் தோற்றுவிக்கிறது. ஆதலால் மரபொத்த இரட்டையர்கள் தவிர நாம் ஒவ்வொருவரும் மற்றவர்களிடமிருந்து மரபியல் ரீதியாக வேறுபடுகிறோம். ஒரு மனிதனின் டி.என்.ஏ வும் அவரின் கைரேகைகளும் தனித்துவம் உடையவை. 1.5 மில்லியன் இணை மரபணுக்களைக் கொண்ட 23 இணை குரோமோசோம்கள் மனிதனில் உள்ளன. மரபணுக்கள் டி.என்.ஏக்களின் பகுதிகள் என்பது நன்கு அறியப்பட்ட உண்மையாகும். ஆனால் அவற்றினுடைய நியூக்ளியோடைடு வரிசையில் வேறுபாடுகளை கொண்டுள்ளது. டி.என்.ஏக்களின் அனைத்து பகுதிகளும் புரதங்களுக்கான குறியீட்டைச் செய்வதில்லை. சில டி.என்.ஏ பகுதிகள் நெறிப்படுத்தும் செயல்களைக் கொண்டுள்ளன. மற்றவை இடைப்பட்ட வரிசைகள் (இடைப்பட்ட பகுதிகள்- Introns) மற்றும் சில மறுதொடரி டி.என்.ஏ வரிசைகள் ஆகும். டி.என்.ஏ ரேகை அச்சிடலில், குறுகிய மறுதொடரி நியூக்ளியோடைடு வரிசைகள் நபர் சார்ந்த

தனித்துவம் கொண்டவையாகும். இந்த நியூக்ளியோடைடு வரிசைகள் “மாறி எண் இணை மறு தொடரிகள்” (VNTR Variable number tandem repeats) என்று அழைக்கப்படுகின்றன. பொதுவாக இரண்டு நபர்களின் VNTR கள் மாறுபட்டுக் காணப்படுகின்றன. இவை, மரபிய குறிப்பான்களாகப் (Genetic markers) பயன்படுகின்றன.

- டி.என்.ஏ வரிசைகளின் குறிப்பிட்ட சில பகுதியிலுள்ள மறுதொடரி டி.என்.ஏ க்களில் (repetitive DNA) காணப்படும் வேறுபாடுகளைக் கண்டறிதல் DNA ரேகை அச்சிடல் காணப்படும். ஏனெனில், இந்த வரிசையில் டி.என்.ஏவின் சிறு பகுதிகள் மீண்டும் மீண்டும் பலமுறை தோன்றியுள்ளது.

டி.என்.ஏ ரேகை அச்சிடலின் தொகுப்பு வரைபடம்: வெவ்வேறு பிரதிநிதிகளையுடைய மாறி எண் இணை மறுதொடரி எண்களை கொண்ட சில குறிப்பிட்ட குரோமோசோம்கள் காட்சிப்படுத்தப்பட்டுள்ளது.

- அடர்த்தி வேறுபாட்டு மைய விலக்கலின்போது, தோற்றுவிக்கப்படும் வேறுபட்ட உச்ச அளவுகளைக் கொண்டு, மொத்த மரபணு டி.என்.ஏக்களிலிருந்து மறு தொடரி டி.என்.ஏக்கள் பிரித்தெடுக்கப்படுகிறது. மொத்த டி.என்.ஏக்கள் பெரிய உச்சத்தையும், மற்றவை சிறிய உச்சத்தையும் தோற்றுவிக்கின்றன. சிறிய உச்சத்தை தோற்றுவிக்கும் டி.என்.ஏக்கள் துணைக்கோள் டி.என்.ஏக்கள் (Satellite டி.என்.ஏ) எனப்படுகின்றன. டி.என்.ஏவில் காணப்படும் கார இணைகள் (A:T அல்லது G:C மிகுதி), நீளம் மற்றும் மீண்டும் மீண்டும் காணப்படும் அலகுகளின் அடிப்படையில் துணைக்கோள் டி.என்.ஏக்கள் பல வகைகளாக வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளன. அவை நுண் துணைக்கோள் டி.என்.ஏ மற்றும், சிறிய துணைக்கோள் டி.என்.ஏ மற்றும் பல. இந்த வரிசைகள் எந்த புரதத்திற்கும் குறியீடு செய்வதில்லை. ஆனால் இது மனித மரபணுவின் பெரும் பகுதியை கொண்டுள்ளது. அதிகளவு பல்லுருவமைப்பை காட்டும் இந்த வரிசைகள் டி.என்.ஏ ரேகை அச்சிடலுக்கு அடிப்படையாக அமைகிறது. குற்றம் நிகழ்ந்த இடத்திலிருந்து சேகரிக்கப்படும் தடயங்களான இரத்தம், ரோமம் மற்றும் தோல் செல்கள் அல்லது மற்ற மரபிய தடயங்களிலிருந்து VNTR முறை மூலம் டி.என்.ஏவை பிரித்தெடுத்து குற்றம் சுமத்தப்பட்டவரின் டி.என்.ஏவோடு ஒப்பிட்டு, அவர் குற்றவாலியா அல்லது நிரபராதியா என்று கண்டறிய பயன்படுகிறது. கொல்லப்பட்ட நபரின் டி.என்.ஏவை ஆதாரமாகக் கொண்டு, அந்த நபரின் அடையாளங்களை கண்டறிய VNTR முறை பயன்படுகிறது.

டி.என்.ஏ ரேகை அச்சிடல் தொழில்நுட்பத்தின் படிநிலைகள்
டி.என்.ஏ பிரித்தெடுத்தல்

- டி.என்.ஏ ரேகை அச்சிடல் தொழில்நுட்பத்தின் துவக்க நிலையில் இரத்தம், விந்துத் திரவம், கல்விக் கால்வாய் திரவம், முடியின் வேர்கள், பற்கள், எலும்புகள் போன்றவற்றிலிருந்து டி.என்.ஏ மாதிரிகள் சேகரிக்கப்படுகின்றன.

பாலிமரேஸ் தொடர்வினை (PCR)

டி.என்.ஏ ரேகை அச்சிடலுக்குப் பல நேரங்களில் குறைந்த அளவு டி.என்.ஏ மட்டுமே கிடைக்கிறது. அதிக அளவு தேவைப்படும்போது பாலிமரேஸ் தொடர்வினை மூலம் டி.என்.ஏ வைப் பெருக்க முடியும்.

டி.என்.ஏ துண்டாக்குதல்

- துண்டாக்கும் நொதிகளைப் பயன்படுத்தி, டி.என்.ஏ இழைகளைக் குறிப்பிட்ட இடங்களில் வெட்டிச் சிறிய துண்டுப் பகுதிகளாக மாற்றுவதல்.

மிக்பகுப்பாக்க முறையில் டி.என்.ஏக்களைப் பிரித்தெடுத்தல்

- அகரோஸ் கூழ்ம மின்பகுப்பாக்க முறையில், டி.என்.ஏ துண்டுகள் பல்வேறு அளவுகள் கொண்ட வெவ்வேறு கற்றைகளாகப் பிரிக்கப்படுகின்றன. நைலான் சவ்வினைப் பயன்படுத்தி பிரிக்கப்பட்ட டி.என்.ஏ கற்றைகள் வடிகட்டப்படுகின்றன. (வேதிப்பொருட்களைப் பயன்படுத்தி டி.என்.ஏ இழைகளுக்கு இடையே உள்ள ஹைட்ரஜன் பிணைப்புகள் விடுவிக்கப்பட்டு ஒற்றை இழையாக மாற்றப்படுகின்றன.

டி.என்.ஏ இயல்புதிரிதல்

கூழ்மப்பொருளில் உள்ள டி.என்.ஏ கார வேதிப்பொருட்களைப் பயன்படுத்தி அல்லது வெப்பப்படுத்தி, சிதைவுறச் செய்யப்படுகிறது.

ஒற்றியெடுத்தல் (Blotting)

கூழ்மப்பொருளில் உள்ள டி.என்.ஏ கற்றை அமைப்பு, “அளவின் அடிப்படையில் பிரிக்கப்பட்ட டி.என்.ஏ இழையின்” மேல் வைக்கப்பட்ட நைலான் சவ்வின் மீது மாற்றப்பட்டு எடுக்கப்படுகிறது. இம்முறை ‘சத்ரன் பிளாட்டிங்’ எனப்படும்.

- குறிப்பிட்ட டி.என்.ஏக்களைத் ‘துலக்கி டி.என்.ஏ’ க்களைக் (Probe) கொண்டு அடையாளம் காணுதல்

கதிரியக்கத்தன்மையுள்ள துலக்கி டி.என்.ஏ, (கதிரியக்கத் தன்மையுடைய பொருட்கள் பொருத்தப்பட்ட டி.என்.ஏ இழை), டி.என்.ஏ கற்றைகளுடன் சேர்க்கப்படுகிறது. இந்தத் துலக்கு டி.என்.ஏ நிரப்புக்கூறு நைட்ரஜன் கார வரிசைகளைக் கொண்ட டி.என்.ஏ துண்டுகளுடன் இணைகிறது. இந்தத் துலக்கி டி.என்.ஏக்களை ‘ஒளிரும்பொருட்கள்’ அல்லது ‘கதிரியக்கத்தன்மை உடைய ஐசோடோப்புகளைப்’ பயன்படுத்தியும் தயாரிக்கலாம்.

- துலக்கி டி.என்.ஏக்களுடன் கலப்பு செய்தல்

துலக்கி டி.என்.ஏ கலப்பு செய்தவுடன் மீதமுள்ள துலக்கி டி.என்.ஏ நீக்கப்படுகிறது. இந்த ‘கலப்பு டி.என்.ஏ’ உடைய சவ்வின் மீது ஒளிப்படத்தகடு பொருத்தப்படுகிறது.

மரபியல்பு – டி.என்.ஏ ரேகை அச்சிடுதலை ஒளிப்படத்தகட்டின் மூலம் வெளிப்படுத்துதல்

- இந்த கதிரியக்க அடையாளமானது ஒளிப்படத்தகட்டின்மீது ஒரு பிம்பத்தை உருவாக்குகிறது (கற்றைகளின் பிம்பம்). இது குறிப்பிட்ட டி.என்.ஏ கற்றைக்கு நிகரான பிம்பம் ஆகும். அடர்ந்த மற்றும் மெல்லிய கற்றைகள், குறிப்பிட்ட தண்டு போன்ற சில அமைப்புகளை (bars) உருவாக்குகிறது. அவை மரபுரேகை அச்சு எனப்படும்.

டி.என்.ஏ ரேகை அச்சிடலின் பயன்பாடுகள் தட ஆய்வு

- குற்ற நடவடிக்கை கொண்ட நபரைக் கண்டறியவும் தாய் அல்லது தந்தையை தீர்மானிக்கும் பிரச்சினைகளுக்கு தீர்வு காணவும், குடியேற்ற தேவைக்கான உறவுகளை தீர்மானிக்கவும் பயன்படுகிறது.

மரபு கால் வழி தொடர் ஆய்வு

- தலைமுறைகளின் வழியாக மரபணுக்கள் கடத்தப்படுவதையும் மற்றும் பாரம்பரிய நோய்களை கண்டறியவும் பயன்படுகிறது.

வன உயிரின பாதுகாப்பு

- அருகிவரும் இனங்களைப் பாதுகாத்தல், அருகிவரும் உயிரினங்களின் இறந்த திசுக்களை அடையாளம் கண்டறிவதற்காக டி.என்.ஏ பதிவுகளைப் பராமரித்தல்.

மானுடவியல் ஆய்வுகள்

- இது மனித இனக்கூட்டத்தின் தோற்றம், இடப்பெயர்ச்சி மற்றும் மரபிய பல்வகைத் தன்மையினை தீர்மானிக்கப் பயன்படுகிறது.

12ம் அலகு - 6

- ஒரு இனக்கூட்டத்திலுள்ள ஒரு சிற்றினத்தின் ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட பண்புகளில் ஏற்படும். அடுத்தடுத்த தலைமுறைகளுக்கு கடத்தப்படக்கூடிய மாற்றங்கள் பரிணாமம் எனப்படும். இன்றைய மனித இனத்தின் நிலை மூன்று வகைப் பரிணாம நிகழ்வுகளால் தோன்றியிருக்கலாம். அவையாவன - வேதிப்பரிணாமம், கரிமப் பரிணாமம் மற்றும் சமூக அல்லது பண்பாட்டுப் பரிணாமம்.
- கதிரியக்க முறையில் விண்கற்களை ஆய்வு செய்ததில், சூரியக்குடும்பம் மற்றும் பூமியின் வயது சுமார் 4.5 - 4.6 பில்லியன் ஆண்டுகள் என கணக்கிடப்பட்டுள்ளது. புதிதாய்ப் பிறந்த பூமி சில நூறு மில்லியன் ஆண்டுகள் உயிரினங்கள் வாழத் தகுதியற்றதாக இருந்தது. அப்போது பூமி மிகுந்த வெப்பம் உடையதாக இருந்தது. இதற்குக் காரணம், குறுங்கோள்கள் ஒன்றுடன் ஒன்று மோதி பூமியாக ஒன்றிணைந்த போது இக்கோளையே உருக்கக் கூடிய பெருமளவு வெப்பம் உமிழப்பட்டதே ஆகும். இறுதியாக, பூமியின் புறப்பரப்பு குளிர்ந்து திடமாகி மேற்பகுதி உருவானது. பூமியின் உட்பகுதியிலிருந்து வெளியேறிய நீராவி குளிர்ந்து பெருங்கடல்களாக மாறின. எனவே பூமியில் உயிரினத் தோற்றத்தினை மறைமுகச் சான்றுகளின் உதவியால் மறுகட்டமைக்க முடியும். உயிரியல் வல்லுனர்கள், வேறுபட்ட தகவல்களைச் சேகரித்து அவற்றை திகைப்பளி புதிரில் (Jig saw puzzle) துண்டுகள் ஒட்டுவது போல் ஒன்றிணைக்கின்றனர். உயிர் தோன்றல் குறித்த பல்வேறு கோட்பாடுகள் முன்வைக்கப்பட்டுள்ளன. அவற்றுள் சில இப்பாடத்தில் விளக்கப்படுகின்றன.

உயிரினத் தோற்றம் - உயிரின வகைகளின் பரிணாமம்

- சிறப்புப் படைத்தல் கோட்பாட்டின்படி (Theory of special Creation) உயிரினங்கள் யாவும் இயற்கைக்கு அப்பாற்பட்ட சக்தியினால் படைக்கப்பட்டவை என நம்பப்படுகிறது. அனைத்து மதங்களும் “கடவுள்தான்” இந்த உலகத்தையும், தாவரங்கள் மற்றும் விலங்குகளையும் படைத்ததாக நம்புகின்றனர்.
- தான் தோன்றல் கோட்பாடு (Theory of Spontaneous Generation) அல்லது உயிரின்றி உயிர் தோன்றல் (Abiogenesis) கோட்பாட்டின்படி உயிரினங்கள் உயிரினங்கள் உயிரற்ற பொருட்களிலிருந்து தோன்றின. பல மில்லியன் ஆண்டுகளாக உயிரற்ற பொருட்களான வேதிப்பொருட்கள் மற்றும் மூலக்கூறுகளில் படிப்படியாக நடைபெற்ற பரிணாமத்தால் உயிரினங்கள் தோன்றின. “உயிரின்றி உயிர் தோன்றல்” (Abiogenesis) என்ற பதத்தை உருவாக்கியவர் தாமஸ் ஹக்ஸ்லே ஆவார்.
- பெருவெடிப்புக் கோட்பாடு, (Bigbang Theory) இந்தப் பேரண்டம் ஒற்றைப் பெரு வெடிப்பினால் எவ்வாறு தோன்றியது என்பதை விளக்குகிறது. தொடக்க கால பூமியில் சரியான வளிமண்டலம் இல்லை. ஆனால் அம்மோனியா, மீத்தேன் ஹைட்ரஜன் மற்றும் நீராவி போன்றவை இருந்தன. அக்காலத்தில் பூமியின்

காலநிலை மிகவும் வெப்பத்துடன் இருந்தது. சூரியனிலிருந்து வரும் புறஊதாக் கதிர்கள் நீர் மூலக்கூறை ஹைட்ரஜனாகவும், ஆக்சிஜனாகவும் பிரித்தது. படிப்படியாக வெப்பநிலை குறைந்து நீராவி மழைநீராக மாறியது. மழைநீர் பூமியின் தாழ்வான பகுதிகளில் தேங்கி நீர்நிலைகள் உருவாயின. வளிமண்டலத்தில் உள்ள அம்மோனியா மற்றும் மீத்தேன் போன்றவை ஆக்சிஜனுடன் சேர்ந்து கார்பன்-டை-ஆக்சைடு மற்றும் பிற வாயுக்களாக மாறின.

கோசர்வேட்டுகள் (திரவ ஊடகத்திலிருந்து திரண்டு வரும் கூழ்மத் திரள்கள்) - இந்த முதல் முன்னோடி செல்கள் படிப்படியாக மாற்றம் பெற்று உயிருள்ள செல்களாக மாறி விட்டன.

- உயிர்வழித் தோற்றக் கோட்பாட்டின் படி ஒரு உயிரினம் ஏற்கனவே உள்ள உயிரினத்திலிருந்து உருவானது ஆகும். இக்கோட்பாட்டின் படி உயிர்வேதியல் நிகழ்ச்சிகளால் உயிரினங்கள் உருவாக்கப்பட்டுள்ளன. இச்சொல்லை உருவாக்கியவர் ஹென்றி பாஸ்டியன் ஆவார்.
- வேதிப்பரிணாமக் கோட்பாட்டின்படி, பூமியின் ஆரம்ப காலச் சூழலில் தொன்மையான உயிரினங்கள் கரிமப் பொருட்கள் மற்றும் இயற்பியல் காரணிகளான மின்னல், புறஊதாக் கதிர்கள், எரிமலை செயல்கள் மற்றும் பிறவற்றின் உதவியால் தானாகவே தோன்றியிருக்கலாம். ஒப்பாரின் (1924) என்பவர் கரிமப் பொருட்கள் தொடர்ச்சியான மாற்றங்களுக்கு ஆட்பட்டு பெரிய மூலக்கூறுகளாக மாறியிருக்கக்கூடும் என்றும், இம்மூலக்கூறுகள் திரவ ஊடகத்தில் கூழ்மத் திரள்களாக அல்லது கோசர்வேட்டுகளாக (Coacervates) மாறியிருக்கலாம் என்றும் கூறுகிறார். இக்கூழ்மத்திரள்கள் சூழலிருந்து கரிமப் பொருட்களை உறிஞ்சித் தன்மயமாக்குகின்றன. ஹால்டேன் என்பவர் கூற்றுப்படி ஆரம்பகால கடல், சூரியஒளி ஆற்றலைப் பெற்று, மிகப்பெரிய வேதியியல் ஆய்வகமாக செயல்பட்டது.
- வளிமண்டலத்தில் ஆக்சிஜன் இல்லை. மேலும் அம்மோனியா மற்றும் புறஊதாக் கதிர்கள் ஒன்றிணைந்து கரிமப் பொருட்களை உருவாக்கின. இதனால் கடல் அதிக எண்ணிக்கையில் கரிம ஒருபடி (மோனோமர்) மற்றும் பலபடி (பாலிமர்) மூலக்கூறுகள் உடையதாகவும் “சூடான” நீர்த்த தன்மையுடையதாகவும் இருந்தது. இந்த ஒருபடி மற்றும் பலபடி மூலக்கூறுகள் கொழுப்பு உறையினைப் பெற்று பின்பு அவை உயிருள்ள செல்லாக மாறியதாக அறிஞர்கள் கருதினர். ஹால்டேன் “உயிரி முன்னோடிச்சாறு” (Prebiotic Soup) என்ற சொல்லை உருவாக்கினார். இதுவே உயிரினத் தோற்றத்தை விளக்கும் ஹால்டேன் ஒப்பாரின் கோட்பாட்டிற்கான அடையாளமாக மாறியது. (1924 - 1929).
- தொன்மையான வளிமண்டலம் குறையும் சூழலில் இருந்திருந்தால், மின்னல் அல்லது புறஊதாக்கதிர்கள் மூலம் தேவையான சக்தியும் கிடைத்திருந்தால் பல்வேறுவகை கரிம மூலக்கூறுகள் உருவாகியிருக்க முடியும் என்று ஒப்பாரின் மற்றும் ஹால்டேன் ஆகியோர் தனித்தனியே தமது கருத்துக்களை வெளிப்படுத்தினர்.

புவியியற் கால அட்டவணை (Geological Time Scale):

- புவியின் வரலாற்றுக் காலத்தை பல பெருங்காலங்களாகப் (Eras) பிரித்துள்ளனர். அவை, பாலியோசோயிக், மீசோசோயிக் மற்றும் சீனோசோயிக் பெருங்காலங்கள் ஆகும். சமீப பெருங்காலங்களை பல பருவங்களாகப் (Periods) பிரித்துள்ளனர். இந்த பருவங்கள் பல சிறுகாலங்களாகப் (Epoch) பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. புவியியற்காலங்களின் பல்வேறு பெருங்காலங்கள் மற்றும் பருவங்கள் அக்காலங்களில் வாழ்ந்த முதன்மையான உயிரினங்களும் குறிக்கப்பட்டுள்ளன.
- பாலியோசோயிக் பெருங்காலத்தில் கடல்வாழ் முதுகுநாணற்ற விலங்குகளின் புதைபடிவங்கள் அதிகம் கிடைத்துள்ளன. அப்பெருங்காலத்தின் பின் பாதிப் பகுதியில் (கடல்வாழ் மற்றும் நிலவாழ்) பறவைகள் மற்றும் பாலூட்டிகளைத் தவிர பிற முதுகு நாணுடையவை தோன்றின. பாலியோசோயிக் பெருங்காலத்தின் ஏழு பருவங்களாவன – (பழமையான காலத்திலிருந்து சமீபத்திய காலம் வரையிலான வரிசையில்) கேம்பீரியன் (முதுகுநாணற்றவைகளின் காலம்), ஆர்டோவிசியன் (நன்னீர் மீன்கள், ஆஸ்ட்ரகோடெர்ம்கள், மற்றும் பல்வேறு வகையான மெல்லுடலிகள்), சைலூரியன் (மீன்கள் தோற்றம்), டிவோனியன் (மீன்களின் காலம் - நுரையீரல் மீன்கள், கதுப்புத் துடுப்பு மீன்கள் மற்றும் திருக்கை மீன்கள் போன்றவை). மிசிசிபியன் (பழமையான இருவாழ்விகள், முட்டோலிகள்), பென்சில்வேனியன் (பழமையான ஊர்வன) மற்றும் பெரிமியன் (பாலூட்டிகளைப் போன்ற ஊர்வன).
- மீசோசோயிக் பெருங்காலம் (ஊர்வனவற்றின் ஆதிக்கம்) "ஊர்வனவற்றின் பொற்காலம்" என அழைக்கப்படுகிறது. இப்பெருங்காலம் மூன்று பருவங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. அவை, டிரையாசிக் (முட்டையிடும் பாலூட்டிகளின் தோற்றம்), ஜூராசிக், (டைனோசார்கள் ஆதிக்கம் மற்றும் புதைபடிவப் பறவை – ஆர்க்கியாப்டெரிக்கள்) மற்றும் கிரட்டேஷியஸ் (பற்களுடைய பறவைகளும் டைனோசார்களும் மரபற்றுப்போதல் மற்றும் நவீன பறவைகளின் தோற்றம்).

சீனோசோயிக் பெருங்காலம் (பாலூட்டிகளின் காலம்):

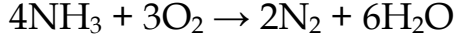
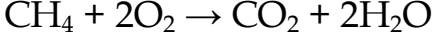
- இப்பெருங்காலம், டெர்ஷியரி மற்றும் குவார்டெர்னரி ஆகிய இரண்டு பருவங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. டெர்ஷியரி பருவம் பாலூட்டிகள் அதிக எண்ணிக்கையில் காணப்படும் பருவம் ஆகும். இப்பருவம் ஐந்து சிறு காலங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. அவை பாலியோசீன் (நஞ்சுக் கொடி பாலூட்டிகள்), இயோசீன் (வாத்து அலகு பிளாடிபஸ் மற்றும் எகிட்னா தவிர பிற மோனோடீரீம்கள், குளம்புகள் உடைய பாலூட்டி மற்றும் ஊன் ஊண்ணிகள்), ஆலிகோசீன் (மேம்பட்ட நஞ்சுக்கொடி பாலூட்டிகளின் தோற்றம்), மையோசீன் (மனிதனைப் போன்ற மனிதக் குரங்குகள் தோற்றம்) மற்றும் பிளியோசீன் (மனிதனைப் போன்ற மனிதக் குரங்குகளிலிருந்து மனிதனின் தோற்றம்), குவார்டெர்னரி பருவத்தில் பாலூட்டிகளின் வீழ்ச்சி மற்றும் மனித சமூக வாழ்க்கை துவக்கம் ஆகியவை நிகழ்ந்தன.

- புதைபடிவங்களின் வயது, ஒப்பீடு வயது கணக்கிடும் முறை (Relative Dating) மற்றும் முழுமையான வயது கணக்கிடும் முறை (Absolute Dating) ஆகிய இரண்டு முறைகளில் நிர்ணயிக்கப்படுகிறது. ஒப்பீடு வயது கணக்கிடும் முறையில், புதைபடிவங்களின் வயது, புதைபடிவங்களை ஒத்த பாறைகள் அல்லது வயது தெரிந்த புதைபடிவங்களோடு ஒப்பிட்டுக் கணக்கிடப்படுகிறது. முழுமையான வயது கணக்கிடும் முறையில், கதிரியக்க வயது கணக்கிடும் முறைப்படி, புதைபடிவங்களில் உள்ள ஐசோடோப்புகளின் சிதைவு அளவிடப்பட்டு புதைபடிவங்களின் வயது கணக்கிடப்படுகிறது.

உயிரியப் பரிணாமம் (Biological Evolution):

முன்னோடி உயிரினங்களின் உருவாக்கம்:

- உயிரற்ற பொருட்களிலிருந்து உருவான மூலக்கூறுகள், தன்னிச்சையாக ஒன்று சேர்ந்து, நீர்ம திரவத்தை உள்ளடக்கிய சிறு துளிகளாகத் தாமே வடிவமைத்துக் கொள்கின்றன. மேலும் இதன் உள் வேதிச்சூழல், புறச்சூழலிலிருந்து முற்றிலும் வேறுப்பட்டதாகும். இத்தகைய கோள அமைப்புகளை அறிவியலாளர்கள் “முன்னோடி உயிரினங்கள்” (Protobionts) என்று அழைத்தனர். திரவத்தில் உள்ள லிப்பிடுகள், தாமே ஒன்று சேர்ந்து இரட்டைச் சவ்வு லிப்பிடுகளாக வடிவமைத்துக் கொள்கின்றன. இவை “லிப்போசோம்கள்” என அழைக்கப்படுகின்றன. இந்த லிப்போசோம்க்கு உட்புறம் உள்ள சில புரதங்கள் நொதிகளின் பண்பைப் பெறுவதால் மூலக்கூறுகள் வேகமாகப் பெருக்கமடைகின்றன.
- நியூக்ளியோபுரதம் மற்றும் ஊட்டப் பொருட்களை உடைய கோசர்வேட்டுகள், வெளிப்புறமாக சவ்வினைப் பெற்றுள்ளன. இவை வைரஸ்கள் அல்லது தனித்து வாழும் மரபணுக்களின் பண்புகளை ஒத்துள்ளன. தொடர்ச்சியாக இது போன்ற நிறைய மரபணுக்கள் ஒன்றிணைந்து தற்கால வைரஸ்களைப் போன்ற “முன்னோடி வைரஸ்களை” (Proto Virus) உருவாக்கின. இந்த சமயத்தில் தோன்றிய இரண்டு செல்வகைகள் முக்கியத்துவம் வாய்ந்தவை. அவற்றில் முதல் வகையில் தொன்மையான செல்களில் உள்ள நியூக்ளியோ புரதத்துணுக்குகள் செல்பொருட்களில் பதிந்து காணப்பட்டன. இவ்வகை செல்கள் மொனிராவை ஒத்துள்ளன. இவை நவீன பாக்டீரியா மற்றும் நீலப்பச்சைப் பாசிகளுக்கு “மூதாதையர்கள்” என்று கருதப்படுகின்றன. மற்றொரு வகை தொன்மையான செல்களில், நியூக்ளியோ புரதத் துணுக்குகள் மையத்தில் திரண்டும் அவற்றைச் சூழ்ந்து மெல்லிய சவ்வும் காணப்பட்டது. இந்தச் சவ்வு, நியூக்ளியோ புரதத்தை பிற செல் உட்பொருள்களிலிருந்து பிரித்தது. இவ்வகை செல்கள் புரோடிஸ்டா (Protista) என அழைக்கப்பட்டன. காலப்போக்கில் கடலில் காணப்பட்ட இயற்கையான உணவு வளங்கள் குறைந்ததனால் மொனிரா மற்றும் புரோடிஸ்டா முன்னோடி செல்கள், உணவைப் பெறுவதற்கான பிற வழிமுறைகளை உருவாக்க வேண்டியதாயிற்று. அவ்வகையில் ஒட்டுண்ணி வகை, சாறுண்ணி வகை, கொன்றுண்ணி மற்றும் வேதிச்சேர்க்கை அல்லது ஒளிச் சேர்க்கை வகை உணவூட்ட முறைகள் தோன்றின. ஒளிச்சேர்க்கை செய்யும் உயிரினங்கள் அதிகரித்ததால் கடலிலும் வளிமண்டலத்திலும் தனித்த தனித்த O₂ அளவு அதிகரித்தது.



- வளிமண்டலத்தில் உள்ள ஆக்சிஜன், மீத்தேன் மற்றும் அம்மோனியாவுடன் இணைந்து கார்பன் டை ஆக்ஸைடு மற்றும் தனித்த நைட்ரஜனை உருவாக்கியது. வளிமண்டலத்தில் காணப்பட்ட தனித்த ஆல் காற்று சுவாச முறை பரிணாமம் ஏற்பட்டது. இச்சுவாச முறையால் உணவுப் பொருட்கள் ஆக்சிகரணம் அடைந்து அதிக அளவு ஆற்றல் உருவாகி இருக்கக் கூடும். இதனால் புரோகேரியோட் மற்றும் யூகேரியோட்டுகள் உருவாகின.

உயிரினத் தோற்றம் குறித்த சோதனை அணுகுமுறை:

- யூரே மற்றும் மில்லர் (1953) ஆகியோர் கரிம மூலக்கூறுகள் எவ்வாறு உருவாகியிருக்கக் கூடும் என்றும் அவற்றிலிருந்து உயிரினங்கள் எவ்வாறு தோன்றியிருக்கலாம் என்பதையும் புரிந்து கொள்ள வழி ஏற்படுத்திக் கொடுத்தனர். அவர்களின் சோதனையில் வாயுக்களின் கலவையானது. டங்ஸ்டனாலான மின்முனைகளிலிருந்து வெளியேறும் மின்னோட்டத்தின் வழியாகச் சுற்றி வருமாறு அமைக்கப்பட்டுள்ளது. சிறிய குடுவையில் உள்ள நீர் தொடர்ச்சியாக கொதிக்க வைக்கப்படுவதால் வெளியேறும் நீராவி பெரிய குடுவையில் உள்ள வாயுக்களின் கலவையில் (அம்மோனியா, மீத்தேன் மற்றும் நைட்ரஜன்) கலக்கிறது. நீராவி பின்பு குளிர்விக்கப்பட்டு நீராக மாறி 'U' வடிவக் குழாய் வழியே செல்கிறது. தொடர்ந்து ஒருவார காலம் இச்சோதனை மேற்கொள்ளப்பட்டு அதில் உள்ள திரவம் ஆய்வு செய்யப்பட்டது. இத்திரவத்தில் கிளைசின், அலனைன், பீட்டா அலனைன் மற்றும் அஸ்பார்டிக் அமிலம் போன்ற பொருட்கள் கண்டறியப்பட்டன. இவ்வாறு யூரே மற்றும் மில்லர் சோதனை, உயிரின்றி உயிர் தோன்றல் முறையில் அதிக அளவிலான பல்வகை கரிம மூலக்கூறுகள் இயற்கையில் எவ்வாறு உருவாகியிருக்கக் கூடும் என்பதை விளக்குகிறது. இவர்களது சோதனையில் மீத்தேன் வாயு மட்டுமே கார்பனுக்கான மூலமாக இருந்தது. பின்னர் மேற்கொள்ளப்பட்ட இது போன்ற சோதனைகளில் அனைத்து வகை அமினோ அமிலங்கள் மற்றும் நைட்ரஜன் காரங்கள் உருவாவது கண்டறியப்பட்டது.

உயிரியப் பரிணாமத்திற்கான சான்றுகள்:

தொல்லுயிரிய சான்றுகள்:

- தொல்லுயிரியல் என்பது புதைபடிவங்கள் மூலமாக வரலாற்றுக்கு முந்தைய உயிரினங்களை ஆய்வு செய்வது ஆகும். பரிணாமத்தின் உண்மையான சாட்சிகள் அல்லது பரிணாமத்தின் பல்வேறு புவியியல் அடுக்குகளுக்கான ஆவணங்களாக புதைபடிவங்கள் கருதப்படுகின்றன. பூமியின் படிவப் பாறைகளில் தாவரங்கள் அல்லது விலங்குகளின் எச்சங்கள் பாதுகாக்கப்படுதல் புதைபடிவமாக்கம் எனப்படும். இவற்றில் மூன்று முக்கிய வகைகள் உள்ளன.

1. எஞ்சிய உடல் பகுதிகள் (Actual Remains):

- விலங்குகளின் மிகக் கடினமான உடல் பகுதிகளான எலும்புகள், பற்கள் அல்லது ஓடுகள் ஆகியவை பூமியின் அடுக்குகளில் மாற்றமில்லாமல் அப்படியே பாதுகாக்கப்படுகின்றன. இது புதைபடிவமாக்கலில் அதிகம் காணப்படும் முறை

ஆகும். கடல் வாழ் விலங்குகள் இறந்தபின் அவற்றின் கடினமான பகுதிகளான எலும்புகள், ஓடுகள் போன்றவை படிவுகளால் மூடப்பட்டு மேலும் சேதமடையாமல் பாதுகாக்கப்படுகின்றன. கடல் நீரில் உள்ள உப்புத்தன்மையால் அவை கெடாமல் பாதுகாக்கப்படுகின்றன. படிவுகள் கடினமாகி அவ்விலங்கினப் பகுதியின் மேற்புறம் உறைபோல் அல்லது அடுக்குகளாகப் படிகிறது. எடுத்துக்காட்டாக 22 ஆயிரம் ஆண்டுகளுக்கு முன்பு வாழ்ந்த கம்பளி மாம்பூத் யானைகள் சைபீரியாவின் உறைந்த கடற்கரைப் பகுதியில் முழு உடலும் படிவமாக மாறி பாதுகாக்கப்பட்டிருந்தது.

- பொம்பெய் என்ற பழங்கால நகரத்தில், வெசுவியஸ் எரிமலை வெடித்த போது வெளியேற்றப்பட்ட எரிமலைச் சாம்பலில் சில மனிதர்கள் மற்றும் விலங்குகளின் உடல்கள் முழுமையாக பாதுகாக்கப்பட்டிருந்தன.

