

4.3 ஒளிச்சேர்க்கை

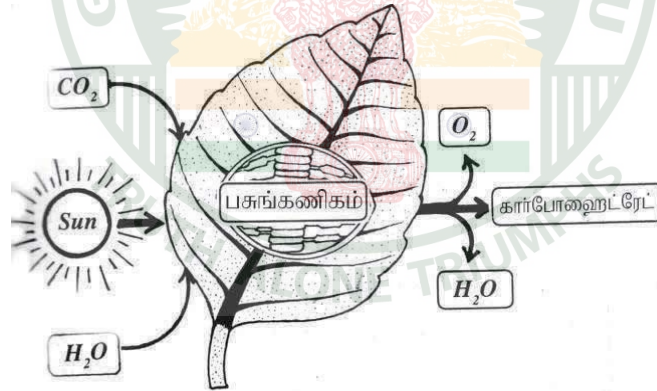
வளர்சிதை மாற்றம் (Metabolism)



- ✚ தாவரங்கள் தமக்கு வேண்டிய உணவை தாமே தயாரித்துக்கொள்கிறது.
- ✚ சூரிய ஒளியின் உதவியுடன் கார்பன்-டை-ஆக்சைடு மற்றும் நீரைப் பயன்படுத்தி பசுங்கணிகத்தில் கரிமக்கூட்டு சேர்மங்களை தயாரிக்கின்ற நிகழ்ச்சி ஒளிச்சேர்க்கை எனப்படும்.



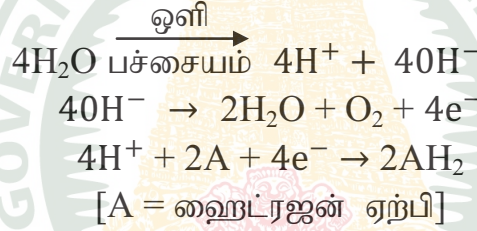
- ✚ இது ஒரு ஆக்ஸிஜனேற்ற ஒடுக்க வினையாகும். நீரானது ஆக்ஸிஜனேற்றமடைகிறது CO_2 ஆனது ஒடுக்கமடைகிறது.
- ✚ தாவரங்கள் சூரிய ஆற்றலை வேதி ஆற்றலாக மாற்றுகிறது.



ஒளிச்சேர்க்கை வரலாறு

1. ஸ்டீபன் ஹேல்ஸ் (1727): அனைத்து பசுந்தாவரங்களும் இலையின் மூலமே உணவைப் பெறுகின்றன என கண்டறிந்தார்.
2. ஜோசப் பீரிஸ்ட்லி (1733): பசுந்தாவரங்கள் காற்றை சுத்தப்படுத்துகின்றன என கூறினார்.
3. ஜான் இங்கன் ஹீஸ் (1779): தாவரங்கள் சூரிய ஒளியின் முன்னிலையில் மட்டுமே காற்றைச் சுத்தப்படுத்துகின்றன என கூறினார்.
4. லவாய்டர் (1783) :தாவரங்கள் பகலில் வெளியேற்றும் காற்றில் ஆக்ஸிஜன் உள்ளது என கூறினார்.
5. செனிபர் என்பவர் CO_2 வின் அடர்த்தி அதிகரிக்கும் போது O_2 வெளியேற்றத்தின் வேகமும் அதிகரிப்பதை நிரூபித்தார்.

6. டி சாஸர் (1807) ஒளிச்சேர்க்கை நீர் அவசியம் என நிரூபித்தார்.
7. டியூட்ரோ செட் (1837) ஒளிச்சேர்க்கை நிகழ்ச்சியில் குளோரோபில்லின் முக்கியத்துவத்தை கண்டறிந்தார்.
8. லீபிக் என்பவர் கரிமச்சேர்மமானது CO₂ மற்றும் நீரிலிருந்து உருவாக்கப்படுபவை என குறிப்பிட்டார்.
9. J.R மேயர் (1845) – தாவரங்கள் சூரிய ஆற்றலை வேதி ஆற்றலாக மாற்றுகிறது என கூறினார்.
10. J. சாக்ஸ் (1887) பச்சைய நிறமிகள் பசுங்கணிகங்களில் உள்ளது என்றும் ஒளிச்சேர்க்கையின் விளைவில் கார்போஹைட்ரேட் உருவாகிறது என கண்டறிந்தார்.
11. பிளாக்மேன் (1905) கட்டுபடுத்தும் காரணி விதியை வெளியிட்டார்
12. மொர்ஸன் மற்றும் அர்னால்ட் என்பவர்கள் ஒளிச்சேர்க்கையில் ஒளிவினைகள் மற்றும் இருள் வினைகள் நிகழ்வதை நிரூபித்தனர்.
13. வான்நீல் (1931) ஒளிச்சேர்க்கைக்கு சூரிய ஒளி அவசியம் என நிரூபித்தார். பசுந்தாவரங்களில் நீரானது புரோட்டானை வழங்குகிறது. பாக்கீரியங்களில் H₂S புரோட்டான் அளிப்பவையாக உள்ளது. ஒளிச்சேர்க்கையின் போது வெளியேறும் O₂ நீரிலிருந்து வெளியேறுகிறது என்று கண்டறிந்தார்
14. ஹில் (1930) – ஆக்ஸிஜன் கார்பன் டை ஆக்ஸைடு அற்ற சூழலில் உருவாகிறது என்று கூறினார்.



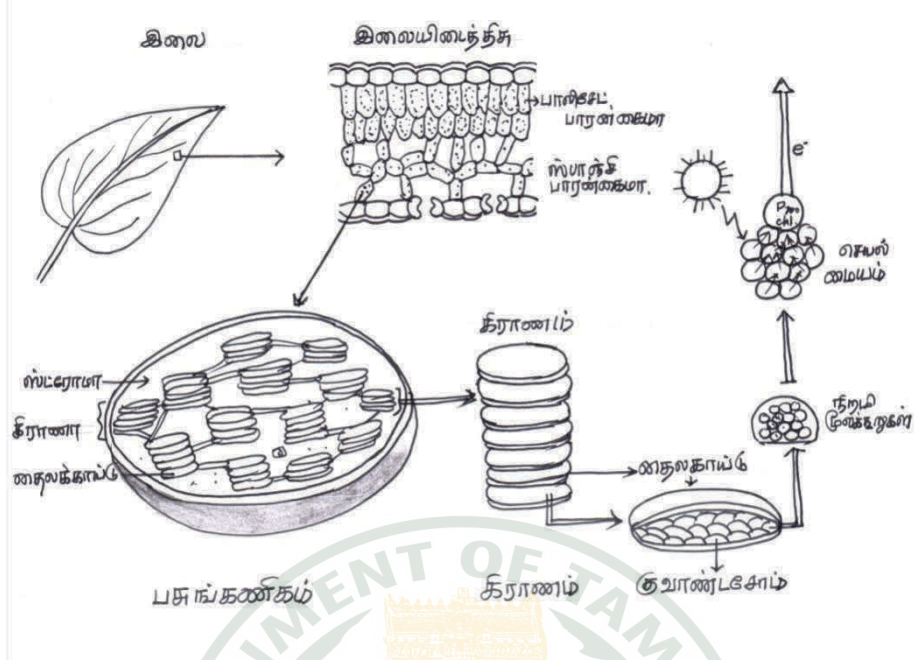
15. அர்னான் (1951) பசுங்கணிகத்தில் ஒளிபாஸ் பரீகரணம் நடைபெறுகிறது என கண்டறிந்தார்.
16. கால்வின் (1954) ஒளிச்சேர்க்கையில் கார்பன் செல்லும் வழி முறையை கண்டறிந்து, 1960-ல் நோபல் பரிசும் பெற்றார்.
17. எம்ர்சன் - கிராணாவில் இரண்டு விதமான நிறமித்தொகுப்புகள் இருப்பதை கண்டறிந்தார்.
18. ஹேட்ச் மற்றும் ஸ்லாக் (1965) என்பவர்கள் சில வெப்ப மண்டல புல் வகைகளில் C₄ வழித்தடத்தை விவரித்தார்கள்.

ஒளிச்சேர்க்கை நடைபெறும் இடம்

ஒளிச்சேர்க்கை நடைபெறும் முக்கிய தாவர உறுப்பு இலைகள் ஆகும். வறள் நிலத்தாவரங்களில் பசுமையான தண்டு ஒளிச்சேர்க்கை பணியை மேற்கொள்கிறது. ஒளிச்சேர்க்கை பசுங்கணிகத்தில் நடைபெறுகிறது.

ஒரு கனமில்லி மீட்டர் இலைப்பகுதியில் அரைமில்லியனுக்கு அதிகமான பசுங்கணிகங்கள் உள்ளன. அளவு 4-6 மைக்ரான் இரட்டைச்சவ்வினால் சூழப்பட்டுள்ளது. உட்சவ்வின் உள்ளே உள்ள பகுதி ஸ்ட்ரோமா எனப்படும். இதில் 40 முதல் 60 கிராணக்கள் உள்ளன. ஒவ்வொரு கிராணாவிலும் 10 முதல் 200 வரை உள்ள தட்டு வடிவ அமைப்பான தைலக்காய்க்குகள் ஒன்றின் மீது ஒன்றாக அடுக்கப்பட்ட நாணயங்கள் போல் உள்ளன. ஒவ்வொரு பசுங்கணிகத்திலும் புரதம் (40 – 50%) கரோட்டினாய்டு (1-2%), சாந்தோபில், வட்ட வடிவ DNA, RNA

வைட்டமின்கள் மற்றும் ஸ்டார்ச் உற்பத்திக்கு தேவையான நொதிகள் ஆகியவை உள்ளன.



ஒளிச்சேர்க்கைக்கு தேவையான மூலப்பொருட்கள்

1. CO_2
2. நீர்
3. சூரிய ஒளி
4. நிறமிகள்

1. CO_2 → வளிமண்டலத்திலிருந்து எடுத்துக் கொள்கிறது. சிறிதளவு வேர்கள் மூலம் மண்ணிலிருந்தும், நீர் வாழ்த்தாவரங்கள் நீரிலிருந்து பைகார்பனேட்டாகவும் எடுத்துக்கொள்கிறது.
2. நீர் → சல்பர் பாக்டீரியங்களைத் தவிர - உயர் தாவரங்கள் ஹைட்ரஜனை (H^+) நீரிலிருந்து பெறுகின்றன. வான் நீல் என்பவரின் கூற்றுப்படி தாவரங்களிலிருந்து வெளியேறும் O_2 - ஆனது நீரின் மூலம் கிடைக்கிறது என்று கூறினார்.
3. சூரிய ஒளி → சூரியனிலிருந்து பெறப்படும் மின்காந்த அலைகளில் கண்ணுறு ஒளியானது 390 முதல் 760 nm (3900 - 7600Å) வரையிலான அலைநீளங்களில் தாவரங்கள் ஒளியைப் பெறுகிறது.

