

தமிழ்நாடு அரசு

வேலைவாய்ப்பு மற்றும் பயிற்சித்துறை

பிரிவு : TNPSC Group-II முதன்மை தேர்வு

பாடம் : உயிரியல்

பகுதி : செல் – வாழ்க்கையின் அடிப்படை அலகு.

காப்புரிமை

தமிழ்நாடு அரசுப் பணியாளர் தேர்வாணையம் குரூப்-II முதன்மை தேர்வுகளுக்கான காணொலி காட்சி பதிவுகள், ஒலிப்பதிவு பாடக்குறிப்புகள், மாதிரி தேர்வு வினாத்தாள்கள் மற்றும் மென்பாடக்குறிப்புகள் ஆகியவை போட்டித் தேர்விற்கு தயாராகும் மாணவ, மாணவிகளுக்கு உதவிடும் வகையில் வேலைவாய்ப்பு மற்றும் பயிற்சித் துறையால் மென்பொருள் வடிவில் தயாரிக்கப்பட்டுள்ளது. இம்மென்பாடக் குறிப்புகளுக்கான காப்புரிமை வேலைவாய்ப்பு மற்றும் பயிற்சித் துறையைச் சார்ந்தது என தெரிவிக்கப்படுகிறது.

எந்த ஒரு தனி நபரோ அல்லது தனியார் போட்டித் தேர்வு பயிற்சி மையமோ இம்மென்பாடக் குறிப்புகளை எந்த வகையிலும் மறுபிரதி எடுக்கவோ, மறு ஆக்கம் செய்திடவோ, விற்பனை செய்யும் முயற்சியிலோ ஈடுபடுதல் கூடாது. மீறினால், இந்திய காப்புரிமை சட்டத்தின் கீழ் தண்டிக்கப்பட ஏதுவாகும் என தெரிவிக்கப்படுகிறது. இது முற்றிலும் போட்டித் தேர்வுகளுக்கு தயார் செய்யும் மாணவர்களுக்கு வழங்கப்படும் கட்டணமில்லா சேவையாகும்.

ஆணையர்,

வேலைவாய்ப்பு மற்றும் பயிற்சித்துறை

செல் – வாழ்க்கையின் அடிப்படை அலகு

செல் கொள்கை

- 1833-ம் ஆண்டு, ஜெர்மனி தாவரவியலாளர் மாத்தியோஸ் ஷிலீடன், ஜெர்மனி விலங்கியலாளர் தியோடர் ஷ்வான் இருவரும் சேர்ந்து அனைத்துத் தாவரங்களும், விலங்குகளும் செல்களாலானவை என்றும், இச்செல்கள்தான் உயிரினங்களின் அடிப்படை அலகாகத் திகழ்கின்றன என்றும் கூறினர்.
- இவர்களின் உற்றுநோக்கலின் அடிப்படையில்தான் நவீன செல் கொள்கை உருவானது:
 1. அனைத்து உயிரினங்களும் செல்களால் ஆனவை. ஏற்கனவே உள்ள செல்களிலிருந்து புதிய செல்கள் தோன்றுகின்றன.
 2. செல் மரபியல் தகவல்களைக் கொண்டுள்ளது. இவை பெற்றோரிடமிருந்து சந்ததிகளுக்குக் கடத்தப்படுகிறது. அனைத்து வளர்சிதை மாற்ற வினைகளும் செல்லுக்குள்ளே நடைபெறுகிறது.

செல் கொள்கையின் விதிவிலக்கு

- வைரஸ்கள் உயிரியல் வல்லுநர்களுக்கு ஒரு புதிராகவே இருந்தன. வைரஸ்கள், வைராய்டுகள், பிரியான்கள் ஆகியவை செல் கொள்கைக்கு ஒரு விதி விலக்காகும்.
- செல்லின் முக்கியப் பகுதியான புரோட்டோபிளாசம் அவைகளுக்கு இல்லை. மேலும், இவை செல்லுக்குள் வாழும் கட்டாய ஒட்டுண்ணிகளாக இருக்கின்றன.

செல் விதி (Cell Doctrine – செல் கோட்பாடு)

- அனைத்து உயிரினங்களும் செல்களால் ஆனவை. ஏற்கனவே உள்ள செல்களிலிருந்து புதிய செல்கள் தோன்றுகின்றன. அனைத்து உயிரினங்களின் அமைப்பு மற்றும் செயல்களின் அடிப்படை அலகாகத் திகழ்வது செல் ஆகும்.
- செல் மரபியல் தகவல்களைக் கொண்டுள்ளது. இவை செல் பகுப்பின் போது ஒரு செல்லிலிருந்து மற்றொரு செல்லுக்குக் கடத்தப்படுகிறது.

- வேதி தன்மையிலும், வளர்சிதை மாற்றச் செயல்களிலும் அனைத்துச் செல்களும் ஒத்தவை.
- செல்லின் அமைப்பையும், செயல்களையும் கட்டுப்படுத்துவது DNA ஆகும். சில சமயங்களில் இறந்த செல்களும் செயல்திறன் உள்ளவையாக இருக்கும். எ.கா: தாவரங்களில் சைலக் குழாய்கள், டிரக்கீடுகள், விலங்குகளின் கொம்பு செல்கள்.

புரோட்டோபிளாசக் கொள்கை

1. புரோட்டோபிளாசத்தை கார்டி என்பவர் முதன்முதலாகக் கண்டறிந்தார்.
2. பெலிக்ஸ் டுஜார்டின் (1835) விலங்கு செல்களில் ஒரு உயிருள்ள சாற்றினைக் கண்டறிந்து அதனை 'சார்கோடு' என அழைத்தார்.
3. பர்கின்ஜி (1839) தாவரச் செல்களுக்கு உள்ளே காணப்படும் சாற்றினை 'புரோட்டோபிளாசம்' என்று பெயரிட்டார்.
4. ஹூகோ வான் மோல் (1846) புரோட்டோபிளாசத்தின் முக்கியத்துவத்தைக் குறிப்பிட்டார்.
5. மாக்ஸ் ஸ்கல்ஸ் (1861) புரோட்டோபிளாசத்திற்கும், சார்கோடுக்கும் உள்ள ஒற்றுமையை எடுத்துரைத்தார். இதனையே பின்னர் ஓ. ஹெர்ட்விக் (1892). 'புரோட்டோபிளாச கோட்பாடு' என்று அழைத்தார்.
6. ஹக்ஸ்லி (1868) புரோட்டோபிளாசத்தை 'உயிரியின் இயற்பியல் அடிப்படை' என்று முன்மொழிந்தார்.

புரோட்டோபிளாசத்தின் இயற்பியல் பண்புகள்

- புரோட்டோபிளாசத்தின் pH மதிப்பு கிட்டத்தட்ட 6.8. இவை நீரைக் கொண்டுள்ளது. (உறக்க நிலையில் உள்ள விதைகளில் 10% காணப்படுகிறது).
- புரோட்டோபிளாசம் உத்தேசமாக 34 தனிமங்களைக் கொண்டுள்ளது. ஆனால், 13 தனிமங்கள் மட்டுமே முக்கியமான அல்லது பெரும்பாலான தனிமங்கள் ஆகும்.
- அவை C, H, O, N, Cl, Ca, P, Na, K, S, Mg, I மற்றும் Fe. ஆனால், புரோட்டோபிளாசத்தின் 96% கார்பன், ஹைட்ரஜன், ஆக்சிஜன் மற்றும் நைட்ரஜனால் ஆனது.

செல்லின் வகைகள்

- செல்லின் ஒழுங்கமைவு மற்றும் உட்கரு பண்பினைக் கொண்டு உயிரினங்கள் கீழ்க்கண்டவாறு வகைப்படுத்தப்படுகின்றன. அவை,
 1. புரோகேரியோட்டுகள் (தொல் உட்கரு உயிரிகள்).
 2. மீசோகேரியோட்டுகள் (இடைப்பட்ட உட்கரு உயிரிகள்).
 3. யூகேரியோட்டுகள் (உண்மை உட்கரு உயிரிகள்).

1. புரோகேரியோட்டுகள்

- தொன்மையான உட்கரு கொண்ட உயிரிகள் புரோகேரியோட்டுகள் எனப்படும். (Pro – தொன்மையான Karyon – உட்கரு).

- புரோகேரியாட்டுகளில் "நியூக்ளியாய்டு" பகுதியில் ஹிஸ்டோன் புரதம் அற்ற DNA உட்கரு சவ்வு அற்று காணப்படுகிறது. ஆகையினால், இது உண்மையான உட்கரு அன்று. எ.கா: பாக்டீரியங்கள், நீலப்பசும்பாசிகள், மைக்கோபிளாஸ்மா, ரிக்கெட்சியே மற்றும் ஸ்பைரேகிட்.. மேலும், இதன் உட்கரு பொருட்கள் தொன்மையானவை.

2. மீசோகேரியோட்டுகள்

- டாட்ஜ் என்னும் அறிவியலாளர் மற்றும் அவரது சக ஆராய்ச்சியாளர்கள் (1966)-ம் ஆண்டு மூன்றாவது வகை உயிரினங்களை மீசோகேரியோட்டுகள் என்று அழைத்தனர்.
- புரோகேரியோட்டின் சில பண்புகளையும், யூகேரியோட்டின் சில பண்புகளையும் இந்த உயிரிகள் பெற்றுள்ளன. இந்த மீசோகேரியோட்டுகள், புரோகேரியோட்டுகள் மற்றும் யூகேரியோட்டுகளுக்கும் இடைப்பட்டவைகளாக காணப்படுகின்றன.
- இவற்றில் நன்கு உருவாகிய உட்கரு சவ்வால் சூழப்பட்டுள்ளது. இதன் DNA குரோமோசோம்களாகவும், ஹிஸ்டோன் புரதமும் காணப்படுகிறது. இவைகள் புரோகேரியோட்டுகளைப் போல நேர்முகப்பிரிவு (Amitosis) பகுப்பைக் கொண்டுள்ளன. எ.கா: நாக்டியூலியா என்ற புரோடோசோவா மற்றும் ஜிம்னோடீனியம், பெரிடீனியம் போன்றதாவரமாதவை உயிரிகள் மற்றும் டைனோபிளஜல்லைட்டுகள்.

