



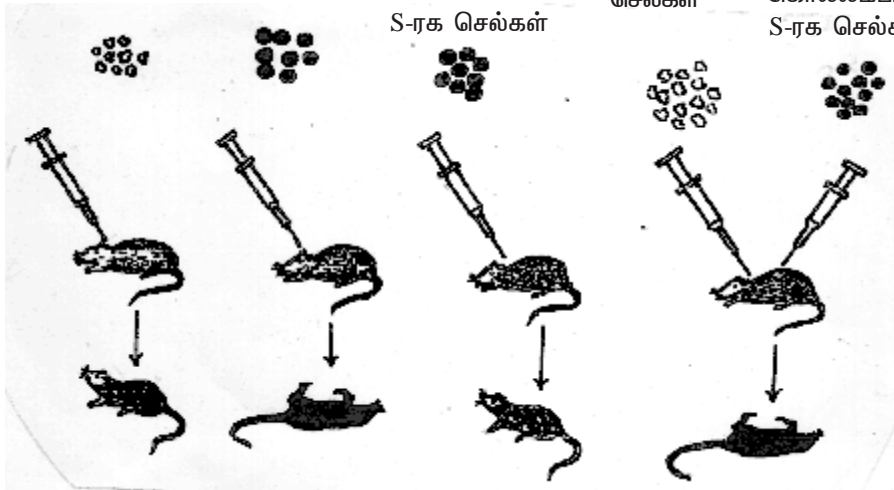
### 3.7 DNA ஒரு மரபுப் பொருள்

குரோமோசோம்களே மரபுப் பொருட்களை கொண்டுள்ளன என்பது நன்கு அறிந்த ஒன்றாகும். புரதங்கள், DNA மற்றும் RNA ஆகியவற்றை குரோமோசோம்கள் கொண்டுள்ளன. பெரும்பாலான நுண்ணுயிர்கள் மற்றும் உயர்நிலை உயிரினங்களில் DNA வே மரபுப் பொருள் என்பது யாவராலும் ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்டதாகும். பெரும்பாலான தாவர வைரஸ்களில் RNA மரபுப் பொருளாக உள்ளது. DNA தான் மரபுப் பொருள் என்பதற்கு நேரடி சான்றுகள் உள்ளன. இப்பொழுது பிரடரிக் கிரிஃபித் என்பவர் இதற்கான சான்றுகளில் ஒன்றைப் பற்றி படங்களுடன் விளக்கியுள்ளதை காணலாம்.

#### மரபிய-ல் DNA - வின் பங்கு - பாக்டீரிய இயல்பு மாற்றம்

1928 - ஆம் ஆண்டு பிரடரிக் கிரிஃபித் என்னும் பாக்டீரிய அறிவியலார் டிம்னோகாக்கஸ் நிமோனியே என்ற பாக்டீரியத்தை பயன்படுத்தி ஆய்வுகள் செய்து வந்தார். நிமோனியா காய்ச்சலை தோற்றுவிக்கும் வீரியம் உள்ள ஒரு டிம்னோகாக்கஸ் ரகம்பற்றி இவர் ஆராய்ச்சி இருந்தது. வீரியம் உள்ள ரகமானது செல்லை சுற்றி மென்மையான, பா-சாக்கரைடு உறையை உண்டாக்குகிறது. இந்த பாக்டீரியம் உறையுடைய ரகங்களை உற்பத்தி செய்யக்கூடியவை. இந்த ரகமானது S - ரகம் எனப்படும். மற்றொரு ரகம் இது போன்ற உறையை கொண்டிருப்பதில்லை. மேலும் இது நோய் உண்டாக்கும் திறன் அற்றது. இந்த பாக்டீரியம் சொரசொரப்பான ரகங்களை உற்பத்திச் செய்யக் கூடியவை. இந்த ரகம் R - ரகம் எனப்படும்.

R-ரக செல்கள்	S-ரக செல்கள்	வெம்பத்தால்	R-ரக	வெம்பத்தால்
		கொல்லப்பட்ட	செல்கள்	கொல்லப்பட்ட
		S-ரக செல்கள்		S-ரக செல்கள்



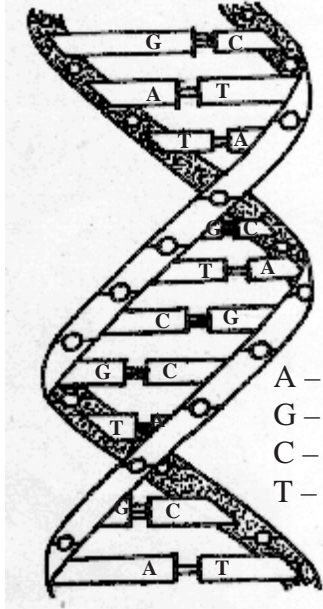
படம் 3.7 சுண்டெ-யில் கிரிஃபித் ஆய்வு

S - ரக பாக்டீரிய செல்களை சுண்டெ-யின் உடலுக்குள் செலுத்திய பின்னர் சுண்டெ- இறந்து விட்டது. R - ரக பாக்டீரிய செல்லை சுண்டெ-யின் உட-ல் செலுத்தியபோது அது இறக்கவில்லை. வெப்பத்தால் கொல்லப்பட்ட

S - வகை செல்களை சுண்டெ-யின் உட-ல் செலுத்திய போது இது இறக்கவில்லை. வெப்பத்தினால் கொல்லப்பட்ட S - ரக பாக்டீரியங்களையும், உயிருள்ள சொரசொரப்புள்ள சில R - பாக்டீரியங்களையும் கலந்து சுண்டெ-யின் உட-னுள் செலுத்தினார். சுண்டெ- இறந்துவிட்டது. உயிருள்ள சொரசொரப்பு வகையை சார்ந்த டிம்னோகாக்கஸ் பாக்டீரியங்கள் வீரியமுள்ள S - வகை செல்களாக மாறின. அதாவது வெப்பத்தினால் கொல்லப்பட்ட S - ரக பாக்டீரிய செல்களின் மரபுப் பொருள், வீரியமற்ற சொரசொரப்பான R - வகை செல்களை வீரியமுள்ள மென்மையான S - ரகமாக மாற்றிவிட்டது. இவ்வாறு, ஒரு வகை உயிரினத்தின் பம்பினை வேறொரு உயிரினத்தின் DNA - வை, அதனுள் செலுத்தி மாற்றுவது இயல்பு மாற்றம் என்று பெயர்.

### DNA - வின் அமைப்பு

DNA மற்றும் RNA ஆகியவை நியூக்கிளியஸில் உள்ளவை. இவை மிக பெரிய சிக்கலான மூலக்கூறுகள் ஆகும். இவை ஒவ்வொன்றும் நியூக்கிளியோடைடுகள் எனப்படும் பல லட்சக்கணக்கான சிறிய பகுதிகளால் ஆனவையாகும். எனவே DNA என்பது ஒரு பெரிய மூலக்கூறாகும். இது இரண்டு இழைகளால் ஆன பா-நியூக்ளியோடைடு ஆகும். ஒவ்வொரு நியூக்கிளியோடைடும் ஒரு பென்டோஸ் சர்க்கரை, ஒரு பாஸ்பேட் தொகுதி மற்றும் ஒரு நைட்ரஜன் காரம் ஆகியவற்றை கொண்டுள்ளது. ரைபோஸ் சர்க்கரை RNA - விலும், டிஆக்ஸிரைபோஸ் சர்க்கரை DNA - விலும் உள்ளன. நைட்ரஜன் காரங்கள் பியூரின்கள், பிரிமிடின்கள் என இரு வகைப்படும். அடினைன் மற்றும்



A - அடினைன்  
G - குவானைன்  
C - சைட்டோசின்  
T - தைமின்

படம் 3.8 வாட்சன் மற்றும் கிரிக் டி.என்.ஏ. மாதிரி

குவானைன் என்பவை பியூரின் களாகும் தைமின் மற்றும் சைட்டோசைன் ஆகியவை பிரிமிடின்களாகும். DNA - வில் உள்ள நைட்ரஜன் காரங்கள் அடினைன், குவானைன், சைட்டோசின் மற்றும் தைமின் ஆகியன. RNA - வில் தைமினுக்கு பதிலாக யூராசில் உள்ளது. சர்க்கரையுடன் நைட்ரஜன் காரம் சேர்ந்து நியூக்ளியோசைடு எனப்படும். இத்துடன் பாஸ்பேட் சேர்ந்தால் அது நியூக்ளியோடைடு எனப்படும். இவ்வாறு நான்கு வகையான நியூக்ளியோடைடுகள் DNA மூலக்கூறில் உள்ளன. அவை அடினைன் நியூகியோடைடு, குவானைன் நியூகியோடைடு, தைமின் நியூகியோடைடு மற்றும் சைட்டோசின் நியூகியோடைடு. இவ்வாறு நியூகியோடைடுகள் DNA வினுடைய அமைப்பு அலகுகளாக விளங்குகின்றன.

வில்கின்ஸ் மற்றும் ஃபிராங்கினின் என்பவர்கள் DNA – வைப்பற்றி X – கதிர்களை கொண்டு ஆய்வு செய்து எடுத்த புகைப்படத்தின் அடிப்படையில் 1953 ஜேம்ஸ் வாட்சன் மற்றும் பிரான்சிஸ் கிரிக் என்பவர்கள் DNA இரட்டை சுருள் இழைகளை கொண்டது என்ற கருத்தையும், DNA மாதிரியையும் வெளியிட்டார்கள். DNA ஓர் ஈரிழை அமைப்பாகும். இதில் இரண்டு இழைகளும் ஒன்றை ஒன்று சுற்றி கொண்டு இரட்டைச் சுருளாக உள்ளன. இந்த DNA இரட்டையானது உயிர்ச்சுருள் ஆகும். DNA – வில் அடுத்தடுத்து பெரிய மற்றும் சிறிய வரிபள்ளங்கள் உள்ளன. DNA – வின் முதுகுப் பகுதி சர்க்கரை மற்றும் பாஸ்பேட் மூலக்கூறுளால் ஆனது. நைட்ரஜன் காரங்கள், சர்க்கரை மூலக்கூறுகளுடன் இணைக்கப் பட்டுள்ளன. இந்த இரண்டு நியூக்ளியோடைடு இழைகளும் உறுதியற்ற ஹைட்ரஜன் பிணைப்புகளால் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. எர்வின் சார்காப் என்பவர் 1949 – ல் கீழ்க்கண்ட கருத்துகளை வெளியிட்டார்.

1. காரங்கள் குறிப்பிட்ட முறையிலேயே இணை சேர்க்கின்றன. அடினைன் எப்பொழுதும் தைமினோடு இணை சேரும்; குவானைன் சைடோசினோடுதான் இணை சேரும்.

2. பியூரின் நியூக்ளியோடைடுகளின் அளவு எப்பொழுதும் பிரிமிடின் நியூக்ளியோடைடுகளின் அளவிற்கு சமமாக இருக்கும் அதாவது  $(A)+(G)=(T)+(C)$ .

3. அடினைனுடைய அளவும் தைமின்னுடைய அளவும் சரிசமமாக இருக்கும். அதே போன்று குவானைனும் சைடோசினும் சம அளவில் உள்ளன. ஆனால்  $(A)+(T)$  எப்பொதும்  $(G)+(C)$  – க்கு சமமாக இருப்பதில்லை.

DNA – வில் உள்ள காரங்களின் அளவை குறித்த விதிமுறைகள் ஒட்டுமொத்தமாக சார்காப்பின் விதி அல்லது கார இணை விதிகள் எனப்படும். அடினைனக்கும் தைமினுக்கும் இடையே இரண்டு ஹைட்ரஜன் பிணைப்புகள்  $(A=T)$  உள்ளன. குவானைனுக்கும் சைடோசினுக்கும் இடையே மூன்று பிணைப்புகள்  $(G=C)$  உள்ளன. இரண்டு இழைகளும் எதிர் இணையாக எதிரெதிர் திசைகளில் செல்கின்றன. அதாவது அவை எதிர் எதிர் திசைகளில் 5' – –ருந்து 3' முனை, 3' – –ருந்து 5'முனை நோக்கி அமைந்துள்ளன. இரண்டு இழைகளும் வலஞ்சுழி திசையில் ஒன்றுக்கொன்று பின்னிக் காணப்படுகின்றன. DNAவின் மூலக்கூறின் விட்டம்  $20\text{Å}$  ஆகும். ஒவ்வொரு  $34\text{Å}$  நீளத்திற்கும் DNA ஒரு சுற்று சுற்றுகிறது. ஒவ்வொரு சுற்றிற்கும் 10 நியூக்ளியோடைடுகள் உள்ளன. இரண்டு நியூக்ளியோடைடுகளுக்கிடையே உள்ள தூரம்  $3.4\text{Å}$  ஆகும். வாட்சன் மற்றும் கிரிக் வெளியிட்ட DNA மாதிரி B – வடிவ DNA எனப்படும். இதன் இழைகள் வலது கைவாட்ட அமைப்பை கொண்டுள்ளன.

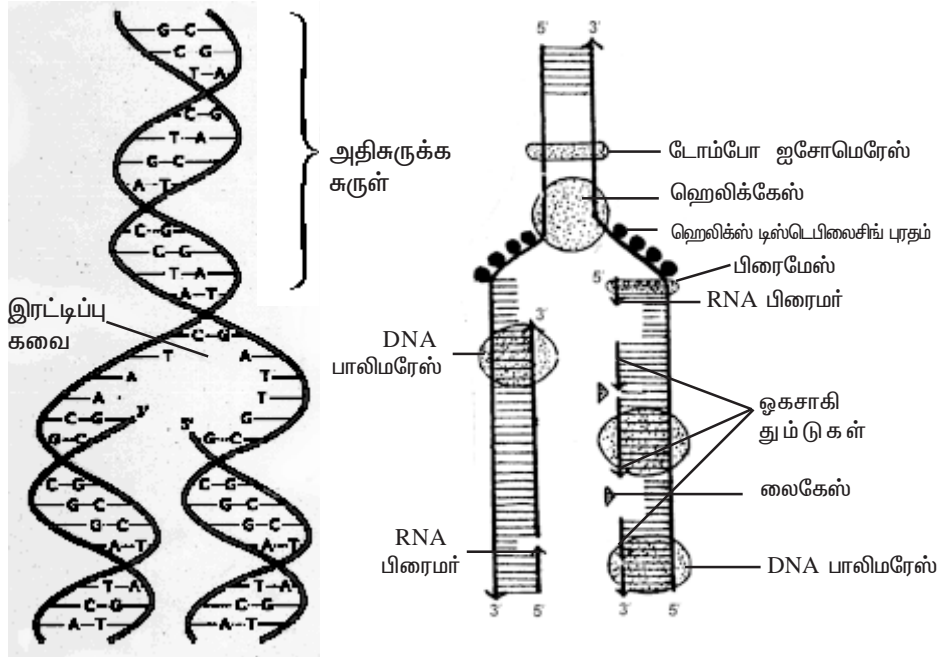
### **DNA – வின் செயல்பாடுகள்**

இது ஒரு செல்-ன் எல்லா உயிர்வேதி செயல்களையும் கட்டுப்படுத்துகிறது. இது ஒரு தலைமுறையி-ருந்து அடுத்த தலைமுறைக்கு எல்லா மரபுச் செய்திகளையும் எடுத்துச் செல்கிறது. புரதச்சேர்க்கை மற்றும் RNA உருவாக்கத்தை ஒழுங்குபடுத்துகிறது.

## DNA - இரட்டிப்பாதல்

DNA ஏறக்குறைய எல்லா உயிரினங்களுடைய மரபுப் பொருளாகும். DNA முக்கியமான செயல்பாடுகளில் ஒன்று, அது புதிய நகல்களை தோற்றுவித்து அதனை சேய் செல்கள் பெறுமாறு செய்வதாகும். இரட்டிப்பாதல் என்பது DNA - வின் சரியான நகல்களை உருவாக்குவதாகும். இரட்டிப்பாதல் என்பது உயிரின் அடிப்படை பண்பாகும். இது செல்பிரித-ன் இடைநிலையில் நடைபெறுவதாகும். DNA இரட்டிப்பாதல் முறையை வாட்சன் மற்றும் கிரிக் என்பவர்கள் பாதி பழமை முறை என்று குறிப்பிட்டுள்ளார்கள். மீசில்சன் மற்றும் ஸ்டால் என்பவர்கள் தன் ஆய்வின் முடிவில் வாட்சன் மற்றும் கிரிக் கூறிய பாதி பழமை DNA இரட்டிப்பு முறைதான் சரியானது என்று உறுதிப்படுத்தினார்கள். எஸ்செரிஸியா கோலை பாக்டீரியங்களில் கதிர் இயக்க ஐசோடோப்புகளை கொண்டு செய்த ஆராய்ச்சிகளின் அடிப்படையில் இதைக் கண்டறிந்தனர். எ. கோலையில் DNA இரட்டிப்பாதல் 40 நிமிடங்களில் நிறைவுபெறுகிறது.

DNA இரட்டிப்பாகும்போது DNA - வின் இரண்டு சுருள்களும் பிரிந்து ஜிப் திறப்பது போன்று பிரிகின்றன. இதற்கு ஹெ-கேஸ் என்ற நொதி உதவுகிறது. இதுவே இரண்டு இழைகளும் பிரிவதற்கு உதவுகின்றது. அந்த இடத்தில் இரட்டிப்பு கவை உருவாகிறது. இரண்டு இழைகளும் பிரியும்போது அந்த இடத்திற்கு மேலே உள்ள DNA பகுதி மிகுதியாகச் சுருள்கிறது. இதற்கு அதிகருக்கச்சுருள்



படம் 3.9 பாதிபழமை முறையில் DNA இரட்டிப்படைதல்

என்று பெயர். *டோபோஜசோமிரேஸ்* என்ற நொதி அதிகமாக சுருண்டுள்ள பகுதியை தளர்த்திவிடுகிறது. தனித்தனியே பிரிக்கப்பட்ட DNA இழைகளின் அடிப்படையில் நியூக்கிளியோடைடுகள் சேர்க்கப்பட்டு புதிய இழைகள் நீண்டு வளர்கின்றன. DNA *பா-மெரேஸ்* I, II மற்றும் III ஆகிய நொதிகள் DNA – வினாடைய நீட்சிக்கு காரணமாக உள்ளன. இருந்தபோதும் இந்த நொதிகள் புதிய DNA உருவாக்கத்தை துவக்கிட இயலாது.

புதிதாக DNA உருவாவதற்கு இரண்டு பொருள்கள் தேவை. ஒன்று பிரைமேஸ் என்ற நொதி, மற்றொன்று RNA பிரைமர். DNA *பா-மெரேஸ்* நொதி புதிதாக உருவாகியுள்ள RNA பிரைமர் நியூக்கிளியோடைடுகள் வழியே நகரும் போது DNA – வானது நீளமாக வளர்கிறது. மற்றொரு இழையில் ஓகாசாகி துண்டுகள் எனப்படும் சிறுசிறு துண்டுகளாக DNA உருவாகின்றது. இந்த துண்டுகள் ஒன்றுடன் ஒன்று *லைசேஸ்* என்ற நொதியினால் இணைக்கப் படுகின்றன. இவ்வாறு உருவான DNA – வில் ஒரு இழை பெற்றோர் இழையாயாகும். மற்றொன்று புதிய இழையாகும். இரண்டு இழைகளில் ஒன்று தொடர்ச்சியாகவும் மற்றொன்று துண்டு துண்டுகளாக உருவாகி இணைந்தும் ஏற்படுகின்றன. எனவே இத்தகைய இரட்டிப்பாதல் முறை பாதி தொடர்ச்சியற்ற இரட்டிப்பாதல் என்று அழைக்கப்படுகிறது.

#### தன் மதிப்பீடு

##### I. சரியான தெரிவுகளைத் தேர்ந்தெடுத்து எழுதவும்.

1. DNA – வின் இரட்டை சுருள் மாதிரியை விளக்கியவர்  
அ. வாட்சன் மற்றும் கிரிக் ஆ. O.T.ஏவ்ரி மற்றும் குழுவினர்  
இ. கிரிஃபித் ஈ. ஸ்டெயின்பெர்க்
2. DNA மூலக்கூறின் விட்டம்  
அ. 18A<sup>0</sup> ஆ. 20A<sup>0</sup> இ. 34A<sup>0</sup> ஈ. 35A<sup>0</sup>

##### II. இரண்டு அல்லது மூன்று வாக்கியங்களில் விடையளிக்கவும்.

3. S – ரகம் *டிம்னோகாக்கஸ்* என்றால் என்ன?
4. DNAவில் உள்ள காரங்களின் அளவு பற்றிய சார்காப் விதிகள் எவை?
5. மரபு இயல்பு மாற்றம் என்றால் என்ன?
6. ஓகாசாகி துண்டுகள் என்றால் என்ன?
7. DNA இரட்டிப்படையும்போது இரட்டிப்பு கவை எவ்வாறு உருவாகிறது?
8. அதீசுருக்கச்சுருள் என்றால் என்ன? அது எவ்வாறு தளர்த்தப்படுகிறது?
9. DNA -வின் செயல்பாடுகளை குறிப்பிடுக.

##### III. ஒவ்வொரு வினாவிற்கும் 100 வார்த்தைகளுக்கு மிகாமல் விடையளிக்கவும்.

10. சுண்டெளியில் ஃபிரட்ரிக் கிரிஃபித் செய்த ஆய்வை விவரி?
11. DNA இரட்டிப்பாதல் பற்றி சிறு குறிப்பு வரைக.
12. DNA அமைப்பை விவரி.

### 3.8 RNA – வின் அமைப்பும் அதன் வகைகளும்

ரைபோ நியூக்ளிக் அமிலம் RNA என அழைக்கப்படுகிறது. DNA வைரஸ்களை தவிர மற்ற எல்லா உயிரினங்களிலும் RNA உள்ளது. இது ரைபோ நியூக்கிளியோடைடுகளால் ஆனது. நான்கு வெவ்வேறு வகையான காரங்களை கொண்ட, நான்கு வகையான நியூக்கிளியோடைடுகள் பொதுவாக உள்ளன. சர்க்கரையும் பாஸ்பேட்டும் இந்த நான்கு வகை நியூக்கிளியோடைடுகளில் உள்ளன. இந்த நான்கு நியூக்ளியோடைடுகள், அடினைன், குவானைன், சைட்டோசின் மற்றும் யூராசில் ஆகும். புரத சேர்க்கையில் RNA முக்கியமான பங்கு வகிக்கிறது. இப்பொழுது RNA – வுடைய வகைகள் மற்றும் ஓர் உயிரினத்தின் வாழ்வில் இவற்றினுடைய பங்கு பற்றி நாம் விவரிவாக அறிந்து கொள்ளலாம்.

#### RNA – வின் வகைகள்

RNA மூன்று வகைகளில் உள்ளன. இவை எல்லா உயிரினங்களிலும் இருக்கின்றன. இவை தூது RNA (m-RNA), கடத்து RNA (t-RNA) மற்றும் ரைபோசோமல் RNA (r-RNA) ஆகும்.

#### தூது RNA

இந்த பெயருக்கு ஏற்ப தூது RNA மரபு செய்திகளை DNA – வி-ருந்து ரைபோசோம்களுக்கு எடுத்து செல்கிறது. DNA – வில் உள்ள மரபுச் செய்தியானது, தூது RNA – வில் படியாக்கம் என்ற நிகழ்வின் மூலம் மாற்றப்படுகிறது. எனவே செய்தியானது செயலுக்கு வருகிறது. அதாவது மரபுச் செய்தியின் அடிப்படையில் பல வகையான புரதங்கள் கட்டப்படுகின்றன. புரதசேர்க்கையில் ஈடுபடும் ஜீனுடைய வகை நியூக்கிளியோடைடுகளுடைய வரிசை முறை, வகைகள், மற்றும் எண்ணிக்கை ஆகியவற்றை பொறுத்து அமைவதாகும். செல்-லுள்ள RNA – வில் 3 சதவீதத்தி-ருந்து 5 சதவீதம் தூது RNA – வாகும். தூது RNA எப்பொழுதும் ஓர் இழையைக் கொண்டிருக்கும். இந்த தூது RNA, DNA – வுடைய ஒத்த நகலாக இருக்கும். இதுவே புரதச் சேர்க்கையில் பங்கு கொள்கிறது.

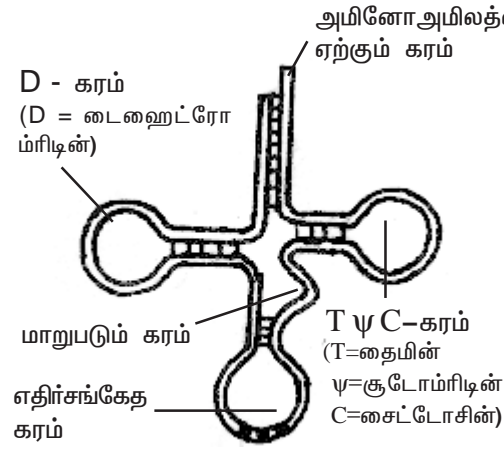
#### கடத்து RNA

கடத்து RNA (t-RNA) கரையும் RNA (s-RNA = soluble RNA) என்றும் அழைக்கப்படும். இந்த கடத்து RNA மற்ற RNA களோடு ஒப்பிடும் போது அளவில் சிறிய மூலக்கூறாகும். செல்-ல் உள்ள மொத்த RNA – வில் கடத்து RNA 15 விழுக்காடு அளவு உள்ளது. t-RNA மூலக்கூறு பல செயல்களை செய்கிறது. முக்கியமான ஒன்று புரத சேர்க்கை நிகழும் இடத்திற்கு அமினோ அமிலத்தை கொண்டு செல்வதாகும். செல்-ல் ஏறக்குறைய 20-க்கும் மேற்பட்ட t-RNA – க்கள் உள்ளன. ஒவ்வொரு t-RNA ஒரு குறிப்பிட்ட அமினோ அமிலத்திற்கே உரியதாகும். பாக்டீரிய செல்-ல் ஏறக்குறைய எழுபதுக்கும் மேற்பட்ட t-RNA – க்கள் உள்ளன. யூகேரியாட்டிக் செல்களில் இதைவிட அதிக எண்ணிக்கையில் t-RNA – க்கள் உள்ளன. சில குறிப்பிட்ட அமினோ அமிலங்களுக்கு நான்கு

அல்லது ஐந்து t-RNA - க்கள் உள்ளன. இவற்றிற்கு ஒத்த ஏற்பி t-RNA - க்கள் என்று பெயர்.

### அமைப்பு

ஒவ்வொரு t-RNA - வும் குளாவர் இலை வடிவில் காணப்படும். இது உட்கருவில் உள்ள DNA இழையின் ஒரு பகுதியி-ருந்து உருவாகிறது. 1965-ல் R. W. ஹோ- என்பவர் இந்த குளாவர் இலை வடிவ மாதிரியை வெளியிட்டார். t-RNA மூலக்கூறு ஒரே ஒரு இழையை கொண்டிருந்தாலும் வெவ்வேறு வகையில்



படம் 3.10 கடத்து RNA அமைப்பு

இவை புரத சேர்க்கையின் போது m-RNA - வில் உள்ள இசைவான சங்கேதத்துடன் பொருத்துகிறது. அதாவது t-RNA - யுள்ள மூன்று நியூக்கிளியோடைடுகள் பொருந்துகின்றன. சில t-RNA - களில் இந்த நான்கு கரங்களுடன் மற்றொரு கரமும் உள்ளது. இதற்கு மாறுபடும் கரம் என்று பெயர். அமினோ அமில ஏற்பி கரமும் எதிர் சங்கேத கரமும் எதிர் எதிர் திசைகளில் உள்ளன.

### ரைபோசோம் RNA

ரைபோசோம்களில் இந்த RNA உள்ளது. இது r-RNA என்று குறிக்கப்படும். ரைபோசோம்களின் மொத்த எடையில் இது 40 - -ருந்து 60 விழுக்காடு உள்ளது. மற்றவற்றோடு ஒப்பிடும்போது செல்-லுள்ள RNA - க்களில் இது 80 விழுக்காடு அளவு உள்ளது. இந்த t-RNA நியூக்கிளியஸில் உருவாகிறது. RNA - களில் இதுவே மிகவும் நிலையானதும் மாறாத தன்மையும் உடையதாகும். ரைபோசோமல் RNA ஓர் இழையில் அமைந்த நியூக்கிளியோடைடுகளால் ஆனது. சில இடங்களில் இது மடிந்து காணப்படுகிறது.



**DNA-வுக்கும் RNA-வுக்கும் இடையே ஓர் ஒப்பீடு**

DNA	RNA
1. இதில் 5C டிஆக்ஸிரைபோஸ் சர்க்கரை உள்ளது.	1. இதில் 5C ரைபோஸ் சர்க்கரை உள்ளது.
2. இதில் அடினைன், குவானைன், சைடோசின் மற்றும் தைமின் உள்ளன.	2. இதில் அடினைன், குவானைன், சைடோசின் மற்றும் யூராசில் உள்ளன.
3. இது பெரும்பாலும் இரட்டைசுருள் இழையாக உள்ளது.	3. இது பெரும்பாலும் ஒர் இழையாலான அமைப்பாகும்.
4. இது மிக நீளமானது.	4. இது குட்டையானது.
5. நிலைப்புத் தன்மை அதிகம்.	5. நிலைப்புத் தன்மை குறைவு.

**புரத சேர்க்கையில் RNA – வுடைய பங்கு**

ஒவ்வொரு உயிரினத்திலும் m- RNA, t- RNA மற்றும் r-RNA என மூன்று வகையான RNA – க்கள் உள்ளன. இவற்றில் தூது RNA, DNA – வி-ருந்து செய்தியை சங்கேதங்கள் வடிவில் புரத சேர்க்கை நடைபெறும் இடத்திற்கு அதாவது ரைபோசோம் உள்ள இடத்திற்கு கொண்டு செல்கிறது. மாற்று RNA மூலக்கூறு பல பணிகளை செய்கிறது. இவற்றில் முக்கியமானது புரத சேர்க்கை நடைபெறும் இடத்திற்கு குறிப்பிட்ட அமினோ அமிலங்களை எடுத்துச் செல்வதாகும். r-RNA ரைபோசோம்களில் உள்ளது. புரத சேர்க்கையின்போது அமினோ அமிலங்கள் ஒன்றுடன் ஒன்று இணையும் செயல் நடைபெறுவதற்கான இடத்தை அளிக்கிறது.

**3.9 மரபியல் சங்கேதம் (Genetic code)**

புரதங்களின் அடிப்படை அலகுகள் அமினோ அமிலங்களாகும். இருபது வெவ்வேறு வகையான அமினோ அமிலங்களைப் பயன்படுத்தி வெவ்வேறு வகையான புரதங்கள் செல்களில் கட்டப்படுகின்றன. ஆனால் இந்த வெவ்வேறு வகையான புரதங்களில் அமினோ அமிலங்களுடைய எண்ணிக்கை மற்றும் வரிசை முறை மாறியுள்ளன. இந்த பண்புகளை முடிவாக நிர்ணயிப்பது DNA – வில் உள்ள நியூக்கிளியோடைடுகளின் வரிசை முறையாகும். தூது RNA – வில் நியூக்கிளியோடைடு காரங்களில் ஒவ்வொரு மூன்று காரங்களும் ஒரு குறிப்பிட்ட அமினோ அமிலத்திற்கான செய்தியை கொண்டுள்ளது. புரத சேர்க்கையின் போது உருவாகும் பா-பெட்டைடில் உள்ள அமினோ அமிலங்களின் வகையை m-RNA – வில் உள்ள நியூக்கிளியோடைடு வரிசை முறை நிர்ணயிக்கிறது. இதுவே மரபு சங்கேதம் எனப்படும். இது DNA – வி-ருந்து m-RNA – வுக்கு மாற்றப்படுகிறது.

மரபு சங்கேதத்தினுடைய அடிப்படை அலகு கோடான் (Codon) ஆகும். ஒவ்வொரு கோடானும் மூன்று நியூக்கிளியோடைடு காரங்களை கொண்டுள்ளது.

எனவே இது மும்படிச் சங்கேதம் (Triplet codon) எனப்படும். அடினைன், குவானைன், சைட்டோசைன் மற்றும் யூராசில் ஆகிய நான்கு நியூக்கிளியோடைடுகளும் ஒன்றுடன் ஒன்று வெவ்வேறு வகைகளில் இணைந்து மொத்தம் 64 கோடான்களை உருவாக்குகின்றன. தூது RNA – வின் கோடான்களின் எண்ணிக்கை உருவாக்கப்படும் புரதத்தின் வகைக்கு ஏற்ப இருக்கும். எடுத்துக்காட்டாக, ஒரு புரதம் 100 அமினோ அமிலங்களை கொண்டிருந்தால் அதற்குரிய மரபியல் சங்கேதம் 300 நியூக்கிளியோடைடு காரங்களை (100 கோடான்கள்) கொண்டிருக்கும்.