கண்ணுக்கு புலப்படாத நுண்ணிய ஒளித்துகள் **போட்டான்கள்** எனப்படும். அதில் உள்ள ஆற்றல் குவாண்டம் எனப்படும்.

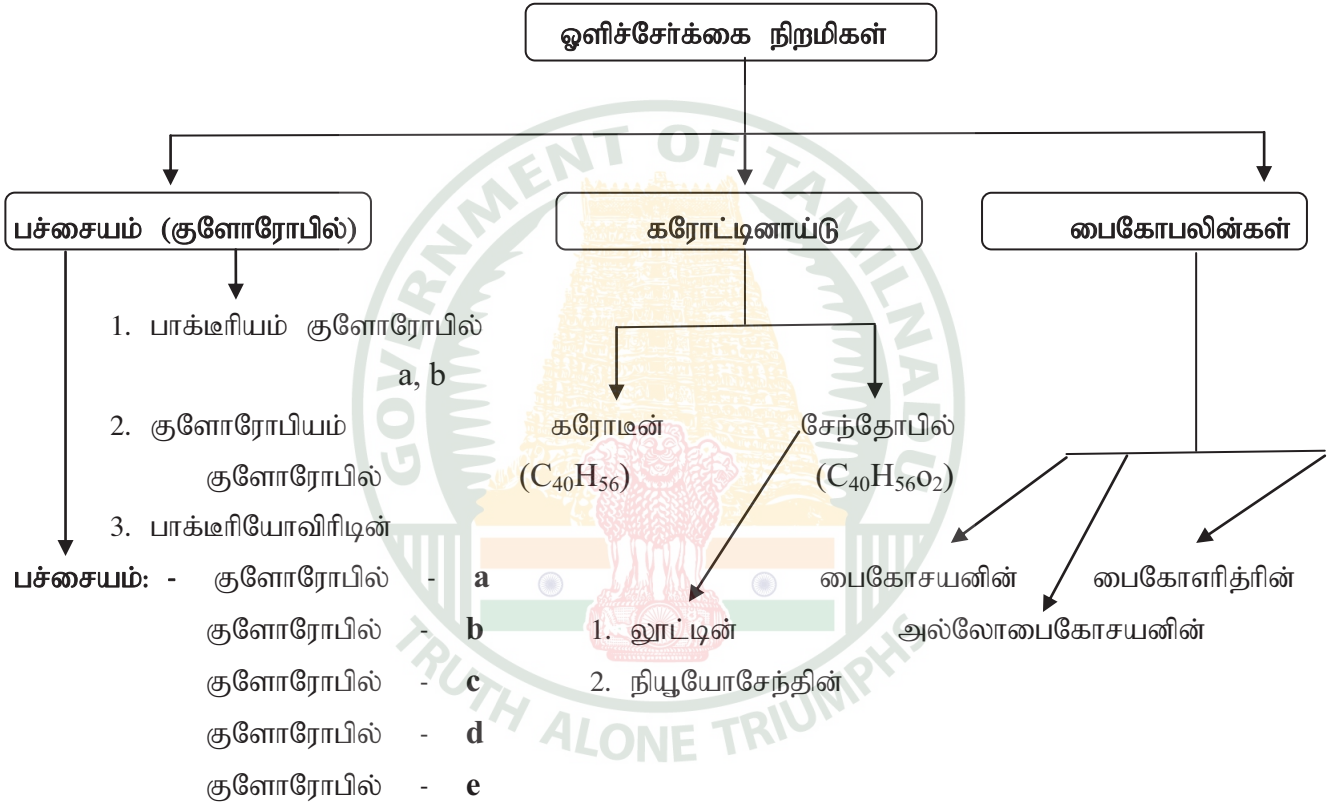
தாவரங்களின் மேல்படும் 80 சதவீத ஒளியில் 10 சதவீதம் எதிரொளிக்கப்படும் 10 சதவீதம் ஊடுருவியும் செல்கிறது. இவ்வாறு ஊடுருவிச் செல்லும் ஒளி அலையில் 1-4 சதவீதம் மட்டுமே தாவரங்களுக்கு பயன்படுகிறது.

குவாண்டம் கொள்கையின்படி சூரிய ஒளியானது நிறமற்ற நுண்ணிய ஒளித்துகள்களாக **போட்டான்** எனும் வடிவில் தாவரங்கள் பெறுகிறது.

சூரிய ஒளியின் நிறமாலையில் நீலம் மற்றும் சிவப்பு நிற ஒளி அலையில் தான் ஒளிச்சேர்க்கை நடைபெறுகிறது. இதில் நீல அலை வரிசையில் அதிக ஒளிச்சேர்க்கை வீதமும் சிவப்பு ஒளி அலைவரிசையில் குறைவாகவும் நடைபெறுகிறது. பச்சை நிற அலைவரிசையில் ஒளிச்சேர்க்கை நடைபெறுவதில்லை.

ஒளிச்சேர்க்கை நிறமிகள்

சூரிய ஆற்றலை வேதி ஆற்றலாக மாற்றுவதில் நிறமிகளுக்கு பெரும் பங்குள்ளது. ஒளிச்சேர்க்கை நிறமிகள் பசுங்கணிதத்தின் தைலகாய்டில் உள்ளது. ஒவ்வொரு தைலகாய்டிலும் பல குவாண்டசோம்கள் உள்ளன. ஒவ்வொரு குவாண்டசோமிலும் (ஒளித்தொகுப்பிலும்) 230 முதல் 400 வரை நிறமி முலக்கூறுகள் காணப்படுகின்றன.



குளோரோபில் a (பச்சையம் அ) - C₅₅H₇₂O₅N₄Mg - (Blue green)

குளோரோபில் b (பச்சையம் ஆ) - C₅₅H₇₀O₆N₄Mg - (Yellow green)

குளோரோபில் - அமைப்பு: -

குளோரோபில் முலக்கூறு இரண்டு பகுதிகளைக் கொண்டது. தலைப்பகுதி மற்றும் வால். தலைப்பகுதியில் போர்பைரின் நான்கு பார்ரோல் வளையங்களால் ஆனது. மெக்னீசியம் மையத்தில் உள்ளது. வால்பகுதியானது நீண்ட சங்கலியான கார்பன் அணுக்களால் ஆனது இது பைட்டோல் எனப்படும்.

ஒவ்வொரு பச்சையமும் ஒவ்வொரு

அலைநீளத்தில் ஒளியை ஈர்க்கும்

கரோட்டினாய்டுகள் - மஞ்சள் மற்றும் ஆரஞ்சு நிறமுடைய நிறமிகளாகும்.

பைகோபலின்கள் - சிவப்பு மற்றும் நீல நிறங்களாகும்.

போர்பைரின் வளையம்
(தலை)

பைட்டால்
(வால்பகுதி)

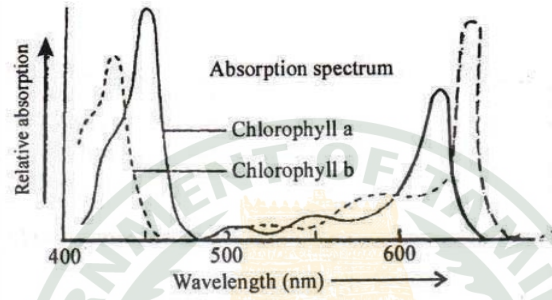
நிறமிகளின் செயல்பாடுகள்

உட்கவர் நிறமாலை (Absorption Spectrum)

கீழ்க்கண்ட வரைபடமானது பல்வேறு பொருள்களின் ஒளி உட்கவரும் அளவு மற்றும் அதன் அலைநீளம் இவற்றிற்கு இடையேயுள்ள தொடர்பினை குறிக்கிறது.

இவ்வரைபடமானது ஒளி உட்கவர் நிறமாலை மானியினால் (Spectrophotometer) பல்வேறு அலை நீளங்களுக்கு அளவிடப்பட்டுள்ளது.

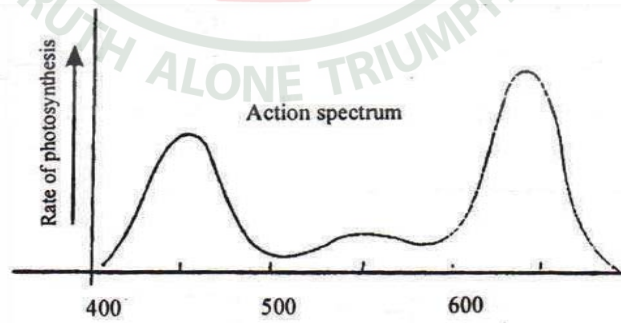
இதில் பச்சையம் நிறமிகள், அதிக அலைநீளம் கொண்ட நீலம் மற்றும் ஊதா ஒளியை அதிகமாக உட்கவரும் தன்மையினைக் கொண்டதாக உள்ளது. நிறமாலை மானியின் பல்வேறு அலைநீளங்களுக்கு இடைப்பட்ட 400nm முதல் 700nm அலைநீளங்களே ஒளிச்சேர்க்கையினை தூண்டும் அலை நீளம் (PAR) எனப்படும்.



Action spectrum (செயல்நிறமாலை):

கீழ்க்கண்ட வரைபடமானது ஒளியின் நிறமாலையின் பல்வேறு அலைநீளங்களுக்கு ஒளிச்சேர்க்கையின் வீதத்தை (அளவை) குறிப்பிடுகிறது. இதுவே ஒளிச்சேர்க்கை செயல் நிறமாலை எனப்படும்.

இவ்வரைபடத்திலிருந்து ஒளிச்சேர்க்கை வீதமானது நீலம் மற்றும் ஊதா அலை நீளங்களுக்கும் சிவப்பு மற்றும் ஆரஞ்சு அலை நீளத்திற்கும் அதிகமாக உள்ளது. இச்செயல் ஒளிச்சேர்க்கையின் செயல் நிறமாலையின் உட்கவர் நிறமாலையின் முடிவுகளுக்கு ஒத்துள்ளதாக அமைந்துள்ளது. மேலும் நிறமாலையின் நடுத்தர அலைநீளத்திற்கும் ஒளிச்சேர்க்கையின் அளவு போதுமானதாக உள்ளது.