3. யூகேரியோட்டுகள்

- உண்மையான உட்கருவைக் கொண்ட உயிரிகளுக்கு யூகேரியோட்டுகள் என்று பெயர். (Eu – உண்மை, Karyon – உட்கரு). இதன் குரோமோசோம்களில் உள்ள DNA-வானது ஹிஸ்டோன் புரதங்களால் ஆனவை. சவ்வு சூழ்ந்த பல செல் நுண்ணுறுப்புகளைக் கொண்டவை.
- உள்ளுறை கூட்டுயிர் வாழ்க்கை (Endosymbiosis) முறை மூலம் இந்த உள் உறுப்புக்கள் தோன்றி ஒரு செல் மற்றொரு செல்லினுள் இருப்பதுபோல வாழ்கின்றன.
- மைட்டோகாண்ட்ரியங்களும், பசுங்கணிகங்களும் இந்தக் கூட்டுயிர் வாழ்க்கை கோட்பாட்டை உறுதிப்படுத்துவதாக உள்ளன.
- முதல் செல்லானது 3.8 பில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்னரே படிப்படியாகத் தோன்றியிருக்கலாம் எனக் கருதப்படுகிறது. இவை இக்காலப் புரோடிஸ்டுகளுக்கு ஒத்தவையாக உள்ளன.

1. செல் சுவர்

- செல்சுவர் செல்லின் வெளிப்பகுதியில் காணப்படும் பாதுகாப்பு அடுக்கு ஆகும். இது பாக்டீரியா, பூஞ்சை, தாவரங்கள் ஆகியவற்றில் காணப்படுகிறது. ஆனால் விலங்கு செல்லில் காணப்படுவதில்லை.
- இதனை முதன்முதலில் இராபர்ட் ஹூக் என்பவர் உற்று நோக்கினார். இது தொடர்ந்து வளர்ந்து வரும் பகுதியாகும். இது உயிரினங்களில் பல்வேறு கூட்டுப் பொருள்களைக் கொண்டிருக்கிறது.
- பாக்டீரியங்களில் செல்சுவர் பெப்டிடோகிளைக்கானால் ஆனது. பூஞ்சைகளில் இது கைட்டின் மற்றும் பூஞ்சை செல்லுலோஸினால் ஆனது. ஆல்காக்களில் செல்லுலோஸ், கேலக்டான்ஸ், மன்னான்ஸ் (Mannans) ஆகியவற்றால் ஆனது. தாவரச் செல்சுவர்கள் செல்லுலோஸ், ஹெமி செல்லுலோஸ், பெக்டின், லிக்னின், கியூட்டின், சூபரின் மற்றும் சிலிக்காவால் ஆனது.

- தாவரச் செல்சுவர் தெளிவான மூன்று பாகங்களைக் கொண்டுள்ளது. (அ) முதன்மைச் சுவர், (ஆ) இரண்டாம் நிலைச்சுவர், (இ) மையத்தட்டு.
- செல்சுவர் முழுமையாக இல்லாமல் ஆங்காங்கே குறுகிய துளைகள் உள்ளன. இதற்குப் பிளாஸ்மோடெஸ்மேட்டா என்று பெயர்.
- இது அருகருகே உள்ள செல்களின் புரோட்டோபிளாசத்திற்கு இடையே அமைந்து, இதன் வழியே பல பொருட்கள் செல்வதற்கு ஏதுவாகிறது.
- செல்சுவரின் சில பகுதிகளில் இரண்டாம் நிலை சுவரடுக்குகள் சீரற்றதாகவும், ஆனால் முதன்மைச் சுவரும், மையத்தட்டும் சீரானதாகவும் காணப்படுகின்றன. இந்தச் சீரற்ற பகுதிக்கு குழிகள் (Pits) என்று பெயர்.

செல்சுவரின் பணிகள்

1. செல்லுக்கு ஒரு குறிப்பிட்ட வடிவத்தையும், வலுவையும் அளிக்கிறது.
2. பல மூலக்கூறுகள் செல்லினுள் நுழைவதைத் தடுப்புவர் (Barrier) போன்று தடை செய்கின்றன.
3. செல்லுக்குள்ளே உள்ள புரோட்டோபிளாசத்தை சேதமடையாமல் பாதுகாக்கிறது.
4. ஆஸ்மாட்டிக் அழுத்தம் காரணமாக அதிக நீர் செல்லுக்குள்ளே சென்று அதனால் செல் வெடித்து விடுவதைத் தடுக்கிறது.
5. செல்லைப் பாதுகாக்கும் முக்கியப் பணியையும் மேற்கொள்கிறது.

2. செல் சவ்வு

- செல் சவ்வானது, செல் பரப்பு அல்லது பிளாஸ்மாச் சவ்வு எனவும் அழைக்கப்படுகிறது. இது ஒரு மெல்லிய அமைப்பாக இருந்து சைட்டோசால் என்ற சைட்டோபிளாச உட்பொருளைக் கட்டுக்குள் வைக்க உதவுகிறது. இது 10 nm அளவிற்கும் குறைவான மெல்லிய சவ்வாகும்.

பாய்ம திட்டு மாதிரி

- ஜோனத்தான் சிங்கர் மற்றும் கார்த்நிக்கோல்சன் (1972) ஆகியோர் பாய்ம திட்டு மாதிரியை முன்மொழிந்தனர். கார்போஹைட்ரேட்டை மிகக் குறைவாகவும், மேலும் லிப்பிடுகள் மற்றும் புரதங்களையும் இது பெற்றுள்ளது. இதில் உள்ள லிப்பிடு சவ்வு பாஸ்போலிப்பிடுகளால் ஆக்கப்பட்டுள்ளது.
- ஒவ்வொரு பாஸ்போலிப்பிடு மூலக்கூறும் நீர் வெறுக்கும் தன்மை பெற்ற வால் பகுதியையும், நீர் விரும்பும் (Hydrophilic) தலைப்பகுதியையும் கொண்டுள்ளது.
- நீர் வெறுக்கும் (Hydrophobic) தன்மை பெற்ற வால் பகுதி நீரை வெறுக்கிறது. நீர் விரும்பும் மூலக்கூறுகள் சவ்வின் இருவரிசை அடுக்குகளில் அமைந்துள்ளன.
- இவற்றிற்கு இடையே கோளப்புரத மூலக்கூறுகள் செருகப்பட்டுள்ளது. இப்புரதங்கள் இடைச்செருகு புரதங்கள் (Integral proteins) எனப்படுகின்றன.
- ஒரு சில புரதங்கள் லிப்பிடு அடுக்கின் பரப்பில் காணப்படுகின்றன. இவை வெளியமை புரதங்கள் (Peripheral proteins) எனப்படுகின்றன.

- சவ்வின் வழியே நொதிகள், எதிர்-உயிர் பொருட்கள் மற்றும் செல்லுக்கு தேவையான மூலக்கூறுகள் அனைத்தையும் ஊடு கடத்த இப்புரதங்கள் உதவுகின்றன.
- சவ்வில் காணப்படும் கார்போஹைட்ரேட்டுகள் குட்டையான கார்பன் சங்கிலியைப் பெற்ற பாலிசாக்கரைடுகளாக உள்ளன. இவை கிளைக்கோபுரதங்கள் அல்லது கிளைக்கோ லிப்பிடுகளுடன் பிணைந்து கிளைக்கோ கேலிக்ஸ் என உருவாகிறது.
- சவ்வில் உள்ள லிப்பிடு பொருட்கள் சவ்வின் ஒரு புறத்திலிருந்து மறு புறத்திற்குச் செங்குத்து வாக்கில் இடப்பெரும் தன்மைக்கு அங்கும் இங்குமாக நிகழும் இடப்பெயர்வு (Flip Flop movements) என்று பெயர்.
- பக்கவாட்டில் பரவும் லிப்பிடு மூலக்கூறுகளை விட இந்த இடப்பெயர்வு மிகவும் மந்தமாக நடைபெறுகிறது.
- பாஸ்போலிப்பிடுகளில் துருவத்தன்மை கொண்ட, மிகச்சிறிய தலைப்பகுதி இருப்பதால் இவை அங்கும் இங்கும் இடம் பெயர்கிறது. அதே சமயம், சவ்வின் புரதங்களின் துருவத் தன்மை கொண்ட பகுதி மிக அதிகம் இருப்பதால் இவ்வியக்கத்தைச் செய்ய முடியவில்லை.

செல் சவ்வின் பணிகள்

- செல் சமிக்ஞைகளை ஏற்படுத்துதல், ஊட்டங்களை இடப்பெயரச் செய்தல், நீரைக் கடத்துதல், தேவையற்ற பொருட்கள் செல்லினுள் புகாமல் தடுத்தல் போன்ற பல்வேறு பணிகளைச் செல் சவ்வு செய்கிறது.

செல்லில் இடப்பெயர்வு

- செல் சவ்வு கால்வாயைப் போல் செயல்பட்டு, முக்கிய மூலக்கூறுகளின் இடப்பெயர்வுக்கு உதவுகிறது. அத்துடன் இது தேர்வு செலுத்தும் சவ்வாகவும் செயல்படுகிறது. மூலக்கூறுகளின் இந்த இடப்பெயர்வு ஆற்றல் சார்ந்தோ அல்லது ஆற்றல் சாராத செயல்களாக நிகழ்கிறது.
- சவ்வுப் புரதங்கள் (கால்வாய் மற்றும் கொண்டு செல்லும் புரதங்கள்) சவ்வின் குறுக்காக அயனிகள் மற்றும் மூலக்கூறுகளைச் சவ்வின் வழியே இடப்பெயரச் செய்வதில் பங்கு கொள்கின்றது.