2. கல்லாதல் (Petrifaction):

- விலங்குகள் இறந்த பின்னர் அவற்றின் உண்மையான உடல் பகுதிகளின் மூலக்கூறுகள், தாது உப்புகளின் மூலக்கூறுகளால் பதிலீடு செய்யப்படுகின்றன. மேலும் அவற்றின் மூல உடல் பகுதிகள், சிறிது சிறிதாக அழிந்து விடுகின்றன. இம்முறையிலான புதைபடிவமாக்கல் முறை கல்லாதல் எனப்படும். இம்முறையிலான புதைபடிவமாக்கல் முறையில் இரும்பு பைரைட்டுகள், சிலிகா, கால்சியம் கார்பனேட் மற்றும் கால்சியம் மற்றும் மெக்னீசியத்தின் பைகார்பனேட்டுகள் போன்ற முக்கிய தாது உப்புக்கள் பெரும் பணியாற்றுகின்றன.

3. இயற்கையான அச்சுகளும் வார்ப்புகளும்:

- இறந்த விலங்குகளின் உடல்கள் படிப்படியாக சிதைந்த பின்பும், அவற்றின் உடல் மென்மையான சேறு போன்ற பகுதியில் அழியாத பதிவை உருவாக்குகின்றன. இப்பதிவு பின்பு கடினமாகி கல்லாக மாறுகிறது. இவ்வகைப் பதிவுகள் அச்சுகள் எனப்படும். இந்த அச்சுகளின் உட்புறம் உள்ள குழிகள் தாது உப்புகளால் நிரப்பப்பட்டு படிவமாக மாறுகின்றன. இவை வார்ப்புகள் எனப்படும். விலங்குகளின் கடினமாக்கப்பட்ட மலப்பொருட்கள், கோப்ரோலைட்டுகள் (Copro-lites) எனும் சிறு உருண்டைகளாக காணப்படுகின்றன. இந்த கோப்ரோலைட்டுகளை ஆய்வு செய்வதால் வரலாற்றுக்கு முந்தைய காலத்தில் வாழ்ந்த விலங்குகளின் உணவுப் பழக்கத்தினை அறிந்து கொள்ளலாம்.

ஒப்பீட்டு உள்ளமைப்பியல் சான்றுகள்:

- வெவ்வேறு உயிரினத் தொகுப்புகளின் அமைப்பில் காணப்படும் ஒற்றுமைகள் அவற்றுக்கிடையே உள்ள தொடர்பை சுட்டிக்காட்டுகின்றன. எடுத்துக்காட்டாக வெவ்வேறு முதுகெலும்பி விலங்குகளின் முன்னங்கால்கள் குறித்த ஒப்பீட்டு ஆய்வு அவற்றின் அமைப்பில் உள்ள ஒற்றுமையைக் குறிக்கிறது. இத்தகைய தொடர்பை, அமைப்பொத்த உறுப்புகள். செயலொத்த உறுப்புகள், எச்ச உறுப்புகள், இணைப்பு உயிரிகள் மற்றும் முதுமரபு உறுப்பு மீட்சி (Atavism) ஆகிய தலைப்புகளில் அறியலாம்.

அமைப்பொத்த உறுப்புகள் (Homologous Structures):

- முதுகெலும்பிகளின் முன்னங்கால்கள் மற்றும் பின்னங்கால்கள் குறித்த ஒப்பீட்டு உடற்கூறியல் ஆய்வுகள், அவையனைத்தும் ஒரே அடிப்படை வரைவியைக் கொண்டிருக்கிறது என்பதைக் காட்டுகிறது. வெவ்வேறு முதுகெலும்பிகளின் முன்னங்கால்களின் அடிப்படை அமைப்பில், ஒற்றுமைகள் காணப்படுகின்றன. அவையனைத்தும் மேற்கை எலும்பு, ஆர எலும்பு, அல்னா, மணிக்கட்டு எலும்புகள், உள்ளங்கை எலும்புகள் மற்றும் கைவிரல் எலும்புகள் போன்ற ஒரே விதமான எலும்புகளால் ஆக்கப்பட்டுள்ளன.
- உருவாக்கத்தில் ஒரே மாதிரியாக அமைந்து ஆனால் வெவ்வேறு செயல்களை செய்யக்கூடிய உறுப்புகள் அமைப்பொத்த உறுப்புகள் எனப்படும். இவை விரி பரிணாமத்தை (Divergent Evolution) ஏற்படுத்தக்கூடியவை.
- இதே போல் காகிதப் பூவில் (Bougainvillea) உள்ள முட்கள் மற்றும் சுரை (Curcubita) மற்றும் பட்டாணியில் (Pisum Sativum) காணப்படும் பற்றுக் கம்பிகள் அமைப்பொத்த உறுப்புகளாக உள்ளன. காகிதப் பூவில் உள்ள முட்கள் அவற்றை மேய்ச்சல் விலங்குகளிலிருந்து பாதுகாக்கின்றன. சுரை மற்றும் பட்டாணியில் (Pisum sativum) உள்ள பற்றுக் கம்பிகள் பற்றிப் படர உதவுகின்றன.

செயலொத்த உறுப்புகள் (Analogous Structures):

- அமைப்பு அடிப்படையில் வேறுபட்டிருந்தாலும் ஒரேவிதமான செயலைச் செய்யக் கூடிய உறுப்புகள், செயலொத்த உறுப்புகள் எனப்படும். எடுத்துக்காட்டாக பறவைகள் மற்றும் பூச்சிகளின் இறக்கைகள் வெவ்வேறு தோற்ற அமைப்பைப் பெற்றிருந்தாலும் அவை “பறத்தல்” என்ற ஒரே செயலைச் செய்கின்றன. இது குவி பரிணாமத்திற்கு (Convergent Evolution) வழிகோலுகிறது.
- பாலூட்டி மற்றும் ஆக்டோபஸ் ஆகியவற்றின் கண்கள் மற்றும் பெங்குவின் மற்றும் டால்பின்களில் காணப்படும் தசையாலான அகலத் துடுப்புகள் (Flippers) ஆகியவை செயலொத்த உறுப்புகளுக்குப் பிற எடுத்துக்காட்டுகள் ஆகும். சீனிக் கிழங்கில் வேர் மாற்றுரு மற்றும், உருளைக் கிழங்கின் தண்டின் மாற்றுரு ஆகியவை செலலொத்த உறுப்புகள் ஆகும். இரண்டு தாவரங்களிலும் இவை “உணவு சேமிப்பு” என்ற பொதுவான செயலை மேற்கொள்கின்றன.

எச்ச உறுப்புகள் (Vestigial Organs):

- ஒரு சில உறுப்புகளால் அவற்றைப் பெற்றுள்ள உயிரினங்களுக்கு எந்தப் பயனும் இல்லை. மேலும் உயிரிகளின் உயிர்வாழ்க்கைக்கும் அவை தேவையற்றவை. இவையே எச்ச உறுப்புகள் எனப்படும்.
- உயிரினங்களில், உறுப்புகளின் மீதங்களாகக் கருதப்படுகின்ற எச்ச உறுப்புகள் அவற்றின் மூதாதை உயிரினங்களில் நன்கு வளர்ச்சி பெற்றுச், செயல்படும் உறுப்புகளாக இருந்திருக்கக்கூடும். ஆனால் பயன்படுத்தப்படாத காரணத்தால்

பரிணாமத்தின் போக்கில் அவை மறைந்திருக்கலாம். எடுத்துக்காட்டாக மனிதனின் குடல்வால், பெருங்குடல் பிதுக்கத்தின் எஞ்சிய பகுதி ஆகும். இவை முயல் போன்ற தாவர உண்ணிகளில் செயல்படும் உறுப்புகளாக உள்ளன. இவற்றின் பெருங்குடல் பிதுக்கப்பகுதியில் செல்லுலோஸ் செரித்தல் நிகழ்ச்சி நடைபெறும். மனித உணவில் செல்லுலோஸின் தேவை குறைந்ததால் பெருங்குடல் பிதுக்கம் செயலிழந்து அளவில் குன்றி புழுப்போன்ற குடல்வால் என்னும் எச்ச உறுப்பாக மாறியது. வால் முள்ளெலும்பு, அறிவுப்பற்கள், காதில் உள்ள தசைகள், உடல் உரோமங்கள், ஆண்களில் மார்பகம் மற்றும் கண்களில் உள்ள நிக்டிடேடிங் சவ்வு போன்றவை மனிதனில் காணப்படும் பிற எச்ச உறுப்புகளாகும்.

இணைப்பு உயிரிகள் (Connecting Links):

- இரண்டு மாறுபட்ட தொகுப்பைச் சேர்ந்த உயிரினங்களின் பண்புகளையும் ஒருங்கே பெற்றுள்ள உயிரினங்கள் இணைப்பு உயிரிகள் எனப்படும். எ.கா. பெரிபேட்டஸ் (வளைத்தசைப் புழுக்கள் மற்றும் கணுக்காலிகள் தொகுதிகளை இணைக்கும் உயிரி). ஆர்க்கியோப்டெரிக்ஸ் (ஊர்வன மற்றும் பறவைகளை இணைக்கும் உயிரி).

முது மரபு உறுப்புகள் மீட்சி (Atavistic Organs):

- நன்கு பரிணாமம் பெற்ற உயிரினங்களில், திடீரென எச்ச உறுப்புகள் வெளித் தோன்றுவது முது மரபு உறுப்பு மீட்சி எனப்படும். எ.கா. மனிதனில் வளர்கருவில் வால் இருப்பது முது மரபு உறுப்பு மீட்சி ஆகும்.

கருவியல் சான்றுகள் (Embryological Evidences):

- கருவியல் என்பது கருமுட்டையிலிருந்து முழு உயிரினம் வளர்ச்சி அடைவதைப் படிக்கும் அறிவியல் பிரிவு ஆகும். வெவ்வேறு உயிரினங்களின் கரு வளர்ச்சியை கவனமாக ஆராயும் போது, அவற்றுக்கிடையே கருவளர்ச்சி நிலைகளிலும், வடிவங்களிலும் ஒற்றுமை இருப்பது உணரப்படுகிறது.
- அனைத்து முதுகெலும்பிகளிலும் இதயத்தின் கருவளர்ச்சி ஒரே முறையில் நடைபெறுகிறது. இவையனைத்திலும் ஓரிணைக் குழல் போன்ற அமைப்பு தோன்றி பின்னர் இவ்வமைப்பு மீன்களில் இரண்ட அறைகளையுடைய இதயமாகவும், இருவாழ்விகளிலும், பெரும்பாலான ஊர்வனவற்றிலும் மூன்று அறைகளை உடைய இதயமாகவும், முதலை, பறவைகள் மற்றும் பாலூட்டிகளில் நான்கு அறைகளை உடைய இதயமாகவும் வளர்ச்சி அடைகிறது. அனைத்து முதுகெலும்பிகளுக்கும் பொதுவான முதாதை உயிரினம் இருந்ததை இவ்வொற்றுமை காட்டுகிறது.
- இதனால், 19ம் நூற்றாண்டைச் சேர்ந்த அறிவியல் அறிஞர்கள், உயர்நிலை விலங்குகள் தமது கரு வளர்ச்சியின் போது கீழ்நிலை விலங்குகளின் (முதாதையர்கள்) கருவளர்ச்சி நிலைகளைக் கடப்பதாகக் கருதினர். எர்னஸ்ட் வான் ஹேக்கல் உயிர்வழித் தோற்ற விதி (உயிர் மரபியல் விதி) (Biogenetic Law) அல்லது தொகுத்துரைக் கோட்பாட்டை (Recapitulation Theory) உருவாக்கினார். இதன் படி ஒரு தனி உயிரினத்தின் வாழ்க்கை சுழற்சி (தனி

உயிரி வளர்ச்சி) (Ontogeny) அவ்வயிரியின் இனவரலாற்றைத் (Phylogeny) தொகுத்துரைக்கிறது. இதனை “ஒரு தனி உயிரியின் கரு வளர்ச்சி அதன் இன வரலாற்றை தொகுத்துரைக்கிறது” (Ontogeny Recapitulates Phylogeny) எனலாம். உயர்நிலை விலங்குகளின் கரு வளர்ச்சி நிலைகள், அதன் மூதாதை விலங்குகளின் முதிர் உயிரியைப் போல உள்ளன. மனித கருவளர்ச்சியின் போது தோன்றும் தொண்டை செவுள் பிளவுகள், கரு உணவுப் பை மற்றும் வால் ஆகியவற்றை இதற்கு எடுத்து காட்டுகளாகக் கூறலாம்.

- உயிர் மரபியல் விதி அனைத்து உயிரினங்களுக்கும் பொருந்துவதில்லை. விலங்குகளின் கருவளர்ச்சி நிலைகள் அதன் மூதாதையர்களின் முதிர் உயிர்களைப் போல இருப்பதில்லை என இப்போது நம்பப்படுகிறது. மனிதக் கரு வளர்ச்சியின் போது மூதாதை விலங்குகளின் கரு வளர்ச்சி நிலைகளை மட்டுமே காட்டுகின்றனவே தவிர அவை முதிர் உயிரியைப் போன்றிருப்பதில்லை.
- பல்வேறு உயிரினங்களின் கருக்களுக்கிடையேயான ஒப்பீட்டு ஆய்வு, அவற்றின் அமைப்பிலுள்ள ஒற்றுமையைக் காட்டுகின்றன. மீன், சலமான்டர், ஆமை, கோழி மற்றும் மனிதக் கருக்கள் ஒற்றைச் செல்லான கருமுட்டையில் துவங்கி பிளத்தல் முறையில் பல்கிப் பெருகி, கருக்கோளமாகி பின்பு மூவருக்கு கருக்கோளமாக மாற்றம் அடைகின்றன. மேற்கூறிய இப்பண்பு அனைத்து விலங்குகளும் பொதுவான மூதாதையிடமிருந்து தோன்றியிருப்பதையே காட்டுகிறது.

மூலக்கூறு சான்றுகள்:

- அடுத்தடுத்த தலைமுறைகளில் டி.என்.ஏ. மற்றும் ஆர்.என்.ஏ. போன்ற மூலக்கூறுகள் மற்றும் புரதங்களின் வரிசை அமைப்பில் ஏற்படும் மாற்றங்களையே மூலக்கூறு பரிணாமம் குறிக்கிறது. மூலக்கூறுகளின் அமைப்பில் ஏற்படும் மாற்றங்களை விளக்க பரிணாம உயிரியல் மற்றும் இனக்கூட்ட மரபியல் கோட்பாடுகள் பயன்படுகின்றன.
- உயிரினங்களின் வாழ்வியல் நிகழ்வுகளைக் கட்டுப்படுத்தும் புரதங்கள் மற்றும் பிற மூலக்கூறுகளை சிற்றினங்களிடையே பாதுகாக்க முடிவது மூலக்கூறு உயிரியல் பிரிவின் பயனுள்ள வளர்ச்சி ஆகும். பாதுகாக்கப்பட்ட இம்மூலக்கூறுகளில் (DNA, RNA மற்றும் புரதங்கள்) காலப்போக்கில் ஏற்படும் ஒரு சிறிய மாற்றம் “மூலக்கூறு கடிகாரம்” (Molecular Clock) என அழைக்கப்படுகிறது. பரிணாமம் குறித்த ஆய்வுகளில் பயன்படும் மூலக்கூறுகள் சைட்டோகுரோம் - சி (சுவாச வழிப்பாதை) மற்றும் ரைபோசோம் ஆர்.என்.ஏ. (புரதச் சேர்க்கை) ஆகியவை ஆகும்.

உயிரியல் பரிணாமக் கோட்பாடுகள் லாமார்க்கின் கோட்பாடு:

- ஜீன் பாப்டிஸ்ட் டி லாமார்க் என்பவர் தான் முதன் முதலாக பரிணாமக் கோட்பாட்டினை தனது புகழ்வாய்ந்த “விலங்கியல் தத்துவம்” (Philosophic Zoologique) (1809) என்ற நூலில் குறிப்பிட்டுள்ளார். லாமார்க் கோட்பாட்டின் இரண்டு முக்கியக் கொள்கைகள்.

1. பயன்படு மற்றும் பயன்படாக் கோட்பாடு:

- அடிக்கடிப் பயன்படுத்தப்படும் உறுப்புகள் அளவில் பெரிதாகின்றன. அதே வேளையில் பயன்படுத்தப்படாத உறுப்புகள் சிதைந்து அழிகின்றன. ஒட்டகச் சிவிங்கியின் கழுத்து, பயன்படு விதிக்கும் மற்றும் பாம்புகளில் கால்கள் இல்லாத தன்மை பயன்படா விதிக்கும் எடுத்துக்காட்டுகள் ஆகும்.

2. பெறப்பட்ட பண்புகள் மரபு கடத்தல் கோட்பாடு:

- ஒரு உயிரினத்தின் வாழ்நாளின் போது உருவாக்கப்படும் பண்புகள், பெறப்பட்ட பண்புகள் எனப்படும். இப்பண்புகள் அடுத்த தலைமுறைக்கு கடத்தப்படுகின்றன.

லாமார்க் கோட்பாட்டிற்கான எதிர் கருத்துகள்:

- ஆகஸ்ட் வீஸ்மான் என்பவர் லாமார்க்சின் பெற்றபண்புகள் கடத்தப்படுதல் கோட்பாட்டினைத் தவறென்று நிரூபித்தார். இவர், தனது சோதனையில் தொடர்ந்து இருபது தலைமுறைகளாக சுண்டெலிகளின் வாலினைத் துண்டித்து பின்னர் இனப்பெருக்கத்தில் ஈடுபடுத்தினார். முடிவில் அனைத்து சுண்டெலிகளும் முழுமையான வாலுடனே பிறந்தன. இதன் மூலம் உடல் செல்களில் ஏற்படும் மாற்றம் அடுத்த தலைமுறைக்குக் கடத்தப்படாது என்றும், இனப்பெருக்க செல்களில் ஏற்படும் மாற்றங்கள் மட்டுமே மரபுக்கடத்தலுக்கு உரியன என்றும் வீஸ்மான் நிரூபித்தார்.

புதிய – லாமார்க்கியம்:

- லாமார்க் கோட்பாட்டை ஆதரிக்கும் (புதிய லாமார்கியர்கள்) கோப், ஆஸ்பர்ன், பக்கார்ட் மற்றும் ஸ்பென்சர் போன்றோர். இக்கோட்பாட்டினை அறிவியல் அடிப்படையில் விளக்க முயன்றனர். அனைத்து உயிரினங்களும் சூழலுக்கேற்ப தங்களைத் தகவமைத்துக் கொள்ளும் என்பது பொதுவானது எனக் கருதினர். சுற்றுச்சூழலில் மாற்றங்கள் ஏற்படும்போது அதற்கேற்ப தங்களைத் தகவமைத்துக் கொள்வதற்காக புதிய பண்புகளை உயிரினங்கள் பெற்றுக் கொள்கின்றன. புறச் சூழலில் ஏற்படும் மாற்றம் அவற்றின் உடல் செல்களைத் தூண்டி சில “சுரப்புகளைச் சுரக்க வைக்கின்றன. இவை இரத்தத்தின் மூலமாக இனச் செல்களை அடைந்து அடுத்த சேய் உயிரினங்களில் மாற்றங்களை ஏற்படுத்துகின்றன.

டார்வினின் இயற்கைத் தேர்வு கோட்பாடு:

- சார்லஸ் டார்வின் தனது பரிணாமக் கோட்பாட்டை “இயற்கைத் தேர்வு வழி சிற்றினத் தோற்றம்” என்ற நூலில் விளக்கியுள்ளார். இவர் உலகின் பலபகுதிகளில் பயணம் மேற்கொண்டு, தாவரங்கள் மற்றும் விலங்குகளைக் குறித்து விரிவாக ஆய்வு செய்தார். அவர் உயிரினங்களுக்கிடையே பல்வேறு வகையான மாற்றம் குறிப்பிடத்தக்க ஒற்றுமைகள் காணப்படுவதையும், அவை சூழலுக்கேற்ப பொருத்தமான தகவமைப்புகளைப் பெற்றிருப்பதையும் கண்டறிந்தார். அவ்வாறு தகுதி பெற்ற உயிரினங்கள் தகுதிபெறாத உயிரினங்களைவிட நன்கு வாழும் என்றும், அவை அதிக வாரிசு உயிரிகளை உருவாக்கும் என்றும், இதற்கு இயற்கை தெரிந்தெடுத்தல் ஒரு காரணம் என்றும் நிரூபித்தார்.

- டார்வின் கோட்பாடு, பல்வேறு உண்மைகள், கருத்துக்கள் மற்றும் தாக்கங்களை அடிப்படையாகக் கொண்டதாகும். அவையாவன,

1. மிகை இனப்பெருக்கம் (அல்லது) அளவற்ற பிறப்பித்தல் திறன்

- அனைத்து உயிரினங்களும் தன் இனக்கூட்டத்தை அதிக எண்ணிக்கையில் பெருக்கமடையச் செய்கின்றன. எடுத்துக்காட்டாக, சால்மன் மீன்கள் இனப்பெருக்க காலத்தில் சுமார் 28 மில்லியன் முட்டைகளை இடுகின்றன. அவற்றின் அனைத்து முட்டைகளும் பெரித்தால் சில தலைமுறைகளிலேயே கடல் முழுதும் சால்மான் மீன் நிறைந்து காணப்படும். மிகக்குறைவான இனப்பெருக்கத்திறன் உடைய யானை, தனது வாழ்நாளில் 6 குட்டிகளை மட்டுமே ஈனும். தடையேதும் ஏற்படாத நிலையில் ஏறத்தாழ 750 ஆண்டுகளில் 6 மில்லியன் வாரிசுகளை யானை உருவாக்கியிருக்கும்.

2. வாழ்க்கைப் போராட்டம்:

- உயிரினங்கள், உணவு, இருப்பிடம் மற்றும் இனப்பெருக்கத் துணைக்காகப் போராடுகின்றன. இவை கட்டுப்படுத்தும் காரணிகளாக மாறும் நிலையில் இனக்கூட்ட உறுப்பினர்களுக்கிடையே போட்டி ஏற்படுகிறது. டார்வின் இப்போராட்டங்களை மூன்று வழிகளில் விளக்குகிறார்.
- சிற்றினங்களுக்குள்ளான போராட்டம் - ஒரே சிற்றினத்தைச் சேர்ந்த உயிரினங்களுக்கிடையே உணவு, இருப்பிடம் மற்றும் இனப்பெருக்கத் துணைக்காக ஏற்படும் போராட்டம்.
- சிற்றினங்களுக்கிடையேயான போராட்டம் - வெவ்வேறு சிற்றினங்களுக்கிடையே உணவு மற்றும் இருப்பிடத்திற்கான போராட்டம்.
- கூற்றுச்சூழலுடன் போராட்டம் - காலநிலை வேறுபாடு, வெள்ளம், நிலநடுக்கம், வறட்சி மற்றும் பல சூழல் காரணிகளுடன் இணக்கமாவதற்கான போராட்டம்
- எந்த இரண்டு உயிரினங்களும் ஒன்று போல் இருப்பதில்லை. உருவமொத்த இரட்டையர்களிடையே கூட வேறுபாடுகள் காணப்படும். ஒரே பெற்றோருக்குப் பிறக்கும் குழந்தைகள் கூட நிறம், உயரம், பழக்க வழக்கங்கள் போன்ற பண்புகளால் வேறுபட்டுள்ளனர். விலங்குகளில் தோன்றும் பயனுள்ள மாறுபாடுகள், அவற்றை அவதிகளிலிருந்து மீட்க உதவுகின்றன. இப்பண்புகள் அடுத்த தலைமுறைக்குக் கடத்தப்படுகின்றன.

இயற்கைத் தேர்வு வழி சிற்றினத் தோற்றம்:

- டார்வின் இனக் கூற்றுப்படி இயற்கையே மிகச் சிறந்த தேர்ந்தெடுக்கும் சக்தி ஆகும். சிறிய தனிமைப்படுத்தப்பட்ட குழு உயிரினங்களில், இயற்கைத் தேர்வு காரணமாக புதிய சிற்றினம் தோன்றுவதை டார்வின் ஒப்பிடுகிறார். வாழ்வதற்கான போராட்டமே, தகுதி வாய்ந்த உயிரினங்கள் தப்பிப் பிழைப்பதற்கான காரணம் என்று அவர் கருதினார். அவ்வகை உயிரினங்கள் மாறுபட்ட சூழ்நிலைக் கேற்ப வாழ தன்மைத் தகவமைத்துக் கொள்கின்றன.

டார்வினியத்திற்கான எதிர்கருத்துக்கள்:

- டார்வினியக் கோட்பாட்டிற்கு எதிராக எழுந்த சில எதிர்கருத்துக்கள்:
- மாறுபாடுகள் தோன்றும் முறை குறிந்து டார்வின் சரியாக விளக்கவில்லை.
- தகுதியுடைய பிழைத்தல் என்பதை மட்டும் டார்வினியம் விளக்குகிறது. ஆனால் விலங்குகள் அத்தகுதியை எவ்வாறு பெறுகின்றன என்பதை விளக்கவில்லை.
- பெரும்பாலும் அடுத்த தலைமுறைக்குக் கடத்தப்படாத சிறு மாறுபாடுகளை மட்டுமே டார்வின் கவனத்தில் கொண்டார்.
- உடல் செல் மற்றும் இனப்பெருக்க செல்களில் ஏற்படும் மாற்றங்களை அவர் வேறுபடுத்தவில்லை.
- எச்ச உறுப்புகள், அழிந்துவிட்டன மாம்முத் யானைகளின் நீளமான தந்தங்கள் மற்றும் அயர்லாந்து மான்களின் நீளமான கொம்புகள் போன்ற அளவுக்கதிமாக சிறப்புப் பெற்றிருத்தல் குறித்து டார்வின் விளக்க முற்படவில்லை.

புதிய டார்வினியம்:

- இயற்கைத் தேர்வு வழியாக பரிணாமம் நடைபெறுகிறது என்னும் டார்வினிய கோட்பாட்டிற்கான புதிய விளக்கங்களே புதிய டார்வினியம் எனப்படும். ஏனெனில், டார்வினியக் கோட்பாடு அது தோன்றிய காலத்திலிருந்து பல்வேறு மாற்றங்களைச் சந்தித்தது. பரிணாமம் குறித்த புதிய உண்மைகள் மற்றும் அறிவியல் கண்டுபிடிப்புகள் ஆகியவற்றின் அடிப்படையில் டார்வினியம் பல்வேறு மாற்றங்களைப் பெற்றது. மேலும் வால்ஸ், ஹென்ரிச், ஹேக்கல், வீஸ்மேன் மற்றும் மென்டல் ஆகியோர் இக்கோட்பாட்டினை ஆதரித்தனர். திடீர் மாற்றம், மாறுபாடுகள், தனிமைப்படுத்தல் மற்றும் இயற்கைத் தேர்வு காரணமாக ஒரு இனக் கூட்டத்தின் மரபணு நிகழ்வெண்களில் ஏற்படும் மாறுபாடுகளை இக்கோட்பாடு வலியுறுத்துகிறது.

திடீர் மாற்றக் கோட்பாடு:

- திடீர் மாற்றக் கோட்பாட்டை முன் வைத்தவர் ஹிகோ டி விரிஸ் ஆவார். திடீர் மாற்றம் என்பது உயிரினங்களில் ஏற்படும் உடனடியான சீரற்ற மற்றும் மரபுகடத்தலில் பங்கேற்காத மாற்றங்கள் ஆகும். ஹிகோ டி விரிஸ், அந்தி மந்தாரை (ஈனோதீரா லாமார்க்கியானா) தாவரத்தில் ஆய்வு மேற்கொண்டு, அதில் திடீர் மாற்றம் காரணமாக ஏற்பட்ட மாறுபாடுகளைக் கண்டறிந்தார்.
- பெரிய மற்றும் உடனடியாக ஏற்படும் மாறுபாடுகள் மட்டுமே புதிய சிற்றினம் தோன்றுவதற்குக் காரணம் என்பது டி விரிஸ் கருத்தாகும். ஆனால் லாமார்க் மற்றும் டார்வின் ஆகியோர் உயிரினங்களில் ஏற்படும் படிப்படியான மாறுபாடுகள் அனைத்தும் ஒன்று சேர்ந்து புதிய சிற்றினம் உருவாகக் காரணமாகிற்று என்று நம்பினர்.

திடர் மாற்றக் கோட்பாட்டின் சிறப்புப் பண்புகள்:

- திடர் மாற்றம் அல்லது தொடர்ச்சியற்ற மாறுபாடுகள் அடுத்த தலைமுறைக்குக் கடத்தப்படும் தன்மை கொண்டது.
- இயற்கையாக இனப்பெருக்கம் செய்யும் இனக்கூட்டத்தில் அவ்வப்போது திடர் மாற்றங்கள் ஏற்படும்.
- திடர் மாற்றம் முழுமையான நிகழ்வு ஆதலால் இடைப்பட்ட உயிரினங்கள் காணப்படாது.
- திடர் மாற்றம் இயற்கைத் தேர்வுக்கு உட்பட்டது ஆகும்.

நவீன உருவாக்கக் கோட்பாடு (Modern Synthetic Theory):

- சீவால் ரைட், ஃபிஷ்ஷர், மேயர், ஹக்ஸ்லே போப்சான்சுகி, சிம்ஸ்சன் மற்றும் ஹேக்கல் போன்றோர் டார்வினுக்குப் பந்தைய கண்டுபிடிப்புகளின் அடிப்படையில் இயற்கைத் தேர்வுக் கோட்பாட்டை விளக்கினர். இக்கோட்பாட்டின்படி மரபணு திடர்மாற்றம், குரோமோசோம் பிறழ்ச்சி, மரபணு மறுசேர்க்கை, இயற்கைத் தேர்வு மற்றும் இனப்பெருக்க ரீதியாக தனிமைப்படுத்துதல் ஆகிய ஐந்து அடிப்படை காரணிகள் கரிமப் பரிணாம நிகழ்வுக்குக் காரணமாகின்றன.
1. **மரபணு திடர் மாற்றம்** என்பது மரபணுக்களின் அமைப்பில் ஏற்படும் மாற்றங்கள் ஆகும். இது மரபணு திடர் மாற்றம் / புள்ளி திடர் மாற்றம் என்றும் அழைக்கப்படும். இது உயிரினங்களின் புறத் தோற்றங்களை மாற்றியமைத்து அவற்றின் சேய் உயிரிகளில் மாறுபாடுகளை உருவாக்குகிறது.
 2. **குரோமோசோம் பிறழ்ச்சி** என்பது நீக்கம், சேர்த்தல், இரட்டிப்பாக்கம், தலைகீழாக்கம் மற்றும் இடமாற்றம் காரணமாக குரோமோசோம் அமைப்பில் ஏற்படும் மாற்றங்கள் ஆகும். இவையும் உயிரினங்களின் புறத் தோற்றங்களை மாற்றியமைத்து அவற்றின் சேய் உயிரிகளில் மாறுபாடுகளை உருவாக்குகின்றன.
 3. **மரபணு மறுசேர்க்கை** என்பது குன்றல் பிரிதலின் போது ஏற்படும் குறுக்கெதிர் மாற்றத்தால் நிகழ்கிறது. இவை ஒரு சிற்றினத்தைச் சேர்ந்த உயிரினங்களில் மரபணு மாற்றங்களை உருவாக்குகின்றன. இம்மாற்றங்கள் அடுத்த தலைமுறைக்கு கடத்தப்படும்.
 4. **இயற்கைத் தேர்வு** எந்த வித மரபணு மாறுபாடுகளையும் தோற்றுவிப்பதில்லை. ஆனால் தேர்வு சக்தி சில மரபணு மாற்றங்களை மட்டுமே உயிரினங்களில் அனுமதிக்கிறது. மற்றவை நிராகரிக்கப்படுகின்றன. (பரிணாமத்திற்கான உந்து சக்தி).

5. இனப்பெருக்க ரீதியாக தனிமைப்படுத்துதல் முறைகள் தொடர்புடைய உயிரினங்களுக்கிடையே இனப்பெருக்கம் நடைபெறுவதைத் தடுக்கிறது. மனித இனத்தால் உருவாகும் பரிணாமம்:

இயற்கைத் தேர்வு (தொழிற்சாலை மெலானினாக்கம்):

- இயற்கைத் தேர்வு நடைபெறுவதை “தொழிற்சாலை மெலானின் ஆக்கம்” மூலம் தெளிவாக விளக்க முடியும். கரும்புள்ளி அந்திப்பூச்சி (பிஸ்டன் பெட்டுலேரியா) யில் காணப்படும் தொழிற்சாலை மெலானின் ஆக்கம் இயற்கைத் தேர்வுக்கான மிகச் சிறந்த எடுத்துக்காட்டாகும். இவை, வெள்ளை மற்றும் கருப்பு ஆகிய இரண்டு நிறங்களில் காணப்பட்டன.
- இங்கிலாந்தில் தொழில் மயமாக்கலுக்கு முன்பு வெள்ளை மற்றும் கருப்புநிற அந்திப்பூச்சிகள் இரண்டுமே பரவலாகக் காணப்பட்டன. தொழில்மயமாக்கலுக்கு முன்பு கட்டிடங்களின் வெள்ளை நிற சுவரின் பின்புலத்தில் வெள்ளை நிற அந்திப்பூச்சிகள் கொண்டு எண்ணிகளிடமிருந்து எளிதில் தப்பித்தன. தொழில்மயமாக்கலுக்குப் பின் மரங்களின் தண்டுப் பகுதிகள் தொழிற்சாலைகளிலிருந்து வெளியேறும் புகை மற்றும் கரியால், கரிய நிறமாக மாறின. கருப்பு நிற அந்திப் பூச்சிகள் இந்தக் கரிய மரத் தண்டுகளில் உருவமறைப்புப் (Camouflage) பெற்றன. ஆனால் வெள்ளை நிறப்பூச்சிகள் கொண்டு எண்ணிகளால் எளிதில் அடையாளம் காணப்பட்டன. அதனால் கரிய நிறமுடைய அந்திப்பூச்சிகள், இயற்கையால் தேர்வு செய்யப்பட்டு அவற்றின் எண்ணிக்கை வெள்ளை நிற அந்திப்பூச்சிகளை விட உயர்ந்தது. இயற்கை, கருப்பு நிற அந்திப்பூச்சிக்கு நேர்மறை தேர்வு அழுத்தத்தை வழங்கியது. ஒரு இனக்கூட்டத்தில் தகுந்த தகவமைப்புப் பெற்ற உயிரினங்கள் இயற்கைத் தேர்வு காரணமாக அதிகமான வாரிசுகளை உருவாக்குவதால் அவற்றின் எண்ணிக்கை உயரும் என்பதையே மேற்கண்ட எடுத்துக்காட்டு உணர்த்துகிறது.
- செயற்கைத் தேர்வு என்பது காடுகள், கடல்கள் மற்றும் மீன் வளங்களை மனிதன் மிகையாகப் பயன்படுத்துவது, தீங்குயிர்க் கொல்லிகள், களைக் கொல்லிகள் மற்றும் மருந்துகளைப் பயன்படுத்துவது ஆகிய நிகழ்வுகளின் பக்க விளைவாகும். நூற்றுக் கணக்கான ஆண்டுகளாக மனிதன் வெவ்வேறு வகையான நாய்களைத் தேர்வு செய்துள்ளான். இவை அனைத்தும் ஒரே சிற்றின நாய்களின் வேறுபட்ட மாற்றுருக்கள் ஆகும். மனிதன் புதிய இனங்களைக் குறுகிய காலத்தில் உருவாக்குவது போல, தாராளமான வளங்கள் மற்றும் அதிக கால அளவு ஆகியவற்றைக் கொண்டு, இயற்கை தேர்வின் மூலம் புதிய சிற்றினத்தை எளிதாக உருவாக்க முடியும்.