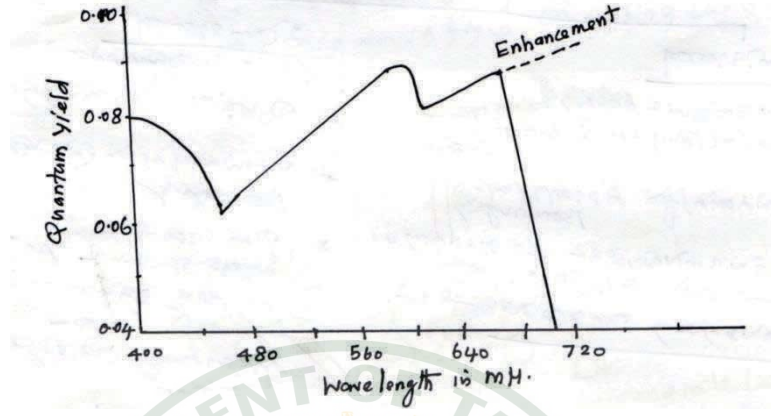


வ. எண்	உட்கவர் நிறமாலை	செயல் நிறமாலை
1	இது வெவ்வேறு அலை நீளங்களுக்கான ஒளி உட்கவரும் அளவைக் குறிப்பதாகும்	இது ஒளிச்சேர்க்கையின் வெவ்வேறு அலை நீளங்களுக்கான அளவினைக் குறிப்பதாகும்

எம்ர்சன் விளைவு (EMERSON EFFECT AND RED DROP)

ஒளிச் சேர்க்கையானது படுகின்ற ஒளி ஒற்றை அலைநீளம் மற்றும் 680 nm ஐ விட அதிகமாக உள்ள போது குறைவதை எம்ர்சன் கண்டறிந்தார். இது எம்ர்சன் விளைவு எனப்படும்.

இதுவே எம்ர்சனின் சிவப்பு அலைநீளக் குறைவு (Red Drop) எனவும் கூறலாம். வெவ்வேறு அலைநீளங்களைக் கொண்ட (குறைந்த மற்றும் அதிக அலைநீளம்) ஒளிக்கற்றைக்களை ஒரே நேரத்தில் செலுத்தும் போது ஒளிச்சேர்க்கையின் அளவு மற்ற அலைநீளங்களின் ஒளிச்சேர்க்கையின் வீதத்தை விட அதிகமாக இருப்பதை கண்டறிந்தார்.. இது எம்ர்சனின் ஒளிச்சேர்க்கையின் அளவு மற்ற அலைநீளங்களின் ஒளிச்சேர்க்கையின் அதிகரிப்பு விளைவு எனப்படும். (EMERSON ENHANCEMENT EFFECT) இது ஒளிச்சேர்க்கையின் போது O₂ வெளியிடும் தாவரங்களுக்கு பொருந்தும்.



ஒளிச்சேர்க்கையின் வீதம்:

குவாண்டம்: ஒளியானது குவாண்டம் கொள்கையின்படி நுண்ணிய ஆற்றல் பெட்டகங்களைக் (Quantum) கொண்டது. குவாண்டம் கொள்கையின்படி படுகின்ற ஒளியின் ஆற்றலானது ஒளியின் அதிர்வெண்ணிற்கு நேர்த்தகவல் இருக்கும்.

ஒளிச்சேர்க்கையின் வீதம் (அளவு) படுகின்ற ஒளியின் ஆற்றல் பெட்டகங்களுக்கு உற்பத்தி செய்யப்படும் O₂ மூலக்கூறுகளின் அளவால் அளவிடப்படுகிறது.

குவாண்டம் தேவை (Quantum requirement)

ஒரு O₂ மூலக்கூறு உருவாக்க தேவைப்படும் ஒளி நுண்ணிமங்கள் (Quantum) குவாண்டம் தேவை எனப்படும்.

இதன் மதிப்பு = 8 (1 O₂ → 8q)

குவாண்டம் உற்பத்தி (Quantum yield)

உருவாகப்படும் O₂ மூலக்கூறுகளுக்கும் அதற்கு தேவையான ஒளி நுண்ணிமங்களுக்கும் (Quantum) இடைப்பட்ட தகவு - குவாண்டம் உற்பத்தி எனலாம்.

$$\frac{1}{8} = 12.5$$

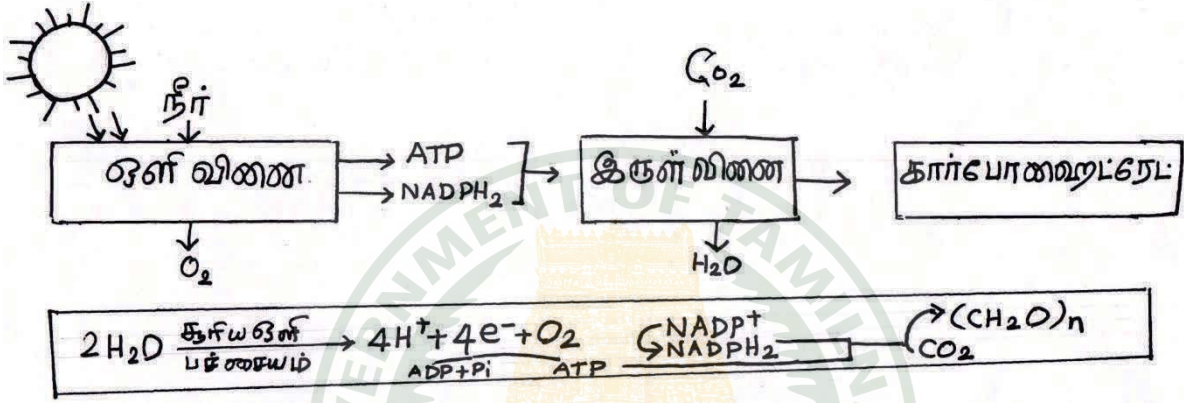
ஒளிச்சேர்க்கையில் ஒளி வினை மற்றும் இருள் வினைகள் என இரண்டு நிகழ்வுகள் உள்ளன.

ஒளிவினை

1. சூரிய ஒளியைச் சார்ந்தது
2. நிறமித் தொகுப்பு I மற்றும் II பங்கேற்கிறது.
3. பசங்கணிகத்தில் கிராணாவில் நடைபெறுகிறது
4. சூரிய ஒளி நிறமிகள் நீர் ஆகியவற்றைப் பயன்படுத்தி ATP, NADPH₂ ஆகியவற்றை உருவாக்கும் வினைகள்

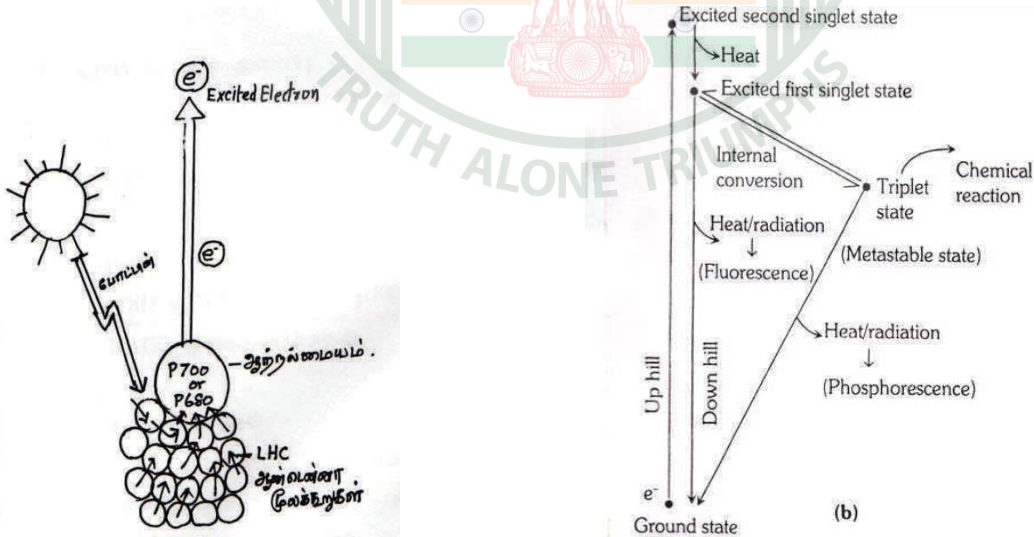
இருள்வினை

1. சூரிய ஒளி தேவையில்லை
2. நிறமித் தொகுப்பு பங்கேற்பதில்லை
3. பசங்கணிகத்தில் ஸ்ட்ரோமாவில் நடைபெறுகிறது.
4. ஒளிவினையில் உற்பத்தி செய்யப்பட்ட ATP, NADPH₂ ஆகியவற்றைப் பயன்படுத்தி CO₂ ஐ கார்போஹைட்ரேட்டாக ஒடுக்கும் வினைகள்



ஒளிச்சேர்க்கையின் போது ஒளி உட்கவர்தல் மற்றும் ஆற்றல் கடத்தப்படுதல்

ஒளிச்சேர்க்கையின் போது உட்கவரப்படும் ஒளியினை நிறமித்தொகுப்புகள் பச்சையத்திற்கு ஒத்ததிர்வு மூலம் கடத்துகின்றன.

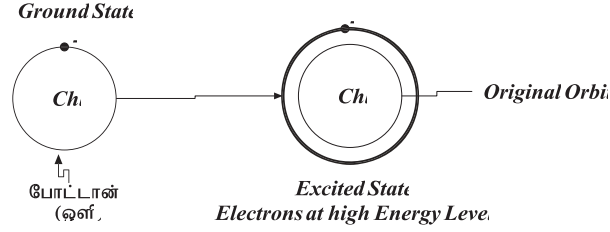


ஆரம்பநிலையில் பச்சைய மூலக்கூறு தோய்வு நிலையில் (Ground State) இருக்கும். ஒளியை உட்கவர்ந்தபின் மூலக்கூறின் எலக்ட்ரான்கள் உயர் ஆற்றல் கிளர்ச்சி நிலைக்கு (Excited state) (10^{-9} வினாடிக்குள்) எடுத்துச் செல்லப்படுகின்றது.

இந்த எலக்ட்ரான்கள் கிளர்ச்சி நிலையிலிருந்து தோய்வு நிலைக்கு திரும்பும்போது ஆற்றலை வெளிப்படுத்தும். இதுவே ஒளிர்ந்தல் எனப்படும். ஆனால் ஒளிச்சேர்க்கையின் போது

கிளர்ச்சி நிலையில் உள்ள எலக்ட்ரான் ஒளி உட்கவர்தலின் காரணமாக அதன் தற்சுழற்சி எதிர் நிலையை அடையும்.

