அலகு V
தாவர செயலியல்

பாடம் 14

சுவாசித்தல்

கற்றல் நோக்கங்கள்

இப்பாடத்தினை கற்போர்

- குளுக்கோஸ் உடைதலின் படிநிலைகள் மற்றும் அதன் ஆக்ஸிஜனேற்ற ஒடுக்க வினைகளைக் கண்டுணர்தல்.
- காற்று சுவாசத்தைக் காற்றில்லாச் சுவாசத்திலிருந்து வேறுபடுத்துதல்.
- சுவாசித்தல் நடைபெறும் சூழல்களை விவரித்தல்
- சுவாசித்தலின் போது மைட்டோகாண்ட்ரியா செல்லின் ஆற்றல் நிலையமாகச் செயல்படுவதை உணர்ந்து கொள்ளுதல்.
- சுவாசித்தலின் போது எவ்வாறு ATP மூலக்கூறுகள் உருவாகிறது என்பதைப் புரிந்து கொள்ளுதல் இயலும்

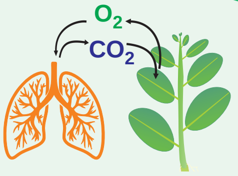
பாட உள்ளடக்கம்

14.1 வாயு பரிமாற்றம்
14.2 ATP அமைப்பு
14.3 ஒடுக்க ஆக்ஸிஜனேற்ற வினைகள்
14.4 சுவாசித்தலின் வகைகள்
14.5 சுவாசித்தலின் படிநிலைகள்
14.6 சுவாச ஈவு
14.7 காற்றில்லா சுவாசித்தல்
14.8 சுவாசித்தலைப் பாதிக்கும் காரணிகள்
14.9 பென்டோஸ் ஃபாஸ்பேட் வழித்தடம்.

LBRCHQ

தாவரம் மற்றும் விலங்குகள் ஒன்றோடொன்று சார்ந்திருக்கும் விதம்

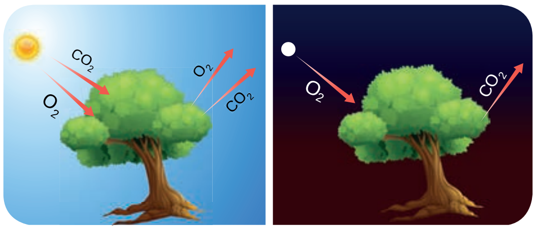
உயிர்க்கோளத்தில் தாவரங்களும் விலங்குகளும் இரு வேறுபட்ட அமைப்புகளாக இருப்பினும் ஒன்றோடொன்று இணைந்தே வாழ்க்கையை அமைத்துக் கொள்கின்றன. தாவரங்களில் ஆக்ஸிஜன் இலைத்துளை வழியாக நுழைந்து செல்களுக்குக் கடத்தப்பட்டு அங்கே ஆக்ஸிஜன் பயன்படுத்தப்பட்டு ஆற்றல் உருவாகிறது. தாவரங்கள் வாழ்வதற்கும் ஒளிச்சேர்க்கை வாயிலாகக் கார்போஹைட்ரேட்டுகளை தயாரிக்கவும் ஆக்ஸிஜனை வெளியிடுவதற்கும் போதுமான கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடு தேவைப்படுகிறது. மனிதன் மூக்கின் வழியாக இந்த ஆக்ஸிஜன் மூலக்கூறுகளை உள்ளிழுத்துப் பின்பு இது நுரையீரலுக்குக் கடத்தப்பட்டு அங்கிருந்து செல்லிற்கு இரத்தத்தின் மூலமாக அனுப்பப்படுகிறது. செல் சுவாசித்தல் செல்லுக்குள் நடைபெறுகிறது. ஆக்ஸிஜனைச் செல்லினுள் செலுத்தும் சிறப்பு வாய்ந்த சுவாச அமைப்பு விலங்குகளில் உள்ளது. ஆனால் இது தாவரங்களில் இல்லை. ஆக்ஸிஜனைச் செல்லுக்குள் புகுத்தி நிகழ்த்தும் செல் சுவாசித்தலின் நிலைகள் தாவரங்கள் மற்றும் விலங்குகள் இரண்டிலும் ஒரே மாதிரியாகவும் பரிணாம வேறுபாட்டை இது குறிப்பதாகவும் உள்ளது.



இரவு நேரத்தில் மரத்தின் அடியில் நீங்கள் உறங்கும் போது மூச்சு விடுவதற்குச் சிரமமாக இருப்பதை உணர்வீர்கள். இரவு நேரத்தின் போது தாவரங்கள் ஆக்ஸிஜனை எடுத்துக் கொண்டு கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடை வெளியிடுவதன் காரணமாக மரத்தைச் சுற்றிலும் கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடு மிகுந்து காணப்படுகிறது. CO_2 வெளியிடும் இந்த நிகழ்ச்சி **சுவாசித்தல்** எனப்படும். இந்த நிகழ்ச்சியானது பகல் நேரங்களிலும் நடைபெறும் (படம் 14.1). இந்த நிகழ்ச்சியின் போது சுவாசத் தளப்பொருள்கள் சிதைந்து ஆற்றல் வெளியிடப்படுகிறது. இப்பாடத்தில் தாவர செல்லுக்குள் நடைபெறும் சுவாசித்தல் நிகழ்வு பற்றி விவரிக்கப்பட்டுள்ளது.

14.1 வாயு பரிமாற்றம் (Gaseous exchange)

14.1.1 சுவாசித்தல் (Respiration)



படம் 14.1 தாவரங்களின் வாயு பரிமாற்றம்

சுவாசித்தல் என்ற வார்த்தை பெபிஸ் (1966) என்பவரால் முதன்முதலில் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டது. சுவாசித்தல் என்பது ஒரு உயிரியல் நிகழ்ச்சி, இதில் பலதரப்பட்ட உணவுப் பொருட்களான கார்போஹைட்ரேட்டுகள், புரதங்கள் மற்றும் கொழுப்புகள் ஆக்ஸிஜனேற்றமடைந்து இந்த நிகழ்ச்சியின் போது O_2 உள்ளெடுக்கப்பட்டு CO_2 வெளியிடப்படுகிறது. இதன் விளைவாக ஆற்றல் உருவாகிறது, சுவாசித்தலின் போது ஆக்ஸிஜனேற்றமடையும் கரிமப் பொருள்கள் சுவாசத் தளப்பொருள்கள் எனப்படும். இவற்றுள் குளுக்கோஸ் ஒரு பொதுவான சுவாசத் தளப்பொருள் ஆகும். C-C பிணைப்புகளைக் கொண்ட சிக்கலான கரிமச் சேர்மங்கள் ஆக்ஸிஜனேற்றத்தின் போது செல்லுக்குள் ஆற்றலாய் வெளியிடப்படுகிறது. சுவாசித்தலின் போது வெளியிடப்படும் இந்த ஆற்றல் ATP (அடினோசின் ட்ரை ஃபாஸ்பேட்) வடிவத்தில் சேமித்து வைக்கப்படுவதோடு வெப்பமாகவும் வெளியேற்றப்படுகிறது. சுவாசித்தல் உயிரினங்களின் அனைத்து உயிருள்ள செல்களிலும் நடைபெறும். சுவாசித்தலின் ஒட்டுமொத்த நிகழ்ச்சி ஒளிச்சேர்க்கை நிகழ்ச்சிக்குத் தலைகீழாக ஒத்து காணப்படும்.

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{ஆற்றல்}$$

(686 K cal or 2868 KJ)

(1K cal = 4.184 KJ)

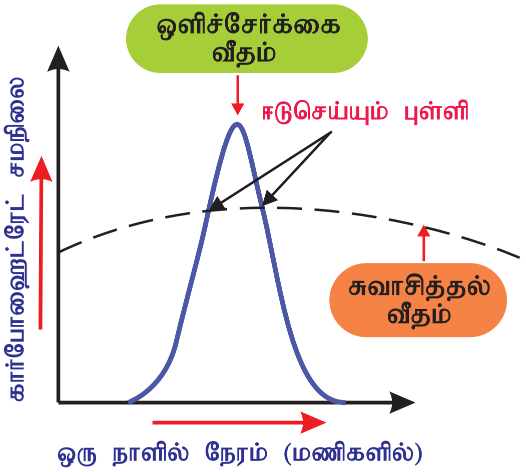
சுவாசத் தளப்பொருளின் தன்மையைப் பொறுத்து **பிளாக்மேன்** சுவாசித்தலை இவ்வாறு பிரிக்கிறார்.

1. மிதவை சுவாசித்தல் (Floating respiration)
2. புரோட்டோபிளாஸ்ம சுவாசித்தல் (Protoplasmic respiration)

கார்போஹைட்ரேட் அல்லது கொழுப்பு அல்லது கரிம அமிலம் சுவாச தளப்பொருளாகப் பயன்படுத்தப்படும் வினை **மிதவை சுவாசித்தல்** எனப்படும். இது ஒரு பொதுவான சுவாசித்தல் முறையோடு மட்டுமின்றி இம்முறையில் எந்தவொரு நச்சு பொருளும் உருவாவதில்லை. அதே சமயம் சுவாசத்தின் போது புரதம் சுவாசத் தளப்பொருளாகப் பயன்படுத்தப்பட்டால் அது **புரோட்டோபிளாஸ்ம சுவாசித்தல்** எனப்படும். புரோட்டோபிளாஸ்ம சுவாசித்தல் அரிதாக நடைபெறும் ஒரு முறையாகும். இம்முறையில் புரோட்டோபிளாசத்தில் உள்ள அமைவு மற்றும் செயல் புரதங்கள் சிதைவடைந்து நச்சுத்தன்மை கொண்ட அம்மோனியங்கள் வெளியிடப்படுகின்றன.

14.1.2 ஈடுசெய்யும் புள்ளி (Compensation point)

அதிகாலை மற்றும் அந்திப் பொழுதில் ஒளியின் செறிவு குறைவாக இருக்கும். சுவாசித்தலின் போது வெளியிடப்படும் CO_2 ஒளிச் சேர்க்கையின் போது பயன்படுத்தப்படும் CO_2 வை எந்தப் புள்ளியில் ஈடுசெய்கிறதோ அதாவது நிகர வாயு பரிமாற்றம் நிகழாமல் இருந்தால் இதுவே **ஈடுசெய்யும் புள்ளி** எனப்படும். அந்தச் சமயத்தில் ஒளிச்சேர்க்கையின் போது வெளியிடப்படும் ஆக்ஸிஜன் சுவாசித்தலின் போது பயன்படுத்தப்படும் ஆக்ஸிஜனின் அளவிற்குச் சமமாக இருக்கும். இரண்டு பொதுவான காரணிகள் ஈடுசெய்யும் புள்ளியுடன் தொடர்பு கொண்டுள்ளது. அவை CO_2 மற்றும் ஒளி ஆகியவையாகும். (படம் 14.2). இதனை அடிப்படையாக வைத்து இரண்டு வகையான ஈடுசெய்யும் புள்ளிகள் அறியப்பட்டுள்ளது. அதாவது CO_2 ஈடுசெய்யும் புள்ளி மற்றும் ஒளி ஈடுசெய்யும் புள்ளி. C_3 தாவரங்களின் CO_2 ஈடுசெய்யும் புள்ளியின் மதிப்பு 40–60 ppm (parts per million) ஆகும். ஆனால் C_4 தாவரங்களில் இது 1–5 ppm ஆக உள்ளது.



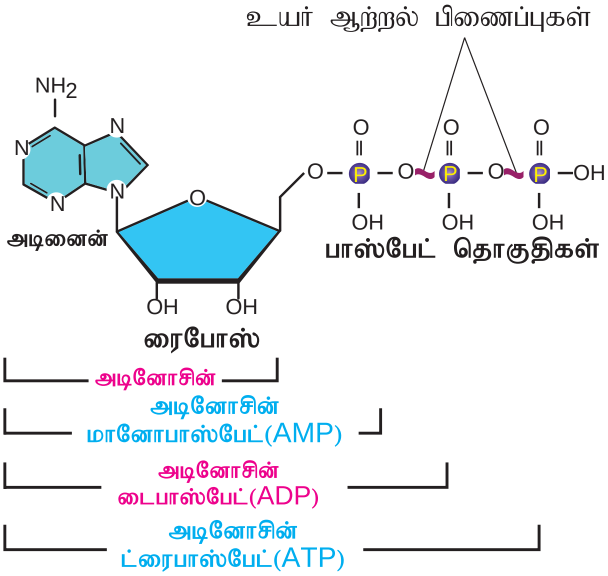
படம் 14.2 ஈடுசெய்யும் புள்ளி

14.2 ATP அமைப்பு (Structure of ATP)

ATP உற்பத்திக்கு சுவாசித்தல் நிகழ்ச்சி காரணமாக உள்ளது. **கார்ல் லோமென்** (1929) என்பவர் ATP யைக் கண்டறிந்தார். ATP ஒரு நியுக்ளியோடைடு இதில் அடினைன் என்ற ஒரு காரம், ரைபோஸ் எனும் பெண்டோஸ் சர்க்கரை மற்றும் மூன்று ஃபாஸ்பேட் தொகுதிகள் காணப்படும். மூன்று ஃபாஸ்பேட் தொகுதிகளில் இறுதியில் உள்ள இரண்டு ஃபாஸ்பேட்டுகள் உயர் ஆற்றல் பிணைப்புகளால் இணைக்கப்பட்டுள்ளது (படம் 14.3). ஒரு ATP நீராற்பகுப்படையும் போது 7.3 கிலோ கலோரி அல்லது 30.6 கிலோ ஜூல் ஆற்றல் வெளிப்படுகிறது. இது அனைத்து உயிர்செல்களிலும்

11th_BIO-BOTANY_CH 14-TM.indd 282 5/18/2020 9:25:24 AM

காணப்படுகிறது. ஆகவே இது **செல்லின் ஆற்றல் நாணயம்** என்று அழைக்கப்படுகிறது. ATP செல்லுக்குள் உருவாகும் ஒரு உடனடி ஆற்றல் மூலமாகும். ATP யிலிருந்து பெறப்படும் ஆற்றல் கார்போஹைட்ரேட்டுகள், புரதங்கள் மற்றும் கொழுப்புகள் உருவாக்கத்திற்குப் பயன்படுகிறது. இதனடிப்படையில் **லிப்மேன்** (1941) என்பவர் ஆற்றல் மாற்றக் கருத்தாக்கத்தை உருவாக்கினார்.