தகவமைப்புப் பரவல் (Adaptive Radiation):

- ஒரு மூதாதை இனத்திலிருந்து புதிய சிற்றினங்கள், புதிய வாழிடங்களில் வாழ்வதற்கேற்ற தகவமைப்புகளுடன் தோன்றும் பாணாமநிகழ்வு தகவமைப்புப் பரவல் எனப்படும். தகவமைப்புப் பரவலை நெருங்கிய தொடர்புடைய உயிரினங்களில், மிகக் குறுகிய கால இடைவெளிகளில் எளிதில் நிரூபிக்கலாம். டார்வினின் குருவிகள் மற்றும் ஆஸ்திரேலியாவைச் சேர்ந்த பைப்பாலூட்டிகள் ஆகியவை தகவமைப்புப் பரவலுக்குச் சிறந்த எடுத்துக்காட்டுகள் ஆகும். ஒரு தனிமைப்படுத்தப்பட்ட புவியியல் பரப்பில், அமைப்பு மற்றும் செயலில்

ஒத்திருக்கும் ஒன்றுக்கும் மேற்பட்ட தகவமைப்புப் பரவல் தோன்றுவதற்குக் காரணம் “குவி பரிணாமம்” ஆகும்.

டார்வினின் குருவிகள்:

- இப்பறவைகளின் மூதாதையர் 2 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பு காலபாகஸ் பகுதிக்கு வந்து சேர்ந்தவை. டார்வின் ஆய்வு மேற்கொண்ட போது, உடல் அளவு, அலகின் வடிவம் மற்றும் உணவுப்பழக்கம் ஆகிய பண்புகளால் வேறுபட்ட 14 சிற்றினங்களாகப் பரிணமித்திருந்தன. அவற்றின் உடல் அளவு மற்றும் அலகின் வடிவம் ஆகியவற்றில் எற்பட்ட மாறுபாடுகளால் அவை வெவ்வேறு வகை உணவுகளான பூச்சிகள், விதைகள், கள்ளித் தாவரத்தின் மகரந்தத் தேன் உடும்பின் இரத்தம் ஆகியவற்றை உண்ண முடிகிறது. இப்பண்புகளை இயற்கைத் தேர்வு, வழி நடத்துகிறது. டார்வின் கண்டறிந்த பல்வேறு வகை குருவிகளைப் காணலாம்.
- டார்வினின் குருவிகளில் உள்ள டி.என்.ஏ.க்களில் காணப்படும் ALX1 மரபணுக்களில் ஏற்பட்ட சிறிய திடீர்மாற்றம் டார்வினிய குருவிகளின் அலகு அமைப்பின் புறப் பண்புகளில் மாற்றங்களை ஏற்படுத்துகின்றது.
- ஆஸ்திரேலியாவில் உள்ள பைப்பாலூட்டிகள் மற்றும் வட அமெரிக்காவில் உள்ள நஞ்சுக்கொடி பாலூட்டிகள் ஆகிய இரண்டு துணை வகுப்பைச் சேர்ந்த பாலூட்டிகளும் உணவு வளம், இடப்பெயர்ச்சித் திறன் மற்றும் கால நிலை ஆகியவற்றுக்கான தகவமைப்புகளை மேற்கொண்ட முறைப்படியே பெற்றுள்ளன. இவை இரண்டும் பொது மூதாதையரிடமிருந்து 100 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன் தனியாகப் பிரிந்தன. பின்னர் இவை ஒவ்வொன்றும் தனித்தனி மரபுக் கால்களாக தன்னியல்பாகப் பரிணமித்தன.
- ஆஸ்திரேலிய பைப்பாலூட்டிகள் மற்றும் வட அமெரிக்க நஞ்சுக் கொடி பாலூட்டிகளும், காலத்தாலும், புவிப்பரவலாலும் வேறுபட்டு இருந்தாலும் அவை ஒரே வாழிடத்தில் வாழும் வாழ்க்கை முறைகளைக் கொண்ட பல சிற்றினங்களை உருவாக்கியுள்ளன. இவற்றின் வடிவம், இடப்பெயர்ச்சி முறை, உணவூட்டம் மற்றும் உணவு தேடும் முறையில் உள்ள ஒற்றுமை, அவற்றின் வேறுபட்ட இனப்பெருக்க முறைகளை அடிப்படையாகக் கொண்டது. இப்பண்புகள் அவற்றின் தெளிவான பரிணாமத் தொடர்புகளை விளக்குகின்றன.
- ஆஸ்திரேலியாவில் 200க்கும் மேற்பட்ட பைப்பாலூட்டிகளும், ஒரு சில சிற்றினங்களைச் சேர்ந்த நஞ்சுக் கொடி பாலூட்டிகளும் வாழ்கின்றன. இப்பையுடைய பாலூட்டிகள், வட அமெரிக்காவில் பரவியுள்ள நஞ்சுக் கொடி பாலூட்டிகள் போலவே தகவமைப்பு பரவல் மூலம் ஆஸ்திரேலியாவின் வெவ்வேறு வாழிடங்களில் பரவலாக வாழ்கின்றன.

பரிணாமம் நடைபெறும் முறை:

- நுண்பரிணாமம் (சிறு அளவில் நடைபெறும் பரிணாமம்) என்பது ஒரு இனக்கூட்டத்தில் அல்லீல் நிகழ்வெண்களில் ஏற்படும் மாற்றங்களைக் குறிக்கிறது. இயற்கைத் தேர்வு, மரபியல் நகர்வு, திடீர் மாற்றம் மற்றும் மரபணு ஓட்டம் ஆகிய நான்கு அடிப்படைக் காரணிகளால், இனக்கூட்டத்தின் அல்லீல் நிகழ்வெண்கள் மாற்றமடைகின்றன.

இயற்கைத் தேர்வு:

- ஒரு குறிப்பிட்ட சூழ்நிலையில் ஒரு அல்லீல் (அல்லது வேறுபாடைய அல்லீல்களின் சேர்க்கை) ஒரு உயிரினத்தை வாழவும், இனப்பெருக்கம் செய்யவும் தகுதிப்படுத்தும்போது, இயற்கைத் தேர்வு நடைபெறுகிறது. அந்த அல்லீல் தகுதியைக் குறைக்கும்போது அதன் நிகழ்வெண் அடுத்தடுத்த தலைமுறைகளில் குறைகிறது.
- ஒரு குறிப்பிட்ட மரபணுவின் பரிணாமப் பாதை என்பது, பல்வேறு பரிணாம செயல்முறைகள் ஒரே நேரத்தில் செயல்படுவதன் விளைவாகும். எடுத்துக்காட்டாக ஒரு மரபணுவின் அல்லீல் நிகழ்வெண், மரபணு ஒட்டம் மற்றும் மரபியல் நகர்வு ஆகிய இரண்டு காரணிகளால் மாற்றப்படலாம். அதே நேரத்தில் மற்றொரு மரபணு திடீர் மாற்றத்தினால், இயற்கைத் தேர்வு ஏற்கத்தக்க புதிய அல்லீலை உருவாக்கலாம்.

தேர்வு முறைகள்: மூன்று வகையான இயற்கைத் தேர்வு முறைகள் காணப்படுகின்றன.

1. நிலைப்படுத்துதல் தேர்வு (மைய நோக்குத் தேர்வு) (Centripetal Selection):

- இவ்வகைத் தேர்வு முறை நிலையான சுற்றுச்சூழல் இருக்கும்போது செயல்படுகிறது. இம்முறையில் சராசரி புறத்தோற்றப் பண்புகள் உடைய உயிரினங்கள் தப்பிப் பிழைக்கும். ஆனால் இரு பக்கங்களிலும் உள்ள சூழலுக்கு ஒவ்வாத மிகை பண்பு உயிரினங்கள். உயிரினத் தொகையிலிருந்து நீக்கப்படும். இங்கு புதிய சிற்றினமாக்கல் நிகழாது. ஆனால் இனக்கூட்டத்திற்குள், புறத்தோற்றப் பண்புகளில் உள்ள நிலைத்தன்மை அடுத்தடுத்த தலைமுறைகளிலும் மாறாமல் பேணப்படும். எடுத்துக்காட்டாக, புயலின் போது தப்பி வாழ்ந்த சிட்டுக்குருவிகள் எண்ணிக்கை சராசரி அளவை ஒட்டி இருக்கும். புயலுக்குத் தாக்குப்பிடிக்க இயலாத சிட்டுக்குருவிகளின் எண்ணிக்கை மாறுபாடுகளின் விளிம்புகளில் சேகரமாகிவிடுகிறது. இப்போக்கு நிலைப்படுத்துதல் தேர்வினைக் குறிக்கும்.

இலக்கு நோக்கிய தேர்வு முறை (Directional Selection):

- படிப்படியாக மாற்றம் பெறும் சுற்றுச்சூழல், இலக்கு நோக்கிய தேர்வு முறைக்கு உட்படுத்தப்படுகிறது இவ்வகையான தேர்வு முறையில், புறத்தோற்றப் பண்புகள் பரவலின் ஒரு முனையிலிருந்து மறுமுனையை நோக்கி படிப்படியாக உயிரினங்கள் நீக்கப்படுகின்றன. இதற்கு எடுத்துக்காட்டாக, ஆண் மற்றும் பெண் சிட்டுக் குருவிகளின் உடல் அளவில் உள்ள வேறுபாடுகளைக் கூறலாம். ஆண் மற்றும் பெண் சிட்டுக் குருவிகள் புறத்தோற்றத்தில் ஒன்றுபோலத் தோன்றினாலும், அவற்றின் உடல் எடை வேறுபாடுகளைக் காணப்படும். பெண் குருவிகள் அதன் உடல் எடையோடு தொடர்புடைய இலக்கு நோக்கிய தேர்வு முறையை வெளிக்காட்டுகிறது.

உடைத்தல் முறைத் தேர்வு மைய விலக்குத் தேர்வு (Centrifugal Selection):

- ஒரே விதமான சுற்றுச் சூழல், நிலைமாற்றம் பெற்று, பல்வகை சுற்றுச்சூழல் நிலைகளைக் கொண்டதாக மாறும்போது இவ்வகைத் தேர்வுமுறை செயல்படுகிறது இம்முறையில் இருமுனைகளிலும் காணப்படும் புறத்தோற்றப் பண்புகளை உடைய உயிரினங்கள் தேர்வு செய்யப்படுகின்றன. ஆனால் சராசரி புறத்தோற்றப் பண்புகளை உடைய உயிரினங்கள் இனக்கூட்டத்திலிருந்து நீக்கப்படுகின்றன. இதனால் இனக்கூட்டம் துணை இனக்கூட்டங்கள் அல்லது துணை சிற்றினங்களாகப் பிரிகின்றன. இந்த அரிதான வகைத் தேர்வு முறையில் இரண்டு அல்லது இரண்டுக்கும் மேற்பட்ட மாறுபட்ட சிற்றினங்கள் தோன்றுகின்றன. இது தகவமைப்புப்பரவல் (Adaptive Radiation) என்றும் அழைக்கப்படும். எடுத்துக்காட்டு: காலபாகஸ் தீவுகளில் வாழும் டார்வினின் குருவிகளில், உணவாகப் பயன்படும் விதையின் அளவுக்கேற்ப அவற்றின் அலகுகளின் நீளம் மாறுபடுகிறது.
- குழுத் தேர்வு மற்றும் பாலினத் தேர்வு ஆகியவை பிற தேர்வு முறைகள் ஆகும். பொது நலன் (Altruism) மற்றும் உறவுமுறைத் தேர்வு (Kin selection) ஆகியவை குழுத் தேர்வு முறையின் இரு முக்கிய வகைகளாகும்.

மரபணு ஓட்டம்

- இனச்செல்கள் வழியாக மரபணுக்கள் இடம்பெயர்தல் அல்லது ஒரு இனக்கூட்டத்தில் தனிப்பட்ட உயிரினங்களின் உள்ளேற்றம் (உட்பரவல்) அல்லது வெளியேற்றம் (வெளிப்பரவல்) ஆகியவை மரபணு ஓட்டம் எனப்படும். இனக்கூட்டத்தினுள் நுழையும் உயிரினங்கள் மற்றும் இனச்செல்கள் புதிய அல்லீல்களைக் கொண்டிருக்கலாம் அல்லது இனக்கூட்டத்தில் இருக்கும் அல்லீல்களின் விகிதத்தை விட மாறுபட்ட விகிதங்களில் ஏற்கனவே உள்ள அல்லீல்களே கொண்டு வரப்படலாம். பரிணாமம் நிகழ்வதற்கான வலிமையான காரணியாக மரபணு ஓட்டம் திகழ்கிறது.

மரபியல் நகர்வு / சீவால் ரைட் விளைவு (Genetic Drift / Sewall Wright Effect):

- வாய்ப்புகள் காரணமாக (மாதிரி சேகரித்தலில் பிழை), அடுத்தடுத்த தலைமுறைகளில் ஒரு இனக்கூட்டத்தின் அல்லீல் நிகழ்வெண்களில் மாற்றத்தை ஏற்படுத்தும் பரிணாம நிகழ்வே மரபியல் நகர்வு ஆகும். மரபியல் நகர்வு இனக்கூட்டத்தின் அனைத்து அளவுகளிலும் நடைபெறும். ஆனால் இதன் விளைவுகள் சிறிய இனக்கூட்டத்தில் வலிமை உடையதாக இருக்கும் இதன் விளைவாக சில அல்லீல்கள் இழக்கப்படலாம். (நன்மை தரும் அல்லீல்கள் உட்பட) அல்லது சில அல்லீல்கள் நிலைநிறுத்தப்படலாம். இயற்கை இடர்பாடு காரணமாக இனக்கூட்டத்தின் அளவு குறைந்திருந்தாலும் (சீசாகழுத்து விளைவு) அல்லது மூல இனக்கூட்டத்திலிருந்து ஒரு சிறுபகுதி பிரிந்து சென்று புதிய கூட்டத்தை உருவாக்கினாலும் (நிறுவனர் விளைவு) மரபியல் நகர்வின் விளைவு அதிகமாக இருக்கும்.

திடீர் மாற்றம்:

- திடீர் மாற்றம், மரபியல் மாறுபாடுகள் தோன்றுவதற்கான மூலகாரணமாக இருந்தாலும், பெரும்பாலான உயிரினங்களில் திடீர் மாற்ற வீதம் குறைவாகவே இருக்கும். எனவே ஒரு அல்லீல் நிகழ்வெண்ணில் ஏற்படும் புதிய திடீர் மாற்றம் அடுத்தடுத்த தலைமுறைகளில் பெரிய அளவில் இருக்காது.

ஹார்டி வீன்பெர்க் கொள்கை (Hardy - Weinderg Principle):

- திறந்த வெளிகளில் உள்ள புல்வகைகள், காடுகளில் காணப்படும் ஓநாய்கள், மனித உடலில் காணப்படும் பாக்டீரியாக்கள் போன்ற அனைத்து இனக்கூட்டங்களும் இயற்கையாக பரிணாமம் அடைபவையே. அனைத்து இனக்கூட்டங்களிலும் சில மரபணுக்களாவது பரிணாமத்திற்கு உள்ளாகின்றன. பரிணாமம் என்றால் உயிரினங்கள் நிறைவை நோக்கி நகர்கின்றன. என்று பொருளல்ல. மாறாக இனக் கூட்டங்கள் அதன் மரபியல் கட்டமைப்பை அடுத்தடுத்த தலைமுறைகளில் மாற்றியமைத்துக் கொள்ளுகின்றன என்பதாகும். எடுத்துக்காட்டாக ஓநாய் இனக்கூட்டத்தில், சாம்பல் நிற உரோமத்திற்கான மரபணு நிகழ்வெண் மாற்றம் பெற்று கருப்பு நிற உரோமத்தை உருவாக்கும். சில நேரங்களில் இதுபோன்ற மாற்றங்கள் இயற்கைத் தேர்வு அல்லது வலசைபோதல் அல்லது சில சீரற்ற நிகழ்வுகள் காரணமாக ஏற்படலாம்.
- ஒரு இனக்கூட்டத்தில் பரிணாமம் நிகழாமல் இருப்பதற்கான நிலைகளை ஆராயலாம். இங்கிலாந்தைச் சேர்ந்த ஹார்டி மற்றும் ஜெர்மனியைச் சேர்ந்த வீன்பெர்க் ஆகியோர் ஒரு இனக்கூட்டத்தில் மரபணு ஓட்டம், மரபியல் நகர்வு, திடீர் மாற்றம், மரபணு மறுசேர்க்கை மற்றும் இயற்கைத் தேர்வு ஆகிய காரணிகள் இல்லாத நிலையில் அல்லீல்களின் நிகழ்வெண் அடுத்தடுத்த தலைமுறைகளிலும் மாறாமல் இருக்கும் எனக்கூறினர். ஒரு இனக்கூட்டம் ஹார்டி வீன்பெர்க் சமநிலையில் இருக்கும்போது அல்லீல்களின் நிகழ்வெண் மற்றும் மரபு வகை (Genotype) அல்லது அல்லீல்களின் தொகுப்பு ஆகியவை அடுத்தடுத்த தலைமுறைகளிலும் மாறாமல் நிலையானதாக இருக்கும். பரிணாமம் என்பது ஒரு இனக்கூட்டத்தின் அல்லீல் நிகழ்வெண்களில் கால ஓட்டத்தில் ஏற்படும் மாற்றங்கள் ஆகும். எனவே ஹார்டி வீன்பெர்க் சமநிலையைக் கொண்டிருக்கும் இனக்கூட்டத்தில் பரிணாமம் நிகழாது.
- வண்டுகளின் மிகப்பெரிய இனக்கூட்டத்தை எடுத்துக்கொண்டால் கருஞ்சாம்பல் (கருப்பு) மற்றும் வெளிர் சாம்பல் ஆகிய இரண்டு நிறங்களில் அவை இருப்பதாகக் கொள்ளலாம். வண்டுகளின் உடல் நிறத்தைத் தீர்மானிக்கும் மரபணு "A" ஆகும். "AA" மற்றும் "Aa" மரபணுவாக்கம் உள்ள வண்டுகள் கருஞ்சாம்பல் நிறமுடையதாகவும், "aa" மரபணுவாக்கம் உள்ள வண்டுகள் வெளிர் சாம்பல் நிறமுடையதாகவும் உள்ளன. இவ்வினக்கூட்டத்தில் 'A' அல்லீலின் நிகழ்வெண் (p) 0.3 எனவும் மற்றும் 'a' அல்லீலின் நிகழ்வெண் (q) 0.7 எனவும் இருந்தால் $p + q = 1$ ஆகும். ஹார்டி வீன்பெர்க் சமநிலை பெற்ற இனக்கூட்டத்தில் அதன் மரபணுவாக்க நிகழ்வெண்ணை ஹார்டி - வீன்பெர்க் சமன்பாட்டைக் கொண்டு கணக்கிடலாம்.

$$(p + q)^2 = p^2 + 2pq + q^2$$

$$p^2 = AA \text{ ன் நிகழ்வெண்}$$

$$2pq = Aa \text{ ன் நிகழ்வெண்}$$

$$q^2 = aa \text{ ன் நிகழ்வெண்}$$

$$p = 0.3, q = 0.7 \text{ எனில்}$$

$$p^2 = (0.3)^2 = 0.09 = 9\% AA$$

$$2pq = 2 (0.3) (0.7) = 0.42 = 42\% Aa$$

$$q^2 = (0.7)^2 = 0.49 = 49\% aa$$

- இதனால் வண்டு இனக்கூட்டம் ஹார்டி வீன்பெர்க் சமநிலையில் இருப்பதை அறியலாம். இச்சமநிலையிலுள்ள வண்டுகள் இனப்பெருக்கம் செய்தால் அடுத்த தலைமுறையில் அல்லீல் மற்றும் மரபணுவாக்க நிகழ்வெண் கீழ்க்கண்டவாறு அமையும். அடுத்த தலைமுறையை உருவாக்கும் இனச்செல் குழுமத்தின் 'A' மற்றும் 'a' அல்லீல்களின் நிகழ்வெண் ஒரே மாதிரியாக இருந்தால் அதன் சந்ததிகளின் பண்புகளில் எந்த மாறுபாடுகளும் தோன்றாது. அடுத்த தலைமுறை சந்ததிகளின் மரபணுவாக்க நிகழ்வெண் 9% AA, 42% Aa மற்றும் 49% aa ஆகவே இருக்கும்.
- இவ்வண்டுகள் சீரற்ற முறையில் இனப்பெருக்கம் செய்வதாகக் கொண்டால் (ஆண் மற்றும் பெண் இனச்செல்களை, இனச்செல் குழுமத்திலிருந்து தேர்வு செய்தல்) அடுத்த தலைமுறை உயிரினங்களில் மரபணுவாக்கம் தோன்றுவதற்கான நிகழ்தகவு, எந்தெந்த வகைப் பெற்றோர் இனச்செல்கள் இணைகின்றன என்பதைப் பொருத்து அமையும்.

ஹார்டி – வீன்பெர்க் விதியின் ஊகங்கள்:

- திடீர் மாற்றம் இன்மை – திடீர் மாற்றத்தின் காரணமாக புதிய அல்லீல் உருவாக்கம், மரபணு இரட்டிப்படைதல் அல்லது மரபணு நீக்கம் ஆகிய எதுவும் இல்லை.

சீரற்ற இனச்சேர்க்கை:

- ஒவ்வொரு உயிரினமும் இனச்சேர்க்கையில் ஈடுபடுவதற்கான வாய்ப்பைப் பெறுகின்றன. குறிப்பிட்ட மரபணு ஆக்கத்திற்கு முக்கியத்துவம் தராமல் இவற்றுக்கிடையேயான இனச்சேர்க்கை சீரற்ற முறையில் உள்ளது.

மரபணு ஓட்டம் இன்மை:

- இனக்கூட்டத்திலிருந்து தனிப்பட்ட உயிரினங்களோ அல்லது அவற்றின் இனச்செல்களோ உள்ளசெல்கை (உள்ளேற்றம்) அல்லது வெளிச்செல்கை (வெளியேற்றம்) எதிலும் ஈடுபடுவது இல்லை.

மிகப்பெரிய உயிரினத்தொகை

- இனக்கூட்டத்தின் அளவு எல்லையற்றதாக இருக்க வேண்டும்.

இயற்கைத் தேர்வு இன்மை

- அனைத்து அல்லீல்களும், வாழவும், இனப்பெருக்கம் செய்யவும் தகுதியுடையவை.
- மேற்கண்ட ஊகங்களில் ஏதேனும் ஒன்று பொருந்தவில்லை என்றாலும், இனக்கூட்டம் ஹார்டி – வீன்பெர்க் சமநிலையில் இருக்காது. அல்லீல் நிகழ்வெண்கள் அடுத்தடுத்த தலைமுறையில் மாறும்போது பரிணாமம் நிகழும்.

மனிதனின் தோற்றம் மற்றும் பரிணாமம்:

- பாலூட்டிகளின் பரிணாமம் ஜூராசிக் காலத்தின் தொடக்கத்தில் சுமார் 210 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பு நிகழ்ந்தது. ஆசியா மற்றும் ஆப்பிரிக்கா பகுதியில் ஹோமினிட்களின் பரிணாமம் நிகழ்ந்தது. பொருட்களை உருவாக்கும் திறன் மற்றும் கலாச்சாரம் ஆகியவற்றில் பிறவிலங்குகளை விட மனித இனம் மேம்பட்டது என்பதை ஹோமினிட்கள் மெய்ப்பித்தனர். சுமார் 14 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பு வாழ்ந்த ராமாபித்திகஸ் (Ramapithecus) மற்றும் சிவாபித்திகஸ் (Sivapithecus) போன்ற வரலாற்றுக்கு முந்தைய மனிதர்களின் புதைபடிவங்கள் கிடைத்துள்ளன. அவை மனிதக் குரங்கு போன்ற டிரையோபித்திகசிலிருந்து (Dryopithecus) தோன்றியதாகக் கருதப்படுகிறது. டிரையோபித்திகஸ் மற்றும் ராமாபித்திகஸ் ஆகியவை உடல் முழுவதும் முடிகளைக் கொண்டு கொரில்லா மற்றும் சிம்பன்சிகளைப் போல நடந்தன. சுமார் 5 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்னால் கிழக்கு ஆப்பிரிக்கா புல்வெளிகளில் வாழ்ந்ததாகக் கருதப்படும் ஆஸ்திரலோபித்திகஸ் (Australopithecus) “ஆஸ்திரேலியக் குரங்கு மனிதன்” என அழைக்கப்படுகிறது. இம்முன்னோடி மனிதன், 1.5 மீ உயரம் கொண்டு, இரண்டு கால்களால் நடக்கும் திறன், அனைத்துண்ணிப் பண்பு, பாதி நிமிர்ந்த நிலை, குகை வாழ் தன்மை ஆகிய பண்புகளைப் பெற்றிருந்தான். தாழ்ந்த நெற்றி, கண்களின் மேல் புருவ மேடுகள், துருத்திய நிலையில் உள்ள முகம், கன்னங்களற்ற தன்மை, 350 – 450 கனசெ.மீ அளவுகொண்ட திறன்குறைந்த மூளை, மனிதனைப் போன்ற பல்லமைப்பு, முதுகெலும்புத் தொடரில் இடுப்புப் பக்க வளைவு ஆகியவை இதன் சிறப்புப் பண்புகளாகும். ஹோமோ ஹாபிலிஸ் (Homo habilis) உயிரினம் 2 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பு வாழ்ந்தது. இதன் மூளையின் அளவு 650 – 800 கன செ.மீ ஆகும். மேலும் தாவர உண்ணிகளான இவை இரண்டு கால்களால் இடப்பெயர்ச்சி செய்வதுடன் செதுக்கப்பட்ட கற்களாலான கருவிகளை பயன்படுத்தும் திறனையும் பெற்றிருந்தன.
- முதன் முதலாக மனிதனைப் போலத் தோற்றமளித்த ஹோமோ எரக்டஸ் (Homo erectus) உயிரினம் 1.7 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பு தோன்றியது. பார்வைக்கு மனிதனைப் போன்றே தோற்றமளித்த ஹோமோ எரக்டஸ், நவீன மனிதனைவிட தட்டையான, தடிமனான மண்டடை ஒரு, 900 கன செ.மீ அளவு கொண்ட மூளை மற்றும் இறைச்சி உண்ணும் தன்மை ஆகிய பண்புகளைப் பெற்றிருந்தன.
- ஹோமோ எர்காஸ்டர் (Homo ergaster) மற்றும் ஹோமோ எரக்டஸ் (Homo Erectus) ஆகியவை ஆப்பிரிக்காவை விட்டு வெளியேறிய முதல் இனங்களாகும். சுமார் 34,000 – 1,00,000 ஆண்டுகளுக்கு முன் ஜெர்மனியின்

நியாண்டர் பள்ளத்தாக்கில் வாழ்ந்த நியாண்டர்தால் மனிதனின் மூளை அளவு 1400 கன செ.மீ ஆகும். இவ்வகை மனிதன், பாதி நிமிர்ந்த நிலை, தட்டையான மண்டடை ஓடு, சாய்வான நெற்றி, மெலிதான பெரிய கண்குழிகள், கனமான கண்புரவ மேடுகள், துருத்திய தாடைகள் மற்றும் கன்னங்கள் அற்ற தன்மை ஆகிய பண்புகளால் நவீன மனிதனிடமிருந்து வேறுபடுகின்றான்.

- இவர்கள் விலங்கினங்களின் தோலைப் பயன்படுத்தி தங்கள் உடலைப் பாதுகாக்கவும், நெருப்பைப் பயன்படுத்தவும், இறந்தவர்களைப் புதைக்கவும் அறிந்திருந்தனர். வேளாண்மை, வீட்ட விலங்கு வளர்ப்பு போன்ற எதையும் அவர்கள் செய்யவில்லை. மனிதப் பரிணாமத்தின் பாதையில் இவ்வின் உருவாக்கம் முக்கியக் கிளையாகும். நவீன ஐரோப்பியர்களின் மூதாதையர்கள் எனக்கருதப்படும். குரோமோக்னன் (Cro-Magnon), பிரான்ஸ் நாட்டின் குரோமேக்னன் பாறைப் பகுதிகளில் வாழ்ந்ததாகக் கருதப்படுகிறது. அவர்கள் பல்வேறு சூழ்நிலைகளில் வாழும் திறனைப் பெற்றிருந்ததோடு, குகைகளிலும், தரைகளிலும், சுவர்களிலும் படங்கள் வரையும் பண்பினையும் பெற்றிருந்தனர்.
- ஹோமோ சேப்பியன்ஸ் எனும் நவீன மனித இனம் சுமார் 25,000 ஆண்டுகளுக்கு முன்பு ஆப்பிரிக்காவில் தோன்றி மற்ற கண்டங்களுக்குப் பரவி, தனித்தனி வகை இனங்களாக வளர்ச்சியடைந்தது. அவர்களின் மூளை அளவு ஏறத்தாழ 1300 – 1600 கன செ.மீ ஆகும். இவர்கள் பயிர்சாகுபடி செய்யத் தொடங்கியிருந்தனர் மேலும் வீட்டு விலங்குகளை வளர்த்தலிலும் ஈடுபட்டிருந்தனர்.

APPOLO
STUDY CENTRE

உயிரி தொழில் நுட்பவியலின் பயன்பாடுகள்

- இப்பாடப் பகுதியைக் கற்கத் தொடங்கும் முன் டி.என்.ஏவின் அமைப்பு, புரத உற்பத்தி மற்றும் மரபுப்பொறியியல் ஆகியவற்றைப் பற்றி மீள் பார்வை செய்தல் உதவிகரமானதாக அமையும். டி.என்.ஏ மற்றும் இயற்கையாக நடைபெறும் புரத உற்பத்தியை மனித விருப்பப்படி, மாற்றியமைத்து மருத்துவ முக்கியத்துவம் வாய்ந்த புரதங்கள் மற்றும் இதர பயன்பாட்டிற்கான புரதங்களை உருவாக்கும் செயல்முறைகள் 'மரபுப் பொறியியல்' எனப்படும். ஒரு உயிரிலிருந்து மரபணுவைப் பிரித்தெடுத்து அதே சிற்றினத்தையோ அல்லது வேறு சிற்றினத்தையோ சார்ந்த உயிரியின் டி.என்.ஏ வுடன் மாற்றிப் பொருத்தப்படுகிறது. இவ்வாறு உருவாக்கப்படும் டி.என்.ஏ வானது மறுசேர்க்கை டி.என்.ஏ (rDNA) என்றும் இச்செயல்முறைக்கு டி.என்.ஏ மறுசேர்க்கை தொழில்நுட்பம் என்று பெயர். இவையனைத்தும் உயிரி தொழில்நுட்பவியல் என்னும் பெரும் பிரிவின் அங்கங்களாகும். நல்ல பொருட்களையும் சேவையையும் அளிப்பதற்காக உயிரியல் காரணிகளைக் கொண்டு செயல்படுத்தப்படும் அறிவியல் மற்றும் பொறியியல் கோட்பாடுகளே உயிரிய தொழில்நுட்பம் என வரையறுக்கலாம்.
- பல்வேறு பொருட்களின் உற்பத்திக்காகவும் சேவைக்காகவும் உயிரிகளின் பண்புகளை பயன்படுத்திக் கொள்ளும் பலவகையான தொழில் நுட்பங்களை பரந்த அளவில் உள்ளடக்கிய சொல் உயிரி தொழில்நுட்பவியல் ஆகும்.
- பாரம்பரிய செயல்பாடுகளான இட்லி, தோசை, பால்பொருட்கள், ரொட்டித்துண்டங்கள் அல்லது ஒயின் தயாரித்தல் போன்றவற்றிற்கு உயிரி தொழில்நுட்பவியல் என்னும் வார்த்தை 20ம் நூற்றாண்டுக்கு முன்பு பயன்படுத்தப்பட்டு வந்தது. ஆனால், தற்காலத்தில் இவற்றுள் எதுவும் உயிரி தொழில்நுட்ப முறையாகக் கருதப்படுவதில்லை.
- மருத்துவத்துறையிலும் பிற துறைகளிலும் உயிரி தொழில் நுட்பவியலின் பயன்பாடுகளை இப்பாடத்தில் பயில இருக்கிறோம். மருத்துவ சிகிச்சைப் பயன்பாடு கொண்ட ஹார்மோன்களையும் புரதங்களையும் பெரும் அளவில் உற்பத்தி செய்வதில் டி.என்.ஏ மறுசேர்க்கை தொழில் நுட்பம் முன்னணியில் உள்ளது.

மருத்துவத்தில் உயிரி தொழில் நுட்பவியலின் பயன்பாடுகள்

(Applications in medicine)

மறுசேர்க்கை மனித இன்சலின்

(Recombinant Human Insulin)

- கணையத்திலுள்ள லாங்கர்ஹான் திட்டுகளில் காணப்படும் β செல்களிலிருந்து மனித இன்சலின் உற்பத்தியாகிறது. இது 51 அமினோ அமிலங்களால் ஆனது. இவை 'A' மற்றும் 'B' என்னும் இரண்டு பாலிபெப்டைடு சங்கிலிகளாக அமைக்கப்பட்டுள்ளன. 'A' சங்கிலி 21 அமினோ அமிலங்களையும் 'B' சங்கிலி 30 அமினோ அமிலங்களையும் கொண்டுள்ளன. A மற்றும் B ஆகிய இரண்டு

சங்கிலிகளும் டைசல்.பைடு பிணைப்புகள் மூலம் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இரத்தத்தில் சர்க்கரையின் அளவை இன்சலின் கட்டுப்படுத்துகிறது. செல்கள் குளுக்கோஸை எடுத்துக் கொண்டு அதை ஆற்றலாக மாற்றி வெளியிடுவதற்கு இன்சலின் உதவுகிறது. இன்சலின் பற்றாக்குறையினால் 'டயயாபிடஸ் மெலிடஸ்' எனும் சர்க்கரை நோய் உண்டாகிறது. சிகிச்சை அளிக்காவிடில் மரணத்தை ஏற்படுத்தக்கூடிய நோயான இது இரத்தத்தில் குளுக்கோஸின் அளவு அதிகரித்தல் மற்றும் சிக்கலான அறிகுறிகளையும் கொண்டு காணப்படுகிறது. தொடர்ச்சியான இன்சலின் சார்பு சிகிச்சை மூலம் இப்பற்றாக்குறை நோயைச் சரி செய்யலாம்.