எனவே எலக்ட்ரான் உடனடியாக தோய்வு நிலைக்கு வராமல் இடைநிலையில் இருக்கும். இதுவே எலக்ட்ரான்களின் இடைநிலை எனப்படும். (இதில் இதன் ஆயுட்காலம் 10^{-3} வினாடிகள்). இந்த எலக்ட்ரான்களின் அதிக இடை நிலைக்காலம் ஒளிவேதிவினைக்கு பயன்படுகிறது.



நிறமித் தொகுப்பு: (ஒளித்தொகுப்பு)

தாவரங்களில் இரண்டு விதமான நிறமித்தொகுப்புகள் உள்ளன. நிறமித் தொகுப்பு I (PS I) – 680 nm க்கு மேல் உள்ள ஒளி அலைகளை ஈர்க்கிறது. நிறமித்தொகுப்பு II (PS II) – 700 nm க்கு குறைவான ஒளி அலைகளை ஈர்க்கிறது.

S. No	PS I	PS II
1.	ஒளி ஈர்ப்பு மையம் P ₇₀₀ .	ஒளி ஈர்ப்பு மையம் P ₆₈₀ .
2.	முதன்மை நிறமியான பச்சையம் -a- அதிகமாகவும் மற்ற நிறமிகள் பச்சையம் -b- கரோட்டினாய்டுகள் குறைவாகவும் உள்ளது.	துணை நிறமிகளான பச்சையம் -b- கரோட்டினாய்டுகள் அதிகமாகவும் முதன்மை நிறமியான பச்சையம் -a- குறைவாகவும் உள்ளது.
3.	நீர் ஒளிபிளத்தல் நடைபெறுவதில்லை O ₂ வெளியேறுவதில்லை	நீர் ஒளிபிளத்தல் நடைபெறுகிறது. O ₂ வெளியேறுகிறது.
4.	சுழலும் மற்றும் சுழலா ஒளியாஸ் பரீகரணம் நிகழ்ச்சியில் பங்கு கொள்கிறது	சுழலா பாஸ்பரீகரண நிகழ்ச்சியில் பங்கு கொள்கிறது

எலக்ட்ரான் கடத்தும் அமைப்பு: -

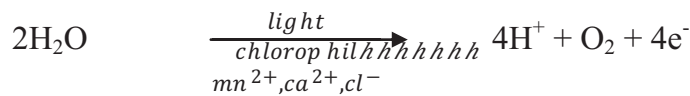
ஒளிவினையின் அனைத்து நிகழ்ச்சிகளும் இரண்டு விதமான எலக்ட்ரான் கடத்தும் அமைப்பில் நடைபெறுகிறது.

எலக்ட்ரான் கடத்தும் அமைப்பு (PSII) ஒளியீர்ப்பு மையம் – p680 பிளாஸ்டோ குயினோன், சைட்டோகுரோம் b₆ சைட்டோகுரோம் f, பிளாஸ்டோசயனின். (PSI) ஒளியீர்ப்பு மையம் p700. ∴ பெர்ரிடாக்ஸின் ஒடுக்க தளப்பொருள், பெர்ரிடாக்ஸின், NADP ஒடுக்கதளப்பொருள்.

I. நீர் ஒளிபிளத்தல்

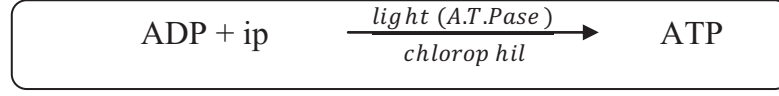
PSII – ஆக்ஸிஜனற்ற நிலையில் சூரிய ஒளியின் முன்னிலையில் பச்சையத்தில் நீரானது புரோட்டோனாகவும், எலக்ட்ரானாகவும் ஆக்ஸிஜனாகவும் பிளக்கப்படுகிறது. இதற்கு மாங்கனீஸ், கால்சியம், மற்றும் குளோரைடு அயனிகள் தேவைப்படுகிறது.

இதிலிருந்து வெளிநேறும் எலக்ட்ரான்களை PSII ஒளித்தொகுப்பே பெற்றுக் கொள்கிறது. புரோட்டான்கள் NADP ஐ NADPH₂ வாக ஒடுக்கப் பயன்படுகிறது.



II. ஒளி பாஸ்பரீகரணம்

ஒளிவினையின் போது அதிக ஆற்றலை உடைய ATP உண்டாக்கப்படுகிறது. இதற்கு ஒளி பாஸ்பரீகரணம் என்று பொர்.



இது இரண்டு வழிகளில் நடைபெறுகிறது.

1. சுழலா ஒளிபாஸ்பீகரணம்
2. சுழற்சி ஒளிபாஸ்பீகரணம்

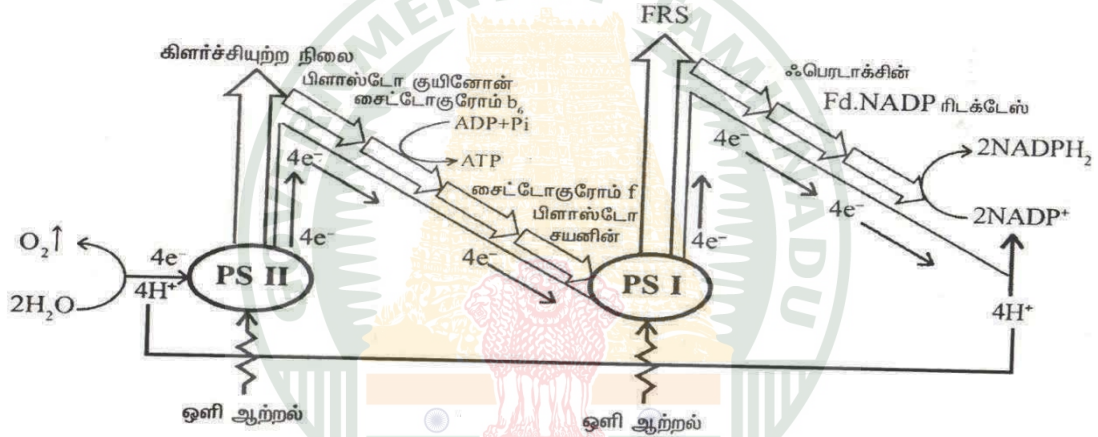
III. சுழலா ஒளி பாஸ்பீகரணம்:

PS I - ன் மூலக்கூறுகள் ஒளியால் கிளர்ச்சியடையும் போது அதிலிருந்து எலக்ட்ரான்கள் ஆற்றலுடன் வெளியேறுகின்றன.

இதிலுள்ள ஆற்றலானது NADP ஐ NADPH₂ ஆக ஒடுக்கமடையச் செய்கிறது. இங்கு PS I-ல் ஏற்படும் எலக்ட்ரான் காலியிடத்தை PSII விலிருந்து பிளாஸ்டோசயனின் வழியாக வரும் எலக்ட்ரான் நிரப்புகிறது.

PS II - ஒளியின் போட்டான்களை உட்கவரும் போது அது கிளர்ச்சியடைந்து அதிலிருந்து எலக்ட்ரான்கள் வெளியேறி பிளாஸ்டோசயனின், சைட்டோகுரோம் b₆, சைட்டோகுரோம் f மற்றும் பிளாஸ்டோசயனின் வழியாக கடத்தப்படுகின்றது.

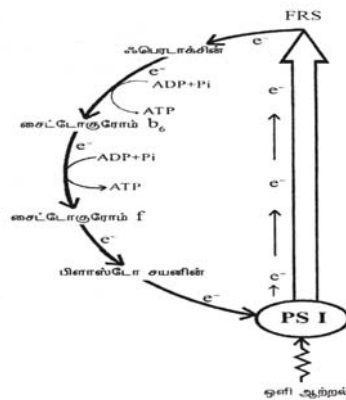
இந்நிகழ்ச்சியின் போது ADP யுடன் ஒரு பாஸ்பேட் சேர்ந்து ATP - உருவாகிறது. இங்கு ஏற்படும் எலக்ட்ரான் இழப்பை நீர் ஒளி பிளத்தல் மூலம் சரி செய்து கொள்கிறது.



IV. சுழற்சி பாஸ்பீகரணம்:

- PS I மட்டும் செயல்படும் போது
- நீர் ஒளிபிளப்பு நிகழாத போது
- அதிக அளவு ATP தேவைப்படும் போது.
- NADP ஒடுக்கத்திற்கு கிடைக்காத போது

PSI - ஒளியால் கிளர்ச்சி அடையும் போது அதிலிருந்து எலக்ட்ரான்கள் வெளியேறுகின்றன. இந்த எலக்ட்ரான்கள் பெரடாக்ஸின் ஒடுக்கதளப்பொருள் வழியாக ஃபெரடாக்ஸின் அடைகின்றன. NADP ஒடுக்கத்திற்கு இல்லாதபோது இவை பெரடாக்ஸினிலிருந்து சைட்டோகுரோம் b சைட்டோகுரோம் f மற்றும் பிளாஸ்டோசயனின் வழியாக மீண்டும் PSI - ஐ வந்து சேருகின்றன. இந்நிகழ்ச்சியில் APT - இரண்டு இடங்களில் உருவாகிறது.



S.No	சுழற்சி பாஸ்பீகரணம்	சுழலா பாஸ்பீகரணம்
1	இச்சுழற்சி சில ஒளிச்சேர்க்கை செய்யும் பாக்டீரியங்களில் நடைபெறுகிறது.	இச்சுழற்சி உயர்தாவரங்கள் மற்றும் நீலப் பசும் பாசிகளிலும் நடைபெறுகிறது.
2	காற்றில்லா சூழல் மற்றும் குறைந்த CO ₂ , குறைந்த ஒளி உள்ள சூழலில் நடைபெறும்	காற்றுள்ள சூழல், மிதமான CO ₂ அளவு, மிதமான ஒளி அளவுள்ள சூழலில் நடைபெறும்.
3	இதில் PS I மட்டும் பங்கேற்கிறது.	இதில் PS I, PS II பங்கேற்கின்றன.
4	பச்சைய மூலக்கூறிலிருந்து வெளியேற்றப்படும் எலக்ட்ரான்கள் சுழற்சியடைந்து மீண்டும் புறப்பட்ட இடத்துக்கே வந்து சேர்கின்றன.	எலக்ட்ரான்கள் சுழற்சியடைந்து திரும்புவதில்லை மற்றும் எலக்ட்ரான்களின் இழப்பு நீரின் ஒளிப்பிளத்தலால் ஈடுசெய்யப்படுகிறது.
5	இதில் நீர் ஒளிப்பிளத்தல் O ₂ வெளியேற்றம் நடைபெறுவதில்லை	இதில் நீர் ஒளிப்பிளத்தல் O ₂ வெளியேற்றம் நடைபெறுகின்றன.
6	ஒளிபாஸ்பீகரணம் இரண்டு இடங்களில் நடைபெறுகின்றன.	ஒளிபாஸ்பீகரணம் ஒரு இடத்தில் மட்டும் நடைபெறுகின்றது.
7	இங்கு NADP ⁺ ஒடுக்கம் அடைவதில்லை.	இங்கு NADP ⁺ - யானது ஒடுக்கம் அடைந்து NADP ₂ - வாக மாறுகிறது.