படம் 14. 3 ATP யின் மூலக்கூறு அமைப்பு

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

செல்லுக்குள் ATP மட்டுமே அதிக ஆற்றல் கொண்ட சேர்மம் அல்ல. வேறுசில அதிக ஆற்றல் கொண்ட சேர்மங்களும் உள்ளன. எடுத்துக்காட்டு GTP (குவானோசின் ட்ரை ஃபாஸ்பேட்) மற்றும் UTP (யூரிடின் ட்ரை ஃபாஸ்பேட்).

14.3 ஒடுக்க ஆக்ஸிஜனேற்ற வினைகள் (Redox reactions)

$$NAD^+ + 2e^- + 2H^+ \longrightarrow NADH + H^+$$

$$FAD + 2e^- + 2H^+ \longrightarrow FADH_2$$

ஆக்ஸிஜனேற்ற நிலையில் உள்ள NAD^+ (நிகோட்டினமைடு அடினைன் டைநியுக்ளியோடைடு) மற்றும் FAD (ப்ளேவின் அடினைன் டைநியுக்ளியோடைடு) எலக்ட்ரான்கள் ஒன்று அல்லது இரண்டு ஹைட்ரஜன் அயனிகளை (புரோட்டான்கள்) ஏற்றுக் கொண்டு முறையே $NADH + H^+$ மற்றும் $FADH_2$ என்ற ஒடுக்க நிலைக்கு மாறுகின்றன. இவை எலக்ட்ரான்கள் மற்றும் ஹைட்ரஜனை இழக்கும்போது மீண்டும் ஆக்ஸிஜனேற்ற நிலைக்குத் திரும்புகின்றன. NAD^+ மற்றும் FAD எலக்ட்ரான்களை ஏற்றுக் கொண்டோ (ஒடுக்கம்) அல்லது இழந்தோ (ஆக்ஸிஜனேற்றம்) நடைபெறும் வினைகள் **ஒடுக்க ஆக்ஸிஜனேற்ற வினைகள்** (ஆக்ஸிஜனேற்ற ஒடுக்க வினைகள்) எனப்படுகின்றன. செல் சுவாசித்தலில் இந்த வினைகளே முக்கியப் பங்காற்றுகின்றன.

Handy mnemonic

LEO என்னும் சிங்கம் கர்ஜிக்கிறது.
(LEO the lion says GER)

LEO- Loss Of Electrons - Oxidation

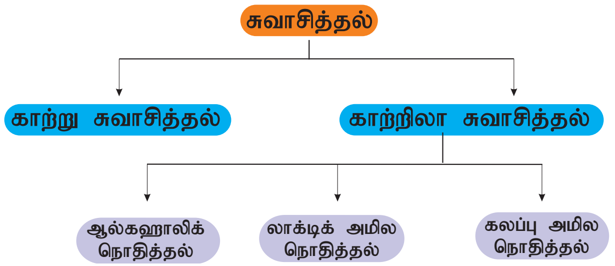
எலக்ட்ரான்கள் இழப்பு (ஆக்ஸிஜனேற்றம்)

GER- Gain Of Electrons - Reduction

எலக்ட்ரான்கள் ஏற்பு (ஒடுக்கம்)

14.4 சுவாசித்தலின் வகைகள் (Types of Respiration)

காற்று சுவாசித்தல் மற்றும் காற்றில்லாச் சுவாசித்தல் என இரண்டு வகைகளாகச் சுவாசித்தல் பிரிக்கப்படுகிறது (படம் 14. 4).



படம் 14.4 சுவாசித்தலின் வகைகள்

14.4.1 காற்று சுவாசித்தல் (Aerobic respiration)

ஆக்ஸிஜன் உள்ள போது நடைபெறும் சுவாசித்தல் **காற்று சுவாசித்தல்** எனப்படும். காற்று சுவாசித்தலின் போது உணவுப் பொருட்களான கார்போஹைட்ரேட்டுகள், கொழுப்புகள் மற்றும் புரதங்கள் முழுவதும் ஆக்ஸிஜனேற்றமடைந்து CO_2, H_2O மற்றும் ஆற்றல் வெளியிடப்படுகிறது. காற்று சுவாசித்தல் மிகச் சிக்கலான ஒரு நிகழ்ச்சியாகும். இது நான்கு படிநிலைகளில் நடைபெறுகிறது

1. கிளைக்காலைசிஸ்
2. பைருவேட் ஆக்ஸிஜனேற்றம் (இணைப்பு வினை)
3. கிரப்ஸ் சுழற்சி (TCA சுழற்சி)
4. எலக்ட்ரான் கடத்துச் சங்கிலி (இறுதி ஆக்ஸிஜனேற்றம்)

11th_BIO-BOTANY_CH 14-TM.indd 283 5/18/2020 9:25:25 AM

அட்டவணை 14.1 காற்று மற்றும் காற்றிலாச் சுவாசித்தலுக்கிடையே வேறுபாடுகள்	
காற்று சுவாசித்தல்	**காற்றிலாச் சுவாசித்தல்**
1. இது உயர் நிலை உயிரினங்களின்அனைத்து உயிருள்ள செல்களிலும் நடைபெறுகிறது.	பூஞ்சை மற்றும் சில பாக்டீரியங்களில் இது நடைபெறுகிறது.
2. சுவாசத் தளப்பொருள் உடைவதற்கு ஆக்ஸிஜன் தேவைப்படுகிறது.	சுவாசத் தளப்பொருள் உடைவதற்கு ஆக்ஸிஜன் தேவையில்லை.
3. CO_2 மற்றும் H_2O இறுதி விளைபொருள்கள் ஆகும்.	ஆல்கஹால் மற்றும் CO_2 அல்லது லாக்டிக் அமிலம் இறுதி விளைபொருள்கள் ஆகும்.
4. ஒரு மூலக்கூறு குளுக்கோஸ் ஆக்ஸிஜனேற்றமடையும் போது 36 ATP மூலக்கூறுகளை உருவாக்குகிறது.	2 ATP மூலக்கூறுகள் மட்டும் உருவாகிறது.
5. கிளைக்காலைசிஸ், இணைப்பு வினை, TCA சுழற்சி மற்றும் எலக்ட்ரான் கடத்துச் சங்கிலி போன்ற நான்கு நிலைகள் காணப்படும்.	கிளைக்காலைசிஸ் மற்றும் நொதித்தல் போன்ற இரண்டு நிலைகள் காணப்படும்.
6. சைட்டோபிளாசம் மற்றும் மைட்டோகாண்ட்ரியாவில் இது நடைபெறுகிறது.	சைட்டோபிளாசத்தில் மட்டும் இது நடைபெறுகிறது.

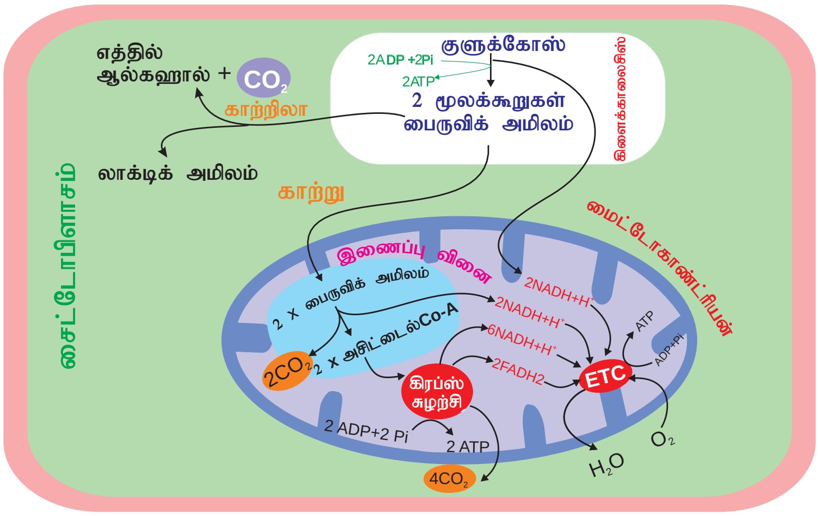
14.4.2 காற்றிலாச் சுவாசித்தல் (*Anaerobic respiration*)

ஆக்ஸிஜன் மூலக்கூறு இல்லாத போது குளுக்கோஸ் முழுமையற்றுச்சிதைந்துஎத்தில்ஆல்கஹாலாகவோ அல்லது லாக்டிக் அமிலமாகவோ மாறுகிறது (அட்டவணை14.1). இதில் இரண்டு படிநிலைகள் உள்ளது

1 கிளைக்காலைசிஸ்
2. நொதித்தல்

14.5 சுவாசித்தல் படிநிலைகள் (Stages of Respiration)

1. கிளைக்காலைசிஸ் – செல்லின் சைட்டோபிளாசத்தில் உள்ள குளுக்கோஸைப் பைருவிக் அமிலமாக மாற்றுகிறது.
2. இணைப்பு வினை – மைட்டோகாண்ட்ரிய உட்கூழ்மத்தில் பைருவிக் அமிலத்தை அசிட்டைல் Co A வாக மாற்றுகிறது.
3. கிரப்ஸ் சுழற்சி – மைட்டோகாண்ட்ரிய மேட்ரிக்ஸில் அசிட்டைல் Co A வை கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடாகவும் நீராகவும் மாற்றுகிறது
4. கிளைக்காலைசிஸ் இணைப்பு வினை மற்றும் கிரப்ஸ் சுழற்சியின் போது உருவாகும் பொருட்களிலிருந்து நைட்ரஜன் அயனி நீக்கம் மற்றும்எலக்ட்ரான் கடத்து சங்கிலியில் நிகழ்கிறது. இது மைட்டோகாண்டிரிய உட்சவ்வில் நடைபெறுகிறது மற்றும் இதில் ATP-யோடு இறுதி ஆக்ஸிஜனேற்றத்தினால் நீர் மூலக்கூறுகளும் வெளியிடப்படுகின்றன (படம் 14.5).

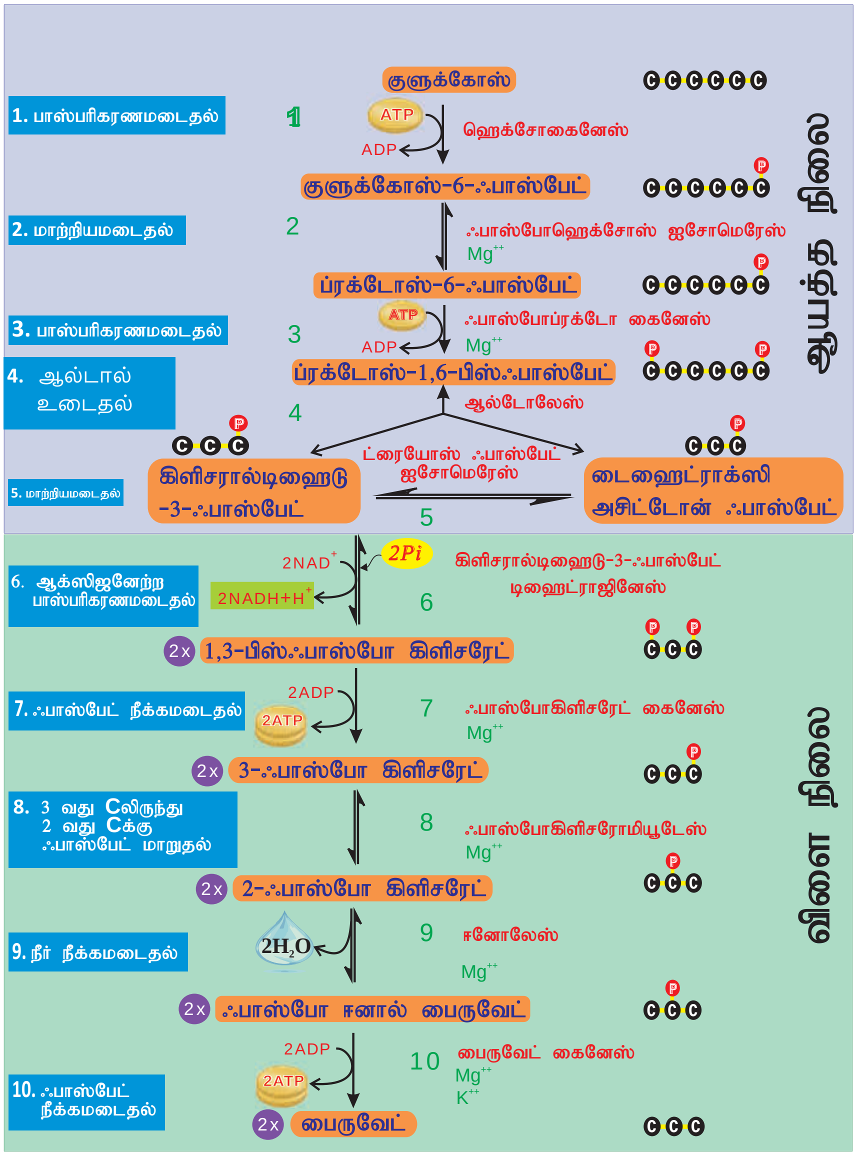


படம் 14. 5 சுவாசித்தலின் ஒட்டுமொத்தச் சுருக்கம்

14.5.1 கிளைக்காலைசிஸ் (*Glycolysis*)

(Greek: *Glykos* = குளுக்கோஸ், *Lysis* = உடைதல்) கிளைக்காலைசிஸ் என்பது 6-கார்பன் கொண்ட குளுக்கோஸ் இரண்டு மூலக்கூறு 3-கார்பன் கொண்ட பைருவிக் அமிலமாக உடையும் நிகழ்வு தொடர்வினைகள் ஆகும். கிளைக்காலைசிஸ் நிகழ்ச்சிக்குத் தேவையான நொதிகள் அனைத்தும் சைட்டோபிளாசத்தில் காணப்படுகிறது. (படம் 14.6). மூன்று அறிவியல் அறிஞர்களான **கஸ்டவ் எம்டன்** (ஜெர்மனி), **ஓட்டோ மேயர்ஹாப்** (ஜெர்மனி) மற்றும் **ஜே. பர்னாஸ்**

11th_BIO-BOTANY_CH 14-TM.indd 284 5/18/2020 9:25:25 AM



படம் 14. 6 கிளைக்காலைசிஸ் அல்லது EMP வழித்தடம்

(போலந்து) ஆகியோர் கிளைக்காலைசிஸ் நிகழ்ச்சியின் வினைகளை ஈஸ்ட் செல்களில் நடைபெறுவதைக் கண்டறிந்தனர். எனவே இது *EMP* **வழித்தடம்** எனவும் அழைக்கப்படுகிறது. இது காற்று மற்றும் காற்றில்லாச் சுவாசித்தலின் முதல் மற்றும் பொதுவான நிலையாக இருப்பது குறிப்பிடத்தக்கது. இது இரு நிலைகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன.