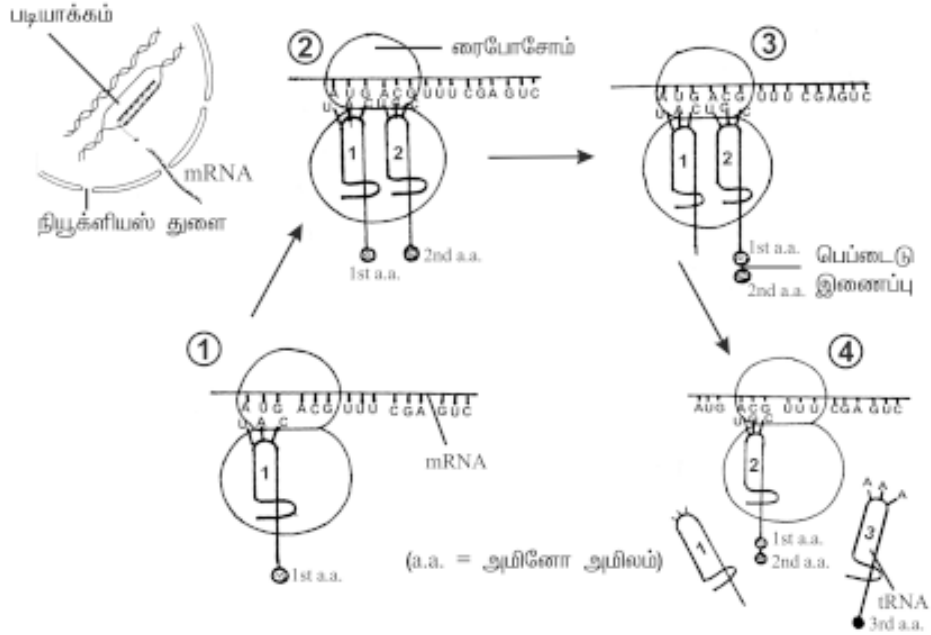
### மரபுச் சங்கேதத்தின் சிறப்பியல்புகள்

- 64 சங்கேதங்களில் UAA, UAG மற்றும் UGA என்ற மூன்று கோடான்கள் நிறுத்து சங்கேதங்கள் எனப்படும். எஞ்சியுள்ள 61 கோடான்கள் 20 வெவ்வேறு அமினோ அமிலங்களுக்கான செய்தியை கொண்டுள்ளன. எடுத்துக்காட்டாக லைசின் என்ற அமினோ அமிலத்திற்கு AAA மற்றும் AAG என்று இரு சங்கேதங்கள் உள்ளன. புரோலைன் என்ற அமினோ அமிலத்திற்கு CCA, CCG, CCC மற்றும் CCU என்னும் நான்கு சங்கேதங்கள் உள்ளன.
- குறிப்பிட்ட ஒரு அமினோ அமிலத்திற்கு பல சங்கேதங்கள் இருப்பின் அவை ஒவ்வொன்றிலும் முதல் மற்றும் இரண்டாவது நியூக்கிளியோடைடு, காரம் ஒரே மாதிரியாகவும் மூன்றாவது நியூக்கிளியோடைடு வேறுபட்டதாகவும் இருக்கும்.
- புரதச் சேர்க்கையைத் தொடங்கி வைக்கும் முதல் சங்கேதம் அல்லது துவக்கும் சங்கேதம் AUG ஆகும். இது மெதியோனைன் என்ற அமினோ அமிலத்திற்கான சங்கேதமாகும்.
- மரபுச் சங்கேதங்கள் ஒன்றை ஒன்று தழுவிவவை அல்ல. அதாவது அடுத்தடுத்துள்ள சங்கேதங்களின் காரங்கள் ஒன்றுடன் ஒன்று தழுவி நிற்காது. தழுவாசங்கேதம் என்பது ஒரு அமினோ அமிலத்திற்குரிய சங்கேதத்தில் உள்ள காரம் அடுத்து அமைந்துள்ள சங்கேதத்திற்கு பயன்படுத்தப்படுவதில்லை. எடுத்துக்காட்டாக UUU என்னும் சங்கேத வரிசை பினைல்அலனைன் என்னும் அமினோ அமிலத்திற்கும், CCC என்னும் சங்கேத வரிசை புரோலைன் என்ற அமினோ அமிலத்திற்கும் மட்டுமே உரியதாகும். இதில் ஒரு சங்கேதத்தின் காரம் மற்றொரு சங்கேதத்தின் காரத்தோடு சேராது.
- ஒவ்வொரு சங்கேதம் முடிவுறும்போது அடுத்த சங்கேதம் ஆரம்பமாகிறது என்பதற்கான சமிக்ஞை அல்லது அறிகுறி ஏதுமில்லை அதாவது கோடான்கள் அவற்றிற்கிடையே இடைவெளி இல்லாமல் அமைந்துள்ளன. இவ்வாறு மரபுச் சங்கேதமானது இடைவெளி இல்லாதது.
- ஒரே சங்கேதம் இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட அமினோ அமிலங்களுக்குரிய செய்தியை கொண்டிருக்காது. இவ்வாறு மரபுச் சங்கேதமானது ஐயப்பாடற்ற தெளிவானதாகும்.

- எல்லா உயிரினங்களிலும் மரபு சங்கேதம் உள்ளது. இவ்வாறு மரபு சங்கேதமானது எங்கும் உள்ள தன்மையை உடையது.
- UAA, UAG மற்றும் UGA என்ற மூன்று சங்கேத முத்தொகுதிகள் (Triplets) எந்த அமினோஅமிலத்தையும் குறித்த செய்தியை கொண்டிருப்பதில்லை. எனவே இவை அர்த்தமற்ற சங்கேதங்கள் எனப்படும். இதை தவிர்த்த 61 சங்கேதங்களும் அர்த்தமுள்ள சங்கேதங்களாகும்.

### மூலக்கூறு உயிரிய-ன் அடிப்படை மையக்கருத்து

அமினோஅமிலங்கள் பெப்டைடு பிணைப்புகளால் ஒன்று சேர்க்கப்பட்டு புரதம் உருவாகிறது. ஒரு புரதமானது ஆயிரக்கணக்கான அமினோ அமிலங்களை கொண்டிருக்கும். மூலக்கூறு உயிரிய-ன் அடிப்படைக் கோட்பாடு அல்லது மையமான மாறாத கருத்து கீழே படத்தின் மூலம் விளக்கப்பட்டுள்ளது. அதாவது DNA - விலுள்ள செய்தி தூது RNA -வுக்கு மாற்றப்படுகிறது. இந்த செய்தியானது சங்கேதங்கள் வடிவத்தில் இருக்கும். DNA - வின் செய்தி தூது RNA - வுக்கு மாற்றப்படும் நிகழ்ச்சி படியாக்கம் (Transcription) எனப்படும். சங்கேதங்களில் உள்ள செய்தியின் அடிப்படையில் புரதங்கள் கட்டப்படுகின்றன. இந்த நிகழ்ச்சிக்கு மொழியாக்கம் (Translation) என்று பெயர்.



படம் 3.11 மூலக்கூறு உயிரியலின் அடிப்படை மையக்கருத்து

### **படியாக்கம் (Transcription)**

DNA - வில் உள்ள மரபு செய்தி தூது RNA - வுக்கு நொதிகளின் ஈடுபாட்டுடன் மாற்றப்படும் நிகழ்ச்சிக்கு படியாக்கம் எனப்படும். இது ஒரு DNA இழையின் மீது அதற்கு இசைவான தூது RNA நகலாக உருவாகும் நிகழ்ச்சியாகும். இதற்கு வார்பு DNA , ரைபோநியூக்கிளியோடைடுகள் மற்றும் GTP முத-ய ட்ரைபாஸ்பேட்டுகள் மெக்னீசிய, மங்கனீசு உலோக அயனிகள் மற்றும் RNA பா-மெரேஸ் நொதி ஆகியவை தேவைப்படுகின்றன. RNA பா-மரேஸில் சிக்மா காரணி ஒன்று உள்ளது. இது புரத சேர்க்கையைத் தொடங்கி வைக்கிறது. படியாக்கத்தின்போது DNA இழைகளுடைய முறுக்கு தளர்த்தப்படுகிறது. இதனால் இழைகள் தனித்தனியே பிரிகின்றன. இவ்வாறு பிரிந்துள்ள இழைகளில் ஒன்று தூது RNA உண்டாவதற்கு வார்ப்பாக செயல்படுகிறது. தூது RNA - வின் நியூக்கிளியோடைடுகள் அந்த வார்பு DNA இழையின் நியூக்கிளியோடைடுகளுக்கு இசைவானதாகும். ஆனால் தூது RNA - வில் DNA - வின் தைமினுக்கு பதிலாக யூராசில் இருக்கும். புரதச்சேர்க்கைக்கான DNA - வில் உள்ள செய்தி தற்போது தூது RNA - வுக்கு மாற்றம் செய்யப்பட்டுள்ளது. இந்த நிகழ்ச்சிக்கு படியாக்கம் என்று பெயர்.

### **மொழியாக்கம் (Translation)**

தூது RNA - விலுள்ள மரபு சங்கேதங்களுக்கு எற்றவாறு குறிப்பிட்ட அமினோஅமிலங்கள் சைட்டோபிளாசத்தில் ஒன்றுடன் ஒன்று இணைக்கப்பட்டு பா-பெப்டைடு சங்கி- உருவாகிறது. தூது RNA - விலுள்ள நியூக்கிளியோடைடு வரிசை முறையை பா-பெப்டைடன் அமினோஅமில வரிசை முறையாக மாற்றப்படும் நிகழ்ச்சி மொழியாக்கம் எனப்படும். அதாவது புரத சேர்க்கைக்காக மறை பொருளாக இருந்த செய்தியை வெளிப்படுத்துதல் ஆகும். இந்நிகழ்ச்சியில் தூது RNA ரைபோசோமின் 30S பகுதியுடன் இணைகிறது. அமினோஅமிலங்கள் நொதிகளால் ஊக்குவிக்கப்படுகின்றன. குறிப்பிட்ட கடத்து RNA ஊக்குவிக்கப்பட்ட அமினோஅமிலங்களை எடுத்துச் செல்கின்றன.

தொடக்கத்தில் கடத்து RNA அமினோஅமில மூலக் கூறுகளுடன் பிணைப்பை ஏற்படுத்தி கொள்கிறது. இந்த வினையில் அமினோஅசைல் t-RNA சிந்தடேஸ் என்ற நொதி ஈடுபடுகிறது. அமினோ அமிலங்களுடன் பிணைந்துள்ள கடத்து RNA - க்கள் இப்போது “திறன்பெற்ற கடத்து RNA - க்கள்” எனப்படும். இந்த அமினோஅசைல் கடத்து RNA ரைபோசோமுடன் இணைந்து அங்கேயுள்ள தூது RNA - வின் சங்கேதமான AUG - யுடன் இணையும் போது தான் மொழியாக்கம் தொடங்குகிறது. இந்த நிகழ்ச்சியை தொடக்க காரணி ஊக்குவிக்கிறது. இதன் பின்னர் அமினோஅமிலங்கள் ஒன்றின் பின் ஒன்றாக இணைந்து ஒரு பா-பெப்டைடு சங்கி- நீளமாக வளர்கிறது. இது மரபு செய்தியின் அடிப்படையில் நிகழ்கிறது. புரத சங்கி- நீளமாகும் நிகழ்ச்சி மட்டிம்பு காரணியால் ஊக்குவிக்கப்படுகிறது.

UAA, UAG மற்றும் UGA என்னும் நிறுத்து சங்கேதங்கள், பா-பெப்டைடு சங்க- முழுமையாக உருவாகியதை சமிக் கை செய்கிறது. இதன் பின்னர் பா-பெப்டைட் சங்கி- ரைபோசோம்கள்-ருந்து விடுவிக்கப்படுகிறது. இதற்கு விடுவிக்கும் காரணிகள் உதவுகின்றன. புரதங்கள் பல வகைகளிலும் மடிந்து முப்பரிமாண அமைப்பை பெற்ற பின்னர் செயல்படு புரதங்களாக மாறுகின்றன. பாஸ்பேட் அல்லது புராஸ்திக் தொகுதி எனப்படும் நொதியல்லா பொருள் புரதத்துடன் இணைந்த பின்னர் அந்தப் புரதம் செயல்படு புரதமாக மாறுகிறது.

### தன் மதிப்பீடு

#### I. சரியான தெரிவுகளைத் தேர்ந்தெடுத்து எழுதவும்.

1. கீழ்க்கண்ட எந்த உயிரினத்தில் RNA காணப்படுவதில்லை.
 

அ. TMV	ஆ. பாக்டீரியா
இ. பாசிகள்	ஈ. DNA வைரஸ்கள்
2. செல்-லுள்ள RNA - வில், m-RNA - வின் அளவு
 

அ. 10-20 சதவீதம்	ஆ. 5-10 சதவீதம்
இ. 3-5 சதவீதம்	ஈ. 20-30 சதவீதம்
3. பாக்டீரிய செல்-ல் \_\_\_\_\_க்கு அதிகமான கடத்து RNA - க்கள் உள்ளன.
 

அ. 200	ஆ. 70	இ. 300	ஈ. 400
--------	-------	--------	--------

#### II. இரண்டு அல்லது மூன்று வாக்கியங்களில் விடையளிக்கவும்.

4. ஒத்த ஏற்பி கடத்து RNA என்றால் என்ன?
5. கடத்து RNA - வின் கிளாவர் இலை அமைப்பில் உள்ள நான்கு கரங்கள் யாவை?

#### III. ஒவ்வொரு வினாவிற்கும் 100 வார்த்தைகளுக்கு மிகாமல் விடையளிக்கவும்.

6. கடத்து RNA அமைப்பு பற்றி சிறு குறிப்பு வரைக.
7. DNAவுக்கும், RNAவுக்கும் உள்ள வேறுபாடுகள் யாவை?

#### IV. ஒவ்வொரு வினாவிற்கும் 200 வார்த்தைகளுக்கு மிகாமல் விடையளிக்கவும்.

8. RNA - வின் அமைப்பு மற்றும் அதன் வகைகளை விவரி.
9. மரபுச் சங்கேதம் என்றால் என்ன? அதன் சிறப்பியல்புகளை எழுதுக.
10. மூலக்கூறு உயிரியலின் அடிப்படை மையக்கருத்தை விவரி.

#### References

1. Chromosomes by Archana Sharma Oxford and IBH, 1995.
2. Cell structure and function, Loewy and Siekevitz, Oxford and IBH, 1978.
3. Genetics by Winchester Oxford - 1966.
4. DNA synthesis by Arthur Kornberg, - 1974.
5. Principles of genetics by Sinnott, Dunn and Dobzhansky, 1958.

## 4. உயிர் தொழில் நுட்பவியல்

மரபியல் எனும் அறிவியல் துறையில் வியத்தகு வகையில் பெரும் மாற்றங்கள் சில ஏற்பட்டுவருகின்றன. நம் ஒவ்வொருவருடைய குடலிலும் உள்ள எஸ்ஸெரிசியா கோலை எனும் மிகவும் சாதாரணமான பாக்டீரியம், இன்று அனைத்து அறிவியலாளர்கள் மற்றும் கற்றறிந்தோர் கவனத்தை ஈர்த்துக் கொட்டி வருகிறது. மரபும்பொருட்களைக் கையாளும் அறிவியல் துறையில் மிகவும் ஆற்றல் வாய்ந்த கருவிகளில் இந்த பாக்டீரியமும் ஒன்றாகும். குறிப்பிட்ட ஜீன்களை கமட்டரிம்ம் திறன், அவற்றை குரோமோசோம்களிலிருந்து தனியே பிரித்தெடுத்து வேறு சிற்றினங்களின் குரோமோசோம்களில் புகுத்துதல் ஆகியவை பற்றி இந்தம் பாடம்பகுதியில் மங்கள் பயிலம்போகிறீர்கள்.

அதிக அளவில் புரதம் பொருளை உற்பத்தி செய்யும் பொருட்டு ஜீன்கள் எண்ணற்ற தடவை இரட்டிம்பாக்கம்படுகின்றன. தாவரங்களில் DNA மறுசேர்க்கை ஆய்வு நடத்துவதினால் நன்மைகள் மற்றும் தீமைகள் ஆகிய இரண்டுமே உள்ளன. கேரட், முட்டைகோஸ், எலுமிச்சை மற்றும் உருளை போன்ற முக்கிய தாவரங்களை ஒற்றை செல்லிலிருந்து வளர்க்க முடிமம். ஒரு ஜீனை மற்றொரு செல்லுக்குள் புகுத்திய பிறகு, அந்த செல்லின் நகலாக்கத்தினால் மாறுதல் அடைந்த எண்ணற்ற சந்ததிகளை தோற்றுவிக்க முடிமம்.

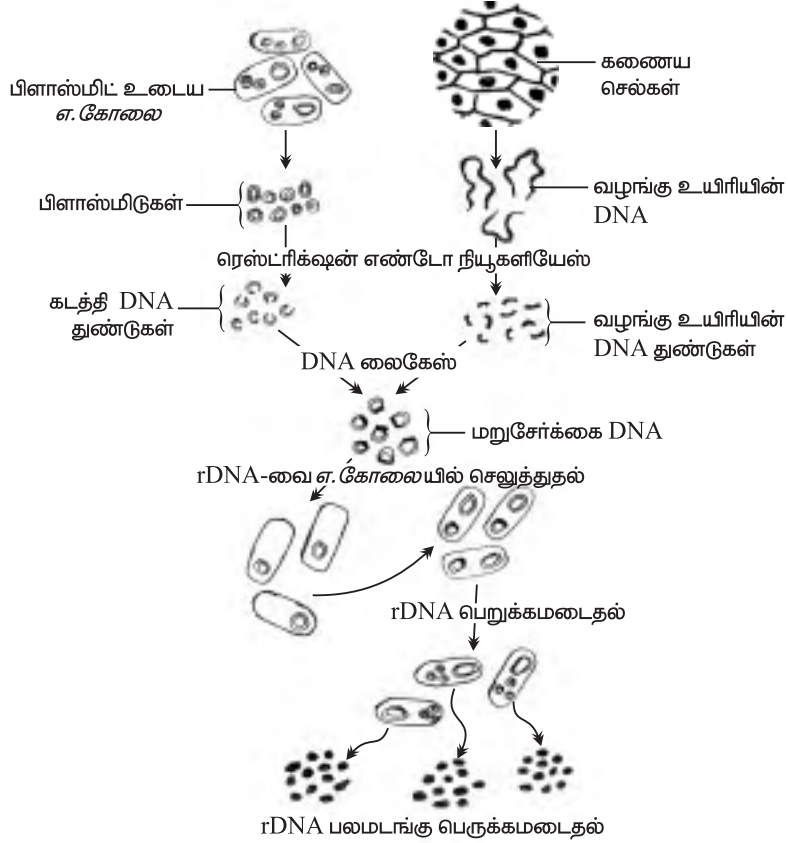
ஒரே பம்பினை ஐந்திற்கும் மேற்பட்ட ஜீன்கள் கட்டும்படுத்துகின்றன. பெரும்பாலான தாவரங்களின் பம்புகளான வளர்ச்சி வீதம், உம்பதற்காகம் பயன்படும் பகுதியின் அளவு, அமினோ அமிலங்களின் அளவு முதலிய ஒவ்வொரு பம்பும் பல ஜீன்களால் கட்டும்படுத்தம்படுகின்றன. அத்தகைய ஜீன்களை நகலாக்கம் செய்வது மிகவும் கடினமாகும். DNA மறுசேர்க்கை தொழில் நுட்பவியலில் உள்ள தவிர்க்கவியலா சாதகமற்ற அம்சம் இதுவாகும்.

### 4.1 DNA மறுசேர்க்கை தொழில் நுட்பம்

இது ஒரு உயிரினத்தின் (வழங்கு உயிரின்) தெரிவு செய்யப்பட்ட DNA-வை, வேறொரு உயிரியில் (ஏற்புயிரி) நுழைத்து அதன் DNA-வுடன் இணைக்கும் தொழில் நுட்பமாகும். இதன் விளைவாக ஏற்புயிரி, வழங்கு உயிரியின் மரபியல் பண்புகளை பெறுகிறது. ஒரு உயிரியின் ஜீனோம் அமைப்புடன் விரும்பிய ஜீன்களை இணைத்து, புதிய பண்புகளைக் கொண்ட ஜீனோமாக மாற்றும் தொழில் நுட்பம், ஜீன்களை விரும்பியபடி கையாளுதல் அல்லது DNA மறுசேர்க்கை தொழில் நுட்பம் எனப்படும்.

## மரபுப் பொறியியலின் அடிப்படை செயல் நுட்பங்கள்

பாக்டீரியா செல்கள் பலதரப்பட்ட நொதிகளைக் கொண்டுள்ளன. அவற்றுள் சில நொதிகள் DNA-வை பல துண்டுகளாக்கும் திறனும், வேறு சில நொதிகள் DNA-வின் துண்டுகளை இணைக்கும் திறனும் கொண்டுள்ளன. எடுத்துக் காட்டாக, 1970-ஆம் ஆண்டு கண்டறியப்பட்ட ரெஸ்ட்ரிக்டிவ் எண்டோநியூக்ளியேஸ்கள், DNA இழையை குறிப்பிட்ட இடங்களில் துண்டிக்கின்றன. எனவே ரெஸ்ட்ரிக்டிவ் எண்டோநியூக்ளியேஸ்கள், மூலக்கூறு கத்தரிக்கோல் எனப்படும். 1966 - ஆம் ஆண்டில் கண்டறியப்பட்ட DNA லைகேஸ், DNA துண்டுகளை இணைக்கும் திறனுடையவை. ரெஸ்ட்ரிக்டிவ் எண்டோநியூக்ளியேஸ் மற்றும் DNA லைகேஸ் என்ற நொதிகள் மரபுப் பொறியியலின் அடிப்படை பொருட்களாகும்.



படம் 4.1. மரபுப் பொறியியல் - மனித இன்சலின் உற்பத்தியின் பல நிலைகள்

DNA மறுசேர்க்கை தொழில் நுட்பத்தின் நிகழ்வுகளாவன.

1. வழங்கு உயிரியின் DNA - வை அல்லது விரும்பிய ஜீன்களை பிரித்தெடுத்து, ரெஸ்ட்ரிக்டிவ் எண்டோநியூக்ளியேஸ்களை பயன்படுத்தி சிறுசிறுத் துண்டுகளாக நறுக்கப்பட வேண்டும்.
2. இந்த DNA துண்டுகளை தகுந்த நகல் பெருக்கியுடன் இணைத்தல் வேண்டும். இது போன்ற நகல் பெருக்கி கடத்தி அல்லது குளோனிங் ஊர்தி (Cloning vehicle) எனப்படும். கடத்தி என்பது எஸ்ஸெரிசியா கோலையின் சைட்டோபிளாசுத்தில் காணப்படும் மரபு சாராத வட்ட வடிவ பிளாஸ்மிட் DNA ஆகும். பிளாஸ்மிடுகள் மிகவும் பொருத்தமான கடத்திகளாகும்.
3. ரெஸ்ட்ரிக்டிவ் எண்டோநியூக்ளியேஸ்களை பயன்படுத்தி, கடத்தி DNA -களை சிறுசிறுத் துண்டுகளாக நறுக்க வேண்டும். DNA லைகேஸ் என்ற நொதியை பயன்படுத்தி வழங்கு உயிரியின் DNA துண்டுகளும், கடத்தி DNA துண்டுகளும் இணைக்கப்படுகின்றன. இந்த நிகழ்ச்சி மூலக்கூறு ஒட்டுதல் (Splicing) எனப்படும். மூலக்கூறு ஒட்டுதல் விளைவாக கலப்பு DNA (Hybrid DNA) அல்லது மறுசேர்க்கை DNA (Recombinant DNA - rDNA) உருவாகிறது.
4. மறுசேர்க்கை DNA எ.கோலை, பேசில்லஸ் சப்டிலிஸ், ஸ்ட்ரெப்டோமைஸிஸ் சிற்றினம் போன்ற ஒம்புயிரி செல்களில் செலுத்தப்படுகிறது.
5. இதற்காக செல்லுலேஸ் என்ற நொதியை ஒம்புயிரி செல்களுடன் சேர்த்து பதப்படுத்தும்போது, அதன் செல்சுவர் மறுசேர்க்கை DNA-வை உள்வாங்கும் தன்மையைக் கொண்டதாக மாறுகிறது.

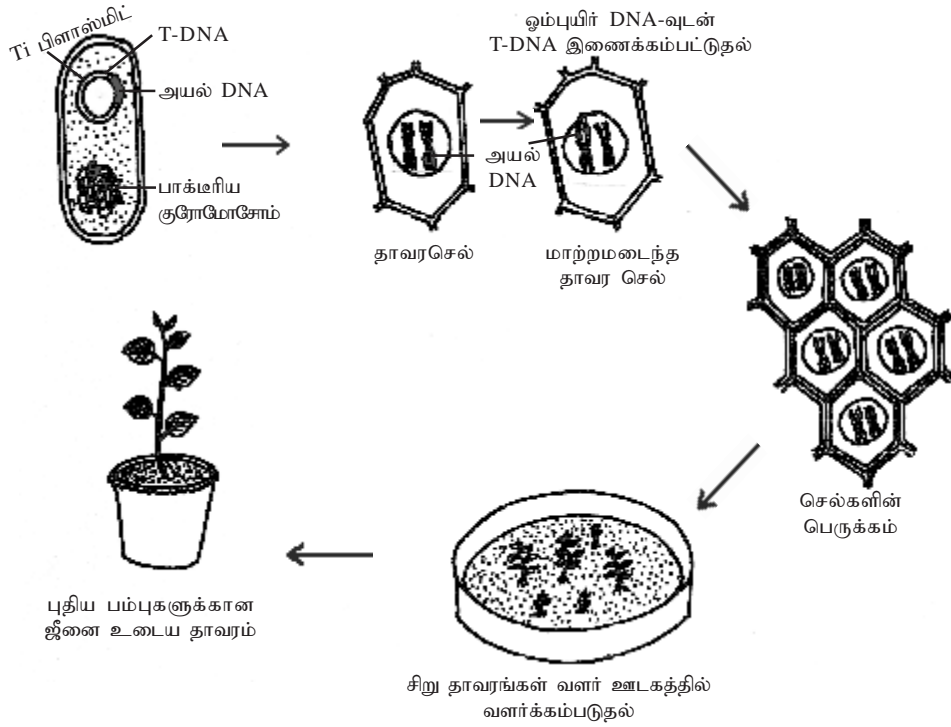
அயல் மறுசேர்க்கை DNA (Foreign DNA) -வின் கட்டளைகளை ஒம்புயிரி பாக்டீரியம் பின்பற்றுகிறது. இது தொடர்ந்து பகுப்படைந்து அயல் DNA அல்லது விரும்பிய ஜீன்களை பெருக்கமடைய செய்கிறது. குறுகிய காலகட்டத்தில், மறுசேர்க்கை DNA -களை கொண்ட பாக்டீரிய கூட்டமைவு உருவாகிறது. ஒவ்வொரு கூட்டமைவும் தனித்தனியே வளர்க்கப்படுவதால் மறுசேர்க்கை DNA பலமடங்கு பெருக்கமடைகிறது. இறுதியாக வடிவொத்த மறுசேர்க்கை DNA நகல்களை உடைய பல கூட்டமைவு பாக்டீரியங்கள் உருவாகின்றன. இம்முறை மூலக்கூறு நகல் பெருக்கம் (Molecular cloning) அல்லது ஜீன் நகல் பெருக்கம் எனப்படும்.



மனித இன்சலின் உற்பத்திக்கு காரணமான கணைய சுரப்பு செல்களின் ஜீனை, *எ.கோலையினுள்* நுழைப்பதன் மூலம், ஏற்புயிரி மனித இன்சலினை உற்பத்தி செய்கிறது. இவ்வாறு *எ.கோலை* பாக்டீரியா செல்கள் மனித இன்சலினை உற்பத்தி செய்கின்றன.

### தாவரங்களில் ஜீன் மாற்றம்

*அக்ரோபாக்டீரியம் டிப்யூமிஃபேசியன்ஸ்* ஒரு மம் வாழ் பாக்டீரியமாகும். இதில் புற்று நோய் போன்ற கட்டியைத் தூண்டும் Ti (Tumor inducing) பிளாஸ்மிட் உள்ளது. இம்பாக்டீரியம் பருத்தி, கத்தரி, சூரிய காந்தி மற்றும் தக்காளி போன்ற தாவரங்களினுள் சென்று மகுட கழலையை (Crown gall) ஏற்படுத்துகிறது. இது புற்று நோய் போல் வளருகிறது. விரும்பிய ஜீன்களை தாவரங்களில் புகுத்துவதற்கு *அக்ரோபாக்டீரிய* ரகங்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. Ti பிளாஸ்மிடின் ஒரு பகுதியான T-DNA தாவர செல்லின் DNA-வுடன் இணைக்கப்படுகிறது. T-DNA-வுடன் சேர்த்து விரும்பிய ஜீன்களையும் தாவர செல்லினுள் செலுத்த முடிமம். அதே சமயம் Ti



படம் 4.2. தாவரங்களில் ஜீன் பரிமாற்றம்

பிளாஸ்மிடில் உள்ள புற்றுநோய்க்கான ஜீன் முன்பே மக்கம்பட்டு விடுவதால் தாவரத்தில் புற்று நோய் போன்ற வளர்ச்சி ஏற்படுவதில்லை. T-DNA புதிய ஜீனுடன் இணைத்து செலுத்தப்பட்டவுடன், இது தாவர செல் குரோமோசோமுடன் இணைந்து பெருக்கமடைகிறது. இந்த புதிய ஜீன் சேர்க்கை கொம்ட் தாவர செல்கள் திசு வளர்ப்பு முறையில் ஏராளமான சிறு தாவரங்கள் உற்பத்தி செய்யப்பட்டு, பின்னர் நிலத்தில் நடவு செய்யப்பட்டு வளர்க்கப்படுகின்றன. அம்போது தாவரத்தில் புதிதாக சேர்க்கப்பட்ட அயல் ஜீனின் பம்புகள் வெளிப்படுகின்றன.

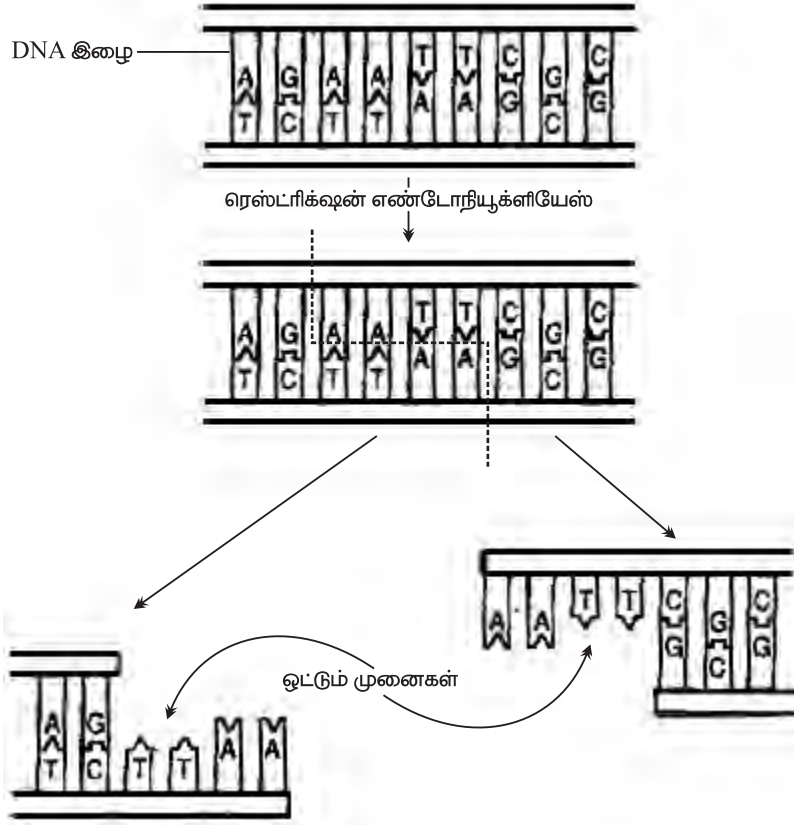
### **எவ்வாறு DNA தும்பிக்கம்படுகிறது?**

அனைத்து பாக்டீரியங்களும் ஏதாவது ஒரு வகை *ரெஸ்ட்ரிக்டிவ்* நொதியை உருவாக்குகின்றன. பாக்டீரியங்கள், வைரஸ்களின் தாக்குதலிலிருந்து தம்மை காத்து கொள்வதற்காகவே இந்த நொதிகள் உள்ளன. அதாவது வைரஸ் DNA-வை *ரெஸ்ட்ரிக்டிவ்* நொதியின் உதவிமீடன் சிதைத்து செயலிழக்க செய்து பாக்டீரியம் தன்னைக் காத்து கொள்கிறது. இது DNA மறுசேர்க்கை ஆய்வாளர்களுக்கு DNA-வைத் தும்புகளாக்கம் பயன்படுகிறது. *ரெஸ்ட்ரிக்டிவ்* நொதிகள் DNA இழையினை குறிப்பிட்ட இடங்களில் வெட்டுகின்றன. ECORI (*எஸ்செரிசியா கோலை ரெஸ்ட்ரிக்டிவ் நொதி I*) என்ற *ரெஸ்ட்ரிக்டிவ்* நொதி மனித குடல் பாக்டீரியா *எஸ்செரிசியா கோலையினால்* உற்பத்தி செய்யப்படுகிறது. இந்நொதி கீழ் கம்டவாறு செயல்படுகிறது.