வேதிச் சவ்வூடுபரவல் கோட்பாடு (Chemiosmotic hypothesis)

வேதிச் சவ்வூடுபரவல் கோட்பாட்டின்படி மிட்செல் ATP-யின் உற்பத்திக்கும் தைலக்காய்டின் நுண்ணிய சவ்வுகளின் இடையேயுள்ள புரோட்டான்கள் மாறுபாட்டிற்கும் இடையே உள்ள தொடர்பை விளக்கினார்.

எலக்ட்ரான்கள் ஒளிவினையின் காரணமாக ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோர் இடத்திற்கு இடம்பெயரும் போது தைலக்காய்டு சவ்வின் உள்ளே நேர்மின் அயனிகளின் (புரோட்டான்கள்) எண்ணிக்கை அதிகமாகிறது. இது நீர் ஒளிப்பிளத்தல் நிகழ்ச்சியின் மூலமும் தைலக்காய்டு சவ்வின் உள்ளே உள்ள புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கை அதிகமாகிறது.

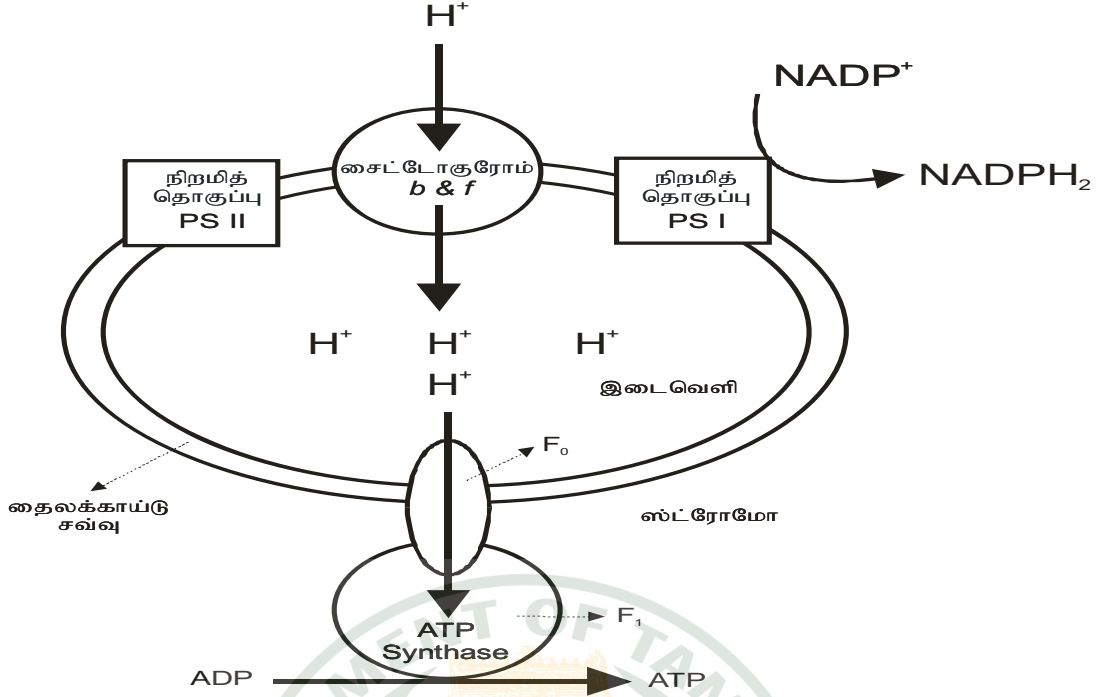
முதன்மை எலக்ட்ரான் ஏற்பி தைலக்காய்டு சவ்வின் வெளிப்புறத்தே உள்ளதால் இவ்வினை மூலம் எலக்ட்ரான்கள் கடத்தப்பட்டு புரோட்டான் ஏற்பிக்கு மாற்றுகிறது. இதன் காரணமாக சவ்வுகளின் உட்புறம் தொடர்ந்து புரோட்டான் (H⁺). அயனிகளின் எண்ணிக்கை அதிகரிக்கிறது. இந்த புரோட்டான்கள் தைலக்காய்டு சவ்வின் உட்புறம் உள்ள இடைவெளிக்கு கடத்தப்படுகிறது.

NADP ரிடக்டேஸ் என்ற நொதி தைலக்காய்டு சவ்விற்கு வெளிப்புறம் அமைந்துள்ளதால் இது எலக்ட்ரான்களை உட்கவர்ந்து கொண்டு புரோட்டான்களை PS II விலிருந்து பெற்றுக்கொண்டு NADP⁺ஐ NADPH மாற்றுகிறது. ஆகவே பசங்களிகத்தின் ஸ்ட்ரோமாவில் உள்ள புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கை குறைகிறது.

இந்த மூன்று நிகழ்ச்சிகளிலும் புரோட்டான் செறிவு தைலக்காய்டின் உள்ளே அதிகரிக்கும். இதனால் தைலக்காய்டு சவ்வின் உள்ளே P^H - ன் மதிப்பு குறைகிறது. இதன் காரணமாக புரோட்டான் செறிவு மாற்றம் காரணமாக ஆற்றலானது வெளிப்படுகிறது.

புரோட்டான்கள் - தைலக்காய்டு சவ்வில் உள்ள ATP யேஸின் F₀ - துகளின் வழியாக ஸ்ட்ரோமாவிற்கு செல்லும்பொழுது புரோட்டான்களின் செறிவு பிளவுபடுகிறது. ATP யேஸ் நொதியில் இரண்டு பகுதிகள் உள்ளன. F₀ மற்றும் F₁ - துகள்கள். F₀ துகள் வழியாக புரோட்டான்களை ஊடுருவிச் செல்ல அனுமதிக்கும். இந்த H⁺ - செறிவு மாற்றத்தால் ஏற்படும் வேறுபாட்டினால் கிடைக்கும் ஆற்றலைக் கொண்டு ATP உருவாகிறது.

ஆகவே ATP உருவாக்கத்திற்கு தைலக்காய்டு சவ்வு, புரோட்டான் பம்பு, புரோட்டான் செறிவு மாற்றம் F₀ மற்றும் F₁ - துகள் மற்றும் ATP யேஸ் நொதி ஆகியவை தேவைப்படுகிறது.



இருள் வினைகள் (CO₂ fixation)

கார்பன் நிலைப்படுத்துதல்:

ஒளிவினையினால் உண்டான ATP மற்றும் NADPH₂ ஆகியவற்றின் உதவியால் CO₂ ஆனது கார்போஹைட்ரேட்டாக ஒடுக்க அடைதல். இவ்வினையை முதன்முதலில் **பிளாக்மேன்** என்பவர் கண்டறிந்தார்.

கார்பன் நிலைநிறுத்தப்படுதல் இரண்டுவழிகளில் நடைபெறுகிறது.

1. கால்வின் சுழற்சி (C₃)
2. ஹேட்ச் மற்றும் ஸ்லாக் சுழற்சி (C₄)

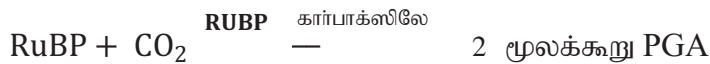
கால்வின் சுழற்சி

கால்வின் சுழற்சி 3 நிலைகளில் நடைபெறுகிறது.

1. கார்பாக்ஸிலேன் CO₂ நிலைநிறுத்தப்படுதல்
2. ஒடுக்க நிலை
3. RUPB மீண்டும் உருவாதல்

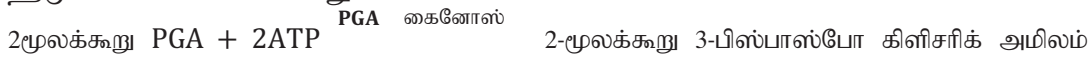
1. கார்பாக்ஸிலேன்

CO₂ நிலைநிறுத்தும் நிகழ்வில் அதை ரிபுலோஸ் 1.5-பிள் பாஸ்பேட் (RUBP) என்ற 5 கார்பன் கொண்ட சேர்மம் CO₂ ஏற்றுக் கொண்டு இரண்டு மூன்று கார்பன்கள் கொண்ட பாஸ்போகிளிசரிக் அமிலமாக (3, PGA) பிளவுகிறது. இவ்வினையை (RUBISCO) – RuBP கார்பாக்ஸிலேஸ் என்ற நொதி ஊக்குவிக்கிறது.



2. ஒடுக்க நிலை:

இரண்டு 3, PGA மூலக்கூறுகளும் இரண்டுபடிகளில் மேலும் ஒடுக்கப்பட்டு கிளிசரால் டிஹைட்ரேட்-3-பாஸ்பேட்டாக மாறுகின்றன

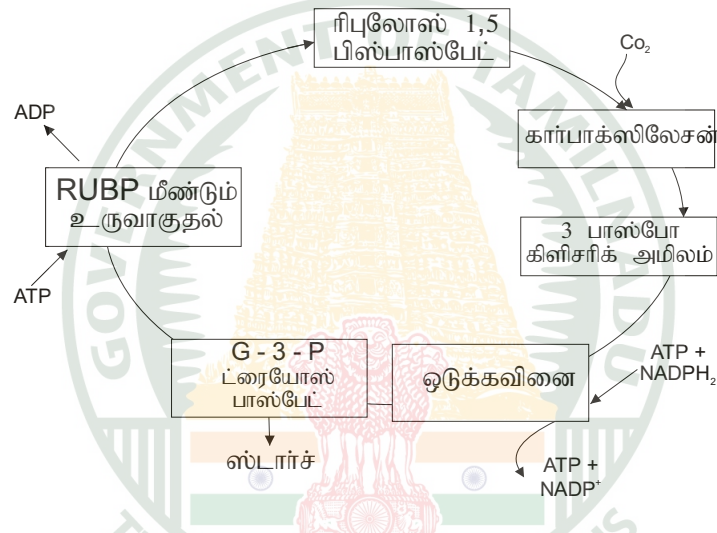


RuPB மீண்டும் உருவாகுதல்

கிளிசால்டிஹைடு 3-பாஸ்பேட் மூலக்கூறுகள் தொடர்வினைகள் மூலம் பாஸ்பேட்டுடன் கூடிய 4C, 6C மற்றும் 7C இடைநிலை கூட்டு சேர்மங்கள் தோற்றுவித்து இறுதியில் CO₂ - வை ஏற்கும் மூலக்கூறான RUBP - யாக மாற்றப்படுகின்றன.