1. **ஆயத்த நிலை** அல்லது ஆற்றல் உள்ளீட்டு வினை அல்லது ஹெக்சோஸ் நிலை (படிநிலை 1-5)
2. **விளை நிலை** அல்லது ஆக்ஸிஜனேற்ற நிலை அல்லது) ஆற்றல் வெளியீட்டு வினை அல்லது டிரையோஸ் நிலை (படிநிலை 6-10)

1. ஆயத்த நிலை (Preparatory phase)

ஒளிச்சேர்க்கையின் இறுதிப் பொருளான சுக்ரோஸிலிருந்து உருவாகும் குளுக்கோஸ் கிளைக்காலைசிஸ் நிகழ்ச்சியில் நுழைகிறது. குளுக்கோஸ் ஹெக்சோகைனேஸ் நொதியின் உதவியினால் குளுக்கோஸ்-6-ஃபாஸ்பேட்டாக பாஸ்பரிகரணமடைகிறது. இதனையடுத்து நிகழும் வினைகள் பலவகைப்பட்ட நொதிகளின் உதவியால் நடைபெறுகின்றன (படம் 14.6).இந்நிலையின் இறுதி வினையின் போது உருவான ப்ரக்டோஸ்-1,6-பிஸ்ஃபாஸ்பேட், ஆல்டோலேஸ் என்ற நொதியின் உதவியுடன் கிளிசரால்டிஹைடு-3-ஃபாஸ்பேட் மற்றும், டைஹைட்ராக்ஸி அசிட்டோன் ஃபாஸ்பேட்டாக உடைகிறது. இவை இரண்டும் மாற்றியங்களாகும். டைஹைட்ராக்ஸி அசிட்டோன் ஃபாஸ்பேட்டானது ட்ரையோஸ் ஃபாஸ்பேட் ஐசோமெரேஸ் நொதியின் உதவியால் மாற்றியமடைந்து கிளிசரால்டிஹைடு -3-ஃபாஸ்பேட்டாக மாறுகிறது. இப்பொழுது இரண்டு மூலக்கூறு கிளிசரால்டிஹைடு-3-ஃபாஸ்பேட் விளை நிலைக்குள் நுழைகிறது. ஆயத்த நிலையின் போது படிநிலை 1-லும், படிநிலை 3-லும் 2 ATP மூலக்கூறுகள் பயன்படுத்தப்படுகிறது (படம் 14.6).

> *நீங்கள் கற்றதை சோதித்தறிக.*
> ஒரு மூலக்கூறு சுக்ரோஸிலிருந்து எத்தனைATP மூலக்கூறுகள் உருவாகிறது?

2. விளை நிலை: (Pay off phase)

இரண்டு மூலக்கூறுகள் கிளிசரால்டிஹைடு 3-ஃபாஸ்பேட் ஆக்ஸிஜனேற்ற பாஸ்பரிகரணமடைந்து இரண்டு மூலக்கூறு 1,3 பிஸ்ஃபாஸ்போ கிளிசரேட்டாக மாறுகிறது. இந்நிலையின் 6-வது படிநிலையில் கிளிசரால்டிஹைடு-3-ஃபாஸ்பேட் டிஹைட்ராஜினேஸ் என்ற நொதியினால் இரண்டு மூலக்கூறு NAD^+ ஒடுக்கமடைந்து இரண்டு மூலக்கூறு $NADH + H^+$ ஆக மாறுகிறது. அடுத்து வரும் வினைகள் பல விதமான நொதிகளைப் பயன்படுத்தி நடைபெறுகின்றன. இறுதியில் இரண்டு பைருவேட் மூலக்கூறுகள் உருவாகிறது. இந்த நிலையில் படிநிலை 7ல் 2 ATP க்களும் படிநிலை 10ல் (படம் 14.6) 2 ATP க்களும் உருவாகின்றன.தளப்பொருள் மூலக்கூறிலிலிருந்து கனிம ஃபாஸ்பேட் (Pi) ADP-க்கு நேரடியாக மாற்றப்பட்டு ATP உருவாவது **தளப்பொருள் பாஸ்பரிகரணம்** அல்லது **நேரடி பாஸ்பரிகரணம்** அல்லது **மாற்று பாஸ்பரிகரணம்** எனப்படுகிறது. 9-வது படிநிலையின் போது 2-பாஸ்போ கிளிசரேட், ஒரு நீர் மூலக்கூறினை இழந்து ஈனோலேஸ் நொதியின் செயல்பாட்டினால் பாஸ்போ ஈனால் பைருவேட்டாக மாறுகிறது. இந்த மூலக்கூறினுள் ஈனால் தொகுதி உருவாவதால் இந்நிகழ்ச்சி **ஈனோலேசன்** (Enolation) எனப்படுகிறது.

3. ஆற்றல் வரவு செலவு (Energy Budget)

விளை நிலையின் போது மொத்தமாக 4ATP மற்றும் $2NADH + H^+$ மூலக்கூறுகள் உருவாகின்றன. ஆனால் ஏற்கனவே ஆயத்த நிலையில் 2ATP மூலக்கூறுகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. ஆகவே கிளைக்காலைசிஸ் நிகழ்ச்சியில் 2ATP களும் $2NADH + H^+$ களும் நிகர லாபமாகக் கிடைக்கின்றன.

கிளைக்காலைசிஸ் நிகழ்ச்சியின் ஒட்டு மொத்த நிகர வினை:

$$C_6H_{12}O_6 + 2ADP + 2Pi + 2NAD^+ \longrightarrow 2x\ CH_3COCOOH + 2ATP + 2NADH + 2H^+$$

14.5.2 பைருவேட் ஆக்ஸிஜனேற்றம் (இணைப்பு வினை)

சைட்டோபிளாசத்தில் கிளைக்காலைசிஸ் நிகழ்ச்சியால் உருவான இரண்டு பைருவேட் மூலக்கூறுகள் மைட்டோகாண்ட்ரியாவின் மேட்ரிக்ஸ் பகுதியினுள் நுழைகிறது. காற்று சுவாசத்தின் போது பைருவேட், இணை நொதி A (CoA) மற்றும் ஆல்கஹால் டிஹைட்ராஜினேஸ் நொதி கூட்டமைப்பு ஆகியவற்றால் அசிட்டைல் CoA வாக மாற்றப்படுகிறது. இந்த மீளாவினையின் விளைவால் இரண்டு மூலக்கூறு $NADH + H^+$ மற்றும் $2CO_2$ ஆகியவை உருவாகின்றன. இது **உருமாறும் வினை** அல்லது **இணைப்பு வினை** எனவும் அழைக்கப்படுகிறது. பைருவேட் ஆக்சிஜனேற்ற வினை பின்வருமாறு.

$$2x\ CH_3COCOOH + 2NAD^+ + 2CoA \xrightarrow[\text{கூட்டமைப்பு} / Mg^{++}]{\text{பைருவேட் டிஹைட்ராஜினேஸ்}} 2xCH_3CO.CoA + 2NADH + 2H^+ + 2CO_2\uparrow$$

> பைருவேட் டிஹைட்ராஜினேஸ் கூட்டமைப்பில் மூன்று தனிப்பட்ட நொதிகள் உள்ளது. அவை,
> 1. பைருவேட் டிஹைட்ராஜினேஸ்
> 2. டைஹைட்ரோலிப்பாயில் டிரான்ஸ் அசிட்டிலேஸ்
> 3. டைஹைட்ரோலிப்பாயில் டிஹைட்ராஜினேஸ் மற்றும் ஐந்து வேறுபட்ட இணை நொதிகளான, TPP (தைமின் பைரோ ஃபாஸ்பேட்), NAD^+, FAD, Co A மற்றும் லிப்போயேட் ஆகியவை உள்ளன.

14.5.3 கிரப்ஸ் சுழற்சி (அ) சிட்ரிக் அமிலச் சுழற்சி (அ) TCA சுழற்சி:

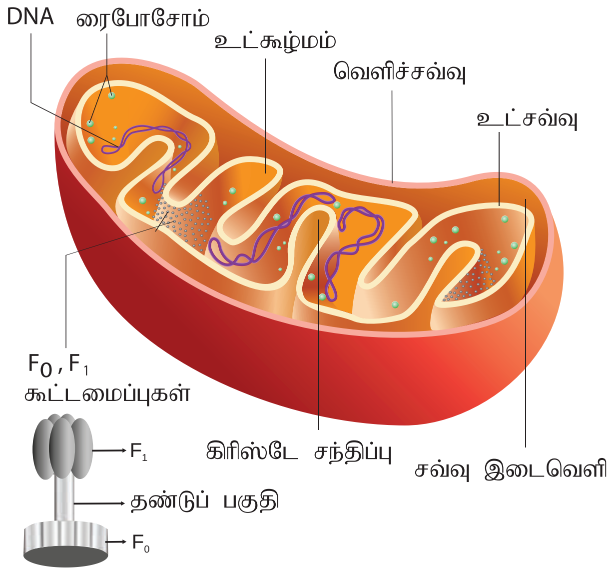
இணைப்பு வினையில் உருவான இரண்டு மூலக்கூறு அசிட்டைல் CoA வானது கிரப்ஸ் சுழற்சியில் நுழைகின்றன. இது ஜெர்மனி நாட்டின் உயிர் வேதியியலார் **சர் ஹான்ஸ் அடால்ப் கிரப்ஸ்** (1937) (படம்14.7). அவர்களால் கண்டறியப்பட்டதால் இப்பெயர் பெற்றது. TCA சுழற்சிக்கு தேவையான நொதிகளில் சக்சினேட் டிஹைட்ராஜினேஸ் என்ற நொதி மட்டும் மைட்டோகாண்ட்ரியத்தின் உட்சவ்வில் காணப்படுகிறது. பிற நொதிகள் அனைத்தும் மைட்டோகாண்ட்ரியத்தின் மேட்ரிக்ஸில் காணப்படுகிறது.

TCA சுழற்சியின் தொடக்கத்தில் அசிட்டைல் CoA வானது ஒரு நீர் மூலக்கூறினைப் பயன்படுத்தி ஆக்ஸலோ அசிட்டேட்டுடன் இணைந்து சிட்ரேட் அல்லது சிட்ரிக் அமிலம் உருவாகிறது. ஆகவே கிரப்ஸ் சுழற்சியைச் சிட்ரிக் அமிலச் சுழற்சி (CAC) (அ) ட்ரை கார்பாக்ஸிலிக் அமில (TCA) சுழற்சி எனவும் அழைக்கப்படுகிறது. இதனைத் தொடர்ந்து பலவிதமான நொதிகளின் உதவியால் சுழற்சியான முறையில் தொடர்கிறது. இதன் 7-ஆம் நிலையில் சக்சினைல் CoA, சக்சினைல் CoA சிந்தடேஸ் அல்லது

11th_BIO-BOTANY_CH 14-TM.indd 286 5/18/2020 9:25:26 AM

சக்சினேட் தயோகைனேஸ் எனும் நொதியினால் சக்சினேட்டாக மாறும் போது எலக்ட்ரான் கடத்துச் சங்கிலியில் நுழையாமல் தளப்பொருளிலிருந்து ATP உருவக்கப்படும் இந்த நிகழ்ச்சி **தளப்பொருள் பாஸ்பரிகரணம்** எனப்படும். விலங்கு செல்களில் இந்நிகழ்ச்சியின் போது GDP ஃபாஸ்பேட் ஏற்றமடைந்து GTP யாக உருவாகிறது. ஒருங்கிணைந்த வினையில், GTP ல் உள்ள ஃபாஸ்பேட் வெளியேறுவதால் GDP யாக மாற்றமடைவதுடன், வெளியேறிய கனிம ஃபாஸ்பேட்(Pi) ஆனது ADP யுடன் இணைந்து தொடர்ச்சியாக ATP உருவாக்கத்தைச் செய்கின்றன. இச்சுழற்சியில் 4, 6, மற்றும் 10 ஆகிய மூன்று படி நிலைகளில் NAD^+ ஒடுக்கமடைந்து $NADH + H^+$ ஆக மாறுகிறது, 8 ஆவது படி நிலையில் (படம்14.8) FAD ஒடுக்கமடைந்து FADH2 வாக மாறுகிறது.