ஒட்டும் இரம்டு முனைகளை கொம்ட் இரம்டு DNA மூலக்கூறுகள் இசைவானபகுதிகள் உடைய முனைகளோடு ஒட்டிக் கொள்ளும் தன்மைமடையவை. இதே நொதியின் மூலம், நியூக்ளியோடைடுகளில் தேவையான வரிசை அமைப்பிற்கு ஏற்ப DNA தும்புகளை வெட்டி ஒட்டுவதற்கு இயலுகிறது.

### **ரெஸ்ட்ரிக்டிவ்-ன் எண்டோநியூக்ளியேஸின் செயல்பாடு**

இரம்டு வெவ்வேறு சிற்றினங்களின் DNA அல்லது இரு வேறு உயிரினங்களின் DNA ஆகிய எதுவானாலும், அவற்றை ஒட்டும் முனைகளோடு இணைத்து புதிய மறுசேர்க்கை DNA-வை உருவாக்க தற்போது இயலுகிறது. இதற்கு *லைகேஸ்* எனும் நொதி பயன்படுகிறது. அதாவது *லைகேஸ்* இரு DNA தும்புகளை இணைக்கம் பயன்படுத்தப்படுகிறது.



படம் 4.3. ரெஸ்ட்ரிக்டிவ் எண்டோநியூக்ளியேஸின் செயல்பாடு

ரெஸ்ட்ரிக்டிவ் எண்டோநியூக்ளியேஸ் எனும் நொதி DNA-வில் அதற்குத் தெரிந்த நியூக்ளியோடைடு வரிசையை அடையாளம் கண்டவுடன் DNA-வை அந்த இடத்தில் வெட்டிவிடும். அதேபோல் இரண்டு இழைகளிலும் ஒட்டும் முனைகளுக்கு தொடர்புடைய நியூக்ளியோடைடு வரிசைகளை அடையாளம் கண்டவுடன் *லிகேஸ்* எனும் நொதி அவற்றை ஒட்டி விடும். DNA எந்த உயிரினத்தைச் சார்ந்திருந்தாலும், ரெஸ்ட்ரிக்டிவ் மற்றும் லைகேஸ் நொதிகள் ஒரே மாதிரியாகவே செயல்படுகின்றன.

### மறுசேர்க்கை DNA-க்களின் பயன்கள்

கீழ்க்காணும் அட்டவணையில் மறுசேர்க்கை DNA-க்களின் மூலம் உருவாக்கப்பட்ட மருந்துகள் சில கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

**ஜீன் மாற்றத்தால் உருவாக்கியம் பொருட்கள்**

வ . எ ம்	பொருள்	பயன்கள்
1.	மனித வளர்ச்சி ஹார்மோன்	ஹைம்போயிட்யூடரிசம் காரணமாக வளர்ச்சி குன்றிய குழந்தைகளுக்கு வளர்ச்சியை ஊக்குவிக்கிறது.
2.	இன்டர்ஃபெரான்	செல்களுக்கு வைரஸ்களை எதிர்க்கும் திறனூட்டுகிறது.
3.	நோய் எதிர்ப்பு திறன் பெற்ற இரத்த வெள்ளையணுக்கள் (WBC) பெருக்கத் தைத் தூண்டுகிறது.	
4.	இன்கலின்	ம்ரிழிவு நோய்க்கு சிகிச்சை அளிக்க பயன்படுகிறது.
5.	ரெனின் தடுப்பான்கள்	இரத்த அழுத்தத்தைக் குறைக்கிறது.

**தன் மதிப்பீடு**

**I. சரியான தெரிவுகளைத் தேர்ந்தெடுத்து எழுதவும்.**

1. ரெஸ்ட்ரிக்டிவ் நொதி இவற்றால் உற்பத்தி செய்யப்படுகிறது.
  - அ. பாக்டீரியங்கள் மட்டும்
  - ஆ. ஈஸ்ட்டும் பாக்டீரியாவும்
  - இ. மீகேரியோடிக் செல்கள்
  - ஈ. அனைத்து வகை செல்களும்
2. ஒவ்வொரு ரெஸ்ட்ரிக்டிவ் நொதும் DNA மூலக்கூறே இந்த இடத்தில் தும்பிக்கிறது.
  - அ. ஜீன்களின் முனைகளில்
  - ஆ. மீத்தையில் பகுதியில்
  - இ. நியூக்ளியோடைடு வரிசையில்
  - ஈ. DNA-வின் மையத்தில்

**II. இரண்டு அல்லது மூன்று வாக்கியங்களில் விடையளிக்கவும்.**

3. மறுசேர்க்கை DNA என்பதை வரையறு.
4. கலம்பு DNA-வை உருவாக்குவதில் ஈடுபடும் நொதிகள் யாவை?
5. ரெஸ்ட்ரிக்டிவ் என்டோநியூக்ளியேஸ் என்பது யாது?
6. உயிர் தொழில் நுட்பவியலில் எ.கோலையின் முக்கியத்துவம் யாது?
7. பாக்டீரியங்களில் ரெஸ்ட்ரிக்டிவ் நொதிகளின் பங்கு என்ன?
8. மூலக்கூறு ஓட்டுதல் (Splicing) என்றால் என்ன?

**III ஒவ்வொரு வினாவிற்கும் 100 வார்த்தைகளுக்கு மிகாமல் விடையளிக்கவும்.**

9. குளோனிங் வெக்டார் என்றால் என்ன? அதன் முக்கியத்துவம் யாது?
10. ஜீன் குளோனிங்கை படம் வரைந்து விளக்குக
11. தாவரங்களில் ஜீன் இடம்பெயர்வில் அக்ரோபாக்டீரியத்தின் பங்கு என்ன?
12. DNA எவ்வாறு தும்பிக்கம்படுகிறது?

**IV ஒவ்வொரு வினாவிற்கும் 200 வார்த்தைகளுக்கு மிகாமல் விடையளிக்கவும்.**

13. DNA மறுசேர்க்கை நுட்பவியல் பற்றி ஒரு கட்டுரை எழுதுக.

## 4.2. அயல் ஜீனம் பெற்ற தாவரங்கள் (Transgenic plants)

### அயல் ஜீனம் புகுத்துதல்

மரபும் பொறியியல் மூலமாக மாற்றியமைக்கப்பட வேண்டிய தாவரசெல்களில் அயல் ஜீனம் புகுத்துவதற்கு *அக்ரோபாக்டீரியம்* எனும் பாக்டீரியம் முதன்மையாகப் பயன்படுகிறது. அதாவது வேறொரு உயிரினத்தின் ஜீனம், தாவரத்திற்குள் இந்த பாக்டீரியத்தின் துணைமடன் நுழைத்துவிடலாம். இரும்பினும் இந்த பாக்டீரியம் குறிப்பிட்ட ஓம்புயிர் குறிப்புச் சார்பினைப் பெற்றிருப்பதால், அது ஒரு சில தாவரங்களை மட்டுமே தாக்கி, செல்களில் புகமுடிமம். பிறவற்றைத் தாக்கிட இயலாது. எனவே, அயல் DNA-வை அதாவது ஜீனம் தாவரசெல்களில் நுழைப்பதற்கு வேறு செயல்முறைகள் உருவாக்கப்பட்டுள்ளன. செல்களினுள் அயல் DNA-வை நுழைப்பதற்கு மின் துளையாக்கம், நேரடியாக செலுத்துதல் அல்லது பையோலிஸ்டிக் எனப்படும் வழிமுறைகள் உள்ளன.

மின் துளையாக்கம் (Electroporation) என்பது செல் சவ்வில் மின் புலத்தை (Electric field) ஏற்படுத்தி தற்காலிகமாக துளைகளைத் தோற்றுவிக்கும் முறையாகும். அயல் மூலக்கூறுகளான DNA, RNA, ஆன்டிபாடிகள் மற்றும் மருந்துகள் முதலியவை சைட்டோபிளாசுத்திற்கு செல்ல இவ்வாறு உருவாக்கப்பட்ட செல்சவ்வுத் துளைகள் அனுமதிக்கின்றன. இந்த வகையான தொழில் நுட்பம், உயிர் இயற்பியல், உயிர் பொறியியல், செல் மற்றும் மூலக்கூறு உயிரியல் ஆகிய அறிவியல் துறைகளின் பங்கேற்பினால் உருவாக்கப்பட்டுள்ளது. இந்தச் செயல்முறை அம்மைக்காலமாக அயல் ஜீனம் புகுத்தி நும்ணுயிரிகள், தாவரங்கள் மற்றும் விலங்குகளை உருவாக்குவதிலும், ஜீன் சிகிச்சை முறையிலும் பெரிதும் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

நேரடியாகத் துகளைச் செலுத்தும் முறை அல்லது ஜீன்தும்பாக்கி முறையின் மூலம் மிக நும்ணியதுகளின் மீது DNA-வை வைத்து குறிப்பிட்ட திசு அல்லது செல்லில் மிகுந்த விசைமடன் தும்பாக்கியை இயக்கி வெகுவேகமாகக் கும்டை செலுத்துவது போல நேரடியாகச் செலுத்தலாம். பல பாக்டீரியங்கள், பூஞ்சைகள், தாவரங்கள் மற்றும் பாலூட்டி சிற்றினங்களின் செல்களில் புதிய ஜீன்களை நுழைத்திட இந்த வழிமுறை அதிக அளவில் பின்பற்றப்படுகிறது. குறிப்பாக, அரிசி, மக்காச்சோளம், கோதுமை, பருத்தி மற்றும் சோயாமொச்சை முதலிய பல தாவரங்களில் அயல் ஜீனம் புகுத்திட மரபும் பொறியியலில் பின்பற்றப்படும் செயல்முறைகளில் இது முக்கியமானதாகும்.

### அயல் ஜீனம் பெற்ற தாவரங்கள்

அம்மைக் காலங்களில், மரபும் பொறியியல் மூலம், ஐம்பதிற்கும் அதிகமான தாவரசிற்றினங்களில் அயல் ஜீன்களைப் புகுத்தி அவை புதிய பம்புகளுடன் விளங்குமாறு உருவாக்கப்பட்டுள்ளன. ஓம்புயிரித் தாவரசெல்லின் DNA-வில் அயல் ஜீனம் சேர்ப்பதன் மூலம், பூச்சிகள், வைரஸ்கள் மற்றும் களைக் கொல்லிகள் ஆகியவற்றிற்கு எதிராக இத்தாவரம் எதிர்ம்புத் தன்மையைப் பெறுகிறது. தொடக்கத்தில் அதிக எம்ணிக்கையில் இருவித்திலைத் தாவரங்களில் இத்தகைய அயல் ஜீன் நுழைக்கப்பட்ட தாவரங்கள் உருவாக்கப்பட்டன. அம்மைக் காலங்களில்,

ஒரு வித்திலைத் தாவரங்களான கோதுமை, சோளம், நெல் மற்றும் ஓட்ஸ் ஆகியவைமம், இந்த முறையில் ஜீன் இடம்பெயர்வு முறைக்கு உட்படுத்தப்படுகின்றன. உணவுத் தொழிற்சாலைக்கு உகந்த வகையில் அயல் ஜீன் புகுத்தப்பட்ட தாவரங்களும் உருவாக்கப்பட்டுள்ளன. எ.கா. தக்காளி, கனியாகம்பழுத்தலைத் தாமதம் செய்தல். இதனால் தக்காளியை பல நாட்கள் கெடாமல் சேமித்து வைக்க இயலும்.

ஜீன் மருந்தாக்கவியலில், சிறம்புத்தன்மை வாய்ந்த வேதிம்பொருட்கள் மற்றும் மருந்தும் பொருட்களை உற்பத்தி செய்யும் உயிர்க்கலன்களாக (Bioreactors) அல்லது தொழிற்சாலைகளாக அயல் ஜீனைம் பெற்ற தாவரங்கள் பல்வேறு நிறுவனங்களால் பயன்படுத்தும் படுகின்றன. மனிதம் புரதங்கள், அதாவது ஹார்மோன்களை விதைகளில் உற்பத்தி செய்யும் விதத்தில் மரபும் பொறியியல் மூலமாக தாவரங்கள் உருவாக்கப்படுகின்றன. எடுத்துக்காட்டாக, எலிக்காது அல்லி இதழ் தாவரம் (Mouse eared cress) என்ற களைத்தாவரமானது, உயிரிகளால் இயற்கையில் சிதைவறும் பிளாஸ்டிக்கை அதாவது பாலிஹைட்ராக்சி பியூரேட்-PHB திசுக்களில் துகள்களாக உற்பத்தி செய்யும் விதத்தில், மரபும் பொறியியல் வாயிலாக உருவாக்கப்பட்டுள்ளது.

### அயல் ஜீனைம் பெற்ற இருவித்திலைத் தாவரங்கள்

- |                             |                          |
|-----------------------------|--------------------------|
| 1. நிக்கோட்டியானா டொபாக்கம் | 4. ஹீலியான்தஸ் ஆனுவுஸ்   |
| 2. பீட்டா வல்காரிஸ்         | 5. சொலானம் டூபேராசம்     |
| 3. கிளைசின் மாக்கஸ்         | 6. காசிம்பியம் ஹிரிசூடம் |

### அயல் ஜீனைம் பெற்ற ஒருவித்திலைத் தாவரங்கள்

- |                        |                 |
|------------------------|-----------------|
| 1. அஸ்பாரகஸ் சிற்றினம் | 3. சியா மெய்ஸ்  |
| 2. ஒரைசா சடைவா         | 4. அவினா சடைவா. |

### அயல் ஜீனைம் பெற்ற தாவரங்களில் களைக்கொல்லி எதிர்ப்புத்தன்மை

சாதாரண சூழ்நிலைகளில், தாவரங்களில் ஒளிச்சேர்க்கை அல்லது முக்கியமான அமினோ அமிலங்கள் உற்பத்தியாவதைக் களைக்கொல்லிகள் பாதிக்கின்றன. களைக்கொல்லிகளை வயல் வெளிகளில் பயன்படுத்தும்போது களைச்செடிகளை அவை அழிப்பதோடு, சாகுபடி செய்யப்படும் பயிர்களைமம் பாதிக்கின்றன. இவ்வாறு பயிர்களைக் களைக்கொல்லிகளின் பாதிப்பிலிருந்து பாதுகாத்திட அறிவியலாளர்கள் தீவிர ஆய்வுக்கும் பின்னர் *எப்ட்ரெம்டோமைஸ் ஹைக்ரோஸ்கோபிகஸ்* எனும் பாக்டீரியத்திலிருந்து குறிப்பிட்ட ஒருவகை நொதி உற்பத்திக்குக் காரணமான ஜீனைம் பிரித்தெடுத்தனர். இந்த ஜீனால் உருவாகும் நொதியானது, பாஸ்டா (BASTA) எனப்படும் களைக்கொல்லியை செயலிழக்கச் செய்கிறது. பின்னர் இந்த ஜீனை இணைத்து தாவரங்கள் உருவாக்கப்பட்டன. அயல் ஜீனைம் பெற்ற இந்த தாவரங்கள் களைக்கொல்லியினால் பாதிக்கப்படவில்லை. பாஸ்டா களைக்கொல்லியின் பாதிப்பிலிருந்து, சாகுபடிப் பயிர்களைப் பாதுகாத்திட

இந்த ஜீன் பயனுள்ளது, திறன்படைத்தது என நிரூபிக்கப்பட்டுள்ளது. தற்போது தாவர ஜீனோம்களை மரபியல் ரீதியாக மாற்றியமைத்து குறிப்பிட்ட களைக்கொல்லிகளை எதிர்த்து வளரும் திறன்பெற்ற தாவரம்பயிர்கள் உருவாக்கப்பட்டுள்ளன.

### **சேதம் விளைவிக்கும் பூச்சிகள் மற்றும் நுண்ணுயிர் நோய்களுக்கு எதிரான மேம்படுத்தப்பட்ட எதிர்ப்புத்தன்மை.**

*பேசில்லஸ் தூரிஞ்சியன்சிஸ்* (Bt<sub>2</sub>) என்ற பாக்டீரியத்திலிருந்து ஜீன்கள், தக்காளி மற்றும் பருத்தியில் நுழைக்கப்பட்டு வயல்வெளியில் ஆய்வு மேற்கொள்ளப்பட்டது. சேதம் விளைவிக்கும் பலவகையான உயிரிகளுக்கு எதிராகப் புதிய ஜீனம் பெற்ற இந்தத் தாவரங்கள் வளர்வது தெரியவந்துள்ளது. கடந்த 20 ஆண்டுகளாக இந்த பாக்டீரியத்தின் ஸ்போர்கள் உற்பத்தி செய்யப்பட்டு, அவை உயிரிபூச்சிக் கொல்லிகளாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. தாவரங்களை அழிக்கும் பூச்சிகளைக் கொல்லும் திறன் இந்த பாக்டீரியத்தில் உள்ள *டெல்டா எம்டோடாக்சின்கள்* எனப்படும் நச்சுப் புரதத்தினால் ஏற்படுகிறது. *பேசில்லஸ் தூரிஞ்சியன்சிஸ்* என்னும் பாக்டீரியத்திலிருந்து நச்சுத்தன்மைப் புரதத்தை உருவாக்கும் Bt<sub>2</sub> என்ற ஜீன் பிரித்தெடுக்கப்பட்டு, *அக்ரோபாக்டீரியம்* எனும் பாக்டீரியத்திற்கு மாற்றப்படுகிறது. *அக்ரோபாக்டீரியம்* இல் உள்ள Ti பிளாஸ்மிடுகள் வழியாக இந்த ஜீன் புகையிலை, பருத்தி மற்றும் தக்காளித் தாவரங்களுக்கு மாற்றப்படுகிறது. இவ்வாறு அயல் ஜீனம் பெற்ற புகையிலைத் தாவரங்கள் *மாம்ட்க்டா செக்ஸ்டா* (*Manducta sexta*) என்ற பூச்சியின் தாக்குதலுக்கு எதிரான தன்மையைப் பெற்றுள்ளன. இந்தியாவின் முக்கியப் பணம்பயிரான பருத்தி, அதைத் தாக்கி சேதப்படுத்தும் பூச்சியினங்களுக்கு எதிரான திறனைப் பெறும் விதத்தில், அதில் Bt நஞ்சும்பொருளை உற்பத்தி செய்யக்காரணமாக உள்ள ஜீனம் அறிமுகப்படுத்தும் தொழில்நுட்பத்தை அமெரிக்காவிலிருந்து இந்தியா பெற்றுள்ளது. பூச்சிக் கொல்லிகள், பூஞ்சைக் கொல்லிகள் மற்றும் இதர நோய்விடுக்கொல்லிகள் ஆகிய பொருட்களை பயிர்பாதுகாப்பில் அதிக அளவில் பயன்படுத்தும்போது அவை சந்தேகத்துக்கிடமின்றி சுற்றுப்புறச் சூழலை வெகுவாகப் பாதிக்கின்றன. எனவே, இதைத் தவிர்க்க, நோய்களை உட்காக்கும் உயிரிகளைக் கட்டும்படுத்த, பூச்சிக்கொல்லி மருந்துகளைப் பயன்படுத்திடாமல் மரபியல் முறையில் கட்டும்படுத்துவது அவசியமாகிறது. தாவர ஜீன்களை இடம்பெயர்வு செய்து அமைப்பது சூழ்நிலைக்கு உகந்த ஒரு முயற்சி என்பதோடு இதுவே சுற்றுச்சூழல் கெடாமல் இரும்பதற்கான வழிமுறையாகும்.

எம்னெய் உற்பத்தி செய்யும் சோயாபீன்ஸ் தாவரமானது இயற்கையில், உயிரிகளால் சிதைக்கவல்ல, பல வகையான தொழிற்சாலையில் பயன்படுத்தப்படும் உயவுப்பொருட்கள், அழகுசாதனம் பொருட்கள் மற்றும் அழுக்கும்க்கிகள் ஆகியவற்றை உற்பத்தி செய்யும் விதத்தில் மரபும்பொருளை நுழைத்து உருவாக்கப்பட்டுள்ளது. மனித உடலில் உற்பத்தியாகும் ஆன்டிபாடி எனும் எதிர் பொருட்கள் உட்பட பல புதிய பொருட்களை தாவரங்கள் மூலமாக உருவாக்கிட, வழிகாணும் வகையில் உயிர்தொழில் நுட்பவியலில் ஒரு புதிய பகுதி துவக்கப்பட்டுள்ளது.



### மரபும் பொருட்களை இடம் மாற்றி அமைப்பதன் பயன்கள்

- ஜீன்களை விரும்பியவாறு இடம் மாற்றி அமைப்பதன் மூலம், பூச்சிக்கொல்லிப் பம்புகளுடைய தாவரங்களை உருவாக்க இயலும், இதன் மூலம் சாகுபடி செய்யப்படும் பயிர்களுக்கும் பயன்படுத்தப்படும் வேதிபூச்சிக் கொல்லிகளின் அளவு குறைமம்.
- தாவரங்கள், பயனுள்ள சேமிப்பும் புரதங்கள், வைட்டமின்கள் மற்றும் அமினோஅமிலங்கள் ஆகியவற்றை உற்பத்திசெய்ய இயலும். தாவரங்கள், ஊட்டச்சத்துக்காகம் பயன்படாத புரதங்களை உற்பத்தி செய்வதைத் தடைசெய்வதற்கும் ஜீன் இடம் மாற்றம் உதவுகிறது.
- வணிக முக்கியத்துவம் வாய்ந்த இரம்டாம் நிலை வளர்சிதைமாற்றம் பொருட்களை அதிக அளவில் தாவரங்கள் உற்பத்தி செய்ய இயலும்.
- தக்காளி போன்ற சில தாவர விளைபொருட்களை நெடுந்தொலைவான பகுதிகளுக்கு எடுத்துச் செல்லும் போது, ஏறக்குறைய சிலசமயங்களில் 80 சதவீதம் வரை இழம்பு ஏற்படுகிறது. பொதுவாக, உறுதியற்ற, மென்மையான காய்கறிகளை அடைக்கும் போது, அவை நசுக்கப்படுவதால் ஏற்படும் சிதைவு அதாவது கீறல்கள், காயங்கள், சாதகமற்ற வெம்பநிலை போன்றவற்றால் சேதமுறுகின்றன. இதனால் உயிர்செயல்பாடுகளில் பல வகையான மாற்றங்கள் ஏற்பட்டு இழம்பு ஏற்படுகிறது. தக்காளியில் காயானது முற்றிக் கனியாகும்போது, *பாலிகேலக்ட்ரோனேஸ்* என்ற நொதி, செல்கவர் பொருட்களைச் சிதைத்து, மாற்றத்தை ஏற்படுத்துவதால் கனியானது மென்மைத்தன்மையைப் பெறுகிறது. இந்நிலையில், அவற்றைக் கையாளும் போது பலவகைகளில் சேதமுறுகின்றன. எனவே, *பாலிகேலக்ட்ரோனேஸ்* நொதியின் செயல்பாட்டை தடைசெய்மம் உணர்தடை ஜீன்களைம் (Antisense genes) பயன்படுத்தி அந்த நொதியின் செயல்பாடு தடைசெய்யப்படுகிறது. இதனால் தக்காளிக் காயானது பழுப்பது தாமதப்படுத்தப்படுகிறது. இவ்வாறு வளர்வடங்கிய, பசுமையாக, திடமாக, உறுதியாக உள்ள நிலையில் தக்காளியை நெடுந்தூரத்திற்கு எடுத்துச் சென்றாலும் சேதம் ஏற்படுவதில்லை. உணர்தடை RNA (Antisense RNA) என்பது காயானது கனியாகப்பழம்பதற்குக் காரணமான நொதிகளின் செயல்பாட்டைக் கட்டுப்படுத்தும் RNA மூலக்கூறுகளாகும்.
- மலர்கள், இலைகளின் நிறம், அதிக மலர்களைத் தோற்றுவித்தல், வாசனை மற்றும் அழகியவடிவம் ஆகியவற்றை அயல் ஜீனைம் புகுத்துவதன் மூலம் மேம்படுத்துவது தற்சமயம் அலங்காரத் தொழில் நிறுவனங்களின் முக்கிய இலக்குகளாகக் கருதப்படுகின்றன.

### அயல் ஜீனைம் பெற்ற நும்ணுயிரிகள்

இயற்கையில் நும்ணுயிரிகளால் உற்பத்திசெய்யப்படாத இன்சலின், இன்டர்ஃபெரான், வளர்ச்சி ஹார்மோன்கள் மற்றும் வைரஸ் தடும்பூசிம் பொருட்கள் ஆகியவற்றை நும்ணுயிரிகளே உற்பத்தி செய்மம் வகையில் அவை மரபும் பொறியியல் முறையில் மாற்றியமைக்கப்பட்டுள்ளன.

மரபும் பொருளை இடம் மாற்றி உருவாக்கப்பட்ட பாக்டீரியங்களின் பயன்கள்

ஆனந்த் மோகன் சக்ரவர்த்தி என்ற அமெரிக்கவாழ் இந்திய அறிவியலறிஞர் முதன் முதலாக 1979-ல் *சூடோமோனாஸ் பூட்டா* (*Pseudomonas putida*) என்ற பாக்டீரிய ரகத்தை உருவாக்கினார். இதில் CAM மற்றும் OCT என்ற இரு பகுதிகளை இணைத்து உருவாக்கிய கலம்பின பிளாஸ்மிட் உள்ளது (CAM மற்றும் OCT ஆகியவை எம்னெயிலுள்ள கேம்ஃபர் (Camphor) மற்றும் ஆக்டேன் (Octane) போன்ற ஹைட்ரோகார்பன்களை சிதைப்பதற்குக் காரணமான ஜீன்களைக் கொண்டுள்ள பிளாஸ்மிடுகள் ஆகும்). இந்த பிளாஸ்மிட் கொட்ட பாக்டீரிய ரகம் சுத்திகரிப்பு செய்யப்படாத கச்சா எம்னெயில் உள்ள ஹைட்ரோகார்பன்களைத் திறம்பட பயன்படுத்தி துரிதமாக வளரும் தன்மைமையது. அசகாயம் பூச்சி (Super bug) என அழைக்கப்படும் இந்த பாக்டீரிய ரகமானது ஆய்வகத்தில் அதிக அளவில் உற்பத்தி செய்யப்பட்டு வைக்கோலுடன் கலந்து பின்பு உலர்த்தப்படுகிறது. இந்த வைக்கோலினை வழுவழும்பான எம்னெயின் மீது பரம்பப்படுகிறது. இந்த வைக்கோல், எம்னெயில் மூழ்கும்போது இம்பாக்டீரியங்கள் எம்னெயைம் பயன்படுத்துகின்றன. இவ்வாறு எம்னெயைச் சிதைத்து மாசுவிளைவிக்காத மற்றும் நச்சுத்தன்மையற்றம் பொருட்களைத் தோற்றுவிக்கின்றன. இம்முறையில் எம்னெயினால் மாசுபடும் நிலம் மற்றும் ம்ரானது சரிசெய்யப்படுவதால், இந்நிகழ்வானது உயிரிய சீரமைப்பாக்கம் அல்லது உயிரிகளால் சீரமைக்கப்படுதல் (Bio-remediation) என அழைக்கப்படுகிறது. சுற்றுசூழ்நிலையில் உள்ள நச்சும் பொருட்களைச் சிதைப்பதிலும், மாசுபடுதலைத் தடுப்பதிலும் உயிருள்ள நும்ணுயிர்களை ஈடுபடுத்தப்படுவது உயிரிகளால் சீரமைக்கப்படுதல் எனப்படும். மாசுபடுத்தும் பொருட்களால் பாதிக்கப்பட்ட இடங்கள் மீட்டும் பழைய நிலைக்கு கொண்டு வரப்படுவதோடு எதிர்காலத்தில் அவற்றில் மாசுபடுதல் நிகழாமலும் பாதுகாக்கப்படுகிறது.

**ஜீன் இடம் மாற்றியமைக்கப்பட்ட நும்ணுயிரிகளை சுற்றும்புறச் சூழலில் வெளிவிடுவதால் ஏற்படும் நன்மைகள்**

- சுற்றும்புறத்தினை பாதுகாத்தல் மாசுற்ற சுற்றுச் சூழலை உயிரிகளால் சீராக்குதல்.
- உணவுத் தொழிற்சாலைக்குத் தேவையான பல்வேறு நொதிகளை நும்ணுயிரிகள் மூலம் உற்பத்தி செய்தல்.
- நொதித்தலை மேம்பட்ட முறையில் நிகழ்த்தும் திறன் கொட்ட நும்ணுயிர்களை உருவாக்குதல்.
- பால் தொழிற்சாலைக்காக மேம்படுத்தப்பட்ட நும்ணுயிரிகளை உருவாக்குதல்.
- உடல்நலத்தினைப் பேணிக்காக்க, (Attenuated vaccines) நோய்மீடும்பும்ணும் திறன் மிக்கப்பட்ட உயிருள்ள நும்ணுயிரிகளை தடும்பூசிகளாகம் பயன்படுத்துதல்.
- தாவரங்களில் ஊட்டமுறையினை மேம்படுத்துதல், தீமை விளைவிக்கும் தீங்குயிரிகளைக்கட்டும்படுத்த பாதுகாம்பான தீங்குயிர்க்கொல்லிகளை உருவாக்குதல், தாவரங்களை, மிகக்கடுமையான தட்ப வெம்ப சூழ்நிலைகளின் பாதிப்பிலிருந்து பாதுகாத்தல், கட்டிகள், நோய்கள் ஆகியவற்றிலிருந்து தாவரங்களைப் பாதுகாத்தல் எனம் பலவகைகளிலும் நும்ணுயிர்களால் பயன்கள் ஏற்படுகின்றன.

## தன் மதிம்பீடு

### I. சரியான தெரிவுகளைத் தேர்ந்தெடுத்து எழுதவும்.

1. அயல் ஜீனை செல்லினுள் அறிமுகம்படுத்த பயன்படுத்தப்படும் முறை.  
 (அ) மின்னாற்பகும்பு (ஆ) மின்துளையாக்கம்  
 (இ) பிளாஸ்மிட் செலுத்தம்படுதல் (ஈ) இணைதல்
2. ஏறக்குறைய இன்றைய நிலையில் காணப்படும் அயல் ஜீனைம் பெற்ற தாவரங்களின் எண்ணிக்கை.  
 (அ) ஆறு (ஆ) இரண்டு (இ) பன்னிரெண்டு (ஈ) ஐம்பது
3. பூச்சிகளைக் கொல்லும் நச்சுத் தன்மைமடைய டெல்டா எம்டோடாக்சின் புரதத்தினை உற்பத்தி செய்வது  
 (அ) எஸ்ஸெரிசியா கோலை (ஆ) என்டெரம்டோமைசின்கிரிசியஸ்  
 (இ) பேசில்லஸ் துரிஞ்சியன்சினஸ் (ஈ) பேசில்லஸ் லாக்டி
4. ஜீன் இடம்மாற்றியமைக்கப்பட்ட சூடோமோனாஸ் பூடிடா \_\_\_\_\_ஐ சிதைக்கிறது.  
 (அ) ஹார்மோன் (ஆ) உயிர் எதிர்பொருள்  
 (இ) கச்சா எண்ணெய் (ஈ) கார்போஹைட்ரேட்

### II. இரண்டு அல்லது மூன்று வாக்கியங்களில் விடையளிக்கவும்.

5. உயிரிபூச்சிக்கொல்லி என்பதை வரையறு.
6. அயல் ஜீனைம்பெற்ற தாவரங்கள் என்பதை வரையறு.
7. அக்ரோபாக்டீரியம் டிமிபேசியன்சின் முக்கியத்துவம் யாது?
8. ஜீன்தும்பாக்கி முறையில் DNA-வை செலுத்துதல் என்றால் என்ன?
9. அயல் ஜீன்பெற்ற இருவித்திலைத் தாவரங்கள் இரம்டினை எழுதுக.

### III. ஒவ்வொரு வினாவிற்கும் 100 வார்த்தைகளுக்கு மிகாமல் விடையளிக்கவும்.

10. உணவுத் தொழிற்சாலைகளில் அயல் ஜீனைம் பெற்ற தாவரங்களின் பங்கு என்ன?
11. அயல் ஜீனைம் பெற்ற தாவரங்களின் களைக்கொல்லி எதிர்ப்புத்திறன் பற்றி சுருக்கமாக எழுதுக.
12. தாவரங்களில் அயல் ஜீன்கள் எவ்வாறு புகுத்தப்படுகின்றன?

### IV. ஒவ்வொரு வினாவிற்கும் 200 வார்த்தைகளுக்கு மிகாமல் விடையளிக்கவும்.

13. பயிரும் பாதுகாம்பில் பூச்சிகளுக்கெதிராக Bt நச்சுமப்பொருளின் பங்கு என்ன? உயிரும் பூச்சிக் கொல்லிகளின் செயல்பாட்டினை விவரி.
14. அயல் ஜீனைம் பெற்ற தாவரங்களைப் பற்றி கட்டுரை எழுதுக.

### 4.3 தாவரத் திசு வளர்ம்பும் அதன் பயன்பாடும்

#### தாவரத் திசு வளர்ம்பு

தாவர செல்கள், திசுக்கள் மற்றும் உறுப்புகளை செயற்கையாகத் தயாரிக்கப்பட்ட வளர்ம்பு ஊடகத்தில், கட்டும்படுத்தப்பட்ட சூழலில், வளர்ம்பதே தாவரத் திசு வளர்ம்பு எனப்படும். தாவர உயிர்தொழில் நுட்பவியலில் தாவர திசு வளர்ம்பு முறை மிகமுக்கியமான முன்னுரிமை பெறும் அறிவியல் துறையாக விளங்குகிறது.