மனித இன்சலின் உற்பத்தி

- முற்காலத்தில், பன்றிகள் மற்றும் பசுக்களின் கணையங்களிலிருந்து பிரித்தெடுக்கப்பட்டு தூய்மைப்படுத்தப்பட்ட இன்சலினை சர்க்கரை நோயாளிக் குச் செலுத்தி சிகிச்சையளிக்கப்பட்டது. விலங்கு இன்சலினுக்கும் மனித இன்சலினுக்கும் அமைப்பில் சிறிய அளவில் வேறுபாடுகள் உள்ளதால், சில நோயாளிகளில் இது ஒவ்வாமையை ஏற்படுத்தியது. 1970களின் பிற்பகுதியில் டி.என்.ஏ மறுசேர்க்கைத் தொழில் நுட்பத்தைப் பயன்படுத்தி இன்சலின் உற்பத்தி செய்யப்பட்டது. இத்தொழில் நுட்பத்தில், மனித இன்சலினுக்கான மரபணு, எ.கோலையின் பிளாஸ்மிட்டில் நுழைக்கப்படுகிறது. ஒரு தலைமை வரிசையை (leader sequence) முன்புறம் கொண்டு அதைத் தொடர்ந்த 'A' மற்றும் 'B' துண்டங்கள் (சங்கிலிகள்) மற்றும் அவற்றை இணைக்கும் 'C' என்னும் மூன்றாவது சங்கிலி ஆகியவற்றால் ஆன முன்னோடி பாலிபெப்டைடு சங்கிலியாக முதன்மை-முன்னோடி இன்சலின் (Pre-Pro Insulin) உருவாகிறது. மொழி பெயர்ப்புக்குப்பின் தலைமை வரிசையும் 'C' சங்கிலியும் வெட்டப்பட்டு நீக்கப்படுவதால், 'A' மற்றும் 'B' சங்கிலிகள் மட்டும் எஞ்சுகின்றன.
- டி.என்.ஏ மறுசேர்க்கைத் தொழில் நுட்பத்தால் உருவாக்கப்பட்டு மனிதனுள் செலுத்தப்பட்ட முதல் மருந்துப்பொருள் இன்சலின் ஆகும். 1982 ல் சர்க்கரை நோயைக் குணப்படுத்துவதற்காக இந்த இன்சலினைப் பயன்படுத்த அனுமதியளிக்கப்பட்டது. 1986ல் 'ஹியுமுலின்' (Humulin) என்னும் வணிகப் பெயரோடு, சந்தையில் மனித இன்சலின் விற்பனை செய்யப்பட்டது.

1921ல் பெஸ்ட் மற்றும் பேன்டிங் என்பவர்கள், நாயின் கணையத்திட்களிலிருந்து பிரித்து எடுக்கப்பட்ட இன்சலின் ஹார்மோனின், சர்க்கரை நோய் குணப்படுத்தும் திறனை விளக்கிக் காட்டினார்கள்.

மனித ஆல்.பா லேக்டால்புமின் (Human α lactalbumin)

- ஆல்.பா லேக்டால்புமின் என்பது 123 அமினோ அமிலங்களையும் 4 டைசல்.பைடு இணைப்புகளையும் 14178 டால்டன் மூலக்கூறு எடையையும் கொண்ட ஒரு புரதம் ஆகும். மனித தாய்ப்பாலிலுள்ள புரதங்களுள் 25% புரதம் ஆல்.பா லேக்டால்புமின் ஆகும். இது பால் சுரப்பிகளால் உற்பத்தி செய்யப்படுகிறது. லேக்டால்புமின் கால்சியம் மற்றும் துத்தநாக அயனிகளுடன்

இணைந்து பாக்டீரியங்களைக் கொல்லும் பண்பையும் கட்டி-எதிர்ப்புச் செயல்பாடுகளையும் கொண்டுள்ளது.

மனித வளர்ச்சி ஹார்மோன் உற்பத்தி

- மறுசேர்க்கை செய்யப்பட்ட மனித ஆல்.பா லேக்டால்புமின் மரபணுவைக் கொண்டு பசுவின் மரபியல்பை மாற்றி அதன் விளைவாக பசும்பாலின் உணவு மதிப்பை அதிகரிக்கச் செய்ய முயற்சிக்கப்பட்டது. உடற்செல் உட்கரு மாற்றிப் பொருத்துதல் மூலம் நலமான, மரபியல்பு மாற்றப்பட்ட பசுக்கள் உருவாக்கப்பட்டன. அப்பசுவின் பாலில், ஒரு லிட்டருக்கு 1.55 கிராம் மறுசேர்க்கை ஆல்.பா லேக்டால்புமின் உற்பத்தி சாத்தியமானது. இதே போன்று மரபியல்பு மாற்றப்பட்ட வெள்ளாடுகள் உருவாக்கப்பட்டு. அவற்றின் பாலைப் பரிசோதித்ததில், அதில் ஒரு மில்லி லிட்டருக்கு 0.1 முதல் 0.9 மில்லி கிராம் மனித ஆல்.பா லேக்டால்புமின் இருப்பது கண்டறியப்பட்டது.

உடற்செல் உட்கரு மாற்றிப் பொருத்துதல் எனும் தொழில் நுட்பத்தில், ஒரு உடற்செல்லையும் ஒரு அண்ட செல்லையும் கொண்டு ஒரு உயிருள்ள கரு உருவாக்கப்படுகிறது. விலங்கு நகலாக்கம் எனும் பாடப்பகுதியில் இத்தொழில்நுட்பம் குறித்து விரிவாக விவரிக்கப்பட்டுள்ளது.

1997ல் முதன் முதலில் 'ரோஸி' எனும் மரபியல்பு மாற்றப்பட்ட பசு உருவாக்கப்பட்டது. இப்பசுவின் பால், மனித லேக்டால்புமின் கொண்ட புரதச் செறிவு மிக்க பாலாகக் காணப்பட்டது. சாதாரண பசுவின் பாலை விட, புரதம் செறிந்த (2.4கிராம்/லிட்டர்) இப்பசும்பாலானது பச்சிளம் குழந்தைகளுக்கு ஏற்ற உணவூட்டம் மிக்க ஒரு சரிவிகித உணவாகும்.

மனித வளர்ச்சி ஹார்மோன் (hGH)

- எ.கோலை பாக்டீரியத்தைப் பயன்படுத்தி மறுசேர்க்கை மூலம் இன்சலின் தயாரிக்கப்பட்ட அதே கால கட்டத்தில் மற்றொரு ஆய்வுக் குழுவானது 'சொமட்டோஸ்டேட்டின்' மற்றும் 'சொமட்டோடிரோபின்' என்னும் இருவகை மனித வளர்ச்சி ஹார்மோன்கள் பற்றிய ஆய்வுகளில் ஈடுபட்டது. பிட்யூட்டரியிலிருந்து சுரக்கப்படும் இந்த பெப்டைடு ஹார்மோன்கள், அமினோ அமில உள்ளெடுப்பு மற்றும் புரத உற்பத்தியை ஊக்குவித்தல் போன்றவற்றில் ஈடுபட்டு மனித வளர்ச்சியைத் தூண்டவும் நெறிப்படுத்தவும் செய்கின்றன. வளர்ச்சி ஹார்மோன் பற்றாக்குறையினால் 'குள்ளத்தன்மை' (dwarfism) ஏற்படுகிறது. மனித பிட்யூட்டரி சுரப்பியிலிருந்து பிரித்தெடுக்கப்படும் மனித வளர்ச்சி ஹார்மோனை ஊசி வழியாகச் செலுத்தவதன் மூலம் இக்குள்ளத்தன்மையைச் சரிசெய்யலாம்.
- DNA மறுசேர்க்கைத் தொழில் நுட்பத்தைப் பயன்படுத்தி hGH ஐ உற்பத்தி செய்யலாம். பிட்யூட்டரி சுரப்பியிலிருந்து hGH உற்பத்திக்குக் காரணமான மரபணு பிரித்தெடுக்கப்படுகிறது. பின்பு இந்த மரபணுவின் ஒரு கடத்தி பிளாஸ்மிட்டை இணைத்து எ. கோலை பாக்டீரியத்தினுள் செலுத்தப்படுகிறது. இவ்விதம் மறுசேர்க்கையுற்ற எ.கோலை, மனித வளர்ச்சி ஹார்மோனை உற்பத்தி செய்யத் தொடங்குகிறது. இந்த எ.கோலை பாக்டீரியங்கள் வளர்ப்பு ஊடகங்களிலிருந்து தனிமைப்படுத்தப்பட்டு நொதித்தல் தொழில்நுட்பத்தின் மூலம் பெருமளவில் மனித வளர்ச்சி ஹார்மோன் உற்பத்தி செய்யப்படுகிறது.

- மறுசேர்க்கை வகையான, 'சொமட்டோட்ரோபின்' என்று அழைக்கப்படும் மனித வளர்ச்சி ஹார்மோனானது குழந்தைகளின் வளர்ச்சிக் குறைபாடுகளுக்கு சிகிச்சையளிக்கப் பயன்படும் மருந்தாக விளங்குகிறது.

மனித இரத்த உறைவுக் காரணி VIII (Human blood clotting factor VIII)

- இயல்பான இரத்தம் உறைதலுக்கு பல காரணிகள் தேவை என்றும் அவற்றுள் ஒன்று, காரணி VIII என்பதையும் முந்தைய வகுப்புகளில் ஏற்கனவேபடித்திருப்பீர். காரணி VIIIஐ உருவாக்கக்கூடிய மரபணுக்கள் 'X' (எக்ஸ்) குரோமோசோமில் காணப்படுகின்றன. காரணி VIIIன் உற்பத்திக் குறைபாட்டால் 'ஹீமோ.பீலியா A' என்னும் பால் சார்ந்த 'இரத்தம் உறையாமை நோய்' ஏற்படுகிறது. இந்நோயால் தாக்கப்பட்டவர்களுக்கு இரத்தம் உறைவதற்கு நீண்ட நேரம் ஆவதோடு. உட்புற உடல் இரத்தக்கசிவும் ஏற்படுகிறது.
- இயல்பான மனிதனின் இரத்தத்திலிருந்து உறைதல் காரணி VIII பிரிக்கப்பட்டு 'இரத்தம் உறையாமை A' நோய்க்கு சிகிச்சையளிக்கப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. மிக அதிக அளவில் இரத்தம் தேவைப்படுதல் மற்றும் 'எய்ட்ஸ்' போன்ற தொற்றுநோய்கள் பரவும் அபாயம் போன்றவை இச்செயல் முறையில் உள்ள குறைபாடுகள் ஆகும். டி.என்.ஏ மறுசேர்க்கைத் தொழில் நுட்பத்தைப் பயன்படுத்தி, சீன ஆம்ஸ்டரின் (ஒரு வகைக் கொறிக்கும் விலங்கு) அண்டகத்திலும் மற்றும் அதன் குட்டியின் சிறுநீரக செல்களிலும் மறுசேர்க்கைக் காரணி VIIIஐ உற்பத்தி செய்யலாம். மிக அண்மையில், மனிதனிலிருந்து பெறப்பட்ட செல் வகையைக் கொண்டு, முதன் முதலாக மனித இரத்த உறைவுக் காரணி VIII உற்பத்தி செய்யப்பட்டுள்ளது.

இண்டர்.பெரான்கள்

- பாலூட்டிகளின் செல்கள் வைரஸ்களால் பாதிக்கப்படும் போது, அச்செல்களால் உற்பத்தி செய்யப்படும் சிற்றினக்குறிப்பிடு தன்மையுடைய, புரதத்தாலான, வைரஸ் எதிர்ப்புப் பொருட்களை 'இண்டர்.பெரான்கள்' ஆகும். 1957ல் அலிக் ஐசாக்ஸ் (Alick Isaacs) மற்றும் ஜீன் லின்ட்மேன் (Jean Lindemann) என்பவர்களால் இண்டர்.பெரான்கள் முதன் முதலில் கண்டுபிடிக்கப்பட்டன. அவற்றின் அமைப்பின் அடிப்படையில் இண்டர்.பெரான்கள் α , β மற்றும் γ என வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளன. இவை, செல்லில் உள்ள டி.என்.ஏ வைத் தூண்டி, வைரஸ் எதிர்ப்பு நொதிகளைச் சுரக்கச் செய்து அதன் மூலம் வைரஸ்களின் பெருக்கத்தைத் தடுத்து செல்களைப் பாதுகாக்கின்றன. காரணி VIIIஐப் போன்ற இண்டர்.பெரான்களை இரத்தத்திலிருந்து பிரித்தெடுக்கலாம். ஆனால், இதற்கு மிக அதிக அளவில் இரத்தம் தேவைப்படுவதால் இது நடைமுறைச் சாத்தியம் இல்லை. இச்சிக்கலைக் கடப்பதற்கு, இண்டர்.பெரான்களை rDNA தொழில்நுட்பம் மூலம் உருவாக்குவது உகந்ததாகும். மறுசேர்க்கை இண்டர்.பெரான்கள் (recombinant interferons) உற்பத்திக்கு 'எ.கோலை' யை விட 'சாக்கரோமைசெஸ் செரிவிசியே' என்னும் ஈஸ்ட் பொருத்தமானதாகும்.

ஏனெனில், புரதங்களைச் சர்க்கரையெற்றம் (Glycosylation) அடைய வைக்கத் தேவையான இயங்குதளம் 'எ.கோலை'யில் இல்லை. புற்றுநோய், எய்ட்ஸ், தண்டுவட மரப்பு நோய் (multiple sclerosis). கல்லீரல் அழற்சி (hepatitis), அக்கிப்புடை (herpes zoster) போன்ற பல்வேறு நோய்களுக்கான சிகிச்சையில் இன்டர்ஃபெரான்கள் பெரிதும் பயன்படுகின்றன. இவ்விதம், பல சிகிச்சைப் பயன்பாடுகளை இவை கொண்டிருந்தாலும் அவற்றின் அதீதமான உற்பத்திச் செலவு காரணமாக, சாதாரண மனிதனுக்கு இன்னும் எட்டாக்கனியாகவே இன்டர்ஃபெரான்கள் விளங்குகின்றன.

மறுசேர்க்கைத் தடுப்பூசிகள்: தடுப்பு மருந்துகள் (Recombinant vaccines)

- புதிய தலைமுறைத் தடுப்பூசிகளை உருவாக்க டி.என்.ஏ மறுசேர்க்கைத் தொழில்நுட்பம் பயன்படுகிறது. இம்முறையின் மூலம், பாரம்பரியத் தடுப்பூசி உற்பத்தி முறைகளிலிருந்து வரம்புகளைக் கடக்க இயலும்.
- வழக்கமான நடைமுறைகளில் உற்பத்தி செய்யப்படும் தடுப்பூசிகளுடன் ஒப்பிடும்போது, மறுசேர்க்கைத் தடுப்பூசிகள் சீரான தரத்துடன் குறைவான பக்க விளைவுகளைக் கொண்டுள்ளன. மறுசேர்க்கைத் தடுப்பூசிகளின் பல்வேறு வகைகளாவன:
 - i. துணை அலகு தடுப்பூசிகள்
 - ii. வலு குறைக்கப்பட்ட மறுசேர்க்கைத் தடுப்பூசிகள்
 - iii. டி.என்.ஏ தடுப்பூசிகள்

துணை அலகு தடுப்பூசிகள் (Subunit vaccines)

- நோயுண்டாக்கும் உயிரியை, முழுஉயிரியாகப் பயன்படுத்தாமல், அவ்வுயிரியின் பகுதிகளை மட்டும் பயன்படுத்தித் தயாரிக்கப்படும் தடுப்பூசிகளுக்கு 'துணை அலகு தடுப்பூசிகள்' என்று பெயர். புதிய வகை துணை அலகு தடுப்பூசிகள் தயாரிக்க டி.என்.ஏ மறுசேர்க்கைத் தொழில் நுட்பம் ஏற்றதாகும். இம்முறையில், நோயுண்டாக்கும் உயிரியிலுள்ள புரதங்கள், பெப்டைடுகள் மற்றும் அவற்றின் டி.என்.ஏக்கள் ஆகிய கூறுகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. தயாரிப்பில் தூய்மை, நிலைப்புத்தன்மை மற்றும் பாதுகாப்பான பயன்பாடு ஆகியவை இவ்வகைத் தடுப்பூசிகளின் நன்மைகளாகும்.

வலு குறைக்கப்பட்ட மறுசேர்க்கைத் தடுப்பூசிகள் (Attenuated recombinant vaccines)

- மரபியல்பு மாற்றப்பட்ட நோயுண்டாக்கி உயிரிகளில் (பாக்டீரியா அல்லது வைரஸ்) அவற்றின் நோயுண்டாக்கும் தன்மை நீக்கப்பட்டு தடுப்பூசிகளாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. பாக்டீரியா அல்லது வைரஸ்களை மரபுப் பொறியியல் மாற்றம் மூலம் உயிருள்ள தடுப்பூசிகளாகப் (live vaccines) பயன்படுத்தலாம். இத்தகைய தடுப்பூசிகள் 'வலு குறைக்கப்பட்ட மறுசேர்க்கைத் தடுப்பூசிகள்' எனப்படும்.

டி.என்.ஏ தடுப்பூசிகள் (DNA vaccines)

- டி.என்.ஏ தடுப்பூசிகளை மரபியல் நோய்த்தடுப்பு முறையாகப் பயன்படுத்தும் ஒரு புதிய அணுகுமுறை 1990ல் நடைமுறைக்கு வந்தது. டி.என்.ஏ மூலக்கூறுகள் மூலம் உடலில் தடைகாப்பு வினைகள் தூண்டப்படுகின்றன. 'எதிர்ப்பொருள் தூண்டி புரதத்திற்கு' (antigenic protein) குறியீடு செய்யும் ஒரு மரபணுவை டி.என்.ஏ தடுப்பூசி கொண்டுள்ளது. இந்த மரபணுவை பிளாஸ்மிட்டுக்குள் செலுத்தி, பின்னர் ஒரு இலக்கு விலங்கின் உடல் செல்களுக்குள் ஒன்றிணையச் செய்யப்படுகிறது. உள்ளே சென்ற அந்த டி.என்.ஏ எதிர்ப்பொருள் தூண்டி மூலக்கூறுகளை உருவாக்க செல்களுக்கு உத்தரவிடுகிறது. அவ்விதம் உருவாக்கப்பட்ட மூலக்கூறுகள் செல்களுக்கு வெளியே காணப்படுகின்றன. செல்களால் உருவாக்கப்பட்டு, சுதந்திரமான மிதந்து கொண்டிருக்கும் இம்மூலக்கூறைக் காணும் நமது தடைகாப்பு, தனது வலுவான எதிர்ப்பை, எதிர்ப்பொருள் உருவாக்கத்தின் மூலம் தெரிவிக்கிறது.

மரபுப்பொறியியல் என்னும் அறிவியற்புலத்தைப் பயன்படுத்தி 'மூலக்கூறு மருந்தாக்கம்' என்னும் முறைமூலம் வாய்வழி தடுப்பு மருந்துகள் தயாரிக்கப்படுகின்றன. தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட மரபணுக்கள் தாவரங்களுக்குள் புகுத்தப்பட்டு மரபியல்பு மாற்றப்படுவதால், அம்மரபணுக்களுக்குரிய புரதம் உற்பத்தியாகிறது. உண்ணத்தகுந்த தடுப்பு மருந்துகள் கோழைப்படலத்தை இலக்காகக் கொண்டவை. இவை, உடல் பகுதி மற்றும் கோழைப்படலம் சார்ந்த தடைகாப்பு வினைகளைத் தூண்டுகின்றன. தற்பொழுது, மனித மற்றும் விலங்கு நோய்களான, மணல்வாரி, காலரா, கால் மற்றும் வாய் நோய் மற்றும் கல்லீரல் அழற்சி போன்றவற்றிற்கான உண்ணத்தகுந்த தடுப்பு மருந்துகள் உற்பத்தி செய்யப்பட்டுள்ளன.

டி.என்.ஏ தடுப்பூசியால் நோயை உருவாக்க இயலாது. ஏனெனில் இது நோயுண்டாக்கும் மரபணுவின் ஒரு பகுதி நகல்களையே கொண்டுள்ளது. வடிவமைக்கவும் மலிவாக உற்பத்தி செய்வதற்கும் டி.என்.ஏ தடுப்பூசிகள் எளிதானவை.

மறுசேர்க்கை HB தடுப்பூசி உற்பத்தி

1997ல் முதன் முதலில் உருவாக்கப்பட்ட செயற்கைத் தடுப்பூசி, ஹெப்பாடைடிஸ் B (HbsAg) நோய்க்கு எதிரான மறுசேர்க்கைத் தடுப்பூசி ஆகும். இது, ரிகாம்பிவேக்ஸ் (Recombivax) மற்றும் என்ஜெரிக்ஸ் B (Engerix B) என்னும் வணிகப் பெயர்களில் விற்பனையாகிறது. அமெரிக்கா, ஃப்ரான்ஸ் மற்றும் பெல்ஜியம் நாடுகளுக்கு அடுத்தபடியாக, ஹெப்பாடைடிஸ் B தடுப்பூசியைச் சொந்தமாகத் தயாரித்த நான்காவது நாடு இந்தியா ஆகும்.

- இவ்வாறு புதிய தொழில் நுட்ப முறைகளின் மூலம் உருவாக்கப்படும் தடுப்பூசிகள் உறுதியான பல நன்மைகளைக் கொண்டுள்ளன. அவையாவன: இலக்கு புரத உற்பத்தி, நீண்டு நிலைக்கும் நோய்த்தடைக்காப்பு மற்றும் குறிப்பிட்ட நோயுண்டாக்கிகளுக்கு எதிரான தடைகாப்பு வினைகளை குறைந்த நச்சு விளைவுகளுடன் விரைவாகத் தூண்டுதல் ஆகியன.

- சாக்கரோமைசெஸ் செரிவிசியே எனும் ஈஸ்ட்டில், ஹெபாடைடிஸ் B புறப்பரப்பு எதிர்பொருள் துண்டிக்கான (HbsAg) மரபணுவை நகலாக்கம் செய்து, துணை அலகு தடுப்பூசியாக மறுசேர்க்கை ஹெபாடைடிஸ் B தடுப்பூசி உற்பத்தி செய்யப்படுகிறது படம்.

மரபணு சிகிச்சை (Gene therapy)

- பிறக்கும்போதே ஒரு மனிதன் மரபிய நோயோடு பிறப்பானேயாகில், அதைச் சரி செய்ய ஏதேனும் சிகிச்சைகள் உளதோ? அவ்வாறாகின், 'மரபணு சிகிச்சை' எனும் செயல்முறையின் மூலம் அது சாத்தியம் ஆகும். ஒன்றோ அல்லது அதற்கு மேற்பட்டோ மாற்றமடைந்த அல்லல்களைக் கொண்ட ஒருவனுடைய செல்களுக்குள் இயல்பான மரபணுவை செலுத்தி அவற்றைச் சரி செய்யலாம். இவ்வாறு உட்செலுத்தப்பெற்ற மரபணு செயல்பட்டு, உருவாக்கும் செயல்நிலை விளைபொருட்களினால் இயல்பான புறத்தோற்றம் உருவாகிறது. இயல்பான அல்லலை செல்களுக்குள் செலுத்தும் பணியானது ஒரு கடத்தி மூலம் செயல்படுத்தப்படுகிறது. ஒரு மரபணுத்திடர் மாற்றத்தால் உருவாகும் நோய்களான, 'நீர்மத்திசுவழற்சி' (Cystic fibrosis) மற்றும் 'இரத்த உறையாமை' (Haemophilia) போன்ற நோய்களைக் குணப்படுத்தும் முயற்சியே மரபணு சிகிச்சையின் முக்கிய நோக்கமாகும். பெரும்பாலான மரபியல் நோய்களுக்கு இன்றுவரை சரியான சிகிச்சை முறை இல்லையாதலால், மரபணு சிகிச்சை ஒன்றே பலருக்கும் நம்பிக்கையளிப்பதாகும். மரபணு சிகிச்சையில் பயன்படுத்தப்படும் இருவித உத்திகளாவன: 'மரபணு பெருக்குதல் சிகிச்சை' (Gene augmentation therapy) மற்றும் 'மரபணுத்தடை சிகிச்சை' (Gene augmentation therapy) ஆகியன. இழந்த மரபுப்பொருளை ஈடு செய்ய மரபணுத் தொகுதியில் டி.என்.ஏவை நுழைத்துச் சரிசெய்யும் முறைக்கு மரபணு பெருக்குதல் சிகிச்சை என்று பெயர். உணர்தடை மரபணுக்களை (anti-sense genes) நுழைத்து ஒங்கு மரபணுவின் வெளிப்பாட்டைத் தடை செய்யும் சிகிச்சைக்கு மரபணுத் தடை சிகிச்சை என்று பெயர்.

உடற்செல் மரபணு சிகிச்சைக்கும் இனச்செல் மரபணு சிகிச்சைக்கும் இடையேயான வேறுபாடுகள்

உடற்செல் மரபணு சிகிச்சை	இனச்செல் மரபணு சிகிச்சை
சிகிச்சையளிக்கும் மரபணுக்கள் (therapeutic genes) உடற்செல்களுக்குள் மாற்றப்படுகின்றன.	சிகிச்சையளிக்கும் மரபணுக்கள் இனச்செல்களுக்குள் மாற்றப்படுகின்றன.
எலும்பு மஜ்ஜை செல்கள், இரத்த செல்கள், தோல் செல்கள் போன்ற செல்களுக்குள் மரபணுக்கள் செலுத்தப்படுகிறது.	அண்டச்செல்கள் மற்றும் விந்து செல்களுக்குள் மரபணுக்கள் செலுத்தப்படுகின்றன.
பிந்தைய தலைமுறைக்கு பண்புகள் கடத்தப்படுவதில்லை.	பிந்தைய தலைமுறைக்கு பண்புகள் கடத்தப்படுகின்றன.

அடினோசின் டி அமிலேஸ் (ADA) குறைபாடு கொண்ட நான்கு வயது பெண் குழந்தைக்கு டி.பிரெஞ்ச் ஆன்டர்சன் என்பவரால், 1990ல் முதன் முதலில் மரபணு சிகிச்சை மருத்துவம் அளிக்கப்பட்டது. ADA நொதி உருவாக்கத்துக்குத் தேவையான மரபணுவின் செயலிழப்பு அல்லது நீக்கம் காரணமாக இக்குறைபாடு உண்டாகிறது. இந்நோயாளிகளின் உடலிலுள்ள 'T' செல்களின் செயலிழப்பால், உள் நுழையும் நோயுக்கிகளுக்கு எதிரான நோய்த்தடைகாப்பு பதில் வினைகளை அவற்றால் வெளிப்படுத்த முடிவதில்லை. இந்நிலையில், பாதிக்கப்பட்ட நோயாளிகளுக்கு, செயல்புரியும் நிலையிலுள்ள அடினோசின் டி அமிலேஸ் அளிக்கப்பட்டு, அதன் மூலம் நச்சுத்தன்மையுள்ள உயிரியல் பொருட்களை அழிப்பதே SCID நோய்க்கான சரியான சிகிச்சை முறையாகும்.

சில குழந்தைகளில், ADA குறைபாட்டை, எலும்பு மஜ்ஜை மாற்று சிகிச்சை மூலம் குணப்படுத்தலாம். இதில் குறைபாடுடைய நோய்த்தடை செல்களை கொடையாளியிடமிருந்து பெறப்பட்ட நலமான நோய்த்தடை செல்களைக் கொண்டு பதிலீடு செய்யப்படுகிறது. சில நோய்களில், நொதி பதிலீட்டு சிகிச்சை முறையாக, செயல்நிலை ADA நோயாளியின் உடலில் செலுத்தப்படுகிறது.

மரபணு சிகிச்சையின்போது, நோயாளியின் இரத்தத்திலிருந்து லிம்போசைட்டுகள் பிரித்தெடுக்கப்பட்டு, ஒரு ஊட்ட வளர்ப்பு ஊடகத்தில் வளர்க்கப்படுகிறது. ADA நொதி உற்பத்திக்குக் குறியீடு செய்யும் நலமான, செயல்நிலை மனித மரபணுவான ADA cDNA வை ரெட்ரோவைரஸ் கடத்தியின் உதவியுடன் லிம்போசைட்டுகளுக்குள் செலுத்தப்படுகிறது. இவ்வாறு மரபுப்பொறியியல் செய்யப்பட்ட லிம்போசைட்டுகள் மீண்டும் நோயாளியின் உடலினுள் செலுத்தப்படுகிறது. இவை, சில காலமே உயிர்வாழ்வதால் குறிப்பிட்ட கால இடைவெளியில், மரபுப்பொறியியல் செய்யப்பட்ட லிம்போசைட்டுகளை மீண்டும் மீண்டும் செலுத்திக் கொள்ள வேண்டும். எலும்பு மஜ்ஜையிலிருந்து எடுக்கப்பட்ட ADA மரபணுக்களை ஆரம்பகட்ட கருநிலை செல்களுக்குள் செலுத்துவதன் மூலம் இந்நோயை நிரந்தரமாகக் குணப்படுத்த இயலும்.

உள்ள மரபணுக்களை உடற்செல்லுக்குள் செலுத்தி மரபியல் நோயை நிரந்தரமாகச் சரி செய்யும் முறை 'உடற்செல் மரபணு சிகிச்சை' எனப்படும். இதே போன்று, அடுத்தடுத்த தலைமுறைகளுக்கு செல்லும் வகையில் இனச் செல்களுக்குள் டி.என்.ஏ வைச் செலுத்திச் சரி செய்தால் அதற்கு 'இனச்செல் மரபணு சிகிச்சை' என்று பெயர். குறிப்பிட்ட மரபணுவைத் தனித்துப் பிரித்தெடுத்து அதன் நகல்களை உருவாக்கி பின்பு அவற்றை இலக்கு செல்களுக்குள் செலுத்தி விரும்பிய (சரியான) புரதத்தை உற்பத்தி செய்தலே மரபணு சிகிச்சை ஆகும். இவ்விதம் செலுத்தப்படும் மரபணுவை, பெறுபவரின் உடலுக்குள் அது சரியான விதத்தில் செயல்பட்டு வெளிப்பாட்டை அளிக்கிறதா என்பதையும் இந்த மரபணுவில் உருவாக்கப்படும் புதிய வகைப் புரதங்களோடு அந்நபரின் நோய்த்தடைக்காப்பு மண்டலம் எதிர்வினை ஏதும் புரியவில்லை என்பதையும் மற்றும் நோயாளிக்குத் தீங்கு என்பதையும் மரபணு சிகிச்சையாளர்கள் உறுதிப்படுத்திக் கொள்ளுதல் மிக முக்கியமானதாகும்.

தண்டு செல் சிகிச்சை (Stem Cell Therapy)

- பெரும்பாலான பல செல் உயிரிகளில் காணப்படும் வேறுபாடு அடையாத செல்கள் 'தண்டு செல்கள்' ஆகும். இவை பல மறைமுகப்பிரிவுகளுக்கு உட்பட்டாலும் தங்களது வேறுபாடு அடையாத தன்மையைத் தொடர்ந்து பராமரித்து வருகின்றன.
- சேதமற்ற மற்றும் நோயற்ற உறுப்புகளை மீண்டும் உருவாக்கி எதிர்கால மருத்துவத்துறையில் புரட்சி படைக்கத் தேவையான திறனுடன் தண்டு செல் ஆராய்ச்சிகள் விளங்குகின்றன. தங்களைத் தாங்களே புதுப்பித்துக்கொள்ளும் இயல்புடைய தண்டு செல்கள் 'செல் திறனை' (Cellular Potency) வெளிப்படுத்துகின்றன. மூன்று வகை வளர்ச்சி அடுக்குகளான புற அடுக்கு, அக அடுக்கு மற்றும் நடு அடுக்கு ஆகிய அடுக்குகளிலிருந்து உருவாகும் அனைத்து வகை செல்களாகவும் மாறும் திறன் படைத்தவை தண்டு செல்கள் ஆகும்.
- பாலூட்டிகளில், இரு முக்கிய தண்டு செல் வகைகள் காணப்படுகின்றன. அவை 'கருநிலை தண்டு செல்கள்' (Embryonic stem cells) மற்றும் 'முதிர் தண்டு செல்கள் (Adult stem cells).' கருநிலை தண்டு செல்கள் 'பகுதித்திறன்' (Pluripotent) கொண்டவை. அவற்றிற்கு, புற அடுக்கு, நடு அடுக்கு மற்றும் அக அடுக்கு என்னும் மூன்று அடிப்படை வளர்ச்சி அடுக்குகளையும் உருவாக்கும் திறன் உள்ளது. கருநிலை செல்கள் பல்திறன் (Multipotent) கொண்டவையாகவும் விளங்குகின்றன. அவை, பலவகையான செல்களாக மாற்றமுறும் திறன் படைத்தவை (படம்). கருக்கோளத்தினுள் காணப்படும் செல்திரளின் மேற்பகுதி திசுக்களில் (Epiblast tissue) இருந்து கருநிலை தண்டு செல்கள் பிரித்தெடுக்கப்படுகின்றன.
- கருநிலை தண்டு செல்கள் தூண்டப்படும்போது, 200க்கும் மேற்பட்ட முதிர்ந்த உடலின் செல் வகைகளாக மாற்றமடையக்கூடும். கருநிலை தண்டுசெல்கள் அழிவற்றவை. அதாவது, கிருமி நீக்கம் செய்யப்பட்ட ஊடகத்தில் அவை நன்கு வளர்ந்து தங்களது வேறுபாடு நிலையைத் தொடர்ந்து பராமரிக்கவும் செய்கின்றன.
- குழந்தைகள் மற்றும் முதிர்ந்த மனிதர்களின் பல்வேறு திசுக்களில் முதிர் தண்டு செல்கள் காணப்படுகின்றன. முதிர் தண்டு செல் அல்லது உடல் தண்டு செல் பிரிதலடைந்து தன்னைப்போன்றே மற்றொரு செல்லை உருவாக்க இயலும். பெரும்பாலான முதிர் தண்டு செல்கள் பல்திறன் (Multipotent) கொண்டவை. இவை, உடலின் சேதமற்ற பாகங்களைச் சரி செய்யும் அமைப்பாகவும் முதிர் உயிரி திசுக்களைப் புதுப்பிக்கும் அமைப்பாகவும் திகழ்கின்றன. முதிர் தண்டு செல்களின் அதிகப்படியான உற்பத்திக்கு மூலாதாரமாக சிவப்பு மஜ்ஜை விளங்குகிறது.

கருநிலை தண்டு செல்கள்

- மனித தண்டு செல்களின் மிகமுக்கியமான திறன் வாய்ந்த பயன்பாடு என்னவெனில், செல் அடிப்படையிலான சிகிச்சைகளுக்குப் (Cell based

therapies) பயன்படும் செல்களையும் திசுக்களையும் உற்பத்தி செய்தல் ஆகும். மனித தண்டு செல்கள் புதிய மருந்துகளைச் சோதனை செய்து பார்க்க உதவுகின்றன.

முழுமைத்திறன் (Totipotency) எனப்படுவது, ஒற்றைச் செல், பிரிதலடைந்து ஒரு உயிரியின் அனைத்து வகையான வேறுபாடடைந்த செயல்களையும் உருவாக்கும் திறனாகும்.

பகுதித்திறன் (Pluripotency) எனப்படுவது, தண்டு செல்லானது புற அடுக்கு, அக அடுக்கு, நடு அடுக்கு என்னும் மூவகை அடுக்குகளில் ஏதேனும் ஒரு செல் அடுக்காக மாறும் திறனாகும்.

பல்திறன் (Multipotency) எனப்படுவது, தொடர்புடைய, பலவகை செல்வகைகளாக மாற்றமுறும் தண்டு செல்களின் திறனாகும். எடுத்துக்காட்டாக, இரத்தத்தண்டு செல்கள், லிம்ஃபோசைட்டுகள், மோனோசைட்டுகள், நியூட்ரோஃபில்கள் மற்றும் இன்னபிற செல்களாக வேறுபாடடைதலில்லை.

ஒற்றைத்திறன் (Unipotency) எனப்படும் திறனில் தண்டு செல்கள் ஒரேயொரு செல்வகையாக மட்டும் வேறுபாடடையும்.