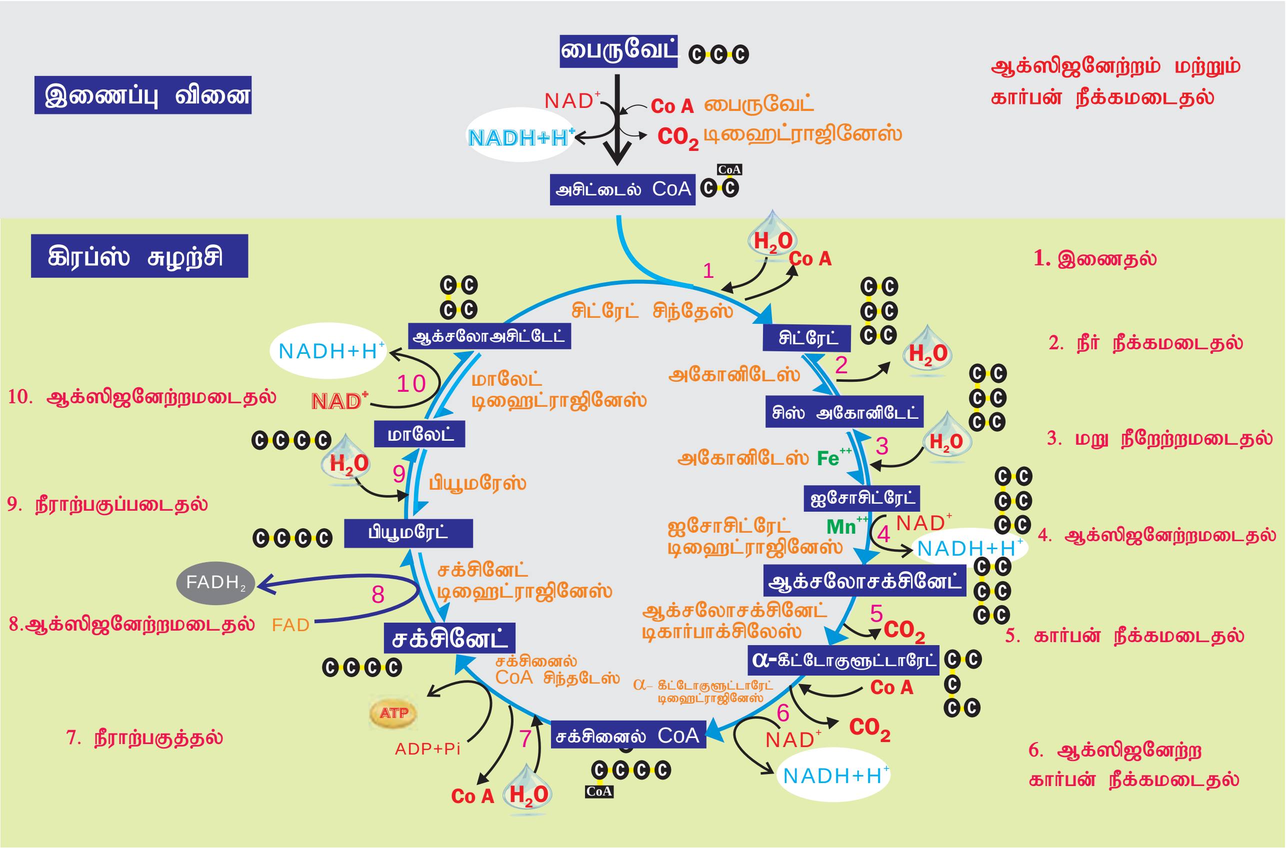
சர் ஹான்ஸ் அடால்ப் கிரப்ஸ் 1900 ஆம் ஆண்டு ஆகஸ்ட் 25 ஆம் நாள் ஜெர்மனி நாட்டில் பிறந்தார். 1953 ஆம் ஆண்டு உடற்செயலியலில் சிட்ரிக் அமிலச் சுழற்சியைக் கண்டுபிடித்ததற்காக இவருக்கு நோபல் பரிசு வழங்கப்பட்டது.



படம் 14.7 மைட்டோகாண்ட்ரியத்தின் அமைப்பு

மைட்டோகாண்ட்ரியாவில் நிகழும் இணைப்பு வினை மற்றும் கிரப்ஸ் சுழற்சியின் ஒட்டுமொத்த நிகழ்வு பின்வருமாறு:

$$\text{பைருவிக் அமிலம்} + 4NAD^+ + FAD + 4H_2O + ADP + Pi \xrightarrow{\text{மைட்டோகாண்ட்ரிய மேட்ரிக்ஸ்}} 3CO_2 + 4NADH + 4H^+ + FADH_2 + H_2O + ATP.$$



படம் 14.8 கிரப்ஸ் சுழற்சி அல்லது சிட்ரிக் அமிலச் சுழற்சி

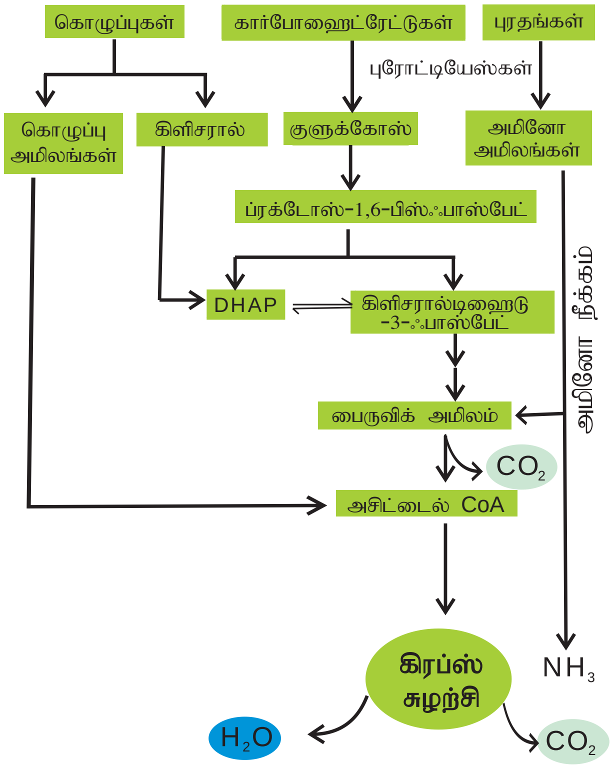
கிளைக்காலைசிஸ் நிகழ்ச்சியின் இறுதியில் உருவான இரண்டு மூலக்கூறு பைருவிக் அமிலம் மைட்டோகாண்ட்ரியத்தின் மேட்ரிக்ஸில் நுழைவதால் இவை இரண்டும் தனித்தனியே கிரப்ஸ் சுழற்சியை நிகழ்த்தி, மொத்தமாக ஒரு மூலக்கூறு குளுக்கோஸிலிருந்து ஆறு மூலக்கூறு CO_2 எட்டு மூலக்கூறு $NADH + H^+$, இரண்டு மூலக்கூறு $FADH_2$ மற்றும் இரண்டு மூலக்கூறு ATP ஆகியவை உருவாகின்றன.

அ. கிரப்ஸ் சுழற்சியின் முக்கியத்துவம்:

1. TCA சுழற்சியானது ஆற்றலை ATP வடிவத்தில் தாவரங்களின் அனைத்து வளர்சிதை மாற்றங்களுக்கும் அளிக்கிறது.
2. பல்வேறு வளர்சேர்க்கை செயல்களை உருவாக்கும் கார்பன் சேர்மங்களின் மூலப் பொருளாகத் திகழ்கின்றன.
3. TCA சுழற்சியின் பல்வேறு இடைபொருள்கள் மீண்டும் வளர்சிதை மாற்றத்திற்க்கு உட்பட்டு அமினோ அமிலங்கள், புரதங்கள் மற்றும் நியுக்ளிக் அமிலங்களை உருவாக்க உதவுகின்றன.
4. பச்சையங்கள், சைட்டோகுரோம், ஃபைட்டோகுரோம் மற்றும் பிற பைரோல் பொருள்களுக்குத் தேவையான மூலப் பொருளாகச் சக்சினைல் CoA திகழ்கிறது.
5. α - கீட்டோகுளுட்டாரேட் மற்றும் ஆக்ஸாலோ அசிட்டேட் அமினோ ஒடுக்கமடைந்து அமினோ அமிலங்களாக உருவாகின்றன.
6. வளர்ச்சிதை மாற்ற இடை வினையின் மைய நிகழ்வாக இது திகழ்ந்து அதற்குரிய பொருள்களடங்கிய தேக்கிடமாகத் திகழ்கிறது.

ஆ. இரட்டை நிகழ்வுத் தன்மை (Amphibolic nature)

கிரப்ஸ் சுழற்சி என்பது ஒரு முதன்மையான சிதைவுச் செயல் ஆனால் இது பலவிதமான உயிர் சேர்மங்களின் உற்பத்தி வழித்தடத்திற்குத் தேவையான முன் மூலப் பொருள்களைத் தருவதுடன் சேர்க்கை வழித்தடத்திற்கு உதவும் விதத்தில் இருப்பதால் இந்நிகழ்வை இரட்டை நிகழ்வு என்றழைக்கப்படுகின்றன. இது கார்போஹைட்ரேட்டுகளை மட்டும் ஆக்ஸிஜனேற்றம் செய்யாமல் கொழுப்பு மற்றும் புரதம் ஆகியவற்றையும் ஆக்ஸிஜனேற்றம் அடையச் செய்யும். கொழுப்பு சுவாசத் தளப்பொருளாக இருந்தால் முதலில் கிளிசரால் மற்றும் கொழுப்பு அமிலமாக உடைகிறது. இந்தக் கிளிசரால் DHAP யாகவும் மற்றும் அசிட்டைல் CoA வாகவும் மாறுகிறது. இந்த அசிட்டைல் CoA கிரப்ஸ் சுழற்சியினுள் நுழைகிறது. புரதம் சுவாசத் தளப்பொருளாக இருந்தால் புரோட்டியேஸ் நொதியினால் அமினோ அமிலமாக உடைகிறது. இந்த அமினோ அமிலங்கள் அமினோ நீக்கத்திற்குப் பிறகு அதன் அமைப்பைப் பொருத்து பைருவிக் அமிலம் (அ) அசிட்டைல் CoA வழியாகக் கிரப்ஸ் சுழற்சியில் நுழைகிறது. இவ்வாறு சுவாசத்தின் இடைப்பொருள்கள் உருவாக்கும் மற்றும் சிதைக்கும் வினைகளுக்கு இணையாக உள்ளது. எனவே அமினோ அமிலங்கள், கொழுப்பு அமிலங்கள் மற்றும் கார்போஹைட்ரேட்டுகளை ஆக்ஸிஜனேற்றம் அடையச்செய்ய உதவும் இறுதி பொது வழித்தடமாகச் சிட்ரிக் அமிலச் சுழற்சி திகழ்கிறது. எனவே சுவாச வழித்தடம் ஒரு இரட்டை நிகழ்வு வழித்தடமாக உள்ளது. (படம் 14. 9).



படம் 14.9 சுவாசித்தலின் மாற்று தளப்பொருள்கள்

> **உங்களுக்குத் தெரியுமா?**
>
> கார்போஹைட்ரேட் அல்லாத கார்பன் தளப்பொருளான புரதங்கள் மற்றும் லிப்பிடுகளிலிருந்து குளுக்கோஸ் உருவாக்கப்படும் நிகழ்ச்சி **குளுக்கோ நியோஜெனிசிஸ்** (Gluconeogenesis) எனப்படும்.

14.5.4 எலக்ட்ரான் கடத்துச் சங்கிலி (Electron Transport Chain (ETC)) (இறுதி ஆக்ஸிஜனேற்றம்)

கிளைக்காலைசிஸ், இணைப்பு வினை மற்றும் கிரப்ஸ் சுழற்சி ஆகியவற்றின் சுவாசத் தளப்பொருட்கள் ஆக்சிஜனேற்றத்தின் போது பல

படிநிலைகளின் இறுதியில் ஒடுக்க நிலையிலுள்ள இணை நொதிகளான NADH + H^+, $FADH_2$ ஆகியவை உருவாகின்றன. இந்த ஒடுக்க இணை நொதிகள் மைட்டோகாண்ட்ரியத்தின் உட்சவ்விற்கு கடத்தப்பட்டு மீண்டும் அங்கு ஆக்சிஜனேற்ற நிலையிலான இணை நொதிகளாக மாறி, எலக்ட்ரான்களையும், புரோட்டான்களையும் உண்டாக்குகின்றன. மைட்டோகாண்ட்ரியத்தின் உட்சவ்வு விரல்கள் ஒத்த நீட்சிகளாக மேட்ரிக்ஸ் நோக்கி உட்புறமாக உள்ளன. இவை கிரிஸ்டே என அழைக்கப்படுகின்றன. கிரிஸ்டே பகுதியில் ஆக்ஸிஸோம்கள் (F_1 துகள்கள்) நிறைய உள்ளன. அவை எலக்ட்ரான் கடத்தி கூறுகளைக் கொண்டுள்ளன. **பீட்டர் மிட்செல்லின் வேதி சவ்வூடு பரவல் கோட்பாட்டின்** படி ATP உருவாக்கம் எலக்ட்ரான் கடத்தல் வினையோடு இணைந்து நிகழ்கிறது. எலக்ட்ரான் மற்றும் ஹைட்ரஜன் (புரோட்டான்) கடத்தல் நான்கு வகையான பல்புரத கூட்டமைப்புகளின் (I-IV) மூலம் நடைபெறுகிறது. அவை பின்வருமாறு.

1. கூட்டமைப்பு -I (NADH டிஹைட்ராஜினேஸ்). இது ஹீம் அல்லாத இரும்பு சல்பர் புரதத்துடன் (Fe-S) இணைந்த ப்ளேவோபுரதம் **(FMN)** கொண்டது. மைட்டோகாண்ட்ரியத்தின் NADH + H^+ **(உட்புற)** விருந்து யுபிகுயினோனுக்கு (UQ) எலக்ட்ரான்கள் புரோட்டான்கள் ஆகியவை இந்தக் கூட்டமைப்பின் உதவியால் நிகழ்கிறது.

$$NADH + H^+ + UQ \rightleftharpoons NAD^+ + UQH_2$$

இந்தக் கூட்டமைப்பைத் தவிர, தாவரங்களின் மைட்டோகாண்ட்ரியாவில் உட்சவ்வின் வெளிப்புறப் பரப்பில் அமைந்த மற்றொரு NADH டிஹைட்ராஜினேஸ் **(வெளிப்புற)** கூட்டமைப்பு காணப்படுகிறது. இது சைட்டோபிளாசத்திலிருந்து வரும் NADH + H^+ களை ஆக்ஸிஜனேற்றமடையச் செய்யக் காரணமாக உள்ளது. ஏனெனில் மைட்டோகாண்ட்ரிய உட்சவ்வு NADH மூலக்கூறுகளை உட்கூழ்மத்திற்குள் நேரடியாக அனுமதிப்பதில்லை.