#### அடிம்படைக்கருத்து

தாவர திசு வளர்ம்பின் அடிம்படைக் கருத்தாக இரும்பது முழுத்திறன் பெற்றுள்ளமை, (Totipotency), வேறுபாடடைதல் (Differentiation), வேறுபாடு திரிதல் (Dedifferentiation) மற்றும் மறு வேறுபாடு அடைதல் (Redifferentiation) ஆகும்.

#### முழுத்திறன் பெற்றுள்ளமை

உயிருள்ள எந்த ஒரு தாவர செல்லும் முழுத் தாவரமாக வளர்ச்சி பெறுவதற்காக, இயற்கையாக அமைந்த திறனே முழுத்திறன் பெற்றுள்ளமை எனப்படும். இது தாவர செல்களுக்கு மட்டுமே உரித்தான ஒன்றாகும்.

#### வேறுபாடடைதல்

ஆக்குத்திசுவானது தனித்திசுவாகவோ அல்லது கூட்டுத் திசுக்களாகவோ வேறுபாடு அடைவதாகும்.

#### வேறுபாடு திரிதல்

முதிர்ந்த திசுக்கள் மீட்டும் ஆக்குத்திசுக்களாக மாறி காலஸ் திசுவாக வளர்ச்சியடைவது வேறுபாடு திரிதல் எனப்படும்.

#### மறு வேறுபாடு அடைதல்

வேறுபாடு அடையாத ஒத்த செல் தொகும்பான காலஸ் திசு தம்மு மற்றும் வேர் அல்லது கருநிகர் திசுவாக வளர்ச்சியடைவதாகும்.

#### தாவர திசு வளர்ம்புமுறையின் தோற்றமும் வளர்ச்சிமும்

ஜெர்மன் நாட்டைச்சார்ந்த தாவரவியல் அறிஞர் G. ஹெபர்லேம்ட் என்பவர் வெவ்வேறு திசுக்களிலிருந்து பிரித்தெடுத்த தனித்தனியான தாவர செல்களை வெற்றிகரமாக வளர்த்த 1898 ஆம் ஆம்டிலிருந்து தாவரத்திசு வளர்ம்பு முறை நடைமுறையில் உள்ளது. ஆயினும் தாவர வளர்ச்சி ஒழுங்கு படுத்திகளான

ஆக்சின்கள், விட்டமின்கள் கம்டுபிடிக்கப்பட்டதன் காரணமாக காத்திரெட், ஓயிட் மற்றும் நோம்கோர்ட் என்ற அறிவியலார்கள் 1934-லிருந்து 1939 கால இடைவெளியில், திசு வளர்ப்பு செயல் நுட்பத்திற்கு அடிதளமிட்டனர்.

1940-லிருந்து 1960-க்குட்பட்ட இருபது ஆண்டுகளில், சைடோகைனின் எனும் வளர்ச்சி ஒழுங்குபடுத்தி கம்டறியம்பட்டு, செல்பகுப்பு மற்றும் செல்கள் மாறுபாடு அடைதல், அவற்றின் விளைவுகள் ஆகியனவும் கம்டறியம்பட்டன.

செயற்கைமுறையில் ஆய்வகத்தில் தாவர செல்கள், திசுக்கள் மற்றும் உறுப்புகளை வளர்க்கும் முறையானது 1960-க்கும் பிறகு செம்மையாக உருவாக்கப்பட்டது. இத்துறையில் இந்தியாவின் டெல்லி பல்கலைக்கழக தாவரவியல் நிபுணர் பேராசிரியர். P. மகேஸ்வரி மற்றும் பேராசிரியர். S. நாராயணசுவாமி ஆகியோர்களால் 1960 ஆம் ஆண்டு தொடக்கத்தில், இத்துறையில் ஆய்வுகள் பல தொடங்கப்பட்டன. தொடர் நிகழ்வாக பலவகை தாவரம் பகுதிகளுக்கு உகந்த வளர் ஊடகங்களும், தொழில் நுட்பங்களும் உருவாக்கப்பட்டு, இம்பொழுது தாவர மேம்பாடு திட்டங்களில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

## தாவரத் திசு வளர்ப்பின் அடிப்படை செயல்நுட்பங்கள்

### 1. வளர்ப்புக் கலன்கள்

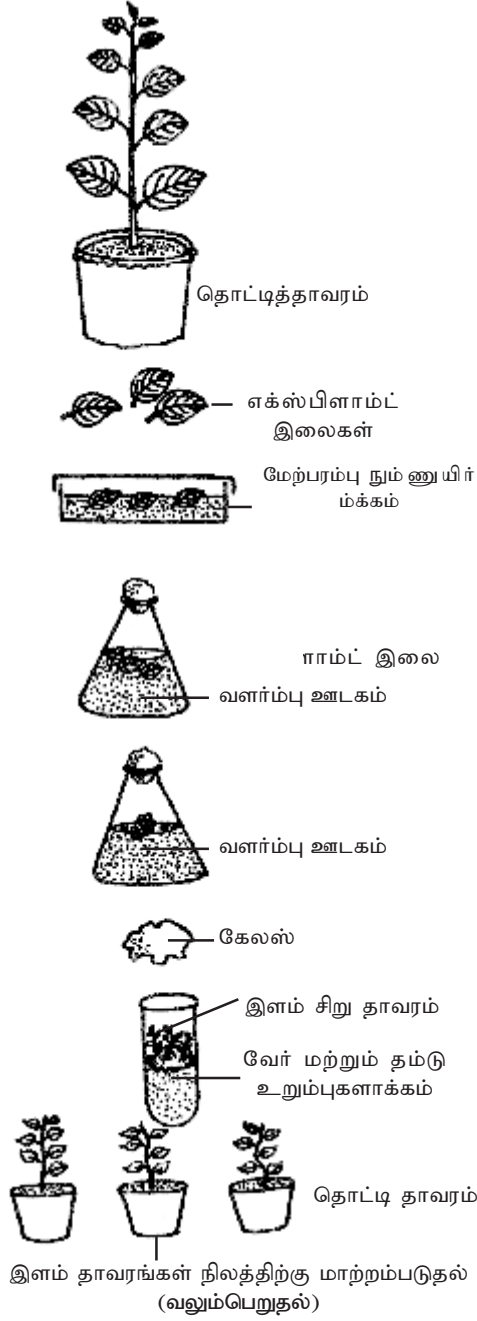
தாவர திசு வளர்ப்பு முறைக்கு எர்லின்மேயற் குடுவை (கூம்புக் குடுவை), பெட்ரி தட்டுகள் (Petridishes), வளர்ப்பு குழாய்கள் (25 × 150 mm) முதலியவை பயன்படுகின்றன.

### 2. வளர்ப்பு ஊடகம்

முராஷிகி மற்றும் ஸ்கூக் வளர்ப்பு ஊடகம் (MS வளர்ப்பு ஊடகம்), கேம்பார்க் வளர்ப்பு ஊடகம் (B5 வளர்ப்பு ஊடகம்), ஓயிட் வளர்ப்பு ஊடகம் (W வளர்ப்பு ஊடகம்), நிட்ச் வளர்ப்பு ஊடகம் முதலிய வளர்ப்பு ஊடகங்கள் தாவர திசு வளர்ப்பில் பயன்படுத்தும் படுகின்றன. வளர்ப்பு ஊடகத்தை வளர்ப்புக்குழலில் எடுத்துக்கொண்டு, அதன் வாய்ப்பகுதியை பஞ்சினாலான அடைப்பான் அல்லது மெல்லிய அலுமினியத் தாளினால் மூடவேண்டும். ஊடகத்தின் P<sup>H</sup> ஆனது அமிலத் தன்மையில் உள்ளவாறு 5.8-க்குச் சரிசெய்யப்பட வேண்டும்.

### 3. நுண்ணுயிர் மக்கம் செய்தல்

வளர்ப்பு ஊடகம் மற்றும் தாவர திசுக்களில் உள்ள நுண்ணுயிரிகளான பாக்டீரியங்கள் மற்றும் பூஞ்சைகள் ஆகியவற்றை மக்கம் பின்பற்றப்படும் செயல்முறை நுண்ணுயிர் மக்கம் எனப்படும். வளர்ப்பு ஊடகம் மற்றும் தாவர திசுக்களை நுண்ணுயிர் மக்கம் செய்வது அவசியமாகிறது. வளர்ப்பு ஊடகத்தினை நுண்ணுயிர் மக்கம் செய்ய ஆட்டோகிளேவில் (Autoclave), (வீட்டில் உணவு சமைக்கம் பயன்படுத்தப்படும் அழுத்த சமைப்பான் Pressure cooker போன்ற சாதனம்) சுமார் 15 நிமிடங்கள் தொடர்ந்து 121°C வெப்பநிலையில் இருக்குமாறு வைக்க வேண்டும். தாவர திசுவின் அதாவது இனாக்குலத்தின் மேற்பரப்பு நுண்ணுயிர் மக்கம் செய்ய வேண்டும்.



படம் 4.4 தாவரத் திசு வளர்ம்பின் செயல் நுட்பம்

## வேதி நும்ணுயிர் மக்கம்

இனாக்குலத்தினை சோடியம் ஹைபோகுளோரைடு, கால்சியம் ஹைபோகுளோரைடு, மொர்க்குரி குளோரைடு போன்ற ஏதேனும் ஒரு வேதிம்பொருளைப் பயன்படுத்தி 15-லிருந்து 20 நிமிடநேரம் நேர்த்தி செய்த பின்னர் தூய மீரில் 3 முதல் 5 முறை தொடர்ந்து கழுவுவண்டும்.

## 4. உட்செலுத்துதல்

வளர்ம்பு ஊடகத்திற்கு, தாவரத்தின் திசு அல்லது தாவரம் பகுதியாகிய எக்ஸ்பிளாண்டை அதாவது வேர், தண்டு, இலை முதலியவை போன்றவற்றை வளர்ம்பு ஊடகத்திற்கு செலுத்துவது உட்செலுத்துதல் எனப்படும். லாமினார் காற்றோட்ட அறை (Laminar air flow chamber) என்ற சாதனத்தில் தூய்மையான சூழலில் உட்செலுத்துதல் மேற்கொள்ளப்படுகிறது. கம்ணாடி வளர்ம்புக்குழல், பெட்ரிதட்டு, கூம்புக்குடுவை போன்ற வற்றில் உள்ள வளர்ம்பு ஊடகத்தில், தாவரம்பொருட்களை உட்செலுத்துவதற்கு தீ சுவாலையில் காய்ச்சம் பட்டு குளிர்விக்கப்பட்ட இடுக்கிகள், உட்செலுத்து ஊசிகள் முதலியவை பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

## 5. அடைகாத்தல்

திசுவுடன் கூடிய வளர்ம்பு ஊடகம்  $26^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  வெம்பநிலையில் 2000 முதல் 4000 லக்ஸ் (ஒளிச்செறிவின் அலகு) ஒளிச்செறிவிலும், 16 மணி நேரம் ஒளி, 8 மணி நேரம் இருள் என்ற ஒளிக்காலத்திலும் வைக்கப்படுகிறது.

## 6. கேலஸ் அல்லது திசுத்திரள் உருவாதலை ஊக்குவித்தல்

ஆக்ஸின் மற்றும் சைட்டோகைனின்களின் செயல்பாட்டினால் தாவரத்தும்புத் திசுவிலிருந்து காலஸ் தோன்றுகிறது. காலஸ் என்பது ஒழுங்கற்ற, வேறுபாடு அடையாத திசுத்திரளாகும். ஆக்ஸின் செல் மட்சியடைதலைம்ம், சைட்டோகைனின் செல் பகும்படைதலைம்ம் தூம்டுவதன் விளைவாக காலஸ் உருவாகிறது.

## 7. புறத்தோற்றமாக்கம்

ஆக்ஸின் மற்றும் சைட்டோகைனின் தூம்டுதலால் கேலஸிலிருந்து புதிய உறும்புகள் தோற்றுவிக்கப்படுகின்றன. இது புறத்தோற்றமாக்கம் எனப்படும். கேலஸ் திசு வேறுபாடடைந்து, வேர்கள் மற்றும் தம்டுகள் தோன்றுகின்றன. இத்தகைய உறும்புகளைக் கொம்ட கருக்கள் உடல கருக்கள் எனப்படும். இவற்றிலிருந்து, மிகச்சிறிய இளந் தாவரங்கள் தோன்றுகின்றன.

புறத்தோற்ற உருவாக்கம் இருவகைப்படும்.

### அ. உறும்புகளாக்கம்

புதிய உறும்புகளான வேர் மற்றும் தம்டு முதலியவை தோன்றுவதே உறும்புகளாக்கம் எனப்படும். கேலஸிலிருந்து தம்டு தோன்றுவது காலோஜெனிசிஸ் எனவும், வேர் தோன்றுவது ரைசோஜெனிசிஸ் எனவும் அழைக்கப்படும்.

### ஆ. கருஉருவாக்கம்

கேலஸிலிருந்து தம்டு மற்றும் வேரை உடைய இரு துருவ அமைப்பு தோன்றுவது கரு உருவாக்கம் எனப்படும். இத்தகைய கருக்கள் உடல காலஸ் திசுவிலிருந்து தோன்றுவதால் உடல கருக்கள் அல்லது எம்பிரியாய்டுகள் அல்லது சோமகுளோனல் கருக்கள் என அழைக்கப்படும்.

## 8. வலும்பெறுதல்

சிறு இளந் தாவரங்களைப் படிப்படியாக இயற்கைச் சூழ்நிலைக்கு கொம்டு வருவது வலும்பெறுதலாகும். இறுதியாக இந்த இளந்தாவரங்கள் நிலத்திற்கு மாற்றப்படுகின்றன.

### இந்தியாவில் திசு வளர்ம்பு தொழில்நுட்பத்தின் நிலை

உலகளவில் ஓம்பிடும்போது அதிக எம்ணிக்கையில் திசு வளர்ம்பு அறிவியலார்களைக் கொம்டுள்ள நாடாக இந்தியாவும் கருதப்படுகிறது. திசு வளர்ம்பு செயல் முறைகளை பயன்படுத்தி வேளாம்மை, தோட்டக்கலை மற்றும் வன வளத்தினை அதிகரிக்கும் விதத்தில் மேம்படுத்தப்பட்ட திறன்களைக் கொம்ட தாவரங்களை உருவாக்கிட ஆய்வுகள் மேற்கொள்ளப்பட்டு வருகின்றன.

தாவர திசு வளர்ச்சி முறையினை ஊக்குவிக்கும் விதத்தில் புது டெல்லியில் உள்ள இந்திய அரசின் உயிர் தொழில் நுட்பவியல் துறை (Department of

Biotechnology) முக்கியம் பங்கு வகிக்கிறது. தாவர திசு வளர்ப்பு தொழில் நுட்பத்தின் மூலம் பயிர்களின் திறனை அதிகரிக்கும் விதத்தில் பல்வேறு ஆய்வகங்களுக்கு நிதிம்தவி வழங்கப்படுகிறது.

### முக்கியமான உயிர் நுட்பவியல் மையங்கள்

1. இந்திய வேளாண்மை ஆராய்ச்சி நிலையம் (Indian Agricultural Research Institute - IARI), புது டெல்லி.
2. பாபா அணு ஆராய்ச்சி நிலையம் (Bhaba Atomic Research Centre - BARC), மும்பை.
3. மருத்துவ மற்றும் வாசனைத் தாவரங்களுக்கான மைய ஆராய்ச்சி நிலையம் (Central Institute of Medicinal and Aromatic Plants - CIAMP), லக்னோ, உத்திரபிரதேசம்.
4. M.S. சுவாமிநாதன் ஆராய்ச்சி மையம் (M.S. Swaminathan Research Institute - MSSRI), சென்னை.

### தாவரத் திசு வளர்ப்பின் பயன்கள்

- பலவகையான அழகிய இலைகளைக் கொண்ட தாவரங்கள் மற்றும் அழகான கவர்ச்சியூட்டும் தாவரங்களை அதிக எண்ணிக்கையில் உற்பத்தி செய்திட பல வணிக நிறுவனங்கள் வழக்கமாக நும்பரவல் முறையைப் பின்பற்றுகின்றன.
- தாவர திசு வளர்ப்பு முறைகளைப் பயன்படுத்தி காலஸில் மொட்டுக்களைமம் எண்ணற்ற தம்டுத் தொகும்புகளைமம் உருவாக்கி அழகுத் தாவரங்கள் அதிக எண்ணிக்கையில் உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றன.
- நுனி ஆக்குத்திசு வளர்ப்பின் மூலம் வைரஸ் அற்ற நுண்மிய வளர்மொட்டுக்கள் தோற்றுவிக்கப்படுகின்றன எ.கா. வாழை.
- உடல வழி கரு உருவாக்கத்தின் மூலம் செயற்கை விதைகள் உருவாக்கப்படுகின்றன.
- இரம்டாம் நிலை வளர்சிதை மாற்றம் பொருட்களை அதிக அளவில் உற்பத்தி செய்ய தாவரத் திசு வளர்ப்பு முக்கியத் தொழில் நுட்ப முறையாகும்.
- மகரந்தம்பை வளர்ப்பின் மூலம் ஒற்றைமய தாவரங்கள் தூம்டம்பட்டு அவை திஃர்மாற்றம் பயிர்ம்பெருக்கத்திற்கும் பயன்படுகின்றன. இதே போன்று எம்டோஸ்பெர்ம் வளர்ப்பின்மூலம் மும்மயதிசு உருவாக்கப்பட்டு அதனால் கருவுறாக்கனிகள் உம்டாகவும், பன்மயத் திசு உருவாக்கப்பட்டு அதன் மூலம் உயிர்த்திறன் அளவை அதிகரிக்கவும் அல்லது மகசூலை அதிகரிக்கவும் திசுவளர்ப்பு பயனுள்ளதாகும்.
- விதைகளில் காணப்படும் தன் மலட்டுத்தன்மை, விதைம்றக்கம் மற்றும் கருச்சிதைவு ஆகியவற்றால் விதை முளைக்காமல் இரும்பதைத் தவிர்த்திட கரு வளர்ப்பு செயல்நுட்பம் பயன்படுகிறது.



- அம்மைக்காலங்களில் DNA-வுடன் கூடிய நும்துகள்கள் வாயிலாக அயல் ஜீனை, ஜீன் தும்பாக்கி மூலமாக ஒம்புயிரி செல்லினுள் செலுத்திட தாவர திசு வளர்ம்பு முறைகள் கையாளம்படுகின்றன.
- ஒவ்வாத் தாவரங்களின் ஜீனோம்கள் புரோட்டோபிளாச இணைவின் மூலம் ஒன்று சேர்ந்து கலம்பினங்கள் உருவாதல் ஊக்குவிக்கம்படுகிறது. இதனால் உடல வழி கலம்பினங்கள் உருவாகின்றன.
- தாவர செயலியல், உயிர் வேதியியல் போன்ற அறிவியல் துறைகளில் செல்கழற்சி, செல்களில் வளர்சிதை மாற்றம், ஊட்டம், புறத்தோற்றமாக்கம், வளர்ச்சியடைதல் போன்றவற்றில் மேற்கொள்ளம்படும் ஆய்வுகளில் தாவர திசு வளர்ம்பு முறை பயன்படுகிறது.
- உருளைக்கிழங்கு மற்றும் தக்காளித் தாவர செல்களின் புரோட்டோபிளாச இணைவின் மூலம் உருவாக்கம்பட்ட கலம்பினசெல் பொமாட்டோ (Pomato) என்ற புதிய தாவரமாக திசு வளர்ம்பு தொழில்நுட்பத்தின் மூலம் உருவாக்கம்பட்டுள்ளது. பொமாட்டோ தாவரத்தின் தம்டும்பகுதி கிழங்குகளைமம், கிளைகள் கனிகளைமம் கொம்படிருக்கும்.

## தன்மதிம்பீடு

### I. சரியான தெரிவுகளைத் தேர்ந்தெடுத்து எழுதவும்.

1. உயிருள்ள தாவர செல்லிருந்து முழு தாவரத்தை உருவாக்கும் திறன் \_\_\_\_\_ எனம்படும்.
  - (அ) மாறுபாடு அடைதல்
  - (ஆ) உறும்புகளாக்கம்
  - (இ) புறத்தோற்ற உருவாக்கம்
  - (ஈ) முழுத்திறன் பெற்றுள்ளமை
2. சைட்டோகைனின் பணி இதை அதிகரிம்பது
  - (அ) செல் மட்சியடைதல்
  - (ஆ) கனி உருவாக்கம்
  - (இ) செல் பகும்பு
  - (ஈ) மாறுபாடு அடைதல்
3. திசு வளர்ம்பு முறையின் மூலம் பெறம்படும் முக்கியம் பொருள்
  - (அ) செயற்கை விதைகள்
  - (ஆ) பல விதைகளைம்படைய பழம்
  - (இ) மும்மய எம்ப்டோஸ்பெரம்
  - (ஈ) மலர்கள் உம்ப்டாக்குவது

**II. இரண்டு அல்லது மூன்று வாக்கியங்களில் விடையளிக்கவும்.**

4. கேலஸ் என்பதை வரையறு.
5. உடலவழி கரு என்றால் என்ன?
6. முழுத்திறன் பெற்றுள்ளமை என்பது பற்றி குறிம்பெழுதுக.
7. மறுவேறுபாடடைதல் என்றால் என்ன?
8. தாவர திசு வளர்ப்பிற்கு பயன்படும் இரு வளர்ப்பு ஊடகங்களை குறிப்பிடுக.
9. நுண்ணுயிர் மக்கம் என்றால் என்ன?
10. உட்செலுத்துதல் என்பதை வரையறை செய்க.

**III ஒவ்வொரு வினாவிற்கும் 100 வார்த்தைகளுக்கு மிகாமல் விடையளிக்கவும்.**

11. கேலஸ் வளர்ச்சியினை தோற்றுவித்து பராமரிக்க முக்கிய செயல்முறைகள் யாவை?
12. தாவரத்திசு வளர்ப்பின் கோட்பாடுகளை சுருக்கமாக குறிப்பிடுக.
13. திசு வளர்ப்பு முறையின் தோற்றத்தினை சுருக்கமாக எழுது.

**IV ஒவ்வொரு வினாவிற்கும் 200 வார்த்தைகளுக்கு மிகாமல் விடையளிக்கவும்.**

14. தாவரத் திசு வளர்ப்பின் பயன்கள் யாவை?
15. தாவர திசு வளர்ப்பின் செயல் நுட்பத்தினை விவரி.

#### 4.4. புரோட்டோபிளாச இணைவு

புரோட்டோபிளாஸ்ட் என்பது செல் சுவரற்ற, பிளாஸ்மா சவ்வினால் சூழப்பட்ட செல்லாகும். தனித்தெடுக்கப்பட்ட புரோட்டோ பிளாஸ்டுகள் முழுத்திறன் பெற்றவை. இந்த தனிப்பட்ட தன்மையினால் மரபும் பொறியியல் துறையில் தாவர புரோட்டோ பிளாஸ்டுகள் முக்கிய பங்கு வகிக்கின்றன. புரோட்டோபிளாச தொழிற் நுட்பத்தில், தனித்தும் பிரித்தெடுத்தல், வளர்ப்பு, புரோட்டோபிளாஸ்டுகளை இணைத்தல் அதிலிருந்து முழுத் தாவரத்தை உருவாக்குதல் போன்றவை அடங்கும். மங்கள் இம்பாடம்பகுதியில் புரோட்டோபிளாஸ்டுகளை தனித் தெடுத்தல், அவற்றை இணைத்தல் மற்றும் முழுத்தாவரத்தை உருவாக்குதல் முறைகளைப் பற்றி கற்க உள்ளீர்கள்.

இரு வேறுபட்ட ரகங்கள் அல்லது சிற்றினங்களின் உடலச் செல்களை இணைத்தல் மூலம் கலம்புயிரி உருவாகிறது. உடல கலம்புயிரிகளை (Somatic hybrids) இந்த முறையில் உருவாக்குவதற்கு, உடலக் கலம்புயிரியாக்கல் என்று பெயர். கலம்புயிரியாக்கலின் முதல் படி புரோட்டோபிளாஸ்டுகளை தனித்தும் பிரித்தெடுத்தலாகும்.

#### புரோட்டோபிளாஸ்டுகளை தனித்தெடுத்தல்

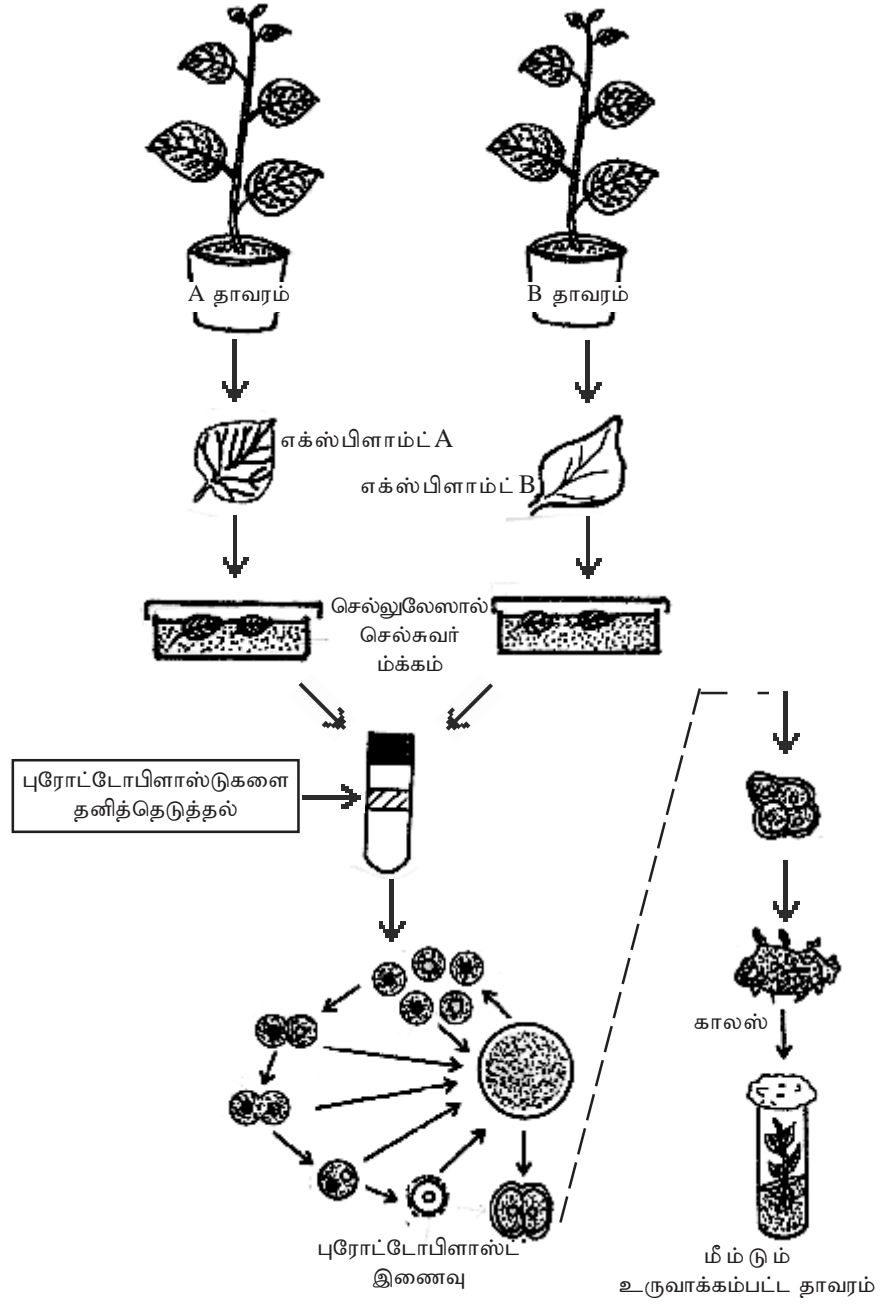
பலவகைப்பட்ட தாவர திசுக்களிலிருந்து புரோட்டோபிளாஸ்டுகள் இயந்திர செயல் முறை அல்லது நொதிகள் மூலம் தனித்தெடுக்கப்படுகின்றன.

#### இயந்திர செயல் முறை

இம் முறையில் செல்களை உகந்த கரைசலில் வைக்க வேண்டும். இதனால் புரோட்டோபிளாஸ்டுகள் சுருங்கி செல் சுவரை விட்டு அகலுகிறது. பின்னர் கூர்மையான நுனி கொம்பு கத்தியால் திசுவை வெட்ட வேண்டும். இதனால் புரோட்டோபிளாஸ்டுகள் வெட்டப்பட்ட செல் சுவர் வழியாக விடுவிக்கப்படுகின்றன. குறைந்த அளவு புரோட்டோபிளாஸ்டுகளை பெறப்படுவதால் இந்த செயல்முறை குறைந்த அளவிலேயே பின்பற்றப்படுகிறது.

#### நொதிகளைப் பயன்படுத்தும் முறை

10 வார வயதுடைய தாவர இலைகளை 70 சதவீத ஆல்கஹாலில் நும்ணுயிர் மக்கம் செய்த பின், 2 சதவீத சோடியம் ஹைட்ரோசுலபைட்டு கரைசலில் 20-லிருந்து 30 நிமிடங்கள் வைக்க வேண்டும். இந்த இலைகளை வாலைவடிமரில் கழுவி, பின் வரும் செயல் முறைகள் நும்ணுயிர் மக்கம் பெற்ற லாமினார் காற்றோட்ட அறையில் தூய்மையான சூழலில் நடைபெற வேண்டும். இலையின் கீழ் புறத்தோலைத் உரித்தெடுத்து, உரித்த இலையை சிறு துண்டுகளாக வெட்ட வேண்டும். இந்த உரிக்கப்பட்ட இலை துண்டுகளிலிருந்து புரோட்டோபிளாஸ்டுகள் தனித்தெடுக்கப் படுகின்றன. புரோட்டோபிளாஸ்டுகளை தனித்தெடுக்க உரிக்கப்பட்ட இலைத் துண்டுகளை அவைகளின் கீழ்ப்புறம் நொதிகளின் கலவையான 0.5 சதவீதம் மாசுரோசைம், 13 சதவீத சாப்பிட்டால் அல்லது மானிட்டானில் 2 சதவீதம் செல்லுலேஸ் அடங்கிய பெட்ரித்தட்டில் 5.4 pH-ல் இருக்குமாறு வைக்க வேண்டும். இறுதியாக வெளிவிடப்பட்ட புரோட்டோபிளாஸ்டுகள் சம அடர்வு கரைசலில் வைக்கப்படுகிறது.



படம் 4.5 புரோட்டோபிளாச இணைவின் செயல் நுட்பம்

## புரோட்டோபிளாச இணைவு

பொருத்தமின்மை காரணமாக வழக்கமான முறைகளில் கலம்பினம் செய்ய முடியாத தாவரங்களில் இரண்டு ஜீனோம்கள் இணைவதை புரோட்டோபிளாச இணைவு எனிதாக்குகிறது. ஒரு தாவரத்தின் தனிப்பட்ட ஜீனை மற்றொன்றிற்கு மாற்றுதல் உகந்தது, எனினும் புரோட்டோபிளாச இணைவு செல்லின் ஜீன் மாற்றங்களைக் கம்காணிம்பதை எனிதாக்குகிறது. புரோட்டோபிளாஸ்டுகளை தனித்தெடுக்கும் போதே தானாக புரோட்டோபிளாசங்கள் இணையலாம் அல்லது வேதியல் மற்றும் இயற்பியல் முறையில் இணைக்கலாம்.

தனிமை படுத்தப்பட்ட புரோட்டோ பிளாஸ்டுகள் சேதமடைவதைத் தடுப்பதற்காக அவை மானிட்டால் மற்றும் நொதிகள் கலவை கொட்ட சம அடர்வு கரைசலில் வைக்கப்படுகின்றன. தனிமைப்படுத்தப்பட்ட பெற்றோர் புரோட்டோபிளாஸ்டுகள் இணைவுக் காரணியான பாலி எத்திலின் கிளைக்கால் மூலம் இணைகிறது. இதனைத் தொடர்ந்து உட்கரு இணைவின் மூலம் உடலக் கலம்பினம் தோன்றுகிறது. உடலகலம்பினம் அதே வளர்ப்பு ஊடகத்தில் வளர அனுமதிக்கப்படுகிறது. இணைந்த புரோட்டோபிளாஸ்டுகள் செல்கவர் உம்டாக தூம்டம்பட்டு தகுந்த ஊடகத்தில் மாற்றப்படுகிறது. இதனைத் தொடர்ந்து காலஸ் உருவாக்கப்பட்டு புத்துயிராக்கம் மற்றும் திசுக்களின் ஒழுங்கமைப்பிற்கு வழி வகை செய்கிறது.

## புரோட்டோபிளாச இணைவு முறையின் பயன்பாடுகள்

வேறுபட்ட சிற்றினங்களுக்கு இடையே பொருத்தமின்மை காரணமாக கலம்பு செய்வது இயலாமற்போகும்போது, அதைத் தவிர்க்க புரோட்டோபிளாச இணைவு முறை பயனுள்ளதாக விளங்குகிறது. நெல் மற்றும் காரட்டிற்கு இடையேயான உடலக் கலம்பினம் புரோட்டோபிளாச இணைவின் மூலம் உருவாக்கப்பட்டுள்ளது. உடலக் கலம்பினத்தை பயன்படுத்தி ஜீன்மாற்றம், சைட்டோபிளாச மாற்றம் மற்றும் பயனுள்ள அயல் பன்மயங்களை உருவாக்கலாம்.