கால்வின் சுழற்சியில் ஒவ்வொரு CO₂ மூலக்கூறும் நிலைநிறுத்த 3 ATP மூலக்கூறுகளும் 2NADPH₂ - ம் தேவைப்படுகிறது. ஒரு குளுக்கோஸ் மூலக்கூறு உருவாக அல்லது 6 CO₂ நிலைநிறுத்த 6 சுற்று சுழற்சி தேவைப்படுகிறது.

உள்ளே	வெளியே
6 CO ₂	1 - குளுக்கோஸ் மூலக்கூறு
18 ATP	18 ADP
12 NADPH ₂	12 NADP



C₄ - வழித்தடம் - ஹேட்ச்-ஸ்டாக் - வழித்தடம் (இரண்டு கார்பாக்ஸிலிக் அமில சுழற்சி)

C₄ - தாவரங்கள் கரும்பு, சோளம், மக்காசோளம், சைப்ரஸ், லாஜிட்டாரியா, அமராந்தஸ்:

இந்த தாவரங்கள் கிரான்ஸ் - உள்ளமைப்பியலைப் பெற்றுள்ளது. இத்தாவரங்களின் இலையிடைத்திசுவில் உள்ள பசுங்கணிகளில் கிராணக்களைக் கொண்டும் கற்றை உறையில் உள்ள பசுங்கணிகளில் கிராணக்கள் அற்றும் உள்ளது. இத்தாவரங்கள் இருவடிவ பசுங்கணிகளைக் கொண்டுள்ளன.

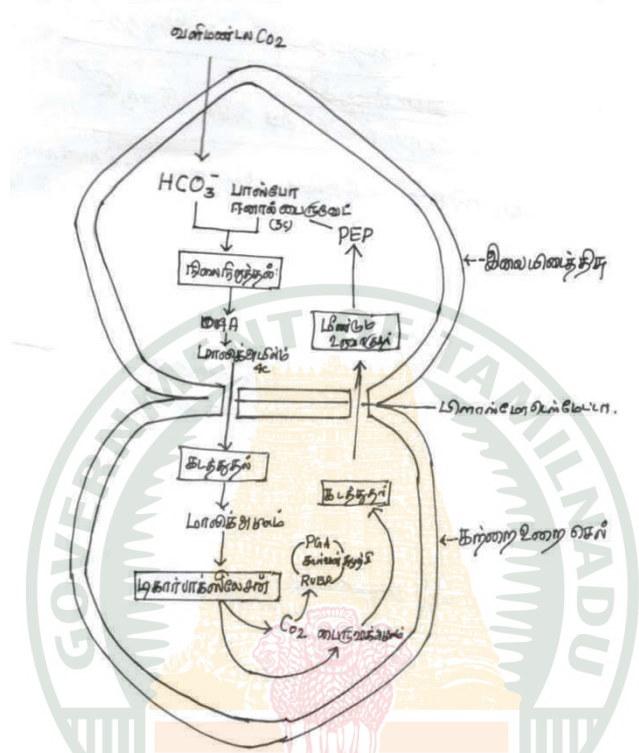
முதல் கார்பன் சேகரிப்பு இலையிடைத்திசுவில் நடைபெறுகிறது. பாஸ்போனாள் பைருவிக் அமிலம் என்ற 3C சேர்மம் CO₂ மூலக்கூறு இணைந்து PEP கார்பாக்ஸிலேஸ் என்ற நொதியுடன் ஆக்ஸிலோ அசிட்டிக் அமிலம் என்ற 4C - சேர்மமாக உருவாகிறது.

இந்த 4C கார்பன் கூட்டுப்பொருள் மாலிக் அமிலம் அல்லது ஆஸ்பார்டிக் அமிலமாக மாறுகிறது. மாலிக் அமிலம் கற்றை உறைக்கு செல்கிறது. கற்றை உறையில் மாலிக் அமிலத்திலிருந்து ஒரு CO₂ வெளியேறுவதால் பைருவிக் அமிலமாக மாறி மீண்டும் இலையிடைத் திசுவினுள் செல்கிறது. பைருவிக் அமிலம் ATP-டன் இணைந்து மீண்டும்

பாஸ்போசனால் பைருவேட் என மாறுகிறது. வெளியேறிய CO₂ கற்றை உறையில் RUBP - யுடன் இணைந்த கால்வின் சுழற்சியில் பங்கு கொள்கிறது.

கற்றை உறையில் RUBP – கார்பாக்ஸிலேஸ் என்ற நொதி அதிகளவில் உள்ளது.

C₄ - தாவரங்களில் ஒளிச்சேர்க்கை வீதம் C₃ -தாவரங்களைவிட அதிகம் காரணம் C₄- தாவரங்களில் ஒளிச்சுவாசம் நடைபெறுவதில்லை.

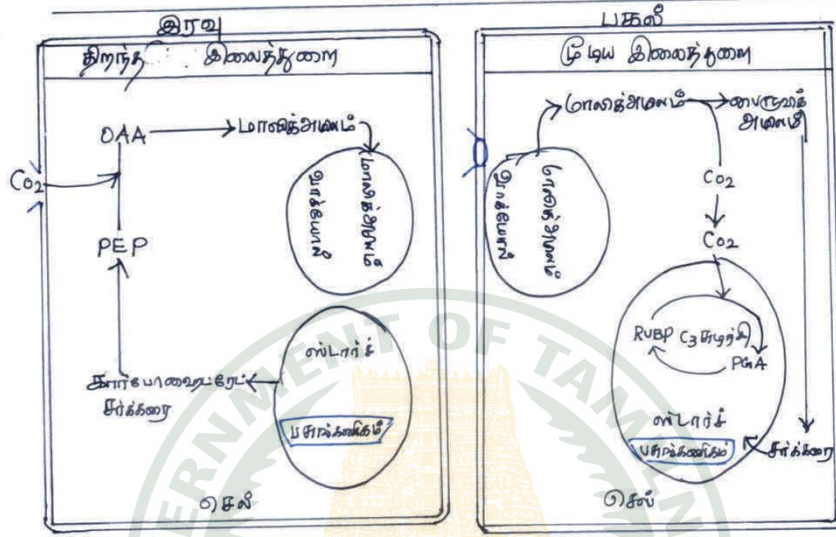


C₄ - மற்றும் C₃ - ஒளிச்சேர்க்கை வழித் தடங்களுக்கிடையே உள்ள வேறுபாடுகள்:

வ.எண்	C ₃ – வழித்தடம்	C ₄ –வழித்தடம்
1.	ஒளிச்சேர்க்கை இலையிடைத்திசு செல்களில் நடைபெறுகிறது.	ஒளிச்சேர்க்கை இலையிடைத்திசு மற்றும் கற்றை உறை செல்களில் நடைபெறுகிறது.
2.	இங்கு CO ₂ –மூலக்கூறு ஏற்பியாக RuBP உள்ளது.	பாஸ்போசனால் வைருவிக் அமிலம் CO ₂ மூலக்கூறுகளை ஏற்கிறது.
3.	இங்கு முதலில் உருவாகும் நிலையான பொருள் 3C –களைக் கொண்ட 3,PGAஆகும்.	இங்கு முதலில் உருவாகும் நிலையான பொருள் 4C – களைக் கொண்ட ஆக்சலோ அசிட்டிக் அமிலம் ஆகும்.(OAA)
4.	ஒளிச்சுவாசத்தின் அளவு இங்கு அதிகமாக இருப்பதால், நிலை நிறுத்தப் பட்ட CO ₂ மூலக்கூறுகளில் இழப்பு ஏற்படுகிறது. இது CO ₂ நிலைநிறுத்தலின் வீதத்தை குறைக்கிறது.	ஒளிச்சுவாசத்தின் அளவு மிகக்குறைவு ஏறத்தாழ இல்லை எனலாம். எனவே இங்கு CO ₂ நிலைநிறுத்தலின் வீதம் அதிகரிக்கிறது.
5.	உகந்த வெப்பநிலை 20°C– லிருந்து 25°C வரை.	உகந்த வெப்பநிலை 30°C– லிருந்து 45°C– வரை.

6.	கிரான்ஸ் உள்ளமைப்பு இல்லை (இருவடிவ பசுங்கணிகம் இல்லை)	கிரான்ஸ் உள்ளமைப்பு உண்டு (இருவடிவ பசுங்கணிகம் உண்டு)
7.	ஒளிச்சேர்க்கையின் வீதம் குறைவு	ஒளிச்சேர்க்கையின் விதம் அதிகம்
8.	C ₃ – தாவரங்களுக்கு எ.கா. நெல், கோதுமை மற்றும் உருளை, பீன்ஸ்	C ₃ – தாவரங்களுக்கு எ.கா. கரும்பு, மக்காச்சோளம், ட்ரிபுலஸ், மற்றும் அமராந்தஸ்.

கிராசுலேசன் அமில வளர்சிதை மாற்றம் (CAM – சுழற்சி):



CAM – சுழற்சியானது சதைப்பற்றுள்ள வறள் நிலத்தாவரங்களைக் கொண்ட கிராசுலேசி, யுபோர்பியோஸி மற்றும் கேக்டேஸி போன்ற குடும்பங்களில் நடைபெறுகிறது. இத்தாவரங்களில் இலைத்துளைகள் பகலில் மூடியும் இரவில் திறந்தும் இருக்கும். இது நீராவிப்போக்கின் அளவினை குறைக்கும் ஏற்பாடாகும்.

இத்தாவரங்களில் இரவில் CO₂ – ஐ PEP – கார்பாக்ஸிலேஸ் நொதியின் உதவியுடன் மாலிக் அமிலத்தில் சேமிக்கிறது. இந்த மாலிக் அமிலமானது பகலில் கால்வின் சுழற்சிக்கு பயன்படுத்திக் கொள்கிறது. இத்தாவரங்கள் சுவாசித்தலின் போது வெளியேறும் CO₂ – ம் ஒளிச்சேர்க்கைக்கு பயன்படுத்திக் கொள்கிறது.

மாலிக் அமிலமானது இரவில் வாக்யோல்கள் மூலம் சேமித்து வைத்துக் கொள்கிறது. இந்நிகழ்ச்சி முதன் முதலில் பிரையோபில்லம் தாவரங்களில் கண்டறியப்பட்டது.