யுபிகுயினோன் (UQ) அல்லது இணை நொதி குயினோன் (Co Q) ஒரு சிறிய, லிப்பிடில் கரையும் எலக்ட்ரான்கள் மற்றும் புரோட்டான் கடத்திகளாக மைட்டோகாண்ட்ரியத்தின் உட்சவ்வினுள் அமைந்துள்ளது

2. கூட்டமைப்பு II (சக்சினிக் டிஹைட்ராஜினேஸ்). இது FAD ப்ளேவோ புரதம் ஹீம் அல்லாத இரும்பு சல்ஃபர் (Fe-S) புரதத்துடன் இணைந்த அமைப்பாகும். இந்தக் கூட்டமைப்பு, கிரப்ஸ் சுழற்சியில் உள்ள சக்சினேட்டிலிருந்து பியுமரேட்டாக மாறும் போது வெளியேறும் எலக்ட்ரான்கள் மற்றும் புரோட்டான்களை எடுத்துகொண்டு யுபிகுயினோனுக்கு கடத்துகிறது.

$$\text{சக்சினேட்} + UQ \longrightarrow \text{பியுமரேட்} + UQH_2$$

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

மைட்டோகாண்ட்ரியத்தின் யுபிகுயினோன் மற்றும் சைட்டோகுரோம் bc_1 கூட்டமைப்பும், பசுங்கணிகத்தின் ஒளிச்சேர்க்கை எலக்ட்ரான் கடத்தும் சங்கிலியில் உள்ள பிளாஸ்டோகுயினோன் மற்றும் சைட்டோகுரோம் b_6,f கூட்டமைப்பிற்கு முறையே அமைப்பிலும் மற்றும் செயலிலும் ஒத்து காணப்படுகின்றன.

3 கூட்டமைப்பு – III (சைட்டோகுரோம் bc_1 கூட்டமைப்பு). இந்தக் கூட்டமைப்பு ஒடுக்க நிலையிலுள்ள யுபிகுயினோனை (யுபிகுயினால்) ஆக்ஸிஜனேற்றம் அடையச் செய்து பின்னர் எலட்ரான்களை சைட்டோகுரோம் bc_1 கூட்டமைப்பிலிருந்து (இரும்பு சல்பர் மைய bc_1 கூட்டமைப்பு) சைட்டோகுரோம் c க்கு கடத்துகிறது. சைட்டோகுரோம் c ஒரு சிறிய புரதசேர்மமாகும். இது மைட்டோகாண்ட்ரிய உட்சவ்வின் வெளிப்பகுதியில் ஒட்டியுள்ளது அத்துடன் இது நகரும் கடத்தியாகத் திகழ்ந்து கூட்டமைப்பு III க்கும் கூட்டமைப்பு IV கிற்கும் இடையே எலக்ட்ரான்களை கடத்துகிறது.

$$UQH_2 + 2Cyt\ c_{\text{ஆக்ஸிஜனேற்ற நிலை}}$$

$$\Downarrow$$

$$UQ + 2Cyt\ c_{\text{ஒடுக்க நிலை}} + 2H^+$$

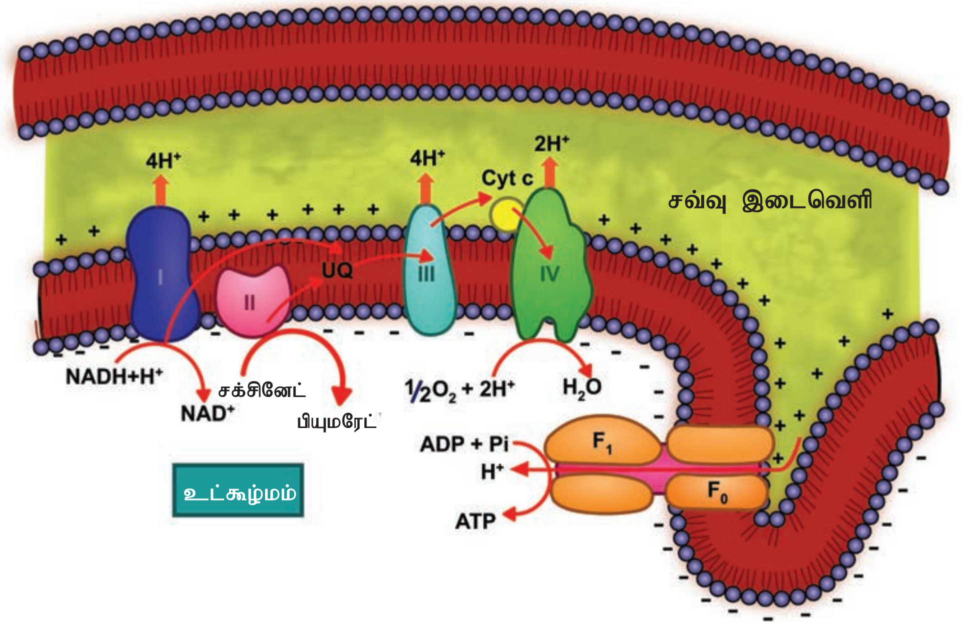
4. கூட்டமைப்பு IV (சைட்டோகுரோம் c ஆக்ஸிடேஸ்) இந்தக் கூட்டமைப்பு இரண்டு தாமிர மையங்கள் (A மற்றும் B) மற்றும் சைட்டோகுரோம்களான a மற்றும் a_3 ஆகியவற்றைக் கொண்டது. கூட்டமைப்பு IV என்பது இறுதி ஆக்ஸிடேஸ் ஆக இருப்பதுடன், இவை ½ O_2 மூலக்கூறுவை H_2O வாக ஒடுக்கமடையச் செய்பவை. இரண்டு புரோட்டான்கள் ஒரு மூலக்கூறுவான H_2O வை உருவாக்க தேவைப்படுகிறது (இறுதி ஆக்ஸிஜனேற்றம்.)

$$2Cyt\ c_{\text{ஆக்ஸிஜனேற்ற நிலை}} + 2H^+ + ½\ O_2$$

$$\Uparrow$$

$$2Cyt\ c_{\text{ஒடுக்க நிலை}} + H_2O$$

11th_BIO-BOTANY_CH 14-TM.indd 289 5/18/2020 9:25:27 AM



படம் 14.10 எலக்ட்ரான் கடத்துச் சங்கிலி மற்றும் இறுதி ஆக்சிஜனேற்றம்

ஒடுக்க நிலையிலுள்ள இணைநொதி NADH + H^+ லிருந்து ஆக்ஸிஜனுக்குக் கூட்டமைப்பு I முதல் IV வழியாக எலக்ட்ரான்கள் கடத்தப்படும்போது ADP யுடன் கனிம ஃபாஸ்பேட் (Pi) சேரும் போது ATP உருவாவதால் இந்த நிகழ்ச்சி **ஆக்ஸிஜனேற்ற பாஸ்பரிகரணம்** எனப்படுகிறது. F_0F_1 – ATP சிந்தேஸ் (கூட்டமைப்பு V எனவும் கூறலாம்) நொதியில் F_0 மற்றும் F_1 என இரு துகள்கள் உள்ளன. மைட்டோகாண்ட்ரியா மாட்ரிக்ஸ் பகுதியில் உட்சவ்வில் உள்ள F_1 துகள் ADP மற்றும் Pi ஐ ATP யாக மாற்ற உதவுகிறது. F_0 துகள் உட்சவ்வில் பொதிந்த அமைப்பாக உள்ளது. இது புரோட்டான்களைச் சவ்வு இடைவெளி பகுதியிலிருந்து மேட்ரிக்ஸினுள் செலுத்த உதவும் கால்வாயாகச் செயல்புரிகிறது.

மைட்டோகாண்டிரியத்தினுள் ஒரு மூலக்கூறு NADH + H^+ ஆக்சிஜனேற்றமடையும் போது மூன்று ATP மூலக்கூறுகளும், ஒரு மூலக்கூறு $FADH_2$ ஆக்ஸிஜனேற்றமடையும் போது இரண்டு ATP மூலக்கூறுகளும் உருவாகின்றன. ஆனால் சைட்டோபிளாச வழியாக வரும் NADH + H^+ ஆக்ஸிஜனேற்றமடையும் போது வெளிப்புற NADH டிஹைட்ராஜினேஸ் மூலமாக 2 ATP மூலக்கூறுகள் உருவாகின்றன. ஆகையால், கிளைக்காலைசிஸ் நிகழ்விலிருந்து தோன்றும் இரண்டு ஒடுக்க இணை நொதிகளான NADH + H^+ மூலக்கூறுகள், வெளி மைட்டோகண்ட்ரிய பகுதியில் 6 ATP மூலக்கூறுகளுக்குப் பதிலாக 4 ATP மூலக்கூறுகள் உருவாக்குகிறது (படம் 14.10). வேதி சவ்வூடு பரவல் கோட்பாட்டின் அடிப்படையில் மைட்டோகாண்ட்ரிய ATP உற்பத்தி விவரிக்கப்பட்டுள்ளது. இக்கோட்பாட்டின் படி மைட்டோகாண்ட்ரியத்தின் உட்சவ்வில் உள்ள எலக்ட்ரான் கடத்திகள் புரோட்டான்களை (H^+) கடத்துவதற்கு அனுமதிக்கின்றன. ஒரு ATP உருவாக்கத்திற்கு 3 புரோட்டான்கள் தேவைப்படுகின்றன. சைட்டோபிளாச வழி வந்த NADH + H^+ இறுதி ஆக்ஸிஜனேற்ற நிலையில் முதல் பாஸ்பரிகரண இடத்தைத் தாண்டிப் புறவழி மூலம் மைட்டோகாண்ட்ரியம், எலக்ட்ரான் கடத்தி சங்கிலி மூலம் கடத்தும் போது இரண்டு ATP மூலக்கூறுகளை மட்டுமே உருவாக்க இயலும். ஆனால், விலங்கு செல்களில் மாலேட் திருப்புசெயல் (*Malate shuttle system*) என்ற அமைப்பு இருப்பதால் சைட்டோபிளாச வழிவந்த (கிளைக்காலைசிஸ்) NADH + H^+ ஆனது 3 ATP மூலக்கூறுகளை உருவாக்குகிறது.

> **உங்களுக்குத் தெரியுமா?** பழுக்கும் பழங்களின் அசாதாரணச் சுவாச வீத அதிகரிப்பு **வீரிய சுவாசம்** (climacteric) எனப்படும் எடுத்துக்காட்டு: ஆப்பிள், வாழை, மா, பப்பாளி, பேரி.

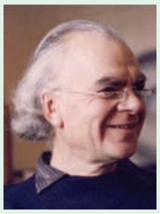
தாவரங்களில் ஒரு குளுக்கோஸ் மூலக்கூறானது காற்று சுவாசித்தலின் போது முழுவதுமாக ஆக்சிஜனேற்றமடையும் போது **36 ATP மூலக்கூறுகள்** உருவாதலை அட்டவனை 14.2 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இவ்வாறு ஆற்றல் மிகுந்த

ATPகளை அதிக அளவில் மைட்டோகாண்ட்ரியங்கள் உருவாக்குவதால் இவை **செல்லின் ஆற்றல் நிலையம்** என அழைக்கப்படுகின்றன. காற்று சுவாசிகளாக உள்ள புரோகேரியோட்டுகளில் மைட்டோகாண்ட்ரியங்கள் இல்லாததால் ஒவ்வொரு குளுக்கோஸ் மூலக்கூறும் *38* ATP மூலக்கூறுகளை உருவாக்க இயலும்

தற்போதைய பார்வை:

மைட்டோகாண்ட்ரியத்தில் உருவான ATP க்கள் சைட்டோபிளாசத்தை அடைந்து பயன்படுத்தப்படுகிறது. இவ்வாறு கடத்தப்படும் போது நிகழும் ஆற்றல் இழப்பைக் கணக்கில் கொண்டால், ஒரு NADH + H^+ லிருந்து *2.5* ATP யாகவும். ஒவ்வொரு $FADH_2$ லிருந்து *1.5* ATP யாகவும் கருத வேண்டும் என்பதே அண்மைக்கால ஆய்வாகும். எனவே தாவரச் செல்களில் ஒரு மூலக்கூறு குளுக்கோஸ் காற்று சுவாசத்தினால் முழுமையாக ஆக்ஸிஜனேற்றம் அடையும் போது நிகர லாபம் *30* ATP மூலக்கூறுகளாக எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும். ஆனால் விலங்கு செல்லைப் பொருத்தமட்டில் மாலேட் ஷட்டில் அமைப்பு இருப்பதால். நிகர லாபம் *32* ATP மூலக்கூறுகளைத் தருகிறது.

> உங்களுக்குத் தெரியுமா?
>
> சையனைடு எதிர்ப்பு சுவாசித்தலானது கனிகளில் வீரிய சுவாசித்தலுக்கு காரணமாக நம்பப்படுகிறது. சையனைடு எதிர்ப்பு சுவாசித்தல் வெப்பத்திசுக்களில் வெப்பத்தை உற்பத்தி செய்பவையாக அறியப்பட்டுள்ளன. வெப்பத்திசுக்களில் வெப்பத்தை உற்பத்தி செய்யும் அளவு *51°C* க்கும் அதிகமாக இருக்ககலாம்.