## 4.5 தனி செல் புரதம்

பலவகையான நொதிக்கவைத்த உணவுகளைத் தயாரிக்க நும்ணுயிரிகள் பயன்படுத்தப்படுகிறது. எ.கா. பாலாடைக்கட்டி, வெம்ணை மற்றும் இட்லி போன்றவை. இவற்றுடன் சில நும்ணுயிரிகளும் மனித உணவாக நெடுங்காலமாக பயன்படுத்தப்பட்டு வருகின்றன. எ.கா. ம்லம்பச்சை பாசியான *ஸ்பைருலினா*, மற்றும் பொதுவாக காளான் என்றழைக்கப்படும் பூஞ்சை. சமீப காலங்களில் விலைக்குறைந்த பொருளை பயன்படுத்தி உருவாக்கப்பட்ட நும்ணுயிரி உயிர்திரள் மனித உணவிற்கு மாற்றுணவாகவும், விலங்குகளுக்கு தீவனமாகவும் பயன்படுவதற்கு முயற்சிகள் மேற்கொள்ளப்பட்டிருக்கின்றன. உணவு மற்றும் தீவனமாக பயன்படும் பல்வேறு நும்ணுயிரிகளான பாக்டீரியா, ஈஸ்ட், இழை பூஞ்சை மற்றும் பாசிகளின் செல்களே தனி செல் புரதம் எனப்படும்

தனி செல் புரதம் என்ற சொல் 1966-ல் அறிமுகப்படுத்தப்பட்டது. உணவு அல்லது விலங்குகளுக்கு தீவனமாக பயன்படும் நும்ணுயிரிகளின் உலர்ந்த

செல்களே ஒட்டுமொத்தமாக நும்ணுயிர் புரதம் என்று அழைக்கப்படுகின்றது. இதற்கும் பதிலாக ஒற்றைச் செல் புரதம் என்ற புதிய சொல் அறிமுகப்படுத்தப்பட்டுள்ளது. இந்த பிரித்தெடுக்கப்பட்ட புரதம் அல்லது மொத்த செல் பொருள்களும் தனி செல் புரதம் (Single cell protein) என்று அழைக்கப்படுகிறது.

உலகளவில் உணவும் பற்றாக்குறையை கருத்தில் கொட்டால், அதிக புரத தன்மை கொண்ட நும்ணுயிர் செல்கள் மற்றும் நொதிகலன் அல்லது உயிர் உலைகலனில் (பிரத்தியேக நும்ணுயிர் மக்கம் பெற்ற கலனில்) தயாரிக்கப்படும் உயிர் திரள் வழக்கமான உணவிற்கு சிறந்த மாற்றுணவாகும். ஒற்றைச் செல் புரதம் அதிக சத்து நிறைந்தது, ஏனெனில் இவற்றில் அதிக புரதம், வைட்டமின், கொழுப்பு மற்றும் இன்றியமையா அமினோஅமிலங்கள் காணப்படுகின்றன. பல நாடுகளில் மக்கள் தனி செல் புரதம் முக்கிய உணவாக ஏற்றுக் கொள்ள பின்வரும் காரணங்களால் தயங்குகின்றனர்.

- இவற்றின் அதிக நியூக்ளிக் அமிலம் இருத்தல் (4 முதல் 6 சதவீதம் ஆல்காவில், 6 முதல் 10 சதவீதம் ஈஸ்டில்) மனிதனுக்கு உடல் நலம் சார்ந்த இடையூறுகளான யூரிக் அமிலம் உருவாதல், சிறுமரக கற்கள் உட்பாதல் மற்றும் கீல் வாதம் போன்றவை ஏற்படுகின்றன.
- வளர் தளம்பொருளில் இருந்து நும்ணுயிர்களால் உறிஞ்சப்படும் நச்சுத் தன்மை அல்லது புற்றுநோய் உருவாக்கும் பொருள்கள் இதில் காணப்படலாம்.
- இவை மெதுவாக செரிமானமடைவதால் வாந்தி, செரிக்காமை மற்றும் ஒவ்வாமை விளைவுகள் தோன்றுகின்றது.
- அதிக செலவு உற்பத்திமம், மனித மற்றும் விலங்கு உணவு பட்டியலில் தனி செல் புரதம் கடைசி இடம் பிடிப்பதை நிர்ணயிக்கும் ஒரு காரணமாகும்.
- பின்வரும் தளம்பொருள்கள் தனி செல் புரத உற்பத்திக்கு உபயோகம் படுத்துவது குறித்து ஆய்வு செய்யப்படுகின்றன. அவையாவன, அல்கேன்கள், மீத்தேன், மெத்தனால், செல்லுலோஸ், கார்போஹைட்ரேட் மற்றும் கழிவுப் பொருள்கள் என்பனவாகும்.
- இயற்கை வளங்களான மரத்தூள்கள், அரிசி தவிடு, கரும்பு மற்றும் பீட்ரூட் சர்க்கரை பாகு, பட்டாணி மற்றும் காம்பி தொழிற்சாலை கழிவுகளிலிருந்து செல்லுலோஸ் பெறப்பட்டு தனி செல் புரதம் உருவாக்கத்திற்கு பயன்படுத்தப்படுகிறது.
- ஒற்றைச்செல் புரத தயாரிப்பில் பயன்படும் மைக்கோபுரதங்கள் அடங்கிய ரொட்டி ஈஸ்டுகள் தயாரிப்பில் சர்க்கரை பாகில் இருந்து பெறப்படும் ஈஸ்டுகள் அதிக அளவில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.
- பெரிய அளவில் தனி செல் புரதம் உருவாக்கத்திற்கு வீட்டு கழிவுகள் உகந்ததல்ல. ஆனால் இவை மீத்தேன் உருவாக்கத்திற்கு மிக முக்கியத்துவம் வாய்ந்தவையாக உள்ளது. செல்லுலோஸ் பதம்படுத்துதல், காம்பி மற்றும் ஸ்டார்ச் உற்பத்தி, உணவு பதம்படுத்துதல் போன்ற தொழிற்சாலை கழிவுகள் தனி செல் புரதம் உருவாக்கத்திற்கு பயன்படுகின்றன.

## தனி செல் புரத உற்பத்திக்கு பயன்படும் உயிரிகள்

- ஆல்கா : குளோரெல்லா, எப்பைருலினா மற்றும் கிளாமிடோமோனாஸ்  
பூஞ்சை : சக்காரோமைசிஸ் செரிவிசியே, வால்வாரியல்லா மற்றும் அகாரிகஸ் காம்பஸ்டிரிஸ்  
பாக்டீரியா : சூடோமோனாஸ் மற்றும் அல்கலிஜீனீஸ்

## தனி செல் புரதத்தின் பயன்கள்

1. இவை அதிக புரத வளம் (60 முதல் 72 சதவீதம்), வைட்டமின்கள், அமினோ அமிலங்கள் மற்றும் கடின நார்கள் உடையவை.
2. இவை பிரபலமான ஆரோக்கிய உணவு; தற்காலத்தில் வைட்டமின்கள் செறிந்த எப்பைருலினா மாத்திரைகள் மக்களுக்கு அளிக்கப்படுகிறது.
3. மனித உணவு பட்டியலில் இவை முக்கியமான புரதம் செறிந்த மாற்றுணவாகச் சேர்க்கப்பட்டுள்ளது.
4. காமா - லினோலினிக் அமிலம் இவற்றில் இரும்புதால் ம்ரிழிவு நோயாளிகளின் இரத்த சர்க்கரை அளவை குறைக்கிறது. மனித உடலில் கொலஸ்ட்ரால் சேகரமாவதைத் தடை செய்கிறது.

## தன் மதிப்பீடு

### I. சரியான தெரிவுகளைத் தேர்ந்தெடுத்து எழுதவும்.

1. இரண்டு புரோட்டோ பிளாஸ்டுகளுக்கிடையே இணைவை உண்டாக்கும் இணைவு காரணி  
(அ) பாலிஎத்திலின் கிளைக்கால் (ஆ) பாலிவினைல் குளோரைடு  
(இ) பாலிஈத்தேன் கிளைக்கால் (ஈ) பாஸ்பாரிக் ஈத்தேன்
2. இவற்றின் மூலம் உடல கலம்பினங்கள் உருவாக்கப்படுகின்றன.  
(அ) பாலிலா இணைவு (ஆ) புரோட்டோபிளாச இணைவு  
(இ) உடல இனம்பெருக்கம் (ஈ) ஒட்டுதல்
3. பின்வரும் ஒன்று தனி செல் புரத உயிரினமாகும்  
(அ) நாஸ்டாக் (ஆ) ரைசோபியம்  
(இ) காளான் (ஈ) எப்பைருலினா
4. மனிதன் உட்கொள்ள தக்க வைட்டமின் செறிந்த மாத்திரைகள் இதிலிருந்து தயாரிக்கப்படுகிறது.  
(அ) நாஸ்டாக் (ஆ) ஈஸ்ட்  
(இ) காளான் (ஈ) எப்பைருலினா

**II. இரண்டு அல்லது மூன்று வாக்கியங்களில் விடையளிக்கவும்.**

5. தனி செல் புரதம் வரையறு.
6. உடலகலம்பினமாக்கல் என்றால் என்ன?
7. உயிர் உலைகலன் என்றால் என்ன?
8. இணைவு காரணி என்றால் என்ன?
9. முழு செல்களிலிருந்து செல்கவரை எவ்வாறு மக்குவாய்?
10. தனி செல் புரதம் மனிதன் உட்கொள்ளதக்கதாக ஏன் பிரபலம் அடையவில்லை?

**III ஒவ்வொரு வினாவிற்கும் 100 வார்த்தைகளுக்கு மிகாமல் விடையளிக்கவும்.**

11. SCP யை தொகுத்து எழுதுக.
12. நொதிகள் முறை புரோட்டோபிளாச தனித்தெடுத்தலை விவரி.
13. புரோட்டோபிளாச இணைவின் செயல் முறை உபயோகத்தை கூறுக.

**IV ஒவ்வொரு வினாவிற்கும் 200 வார்த்தைகளுக்கு மிகாமல் விடையளிக்கவும்.**

14. தாவரங்களில் புரோட்டோபிளாச இணைவு மூலம் எவ்வாறு உடலகலம்பினமாக்கல் நிகழ்கிறது என்பதை விவரி.
15. வருங் காலத்தில் மனிதர்களுக்கு ஏற்பட இருக்கும் புரதக் குறைபாட்டினை தடுப்பதில் ஒரு செல் புரதத்தின் பங்கு என்ன?

**Reference**

1. Elementary princi. of Plant breeding by Chaudhari Oxford and IBH 1998.
2. Plant biotech. Adrian Slater, Nigel and Mork Powler Oxford Uni. 2003.
3. Plant biotechnology by S.S. Purohit and Agrobios - India 2003.
4. Application of Plant biotechnology by S. Ignacimuthu, 1996
5. Plant cell, tissue and organ culture - fundamental methods by Gamborg and Phillips, 1995.
6. Biotechnology by John E. Smith, Cambridge, 1996

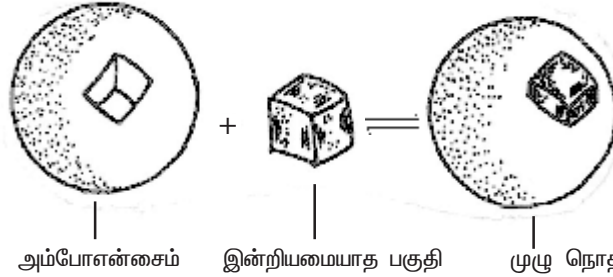


## 5. தாவர செயலியல்

தாவர செல்கள், திசுக்கள் மற்றும் உறும்புகள் ஆகியவற்றுக்கிடையேயுள்ள தொடர்பு பற்றிடும், அவற்றின் வாழ்வியல் செயல்கள் பற்றிடும் விவரிக்கும் உயிரியல் அறிவியலின் ஒரு பிரிவு *தாவர செயலியல்* எனப்படும். கனிமக் கச்சாம் பொருட்களை பயன்படுத்தி வாழ்வியல் செயல்களுக்குத் தேவைப்படும் ஆற்றலைத் தயாரிப்பதற்காக ஒளி ஆற்றலை 'அறுவடை' செய்யும் திறனை பசுந்தாவரங்கள் கொண்டுள்ளன. மனிதன் உட்பட பெரும்பாலான உயிரினங்கள், தாவரங்கள் உற்பத்தி செய்யும் ஆற்றல் மிகுந்த கூட்டும் பொருளையே சார்ந்துள்ளன. தாவரங்கள் ஆற்றலைத் தருவதோடு மட்டுமல்லாமல் சுவாசித்தலுக்கான ஆக்ஸிஜனைமும் தருகின்றன. மேலும் கரிமம் பொருட்களை உற்பத்தி செய்வதோடு மட்டுமல்லாமல் உயிரினங்களின் இயல்பான செயல்களான சுவாதித்தல், வளர்ச்சி, உருவாக்கம் ஆகியவற்றைமும் தாவரங்கள் செய்கின்றன. இம்பாடத்தில் தாவரத்தின் இத்தகைய வாழ்வியல் செயல்பாடுகளை நாம் அறிந்து கொள்ள இருக்கிறோம். விலங்குகளில் சுவாச, இரத்த ஓட்ட மற்றும் செரிமான உறும்பு மட்டலகள் உள்ளது போன்று தாவரத்தில் இல்லையென்றாலும், இந்த வாழ்வியல் செயல்கள் அனைத்தும் செல் அளவில் நிகழ்கின்றன.

### 5.1 நொதிகள்

நொதிகள் (Enzymes) என்பவை பல்வேறு உயிர்வேதி வினைகளை குறிப்பிட்ட வகையில் மிக ஒழுங்கான முறையில் ஊக்குவிக்கும் உயிர்வினைமக்கிகள் ஆகும். நொதிகளின் தன்மை, வகை, செயல்பாடு பற்றி விவரிக்கும் அறிவியல் பிரிவு *நொதியியல்* (Enzymology) எனப்படும். 'என்சைம்'



படம் 5.1 நொதியின் புரதம் மற்றும் புரதமல்லாத பகுதிகள்

(நொதி) என்ற சொல் குன் (Kuhne) என்பவரால் முதன் முதலில் 1878ல் பயன்படுத்தப்பட்டது. மதுவில் (Wine) நொதித்தலை (Fermentation) ஏற்படுத்தும் திறனை ஈஸ்ட் (Yeast) போன்ற சில நுண்ணுயிரிகள் கொம்படும்பதை பாஸ்ட்சர் (Pasteur) என்ற அறிவியலறிஞர் கண்டறிந்தார். 1897ல் புச்னர் (Buchner) என்பவர் ஈஸ்ட் செல்களிலிருந்து எடுக்கப்பட்ட சாறு உயிருள்ள ஈஸ்ட் செல்களைப் போலவே

திராட்சை ரசத்தில் நொதித்தலை ஏற்படுத்த முடிவதைக் கண்டறிந்தார். இந்த சாறைக் கொதிக்க வைத்தும் பயன்படுத்தும் போது அது தன் வினை ஊக்குவிக்கும் திறனை இழந்து விடுவதைக் கண்டறிந்தார். அவர், நொதித்தலில் ஈடுபடும் அந்த சாற்றின் உள்ளிடைப் பொருளுக்கு "சைமேஸ்" என்ற சொல்லை முதன்முதலாகப் பயன்படுத்தினார். ஒரு நொதி எம்பொருளின் மீது வினைபுரிகிறதோ, அம்பொருள் தளம்பொருள் (Substrate) எனப்படும். அனைத்து நொதிகளும் அடிப்படையில் புரதங்களால் ஆனவை. ஆனால் எல்லா புரதங்களும் நொதிகள் அல்ல.

பல நொதிகள், புரதம் மற்றும் புரமல்லாத பகுதிப் பொருட்களைக் கொண்டுள்ளன. அவை முழுநொதிகள் (Holoenzymes) எனப்படும். இந்த முழுநொதியில் உள்ள புரதம் பகுதிப்பொருளானது அம்போஎன்சைம் (Apoenzyme) எனப்படும். புரதம் அல்லாத பகுதிப்பொருளானது,  $Mg^{2+}$  மற்றும்  $Mn^{2+}$  போன்ற கனிம அயனிகளாக இருக்கலாம். இவை அம்போ என்சைமுடன் உறுதியாகப் பிணைக்கப்படுகின்றன. இவை ஊக்கிகள் (Activators) எனப்படும். மேலும் புரதம் அல்லாத பகுதிப்பொருளானது  $NAD^+$ ,  $NADP^+$  மற்றும்  $FAD^+$  போன்ற கரிமச் சேர்மங்களாகவும் இருக்கலாம். இவை அம்போஎன்சைமுடன் தளர்வாகப் பிணைக்கப்படுகின்றன. இவை இணைநொதிகள் (Coenzymes) அல்லது கூட்டுக்காரணிகள் (Cofactors) எனப்படும். நொதியின் புரதமல்லாத பகுதியானது இன்றியமையாத பகுதி (Prosthetic group) எனப்படும். ஒரு நொதி அதன் இன்றியமையாத பகுதி இல்லாமல் செயல்படாது.

உயிர்வேதி வினையில் ஈடுபடும் நொதியின் குறிப்பிட்ட பகுதி வினைத்திறன் மையம் (Active site) எனப்படும். நொதியின் வினைத்திறன் மையத்தில் தான் நொதிமம், தளம்பொருளும் இணைந்து உயிர்வேதி வினைகள் நிகழ்கின்றன. ஒரு நொதி ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட வினைத்திறன் மையங்களைக் கொட்டிருக்கலாம். அதிக அளவு தளம்பொருட்கள் மீது வினைபுரிவதற்கு, குறைந்த அளவு நொதியே தேவைப்படுகிறது.

### 5.1.1 நொதிகளின் வகைப்பாடு

நொதிகள், அவை ஊக்குவிக்கின்ற வினைகளின் அடிப்படையில் வகைப்படுத்தப் படுகின்றன.

#### ஆக்ஸிஜனேற்ற-ஒடுக்க நொதிகள் (Oxidoreductases)

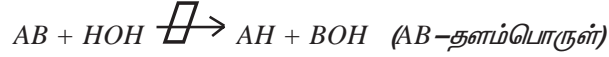
இந்நொதிகள் ஆக்ஸிஜனேற்றம் அல்லது ஒடுக்கம் ஆகிய வினைகளை ஊக்குவிக்கின்றன. இதனை தளம்பொருளிலிருந்து எலக்ட்ரானை மக்குவதன் மூலமோ (ஆக்ஸிஜனேற்றம்) அல்லது தளம்பொருளுடன் எலக்ட்ரானை சேர்ப்பதன் மூலமோ (ஒடுக்கம்) நிகழ்த்துகின்றன. எ.கா. டிஹைட்ரஜனேஸ், ஆக்ஸிடேஸ் மற்றும் ரிடக்டேஸ்.

#### டிரான்ஸ்பரேஸ்கள் (Transferases)

இந்நொதிகள் குறிப்பிட்ட சில வேதித் தொகுப்புகளை, ஒரு தளம்பொருளிலிருந்து வேறொரு தளம்பொருளுக்கு இடமாற்றம் செய்கின்றன. எ.கா. டிரான்ஸ்பரேஸ் அமினேஸ்.

### ஹைட்ரோலேஸ்கள் (Hydrolases)

இந்நொதிகள் மர்மூலக்கூறினை தளம்பொருளுடன் சேர்ப்பதன் மூலம் அதன் குறிப்பிட்ட சகம்பிணைம்பை தும்டித்து பெரிய மூலக்கூறுகளைச் சிறிய மூலக்கூறுகளாக சிதைக்கின்றன. இச்செயல் ம்ராற்பகும்பு (Hydrolysis) எனப்படும். எ.கா. கார்போஹைட்ரேஸ்.



### லையேஸ்கள் (Lyases)

இந்நொதிகள் குறிப்பிட்ட சகம்பிணைம்புகளை தும்டிக்கவும், ம்ராற்பகும்பு இல்லாமல் குறிப்பிட்ட வேதித்தொகும்பை ம்க்கவும் செய்கின்றன. எ.கா. ஹிஸ்டிடின் டிகார்பாக்ஸிலேஸ்.

### ஐசோமெரெஸ்கள் (Isomerases)

இந்நொதிகள் ஒரு மூலக்கூறின் உள்ளமைப்பில் அணுக்களின் இரும்பிடத்தை மாற்றியமைத்து ஐசோமெர்களை உருவாக்குகின்றன. எ.கா. பாஸ்போஹெக்ஸோ ஐசோமெரேஸ்.

### லைகேஸ்கள் (Ligases)

இந்நொதிகள் C-C, C-S, C-O மற்றும் C-N போன்ற பிணைம்புகளை உருவாக்குகின்றன. இந்த வினைகளுக்குத் தேவைப்படுகின்ற ஆற்றல் ATP ம்ராற்பகும்பு செய்வதன் மூலம் பெறப்படுகிறது. எ.கா. பைருவிக் அமில கார்பாக்ஸிலேஸ்.

### 5.1.2 நொதிகளின் பம்புகள்

- கனிம வினையூக்கிகளைப் போலவே, நொதிகளும் மிகக்குறைவான அதிக செயல்திறன் கொம்ப்தாகவும், வினையின் முடிவில் எந்த மாற்றமும் அடையாமலும் உள்ளன.
- நொதிகள் மிகவும் குறிம்பு சார்புத் தன்மை (Specificity) கொம்ப்டவையாக உள்ளன. அதாவது ஒரு குறிம்பிட்ட நொதி, ஒரு குறிம்பிட்ட தளம்பொருளின் மீது ஒரு குறிம்பிட்ட வினையை ஊக்குவிக்கிறது. சில சமயங்களில் ஒரே வினையானது ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட நொதிகளால் ஊக்குவிக்கப்படுகிறது. இத்தகைய நொதிகள் ஒத்த நொதிகள் (Isoenzymes) எனப்படுகின்றன.
- நொதிகள் மிகவும் வெம்ப உணர் திறன் கொம்ப்டவை (Sensitive to heat) எந்த வெம்பநிலையில் ஒரு நொதி அதிக வினைத்திறன் கொம்ப்டிருக்கிறதோ, அது உகந்த வெம்பநிலை (Optimum temperature) எனப்படும். உகந்த வெம்பநிலையைவிட, அதிகமான அல்லது குறைந்த வெம்பநிலையில் நொதியின் வினைத்திறன் குறைகின்றது. நொதியின் புரதம்பகுதியே வினை

ஊக்குவிக்கும் திறனை கொண்டுள்ளது. 50°C-க்கு மேற்பட்ட வெம்பநிலை புரதத்தை சிதைத்து விடுவதால், நொதிகள் இந்த வெம்பநிலையில் வினைத்திறனை இழக்கின்றன.

- நொதியின் வினை ஊக்குவிக்கும் தன்மை pH-ஐ சார்ந்துள்ளது. எந்த குறிப்பிட்ட pH-ல் நொதியானது வினைத்திறன் மிகுந்து காணப்படுகிறதோ, அது உகந்த pH (Optimum pH) ஆகும். பல்வேறு நொதிகள் பல்வேறு உகந்த pH அளவுகளைக் கொண்டுள்ளன. செல்லினுள் காணப்படுகின்ற பெரும்பாலான நொதிகள் நடுநிலை pH-ல் நன்கு வினைபுரிகின்றன. *டிரிப்சின்கள்* (Tripsins) கார ஊடகத்திலும், *டயாஸ்டேஸ்* (Diastase) நடுநிலை ஊடகத்திலும், *பெப்சின்* (Pepsin) அமில ஊடகத்திலும் அதிக வினைத்திறன் கொண்டு காணப்படுகின்றன.
- அடக்கிகள், நொதிகளைப் பாதிக்கின்றன. நொதிகளோடு இணைந்து அவற்றின் ஊக்குவிப்புத்திறனைத் தடுக்கும் வேதிப்பொருட்கள் அடக்கிகள் எனப்படும். எ.கா. சயனைடு.
- செல்லின் தேவைக்கேற்ப, நொதிகளால் ஊக்குவிக்கப்படும் வினைகளில் பெரும்பாலானவை மீள்வினைகளாகும்.

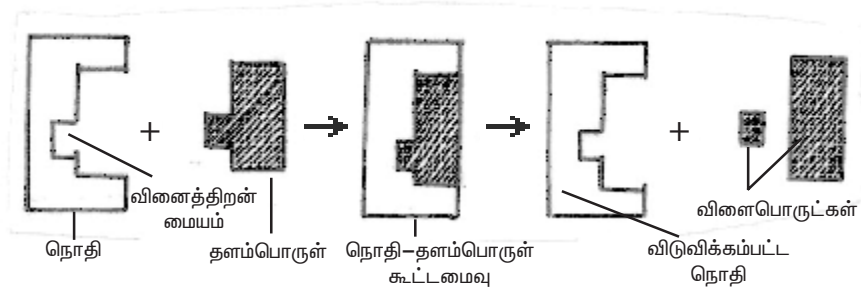


### 5.1.3 நொதிகள் செயலாற்றும் விதத்தை விளக்கும் கோட்பாடுகள்

நொதிகள் செயலாற்றும் விதத்தை விவரிக்க இரண்டு கோட்பாடுகள் உள்ளன. அவை ஃபிஷ்ஷரின் பூட்டு சாவிக்க கோட்பாடு மற்றும் கோஷ்லாமிடின் தூம்டம்பட்ட பொருத்தக் கோட்பாடு ஆகும்.

#### ஃபிஷ்ஷரின் பூட்டு சாவிக்க கோட்பாடு

பூட்டு சாவிக்க கோட்பாடு ஃபிஷ்ஷர் என்பவரால் தருவிக்கப்பட்டது. இக்கோட்பாட்டின்படி, முதலில் நொதிக்கும் தளம்பொருளுக்கும் இடையே தொடர்பு ஏற்படுகிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட பூட்டில் ஒரு குறிப்பிட்ட சாவி



படம் 5.2 ஃபிஷ்ஷரின் பூட்டு சாவிக்க கோட்பாடு

பொருந்துவதைம்போல, ஒரு குறிம்பிட்ட தளம்பொருளானது ஒரு குறிம்பிட்ட நொதியின் வினைத்திறன் மையத்துடன் இணைந்து நொதி-தளம்பொருள் கூட்டமைம்பை உருவாக்குகிறது. பின்னர் நொதியானது தளம்பொருளின் மீது வினைபுரிந்து இறுதிம்பொருளை உருவாக்குகிறது. வினை முடிந்தவுடன், நொதியானது நொதி - தளம்பொருள் கூட்டமைவிலிருந்து விடுபட்டு, புதிய தளம்பொருளை ஏற்கத் தயார் நிலையில் உள்ளது. இச்சூழல் வினையைப் பின்வரும் சமன்பாட்டின் மூலம் விளக்கலாம்.

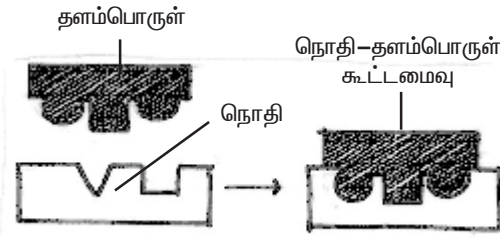


(E = நொதி, S = தளம்பொருள், P = விளைம்பொருள்)

ஒரு தவறான சாவி எவ்வாறு ஒரு பூட்டை திறம்பதில்லையோ அவ்வாறே ஒரு பொருத்தமற்ற தளம்பொருள் ஒரு நொதியை அணுகும் போது, அது நொதியின் வினைத்திறன் மையத்துடன் இணைய முடிவதில்லை. இவ்வாறு நொதியின் வினையானது தடுக்கப்படுகிறது.

### கோஷ்லாம்பின் தூம்டம்பட்ட பொருத்தக் கோட்பாடு

தூம்டம்பட்ட பொருத்தக் கோட்பாடு கோஷ்லாம்பின் என்பவரால் சொல்லப்பட்டது. புரதம் கடினத் தன்மைமடன் இல்லாததால், தளம்பொருள் நொதியைத்

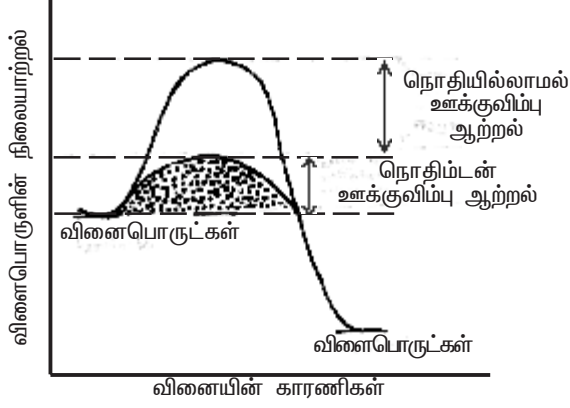


படம் 5.3 கோஷ்லாம்பின் தூம்டம்பட்ட பொருத்தக் கோட்பாடு

தூம்டி அதன் வடித்தில் தேவையான மாற்றத்தை ஏற்படுத்தி நொதி-தளம்பொருள் கூட்டமைவை உம்டாக்குகிறது. பின்னர் நொதியானது தளம்பொருளில் வினைபுரிந்து வினைம்பொருட்களை உம்டாக்குகிறது. பல நொதிகள் இம்முறையில் தான் வினைபுரிகின்றன.

### நொதிகள் செயலாற்றும் விதம்

ஒரு உயிர்வேதி வினையில் வினைபடும் பொருட்களுக்கும் (Reactants) வினைம்பொருட்களுக்கும் இடையே ஒரு ஆற்றல் தடை உள்ளது. எந்த மூலக்கூறுகள், மூலக்கூறுகளின் சராசரி ஆற்றலைவிட, கூடுதலான ஆற்றலைக் கொம்புருக்கின்றனவோ அவை வினைபுரிந்து விளைபொருட்களை உம்டாக்க முடிமம். இயல்பான மூலக்கூறுகள் வினையில் ஈடுபடுவதற்கு, கூடுதலான ஆற்றலை ஏற்க வேம்டும். அந்தக் கூடுதல் ஆற்றலே ஊக்குவிம்பு ஆற்றல் (Energy of activation) எனம்படும். இந்த ஊக்குவிம்பு ஆற்றலானது வினையின் வேகத்தைத் தீர்மானிக்கிறது. வினையின் வேகம் குறைவானதாகவும், வினைம்படு பொருட்கள் அதிக நிலைம்புத் தன்மையைக் கொம்புருக்கும் போதும் அங்கு தேவைம்படும், ஊக்குவிம்பு ஆற்றலின் (Energy of activation) அளவு அதிகமாக இருக்கும்.



படம் 5.4 நொதியின் செயல்பாடு விதம்

உயர் வெம்பநிலை அதிக எம் ணி க் கை யி ல் மூலக்கூறுகளை ஊக்குவித்து வேதிவினையின் வேகத்தை அதிகரிக்கச் செய்கிறது. ஆனால் என்னைம்களால் ஊக் கு வி க் க ம் ப டு ம் வேதிவினைகள், இயல்பான உடல் வெம்பநிலையிலேயே, அதாவது குறைந்த வெம்பநிலையிலேயே வினையின் வேகம் உகந்ததாக உள்ளது. ஆற்றல் மிகுந்த மூலக்கூறுகளானாலும் அல்லது

ஆற்றல் குறைந்த மூலக் கூறுகளானாலும் அவை நொதியின் வினைத்திறன் மையத்துடன் இணைந்து நொதி-தளம்பொருள் கூட்டமைவை ஏற்படுத்துகிறது. வினை முடிந்த பிறகு, நொதி-தளம்பொருள் கூட்டமைவு உடைந்து நொதியாகவும், இறுதிப்பொருளாகவும் பிரிகின்றன. இவ்வாறு நொதியானது வினைக்குத் தேவைப்படும் ஊக்குவிப்பு ஆற்றலின் அளவைக் குறைத்து, அதாவது ஆற்றல் தடையைக் குறைத்து வினையின் வேகத்தை அதிகரிக்கிறது.

## தன் மதிம்பீடு

I. சரியான தெரிவுகளைத் தேர்ந்தெடுத்து எழுதவும்.

- 'என்சைம்' என்ற சொல்லை முதன் முதலில் பயன்படுத்தியவர்  
(அ) குன் (ஆ) ஃபிஷ்ஷர்  
(இ) புச்னர் (ஈ) கோஷ்லாமட்
- நொதியின் பூட்டுசாவிக் கோட்பாடு இவரால் கூறப்பட்டது  
(அ) குன் (ஆ) ஃபிஷ்ஷர்  
(இ) புச்னர் (ஈ) கோஷ்லாமட்
- டிராஸ்ஃபரேஸ்களுக்கு எடுத்துக்காட்டு  
(அ) டிரான்ஸ் அமினேஸ் (ஆ) பைருவிக் கார்பாக்ஸிலேஸ்  
(இ) ஹிஸ்டிடின் டிகார்பாக்ஸிலேஸ் (ஈ) G-3-P டிஹைட்ரஜனேஸ்

II. இரண்டு அல்லது மூன்று வாக்கியங்களில் விடையளிக்கவும்.

4. முழு நொதி என்றால் என்ன?
5. ஊக்குவிம்பு ஆற்றல் (Energy of activation) என்றால் என்ன?
6. நொதி - தளம்பொருள் கூட்டமைவு என்றால் என்ன?