தண்டு செல் வங்கிகள் (Stem cell Banks)

- எதிர்கால சிகிச்சைத் தேவைகளுக்காக தண்டு செல்களைப் பிரித்தெடுத்தல், பதப்படுத்துதல் மற்றும் சேமித்து வைத்தல் ஆகிய பணிகளை உள்ளடக்கியதே **தண்டு செல் வங்கியியல் (Stem Cell Banking)** எனப்படும். பனிக்குட திரவத்திலிருந்து பெறப்படும் தண்டு செல்களை எதிர்காலப் பயன்பாட்டிற்காகச் சேமித்து வைக்கும் வசதி கொண்ட இடத்திற்கு **பனிக்குட திரவ செல் வங்கி (Amniotic Cell Bank)** என்று பெயர். ஒரு நபரிடமிருந்து பெறப்படும் தண்டு செல்களைச் சேகரித்து குறிப்பிட்ட அந்நபரின் எதிர்காலப் பயன்பாட்டிற்காக அவற்றைத் தண்டு செல் வங்கிக்குரிய கட்டணத்தைச் செலுத்தி சேமித்து வைக்கப்படுகிறது. குழந்தை பிறக்கும்போது அதன் தொப்புள் கொடியிலிருந்து தண்டு செல்களைப் பிரித்தெடுத்து அவற்றைச் சேமிக்கும் முறைக்கு **தொப்புள்கொடி இரத்த வங்கியியல் (Cord Blood banking)** என்று பெயர். தொப்புள் கொடி மற்றும் அதன் இரத்தம் ஆகியவை தண்டு செல்களுக்கான சிறந்த மூலங்கள் ஆகும். அதே சமயம், தாய் சேய் இணைப்புத்திசு, பனிக்குட உறை மற்றும் பனிக்குட திரவம் ஆகியவையும் மிகுந்த அளவில் தரமான தண்டு செல்களைக் கொண்டுள்ளன.

மூலக்கூறு அளவில் நோய் கண்டறிதல் (Molecular Diagnostics)

- தொற்று நோய்களாக இருந்தாலும், பரம்பரையாக வரும் மரபியல் நோய்களாக இருந்தாலும் முன்கூட்டியே கண்டறிதல் சரியான சிகிச்சைக்கு முக்கியமானதாகும். பாரம்பரிய கண்டறியும் நடைமுறைகளான, நுண்ணோக்கி வழி ஆய்வு, சீரம் பகுப்பாய்வு சிறுநீர் பகுப்பாய்வு போன்ற ஆய்வுகளின் மூலம் நோய்களைத் தொடக்க நிலையிலேயே கண்டறிய இயலாது. இந்த ஆய்வுகளைத் தொழில்நுட்பங்கள் மறைமுகமானவை மற்றும் இலக்கு தன்மை (குறிப்பிடும்

தன்மை) அற்றவை. எனவே நொய்களைக் கண்டறிய இலக்கு தன்மையுடைய, துல்லியமான, எளிய கண்டறிதல் தொழில் நுட்பங்களை நாடி அறிவியலாளர்கள் தொடர் ஆய்வுகளைச் செய்து வருகிறார்கள். டி.என்.ஏ மறுசேர்க்கைத் தொழில்நுட்பம், பாலிமரேஸ் சங்கிலி வினைகள் (polymerase Chain Reactions PCR), நொதி சார்ந்த நொய்த்தடைப்பொருள் உறிஞ்சுகை மதிப்பீடு (Enzyme Linked Immuno Sorbent Assay) போன்ற நம்பகத் தன்மை உள்ள தொழில்நுட்பங்கள் நொய்களைத் தொடக்க நிலையிலேயே கண்டறிய உதவுகின்றன. நொயாளியின் உடலில் அறிகுறிகள் தோன்றும்போதுதான் அவனது உடலுக்குள் வைரஸ், பாக்டீரியா போன்ற நொயூக்கிகள் இருப்பதை அறிய முடிகிறது. ஆனால், அறிகுறிகள் தோன்றுவதற்குள் அவை நொயாளியின் உடலில் பல்கிப்பெருகி அதிக எண்ணிக்கையுடன் (அடர்வுடன்) காணப்படுகின்றன. இருப்பினும், பாக்டீரியா, வைரஸ் போன்றவை மிகக்குறைந்த எண்ணிக்கையில் இருக்கும்போதே, நொயின் அறிகுறிகளை வெளிப்படுத்துவதற்கு முன்பே அவற்றின் நியூக்ளிக் அமில பெருக்க வினையின் மூலம் அந்நொய்க்கிருமிகள் இருப்பதைக் கண்டறிய இயலும்.

நொதி சார்ந்த நொய்த்தடைப்பொருள் உறிஞ்சுகை மதிப்பீடு-எலைசா (ELISA Enzyme linked Immuno Sorbent Assay)

- சீரம் அல்லது சிறுநீர் மாதிரியின் குறிப்பிட்ட வகை எதிர்ப்பொருள் அல்லது எதிர்ப்பொருள் தூண்டிகள் உள்ளதா என்பதைக் கண்டறிய எவா எங்வால் என்பதைக் கண்டறிய எவா எங்வால் (EVA ENGVALL) மற்றும் பீட்டர் பெர்ல்மான் (1971) (Peter Perlmann) ஆகியோர்களால் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட உயிர்வேதி செயல்முறையே எலைசா ஆகும் ஒரு நபர் HIV தொற்று கொண்டவரா (Positive) இல்லையா (Negative) என்பதைக் கண்டறிய உதவும் மிக முக்கியமான கருவியாக எலைசா சோதனை விளங்குகிறது. ஒரு நபரின் உடலில் உள்ள சீரத்தில் எதிர்ப்பொருள் அளவைத் தீர்மானிக்கவும் (நொயூக்கியான HIV தொற்று கொண்ட நபரின் உடலில் உற்பத்தியாகும். எதிர்ப்பொருளின் அளவு) குறிப்பிட்ட எதிர்ப்பொருள் தூண்டிகள், மனித கோரியானிக் கொனடோட்ரோபின் போன்ற ஹார்மோன்கள் ஆகியவற்றைக் கண்டறியவும் எலைசா ஒரு சோதனைக் கருவியாக உள்ளது.
- ஆன்டிஜெனைக் கொண்டுள்ளது எனச் சந்தேகிக்கப்படும் மாதிரியில், ஆன்டிஜென் இருப்பின் எலைசா தகட்டின் மேற்பரப்பில் அது நகர இயலாமல் செய்யப்படுகிறது (படம்). இந்த நகர்ச்சியற்ற எதிர்ப்பொருள் தூண்டியுடன் அதற்கே உரிய எதிர்ப்பொருள் சேர்க்கப்பட்டு வினைபுரியச் செய்யப்படுகிறது. இவ்வாறு சேர்க்கப்படும் எதிர்ப்பொருள் பெராக்ஸிடேஸ் போன்ற உகந்த நொதியுடன் பிணைக்கப்பட்டுள்ளது. வினைபுரியாத எதிர்ப்பொருள்கள் கழுவி, நீக்கப்பட்டு நொதியின் தளப்பொருள் (ஹைட்ரஜன் பெராக்ஸிடேஸ்) 4 குளோரோ நாப்தால் என்னும் வேதிப்பொருளுடன் சேர்க்கப்படுகிறது. நொதியின் செயல்பாட்டால், நிறமுள்ள விளைபொருள் உருவாவது எதிர்ப்பொருள் தூண்டி இருப்பதைக் குறிக்கும். உருவாகும் நிறத்தின் செறிவும் எதிர்ப்பொருள் தூண்டியின் எண்ணிக்கையும் நேர்விகிதத்தில் உள்ளன. எலைசா என்பது நேனோகிராம் அளவிலுள்ள எதிர்ப்பொருள் தூண்டிகளைக்கூட கண்டறிய உதவும் அதிக உணர்திறன் கொண்ட முறையாகும்.

நொதி சார்ந்த நோய்த்தடைப் பொருள் உறிஞ்சுகை மதிப்பீடு

- நமக்கு விருப்பமான டி.என்.ஏ துண்டுகளை எண்ணற்ற ஒத்த நகல்களாக (இலட்சக்கணக்கில்) அதிக அளவில் பெருக்கம் செய்யப் பயன்படும் ஒரு உடல் வெளி (in vitro) ஆய்வகத் தொழில் நுட்பமாக பாலிமரேஸ் சங்கிலி வினை செயல்படுகிறது. 1983-ல் கேரி முல்லிஸ் (1993-ல் நோபல் பரிசு பெற்றவர்) என்பவரால் இத்தொழில் நுட்பம் உருவாக்கப்பட்டது.
- (இயல்பு திரிபு (denaturation) இயல்பு மீள்வு (renaturation), அல்லது 'முதன்மை இணைப்பு இழை பதப்படுத்துதல்' (Prime annealing) மற்றும் அதன் 'உற்பத்தி' (synthesis) அல்லது 'நீட்சி' (Primer extension) அதிக வெப்பநிலையைப் பயன்படுத்தி, நமக்குத் தேவைப்படும் இரட்டைச்சுருள் டி.என்.ஏவின் இயல்பைத்திரித்து இரண்டு தனித்தனியான இழைகளாகப் பிரிக்கப்படுகிறது. இதற்கு இயல்பு திரிபு என்று பெயர். ஒவ்வொரு இழையும் ஒரு முதன்மை இணைப்பு இழையுடன் கலப்பு செய்யப்படுகிறது. (renaturation or primer annealing). இந்த முதன்மை இணைப்பு அச்சு வார்ப்பு இழையைக் கொண்டு Taq டி.என்.ஏ பாலிமரேஸைப் பயன்படுத்தி புதிய டி.என்.ஏ உருவாக்கப்படுகிறது.
- இயல்பு திரிபு நிகழ்ச்சியில், வேதிவினைக் கலவையானது 95°C வெப்பநிலையில் சிறிது நேரம் வெப்பப்படுத்தப்படுகிறது. இதனால் இலக்கு டி.என்.ஏ தனது இயல்பு திரிந்து தனித்த இழைகளாகப் பிரிகிறது. இவ்வழைகள் புதிய டி.என்.ஏக்களை உருவாக்கும் அச்சு வார்ப்பு டி.என்.ஏக்களாகச் செயல்படுகின்றன. கலவையை விரைந்து குளிர்விப்பதன் மூலம் இரு முதன்மை இணைந்து இணைப்பு அழைகளும், இலக்கு டி.என்.ஏவின் தனி இழைகளின் பக்கவாட்டில் இணைந்து கொள்கின்றன. முதன்மை இணைப்பு இழையின் நீட்சி அல்லது உருவாக்கத்தின்போது கலவையின் வெப்பநிலை 75°C க்கு உயர்த்தப்பட்டு போதுமான கால அளவிற்கு நிலை நிறுத்தப்படுகிறது. இதனால் Taq டி.என்.ஏ பாலிமரேஸ், தனித்த அச்சு வார்ப்பு டி.என்.ஏ விலிருந்து நகலெடுக்கப்பட்டு முதன்மை இணைப்பு இழை நீட்சியடையச் செய்யப்படுகிறது. இந்த அடைகாப்புக் காலத்தின் இறுதியில்
- இரு அச்சு வார்ப்பு இழைகளும் பகுதியளவு இரட்டைச் சுருள் இழைகளாக மாற்றப்படும். இவ்வாறு உருவாகும் இரட்டைச் சுருள்களிலுள்ள ஒவ்வொரு புது இழையும் கீழ் நோக்கிய வேறுபட்ட தொலைவுகளில் நீண்டு காணப்படும். இந்த நிகழ்வுகள் திரும்பத்திரும்ப நடைபெறுவதன் மூலம் விரும்பிய டி.என்.ஏவின் பல நகல்கள் உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றன. இதற்கு டி.என்.ஏ பெருக்கமடைதல் (DNA amplification) என்று பெயர் (படம்).
- PCR முறைப்படி RNA மூலக்கூறுகளையும் பெருக்கமடையச் செய்ய இயலும். இந்நிகழ்ச்சி பின்னோக்கிய படியெடுத்தல் (PCR (RT-PCR): Reverse transcription PCR) என அழைக்கப்படும். இச்செயல் முறையில், ரிவர்ஸ் டிரான்ஸ்கிரிப்டேஸ் எனும் நொதியைப் பயன்படுத்தி ஆர்.என்.ஏ மூலக்கூறுகள் (mRNA) நிரப்பு டி.என்.ஏ க்களாக (Complementary DNA) மாற்றப்படுகின்றன.

இவ்வாறு உருவான cDNA வானது PCR க்கு வார்ப்புரு டி.என்.ஏவாகப் பணிபுரிகிறது.

மருத்துவக் கண்டறிதல் PCR (PCR in clinical diagnosis)

- மரபியக்குறைபாடுகள், வைரஸ் நோய்கள், பாக்டீரிய நோய்கள் போன்றவற்றைக் கண்டறிய PCRன் இலக்குத் தன்மை மற்றும் உணர்திறன் மிகவும் பயன்படுகிறது. குறிப்பிட்ட வகை நோயூக்கியை அடையாளங்காண்பதன் மூலம் சரியான சிகிச்சை அளிக்க இயலும். வழக்கமான நடைமுறையில் நோயூக்கியாகக் கருதப்படும் நுண்ணுயிர்களை வளர்ப்பு ஊடகத்தில் வளர்த்து, வளர்சிதை மாற்ற சோதனைகளையும் மற்றும் இதர சோதனைகளையும் செய்து பார்த்து அடையாளங்காணப்படுகின்றன. தொற்று நோய்களை கண்டறிய PCR அடிப்படையிலான ஆய்வு எளிதானதாகும். ஒரு ஆய்வுக மாதிரியில், ஒரு நோயூக்கி காணப்பட்டால் நிச்சயமாக அதன் டி.என்.ஏவும் காணப்படும். PCR முறை மூலம் அவற்றின் தனித்துவமான டி.என்.ஏ வரிசைகள் கண்டறியப்படுகின்றன. எடுத்துக்காட்டாக, இரத்தம், மலம், தண்டுவட திரவம், சளி போன்ற மருத்துவ மாதிரிகளில் PCR முறைப்படி மூலம் பரிசோதிப்பதன் மூலம் நோய் வகைகளைக் கண்டறியலாம். கோரியான் நீட்சிகளின் மாதிரிகளைப் பயன்படுத்தியோ அல்லது பனிக்குட திரவ செல்களை ஆய்வதன் மூலமோ குழந்தை பிறப்பதற்கு முன்பே அக்குழந்தைக்கு மரபியல் நோய்கள் உள்ளனவா என்பதைக் கண்டறியலாம். கதிர் அரிவாள் இரத்த சோகை (Sickle cell anaemia), தலாசீமியா (β -Thalassemia) மற்றும் .:பினைல்கீட்டோனூரியா போன்ற நோய்களையும் PCR முறையில் கண்டறிந்து விடலாம். RCR மூலம் கண்டறியப்படும் cDNA வானது ரெட்ரோவைரஸ் தொற்றுகளைக் கண்டறியவும் (எ.கா.மைகோபாக்டீரியம் டியுபர்குலோசிஸ்) கண்காணிக்கவும் உதவும் ஒரு மதிப்பு மிகுந்த கருவியாகும்.
- PCR முறை மூலம், பாப்பிலோமா வைரஸால் தோற்றுவிக்கப்படும் கருப்பை வாய்ப்புற்று நோய் போன்ற வைரஸ்களால் தூண்டப்படும் புற்று நோய்களைக் கண்டறிய இயலும், முதன்மை இழைகளையும் (Primers) டி.என்.ஏ துலக்கி (Probes) யையும் பயன்படுத்தி பால் குரோமோசோம்களைக் கண்டறிந்து, மனிதக்கரு கால்நடைகளின் கரு மற்றும் உடல் வெளிக்கருக்களின் பால் தன்மையை (ஆண்/பெண்) PCR முறையில் கண்டறியலாம். கருவுற்ற முட்டைகளில் (கருக்கள்) ஏதேனும் பால் சார்ந்த குறைபாடுகள் உள்ளனவா என்பதையும் கண்டறியலாம். கருவுற்ற முட்டைகளில் (கருக்கள்) ஏதேனும் பால் சார்ந்த குறைபாடுகள் உள்ளனவா என்பதையும் கண்டறியலாம்.

PCRன் பயன்பாடுகள் (Applications of PCR)

- இரு வேறு உயிரிகளின் மரபணுத் தொகுதியில் காணப்படும் வேறுபாடுகளை PCR மூலம் ஆய்வு செய்யலாம். பரிணாமத்தில் குறிப்பாக, மரபுவழி இனவரலாறுகளை (Phylogenetics) ஆய்வு செய்ய PCR மிக முக்கியமானதாகும். இதில், முடி, பதப்படுத்தப்பட்ட திசுக்கள், எலும்புகள் அல்லது ஏதேனும் படிவமாக்கப்பட்ட பொருள்கள் போன்ற மூல

ங்களிலிருந்து கிடைக்கப்பெறும் நுண்ணிய அளவு டி.என்.ஏக்களை கூட, அளவில் பெருக்கி ஆய்வுகள் மேற்கொள்ள இயலும்.

- தடயவியல் மருத்துவத்திலும் PCR தொழில்நுட்பத்தைப் பயன்படுத்தலாம். இரத்தக்கறை, மயிர், விந்து திரவம் போன்ற தடயங்களிலிருந்து கிடைக்கப்பெறும் ஒரேயொரு டி.என்.ஏ மூலக்கூறைக்கூட PCR தொழில்நுட்பம் மூலம் பெருக்கி ஆய்வு செய்ய முடியும். இவ்வாறு பெருக்கப்பட்ட டி.என்.ஏவைப் பயன்படுத்தி டி.என்.ஏ ரேகை அச்சிடப்பட்டு (DNA finger printing) குற்றவாளிகளை அடையாளம் காண உதவும் ஒரு குருவியாக, தடயவியல் அறிவியலில் பயன்படுத்தலாம். மரபணு சிகிச்சையில், குறிப்பிட்ட டி.என்.ஏ துண்டங்களை உற்பத்தி செய்து பெருக்குவதற்கும் PCR பயன்படுகிறது.

மரபணு மாற்றப்பட்ட விலங்குகள் (Transgenic Animals)

- கால் நடைகள் மற்றும் வீட்டு விலங்குகளின் மரபியல் பண்புகளை மேம்படுத்துவதற்கு தொடக்க காலங்களில், தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட கலப்பு முறைகள் நடைமுறையில் இருந்தன. ஆனால் நவீன உயிரி தொழில்நுட்ப முன்னேற்றத்திற்குப் பிறகு, விரும்பிய வகை விலங்குகளைத் தோற்றுவிக்க, மரபு ரீதியிலான மாற்றங்களைக் கையாள, மனிதர்களால் முடிகிறது. உயிரிகளின் மரபணுத் தொகுதிக்குள் புதிய, (அந்நிய/புறந்தோன்றிய) மிகைப்படியான டி.என்.ஏக்களை நுழைத்து நிலையான மரபியல் மாற்றங்களை விரும்பிய வண்ணம் தோற்றுவிக்கலாம். இதற்கு **மரபணு மாற்றம் (Transgenesis)** என்று பெயர். இவ்விதம் உள் நுழைக்கப்படும் அந்நிய DNA வானது '**மாற்று மரபணு**' (Transgene) எனவும், இதனால் தோற்றுவிக்கப்படும் விலங்குகளை '**மரபுப்பொறியியல் மூலம் மாற்றப்பட்ட**' (Genetically engineered) அல்லது '**மரபியல்பு மாற்றப்பட்ட உயிரிகள்**' (Genetically modified organisms) என்று அழைக்கலாம்.

மரபணு மாற்ற உயிரிகளை உருவாக்கும் பல்வேறு படிநிலைகளாவன,

- விரும்பிய மரபணுவை அடையாளங்கண்டு அதைத் தனித்துப் பிரித்தெடுத்தல்.
- கடத்தியைத் (பொதுவாக, வைரஸ்) தேர்ந்தெடுத்தல் அல்லது நேரடியாகச் செலுத்துதல்
- விரும்பிய மரபணுவை, கடத்தியின் மரபணுவுடன் இணைத்தல்
- இவ்விதம் மாற்றமுற்ற கடத்தியை, செல்கள், திசுக்கள், கரு அல்லது முதிர்ந்த உயிரியினுள் செலுத்துதல்
- மரபணு மாற்ற திசு அல்லது விலங்குகளில் அந்நிய ஜீனின் ஒருங்கிணைப்பு மற்றும் வெளிப்பாடு பற்றிய செயல் விளக்கம்.

- சுண்டெலி, எலி, முயல், பன்றி, பசு, வெள்ளாடு, செம்மறியாடு மற்றும் மீன் ஆகியவற்றில் மரபணு மாற்ற வகைகள் தோற்றுவிக்கப்பட்டுள்ளன (படம்).

மரபணு மாற்றப்பட்ட விலங்குகள் மரபணு மாற்றுதலின் பயன்பாடுகள் (Uses of Transgenesis)

- உயர்வகை உயிரிகளில் மரபணு வெளிப்பாட்டையும் வளர்ச்சி செயல்முறைகளையும் அறிந்து கொள்ள உதவும் சக்தி வாய்ந்த கருவியாக மரபணு மாற்றம் உள்ளது.
- மரபணு மாற்றம் விலங்குகளின் மரபுப் பண்புகளை மேம்படுத்த உதவுகிறது. மனித நோய்களைப் புரிந்து கொள்ளவும் அவற்றிற்குரிய புதிய சிகிச்சை முறைகளைப்பற்றி ஆய்வு செய்யவும் உதவும் நல்ல மாதிரிகளாக மரபணு மாற்ற விலங்குகள் விளங்குகின்றன. புற்றுநோய், அல்சைமர், நீர்மத்திசு வழற்சி (Cystic fibrosis), சரவாங்கி (rheumatoid arthritis) மற்றும் கதிர் அரிவாள் இரத்த சோகை (Sickle cell anaemia) போன்ற மனித நோய்களுக்கான மனித மரபணு மாற்ற மாதிரிகளும் (Transgenic models) உருவாக்கப்பட்டுள்ளன.
- மரபணு மாற்ற விலங்குகளைக் கொண்டு உற்பத்தி செய்யப்படும் புரதங்கள் மருத்துவத்துறையிலும் முக்கியமான பயன்பாடுகளைக் கொண்டுள்ளன.
- தடுப்பூசிகளின் பாதுகாப்புத்தன்மையைச் சோதிப்பதற்கு மரபணு மாற்ற சுண்டெலிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.
- நச்சுத்தன்மையுடைய பொருட்களைச் செலுத்தி மரபணு மாற்றமில்லாத (non-transgenic) விலங்குகளைப் பரிசோதித்தபோது, அவை அப்பொருள்களுக்குரிய மரபணுவை பெற்றிருந்தால், உணர்திறன் மிகுதியாகக் கொண்டிருந்ததையும், நச்சுப்பொருள்களால் அவைகளில் ஏற்படும் விளைவுகள் பற்றியும் அறியப்பட்டது.
- பாலின் அளவையும் தரத்தையும் மேம்படுத்துவதற்கும், மாமிசம், முட்டைகள் மற்றும் கம்பளி (மயிர்) உற்பத்திக்கும், மருந்து எதிர்ப்புத்தன்மையைப் பரிசோதிப்பதற்கும் மரபியல்பு மாற்றுதல் முக்கியப் பங்காற்றுகிறது.

உயிரிய விளைபொருட்கள் மற்றும் அவற்றின் பயன்கள் (Biological products and their users)

- உயிரிகளிடமிருந்து பெறப்பட்டு நோய்கள் வருமுன் தடுக்கவும், நோய்களுக்கு சிகிச்சை அளிக்கவும் பயன்படும் பொருட்கள் “உயிரிய விளைபொருட்கள்” எனப்படும். எதிர் நச்சுகள் (Antitoxins), பாக்டீரிய மற்றும் வைரஸ் தடுப்பூசிகள் (Bacterial and Viral vaccines), இரத்த விளைபொருட்கள் (Blood products) மற்றும் ஹார்மோன் வடிசாறு (Hormone extracts) போன்றன சில உயிரிய விளை பொருட்கள் ஆகும். இத்தகு பொருட்கள் நுண்ணுயிரிகள், தாவர செல்கள் அல்லது விலங்கு செல்கள் போன்ற உயிரிகளைக் கொண்டு

உயிரியதொழில் நுட்ப முறையில் உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றது. இவற்றை பண்பாக்கம் செய்வது சிறு மூலக்கூறு மருந்துகளின் பண்பாக்கத்தை விட கடினமாகும். இத்தகைய உயிரிய விளைபொருட்களை மரபணு மறுசேர்க்கை தொழில்நுட்பத்தின் மூலம், தேவையான போது உற்பத்தி செய்து கொள்ள முடியும். சிகிச்சை புரதங்கள் (Therapeutic proteins), ஒற்றைப் படியாக்க எதிர்ப்பொருட்கள் (Monoclonal antibodies) மற்றும் தடுப்பூசிகள் (Vaccines) போன்ற பல உயிரிய விளைபொருட்கள் பயன்பாட்டிற்கான ஒப்புதலைப் பெற்றுள்ளன. புரதங்கள் நலப்பாதுகாப்பு மற்றும் மருந்தாக்கத் தொழிற்சாலைகளில் உயிரிய தொழில்நுட்பவியல் புரட்சியை ஏற்படுத்தியுள்ளது. வணிக முறையில் உற்பத்தி செய்யப்படும் ஹார்மோன்களும், எதிர்ப்பொருட்களும் மருத்துவத் தொழிற்சாலைக்கு முதன்மையானவை ஆகும். மறுசேர்க்கை ஹார்மோன்களான இன்சலின், மனித வளர்ச்சி மற்றும் மனித ஆல்.பாலாகட்டல்புமின் போன்ற மறுசேர்க்கைப் புரதங்கள் தற்போது கிடைக்கின்றன.

- விரும்பத்தகுந்த புரதங்களை உற்பத்தி செய்யும் உயிரிய வினைகலன்களாக (Bioreactors) விலங்குகள் பயன்படுகின்றன. நோயுண்டாக்கும் எதிர்ப்பொருள் தூண்டிகளுக்கு (Antigens) எதிராகச் செயல்படும் பொருட்களே எதிர்ப்பொருள்கள் (Antibodies) எனப்படும். இவற்றை உற்பத்தி செய்யும் உயிரிய வினைகலன்களாக மரபணு மாற்றப்பட்ட விலங்குகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.
- புற்றுநோய் சிகிச்சை, இதயநோய் சிகிச்சை மற்றும் உறுப்பு மாற்று நிராகரிப்பு போன்றவற்றில் பயன்படும் ஒற்றை படியாக்க எதிர்ப்பொருட்கள் (Monoclonal antibodies) போன்றன உயிரி தொழில்நுட்பமுறையில் உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றன. இயற்கை புரத ஒட்டுப்பசைகள் (Natural protein adhesives) என்பன நச்சற்ற, உயிரி சிதைவுக்கு உள்ளாகும், அரிதாக நோய்த்தடையை முடுக்கிவிடும் தன்மை கொண்டனவாகும். எனவே தசை நார் (Tendons) மற்றும் திசுக்களை இணைக்கவும், பற்குழியை நிரப்பவும், உடைந்த எலும்புகளை சீராக்கவும் பயன்படுகின்றன.

விலங்கு நகலாக்கம் (Animal cloning)

- விலங்கு நகலாக்கம் என்பது ஒரு உயிரியிலிருந்து மரபொத்த பல உயிரிகளை இயற்கை முறை அல்லது செயற்கை முறையில் உருவாக்குவது ஆகும். இயற்கையில் பல உயிரினங்கள் நகலாக்கம் எனும் பாலிலி இனப்பெருக்க முறையை மேற்கொள்கின்றன.
- உயிரிய தொழில்நுட்பவியலில் நகலாக்கம் என்பது உயிரியை உருவாக்குவது அல்லது செல்களின் நகல்களை உருவாக்குவது அல்லது டி.என்.ஏ துண்டங்களை உருவாக்குவது (மூலக்கூறு நகலாக்கம்) ஆகியவற்றைக் குறிப்பதாகும்.
- ஐயன் வில்மட் (Ian Wilmat) மற்றும் கேம்ப்பெல் (Cambell) ஆகியோர் 1997ல் முதன் முதலில் டாலி (Dolly) எனும் முதல் பாலூட்டியை (செம்மறி ஆடு)

நகலாக்கம் செய்தனர். முழுமைத்திறன் நிகழ்வாய்வு மற்றும் உட்கரு மாற்று தொழில்நுட்பத்தின் மூலம் மரபணு மாற்றப்பட்ட டாலி எனும் நகல் செம்மறி ஆடு உருவாக்கப்பட்டது. முழுமைத்திறன் என்பது பல்வேறு செல்களை, திசுக்களை, உறுப்புகளை மற்றும் முடிவாக, ஒரு உயிரியை உருவாக்கும் ஒரு செல்லின் திறனாகும்.

- கொடையாளி செம்மறி ஆட்டின் (ewe) பால்மடி செல்கள் (உடல் செல்கள்) தனிமைப்படுத்தப்பட்டு 5 நாட்களுக்கு உணவூட்டமின்றி வைக்கப்பட்டது. மடி செல்கள் இயல்பான வளர்ச்சி அடையாமல் உறக்க நிலையை அடைந்து முழுமைத்திறனைப் பெறுகின்றது. வேறொரு செம்மறி ஆட்டின் அண்டசெல் (முட்டை) பிரித்தெடுக்கப்பட்டு உட்கரு வெளியேற்றப்படுகின்றது. பின்னர் உறக்க நிலை மடிசெல் மற்றும் உட்கரு நீக்கிய அண்ட செல் இரண்டும் ஒன்றிணைக்கப்பட்டது. மடிசெல்லின் வெளியுறை சிதைக்கப்பட்டு உட்கருவைச் சுற்றி அண்ட செல் இரண்டும் ஒன்றிணைக்கப்பட்டது. மடிசெல்லின் வெளியுறை சிதைக்கப்பட்டு உட்கருவைச் சுற்றி அண்டசெல் சூழும்படி செய்யப்பட்டது. இவ்வாறு ஒன்றிணைந்த செல் பிரிதொரு செம்மறி ஆட்டின் கருப்பையில் பதிவேற்றப்பட்டது. (வாடகைத்தாய்) ஐந்து மாதங்களுக்குப்பின் “டாலி” பிறந்தது. ஒரு முதிர்ந்த விலங்கின் மாறுபாடமைந்த உடல் செல்லிலிருந்து கருவுறுதல் நிகழ்வு இன்றி, நகலாக்க முறையில் முதன்முதலாக உருவாக்கப்பட்ட விலங்கு டாலி ஆகும் படம்.

விலங்கு நகலாக்கத்தின் நன்மைகளும் தீமைகளும்

- மருத்துவப் பரிசோதனைகள் மற்றும் மருத்துவ ஆராய்ச்சியாளர்களுக்கு நன்மை பயக்கின்றது. மருத்துவத் துறையில் புரதங்கள் மற்றும் மருந்துகள் உற்பத்திக்கு உதவுகின்றது.
- தண்டு செல் ஆராய்ச்சிக்கு (Stem cell research) வழிகோலுகிறது.
- விலங்கு மற்றும் மனித செயல் முனைவோர் நகலாக்கம் என்பது உயிரிய பல்வகைமைக்கான சவாலானது எனக் கருதுகின்றனர். இச்செயல், பரிணாமத்தை மாற்றி இனத்தொகை மற்றும் சூழ்நிலை மண்டலத்தில் தாக்கத்தை உண்டாக்கும் என்ற கருதுகின்றனர்.
- நகலாக்க செயல்முறை கடினமானது மற்றும் விலையுயர்ந்தது.
- இச் செயலால் விலங்குகள் பாதிப்படையும்.
- வாடகைத்தாய் உயிரிகள், எதிர்மறையாகி கேடுகளுக்கு ஆட்படுவதுடன் நகலாக்க விலங்குகள் நோய் பாதிப்புக்கு உட்பட்டு உயிர் இறப்பு வீதம் ஏற்படுகின்றது.
- நகலாக்க விலங்குகளின் இறைச்சியை உண்பதால் உடல் நலனில் சமரசம் செய்ய வேண்டியுள்ளது.

- இயல்பான விலங்குகளை நகலாக்க விலங்குகள் விரைவாக மூப்படைவதுடன், பெற்றோர் உயிரியைவிட குறைந்த நலமுடையனவாக உள்ளன. (இந்தப் பிரச்சனை 'டாலி'யிலும் காணப்பட்டது.
- நகலாக்க விலங்குகளில் மரபுக்கோளாறுகள் தோன்றுகின்றன.
- 90% மேற்பட்ட நகலாக்க விலங்குகள் சந்ததியை உருவாக்க இயலாத மலட்டுயிரிகளாகின்றன.

ஐயன் வில்மட் மற்றும் கேம்ப்பெல் முதிர்ந்த செம்மறி ஆட்டின் 227 மடிசெல்களை 227 உட்கரு நீக்கிய அண்ட செல்களுடன் ஒன்றிணைத்தனர். 6 நாட்கள் கருவளர்ச்சிக்குப்பின் 29 வளர்கருக்களை வாடகைத்தாய் கருப்பையில் பதித்தனர். அவற்றில் ஒன்று மட்டுமே 'டாலி' யாக உற்பத்தியானது.

'மரபணு வெளியேற்றம்' (Knock out) என்பது ஒரு உயிரியிலுள்ள குரோமோசோம்களில் ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட மரபணுக்களை மரபுப்பொறியியல் வாயிலாக செயல்பட இயலாமல் செய்வதாகும்.

அறம் சார்ந்த பிரச்சனைகள் (Ethical issues)

- மலிவான மருந்துகள், தரம் மிகுந்த பழங்கள் மற்றும் காய்கறிகள், நோயெதிர்ப்பு திறன் கொண்ட பயிர்கள், நோய்களை குணமாக்கும் உள்ளூர் முறை மற்றும் அதிக எண்ணிக்கையிலான முரண்கள் ஆகியவற்றை இச்சமூகத்திற்கு உயிரிய தொழில்நுட்பம் கொடையாக தந்திருக்கிறது.
- இதற்கான முக்கிய காரணம் நவீன உயிரிய தொழில்நுட்பத்தின் பெரும்பகுதி மரபணு கையாளுதலுடன் தொடர்புடையதே ஆகும். இத்தகைய மரபணு மாற்றம் இனம் புரியாத விளைவுகளை ஏற்படுத்துமோ என மக்கள் அச்சப்படுகின்றனர். டி.என்.ஏ மறுசேர்க்கை தொழில்நுட்பத்தால் உருவாக்கப்படும் தனித்தன்மை கொண்ட நுண்ணுயிரிகள், வைரஸ் போன்றனவற்றை கவனக்குறைவாகவோ அல்லது வேண்டுமென்றோ போர் போன்றவற்றில் பயன்படுத்திட நேர்ந்தால் தொற்று நோய்கள் அல்லது சூழியல் பேரழிவை ஏற்படுத்தும் எனும்பீதி மக்களிடையே நிலவுகின்றது. எப்படியிருப்பினும் இம்முறையில் இடர்கள் குறைவு, பயன்கள் அதிகம்.