செல் உள்விழுங்குதல் மற்றும் புறந்தள்ளுதல்

- செல் உள் விழுங்குதல் மற்றும் புறந்தள்ளுதல் மூலம் செல் சவ்வுப் பரப்பின் வழியே தனி மூலக்கூறுகளையும், அயனிகளையும் கடத்த இயலும். செல்லினுள் அதிக அளவு திடப்பொருள் மற்றும் திரவப் பொருட்களைச் செல்லுக்குள்ளே கடத்தும் நிகழ்விற்குச் செல் உள்விழுங்குதல் அல்லது செல்லுக்கு வெளியே கடத்துவதற்குப் புறந்தள்ளுதல் என்று பெயர்.

1. செல் உள்விழுங்குதல்

- செல் உள் விழுங்குதலின் போது செல்லில் உள்ள செல் சவ்வானது பொருளைச் சூழ்ந்து ஒரு மடிப்பை ஏற்படுத்திச் சைட்டோபிளாசத்தினுள் ஒரு வெசிக்கிளை உண்டாக்குகிறது. செல் உள்விழுங்குதல் இரண்டு வகைப்படும்.

- ஃபேகோசைட்டோசிஸ் (Phagocytosis): திடப்பொருள் செல் சவ்வின் மூலமாக உள்ளெடுக்கப்பட்டு அப்பொருட்களைச் சூழ்ந்து மடிப்பு ஏற்படுத்தி ஒரு வெசிக்கிளை உருவாக்குகின்றது. உள்ளெடுக்கப்படும் இப்பொருட்கள் பின்னர் செரிமான நொதிகளால் செரிக்கப்பட்டு அதன் விளைப்பொருட்கள் சைட்டோபிளாசத்தினுள் ஈர்த்துக் கொள்ளப்படுகிறது.
- பின்னோசைட்டோசிஸ் (Pinocytosis): சவ்வானது திரவத் துளிகளை உள்விழுங்கி அதைச் சுற்றி வெசிக்கிள்களை உருவாக்குகின்றது.

2. செல் புறத்தள்ளுதல்

- வெசிக்கிள்கள் பிளாஸ்மா சவ்வுடன் இணைந்து, தேவைப்படாத பொருட்களை வெளியேற்றுகின்றன. இவ்வாறு பொருட்கள் செல்லிலிருந்து வெளியேற்றப்படுவதற்குப் புறத்தள்ளுதல் என்று பெயர்.
- இவ்வாறு சுரக்கும் பொருட்கள் செரிமான நொதிகளாகவோ, ஹார்மோன்களாகவோ அல்லது மியூகஸ் (Mucus) போன்ற திரவமாக இருக்கலாம்.

சமிக்ஞை ஊடுகடத்தல் (Signal Transduction)

- செல்லுக்கு வெளியே உள்ள தூண்டல்களை ஏற்று அதனைக் கடத்தி அதற்கேற்ற துலங்களை செல்லினுள் நிகழ்த்தும் செயல்களுக்குச் சமிக்ஞை ஊடுகடத்தல் என்று பெயர்.
- சமிக்ஞையை ஏற்படுத்தும் மூலக்கூறுகள் தூண்டல்களை உருவாக்குகின்றன. எ.கா: தாவரச்செல், பூஞ்சைகள், விலங்கினச்செல் ஆகியவற்றில் நைட்ரிக் ஆக்சைடு ஒரு சமிக்ஞை மூலக்கூறாகத் திகழ்கிறது.
- சமிக்ஞை ஊடு கடத்தலின் போது வேதி பொருட்கள் பரிமாற்றம் நிகழும் இடமாகச் செல் சவ்வு காணப்படுகிறது. இவற்றை ஏற்று உட்கடத்து சவ்வின் பரப்பில் ஏற்பான்கள் (Receptors) காணப்படுகின்றன. இந்த ஏற்பான்கள் சவ்வில் உள்ள பல்வேறு புரதங்களின் வழியாகச் சமிக்ஞைகளை உள் அனுப்புகின்றன.
- இந்தச் சமிக்ஞைகளுக்கு ஏற்பச் செல்லினுள் குறிப்பிட்ட செயல்கள் நிகழ அதிலுள்ள இரண்டாம் நிலை ஏவல் கூறுகள் (Secondary messengers) உதவுகின்றன.

3. சைட்டோபிளாசம்

- செல்லின் பல்வேறு செயல்களுக்கு முக்கிய இருப்பிடமாக (பரப்பாக) சைட்டோபிளாசம் திகழ்கிறது. இது செல்லை நிரப்பும் ஜெலாட்டின் என்ற பகுதி திரவத்தினாலான கூழ்மமாகும்.
- சைட்டோபிளாசம் 80% நீரால் ஆனது. இது தெளிவாகவும் மற்றும் நிறமற்றதாகவும் காணப்படும். சைட்டோபிளாசம் புரோட்டோபிளாசத்தின் உட்கரு அற்ற பகுதி எனக் கூறப்படுகிறது.
- சைட்டோபிளாசம் மூலக்கூறுகள் நிறைந்த ஊட்டச்சத்து திரவமாகும். இதனுள் இரட்டை லிப்பிடுகளான (Lipid bilayer), சவ்வு சூழ்ந்த அனைத்துச் செல் உள்ளுறுப்புகள் பொதிந்துள்ளன.
- இதில் ஊட்டச்சத்துகள், உப்புகள் கரைந்த நிலையில் உள்ளன. மேலும், கழிவுப் பொருட்களைக் கரைப்பதற்கு அமிலங்களும் காணப்படுகின்றன. இது செல் உள்ளுறுப்புகளுக்குப் பாதுகாப்பளிக்கிறது.

- செல் உட்பொருட்கள் செல்லைச் சுற்றி நகர இதில் நிகழும் சுழல் ஓட்டம் உதவுகிறது. சைட்டோபிளாசத்தில் பல உட்புகள் நிறைந்திருப்பதால் சிறந்த மின்கடத்தியாகச் செயல்படுகிறது.
- செல்லின் பிளாஸ்மா சவ்விற்கும், உட்கரு சவ்விற்கும் இடைப்பட்ட திரவப் பகுதியே சைட்டோபிளாசமாகும்.
- பெரும்பாலான செல் வளர்சிதை மாற்ற வழித்தடங்களான கிளைக்காலிஸிஸ் மற்றும் செல் பகுப்பு ஆகியவை சைட்டோபிளாசத்தில் நிகழ்கிறது.

செல் நுண்ணுறுப்புகள்

1. உள்சவ்வு தொகுப்பு

- யூகேரியோட்டிக் செல் ஒன்றின் உள்சவ்வுத் தொகுப்பு பிளாஸ்மாச் சவ்வு, உட்கருச் சவ்வு, எண்டோபிளாச வலை, கோல்கை உடலம், லைசோசோம்கள், வாக்குவோல்களின் சவ்வு (Tonoplast) ஆகியவற்றை உள்ளடக்கியது.
- உள் சவ்வு தொகுப்பு பிளாஸ்மாச் சவ்வினைப் போலப் பாஸ்போலிப்பிடுகள், பொதிந்த புரதங்கள் ஆகியவற்றைப் பெற்றுச் சைட்டோபிளாசத்தினுள் காணப்படுகிறது.
- யூகேரியோட்டிகளின் முன்னோடி உயிரிகளின் பிளாஸ்மாச் சவ்வின் உள் மடிப்புகள் மூலம் இந்த உள்சவ்வுத் தொகுப்பு பரிணமித்துள்ளன.

2. எண்டோபிளாச வலை

- உள்சவ்வுத் தொகுப்பில் மிகப்பெரிதாகக் கருதப்படுவது எண்டோபிளாச வலை ஆகும். இதற்கு இப்பெயரிட்டவர் K.R. போர்டர் (1948) என்ற அறிஞர் ஆவார்.
- எண்டோபிளாசவலை இரட்டைச் சவ்வினால் ஆனது. புற அமைப்பில் கீழ்க்கண்ட அமைப்புக் கூறுகளை இது பெற்றுள்ளது.
 1. சிஸ்டெர்னே: இது நீள, அகல மற்றும் தட்டையான பை போன்ற அமைப்புகளுடன் இணை கற்றைகளாக அமைந்த சவ்வு தொகுப்பாகும். இச்சவ்வின் குவியல் லாமெல்லா அமைப்பு போலக் காணப்படுகின்றது. சிஸ்டெர்னே சவ்வுகளில் இடைவெளி பகுதி திரவம் நிறைந்த பகுதியாக உள்ளது.
 2. வெசிக்கிள்கள்: முட்டை வடிவ, சவ்வு சூழ்ந்த உட்குமிழ்கள் வெசிக்கிள்கள் ஆகும்.
 3. டிபுபியூல்கள்: ஒழுங்கற்ற, கிளைத்த, மென்மையான சுவருடைய உள்வெளியை பெற்ற அமைப்புகளாகும்.
- எண்டோபிளாச வலை, பிளாஸ்மாச் சவ்வு மற்றும் உட்கருச் சவ்வுடன் தொடர்பு கொண்டுள்ளது. இது செல்லின் சைட்டோ பிளாசத்தினுள் ஒரு வலைப்பின்னலைப் போன்று அமைந்திருப்பதன் மூலம் செல்லிற்கு உறுதியைத் தருகின்றது.
- செல்லின் தேவைக்கேற்ப இதனுள் உள்ள வேதிச்சூழல், செல்லிற்குத் தேவையான புரதங்களின் மடிப்பு மற்றும் அவற்றின் பணிக்கேற்ப மாற்றங்கள் நிகழ்த்த உதவுகிறது.

- தவறான மடிப்பைக் கொண்ட புரதங்களை வெளியேற்றி, சிதைக்க எண்டோபிளாச வலை உதவுகிறது.
- இதன் வெளிப்பரப்பில் ரைபோசோம்கள் ஒட்டிக் காணப்பட்டால் அதற்குச் சொரசொரப்பான எண்டோபிளாச வலை (RER) என்றும், ரைபோசோம் அற்று காணப்பட்டால் அதற்கு வழுவழப்பான எண்டோபிளாச வலை (SER) என்றும் அழைக்கப்படுகிறது.
- வழுவழப்பான எண்டோபிளாச வலை லிப்பிடு உருவாக்க உதவும் இடமாகவும், சொரசொரப்பான எண்டோபிளாச வலை புரதச் சேர்க்கை நிகழும் இடமாகவும் திகழ்கின்றன.
- தீமை விளைவிக்கும் சில வேதி சேர்மங்களையும், லிப்பிடில் கரையும் மருந்துப் பொருட்களையும், நச்சு நீக்க உதவும் நொதிகளை வழுவழப்பான எண்டோபிளாச வலை பெற்றிருப்பது குறிப்பிடத்தக்கது.