III ஒவ்வொரு வினாவிற்கும் 100 வார்த்தைகளுக்கு மிகாமல் விடையளிக்கவும்.

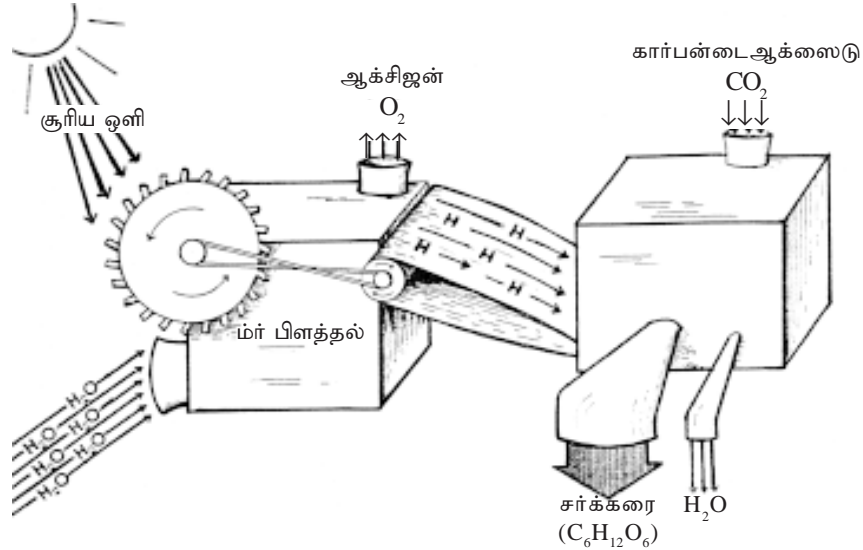
7. நொதிகளின் பம்புகளை எழுதுக.
8. நொதிகளின் வகைகளை விவரி.
9. வரைபடத்தின் உதவிமடன் நொதியின் ஊக்குவிம்பு ஆற்றலை விவரி.

IV ஒவ்வொரு வினாவிற்கும் 200 வார்த்தைகளுக்கு மிகாமல் விடையளிக்கவும்.

10. நொதிகள் செயலாற்றும் விதத்தை விளக்கும் கோட்பாடுகளை விளக்குக.

## 5.2 ஒளிச்சேர்க்கை

ஒளிச்சேர்க்கை என்ற சொல்லுக்கு 'ஒளியின் உதவியால் உருவாக்குதல்' என்பது நேரிடையான பொருளாகும். ஒளியாற்றலை உயிரினங்களின் வாழ்வியல் செயல்களுக்கு பயன்படும் உயிர் ஆற்றலாக தாவரங்கள் மாற்றுகின்றன. ஒளிச்



ஒளிச்சேர்க்கையின் வரலாறு

- 320 BC பம்படைய இந்தியர்கள் தாவரங்கள் தங்கள் கால்களின் (வேர்களின்) மூலம் உணவைப் பெறுவதாக நம்பினர். படம்பா என்ற சொல்லின் பொருள் “கால்களின் மூலம் உறிஞ்சும் தாவரம்” என்பதாகும்.
- 1727 - ஸ்டீபன்ஹேல்ஸ் (Stephen Hales) என்பவர் தாவரங்களின் ஊட்டமுறைக்கு ஒளி மற்றும் காற்றின் இன்றியமையாமையைக் கண்டறிந்தார்.
- 1779 - ஜான் இங்கன்-ஹூஸ் (Jan Ingen-Housz) என்பவர் தாவரத்தின் பசுமையான பகுதிகள் மாசுற்ற காற்றை ஒளியின் முன்னிலையில் தூய்மையாக்குவதைக் கண்டறிந்தார்.
- 1782 - செனிபீர் (Senebier) என்பவர் CO<sub>2</sub> வின் அடர்த்தி அதிகரிக்கும் போது, O<sub>2</sub> வெளியேற்றத்தின் வேகமும் அதிகரிப்பதை நிரூபித்தார்.
- 1845 - வான்மேயர் (Von Mayer) என்பவர், பசுந்தாவரங்கள் சூரிய ஒளி ஆற்றலை அங்ககம் பொருளின் வேதியாற்றலாக மாற்றுவதைக் கண்டறிந்தார்.
- 1845 - லீபிக் (Liebig) என்பவர் அங்ககம் பொருட்களானது, CO<sub>2</sub> மற்றும் மீரிலிருந்து உருவாக்கப்படுவதை குறிப்பிட்டார்.
- 1920 - வார்பர்க் (Warburg) என்பவர் ஒருசெல் பாசியான குளோரெல்லாவை ஒளிச்சேர்க்கை சம்பந்தப்பட்ட ஆய்வுக்கு பயன்படக்கூடிய பொருத்தமான உயிரியாக அறிமுகம் செய்தார்.
- 1932 - எம்ர்ஸன் மற்றும் அர்னால்ட் (Emerson and Arnold) என்பவர்கள் ஒளிச்சேர்க்கையில் ஒளிவினைகள் மற்றும் இருள்வினைகள் நிகழ்வதை நிரூபித்தனர்.
- 1937 - ஹில் (Hill) என்பவர் பசுங்கணிகங்களை பிரித்தெடுத்து பொருத்தமான எலக்ட்ரான் ஏற்பியின் முன்னிலையில் மீர் ஒளிப் பிளத்தல் நிகழ்வை சோதனைகளின் மூலம் நிரூபித்துக்காட்டினார்.
- 1941 - ரூபன் மற்றும் கேமென் (Ruben and Kamen) என்பவர்கள் <sup>18</sup>O<sub>2</sub> வை பயன்படுத்தி ஒளிச்சேர்க்கையின் போது O<sub>2</sub> மீரிலிருந்து வெளிப்படுவதை நிரூபித்தனர்.
- 1954 - ஆர்னான், ஆலன் மற்றும் வாட்லீ (Arnon, Allen and Whatley) என்பவர்கள் <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> வை பயன்படுத்தி, பிரித்தெடுக்கப்பட்ட பசுங்கணிகத்தினால் CO<sub>2</sub> நிலைநிறுத்தப்படுவதை நிரூபித்தனர்.
- 1954 - கால்வின் (Calvin) என்பவர் ஒளிச்சேர்க்கையில் கார்பனின் பாதையைக் கண்டறிந்து C<sub>3</sub> சுழற்சி (கால்வின் சுழல்) பற்றி விவரித்தார்; அதற்காக 1960-ல் அவருக்கு நோபல் பரிசும் வழங்கப்பட்டது.
- 1965 - ஹேட்ச் மற்றும் ஸ்லாக் (Hatch and Slack) என்பவர்கள் சில வெம்பமம்டல் புல் வகைகளில் நடைபெறும் CO<sub>2</sub> நிலை நிறுத்தலுக்கான C<sub>4</sub> வழித்தடம் உள்ளதைத் தெரிவித்தனர்.



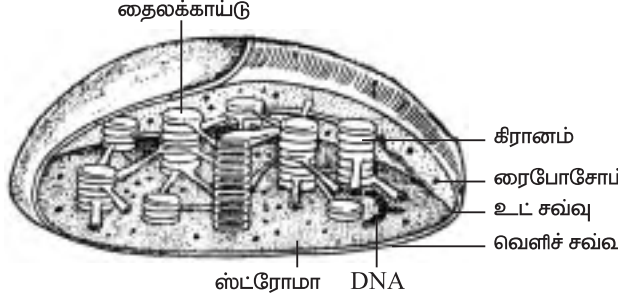
சேர்க்கையானது உயிர் இயந்திரத்தை இயக்குவதற்கு சூரிய ஒளி ஆற்றலை பயன்படுத்திக் கொள்கின்ற ஒரு உயிரியல் செயலாக உள்ளது. எனவே, ஒளிச்சேர்க்கை நிகழ்ச்சியானது மற்றெல்லா உயிரிகள் மற்றும் உயிரற்றவற்றில் நடைபெறும் நிகழ்ச்சிகளுக்கெல்லாம் தலைமையானது. தாவரங்கள் சூரிய ஒளியின் உதவிமீட்கார்பன்டைஆக்ஸைடு மற்றும் மீரிலிருந்து கரிமக் கூட்டு சேர்மங்களை பசுங்கணிகத்தில் தயாரிக்கின்ற ஒளிச்சேர்க்கை என்ற இந்த செயல்தான், அனைத்து உயிர் வேதி வினைகளுக்கும் அடிப்படையாக உள்ளது. இது மீருக்கும் கார்பன்டைஆக்ஸைடுக்கும் இடையே நடைபெறும் ஒரு ஆக்ஸிஜனேற்ற ஒடுக்க வினையாகும்.

### 5.2.1. ஒளிச்சேர்க்கையின் முக்கியத்துவம்

- நம் உணவுக்கும், எரிபொருளுக்கும் ஒளிச்சேர்க்கையே ஆதாரமாக விளங்குகிறது. விலங்குலகு முழுமையையும், ஒளிச்சேர்க்கை செய்ய இயலா உயினங்களையும் இயக்க வல்ல உயிர் சக்தியாக செயல்படக்கூடிய ஒரே உயிரியல் நிகழ்ச்சி ஒளிச்சேர்க்கையாகும்.
- உயிரி சார்ந்த மற்றும் உயிரற்ற உலகத்தைச் சார்ந்த செயல்கள் அனைத்தையும் இதுவே இயக்குகிறது. வளர்ச்சிக்கும், உயிர்க் கோளத்தின் உணவு ஆதாரத்திற்கும் ஒளிச்சேர்க்கையே காரணமாக உள்ளது.
- கொழுப்புகள், புரதங்கள், நியூக்ளியோபுரதங்கள், நிறமிகள், நொதிகள், வைட்டமின்கள், செல்லுலோஸ், கரிம அமிலங்கள் போன்றவற்றின் உற்பத்திக்கு பயன்படுகின்ற கரிமம் பொருட்களை ஒளிச்சேர்க்கையே வழங்குகிறது. இவற்றில் சிலபொருட்கள் உயிரினங்களின் உடற் கட்டமைப்பு பொருட்களாக விளங்குகின்றன.
- இது ஆற்றல் மிக்க கரிமக் கூட்டும் பொருட்களைத் தயாரிப்பதற்காக எளிய மூலப்பொருட்களான CO<sub>2</sub>, மீர் மற்றும் அளவிலாது கிடைக்கும் ஒளி ஆற்றல் ஆகியவற்றை பயன்படுத்துகின்றது.
- பல மில்லியன்கள் ஆட்டுகளுக்கு முன்னால் வாழ்ந்து மடிந்த தாவரங்களிலிருந்து உருவாகிய நிலக்கரி, பெட்ரோல் போன்ற படிம எரிபொருட்கள் வடிவில், ஆற்றலை ஒளிச்சேர்க்கை வழங்குவதால் அது மிகுந்த முக்கியத்துவம் பெறுகிறது.
- பெரிய மரங்களிலிருந்து, நுண்ணிய பாசிகள் வரைமள்ள தாவரங்கள் ஒளியாற்றலை வேதியாற்றலாக மாற்றும் அரிய செயலில் ஈடுபடுகின்றன, ஆனால் மனிதன் பல அறிவியல் துறைகளில், வேதியலில், இயற்பியலில் அறிவுமிகுந்தவனாக இருந்தும் தாவரங்கள் செய்யும் இந்த அரிய நிகழ்ச்சியை செய்து காம்பிக்க முடியவில்லை!!

### 5.2.2. ஒளிச்சேர்க்கை நடைபெறும் இடம்

ஒளிச்சேர்க்கை பசுங்கணிகத்தில் நடைபெறுகிறது. ஒரு தாவரத்தின் அனைத்து பசுமையான பகுதிகளும் ஒளிச்சேர்க்கையில் ஈடுபடுகின்றன. ஒளிச்சேர்க்கை நடைபெறும் முக்கிய தாவர உறுப்பு இலைகள் ஆகும். வரள் நிலத்தாவர



படம் 5.6 பசுங்கணிகத்தின் அமைப்பு

மான ஒம்பன்ஷியாவில் அதன் தண்டு பசுமையான நிறத்தைக் கொம்பிடும் பதால், தம்பே ஒளிச் சேர்க்கையை செய்கிறது. ஒரு கன மில்லி மீட்டர் இலைப் பகுதியில் அரை மில்லியனுக்கும் அதிகமான பசுங்கணிகங்கள் காணப்படுகின்றன. பசுங்கணிகத்தின் அளவு 4 லிருந்து

6 மைக்ரான் வரை உள்ளது. உயர் தாவரங்களில் பசுங்கணிகங்கள் சற்று தட்டையாக உள்ளன. பசுங்கணிகத்தின் சவ்வு இரட்டை சவ்வாக உள்ளது. பசுங்கணிகத்தில் பச்சையம், கரோட்டினாய்டு, சாந்தோஃபில், சைட்டோகுரோம், மாங்கனீஸ், DNA, RNA முதலியவை காணப்படுகின்றன. பெரும்பாலும் மைட்டோகாமிட்ரியாவை விட பசுங்கணிகங்கள் மிகம் பெரிதாக உள்ளன.

பசுங்கணிகத்தில், சவ்வினால் சூழப்பட்ட பகுதியில் காணப்படும் திரவம்பொருள் ஸ்ட்ரோமா (Stroma) எனப்படும். ஸ்ட்ரோமாவில் பலகிரானாக்கள் உள்ளன. ஒவ்வொரு கிரானாவிலும் பல தட்டு வடிவ லேமெல்லாக்கள் காணப்படுகின்றன. இந்த தட்டு வடிவ அமைப்புகள் தைலக்காய்டுகள் (Thylakoids) எனப்படும். இவை ஒன்றின் மீது ஒன்றாக அடுக்கப்பட்ட நாணயங்கள் போல் உள்ளன. இவ்வமைப்பு கிரானம் எனப்படுகிறது. ஒரு பசுங்கணிகத்தில் பொதுவாக 40-லிருந்து 60 கிரானாக்கள் உள்ளன. ஒளிச்சேர்க்கை நிறமிகள் கிரானாவில் அதிக அளவு உள்ளன. ஸ்ட்ரோமாவில் வட்டவடிவ DNA, RNA மற்றும் ஸ்டார்ச் உற்பத்திக்கு தேவையான நொதிகள் ஆகியவை காணப்படுகின்றன.

### 5.2.3. ஒளிவேதி மற்றும் உயிரிய உற்பத்தி நிலைகள்

ஒளிச்சேர்க்கையில் ஈடுபடும் நிறமிகள் ஒளிச்சேர்க்கை நிறமிகள் எனப்படும். அவை பச்சையம் 'a', பச்சையம் 'b', கரோட்டினாய்டுகள், சாந்தோஃபில், மற்றும் ஃபைக்கோபிலின்கள் என்பதாகும். பச்சைய உருவாக்கத்திற்கு முக்கியம் பொருளாக மக்னீஸியம் உள்ளது. மரை ஒரு மூலம்பொருளாக பயன்படுத்தி ஒளிச்சேர்க்கை செய்யும் தாவரங்கள் அனைத்திலும் பச்சையம் 'a' காணப்படுகிறது. பச்சையங்கள் சூரிய ஒளி ஆற்றலை மிகத்திறம்பட ஈர்க்கவல்லவை. மேலும் இவை ஒளிச்சேர்க்கையில் நடைபெறும் எலக்ட்ரான் கடத்தலுடன் நேரடியாகத் தொடர்புடையவை. பச்சையம் 'a' அல்லாத பிற ஒளிச்சேர்க்கை நிறமிகள் துணை நிறமிகள் எனப்படும். எ.கா. பச்சையம் 'b', கரோட்டினாய்டு மற்றும் சாந்தோஃபில். பச்சையம் 'a' முதன்மை நிறமியாகக் கருதப்படுகிறது.

ஒளிச்சேர்க்கை நிறமிகள் கிரானத்தில் காணப்படுகின்றன. நிறமிகள் சேர்ந்து உருவாக்கும் நிறமித் தொகும்பானது ஒளித்தொகும்பு (Photosystem) என அழைக்கப்படுகிறது. ஒரு ஒளித்தொகும்பில் 250 லிருந்து 400 வரை நிறமி மூலக் கூறுகள் காணப்படுகின்றன. கிரானத்தில் இரண்டு வகையான ஒளித்தொகும்புகள்

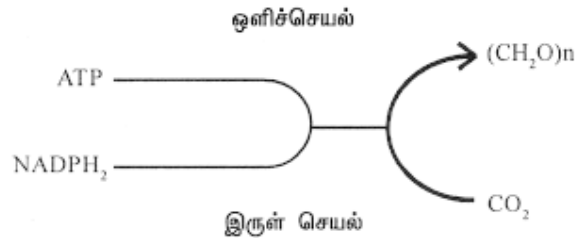
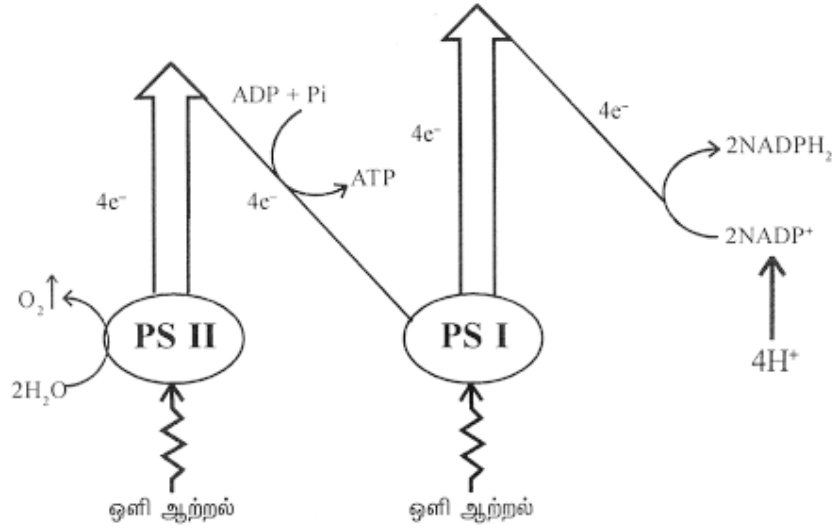
காணம்படுகின்றன. ஒளித்தொகுப்பு I-ல் (PS I) துணை நிறமிகள் குறைவான அளவிலும், பச்சையம் 'a' அதிகமாகவும் காணப்படுகிறது. ஆனால் ஒளித்தொகுப்பு II-ல் (PS II) துணை நிறமிகள் அதிக அளவிலும், பச்சையம் 'a' குறைந்த அளவிலும் உள்ளன. ஒளித்தொகுப்பின் முக்கியம் பணி ஒளியாற்றலை கவர்ந்திழுத்து அதை வேதியாற்றலாக மாற்றுவதாகும். துணை நிறமிகளால் கவர்ந்திழுக்கப்படுகின்ற ஒளி ஆற்றல், பச்சையம் 'a'-வுக்கு கடத்தப்படுகின்றது. ஒளிச்சேர்க்கைக்குத் தேவைப்படுகின்ற நிறமிகள் நிறைந்து காணப்படுகின்ற கிரானா லேமெல்லா தான் செயல் மையம் (Active centre) ஆகும்.

### ஒளிச்சேர்க்கையின் செயல் நுட்பம் (Mechanism of photosynthesis)

ஒளிச்சேர்க்கையின் வினைகளை ஒட்டுமொத்தமாக கீழ்க்கண்டவாறு ஒரு சமன்பாடாக எழுதலாம்.



ஒளிச்சேர்க்கை வினைகள் இரம்டாக வகைப்படுத்தப்படுகின்றன. அவையாவன, ஒளிவினைகள் மற்றும் இருள் வினைகள். நிறமிகள், சூரிய



புலம் 5.7 ஒளிச்சேர்க்கையின் ஒட்டு மொத்த வினைகள்

ஒளியாற்றல், மர் ஆகியவற்றை ஈடுபடுத்தி ATP, NADPH<sub>2</sub> ஆகியவற்றை உருவாக்கும் வினைகள் *ஒளி வினைகள்* எனப்படும். ஒளி வினையில் உற்பத்தி செய்யப்பட்ட ATP, NADPH<sub>2</sub> ஆகியவற்றை பயன்படுத்தி CO<sub>2</sub>-ஐ கார்போஹைட்ரேட்டாக ஒடுக்கும் வினைகளைத்தும் இருள் வினைகள் எனப்படும். ஒளிச்சேர்க்கையின் ஒட்டு மொத்த வினைகளைக் படம் 5.7-ல் பார்க்கவும்.

#### 5.2.4. எலக்ட்ரான் கடத்தி அமைப்பு (Electron transport system)

ஒளியினால் ஏற்படும் ஒளிச்சேர்க்கை வினைகள் எலக்ட்ரான் கடத்தல் தொடர்வினைகள் எனக்குறிப்பிடப்படுகின்றன. PS II, ஒளியின் ஃபோட்டான்களை உட்கவரும் போது, அது கிளர்ச்சியடைந்து அதிலிருந்து எலக்ட்ரான்கள் வெளியேறி பிளாஸ்டோகுயினோன், சைட்டோகுரோம் b<sub>6</sub>, சைட்டோகுரோம் f மற்றும் பிளாஸ்டோசயனின் ஆகிய எலக்ட்ரான் கடத்திகளைக் கொட்ட எலக்ட்ரான் கடத்து சங்கிலி வழியாக கடத்தப்படுகின்றன. இந்நிகழ்சியின் போது ADP-மடன் ஒரு பாஸ்பேட் தொகுப்பு சேர்ந்து ATP உருவாகிறது. இவ்வாறு பசுங்கணிகத்தில் ஒளியாற்றலின் உதவியினால் ADP-யிலிருந்து ATP உருவாக்கப்படும் நிகழ்சியானது ஒளி பாஸ்பரிகரணம் எனப்படும்.

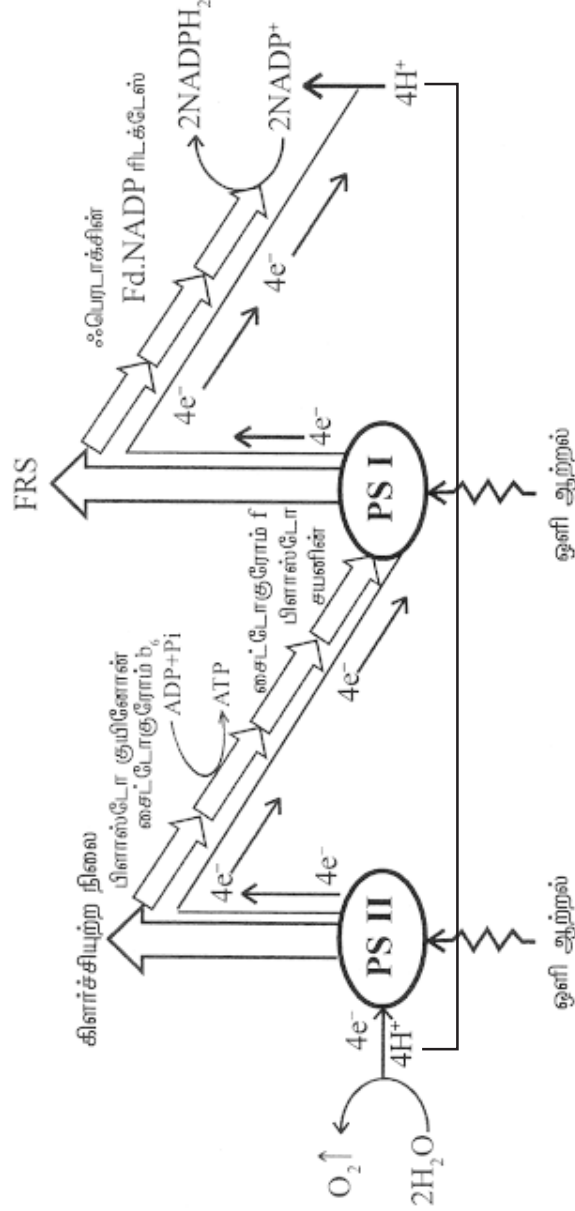
இம்போது PS II ஆக்ஸிஜனேற்ற நிலையில் உள்ளது. இந்த ஆக்ஸிஜனேற்ற நிலையானது ம்ரை புரோட்டான்கள், எலக்ட்ரான்கள் மற்றும் ஆக்ஸிஜனாக பிளக்கும் திறனை அளிக்கிறது. இவ்வாறு ஒளியின் உதவியினால் மர் மூலக்கூறுகள் பிளக்கப்படுகின்றன. இந்த நிகழ்சிக்கு *மர் ஒளிம்பிளத்தல்* (Photolysis of water) என்று பெயர். மாங்கனீஸ், கால்சியம் மற்றும் குளோரைடு அயனிகள் மர் ஒளிம்பிளத்தல் நிகழ்ச்சியில் முக்கிய பங்காற்றுகின்றன. மர் ஒளிம்பிளத்தலில் வெளிப்படும் இந்த எலக்ட்ரான்கள், PS II-ஐ ஒடுக்கம்பயன்படுகின்றன. PS II-ஐ போலவே, PS I ஒளியின் ஃபோட்டான்களை உட்கவரும் போது கிளர்ச்சியடைவதால், அதிலிருந்தும் எலக்ட்ரான்கள் வெளியேறுகின்றன அதனால் PS I ஆக்ஸிஜனேற்ற நிலைக்கு உள்ளாகிறது. PS I-ன் இந்த ஆக்ஸிஜனேற்ற நிலை PS II-லிருந்து எலக்ட்ரான்களை கவர்ந்து பெறுவதால் PS I ஒடுக்கம் அடைகிறது. PS I-க்கு வருகின்ற எலக்ட்ரான்கள் ஃபெரடாக்சின் ஒடுக்க தளம்பொருள் (Ferredoxin reducing substrate-FRS) பெரடாக்சின் மற்றும் ஃபெரடாக்சின் NADP ரிடக்டேஸ் ஆகிய எலக்ட்ரான் கடத்தி கூறுகளைக் கொட்ட எலக்ட்ரான் தொடர் வழியாக கடத்தப்பட்டு NADP<sup>+</sup> ஐ அடைந்து அதை NADPH<sub>2</sub> ஆக ஒடுக்குகின்றன.

#### 5.2.5 சுழற்சி மற்றும் சுழற்சியிலா பாஸ்பரிகரணம்

பசுங்கணிகங்களில் பாஸ்பரிகரணம் இரண்டு வகைகளில் நடைபெறு கிறது. அவையாவன, சுழற்சியிலா ஒளிபாஸ்பரிகரணம் மற்றும் சுழற்சி ஒளிபாஸ்பரிகரணம்.

## சுழற்சியிலா ஒளிபாஸ்பரிகரணம்

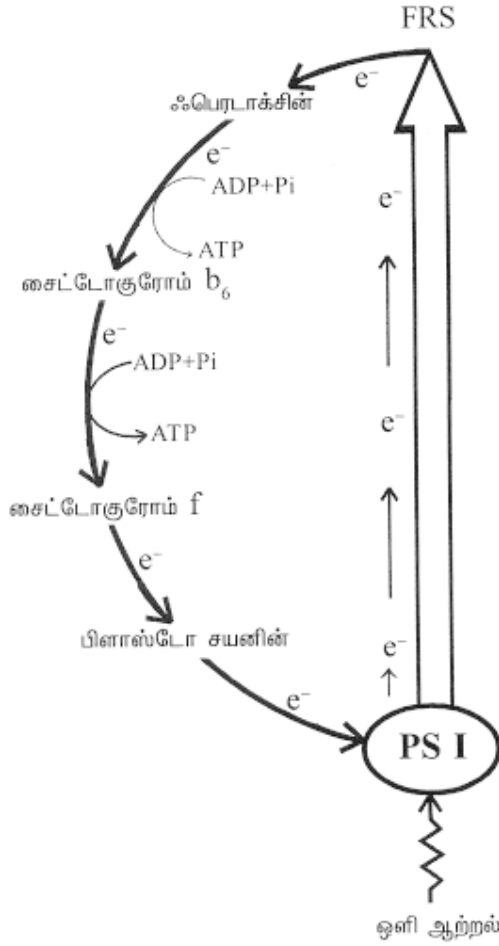
PS I-ன் மூலக்கூறுகள் ஒளியால் கிளர்ச்சியடைமம் போது, அதிலிருந்து எலக்ட்ரான்கள் ஆற்றலுடன் வெளியேறுகின்றன. எனவே PS I-ல் எலக்ட்ரான்



படம் 5.8 சுழற்சியிலா ஒளிபாஸ்பரிகரணம்

பற்றாக்குறை ஏற்பட்டு ஒரு காலியிடம் (ஓட்டை) ஏற்படுகிறது. PS I-லிருந்து வெளியேறிய எலக்ட்ரான்  $NADP^+$ -ஐ ஒடுக்கம் அடையச் செய்வதற்காக ஃபெரடாக்சினுக்கு கடத்தப்படுகிறது. PS II-ன் மூலக்கூறுகள் ஒளியால் கிளர்ச்சியடைதல் போது, அதிலிருந்து எலக்ட்ரான்கள் வெளியேறுகின்றன. இந்த எலக்ட்ரான்கள், PS I-ல் எலக்ட்ரான் இழம்பால் ஏற்பட்ட காலி இடத்தை நிரம்புவதற்காக பிளாஸ்டோகுயினோன், சைட்டோகுரோம்  $b_6$ , சைட்டோகுரோம்  $f$  மற்றும் பிளாஸ்டோசயனின் வழியாக கடத்தப்படுகின்றன. இந்த எலக்ட்ரான்கள் பிளாஸ்டோகுயினோனிலிருந்து சைட்டோகுரோம்  $f$ -க்கு கடத்தப்படும்போது ADP-மடன் ஒரு பாஸ்பேட் சேர்க்கப்பட்டு ATP உருவாகிறது.

இவ்வாறு PS I-ல் எலக்ட்ரான் இழம்பால் ஏற்பட்ட காலி இடத்தை, PS II -



லிருந்து வரும் எலக்ட்ரான்கள் நிரம்புகின்றன. பின்னர் அந்த எலக்ட்ரான்கள் PS I-லிருந்து வெளியேறி  $NADP^+$ -ஐ ஒடுக்கம் அடையச் செய்வதற்காக கடத்தப்படுகின்றன. இந்நிகழ்ச்சியில் எலக்ட்ரான்கள் எங்கிருந்து வெளியேறியதோ அந்த இடத்திற்கு மீட்டும் வந்து சேருவதில்லை. எனவே இத்தகைய எலக்ட்ரான் கடத்தல் சுழற்சியிலா எலக்ட்ரான் கடத்தல் என்றும், இந்நிகழ்ச்சியின் போது பாஸ்பேட் சேர்ப்பும் நடைபெறுவதால் இது சுழற்சியிலா ஒளிபாஸ்பரிகரணம் எனவும் அழைக்கப்படும். சுழற்சியிலா எலக்ட்ரான் கடத்தல் 'Z' வடிவில் நிகழ்வதால், இது Z வழிமுறை (Z-Scheme) என்றும் அழைக்கப்படும்.

### சுழற்சி பாஸ்பரிகரணம்

(i) PS I மட்டும் செயல்படும் போது (ii) மர் ஒளிம்பிளம்பு நிகழாத போது (iii) அதிக அளவு ATP தேவைப்படும் போது மற்றும் (iv) ஒடுக்கத்திற்கு தேவையான  $NADP^+$  கிடைக்காத போது, சுழல் ஒளி பாஸ்பரிகரணம் நிகழ்கிறது. PS I ஒளியால் கிளர்ச்சியடைதல்

படம் 5.9 சுழற்சி பாஸ்பரிகரணம்

போது, அதிலிருந்து எலக்ட்ரான்கள் வெளியேறுகின்றன. இந்த எலக்ட்ரான்கள் ஃபெரடாக்ஸின் ஒடுக்கும் தளம்பொருள் (FRS) வழியாக ஃபெரடாக்ஸினை அடைகின்றன அடுத்து ஒடுக்கத்துக்கு தேவையான  $NADP^+$  கிடைக்காவிட்டால், இந்த எலக்ட்ரான்கள் ஃபெரடாக்ஸினிலிருந்து சைட்டோகுரோம்  $b_6$ , சைட்டோகுரோம்  $f$ , பிளாஸ்ட்டோசயனின் ஆகிய எலக்ட்ரான் கடத்தி கூறுகள் வழியாக மீட்டும் PS I-ஐ வந்து சேருகின்றன. இவ்வாறு எலக்ட்ரான்கள் FRS-லிருந்து PS I-க்கு இறங்கு முகமாக கடத்தப்படும் நிகழ்ச்சியை இந்த எலக்ட்ரான் கடத்தி கூறுகள் எளிதாக்குகின்றன. இந்த எலக்ட்ரான்கள் கடத்தலின் போது இரண்டு இடங்களில் பாஸ்பரிகரணம் நிகழ்கிறது. முதலில், ஃபெரடாக்ஸினிலிருந்து சைட்டோகுரோம்  $b_6$ -க்கு எலக்ட்ரான்கள் கடத்தப்படும் போதும், இரண்டாவதாக சைட்டோகுரோம்  $b_6$ -லிருந்து சைட்டோகுரோம்  $f$ -க்கு எலக்ட்ரான்கள் கடத்தப்படும் போதும் பாஸ்பரிகரண நிகழ்ச்சிகள் நடைபெறுகின்றன. இவ்வாறு இந்த சுழற்சி வினையில் இரண்டு ATP-கள் உருவாகின்றன.