உயிரிய தொழில்நுட்பவியலின் நெறிமுறைகள் (Regulations in Biotechnology)

- மரபியல்பு மாற்றப்பட்ட உயிரிகளின் (GMOs) உற்பத்தி மற்றும் உயிரிய தொழில்நுட்பப் பொருட்களின் உற்பத்தி, விற்பனை மற்றும் பொருட்கள் ஆகியவை சில நெறிமுறைகளுக்குட்பட்டதாகும். மரபியல்பு மாற்றப்பட்ட உயிரிகளின் உற்பத்திப் பொருட்களை கவனமாக ஆய்வுக்கு உட்படுத்தப்பட்டு ஆவணப்படுத்துவது அவசியம். மரபியல்பு மாற்றப்பட்ட உயிரிகளை அடையாளப்படுத்தி, பயன்பாட்டு வழிமுறைகளுக்கு ஏற்ப பயன்படுத்த வேண்டும். இத்தகு நெறிமுறைகள் மக்கள் உயிரினங்கள் மற்றும் சுற்றுச்சூழலை பாதுகாக்க உருவாக்கப்பட்டதாகும். இந்திய உயிரிய தொழில்நுட்ப நெறிப்படுத்து ஆணையம் (BRAI) (Bio technology Regulatory Authority of

India), மரபியல்பு மாற்றப்பட்ட உயிரிகளை உள்ளடக்கிய உயிரிய தொழில்நுட்பவியல் வழி (GMOs) உற்பத்திப் பொருட்கள் பயன்பாட்டை நெறிப்படுத்த உருவாக்கப்பட்ட அமைப்பாகும். இந்திய வனங்கள், சூழ்நிலை மாற்றம் சுற்றுச்சூழல் அமைச்சகத்தின் ஆளுகையில் உள்ள மரபுப்பொறியியல் ஒப்புதல் குழுமம் (Genetic Engineering Approval Committee - GEAC), நம் நாட்டில் மரபுப்பொறியியல் ஒப்புதல் குழுமம் (Genetic Engineering Approval committee - GEAC), நம் நாட்டில் மரபுப்பொறியியல் உற்பத்திப் பொருட்களுக்கு ஒப்புதல் அளிக்கும் அமைப்பு ஆகும். மசோதா ஏற்பளிக்கப்பட்டால், உயிரிய தொழில் நுட்பவியல் நெறிப்படுத்து ஆணையத்தின் துணைப்பிரிவான சுற்றுச்சூழல் மதிப்பீட்டுக் குழு (Environmental Appraisal Panel) பொறுப்பேற்கும். மேலும், அமைச்சகங்களுக்கு இடையிலான BRAI செயல்பாடுகளை மேற்பார்வை செய்யும் அமைப்பை உருவாக்கிட இம்மசோதா முன்மொழிகின்றது. உயிரிய தொழில்நுட்ப உற்பத்திப் பொருட்கள் மற்றும் உயிரிகளை சமுதாயத்துக்குள் நுழைத்தல், அவற்றின் பயன்பாட்டின் பின்னூட்டம் அளிப்பது ஆகியன தேசிய உயிரி தொழில்நுட்ப ஆலோசனைக் குழுமப் பங்குதாரரின் பணிகளாகும். சட்டப்படியான தன்னாட்சி நிறுவனமான நெறிப்படுத்து அமைப்பு உயிரிய தொழில்நுட்ப உற்பத்திப் பொருட்கள் மற்றும் உயிரிகளைப்பற்றி ஆராய்ச்சி, இறக்குமதி, போக்குவரத்து மற்றும் உற்பத்தி ஆகியனவற்றை நெறிப்படுத்துகின்றது. மாநில உயிரிய தொழில்நுட்ப ஒருங்கிணைப்புக் குழுமம் (State Biotechnology Co ordination Committees - SBCC) மற்றும் மாவட்ட அளவிலான குழுமங்கள் (District level Committee) ஆகியன GEAC க்கு உதவி புரிவனவாகும். நிறுவன உயிரிய பாதுகாப்புக் குழுமம் (The institutional Biosafety Committee - SBCC) மற்றும் மாவட்ட அளவிலான குழுமங்கள் (District level Committee) ஆகியன GEAC க்கு உதவி புரிவனவாகும். நிறுவன உயிரிய பாதுகாப்புக் குழுமம் (The Institutional biosafety Committees - IBSC) உள்ளூரில் வழிமுறைகளை நடைமுறைப்படுத்தும் அமைப்பு ஆகும். மரபணு மாற்றப்பட்ட பொருட்களை வர்த்தக ரீதியாக, பெருமளவில் பயன்படுத்த அனுமதி அளிப்பது, விருப்பத்திற்கேற்ப மரபுப்பொருள் மாற்றியமைப்பு மீளாய்வுக்குழு (Review Committee on Genetic manipulation (RCGM) வின் பணியாகும். IBSC மற்றும் RCGM ஆகியவை மிக முக்கிய அமைப்புகளாகும். இவற்றை கண்காணிப்பது மரபுப்பொருள் ஒப்புதல் குழுவின் (GEAC) பொறுப்பாகும்.

- உயிரிய தொழில் நுட்பவியல் துறையானது அதன் பெருந்துத்தன்மை மற்றும் பயன்தரு தன்மை அடிப்படையில் தனித்தனியே பல்வேறு சட்டதிட்டங்களால் நிர்வகிக்கப்படுகின்றது. 1990ல் உயிரிய தொழில்நுட்பவியல் துறையால் (DBT) வெளியிடப்பட்ட மறுசேர்க்கை டி.என்.ஏ பாதுகாப்பு வழிகாட்டி முறைகள் மரபுப்பொறியியலால் மாற்றப்படும் உயிரிகள் தொடர்பான ஆராய்ச்சிகளை உள்ளடக்கியதாகும். இந்த வழிகாட்டி முறைகள், 1994ல் மேலும் திருத்தி அமைக்கப்பட்டது. இந்திய மருத்துவ ஆராய்ச்சிபேரவை இந்திய வேளாண் ஆராய்ச்சிபேரவை, அறிவியல் மற்றும் தொழிலக ஆராய்ச்சிப் பேரவை ஆகியவற்றின்

சட்டப்படியான அமைப்புகள்

1. மறுசேர்க்கை DNA ஆலோசனைக் குழுமம் → ஆலோசனை (RDAC)-
2. நிறுவன உயிரிய பாதுகாப்புக் குழுமம் (IBSC)
3. விருப்பத்திற்கேற்ப மரபுப்பொருள் மாற்றியமைப்பு ஒப்புதல் மீளாய்வுக் குழு (RCGM)
4. மரபுப்பொறியியல் ஒப்புதல் குழுமம் (GEAC)
5. மாநில உயிரிதொழில் நுட்பவியல் ஒருங்கிணைப்பு குழுமம் (SBCC)] கண்காணிப்பு
6. மாவட்ட அளவிலான குழுமம் (DLC)

உயிரிப்பொருள் கொள்கை (Biopiracy) என்பது 'பன்னாட்டு நிறுவனங்கள் மற்றும் பிற அமைப்புகள், நாடு அல்லது மக்களின் உரிய அங்கீகாரமின்றி, இழப்பீடு ஏதும் வழங்காமல் உயிர் வளங்களை பயன்படுத்துவதாகும்' என வரையறுக்கப்பட்டுள்ளது.

உயிரியல் மற்றும் மருத்துவத்துறை மேம்பாட்டால் தோன்றும் அறம்சார் பிரச்சனைகளைப் பற்றி படிப்பது **உயிர் அறவியல் (Bioethics)** எனப்படும். இது மருத்துவ கொள்கை மற்றும் நடைமுறையை தொடர்புபடுத்தும் மிக பகுப்பாய்வு ஆகும்.

- பிரதிநிதிகளை உயிரிய தொழில் நுட்பவியல் துறையின் கீழ் இயங்கும் விருப்பத்திற்கேற்ப மரபுப்பொருள் மாற்றியமைப்பு மீளாய்வுக் குழு (RCGM) அங்கத்தினர்களாகக் கொண்டுள்ளது. டி.என்.ஏ மறுசேர்க்கைத் தொழில்நுட்பத்தைப் பயன்படுத்தி பெருமளவு மருந்து உற்பத்தி செய்யும் தொழிலகங்களுக்கு உரிமம் பெறுவது தொழிற்சாலை (வளர்ச்சி மற்றும் நெறிப்படுத்துதல்) விதி 1951ன் படி கட்டாயமாக்கப்பட்டுள்ளது.
- உலக வர்த்தக அமைப்பின் (WTO) ஒப்பந்தப்படி அறிவுசார் சொத்துரிமை வர்த்தகத்தின் கையொப்பதாரர் எனும் முறையில் இந்தியா, காப்புரிமை விதி 1999 உட்பட பல்வேறு அறிவுசார் சொத்துகளின் மீதான சட்ட விதிகளில் திருத்தங்களைச் செய்துள்ளது.

மரபியல்பு மாற்றப்பட்ட உயிரிகளால் நேரிடக்கூடிய ஆபத்துகள் (Possible threats of Genetically modified organisms)

- மரபியல்பு மாற்றப்பட்ட உயிரிகள் (GMO) எனப்படும் மரபுப்பொறியியல் வழி மாற்றப்பட்ட உயிரிகள் (GEO), வளர்ந்த மற்றும் வளரும் நாடுகளில் வேளாண்மை, வனத்துறை, நீர்வாழ் உயிரி வளர்ப்பு, உயிரியல் தீர்வு மற்றும் சுற்றுச்சூழல் மேலாண்மை ஆகியவற்றில் பங்காற்ற உருவாக்கப்பட்டனவாகும். இருந்தபோதிலும் வேண்டுமென்றோ அல்லது கவனக்குறைவாகவோ மரபியல்பு மாற்றப்பட்ட உயிரிகளை சுற்றுச்சூழலில் விடுவிக்கப்படும்போது சில சமயங்களில் எதிர் சூழலியல் விளைவுகளை உண்டாக்குகின்றன.

மரபியல்பு மாற்றப்பட்ட உயிரிகளால் ஏற்பட வாய்ப்புள்ள இடர்பாடுகள்:

- புதிய அல்லது கொடிய தீங்குயிரிகள் மற்றும் நோயூக்கிகளை உருவாக்குவது. மரபணு மாற்றப்பட்ட உயிரிகளைக் கொண்டு இனக்கலப்பு செய்வதன் மூலம் வாழ்ந்து வரும் தீங்குயிரிகளின் விளைவுகளை மேலும் மோசமடையச் செய்தல்.

சுற்றுச்சூழல்	நலம்	வேளாண்மை
தீங்குயிர்க்கொல்லி நச்சுப்பொருட்கள் இலக்கில்லா உயிரிகள் மற்றும் சூழ்நிலை மண்டலம் ஆகியவற்றில் எதிர்மறை விளைவுகளை ஏற்படுத்துகின்றன.	மரபியல்பு மாற்றப்பட்ட மரபணுக்களால் உருவாக்கப்படும் புரதங்கள் மனிதன் அல்லது பிற விலங்குகளில் ஒவ்வாமையை விளைவிக்கின்றது. தற்காலத்தில் மரபியல்பு மாற்றிய உணவுப்பொருட்கள் மீது எவ்விதக் குறியீடுகளும் செய்யப்படுவதில்லை.	தீங்குயிர் நச்சுப் பொருட்களுடன் மரபியல்பு மாற்றப்பட்ட உயிரிகள் இணைந்து தீங்குயிர்க்கொல்லி இனத்தொகையில் நச்சு எதிர் பரிணாமத்தை ஏற்படுத்துகின்றது.
சிற்றினங்களுக்கிடையிலான மகரந்தச்சேர்க்கை “தாவரக் கொல்லி எதிர்ப்பு” மரபணுக்களை பரப்பி” “சூப்பர் வீட்” எனும் “மீக்களை” தாவரங்களை உருவாக்குகின்றன.	மரபணு மாற்றத்தின்போது குறியீட்டாளராகப் பயன்படுத்தப்படும் நோய் எதிர்பொருள் தடை ஏற்படுத்தும் மரபணுக்கள், நோய் உண்டாக்கும் பாக்டீரியங்களை பரப்ப வாய்ப்புள்ளது.	மரபியல்பு மாற்றப்பட்ட விதைகள் மீது பெரிய உயிர்த்தொழில்நுட்ப நிறுவனங்கள் சட்டப்படியான தனியுரிமை (காப்புரிமை) தன்னகத்தே கொண்டுள்ளன.
தீங்குயிரிகள், களைகள் மற்றும் போட்டித் தாவரங்களை அழிப்பதால் உயிரிய பல்வகைத் தன்மையில் எதிர்மறைத் தாக்கம் ஏற்படுகின்றது.	மரபு மாற்றப்பட்ட மரபணுக்கள் திடீர் மாற்றமடைந்து எதிர்பாராத இடர்பாடுகளை ஏற்படுத்தலாம்.	தீங்குயிர்க்கொல்லி எதிர்ப்பு மற்றும் களைக்கொல்லி எதிர்ப்பு என இரு வடிவங்களில், மரபணு மாற்றப்பட்ட உயிரிகள், வேளாண்மையில் இடையூறுகளை ஏற்படுத்தும்.

- இலக்கில் இல்லாச் சிற்றினங்களான மண்ணில் வாழும் உயிரிகள், தீங்கு செய்யத் தாவரங்கள், பறவைகள் மற்றும் பிற விலங்குகளுக்கு ஊறு விளைவித்தல்
 - விவசாய/வேளாண் சூழ்நிலை மண்டலம் உட்பட்ட உயிரிய சமுதாயத்திற்கு இடையூறு செய்தல்.
 - சிற்றின பல்வகைத் தன்மை அல்லது சிற்றினங்களுக்குள்ளான மரபியல் பல்வகைமை ஆகியவற்றில் சரி செய்யப்பட இயலாத இழப்பு அல்லது மாற்றங்களை ஏற்படுத்துதல்.

○ மனித நலனுக்கு எதிரான இடர்பாடுகளை ஏற்படுத்துதல்

- மரபியல்பு மாற்றப்பட்ட உயிரிகளை சுற்றுச்சூழலில் விடுவித்தால் காலம் தாழ்ந்தும் தாக்கத்தை ஏற்படுத்தலாம். ஏனெனில், அவ்வுயிரிகள் பெருகி, ஊடுருவி, பரவி, சில நேரங்களில் பிற உயிரிகளின் டி.என்.ஏ வில் நுழைந்து மாற்றங்களை ஏற்படுத்திட நீண்ட காலம் தேவைப்படும். மரபியல்பு மாற்றப்பட்ட உயிரிகள் தற்போது வாழும் உயிரிகளில் மாற்றங்களை உருவாக்கி அதன் மூலம் புதிய சிற்றினங்களை உருவாக்கி சுற்றுச்சூழலை பாதிக்கச் செய்ய இயலும். இத்தகு காரணங்களால் நெறிப்படுத்தும் ஆணையத்தினர் மரபியல்பு மாற்றப்பட்ட உயிரிகளை சுற்றுச்சூழலில் களப்பரிசோதனைக்கு அனுமதி அளிப்பதில் மிகவும் கவனமாக உள்ளனர்.

உயிரிய பாதுகாப்பு வழிமுறைகள் (Biosafety guidelines)

- மரபியல்பு மாற்றப்பட்ட உயிரிகள் (GMOs) வளர்ச்சி பற்றி கருத்துகள் புவியளவில் வளர்ந்து வருவதால் உலக சுகாதார நிறுவனம் (WHO) 1991 ஆம் ஆண்டு உயிரிய பாதுகாப்புக்காக முறை சாரா பணிக் குழுக்களை உருவாக்கியது. இக்குழு சுற்றுச்சூழலில் உயிரிகளை விடுவிக்க “தன்னார்வக் குறியீடு” ஒன்றை தயாரித்துள்ளது. “மரபுப்பொறியியல் மற்றும் உயிரிய தொழில் நுட்பவியல் பன்னாட்டு மையம்” (ICGEB) உயிரிய பாதுகாப்பு தொடர்பாக எழும் பிரச்சினைகளுக்குத் தீர்வு மற்றும் சுற்றுச்சூழல் அடிப்படையில் உயிரிய தொழில்நுட்பவியல் தொடர் பயன்பாடு ஆகியனவற்றில் முக்கியப் பங்காற்றுகின்றது. மனித சுகாதாரம் சுற்றுச்சூழல் மற்றும் வேளாண்மை ஆகியனவற்றில் மரபியல்பு மாற்றப்பட்ட உயிரிகளுக்கான அனுமதியால் தோன்றும் இடர்பாடுகள் பற்றி ICGEB வலைதளத்தில் அறியலாம். கேடு விளைவிக்கும் நுண்ணுயிரிகள் மற்றும் மரபுப் பொறியியலால் உருவாக்கப்பட்ட உயிரினங்கள் ஆகியனவற்றை உற்பத்தி செய்தல், பயன்படுத்துதல், இறக்குமதி செய்தல், ஏற்றுமதி செய்தல், சேமித்தல் போன்றவற்றை கட்டுப்படுத்துவதற்காக, 1986-ன் சுற்றுச்சூழல் பாதுகாப்பு சட்டம் தனக்கு வழங்கியுள்ள அதிகாரத்தை பயன்படுத்தி இந்தியாவில் உயிரிய தொழில்நுட்பத் துறை (DBT) “rDNA பாதுகாப்பு வழிமுறை”களை உருவாக்கியுள்ளது. மேற்கூறிய வழிமுறைகளை நடைமுறைப்படுத்துவது மற்றும் கண்காணிப்பது “உயிரியப் பாதுகாப்பு நிறுவனக் குழுக்கள் (IBSC’s) “விருப்பத்திற்கேற்ப மரபுப்பொருளை கையாளும் மீளாய்வுக் குழுக்கள்” (RCGM) மற்றும் சுற்றுச்சூழல் மற்றும் வனத்துறை அமைச்சகத்தின் மரபுப் பொறியியல் ஒப்புதல் குழு (GEAC) ஆகியனவற்றின் பணிகளாகும்.

அறிவுசார் சொத்துரிமை மற்றும் பாதுகாப்பு (Intellectual property rights and intellectual property protection)

- இயல்பொருட்களான வீட்டுத் தளவாடங்கள், நிலம் போன்ற சொத்துகளைப் பாதுகாக்க நாட்டில் பல சட்டங்கள் நடைமுறையில் உள்ளன. இவை வெளியில் புலப்படக்கூடியன. ஆனால், மாற்றம் செய்யப்பட்ட நுண்ணுயிரிகள், தாவரங்கள், விலங்குகள் மற்றும் வணிகப் பொருட்களை உற்பத்தி செய்யும் தொழில் நுட்பங்கள் போன்றன முழுமையாக அறிவு சார்ந்தனவாகும். இத்தகு

பொருட்களை உருவாக்கியவர் அல்லது கண்டறிந்தவர் அப்பொருளுக்கு முழு உரிமையுடையவராவார். இத்தகு அறிவுசார் சொத்துகளுக்கும் நாட்டில் சட்டம் உருவாக்கப்பட்டு பாதுகாப்பு அளிக்கப்படுகிறது. ஏனெனில், இவை வெளியில் புலப்படாத சொத்துகள். மேலும் இத்தகு அறிவை பிறருக்கு வெளிப்படுத்துவது புதிய கண்டுபிடிப்பு மற்றும் புதுமையாக்கலுக்கும் வழி செய்கின்றது. இதற்கான பின்னூட்டமே சட்ட உரிமை அல்லது காப்புரிமை எனும் பயன்பாட்டிற்கான தற்காலிக தனியுரிமை ஆகும். சட்டங்கள் தேசிய அளவிலும் பன்னாட்டு அளவிலும் அவ்வப்போது உருவாக்கப்படுகின்றன. உருவாக்கப்படும் புதிய பயிர் வகைகளும் அறிவுசார் சொத்துரிமை ஆகும். இது தாவர சாகுபடியாளர்களின் உரிமைகள் (plant breeders rights - PBR's) மூலமாக பாதுகாக்கப்படுகின்றது. கிராம சமூகம் மற்றும் விவசாயிகளின் மரபியல் பல்வகைமை கொண்ட சிற்றினப் பயன்பாடு, மரபியல் அறிவு மற்றும் பரிமாற்றம் படைப்பு, பாதுகாப்பு ஆகியனவற்றை PBR அங்கீகரிக்கின்றது. தாவர சாகுபடியாளர் இதுவரை இல்லாத புதிய தாவர வகையை உற்பத்தி செய்ய அரசாங்கத்தால் அளிக்கப்படுவதே “அறிவுசார் சொத்துரிமை” (IPR) மற்றும் “பாதுகாப்பு” (IPP) ஆகும்.

- காப்புரிமை, பதிப்புரிமை, வணிகக் குறியீடு போன்ற பல்வேறு வரிகளில் அறிவுசார் சொத்துகளின் உரிமை பாதுகாக்கப்படுகின்றது.

காப்புரிமை (Patents):

- பொருளாதார முக்கியத்துவம் வாய்ந்த எண்ணற்ற உயிரிய பொருட்களின் உற்பத்தியை உள்ளடக்கியது. உயிரிய தொழில் நுட்பவியல் எனும் அறிவியல் ஆகும். உயிரிய தொழில் நுட்பவியல் உற்பத்திப் பொருட்கள் மற்றும் செயல்முறைகள் ஆகியவை கண்டுபிடிப்புகளுள் அடங்கும். உயிருள்ள கூறுகளான நுண்ணியிரிகள் விலங்குகள், தாவரங்கள், செல்வகைகள், செல் நுண்ணுறுப்புகள், பிளாஸ்மிடுகள், மரபணுக்கள் மற்றும் உயிரினத் தொகுப்பில் உருவாகும் இயற்கை உற்பத்திப் பொருட்களான முதனிலை மற்றும் இரண்டாம் நிலை வளர்சிதை மாற்ற உற்பத்திப் பொருட்களான ஆல்கஹால் மற்றும் எதிர்ப்பொருட்கள் ஆகியன உற்பத்தி பொருட்களில் அடங்கும்.

தாமஸ் ஆல்வா எடிசன் மட்டுமே உலகில் 1000க்கும் மேற்பட்ட காப்புரிமையை தன் கணக்கில் கொண்ட அறிவியலாளர் ஆவார்.

- பிரித்தெடுத்தல், சுத்திகரித்தல், வளர்த்தல், புதிய, எளிய, செலவு மலிவான உயிரிய மாற்ற செயல்கள் மற்றும் உயிரிய தொழில்நுட்ப விளைபொருட்களை உருவாக்குதல் போன்றன உயிரிய தொழில் நுட்பவியலின் பல்வேறு செயல்கள் ஆகும்.
- ஒருவர் கண்டுபிடித்த ஒரு பொருளை உற்பத்தி செய்ய, விற்பனை செய்ய மற்றும் பயன்படுத்த அரசால் குறிப்பிட்ட காலம் (இயல்பாக 20 ஆண்டுகள்) வரை முழு உரிமையை ஆவணமாக வழங்குவதே காப்புரிமை (patent) என்பதாகும்.

- இந்த சட்டப்படியான ஆவணம் கண்டுபிடித்தவர் மற்றும் கண்டுபிடித்தலை பாதுகாக்கும் உரிமை மற்றும் சலுகையாகும். கண்டுபிடிப்பாளர்களின் கடின உழைப்பு, நேரம், கருத்துகள், முதலீடு ஆகியனவற்றிற்கேற்ப சீரான வருவாய் கிடைக்க வழி செய்வதே காப்புரிமையின் நோக்கமாகும்.

காப்புரிமை பெறத் தேவையான அடிப்படைத் தகுதிகள்

- கண்டுபிடிப்பு புதுமையானதாகவும் பயனுள்ளதாகவும் இருத்தல் வேண்டும்.
- உற்பத்திப் பொருட்கள் புதிய கண்டுபிடிப்பாகவும் மீண்டும் தயாரிக்கத் தகுந்ததாகவும் இருத்தல் வேண்டும்.
- காப்புரிமை விண்ணப்பத்தில் கண்டுபிடிப்பு பற்றிய முழு விளக்கமும் இருத்தல் வேண்டும்.

1980ல் முதன் முதலில் காப்புரிமை பெற்ற உயிரினம் மரபுப் பொறியியல் மாற்றம் செய்யப்பட்ட பாக்டீரியாவான சூடோமோனாஸ் புட்டா (*Pseudomonas Putida*). 1971 ஆம் ஆண்டு பேராசிரியர் ஆனந்த மோகன் சக்கரவர்த்தி என்பவரால் இது உருவாக்கப்பட்டது.

- அறிவுசார் சொத்துரிமை வணிகம் (TRIPs) தொடர்பான கட்டண நிர்ணயம் மற்றும் வர்த்தக பொது ஒப்பந்தம் (GATT):
- உலக வர்த்தகப் பங்கீடு தொடர்பான சர்ச்சைகளுக்குத் தீர்வு காண 1948 ஆம் ஆண்டு வளர்ந்த நாடுகளால் வடிவமைக்கப்பட்டது தான் GATT ஒப்பந்தமாகும். இந்த ஒப்பந்தத்தின் நன்மைகள் வளர்ந்த நாடுகளால் மட்டுமே அனுபவிக்கப்பட்டன. 1988-ல் “அமெரிக்க பாராளுமன்றம் அனைத்து வணிகம் மற்றும் போட்டித் தன்மை சட்டம்” (Omnibus trade and competitiveness act (OTCA) எனும் சட்டத்தை இயற்றி, வர்த்தகம் தொடர்பான சட்ட திட்டங்களை விசாரிக்கும் அதிகாரத்தை அமெரிக்க ஐக்கிய நாடுகளுக்கு வழங்கியது.

புவியியல் சார்ந்த குறியீடு (Geographical indication - GI)

- புவியியல் சார்ந்த குறியீடு என்பது ஒரு உற்பத்திப் பொருள் தோன்றிய உற்பத்தியான குறிப்பிட்ட நிலப்பரப்பை சார்ந்தோ, அதன் சிறப்பியல்பு அல்லது பண்பைப் பொருத்து வழங்கப்படும் ஒருபெயர் அல்லது குறியீடு ஆகும். இக்குறியீடு குறிப்பாக வேளாண் உற்பத்திப் பொருட்கள், உணவுப் பொருட்கள், கைவினைப் பொருட்கள் மற்றும் தொழிலக உற்பத்திப் பொருட்களுக்கு வழங்கப்படுவதாகும். 2004 – 05 ஆம் ஆண்டு இந்தியாவில் முதன்முதலில் புவியியல் சார்ந்த குறியீடு பெற்ற பொருள் டார்ஜிலிங் தேயிலை ஆகும். காஞ்சிப்பட்டு, கோவை மாவரைக்கும் இயந்திரம், தஞ்சை வண்ண ஓவியங்கள், மதுரை மல்லிகை மற்றும் நாகர்கோவில் ஆபரணங்கள் ஆகியன தமிழகத்தில் புவியியல் சார்ந்த குறியீடு பெற்ற சில பொருட்கள் ஆகும்.

பதிப்புரிமை (Copyright)

- ஒரு நூலாசிரியர் வெளியிட்ட படைப்புகளுக்கான படைப்புரிமையை பாதுகாத்தல் IPRன் கீழ் வருகிறது. பதிப்புரிமை நூலாசிரியரின் கருத்து வெளிப்பாட்டிற்கு வழங்கப்படும் பாதுகாப்பு ஆகும். எடுத்துக்காட்டாக நூலாசிரியர், பதிப்பாசிரியர் (பதிப்பாளர்) நூல் வெளியீட்டாளர் அல்லது பதிப்பாசிரியர்/நூல் வெளியீட்டாளர் ஆகிய இருவருக்கும் வழங்கப்படும் உரிமையாகும். நூலின் கருத்துகள் நகலாக்கம் அல்லது மறுபதிப்பு செய்ய பதிப்புரிமையாளரிடம் எழுத்துபூர்வமான அனுமதி பெறுதல் வேண்டும். ஒரு பொருள் எவ்வாறு உருவாக்கப்பட்டது என்பதை பாதுகாப்பது காப்புரிமை மற்றும் வணிக ரகசியங்கள் ஆகியனவாகும். ஆனால், அச்சில் வெளிவந்தவை, ஒளிப்பதிவு மற்றும் ஒலிப்பதிவு செய்து வெளியிட்டவை போன்ற வெளிவந்த படைப்புகளைப் பதிப்புரிமை பாதுகாக்கிறது. உயிரிய தொழில் நுட்பவியல் துறையில் டி.என்.ஏ. வரிசைத் தரவுகள் அல்லது வேறு பதிப்பு வடிவங்கள், ஒளி நுண் வரை படங்கள் போன்றன பதிப்புரிமையில் அடங்கும்.

வணிகக் குறியீடு (Trade mark):

- வணிகக் குறியீடு என்பது ஒரு நிறுவனத்தின் தனியொரு பொருளை அல்லது நடவடிக்கைகளைக் கண்டறியப் பயன்படும் சொற்கள் அல்லது குறியீடு ஆகும். பொதுமக்களுக்கு உண்மையான வணிகப் பொருளையும் பிறரால் உருவாக்கப்படும் போலிப் பொருளையும் பிரித்தறிய வணிகக்குறியீடு வழிவகை செய்கின்றது. பரந்த எல்லையில்லா பயன்பாடுகளைக் கொண்டதால் உயிரிய தொழில்நுட்பவியல் உலகளவில் அரசு மற்றும் பெரிய வணிக நிறுவனங்களை ஈர்க்கும் சுயசார்புத் துறையாகும். மரபியல் நோய்கள் மற்றும் பிற நோய்களை தீர்க்க வல்ல சஞ்சீவியாக இத்துறை கருதப்படுகின்றது. உயிரிதொழில் நுட்பவியல் உற்பத்திப் பொருட்களின் தேவை உலகளவில் உயர்ந்து வருகின்றது. இந்த அறிவியல் பிரிவு நலம், வேளாண்மை, சுற்றுச்சூழல் மற்றும் தொழிலகங்கள் தொடர்பான பிரச்சனைகளுக்கு எதிர்காலத்தில் சிறந்த தீர்வளிக்கும் துறையாகும்.

12th Botany

தாவரவியல்

அலகு 2. பாரம்பரிய மரபியல்

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

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

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

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

பாரம்பரியமும் வேறுபாடுகளும்

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

1. தொடர்ச்சியற்ற வேறுபாடுகள் (Discontinuous Variation):

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

2. தொடர்ச்சியான வேறுபாடுகள் (Continuous Variation):

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

வேறுபாடுகளின் முக்கியத்துவம்

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

மெண்டலியம் (Mendelism)

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

மரபியலின் தந்தை – கிரஹெர் ஜோஹன் மெண்டல் (1822 - 1884)

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

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

மெண்டலின் வெற்றிக்கான காரணங்கள்:

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

மெண்டலின் பட்டாணித் தாவர ஆய்வுகள்

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

பட்டாணியின் ஏழு பண்புகள்

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

பட்டாணித் தாவரத்தில் மெண்டலின் ஏழு பண்புகளுடைய, ஏழு குரோமோசோம்கள்

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

மெண்டலியத்துடன் தொடர்புடைய கலைச்சொற்கள்

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

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

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

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

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

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

மரபணு A கொண்ட பட்டாணியின் ஊதா மலர் மற்றும் பட்டாணியின் வெள்ளை மலர்



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

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

மெண்டலிய பாரம்பரியத்தில் மெண்டலிய விதிகள்

- மெண்டலின் ஒரு பண்புக் கலப்பினைக் கூர்ந்து ஆராய்ந்ததின் விளைவாக இரு முக்கிய விதிகள் உருவாக்கப்பட்டன. (1) ஒங்குதன்மை விதி (The law of Dominance) (2) தனித்துப் பிரிதல் விதி (The law of Segregation). இந்த அறிவியல் விதிகள் பரிணாமச் சரித்திரத்தில் முக்கியப் பங்காற்றுகிறது.
- **ஒங்குத்தன்மை விதி** – பண்புகள், காரணிகள் என்றழைக்கப்படும் தனித்தியங்கும் அலகுகளால் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. எதிரிடைப் பண்புகளுக்கான இணைக் காரணிகளில் ஒன்று ஒங்குதன்மையுடனும் மற்றொன்று ஒடுங்கு தன்மையுடனும் காணப்படும். இவ்விதி, ஒரு பண்புக் கலப்பினை விளக்குகிறது. (அ) முதல் மகவுச்சந்ததியில் (F₁) ஒரே ஒரு பெற்றோர் பண்பு வெளிப்படுகிறது. (ஆ) இரண்டாம் மகவுச்சந்ததியில் (F₂) இரு பெற்றோர் பண்புகளும் வெளிப்படுகின்றன. இரண்டாம் மகவுச்சந்ததியில் (F₂) பண்புகள் 3:1 விகிதாச்சாரத்தில் உருவாகின்றன.
- **தனித்துப்பிரிதல் விதி (கேமிட்களின் தூயத்தன்மை விதி)** – முதல் மகவுச்சந்ததியில் இரு பண்புகளில் ஒன்று மட்டுமே காணப்பட்ட போதிலும், இரண்டாம் மகவுச்சந்ததியில் இரு பண்புகளும் வெளிப்படுகின்றன. எனவே ஒரு மரபணுவில் காணப்படும் இரண்டு அல்லீல்களும் ஒன்றோடொன்று கலப்பதில்லை. கேமிட் உருவாக்கத்தின்போது இந்த இணை அல்லீல்கள் ஒவ்வொரு கேமிட்டிலும் ஒன்று என்ற விதத்தில் தனித்துப் பிரிகின்றன. எனவே தூயகால்வழித் தாவரம் ஒரே மாதிரியான கேமிட்டுகளை உருவாக்குகிறது. ஆனால் ஒரு கலப்புயிரித் தாவரம் இரண்டு விதமான கேமிட்டுகளை உருவாக்குகின்றன. இது ஒவ்வொரு கேமிட்டிலும் ஒரு அல்லீலை பெற்றுச் சமமான விகிதாச்சாரத்தில் உருவாகின்றன. எனவே, கேமிட்டுகள் எப்பொழுதும் கலப்புயிர்களாக இருப்பதில்லை.

ஒரு பண்புக் கலப்பு (Monohybrid cross)

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

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

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

மெண்டலின் பகுப்பாய்வு மற்றும் அனுபவ அணுகுமுறை

- மெண்டல் ஒவ்வொரு பண்பிற்கும் இரண்டு வேறுபட்ட பண்புக் கூறுகளைத் தேர்ந்தெடுத்தார். ஆதலால் ஒரு பண்பிற்கு இரு வேறுபட்ட காரணிகள் இருப்பது தெளிவாகிறது. முதல் மகவுச்சந்ததியில் (F₁) ஒடுங்கிய பண்பிற்கான காரணி மறைக்கப்படுகிறது. இரண்டாம் மகவுச்சந்ததியின் ஒரு கால்பகுதியாக (1/4) மீண்டும் அது தோன்றுகிறது. முதலாம் மகவுச்சந்ததியின் வேறுபட்ட கலப்பினத்தில் உள்ள நெட்டை மற்றும் குட்டை பண்பிற்குரிய அல்லீல்கள் தோராயமாகக் கேமிட்களுக்குள் பிரிந்து செல்கிறது என மெண்டல் முடிவு செய்தார். எனவேதான் 3:1 என்ற விகிதத்தில் ஒங்கு மற்றும் ஒடுங்கு பண்புக்கூறுகளை இரண்டாம் மகவுச்சந்ததியில் அவர் பெற முடிந்தது. இவ்வாறு ஒரு உயிரியல் ஆய்வில் அளவுசார் பகுப்பாய்வைப் பயன்படுத்திய முதலாம் அறிவியலறிஞர் மெண்டலே ஆவார்.