> மைட்டோகாண்ட்ரியத்தில் நிகழும் ஆக்ஸிஜனேற்ற பாஸ்பரிகரண இணைவுச் செயலைக் கண்டறிந்தமைக்காக பீட்டர் மிட்செல் என்ற இங்கிலாந்து உயிர் வேதியலாலருக்கு *1978*-ல் வேதியலுக்கான நோபல் பரிசு வழங்கப்பட்டது

14.6 சுவாச ஈவு (Respiratory Quotient)

சுவாசித்தலின் போது வெளியிடும் கார்பன் டை ஆக்சைடு அளவுக்கும் பயன்படுத்தப்படும் ஆக்ஸிஜன் அளவுக்கும் உள்ள விகிதமே **சுவாச ஈவு** அல்லது **சுவாச விகிதம்** எனப்படும். சுவாச தளப்பொருள்களின் தன்மை மற்றும் அதன் ஆக்சிஜனேற்றத்தை பொருத்து சுவாச ஈவு மதிப்பு மாறுபடும்.

$$\text{சுவாச ஈவு} = \frac{CO_2 \text{ வெளியிடும் அளவு}}{O_2 \text{ பயன்படுத்தப்படும் அளவு}}$$

1. சுவாசத் தளப்பொருள் கார்போஹைட்ரேட் எனில் காற்று சுவாசித்தலின் போது முழுவதுமாக ஆக்ஸிஜனேற்றமடைந்து சுவாச ஈவு மதிப்பு ஒன்றுக்குச் சமமாக உள்ளது

$$\underset{\text{குளுக்கோஸ்}}{C_6H_{12}O_6} + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2\uparrow + 6H_2O + \text{ஆற்றல்}$$

$$\text{குளுக்கோஸ் சுவாச ஈவு} = \frac{6\text{மூலக்கூறுகள் } CO_2}{6 \text{ மூலக்கூறுகள் } O_2}$$

$$= 1 \text{ (ஒன்று)}$$

அட்டவணை 14.2 காற்று சுவாசத்தின் போது ஒரு மூலக்கூறு குளுக்கோஸ் உருவாக்கும் நிகர மூலக்கூறுகளின் அளவு

நிலைகள்	CO_2	ATP	ஒடுக்க நிலையிலுள்ள NAD^+	ஒடுக்க நிலையிலுள்ள FAD	மொத்த ATP உற்பத்தி
கிளைக்காலைசிஸ்	0	2	2 (2x2=4)	0	6
இணைப்பு வினை	2	0	2 (2x3=6)	0	6
கிரப்ஸ் சுழற்சி	4	2	6 (6x3=18)	2 (2x2=4)	24
மொத்தம்	**6**	**4ATP கள்**	**28ATP கள்**	**4ATP கள்**	**36ATP கள்**

11th_BIO-BOTANY_CH 14-TM.indd 291 5/18/2020 9:25:28 AM

2. காற்றிலாச் சுவாசித்தலின் போது கார்போஹைட்ரேட் சுவாசத் தளப்பொருள் எனில் முழுமையற்று ஆக்ஸிஜனேற்றமடையும் போது சுவாச ஈவு மதிப்பு முடிவிலியாக உள்ளது.

$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2CO_2\uparrow + 2C_2H_5OH$ + ஆற்றல்

குளுக்கோஸ் எத்தில் ஆல்கஹால்

காற்றிலா நிலையில் குளுக்கோஸ் சுவாச ஈவு $= \dfrac{\text{2 மூலக்கூறுகள் } CO_2}{\text{சுழி மூலக்கூறு } O_2}$

$= \infty$ (முடிவிலி)

3. சில சதைப்பற்றுள்ள தாவரங்களான *ஒபன்ஷியா, பிரையோஃபில்லம்* ஆகியவற்றில் கார்போஹைட்ரேட் பகுதியாக ஆக்சிஜனேற்றமடைந்து கரிம அமிலமாகக் குறிப்பாக மாலிக் அமிலமாக மாறுவதால் இச்சுவாசத்தில் CO_2 வெளியிடுவதில்லை ஆனால் O_2 பயன்படுத்தப்படுகிறது. இதில் சுவாச ஈவு மதிப்பு சுழியாக உள்ளது.

$2C_6H_{12}O_6 + 3O_2 \longrightarrow 3C_4H_6O_5 + 3H_2O$ + ஆற்றல்

குளுக்கோஸ் மாலிக் அமிலம்

சதைப்பற்றுள்ள தாவரங்களில் குளுக்கோஸ் சுவாச ஈவு $= \dfrac{\text{சுழி மூலக்கூறு } CO_2}{\text{3 மூலக்கூறுகள் } O_2}$

$= 0$ (சுழி)

4. சுவாசத் தளப்பொருள் புரதம் அல்லது கொழுப்பு எனில் சுவாச ஈவு மதிப்பு ஒன்றை விடக் குறைவு.

$2(C_{51}H_{98}O_6) + 145O_2 \longrightarrow$
$102CO_2\uparrow + 98H_2O$ + ஆற்றல்

ட்ரைபால்மிடின்(கொழுப்பு)

ட்ரைபால்மிடின் சுவாச ஈவு $= \dfrac{\text{102 மூலக்கூறுகள் } CO_2}{\text{145 மூலக்கூறுகள் } O_2}$

= 0.7 (ஒன்றை விடக் குறைவு)

LC18YD

5. சுவாசத் தளப்பொருள் ஒரு கரிம அமிலமாக இருந்தால் சுவாச ஈவு மதிப்பு ஒன்றை விட அதிகமாக இருக்கும்.

$C_4H_6O_5 + 3O_2 \longrightarrow 4CO_2\uparrow + 3H_2O$ + ஆற்றல்

மாலிக் அமிலம்

மாலிக் அமிலம் சுவாச ஈவு $= \dfrac{\text{4 மூலக்கூறுகள் } CO_2}{\text{3 மூலக்கூறுகள் } O_2}$

= 1.33 (ஒன்றை விட அதிகம்)

சுவாச ஈவின் முக்கியத்துவம்

1. உயிருள்ள செல்களில் காற்று அல்லது காற்றிலாச் சுவாசித்தல் எந்த வகையான சுவாசித்தல் நடைபெறுகிறது என்பதைக் குறிக்கிறது.

2. எந்த வகையான சுவாசத் தளப்பொருள் பயன்படுகிறது என்பதை அறிந்து கொள்ள முடிகிறது.

சில மற்ற தளப்பொருள்களின் சுவாச ஈவு மதிப்புகள்

புரதங்கள்	:	0.8–0.9
ஒலியிக் அமிலம்(கொழுப்பு)	:	0.71
பால்மிடிக் அமிலம் (கொழுப்பு)	:	0.36
டார்டாரிக் அமிலம்	:	1.6
ஆக்ஸாலிக் அமிலம்	:	4.0

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

பல தாவரப் பகுதிகளில் சிவப்பு நிறம் இருக்கக் காரணம் ஆந்தோசயனின் இருப்பதால், இதனை உருவாக்க CO_2 வெளியேறுவதைக் காட்டிலும் அதிக அளவு O_2 வை பயன்படுத்திக் கொள்வதால் சுவாச ஈவு மதிப்பு ஒன்றை விடக் குறைவு.

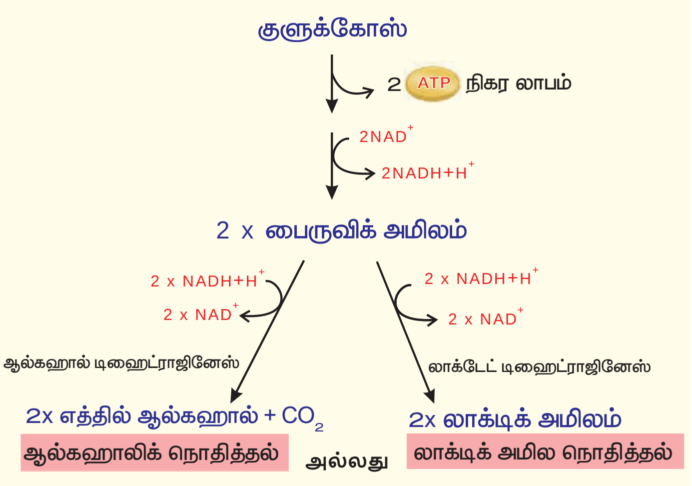
சுவாசித்தல் மற்றும் சுவாச ஈவு ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுவதற்குப் பயன்படுத்தப்படும் சாதனம் கேனாங்கின் சுவாசக் கணக்கீட்டு கருவி எனப்படுகிறது.

14.7 காற்றிலா சுவாசித்தல்

14.7.1 நொதித்தல்

சில உயிரினங்கள் ஆக்ஸிஜன் அற்ற நிலையில் சுவாசிக்கிறது. இந்த நிகழ்ச்சி **நொதித்தல்** அல்லது **காற்றிலா சுவாசித்தல்** எனப்படும் (படம் 14.12). மூன்று வகையான நொதித்தல் உள்ளது.

1. ஆல்கஹாலிக் நொதித்தல்
2. லாக்டிக் அமில நொதித்தல்
3. கலப்பு அமில நொதித்தல்



படம் 14.12 காற்றிலா சுவாசித்தல்

அட்டவணை 14.3 ஆல்கஹாலிக் நொதித்தல் மற்றும் லாக்டிக் அமில நொதித்தல் ஓர் ஒப்பீடு

ஆல்கஹாலிக் நொதித்தல்	லாக்டிக் அமில நொதித்தல்
1. பைருவிக் அமிலத்திலிருந்து ஆல்கஹால் மற்றும் CO_2 உருவாகிறது	பைருவிக் அமிலத்திலிருந்து லாக்டிக் அமிலம் உருவாகிறது. CO_2 உருவாவதில்லை
2. இது இரண்டு படி நிலைகளில் நடைபெறுகிறது	இது ஒரு படி நிலையில் நடைபெறுகிறது
3. பைருவேட் டிகார்பாக்ஸிலேஸ் நொதியுடன் இணைந்த Mg^{++} மற்றும் ஆல்கஹால் டிஹைட்ராஜினேஸ் இதில் இரண்டு நொதிகள் பங்குகொள்கிறது.	லாக்டேட் டிஹைட்ராஜினேஸ் நொதியுடன் இணைந்த Zn^{++} ஒரு நொதியை இது பயன்படுத்துகிறது
4. அசிட்டால்டிஹைடு ஒரு இடைநிலை சேர்மமாக உருவாகிறது	எவ்வித இடைநிலை சேர்மங்களும் உருவாவதில்லை
5. இது ஈஸ்ட்டில் பொதுவாக நடைபெறும்	பாக்டீரியா, சில பூஞ்சைகள் மற்றும் முதுகு நாணுள்ளவைகளின் தசைகளில் நடைபெறுகிறது.

1. ஆல்கஹாலிக் நொதித்தல்

நீர் தேங்கிய மண்ணில் உள்ள வேர்களின் செல்களில் ஆல்கஹாலிக் நொதித்தல் முறையில் சுவாசிக்கிறது ஏனெனில் ஆக்சிஜன் அற்ற சூழலில் பைருவிக் அமிலம் எத்தில் ஆல்கஹால் மற்றும் CO_2 வாக மாறுகிறது. ஈஸ்ட்டின் (சக்காரோமைசிஸ்) பல சிற்றினங்களில் காற்றிலா முறையிலும் சுவாசித்தல் நடைபெறுகிறது. இந்த வினை இரண்டு படி நிலைகளில் நடைபெறுகிறது.

$$\text{(i) } 2CH_3COCOOH \xrightarrow[\text{TPP}]{\text{பைருவேட் டிகார்பாக்ஸிலேஸ்}} 2CH_3CHO + 2CO_2\uparrow$$

பைருவிக் அமிலம் → அசிட்டால்டிஹைடு

$$\text{(ii) } 2CH_3CHO + 2NADH + 2H^+ \xrightarrow{\text{ஆல்கஹால் டிஹைட்ராஜினேஸ்}} 2CH_3CH_2OH + 2NAD^+$$

அசிட்டால்டிஹைடு → எத்தில் ஆல்கஹால்

ஆல்கஹாலிக் நொதித்தலின் தொழிற்சாலைப் பயன்கள்

1. ரொட்டி, கேக், பிஸ்கட்டுகள் தயாரிப்பதற்குப் பேக்கரிகளில் பயன்படுகிறது.
2. ஒயின் மற்றும் ஆல்கஹாலிக் மதுபானங்கள் தயாரிக்க மதுபானத் தொழிற்சாலைகளில் பயன்படுத்தப்படுகிறது
3. வினிகர், மற்றும் டானின்கள் தோல் தொழிற்சாலைகளிலும் பயன்படுத்தப்படுகிறது.
4. எத்தனாலிருந்து கேசோஹால் (பிரேசிலில் கார்களில் பயன்படுத்தப்படும் எரிபொருள்) தயாரிக்கப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

2. லாக்டிக் அமில நொதித்தல்

சில பாக்டீரியங்கள் (பேசில்லஸ்), பூஞ்சை மற்றும் முதுகெலும்பிகளின் தசைகளில் பைருவிக் அமிலத்திலிருந்து லாக்டிக் அமிலமாக மாறுகிறது (படம் 14.3).

$$2CH_3COCOOH + 2NADH + 2H^+$$

பைருவிக் அமிலம்

↓ லாக்டேட் டிஹைட்ராஜினேஸ்

$$2CH_3CHOHCOOH + 2NAD^+$$

லாக்டிக் அமிலம்

3. கலப்பு அமில நொதித்தல்

இந்த வகை நொதித்தல் எண்டிரோபாக்டீரியேசியின் சிறப்பு பண்பு. நொதித்தலின் விளைவாக லாக்டிக் அமிலம், எத்தனால், ஃபார்மிக் அமிலம் வாயுக்களான CO_2 மற்றும் H_2 உருவாகின்றன.