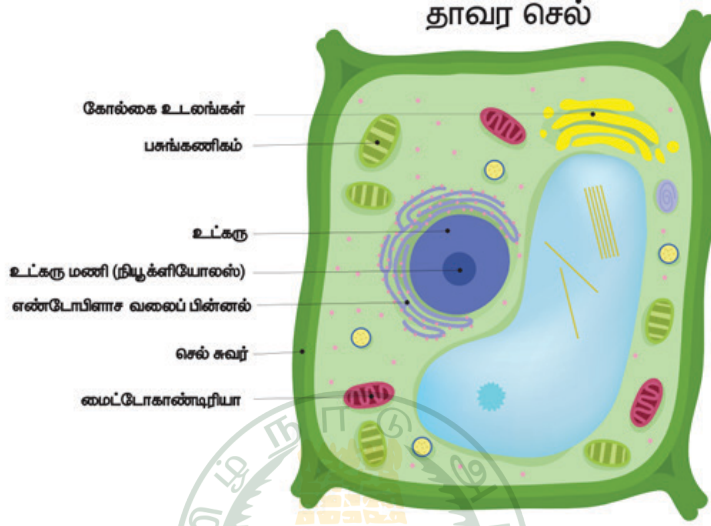
3. கோல்கை உடலம்

- காமிலோ கால்ஜி (1898) என்பவர் உட்கருவிற்கு அருகில் அமைந்த வலை பின்னல் வடிவிலுள்ள இழைகளைக் கண்டறிந்தார். இந்த உள்வலை அமைப்பு பின்னர் அவரது பெயராலேயே கோல்கை உடலங்கள் என்று அழைக்கப்பட்டது. சிறிய வெசிக்கிள்களாகத் தாவரங்களில் காணப்படும் இவை டிக்டியோசோம்கள் என அழைக்கப்படுகின்றன.
- கோல்கை உடலமானது தட்டையான சவ்வு சூழ்ந்த பைகள் போன்ற அமைப்பாகும். இவை சிஸ்டர்னே, டியூபியூல்கள், வெசிக்கிள்கள் மற்றும் கோல்கை வாக்குவோல்களை கொண்டுள்ளன.
- தாவரங்களில் சிஸ்டர்னே 10–20 எண்களைக் கொண்ட குவியல்களாகக் காணப்படுகிறது. இந்தக் குவியல்கள் ஒவ்வொன்றும் மெல்லிய அடுக்காகச் சைட்டோபிளாசத்தில் காணப்படுகிறது.
- சிஸ்டர்னேவின் வெளி விளிம்பு வலைபின்னலுடைய டியூபியூல்கள் மற்றும் வெசிக்கிள்களை கொண்டுள்ளது.
- டியூபியூல்கள் சிஸ்டர்னேயை ஒன்றுடன் ஒன்று இணைக்கின்றன. இவற்றின் விட்டம் 30–50nm விட்டம் ஆகும். வெசிக்கிள்கள் பெரிய உருண்டையான அல்லது குழிவுபெற்ற பை போன்று காணப்படுகிறது.
- டியூபியூல்களின் விளிம்பிலிருந்து சிறு பைகள் போன்று வெசிக்கிள்கள் தோன்றுகின்றன. இவை வழுவழப்பாகச் சுரக்கும் தன்மையுடன் காணப்படுகிறது.
- கோல்கை வாக்குவோல்களில் சில பெரிய உருண்டையான துகள்கள் நிறைந்த அல்லது உருவில்லாத பொருட்களைக் கொண்டு காணப்படுகிறது. இவற்றில் சில லைசோசோம் போன்று பல பணிகளை மேற்கொள்கிறது.
- செயலாக்கப் புரதங்களை உருவாக்க உதவும் தொடர் நிலைகளைத் தனித்தனியே நிகழ்த்தக் கோல்கை உடலங்கள் உதவுகின்றது.

பணிகள்

- கிளைக்கோபுரதங்கள் மற்றும் கிளைக்கோலிப்பிடுகளைத் தயாரித்தல்.
- லிப்பிடுகளைக் கடத்துதல் மற்றும் சேமித்தல்.
- லைசோசோம்களை, செரிமான நொதிகளை, செல் தட்டு மற்றும் செல் சுவரை உருவாக்குதல்.

- தாவரச்செல் சுவர் ஆக்கத்திற்கும், பூச்சிகளில் கியூட்டிகள் ஆக்கத்திற்கும் உதவும் கார்போஹைட்ரேட்டுகளை சுரக்கிறது.
- சைமோஜென் துகள்களை (நொதிகளின் முன்னோடிகள்) உருவாக்குதல்.



4. மைட்டோகாண்டிரியா

- மைட்டோகாண்டிரியத்தை முதன்முதலாகக் A. கோலிக்கர் (1880) கண்டறிந்தார். இவைகளைப் பையோபிளாஸ்டுகள் என்று ஆல்ட்மேன் (1894) பெயரிட்டார்.
- பின்னர், பெண்டா (1898, 1897) இவைகளை மைட்டோகாண்டிரியங்கள் என்று பெயரிட்டார். இவை முட்டை, உருண்டை, கோள் வடிவிலோ அல்லது செல்லின் செயல் நிலைக்கேற்ப வடிவத்தை மாற்றிக்கொள்ளும் அமைப்பாகக் காணப்படுகிறது.
- இது வெளிசவ்வு மற்றும் உள்சவ்வு ஆகிய இரட்டைச் சவ்வினால் ஆனது. வெளிசவ்வானது சிறு மூலக்கூறுகளைத் தன்னுள் செலுத்தும் மென்மையான சவ்வாக உள்ளது.
- இதில் போரின்கள் என்ற புரதங்கள் காணப்படுகின்றன. இவை, கால்வாய் போன்று அமைந்து 1000 டால்டனுக்கும் சிறிதாக உள்ள மூலக்கூறுகளைத் தம்முள் செலுத்தும் தன்மையுடையவை.
- மைட்டோகாண்டிரியத்தின் உள்சவ்வு, மைட்டோகாண்டிரியத்தை இரண்டு அறைகளாகப் பிரிக்கின்றது. வெளி அறையானது இரண்டு சவ்விற்கு இடையில் காணப்படுகிறது. இதற்கு மைட்டோகாண்டிரிய புற வெளி என்றும், உள் அறை மாட்ரிக்ஸ் என்ற பொருளால் நிரப்பப்பட்டுள்ளது.
- உள்சவ்வு உட்புறமாக மடிப்புகளை உருவாக்குகின்றன. இந்த மடிப்பு நீட்சிகளுக்குக் கிரிஸ்டே என்று பெயர். எலக்ட்ரான் கடத்து அமைப்பின் பல நொதிகள் கிரிஸ்டேவில் காணப்படுகிறது.

- இதன் உள் அறை புரதப் பொருளாலானது. இதற்கு மைட்டோகாண்டிரியல் மாட்ரிக்ஸ் என்று பெயர்.
- உள்உரையின் பரப்பில் காம்பு போன்ற துகள்கள் காணப்படுகின்றன. இவை தொடக்க நிலை துகள்கள் (Elementary particles) அல்லது பெர்னான்டியா மோரன் துகள்கள், F1 துகள்கள் அல்லது ஆக்ஸிசோம்கள் என்று அழைக்கப்படுகின்றன.
- ஒவ்வொரு F1 துகளும் வட்டமான தலை, காம்பு மற்றும் அடிப்பகுதி என மூன்றுப் பகுதிகளைப் பெற்றுள்ளது. இவற்றுள் தலைப்பகுதியில் ஆக்சிகரணப் பாஸ்பரிகரணத்திற்குத் தேவையான ATP சின்னேஸ் என்ற நொதி காணப்படுகிறது. பல அயனிகள், சிறுமூலக்கூறுகள் ஆகியவற்றை ஊடு கடத்த இயலாத சவ்வாக உள்சவ்வு உள்ளது.
- ஆக்சிகரணப் பாஸ்பரிகரணத்திற்கு உதவும் புரோட்டான் வாட்டத்தை தக்க வைக்க இச்சவ்வு உதவுகிறது.
- மைட்டோகாண்டிரியங்களில் புரதம் 73%, லிப்பிடுகள் %30-25 RNA %7-5 DNA (சிறிதளவு) மற்றும் நொதிகள் (60 வகைகள்) காணப்படுகிறது. இவை "செல்லின் ஆற்றல் உலைகள்" என்று அழைக்கப்படுகின்றன. மிகையாற்றலைப் பெற்ற ATP மூலக்கூறுகளை உருவாக்குவதே இதற்குக் காரணமாகும்.
- சக்சீனேட் டிஹைட்ரோஜினேஸ் நொதியைத் தவிரக் கிரிப்சுழற்சிக்கு தேவையான அனைத்து நொதிகளும் மாட்ரிக்ஸ் கூழ்மத்தில் காணப்படுகிறது.
- மைட்டோகாண்டிரியங்களில் வட்ட வடிவமான DNA மற்றும் காணப்படுகின்றன.
- மைட்டோகாண்டிரிய DNA மூலம் தற்காலப் பரிணாமக் கால அளவையும் கணக்கிட முடியும். ஏனெனில், உட்கரு DNA-வை காட்டிலும் மைட்டோகாண்டிரிய DNA மூலக்கூறு 10-5 மடங்கு வேகமாகத் திடீர் மாற்றத்தை மேற்கொள்வதே இதற்குக் காரணமாகும்.