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

சோதனைக் கலப்பு (Test cross)

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

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

மெண்டலின் நெட்டைத் தாவர மரபணுக்குரிய மூலக்கூறு இயல்பாய்வு

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

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

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

பிற்கலப்பு (Back cross)

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

இருபண்புக் கலப்பு (Dihybrid cross)

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

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

இருபண்புக் கலப்பு – கேமீட்கள் தனித்துப்பிரிதல்

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

தோட்டப்பாணியில் இருபண்புக் கலப்பு

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

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

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

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

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

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

உருண்டை மற்றும் சுருங்கிய பட்டாணி விதைகளுக்கான மூலக்கூறு அடிப்படையிலான விளக்கம்

இருபண்பு சோதனைக்கலப்பு (Dihybrid test cross)

முப்பண்பு கலப்பு (Trihybrid cross)

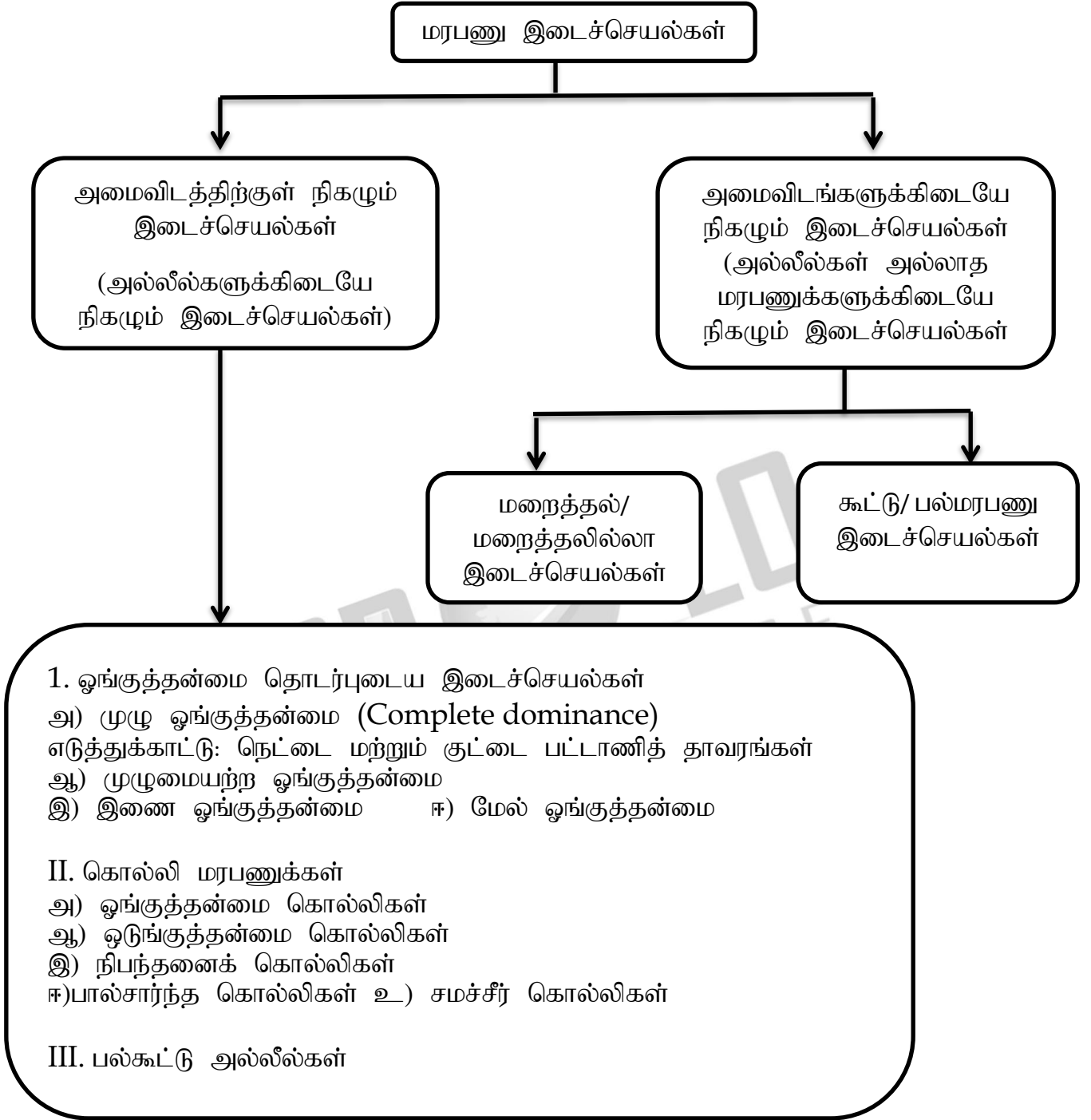
- மெண்டலின் முப்பண்புக் கலப்பு, பல பண்புக் கூறுகளின் பாரம்பரியத்தை விளக்குவதாக உள்ளது. மெண்டலின் தனித்துப் பிரிதல் விதியும், சார்பின்றி ஒதுங்குதல் விதியும் மூன்று இணை எதிரிடைப் பண்புக்கூறுகளைக் கொண்ட முப்பண்பு கலப்பிற்கும் பொருந்தும். மூன்று எதிரிடை பண்புகளுக்கான மரபணு இணைகளைக் கொண்ட தூய பேற்றோர்களுக்கிடையே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

பெற்றோர்
நெட்டை, மஞ்சள், உருண்டை x குட்டை, பச்சை, சுருங்கிய
TTYRR ↓ ttyrr
F₁ நெட்டை, மஞ்சள், உருண்டை (தற்கலப்பு)
F₁ புறத்தோற்ற விகிதம் - 27 : 9 : 9 : 9 : 3 : 3 : 3 : 1

மெண்டலிய மரபியலின் விரிவாக்கம்

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

மரபணு இடைச்செயல்கள்



மரபணுக்குள்ளே நிகழும் இடைச்செயல்கள் (Intragenic gene interactions)

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

இது கீழ்க்கண்டவற்றை உள்ளடக்கியது.

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

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

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

ஓங்குத்தன்மையின்றி இடைப்பட்ட மாற்றுக் கருவுடைய புறத்தோற்ற வகையம் உருவாவதை எவ்விதம் விளக்குவாய்?

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

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

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

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

கொல்லி மரபணுக்கள் (Lethal genes)

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

1. பச்சை நிறம் கொண்ட பசும் தாவரங்கள். (CC)

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

3. பச்சைய நிறமியற்ற வெள்ளை நிறத் தாவரங்கள் (cc)

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

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

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

மரபணுக்களுக்கிடையே நிகழும் இடைச்செயல்கள் (Intergenic gene interactions)

- ஒங்குத்தன்மை மறைத்தல் பாரம்பரியம் (**Dominant Epistasis**) – ஓர் இலக்கிலுள்ள ஒரு மரபணுவின் இரு அல்லீல்கள் வேறொரு இலக்கிலுள்ள மரபணுவின் அல்லீல்களுடன் இடைச்செயல் புரிந்து, பண்பு வெளிப்பாடு தடுக்கப்படுவதற்கு அல்லது மறைக்கப்படுவதற்கு மறைத்தல் பாரம்பரியம் என்று பெயர். இவ்வாறு மறைக்கும் மரபணு ஒங்குத்தன்மை மறைத்தல் பாரம்பரியம் எனப்படுகிறது. பண்பு வெளிப்பாடுகளை தடுக்கும் மரபணு ஒடுக்கும் மரபணு (epistatic) என்றும், ஒடுக்கப்படும் பண்பிற்குரிய மரபணு மறைக்கப்பட்ட மரபணு (hypostatic) என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன. இந்த இரு மரபணுக்களில் அல்லீல்கள் சேர்ந்திருக்கும் நிலையில் மறைக்கும் மரபணுவின் பண்பே வெளிப்படுகிறது.
- பூசணி கனி நிறமானது ஒங்கு அல்லீல் 'W' வெள்ளை நிறக் கனிக்கும், ஒடுங்கு அல்லீல் 'w' நிறமுடைய கனிக்கும் காரணமாகிறது. 'W' அல்லீலின் வெள்ளை நிற ஒங்கியும் 'w' அல்லீலின் கனி நிறத்தை ஒடுக்கியும் உள்ளது. மற்றொரு மறைக்கப்பட்ட அல்லீல் 'G' மஞ்சள் கனிக்கும், அதன் மறைக்கப்பட்ட அல்லீல் 'g' மஞ்சள் கனிக்கும், அதன் ஒடுங்கு அல்லீல் 'g' பச்சைக் கனிக்கும் காரணமாகும். முதல் அமைவிடத்தில் வெள்ளை நிறம் ஒடுங்கியும், இரண்டாம் அமைவிடத்தில் மஞ்சள் நிறம் பச்சைக்கு ஒங்கியும் உள்ளது. வெள்ளை நிறக்கனியின் மரபாக்கம் WWgg-யை மஞ்சள் நிறக்கனியின் மரபாக்கம் wwGG உடன் கலப்புறச் செய்தால் முதல் மகவுச்சந்ததி (F₁) தாவரங்களில் வெள்ளை நிறக் கனி வேறுபட்ட கலப்புயிரி (WwGg)-யும் தோன்றுகிறது. F₁ வேறுபட்ட கலப்பு தாவரங்களில் கலப்புறச் செய்யும்போது F₂ இறுதியில் 12 வெள்ளை: 3 மஞ்சள்: 1 பச்சை என்ற புறத்தோற்ற விகிதமுடைய கனிகளாகத் தோன்றுகிறது.
- மறைக்கும் அல்லீல்களாகவுள்ள W-வானது 'G' மற்றும் 'g', வெள்ளைக்கு ஒங்கியும், மஞ்சள் அல்லது பச்சைக்கு மறைத்தும் காணப்படும். ஒத்த கருவுடைய ஒடுங்கும் ww மரபணுவாக்கங்கள் (4/16) என்ற எண்ணிக்கையிலான நிறங்களை வழங்கும். இரட்டை ஒடுங்கு wwgg பச்சை கனியை (1/16) வழங்கும். தாவரங்களில் 'G' எனும் மரபாக்கம் கொண்ட (wwGg அல்லது wwGG) மஞ்சள் கனியை (3/16) வழங்கும்.

மரபணுவிற்காக அல்லது அல்லீல்களுக்கிடையே நிகழும் இடைச்செயல்கள்

வ. எண்	மரபணு இடைச்செயல்	எடுத்துக்காட்டு	F ₂ விகிதம் புறத்தோற்ற விகிதம்
1	முழுமைபெறா ஒங்குத்தன்மை	மிராபிலிஸ் ஜலாபா வின் (அந்திமந்தாரை) மலரின் நிறம் ஸ்னாப்ட்ராகன் மலரின் நிறம் (ஆன்டிரைனம் சிற்றினம்)	1:2:1

2	இணை ஓங்குத்தன்மை	மனிதர்களில் ABO இரத்தவகை	1:2:1
---	------------------	--------------------------	-------

மரபணுக்களுக்கு இடையே அல்லது அல்லீல்கள் அல்லாதவற்றிற்கு இடையே நிகழும் இடைச்செயல்

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

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

- பல்மரபணு பாரம்பரியம் - பல்வேறு மரபணுக்கள் கூட்டாகச் சேர்ந்து ஒரு பண்பைக் கட்டுப்படுத்துதல்.
- ஒரு உயிரினத்தின் பல மரபணுக்கள் ஒன்று சேர்ந்து ஒரு பண்பைத் தீர்மானிக்கும் முறைக்குப் பல்மரபணு பாரம்பரியம் என்று பெயர். இங்குத் தொடர் பண்புகளின் பாரம்பரிய விளக்கங்கள் மெண்டலின் விதிகளுடன் ஒப்பிட்டு விளக்கப்படுகிறது.
- ஸ்வீடன் நாட்டுத் தாவரவியலறிஞர் H. நில்சன் - ஹீல் (1909) கோதுமை விதையுறைகளில் ஆய்வை நிகழ்த்தி இப்பாரம்பரியத்தை விளக்கினார். விதை நிறம் இரு மரபணுக்களின் இரு அல்லீல்களால் கட்டுப்படுத்தப்படுகின்றன. சிவப்பு விதையுறை நிறம் வெள்ளை நிறத்திற்கு ஓங்குத்தன்மை கொண்டது.

- இவர் தூய சிவப்பு மற்றும் வெள்ளை நிறங்களைப் பெற்ற இரு தாவரங்களைக் கலப்புறச் செய்தார். அடர் சிவப்பு விதையுறைக்கான மரபணுவாக்கம் $R_1 R_1 R_2 R_2$ எனவும், வெள்ளைநிற விதையுறைக்கான மரபணுவாக்கம் $r_1 r_1 r_2 r_2$ எனவும் இருந்தன. முதல் மகவுச்சந்ததியில் (F_1) மிதமான சிவப்பு நிற விதையுறை $R_1 r_1 R_2 r_2$ என்ற மரபணுவாக்கத்தில் பெறப்பட்டது. முதல் மகவுச்சந்ததியின் (F_1) கோதுமைத் தாவரங்கள் $R_1 R_2$, $R_1 r_2$, $r_1 R_2$, $r_1 r_2$ என்ற நான்கு வகை கேமீட்டுகளை தோற்றுவித்தன. இரண்டாம் மகவுச்சந்ததியின் (F_2) தாவரங்களில் உள்ள R மரபணுக்கள் எண்ணிக்கையின் அடிப்படையில் சிவப்பு நிறத்தின் தீவிரம் தீர்மானிக்கப்படுகிறது.
- நான்கு R மரபணுக்கள் ஒரு அடர் சிவப்பு விதையுறை நிறத்தையும், மூன்று R மரபணுக்கள் மிதமான – அடர் சிவப்பு விதையுறை நிறத்தையும், இரண்டு R மரபணுக்கள் மிதமான சிவப்பு விதையுறை நிறத்தையும், ஒரு R மரபணு இலேசான சிவப்பு விதையுறை நிறத்தையும் தோற்றுவிக்கின்றன. R மரபணு இல்லாமை வெள்ளை விதையுறையாக உள்ளது.
- R மரபணு தொகுப்பு முறையில் சிவப்பு விதையுறை நிறம் தோன்ற உதவுகிறது. ஒவ்வொரு வகை புறத்தோற்றத்தையும், சிவப்பு நிறத்தின் செறிவுகள் தொடர்புபடுத்திக் கிடைக்கும் வரைபடம் மணி வடிவத்தில் அமைந்திருக்கும். புறத்தோற்றப் பண்புகளின் பரவல் முறையை விளக்கும் படமாக இது உள்ளது. பல்மரபணு பாரம்பரியத்திற்கு எடுத்துக்காட்டுகளாக மனிதனின் உயரம், தோல் நிறம் ஆகியவற்றின் பாரம்பரியத்தைக் குறிப்பிடலாம். இப்பண்புகள் மூன்று வெவ்வேறு வகை மரபணுக்களின் அல்லல்களால் தீர்மானிக்கப்படுகின்றன.

முடிவு

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

புறத்தோற்றத்தில் மட்டுமே தென்பட்டது. பல மரபணு இணைகளின் ஒட்டுமொத்த விளைவால் கோதுமை விதையுறை நிறத்தில் பல்வேறு நிறச்சாயல்கள் தோன்றுகிறது. அவர் கருதுகோளின்படி இரு அமைவிடங்களும் கூட்டாக இணைந்து கோதுமை விதையுறை நிறத்தைத் தோற்றுவிக்கின்றன.

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

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

பசுங்கணிக பாரம்பரியம் (Chloroplast inheritance)

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

உட்கருவையும் வழங்குகிறது. மைட்டோகாண்டிரியா பாரம்பரியம்
(Mitochondrial inheritance)

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

மிராபலிஸ் ஜலாபாவில் பல்நிறமுடைய இலையின் புறத்தோற்ற வகையத்திற்கான மூலக்கூறு அடிப்படையிலான விளக்கம்

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

சைட்டோபிளாச மரபுவழி ஆண்மலட்டுத்தன்மை

- முதுமரபுமீட்சி என்பது உயிரிகளின் புற அமைப்பில் ஏற்படும் மாற்றமாகும். ஒரு உயிரியில் பல பரிணாம மாற்றங்களுக்குப் பின்னர், இழக்கப்பட்ட பண்பு ஒன்று, மீண்டும் அவ்வயிரியில் தோன்றும் நிகழ்விற்கு முதுமரபு மீட்சி என்று பெயர். புறத்தோற்றப் பண்பு ஓர் உயிரியல் பரிணாம நிகழ்வினால் மறைந்த போதிலும், அதன் DNA-வில் அது மறையாது, மறைக்கப்பட்ட மரபணுக்களாக இருப்பதே இதற்குக் காரணமாகும். DNA-வில் இந்த மரபணு வரிசை செயல்படாத

நிலையில் உள்ளது. இந்நிலையிலேயே புலு சந்ததிகளின் மரபணு தொகையத்தில் இவை தொடர்ந்து எடுத்துச் செல்லப்படுகின்றன. ஏதாவது ஒரு தலைமுறை உயிரியில் இது செயல்படும் மரபணுவாக மாறும்போது மறைந்த பண்பு மீண்டும் வெளிப்படுகிறது. எனவே தான் இது முதுமரபு மீட்சி என அழைக்கப்படுகிறது. தாவரங்களில் நிகழும் முதுமரபு மீட்சிக்கு *ஹிரேஷியம் பைலோ செல்லாவில்* பாலினப் பெருக்கமடையும் பண்பு திரும்பத் தோன்றுதல் ஒரு சிறந்த எடுத்துக்காட்டாகும்.



12 ஆம் வகுப்பு – தாவரவியல் அலகு – 3 குரோமோசோம் அடிப்படையிலான பாரம்பரியம்

பாரம்பரியத்திற்கான குரோமோசோம் கோட்பாடு

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

குரோமோசோம் கோட்பாடு வளர்ச்சியின் வரலாறு

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

ஆதரித்தார். மேலும் பாரம்பரியத்திற்கான குரோமோசோம் கோட்பாடு உருவாகக் காரணமாகத் திகழ்ந்தார்.

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

பாரம்பரியத்திற்கான குரோமோசோம் கோட்பாட்டின் சிறப்பியல்புகள்

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

பாரம்பரியத்திற்கான குரோமோசோம் கோட்பாட்டின் ஆதரவு

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

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

மரபணுக்கள் மற்றும் குரோமோசோம்களின் செயல்பாடுகளுக்கிடையே ஒப்பீடு

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

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

குரோமோசோம் மற்றும் மரபணு செயல்பாடு – ஓர் ஒப்பீடு

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

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

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

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

பிணைப்பு (Linkage)

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

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

குரோமோசோமில் பிணைப்புற்ற அல்லது பிணைப்புறாத மரபணுக்கள் அமைந்துள்ள விதம்

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

இணைப்பு மற்றும் விலகல் கோட்பாடு (Coupling and Repulsion theory)

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

விலகல் அல்லது ட்ரான்ஸ் வகை அமைவு அல்லீல்கள்

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

பிணைப்பின் வகைகள் (Kinds of Linkage)

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

முழுமையான பிணைப்பு (Complete linkage)

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

முழுமையற்ற பிணைப்பு (Incomplete linkage)

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

பிணைப்புத் தொகுதிகள் (Linkage Groups)

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

தொகுதிகளின் எண்ணிக்கை ஒருமடியத் தொகுதி குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கைக்கு நிகராகக் காணப்படும்.

சில உயிரினங்களின் பிணைப்புத் தொகுதிகள்

எடுத்துக்காட்டு :

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

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

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

குறுக்கேற்றம் (Crossing over)

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

குறுக்கேற்றத்தின் செயல்முறை (Mechanism of Crossing over)

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

(i) இணை சேர்தல் (synapsis)

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

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

(ii) நான்கமை உருவாதல் (Tetrad formation)

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

(iii) குறுக்கேற்றம்

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

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

(iv) முடிவுறுதல் (Terminalization)

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

குறுக்கேற்றத்தின் வகைகள் (Types of Crossing over)

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

குறுக்கேற்றத்தின் முக்கியத்துவம்

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

குறுக்கேற்றத்தின் முக்கியத்துவம்

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

குறுக்கேற்றத்தின் வகைகள் மற்றும் இதன் மறுகூட்டிணைவு நிகழ்வரைவு (RF)

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

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

மறுகூட்டிணைவு (Recombination)

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

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

மறுகூட்டிணைவு நிகழ்விரைவுக் (RF) கணக்கீடு:

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

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

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

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

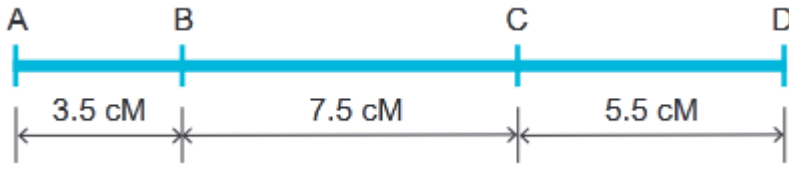
$$= 12\%$$

மரபணு வரைபடம் (Gene mapping)

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

வரைபடத் தொலைவு (Map distance)

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



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

முப்புள்ளி சோதனைக் கலப்பு (Three-point test cross)

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

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

மக்காச்சோளத்தில் (corn), உள்ள மூன்று ஒடுங்குத்தன்மை கொண்ட அல்லீல்கள்

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

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

பெற்றோர்கள் LGS/LGS × lgs/lgs

கேமீட்டுகள் LGS lgs

F₁ முக்கலப்புயிரி LGS/lgs

சோதனைக்கலப்பு

(மாற்றுப்பண்பிணைவு F₁ மூன்று

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

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

முப்புள்ளி கலப்பிற்கான பகுப்பாய்வு

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

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

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

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

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

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

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

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

$$RF = 23.7\%$$

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

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

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

$$RF = 10.7\%$$

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

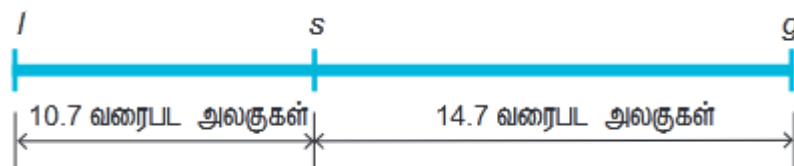
$$RF = \frac{59 + 4 + 2 + 44}{740} \times 100$$

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

$$RF = 14.7\%$$

- அனைத்து அமைவிடங்களிலும் பிணைப்புற்றவை ஏனெனில் அனைத்து மறுகூட்டிணைவு மதிப்புகளும் 50% க்கும் குறைவானவை. இதில் LG அமைவிடங்கள் அதிக RF மதிப்பினைப் பெற்றுள்ளதால் அதிகத் தொலைவில் தான் அமைய முடியும் ஆகையால் S அமைவிடம் இவை இரண்டிற்கும் இடையில் மட்டும் தான் இருக்க முடியும். ஆகவே மரபணுக்களின் வரிசையானது 1 s g ஆகும். எனவே மரபணு வரைபடமானது பின்வருமாறு வரைபடமானது பின்வருமாறு வரையலாம் (படம்).

மரபணு வரைபடம்



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

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

இயல்பான குரோமோசோம்கள் \rightarrow குறுக்கேற்றத்திற்கு பின் குரோமோசோம்கள்

இரட்டை மறுகூட்டிணைவில் உள்ள மரபணு வரிசை



மரபணு வரைபடத்தின் பயன்கள்

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

பல்கூட்டு அல்லீல்கள் (Multi alleles)

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

பல்கூட்டு அல்லீல்களின் பண்புகள்

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

நிகோடியானா தாவரத்தில் தன்மலடாதல் (self sterility in *Nicotiana*)

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

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

சுயப்பொருந்தாத்தன்மை வழித்தோன்றல்களின் வேறுபட்ட சேர்க்கைகள்

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

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

தாவரங்களில் பால் நிர்ணயம் (Sex determination in Plants)

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

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

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

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

தாவரங்களில் சுற்றுச்சூழலும் பால் நிர்ணயத்தில் முக்கியப் பங்கு வகிக்கிறதா?

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

பப்பாளி தாவரத்தில் பால் நிர்ணயம்

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

பப்பாளியில் பால் நிர்ணயம்

மரபணு வகையம்	ஒங்கு/ஒடுங்குத் தன்மை	மாறுபாடு	பாலினம்
--------------	-----------------------	----------	---------

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

ஸ்பீரோகார்ப்பஸில் பால் நிர்ணயம்

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

மக்காச்சோளத்தில் பால் நிர்ணயம்

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

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

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

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

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

சடுதிமாற்றம் (Mutation)

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

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

சடுதிமாற்றத்தின் வகைகள் (Types of mutation)

மரபணு சடுதிமாற்றத்தின் பொதுவான இரு வகுப்புகளைக் காண்போம்.

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

சடுதிமாற்றத்தின் முக்கிய வகைகள்

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

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

புள்ளி சடுதிமாற்றம் (Point mutation)

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

புள்ளி சடுதி மாற்றத்தின் வகைகள் (Types of Point mutation)

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

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

புள்ளி சடுதிமாற்றத்தின் வகைகள்

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

சடுதிமாற்றக் காரணிகள் (mutagenic agents)

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

இயற்பிய சடுதிமாற்றிகள் (physical mutagens)

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

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

சார்பதி சொனாரா (Sharbati Sonara)

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

ஆமணக்கு அருணா (Castor Aruna)

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

வேதிய சடுதிமாற்றிகள் (Chemical Mutagens)

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

இணை சடுதிமாற்றிகள் (Co-mutagens)

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

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

குரோமோசோம்களின் சடுதிமாற்றம் (Chromosomal mutations)

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

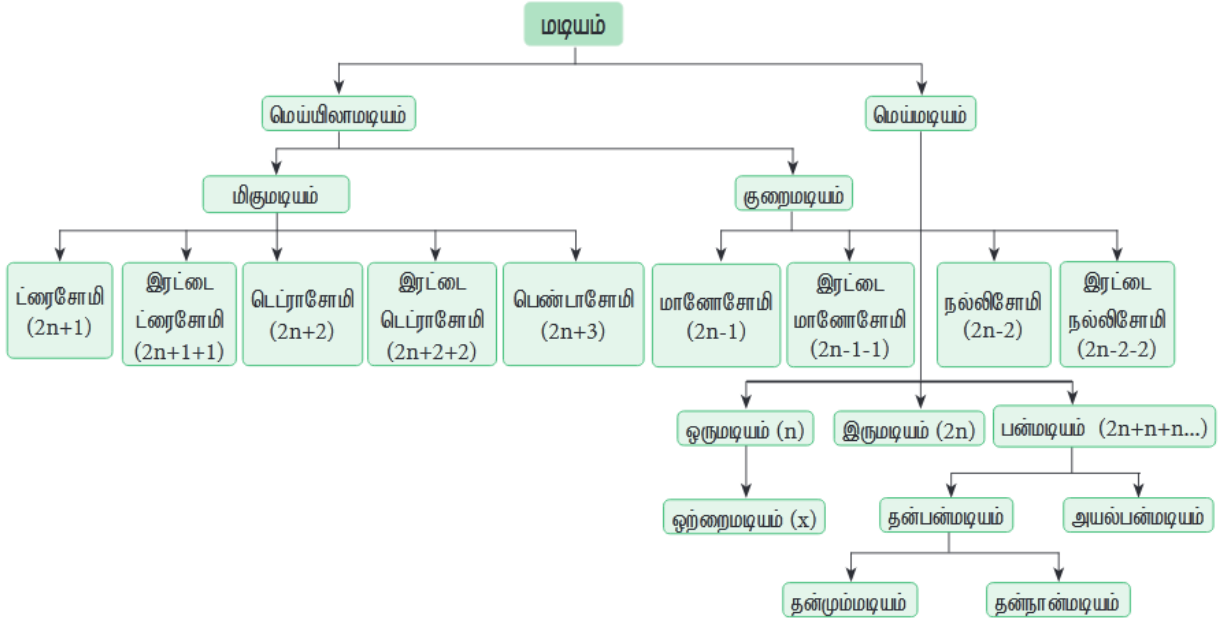
I. குரோமோசோம் எண்ணிக்கையில் ஏற்படும் மாற்றங்கள்

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

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

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

மடியத்தின் வகைகள்



1. மிகு மடியம் (Hyperploidy)

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

அ) டிரைசோமி (Trisomy)

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

ஆ) டெட்ராசோமி (Tetrasomy)

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

இ) பெண்டாசோமி (Pentasomy)

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

2. குறைமடியம் (Hypoploidy)

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

அ) மானோசோமி (Monosomy)

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

ஆ) நல்லிசோமி (Nullisomy)

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

(ii) மெய்மடியம் (Euploidy)

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

பன்மடியம் (Polyploidy)

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

வகைகளாகப் பிரிக்கப்படுகிறது. அவை தன்மம்மடியம் மற்றும் அயல்பன்மடியம்.

1. தன்மம்மடியம் (Autopolyploidy)

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

2. அயல்பன்மடியம் (Allopolyploidy)

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

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

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

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

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

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

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

மடியத்தின் முக்கியத்துவம்

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

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

II. குரோமோசோம் அமைப்பில் மாற்றங்கள் (குரோமோசோம் அமைப்பில் பிறழ்ச்சி)

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

அ) மரபணு அமைவிட எண்ணிக்கையில் மாற்றங்கள்

1. நீக்கம் அல்லது குறைபாடு
2. இரட்டிப்பாதல் அல்லது மீளுருவாதல்

ஆ) மரபணு அமைவிட வரிசையில் ஏற்படும் மாற்றங்கள்

3. தலைகீழ்த் திருப்பம்
4. இடம்பெயர்தல்

1. நீக்கம் அல்லது குறைபாடு (Deletion of Deficiency)

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

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

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

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

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

2. இரட்டிப்பாதல் அல்லது மீளுவாதல் (Duplication or Repeat)

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

I. தொடர்ந்திணைந்த இரட்டிப்பாதல் (Tandem duplication)

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

II. தலைகீழ் தொடர்ந்திணைந்த இரட்டிப்பாதல் (Reverse tandem duplication)

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

III. இடம் மாறிய இரட்டிப்பாதல் (Displaced duplication)

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

தலைகீழ்த் திருப்பம் (inversion)

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

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

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

தலைகீழ்த் திருப்பம் பரிணாமத்தில் புதிய சிற்றினங்கள் தோன்ற வழிவகுக்கிறது.

4. இடம்பெயர்தல் (Translocation)

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

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

i. எளிய இடம்பெயர்தல் (Simple translocation)

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

ii. நகர்வு இடம்பெயர்தல் (Shift translocation)

- ஒரு குரோமோசோமின் பிளவுபட்ட துண்டு ஒத்திசைவு அல்லாத குரோமோசோமின் இடைச்செருகலாக இணைகிறது.

iii. பரிமாற்ற இடம்பெயர்தல் (Reciprocal translocation)

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

அ) ஒத்தபண்பிணைவு இடம்பெயர்தல் (Homozygous translocation)

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

ஆ) மாற்றுப்பண்பிணைவு இடம்பெயர்தல் (Heterozygous translocation)

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

சிற்றின உருவாக்கத்தில் இடம்பெயர்தல் முக்கியப் பங்காற்றுகிறது.

தாவரங்களில் DNA வளர்சிதை மாற்றம் (Metabolism in plants)

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

மறுசேர்க்கையடைதல் போன்ற நிகழ்வுகள் அறிந்து கொள்ளுதல் மிக அவசியமாகும்.

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

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

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

மறுசேர்க்கை (Recombination):

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

மெய்யுட்கரு உயிர்களில் (பூகாரியோட்டுகளில்) DNA இரட்டிப்பு

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

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

இவற்றுள்

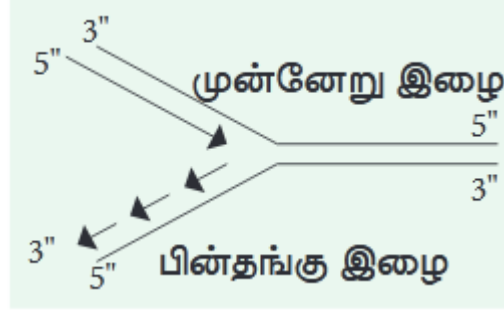
DNA Pol α - பாலிமேரேஸ் RNA பிரைமர் உருவாக்கத்திற்கும்

DNA Pol β - பாலிமேரேஸ் RNA இரட்டிப்பிற்கான முதன்மை நொதியாகச் செல் உட்கருவில் காணப்படுகிறது.

DNA Pol ϵ - பாலிமேரேஸ் இரட்டிப்புக் கவட்டை விரிவடைய உதவும் நொதியாகவும் செயல்படுகின்றன.

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

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



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

அராபிடாப்சிஸ் டீலோமியர் தொடர்வரிசை TTTAGGG

தாவரங்களில் டீலோமியர் நேரம் காட்டி இல்லாமை (Plants lacks Telomere Clock)

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

குரோமோசோம் முனைகளின் இரட்டிப்பிற்கான தனிப்பட்ட இயக்குமுறை எது?

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

DNA இரட்டிப்பு சார் ஆற்றலியல் (The Energetics of DNA Replication)

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

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

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

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

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

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

இம்முடிவுகள் பாதி பழமைபேணும் முறையில் DNA இரட்டித்தலை நிரூபிக்கிறது.

தாவரங்களில் புரதச்சேர்க்கை (Protein synthesis in Plants)

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

மரபணு படியெடுத்தல் (Transcription)

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

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

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

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

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

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

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

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

படியெடுத்தல்

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

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

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

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

முன்னோடி mRNA செயலாக்கத்தில் பக்குவப்பட்ட mRNA/RNA உருமாற்றத்தில் மூலக்கூறு செயல்முறை

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

நுனி மூடல் (Capping)

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

உள் மெத்திலாக்கம்

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

நுனி மூடலின் தேவை

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

வால் உருவாக்கம் (Tailing / polyadenylation)

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

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

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

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

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

மரபுத் தகவல் பெயர்வு (Translation)

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

புரதச் சேர்க்கையில் கையாளப்படும் சொல்லாக்கங்கள் குறியன் (Codon):

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

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

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

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

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

மரபுத் தகவல் பெயர்வின் செயலாக்கம்

இது கீழ்க்கண்ட முதன்மையான படிகளில் நிகழ்கிறது.

I. துவக்கமடைதல் (Initiation)

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

2. பாலிபெப்டைட் சங்கிலி நீட்சியடைதல் (Elongation of polypeptide chain)

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

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

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

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

3. பாலிபெப்டைட் உற்பத்தி முடிவடைதல் (Termination of polypeptide synthesis)

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

தாவரங்களில் மாற்றுமுறை RNA இயைத்தல் (Alternative Splicing in plants)

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

மாற்று முறை இயைத்தலின் முக்கியத்துவம்

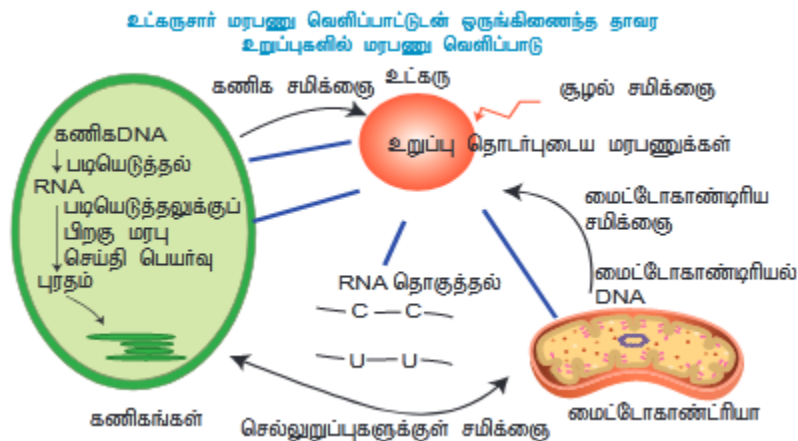
- மாற்றுமுறை இயைத்தலினால் உருவாகும் பலவகைப்பட்ட mRNA களினால், பல்வேறு வகையில் அமினோ அமில வரிசைகளைப் பெற்றும் மேலும் செயல்பாட்டில் வேறுபட்ட புரதங்கள் உருவாகின்றன.

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

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

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

RNA - திருத்தப்படுதல் - தாவரங்களில் படியெடுத்தல் நிகழ்விற்குப் பின் நிகழும் RNA வரிசை



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

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

RNA திருத்தப்படுதலின் வகைகள்

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

RNA திருத்தப்படுதலின் முக்கியத்துவம்

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

தாவும் மரபணுக்கள் (Jumping genes)

தாவும் மரபணுக்களைப் பற்றி கேள்விப்பட்டிருக்கிறீர்களா?