இரவில் மாலிக் அமிலம் உருவாகும் நிகழ்ச்சி Phase – I (Acidification) பகலில் ஒளிச்சேர்க்கைக்கு CO₂ வெளியேறும் நிகழ்ச்சி Phase – II (Deacidification).

ஒளிச்சுவாசம் (Photorespiration) C₂ சுழற்சி

ஒளி இருக்கும்போது ஒளிச்சேர்க்கை செய்யும் திசுக்களில் வழக்கத்தை விட அதிகமாக நடைபெறுகின்ற சுவாசம் ஒளிச்சுவாசம் இந்நிகழ்ச்சியின் போது அதிக அளவு CO₂ வெளியேற்றப்படுகிறது.

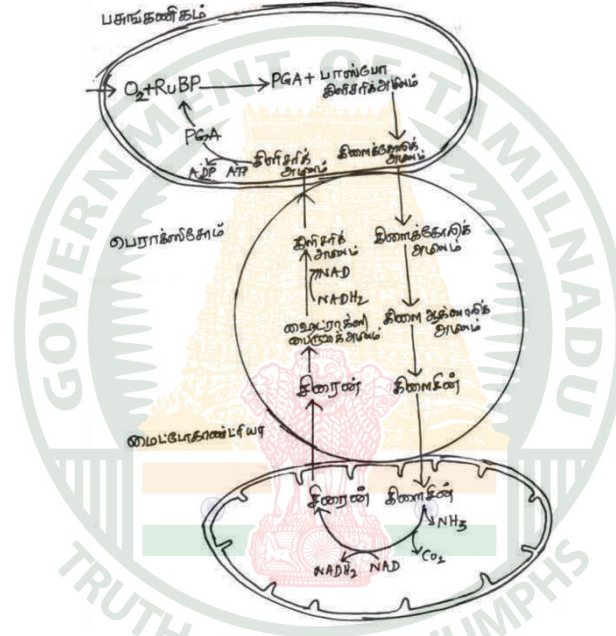
ஒளிச்சுவாசம் மூன்று செல் நுண்ணுறுப்புகளில் நடைபெறுகிறது. பசுங்கணிகம் பெராக்ஸிசோம் மற்றும் மைட்டோகாண்ட்ரியாக்கள்.

RuBisCO என்ற நொதிதான் தாவரங்களிலேயே அதிக அளவு காணப்படும் நொதியாகும். இது O_2 , CO_2 இரண்டையுமே ஏற்றுக்கொள்ளும். இது O_2 ஐ விட CO_2 வை அதிக அளவில் ஏற்றுக்கொள்ளும். ஒளிச்சுவாசத்தின் போது ATP அல்லது $NADH_2$ உருவாவதில்லை. மேலும் தாவரங்களுக்கு இந்நிகழ்ச்சி ஒரு தேவையற்றதாகவே கருதப்படுகிறது.

அதிக ஒளி, குறைவான CO_2 ஆகிய சூழ்நிலைகளில் ஒளிச்சுவாசம் தாவரங்களை ஒளி ஆக்ஸிஜனேற்ற சிதைவிலிருந்து பாதுகாக்கிறது. O_2 அளவு அதிகரிக்கும்போது ஒளிச்சுவாசத்தின் வீதம் அதிகரிக்கும் CO_2 அளவு அதிகரிக்கும் போது ஒளிச்சுவாசத்தின் வீதம் குறைந்து ஒளிச்சேர்க்கையின் வீதம் அதிகரிக்கிறது.

C_4 தாவரங்களில் ஒளிச்சுவாசம் நடைபெறுவதில்லை. RUBP ஆக்ஸிஜனேற்றம் அடைவதால் பாஸ்போ கிளைக்காலிக் அமிலம் என்ற 2C சேர்மமும் பாஸ்போகிளிசரிக் அமிலம் (PGA) என்ற 3C சேர்மமும் உண்டாகின்றன. இவற்றில் PGA கால்வின் சுழற்சியில் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

எ.கா.: நெல், பீன்ஸ், கோதுமை, பார்ல்.



ஒளிச்சுவாசத்திற்கும் இருள் சுவாசத்திற்கும் உள்ள வேறுபாடுகள்

வ.எண்	ஒளிச்சுவாசம்	இருள்சுவாசம்
1	இது ஒளிச்சேர்க்கை செல்களில் மட்டுமே நடைபெறுகிறது	இது அனைத்து உயிருள்ள செல்களிலும் நடைபெறுகிறது.
2	அது ஒளி இருக்கும்போது மட்டுமே நடைபெறும்	இது ஒளி மற்றும் ஒளி இல்லாத சூழலில் நடைபெறும்
3	இது பசுங்கணிகம் பெராக்ஸிசோம் மைட்டோகாண்ட்ரியாக்களில் நடைபெறும்	இது மைட்டோகாண்ட்ரியாவில் நடைபெறுகிறது

CO₂ சமநிலைப்புள்ளி: -

ஒளிச்சேர்க்கை நிகழ்ச்சியின் போது கார்பன்-டை-ஆக்சைடு எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. ஆக்ஸிஜன் வெளியேறுகிறது. சுவாசித்தலின் போது O_2 எடுத்துக் கொள்ளப்பட்டு CO_2 வெளியேறுகிறது.

மிதமான சூரிய ஒளியில் CO_2 -ன் செறிவானது ஒளிச்சேர்க்கையின் வீதத்திற்கும் சுவாசித்தலின் வீதத்திற்கும் சமமாக இருக்கும். இது CO_2 சமநிலைப் புள்ளி எனப்படும்.

CO_2 சமநிலைப்புள்ளியானது C_4 தாவரங்களில் மிக மிக குறைவு. (i.e 0 to 5 ppm) ஆனால் C_3 தாவரங்களில் அதிகம். (i.e 25 to 100 ppm).

ஒளிச்சேர்க்கையை பாதிக்கும் காரணிகள்:

பிளாக்மேனின் கட்டுப்படுத்தும் காரணிவிதி(1905)

இவ்விதியின் படி எக்காரணி மிகவும் தேவைக்கு குறைவான கட்டுப்படுத்தப்பட்ட நிலையில் உள்ளதோ அக்காரணிதான் ஒளிச்சேர்க்கையின் வீதத்தை கட்டுப்படுத்தும் காரணியாகும்.

1. CO_2 - அதிக அளவில் கிடைத்து மேகமூட்டத்தின் காரணமாக ஒளி மிகவும் குறைவாக இருந்தால் - சூரியஒளிதான் கட்டுப்படுத்தும் காரணி.
2. போதுமான சூரிய ஒளி, நீர் இரண்டும் கிடைத்து CO_2 அளவு குறைவாக இருந்தால், CO_2 தான் கட்டுப்படுத்தும் காரணி.

வெளிக்காரணிகள்:

1. சூரியஒளி : ஒளியின் தரம், ஒளியின் செறிவு, நேரம் மூன்றும் ஒளிச்சேர்க்கையை பாதிக்கின்றது. ஒளியின் செறிவு அதிகரிக்கும் போது ஒளிச்சேர்க்கையின் வீதம் அதிகரிக்கும். ஆனால் தீவிரமான ஒளியில் பச்சையங்கள் சிதைவதினால் ஒளிச்சேர்க்கையின் வீதம் குறையும்.
2. வெப்பநிலை : ஒளிச்சேர்க்கை தேவையான வெப்பநிலை $20 - 35^\circ \text{C}$ வரை. நொதிகளின் உதவியால் நடைபெறும் இருள் வினைகள் அதிக வெப்பநிலையில் பாதிப்புள்ளாகின்றன. குறைந்த வெப்பநிலையும் நொதிகளை செயலிழக்க வைக்கும்.
3. CO_2 : CO_2 - வின் செறிவு அதிகரிக்கும்போது ஒளிச்சேர்க்கையின் வீதம் அதிகரிக்கிறது. 550 ppm க்கும் அதிகமாக CO_2 - வின் செறிவு அதிகமாகும் போது ஒளிச்சேர்க்கை தடைப்படுகிறது.
4. O_2 : அதிகப்படியான O_2 அளவு ஒளிச்சேர்க்கையை பாதிக்கும். இதற்கு வார்ப்பார்க் விளைவு என்று பெயர்.
5. நீர் : நிலத்தில் கிடைக்கும் நீரின் அளவு ஒளிச்சேர்க்கையை பாதிக்கும் முக்கிய காரணியாகும். நீரின் அளவு குறையும் போது ஒளிச்சேர்க்கையின் வீதம் வீழ்ச்சியடைகிறது.
6. மாசுக்கள் / தடுப்பான்கள் :
புகையில் உள்ள நைட்ரஸ் ஆக்ஸைடு மற்றும் ஹைட்ரோ கார்பன்கள் இணைந்து பெராக்ஸிஅசிட்டைல் நைட்ரேட்டாக (PAN) ஆக மாறுகிறது. இது ஹில் வினையை பாதிக்கிறது. குளோரோபினைல் டை மீத்தைல் யூரியா (DCMU) போன்ற வேதிப்பொருள்கள் ஒளிச்சேர்க்கையை பாதிக்கின்றன.
7. ஊட்டப்பொருள்கள்:
நைட்ரஜன் பச்சையம் மற்றும் இருள் வினைகளில் பங்கு பெறும் நொதிகளின் முக்கிய பகுதிப் பொருளாக இருப்பதால் இதன் பற்றாக்குறை தாவரங்களை மிகவும் மோசமாக பாதிக்கின்றது.