5.கணிகங்கள்

- பிளாடிகாஸ் (Platikas தோன்றியவை/வார்ப்பு) என்ற கிரேக்கச் சொல்லில் இருந்து பிளாஸ்டிட் என்ற பதம் உருவானது. இதைப் பிளாஸ்டிட் எனப் பெயரிட்டவர் A.F.U. ஸ்ஷிம்பர் (1885). அவை பெற்றிருக்கும் அமைப்பு, நிறமிகள் மற்றும் பணிகளின் அடிப்படையில் இவற்றைக் கீழ்க்கண்ட வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். கணிகங்கள் பிளவுறுதல் மூலம் பெருக்கம் அடைகின்றன.
- ஸ்ஷிம்பர் என்பவர் கணிகங்கள் ஒன்றிலிருந்து மற்றொன்றாக மாறிக்கொள்ளும் திறனுடையவை எனக் கூறினார்.

பசுங்கணிகம்

- பசுந்தாவரத்தின் அதிமூக்கிய உள்ளுறுப்பாகப் பசுங்கணிகம் கருதப்படுகிறது. பசுங்கணிகம் உள்சவ்வு, வெளி சவ்வு என இரட்டைச் சவ்வினால் ஆனது. இவ்விரு சவ்வுகளுக்கிடையே உள்ள பகுதி பசுங்கணிக சுற்றுவெளி என அழைக்கப்படுகிறது.

- உள்சவ்வினால் சூழப்பட்ட உள்வெளியில் ஜெல்லாடினஸ் மேட்ரிக்ஸ், லிப்போபுரத திரவம் காணப்படுகின்றன. இப்பகுதிக்கு ஸ்ட்ரோமா என்று பெயர்.
- ஸ்ட்ரோமாவின்னுள் தட்டையான, பின்னப்பட்ட நிலையில் உள்ள பகுதிக்குத் தைலக்காய்டுகள் (Thylakoids) என்ற சவ்வு வட்டிகள் காணப்படுகின்றன. தைலகாய்டு சவ்வு தைலக்காய்டு உள்வெளியைச் சூழ்ந்துள்ளது. பல தைலகாய்டுகளின் தொகுப்பு கிரானா எனப்படுகிறது. இது ஒன்றன் மேல் ஒன்றாக அமைந்து நாணய அடுக்கு போல் காணப்படுகிறது.
- சூரிய ஒளியின் ஆற்றலை ஈர்த்துக் கிரானாக்கள் அதை வேதிய ஆற்றலாக மாற்றுகின்றன. இந்த வேதிய ஆற்றலைக் கொண்டு ஸ்ட்ரோமா பகுதி கார்போஹைட்ரேட்டுகளைத் தயாரிக்கிறது.
- தைலகாய்டுகளில் பச்சைய நிறமி காணப்படுகிறது. பசங்கணிகங்களில் ஆஸ்மிய ஈர்ப்பு திறன் கொண்ட சிறு துகள்கள் (Osmophilic granules) 70S ரைபோசோம்கள், DNA (வட்ட வடிவம் மற்றும் ஹிஸ்டோன்கள் அற்றவை) மற்றும் RNA ஆகியவை காணப்படுகின்றன.
- ஒளிச்சேர்க்கையில் பங்காற்றும் சுமார் 30 புரதங்கள், ஒளி அமைப்பு-I மற்றும் ஒளி அமைப்பு-II சைட்டோகுரோம் bf தொகுப்பு, ATP சிந்தேஸ் நொதி உருவாக்க, பசங்கணிகத்தின் ஜீனோம் குறியீடு உதவுகிறது.
- Rubisco நொதியின் ஒரு துணை அலகு பசங்கணிகத்தின் DNA-வால் குறியீடு செய்யப்படுகிறது. பசங்கணிகத்தின் ஸ்ட்ரோமாவில் காணப்படும் முக்கியமான புரதமாக Rubisco கருதப்படுகிறது.
- உயிரி உலகின் அதிகம் காணப்படும் புரத மூலக்கூறாக Rubisco உள்ளது. தைலகாய்டுகளில் உள்ள சிறிய, வட்ட வடிவமான ஒளிச்சேர்க்கை அலகுகளுக்கு குாவன்டசோம்கள் என்று பெயர்.
- பசங்கணிகங்களும் «பாதி தற்சார்புடைய செல் நுண்ணுறுப்பாக» உள்ளன. இவைகளும் மைட்டோகாண்டிரியங்களைப் போலப் பிளவுறுதல் மூலம் பெருக்கமடைகின்றன.

பணிகள்

- ஒளிச்சேர்க்கை, கிரானாவில் ஒளிச்செயலை நிகழ்த்துதல், ஒளி சார்பற்ற வினைகளை (Dark reaction) ஸ்ட்ரோமாவில் நிகழ்த்துதல், ஒளி சுவாசத்தில் பங்காற்றுதல்.

6. ரைபோசோம்கள்

- ரைபோசோம்களை முதலில் கண்டறிந்தவர் ஜார்ஜ் பாலேடு (1953) ஆவார். இவை செல்லில் மிக அதிகச் செறிவுள்ள துகள்கள் அல்லது மணிகளாக மின்னணு நுண்ணோக்கியின் மூலம் கண்டறிந்தார்.
- ரைபோசோம்கள் ஒவ்வொன்றும் பெரியதும், சிறியதுமான இருதுணை அலகுகளைக்கொண்டுள்ளதாக மின்னணு நுண்ணோக்கி மூலம் கண்டறியப்பட்டது. இவ்விரு துணை அலகுகளும் ஒட்டியிருப்பது Mg+2 செறிவைப் பொருத்தது.
- ரைபோசோம்கள் தானாக நியூக்ளியோலஸ் பகுதியிலிருந்து தான் தோன்றியதாகவும், சுயமாக இரட்டிப்படையும் அமைப்புகளாகவும் திகழ்கின்றன. ஒவ்வொரு ரைபோசோமும் பெரிய மற்றும் சிறிய அலகுகள் என இரு துணை அலகுகளைக் கொண்டது. புரதச் சேர்க்கை நிகழும் இலக்குகளாக ரைபோசோம்கள் திகழ்கின்றன. ரைபோசோம்கள் RNA மற்றும் புரதத்தால் ஆனது. இதில் RNA %60 மற்றும் புரதம் %40 அடங்கும்.

- புரதச் சேர்க்கையின் போது பல ரைபோசோம்கள் ஒரு தூதுவ RNA (mRNA)-வினால் பிணைக்கப்படுகின்றன. இதனால், தோன்றும் ஒரு கூட்டு அமைப்பிற்கு பாலிசோம்கள் அல்லது பாலிரைபோசோம்கள் என்று பெயர்.
- இந்த பாலிசோம்களின் பணியானது புரதச் சேர்க்கையின் போது பல நகல்களைக் கொண்ட குறிப்பிட்ட பாலிபெப்டைடுகளை உருவாக்குவதாகும்.

7. லைசோசோம்கள் (தற்கொலைப் பைகள்)

- லைசோசோம்களை கிரிஸ்டியன்-டி-டுவி (1953) கண்டறிந்தார். இவை தன்னைத்தானே அழித்துக் கொள்ளும் நுண்ணுறுப்பு என்று அழைக்கப்படுகிறது. இவை கோள வடிவம் கொண்டு ஒற்றைச் சவ்வால் ஆன அமைப்புகளாக யூகேரியோட்டிக் செல்களில் காணப்படுகின்றன.
- கோல்கை உடலத்தின் முனை சிறு பைகளாகப் பிதுக்கப்பட்டு வெளியேறும் சிறிய வாக்குவோல்கள் லைசோசோம்களாக உருவாகின்றன. லைசோசோம்களில் காணப்படும் பல நீராற்பகுப்பு செய்யும் நொதிகள் செல்லினுள் பொருட்களைச் செரிக்க உதவுகிறது. லைசோசோம்களைச் சூழ்ந்துள்ள சவ்வு இந்த நொதிகளால் லைசோசோம்கள் அழிந்து போவதைத் தவிர்க்கிறது.

லைசோசோம் அமைப்பு

- செல்லிற்குள்ளே செரித்தல்: சைட்டோபிளாசத்தில் காணப்படும் கார்போஹைட்ரேட்டுகள், புரதங்கள் மற்றும் லிப்பிடுகளைச் செரித்தல்.
- சுய அழிவு (Autophagy): சில சாதகமற்ற சூழ்நிலையில் தன்னுடைய செல் நுண்ணுறுப்புகளான மைட்டோகாண்டியங்கள் மற்றும் எண்டோபிளாச வலை போன்றவற்றைச் செரிக்கச் செய்தல்.
- சுயச்சிதைவு (Autolysis): நோயுற்ற செல்களைச் சிதைத்துச் செல் அழிவை ஏற்படுத்துதல்.
- முதுமையடைதல் (Ageing): செல்லின் உட்புறத்தில் காணப்படும் மூலக்கூறுகளைச் சுயச்சிதைவைச் செய்யும் நொதிகளைப் பெற்றிருத்தல்.

பெராக்சிசோம்கள்

- பெராக்சிசோம்களை செல் நுண்ணுறுப்புகள் என்று கண்டறிந்து விளக்கியவர் கிரிஸ்டியன்-டி-டுவி (1967). இது சிறிய வட்டவடிவ, ஒற்றைச் சவ்வினால் சூழப்பட்ட அமைப்பாகும். பெராக்சிசோம்கள் ஒளிசுவாசம் மற்றும் கிளைக்கோலேட் வளர்சிதை மாற்றத்தில் பங்காற்றுகிறது.
- தாவர இலை செல்களில் பல பெராக்சிசோம்கள் காணப்படுகின்றன. பாலுரட்டிகளின் கல்லீரல், சிறுநீரகம், புரோடோசோவன்கள், ஈஸ்ட் செல்கள் ஆகியவற்றில் இவை அதிகம் காணப்படுகின்றன.