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

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

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

இடமாற்றக் கூறுகளின் முக்கியத்துவம்:

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

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

அராபிடாப்சிஸ் தாலியானா - சுவரொட்டிக் கொடி வகை (Thale cress) - எலிகாது தாவரம்

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

அலகு - 4

உயிரிதொழில்நுட்பவியல் நெறிமுறைகளும் செயல்முறைகளும்

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

உயிர்தொழில்நுட்பவியலின் வளர்ச்சி

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

1. வழக்கமான அல்லது பாரம்பரிய உயிரிதொழில்நுட்பவியல்

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

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

2. நவீன உயிரிதொழில்நுட்பவியல்

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

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

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

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

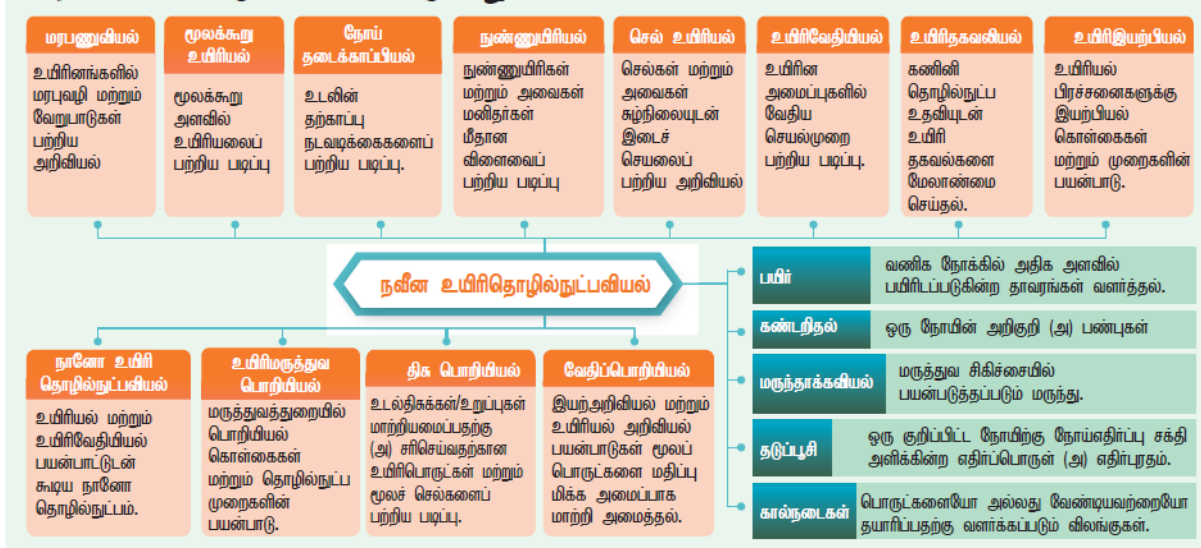
- நவீன உயிரிதொழில்நுட்பவியல் மறுகூட்டிணைவு DNA தொழில்நுட்பம் மூலம் ஏற்படும் மரபணு மாற்றம் மட்டுமின்றி செல்லிணைவுத் தொழில்நுட்பத்தின் அனைத்து வழிமுறைகளையும் உள்ளடக்கியது. உயிரிதொழில்நுட்பவியலின் முக்கிய அம்சங்களாவன பின்வருமாறு:
- நொதித்தல் : அமிலங்கள், நொதிகள், ஆல்கஹால்கள், உயிரி எதிர்ப்பொருட்கள், நுண்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

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

உயிரி தொழில்நுட்பவியலுடன் இணைந்த துறைகள்

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

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



வரலாற்றுப் பார்வையில்

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

பொதுவான சகாப்தத்திற்கு முன்பு

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

20ஆம் நூற்றாண்டிற்கு முன்பு

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

20ஆம் நூற்றாண்டில்

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

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

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

21 ஆம் நூற்றாண்டில்

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

விலங்கு கருவுறுதலை நடத்திக் காட்டினார்.

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

2017 - இரத்த தண்டு செல்கள் ஆய்வகத்தில் வளர்ப்பு.

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

பாரம்பரிய உயிரிதொழில்நுட்பவியல் (Traditional Biotechnology)

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

நொதித்தல் (Fermentation)

- நொதித்தல் எனும் சொல் இலத்தீன் மொழியின் “ஃபெர்வீர் (fervere) லிருந்து பெறப்பட்டது. இது காய்ச்சுதல் (to boil) என்று பொருள்படும். நொதித்தல் என்பது வளர்சிதை மாற்றச் செயலில் கரிம மூலக்கூறுகளை (பொதுவாக குளுக்கோஸ்) ஏதேனும் எலக்ட்ரான் கடத்து சங்கிலி அல்லது ஆக்ஸிஜனற்ற நிலையில் அமிலங்கள், வாயுக்கள் அல்லது ஆல்கஹாலாக மாற்றுவது ஆகும். நொதித்தல் மற்றும் அவற்றின் நடைமுறை பயன்பாடுகளை பற்றிப் படிப்பது சைமோலாஜி ஆகும். இது 1856ஆம் ஆண்டு உருவாக்கப்பட்டது. அந்த ஆண்டில் பிரான்ஸ் நாட்டு வேதியியலார் லூயிஸ் பாஸ்டர் ஈஸ்ட்டினால் நொதித்தல் உண்டாகிறது என்பதை நிரூபித்தார். உயிர் வாழ ஆக்சிஜனற்ற சூழல் தேவைப்படும் போது சில வகை பாக்டீரியங்களும் பூஞ்சைகளும் நொதித்தலை மேற்கொள்கின்றன. உணவு மற்றும் மதுபான தொழில்களில் நொதித்தல் செயல்கள் மிகவும் பயன்படக்கூடியதாக உள்ளன. இங்கு ஆல்கஹால் பானங்களை உருவாக்க சர்க்கரை கரைசல் எத்தனாலாக மாற்றப்படுகின்றன. ரொட்டிகளை உப்பச்செய்ய ஈஸ்டால் வெளியிடப்படும் CO₂ உதவுகிறது; காய்கறிகள் மற்றும் பால்சார் பொருட்களைப் பாதுகாக்கவும் மணமுட்டவும் பயன்படும் கரிம அமிலங்களின் உற்பத்தியிலும் பயன்படுகிறது.

உயிரி வினைகலன் -Bioreactor (நொதிகலன் - Fermentor)

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

i. மேற்கால் பதப்படுத்தம் (Upstream process)

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

ii. கீழ்க்கால் பதப்படுத்தம் (Downstream Process)

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

நொதித்தல் செயல்முறை

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

தொழிற்சாலையில் நொதித்தலின் பயன்பாடுகள்

நொதித்தல் பின்வரும் தொழில்சார் பயன்பாடுகளைக் கொண்டுள்ளது. அவையாவன:

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

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

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

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

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

தனி செல் புரதம் (Single Cell Protein - SCP)

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

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

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

தனி செல் புரதத்தின் பயன்பாடுகள்

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

நவீன உயிரிதொழில்நுட்பத்தில் ஏற்பட்டுள்ள முன்னேற்றங்கள்

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

மரபணு – சார் பொறியியல்

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

மறுகூட்டிணைவு DNA தொழில்நுட்பத்தின் படிநிலைகள்

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

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

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

மரபணுப் பொறியியலுக்கான கருவிகள் (Tools for Genetic Engineering)

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

தடைகட்டு நொதிகள் (Restriction enzymes)

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

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

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

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

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

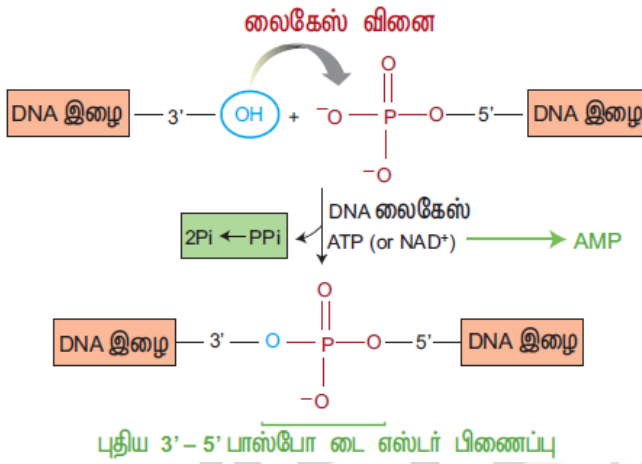
ரெஸ்ட்ரிக்டிவ் எண்டோநியூக்ளியேஸ்: மூலக்கூறு கத்திரிகோல்கள்

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

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

DNA லைகேஸ்

- DNA லைகேஸ் நொதி இரட்டை இழை DNA (dsDNA) வின் சர்க்கரை மற்றும் பாஸ்.பேட் மூலக்கூறுகளை 5' - PO₄ மற்றும் ஒரு 3' - OH உடன், ஒரு அடினோசைன் டிரை பாஸ்.பேட் (ATP) சார்ந்த வினையில் சேர்க்கின்றது. இது T .பாஜிலிருந்து பிரித்தெடுக்கப்படுகிறது.



DNA லைகேஸ் வினை

ஆல்கலைன் பாஸ்.பேடேஸ்

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

ஆல்கலைன் பாஸ்.பேடேஸ் செயல்பாடு

தாங்கிக்கடத்தி (Vectors)

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

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

தடைக்கட்டு நொதிகளின் உதவியுடன் அயல் DNA துண்டு பிளாஸ்மிட் உடன் செருகப்படுகிறது

தாங்கிக்கடத்தியின் பண்புகள்:

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

ஒரு தாங்கிக்கடத்திக்குள் நகலாக்கத்தை எளிதாக்குவதற்கு பின்வரும் பண்புகள் தேவைப்படுகின்றன.

தாங்கிக்கடத்தியின் பண்புகள்

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

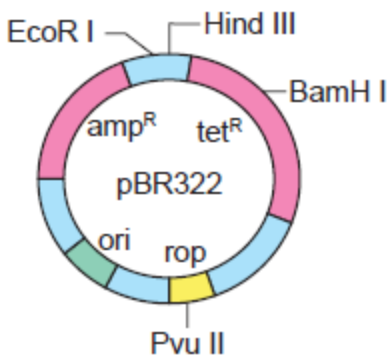
தாங்கிக்கடத்தியின் வகைகள்

ஒரு சில தாங்கிக்கடத்திகள் கீழே விரிவாக விவரிக்கப்பட்டுள்ளன.

பிளாஸ்மிட்

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

pBR 322 பிளாஸ்மிட்



amp^R - ஆம்பிசிலின் தடுப்பு மரபணு

tet^R - டெட்ராசைக்ளின் தடுப்பு மரபணு

pBR 322

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

Ti பிளாஸ்மிட்

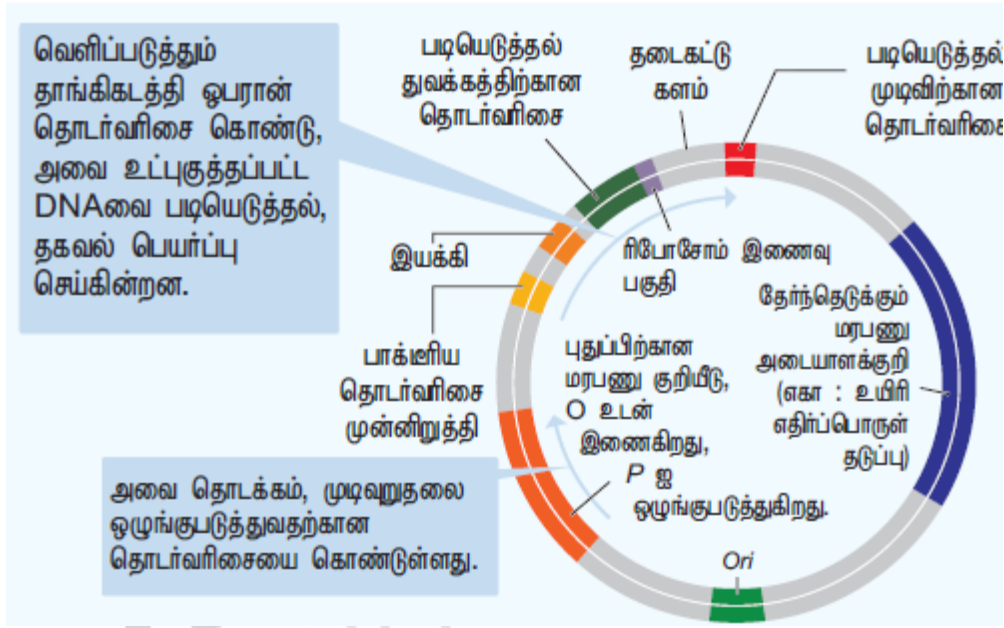
- Ti பிளாஸ்மிட் பல இருவதையிலைத் தாவரங்களில் கழலைகளைத் தூண்டுவதற்கு காரணமான அக்ரோபாக்டீரியம் டியுமிபேசியன்ஸ் பாக்டீரியத்தில் காணப்படுகிறது. இது மாற்றும் (tra) மரபணுவைத் தாங்கியுள்ளது. மற்றும் இது T - DNA வை ஒரு பாக்டீரியத்திலிருந்து மற்றொரு பாக்டீரியம் அல்லது தாவர செல்லிற்கு மாற்றுவதற்கு உதவுகிறது. இந்த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

தாங்கி கடத்திகளாக இடமாற்றிக்கூறுகள் (Transposon as Vector)

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

வெளிப்பாடுடைய தாங்கிக்கடத்திகள் (Expression Vectors)

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



வெளிப்பாடு தாங்கிக்கடத்தி

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

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

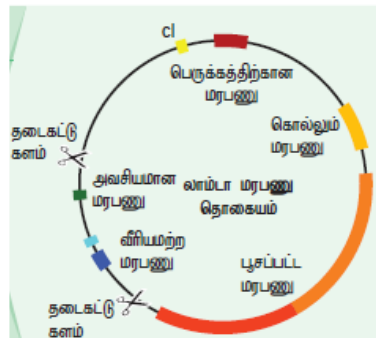
காஸ்மிட் (Cosmid)

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



பாக்டீரியோஃபாஜ் தாங்கிக்கடத்திகள் (Bacteriophage Vectors)

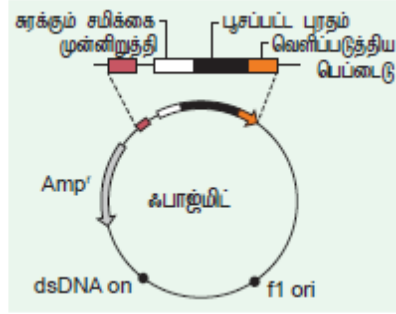
- பாக்டீரியோஃபாஜ் என்பது பாக்டீரியாவைத் தொற்றக்கூடிய வைரஸ்கள் ஆகும். மிகவும் சாதாரணமாக பயன்படுத்தப்படும் ஈ.கோலை ஃபாஜ்கள், e - ஃபாஜ் (λ ஃபாஜ்) மற்றும் M13 ஃபாஜ் போன்ற ஃபாஜ் தாங்கிக்கடத்திகள் பிளாஸ்மிட் கடத்திகளை விட அதிக திறனுடையவையாகும். ஃபாஜ் தாங்கிக்கடத்திகளில் 25 kb வரை உள்ள DNA வை இணைக்க முடியும்.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



ஃபாஜ்மிட் தாங்கிக்கடத்திகள் (Phagemid Vectors)

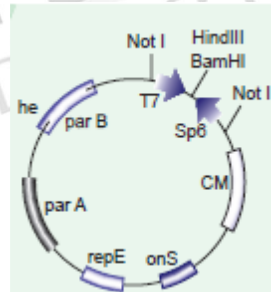
- ஃபாஜ்மிட் தாங்கிக்கடத்திகள் மறுகட்டமைப்பு செய்யப்பட்ட பிளாஸ்மிட் தாங்கிக்கடத்திகளாகும். இவற்றில் சொந்த தோற்றுவிமான ori மரபணு காணப்படுகிறது. இதை தவிர ஒரு ஃபாஜிலிருந்து பெருக்கமடையும்

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



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

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



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

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

குறைதாரத் தாங்கிக்கடத்திகள் (Shuttle Vectors)

- இரு வேறுபட்ட சிற்றினங்களின் செல்களிற்குள் பெருக்கமடைவதற்கான வகையில் வடிவமைக்கப்பட்ட பிளாஸ்மிட்கள் தான் குறைதாரத்

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

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

மரபணு மாற்ற முறைகள்

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

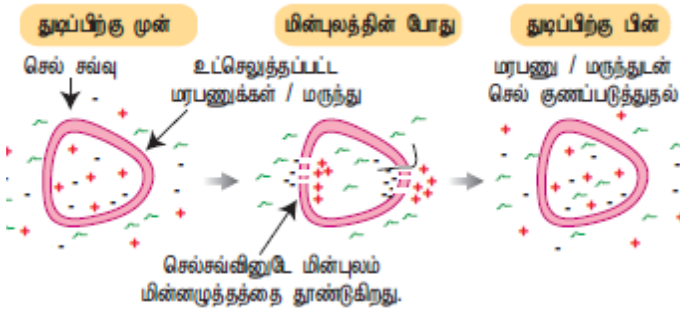
நேரடி அல்லது தாங்கிக்கடத்தி அற்ற மரபணு மாற்றம்:

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

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

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

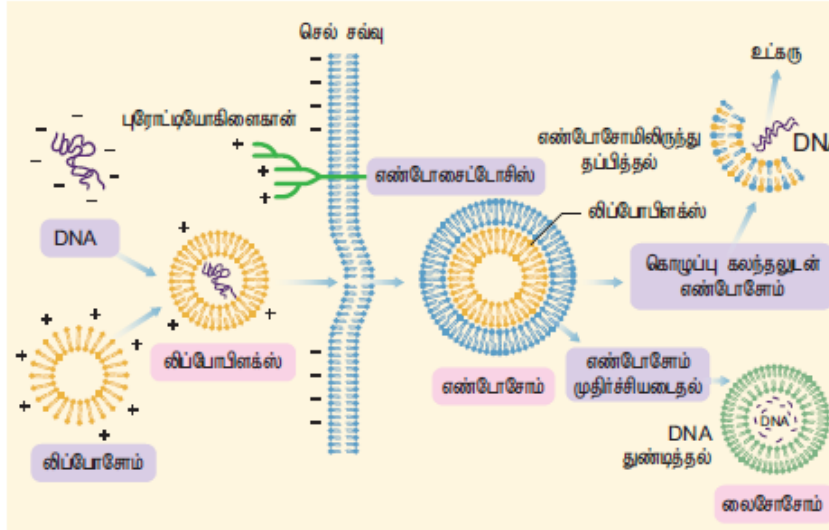
இ. மின்துணையாக்க முறையில் மரபணு மாற்றம் (Electroporation methods of gene transfer): புரோட்டோபிளாஸ்ட்கள் செல்கள் அல்லது திசுக்களுக்கு உயர் மின்அழுத்த விசை கொடுக்கப்படுகிறது. இது பிளாஸ்மா சவ்வில் தற்காலிக துளைகளை உண்டாக்குகிறது. இந்த துளைகள் மூலம் அயல் DNA உள்ளெடுக்கப்படுகிறது.



மின்துணையாக்க முறை மரபணுமாற்றம்

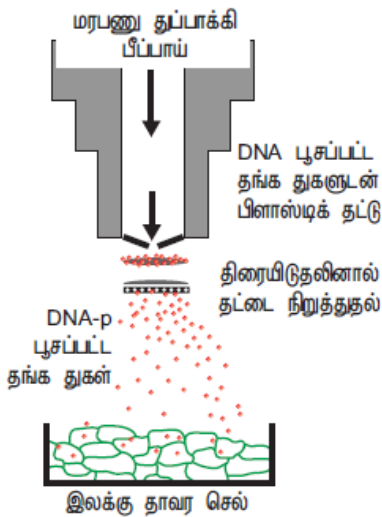
ஈ **லிப்போசோம் வழி மரபணு மாற்ற முறை:** செயற்கை பாஸ்போ லிப்பிடு லிப்போசோம்கள் என்ற நுண்பைகள் மரபணு மாற்றத்தில் பயன் உள்ளவையாக உள்ளன. மரபணு அல்லது DNA லிப்போசோமிலிருந்து தாவர செல்களின் நுண்பைகளுக்கு மாற்றப்படுகின்றது. இது காற்று உறை சூழப்பட்ட DNAவினால் நுண்குமிழ் பைக்குள் தாங்கிச் செல்லப்படுகிறது. இந்த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

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



லிப்போசோம் மரபணுமாற்றம்

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



மரபணு துப்பாக்கிவழி மரபணுமாற்றம்

மறைமுக அல்லது தாங்கிக்கடத்தி வழி மரபணு மாற்றம்:

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

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

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

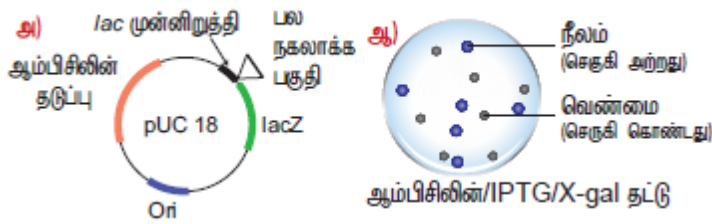
மறுகூட்டிணைவு செல்களுக்கான சலிக்கை செய்தல் (Screening for Recombinants)

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

உட்செருகுதல் செயலிழப்பு – நீலம் - வெண்மை காலனி தேர்வு முறை

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

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



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

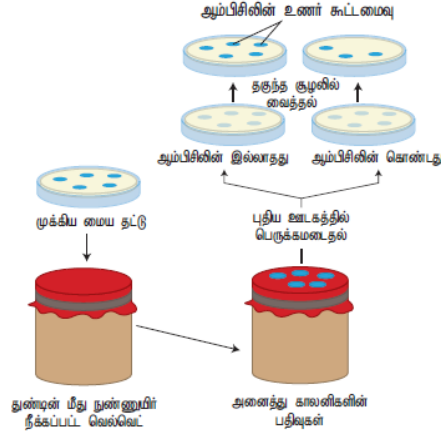
உயிரி எதிர்ப்பொருள் தடுப்பு அடையாளக் குறி (Antibiotic Resistance Marker)

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

நகல் தட்டிடுதல் தொழில்நுட்பமுறை (Replica plating technique)

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

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



நகலாக்க தட்டிடுதல் தொழில்நுட்ப முறை

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

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

நெறிமுறை

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

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

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

அகரோஸ் இழும மின்னாற்பிரிப்பு (Agarose GEL electrophoresis)

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

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

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

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

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

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

2. DNA துருவி

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

உட்கரு அமில கலப்புறுத்தம் (Nucleic Acid Hybridization) – ஒற்றியெடுப்பு நுட்பமுறைகள்

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

ஒற்றியெடுப்பு தொழில்முறைகளின் வகைகள் (Types of Blotting Techniques)

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

சதர்ன் ஒற்றியெடுப்பு தொழில்நுட்பமுறைகள் (Southern Blotting Techniques) – DNA:

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

படிநிலைகள்

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

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

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

நார்தர்ன் ஒற்றியெடுப்பு (Northern Blot)

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

வெஸ்டர்ன் ஒற்றியெடுப்பு (Western Blot)

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

இலக்கு மரபணு விளைவை உயிராய்ந்தறிதல் (Bioassay for Target Gene Effect)

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

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

- ஒரு உயிரினத்தின் / செல்லின் அனைத்து பண்புகளையும் நிர்ணயிக்கின்ற அனைத்து மரபணுக்களின் தொகுப்பு மரபணுத் தொகையம் எனப்படும். இந்த மரபணுத் தொகையம் உட்கரு மரபணுத் தொகையமாகவோ, மைட்டோகாண்டிரிய மரபணுத் தொகையமாகவோ அல்லது கணிக மரபணுத் தொகையமாகவோ இருக்கலாம். பல தாவரங்களின் மரபணுத் தொகையம் செயல்படும் மற்றும் வெளிப்பாடு அடையாத DNA (non expressive DNA) புரதங்களைக் கொண்டிருக்கும். மரபணுத் தொகைய செயல் திட்டத்தில் மொத்த தாவரத்தின் மரபணுத் தொகையமும் பகுப்பாய்வு செய்யப்படுகிறது. இதில்

தொடர்வரிசையாக்கமும் மற்ற தாவரங்களோடு உள்ள தொடர்வரிசையாக்க ஒப்புமையும் பகுப்பாய்வு செய்யப்படுகிறது. இது போன்ற மரபணுத் தொகைய செயல்திட்டங்கள் கிளாமிடோமோனஸ் (பாசி), அராபிடாப்சிஸ் தாலியானா (*Arabidopsis thaliana*), அரிசி, மக்காசோளம் போன்ற தாவரங்களில் மேற்கொள்ளப்பட்டுள்ளன.

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

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

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

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

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

மேற்கொள்ளப்பட்ட இலக்கு திடீர் மாற்றம் (targeted mutagenesis), மரபணு பதிலீடு (gene replacement) போன்றவற்றில் நடைமுறைச் சாத்தியக்கூறை எடுத்துக்காட்டுவதற்கு பயன்படுத்தப்பட்ட முதல் தாவரங்களில் முக்கியமானது அரிசி தாவரமாகும். மரபணுத் தொகைய சீர்வரிசையாக்க கருவியான CRISPRஐ பயன்படுத்தி கலப்பின் அரிசியை உருவாக்கலாம்; இவற்றின் விதைகளை நகலாக்கம் செய்ய முடியும். இம்தியாஸ் காண்ட், வெங்கடேசன் சுந்தரேசன் மற்றும் அவர்களுடைய சகாக்களும் ஒரு புதிய ஆய்வின் மூலம் அரிசியை எப்படி பால்நிலையிலிருந்து பாலிலா நிலைக்கு மாற்றுவதற்கு அரிசி தாவரத்தை மறுமாற்றம் செய்யலாம் என்பதைத் தெளிவாக காட்டியுள்ளனர்.

RNA குறுக்கீடு (RNA Interference - RNA i)

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

siRNA அதனுடைய சுருள் அமைப்பை இழக்கிறது மற்றும் ஒற்றை இழையுடைய RNA, mRNA இலக்குடன் கலப்புறுகிறது. இத்தகைய RNAi தாவரத்தை உண்ணும் உருளைப் புழுக்களில் (nematodes) காணப்படுகிறது.

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

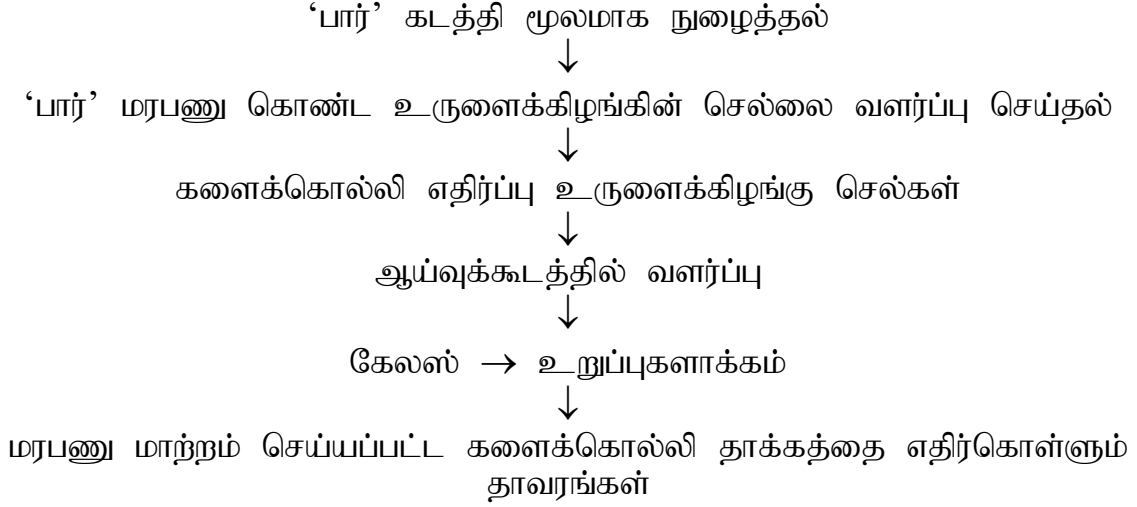
களைக்கொல்லி எதிர்ப்புத்தன்மை – கிளைபோசேட் (Glyphosate)

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

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

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

கிளைபோசேட் சகிப்புத் தன்மை கொண்ட உருளைக்கிழங்கு தாவரத்தை உருவாக்கும் வழிமுறை:



∴பாஸ்டா களைக்கொல்லி எதிர்ப்புத் தன்மை (Herbicide Tolerant - Basta)

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

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

i. Bt பருத்தி (Bt Cotton)

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

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

நன்மைகள்

Bt பருத்தியின் நன்மைகள் பின்வருமாறு

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

தீமைகள்

Bt பருத்தியின் தீமைகள் பின்வருமாறு

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

ii. Bt கத்திரிக்காய் (Bt Brinjal)

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

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

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

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

வைரஸ் எதிர்ப்புத்தன்மை (Virus Resistance)

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

:.பிளேவர்சேவர் தக்காளி (FlavorSavr tomato)

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

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

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

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

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

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

மரபணு மாற்றப்பட்ட உணவுகள் (GM food) – நன்மைகள்

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

- மண் நுண்ணுயிரித் தொகை பேணப்படுகிறது.

ஆபத்துகளாக நம்பப்படுபவை

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

எதிர்ப்புத்தன்மை தொகுதியில் மோசமான விளைவுகள் ஏற்படுகின்றன

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

பாலிஹைட்ராசிபியுட்டரேட் (Polyhydroxybutyrate - PHB)

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

பாலிலாக்டிக் அமிலம் (polylactic acid - PLA)

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

பச்சை மிளர்வொளிப் புரதம் (Green fluorescent protein - GFP)

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

செயல்வழிமுறை

பச்சை மிளர்வொளிப் புரதம் (Green Fluorescent Protein - GFP)



அக்குவாரியா விக்டோரியாவிலிருந்து (ஜெல்லி மீன்) பிரித்தெடுத்தல்



மரபணு இயைத்தல் (gene splicing)

தொழில்நுட்பமுறை → மரபணு குறியத்தில் (codon)

மாற்றம் செய்தல்



அராபிடாப்சிஸ் தாலியானா (Arabidopsis thaliana)

தாவரத்தில் நுழைத்தல்



அராபிடாப்சிஸ் தாலியானா தாவரத்தில் வெளிப்பாடடைதல்

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

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

உயிரி மருந்தாக்கம் (Biopharming)

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

உயிரி வழித்திருத்தம் (Bioremediation)

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

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

உயிரி வழித்திருத்த தொழில்நுட்பத்திற்கான சில எடுத்துக்காட்டுகள்:

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

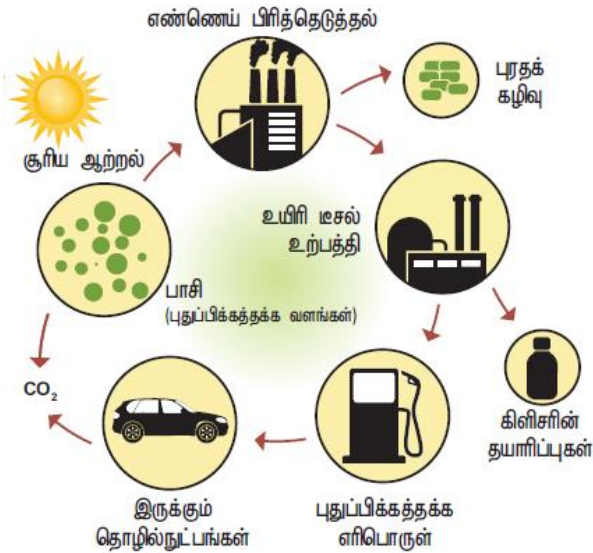
- பூஞ்சை வழித்திருத்தம் (Mycoremediation) – பூஞ்சைகளைக் கொண்டு சூழல் மாசுறுத்திகளை திருத்தம் செய்தல்.
- உயிரிவழி காற்றோட்டமளித்தல் (Bioventing) - இது ஆக்சிஜன் அல்லது காற்றோட்டத்தை அதிகரிக்கும் ஒரு செயலாகும். இதன் மூலம் சூழல் மாசுறுத்திகளின் சிதைவைத் துரிதப்படுத்தலாம்.
- உயிரி வழி கரைத்துப் பிரித்தல்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

வரம்புகள் (Limitations)

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

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

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



பாசி உயிரிஎரிபொருள்

பாசிகளால் உயிரிய ஹைட்ரஜன் உற்பத்தி (Biological hydrogen production by algae)

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

உயிரிவளம் நாடல் (Bioprospecting)

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

உயிரிப்பொருள் கொள்ளை (Biopiracy)

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

வேம்பில் உயிரிப்பொருள் கொள்ளை (Biopiracy of Neem)

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

மஞ்சளில் உயிரிப்பொருள் கொள்ளை (Biopiracy in Turmeric)

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

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

பாசுமதி அரிசியில் உயிரிப்பொருள் கொள்ளை (Biopiracy of Basmati Rice)

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

உயிரிதொழில்நுட்பவியலின் பயன்பாடுகள் (Applications of Biotechnology)

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

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

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

அலகு - 5

தாவரத் திசு வளர்ப்பு

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

திசு வளர்ப்பின் அடிப்படைக் கொள்கைகள்:

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

முழு ஆக்குத்திறன் (Totipotency):

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

வேறுபாடுறுதல் (Differentiation):

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

மறுவேறுபாடுறுதல் (Redifferentiation):

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

வேறுபாடிழத்தல் (Dedifferentiation):

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

தாவரத் திசு வளர்ப்பு (Plant Tissue Culture - PTC):

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

தாவரத் திசு வளர்ப்பிற்கான அடிப்படை ஆய்வக வசதிகள்:

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

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

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

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

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

ஊடகம் தயாரித்தல் (Preparation of Culture medium):

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

வளர்ப்பு சூழல்:

pH

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

வெப்பநிலை:

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

ஈரப்பதம் மற்றும் ஒளிச்செறிவு:

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

காற்றோட்டம்:

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

கேலஸ் தூண்டப்படுதல் (Induction of callus):

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

MS (முராஷிகி, ஸ்கூஜ் 1962) ஊடகத்தின் கூறுகள்:

பெரும் ஊட்டப் பொருள்கள் அமோனியம் நைட்ரேட் ($\text{NH}_4 \text{NO}_3$)	1650.0
மிகி/லி	
பொட்டாசியம் நைட்ரேட் (KNO_3)	1900.0
மிகி/லி	
கால்சியம் குளோரைடு ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	440.0
மிகி/லி	
மெக்னீசியம் சல்ஃபேட் ($\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)	370.0
மிகி/லி	
பொட்டாசியம் டை ஹைட்ரஜன் ஃபாஸ்ஃபேட் (KH_2PO_4)	170.0
மிகி/லி	

நுண் ஊட்டப் பொருள்கள்:

மாங்கனீஸ் சல்ஃபேட் ($\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)	22.3 மிகி/லி
துத்தநாகச் சல்ஃபேட் ($\text{ZnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)	8.6 மிகி/லி
போரிக் அமிலம் (H_3BO_3)	6.2 மிகி/லி
பொட்டாசியம் அயோடைடு (KI)	0.83 மிகி/லி

சிறிய ஊட்டப் பொருள்கள்

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

கருவுருவாக்கம் (Embryogenesis):

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