காற்றிலா சுவாசித்தலின் பண்புகள்

1. காற்று சுவாசத்தைவிடக் காற்றிலா சுவாசித்தல் குறைந்த திறனுடையவை (படம் 14.12) (அட்டவணை 14.4).
2. ஒரு மூலக்கூறு குளுக்கோஸிலிருந்து குறைந்த எண்ணிக்கையுடைய ATP மூலக்கூறுகள் உற்பத்தி செய்யப்படுகிறது (அட்டவணை 14. 5).
3. CO_2 உருவாக்கம் மற்றும் ஒளிச்சேர்க்கையில் கார்பன் நிலைநிறுத்தப்படுதல் போன்றவற்றிற்கு இது பயன்படுகிறது.

அட்டவணை 14.5 கிளைக்காலைசிஸ் மற்றும் காற்றிலா சுவாசித்தலின் போது ஒரு மூலக்கூறு குளுக்கோஸிலிருந்து உருவாகும் நிகர மூலக்கூறுகள்

நிலைகள்	தளப்பொருள் ATP உருவாக்கம்	ஒடுக்க NAD^+	மொத்தம் ATP
கிளைக்காலைசிஸ்	2	2*	8
காற்றிலா சுவாசித்தல்	2	2 ஒடுக்க NAD^+ மீண்டும் ஆக்ஸிஜனேற்றம்	2

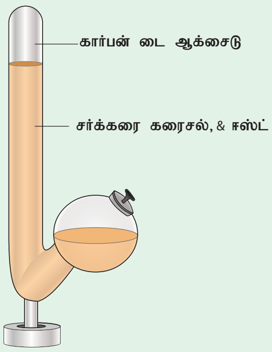
* ஒரு ஒடுக்க NAD^+ மூன்று ATP மூலக்கூறுகளுக்குச் சமமானது

நீங்கள் கற்றதை சோதித்தறிக.

- நுண்ணுயிரிகள் காற்றிலா முறையில் சுவாசிப்பது ஏன்?
- உயர் தாவரங்களில் காற்றிலா முறையில் சுவாசித்தல் நடைபெறுமா?

11th_BIO-BOTANY_CH 14-TM.indd 293 5/18/2020 9:25:28 AM

ஆல்கஹாலிக் நொதித்தலை நிரூபித்தல்



படம் 14.13 கூன் குடுவை நொதித்தல் ஆய்வு

கூன் குடுவை நொதித்தல் குழாயை எடுத்துக் கொள். இதில் நேராக அமையப் பெற்ற பக்கவாட்டுக் குழாயுடன் ஒரு நேரான கண்ணாடிக் குழாயைக் கொண்ட ஒரு கூன் நொதித்தல் குழாயை எடுத்துக் கொள். *10%* சர்க்கரை கரைசல் ரொட்டி ஈஸ்ட்டுடன் சேர்த்து நொதித்தல் குழாயுடன் நிரப்பிப் பஞ்சு அடைப்பானால் மூடிவிடவும். சில நிமிடத்திற்குப் பிறகு குளுக்கோஸ் கரைசல் நொதித்தலுக்கு உட்படுகிறது. கரைசலில் ஆல்கஹால் மணம் வெளிப்படுகிறது. கண்ணாடி தண்டில் உள்ள கரைசலின் மட்டம் குறைகிறது. CO_2 வாயு சேகரிக்கப்படுவதால். ஈஸ்டில் உள்ள சைமேஸ் நொதியானது குளுக்கோஸ் கரைசலை ஆல்கஹால் மற்றும் CO_2 ஆக மாற்ற உதவுகிறது.

தற்போது KOH படிகத்தினைக் குழாய்க்குள் செலுத்தும்போது KOH, CO_2 ஐ உறிஞ்சி குழாயில் உள்ள கரைசலின் மட்டம் உயருகிறது (படம் *14.17*).

செயல்பாடு

ஆய்வுக்குழலை எடுத்து அதில் சில முளைக்கும் விதைகள் நிரப்பி நீரினையும் சேர்க்க வேண்டும். இந்த ஆய்வுக் குழலினை CO_2 வெளியேற்றம் நடைபெறும் வரை சிறிது நேரம் வரை வைத்திருக்கவும். சுவாசித்தலின் போது வெளியேறும் கார்பன் டை ஆக்ஸைடு நீருடன் கலந்து கார்போனிக் அமிலமாக (H_2CO_3) மாறுகிறது. எனவே அதிகமான கார்பன் டை ஆக்ஸைடு வெளியேறுவதால் கரைசல் அதிக அமிலத்தன்மையை உருவாக்குகிறது. நீங்கள் pH தாள் நிறம்காட்டியை பயன்படுத்தி நீல லிட்மஸ் சிவப்பாக மாறுவதைக் கண்டறியலாம்.

$$CO_2 + H_2O \longrightarrow H_2CO_3$$

14.8 சுவாசித்தலைப் பாதிக்கும் காரணிகள்

சுவாசித்தலைப் பாதிக்கும் காரணிகள்

உட்புறக் காரணிகள்

- புரோட்டோபிளாசத்தின் அளவு மற்றும் அதன் செயல்படும் திறன் சுவாசித்தலின் வீதத்தினைப் பாதிக்கிறது.
- சுவாசத் தளப்பொருளின் செறிவு அதிகமாக இருந்தால் சுவாசித்தலின் வீதமும் அதிகரிக்கும்.

வெளிப்புறக் காரணிகள்

- சுவாசித்தலுக்குத் தேவையான உகந்த வெப்பநிலை 30°C. குறைந்த வெப்பநிலை மற்றும் மிக அதிக வெப்பநிலையில் சுவாச வீதம் குறைகிறது.
- போதுமான அளவு O_2 இருக்கும்போது காற்று சுவாசித்தலின் வீதம் மிதமாக இருக்கும். காற்றிலாச் சுவாச வீதம் முழுவதுமாக நின்று விடுகிறது. இது அழிவுப் புள்ளி எனப்படும்
- வளிமண்டலத்தில் CO_2 வின் செறிவு அதிகமாக இருக்கும்போது சுவாச வீதம் குறைகிறது.
- குறைவான அளவு நீர் இருக்கும்போது சுவாச வீதமும் குறைகிறது. சரியான நீரேற்றம் சுவாசித்தலுக்கு முக்கியமானது.
- ஒளி ஒரு மறைமுகக் காரணியாகச் செயல்பட்டுச் சுவாசித்தலின் வீதத்தைப் பாதிக்கிறது.
- தாவர உறுப்புகளின் காயங்கள் அந்த உறுப்புகளில் மட்டும் சுவாச வீதத்தினைத் தூண்டுகிறது
- சில வேதி பொருள்கள் அடக்கிகளாக செயல்பட்டுச் சுவாச வீதத்தினைக் குறைக்கிறது. உதாரணம்: சயனைடுகள்
- நீரிலிருந்து உப்பு கரைசலுக்கு மாற்றப்பட்ட தாவரம் அல்லது திசுவில் சுவாச வீதம் அதிகரிக்கும். இது உப்பு சுவாசித்தல் எனப்படும்.

14.9 பென்டோஸ் ஃபாஸ்பேட் வழித்தடம் [பாஸ்போ குளுக்கோனேட் வழித்தடம்]

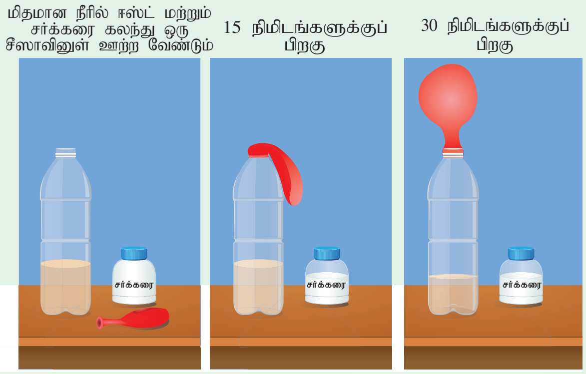
சுவாசித்தலின் போது சைட்டோசோலில் குளுக்கோஸ் உடைவது கிளைக்காலைசிஸ் (*2/3* பகுதி) மற்றும் ஆக்ஸிஜனேற்ற பென்டோஸ் ஃபாஸ்பேட் வழித்தடம் (*1/3* பகுதி) ஆகிய இரண்டிலும் நடைபெறுகிறது. பெண்டோஸ் ஃபாஸ்பேட் வழித்தடம் **வார்பர்க், டிக்கன்ஸ், லிப்மேன்** (1938) என்பவர்களால் கண்டறியப்பட்டது. எனவே இது **வார்பர்க்-டிக்கன்ஸ்-லிப்மேன் வழித்தடம்** எனவும் அழைக்கப்படும். இது முதிர்ந்த தாவரச் செல்களின் சைட்டோபிளாசத்தில் நடைபெறுகிறது. இது குளுக்கோஸ் சிதைவடையும் மாற்று வழிப்பாதை (படம் *14.15*).

11th_BIO-BOTANY_CH 14-TM.indd 294 5/18/2020 9:25:29 AM

செயல்பாடு

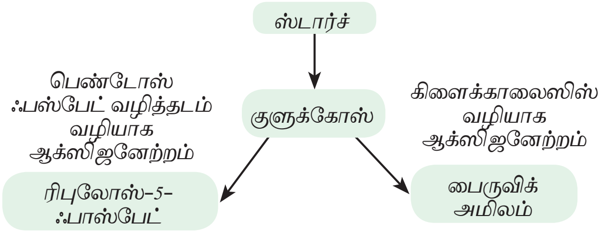
சீஸாவில் மிதமான சூடான தண்ணீரை நிரப்பி அதனுள் ரொட்டி ஈஸ்ட்டுடன் சர்க்கரையைக் கலந்து எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும். சில மணி நேரத்திற்குப் பிறகு நீர்குமிழிகள் ஈஸ்ட் செயல்பாட்டினால் CO_2 வாக உருவாகிறது. பலூனை எடுத்துச் சீஸாவின் வாயில் பொருத்த வேண்டும். 30 நிமிடத்திற்குப் பிறகு பலூன் நேராக நிற்பதைக் காணமுடிகிறது. (படம் 14.14)

பலூன் ஏன் நேராக நிற்கிறது?



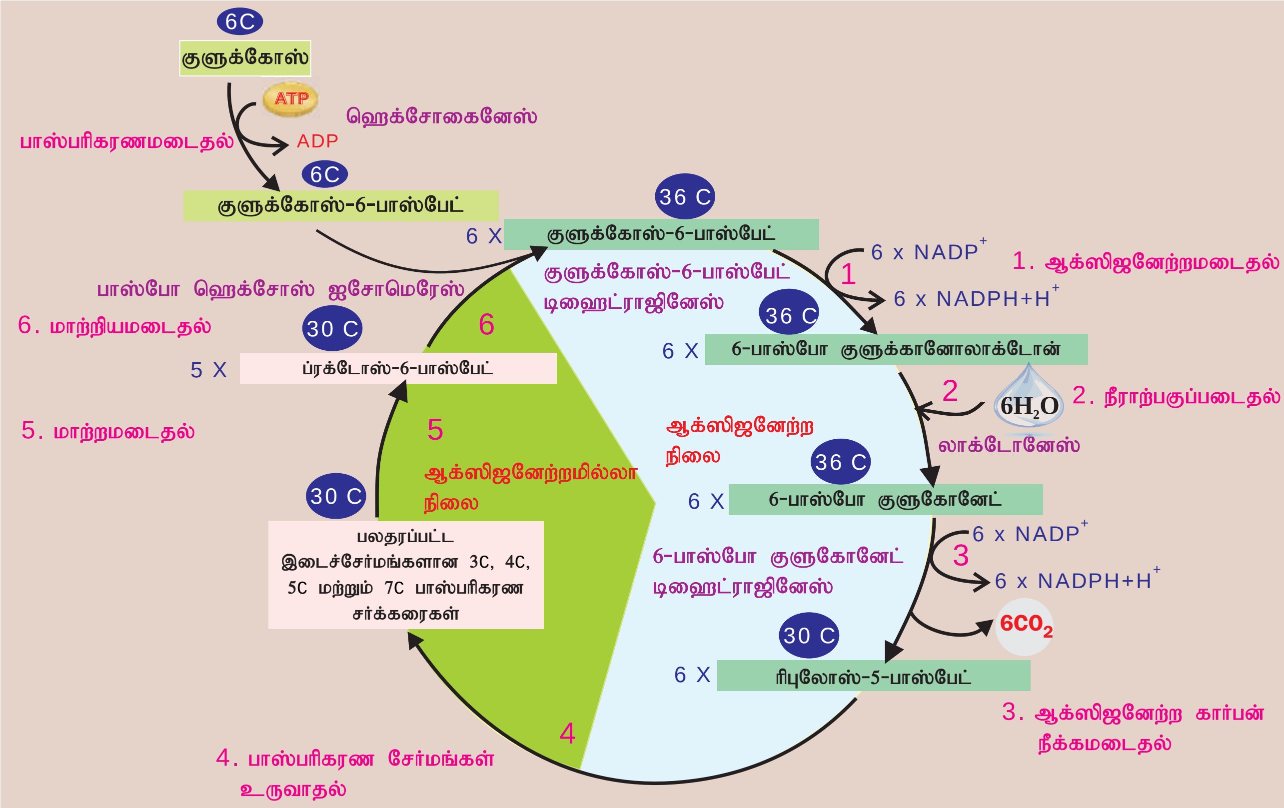
படம் 14.14 காற்று பலூன் செயல்பாடு

ஹெக்சோஸ் மானோ ∴பாஸ்பேட் ஷண்ட் (Hexose Mono phosphate Shunt-(HMP Shunt)) அல்லது நேரடி ஆக்ஸிஜனேற்ற வழித்தடம் எனவும் அழைக்கப்படும்.