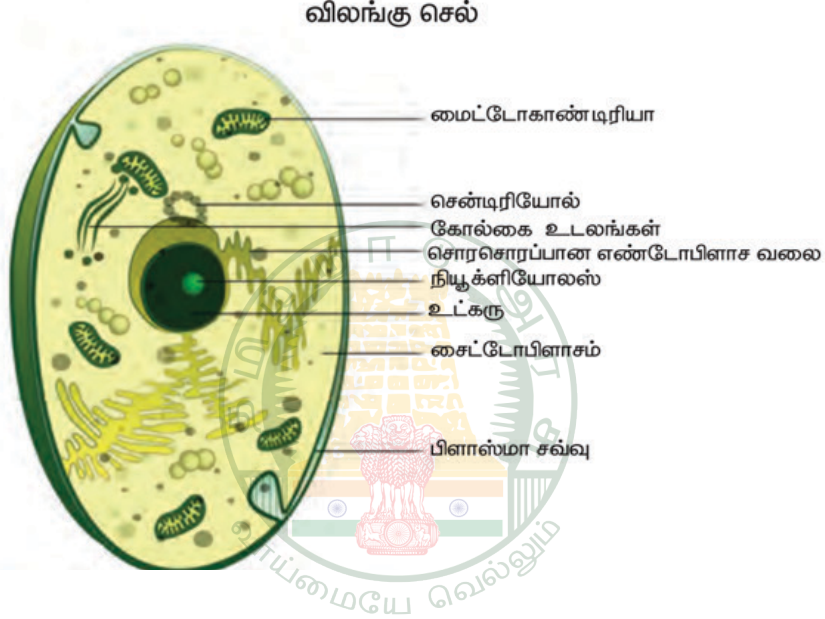
கிளையாக்ஸிசோம்கள்

- கிளையாக்ஸிசோம்களைக் கண்டறிந்தவர் ஹாரி பிவேர்ஸ் (1961). இவை தாவரச் செல்களில் மட்டும் காணப்படும் ஒற்றைச் சவ்வைக் கொண்ட துணை செல் நுண்ணுறுப்பாகும். இது கிளையாக்ஸிலேட் வழித்தடத்திற்குத் தேவையான நொதிகளைக் கொண்டுள்ளது. முளைக்கும் விதைகளில் காணப்படும்.

- கிளையாக்சிசோம்கள், கொழுப்பு அமிலங்களின் ஆக்சிகரணம் நிகழ உதவுகின்றன. எ.கா: ஆமணக்கு விதைகள்.

ஸ்ட்ரோமோசோம்கள்

- இவை கோள வடிவம் கொண்டு, ஒற்றைச் சவ்வினால் சூழப்பட்ட நுண்ணுறுப்புகள் ஆகும். எ.கா: எண்ணெய் வித்துகளில் உள்ள கருவுண் செல்களில் கொழுப்புப் பொருளைச் சேமித்தல்



8.சென்ட்ரியோல்கள்

- டியூபுலின் (Tubulin) என்ற பொருளால் ஆன மூன்றின் தொகுப்பாக விளங்கும் ஒன்பது புற நுண் இழைகள் (Nine triplet) இவைகளாகும். சென்ட்ரியோலின் மையப்பகுதிக்கு ஹப் (Hub) என்று பெயர். இதிலிருந்து ஆரப்போக்கில் விரியும் ஆரைகள் வெளிப்புற மூவிழைகளுடன் இணைந்துள்ளன (+ 9 0 முறை).

9.வாக்குவோல்கள்

- தாவரச் செல்களில் வாக்குவோல்கள் பெரிதாகவும், டோனோபிளாஸ்டு என்ற ஒற்றைச் சவ்வினால் சூழப்பட்டும் காணப்படுகிறது. அதன் செல் சாற்றில் சர்க்கரை, அமினோ அமிலங்கள், கனிம உப்புகள், வேதிய கழிவுப் பொருட்கள் மற்றும் ஆந்தோசையானின் நிறமிகள் கரைந்த நிலையில் காணப்படுகிறது.
- பீட்ரூட் செல்களின் வாக்குவோல்களில் ஆந்தோசையானின் நிறமி அதிகம் உள்ளது. டானின் பொருட்கள் செல்லில் சேகரம் அடைய இவை உதவுகின்றன.

- சவ்வுடு பரவல் மூலம் நீர் செல்லைச் சென்றடைய வாக்குவோல்கள் உதவுகின்றன.
- பிளாஸ்மாச் சவ்வு சிதைவடைந்த செல்களை நீரில் இடும்போது அவற்றுள் சவ்வுடு பரவல் மூலம் நீர் உட்செல்வதை ஒழுங்குபடுத்த இவை உதவுகின்றன.
- தாவர வாக்குவோல்களின் முக்கியப் பணியானது, நீரின் அழுத்தமான விறைப்பு அழுத்தத்தை நிலைநாட்டச் செய்வதாகும். இச்செயல் தாவர வடிவருவத்தைக் கட்டமைக்க உதவுகிறது.
- இவ்வாறு பொருட்களைச் சேமிக்கும் மற்றும் ஒதுக்கம் அடையும் இலக்குகளாக வாக்குவோல்கள் திகழ்கின்றன. எ.கா: செல்லில் உள்ள பெரும்பாலான சுக்ரோஸ் சேர்மங்கள் தாவர வாக்குவோல்களில் சேமிப்புப் பொருளாகக் காணப்படுகிறது.

செல்லின் உள்ளடக்கப் பொருட்கள்

- இவை சைட்டோபிளாசத்தில் காணப்படும் உயிரற்ற பொருட்களாகும். இவை கரிம மற்றும் கனிம மூலக்கூறுகளால் ஆனவை.

1. புரோகேரியோட்டு செல்லில் காணப்படும் உள்ளடக்கப் பொருட்கள்

- பாஸ்பேட் சிறுமணிகள், சைனோபேசியன் சிறுமணிகள், கிளைக்கோஜன் சிறுமணிகள், பாலி ஹைட்ராக்சி பியூட்ரேட் சிறுமணிகள், சல்ஃபர் சிறுமணிகள், கார்பாக்சிசோம்கள், காற்று வாக்குவோல்கள் போன்றவை புரோகேரியோட்டுகளில் காணப்படும் சேமிப்புப் பொருட்களாகும்.
- பாக்டீரியங்களில் காணப்படும் கனிம உள்ளடக்கப் பொருட்களாகப் பாலிபாஸ்பேட் சிறுமணிகள் (Volutin granules) மற்றும் சல்ஃபர் சிறுமணிகள் உள்ளன. இந்தச் சிறுமணிகளுக்கு மெட்டாகுரோமடிக் சிறுமணிகள் என அழைக்கப்படுகின்றன.

2. யூகேரியோட்டு செல்களில் காணப்படும் உள்ளடக்கப் பொருட்கள்

- சேமிப்பு உணவுப் பொருட்கள்: தரச மணிகள், கிளைக்கோஜன் சிறுமணிகள், அலுரன் நுண்மணிகள், கொழுப்பு நுண் குமிழ்கள் ஆகியவை.
- தாவரச் செல்லில் சுரக்கும் பொருட்களாக அத்தியாவசிய எண்ணெய், கோந்துகள், பிசின்கள், லேட்டெக்ஸ் மற்றும் டானின்கள் காணப்படுகின்றன.
- கனிமப் படிகங்கள்: கால்சியம் கார்போனேட், கால்சியம் ஆக்சலேட், சிலிக்கா போன்றவைத் தாவரச் செல்லின் உள்ளடக்கப் பொருட்களாக விளங்கும் கனிமப் படிகங்களாகும்.
- சிஸ்டோலித்: ஆல இலையின் (ஃபைகஸ் பெங்காலென்சிஸ்) புறத்தோல் செல்களில் கால்சியம் கார்பனேட் படிகங்கள் காணப்படுகின்றன.
- ஸ்பீரோபைடுகள் (Sphaeraphides): கொலக்கேசியா தாவரத்தின் உள்ள கால்சியம் ஆக்சலேட் படிகங்கள் நட்சத்திர வடிவடையவை.
- ரபைடுகள்: கால்சியம் ஆக்சலேட் பொருளால் ஆன இவை, ஐகோர்னியா தாவரச் செல்களில் காணப்படுகின்றன. முப்பட்டக வடிவப் படிகங்கள்: கால்சியம் ஆக்சலேட் பொருளால் ஆன இவை, அல்லியம் சீபா உலர் செதில்களில் காணப்படுகின்றன.

3. உட்கரு (Nucleus)