14. கால்வின் சுழற்சியின் மூலம் ஒரு குளுக்கோஸ் உருவாக தேவைப்படுவது
 அ) $6\text{Co}_2 + 12\text{ATP}$
 ஆ) $3\text{ATP} + 2\text{NADPH}_2 + 1\text{Co}_2$
 இ) $6\text{Co}_2 + 18\text{ATP} + 12\text{NADPH}_2$
 ஈ) $6\text{Co}_2 + 18\text{ATP} + 30\text{NADH}$
15. C_4 தாவரங்களில் C_3 தாவரங்களைவிட ஒளிச்சேர்க்கையின் வீதம் அதிகமாக காரணம்
 அ) Co_2 வெளியேற்றம் தடுக்கப்படுகிறது
 ஆ) அதிகமாக பசுங்கணிகம் உள்ளது
 இ) Co_2 சமநிலைப்புள்ளி அதிகம்
 ஈ) ஒளிச்சுவாசத்தின் மூலம் வெளியேறும் Co_2 , PEP மூலமே பயன்படுத்தப்படுகிறது.
16. சமநிலைப்புள்ளியில் கீழ்க்கண்ட எது நடைபெறாது
 அ) ஒளிச்சேர்க்கை
 ஆ) தாவரங்களுக்கும் சுற்றுப்புறத்திற்கும் இடையே வாயு பரிமாற்றம்
 இ) தாவரங்களில் சுவாசம்
 ஈ) இரவில் தாவரங்களில் எடைகுறைதல்
17. நிறமித்தொகுப்பு II ல் பச்சையத்திலிருந்து வெளியேறும் எலக்ட்ரானை ஏற்றுக் கொள்வது எது
 அ) குயினோன்
 ஆ) சைட்டோகுரோம்
 இ) இரும்பு - சல்பர் புரதம்
 ஈ) பெர்ரிடாய்ஸின்
18. குறைந்த CO_2 ம் அதிக வெப்பமும் இருக்கும் போது எத்தாவரங்களில் ஒளிச்சேர்க்கை திறம்பட நடைபெறும்
 அ) C_3 - தாவரம்
 ஆ) C_4 - தாவரம்
 இ) இவை இரண்டும்
 ஈ) ஏதுமில்லை
19. கிரான்ஸ் உள்ளமைப்பியல் எத்தாவர இலைகளில் காணப்படுகிறது
 அ) கோதுமை
 ஆ) கரும்பு
 இ) கடுகு
 ஈ) உருளை
20. எம்ர்சன் விளைவு எக்கண்டுபிடிப்பிற்கு சாதனமாக இருந்தது
 அ) இரண்டு நிறமித்தொகுப்புகள் ஒரே நேரத்தில் செயல்படுகின்றன
 ஆ) ஒளிபாஸ்பரிகரணம் மற்றும் சுழல் எலக்ட்ரான் கடத்துதல்
 இ) ஆக்ஸிகரண பாஸ்பேட் சேர்ப்பு
 ஈ) ஒளிபாஸ்பரிகரணம் மற்றும் சுழலா ஒளிபாஸ்பரிகரணம்
21. C_4 - தாவரமானது C_3 - தாவரத்திலிருந்து வேறுபட காரணம்
 அ) ஒளிச்சேர்க்கையில் ஈடுப்படும் நிறமிகள்
 ஆ) எத்தனை NADPH மூலக்கூறுகள் பயன்படுத்தப்படுகிறது
 இ) இறுதிப் பொருள்
 ஈ) CO_2 -ஐ ஏற்கும் பொருள் மற்றும் முதலில் உண்டாகும் பொருள்
22. ஒளிச்சேர்க்கையைப் பற்றிய கட்டுப்படுத்தும் காரணி விதியை வெளியிட்டவர்
 அ) சு.ஹில்
 ஆ) கால்வின்
 இ) பிளாக்மேன்
 ஈ) அர்னான்
23. C_4 - தாவரங்களில் கால்வின் சுழற்சி நடைபெறும் இடம்
 அ) இலையிடைத்திசுவின் கிராணாவில் உள்ள பசுங்கணிகம்
 ஆ) இலையிடைத்திசுவின் எட்ரோமாவில் உள்ள பசுங்கணிகம்
 இ) கற்றை உறையில் உள்ள பசுங்கணிகம்
 ஈ) கால்வின் சுழற்சியே நடைபெறாது
24. யாருடைய கண்டுபிடிப்பின் படி பசுந் தாவரங்களில் CO_2 எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது CO_2 வெளியேற்றப்படுகிறது.
 அ) மேயர்
 ஆ) ஆல்ட்மேன்
 இ) ஹில்
 ஈ) பீரிஷ்ட்லி
25. கூற்று : CAM தாவரங்களில் CO_2 ஆனது இரவில் எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது
 காரணம் : இத்தாவரங்கள் நீர் இழப்பை தவிர்க்க பகலில் இலைத்துளையை மூடிக் கொள்கிறது.

அ) கூற்று மற்றும் காரணங்கள் இரண்டும் சரி மற்றும் காரணமானது கூற்றிற்கு சரியானவிளக்கம்

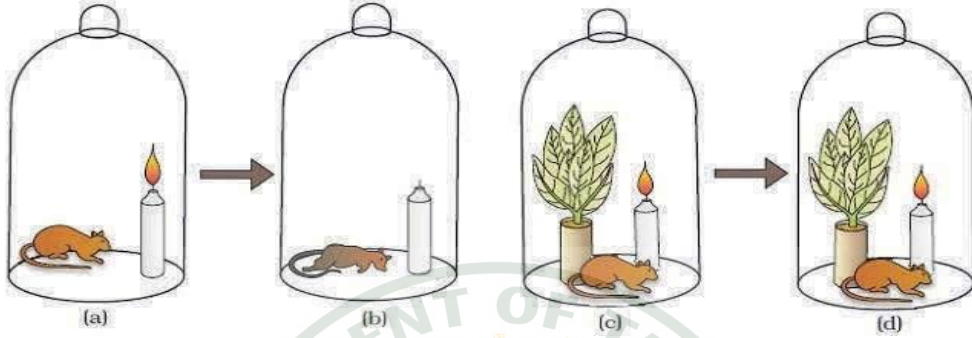
ஆ) கூற்று மற்றும் காரணங்கள் இரண்டும் சரி மற்றும் காரணமானது கூற்றிற்கு சரியானவிளக்கம்

இ) கூற்று சரி காரணம் தவறு

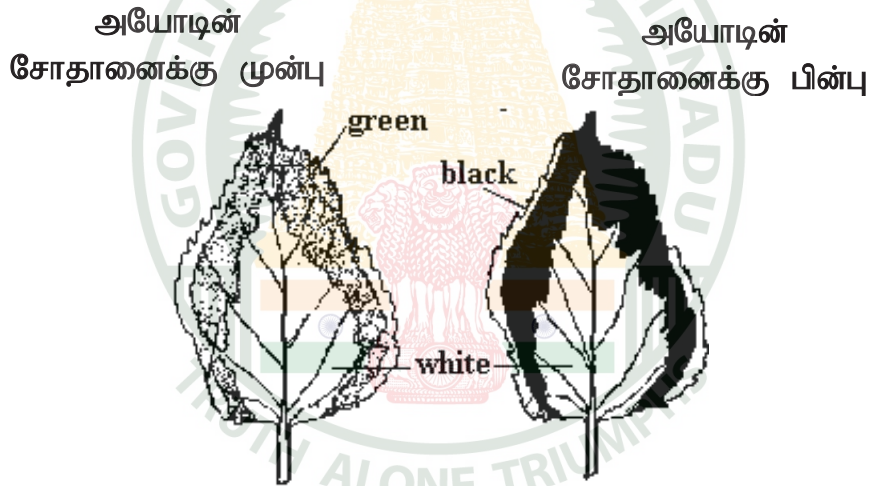
ஈ) கூற்று மற்றும் காரணம் இரண்டும் தவறு

ஒளிச்சேர்க்கை ஆய்வுகள்:

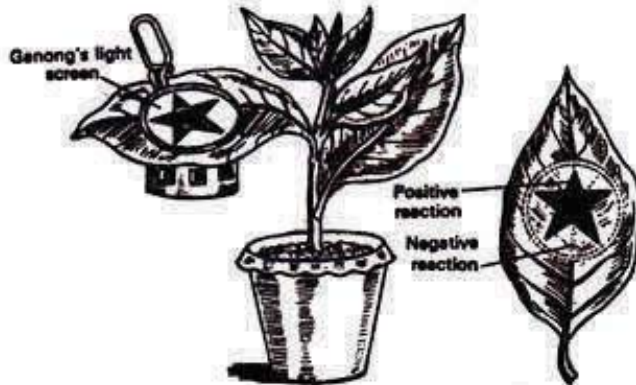
1. ஜோசப் பிரீஸ்ட்லி - தாவர வளர்ச்சிக்கு காற்று அவசியம் என்பதை நிரூபித்தல்:



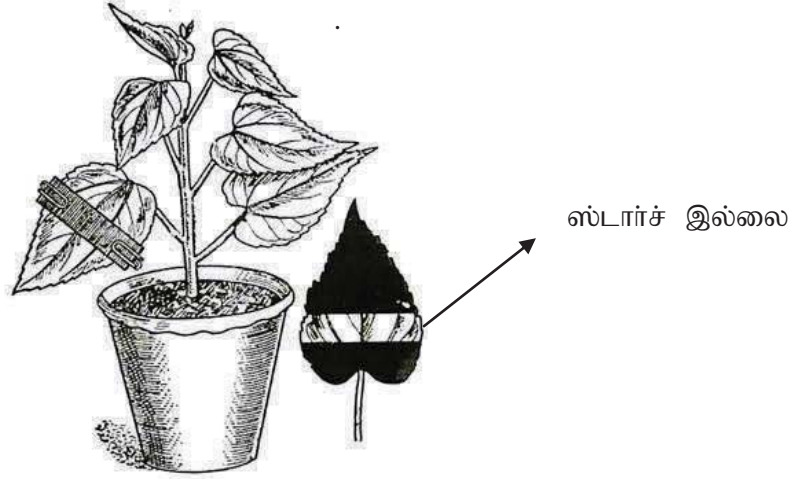
2. ஒளிச்சேர்க்கைக்கு பச்சையம் அவசியம் என்பதை நிரூபித்தல்



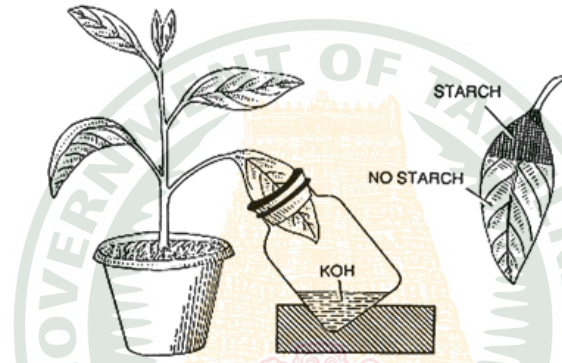
3. ஒளிச்சேர்க்கைக்கு சூரிய ஒளி அவசியம் என நிரூபித்தல் - கேனாங் ஒளித்திரை ஆய்வு



4. ஒளிச்சேர்க்கைக்கு சூரிய ஒளி அவசியம் என்பதை நிரூபித்தல்.



5. ஒளிச்சேர்க்கைக்கு CO₂ அவசியம் என நிரூபித்தல் - மோலின் அரையிலை ஆய்வு



6. ஒளிச்சேர்க்கையின் போது O₂ வெளியேறுகிறது என்பதை நிரூபித்தல் - ஆய்வுக்குழல் புணல் ஆய்வு