படம் 14.15 HMP ஷண்ட் மற்றும் கிளைக்காலைசிஸ் வழித்தடத்தில் குளுக்கோஸின் பாதை

இதில் இரண்டு நிலைகள் காணப்படுகிறது. ஆக்சிஜனேற்ற நிலை மற்றும் ஆக்சிஜனேற்றமில்லா நிலை. ஆக்சிஜனேற்ற நிகழ்ச்சியில் ஆறு மூலக்கூறுகளான ஆறு கார்பன் கொண்ட குளுக்கோஸ்-6-∴பாஸ்பேட் ஆனது ரிபுலோஸ்-5-∴பாஸ்பேட்டாக மாற்றமடையும் போது $6CO_2$ மூலக்கூறுகள் மற்றும் 12 NADPH + H^+ (NADH இல்லை) உருவாக்கப்படுகிறது. பின்பு நடைபெறும் வினைகள் ஆக்சிஜனேற்றமில்லா வினையாகும். இதில் ரிபுலோஸ்-5-∴பாஸ்பேட் மூலக்கூறுகள் பலதரப்பட்ட இடைப்பொருள்களான ரைபோஸ்-5-∴பாஸ்பேட்(5C). சைலுலோஸ் 5-∴பாஸ்பேட்(5C), கிளிசரால்டிஹைடு-3-∴பாஸ்பேட்(3C), செடோஹெப்டுலோஸ்-7-∴பாஸ்பேட்(7C) மற்றும் எரித்ரோஸ்-4-∴பாஸ்பேட்(4C) உருவாகிறது. இறுதியாக ஐந்து மூலக்கூறுகளான குளுக்கோஸ்-6-∴பாஸ்பேட் மீண்டும் இந்த வழித்தடத்தில் உருவாகிறது (படம் 14.16). இதன் ஒட்டுமொத்த வினை பின்வருமாறு:



படம் 14.16 பெண்டோஸ் ∴பாஸ்பேட் வழித்தடம் அல்லது HMP ஷண்ட்

11th_BIO-BOTANY_CH 14-TM.indd 295 5/18/2020 9:25:29 AM

6 x குளுக்கோஸ்-6-ஃபாஸ்பேட் + $12NADP^+$ + $6H_2O$

↓

5 x குளுக்கோஸ்-6-ஃபாஸ்பேட் + $6CO_2$ + Pi + 12NADPH + $12H^+$

ஒரு மூலக்கூறு குளுக்கோஸ்-6-ஃபாஸ்பேட் முழுவதுமாக ஆக்சிஜனேற்றமடைந்து $6CO_2$ மற்றும் 12 NADPH + H^+ நிகர லாபமாக உருவாகிறது. ஆக்சிஜனேற்ற பெண்டோஸ் ஃபாஸ்பேட் வழித்தடம் குளுக்கோஸ்-6-ஃபாஸ்பேட் டிஹைட்ராஜினேஸ் என்ற நொதியினால் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது மற்றும் இதனைத் NADPH விருந்து $NADP^+$க மாறும் அதிக விகிதம் இதனை தடை செய்கிறது.

பெண்டோஸ் ஃபாஸ்பேட் வழித்தடத்தின் முக்கியத்துவம்

1. HMP ஷண்ட் இரண்டு முக்கியமான விளைபொருள்களான NADPH மற்றும் பெண்டோஸ் சர்க்கரைகள் உருவாக்கத்துடன் தொடர்புடையது,கட்டப்படும் வளர் வினைகளுக்கு இது முக்கியப் பங்காற்றுகிறது.
2. உருவாக்கப்பட்ட இணைநொதி NADPH ஒடுக்க உயிர் உற்பத்தி வினைகளுக்குப் பயன்படுத்தப்படுகிறது மற்றும் ஆக்ஸிஜன் தனி மூலக்கூறுகளின் விளைவுகளிலிருந்து பாதுகாக்கிறது.
3. ரைபோஸ்-5-ஃபாஸ்பேட் மற்றும் அதன் வழிபொருள்கள் DNA, RNA, ATP, NAD^+, FAD மற்றும் இணைநொதி A ஆகிய உருவாக்கத்திற்குப் பயன்படுகிறது.
4. ஆந்தோசயனின், லிக்னின் மற்றும் பிற அரோமேடிக் சேர்மங்கள் உருவாக்கத்திற்கு எரித்ரோஸ் பயன்படுகிறது.
5. இது ஒளிச்சேர்க்கையின் போது RUBPமூலமாக CO2-வை நிலை நிறுத்திக் கொள்வதில் முக்கிய பங்கு வகிக்கிறது.

பாடச்சுருக்கம் (Summary)

சுவாசித்தல் என்பது ஓர் உயிரியல் நிகழ்ச்சி. இவற்றில் சிக்கலான கரிமப் பொருட்கள் எளிய சேர்மங்களாக உடைக்கப்பட்டு இதில் ஆற்றல் வெளியேற்றப்படுகிறது. சுவாசத் தளப்பொருள்கள் கார்போஹைட்ரேட்டாகவோ, புரதமாகவோ அல்லது கொழுப்பாகவோ இருக்கலாம். சுவாசித்தல் இரண்டு வகையாக உள்ளன, அவை காற்று சுவாசம் (O_2 உடன்) காற்றில்லாச் சுவாசம் (O_2 அற்ற). அனைத்துத் தாவரங்கள் விலங்குகள் மற்றும் பெரும்பாலான நுண்ணுயிரிகள் காற்று சுவாசத்தின் மூலம் ஆற்றலைப் பெறுகின்றன சில பாக்டீரியாக்கள் மற்றும் ஈஸ்ட் போன்ற பூஞ்சைகள் காற்றிலாச் சுவாசத்தை மேற்கொள்கின்றன.

காற்று சுவாசம் நான்கு படி நிலைகளைக் கொண்டுள்ளது அவை, கிளைக்காலைசிஸ், இணைப்பு வினை, TCA சுழற்சி மற்றும் எலக்ட்ரான் கடத்துச் சங்கிலி அமைப்பு. கிளைக்காலைசிஸ் சுவாசித்தலின் முதல் நிலை மற்றும் காற்று சுவாசித்தலுக்கும் காற்றிலாச் சுவாசித்தலுக்கும் பொதுவான வழித்தடமாகும். குளுக்கோஸ் மூலக்கூறுகள் உடைந்து இரண்டு மூலக்கூறு பைருவிக் அமிலமாக மாறுகிறது. பைருவிக் அமிலத்திலிருந்து உருவாகும் அசிடைல் CoA கிளைக்காலைசிஸ் மற்றும் கிரப்ஸ் சுழற்சிக்கு இடையே ஒரு இணைப்பாக உள்ளது. கிரப்ஸ் சுழற்சி மைட்டோகாண்ட்ரியாவின் தளப்பொருளில் நடைபெறுகிறது மற்றும் இது சிட்ரிக் அமிலச் சுழற்சி எனப்படுகிறது இதில் CO_2 மற்றும் H_2O ஐ உற்பத்தி செய்கின்றன. தளப்பொருளிலிருந்து நீக்கப்பட்ட ஹைட்ரஜன் இணை நொதிகளால் ஏற்கப்பட்டு ஒடுக்கப்படுகிறது. இழக்கப்பட்ட ஹைட்ரஜன் மறுபடியும் ஆக்சிஜனேற்றமடைகிறது. இந்த ஹைட்ரஜன் புரோட்டன்களாகவும் எலக்ரான்களாகவும் உடைகிறது. மைட்டோகாண்ட்ரியாவின் உட்சவ்வில் உள்ள பல்வேறு எலக்ட்ரான் கடத்திக் கூறுகளால் எலக்ட்ரான்கள் கடத்தப்படுகின்றன. இந்த எலக்ட்ரான்கள் ATP சிந்தேஸின் உதவியால் ATP உற்பத்திக்குப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இந்நிகழ்ச்சி **ஆக்ஸிஜனேற்ற பாஸ்பரிகரணம்** என்றழைக்கப்படுகிறது.

காற்றிலாச் சுவாசித்தலில் தளப்பொருள் குளுக்கோஸானது முழுமையாக உடைக்கப்படாமல் எத்தில் ஆல்கஹால் அல்லது லாக்டிக் அமிலத்தைத் தருகிறது. ஆல்கஹாலிக் நொதித்தலில் எத்தில் ஆல்கஹால் மற்றும் CO_2 வை உருவாக்குகிறது. லாக்டிக் அமில நொதித்தலில் கார்பன் நீக்கம் நடைபெறாமல் லாக்டிக் அமிலம் மட்டும் உற்பத்தி ஆகும். இத்தகைய காற்றில்லாச் சுவாச முறைகள் ஆல்கஹால், உயிர் எதிர்பொருள்கள் மற்றும் வைட்டமின்கள் உற்பத்தி செய்யத் தொழிற்சாலைகளில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. தாவர மைட்டோகாண்ட்ரியா காற்று சுவாசத்தின்போது 36 ATP மூலக்கூறுகள் உற்பத்தியாகிறது ஆனால் விலங்குகளில் 38 ATP மூலக்கூறுகள் ஒரு குளுக்கோஸ் மூலக்கூறுக்கு உருவாகிறது. காற்றிலாச் சுவாசித்தலின்போது 2ATP மூலக்கூறுகள் மட்டுமே உற்பத்தியாகிறது. எனவே காற்றில்லாச் சுவாசித்தல் காற்று சுவாசித்தலைவிடக் குறைந்த திறன் வாய்ந்தவை. சுவாச ஈவு (RQ) என்பது கார்பன் டை ஆக்சைடு உற்பத்தி மற்றும் ஆக்ஸிஜன் பயன்பாடு ஆகியவற்றின் விகிதம் மற்றும் கொழுப்பு, கார்போஹைட்ரேட் மற்றும் புரதம்

11th_BIO-BOTANY_CH 14-TM.indd 296 5/18/2020 9:25:29 AM

ஆக்ஸிஜனேற்றமடைவதை எதிரொளிப்பதாகும். பெண்டோஸ் ஃபாஸ்பேட் வழித்தடம் என்பது கிளைக்காலைசிஸ் மற்றும் TCA சுழற்சியின் ஆக்சிஜனேற்ற மாற்று வழியாகும். இது புரோகேரியோட் மற்றும் யூகேரியோட்டு இரண்டின் சைட்டோபிளாசத்தில் நடைபெறுகிறது. இந்த வழிதடத்தில் இரண்டு நிலைகள் காணப்படும் NADPH ஐ உருவாக்கும் ஆக்ஸிஜனேற்ற நிலை மற்றும் சர்க்கரை இடைமாற்றம செய்யும் ஆக்ஸிஜனேற்றமில்லா நிலை ஆகும்.

மதிப்பீடு

LC4VHA

1. ஒரு மூலக்கூறு பைருவிக் அமிலம் முழுவதுமாக ஆக்ஸிஜனேற்றமடைந்து உருவாகும் ATP மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை.

   அ) 12 ஆ) 13 இ) 14 ஈ) 15

2. இரண்டு மூலக்கூறு சைட்டோசோலிக் NADH + H^+ ஆக்சிஜனேற்றமடையும் போது தாவரங்களில் உருவாகும் ATP மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை

   அ) 3 ஆ) 4 இ) 6 ஈ) 8

3. கிளைக்காலைசிஸ் மற்றும் கிரப்ஸ் சுழற்சியினை இணைக்கும் இந்தச் சேர்மம்.

   அ) சக்சினிக் அமிலம் ஆ) பைருவிக் அமிலம்
   இ) அசிட்டைல் CoA ஈ) சிட்ரிக் அமிலம்4

4. **கூற்று:** ஆக்ஸிஜனேற்ற பாஸ்பரிகரணம் மைட்டோகாண்ட்ரியாவின் எலக்ட்ரான் கடத்துச் சங்கிலியில் நடைபெறுகிறது.

   காரணம்: சக்சினைல் CoA பாஸ்பரிகரணமடைந்து சக்சினிக் அமிலமாக தளப்பொருள் பாஸ்பரிகரணத்தால் நடைபெறுகிறது.

   அ) கூற்று மற்றும் காரணம் சரி. கூற்றுக்கான சரியான விளக்கம் காரணம்.
   ஆ) கூற்று மற்றும் காரணம் சரி ஆனால் கூற்றுக்கான சரியான விளக்கமல்ல காரணம்
   இ) கூற்று சரி ஆனால் காரணம் தவறு
   ஈ) கூற்று மற்றும் காரணம் தவறு

5. கீழ்க்கண்டவற்றுள் கிரப்ஸ் சுழற்சியில் நடைபெறாத வினை யாது?

   அ) 3 C லிருந்து 2 C க்கு ஃபாஸ்பேட் மாறுதல்
   ஆ) ப்ரக்டோஸ்1,6பிஸ்ஃபாஸ்பேட்உடைந்துஇரண்டு மூலக்கூறு 3C சேர்மங்களாக மாறுகிறது.
   இ) தளப்பொருளிலிருந்து ஃபாஸ்பேட் நீக்கம்
   ஈ) இவை அனைத்தும்.

6. EMP வழித்தடத்தில் பாஸ்பரிகரணம் மற்றும் ஃபாஸ்பேட் நீக்கம் ஆகிய வினைகளில் ஈடுபடும் நொதிகளை எழுதுக.
7. சதைப்பற்றுள்ள தாவரங்களில் சுவாச ஈவு மதிப்பு பூஜ்யம். ஏன்?
8. மைட்டோகாண்ட்ரியா உட்சவ்வில் நடைபெறும் வினைகளை விவரி.
9. குளுக்கோஸ் உடையும் மாற்றுவழிப் பாதையின் பெயர் என்ன? அதில் நடைபெறும் வினைகளை விவரி.
10. காற்று சுவாசித்தலின் போது ஒரு மூலக்கூறு சுக்ரோஸ் முழுவதுமாக ஆக்ஸிஜனேற்றமடைந்து உருவாகும் நிகர விளைபொருள்களை தற்போதய பார்வையில் எவ்வாறு கணக்கிடுவாய்.

இணையச்செயல்பாடு

சுவாசித்தலின் வீதம்

உரலி:

https://play.google.com/store/apps/details?id=in.edu.olabs.olabs&hl=en

மாற்று இணையதளம்:

http://www.sumanasinc.com/webcontent/animations/content/cellularrespiration.html

B129_11_BOT_TM

11th_BIO-BOTANY_CH 14-TM.indd 297 5/18/2020 9:25:29 AM