- செல்லினுள் காணப்படும் முக்கியமான நுண்ணுறுப்பு உட்கரு ஆகும். இது செல்லின் அனைத்துச் செயல்களையும் கட்டுப்படுத்துகின்றது. உட்கரு பாரம்பரியப்பண்புகள் வெளிப்படக் காரணமாகவுள்ளது.
- இவை மற்ற செல் நுண்ணுறுப்புகளைக் காட்டிலும் அளவில் பெரியவை. இது கோளம், கனசதுரம், பலகோணம் அல்லது தட்டு வடிவினைப் பெற்றுள்ளன.
- இது உள் மற்றும் வெளி என இரட்டைச் சவ்வினால் ஆன உட்கரு உறையைக் கொண்டுள்ளது. உள் சவ்வானது ரைபோசோம்கள் அற்று மென்மையாகக் காணப்படுகிறது. வெளி சவ்வானது ரைபோசோம்கள் பெற்றுச் சொரசொரப்பாக, ஒழுங்கற்ற இடைவெளிகளில் எண்டோபிளாச வலையுடன் தொடர்பு கொண்டு காணப்படுகிறது.
- இதன் சவ்வில் பல துளைகள் உள்ளன. இவற்றிற்கு உட்கருத்துளைகள் என்று பெயர். இந்தத் துளை மூலம் mRNA, ரைபோசோமால் அலகுகள், புரதங்கள் மற்றும் பிற பெரிய மூலக்கூறுகள் பரிமாற்றம் அடைகின்றன.
- ஒவ்வொரு துளையும் அனுலஸ் என்ற ஒரு வட்ட அமைப்பினால் சூழப்பட்டுள்ளது. துளையும், அனுலசும் சேர்ந்து துளை கூட்டமைப்பு ஆகும். இரண்டு சவ்விற்கும் இடையே உள்ள இடைவெளிக்கு உட்கரு புறவெளி என்று பெயர். உட்கரு உள்வெளியில் உள்ள ஜெலாட்டினஸ் மாட்ரிக்ஸ் உட்கருபிளாசம் என அழைக்கப்படுகின்றது.
- மாட்ரிக்ஸில் செறிவற்றுப் பரவலாகக் காணப்படும் குரோமாட்டின் வலைபின்னல்களும், நியூக்ளியோலஸும் இடம் பெற்றுள்ளன.
- இடைக்காலச் செல் பிரிதல் நிலையில் வலைப்பின்னல்களைக் கொண்ட குரோமாட்டினானது, சுருள்களற்ற இழைகளாகக் காணப்படுகிறது.
- யூகேரியோட்டிக் செல்களின் குரோமாட்டின்களில் சிறிதளவு RNA மற்றும் DNA-வுடன் இணைந்த ஹிஸ்ட்டோன் புரதங்களும் உள்ளன. செல் பகுப்பின் போது குரோமாட்டின்களின் சுருக்கமடைந்த அமைப்பிற்குக் குரோமோசோம்கள் என்று பெயர்.
- யூகேரியோட்டிக் குரோமோசோமின் பகுதியானது, m-RNA படியெடுக்கையில் அதில் உள்ள செயல்படும் ஜீன்கள் உறுதியாக செறிவுற்று இடைக்கால நிலையில் இருப்பதில்லை. இதற்கு யூகுரோமாட்டின் என்று பெயர்.
- இடைக்கால நிலையில் யூகேரியோட்டிக் குரோமோசோமின் பகுதி m-RNA-வில் படியெடுக்கப்படாமல், செறிவுற்று அதிக சாயம் ஏற்கும் பகுதிக்கு ஹைட்ரோகுரோமாட்டின் என அழைக்கப்படுகிறது.
- உட்கருவினுள் ஒன்று அல்லது பல எண்ணிக்கைகளில் காணப்படும் சிறிய செறிவுற்ற கோள வடிவச் சவ்வு சூழ்ந்திராத அமைப்புகள் நியூக்ளியோலஸ் எனப்படுகின்றன.
- rRNA மற்றும் tRNA உருவாக்கத்திற்குத் தேவையான ஜீன்களை நியூக்கிலியோலஸ் பெற்றுள்ளது.

உட்கருவின் பணிகள்

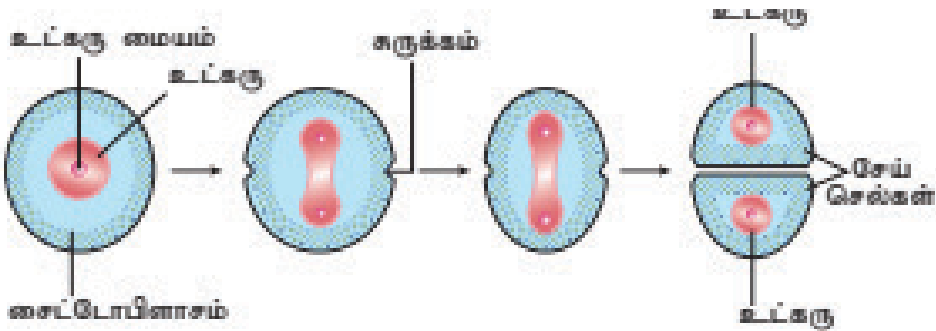
- செல்லின் செயல்கள் அனைத்தையும் கட்டுப்படுத்துதல்.
- . மரபு அல்லது பாரம்பரியச் செய்திகளைச் சேமித்து வைத்தல்.
- புரதங்கள் மற்றும் நொதிகள் உருவாவதற்குத் தேவையான மரபுச் செய்தியை DNA-யில் பெற்றிருத்தல்.
- DNA இரட்டிப்பாதல் மற்றும் படியெடுத்தல் நிகழ்வுகளை நடத்துதல்.
- . நியூக்ளியோலஸ்சில் ரைபோசோம்கள் தோன்றுதல்

செல் பகுப்பின் வகைகள்

- மூன்று வகையான செல் பகுப்புகள் விலங்கு
- செல்களில் காணப்படுகின்றன. அவை:
 - I. ஏமைட்டாசிஸ் – நேரடிப் பகுப்பு
 - II. மைட்டாசிஸ் – மறைமுகப் பகுப்பு
 - III. மியாசிஸ் – குன்றல் பகுப்பு

I. ஏமைட்டாசிஸ்

- ஏமைட்டாசிஸ் என்பது ஒரு எளிய முறைசெல் பகுப்பாகும். இது நேர்முக செல்பிரிதல் என்று அழைக்கப்படுகிறது. இது ஒரு செல் விலங்குகள், வயதான செல்கள் மற்றும் கருப்பைச்சவ்வுகளில் நிகழ்கிறது. இந்த நிகழ்வில் முதலாவதாக உட்கரு நீண்டு ஒரு சுருக்கத்தை அதன் மையத்தில் தோன்றுவிக்கிறது.
- இச்சுருக்கம் மெதுவாக உள்ளோக்கிச் சென்று முடிவில் உட்கருவை இரண்டு சேய் உட்கருக்களாகப் பிரிக்கிறது. இதனைத்தொடர்ந்து சைட்டோபிளாசத்திலும் சுருக்கம் ஏற்பட்டு இரண்டு சேய் செல்கள் தோன்றுகின்றன.



ஏமைட்டாசிஸ் நிகழ்வுகள்

II. மைட்டாசிஸ்

- ஃபிளம்மிங் (Fleming) என்பவரால் 1879 – ஆம் வருடம் முதன்முதலில் இது கண்டறியப்பட்டது. இச்செல் பகுப்பில் ஒரு தாய் செல்லானது இரு ஒத்த சேய் செல்களாக பகுப்படைகிறது.
- ஒவ்வொரு சேய் செல்லும் ஒரே அளவுடைய டிஎன்ஏ உட்கரு, ஒரே எண்ணிக்கையிலான ஜீன் மற்றும் குரோமோசோம்களைக் கொண்டு தாய் செல்களில் உள்ளது போலவே அமைந்துள்ளன. எனவே இது ஒரு சமபகுப்பு என்று அழைக்கப்படுகிறது.
- இது இரு நிகழ்வுகளாக நடைபெறுகிறது. அவை
 1. கேரியோகைனசிஸ் (உட்கரு பகுப்பு)
 2. சைட்டோகைனசிஸ் (சைட்டோபிளாச பகுப்பு)
- இடைநிலை என்பது உட்கருவின் ஓய்வுநிலை ஆகும். இது இரு அடுத்தடுத்த செல்பகுப்பின் இடைவேளை நிலை ஆகும். இந்த நிலையின்போது செல்லானது அடுத்த செல்பகுப்பிற்கு உட்படத் தேவையான முக்கியமான பொருட்களை உற்பத்தி செய்து தன்னை அடுத்த செல் பகுப்பிற்கு தயார்படுத்திக்கொள்கிறது.

1. உட்கரு பகுப்பு (கேரியோகைனசிஸ்)

- உட்கரு பகுப்படைந்து இரு சேய் உட்கருக்களை உருவாக்குவது உட்கரு பகுப்பாகும். இது நான்கு நிலைகளைக் கொண்டது. அவை: புரோநிலை, மெட்டாநிலை, அனாநிலை, டீலோ நிலை.



மைட்டாசிஸ் நிகழ்வுகள்

புரோநிலை (புரோ –முதல்)

- இந்நிலையில் உட்கருவின் உள்ளே குரோமோசோம்கள் சிறியதாகவும், தடித்தும் புலனாகும் அல்லது தெரியும் வகையில் அமைந்திருக்கும். சென்ட்ரோசோம் பிளவுற்று இருசேய் சென்ட்ரியோல்களாகின்றது. அவை அங்கிருந்து நகர்ந்து செல்லின் துருவப் பகுதிகளை சென்றடைகின்றன.
- ஒவ்வொரு சென்ட்ரியோலும் ஆஸ்டர் கதிர்கள் எனப்படும் ஒளிவீசும் கதிர்களால் சூழப்பட்டுள்ளது. கதிர்கோல் (ஸ்பிண்டில்) இழைகள் இரு சென்ட்ரியோல்களுக்கு இடையில் அமைந்திருக்கும்.
- உட்கரு சவ்வு மற்றும் உட்கருமணி (நியூக்ளியோலஸ்) மெல்ல மறைய ஆரம்பிக்கின்றன.

மெட்டாநிலை (மெட்டா – பிந்தைய)

- நகலுற்ற குரோமோசோம்கள் செல்லின் மையப்பகுதியில் ஒருங்கமைந்து மெட்டா நிலை தட்டைத் தோற்றுவிக்கின்றன.
- ஒவ்வொரு குரோமோசோமும் ஸ்பிண்டில் இழைகள் மூலம் சென்ட்ரோமியருடன் இணைவறுகின்றன. ஒவ்வொரு குரோமோசோமின் சென்ட்ரோமியரும் இரண்டாகப் பகுப்படைந்து அவை ஒவ்வொன்றும் குரோமேடிட்டுடன் ஒன்றிணைந்துள்ளன.

அனாநிலை (அனா – இறுதி முன்னிலை)

- இரு குரோமேட்டிடுகளுடன் இணைந்திருக்கும் சென்ட்ரோமியர்கள் பகுப்படைந்து, ஒவ்வொரு குரோமோசோமின் இரு சேய் குரோமேட்டிடுகள் தனியாகப் பிரிந்து இரு எதிர் எதிர் துருவங்களை நோக்கி நகர்கின்றன.
- இந்த சேய் குரோமோசோம்களின் நகர்வானது கதிர் இழைகள் சுருங்குவதால் நிகழ்கின்றது.