*சுழற்சி மற்றும் சுழற்சியிலா ஒளிபாஸ்பரிகரணங்களுக்கிடையே உள்ள வேறுபாடுகள்*

சுழற்சி ஒளி பாஸ்பரிகரணம்	சுழற்சியிலா ஒளி பாஸ்பரிகரணம்
1. இதில் PS I மட்டும் பங்கேற்கிறது.	இதில் PS I, PS II ஆகிய இரண்டும் பங்கேற்கின்றன.
2. பச்சைய மூலக்கூறிலிருந்து வெளியேற்றப்படும் எலக்ட்ரான்கள் சுழற்சியடைந்து மீட்டும் புறம்பட்ட இடத்துக்கே வந்து சேர்கின்றன.	எலக்ட்ரான்கள் சுழற்சியடைந்து திரும்புவதில்லை. மற்றும் எலக்ட்ரான்களின் இழம்பு மீட்டும் ஒளிப்பிளத்தலால் ஈடுசெய்யப்படுகிறது.
3. இதில் மர் ஒளிப்பிளத்தல், $O_2$ வெளியேற்றம் நடைபெறுவதில்லை.	இதில் மர் ஒளிப்பிளத்தல் $O_2$ வெளியேற்றம் நடைபெறுகின்றன.
4. ஒளிபாஸ்பரிகரணம் இரண்டு இடங்களில் நடைபெறுகின்றன.	ஒளிபாஸ்பரிகரணம் ஒரு இடத்தில் மட்டும் நடைபெறுகிறது.
5. இங்கு $NADP^+$ ஒடுக்கம் அடைவதில்லை.	இங்கு $NADP^+$ -யானது ஒடுக்கம் அடைந்து $NADPH_2$ -வாக மாறுகிறது.

### *இருள் வினைகள்*

ஒளி வினையினால் உண்டான ATP ஆற்றல் மற்றும்  $NADPH_2$  ஆகியவற்றின் உதவியினால்  $CO_2$  ஆனது கார்போஹைட்ரேட்டாக ஒடுக்கம் அடைதலை ஊக்குவிக்கும் வினைகள் இருள் வினைகள் எனப்படும். நொதிகளின் செயல்களால் ஊக்குவிக்கப்பட்டு நிகழும் இவ்வினைகள் கார்பன் நிலை நிறுத்தம் படல் எனவும் அழைக்கப்படும். இவ்வினைகள் சுழற்சி முறையில் நடைபெறுகின்றன. இவ்வினைகளைக் கண்டறிந்தவர் மெல்வின் கால்வின் (Melvin Calvin) என்பவர் ஆவார். எனவே இச்சுழல் நிகழ்ச்சி, கால்வின் சுழற்சி எனவும்

அழைக்கப்படும். ஒளிச்சேர்க்கையின் போது தாவரங்களில் CO<sub>2</sub> நிலைநிறுத்தப்படுதல் மூன்று படிநிலைகளில் நிகழ்கிறது. அவை CO<sub>2</sub> நிலைநிறுத்தப்படுதல், ஒடுக்கநிலை, RuBP மீட்டும் உருவாதல்.

### CO<sub>2</sub> நிலை நிறுத்தப்படுதல்

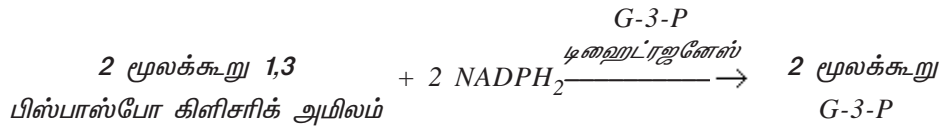
CO<sub>2</sub> நிலை நிறுத்தும் நிகழ்வில் அதை ஏற்கும் பொருள் ரிபுலோஸ் 1,5-பிஸ்பாஸ்பேட் (RuBP) என்பது 5 கார்பன்களைக் கொண்ட ஒரு சேர்மம் ஆகும். ஒரு மூலக்கூறு CO<sub>2</sub>-வை RuBP-யில் நிலைநிறுத்துதலை ஊக்குவிக்கும் நொதி RuBP கார்பாக்சிலேஸ் ஆகும். இதன் விளைவாக உம்டாகும் 6C கூட்டும்பொருள் மிகவும் நிலையற்றது. இது 3C அணுக்களைக் கொண்ட இரண்டு மூலக்கூறு பாஸ்போ கிளிசரிக் அமிலமாக (PGA) பிளவுறுகிறது.



### ஒடுக்கநிலை

இரண்டு PGA மூலக்கூறுகளும் இரண்டு படிக்களில் மேலும் ஒடுக்கப்பட்டு கிளிசரால்டிஹைடு 3-பாஸ்பேட்டாக (G-3-P) மாறுகின்றன. முதல்படியில் இரண்டு PGA மூலக்கூறுகளும் PGA கைனேஸ் என்ற நொதியின் செயலால் 1,3-பிஸ்பாஸ்போ கிளிசரிக் அமிலமாக மாற்றம் அடைகின்றன. ஒரு மூலக்கூறு 1,3-பிஸ்பாஸ்போ கிளிசரிக் அமிலத்திற்கு 1 ATP மூலக்கூறு வீதம் இவ்வினையில் 2 ATP மூலக்கூறுகள் செலவாகின்றன.

இரண்டாவது படியில், ஒளிவினையின் போது உருவான குறைப்பு ஆற்றல் NADPH<sub>2</sub>-வை பயன்படுத்தி 1,3-பிஸ்பாஸ்போ கிளிசரிக் அமிலம் கிளிசரால்டிஹைடு 3-பாஸ்பேட் டிஹைட்ரஜனேஸ் என்ற நொதியால் கிளிசரால்டிஹைடு 3-பாஸ்பேட்டாக (G-3-P) ஒடுக்கம் அடைகிறது. எனவே, இவ்வினையில் 2 NADPH<sub>2</sub> மூலக்கூறுகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இவ்வாறாக ஒவ்வொரு CO<sub>2</sub> மூலக்கூறும் நிலைநிறுத்தப்பட்டு ஒடுக்கம் அடைகிறது. இந்நிலை வரை 2 ATP மற்றும் 2 NADPH<sub>2</sub> மூலக்கூறுகள் செலவழிந்துள்ளன.



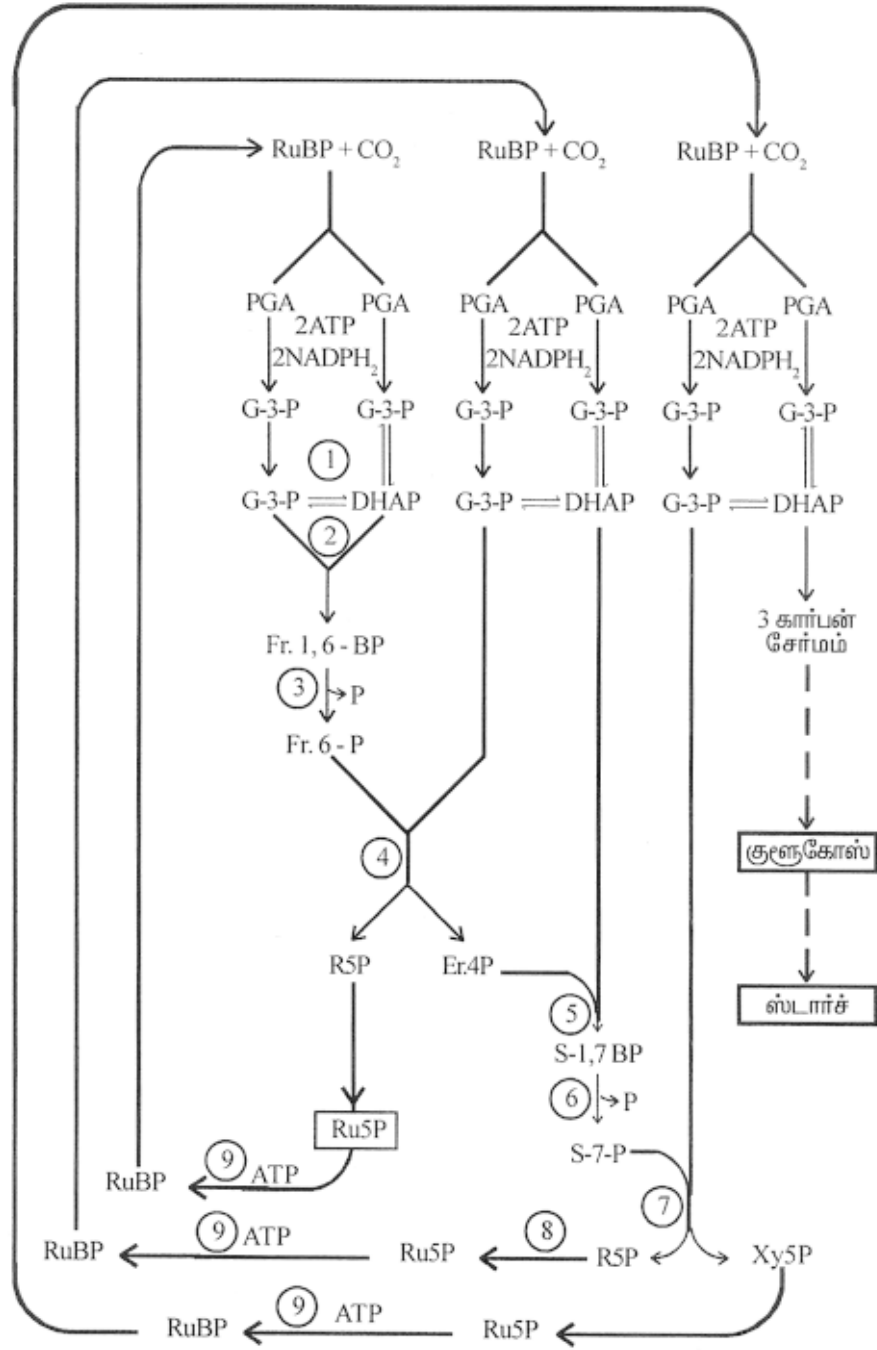


## RuBP மீட்டும் உருவாதல்

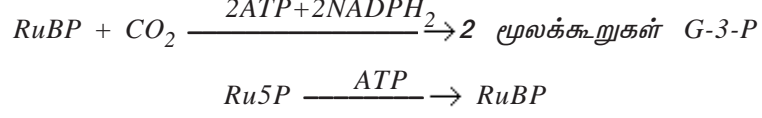
கிளிசரால்டிஹைடு 3-பாஸ்பேட் மூலக்கூறுகள் தொடர்வினைகள் மூலம் பாஸ்பேட்டுடன் கூடிய 4C, 6C மற்றும் 7C இடைநிலை கூட்டு சேர்மங்கள் பலவற்றை தோற்றுவித்து, இறுதியில் CO<sub>2</sub>-வை ஏற்கும் மூலக்கூறான RuBP-யாக மாற்றப்படுகின்றன. மூன்று CO<sub>2</sub> மூலக்கூறுகள் நிலைநிறுத்துதல் வினைகளைக் கணக்கில் கொண்டு, கால்வின் சுழலின் அனைத்து வினைகளைமம் எளிதில் விளக்கவல்ல வகையில் வரைபடம் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

(RuBP) மீட்டும் உருவாவதற்கான வினைகள் கீழ்க்கண்டவாறு நடைபெறுகின்றன.

1. சில கிளிசரால்டிஹைடு 3-பாஸ்பேட் மூலக்கூறுகள் (G-3-P) டைஹைட்ராக்ஸி அசிட்டோன் பாஸ்பேட்டாக (DHAP) மாற்றமடைகின்றன.
2. கிளிசரால்டிஹைடு 3-பாஸ்பேட், டைஹைட்ராக்ஸி அசிட்டோன் பாஸ்பேட்டுடன் இணைந்து ஃபிரக்டோஸ் 1,6 பிஸ்பாஸ்பேட்டாக (Fr 1,6-BP) மாறுகிறது.
3. ஃபிரக்டோஸ் 1, 6 பிஸ்பாஸ்பேட்டிலிருந்து ஒரு பாஸ்பேட் தொகுதி மீக்கப்படுவதால் அது ஃபிரக்டோஸ் 6-பாஸ்பேட்டாக (Fr 6-P) மாறுகிறது.
4. ஃபிரக்டோஸ் 6-பாஸ்பேட்டானது இரம்டாவது CO<sub>2</sub> நிலைநிறுத்தலின் போது உம்டான கிளிசரால்டிஹைடு 3-பாஸ்பேட்டுடன் வினைபுரிந்து எரித்ரோஸ் 4-பாஸ்பேட் (Er 4-P) மற்றும் ரைபோஸ் 5-பாஸ்பேட் (R5-P) ஆகியவற்றை உம்டாக்குகிறது.
5. எரித்ரோஸ் 4-பாஸ்பேட்டானது, இரம்டாவது CO<sub>2</sub> நிலைநிறுத்தலின் போது உம்டான டைஹைட்ராக்ஸி அசிட்டோன் பாஸ்பேட்டுடன் இணைந்து செடோஹெம்டுலோஸ் 1,7 - பிஸ்பாஸ்பேட்டாக (S-1, 7-BP) மாறுகிறது.
6. செடோஹெம்டுலோஸ் 1, 7 - பிஸ்பாஸ்பேட்டிலிருந்து ஒரு பாஸ்பேட் தொகுதி மீக்கப்படுவதால் அது செடோஹெம்டுலோஸ் 7-பாஸ்பேட்டாக (S-7-P) மாறுகிறது.
7. செடோஹெம்டுலோஸ் 7-பாஸ்பேட்டானது மூன்றாவது CO<sub>2</sub> நிலை நிறுத்தலின் போது உம்டான கிளிசரால்டிஹைடு 3-பாஸ்பேட்டுடன் வினைபுரிந்து இரம்டு 5C கூட்டும்பொருளை உம்டாக்குகிறது. அவை ரைபோஸ் 5-பாஸ்பேட் (R5-P) மற்றும் சைலுலோஸ் 5-பாஸ்பேட் (Xy5-P) என்பனவாகும்.
8. ரைபோஸ் 5-பாஸ்பேட் மூலக்கூறுகளும், சைலுலோஸ் 5-பாஸ்பேட்டும்; ரிபுலோஸ் 5-பாஸ்பேட்டாக மாறுகின்றன.
9. இந்த ரிபுலோஸ் 5-பாஸ்பேட்டுகள் ஒவ்வொன்றும் ஒரு ATP-யினால் பாஸ்பரிகரணம் அடைந்து ரிபுலோஸ் 1, 5 பிஸ்பாஸ்பேட்டாக (RuBP) மாற்றமடைகிறது. இவ்வாறு உருவான RuBP கால்வின் சுழற்சியில் மீட்டும் நுழைந்து CO<sub>2</sub>-வை நிலை நிறுத்தும் நிகழ்ச்சியில் ஈடுபடுகின்றன.



படம் 5.10 கால்வின் சுழற்சி

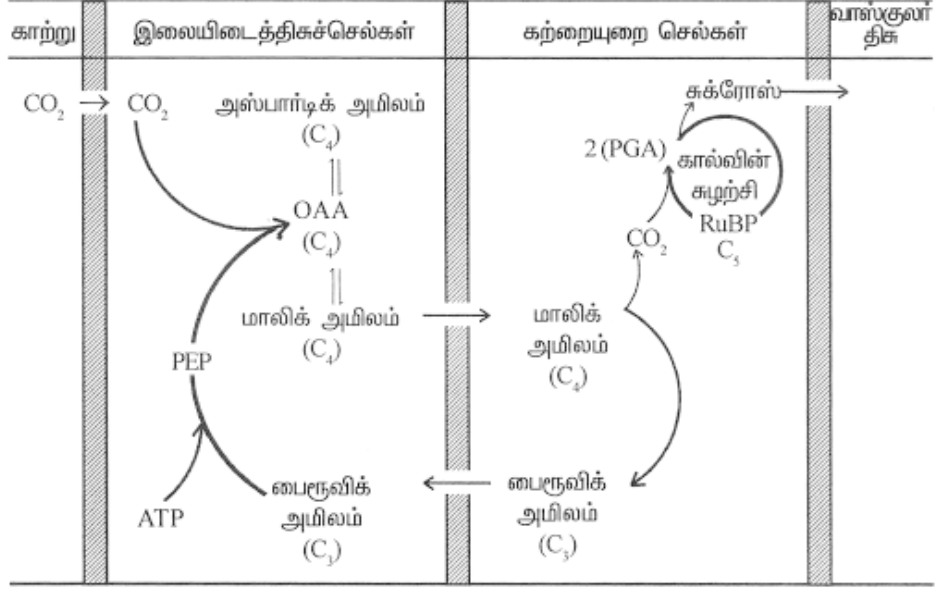


மேற்கமட சுழற்சி மறுவினைகளின் போது, மூன்று CO<sub>2</sub> மூலக்கூறுகள் நிலைநிறுத்தப்படுகின்றன. இதில் 3-வது CO<sub>2</sub> நிலைநிறுத்தலின் போது உம்டான 3C சேர்மமான டைஹைட்ராக்ஸி அசிட்டோன் பாஸ்பேட் இம்போது நமக்கு நிகர ஆதாயமாக உள்ளது. இந்த ட்ரையோஸ் பாஸ்பேட் மூலக்கூறுகள் இணைவதால் ஹெக்சோஸ் பாஸ்பேட் மூலக்கூறுகள் உம்டாகின்றன. இவை ஸ்டார்ச், சக்ரோஸ் உற்பத்திக்கு பயன்படுகின்றன. மேற்கமட கால்வின் சுழற்சியில் ஒவ்வொரு CO<sub>2</sub> நிலைநிறுத்தப்படுதலுக்கும் 3 ATP மற்றும் 2 NADPH<sub>2</sub> மூலக்கூறுகள் செலவழிகின்றன.

### 5.2.6. C<sub>3</sub> மற்றும் C<sub>4</sub> வழித்தடங்கள் (C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> pathways)

அனைத்து பசுந்தாவரங்களும் CO<sub>2</sub>-வை கால்வின் சுழற்சியின் மூலம் மட்டுமே நிலைநிறுத்துகின்றன என்று முன்பு நம்பப்பட்டு வந்தது. சில தாவரங்கள் C<sub>4</sub> வழித்தடம் என்று அழைக்கப்படுகின்ற வேறுபட்ட ஒரு ஒளிச்சேர்க்கை செயல் நுட்பத்தின் மூலமாக CO<sub>2</sub> நிலைநிறுத்துவதை இம்போது நாம் அறிந்திருக்கிறோம். இம்பாடத்தில் இதுபற்றி நாம் மேலும் அறிந்து கொள்வோம். ஹேட்ச் மற்றும் ஸ்லாக் (Hatch and Slack) என்பவர்கள், கரும்பின் இலை மீது <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>-ஐ ஒரு வினாடி நேரம் செலுத்தியபோது 4C சேர்மங்களான ஆக்ஸாலோ அசிட்டிக் அமிலம், மாலிக் அமிலம் மற்றும் ஆஸ்பார்ட்டிக் அமிலம் போன்றவை முதலில் உம்டாவதைக் கமடறிந்தனர். எனவே கரும்பு ஒரு C<sub>4</sub> தாவரத்திற்கு எடுத்துக்காட்டாகும். நெல்தாவரத்தின் இலையில் <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> ஐ செலுத்தும் போது முதலில் 3C சேர்மங்களான பாஸ்போகிளிசரிக் அமிலம் உம்டாகிறது. எனவே நெல் ஒரு C<sub>3</sub> தாவரம் ஆகும்.

C<sub>3</sub> தாவரங்களில் ஒளிச்சேர்க்கை இலையிடைத்திசுவின் செல்களில் மட்டும் நடைபெறும். ஒளிச்சேர்க்கையில் ஒளிவினைகள், இருள்வினைகள் (கால்வின் சுழல்) என்ற இரண்டு வகை வினைகள் நடைபெறுவதை நாம் ஏற்கனவே அறிந்திருக்கிறோம். ஒளிவினைகளின் போது ATP, NADPH<sub>2</sub> ஆகியவை உம்டாகின்றன. மேலும் O<sub>2</sub> வெளியேற்றமும் நடைபெறுகிறது. இருள்வினையில் CO<sub>2</sub>-வானது கார்போஹைட்ரேட்டாக ஒடுக்கமடைகிறது. C<sub>3</sub> தாவரங்களில் ஒளி வினைகள், இருள்வினைகள் இரண்டுமே இலையிடைத்திசுவின் செல்களில் மட்டுமே நடைபெறும். ஆனால் C<sub>4</sub> தாவரங்களில் இவ்வினைகள் நடைபெற இரண்டு வகை ஒளிச்சேர்க்கை செல்கள் தேவைப்படுகின்றன அவையாவன, இலையிடைத்திசு மற்றும் கற்றை உறை செல்கள். C<sub>4</sub> தாவரங்கள் இருவடிவம் பசுங்கணிகங்களைக் (Dimorphic chloroplasts) கொண்டுள்ளன. அதாவது இலையிடைத்திசு செல்களில் காணப்படும் பசுங்கணிகங்கள் கிரானாக்களைக் கொண்டும், கற்றை உறை செல்களில் காணப்படும் பசுங்கணிகங்கள் கிரானாக்கள் அற்ற வகையாகவும் உள்ளன. இவ்வாறு இருவகைப் பசுங்கணிகங்கள் இருப்பது

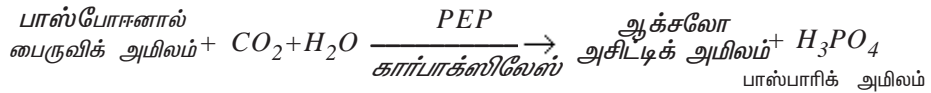


படம் 5.11 CO<sub>2</sub> நிலைநிறுத்தல் - ஹேட்ச்- ஸ்லாக் வழித்தடம்  
(PEP = பாஸ்போசனால் பைரூவிக் அமிலம், OAA = ஆக்சலோ அசிட்டிக் அமிலம்)

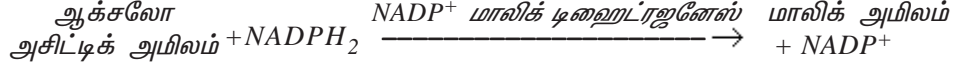
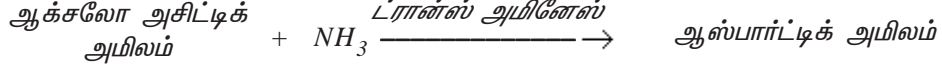
ஒளிவினைகளும், இருள் வினைகளும் தனித்தனியே நடைபெறுவதற்கு வழி வகுக்கிறது.

ஹேட்ச்- ஸ்லாக் பாதையில் இரு கார்பன் சேர்ப்பு வினைகள் நடைபெறுகின்றன. ஒன்று இலையிடைத்திசு செல்களில் உள்ள பசுங்கணிகங்களில் நடைபெறுகிறது. மற்றொன்று கற்றை உறை செல்களில் உள்ள பசுங்கணிகங்களில் நடைபெறுகிறது.

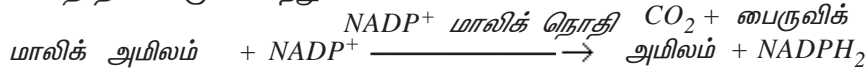
1. முதல் கார்பன் சேர்ப்பு வினையின் (கார்பாக்ஸிலேஷன்) போது பாஸ்போசனால் பைரூவிக் அமிலம் (PEP) என்ற 3C சேர்மத்துடன் CO<sub>2</sub> மூலக்கூறு இணைந்து, ஆக்சலோ அசிட்டிக் அமிலம் என்ற 4C சேர்மம் உருவாகிறது. இவ்வினையானது *பாஸ்போசனால் பைரூவேட் கார்பாக்ஸிலேஷ்* என்ற நொதியால் ஊக்குவிக்கப்படுகிறது.



2. ஆக்சலோ அசிட்டிக் அமிலமானது *டிரான்ஸ் அமினேஸ்* என்ற நொதியின் மூலம் ஆஸ்பார்டிக் அமிலமாக மாறுகிறது. அல்லது *NADP<sup>+</sup> மாலிக் டிஹைட்ரஜனேஸ்* என்ற நொதியின் உதவியால் மாலிக் அமிலமாக ஒடுக்கப்படுகிறது.



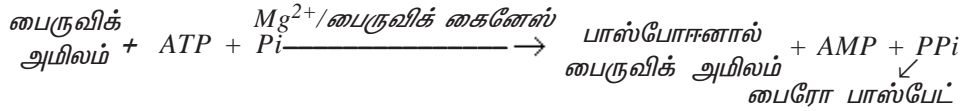
3. இலையிடைத்திசு செல்களில் உள்ள பசுங்கணிகங்களில் உம்டாகின்ற மாலிக் அமிலம் அல்லது ஆஸ்பார்டிக் அமிலம் கற்றை உறை செல்களின் பசுங்கணிகளுக்கு கடத்தப்படுகிறது. அங்கு இந்த அமிலத்திலிருந்து CO<sub>2</sub> மக்கம்படுவதால், பைருவிக் அமிலம் உம்டாகிறது. இவ்வினையை NADP<sup>+</sup> மாலிக் நொதி ஊக்குவிக்கிறது.



4. இம்போது, இரம்டாவதாக கார்பன் சேர்ப்பு வினையானது கற்றை உறைசெல் பசுங்கணிகங்களில் நடைபெறுகிறது. ரிபுலோஸ் பிஸ்பாஸ்பேட்டானது, மூன்றாவது படிநிலையில் உருவான CO<sub>2</sub> உடன் இணைந்து 3-பாஸ்போகிளிசரிக் அமிலத்தை (PGA) உம்டாக்குகிறது. இவ்வினையை RuBP கார்பாக்ஸிலேஸ் என்ற நொதி ஊக்குவிக்கிறது. சில 3-பாஸ்போகிளிசரிக் அமில மூலக்கூறுகள் கக்ரோஸ், ஸ்டாரச் ஆகியவற்றை உருவாக்கம்பயன்படுத்தப்படுகின்றன. மீதிம்ள்ள (PGA) மூலக்கூறுகள் RuBP மீம்டும் உருவாதலுக்கும் பயன்படுகின்றன.



5. மூன்றாவது படிநிலையில் உம்டான பைருவிக் அமிலம் இலையிடைத்திசு செல்களில் உள்ள பசுங்கணிகளுக்கு கடத்தப்பட்டு, அங்கு ATP-யினால் பாஸ்பரிகரணம் அடைந்து, பாஸ்போஈனால் பைருவிக் அமிலம் உம்டாகிறது. இவ்வினையை பைருவிக் கைனேஸ் மற்றும் Mg<sup>2+</sup> ஊக்குவிக்கின்றன.



மேற்கம்ட வினையில் உம்டான அடினோசின் மானோபாஸ்பேட்டானது (AMP), ATP-யினால் பாஸ்பரிகரணம் அடைந்து 2 மூலக்கூறு ADP உம்டாகிறது. இவ்வினை அடினிலேட் கைனேஸ் என்ற நொதியினால் ஊக்குவிக்கப்படுகிறது.

C<sub>4</sub> தாவரங்கள் C<sub>3</sub> தாவரங்களை விட ஒளிச்சேர்க்கைத் திறன் மிகுந்தவையாக உள்ளன. ஏனெனில் ஒரு CO<sub>2</sub> மூலக்கூறினை நிலைநிறுத்த தேவைப்படும் ATP, NADPH<sub>2</sub> மூலக்கூறுகளின் எம்ணிக்கை C<sub>4</sub> தாவரங்களுக்கு, C<sub>3</sub> தாவரங்களை விட குறைவானதாகும்.

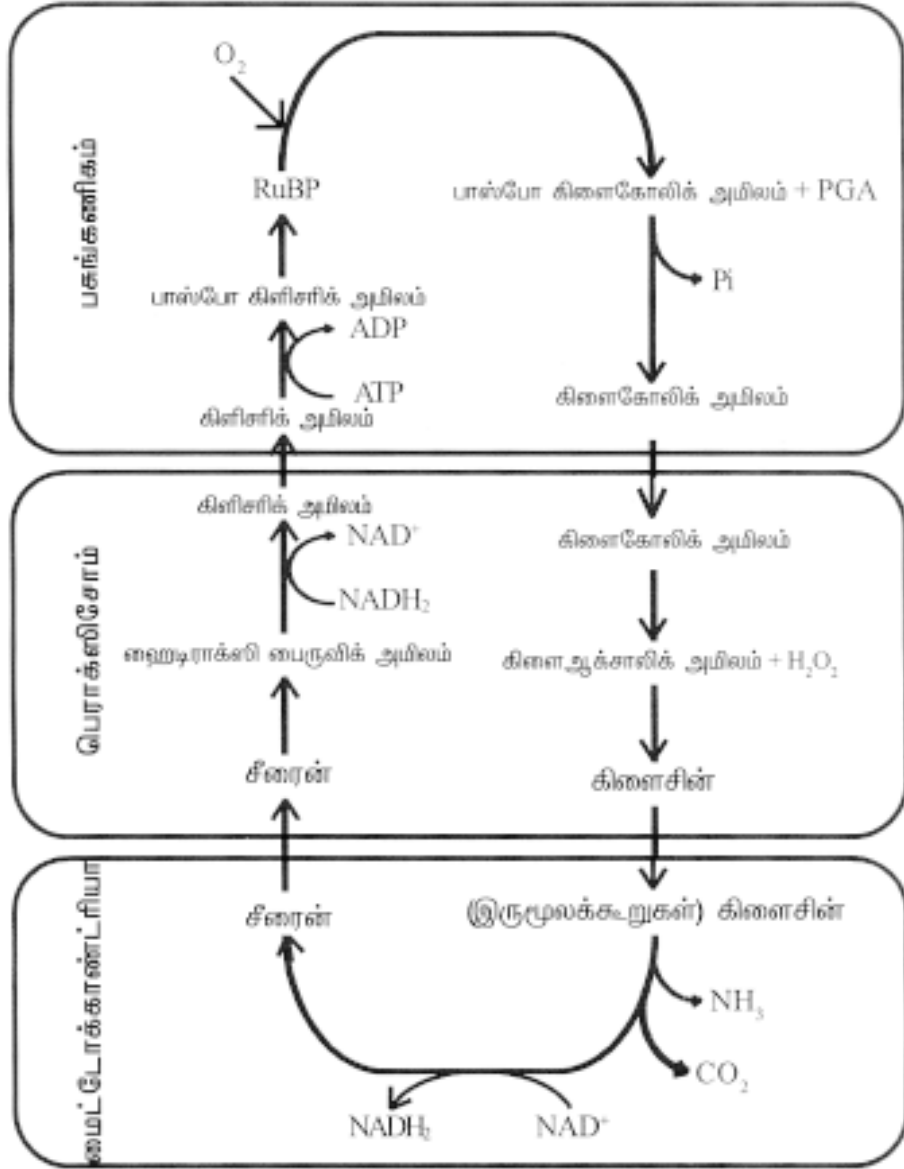
*C<sub>3</sub> மற்றும் C<sub>4</sub> ஒளிச்சேர்க்கை வழித் தடங்களுக்கிடையே உள்ள வேறுபாடுகள்*

C <sub>3</sub> வழித்தடம்	C <sub>4</sub> வழித்தடம்
1. ஒளிச்சேர்க்கை இலையிடைத்திசு செல்களில் நடைபெறுகிறது.	ஒளிச்சேர்க்கை இலையிடைத்திசு மற்றும் கற்றை உறை செல்களில் நடைபெறுகிறது.
2. இங்கு CO <sub>2</sub> மூலக்கூறு ஏற்பியாக RuBP உள்ளது.	பாஸ்போனாஸ் பைருவிக் அமிலம் CO <sub>2</sub> மூலக்கூறுகளை ஏற்கிறது.
3. இங்கு முதலில் உருவாகும் நிலையான பொருள் 3C-களைக் கொண்ட 3PGA ஆகும்.	இங்கு முதலில் உருவாகும் நிலையான பொருள் 4C-களைக் கொண்ட ஆக்சலோ அசிட்டிக் அமிலம் ஆகும்.
4. ஒளிச்சுவாசத்தின் அளவு இங்கு அதிகமாக இருப்பதால், நிலை நிறுத்தப்பட்ட CO <sub>2</sub> மூலக்கூறுகளில் இழம்பு ஏற்படுகிறது. இது CO <sub>2</sub> நிலைநிறுத்தலின் வீதத்தை குறைக்கிறது.	ஒளிச்சுவாசத்தின் அளவு மிகக்குறைவு; ஏறத்தாழ இல்லை எனலாம். எனவே இங்கு CO <sub>2</sub> நிலைநிறுத்தலின் வீதம் அதிகரிக்கிறது.
5. உகந்த வெம்பநிலை 20°C-லிருந்து 25°C வரை.	உகந்த வெம்பநிலை 30°C-லிருந்து 45°C வரை.
6. C <sub>3</sub> தாவரங்களுக்கு எ.கா. நெல், கோதுமை மற்றும் உருளை.	C <sub>4</sub> தாவரங்களுக்கு எ.கா. கரும்பு, மக்காச் சோளம், ட்ரிபுலஸ் மற்றும் அமராந்தஸ்.