டீலோ நிலை (டீலோ – இறுதி)

- ஒவ்வொரு குரோமேட்டிடு அல்லது சேய் குரோமோசோமும் நீண்டு, மெல்லியதாக குரோமோட்டின் நூல் இழைகளில் வலைப்பின்னலாக மாறுகின்றன.
- கதிர் இழைகள் சிதைவற்று மறைந்து விடுகின்றன. ஒவ்வொரு சேய் உட்கருவிலும் உட்கருசவ்வு மற்றும் உட்கருமணி மீண்டும் தோன்றுகின்றன.

2. சைட்டோபிளாச பகுப்பு

- சைட்டோபிளாசம் பகுப்படைந்து இரு சேய் செல்களாவது சைட்டோபிளாச பகுப்பாகும். செல் சவ்வின் மையத்தில் ஒடுக்கம் அல்லது சுருக்கம் தோன்றி அவை உள்நோக்கி நீண்டு இறுதியாக சைட்டோபிளாசம் பிளவுற்று தாய் செல்லில் இருந்து இருசேய் செல்கள் உருவாகின்றன.

III. மியாசிஸ்

- மியாசிஸ் என்ற வார்த்தை 1905 ஆம் வருடம் ஃபார்மர் என்பவரால் அறிமுகப்படுத்தப்பட்டது. இவ்வகை செல் பகுப்பு இனச்செல்களை அல்லது கேமிட்டுகளை உருவாக்குகின்றன. இவை குன்றல் பகுப்பு என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன. ஏனெனில் குரோமோசோம் எண்ணிக்கை இருமய (2n) நிலையில் இருந்து ஒருமய (n) நிலையாக குறைக்கப்படுவதால் மியாசிஸ் பகுப்பில் ஒரு தாய் செல்லில் இருந்து நான்கு சேய் செல்கள் உருவாக்கப்படுகின்றன.
- மியாசிஸ் இரண்டு பகுப்புகளைக் கொண்டது. அவை:
 1. ஹெட்டிரோடைப்பிக் பகுப்பு அல்லது முதல் மியாசிஸ் பகுப்பு
 2. ஹோமோடைப்பிக் பகுப்பு அல்லது இரண்டாம் மியாசிஸ் பகுப்பு

அ. ஹெட்டிரோடைப்பிக் பகுப்பு

- இரட்டைமய செல் பகுப்பிற்குப் பின் இது இரு ஒற்றைமய செல்களை உருவாக்குகின்றது. இவ்வகை பகுப்பினால் உருவாகும் சேய் செல்களின் குரோமோசோம் எண்ணிக்கை தாய் செல்களின் குரோமோசோம் எண்ணிக்கையில் இருந்து வேறுபடுகிறது. இது ஐந்து நிலைகளைக் கொண்டது.

1. புரோநிலை – I

- நீண்ட கால அளவைக் கொண்டது. மேலும் இது ஐந்து துணைநிலைகளாகப் பிரிந்துள்ளது. அவை: லெப்டோடன், சைக்கோடன், பேக்கிடன், டிப்ளோடன் மற்றும் டயாகைனசிஸ்

லெப்டோடன்

- குரோமோசோம்கள் சுருள் பிரிந்து நீண்ட நூல் போன்ற அமைப்பைப் பெற்று உட்கருவினுள் குறிப்பிட்ட ஒருங்கமைப்பில் இருக்கின்றன. இவை பூங்கொத்து போன்ற அமைப்பு நிலையைப் பெற்றுள்ளன.

சைக்கோடன் (சைக்கோன் – இணையுறுதல்)

- இரு ஒத்திசை குரோமோசோம்கள் ஒன்று மற்றொன்றை அணுகி ஜோடியாகின்றன. இவ்வாறாக ஒத்திசை குரோமோசோம்கள் இணைவது சினாப்சிஸ் (ஒன்றியொடுங்கல்) என்று அழைக்கப்படுகிறது.

பேக்கிடன் (பேக்கஸ் – தடித்த)

- இதில் குரோமோசோம்கள் நீண்ட இணைவுற்ற முறுக்கிய நூல்களாக காணப்படுகின்றன. இவ்வாறு உருவான ஜோடிகள் இரட்டைத் தொகுப்பு என்று அழைக்கப்படுகின்றன. ஒவ்வொரு இரட்டைத் தொகுப்பும் நான்கு குரோமேட்டிகளைப் பெற்றுள்ளன.
- ஒவ்வொரு ஜோடியிலும் ஒத்திசை குரோமோசோம்கள் பிரிவுற ஆரம்பிக்கின்றன ஆனால் முழுவதும் பிரிவுறாமல் ஒன்று அல்லது பல புள்ளிகளில் ஒருங்கிணைந்து ஆங்கில எழுத்து X வடிவில் அமைந்துள்ளன. இவை கையஸ்மேட்டா (கோப்புகள்) என்று அழைக்கப்படுகின்றன.
- இந்த புள்ளிகளில் குரோமேட்டிடுகள் முறிவுறுகின்றன. முறிவுற்ற பகுதிகள் மற்றொன்றுடன் பரிமாறிக்கொள்ளப்படுகின்றன. இது குறுக்கெதிர்கலத்தல் (கிராஸிங் ஓவர்) என்று அழைக்கப்படுகிறது. இதன் முடிவில் மரபியல் மறுசேர்க்கை (ஜெனெடிக் ரீகாம்பினேசன்) நடைபெறுகிறது.

டிப்ளோடன்

- ஒவ்வொரு இரட்டைத் தொகுப்பில் உள்ள தனித் தனி குரோமோசோம்கள் செங்குத்தாக பிளவுற்று இரண்டு ஒரே மாதிரியான குரோமேட்டிகளை உருவாக்குகின்றன.
- ஒத்திசைவு குரோமோசோம்கள் ஒன்றிலிருந்து ஒன்று விடுபடுகின்றன. சென்ட்ரோமியர் பகுதியிலிருந்து கையஸ்மேட்டா (கோப்புகள்) மெதுவாக குரோமோசோம் முழுவதும் நகர்ந்து முடிவில் முனைவுறுகின்றன.

டயாகைனசிஸ்

- இணைவுற்ற குரோமோசோம்கள் நீளம் குறைவாகவும், தடிமனாகவும் மாறுகின்றன. நியூக்ளியார் சவ்வு மற்றும் நியூக்ளியோலஸ் ஆகியவை மறைய ஆரம்பிக்கின்றன. கதிர் இழைகள் தோன்ற ஆரம்பிக்கின்றன.

2. மெட்டாநிலை – I

- குரோமோசோம்கள் மையத்தை நோக்கி நகர்ந்து தானாகவே ஒன்றிணைகின்றன. மெட்டாசிஸ் நிகழ்வைப் போல் ஒவ்வொரு குரோமோசோமின் இரு குரோமேட்டிகளும் தனியாகப் பிரிவதில்லை. சென்ட்ரோமியர் பகுப்படைவதில்லை.

3. அனாநிலை - I

- ஒவ்வொரு ஹோமோலோகஸ் குரோமோசோமும் அதன் இரு குரோமேட்டிகளுடனும், பகுப்படையாத சென்ட்ரோமியர்களுடனும் செல்லின் எதிரெதிர் துருவங்களை நோக்கி நகர்கின்றன. இந்த குரோமோசோமின் நிலையானது டையாடு (Diad) என்றழைக்கப்படுகிறது.

4. டீலோநிலை - I

- ஒருமய (ஹேப்ளாய்டு) எண்ணைக்கொண்ட குரோமோசோம்கள் அதனதன் துருவத்தை அடைந்தவுடன் பிரிந்து நீட்சியடைகின்றன. நியூக்ளியார் சவ்வு மற்றும் நியூக்ளியோலஸ் மறுபடியும் தோன்றுவதோடு இருசேய் நியூக்ளியஸ்கள் தோன்றுகின்றன.

5. சைட்டோபிளாச பகுப்பு - I

- சைட்டோபிளாச பகுப்பு நடைபெற்று இரு ஹேப்ளாய்டு செல்கள் தோன்றுகின்றன.

ஆ. ஹோமோடைபிக் பகுப்பு

- இவ்வகை பகுப்பில், இரண்டு ஹேப்ளாய்டு செல்கள் முதல் மியாட்டிக் பகுப்பில் தோன்றி பகுப்படைந்து நான்கு ஹேப்ளாய்டு செல்கள் தோன்றுகின்றன. தாய் செல்களின் குரோமோசோம் எண்ணிக்கையைப் போல் சேய் செல்களிலும் காணப்படும். இவை 5 நிலைகளைக் கொண்டவை.

1. புரோநிலை - II

- சென்ட்ரியோல் இரண்டாக பகுப்படைந்து, ஒவ்வொன்றும் ஒவ்வொரு துருவத்தைச் சென்றடைகின்றன. ஆஸ்டர்கள் மற்றும் எதிர் இழைகள் தோன்றுகின்றன. நியூக்ளியார் சவ்வு மற்றும் நியூக்ளியோலஸ் மறைய ஆரம்பிக்கின்றன.

2. மெட்டாநிலை - II

- குரோமோசோம்கள் மையத்தில் வந்து அமைகின்றன. இரண்டு குரோமேட்டிகள் பிரிதல் அடைகின்றன.

3. அனாநிலை - II

- பிரிவுற்ற குரோமேட்டிகள் சேய் குரோமோசோம்களாகின்றன. பின் கதிர் இழைகள் சுருங்குவதால் எதிரெதிர் துருவத்தைச் சென்றடைகின்றன.

4. டீலோநிலை - II

- சேய் குரோமோசோம்கள் மையத்தை வந்தடைகின்றன. நியூக்ளியார் சவ்வு மற்றும் நியூக்ளியோலஸ் தோன்றுகின்றன.

5. சைட்டோபிளாச பகுப்பு - II

- நியூக்ளியார் பகுப்பிற்குப் பிறகு ஒவ்வொரு ஒரு மய (ஹேப்ளாய்டு) சேய் செல்லிலிருந்து இரண்டு செல்கள் தோன்றுகின்றன. இதனால் ஒற்றைமய குரோமோசோம்களைக் (n) கொண்ட நான்கு செல்கள் தோன்றுகின்றன.