**5.2.7. ஒளிச்சுவாசம் அல்லது C<sub>2</sub> சுழற்சி**

விலங்குகள் மற்றும் பாக்டீரியங்களில் இருட் சுவாசம் என்ற ஒருவகை சுவாசம் மட்டுமே நடைபெறுகிறது. இது ஒளி இருப்பதாலோ அல்லது இல்லாததாலோ பாதிக்கப்படுவதில்லை. ஆனால் சில பசுந்தாவரங்களில் ஒளிச்சுவாசம் மற்றும் இருட் சுவாசம் என இரு வேறுபட்ட சுவாச வகைகள் உள்ளன. ஒளி இருக்கும்போது ஒளிச்சேர்க்கை செய்யும் திசுக்களில் வழக்கத்தை விட அதிகமாக நடைபெறுகின்ற சுவாசம், **ஒளிச் சுவாசம்** (Photorespiration or light respiration) எனப்படும். இந்நிகழ்ச்சியின் போது அதிக அளவு CO<sub>2</sub> வெளியேற்றப்படுகிறது.

ஒளிச்சுவாசம் மூன்று செல் நுண்ணுறுப்புகளில் நடைபெறுகிறது அவையாவன; பசுங்கணிகங்கள், பெராக்ஸிசோம்கள் மற்றும் மைட்டோகாண்ட்ரியாக்கள். ஆக்ஸிஜன் அதிக அளவு இருக்கும் போது RuBP ஆக்ஸிஜனேற்றம் அடைகிறது. இதுவே ஒளிச்சுவாசத்தின் முதல் வினையாகும். இவ்வினையானது *கார்பாக்ஸிலேஸ்* எனப்படும் *ரூபிஸ்கோ* (Rubisco : Ribulose biphosphate carboxylase) நொதியினால் ஊக்குவிக்கப்படுகிறது. இவ்வாறு RuBP ஆக்ஸிஜனேற்றம் அடைவதால் பாஸ்போ கிளைக்காலிக் அமிலம் என்ற 2C சேர்மமும், பாஸ்போகிளிசரிக் அமிலம் (PGA) என்ற 3C சேர்மமும் உண்டாகின்றன.



படம் 5.12 ஒளிச்சுவாச சுழற்சி

இவற்றில் PGA கால்வின் சுழற்சியில் பயன்படுத்தப்படுகிறது. பாஸ்போ கிளைக்காலிக் அமிலத்திலிருந்து ஒரு பாஸ்பேட் மூலக்கூறு மக்கம்ப்பட்டு கிளைக்காலிக் அமிலம் உம்டாக்கப்படுகிறது. மேற்கம்ட வினைகள் பசங்கணிகத்தில் நடைபெறுகின்றன.

பசங்கணிகத்திலிருந்து கிளைக்காலிக் அமிலம் பெராக்ஸிசோமிற்கு செல்கிறது. அங்கு கிளைக்காலிக் அமிலம் ஆக்ஸிஜனேற்றம் அடைந்து கிளைஆக்சாலிக் அமிலம், ஹைட்ரஜன் பெராக்ஸைடு ஆகியவை உருவாகின்றன. பின்னர் கிளைஆக்சாலிக் அமிலத்திலிருந்து கிளைஸின் உம்டாகிறது.

பின்னர் கிளைஸின் மூலக்கூறுகள் பெராக்ஸிசோமிலிருந்து மைட்டோகாம்ட்ரியாவுக்கு செல்கின்றன. அங்கு இரம்டு கிளைஸின் மூலக்கூறுகள் இணைந்து, ஒரு சீரன் மூலக்கூறு,  $\text{NH}_3$  மற்றும்  $\text{CO}_2$  ஆகியவை உம்டாகின்றன. இவ்வினையின் போது  $\text{NAD}^+$   $\text{NADH}_2$ -வாக ஒடுக்கமடைகிறது.

மைட்டோகாம்ட்ரியாவில் உருவான சீரன் என்ற அமினோ அமிலம் பெராக்ஸிசோமை அடைகிறது. இங்கு இது ஹைடிராக்ஸி பைருவிக் அமிலமாக மாற்றமடைகிறது. ஹைடிராக்ஸி பைருவிக் அமிலம்  $\text{NADH}_2$  உடன் வினைபுரிந்து, கிளிசரிக் அமிலமாக ஒடுக்கமடைகிறது.

கிளிசரிக் அமிலம் பெராக்ஸிசோமிலிருந்து பசங்கணிகத்திற்கு செல்கிறது. அங்கு கிளிசரிக் அமிலம் ATP மூலக்கூறுடன் பாஸ்பரிகரணம் அடைந்து, பாஸ்போ கிளிசரிக் அமிலம் (PGA) உம்டாகிறது. இது கால்வின் சுழற்சியில் நுழைகின்றது. ஒளிச்சுவாச நிகழ்ச்சியின் போது மைட்டோகாம்ட்ரியாவுக்குள் விடுவிக்கப்பட்ட ஒரு மூலக்கூறு  $\text{CO}_2$  மீட்டும் நிலைநிறுத்தப்படுகிறது.

### ஒளிச்சுவாசத்திற்கும் இருள் சுவாசத்திற்குமுள்ள வேறுபாடுகள்

ஒளிச்சுவாசம்	இருள் சுவாசம்
1. இது ஒளிச்சேர்க்கை செல்களில் மட்டுமே நடைபெறுகிறது.	இது அனைத்து உயிருள்ள செல்களிலும் மைட்டோகாம்ட்ரியாவில் நடைபெறுகிறது.
2. இது ஒளி இருக்கும்போது மட்டுமே நடைபெறும்.	இது ஒளி மற்றும் ஒளி இல்லாத சூழலில் நடைபெறும்.
3. இது பசங்கணிகம், பெராக்ஸிசோம், மைட்டோகாம்ட்ரியா-க்களில் நடைபெறும்.	இது மைட்டோகாம்ட்ரியாவில் நடைபெறுகிறது.

ஒளிச்சுவாசமானது ஒளிச்சேர்க்கை கார்பன் ஆக்ஸிஜனேற்ற சுழற்சி அல்லது  $\text{C}_2$  சுழற்சி எனவும் அழைக்கப்படும். அதிக ஒளி, குறைவான  $\text{CO}_2$  ஆகிய சூழ்நிலைகளில் ஒளிச்சுவாசம் தாவரங்களை, ஒளிஆக்ஸிஜனேற்ற சிதைவிலிருந்து பாதுகாக்கிறது. அதாவது ஒளியாற்றலை பயன்படுத்திக் கொள்ள போதுமான அளவு  $\text{CO}_2$  இல்லையெனில், அதிகம்படியான ஒளியாற்றலானது தாவர செல்களை



ஆக்ஸிஜனேற்றம் செய்து சிதைத்து விடும். இந்த நிகழ்ச்சியானது ஒளி ஆக்ஸிஜனேற்ற சிதைவு எனப்படும். இரும்பினும், ஒளிச்சுவாசம் என்ற நிகழ்ச்சி அதிகம்படியான ஒளி ஆற்றலின் ஒரு பகுதியை பயன்படுத்திக்கொள்வதன் மூலம் தாவரங்களை ஒளி ஆக்ஸிஜனேற்ற சிதைவிலிருந்து பாதுகாக்கிறது. O<sub>2</sub> அளவு அதிகரிக்கும் போது ஒளிச்சுவாசத்தின் வீதம் அதிகரிக்கும்; CO<sub>2</sub> அளவு அதிகரிக்கும் போது ஒளிச்சுவாசத்தின் வீதம் குறைந்து ஒளிச்சேர்க்கையின் வீதம் அதிகரிக்கிறது.

### 5.2.8. ஒளிச்சேர்க்கையை பாதிக்கும் காரணிகள்

ஒளிச்சேர்க்கையானது சூழ்நிலை, மரபியல் மற்றும் தாவரக் காரணிகளால் பாதிக்கப்படுகிறது. ஒளி, CO<sub>2</sub> கிடைக்கும் அளவு, வெப்பநிலை, மம், மர், ஊட்டம்பொருட்களின் அளவு, போன்றவை ஒளிச்சேர்க்கையை பாதிக்கும் சூழ்நிலைக்காரணிகளாகும். மேலும் இலைகளின் வயது, இலைகள் அமைந்துள்ள கோணம், இலையமைவு முறை போன்ற இலைக்காரணிகளும் ஒளிச்சேர்க்கையை பாதிக்கின்றன. ஒரே நேரத்தில் அனைத்து சூழ்நிலைக்காரணிகளாலும் ஒளிச்சேர்க்கை பாதிக்கப்படுவதில்லை.

பிளாக்மேன் என்பவர் கட்டும்படுத்தும் காரணி விதியை 1905-ல் வெளியிட்டார். இவ்விதியின் படி எக்காரணி மிகவும் தேவைக்கு குறைவான, கட்டும்படுத்தப்பட்ட நிலையில் உள்ளதோ, அக்காரணிதான் ஒளிச்சேர்க்கையின் வீதத்தை கட்டும்படுத்தும் என்பதாகும். எடுத்துக்காட்டாக CO<sub>2</sub> அதிக அளவில் கிடைத்து, மேகமுட்டத்தின் காரணமாக ஒளி மிகவும் குறைவான, கட்டும்படுத்தப்பட்ட அளவில் இருந்தால், அந்நிலையில் ஒளிச்சேர்க்கை வீதம் ஒளியினால் கட்டும்படுத்தப்படுகிறது. மேலும் CO<sub>2</sub> மற்றும் ஒளி ஆகிய இரண்டுமே கட்டும்படுத்தப்பட்ட நிலையில், அதாவது குறைந்த நிலையில் இருந்தால், அந்நிலையில் எந்தக்காரணி தேவைக்கு மிகவும் குறைவாக, கட்டும்படுத்தப்பட்ட நிலையில் உள்ளதோ அக்காரணிதான் ஒளிச்சேர்க்கையின் வீதத்தை கட்டும்படுத்துகிறது.

ஒளியின் தரம் மற்றும் செறிவு இரண்டுமே ஒளிச்சேர்க்கையை பாதிக்கின்றன. அலைமீட்டம் 400 nm லிருந்து 700 nm வரை உள்ள ஒளியானது ஒளிச்சேர்க்கையை மிகத் திறம்பட தூண்ட வல்லது. எனவே இந்த ஒளியானது ஒளிச்சேர்க்கையைத் தூண்டும் ஒளி எனப்படும். ஒளியின் செறிவு அதிகரிக்கும் போது, ஒளிச் சேர்க்கையின் வீதமும் அதிகரிக்கின்றது. ஆனால் தீவிரமான ஒளியில் ஒளிச் சேர்க்கையின் வீதம் குறைகிறது. ஏனெனில் தீவிர ஒளி பச்சையங்களை அழித்து விடுகிறது.

ஒளிச்சேர்க்கையின் ஒளி வேதிவினைகளும், இருள் வினைகளும் வெம்பத்திற்கு மாறுபட்ட உணர்திறனை கொண்டுள்ளன. தைலைக்காய்ப்பு பகுதியில் நடைபெறும் ஒளிவேதி வினைகள் வெம்பத்தினால் பாதிக்கப்படுவதில்லை. ஆனால் நொதிகளின் உதவியினால் நடைபெறும் இருள் வினைகள் அதிக வெம்ப நிலையில் மிகவும் பாதிப்புக்குள்ளாகின்றன. அதிக வெம்பநிலையில் நொதிகள் செயலிழந்து போகின்றன. குறைந்த வெம்பநிலைமம் நொதிகளை செயலிழக்க வைக்கிறது.

தற்போதுள்ள CO<sub>2</sub>-வின் செறிவு ஏறத்தாழ 0.036 சதவீதம் அல்லது 360 ppm (Parts per million) உள்ளது. இது வளிமம்-லத்தில் உள்ள பிற வாய்க்களான O<sub>2</sub> மற்றும் N<sub>2</sub> ஆகியவற்றுடன் ஒம்பிடும் போது மிகவும் குறைவே. மற்றக் காரணிகள் கட்டும்படுத்தாத போது, CO<sub>2</sub>-வின் செறிவு 500 ppm வரை அதிகம்படுத்தும்படும் போது ஒளிச்சேர்க்கையின் வீதம் அதிகரிக்கிறது.

நிலத்தில் கிடைக்கும் மீரின் அளவு ஒளிச்சேர்க்கையை பாதிக்கும் முக்கிய காரணியாகும். நில மீர் கட்டும்படுத்தும்பட்ட காரணியாகும்போது, அதாவது மீரின் அளவு குறைம்ம் போது ஒளிச்சேர்க்கையின் வீதம் வீழ்ச்சியடைகிறது.

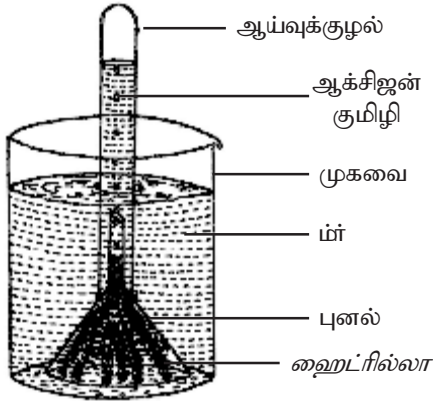
பல்வேறு ஊட்டம் பொருட்களோடு ஒம்பிடும் போது, N<sub>2</sub> ஒளிச்சேர்க்கை நிகழ்ச்சிமீடன் நேரடி தொடர்பை அதிகமாக கொம்புள்ளது. நைட்ரஜனானது பச்சையம் மற்றும் இருள் வினைகளில் பங்குபெறும் அனைத்து நொதிகளின் முக்கிய பகுதிம்பொருளாக இரும்புதனால், இதன் பற்றாக்குறை தாவரங்களை மிகவும் மோசமாக பாதிக்கின்றது. பொதுவாக அனைத்து முக்கிய தனிமங்களும் ஒளிச்சேர்க்கையை பாதிக்கவல்லவை.

இலையின் வயது, இலையின் கோணம், இலையமைவு முறை ஆகிய இலைக்காரணிகளில் இலையின் வயது ஒளிச்சேர்க்கையை மிகவும் பாதிக்கக் கூடிய காரணியாகும். இலைகள் மும்படைம்ம் போது அவை பச்சையத்தை இழக்கின்றன, மேலும் அதன் செல்களில் உள்ள ஒளிச்சேர்க்கைக்கு தேவையான நொதிகளும் படிப்படியாக செயலிழக்கத் துவங்குகின்றன. இதன் காரணமாக மும்படைந்த இலைகளில் ஒளிச்சேர்க்கையின் வீதம் குறைகிறது.

### ஒளிச்சேர்க்கை ஆய்வுகள்

#### ஆய்வுக்குழல் மற்றும் புனல் ஆய்வு

ஆய்வுக்குழல் மற்றும் புனல் ஆய்வானது ஒளிச்சேர்க்கையின் போது ஆக்ஸிஜன் வெளிம்படுவதை நிரூபிக்கிறது. ஒரு பீக்கரில் உள்ள மீரில் *ஹைட்ரில்லா* தாவரத்தின் சில கிளைகளை எடுத்துக் கொள்ள வேம்மும். மீரில் சிறிதளவு சோடியம் பைகார்பனேட் உம்பை கரைக்க வேம்மும். அந்த கிளைகள் ஒரு புனலினால் மூடம்படுகின்றன. புனலின் தம்பின் மீது மீர் நிரம்பம்பட்ட ஒரு ஆய்வுக் குழாய் தலைகீழாக கவிழ்த்து வைக்கம்படுகிறது. இவ்வமைம்பு சூரிய ஒளியில் 4-லிருந்து 6 மணி நேரம் வரை வைக்கம்படுகிறது. அம்போது *ஹைட்ரில்லா* தாவரத்தின் கிளைகளின் முனைகளிலிருந்து வாய்க்குமிழிகள் வெளிவருவதைக் காணலாம். இவ்வாய்க்குமிழிகள் ஆய்வுக்குழாயில்

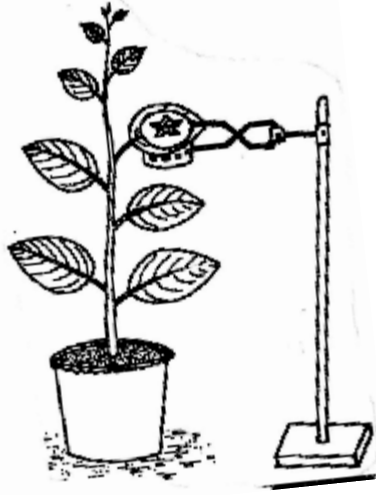


படம் 5.13 ஆய்வுக்குழல் மற்றும் புனல் ஆய்வு

சேகரமடைகிறது. இவ்வாய் ஆக்ஸிஜன் தானா என சோதிக்கப்படுகிறது. எரிமம் தீக்குச்சியை ஆய்வுக்குழாயின் வாயருகே கொண்டு செல்லும்போது, அது மேலும் பிரகாசமாக எரிகிறது. இதன் மூலம் அந்த வாய் ஆக்ஸிஜன் தான் என்பது நிரூபிக்கப்படுகிறது. இவ்வாறு இந்த ஆய்வுக்குழாய் மற்றும் புனல் ஆய்வு ஒளிச்சேர்க்கையின் போது ஆக்ஸிஜன் வெளிப்படுவதை நிரூபிக்கிறது.

### கேனாங்கின் ஒளித்திரை ஆய்வு

கேனாங்கின் ஒளித்திரை ஆய்வு ஒளிச்சேர்க்கைக்கு ஒளி அவசியம் என்பதை நிரூபிக்கிறது. தொட்டித்தாவரத்தை இருட்டான ஓர் அறையில் 48 மணி நேரம் வைக்கப்படும் போது, அகன் லைகளில் உள்ள ஸ்டார்ச் மங்கி விடுகிறது. இது



படம் 5.14  
கேனாங்கின் ஒளித்திரை ஆய்வு

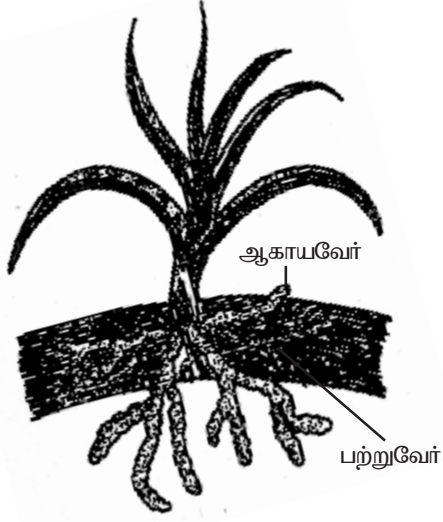
ஸ்டார்ச் மக்கப்பட்ட தாவரம் எனப்படும். கேனாங்கின் ஒளித்திரை என்பது ஒரு இடுக்கி போன்ற அமைப்பாகும். இதில் நட்சத்திர வடிவ திறம்பு கொட்ட ஒரு தகடு உள்ளது. இத்திறம்பின் வழியாக மட்டுமே ஒளி உட்புக முடியும். இதன் கீழ்ப் பகுதியில் உள்ளீடற்ற உருளை வடிவ பெட்டி போன்ற அமைப்பு ஒன்று உள்ளது. நட்சத்திர வடிவ திறம்புள்ள தகடு, இதன் மூடி போன்று உள்ளது. இச்சாதனம் ஒளியை திறம்பட மறைப்பதோடு தேவையான காற்றோட்டத் திற்கு ஏற்றவாறும் உள்ளது. படத்தில் காட்டியவாறு, ஒளித்திரைக் கருவி ஸ்டார்ச் மக்கப்பட்ட தாவரத்தின் இலையில் பொருத்தப்படுகிறது. இவ்வமைப்பு சூரிய ஒளியில் 4-லிருந்து 6 மணி நேரம் வைக்கப்படுகிறது.

பின்னர் அந்த குறிப்பிட்ட இலைக்கு ஸ்டார்ச் ஆய்வு செய்யப்படுகிறது. சூரிய ஒளிபட்ட இலையின் அந்த நட்சத்திர வடிவப்பகுதி மட்டும் மல நிறம் அடைகிறது. இவ்வாறு கேனாங்கின் ஒளித்திரை ஆய்வு ஒளிச்சேர்க்கைக்கு ஒளி அவசியம் என்பதை நிரூபிக்கின்றது.

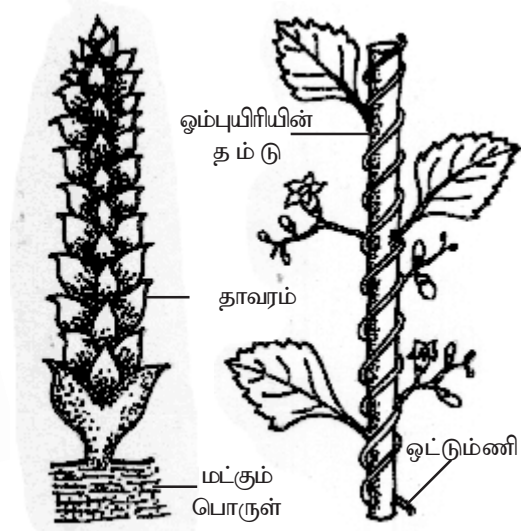
### 5.2.9. ஊட்ட முறையின் வகைகள் (Mode of nutrition)

#### தற்சார்பு ஊட்டமுறை (Autotrophic nutrition)

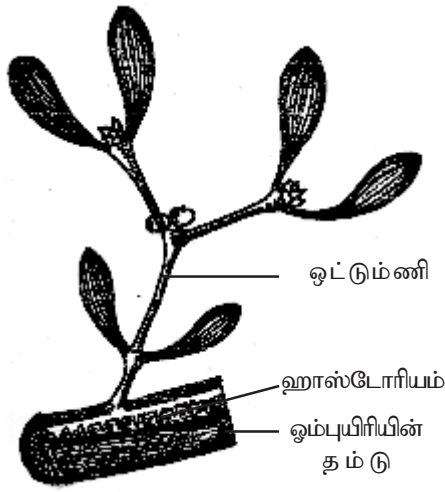
பெரும்பாலான தாவரங்கள் தமக்குத் தேவையான உணவும்பொருளை தாமே ஒளிச்சேர்க்கையின் மூலம் தயாரித்துக் கொள்கின்றன. எனவே அவை தற்சார்பு கொட்டவையாக உள்ளன. இவ்வகை ஊட்டமுறை, தற்சார்பு ஊட்டமுறை எனப்படும். தற்சார்பு ஊட்ட முறைத் தாவரங்கள் அவை வாழ்கின்ற சூழலுக்கு ஏற்ப பலவகைகளாக பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. பல்வேறு விதமான சூழ்நிலைக் காரணிகள் அத்தாவரங்களின் புறத்தோற்றங்களிலும் மாறுபாட்டை உருவாக்குகின்றன. இதனால்



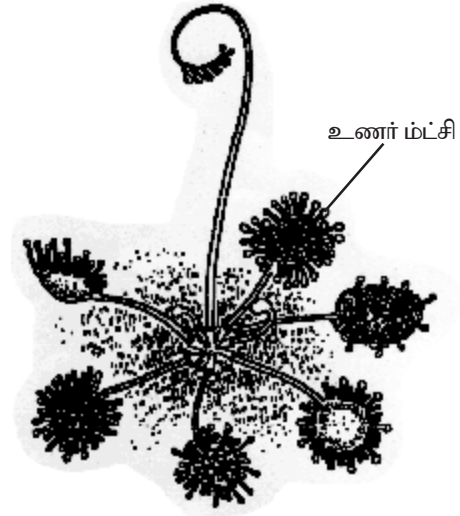
தொற்று வேர்கள்  
எ.கா. வாமிடா



மட்கும்ணித்தாவரம் முழு ஒட்டுமணித் தாவரம்  
எ.கா. மானோட்ரோபா எ.கா. கஸ்குட்டா



பகுதி ஒட்டுமணி  
எ.கா. விஸ்கம்



பூச்சியை உம்ணும் தாவரம்  
எ.கா. ட்ரஸ்ரா

படம் 5.15 ஊட்ட முறை வகைகள்

மர் வாழ்த் தாவரங்கள், நிலவாழ் தாவரங்கள், வரள் நிலத்தாவரங்கள், சதும்பு நிலத்தாவரங்கள் போன்றவை தமக்குத் தேவையான சிறம்பான தகவமைம்புகளுடன் உள்ளதை நாம் காங்கிறோம். தற்சார்பு ஊட்டத் தாவரங்களில் தொற்றுத் தாவரங்கள் சற்று வித்தியாசமானவை. இத்தாவரங்கள் பொதுவாக மரங்களின் கிளைகளில் வளர்கின்றன. தொற்றுத் தாவரங்கள் ஒட்டுமணிகளாக இரும்பதில்லை. இவை ஆதார தாவரத்தை வாழிடமாக மட்டுமே பயன்படுத்துகின்றன. இவை இருவகை வேர்களைக் கொண்டுள்ளன. அவை ஆகாய வேர்கள் மற்றும் பற்று வேர்கள் என்பனவாகும். பற்று வேர்கள் தொற்றுத்தாவரங்களை மரக்கிளைகளின் பட்டைகளில் ஊன்றுவதற்கும், மரம்பட்டைகளில் சேகரமடைந்துள்ள தூசிகள், மத்துகள் கள் போன்றவற்றிலிருந்து சிறிதளவு ஊட்டம்பொருட்களை உறிஞ்சுவதற்கும் பயன்படுகின்றன. சிறம்பான ஆகாய வேர்கள் காற்றில் அசைந்தாடுகின்றன. இவ்வேர்கள் பசுமையாக உள்ளன. மேலும் இவற்றில் உள்ள வெலமன் என்ற பஞ்சு போன்ற திசு காற்றிலுள்ள ஈரத்தையும், மழை ம்ரையும் உறிஞ்சுகின்றன. எ.கா. வாம்டா.

### பிற ஊட்ட முறை (Heterotrophic nutrition)

பச்சையம் இல்லாததாலோ அல்லது நைட்ரஜன் பற்றாக்குறையினாலோ சில தாவரங்கள் உணவுக்காக மற்ற தாவரங்கள், பூச்சிகள் அல்லது இறந்தவற்றின் கரிமம்பொருட்களை சார்ந்து வாழ்கின்றன. இவ்வகை ஊட்டமுறை பிறஊட்ட முறை எனப்படும். பிற ஊட்டமுறைத் தாவரங்கள் மட்கும்ணி, ஒட்டுமணி மற்றும் பூச்சியை உம்ணும் தாவரங்கள் என வகைம்படுத்தம்படுகின்றன.

### மட்கும்ணித் தாவரங்கள் (Saprophytic plants)

சில தாவரங்கள் தானே உணவு தயாரிக்க முடியாததால் இறந்து போன தாவர, விலங்கு உடல்களின் கரிமம்பொருட்களிலிருந்து தம் உணவைம் பெறுகின்றன. இவை மட்கும்ணித் தாவரங்கள் எனப்படும். பல பூஞ்சைகளும், பாக்டீரியங்களும் மட்கும்ணிகளாக உள்ளன. மானோட்ரோபா (Monotropa) போன்ற சில ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம்கள் பச்சையம் அற்று காணம்படுகின்றன. இவை மைக்கோரைசா வேர்களைக் கொண்டுள்ளன. இத்தாவரங்கள் இறந்தவற்றின் அழுகிய மட்கும்பொருட்களிலிருந்து உணவும் பொருட்களை மைக்கோரைசா வேர்கள் மூலம் உறிஞ்சுகின்றன.

### ஒட்டுமணித் தாவரங்கள் (Parasitic plants)

சில தாவரங்கள் தமக்குத் தேவையான உணவும் பொருட்களை பிற உயிருள்ள தாவரங்கள் அல்லது விலங்குகளிலிருந்து பெறுகின்றன. அவை ஒட்டுமணித் தாவரங்கள் எனப்படும். எந்த ஒரு தாவரம் அல்லது விலங்கிலிருந்து, ஒட்டுமணிகள் உணவும் பொருட்களை பெறுகின்றனவோ, அந்த தாவரம் அல்லது விலங்கு ஒம்புயிரி (Host) எனப்படும். ஒட்டுமணித் தாவரங்கள் சில சிறம்பான வேர்களைக் கொண்டுள்ளன. அவ்வேர்கள் ஒம்புயிரித் தாவரங்களைத் துளைத்து உட்சென்று சைலத்திலிருந்து ம்ரையும், கனிம உம்புக்களைம்ம் மற்றும் ஃபுளோயத்திலிருந்து உணவும் பொருட்களைம்ம் உறிஞ்சுகின்றன. இவ்வேர்கள் ஹாஸ்டோரியாக்கள் (Haustoria) அல்லது உறிஞ்சு உறும்புகள் எனப்படும்.

ஒட்டும்ணி ஆஞ்சியோஸ்பொம்கள் இருவகைப்படும். அவை முழு ஒட்டும்ணிகள் மற்றும் பகுதி ஒட்டும்ணிகள் ஆகும். சில தாவரங்களில் பச்சையம் முழுமையாக இரும்பதில்லை. இவை மம்ணிலும் வளர்வதில்லை. எனவே இத்தாவரங்கள் உணவு, மர், கனிம உம்புகள் ஆகியவற்றுக்காக ஒம்புயிரித்தாவரங்களை முழுமையாக சார்ந்துள்ளன. இவை முழு ஒட்டும்ணித் தாவரங்கள் எனப்படும். எ.கா. *கஸ்குட்டா* (*Cuscuta*) இத்தாவரத்தின் தம்டு மெலிந்தும், வெளிறிய மஞ்சள் நிறத்திலும், இலைகள் அற்றும் காணப்படுகிறது. இது ஒம்புயிரித் தாவரத்தின் தம்டைச் சுற்றி பின்னிக் காணப்படுகிறது. இது தன் ஹாஸ்டோரியாக்கள் மூலம் ஒம்புயிர் தாவரத்தின் தம்டை துளைத்து உணவுப்பொருட்களை உறிஞ்சுகிறது.

சில தாவரங்கள் ஒம்புயிரி தாவரத்திலிருந்து ம்ரம்ம், கனிம உம்புக்களைம்ம் மட்டும் உறிஞ்சுகின்றன. இவை பசும் இலைகளைக் கொம்படும்பதால், தங்களுக்கு தேவையான உணவும் பொருட்களை தாங்களே தயாரித்துக் கொள்கின்றன. இவற்றின் ஹாஸ்டோரியாக்கள் ஒம்புயிர் தாவரத்தினை துளைத்து சைலத்துடன் மட்டும் தொடர்பு கொம்பு ம்ரினைம்ம், கனிம உம்புக்களைம்ம் உறிஞ்சுகின்றன. இத்தாவரங்கள் பகுதி ஒட்டும்ணிகள் எனப்படும். எ.கா. *விஸ்கம்* (*Viscum*).

### பூச்சியை உம்ணும் தாவரங்கள் (*Insectivorous plants*)

சில தாவரங்களால் ஒளிச்சேர்க்கை செய்து காப்போஹைட்ரேட்டை தயாரிக்க முடிகிறது. ஆனால் நைட்ரஜன் பற்றாக் குறையினால் அவற்றால் புரத்ததை தயாரிக்க முடிவதில்லை. நைட்ரஜன் பற்றாக்குறையை போக்கிக்கொள்ள இத்தாவரங்கள் பூச்சிகளை உணவாக உட்கொள்கின்றன. இக்காரணத்திற்காக இத்தாவரங்களின் இலைகள் பல்வேறு விதமாக மாறுபாடு அடைந்துள்ளன. இத்தகைய தாவரங்கள் பூச்சியை உம்ணும் தாவரங்கள் எனப்படும். எ.கா. *ட்ரஸ்ரா* (*Drosera*).

### ட்ரஸ்ரா

ட்ரஸ்ரா சதும்பு நிலங்களில் வளரும் ஒரு சிறிய தாவரமாகும். இத்தாவரம் சூரிய பனித்துளித்தாவரம் (*Sundew plant*) எனவும் அழைக்கப்படும். இத்தாவரத்தின் இலைகள் ஏராளமாக உரோமங்கள் போன்று அமைம்புகளைக் கொம்புள்ளன. அவை உணர் ம்ட்சிகள் (*Tentacles*) எனப்படும். ஒவ்வொரு ம்ட்சிம்ம் அதன் முனையில் ஒரு சுரம்பிம்டன் காணப்படுகிறது. இச்சுரம்பி ஒட்டும் தன்மை கொம்பட ஒரு திரவத்தை சுரக்கிறது. இத்திரவத்துளி சூரிய ஒளியில் பனித்துளிபோல பிரகாசிக் கின்றது. எனவேதான் இத்தாவரம் சூரிய பனித்துளித் தாவரம் எனப்படுகிறது.

பிரகாசிக்கின்ற ஒட்டும் தன்மை கொம்பட திரவத்துளியால் கவரப்படுகின்ற ஒரு பூச்சி இலையின் மீது அமர முயற்சிக்கும் போது, அது ஒட்டும் தன்மை கொம்பட அத்திரவத்துளியில் சிக்கிக் கொள்கிறது. உடனே மிகுந்த உணர்திறன் கொம்பட அந்த ம்ட்சிகள் உள்நோக்கி வளைந்து அந்த பூச்சியை சூழ்ந்து நெருக்கு கின்றன. பின்னர் அந்த சுரம்பிகள் புரத்ததை சிதைக்கும் நொதிகள் கொம்பட